

Catalogue



Version PDF + Version Papier

De Techniques de l'ingénieur

Ressources Documentaire

L'expertise Technique
et scientifique de Référence

- Biomédical-Pharma
- Construction et Travaux Public
- Électronique- Photonique
- Énergies
- Innovation
- Matériaux
- Mesures - Analyses
- Technologies de l'information

Bibliothèque Centrale

Pour demander

un article

CLIQUER

ICI

 **Université Ferhat Abbas**
Sétif 1



www.techniques.ingenieur.fr



**TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR**



CATALOGUE

DE
TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR
Ressources Documentaire

L'expertise Technique
et scientifique de Référence

Version papier + Version PDF

Réalisé par: Melle.DAACHI Halima
Avec la collab. de: Mr.ABED Mohamed
Sous la direction de: Mr.GUETTAF Lakhdar

Table des Matières

Page

01

- **Biomédical-Pharma**
 - Ti598 Médicaments et produits pharmaceutiques

40

- **Construction et Travaux Public**
 - Ti253 Les superstructures du bâtiment
 - Ti254 Travaux publics et infrastructures

129

- **Électronique- Photonique**
 - Ti350 Électronique
 - Ti520 Optique Photonique

301

- **Énergies**
 - Ti301 Conversion de l'électrique

419

- **Innovation**
 - Ti958 Innovations Technologiques

432

- **Matériaux**
 - Ti580 Matériaux Fonctionnels
 - Ti100 Plastiques et composites

641

- **Mesures - Analyses**
 - Ti630 Plastiques et composites

750

- **Technologies de l'information**
 - Ti382 Réseaux Télécommunications



“**Ti598**

Médicaments et Produits
Pharmaceutiques”

BIOMÉDICAL
PHAIRMA



TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR

Ti598

SOMMAIRE



S4/24763

Chimie pharmaceutique

S4/24764

Mise en forme des médicaments

S4/24765

Production des médicaments

S4/24766

Qualité et contrôle des médicaments

Biomédical-Pharma

Médicalents et produits

*Biomédical - Pharma***Ti598 Médicaments et produits pharmaceutiques****S4/24763 Chimie pharmaceutique******Analyse structurale des biomolécules****P1097*****Polymorphisme - Origine et méthodes d'étude****par Michel BAUER***1. Définitions**

- 1.1 Polymorphisme et allotropie
- 1.2 Hydrates/solvates (pseudopolymorphisme)
- 1.3 Habitus ou faciès d'une particule solide
- 1.4 Agglomération/agrégation

2. Éléments sommaires de cristallographie**3. Origine physique du polymorphisme****4. Éléments de thermodynamique**

- 4.1 Étude du phénomène par analyse calorimétrique différentielle
- 4.2 Règles de Burger et Ramberger
- 4.3 Représentation dans le diagramme (p, T)

5. Polymorphisme et réactivité physico-chimique d'une molécule à l'état solide**6. Cas des solvates/hydrates (pseudopolymorphisme)**

- 6.1 Considérations générales
- 6.2 Classification des hydrates
- 6.3 Quelques exemples.

7. Méthodes d'études du polymorphisme

- 7.1 Principales techniques
- 7.2 Commentaires

8. Cas des molécules contenant des carbones asymétriques**9. Méthodes d'obtention (criblage polymorphique)****P1098*****Polymorphisme - Conséquences en pharmacie****par Michel BAUER***1. Conséquences essentielles du polymorphisme dans le domaine pharmaceutique**

- 1.1 Polymorphisme / cinétique de dissolution et biodisponibilité
- 1.2 Polymorphisme et profils de dissolution
- 1.3 Polymorphisme et réactivité physico-chimique.
- 1.4 Polymorphisme et fabrication des formes galéniques.
 - 1.4.1 Influence des traitements sur la transformation des solides.
 - 1.4.2 Cas des traitements mécaniques
- 1.5 Exemple concernant une nouvelle molécule en développement
- 1.6 Conséquences du faciès et des états d'agrégation.
- 1.7 Cas des excipients

2. Quelques aspects réglementaires concernant le domaine pharmaceutique

- 2.1 Cas des génériques
- 2.2 Polymorphisme et brevetabilité

3. Autres domaines d'application

- 3.1 Industrie alimentaire
 - 3.1.1 Beurre de cacao
 - 3.1.2 Margarine
- 3.2 Pigments et colorants
- 3.3 Photographie
- 3.4 Canons à grêle

4. Conclusions générales

Polymorphisme. Origine et méthodes d'étude.

P1110

Détermination des structures D des macromolécules biologiques par diffraction X. Partie

par Jean CAVARELLI

1. Présentation générale .
2. Purification des macromolécules biologiques
3. Cristallisation
4. Enregistrement des données de diffraction
 - 4.1 Sources de rayons X
 - 4.2 Détecteurs
 - 4.3 Méthodes d'enregistrement
 - 4.3.1 Collecte en faisceau monochromatique
 - 4.3.2 Collecte en faisceau polychromatique
 - 4.4 Cryocristallographie

P1111

Détermination des structures D des macromolécules biologiques par diffraction X. Partie.

par Jean CAVARELLI

1. Introduction à la détermination des phases
2. Méthode de la série isomorphe
3. Utilisation de la diffusion anormale.
4. Remplacement moléculaire
5. Cartes de densité électronique
6. Affinement d'une structure cristallographique
7. Validation et contrôle qualité des structures
8. Base de données PDB
9. Détermination des structures à haut débit
10. Perspectives

RE107

Dissociation assistée par laser : analyse structurale de biomolécules (recherche)

par Rodolphe ANTOINE et Philippe DUGOURD

introduction

- 1 - spectrométrie de masse en tandem et modes d'excitation
- 2 - couplage laser - spectrométrie de masse .
 - 2.1 - dispositif experimental .
 - 2.2 - modes de fonctionnement
- 3 - excitation électronique et relaxation
- 4 - activation des radicaux photo-induits : outil pour l'identification de protéines
 - 4.1 - principe
 - 4.2 - application à la caractérisation de sites de phosphorylation
 - 4.3 - application à un mélange peptidique issu d'une digestion de protéine
- 5 - spectroscopie d'action : vers une sonde structurale d'ions en phase gazeuse
 - 5.1 - principe de la spectroscopie d'action
 - 5.2 - spectres optiques du cristal violet isolé et microsolvaté
 - 5.3 - spectres optiques d'une protéine en phase gazeuse
- 6 - conclusion
- 7 - organisme



RE115***Techniques d'observation des acides nucléiques et des complexes nucléoprotéiques par AFM(recherche)****par* Loïc HAMON, Patrick A. CURMI *et* David PASTRE**introduction****1 - aspects pratiques de l'imagerie de l'ADN par AFM**

- 1.1 - principes de fonctionnement de l'imagerie AFM
- 1.2 - imagerie en mode contact intermittent : aspects instrumentaux
- 1.3 - problèmes de résolution
- 1.4 - comparaison entre l'AFM et les autres microscopies

2 - surfaces et imagerie par AFM des acides nucléiques

- 2.1 - structure et propriétés du mica
- 2.2 - modèle d'adsorption des acides nucléiques sur le mica
- 2.3 - influence de la nature des cations multivalents
- 2.4 - procédure expérimentale pour réaliser un dépôt sur du mica

3 - applications

- 3.1 - imagerie des acides nucléiques .
- 3.2 - imagerie des complexes ADN/proteine .
- 3.3 - accessibilité et réactivité de l'ADN adsorbé

4 - conclusion .**P3367*****Électrophorèse capillaire Applications****par* Myriam TAVERNA**Isabelle LE POTIER *et* Philippe MORIN****1. Analyse des ions**

- 1.1 Cations inorganiques
- 1.2 Anions organiques et inorganiques.

2. Séparations chirales

- 2.1 Sélecteurs chiraux
- 2.2 Principe.
- 2.3 Exemples de séparations.

3. Acides aminés, peptides et (glyco)protéines

- 3.1 Acides aminés
- 3.2 Peptides et (glyco)protéines .

4. Oligosaccharides et polysaccharides .

- 4.1 Oligosaccharides.
- 4.2 Polysaccharides

Références bibliographiques**P1494*****Évolutions majeures en chromatographie liquide****par* Davy GUILLARME**1. Analyse rapide ou à haute résolution en chromatographie**

- 1.1 Différentes stratégies
- 1.2 Instrumentation.

2. Stratégies alternatives à la RPLC.

- 2.1 Mode HILIC
- 2.2 Chromatographie avec fluide subcritique/supercritique

3. Analyse de protéines thérapeutiques par RPLC

- 3.1 Caractérisation des protéines thérapeutiques
- 3.2 Possibilités offertes par la RPLC
- 3.3 Cas des anticorps monoclonaux thérapeutiques

4. Conclusion

****Identification et conception de molécules d'intérêt:****PHA1005 Sources actuelles et futures des médicaments**

par Pascal COUDERT

1. Marché du médicament

- 1.1 Évolution du marché pharmaceutique
- 1.2 Médicaments orphelins
- 1.3 Génériques et biosimilaires

2. Sources de médicaments

- 2.1 Médicaments d'origine minérale.
- 2.2 Médicaments d'origine végétale .
- 2.3 Médicaments d'origine animale .
- 2.4 Médicaments d'origine synthétique
- 2.5 Médicaments d'origine biologique et biotechnologique.

3. Outils de production des médicaments .

- 3.1 Chimie de synthèse et d'hémisynthèse traditionnelle
- 3.2 Chimie verte et chimie click .
- 3.3 Chimie combinatoire
- 3.4 Biotechnologie .
- 3.5 Nanotechnologie

4. Stratégies de recherche

- 4.1 Tri systématique sur modèles expérimentaux *in vitro* et *in vivo* .
- 4.2 Amélioration de drogues actives connues
- 4.3 Exploitation d'observations biologiques et chimiques
- 4.4 Approche rationnelle basée sur l'identification des mécanismes moléculaires à l'origine de pathologi

5. Conclusion.**BIO6250 Les Polysaccharides marins et leurs applications dans le domaine de la santé**

par Corinne SINGUIN et Sylvia COLLIEC-JOUAULT

1. Polysaccharides de macroalgues et leurs dérivés bioactifs

- 1.1 Description des différents polysaccharides algaux
- 1.2 Procédés d'obtention des polysaccharides algaux et de leurs dérivés bioactifs
- 1.3 Applications en santé des polysaccharides algaux et de leurs dérivés.

2. Polysaccharides de bactéries marines et leurs dérivés bioactifs

- 2.1 Description des différents polysaccharides bactériens
- 2.2 Procédés d'obtention des exopolysaccharides bactériens et de leurs dérivés bioactifs
- 2.3 Applications en santé des exopolysaccharides bactériens et de leurs dérivés

3. Conclusion**P3280 Chimie médicinale - Structure et activité du médicament**

par Serge KIRKIACHARIAN

1. Étapes de la découverte médicamenteuse**2. Méthodes d'étude qualitatives des relations entre la structure et l'activité (RSA)**

- 2.1 Analogues structuraux
- 2.2 Isostérie .
- 2.3 Bio-Isostérie.
- 2.4 Homologues et vinylogues
- 2.5 Modélisation moléculaire

3. Précurseurs et métabolites .**4. Recherches initiées par les connaissances acquises sur les récepteurs****5. Inhibiteurs d'enzymes.**

- 5.1 Inhibiteurs enzymatiques d'agents pathogènes chez l'homme



- 5.2 Inhibiteurs d'enzymes humains
- 6. Médicaments agissant par l'intermédiaire de canaux ioniques
- 7. Relations quantitatives entre la structure et l'activité
- 8. Stéréo-isomérisation et médicaments
- 8.1 Généralités
- 8.2 Isomérisation géométrique (cis - trans ou Z - E) .
- 8.3 Énantiosélectivité (chiralité) .
- 9. Modifications physico-chimiques d'un médicament
- 10. Profils pharmacocinétiques .
- 11. Conclusion .

PHA1007 *Structures chimiques privilégiées vectrices d'activités thérapeutiques*

par **Pascal COUDERT**

- 1. Sulfamides .
- 2. Dérivés imidazolés et triazolés
- 3. Stéroïdes
- 4. Dérivés tétracycliques
- 5. Dérivés macrocycliques
- 6. Analogues des bases puriques ou pyrimidiques et leurs dérivés
- 7. Dérivés de la phényléthylamine
- 8. Benzazépines et benzazocines
- 9. Phénothiazines et leurs analogues structuraux
- 10. Dérivés à squelette phénylpipéridinique et composés apparentés .
- 11. Autres structures chimiques privilégiées .
- 12. Conclusion

P3255 *Analyse fonctionnelle par colorimétrie et fluorimétrie*

par **Gwenola BURGOT et Fernand PELLERIN**

- 1. Présentation des techniques
 - 2. Analyse fonctionnelle
 - 2.1 Alcools.
 - 2.2 Phénols.
 - 2.3 Composés carbonyles
 - 2.4 Acides carboxyliques et dérivés
 - 2.5 Groupements fonctionnels azotés .
 - 3. Développements récents
 - 3.1 Acide barbiturique.
 - 3.2 Malondialdéhyde
 - 3.3 Mises au point de sondes colorimétriques pour la détection d'oses
 - 3.4 Test de cytotoxicité ou MTT
 - 4. Conclusion .
- Références bibliographiques

P3226 *Réactivité des molécules organiques et stabilité*

par **Gwenola BURGOT et Fernand PELLERIN**

- 1. Évaluation globale de la réactivité. Cinétiques ou réactions chimiques
- 2. Procédés d'études de la réactivité
 - 2.1 Influence des radiations lumineuses. Réactions de photolyse.
 - 2.2 Influence de l'oxygène. Réaction d'oxydation
 - 2.3 Influence de l'eau et/ou des solvants. Réaction d'hydrolyse et de solvolysé
 - 2.4 Autres sources potentielles de dégradation. Influence de la matrice
 - 2.4.1 Réaction de chélation



2.4.2 Convergence de réactions .

2.4.3 Réactivité en milieu solide

3. Méthodes de protection

4. Conclusion

5. Annexe

PHA1010 *Pharmacométrie*

par **Caroline BAZZOLI**

Julie BERTRAND et Emmanuelle COMETS

1. Données

1.1 Données longitudinales.

1.2 Exemple de travail .

2. Modèles non-linéaires à effets mixtes .

2.1 Modèles PK/PD

2.2 Modèles à effets mixtes

3. Méthodes d'estimation.

3.1 Méthodes fréquentistes.

3.2 Méthodes bayésiennes

3.3 Erreurs d'estimation .

3.4 Estimation des paramètres individuels.

3.5 Logiciels d'estimation des paramètres

3.6 Application à l'exemple

4. Construction et évaluation de modèles.

4.1 Inférence.

4.2 Construction de modèles

4.3 Outils diagnostiques.

5. Protocoles

5.1 Protocoles de prélèvements .

5.2 Calcul de la matrice d'information de Fischer (MF)

5.3 Critères et algorithmes d'optimisation

5.4 Logiciels.

5.5 Application à l'exemple.

6. Conclusion et perspectives

P3340 *Chiralité et médicaments*

par **Serge KIRKIACHARIAN**

1. Présentation générale.

2. Généralités.

3. Stéréo-isomérisation et médicaments

3.1 Expressions pratiques.

3.2 Médicaments ayant un centre de chiralité

3.2.1 Énantiomères présentant qualitativement et quantitativement la même activité

3.2.2 Énantiomères possédant qualitativement le même type d'activité mais d'intensités différentes

3.2.3 Un des deux énantiomères est l'eutomère tandis que l'autre est inactif

3.2.4 Un des deux énantiomères est l'eutomère tandis que l'autre est toxique

3.2.5 Les deux énantiomères possèdent des activités biologiques différentes .

3.3 Médicaments ayant plus d'un centre de chiralité

4. Isomérisation géométrique et médicaments

4.1 Isomérisation géométrique et activité thérapeutique

4.2 Isomérisation géométrique et toxicité

5. Chiralité et propriétés pharmacocinétiques

5.1 Absorption et distribution

5.2 Fixation aux protéines plasmatiques.

5.3 Métabolisme .



5.4 Élimination

6. Chiralité et affaires réglementaires.

7. Conclusion

Références bibliographiques

P3270

Chimie combinatoire

par **Romuald BAUELLE**

1. Principe de la chimie combinatoire

2. Synthèse en mélange versus synthèse en parallèle.

2.1 Synthèse en mélange .

2.1.1 Principe .

2.1.2 Déconvolution

2.1.3 Désavantages des mélanges

2.2 Synthèse parallèle

3. Synthèse sur support solide versus synthèse en phase homogène

3.1 Synthèse sur support solide .

3.1.1 Principe

3.1.2 Méthode D.C.R. (« Divide, Couple, Recombine »).

3.1.3 Stratégie des « Tags » .

3.1.4 Limitations de la synthèse sur support solide

3.2 Synthèse en phase homogène .

4. Chimie

4.1 Les différents types de chimiothèques

4.1.1 Dimérisation .

4.1.2 Oligomérisation

4.1.3 « Template »

4.1.4 Condensations de plusieurs monomères

4.2 Les différents types de réactions chimiques disponibles.

4.2.1 Bilan technologique

4.2.2 Bilan chimique

5. Analytique

6. Diversité.

7. Processus de découverte d'un nouveau médicament

8. Bilan biologique des techniques combinatoires.

9. Autres domaines d'application

9.1 Biologie combinatoire .

9.2 Applications aux matériaux

10. Conclusion

Références bibliographiques .

PHA1015

Modélisation moléculaire et conception de nouveaux ligands d'intérêts biologiques

par **Ronan BUREAU**

1. Analyse conformationnelle

1.1 Champs de force (mécanique *versus* quantique)

1.2 Espace conformationnel.

2. Interactions intermoléculaires : affinité biologique et variation d'énergie libre

2.1 Principe physique de l'affinité

2.2 Interactions de bases .

2.3 Modèle théorique de la variation d'énergie libre

2.4 Simplification du problème.

3. Conception de nouveaux ligands.

3.1 Chimie thérapeutique et modélisation moléculaire.

3.2 Approche basée sur les ligands

3.3 Approche basée sur la structure de macromolécules .



4. Modélisation moléculaire et biologie systémique .

4.1 Voies de signalisation et dynamique des systèmes biologiques

4.2 Importance de la sélectivité .

4.3 Ligand pour plusieurs récepteurs

5. Conclusion**PHA1020 Méthodes de criblage in silico de chimiothèques**par **Didier ROGNAN****1. Chimiothèques .**

1.1 Chimiothèques commerciales

1.2 Chimiothèques académiques

1.3 Médicaments, candidats cliniques, sondes pharmacologiques

1.4 Bases de bioactivité

1.5 Chimiothèques virtuelles

2. Méthodes de criblage virtuel

2.1 Méthodes basées sur les ligands

2.1.1 Recherche de similaritéD

2.1.2 Recherche de similaritéD

2.1.3 Recherche de similaritéD

2.2 Méthodes basées sur la structure de protéines cibles

2.2.1 Arrimage moléculaire .

2.2.2 Design *de novo***3. Quelle(s) méthode(s) utiliser ?****4. Conclusion****AF6048 Chimie supramoléculaire assistée par ordinateur**par **Alexandre A. VARNEK****Georges WIPFF****Bernard DIETRICH****Jean-Marie LEHN et Elena V. BOLDYREVA****1. Description générale de SC-WEB.****2. Utilisation de SC-WEB pour l'enseignement de la chimie supramoléculaire**

2.1 Le macrocycle8C6 à l'état cristallin : complémentarité stérique

2.2 Complémentarité des sites d'interaction. Reconnaissance linéaire.

2.3 Structures à l'état solide et structures en solution

2.4 Préorganisation induite par le solvant : aspects structuraux

2.5 Simulation de la sélectivité de complexation en solution

2.6 Exo et endorécepteurs inorganiques

3. Conclusion

Références bibliographiques

S4/24764 Mise en forme des médicaments****Procédés de formulation****CHV4010 Mise en forme de principes actifs pharmaceutiques en phase supercritique**par **Elisabeth BADENS****1. Avant-propos**

1.1 Intérêt des procédés en phase supercritique et positionnement par rapport aux procédés conventionnels.

1.2 Composés pouvant être traités

1.3 Caractéristiques et propriétés des produits obtenus

1.4 Critères de choix du procédé



2. Procédés de génération de particules

2.1 Fluide supercritique utilisé comme solvant

2.1.1 Procédé RESS (*Rapid Expansion of a Supercritical Solution*)

2.1.2 Procédés dérivés du procédé RESS

2.1.3 Élaboration de composites (principe actif excipient) par les procédés de type RESS

2.1.4 Bilan sur les procédés de type RESS .

2.2 Fluide supercritique utilisé comme antisolvant

2.2.1 Procédé GAS (*Gas Anti-Solvent*)2.2.2 Procédé SAS (*Supercritical Anti-Solvent*) .

2.2.3 Procédés dérivés du procédé SAS

2.2.4 Élaboration de composites (principe actif excipient) par les procédés de type antisolvant

2.2.5 Bilan sur les procédés de type SAS

2.3 Fluide supercritique utilisé comme agent de dispersion

2.3.1 Procédé PGSS (*Particle from Gas Saturated Solutions*) .

2.3.2 Élaboration de composites (principe actif excipient) par les procédés de type PGSS.

2.3.3 Procédé SAA (*Supercritical Assisted Atomization*) et procédé CAN-BD (*CO₂-assisted nebulization with a Bubble-Dryer*)

2.4 Autres procédés de génération de particules

2.5 Contrôle polymorphique

2.6 Bilan sur les procédés de génération de particules .

3. Procédés de formation de liposomes

3.1 Introduction sur les liposomes

3.2 Techniques de formation de liposomes utilisant les FSC

3.3 Bilan sur la formation de liposomes

4. Procédés d'imprégnation

4.1 Généralités sur l'imprégnation supercritique

4.2 Imprégnation de poudres .

4.3 Imprégnation d'implants .

4.4 Bilan sur l'imprégnation .

5. Éléments de changement d'échelle

6. Conclusion et développements futurs .

J2254***Mise en œuvre des poudres - Techniques de granulation humide et liante****par* Khashayar SALEH *et* Pierre GUIGON**1. Granulation en lit fluidisé**

1.1 Phénomènes mis en jeu lors de la croissance des particules

1.2 Influence des paramètres opératoires sur le procédé de granulation

1.3 Options et variantes

2. Mélangeur-granulateur à fort taux de cisaillement.

2.1 Mécanismes de croissance

2.2 Régimes de granulation .

2.3 Influence des paramètres opératoires

3. Plateau tournant ou assiette granulatrice .

3.1 Principe de fonctionnement

3.2 Conduite du procédé

3.3 Mécanismes et cinétique de croissance.

3.4 Influence des paramètres opératoires sur les propriétés des granulés

3.5 Dimensionnement et extrapolation des plateaux granulateurs

3.6 Différentes variantes

4. Tambour rotatif

4.1 Extrapolation du procédé

4.2 Technologie, options et variantes

5. Liants .

5.1 Classification



- 5.2 Critères de choix .
- 5.3 Méthodes de recherche
- 6. Conclusion

J2257***Mise en œuvre des poudres - Séchage par atomisation.******Procédé****par François GOMEZ et Khashayar SALEH***1. Technologies du procédé .**

- 1.1 Choix du système de pulvérisation .
- 1.2 Mise en contact air/spray .
- 1.3 Séchage .
 - 1.3.1 Contact gaz/spray
 - 1.3.2 Configurations du procédé
- 1.4 Séparation gaz/solide .
- 1.5 Équipements auxiliaires
 - 1.5.1 Réchauffeur .
 - 1.5.2 Ventilateur
 - 1.5.3 Transport pneumatique
 - 1.5.4 Pompe
 - 1.5.5 Contrôle et régulation du procédé
- 1.6 Sécurité du procédé.

2. Applications industrielles

- 2.1 Exemples de procédésde séchage
 - 2.1.1 Concentré de tomate .
 - 2.1.2 Lait en poudre

3. Conclusion**RE26*****Élaboration de solides divisés par fluides supercritiques
(Recherche)****par Jacques FAGES , Jean-Jacques***LETOURNEAU, Martial SAUCEAU, Elisabeth RODIER****introduction****1 - procédés traditionnels et procédés utilisant les fsc**

- 1.1 - à partir de l'état solide .
- 1.2 - à partir de l'état liquide
- 1.3 - à partir d'une phase supercritique

2 - procédé ress

- 2.1 - principe
- 2.2 - optimisation
- 2.3 - modélisation du procédé : prédiction de la distribution en taille
- 2.4 - applications .
- 2.5 - perspectives

3 - procédé sas

- 3.1 - principe
- 3.2 - optimisation .
- 3.3 - mécanismes de formation des particules
- 3.4 - modélisation .
- 3.5 - applications
- 3.6 - conclusion et perspectives .

4 - pgss, microencapsulation et autres procédés

- 4.1 - procede pgss
- 4.2 - autres procédés
- 4.3 - microencapsulation et enrobage .

5 - procédés utilisant des réactions chimiques conduisant à des particules

6 - applications et stratégies industrielles : le cas de l'industrie pharmaceutique .

J3397

Mélange et homogénéisation des solides divisés

par **Henri BERTHIAUX**

1. Mélange et homogénéité

- 1.1 L'homogénéité, un concept à plusieurs échelles
 - 1.1.1 Homogénéité globale, indices de mélange
 - 1.1.2 Homogénéité et structure
- 1.2 Qualité de mélange : détermination ou estimation ?
 - 1.2.1 Aspects statistiques de l'estimation
 - 1.2.2 Méthodes et techniques d'échantillonnage spécifiques .
 - 1.2.3 Vers l'échantillonnage exhaustif et non intrusif.

2. Aspects technologiques du mélange des solides divisés .

- 2.1 Faisabilité technique d'un mélange .
 - 2.1.1 Mélange et propriétés d'écoulement
 - 2.1.2 Mécanismes de mélange et de ségrégation
- 2.2 Principaux types de mélangeurs.
 - 2.2.1 Mélangeurs convectifs
 - 2.2.2 Mélangeurs à tambour.
 - 2.2.3 Mélangeurs statiques
- 2.3 Éléments décisionnels et stratégiques
 - 2.3.1 Critères de choix d'un mélangeur
 - 2.3.2 Éléments de calcul et de dimensionnement

3. Aspects dynamiques du mélange des solides divisés

- 3.1 Homogénéité et dynamique de mélange
 - 3.1.1 Systèmes fermés
 - 3.1.2 Systèmes ouverts
 - 3.1.3 Éléments de modélisation systémique.
- 3.2 Mélange et manutention : le mélange toujours remis en cause .
 - 3.2.1 Tests de ségrégation et robustesse des mélanges .
 - 3.2.2 Vers une vision intégrée de l'état de mélange

J2150

Émulsification - Élaboration et étude des émulsions

par **Pascal BROCHETTE**

1. Importance industrielle et principe de formation des émulsions.

- 1.1 Définitions
- 1.2 Domaines d'application.
- 1.3 Préparation

2. Physico-chimie.

- 2.1 Formation .
- 2.2 Stabilité .
- 2.3 Physico-chimie des émulsifiants .

3. Stratégies pour la formulation

- 3.1 Rationalisation du choix des constituants
- 3.2 Méthode HLB
- 3.3 Importance du mode opératoire
- 3.4 Question de l'industrialisation .
- 3.5 Modes opératoires par inversion de phase .
- 3.6 Diagnostic et solutions .

4. Caractérisation des émulsions

- 4.1 Inspection visuelle .
- 4.2 Sens de l'émulsion
- 4.3 Examen au microscope optique
- 4.4 Taille des gouttes, distribution en taille
- 4.5 Stabilité à long terme



- 4.6 Propriétés rhéologiques
- 5. Émulsions inhabituelles**
- 5.1 Émulsions transparentes
- 5.2 Émulsions concentrées
- 5.3 Émulsions multiples
- 5.4 Auto-émulsification.
- 5.5 Émulsions stimulables
- 6. Conclusion.**

J2185**Formulation des dispersions***par* **Bernard CABANE****1. Les différentes catégories de dispersions**

- 1.1 Différents types de mélanges .
- 1.2 Échelles du mélange
- 1.3 Exemples de dispersions

2. Comment préparer et utiliser une dispersion ?.

- 2.1 Fabriquer
- 2.2 Changer de milieu
- 2.3 Conserver .
- 2.4 Appliquer

3. Instabilité et métastabilité

- 3.1 Causes d'instabilité
- 3.2 Exemples d'instabilités .
- 3.3 Processus de dégradation
- 3.4 Ralentissement ou blocage de la dégradation.

4. Comment formuler une dispersion ?.

- 4.1 Milieu de dispersion.
- 4.2 Particules
- 4.3 Espèces dissoutes
- 4.4 Bilan des interactions entre particules
- 4.5 Stratégie de formulation

5. Conclusion**Références bibliographiques****AG6720****Générateur aérosol***par* **André KLENIEWSKI****1. Directives****2. Description du générateur aérosol**

- 2.1 Principe de fonctionnement.
- 2.2 Composants du générateur Récipients et matériaux utilisés .
- 2.3 Valves.
- 2.4 Dudgeonnage et sertissage

3. Remplissage du générateur.

- 3.1 Gaz propulseurs
- 3.2 Formulation et conditionnement.

4. Contrôles et normes de qualité .

- 4.1 Contrôles en fabrication
- 4.2 Documents de référence

5. Aérosols et environnement**J2210****Microencapsulation***par* **Jean-Pierre BENOÎT****Joël RICHARD et Marie-Claire VENIER-JULIENNE****1. Choix du procédé et de la formulation**

- 1.1 Différentes classes de procédés industriels
- 1.2 Formulation
- 1.3 Caractéristiques physico-chimiques des microparticules
- 1.4 Critères de choix de la formulation et du procédé
- 1.5 Apport des technologies de milli/microfluidique
- 2. Procédés physico-chimiques.**
 - 2.1 Procédé basé sur la séparation de phases
 - 2.2 Procédés d'évaporation et d'extraction de solvant
 - 2.3 Autres procédés physico-chimiques
- 3. Procédés mécaniques**
 - 3.1 Procédé de nébulisation/séchage
 - 3.2 Procédé d'enrobage en lit fluidisé
 - 3.3 Autres procédés mécaniques
- 4. Procédés chimiques**
 - 4.1 Polycondensation interfaciale.
 - 4.2 Autres procédés chimiques
- 5. Procédés basés sur la technologie des fluides supercritiques.**
 - 5.1 Rappels sur les fluides supercritiques (SC) .
 - 5.2 Procédés en cours de développement .
- 6. Conclusion**

J2265***Tensioactifs non ioniques - Mise en œuvre industrielle****par* **Guido BOGNOLO****1. Importance industrielle**

- 1.1 Propriétés physico-chimiques.
 - 1.1.1 Principales caractéristiques
 - 1.1.2 Solubilité des tensioactifs non ioniques
- 1.2 Propriétés écologiques et toxicologiques
- 1.3 Réglementations et aspects législatifs
- 1.4 Durabilité et biotensioactifs .
- 1.5 Tensioactifs non ioniques d'origine biologique

2. Matières premières**3. Procédés de fabrication .****4. Relations entre structure et performance****5. Applications industrielles****6. Pourquoi et comment utiliser les tensioactifs non ioniques****7. Comment choisir un tensioactif non ionique**

- 7.1 Principe général .
 - 7.1.1 Erreurs à ne pas commettre
 - 7.1.2 Méthodes de sélection.
- 7.2 Détergents domestiques
- 7.3 Méthodologie .

8. Défis pour les années à venir**PHA2026*****Lyophilisation de produits pharmaceutiques et biopharmaceutiques****par* **Alain HEDOUX****1. Phénomènes physiques à la base de la lyophilisation.**

- 1.1 Changements d'état physique de l'eau
- 1.2 Transferts de chaleur et de matière

2. Équipement et mode opératoire .

- 2.1 Équipement .
- 2.2 Cycle de lyophilisation et paramètres importants qui gouvernent le cycle

3. Optimisation et contrôle du mode opératoire .

- 3.1 Congélation



- 3.2 Séchage primaire
- 3.3 Séchage secondaire
- 4. Formulation**
- 4.1 Agents tampon
- 4.2 Agents stabilisants
- 4.3 Agents de masse
- 4.4 Agents modificateurs de température d'effondrement .
- 4.5 Agents isotonisants .
- 4.6 Agents tensio-actifs
- 4.7 Agents antioxydants
- 4.8 Agents antimicrobiens
- 5. Critères de qualité requis pour un lyophilisat à usage thérapeutique**
- 5.1 État physique du lyophilisat.
- 5.2 Apparence physique du lyophilisat .
- 5.3 Degré d'humidité résiduelle.
- 5.4 Temps de reconstitution.
- 5.5 pH .
- 5.6 Intégrité du principe actif .
- 6. Conclusion**

PHA2016 *Formulation des systèmes pâteux ou préparations semi-solides*

par Marie-Alexandrine BOLZINGER
Stéphanie BRIANÇON

Yves CHEVALIER et François PUEL

- 1. Produits pâteux et mécanismes impliqués .
- 2. Physicochimie des systèmes pâteux
- 3. Comment lire la Pharmacopée européenne ?
- 4. Hydrogels.
- 5. Crèmes (émulsions)
- 6. Pommades 9
- 7. Pâtes (suspensions)
- 8. Emplâtres.
- 9. Nouvelles formes dispersées
- 10. Conclusion.
- 11. Glossaire Définitions

PHA2018 *Formes ophtalmiques*

par Denis BROSSARD
et Sylvie CRAUSTE-MANCIET

- 1. Anatomie et physiologie de l'œil
- 1.1 Composition.
- 1.2 Devenir des principes actifs après administration.
- 2. Monographie de la Pharmacopée européenne
- 3. Propriétés des formes ophtalmiques .
- 3.1 Stérilité.
- 3.2 Propriétés conditionnant la tolérance
- 3.3 Stabilité physico-chimique.
- 4. Collyres .
- 4.1 Solutions
- 4.2 Formes dispersées fluides
- 5. Solutions pour lavage ophtalmique
- 6. Poudres
- 7. Préparations semi-solides
- 7.1 Formulation.



- 7.2 Fabrication.
- 7.3 Essais
- 7.4 Conditionnement
- 8. Inserts**
- 8.1 Inserts hydrosolubles
- 8.2 Inserts insolubles
- 8.3 Fabrication.
- 8.4 Essais
- 9. Autres formes ophtalmiques**
- 9.1 Liposomes .
- 9.2 Nanoparticules.
- 9.3 Autres formes en développement
- 10. Autres voies d'administration.**
- 10.1 Voies transcornéenne et transsclérale
- 10.2 Voies intraoculaires .
- 11. Conclusions**

PHA2020 *Formulation et fabrication des suppositoires*

par **Vincent JANNIN**

et **Jean-David RODIER**

1. Matières premières pour la fabrication des suppositoires

- 1.1 Excipients pour suppositoires lipophiles
- 1.2 Excipients pour suppositoires hydrophiles .
- 1.3 Contrôle des matières premières

2. Formulation des suppositoires

- 2.1 Critères de choix des matières premières
- 2.2 Calcul du facteur de déplacement

3. Techniques de fabrication .

- 3.1 Fabrication par moulage .
- 3.2 Procédés de fabrication alternatifs .

4. Essais pharmacotechniques des suppositoires .

- 4.1 Désintégration des suppositoires .
- 4.2 Uniformités de masse et de teneur
- 4.3 Temps de ramollissement des suppositoires lipophiles
- 4.4 Dissolution des formes solides lipophiles .
- 4.5 Autres essais non décrits dans la Pharmacopée Européenne

5. Aspects de biopharmacie

6. Conclusion

PHA2030 *États amorphe et vitreux des composés moléculaires et pharmaceutiques - Propriétés générales*

par **André KLENIEWSKI**

1. Directives

2. Description du générateur aérosol

- 2.1 Principe de fonctionnement
- 2.2 Composants du générateur Récipients et matériaux utilisés.
- 2.3 Valves
- 2.4 Dudgeonnage et sertissage

3. Remplissage du générateur

- 3.1 Gaz propulseurs
- 3.2 Formulation et conditionnement.

4. Contrôles et normes de qualité .

- 4.1 Contrôles en fabrication.
- 4.2 Documents de référence.

5. Aérosols et environnement



* * *Nanotechnologies:***MED5050** *Devenir des nanoparticules utilisées comme médicament dans l'organisme*

par Frédéric LAGARCE

1. Univers des nano médecines

- 1.1 Des objets très divers
- 1.2 Des applications très variées en thérapeutique et en diagnostic

2. Devenir des nano médecines après administration intraveineuse

- 2.1 Pharmacocinétique des nanoparticules
- 2.2 Furtivité des nanoparticules.
- 2.3 Ciblage actif et ciblage passif, effet de rétention et de perméation.

3. Devenir après administration orale.

- 3.1 Rappels de physiologie pour la voie orale
- 3.2 Processus d'absorption des nano médecines .
- 3.3 Évaluation des performances des nano médecines pour la voie orale .
- 3.4 Principales applications des nano médecines utilisées par voie orale

4. Devenir après administration cutanée .

- 4.1 Rappel de physiologie de la peau
- 4.2 Mécanismes de passage des nanoparticules au travers de la peau
- 4.3 Évaluation des performances des nano médecines appliquées sur la peau
- 4.4 Applications de l'utilisation des nano médecines appliquées sur la peau

5. Devenir après administration pulmonaire

- 5.1 Rappels physiologiques du poumon
- 5.2 Devenir des nano médecines dans le poumon
- 5.3 Principaux modèles d'évaluation des nano médecines utilisées par voie pulmonaire
- 5.4 Applications de l'utilisation des nano médecines administrées par voie pulmonaire

6. Conclusion**NM4010** *Nanotechnologies pour la thérapeutique et le diagnostic*

par Elisabeth BADENS

1. Avant-propos

- 1.1 Intérêt des procédés en phase supercritique et positionnement par rapport aux procédés conventionnels .
- 1.2 Composés pouvant être traités .
- 1.3 Caractéristiques et propriétés des produits obtenus
- 1.4 Critères de choix du procédé .

2. Procédés de génération de particules .

- 2.1 Fluide supercritique utilisé comme solvant
 - 2.1.1 Procédé RESS (*Rapid Expansion of a Supercritical Solution*)
 - 2.1.2 Procédés dérivés du procédé RESS
 - 2.1.3 Élaboration de composites (principe actif excipient) par les procédés de type RESS .
 - 2.1.4 Bilan sur les procédés de type RESS
- 2.2 Fluide supercritique utilisé comme antisolvant .
 - 2.2.1 Procédé GAS (*Gas Anti-Solvent*) .
 - 2.2.2 Procédé SAS (*Supercritical Anti-Solvent*)
 - 2.2.3 Procédés dérivés du procédé SAS
 - 2.2.4 Élaboration de composites (principe actif excipient) par les procédés de type antisolvant
 - 2.2.5 Bilan sur les procédés de type SAS
- 2.3 Fluide supercritique utilisé comme agent de dispersion
 - 2.3.1 Procédé PGSS (*Particle from Gas Saturated Solutions*) .
 - 2.3.2 Élaboration de composites (principe actif excipient) par les procédés de type PGSS
 - 2.3.3 Procédé SAA (*Supercritical Assisted Atomization*) et procédé CAN-BD (*CO₂-assisted nebulization with a Bubble-Dryer*)



- 2.4 Autres procédés de génération de particules
- 2.5 Contrôle polymorphique
- 2.6 Bilan sur les procédés de génération de particules .
- 3. Procédés de formation de liposomes**
- 3.1 Introduction sur les liposomes
- 3.2 Techniques de formation de liposomes utilisant les FSC
- 3.3 Bilan sur la formation de liposomes
- 4. Procédés d'imprégnation**
- 4.1 Généralités sur l'imprégnation supercritique
- 4.2 Imprégnation de poudres .
- 4.3 Imprégnation d'implants .
- 4.4 Bilan sur l'imprégnation .
- 5. Éléments de changement d'échelle**
- 6. Conclusion et développements futurs .**

NM4060

Nanoparticules pour des applications antibactériennes, antifongiques et antivirales

par Jasmina VIDIC

introduction .

- 1 - introduction**
- 2 - caractéristiques et applications des nanoparticules .**
- 3 - effets des nanoparticules sur les micro-organismes .**
- 4 - méthodes d'analyse d'activité antimicrobienne .**
- 5 - activité antibactérienne de nanoparticules**
- 5.1 - nanoparticules d'argent
- 5.2 - nanoparticules d'oxydes métalliques
- 5.3 - nano-dioxyde de titane
- 5.4 - nanotubes de carbone et fullerenes
- 6 - activité antifongique des nanomatériaux .**
- 7 - activité antivirale de nanomatériaux**
- 8 - risques potentiels des nanoparticules**
- 9 - conclusion et perspectives**
- 10 - glossaire**

J2310

Vecteurs lipidiques en tant que nanomédicaments

par Anne-Claude COUFFIN et Thomas DELMAS

- 1. Les lipides, constituants des vecteurs lipidiques**
- 2. Systèmes lipidiques développés en recherche et en clinique**
- 2.1 Liposomes
- 2.2 Vecteurs à base de lipides modifiés.
- 2.3 Systèmes auto-émulsifiants.
- 2.4 Nanosphères et nanocapsules lipidiques
- 3. Conception de nanoémulsions lipidiques .**
- 3.1 Production
- 3.2 Stabilité colloïdale .
- 3.3 État physique des lipides du cœur des nanoparticules .
- 3.4 Vers des nanovecteurs lipidiques de cœur amorphe solide
- 4. Nanovecteurs lipidiques dans leur fonction de nanomédicaments**
- 4.1 Interactions avec les milieux biologiques : nanotoxicité.
- 4.2 Devenir des nanovecteurs lipidiques dans l'organisme
- 5. Applications dans le secteur médical .**
- 5.1 Applications topiques et transdermiques.
- 5.2 Administration parentérale.
- 5.3 Administration orale
- 5.4 Application à l'imagerie .



6. Conclusion

**** Outils et méthodologies:****J2240*****Planification d'expériences en formulation : criblage****par* **Didier MATHIEU et Roger PHAN-TAN-LUU****1. Présentation**

- 1.1 Quelques éléments de terminologie.
- 1.2 Les exemples .
- 1.3 Outils mathématiques et statistiques .

2. Criblage de facteurs indépendants

- 2.1 Matrices symétriques à deux niveaux
- 2.2 Matrices symétriques à trois niveaux.
- 2.3 Matrices asymétriques
- 2.4 En résumé

3. Criblage de composants en mélange

- 3.1 Domaine sans contrainte : matrice axiale
- 3.2 Domaines avec contraintes inférieures explicites
- 3.3 Domaines avec contraintes supérieures et relationnelles

4. Conclusion**J2241*****Planification d'expériences en formulation : optimisation****par* **Didier MATHIEU et Roger PHAN-TAN-LUU****1. Optimisation de mélanges. Surfaces de réponses**

- 1.1 Modèles mathématiques de Scheffé
- 1.2 Domaine sans contrainte : matrices de Scheffé
- 1.3 Domaine polyédrique avec contraintes. Algorithme d'échanges
- 1.4 Modélisation au voisinage d'une formule donnée
- 1.5 Modèles de Cox. Étude de la courbure .
- 1.6 Modèles de Draper-St. John

2. Optimisation multicritère et désirabilité**3. Problèmes mixtes facteurs/composants**

- 3.1 Exposé du problème. Additif en petite quantité.
- 3.2 Domaine expérimental mixte
- 3.3 Modèle produit. Matrice produit
- 3.4 Modèle simplifié

4. Conclusions perspectives .**S4/24765****Production des médicaments****** Procédés de synthèse chimique éco-compatibles:****K1200*****Chimie et développement durable - Vers une chimie organique écoresponsable****par* **Max MALACRIA****Jean-Philippe GODDARD et Cyril OLLIVIER****1. Chimie et développement durable****2. Les douze propositions fondatrices**

- 2.1 Prévenir la pollution
- 2.2 Économie d'atomes et d'étapes
- 2.3 Concevoir des synthèses moins dangereuses .
- 2.4 Concevoir des produits chimiques moins toxiques
- 2.5 Réduire l'utilisation de solvants organiques et d'auxiliaires de synthèse



- 2.6 Réduire la dépense énergétique et favoriser l'emploi d'énergies renouvelables
 - 2.7 Mettre à profit les matières premières renouvelables
 - 2.8 Réduire le nombre de dérivés qui peuvent engendrer des déchets
 - 2.9 Privilégier les procédés catalytiques aux procédés stœchiométriques
 - 2.10 Concevoir des produits non persistants dans l'environnement
 - 2.11 Mettre au point des méthodes d'analyses en temps réel de lutte contre la pollution
 - 2.12 Minimiser le risque d'accidents en pratiquant une chimie à sécurité maximale
- 3. Conclusion .**

K1210**Chimie dans l'eau**

par Marie-Christine SCHERRMANN

Max MALACRIA

Jean-Philippe GODDARD et Cyril OLLIVIER

1. Origine de la réactivité dans l'eau.

1.1 Structure et propriétés de l'eau

1.2 Effet hydrophobe

1.3 Limites de la méthode

2. Réactivité dans l'eau

2.1 Réactions péricycliques

2.1.1 Réactions de Diels-Alder et hétéro Diels-Alder

2.1.2 Cycloadditions, 3-dipolaires .

2.1.3 Cycloadditions [4+3]

2.1.4 Transpositions de Claisen

2.2 Réactions d'additions sur le carbonyle

2.2.1 Réactions de type aldolisation

2.2.2 Réactions de type Michael

2.2.3 Réactions d'allylation

2.3 Réactions catalysées par les métaux de transition

2.3.1 Hydroformylation d'alcènes .

2.3.2 Hydrogénation catalytique .

2.3.3 Réactions d'alkylation et de couplage catalysées par le palladium

2.3.4 Réactions catalysées par le rhodium

2.3.5 Réactions de métathèse

2.4 Réactions radicalaires

2.5 Réactions d'oxydation et de réduction .

2.5.1 Oxydations .

2.5.2 Réductions .

3. Applications industrielles .**4. Conclusion et prospective****K1220****Chimie sans solvant**

par Pierrick NUN

Evelina COLACINO

Jean MARTINEZ et Frédéric LAMATY

Max MALACRIA

Jean-Philippe GODDARD et Cyril OLLIVIER

1. Synthèse sans solvant

1.1 Pourquoi utiliser un solvant ?

1.2 Travailler sans solvant

1.3 Limites de la technique

2. En pratique : méthodes et réactivité .

2.1 Méthodes « classiques »

2.1.1 Méthodes et appareillages

2.1.2 Exemples

2.2 Mortier



2.2.1 Méthodes et appareillages

2.2.2 Exemples

2.3 Broyeurs

2.3.1 Méthodes et appareillages

2.3.2 Exemples

2.4 Micro-ondes.

2.4.1 Méthodes et appareillage .

2.4.2 Exemples.

2.5 Photochimie

2.5.1 Méthodes et appareillages

2.5.2 Exemples

3. Comparaison des techniques

4. Applications industrielles

4.1 Méthodes classiques

4.2 Broyeur

4.3 Micro-ondes

4.4 Photochimie

5. Conclusion et perspectives

CHV4020 *Biosolvants - Conception, propriétés et aspects environnementaux*

par **Pascale DE CARO** et **Sophie THIEBAUD ROUX**

1. Contexte.

1.1 Marché des solvants industriels

1.2 Solvants face aux nouvelles réglementations européennes.

2. Positionnement des biosolvants

2.1 Définition d'un biosolvant

2.2 Les principales familles de biosolvants

3. Sélection d'un biosolvant

3.1 Critères de sélection

3.2 Méthodologies de substitution .

4. Validation des solutions alternatives issues des méthodologies de substitution .

4.1 Vérification des propriétés prédites

4.2 Évaluation du niveau de performance d'un biosolvant

4.3 Écocompatibilité du procédé de synthèse du biosolvant.

5. Conclusion Prospective

6. Glossaire

K1230 *Réactions de synthèse organique en liquides ioniques*

Conseillers éditoriaux pour cet article :

Max MALACRIA

Jean-Philippe GODDARD et **Cyril OLLIVIER**

par **Jean-Christophe PLAQUEVENT**

Yves GÉNISSON et **Frédéric GUILLEN**

1. Liquides ioniques et chimie verte

1.1 Définitions. Nomenclature .

1.2 Positionnement des réactions en liquides ioniques dans le contexte de la chimie verte .

2. Propriétés des liquides ioniques et premières applications

2.1 Structure et propriétés physico-chimiques des liquides ioniques

2.2 Découverte, premiers champs d'application .

2.3 Limites de l'usage des liquides ioniques en synthèse

3. Réactivité en milieu ionique

3.1 Principes généraux .

3.2 Réactions de synthèse non catalysées

3.3 Réactions catalysées



- 3.4 Autres modes d'activation .
- 3.5 Polymérisation en liquide ionique
- 4. Procédés spécifiques à la synthèse en milieu ionique**
- 5. Applications et perspectives industrielles.**
- 5.1 Procédé DIFASOL (IFP)
- 5.2 Procédé BASIL (BASF) .
- 6. Conclusion. Prospective**

AF6232***Métathèse : de la polymérisation à la synthèse de molécules complexes****par Janine COSSY***Claude COMMANDEUR et Malgorzata COMMANDEUR****1. Métathèse d'oléfines .**

- 1.1 Fermeture de cycles par métathèse
- 1.2 Métathèse croisée d'oléfines
- 1.3 Ouverture de cycle associée à une autre réaction de métathèse .

2. Métathèse d'ène-yne

- 2.1 Fermeture de cycles d'ène-yne
- 2.2 Ouverture et fermeture de cycles d'ène-yne
- 2.3 Fermetures de cycles d'ène-yne-ènes
- 2.4 Métathèse croisée d'ène-yne

3. Métathèse d'alcyne

- 3.1 Fermeture de cycles d'alcyne (RCAM)
- 3.2 Métathèse croisée d'alcyne (ACM) .

CHV1530***Tags et phases perfluorés pour la synthèse****par Jean-Marc VINCENT***1. Structures et propriétés des tags et phases perfluorés.**

- 1.1 Tags perfluorés
- 1.2 Solvants perfluorés.
- 1.3 Phases perfluorées solides

2. Méthodologies de séparation/recyclage employant tags et phases perfluorés....

- 2.1 Application pour la catalyse.
 - 2.1.1 Séparation de phases liquide/liquide : catalyse biphasique fluoreuse
 - 2.1.2 Séparation de phases solide/liquide
- 2.2 Application pour la synthèse
 - 2.2.1 Synthèse fluoreuse « légère » (Light fluorous synthesis) .
 - 2.2.2 Synthèse fluoreuse « lourde » (Heavy fluorous synthesis)

3. Conclusion**CHV2200*****Isonitriles et réactions multicomposants****par Laurent EL KAIM et Jieping ZHU***1. Synthèse d'isonitriles**

- 1.1 Réaction carbylamine
- 1.2 Déshydratation de formamides

2. Réactivité générale

- 2.1 Réactions sur le carbone terminal des isonitriles
- 2.2 Réactions sur le carbone portant la fonction isonitrile.

3. Réaction de Passerini

- 3.1 Généralités et applications.
- 3.2 La P-3CR diastéréosélective
- 3.3 La P-3CR énantiosélective

4. Réaction de Ugi.

- 4.1 Généralités



- 4.2 Substrats bifonctionnels pour la synthèse d'hétérocycles
- 4.3 Réaction de Ugi diastéréosélective
- 4.4 Applications en chimie médicinale et synthèse totale de produits naturels...
- 5. Réactions de Ugi et Passerini modifiées.**
- 5.1 Amines
- 5.2 Partenaires acides.
- 5.2.1 Analogues acides conduisant à des réarrangements de type Mumm.
- 5.2.2 Analogues acides induisant une cyclisation finale .
- 5.2.3 Phénols et réarrangement de Smiles 9
- 5.2.4 Acides minéraux, acides de Lewis
- 5.2.5 Imidazoles et cycloadditions [4+1]
- 6. Réactions multicomposants impliquant des additions sur des alcènes et acétyléniques activés .**
- 7. MCR et isonitriles fonctionnalisés**
- 7.1 Toluène sulfonyl methyl isonitrile
- 7.2 Alpha-isocyanoacétates.
- 7.3 Alpha-isocyanoacétamides et-amino oxazoles
- 8. Conclusion**

CHV2210 *Utilisation des dérivés,3-dicarbonylés dans les réactions domino et multicomposé*

par Damien BONNE

Thierry CONSTANTIEUX

Yoann COQUEREL et Jean RODRIGUEZ

1. Réactions domino et multicomposé diastéréosélectives

- 1.1 Réactions domino diastéréosélectives
- 1.2 Réactions multicomposé diastéréosélectives.

2. Réactions domino et multicomposé énantiosélectives

- 2.1 Réactions domino énantiosélectives.
- 2.2 Réactions multicomposé énantiosélectives

3. Conclusion.

CHV2220 *Réactions multicomposants et organométalliques*

par Geneviève BALME et Nuno MONTEIRO

1. Réactions multicomposants : principe et applications.

- 1.1 Définition .
- 1.2 Historique
- 1.3 Domaines d'applications
- 2. Réactions multicomposants et chimie verte.**
- 2.1 Économie d'étapes
- 2.2 Économie d'atomes
- 2.3 Sécurité des procédés
- 2.4 Convergence et sélectivité .
- 2.5 Accélération en milieu aqueux

3. Réactions multicomposants et organométalliques

- 3.1 Historique : le rôle prédominant du palladium
- 3.2 Avantages des réactions multicomposants catalytiques .
- 3.2.1 Amélioration des procédés sur le plan de l'efficacité et de la sûreté
- 3.2.2 Augmentation de la diversité des molécules synthétisées .
- 3.2.3 Chimie dans l'eau
- 3.2.4 Réactions asymétriques
- 3.3 Divers modes de catalyse
- 3.3.1 Réactions multicomposants sans intermédiaire isolable.
- 3.3.2 Réactions multicomposants séquentielles (intermédiaires isolables)



4. Conclusion et perspectives

CHV2224 *Réactions multicomposants et chimie radicalaire**par Yannick LANDAIS***Guy ROUQUET et Laurent HUET**

1. Effets polaires Échelles d'électrophilie et de nucléophilie radicalaires .
2. Réactions multicomposants radicalaires .
 - 2.1 Réactions radicalaires à composants Additions radicalaires sur des oléfines
 - 2.2 Réactions radicalaires à composants Additions radicalaires sur des imines .
 - 2.3 Réactions radicalaires à et composants Réactions de carbonylation.
3. Réactions multicomposants radicalaires ioniques.
 - 3.1 Réactions multicomposants radicalaires anioniques
 - 3.2 Réactions multicomposants radicalaires cationiques
4. Réactions multicomposants radicalaires séquentielles
 - 4.1 Réactions séquentielles radicalaires organométalliques
 - 4.2 Réactions de Ugi Réactions radicalaires
 - 4.3 Réaction de Passerini par voie radicalaire
5. Conclusion.

K1250 *Sonochimie organique**par Micheline DRAYE et Julien ESTAGER***Max MALACRIA****Jean-Philippe GODDARD et Cyril OLLIVIER**

1. Théorie
 - 1.1 Dynamique de bulle .
 - 1.2 Facteurs affectant la cavitation
 - 1.3 Estimation des paramètres ultrasonores.
2. Équipement de laboratoire et équipement industriel.
 - 2.1 Bacs à ultrasons
 - 2.2 Sondes ultrasonores
 - 2.3 Réacteurs haute fréquence
 - 2.4 Réacteurs « cup-horn » .
 - 2.5 Réacteurs sifflets .
 - 2.6 Transducteurs pour réacteurs en continu.
3. Application à la synthèse organique .
 - 3.1 Synthèse en milieu homogène .
 - 3.2 Synthèse en milieu hétérogène
4. Autres utilisations des ultrasons en chimie .
 - 4.1 Sonophotocatalyse
 - 4.2 Polymérisation sous ultrasons
 - 4.3 Ultrasons et nanoparticules .
 - 4.4 Chimie enzymatique sous ultrasons.
 - 4.5 Sonoélectrosynthèse
 - 4.6 Utilisation des ultrasons pour la dégradation de polluants organiques
5. Limitations de la sonochimie
 - 5.1 Reproductibilité .
 - 5.2 Homogénéité du champ ultrasonore
 - 5.3 Détermination de la puissance ultrasonore
 - 5.4 Scale-up .
6. Conclusions et perspectives des ultrasons en chimie organique .

K1260 *Chimie supportée sur phase solide**Conseillers éditoriaux pour cet article :***Max MALACRIA****Jean-Philippe GODDARD et Cyril OLLIVIER***par Géraldine GOUHIER*

1. Principe de la chimie sur phase solide
2. Support



3. Caractéristiques des supports de type gel
4. Fonctionnalisation du support solide.
5. Méthodes d'analyses et suivis réactionnels
6. Synthèses sur phase solide
7. Applications et procédés innovants
8. Applications et perspectives industrielles
9. Conclusions et prospectives

CHV1550 *Chimie par transfert de phase*

par Chantal LARPENT et Emmanuel MAGNIER

1. Catalyse par transfert de phase (CTP) : transfert de réactifs et/ou de catalyseurs en phase organique

- 1.1 Principe et applications
- 1.2 Catalyseurs de transfert de phase
- 1.3 Catalyse par transfert de phase asymétrique
- 1.4 Intérêts et domaines d'application de la catalyse par transfert de phase

2. Transfert de phase inverse : transfert de réactifs et/ou de catalyseurs en phase aqueuse

- 2.1 Transfert de phase inverse par formation d'un intermédiaire réactionnel hydrosoluble .
- 2.2 Transfert de phase inverse par formation de complexes d'inclusion avec des molécules hôtes hydrosolubles
- 2.3 Solubilisation/dispersion en phase aqueuse par addition de tensioactifs

3. Systèmes thermomorphes faisant intervenir un transfert de phase induit par variation de température .

- 3.1 Systèmes catalytiques à base de ligands à solubilité thermoréversible : catalyse biphasique aqueuse thermorégulée.
- 3.2 Systèmes basés sur des mélanges solvants thermomorphes
- 3.3 Systèmes à base de gels thermosensibles

4. Conclusion

CHV1610 *Synthèse organique sous haute pression*

par Isabelle CHATAIGNER et Jacques MADDALUNO

1. Pourquoi les hautes pressions

2. Notions fondamentales .
- 2.1 Éléments de la physico-chimie des hautes pressions .
- 2.2 Pratique du volume d'activation
- 2.3 Solvant sous haute pression.

3. Instrumentation

- 3.1 Comment générer des hautes pressions ?
- 3.2 Choix de l'équipement
- 3.3 Sécurité des installations .

4. Applications.

- 4.1 Réactions péryclics
- 4.2 Réactions d'addition nucléophile
- 4.3 Réactions de substitution .
- 4.4 Réactions métallocatalysées

5. Conclusion.

**** Procédés biotechnologiques:**

BIO801 *Composés produits par ingénierie métabolique*

par Cyrille PAUTHENIER et Jean-Loup FAULON

1. Répartition des efforts de recherche par famille de composés .
2. Liste des composés produits par fermentation et ingénierie métabolique .



BIO6200***Procédés de production de protéines recombinantes thérapeutiques : vers une maîtrise de la glycosylation****par* Jean-Louis GOERGENEmmanuel GUEDON *et* Marie-Françoise CLINCKE**1. Systèmes d'expression des protéines recombinantes utilisés en biotechnologie : avantages et inconvénients**

- 1.1 Procaryotes
- 1.2 Eucaryotes
- 1.3 Organismes pluricellulaires

2. Aspects qualitatifs des protéines recombinantes .

- 2.1 Modifications posttraductionnelles
- 2.2 Structures glycaniques en fonction des systèmes d'expression.
- 2.3 Macrohéétérogénéité et microhéétérogénéité de la glycosylation des protéines et techniques de caractérisation

3. N-glycosylation des protéines dans les cellules animales

- 3.1 Biosynthèse des glycoprotéines dans les cellules animales
- 3.2 Nécessité de produire des glycoprotéines recombinantes thérapeutiques de qualité constante .
- 3.3 Paramètres opératoires pouvant influencer la glycosylation.

BIO1600***Fermenteurs industriels - Conception et réalisation****par* Maurice NONUS

Patrice COGNART

Françoise KERGOAT *et* Jean-Michel LEBEAULT**1. Généralités.****2. Fermentation. Terminologie. Définitions**

- 2.1 Présentation de la fermentation
- 2.2 Terminologie .
- 2.3 Paramètres
- 2.4 Demande en oxygène et transfert gazeux
- 2.5 Stérilisation. Stérilité
- 2.6 Mesures. Contrôle. Régulation

3. Critères de conception

- 3.1 Stérilité.
- 3.2 Mélange .

4. Réalisation

- 4.1 Aspect stérilité.
- 4.2 Aspect hydraulique
- 4.3 Aspect mécanique .
- 4.4 Aspect variation de vitesse de l'agitateur
- 4.5 Aspect économique .
- 4.6 Valeurs pratiques .

BIO1605***Bioréacteurs à usage unique - Conception et principes****par* Maurice NONUS**1. Conception .****2. Performances**

- 2.1 Dispositifs d'agitation et de mélange.
- 2.2 Puissance dissipée dans le milieu
- 2.3 Transfert de dioxygène
- 2.4 Transfert du dioxyde de carbone
- 2.5 Régulation de la température .
- 2.6 Mesures de pH, dioxygène dissous, dioxyde de carbone dissous à l'aide de capteurs à usage unique .



3. Conclusion .

4. Glossaire

BIO620

Fermentation en milieu solide (FMS)

par Francis DUCHIRON

et Estelle COPINET

1. Qu'est-ce que la fermentation ?

2. Origine de la fermentation en milieu solide

2.1 Historique

2.2 Développement asiatique.

2.3 Développement dans le reste du monde

3. Fermentation en milieu solide *versus* fermentation en milieu liquide

4. Développement d'une fermentation en milieu solide.

5. Micro-organismes utilisés en FMS

6. Régulations en FMS

6.1 Température

6.2 Humidité et activité de l'eau

6.3 Aération et oxygène

6.4 pH

6.5 Stérilité.

7. Équipements de la FMS

7.1 Équipements de laboratoire

7.2 Équipements à l'échelle pilote

7.3 Équipements industriels.

8. Productions de la FMS

8.1 Produits alimentaires

8.2 Produits non alimentaires

9. Conclusion et perspectives .

BIO6800

Procédés de culture en masse de cellules animales

par Annie MARC et Éric OLMOS

1. Cellules animales pour la culture en masse

1.1 Lignées cellulaires.

1.2 Caractéristiques des lignées cellulaires .

2. Milieux de culture .

2.1 Milieux de culture avec sérum animal

2.2 Formulations des milieux de culture sans sérum

2.3 Stratégies de développement des milieux .

3. Impact des paramètres environnementaux sur les cinétiques cellulaires .

3.1 Métabolisme énergétique

3.2 Composés gazeux .

3.3 Paramètres physico-chimiques

3.4 Qualité du produit

3.5 Modèles cinétiques .

4. Bioréacteurs pour la culture en masse de cellules animales

4.1 Technologies de cytotculteurs

4.2 Contrôle et conduite des cytotculteurs

5. Hydrodynamique et transfert de matière en cytotculteur

5.1 Hydrodynamique .

5.2 Transferts gazeux.

6. Conclusion



BIO6810***Production de protéines thérapeutiques dans les cellules d'insecte****par* Hassan CHAABIHI

1. Protéines recombinantes et cellules d'insecte
2. Système baculovirus/cellules d'insecte.
3. Forces et faiblesses du système baculovirus/cellules d'insecte .
4. Production en cellules d'insecte et développements industriels
5. Application pour la santé des protéines produites dans les cellules d'insecte .
6. Développements technologiques pour de nouvelles applications
7. Conclusion .
8. Glossaire Définitions.

**** Opérations unitaires:****P1415*****Décantation Filtration****par* Gwenola BURGOT

1. Décantation et filtration dans les processus analytiques
2. Décantation.
 - 2.1 Décantation solide-liquide.
 - 2.2 Décantation de deux phases liquides non miscibles
 - 2.3 Matériel pour la décantation
3. Filtration .
 - 3.1 Classification
 - 3.1.1 En fonction de la taille moyenne des particules à retenir par le filtre
 - 3.1.2 En fonction du mode de passage du fluide
 - 3.2 Mécanismes de la filtration
 - 3.3 Caractérisations des filtres
 - 3.4 Matériel
 - 3.4.1 Media filtrants .
 - 3.4.2 Supports .
 - 3.4.3 Critères de choix
 - 3.4.4 Contrôles d'efficacité
 - 3.5 Domaines d'applications
4. Conclusion.

J2791***Filtration membranaire (OI, NF, UF) - Présentation des membranes et modules****par* Jean-Christophe REMIGY *et* Sandrine DESCLAUX

1. Membranes .
 - 1.1 Structure et matériaux
 - 1.1.1 Types de membranes
 - 1.1.2 Matériaux membranaires
 - 1.1.3 Géométrie
 - 1.2 Procédés d'élaboration
 - 1.2.1 Inversion de phase
 - 1.2.2 Perforation radiochimique
 - 1.2.3 Étirage de film de polymère
 - 1.2.4 Polymérisation interfaciale
 - 1.2.5 Frittage.
 - 1.2.6 Méthode sol gel
2. Modules
 - 2.1 Module plan .
 - 2.2 Module spiralé
 - 2.3 Module tubulaire



- 2.4 Module en fibres creuses
- 2.5 Modules dérivés .
- 2.5.1 Module à membranes immergées .
- 2.5.2 Module vibrant.
- 2.6 Comparaison des modules
- Références bibliographiques .

J2796

Filtration membranaire (OI, NF, UF) - Applications diverses

par Sylvie BOURDON et Arnaud BAUDOT

1. Biotechnologie et biopharmacie

- 1.1 Extraction des moûts de fermentation
- 1.1.1 Procédés de fermentation.
- 1.1.2 Extraction des métabolites .
- 1.2 Concentration/Purification .
- 1.3 Membranes stérilisantes

2. Industrie automobile

- 2.1 Dégraissage et traitement des huiles
- 2.1.1 Concentration des effluents huileux avant destruction.
- 2.1.2 Recyclage des bains de dégraissage .
- 2.2 Procédés membranaires dans les dépôts de peinture par électrophorèse
- 2.2.1 Rinçage des carrosseries et recyclage de la peinture.
- 2.2.2 Recyclage des eaux de rinçage final .

3. Autres domaines d'applications.

- 3.1 Recyclage des saucés de couchage dans l'industrie papetière
- 3.1.1 Traitement de couchage du papier.
- 3.1.2 Traitement de recyclage des saucés .
- 3.2 Extraction de solvant par nanofiltration dans le procédé de production d'huile moteur
- 3.2.1 Production de l'huile pour moteur
- 3.2.2 Déparaffinage par membranes de l'huile pour moteur

4. Conclusion .

Références bibliographiques

J4950

Applications industrielles des fluides supercritiques et équipements de mise en œuvre

par Michel PERRUT

1. Traitement de produits naturels

- 1.1 Extraction supercritique (SFE) .
- 1.2 Fractionnement supercritique (SFF)
- 1.3 Imprégnation supercritique (SFI)

2. Décontamination par fluide supercritique.

- 2.1 Élimination de composants potentiellement dangereux.
- 2.2 Décontamination biologique

3. Applications pharmaceutiques et biomédicales

4. Élaboration de matériaux innovants.

5. Applications comme milieux réactionnels

6. Applications en dépollution et recyclage

7. Quelles perspectives .



J2731**Adsorption - Procédés et applications***par* Lian-Ming SUN ; Francis MEUNIER *et* Gino BARON**1. Généralités.**

- 1.1 Méthodes de régénération.
- 1.2 Critères de sélection pour les adsorbants .
- 1.3 Configurations des adsorbants fixes
- 1.4 Protection des adsorbants .
- 1.5 Processus pour le développement d'un procédé d'adsorption
- 1.6 Principales applications industrielles

2. Procédés de séparation par adsorption modulée en pression

- 2.1 Principe de l'adsorption modulée en pression
- 2.2 Étapes de base dans les cycles de PSA .
- 2.3 Exemples d'application.

3. Procédés de séparation par adsorption modulée en température .

- 3.1 Méthodes de régénération thermique.
- 3.2 Cycles de TSA à lit fixe et à chauffage direct
- 3.3 Exemples d'application.

4. Procédés de séparation par chromatographie

- 4.1 Modes opératoires (gaz/liquide)
- 4.2 Adsorbants et leurs mises en forme utilisés en chromatographie
- 4.3 Chromatographie annulaire continue
- 4.4 Applications

5. Procédés de séparation à lit mobile ou lit mobile simulé

- 5.1 Adsorption discontinue en cuve agitée .
- 5.2 Adsorption continue en contre-courant.
- 5.3 Lit mobile simulé .
- 5.4 Applications

6. Autres procédés d'adsorption

- 6.1 Stockage du gaz naturel.
- 6.2 Production du froid
- 6.3 Déshumidification.

J2788**Cristallisation en solution - Procédés et types d'appareils***par* Béatrice BISCANS**1. Place de la cristallisation dans le procédé industriel .**

- 1.1 Chaîne du solide : cristallisation, filtration, séchage
- 1.2 Propriétés des cristaux

2. Modes de création de la sursaturation .

- 2.1 Procédés thermiques
- 2.2 Procédés chimiques ou physico-chimiques .

3. Calcul du rendement théorique de cristallisation**4. Contrôle de la sursaturation**

- 4.1 Contrôle de la vitesse de création de la sursaturation
- 4.2 Ensemencement

5. Choix d'un cristalliseur

- 5.1 Informations requises pour le choix
- 5.2 Mode de fonctionnement
- 5.3 Types de contacteurs.

6. Cristalliseurs agités

- 6.1 Rôle de l'agitation .
- 6.2 Type d'appareils

7. Cristalliseurs à lit fluidisé

- 7.1 Vitesse de fluidisation
- 7.2 Type d'appareils

8. Contrôle de la distribution de taille des cristaux.

- 8.1 Bilan de population
- 8.2 Cas du MSMPR
- 9. Calcul des installations de cristallisation**
- 9.1 Cristallisation discontinue par refroidissement
- 9.2 Cristallisation continue MSMPR
- 10. Conclusion.**

J2455***Séchage industriel - Aspects pratiques****par Patricia ARLABOSSE***1. Choix d'un procédé de séchage**

- 1.1 Méthodologie
- 1.2 Innovations
- 1.3 Spécification des contraintes et impact sur le choix d'une technologie .

2. Grandes familles technologiques de sècheurs

- 2.1 Sècheurs compatibles avec les produits humides à l'état liquide
- 2.2 Sècheurs compatibles avec les produits humides à l'état solide
- 2.3 Sècheurs développés pour les produits humides à l'état pâteux.

3. Utilités

- 3.1 Électricité
- 3.2 Combustibles fossiles
- 3.3 Autres utilités

4. Équipements périphériques

- 4.1 Conditionnement de l'air de séchage.
- 4.2 Traitement des gaz d'exhaure
- 4.3 Systèmes de récupération d'énergie

5. Sécurité

- 5.1 Oxydation
- 5.2 Explosion
- 5.3 Pollution de l'environnement
- 5.4 Gestion des risques

6. Présélection des technologies de séchage .

- 6.1 Sur la base de l'efficacité énergétique .
- 6.2 Sur la base de contraintes liées au procédé de fabrication.
- 6.3 Sur la base de contraintes liées au produit

**** Production et industrialisation des procédés:****PHA1050*****Modélisation et optimisation de chaînes logistiques de l'industrie pharmaceutique****par Catherine AZZARO-PANTEL***1. Caractéristiques de l'industrie pharmaceutique**

- 1.1 Analyse du processus de développement de nouveaux produits
- 1.2 Cycle de vie d'un médicament
- 1.3 Éléments sur la nature du marché des médicaments
- 1.4 Gestion de chaînes logistiques

2. Gestion du pipeline de développement de produits .

- 2.1 Approches méthodologiques
- 2.2 Optimisation de la gestion du portefeuille de produits .
- 2.2.1 Approches par programmation mathématique
- 2.2.2 Approches par simulation
- 2.3 Optimisation des phases d'essais .
- 2.4 Gestion de la chaîne des essais cliniques

3. Planification de la capacité de production.**4. Gestion de la chaîne logistique pharmaceutique**

- 4.1 Quelques exemples représentatifs



4.2 Enjeux de recherche

5. Conclusion.

6. Glossaire

AG3510

Architectures de pilotage de procédés industriels

par Pascal BERRUET

Jean-François PETIN

Fabien RIGAUD

Armand TOGUYENI et Éric ZAMAÏ

1. Architectures de contrôle et de commande

1.1 Équipements d'acquisition et de traitement .

1.2 Réseaux informatiques

1.3 IHM

1.4 Architectures de conduite

1.4.1 Architecture monoposte

1.4.2 Architecture multiposte en parallèle

1.4.3 Architecture client-serveur.

1.4.4 Architecture client-serveurs multiples .

1.4.5 Architecture clients banalisés via WTS

1.4.6 Architecture clients Web banalisés.

2. Système de pilotage de la production MES

2.1 Définition et objectifs d'un MES.

2.2 Fonctions du MES

2.3 Flux d'informations

2.4 Architectures d'intégration .

3. Réactivité face à des pannes

3.1 Commande

3.2 Surveillance

3.3 Supervision

3.4 Organisation des modules

3.5 Terminologie surveillance, supervision, commande

3.5.1 Fonctions de la surveillance [17]

3.5.2 Fonctions de la supervision

3.5.3 Fonctions de la commande

3.5.4 Récapitulatif des fonctions

4. Processus de reconfiguration

4.1 Définition.

4.2 Contexte de la reconfiguration

4.3 Mise en œuvre du processus de reconfiguration au niveau de la commande

4.3.1 Étape décisionnelle.

4.3.2 Étape opérationnelle .

5. Conclusion

Références bibliographiques .

AG3010

Ordonnancement et conception d'ateliers discontinus

par Catherine AZZARO-PANTEL

1. Définitions et concepts.

1.1 Notion d'atelier polyvalent ou flexible.

1.2 Production par campagnes

1.3 Structures monoproduit et multiproduit

1.4 Description d'un atelier discontinu

2. Ordonnancement d'ateliers

2.1 Définition.

2.2 Méthodes classiques de résolution du problème d'ordonnancement

2.2.1 Approches par optimisation .



- 2.2.2 Techniques de simulation
- 2.2.3 Couplage simulation-optimisation.
- 3. Conception d'ateliers discontinus**
- 3.1 Introduction à la conception et au remodelage
- 3.2 Formulation du problème de conception
- 3.3 Formulation classique du problème de conception d'atelier multiproduit
- 3.4 Méthodes classiques d'optimisation monocritère
- 3.5 Vers une conception intégrée de procédés .
- 4. Conclusions et perspectives**

AG3011***Ordonnancement et conception d'ateliers. Applications****par Catherine AZZARO-PANTEL***Adrian DIETZ****Serge DOMENECH****Luc PIBOULEAU****1. Avant-propos.****2. Exemple support en ordonnancement et conception .****3. Développement du modèle de simulation de l'atelier.****4. Simulation du fonctionnement de l'atelier**

4.1 Entrées-sorties typiques.

4.2 Informations sur les conditions opératoires

4.3 Fonctionnement global de l'atelier .

4.3.1 Comparaison intra extracellulaires avec campagnes monoproduits

4.3.2 Simulation de campagnes multiproduits

5. Conception d'ateliers .

5.1 Contexte

5.2 Données nécessaires à la conception

5.3 Résultats typiques

5.3.1 Conception monocritère : minimisation du coût d'investissement.

5.3.2 Conception multicritère (coût, environnement)

6. Remodelage d'ateliers

6.1 Contexte

6.2 Présentation de l'exemple

6.3 Formulation des recettes de production.

6.3.1 Remodelage monocritère .

6.3.2 Remodelage bicritère : coût d'investissement nombre d'équipements différents .

7. Conclusion**Références bibliographiques****IN94*****Microréacteurs pour l'industrie (Innovation)****par Joëlle AUBIN, Catherine XUEREB***introduction****1 - enjeux de la miniaturisation.**

1.1 - caractéristiques d'un microreacteur

1.2 - avantages liés à ses caractéristiques

1.3 - un outil adapté aussi à la production.

2 - exemples d'appareils.

2.1 - mélangeurs et contacteurs diphasiques

2.2 - échangeurs de chaleur et réacteurs-échangeurs

2.3 - unités intégrées de production

3 - caractéristiques des écoulements

3.1 - écoulements monophasiques

3.2 - dispersions

3.3 - génération et traitement des solides

4 - quelques exemples d'industrialisation

- 5 - limites.
- 6 - conclusions
- 7 - constructeurs fournisseurs distributeurs.

S4/24766 **Qualité et contrôle des médicaments**

**** Sécurité : gestion des risques et vigilance :**

PHA3050 *Management des risques appliqué à la production pharmaceutique - Concepts et réglementation*

par Mélisande BERNARD

Hassane SADOU YAYE

Jean-Jacques HOURI et Bernard DO

1. Risques et dangers : définitions et notions de base
2. Référentiels en vigueur et référentiels applicables au management des risques .
3. Démarche générale du management des risques et outils associés
4. Apport du QRM à la validation du produit, des procédés et à la maîtrise des changements.
5. Conclusion
6. Glossaire.

PHA3051 *Management des risques appliqué au développement pharmaceutique du médicament*

par Jean-Jacques HOURI ; Mélisande BERNARD

Hassane SADOU-YAYE et Bernard DO

1. Prérequis au développement .
2. Première phase du développement : identification du profil qualité cible du produit et de ses attributs critiques
3. Deuxième phase du développement : étude de pré-formulation .
4. Troisième phase du développement : identification des attributs de matières critiques
5. Quatrième phase du développement : réalisation d'essais de formulation et de procédé.
6. Cinquième phase du développement : transposition industrielle et étude de stabilité primaire
7. Sixième phase du développement : établissement de la stratégie de contrôle
8. Conclusion
9. Glossaire

PHA3060 *Pharmacovigilance - Surveillance du risque médicamenteux*

par Elisabeth POLARD

1. Structuration de la pharmacovigilance
2. Définitions
3. Détection et suivi des effets indésirables .
4. Méthodes utilisées dans la surveillance du risque en post-AMM
5. Rôle des différents intervenants
6. Détection et évaluation des signaux
7. Mesures réglementaires pour maîtriser le risque.
8. Conclusion
9. Glossaire.
10. Tableau des acronymes



**** Techniques analytiques:****PHA3055** *Techniques analytiques au service de la lutte contre la falsification des médicaments*par **Pauline GUINOT** et **Hervé REBIÈRE****1. Enjeux et contexte réglementaire**

- 1.1 Qu'est-ce qu'un médicament falsifié ?
- 1.2 Enjeux de santé publique
- 1.3 Réglementations et organisation de la lutte

2. Techniques analytiques

- 2.1 Caractérisation des échantillons.
- 2.2 Techniques spectrométriques
- 2.3 Techniques séparatives .
- 2.4 Techniques d'analyse avancées
- 2.5 Techniques complémentaires.

3. Stratégie d'analyse .

- 3.1 Méthodologie générale .
- 3.2 Analyses hors du laboratoire .

4. Conclusion.**5. Sigles****P3260** *Analyse des solvants résiduels dans les produits pharmaceutiques*par **Michel BAUER****1. Pourquoi rechercher les solvants résiduels ?**

- 1.1 Conséquence sur l'acceptabilité du médicament par le patient
- 1.2 Conséquences sur les propriétés physico-chimiques du principe actif et de la forme galénique .
- 1.3 Conséquences sur les interactions contenu/contenant.
- 1.4 Comme outil dans des applications touchant à la médecine légale
- 1.5 Comme source de toxicité .

2. Comment identifier et doser les solvants résiduels ?

- 2.1 Méthodes générales
- 2.2 Cas de l'eau : méthode de Karl Fischer
- 2.3 Chromatographie en phase gazeuse .

3. Mise en place des spécifications.

- 3.1 Généralités
- 3.2 Introduction au texte ICH .
- 3.3 Limite en solvants résiduels .

4. Conclusion**P3352** *Analyses en microbiologie - Produits non stériles*par **Yves ROCHÉ** et **Philippe NIEL****1. Techniques classiques de la Pharmacopée européenne**

- 1.1 Méthodes quantitatives .
- 1.2 Recherche de germes spécifiés .

2. Techniques rapides de contrôle microbiologique.

- 2.1 Amélioration d'une technique classique .
- 2.2 Techniques alternatives de détection rapide
- 2.3 Applications des principales techniques alternatives dans l'industrie pharmaceutique

Références bibliographiques .

P3354***Analyses en microbiologie - Produits stériles****par Delphine VERJAT-TRANNOY ; Cyril VADROT ; Corinne DANAN et Alain RACHON***1. Contrôles biologiques de routine appliqués aux médicaments injectables et aux dispositifs médicaux stériles et apyrogènes .**

- 1.1 Contrôle de la stérilité
 - 1.1.1 Contrôle de la stérilité des dispositifs médicaux .
 - 1.1.2 Contrôle de la stérilité des médicaments injectables .
- 1.2 Détection des substances pyrogènes et dosage des endotoxines bactériennes
 - 1.2.1 Définition .
 - 1.2.2 Champs d'application.
 - 1.2.3 Recherche de pyrogènes chez le lapin
 - 1.2.4 Recherche et dosage des endotoxines.
 - 1.2.5 Conclusion
- 1.3 Conclusion générale

2. Contrôle et validation des procédés de stérilisation des dispositifs médicaux par des méthodes microbiologiques

- 2.1 Inactivation des micro-organismes.
 - 2.1.1 Procédés de stérilisation des dispositifs médicaux
 - 2.1.2 Lois d'inactivation des micro-organismes
- 2.2 Indicateurs biologiques.
- 2.3 Validation d'un procédé de stérilisation .
 - 2.3.1 Qualification microbiologique
 - 2.3.2 Essais de stérilité
 - 2.3.3 Contamination initiale ou biocharge.
- 2.4 Conclusion.

3. Qualification des performances des filtres stérilisants

- 3.1 Facteurs influençant la rétention de bactéries .
- 3.2 Méthode microbiologique : test de rétention de bactéries.
 - 3.2.1 Choix du micro-organisme
 - 3.2.2 Protocole de préparation de *B. diminuta*.
 - 3.2.3 Validation du test de rétention de bactéries
- 3.3 Méthodes physiques : tests d'intégrité des filtres .
- 3.4 Stérilisation de l'équipement
- 3.5 Contexte réglementaire
- 3.6 Conclusion.

Références bibliographiques**PHA3010*****Médicaments dans l'eau - Présence, risques et potentialités de traitement****par Luis Fernando DELGADO ZAMBRANO et Claire ALBASI***1. Présence des médicaments dans l'environnement**

- 1.1 Du consommateur à la station d'épuration
- 1.2 De la station d'épuration au milieu naturel .

2. Risques potentiels liés à la présence de produits pharmaceutiques dans l'environnement

- 2.1 Effets engendrés
- 2.2 Classes thérapeutiques à prendre en compte

3. Contribution de quelques procédés de traitement à l'élimination de micropolluants .

- 3.1 Efficacité des procédés biologiques.
- 3.2 Efficacité des procédés physico-chimiques.

4. Conclusion .

PHA3030 *Médicaments anticancéreux : impacts potentiels sur l'environnement*

par Jordan SEIRA

Claire JOANNIS-CASSAN et Claire ALBASI

1. Médicaments anticancéreux

- 1.1 Classification des médicaments anticancéreux
- 1.2 Tendances de consommation et prévisions
- 1.3 Propriétés physico-chimiques des molécules anticancéreuses.

2. Devenir des médicaments anticancéreux dans l'environnement .

- 2.1 Devenir dans le corps humain .
- 2.2 Élimination par les Stations d'Épuration (STEP)
- 2.3 Présence dans les eaux de surfaces et risques potentiels.

3. Comment réduire l'impact environnemental ?

4. Conclusion

PHA3063 *Compléments alimentaires à base de plantes - Évolutions réglementaires*

par Xavier FERNANDEZ

Mélissa CLÉMENT CHAMI et Loïc LOFFREDO

1. Vers une rationalisation de l'usage des plantes

2. Notions de botanique

3. Secteur du complément alimentaire : une importante disparité

4. Réglementation du complément alimentaire à base de plantes .

5. Référentiels à la disposition des industriels

6. Conclusions et perspectives

7. Sigles

8. Glossaire.

PHA3064 *Compléments alimentaires à base de plantes - Approche analytique*

par Xavier FERNANDEZ

Mélissa CLÉMENT CHAMI et Loïc LOFFREDO

1. Notions de botanique

1.1 Nomenclature et classifications

1.2 Phytochimie des plantes

1.3 Classification des composés

2. Différents outils d'analyses phytochimiques.

2.1 Préparation d'échantillon .

2.2 Techniques d'analyse .

2.3 Métabolomique .

3. Disparités des méthodes d'analyse utilisées par les industriels pour contrôler les matières premières.

3.1 Comparaison entre différentes techniques de dosage

3.2 Quelques exemples .

3.3 Choix de la méthode d'analyse

4. Référentiels à la disposition des industriels .

4.1 Principe des pharmacopées .

4.2 Étude de cas : la *Valeriana officinalis* et les problématiques posées par une monographie issue de la pharmacopée européenne

5. Conclusions et perspectives

6. Sigles .

7. Glossaire .



PHA3065 *RMN appliquée à la détection de produits de santé illicites*

par **Myriam MALET-MARTINO** et **Véronique GILARD**

1. Pourquoi utiliser la RMN ?

- 1.1 Problèmes analytiques à résoudre .
- 1.2 Atouts de la RMN .
- 1.3 Appareillage .
- 1.4 Démarche générale utilisée dans nos études.

2. Détection de l'adultération de compléments alimentaires

- 2.1 Qu'appelle-t-on complément alimentaire ? .
- 2.2 Problématique de l'adultération des compléments alimentaires par des substances médicamenteuses
- 2.3 Exemples d'analyse de compléments alimentaires par RMNH (identification et quantification des adultérants) .

3. Détection de contrefaçons de médicaments .

- 3.1 Problématique de la contrefaçon des médicaments.
- 3.2 Exemples d'analyse de médicaments par RMNH

4. Conclusion.

5. Glossaire

6. Sigles, notations et symboles

**** Logistique et traçabilité:**

TR330 *Traçabilité des produits pharmaceutiques en milieu hospitalier*

Par **Luc ROZENBAUM**

1. De la nécessité de tracer les produits pharmaceutiques pour raison sanitaire

- 1.1 Médicaments
- 1.2 Dispositifs médicaux

2. De la nécessité de tracer les produits pharmaceutiques pour raison économique

3. Encadrement normatif.

4. Encadrement réglementaire

- 4.1 Arrêté relatif aux bonnes pratiques de pharmacie hospitalière du 1 juin 001
- 4.2 Loi du 6 février 007
- 4.3 Loi sur le droit des patients (4 mars 002) dite loi Kouchner
- 4.4 Arrêté sur la prise en charge médicamenteuse (6 avril 011)
- 4.5 Loi relative au renforcement de la sécurité sanitaire du médicament (29 décembre 011)
- 4.6 Coordination de la gestion des risques
 - 4.6.1 Identitovigilance
 - 4.6.2 Pharmacovigilance
 - 4.6.3 Matériovigilance
 - 4.6.4 Réactovigilance
 - 4.6.5 Biovigilance
- 4.7 Contrat de bon usage des produits pharmaceutiques hors GHS .
- 4.8 Iatrogénie médicamenteuse
- 4.9 Infections nosocomiales

5. Objectifs d'une traçabilité en milieu hospitalier.

- 5.1 Traçabilité des produits, des process et des patients.
- 5.2 Traçabilité comme outil de pilotage
- 5.3 Circuit de prise en charge thérapeutique du patient

6. Moyens .

- 6.1 Systèmes informationnels .
- 6.2 Quelques exemples
 - 6.2.1 Armoires automatisées de dotation de médicaments dans les services sécurisation assurée par biométrie (figure)



- 6.2.2 Armoires automatisées de dotation de dispositifs médicaux au bloc opératoire sécurisation assurée par biométrie (figure)
- 6.2.3 Puces RFID
- 6.2.4 Sondes embarquées dans les autoclaves pour la validation des process
- 6.2.5 Outils informatiques : DMI, produits dérivés du sang, médicaments anticancéreux .
- 6.2.6 EDI pour commande et facturation
- 7. **Limites actuelles.**
- 8. **Conclusion.**

AG5430

Logistique hospitalière - Besoins de gestion des flux pharmaceutiques

par Alain GUINET et Armand BABOLI

- 1. Une logistique. Deux approches .
- 2. Logistique hospitalière
- 3. État de l'art
- 4. Questionnement .
- 5. État des pratiques actuelles.
- 6. Problématiques actuels .
- 7. Conclusion

AG5435

Industrie pharmaceutique : logistique de distribution

par Virginie GOETZ-LOPES

- 1. Théorie .
 - 1.1 Industrie pharmaceutique : marché et perspectives
 - 1.2 Acteurs de la distribution pharmaceutique
 - 1.3 Impact des mutations en cours .
 - 1.4 Orientations stratégiques répondant à ces mutations
 - 1.5 Un secteur marqué par des contraintes réglementaires fortes
 - 1.6 Perspectives de reconfiguration du secteur (horizon007-2010)
- 2. Outils et moyens au service de la distribution (flux d'informations et flux physiques)
 - 2.1 Approche systémique et processus .
 - 2.2 Gestion des risques .
 - 2.3 Outils d'optimisation de la performance .
 - 2.4 Systèmes d'information Warehouse Management System (WMS) et échanges de données
 - 2.5 Développement de partenariats : évolution des relations clients/fournisseurs
 - 2.6 Indicateurs de performance (KPI) .

AG5436

Industrie pharmaceutique : logistique de distribution. Applications

par Virginie GOETZ-LOPES

- 1. Cas d'un dépositaire interne : centre de distribution Sanofi Aventis .
 - 1.1 Profil du site de Saint-Loubès
 - 1.2 Déroulement de la préparation
 - 1.2.1 Préparation des colis détails
 - 1.2.2 Préparation des colis standard
 - 1.3 Données de base de l'étude
 - 1.4 Résultats de l'étude.
 - 1.4.1 Circuit d'enregistrement et de traitement des litiges.
 - 1.4.2 Analyse globale des litiges.
 - 1.4.3 Analyse des flux et du processus
 - 1.4.4 Mise en place du plan d'actions correctives



1.4.5 Résultats obtenus et continuité dans le temps

1.5 Conclusions de l'étude menée

2. Cas d'un grossiste : OCP Répartition (Groupe Celesio)

2.1 Profil de l'organisme.

2.2 Stratégie développée

2.3 Organisation rationalisée avec des équipements perfectionnés

2.3.1 Mode d'organisation adapté au marché

2.3.2 Outil performant et fiabilisé .

2.3.3 Point sensible : la chaîne du froid

3. Conclusion

Références bibliographiques



“Ti253

Les Superstructures

du BÂTIMENT”

CONSTRUCTION
Et Travaux
Publics



TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR



 **S4/24767**
Béton armé et béton précontraint

 **S4/24768**
Construction bois

 **S4/24769**
Construction métallique

 **S4/24770**
Constructions mixtes constructions souples

 **S4/24771**
Les Bétons dans la construction

 **S4/24772**
Les Matériaux de construction

 **S4/24773**
Méthodes de calcul et conception

*Construction et Travaux Publics***Ti253 Les superstructures du bâtiment****S4/24767 Béton armé et béton précontraint****** Le Béton armé:****C2330 Eurocode. Béton armé - Dispositions et données générales***Par Jean PERCHAT*

1. Généralités
2. Bases du calcul.
3. Matériaux
 - 3.1 Béton.
 - 3.2 Aciers de béton armé
4. Durabilité et enrobage des armatures
 - 4.1 Généralités
 - 4.2 Conditions d'environnement
 - 4.3 Exigences pour la durabilité
 - 4.4 Enrobages
5. Analyse structurale
 - 5.1 Généralités
 - 5.2 Imperfections géométriques.
 - 5.3 Modélisation de la structure
 - 5.4 Analyse élastique-linéaire
 - 5.5 Analyse élastique-linéaire avec redistribution limitée
 - 5.6 Méthodes d'analyse plastique
 - 5.7 Analyse non linéaire.
 - 5.8 Effets du second ordre
 - 5.9 Instabilité latérale des poutres élancées.

Références bibliographiques**C2331 Eurocode. Béton armé - Vérification des états-limites ultimes***Par Jean PERCHAT*

1. Flexion simple ou composée
2. Effort tranchant
 - 2.1 Procédure générale de vérification
 - 2.2 Éléments dépourvus d'armatures d'effort tranchant.
 - 2.3 Éléments requérant une armature d'effort tranchant
 - 2.3.1 Méthode des bielles d'inclinaison variable
 - 2.4 Couture des plans de jonction table-nervure ou talon-nervure dans une poutre en T
 - 2.5 Cisaillement le long des surfaces de reprise
3. Torsion
 - 3.1 Généralités
 - 3.2 Procédure du calcul
4. Poinçonnement.
 - 4.1 Généralités
 - 4.2 Section de contrôle de référence
 - 4.3 Résistance au poinçonnement
 - 4.4 Dalles ou semelles sans armatures de poinçonnement.
 - 4.5 Dalles ou semelles avec armatures de poinçonnement
5. Dimensionnement à l'aide de modèles à bielles et tirants



- 5.1 Généralités
- 5.2 Bielles
- 5.3 Tirants
- 5.4 Nœuds
- 6. Ancrages et recouvrements.
- 7. Pressions localisées
- 8. Fatigue
- Références bibliographiques

C2332

Eurocode. Béton armé - Vérification des états-limites de service

Par **Jean PERCHAT**

- 1. Contexte
- 2. Limitation des contraintes
- 3. Fissuration
 - 3.1 Généralités
 - 3.2 Section minimale des armatures tendues.
 - 3.3 Maîtrise de la fissuration sans calcul direct
 - 3.4 Calcul de l'ouverture des fissures
- 4. Limitation des flèches
 - 4.1 Généralités
 - 4.2 Cas de dispense de calcul des flèches
 - 4.3 Vérification des flèches Par le calcul
- Références bibliographiques

C2333

Eurocode Béton armé - Dispositions constructives

Par **Jean PERCHAT**

- 1. Adhérence et ancrages.
 - 1.1 Généralités
 - 1.2 Espaces libres horizontaux et verticaux entre barres.
 - 1.3 Diamètres admissibles des mandrins de cintrage.
 - 1.4 Ancrage des barres longitudinales
 - 1.5 Ancrage des cadres et étriers
 - 1.6 Ancrage au moyen de barres transversales soudées.
 - 1.7 Jonctions de barres
- 2. Dispositions constructives
 - 2.1 Généralités
 - 2.2 Poutres
 - 2.3 Dalles pleines.
 - 2.4 Planchers-dalles (et poinçonnement)
 - 2.5 Poteaux.
 - 2.6 Voiles
 - 2.7 Poutres-cloisons
 - 2.8 Fondations
 - 2.9 Régions comportant des discontinuités dans la géométrie ou dans les actions

C2334

Eurocode. Béton armé - Formules et données utiles

Par **Jean PERCHAT**

- 1. Calculs en flexion à l'état-limite ultime (article.1 de l'EC2)
 - 1.1 Recherche des sections d'acier.
 - 1.2 Calcul du moment résistant MRd, u d'une section rectangulaire sans aciers comprimés
- 2. Calculs relatifs à la fissuration
 - 2.1 Section homogène non fissurée (sans aciers comprimés)
 - 2.2 Section homogène fissurée (sans aciers comprimés)



3. Flèches. Méthodes de calcul approchées

3.1 Méthode A.

3.2 Méthode B

C2335**Étude de cas sur une poutre isostatique selon l'Eurocode2**Par *Damien RICOTIER, Jean-Jacques MONTIN***Introduction****1 - Données.****2 - Armatures longitudinales.**

2.1 - Calcul aux ELU de la section d'acier théorique à mi-travée de la poutre

2.2 - Choix des armatures.

2.3 - Optimisation de la section d'armatures

2.4 - Vérifications diverses.

3 - Ancrages des armatures dans les appuis

3.1 - Calcul de la section d'armatures théorique à ancrer à Par tir du nu de l'appui

3.2 - Calcul des contraintes dans le béton des bielles d'abouts

3.3 - Calcul de l'ancrage sur l'appui de droite

3.4 - Remarques et commentaires.

3.5 - Ancrage des armatures dans l'appui gauche

4 - Répartition des armatures transversales

4.1 - Valeur de l'effort tranchant maximal avant écrasement des bielles de compression : VRd, max.

4.2 - Section minimale d'armatures transversales et espacements maximaux

4.3 - Répartition des armatures transversales le long de la poutre.

4.4 - Cisaillement le long de la reprise de bétonnage.

5 - Plan de ferrailage

5.1 - Tracé de l'épure d'arrêt des barres.

5.2 - Armatures en partie supérieure des appuis

5.3 - Plan de ferrailage de la poutre.

5.4 - Ferrailage alternatif avec des éclisses aux abouts de poutre

5.5 - Ferrailage avec $\cot \theta =$ **6 - Limitation des contraintes (EC2 ART..2)**

6.1 - Contrainte de compression dans le béton.

6.2 - Contrainte de traction dans les armatures.

7 - Calcul de l'ouverture des fissures (EC2 ART..3.4).

7.1 - Remarques préalables.

7.2 - Calcul du moment fléchissant à mi-travée en combinaison quasi-permanente.

7.3 - Calcul de la contrainte dans les armatures.

7.4 - Calcul de l'aire de la section effective autour du béton tendu (EC2 art..3.2 (3))

7.5 - Calcul de la différence de déformation moyenne entre l'acier et le béton (EC2 art..3.4 (2))

7.6 - Calcul de l'espacement maximal des fissures

7.7 - Calcul de l'ouverture des fissures

8 - Calcul des flèches (EC2 ART..4).28

8.1 - Cas de dispense du calcul de la flèche (EC2 art..4.2)

8.2 - Calcul de la flèche nuisible selon le guide d'application des normes NF EN992 (clause.4.3 (7))

8.3 - Valeur limite de flèche nuisible.

8.4 - Conclusions

9 - Formulaire.

*** Le Béton précontraint:****C2360 Béton précontraint - Généralités Matériaux Pertes de précontrainte***Par Emmanuel BOUCHON***1. Présentation générale**

- 1.1 Définitions et conventions
- 1.2 Modes de réalisation de la précontrainte.
- 1.3 Action des câbles de précontrainte sur le béton
- 1.4 Conditions de sécurité. Règlements

2. Matériaux utilisés

- 2.1 Contexte
- 2.2 Béton
- 2.3 Armatures de précontrainte
- 2.4 Matériel de précontrainte Par post-tension

3. Calcul de la tension d'un câble en post-tension

- 3.1 Tension à l'origine
- 3.2 Pertes instantanées
- 3.3 Tension initiale
- 3.4 Pertes de tension différées
- 3.5 Tension à un instant t quelconque
- 3.6 Exemple

4. Conclusion**S4/24768 Construction bois****** Le Matériau bois:****C925 Matériau bois - Structure et caractéristiques.***Par Marie-Christine TROUY-TRIBOULOT, Pascal TRIBOULOT***1. Interaction forêt, bois et environnement**

- 1.1 Bois : matériau biologique
- 1.2 Bois, cycle du carbone, accentuation de l'effet de serre
- 1.3 Bois : matériau à faible coût énergétique

2. Structure anatomique

- 2.1 Formation et rôle du bois dans l'arbre
- 2.2 Paroi cellulaire
- 2.3 Du microscopique au macroscopique.
- 2.4 Résineux et feuillus dans la classification botanique, appellations commerciales
- 2.5 Plan ligneux des résineux
- 2.6 Plan ligneux des feuillus.
- 2.7 De l'anatomie aux propriétés physico-mécaniques du bois

3. Composition chimique

- 3.1 Constituants chimiques du bois
- 3.2 Comportement photochimique et thermoplastique
- 3.3 pH et compatibilité chimique

4. Paramètres pertinents à prendre en compte dans l'utilisation du bois

- 4.1 Densité
- 4.2 Interaction eau/bois
- 4.3 Température

5. Classement des bois de structures

- 5.1 Classement Par la méthode visuelle
- 5.2 Classement Par machine

6. Conclusion

C926**Matériau bois Durabilité**Par *Marie-Christine TROUY***1. Durabilité**

- 1.1 Champignons
- 1.2 Térébrants marins
- 1.3 Coléoptères à larve xylophage
- 1.4 Termites
- 1.5 Législation
- 1.6 Classes d'emploi (anciennement classes de risque)
- 1.7 Durabilité naturelle des essences
 - 1.7.1 Durabilité vis-à-vis des champignons lignivores
 - 1.7.2 Durabilité naturelle vis-à-vis des insectes coléoptères à larve xylophage
 - 1.7.3 Durabilité naturelle vis-à-vis des termites
 - 1.7.4 Quelques exemples
- 1.8 Préservation chimique : dans quels cas ?
 - 1.8.1 Utiliser le bois sans traitement
 - 1.8.2 Imprégnabilité des bois
- 1.9 Produits et procédés d'imprégnation
 - 1.9.1 Produits hydrosolubles
 - 1.9.2 Produits en solvant pétrolier et produits hydrodispensables
 - 1.9.3 Huileux naturels.
 - 1.9.4 Procédés Par diffusion.
 - 1.9.5 Procédé chaud-froid
 - 1.9.6 Procédés en autoclave
 - 1.9.7 Procédés Par capillarité.
 - 1.9.8 Exigences de pénétration et de rétention
 - 1.9.9 Impacts sur la santé et l'environnement
 - 1.9.10 Certifications
 - 1.9.11 Alternatives aux traitements Par imprégnation
- 2. Finitions extérieures**
 - 2.1 Spécificités des finitions extérieures pour le bois
 - 2.2 Vernis
 - 2.3 Lasures
 - 2.4 Peintures
 - 2.5 Autres produits
 - 2.6 Entretien et rénovation
- 3. Conclusion**

C928**Matériaux dérivés du bois**Par *Marie-Christine TROUY-TRIBOULOT, Daniel MASSON***1. Liants**

- 1.1 Liants organiques.
- 1.2 Liants hydrauliques.

2. Classification des matériaux en fonction du débit du bois

- 2.1 Matériaux dérivés du bois scié
- 2.2 Matériaux dérivés du bois tranché ou déroulé.
- 2.3 Matériaux dérivés du bois broyé ou déchiqueté.

3. Classification des matériaux en fonction de leur utilisation

- 3.1 Panneaux décoratifs et acoustiques.
- 3.2 Comportement au feu
- 3.3 Poutres composites en I

4. Aspect environnemental et réglementaire

- 4.1 Émissions de COV (composés organiques volatiles)
- 4.2 Traitement des produits en fin de vie
- 4.3 Écocertification.
- 4.4 Marquage CE



5. Conclusion

** Les Structures en bois:***C2440****Structures en bois***Par Jacques Long TRINH, Yves Marie LIGOT***1. Nouvelle approche de la sécurité**

- 1.1 Méthode des coefficients partiels
- 1.2 Caractérisation des propriétés des matériaux

2. Propriétés mécaniques des bois et matériaux dérivés

- 2.1 Bois massifs
- 2.2 Bois aboutés
- 2.3 Bois lamellés collés
- 2.4 Bois contrecollés ou Bois massifs reconstitués (BMR)
- 2.5 Lamibois (LVL)
- 2.6 Panneaux OSB
- 2.7 Panneaux de contreplaqué(qualité structure)
- 2.8 Panneaux de Particules

3. Propriétés physiques du bois

- 3.1 Conductivité thermique
- 3.2 Résistance au feu
- 3.3 Réaction au feu
- 3.4 Résistance et protection contre les attaques biologiques
- 3.5 Résistance aux agressions chimiques

4. Technologie et calcul des assemblages

- 4.1 Organes d'assemblage métalliques.
- 4.2 Assemblages traditionnels
- 4.3 Assemblages mécaniques des systèmes moisés.
- 4.4 Goussets en contre plaqué et connecteurs métalliques
- 4.5 Collage
- 4.6 Aboutage

5. Systèmes constructifs

- 5.1 Charpentes traditionnelles
- 5.2 Treillis moisé
- 5.3 Treillis et fermes à goussets ou connecteurs
- 5.4 Éléments composites pour fermes, poutres, poteaux et portiques
- 5.5 Poutres, arcs et poteaux en bois lamellé-collé

6. Exemples d'ouvrages réalisés en bois**7. Conclusion.****C2442****Eurocode Conception et calcul des structures en bois***Par Jacques Long TRINH***1. Normalisation européenne**

- 1.1 Directive produits de construction DPC (89/106/CEE)
- 1.2 Règlement produit construction-RPC
- 1.3 Normes Eurocodes

2. NF EN995 (Eurocode) : calcul des structures en bois**3. NF EN995-1-1 (Eurocode, Partie-1) : généralités Règles communes et règles pour les bâtiments en bois**

- 3.1 Bases de conception et calcul.
- 3.2 Application des principes de calcul aux États-limites
- 3.3 Propriétés des matériaux
- 3.4 Durabilité
- 3.5 Bases de l'analyse de structure
- 3.6 États-limites ultimes ELU
- 3.7 État-limite de service ELS
- 3.8 Assemblages Par organes métalliques



- 3.9 Capacité résistante latérale pour les organes métalliques de type tige
- 3.10 Organes d'assemblages
- 3.11 Composants.
- 3.12 Sous-systèmes
- 3.13 Détails structuraux et contrôles
- 4. Conclusion.**

C2443

Eurocode Construction en bois Calcul des structures au feu

Par Jacques Long TRINH

1. Comportement du bois au feu.

2. Norme NF EN995-1-2 (EC5-1-2)

- 2.1 Contexte réglementaire.
- 2.2 Contenu de la norme
- 2.3 Liaisons avec d'autres Eurocodes

3. Informations spécifiques additionnelles à l'EC5-1-2

- 3.1 Exigences de sécurité
- 3.2 Procédure de calcul
- 3.3 Aides à la conception

4. Domaine d'application de l'EC5-1-2

5. Bases du calcul

- 5.1 Exigences de base
- 5.2 Exposition à un feu nominal
- 5.3 Exposition à un feu Paramétré
- 5.4 Actions
- 5.5 Valeurs de calcul des propriétés des matériaux et des résistances
- 5.6 Méthodes de vérification

6. Propriétés des matériaux

- 6.1 Propriétés mécaniques
- 6.2 Propriétés thermiques
- 6.3 Profondeur de carbonisation
 - 6.3.1 Surfaces non protégées pendant la durée d'exposition au feu
 - 6.3.2 Surfaces de poutres et poteaux déjà protégées vis-à-vis du feu
- 6.4 Colles

7. Méthodes de calcul pour la résistance mécanique

- 7. Règles simplifiées de calcul des propriétés de la section droite
- 7. Règles simplifiées pour analyse d'éléments de structure et de composants

8. Procédures de calcul pour les sous-systèmes (plancher et mur).

9. Assemblages.

- 9.1 Assemblages symétriques réalisés avec des éléments latéraux
 - 9.1.1 Règles simplifiées
 - 9.1.2 Méthode de la charge réduite
- 9.2 Assemblages avec plaques métalliques externes
- 9.3 Règles simplifiées pour les tirefonds chargés axialement et protégés d'une exposition directe au feu

10. Détails structuraux.

- 10.1 Murs et planchers
- 10.2 Autres éléments

11. Conclusion.



S4/24769 Construction métallique**** Instabilités:****C2510 Instabilités structurales - Principes généraux.***Par René MAQUOI***1. Résistance des structures vis-à-vis de l'instabilité**

- 1.1 Importance de l'instabilité en construction métallique
- 1.2 Équilibre et stabilité
- 1.3 Instabilités structurales élémentaires

2. Types d'instabilité élastique

- 2.1 Instabilité par bifurcation
 - 2.1.1 Poteau comprimé axialement
 - 2.1.2 Plaque en compression uni-axiale uniforme
 - 2.1.3 Panneau cylindrique en compression uni-axiale uniforme.
- 2.2 Instabilité par point limite.

3. Éléments structuraux, idéal et réel

- 3.1 Élément structural idéal
- 3.2 Imperfections structurales et géométriques

4. Méthodes de détermination des charges d'instabilité.**5. Conclusions****C2511 Instabilités structurales des barres - Flambement et déversement***Par René MAQUOI***1. Contexte****2. Présentation des instabilités des barres****3. Flambement Par flexion**

- 3.1 Charge critique élastique
- 3.2 Longueur de flambement
- 3.3 Imperfections géométriques
- 3.4 Effets d'un domaine fini de comportement élastique.
- 3.5 Effets des imperfections géométriques
- 3.6 Effets des contraintes résiduelles
- 3.7 Détermination de la charge ultime de flambement Par flexion.

4. Flambement Par torsion et Par flexion-torsion.

- 4.1 Charges critiques élastiques
- 4.2 Détermination de la charge ultime de flambement par torsion ou par flexion-torsion

5. Déversement des poutres

- 5.1 Généralités
- 5.2 Moment critique élastique de déversement
 - 5.2.1 Cas de référence
 - 5.2.2 Influence d'une mono-symétrie de la section
 - 5.2.3 Influence d'un point de symétrie
 - 5.2.4 Influence de la forme du diagramme des moments
 - 5.2.5 Influence du niveau d'application des charges transversales
 - 5.2.6 Influence des conditions d'appui
 - 5.2.7 Restreintes intermédiaires
 - 5.2.8 Expression générale du moment critique élastique de déversement
- 5.3 Détermination du moment ultime de déversement

6. Conclusion.

C2512***Instabilités structurales des plaques - Voilement***Par **René MAQUOI****1. Notions de « plaque » et de « voilement »**

- 1.1 Le composant « plaque »
- 1.2 Actions sollicitant les plaques
- 1.3 Instabilités dans les plaques
- 1.4 Dimensionnement d'une structure en plaques

2. Théorie élastique linéaire de la flexion des plaques.

- 2.1 Action de forces transversales
- 2.2 Action additionnelle de forces agissant dans le plan
- 2.3 Conditions d'appui flexionnelles

3. Voilement des plaques

- 3.1 Voilement et charge critique élastique de voilement
- 3.2 Détermination des charges critiques élastiques de voilement
 - 3.2.1 Méthode asymptotique
 - 3.2.2 Intégration analytique de l'équation aux dérivées partielles
 - 3.2.3 Méthode de l'énergie
- 3.3 Équations fondamentales du voilement élastique non linéaire

4. Charges critiques de voilement élastique

- 4.1 Sous sollicitations élémentaires
- 4.2 Sous combinaison de sollicitations élémentaires
- 4.3 Sous charge transversale concentrée
- 4.4 Outils de détermination des charges critiques

5. Charges ultimes de voilement

- 5.1 Analyse du concept de charge critique
- 5.2 Détermination des charges ultimes de voilement
- 5.3 Comparaison des comportements respectifs d'un poteau et d'une plaque
 - 5.3.1 Poteau soumis à compression uniforme
 - 5.3.2 Plaque soumise à compression uniforme
 - 5.3.3 Comportement type « plaque » ou « poteau »

6. Modèles à la ruine pour le voilement des plaques

- 6.1 Modèle pour sollicitation sous contraintes normales uni-axiales
 - 6.1.1 Plaque Par faite en compression uniforme
 - 6.1.2 Plaque imparfaite en compression uniforme
 - 6.1.3 Plaque imparfaite soumise à distribution linéaire de contraintes normales
 - 6.1.4 Procédure normative de la EN993-1-5
- 6.2 Modèle pour sollicitation de cisaillement
 - 6.2.1 Rétrospective des modèles
 - 6.2.2 Procédure normative de la EN993-1-5
- 6.3 Modèle pour voilement sous charge concentrée
 - 6.3.1 Rétrospective des modèles
 - 6.3.2 Procédure normative de la EN993-1-5
 - 6.3.3 Extension aux âmes raidies longitudinalement

7. Procédure unifiée d'évaluation des charges de ruine**8. Conclusion.****C2513*****Instabilité des coques***Par **Guy LAGAE, Wesley VANLAERE**

1. Contraintes membranaires et de flexion dans les coques
2. Voilement des coques Disparité entre théorie et résultats expérimentaux
3. Instabilité et comportement postcritique de barres, de plaques et de coques par faites
4. Effet des imperfections sur le comportement des poteaux, plaques et coques
5. Sensibilité des coques aux imperfections
6. Mesure des imperfections et tolérances géométriques concernant le voilement
7. Incidence d'un comportement élastique-plastique.



8. Méthodes de vérification des coques au voilement

- 8.1 Calcul des contraintes
- 8.2 Calcul Par analyse numérique globale MNA/LBA
- 8.3 Calcul Par analyse numérique globale GMNIA

9. Exemples

- 9.1 Calcul des contraintes
 - 9.1.1 Compression méridienne (axiale)
 - 9.1.2 Cisaillement
 - 9.1.3 Interaction cisaillement-compression méridienne
 - 9.1.4 Conclusion
- 9.2 Analyse MNA/LBA
- 9.3 Analyse GMNIA
- 9.4 Comparaison des trois méthodes de calcul

10. Conclusion.**** Constructions métalliques:****C2500*****La Construction métallique****Par Jacques BROZZETTI***1. Panorama de la construction métallique en France****2. Intervenants dans l'acte de construire****3. Organisation et rôle d'une entreprise de construction métallique**

- 3.1 Structure opérationnelle d'une entreprise de construction métallique
 - 3.1.1 Bureau d'études.
 - 3.1.2 Atelier
 - 3.1.3 Montage
- 3.2 Déviations Par rapport à l'organisation précédente

4. Évolution des techniques et des moyens de fabrication et de calcul

- 4.1 Matériaux
- 4.2 Outils et méthodes pour la fabrication
- 4.3 Rôle de la normalisation en charpente métallique
- 4.4 Apport de l'informatique au bureau d'études et à l'atelier

5. Sources de pathologie. Avantages intrinsèques de l'acier.

- 5.1 Protection contre la corrosion
- 5.2 Résistance des éléments en acier
- 5.3 Protection contre l'incendie

6. De la qualification à la certification des entreprises du bâtiment

- 6.1 Qualibat
- 6.2 Certification suivant ISO000

7. Règles de calcul en construction métallique

- 7.1 Contexte général sur l'origine des eurocodes
- 7.2 Contexte Particulier à l'Eurocode
- 7.3 Corpus des règles de construction métallique actuelles en regard de ce qu'apporte l'Eurocode et son DAN

Références bibliographiques**C2530*****Analyse des structures****Par Nicolas BOISSONNADE.***1. Analyse et vérifications**

- 1.1 Effets d'actions Combinaisons de charges
- 1.2 Notion d'analyse et de vérification.
- 1.3 Idéalisations de la structure
 - 1.3.1 Système statique global
 - 1.3.2 Décomposition de la structure
 - 1.3.3 Comportement des assemblages

2. Comportement des structures Méthodes d'analyse

- 2.1 Réponses linéaire et non linéaire des structures



- 2.1.1 Comportement linéaire
- 2.1.2 Effets du^e ordre
- 2.1.3 Notion d'instabilité d'ensemble
- 2.1.4 Classification des structures
- 2.2 Méthodes d'analyse globale
 - 2.2.1 Analyse globale élastique
 - 2.2.2 Analyse globale plastique
 - 2.2.3 Méthodes pas-à-pas
- 2.3 Choix d'une méthode d'analyse
 - 2.3.1 Analyse élastique ou plastique
 - 2.3.2 Analyse au 1^{er} E ordre ou au 2^{eme} ordre
 - 2.3.3 Conséquences sur le dimensionnement
- 2.4 Imperfections
 - 2.4.1 Imperfections globales
 - 2.4.2 Imperfections locales
- 3. Exemple d'application**
- 4. Conclusion**

C2553**Vérification de barres en acier - États limites et critères de dimensionnement***Par Alain BUREAU***1. Principes et notations**

- 1.1 Principes de vérification selon les Eurocodes.
- 1.2 Coefficients Partiels sur la résistance
- 1.3 Principales notations.

2. Voilement local sous contraintes normales de compression

- 2.1 Notions de classes de section
- 2.2 Détermination de la classe d'une section
- 2.3 Caractéristiques efficaces pour une section de classe
 - 2.3.1 Principes
 - 2.3.2 Largeur efficace de Paroi
 - 2.3.3 Calcul des caractéristiques efficaces

3. Résistance des sections.

- 3.1 Résistance des sections sous sollicitation simple
 - 3.1.1 Effort axial de traction
 - 3.1.2 Effort axial de compression
 - 3.1.3 Effort tranchant
 - 3.1.4 Moment de flexion
- 3.2 Résistance d'une section sous sollicitations multiples Interactions
 - 3.2.1 Moment fléchissant et effort axial
 - 3.2.2 Moment fléchissant et effort tranchant
 - 3.2.3 Moment fléchissant, effort axial et effort tranchant

4. Résistance des barres aux instabilités

- 4.1 Barre simplement comprimée Flambement
 - 4.1.1 Résistance au flambement
 - 4.1.2 Flambement Par torsion
- 4.2 Barre simplement fléchie Déversement
 - 4.2.1 Généralités
 - 4.2.2 Moment critique de déversement élastique
 - 4.2.3 Résistance au déversement
- 4.3 Barres comprimées et fléchies

5. Résistance des âmes au voilement Par cisaillement

- 5.1 Résistance au voilement Par cisaillement
- 5.2 Contribution de l'âme
- 5.3 Contribution des semelles
- 5.4 Interaction



5.5 Raidisseurs transversaux

6. États limites de service

7. Conclusion

C2520

Constructions métalliques - Moyens d'assemblage

Par Jean-Pierre MUZEAU

1. Contexte

2. Classification des moyens d'assemblage

2.1 Assemblages avec déplacements

2.2 Assemblages sans déplacement

3. Combinaison de procédés dans une même attache

4. Assemblages soumis à des chocs, vibrations ou charges alternées.

5. Règles d'exécution

5.1 Exécution des fixations mécaniques

5.2 Exécution du soudage.

5.3 Classes d'exécution.

5.3.1 Classes de conséquences

5.3.2 Risques liés à l'exécution et à l'exploitation de la structure

5.3.3 Détermination des classes d'exécution

6. Coefficients Partiels.

C2521

Constructions métalliques - Assemblages Par procédés mécaniques

Par Jean-Pierre MUZEAU

1. Boulons traditionnels

1.1 Caractéristiques générales

1.2 Mise en œuvre.

1.3 Dispositions constructives

1.4 Modes de transmission des efforts

1.5 Cas des groupes de fixations.

2. Autres produits référencés en normes EN

2.1 Boulons HV

2.2 Boulons HRC

2.3 Rondelles indicatrices de précontrainte

2.4 Boulons ajustés

2.5 Boulons injectés

2.6 Produits pour éléments minces

3. Rivetage à chaud

3.1 Principe de mise en œuvre

3.2 Calcul des rivets et des pièces assemblées

4. Procédés non encore référencés en normes EN

4.1 Procédés pour profils ouverts.

4.2 Procédés pour assemblages aveugles

4.3 Procédés pour éléments minces

5. Procédés nouveaux ou en cours de mise au point

5.1 Procédé Quicon

5.2 Procédé Flow drill

5.3 Joint Rosette

6. Attaches Par axes d'articulation

6.1 Exigences géométriques pour les éléments articulés

6.2 Calcul des axes d'articulation

7. Connecteurs cloués



C2522**Constructions métalliques - Assemblages Par soudage**Par **Jean-Pierre MUZEAU****1. Procédés de soudage**

- 1.1 Terminologie.
 - 1.1.1 Composants et zones d'un cordon de soudure
 - 1.1.2 Selon position du cordon pendant le soudage
- 1.2 Procédés de soudage et leur emploi
 - 1.2.1 Soudage manuel avec électrode enrobée
 - 1.2.2 Procédés automatiques et semi automatiques
 - 1.2.3 Structure et propriétés des soudures
- 1.3 Phénomènes thermomécaniques
 - 1.3.1 Retrait thermique
 - 1.3.2 Présence de contraintes résiduelles
 - 1.3.3 Risque de trempe
- 1.4 Défauts rencontrés dans les soudures
 - 1.4.1 Défaut géométriques
 - 1.4.2 Inclusions
 - 1.4.3 Défaut métallurgiques
- 1.5 Contrôle des soudures

2. Types de soudures

- 2.1 Soudures bout à bout
- 2.2 Cordons d'angle
- 2.3 Soudures en bouchon et entaille
- 2.4 Soudures Par points.

3. Calcul des cordons de soudure

- 3.1 Calcul des soudures bout à bout
 - 3.1.1 Soudures bout à bout à pénétration complète
 - 3.1.2 Soudures bout à bout à pénétration Partielle
 - 3.1.3 Distribution de contraintes dans les soudures bout à bout
- 3.2 Calcul des cordons d'angle.
 - 3.2.1 Cordons d'angle selon la direction de l'effort
 - 3.2.2 Gorge utile
 - 3.2.3 Longueur efficace d'une soudure d'angle
 - 3.2.4 Résistance d'un cordon d'angle
- 3.3 Calcul des soudures en bouchon et entaille

4. Goujons soudés

- 4.1 Description et mise en œuvre
- 4.2 Résistance de calcul des goujons soudés

C2551**Composants métalliques tendus et comprimés**Par **Maël COUCHAUX****1. Composants tendus**

- 1.1 Définitions et domaine d'utilisation
- 1.2 Comportement et dimensionnement.
 - 1.2.1 Modes de ruine
 - 1.2.2 Critères de dimensionnement
- 1.3 Assemblages
 - 1.3.1 Assemblages soudés
 - 1.3.2 Assemblages boulonnés
 - 1.3.3 Exemples d'application
- 1.4 Conception
 - 1.4.1 Avantages et inconvénients des différents types de sections
 - 1.4.2 Structures à câbles

2. Composants comprimés

- 2.1 Définition et domaine d'utilisation
- 2.2 Comportement et dimensionnement.



- 2.2.1 Flambement
- 2.2.2 Voilement
- 2.2.3 Critères de dimensionnement
- 2.2.4 Détermination pratique de la longueur de flambement
- 2.3 Conception
 - 2.3.1 Procédure de conception.
 - 2.3.2 Avantages et inconvénients de différents types de sections
 - 2.3.3 Applications
- 2.4 Assemblages
 - 2.4.1 Critères de dimensionnement
 - 2.4.2 Applications

C2554***Composants métalliques fléchis - Assemblages de poutres. Méthode des composants***

Par **Maël COUCHAUX**

1. Méthode des composants

1.1 Modélisation d'un assemblage dans l'EN993-1-8

1.1.1 Introduction

1.1.2 Résistance

1.1.3 Rigidité.

1.2 Méthode des tronçons en T

2. Assemblages encastrés de poutres Par platine d'about

2.1 Dispositions constructives

2.1.1 Assemblages de continuité de poutres

2.1.2 Assemblages de continuité de poutre sur poteau

2.1.3 Renforcement Par jarret

2.2 Résistance.

2.2.1 Moment résistant

2.2.2 Résistance du composant comprimé des assemblages de poutres

2.2.3 Résistance des composants comprimés/cisaillés des assemblages de poutre sur poteau

2.2.4 Résistance des rangées de boulons tendues.

2.3 Rigidité

2.3.1 Rigidité initiale en rotation.

2.3.2 Rigidité des rangées de boulons tendues

2.3.3 Rigidité de l'âme du poteau cisaillé.

2.3.4 Rigidité de l'âme du poteau comprimée transversalement

2.4 Exemple d'application

2.4.1 Résistance

2.4.2 Rigidité de l'assemblage

2.5 Conclusion

3. Assemblages de poutres articulées

3.1 Dispositions constructives

3.2 Classement des assemblages de poutres articulés

3.3 Effort tranchant résistant.

3.3.1 Hypothèses de calcul

3.3.2 Résistance de l'attache côté porteur

3.3.3 Résistance de l'attache côté porté

3.4 Exemple d'application

3.4.1 Condition d'articulation

3.4.2 Résistance à l'effort tranchant

3.5 Synthèse

4. Conclusion

C2557**Composants métalliques fléchis - Assemblages de pieds de poteaux***Par Maël COUCHAUX***1. Pieds de poteaux articulés**

1.1 Dispositions constructives/condition d'articulation

1.2 Résistance.

1.2.1 Résistance en compression

1.2.2 Résistance en traction

1.2.3 Résistance à l'effort tranchant

1.3 Exemple d'application

1.3.1 Condition d'articulation

1.3.2 Vérification du pied de poteau comprimé

1.3.3 Vérification du pied de poteau tendu

2. Pieds de poteaux encastrés

2.1 Dispositions constructives

2.2 Résistance.

2.2.1 Principe

2.2.2 Résistance de la Partie comprimée

2.2.3 Résistance de la Partie tendue

2.2.4 Moment résistant

2.3 Rigidité

2.3.1 Principe

2.3.2 Rigidité de la Partie tendue

2.3.3 Rigidité de la Partie comprimée

2.3.4 Rigidité initiale en rotation.

2.4 Classement d'un pied de poteau encastré.

2.5 Exemple d'application

2.5.1 Résistance

2.5.2 Rigidité flexionnelle initiale/classement

3. Conclusion**C2506****Sécurité incendie des ouvrages en structures acier et acier/béton Partie***Par Joël KRUPPA***1. Contexte réglementaire.**

1.1 Exigences réglementaires

1.1.1 Établissements recevant du public (ERP)

1.1.2 Habitations

1.1.3 Immeubles de grande hauteur (IGH)

1.1.4 Bâtiments industriels

1.1.5 Bâtiments de bureaux

1.2 Moyens de justifications

1.3 Ingénierie du comportement au feu

2. Actions sur les structures en cas d'incendie

2.1 Actions mécaniques

2.2 Actions thermiques

2.2.1 Incendies nominaux

2.2.2 Modèles simplifiés de calcul

2.2.3 Modèles numériques

3. Évolution des températures des éléments de structure

3.1 Caractéristiques thermiques des matériaux

3.1.1 Acier

3.1.2 Acier inoxydable

3.1.3 Béton

3.2 Éléments en acier non protégé



- 3.2.1 Éléments internes au bâtiment
- 3.2.2 Éléments externes au bâtiment
- 3.3 Éléments en acier protégés
 - 3.3.1 Par protection directe
 - 3.3.2 Par écrans
 - 3.3.3 Par eau
- 3.4 Éléments mixtes acier et béton
 - 3.4.1 Planchers
 - 3.4.2 Poutres
 - 3.4.3 Poteaux

C2517**Construction mince**

Par *Anna SOKOL-PALISSON, Léopold SOKOL*

1. Spécificités des éléments minces

- 1.1 Définition de cette classe
- 1.2 Types de sections des éléments formés à froid
- 1.3 Avantages et inconvénients des éléments formés à froid

2. Fabrication

- 2.1 Matériaux Produits de base
- 2.2 Mise en forme
- 2.3 Traitement de surface

3. Particularités du comportement mécanique des éléments formés à froid.

- 3.1 Effets du formage à froid
- 3.2 Efficacité de la section comprimée et/ou fléchie
- 3.3 Résistance de la section à l'action d'une charge transversale concentrée
- 3.4 Déformation transversale de la section.

4. Exigences normatives pour l'exécution des structures à partir des produits formés à froid**5. Mise en application**

- 5.1 Principes généraux de conception.
- 5.2 Question du choix optimal des produits
- 5.3 Assemblages
- 5.4 Manutention
 - 5.4.1 Transport
 - 5.4.2 Stockage.
 - 5.4.3 Montage
- 5.5 Secteurs d'application, exemples de produits

6. Conclusion.**C2518****Les Poutres de roulement de ponts roulants**

Par *Sébastien BRUN, Malory SIMON*

1. Ponts roulants

- 1.1 L'outil « pont roulant » Terminologie.
- 1.2 Différents types de ponts roulants
 - 1.2.1 Ponts posés.
 - 1.2.2 Ponts suspendus.
 - 1.2.3 Portiques
 - 1.2.4 Semi-portiques
- 1.3 Paramètres de choix d'un pont roulant

2. Poutres de roulement

- 2.1 Conception
 - 2.1.1 Différents types de poutres de roulement
 - 2.1.2 Structure des supports
 - 2.1.3 Données d'entrée pour le calcul d'une poutre de roulement
- 2.2 Méthodes de calcul
 - 2.2.1 Détermination des sollicitations globales et locales



- 2.2.2 Principes de vérifications
- 2.2.3 Vérifications à l'ELS
- 2.2.4 Vérification à la fatigue et dispositions constructives associées
- 3. Conclusion.

S4/24770 Constructions mixtes constructions souples

**** Les Constructions mixtes acier-béton:**

C2560 Construction mixte acier-béton - Généralités.

Caractéristiques des matériaux

Par Jean-Marie ARIBERT

1. Généralités

- 1.1 Principe de fonctionnement
- 1.2 Description de différents types d'éléments utilisés en bâtiment
 - 1.2.1 Planchers mixtes usuels
 - 1.2.2 Planchers mixtes à poutrelles intégrées
 - 1.2.3 Poteaux mixtes
 - 1.2.4 Assemblages mixtes.
- 1.3 Dispositions courantes des poutres de planchers de bâtiment
- 1.4 Mode de construction étayé/nonétayé
- 1.5 Avantages de la construction mixte en bâtiment

2. Présentation succincte de la réglementation en vigueur.

- 2.1 Bref historique et introduction de l'EN994-1-1
- 2.2 Méthodologie de dimensionnement
 - 2.2.1 Généralités
 - 2.2.2 États limites ultimes
 - 2.2.3 États limites de service

3. Caractéristiques des matériaux

- 3.1 Les bétons
- 3.2 Les aciers d'armature
- 3.3 Les aciers de construction

4. Conclusion.

5. Glossaire

C2561 Construction mixte acier-béton Calcul des poutres mixtes de bâtiments - Partie : poutres en T à âme pleine

Par Jean-Marie ARIBERT

1. Vérifications des poutres mixtes de section en T aux états limites ultimes.

- 1.1 Différents types de vérification
- 1.2 Largeur Participante de dalle
- 1.3 Classification des sections mixtes (vis-à-vis du voilement local)
- 1.4 Résistance élastique en flexion des sections mixtes
- 1.5 Résistance plastique en flexion des sections mixtes
- 1.6 Résistance à l'effort tranchant et interaction moment fléchissant / effort tranchant.
- 1.7 Analyse globale des poutres mixtes continues
- 1.8 Résistance des poutres mixtes continues vis-à-vis du déversement

2. Résistance des connecteurs et calcul de la connexion

- 2.1 Généralités sur les connecteurs
- 2.2 Résistance de calcul des goujons à tête soudés
- 2.3 Calcul élastique de la connexion
- 2.4 Calcul plastique de la connexion Connexion complète
- 2.5 Concept de connexion Partielle
- 2.6 Sections intermédiaires de vérification (en calcul plastique de la connexion)
- 2.7 Armature transversale relative à la connexion

3. Vérifications des poutres mixtes de section en T aux états de limites de service.



- 3.1 Méthodes de calcul des flèches
- 3.2 Contrôle de la fissuration
- 3.3 Contrôle des vibrations
- 4. Exemples simples d'application numérique**
- 4.1 Remarque préliminaire
- 4.2 Exemple N
- 4.3 Exemple N
- 4.4 Exemple N
- 5. Conclusion.**

C2568**Calcul des poutres mixtes de bâtiments - Partie : poutres en T à enrobage Partiel ou à âmes ajourées***Par Jean-Marie ARIBERT***1. Cas des poutres mixtes avec enrobage Partiel de béton**

- 1.1 Domaine d'application
- 1.2 Résistance en flexion
- 1.3 Résistance à l'effort tranchant et interaction moment résistant/ effort tranchant.
- 1.4 Analyses globales des poutres mixtes avec enrobage Partiel
- 1.5 Résistance au déversement
- 1.6 Contrôle de la fissuration de l'enrobage

2. Guide succinct de dimensionnement des poutres mixtes en T avec larges ouvertures dans l'âme

- 2.1 Généralités et domaine d'application
- 2.2 Classification d'une section avec âme ajourée
- 2.3 Vérification de la résistance en flexion au droit de l'âme ajourée
- 2.4 Vérification de la résistance à l'effort tranchant au droit de l'âme ajourée.
 - 2.4.1 Résistance offerte Par la section en acier
 - 2.4.2 Résistance offerte Par la dalle
 - 2.4.3 Vérification de la résistance à l'effort tranchant
- 2.5 Vérification de la résistance en flexion locale de type Vierendeel
 - 2.5.1 Résistance apportée Par les tronçons en T en acier
 - 2.5.2 Résistance apportée Par la connexion de la dalle
 - 2.5.3 Vérification de la résistance en flexion locale Vierendeel.
- 2.6 Vérification complémentaire aux états limites de service

3. Exemples simples d'application numérique

- 3.1 Remarque préliminaire
- 3.2 Exemple N
 - 3.2.1 Combinaison des actions aux ELU
 - 3.2.2 Vérification de la résistance en flexion
 - 3.2.3 Vérification de la résistance à l'effort tranchant
 - 3.2.4 Dimensionnement de la connexion et armature transversale
- 3.3 Exemple N
 - 3.3.1 Vérification de la résistance en flexion au droit de l'âme ajourée
 - 3.3.2 Vérification de la résistance à l'effort tranchant au droit de l'âme ajourée.
 - 3.3.3 Vérification de la résistance en flexion locale de type vierendeel.
 - 3.3.4 Vérification de la flèche aux ELS

4. Conclusion.**5. Glossaire Définitions****C2562****Construction mixte acier-béton Calcul des poteaux mixtes***Par Jean-Marie ARIBERT*

- 1. Considérations préliminaires sur les méthodes de dimensionnement**
- 2. Méthode simplifiée de calcul**
- 2.1 Domaine d'application



- 2.2 Voilement local des Parois en acier.
- 2.3 Résistance plastique en compression axiale
- 2.4 Résistance plastique en compression et flexion uniaxiale
- 2.5 Influence de l'effort tranchant
- 2.6 Élançement réduit au flambement
- 2.7 Imperfections géométriques équivalentes des poteaux mixtes
- 2.8 Calcul du moment fléchissant maximal le long du poteau
- 2.9 Vérification du poteau vis-à-vis de la compression et de la flexion uniaxiale.
- 2.10 Vérification du poteau vis-à-vis de la compression et de la flexion biaxiale.
- 3. Autres aspects du dimensionnement des poteaux mixtes**
- 3.1 Résistance au cisaillement de l'interface acier-béton
- 3.2 Calcul du cisaillement longitudinal en Partie courante.
- 3.3 Calcul du cisaillement longitudinal dans les zones d'introduction des charges
- 3.4 Dispositions constructives pour l'enrobage des profilés et pour les armatures.
- 4. Exemples d'application numérique.**
- 4.1 Exemple n°1.
- 4.2 Exemple n°2.
- 4.3 Exemple n°3.
- 5. Modèles de calcul plus généraux**
- 5.1 Poteaux mixtes avec section monosymétrique.
- 5.2 Notions pour des modèles de calcul plus généraux
- 6. Conclusion**
- 7. Glossaire Définitions**

C2563

Construction mixte acier-béton - Calcul des assemblages mixtes

Par **Jean-Marie ARIBERT**

1. Caractérisation des assemblages mixtes

- 1.1 Rappels
- 1.2 Caractérisation du comportement moment-rotation d'un assemblage
- 1.3 Notions sur la méthode des composants
 - 1.3.1 Identification des composants
 - 1.3.2 Propriétés mécaniques des composants
 - 1.3.3 Assemblage des composants
- 1.4 Caractéristiques mécaniques des composants d'assemblages mixtes
 - 1.4.1 Armature longitudinale en traction
 - 1.4.2 Plaque de contact comprimée en acier
 - 1.4.3 Âme de poteau soumise à la compression transversale.
 - 1.4.4 Panneau d'âme de poteau soumis au cisaillement.
- 1.5 Capacité de rotation des assemblages mixtes

2. Classification des assemblages mixtes

- 2.1 Classification Par résistance
- 2.2 Classification Par rigidité.
- 2.3 Choix du modèle d'assemblage pour l'analyse globale de l'ossature

3. Exemples numériques

- 3.1 Exemple N°1
 - 3.1.1 Détermination des divers composants
 - 3.1.2 Détermination du moment résistant de calcul de l'assemblage
 - 3.1.3 Détermination de la rigidité en rotation de l'assemblage
 - 3.1.4 Justification de l'efficacité du tasseau
- 3.2 Exemple N°2
 - 3.2.1 Détermination du moment résistant de calcul de l'assemblage
 - 3.2.2 Vérification de la résistance de l'assemblage vis-à-vis de l'effort tranchant
 - 3.2.3 Détermination de la rigidité en rotation de l'assemblage.

4. Conclusion



C2564**Construction mixte acier-béton - Calcul des ossatures mixtes***Par Jean-Marie ARIBERT*

- 1. Ossatures articulées et contreventées**
- 2. Ossatures semi-continues et contreventées**
 - 2.1 Analyse globale élastique
 - 2.2 Analyse globale rigide-plastique
 - 2.3 Analyse globale quasi-plastique
- 3. Ossatures continues**
 - 3.1 Généralités
 - 3.2 Cas d'un assemblage mixte avec jarret
 - 3.3 Analyse globale élastique
 - 3.3.1 Effets de fissuration, fluage et retrait du béton
 - 3.3.2 Effets du second ordre géométrique.
- 4. Participation de la dalle et transfert d'efforts entre dalle et poteau**
 - 4.1 Largeur Participante de dalle
 - 4.2 Vérification de la résistance de la dalle au contact d'un poteau

C2567**Conception et calcul des dalles mixtes acier-béton***Par Michel Crisinel*

- 1. Conception des planchers mixtes à tôles nervurée**
 - 1.1 Planchers de bâtiment à ossature en acier
 - 1.2 Dalles mixtes
 - 1.3 Types de tôles nervurées
 - 1.4 Connexion entre la tôle et le béton
 - 1.5 Situations à considérer
- 2. Calcul de la tôle nervurée**
 - 2.1 Analyse pour les sollicitations (détermination des efforts intérieurs).
 - 2.2 Calcul de la résistance des sections
 - 2.3 Vérification de la tôle nervurée
- 3. Calcul de la dalle mixte**
 - 3.1 Analyse pour les sollicitations (détermination des efforts intérieurs)
 - 3.2 Calcul de la résistance des sections
 - 3.3 Vérification des états limites ultimes
 - 3.4 Méthode de la connexion Partielle (méthode alternative)
 - 3.5 Vérification des états limites de service
 - 3.6 Vérification du comportement vibratoire.
- 4. Exemple numérique**
 - 4.1 Schéma statique
 - 4.2 Analyse
 - 4.3 Calcul des efforts intérieurs
 - 4.4 Résistances en section
 - 4.5 État limite de service, vérification des flèches.
 - 4.6 État limite de service, vérification de l'ouverture des fissures du béton
 - 4.7 État limite de service, vérification des vibrations

C2645**Planchers de bâtiments en construction métallique et mixte***Par Daniel BITAR*

- 1. Planchers.**
 - 1.1 Trames. Charges
 - 1.2 Planchers. Guide de conception.
- 2. Vibration et fréquence propre des planchers mixtes**
 - 2.1 Déformée modale du plancher



- 2.2 Application des charges. Calcul des flèches. Fréquence fondamentale du plancher.
- 2.3 Planchers de basse fréquence
- 2.4 Calcul de la rigidité modale
- 2.5 Calcul de l'accélération maximale
- 2.6 Critères d'acceptation

Références bibliographiques

C2507

Sécurité incendie des ouvrages en structures acier et acier/béton Partie

Par **Joël KRUPPA**

1. Comportement mécanique à hautes températures.

- 1.1 Caractéristiques mécaniques des matériaux.
 - 1.1.1 Acier de construction
 - 1.1.2 Acier pour sections de classe
 - 1.1.3 Boulons et cordons de soudure
 - 1.1.4 Acier inoxydable
 - 1.1.5 Acier d'armature
 - 1.1.6 Béton

1.2 Modélisation de la structure

2. Résistance au feu des éléments de structure

- 2.1 Éléments en acier
 - 2.1.1 Résistance des éléments
 - 2.1.2 Température critique
 - 2.1.3 Justification de la classe de stabilité au feu R15
 - 2.1.4 Éléments en acier Partiellement protégés
- 2.2 Éléments mixtes
 - 2.2.1 Poutres mixtes
 - 2.2.2 Planchers mixtes
 - 2.2.3 Poteaux mixtes
- 2.3 Structures de maintien d'éléments séparatifs

3. Comportement global des ouvrages

- 3.1 Modèles de calcul avancés
- 3.2 Exemple d'évaluation globale

**** Les constructions souples, les constructions légères:**

C2471

Systèmes réticulés spatiaux en état de tenségrité - Développements récents

Par **René MOTRO**

1. Une composition structurale innovante.

- 1.1 Définitions et commentaires
- 1.2 Couplage morphologico-mécanique
- 1.3 Évolutions morphologiques.
- 1.4 Domaines d'application

2. Nouvelles configurations

- 2.1 Grilles « souples »
- 2.2 Anneaux et « corde creuse »
- 2.3 Grille plane à double nappe pliable
- 2.4 Arche de tenségrité.

3. Contrôle et adaptabilité.

- 3.1 Contrôle dynamique d'une grille de tenségrité
- 3.2 Passerelle piétonne

4. Conclusion.

5. Glossaire



C2472***Les Structures légères****Par René MOTRO***1. Dénomination****2. Typologie des structures légères.**

- 2.1 Pionniers, projets et choix techniques
- 2.2 Voiles minces
- 2.3 Systèmes réticulés
- 2.4 Réseaux de câbles
- 2.5 Membranes en textiles techniques
- 2.6 Systèmes en état de tensegrité
- 2.7 Dômes-câbles
- 2.8 Formes « libres »
- 2.9 Les structures légères sources de progrès

3. Recherche de forme

- 3.1 Double courbure.
- 3.2 Le bi-câble
- 3.3 Modèles numériques de recherche de forme
- 3.4 Funiculaires inversés
- 3.5 Systèmes réticulés

4. Conclusion.**5. Glossaire****C2470*****Structures textiles****Par Marc MALINOWSKY, Christian LYONNET***1. Développement des structures textiles.**

- 1.1 Origine
- 1.2 Évolution au cours des dernières années
- 1.3 Évolution des caractéristiques des constituants
- 1.4 Contribution de l'informatique
- 1.5 Motivations principales.

2. Membranes

- 2.1 Définitions
- 2.2 Constitution.
- 2.3 Propriétés
- 2.4 Évolutions et tendances du marché.

3. Éléments de mise en tension des toiles

- 3.1 Ossatures.
- 3.2 Éléments accessoires

4. Principes de statique. Typologie

- 4.1 Principes de portance des toiles
- 4.2 Avantages et inconvénients des divers types

5. Modélisation et calcul

- 5.1 Fonctionnement mécanique et bases théoriques.
- 5.2 Méthodologie de calcul.
- 5.3 Recherche de forme
- 5.4 Calcul de la structure sous charges extérieures
- 5.5 Recherche de la géométrie de découpe de toile
- 5.6 Études générales sur le chapeau chinois

6. Analyse des autres aspects techniques

- 6.1 Découpe et techniques d'assemblage des lés
- 6.2 Prétension des toiles
- 6.3 Récupération et évacuation des précipitations
- 6.4 Éclairage
- 6.5 Thermique et condensation.
- 6.6 Comportement en cas d'incendie
- 6.7 Entretien et maintenance



7. Réglementation. Codification technique et assurance

7.1 État de la question

7.2 Propositions en matière de codification technique

8. Conclusions**AM5119** *Textiles à usage technique*Par **Laurence CARAMARO****1. Architectures textiles**

1.1 Fabrication des surfaces textiles

1.1.1 Tissage

1.1.2 Tricotage

1.1.3 Technique de fabrication des non-tissés.

1.1.4 Tressage

1.2 Caractéristiques des surfaces textiles

1.3 Textiles D

1.3.1 Tissage

1.3.2 Tricotage

1.3.3 Tressage

1.3.4 Non-tissés.

2. Traitements**3. Domaines d'emploi****S4/24771** **Les Bétons dans la construction****** Définition et qualification des bétons:****C2210** *Formulation des bétons*Par **Gérard BERNIER****1. Critères de base pour la formulation des bétons**

1.1 Environnement des ouvrages

1.2 Caractères issus de la géométrie de l'ouvrage : D max

1.3 Caractères spécifiques du matériau frais, durcissant et durci

1.4 Caractères liés aux moyens de mise en œuvre du béton

2. Les composants

2.1 Quel ciment utiliser dans la formulation ?

2.2 Quels granulats utiliser dans la formulation ?

2.3 Qu'appelle-t-on eau efficace ?

2.4 Quel adjuvant utiliser dans une formulation ?

3. Formulation

3.1 Les trois principes de formulation des bétons.

3.2 Les méthodes de formulation.

4. Contrôles des formulations de béton

4.1 Essais d'études

4.2 Essais de convenance

4.3 Essais de contrôle

C2225 *Fabrication du béton hydraulique*Par **Yves CHARONNAT****1. Production du béton**

1.1 Rôle de la fabrication

1.2 Modes de production du béton.

2. Fabrication du béton

2.1 Chaîne de production.

2.2 Stockage des constituants

2.3 Dosage des constituants.

2.4 Malaxage



3. Maîtrise de la qualité

- 3.1 Objectifs
- 3.2 Domaine concerné
- 3.3 Connaissance de l'état des constituants
- 3.4 Conduite des différents postes de la centrale
- 3.5 Surveillance du fonctionnement du matériel

4. Conclusion**C2227*****Béton hydraulique Mise en œuvre Rhéologie et maturité des bétons***Par **Michaël DIERKENS****1. Rhéologie des bétons frais**

- 1.1 Le béton comme corps de Bingham
- 1.2 Bétons serrables Par apport externe d'énergie
 - 1.2.1 Comportement rhéologique sous vibration
 - 1.2.2 Essais usuels de consistance
 - 1.2.3 Gamme de consistance des bétons frais
- 1.3 Bétons auto-plaçants.
 - 1.3.1 Comportement rhéologique à l'écoulement
 - 1.3.2 Essais usuels rhéologiques
 - 1.3.3 Classification des bétons auto-plaçants
 - 1.3.4 Gamme de consistance des bétons auto-plaçant
- 1.4 Incidents rhéologiques.
 - 1.4.1 Perte de maniabilité.
 - 1.4.2 Ségrégation
 - 1.4.3 Ressuage
- 1.5 Effets de la température ambiante
 - 1.5.1 Impacts sur les matériaux réactifs
 - 1.5.2 Impacts sur la rhéologie initiale
 - 1.5.3 Effets combinés de la température et des temps de transport.
 - 1.5.4 Application aux bétons auto-plaçants

2. Prédiction de la résistance du béton dans l'ouvrage

- 2.1 Différentes méthodes
 - 2.1.1 Éprouvettes d'information
 - 2.1.2 Éprouvettes asservies thermiquement
 - 2.1.3 Sclérométrie
 - 2.1.4 Appréciation de la maturité.
- 2.2 Maturométrie
 - 2.2.1 Fondements de la méthode
 - 2.2.2 Avantages de la maturométrie
 - 2.2.3 Chaîne de mesure
- 2.3 Étalonnage préliminaire
 - 2.3.1 Plage visée de résistances
 - 2.3.2 Méthodes expérimentales d'étalonnage préliminaire
 - 2.3.3 Voie mécanique
 - 2.3.4 Voie thermique

3. Suivi de la maturité du béton dans l'ouvrage

- 3.1 Préparation du chantier.
- 3.2 Étalonnage
- 3.3 Suivi de la maturité
 - 3.3.1 Contrôle de conformité
 - 3.3.2 Exploitation des résultats
 - 3.3.3 Cas d'un contrôle de conformité en cours de chantier
 - 3.3.4 Suivi thermique du contrôle sortant du fuseau

4. Conclusion.**5. Glossaire**

C2228***Béton hydraulique Mise en œuvre - Coffrage et protection des armatures****Par Wilfried PILLARD***1. Coffrage du béton.**

- 1.1 Fonctions générales
 - 1.1.1 Moulage de la forme
 - 1.1.2 Soutien
 - 1.1.3 Étanchéité
 - 1.1.4 Cure
- 1.2 Rôle des intervenants pour la conception.
- 1.3 Typologie des coffrages
 - 1.3.1 Coffrages verticaux
 - 1.3.2 Coffrages horizontaux
 - 1.3.3 Coffrages perdus
 - 1.3.4 Coffrages spéciaux
 - 1.3.5 Coffrage de préfabrication
- 1.4 Choix des composants et des matériaux
 - 1.4.1 Structure coffrante.
 - 1.4.2 Peau coffrante
 - 1.4.3 Composants
 - 1.4.4 Dispositifs d'étanchéité des joints
 - 1.4.5 Agents de démoulage
- 1.5 Sécurité.
 - 1.5.1 Stabilité des banches
 - 1.5.2 Charges en service
 - 1.5.3 Charges permanentes
 - 1.5.4 Poussée du béton frais courant sur les coffrages
 - 1.5.5 Poussée du béton auto-plaçant sur les coffrages
 - 1.5.6 Déformation des ouvrages provisoires
 - 1.5.7 Charges sur planchers
 - 1.5.8 Prévention des risques liés à la conception
- 1.6 Préparation, emploi et entretien des coffrages
 - 1.6.1 Rôle des intervenants sur chantier
 - 1.6.2 Programme de coffrage
 - 1.6.3 Préparation des coffrages
 - 1.6.4 Cas des armatures coffrantes.
 - 1.6.5 Nettoyage et entretien des peaux coffrantes
 - 1.6.6 Stockage des coffrages
 - 1.6.7 Prévention des risques sur chantier

2. Armatures dans le béton

- 2.1 Préparation des armatures.
- 2.2 Enrobage minimal des armatures
 - 2.2.1 Cas de la fabrication sur site.
 - 2.2.2 Cas de la préfabrication en usine
- 2.3 Prévention des risques liés à la carbonatation
- 2.4 Prévention contre l'action des chlorures
- 2.5 Intervalle d'écoulement des bétons auto-plaçants
- 2.6 Précautions avant bétonnage

3. Conclusion.

C2231***Béton hydraulique Mise en œuvre Démoulage et Parements****Par Wilfried PILLARD***1. Démoulage et protection**

- 1.1 Décoffrage et décintrement
- 1.2 Cure des surfaces en béton
 - 1.2.1 Phénoménologie et classes de cure
 - 1.2.2 Mise en œuvre de la cure

2. Parements et autres surfaces coffrées en béton

- 2.1 Classes de Parements
- 2.2 Planéité.
- 2.3 Texture
- 2.4 Teinte
- 2.5 Parements selon le DTU1.
- 2.6 Parements selon le fascicule5.
 - 2.6.1 Défauts de texture
 - 2.6.2 Défauts de teintes
- 2.7 Facteurs d'influence
 - 2.7.1 Influence du béton.
 - 2.7.2 Influence des coffrages
 - 2.7.3 Influence de la vibration
 - 2.7.4 Autres facteurs d'influence

3. Traitements de surface

- 3.1 Béton à surface modifiée après décoffrage
 - 3.1.1 Intervention sur béton frais.
 - 3.1.2 Interventions sur béton jeune
 - 3.1.3 Interventions sur béton durci
- 3.2 Béton à surface revêtue
 - 3.2.1 Revêtements esthétiques
 - 3.2.2 Revêtements hydrofuges.
 - 3.2.3 Revêtements esthétiques et protecteurs
 - 3.2.4 Revêtements de protections Particulières
 - 3.2.5 Revêtements scellés ou collés

4. Conclusion.**C2230*****Béton hydraulique Mise en œuvre Bétonnages spéciaux****Par Wilfried PILLARD***1. Bétons projetés**

- 1.1 Projection Par voie sèche
- 1.2 Projection Par voie humide.
- 1.3 Critères de formulation des bétons projetés.
- 1.4 Avantages et inconvénients des divers procédés
- 1.5 Cheminement du béton
- 1.6 Préparation des supports à réparer
- 1.7 Projection du béton
- 1.8 Conditions d'enrobage des armatures
- 1.9 Prévention des risques pendant la projection
- 1.10 Contrôle des bétons projetés.

2. Bétonnage Par temps froid

- 2.1 Comportement au gel du béton frais
- 2.2 Prévision de la durée d'attente avant décoffrage
- 2.3 Effets du froid sur chantier
- 2.4 Mesures à prendre sur site

3. Bétonnage Par temps chaud

- 3.1 Effets sur l'ouvrabilité du béton frais
- 3.2 Accélération de la prise



- 3.3 Accélération du durcissement
- 3.4 Recommandations Particulières à la conception
- 3.5 Recommandations Particulières sur site
- 4. Bétonnage en grande masse**
- 5. Mise en place des bétons sous l'eau**
 - 5.1 Béton immergé traditionnel
 - 5.2 Béton extrudé derrière un bouclier
 - 5.3 Bétonnage avec addition d'un agent de viscosité
 - 5.4 Bétonnage avec armatures coffrantes
- 6. Essorage du béton Par le vide (Vacuum concrete)**
 - 6.1 Principes de l'essorage
 - 6.2 Choix des matériels
 - 6.3 Amélioration des caractéristiques du béton
- 7. Conclusion.**

C2229***Béton hydraulique Mise en œuvre Bétonnage et serrage***Par **Wilfried PILLARD****1. Maîtrise du béton frais sur site**

- 1.1 Incidents rhéologiques
- 1.2 Définition de l'anomalie de comportement
- 1.3 Recherche préalable des causes probables
- 1.4 Analyser efficacement un bordereau de pesée
- 1.5 Actions correctives

2. Coulage des bétons Par gravité

- 2.1 Approvisionnement sur chantier
- 2.2 Déversement du béton
- 2.3 Arrêts et reprises de bétonnage

3. Pompage des bétons

- 3.1 Processus et matériel de pompage
- 3.2 Critères de formulation des bétons
- 3.3 Transport et distribution du béton
- 3.4 Conduite de pompage sur site
- 3.5 Incidents techniques de pompage
- 3.6 Sécurité prévisionnelle sur chantier

4. Serrage du béton avec apport d'énergie

- 4.1 Vibration interne
- 4.2 Vibration externe du béton coffré
- 4.3 Vibration externe superficielle des dalles et chaussées
- 4.4 Bétons compactés routiers

5. Bétonnage des fondations profondes

- 5.1 Bétonnage au tube plongeur
- 5.2 Bétonnage à la pompe
- 5.3 Bétonnage à la benne à clapet
- 5.4 Achèvement du bétonnage
- 5.5 Recépage des éléments

6. Conclusion.**C2235*****Prise et durcissement des bétons - Les effets thermomécaniques***Par **Paul ACKER****1. Chaleur d'hydratation du ciment et durcissement du béton**

- 1.1 L'hydratation du ciment : une réaction exothermique et thermo-activée
- 1.2 Propriétés mécaniques du béton. Évolution au cours du durcissement.
- 1.3 Caractéristiques calorifiques et thermiques du béton.
- 1.4 Retrait endogène

2. Maîtrise de la fissuration au jeune âge.

- 2.1 Contraintes produites au cours de la prise et du durcissement
- 2.2 Retrait thermique
- 2.3 Calcul des contraintes. Maîtrise des risques de fissuration

3. Traitements thermiques du béton

- 3.1 Généralités
- 3.2 Traitement thermique passif ou « auto-étuvage »
- 3.3 Chauffage du béton avant sa mise en place
- 3.4 Chauffage du béton après sa mise en place
- 3.5 Rayonnement infrarouge
- 3.6 Autoclavage

4. Maturométrie

- 4.1 Objectifs et principe de la méthode de maturométrie
- 4.2 Méthodes utilisées sur les chantiers.
- 4.3 Limites de la méthode et développements actuels
- 4.4 Étalonnage et calibration
- 4.5 Perspectives et voies d'amélioration

Références bibliographiques

C2240

Du Béton frais au béton durci - Éléments de comportement

Par Jean Michel TORRENTI

1. Béton frais

- 1.1 Rhéologie du béton frais.
 - 1.1.1 Comportement rhéologique
 - 1.1.2 Thixotropie
- 1.2 Ressuage et ségrégation
 - 1.2.1 Ressuage
 - 1.2.2 Ségrégation
 - 1.2.3 Facteurs aggravants.
 - 1.2.4 Moyens de prévention.
- 1.3 Retrait plastique et cure
 - 1.3.1 Facteurs aggravants.
 - 1.3.2 Moyens de prévention.

2. Béton durci

- 2.1 Comportement instantané.
 - 2.1.1 Compression
 - 2.1.2 Traction
 - 2.1.3 Comportement dynamique
- 2.2 Comportement différé
 - 2.2.1 Retraits
 - 2.2.2 Fluage
 - 2.2.3 Fatigue.
- 2.3 Propriétés de transport
 - 2.3.1 Perméabilité.
 - 2.3.2 Diffusivité.
 - 2.3.3 Paramètres influents.
- 2.4 Effets des hautes températures
 - 2.4.1 Dilatation thermique
 - 2.4.2 Fluage thermique transitoire
 - 2.4.3 Cas de l'incendie.



C2245***Nouvelle approche de la durabilité du béton. Indicateurs et méthodes****Par Véronique BAROGHEL-BOUNY***1. Contexte, intérêt et objectifs d'une approche performantielle**

- 1.1 Constatations vis-à-vis de la corrosion des armatures du béton armé
- 1.2 Constatations vis-à-vis de l'alcali-réaction
- 1.3 Situation actuelle. Gestion du Parc d'ouvrages
- 1.4 Situation actuelle. Textes de référence applicables
- 1.5 Évolution des projets d'ouvrages. Intérêt d'une approche performantielle.
- 1.6 L'approche performantielle. Avantages et contraintes
- 1.7 Nouvelle approche performantielle et prédictive de la durabilité

2. Durée de vie. Définitions

- 2.1 Cas de la corrosion des armatures.
- 2.2 Cas de l'alcali-réaction

3. Indicateurs de durabilité et autres Paramètres

- 3.1 Définition des indicateurs de durabilité.
- 3.2 Indicateurs de durabilité généraux sélectionnés
- 3.3 Indicateurs de durabilité spécifiques. Sélection et justification
- 3.4 Indicateurs de substitution. Fonctions et sélection
- 3.5 Caractéristiques de base. Définition et sélection
- 3.6 Paramètres complémentaires. Définition

4. Justification du choix des indicateurs de durabilité généraux

- 4.1 Importance de la porosité accessible à l'eau
- 4.2 Importance des propriétés de transport
- 4.3 Pertinence de la teneur en portlandite $\text{Ca}(\text{OH})_2$

5. Justification du choix des indicateurs de substitution

- 5.1 Porosité accessible au mercure
- 5.2 Résistivité électrique
- 5.3 Quantité d'électricité selon l'essai AASHTO.
- 5.4 Coefficient de diffusion du CO_2 dans les matériaux carbonatés
- 5.5 Coefficient de diffusion de l'eau tritiée
- 5.6 Coefficient d'absorption capillaire ou sorptivité

6. Méthodes de détermination des indicateurs de durabilité généraux

- 6.1 Remarques préliminaires.
- 6.2 Porosité accessible à l'eau
- 6.3 Coefficients de diffusion des ions chlorure (en conditions saturées)
- 6.4 Perméabilité aux gaz
- 6.5 Perméabilité à l'eau liquide
- 6.6 Teneur en portlandite $\text{Ca}(\text{OH})_2$

7. Conclusion**C2246*****Nouvelle approche de la durabilité du béton. Méthodologie et exemples****Par Véronique BAROGHEL-BOUNY***1. Classes et spécifications relatives aux indicateurs de durabilité.**

- 1.1 Classes relatives aux indicateurs de durabilité (vis-à-vis de la corrosion des armatures)
- 1.2 Spécifications en fonction du type d'environnement et de la durée de vie exigée.

2. Prédiction de la durée de vie d'un ouvrage neuf ou existant

- 2.1 Introduction.
- 2.2 Témoins de durée de vie. Définitions dans le cas de la corrosion des armatures.
- 2.3 Témoins de durée de vie. Méthodes de mesure et exemples dans le cas de la corrosion des armatures
- 2.4 Modèles prédictifs
- 2.5 Méthodologie de prédiction de la durée de vie. Exemples



dans le cas de la corrosion des armatures

3. Conclusions et applications : « boîte à outils » proposée

C2276

Qualité du béton Essais, contrôles et vérifications

Par **Michaël DIERKENS**

1. Essais initiaux

- 1.1 Responsabilités
- 1.2 Vérification des matériels de fabrication
- 1.3 Conditions d'essais
 - 1.3.1 Ajustement du rendement volumique du béton
 - 1.3.2 Réalisation des trois gâchées d'essais des bétons réajustés en centrale
 - 1.3.3 Caractérisation des bétons fabriqués en centrale et utilisés dans les conditions de chantier
- 1.4 Critères d'adoption des essais initiaux

2. Contrôle de fabrication

- 2.1 Vérification des constituants
- 2.2 Contrôle du processus de fabrication et de transport sur chantier.

3. Contrôle à la mise en œuvre.

- 3.1 Contrôle sur site avant mise en œuvre du béton
- 3.2 Contrôle de réception du béton frais sur chantier
- 3.3 Suivi du bétonnage
- 3.4 Suivi du durcissement du béton et décoffrage
- 3.5 Contrôles spécifiques à la préfabrication en usine

4. Vérification du béton durci.

- 4.1 Vérification des caractéristiques mécaniques du béton durci
- 4.2 Contrôle d'aspect des Parements en béton
- 4.3 Contrôle d'intégrité du béton de fondations profondes

5. Conclusion.

6. Glossaire

C2275

Qualité du béton Exigences normatives

Par **Michaël DIERKENS**

1. Qualité d'usage et spécifications

2. Qualité du béton

- 2.1 Responsabilités
 - 2.1.1 Responsabilités du prescripteur
 - 2.1.2 Responsabilités du producteur de béton
 - 2.1.3 Responsabilités de l'utilisateur du béton
- 2.2 Spécifications des bétons
 - 2.2.1 Classes d'exposition
 - 2.2.2 Classes de résistance mécanique du béton
 - 2.2.3 Classes de chlorures
 - 2.2.4 Classes de consistance des bétons frais
 - 2.2.5 Esthétiques des Parements
- 2.3 Plan de contrôle

3. Études des bétons.

- 3.1 Bien appréhender le cahier des charges
- 3.2 Prendre en compte les capacités de.
- 3.3 Débit horaire de production et durée pratique d'utilisation
- 3.4 Moyens de transport du béton
- 3.5 Robustesse du béton.
- 3.6 Rapport d'étude et références
 - 3.6.1 Cas du rapport d'étude
 - 3.6.2 Cas du dossier de référence

4. Conclusion.

5. Glossaire



**** Les Bétons Particuliers:****C2214 Bétons de fibres métalliques (BFM)***Par Pierre ROSSI***1. Mise en œuvre des BFM**

- 1.1 Orientation préférentielle des fibres
- 1.2 Effets de voûte ou d'écran
- 1.3 Effets de cheminée
- 1.4 Ségrégation des fibres
- 1.5 Appauvrissement en fibres.
- 1.6 Relation entre le rapport longueur/diamètre de la fibre et la maniabilité du BFM

2. Comportement mécanique et propriétés constructives des BFM

- 2.1 Comportement mécanique des BFM sous sollicitations quasi statiques
- 2.2 Durabilité des BFM : problème de la corrosion des fibres.

3. Méthodes de dimensionnement des BFM

- 3.1 Calcul d'une section fissurée soumise à de la flexion simple ou composée
- 3.2 Calcul de l'équilibre des forces au niveau d'une fissure diagonale d'effort tranchant
- 3.3 Propriétés mécaniques des BFM utilisées dans les méthodes de dimensionnement.
- 3.4 Principe de dimensionnement en flexion composée
- 3.5 Principe de dimensionnement vis-a-vis de l'effort tranchant

4. Concept de carte d'identité d'un BFM pour une application industrielle donnée.**5. Exemples d'applications industrielles existantes et potentielles des BFM**

- 5.1 Domaine du bâtiment
- 5.2 Domaine des travaux publics

6. Conclusion

Références bibliographiques.

C2216 Béton de poudres réactives*Par Régis ADELIN***1. Définition du BPR**

- 1.1 Principes.
- 1.2 Formulation type du BPR

2. Propriétés mécaniques du BPR.

- 2.1 Résistance en compression
- 2.2 Résistance en traction directe
- 2.3 Résistance en traction Par flexion.
- 2.4 Retrait. Fluage
- 2.5 Autres caractéristiques

3. Durabilité du BPR

- 3.1 Porosité
- 3.2 Perméabilité. Résistance au gel-dégel. Abrasion
- 3.3 Résistance à la corrosion
- 3.4 Résistance aux agents agressifs
- 3.5 Résistance au feu

4. Conception et calcul des structures

- 4.1 Concevoir sans armatures passives
- 4.2 Principales adaptations des règles BPEL.
- 4.3 Justification Par l'expérimentation

5. Fabrication et mise en œuvre

- 5.1 Réception et stockage des composants
- 5.2 Études préalables
- 5.3 Dosage et mélange des composants
- 5.4 Mise en œuvre
- 5.5 Contrôle du béton à la centrale

6. Applications

C2217***Bétons auto-plaçants (BAP)****Par François CUSSIGH***1. Définition d'un BAP.****2. Caractéristiques des BAP à l'état frais**

2.1 Classification

2.2 Ouvrabilité

2.3 Spécifications des BAP à l'état frais

3. Principes de formulation

3.1 Cahier des charges minimum à l'état frais

3.2 Particularités de la composition des BAP

3.2.1 Volume de pâte élevé

3.2.2 Quantité de fines (Particules $<25 \mu\text{m}$) élevée

3.2.3 Utilisation de super plastifiants

3.2.4 Utilisation éventuelle d'un agent de cohésion

3.2.5 Faible volume de gravillons

3.2.6 Quelques points à surveiller

4. Qualification de la formule**5. Fabrication du béton**

5.1 Généralités

5.2 Équipement des centrales

5.3 Procédures de fabrication

5.4 Adjuvantation sur site

5.5 Transport

6. Réception du béton sur chantier**7. Mise en œuvre du béton**

7.1 Méthodes de mise en œuvre des BAP

7.2 Poussée des BAP sur les coffrages

7.3 Cure des BAP

7.4 Applications du BAP

8. Propriétés du béton durci

8.1 Propriétés mécaniques

8.2 Durabilité

8.3 Parements.

9. Conclusion**TRI4600*****Tribologie des bétons à ultra-haute performance -
Propriétés de surface et revêtements de protection****Par Matthieu HORGNIES***1. Spécificités des surfaces**

1.1 Spécificité de la formulation

1.2 Influence des moules.

1.3 Influence des produits de décoffrage

1.4 Influence des traitements post-démoulage

1.5 Conclusions

2. Les différents critères esthétiques recherchés

2.1 Aspect

2.2 Taches courantes

2.3 Adhésion et croissance des algues/micro-organismes

2.4 Conclusions

3. Propriétés des formulations de revêtements de protection

3.1 Base polyacrylique aqueuse

3.2 Base polyurée.

3.3 Base silane/siloxane hydrophobe.

3.4 Vernis photocatalytique.

3.5 Conclusions

4. Adhésion sur les surfaces.

- 4.1 Définition de l'adhésion.
 - 4.2 Test préliminaire de quadrillage.
 - 4.3 Test de pelage
 - 4.4 Analyses des faciès de rupture après séparation.
 - 4.5 Étude des Paramètres influençant l'adhésion des revêtements
 - 4.6 Conclusions
- 5. Conclusions générales**

C2219***Béton cellulaire autoclavé dans la construction***Par **Nicolas FATRÉ****1. Historique**

- 1.1 Origine de son invention
- 1.2 Évolution du matériau
- 1.3 Béton cellulaire Panorama mondial

2. Composition du béton cellulaire**3. Fabrication**

- 3.1 Fabrication de la pâte liquide
- 3.2 Préparation des armatures.
- 3.3 Préparation des moules
- 3.4 Fabrication du « gâteau »
- 3.5 Façonnage des produits
- 3.6 Autoclavage
- 3.7 Conditionnement et stockage

4. Caractéristiques

- 4.1 Propriétés physiques.
 - 4.1.1 Variations dimensionnelles
 - 4.1.2 Diffusion de la vapeur d'eau
 - 4.1.3 Absorption d'eau
 - 4.1.4 Chaleur spécifique
 - 4.1.5 Gel-dégel.
- 4.2 Propriétés mécaniques
 - 4.2.1 Compression
 - 4.2.2 Traction et flexion
 - 4.2.3 Module de Young
 - 4.2.4 Fluage
- 4.3 Propriétés thermiques
- 4.4 Propriétés acoustiques
 - 4.4.1 Affaiblissement
 - 4.4.2 Coefficient d'absorption
- 4.5 Comportement au feu
 - 4.5.1 Réaction au feu
 - 4.5.2 Résistance au feu.
- 4.6 Environnement

5. Principales applications**6. Conclusion.****C2232*****Béton architectonique***Par **Marcel HUREZ****1. Le béton, matériau de structure**

- 1.1 Généralités
- 1.2 Caractéristiques physiques et mécaniques

2. Le béton, matériau d'expression architecturale

- 2.1 Types de béton architectonique
- 2.2 Forme des éléments
- 2.3 Reliefs ou modénatures de surface
- 2.4 Teinte des bétons.



- 2.4.1 Présentation
- 2.4.2 Pigments de coloration
- 2.4.3 Teinte des granulats
- 2.4.4 Combinaison de teintes
- 2.5 États de surface ou textures
 - 2.5.1 Surfaces brutes
 - 2.5.2 Surfaces traitées
 - 2.5.3 Quelques Parements spéciaux
- 3. Composition du béton architectonique.**
 - 3.1 Formulation.
 - 3.2 Choix des constituants
- 4. Critères de choix technico-économiques.**
- 5. Mise en œuvre du béton architectonique**
 - 5.1 Généralités
 - 5.2 Béton architectonique porteur coulé en place
 - 5.3 Béton architectonique porteur préfabriqué
 - 5.4 Béton architectonique non porteur préfabriqué
 - 5.5 Quelle méthode de mise en œuvre choisir ?
- 6. Contrôle des aspects de surface**
 - 6.1 Échantillons témoins
 - 6.2 Qualité de la texture
 - 6.3 Écarts de teinte
- 7. Durabilité.**
- 8. Entretien**
 - 8.1 Origine et nature des altérations
 - 8.2 Traitement des salissures et des altérations des Parements
 - 8.3 Taches diverses.
 - 8.4 Salissures d'origine bio-organique
 - 8.5 Salissures liées à l'environnement
 - 8.6 Fissures et écaillage dus aux cycles de gel-dégel
 - 8.7 Efflorescences
 - 8.8 Corrosion des armatures
 - 8.9 Modifications de la teinte des Parements colorés
 - 8.10 Faïençage des surfaces brutes de démoulage

** Les Préfabriqués en béton:

C2259

Produits préfabriqués en béton - Pour le bâtiment (murs et planchers)

Par Nicolas FATRE

1. Murs et cloisons

- 1.1 Maçonneries
 - 1.1.1 Familles de produits
 - 1.1.2 Caractéristiques principales
 - 1.1.3 Caractéristiques environnementales et sanitaires
 - 1.1.4 Certification de produits
 - 1.1.5 Ouvrages en maçonnerie
- 1.2 Éléments de façade et architecturaux
 - 1.2.1 Différentes familles de produits.
 - 1.2.2 Caractéristiques principales
 - 1.2.3 Normalisation et certification.
 - 1.2.4 Réglementation
 - 1.2.5 Produits complémentaires

2. Produits pour planchers

- 2.1 Systèmes de plancher à poutrelles entrevous
 - 2.1.1 Caractéristiques principales
 - 2.1.2 Ouvrages de planchers utilisant des poutrelles entrevous



- 2.2 Prédalles
- 2.3 Dalles alvéolées.

C2260***Produits préfabriqués en béton - Pour le bâtiment (autres produits)***Par **Nicolas FATRE****1. Poutres, poteaux et éléments d'ossatures**

- 1.1 Caractéristiques principales
 - 1.1.1 Poteaux
 - 1.1.2 Poutres
 - 1.1.3 Éléments de couverture
 - 1.1.4 Éléments de fondation
- 1.2 Intégration des produits dans la structure.
- 1.3 Certification de produits

2. Autres produits

- 2.1 Conduits de fumée
 - 2.1.1 Caractéristiques principales
 - 2.1.2 Certification des produits
 - 2.1.3 Modalités de mise en œuvre
 - 2.1.4 Produits accessoires
- 2.2 Tuiles
 - 2.2.1 Caractéristiques principales
 - 2.2.2 Certification de produits
 - 2.2.3 Ouvrages en tuiles en béton
 - 2.2.4 Produits accessoires de couverture
- 2.3 Escaliers
 - 2.3.1 Différentes familles de produits
 - 2.3.2 Caractéristiques principales
 - 2.3.3 Réglementation

C2261***Produits préfabriqués en béton - Pour le génie civil***Par **Lionel MONFRONT, Nicolas FATRÉ****1. Assainissement et épuration**

- 1.1 Tuyaux d'assainissement
- 1.2 Regards et boîtes de branchement
- 1.3 Fosses septiques
- 1.4 Stations d'épuration des eaux usées domestiques
- 1.5 Séparateurs de boues et de liquides légers
- 1.6 Séparateurs à graisses
- 1.7 Têtes d'aqueduc de sécurité Têtes de pont
- 1.8 Caniveaux hydrauliques
- 1.9 Cadres

2. Voirie et aménagement urbain

- 2.1 Bordures et caniveaux
- 2.2 Bordures hautes et éléments de protection urbain
- 2.3 Pavés en béton
- 2.4 Dalles en béton
- 2.5 Dispositifs de retenue
- 2.6 Mobilier urbain.
- 2.7 Candélabres
- 2.8 Chaussées réservoirs

3. Ponts, tranchées couvertes et passages inférieurs

- 3.1 Cadres pour passages inférieurs
- 3.2 Portiques.
- 3.3 Voûtes
- 3.4 Ponts



4. Autres composants

- 4.1 Voussoirs
- 4.2 Murs de soutènement
- 4.3 Écrans acoustiques
- 4.4 Clôtures
- 4.5 Chambres de télécommunications
- 4.6 Poteaux supports pour lignes aériennes
- 4.7 Caillebotis en béton armé pour l'élevage
- 4.8 Caveaux
- 4.9 Cales d'armatures
- 4.10 Contrepoids et lests
- 4.11 Bâti de machines-outils

C2262***Composants préfabriqués en béton - Fabrication en grandes séries****Par Jacques BRESSON*

- 1. Blocs**
- 2. Bordures et pavés**
- 3. Dalles et carreaux en béton**
- 4. Tuiles en béton**
- 5. Clôtures et éléments de construction légers**
- 6. Tuyaux et regards.**
 - 6.1 Principes et techniques de compactage
 - 6.2 Centrifugation
 - 6.3 Laminage Par roulage
 - 6.4 Compression axiale
 - 6.5 Compression radiale
 - 6.6 Vibration
 - 6.6.1 Vibration-compression à noyau fixe
 - 6.6.2 Vibration-compression à noyau mobile

C2263***Composants préfabriqués en béton - Fabrication de produits volumineux****Par Jacques BRESSON*

- 1. Éléments de façade**
 - 1.1 Poste fixe dans des moules ou sur tables
 - 1.2 Moules sur plateaux mobiles en lignes horizontales
 - 1.3 Moules fixes en batterie.
 - 1.4 Démoulage immédiat.
- 2. Escaliers**
- 3. Composants de planchers ...**
 - 3.1 Éléments de planchers en béton armé
 - 3.1.1 Poutrelles.
 - 3.1.2 Prédalles en béton armé
 - 3.1.3 Dalles alvéolées en béton armé
 - 3.2 Éléments de planchers en béton précontraint
 - 3.2.1 Précontrainte Par armatures adhérentes
 - 3.2.2 Poutrelles en béton précontraint
 - 3.2.3 Prédalles en béton précontraint
 - 3.2.4 Dalles alvéolées en béton précontraint
- 4. Poutres et poteaux**
- 5. Conduits**
- 6. Éléments en composite ciment-verre.**
- 7. Produits en béton cellulaire autoclave**



S4/24772 Les Matériaux de construction**** Les Granulats:****C902****Granulats. Origines et caractéristiques***Par Pierre DUPONT, Georges AUSSEDAT, Yannick DESCANTES et Jeanne-Sylvine GUEDON***1. Principales ressources**

- 1.1 Granulats naturels
- 1.2 Granulats artificiels ou recyclés

2. Propriétés des roches exploitées.

- 2.1 Minéraux de base
- 2.2 Roches magmatiques
- 2.3 Roches sédimentaires
- 2.4 Roches métamorphiques

3. Principales caractéristiques géotechniques des granulats et essais correspondants

- 3.1 Caractéristiques de fabrication.
- 3.2 Caractéristiques intrinsèques

Références bibliographiques**C903****Granulats. Production et utilisations***Par Pierre DUPONT, Georges AUSSEDAT, Yannick DESCANTES et Jeanne-Sylvine GUEDON***1. Production des granulats**

- 1.1 Extraction et transport vers les unités de traitement.
 - 1.1.1 Gisements de roches massives
 - 1.1.2 Gisements de roches meubles
 - 1.1.3 Mâchefers d'incinération d'ordures ménagères
 - 1.1.4 Matériaux de démolition.
 - 1.1.5 Agrégats d'enrobés

1.2 Traitement proprement dit

- 1.2.1 Concassage
- 1.2.2 Criblage
- 1.2.3 Lavage

1.3 Cas Particuliers

- 1.3.1 Mâchefers d'incinération d'ordures ménagères
- 1.3.2 Matériaux de démolition
- 1.3.3 Agrégats d'enrobés

2. Protection de l'environnement.**3. Maîtrise de la qualité****4. Spécifications d'usage**

- 4.1 Domaine des chaussées
 - 4.1.1 Assises.
 - 4.1.2 Revêtements
- 4.2 Domaine des bétons.

5. Marché des granulats en France

- 5.1 Production
- 5.2 Consommation
- 5.3 Transport

6. Conclusion**C945****Produits silico-calcaires***Par Michel VÉNUAT***1. Développement C45 -**

- 1.1 Silico-calcaires denses
- 1.2 Silico-calcaires légers



1.3 Fibres-ciment-silice.

2. Fabrication

2.1 Silico-calcaires denses

2.2 Silico-calcaires légers.

2.3 Fibres-ciment-silice

3. Propriétés principales et utilisations

3.1 Silico-calcaires denses

3.2 Silico-calcaires légers.

3.3 Fibres-ciment-silice

** Les Matériaux de terre cuite:

C905

Matériaux de terre cuite - Matières de base et fabrication

Par *Michel KORNMAN*

1. Argile et la plasticité

1.1 Principales formes minéralogiques

1.2 Charges superficielles de l'argile et couches limites

1.3 Limites de liquidité, de plasticité, de retrait au séchage

1.4 Sol argileux et concentration en argile

1.5 Granulométrie du sol argileux

1.6 Argile et séchage

1.7 Eau et argile.

1.8 Composition des mélanges argileux

1.9 Autres composants du mélange de production

1.10 Influence des composants principaux

2. Fabrication

2.1 Extraction des matières premières

2.2 Préparation de la pâte

2.3 Façonnage.

2.4 Séchage

2.5 Cuisson

3. Environnement et salubrité.

3.1 Émissions dans l'air

3.2 Émissions dans l'eau

3.3 Déchets

3.4 Salubrité

4. Conclusions

C906

Matériaux de terre cuite - Propriétés et produits

Par *Michel KORNMAN*

1. Caractéristiques du tesson

1.1 Masse volumique

1.2 Couleur

1.3 Propriétés mécaniques.

1.3.1 Modules élastiques.

1.3.2 Ténacité.

1.3.3 Résistance mécanique

1.3.4 Adhérence au mortier.

1.4 Propriétés thermiques

1.4.1 Expansion thermique.

1.4.2 Chaleur spécifique

1.4.3 Conductivité thermique

1.5 Propriétés hydriques

1.5.1 Absorption d'eau à saturation Par trempage.

1.5.2 Absorption d'eau dans l'air humide

1.5.3 Dilatation à l'humidité

1.5.4 Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau



1.5.5 Capillarité, diffusivité hydrique et taux initial d'absorption

1.5.6 Perméabilité à l'eau liquide

1.6 Durabilité

1.6.1 Tenue au gel

1.6.2 Efflorescence et vieillissement dus aux sels.

1.6.3 Attaque des mortiers Par les sulfates

2. Briques

2.1 Briques apparentes pleines et perforées

2.2 Briques LD

3. Éléments pour couverture

3.1 Tuiles plates.

3.2 Tuiles canal

3.3 Tuiles à emboîtements ou à glissement.

3.4 Qualité des tuiles.

4. Divers

4.1 Bardages

4.2 Boisseaux pour conduits de fumée

4.3 Pavés

5. Conclusion.

C907

Matériaux de terre cuite - Données numériques

Par *Michel KORNMAN*

1. Géométrie des briques. Défauts superficiels acceptables

2. Mécanique des briques

3. Mécanique de maçonneries de briques

3.1 Construction conventionnelle

3.2 Construction Par asismique (selon Eurocode)

4. Thermique des maçonneries

4.1 Conductibilité et résistance thermiques

4.2 Ponts thermiques

4.3 Capacité thermique et facteur de résistance à la vapeur d'eau

4.4 Inertie thermique dynamique

5. Protection incendie

5.1 Réaction au feu

5.2 Résistance au feu

6. Isolation phonique de murs en briques

7. Propriétés des tuiles

**** Le Plâtre et le ciment:**

C910

Plâtre

Par *Daniel DALIGAND*

1. Gypse et anhydrite

1.1 Gypse naturel

1.2 Anhydrite

1.3 Gypse de synthèse

2. Produits de déshydratation du gypse

3. Hydratation et prise

3.1 Prise

3.2 Variations de volume

3.4 Temps de prise et durée d'emploi

4. Fabrication

4.1 À Par tir de gypse naturel

4.3 Conception des plâtres dans l'industrie

4.4 Produits en plâtre

5. Variétés

5.1 Plâtres destinés au bâtiment



5.2 Plâtres à mouler pour l'art et l'industrie

5.3 Produits pour chapes auto lissantes

6. Produits préfabriqués

6.1 Carreaux

6.2 Plaques

6.3 Techniques Particulières

6.4 Produits préfabriqués pour plafond

7. Propriétés

7.1 Isolation thermique et régulation de l'hygrométrie.

7.2 Humidité des locaux.

7.3 Isolation acoustique

7.4 Correction acoustique

7.5 Résistance au feu.

7.6 Plâtre et environnement

C920

Ciments

Par *Joseph ABDO*

1. Ingrédients du ciment

2. Découverte du ciment.

3. Naissance de l'industrie cimentière.

4. Différents types de ciment

5. Fabrication

6. Composition, hydratation, prise et durcissement

7. Principales caractéristiques du ciment

8. Progrès issu de la recherche

9. Normalisations

10. Caractéristiques et emplois des ciments

11. Conclusion.

C922

La Chaux - Définitions et histoire

Par *Gilles MARTINET et Philippe SOUCHU*

1. Le calcaire, la pierre à chaux

2. La chaux, toute une histoire

2.1 Archéologie de la chaux.

2.2 La chaux dans l'histoire de la construction

2.2.1 Période gréco-romaine

2.2.2 Période médiévale

2.3 Les liants des Lumières (ou lumière sur les liants)

3. La chaux : ce que la chimie a permis de comprendre

3.1 Cuisson du calcaire, création de la chaux

3.2 Extinction de la chaux vive

3.3 Les « deux » chaux

3.3.1 Chaux aérienne ou chaux grasse

3.3.2 Chaux hydraulique ou chaux maigre

3.4 Mécanismes de durcissement et de prise

3.4.1 Carbonatation ou prise aérienne

3.4.2 Hydratation ou prise hydraulique

3.4.3 Réaction pouzzolanique

4. Conclusion.



C923**Chaux aérienne - Contexte, fabrication, domaines applicatifs***Par Gontran HERRIER, Marc PELLETIER et Daniel PUIATTI***1. Contexte**

- 1.1 Différentes catégories de chaux aérienne
- 1.2 Propriétés physico-chimiques des chaux aériennes calciques
- 1.3 Caractérisation des chaux aériennes

2. Fabrication de la chaux aérienne

- 2.1 Généralités
- 2.2 Phase amont, de l'extraction à la préparation de la pierre
- 2.3 Calcination de la pierre
- 2.4 Paramètres influençant la calcination.
- 2.5 Fours à chaux
- 2.6 Aval four et produits finis
- 2.7 Contrôles qualité.
- 2.8 Conclusion

3. Diversité des applications de la chaux aérienne

- 3.1 Rappel des propriétés de la chaux
- 3.2 Sidérurgie et industrie des métaux non-ferreux
- 3.3 Environnement
- 3.4 Agriculture
- 3.5 Industrie chimique
- 3.6 Industries alimentaire et sucrière
- 3.7 Industrie verrière
- 3.8 Industrie papetière
- 3.9 Activités de la construction
- 3.10 Activités du génie civil
- 3.11 Autres applications.

4. Normes et réglementation

- 4.1 Normalisation
- 4.2 Cas Particulier de la construction

5. Précautions lors de la manutention et du stockage**6. Conclusions.****C924****Chaux hydrauliques***Par Emmanuelle GRES-ROQUE***1. Catégories et propriétés**

- 1.1 Terminologie
- 1.2 Normalisation
- 1.3 Chimie et cycle de la chaux hydraulique naturelle
- 1.4 Propriétés des chaux hydrauliques

2. Fabrication

- 2.1 Extraction, concassage et criblage
- 2.2 Cuisson et décarbonatation
- 2.3 Broyage et hydratation

3. Applications en construction

- 3.1 Bâtiment
- 3.2 Produits de stabilisation des sols

4. Conclusion.**5. Glossaire**

****L'Acier:****C2501****Aciers de construction métallique***Par Guy MURRY, Jean-Pierre PESCATORE***1. Définitions.****2. Désignation normalisée des aciers de construction métallique**

2.1 Désignation symbolique normalisée

2.2 Numérotation normalisée.

3. Performances d'usage des aciers de construction métallique

3.1 Performances mécaniques à température ambiante

3.2 Performances mécaniques à des températures inférieures à l'ambiante

3.3 Performances mécaniques à des températures supérieures à l'ambiante

3.4 Résistance à la fatigue

3.5 Résistance à la corrosion atmosphérique

4. Aciers de construction métallique définis Par la normalisation.

4.1 Aciers définis Par la norme NF EN0025-2.

4.2 Aciers définis Par la norme NF EN0025-3.

4.3 Aciers définis Par la norme NF EN0025-4.

4.4 Aciers définis Par la norme NF EN0025-6.

4.5 Aciers définis Par la norme NF EN0225

4.6 Aciers définis Par la norme NF EN0210

4.7 Aciers définis Par la norme NF EN0219

5. Possibilités de mise en œuvre.

5.1 Formage à chaud

5.2 Formage à froid

5.3 Découpage

5.4 Usinage

5.5 Soudage

6. Choix d'un acier de construction métallique.**** Les Fibres:****C950****Polymères renforcés de fibres (FRP) - Identification et champs d'application***Par Patrice HAMELIN***1. Grandes familles pour la construction**

1.1 Situation

1.2 Diverses formulations de FRP

1.2.1 Fibres de renforcement

1.2.2 Matrices polymères

1.3 Exemple de produits industriels

1.4 Différents cas d'application en génie civil

1.4.1 Structures composites ou mixtes

1.4.2 Câbles et haubans de substitution.

1.4.3 Armatures passives pour le béton armé

1.4.4 Composites de renforcement, de réparation et de protection.

2. FRP comme armatures passives pour béton armé

2.1 Armatures composites

2.2 Calculs prévisionnels des propriétés de composites pultrudés unidirectionnels.

2.3 Durabilité des FRP

2.4 Lois de comportement et valeurs caractéristiques

3. Conclusion générale.

C5440***Composites à fibres de carbone dans le génie civil****Par Jean LUYCKX*

- 1. Les matériaux composites**
- 2. Les fibres de carbone**
 - 2.1 Propriétés des fibres de carbone
 - 2.2 Comparaison avec les autres fibres et les aciers
- 3. Semi-produits de renforcement : obtention et utilisations**
 - 3.1 Fibres sèches
 - 3.2 Tissus secs
 - 3.3 Tissus préimprégnés
 - 3.4 Produits pultrudés
- 4. Les composites dans la construction**
 - 4.1 Principales raisons de leur implantation
 - 4.2 Intérêt des fibres de carbone dans le bâtiment et les travaux publics
- 5. Utilisation des fibres de carbone dans la réhabilitation**
 - 5.1 Remplacement des tôles métalliques Par des fibres de carbone
 - 5.2 Pose des renforcements : mode opératoire
- 6. Utilisations industrielles des composites à base de fibres de carbone**
 - 6.1 Au Japon
 - 6.2 En Amérique du Nord
 - 6.3 En Europe
- 7. Conclusion**

**** Adhésion des matériaux de construction:****TRI4610*****Études de cas concernant l'adhésion entre matériaux de construction****Par Matthieu HORGNIÉS*

- 1. Problématique de l'adhésion entre granulats et bitume**
- 2. Problématique de l'adhésion entre béton et peinture.**
- 3. Description des matériaux utilisés**
 - 3.1 Interface granulats/bitume
 - 3.2 Interface béton/peinture
- 4. Méthodes de caractérisation utilisées**
 - 4.1 Microscope électronique à balayage (MEB) et spectroscopie d'énergie dispersive (EDS).
 - 4.2 Spectrométrie de photoélectrons X (XPS)
 - 4.3 Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)
 - 4.4 Tests de pelage
- 5. Adhésion à l'interface entre granulats et bitume.**
 - 5.1 Analyse des granulats et du bitume.
 - 5.2 Mesures Par pelage
 - 5.3 Analyse Par XPS des faciès de rupture après pelage
- 6. Adhésion à l'interface entre béton et peinture**
 - 6.1 Analyse des surfaces de béton et de peinture
 - 6.2 Mesures Par pelage et caractérisation des faciès de rupture
- 7. Conclusions**
- 8. Glossaire Définitions.**

C960***Colles et adhésifs - Caractéristiques et types****Par Philippe COGNARD*

- 1. Domaines d'utilisation en construction**
- 2. Intérêt du collage dans la construction**
- 3. Choix de la technique de collage**
 - 3.1 Dans quels cas choisir de préférence le collage Par rapport à d'autres techniques d'assemblage ?.



3.2 Quel adhésif choisir Par mi les différentes familles ?

4. Calcul et dimensionnement des surfaces collées

5. Caractéristiques des colles et adhésifs

5.1 Mode de prise

5.2 Préparation des surfaces

5.3 Mise en œuvre

5.4 Identification et contrôle

5.5 Caractéristiques mécaniques et physico-chimiques

5.6 Sécurité d'emploi

5.7 Prix de revient de l'assemblage

5.8 Autres éléments d'appréciation

6. Types de colles, adhésifs et mastics utilisés dans la construction

6.1 Colles Néoprène (ou polychloroprène).

6.2 Colles aqueuses

6.3 Colles en poudre, cellulosiques et amylacées

6.4 Colles structurales ou semi-structurales à deux composants

6.5 Ciments-colles, plâtres-colles

7. Conclusion

C961

Colles et adhésifs - Applications dans le bâtiment

Par *Philippe COGNARD*

1. Préfabrication

2. Collage des revêtements de sols et de murs

3. Collage des carrelages et revêtements céramiques

4. Collage des plastiques.

5. Collage de matériaux divers

6. Collage des métaux

7. Collage structural dans les travaux publics

7. Collage de voussoirs de ponts

7. Vitrages extérieurs collés (VEC)

8. Scellements et ancrages

S4/24773

Méthodes de calcul et conception

**** Méthodes fiabilistes en construction:**

C60

Normes du bâtiment et des travaux publics - Base fiabiliste des Eurocodes

Par *Jean-Armand CALGARO*

1. Eurocodes : ce qu'il faut retenir

1.1 Genèse et élaboration des Eurocodes

1.2 Textes européens relatifs aux produits de construction

1.3 Application des Eurocodes au niveau national

1.4 Eurocodes et annexes nationales

1.4.1 Objectifs de la normalisation

1.4.2 Annexes nationales

1.5 Eurocodes et réglementation nationale

1.5.1 Risque sismique

1.5.2 Risque lié aux incendies.

1.6 Mandats de la CE et développements futurs

1.7 Exigences expresses en conception et calcul des constructions

2. Bases fiabilistes des Eurocodes.

2.1 Fiabilité des constructions

2.1.1 Contexte

2.1.2 États limites

2.1.3 Quantification de la fiabilité des constructions



- 2.1.4 Optimisation et critères socio-économiques en fiabilité
- 2.1.5 Format des Eurocodes du point de vue de la fiabilité.
- 2.1.6 Valeurs numériques codifiées
- 2.1.7 Méthodes de calibration des coefficients Partiels
- 2.1.8 Contenu des principales valeurs numériques codifiées
- 2.2 Conclusion

BM5003 *Approche probabiliste du dimensionnement - Modélisation de l'incertain et méthode de Monte-Carlo*

Par **Maurice LEMAIRE**

1. Approche probabiliste de l'incertain

- 1.1 Introduction
- 1.2 Principes de rédaction
- 1.3 Vaincre une inertie culturelle
- 1.4 Modélisation de l'incertain.
- 1.5 Principe de dimensionnement
- 1.6 Conclusion

2. Modèle stochastique des variables de conception

- 2.1 Modèle stochastique
- 2.2 Quelques lois de probabilité
- 2.3 Analyses de sensibilité et de fiabilité
- 2.4 Conclusion

3. Méthode de Monte-Carlo.

- 3.1 Échantillon d'une variable aléatoire de loi donnée.
- 3.2 Simulation de Monte-Carlo
- 3.3 Illustration : système de deux barres
- 3.4 Conclusion

BM5004 *Approche probabiliste du dimensionnement - Modélisation de l'incertain et méthodes d'approximation*

Par **Maurice LEMAIRE**

1. Méthode résistance-contrainte

- 1.1 Expressions de la probabilité de défaillance
- 1.2 Notion d'indice de fiabilité
- 1.3 Illustration : système de deux barres
- 1.4 Conclusion

2. Méthodes d'approximation et couplage mécano-fiabiliste

- 2.1 Transformations iso probabilistes
- 2.2 Indice de fiabilité et probabilité de défaillance.
- 2.3 Bilan
- 2.4 Illustration.
- 2.5 Couplage mécano-fiabiliste
- 2.6 Conclusion

3. Produits de l'analyse de fiabilité

- 3.1 Facteurs d'importance
- 3.2 Coefficients Partiels (« de sécurité »)

4. Conclusion et perspectives

- 4.1 Élargir les hypothèses
- 4.2 Rechercher des méthodes numériques plus efficaces

BM5008 *La Sûreté de fonctionnement : méthodes pour maîtriser les risques*

Par **Yves MORTUREUX**

1. Caractérisation de la sûreté de fonctionnement



- 1.1 Considérer avec réalisme les entités auxquelles on a affaire.
 - 1.2 Exploiter toutes les connaissances disponibles, rechercher le juste nécessaire.
 - 1.3 Produire de la confiance Partageable grâce à la sûreté de fonctionnement
- 2. Notions fondamentales**
- 2.1 Sûreté de fonctionnement
 - 2.2 Risque
 - 2.3 Fiabilité
 - 2.4 Maintenabilité
 - 2.5 Disponibilité
 - 2.6 Sécurité
- 3. Taux de défaillance, MTBF, MTTF, MUT**
- 4. Données de fiabilité (ou de maintenabilité)**
- 4.1 Généralités
 - 4.2 Bases de données.
 - 4.3 Retour d'expérience
- 5. Démarches et méthodes fondamentales d'une approche SdF**
- 5.1 Présentation des caractéristiques
 - 5.2 Analyse préliminaire de risques (APR)
 - 5.3 Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leurs criticités (AMDEC)
 - 5.4 Arbres de causes, d'événement, de défaillances.
 - 5.5 Graphes d'états. Réseaux de Petri
 - 5.6 Complémentarités entre ces méthodes
- 6. Fiabilités électronique, mécanique, logicielle, humaine.**
- Références bibliographiques**

**** Eurocode:**

C3305

***Charges de neige sur les constructions selon l'Eurocode
Partie-3***

Par Danielle CLAVAUD

- 1. Domaine d'application.**
- 2. Classification des actions de la neige**
- 3. Charges de neige sur le sol**
 - 3.1 Charges de neige en fonction des régions
 - 3.2 Charges de neige au sol suivant l'altitude
- 4. Charges de neige sur les toitures**
 - 4.1 Dispositions de charge
 - 4.2 Coefficients de forme des toitures
 - 4.2.1 Toitures à versant unique
 - 4.2.2 Toitures à deux versants
 - 4.2.3 Toitures à versants multiples
 - 4.2.4 Toitures cylindriques
 - 4.2.5 Toitures à plusieurs niveaux
- 5. Effets locaux**
 - 5.1 Accumulation au droit des saillies et des obstacles locaux
 - 5.2 Cas de deux acrotères
 - 5.3 Neige en débord de toiture.
 - 5.4 Charges sur les barres à neige et autres obstacles
- 6. Situations de projet et dispositions de charges**
- 7. Exemples d'application**
 7. Toitures à plusieurs niveaux
 - 7.1.1 Charge de neige sur le sol
 - 7.1.2 Situation de projet durable et transitoire
 - 7.1.3 Situation de projet accidentelle
 - 7.2 Cas de deux acrotères
 - 7.2.1 Charge de neige sur le sol
 - 7.2.2 Situation de projet durable et transitoire



7.2.3 Situation de projet accidentelle

8. Conclusion.

C3306

Actions du vent sur les bâtiments selon l'Eurocode

Partie-4

Par **Danielle CLAVAUD**

1. Domaine d'application Classification.

2. Vitesse et pression dynamique du vent

2.1 Vitesse de référence

2.2 Vent moyen

2.2.1 Catégories de terrain

2.2.2 Augmentation de la vitesse moyenne

2.3 Turbulence du vent

2.4 Pression dynamique de pointe

3. Actions du vent

3.1 Pressions aérodynamiques sur les surfaces

3.2 Forces exercées Par le vent

4. Coefficients de pression et de frottement

4.1 Coefficients de pression pour les bâtiments

4.1.1 Coefficients de pression extérieure

4.1.2 Coefficients de pression intérieure

4.1.3 Coefficients de pression résultante

4.2 Coefficients de frottement

5. Coefficient structural

5.1 Définition de ZS

5.2 Turbulence du vent

5.3 Fonction de densité spectrale $SL(z, n)$

5.4 Coefficient de réponse quasi-statique B2.

5.5 Facteur de pointe KP

5.6 Coefficient de réponse résonante R2

5.7 Caractéristiques dynamiques des structures

5.7.1 Fréquence fondamentale

5.7.2 Déformée du mode fondamental

5.7.3 Masse équivalente m_e

5.7.4 Décrément logarithmique d'amortissement d

5.7.5 Décrément logarithmique d'amortissement structural DS

5.7.6 Valeurs du coefficient structural

6. Exemple d'application.

6.1 Détermination de la pression dynamique de pointe

6.1.1 Vitesse de référence V_b

6.1.2 Pression dynamique de base

6.1.3 Coefficient d'exposition

6.1.4 Pression dynamique de pointe

6.2 Forces exercées Par le vent

6.2.1 Coefficient structural CSCD

6.2.2 Coefficients de pression extérieure CPE

7. Conclusion.



**** Règles antisismiques:****C249****Conception et dimensionnement Par asismiques des ponts selon l'EC8-2***Par Denis DAVI***1. Nouvelle législation sismique nationale Normes et références**

- 1.1 Arrêté du 6 octobre 011
- 1.2 Références normatives.
 - 1.2.1 Normes de calcul : Eurocodes et annexes nationales
 - 1.2.2 Normes produits
- 1.3 Références et guides méthodologiques

2. Différentes stratégies de conception par asismique des ponts selon l'eurocode-2

- 2.1 Principes de conception Par asismique des ponts neufs
 - 2.1.1 Nature des sollicitations sismiques et comportements des ouvrages d'art
 - 2.1.2 Objectifs de performance réglementaires et États-limites de référence
- 2.2 Différentes stratégies de conception Par asismique des ponts
 - 2.2.1 Conception quasi-élastique (ou en ductilité limitée)
 - 2.2.2 Conception ductile
 - 2.2.3 Conception basée sur les principes d'isolation sismique et/ ou d'amortissement
- 2.3 Méthodes d'analyse sismique
 - 2.3.1 Méthodes en force
 - 2.3.2 Méthodes en déplacement (analyses «en poussée progressive» ou «push-over»).
 - 2.3.3 Méthodes dynamiques temporelles non-linéaires
 - 2.3.4 Éléments de Comparaison des différentes méthodes
- 2.4 Dispositions constructives Par asismiques
 - 2.4.1 Importance des dispositions constructives
 - 2.4.2 Étendue des zones concernées et prescriptions générales
- 2.5 Tableau récapitulatif

3. Principales évolutions Par rapport aux pratiques antérieures issues des règles AFPS92

- 3.1 Caractérisation de l'aléa sismique, qualification des sols et effets de site
- 3.2 Principe de « ductilité limitée » et introduction des raideurs fissurées
- 3.3 Dimensionnement en capacité
- 3.4 Dispositions constructives
- 3.5 Introduction des méthodes de calcul non-linéaires et des dispositifs spéciaux de type « amortisseurs »

4. Conséquences sur la performance et le dimensionnement des ouvrages**5. Conclusion et perspectives.****C3290****Séismes et bâtiments - Analyse des constructions***Par André PLUMIER***1. Éléments de sismologie de l'ingénieur**

- 1.1 Causes des séismes
 - 1.1.1 Tectonique des plaques
 - 1.1.2 Autres causes de séismes
- 1.2 Données sur les mouvements sismiques
 - 1.2.1 Données d'observation : échelles d'intensité
 - 1.2.2 Données d'enregistrement : magnitudes
- 1.3 Théorie élémentaire du mouvement sismique
 - 1.3.1 Modèle élémentaire de faille
 - 1.3.2 Lois d'atténuation
- 1.4 Action sismique de calcul sur un site donné
 - 1.4.1 Évaluation de l'aléa sismique
 - 1.4.2 Caractérisation Par spectres de réponse
 - 1.4.3 Autres représentations de l'action sismique
- 1.5 Effets induits Par les séismes



- 1.5.1 Liquéfaction des sols
- 1.5.2 Tsunami
- 2. Bases du calcul sismique**
- 2.1 Analyse modale avec spectres de réponse en accélération
- 2.1.1 Hypothèses du calcul
- 2.1.2 Modélisation
- 2.1.3 Modes propres non amortis
- 2.1.4 Résolution sur la base des modes propres
- 2.1.5 Combinaison des réponses modales
- 2.1.6 Évaluation des effets non linéaires Par coefficient de comportement
- 2.2 Analyse Par forces latérales
- 2.2.1 Principe
- 2.2.2 Estimation de la période fondamentale T1
- 2.2.3 Méthode de calcul statique Par coefficient sismique
- 2.2.4 Actualité des méthodes simplifiées
- 2.3 Analyse statique non linéaire en poussée progressive
- 2.3.1 Généralités
- 2.3.2 Déplacement cible
- 2.3.3 Distributions verticales des charges latérales
- 2.4 Analyse chronologique non linéaire.
- 2.5 Commentaires sur les calculs non linéaires
- 2.6 Indications sur d'autres modes de calcul.
- 3. Conclusion.**

C3291

Séismes et bâtiments - Conception et normes Par asismiques

Par **André PLUMIER**

1. Normes Par asismiques

- 1.1 Évolution des normes Par asismiques

2. Conception Par asismique des bâtiments

- 2.1 Objectif et concepts de base.
- 2.2 Réponse inélastique saine des structures sous séisme
- 2.3 Dispositions d'architecture
- 2.4 Sols et fondations
- 2.5 Dispositions de construction et d'installation
- 2.6 Dispositions Par asismiques spéciales

3. Enseignements de séismes récents

- 3.1 Intérêt d'observer leurs effets
- 3.2 Séismes de Northridge et de Kobé.
- 3.3 Observations lors d'autres séismes récents
- 3.4 Conclusions des observations post-sismiques récentes

4. Législation et réglementation préventives du risque sismique en France

- 4.1 Références des textes légaux
- 4.2 Catégories de risque et d'importance
- 4.3 Zonage sismique de la France
- 4.4 Accélération de calcul et règles générales de projet Par asismique
- 4.5 Règles simplifiées
- 4.6 Règles applicables aux bâtiments neufs
- 4.7 Règles applicables aux bâtiments existants
- 4.8 Contrôles de l'application de la réglementation Par asismique
- 4.9 Réglementation Par asismique pour autres ouvrages à risque normal
- 4.10 Réglementation Par asismique pour ouvrages à risque spécial

5. Conclusion.



C2559***Constructions Par asismiques en acier - Contexte de l'Eurocode****Par André PLUMIER*

1. Ossatures dissipatives et non dissipatives.
2. Dimensionnement en capacité.
3. Ossatures en portique
4. Ossatures avec triangulations à barres centrées
5. Ossatures à triangulation à barres excentrées
6. Conception générale des bâtiments Par asismiques à ossature acier

C2569***Constructions Par asismiques mixtes acier-béton - Contexte de l'Eurocode****Par André PLUMIER*

1. Ossatures dissipatives en charpente mixte acier/béton
 - 1.1 Remarque préliminaire.
 - 1.2 Mécanisme locaux dissipatifs et non dissipatifs
 - 1.3 Mécanismes plastiques globaux et coefficients de comportement
 - 1.4 Caractéristiques des matériaux.
 - 1.5 Caractérisation des sections pour l'analyse élastique
 - 1.6 Apport de l'enrobage de béton à la ductilité
 - 1.7 Conception spécifique des éléments structuraux
 - 1.8 Poutre avec dalle
 - 1.9 Largeur Participante de dalle
2. Ossatures mixtes en portique
 - 2.1 Objectifs et critères du projet dissipatif
 - 2.2 Nœuds poutre/poteau
 - 2.3 Transfert des moments de flexion aux nœuds poutres/poteaux
3. Ossatures mixtes avec triangulations
 - 3.1 Ossatures mixtes avec triangulations à barres centrées
 - 3.2 Ossatures mixtes avec triangulations à barres excentrées.
4. Ossatures et systèmes à murs mixtes
 - 4.1 Types de murs mixtes et critères de dimensionnement
 - 4.2 Linteaux
 - 4.3 Murs mixtes de contreventement avec âme en acier

**** Méthode de calcul non linéaire:****B5150*****Dynamique des structures - Techniques d'analyse et d'essai****Par Alain GIRARD*

1. Généralités sur les techniques d'analyse
 - 1.1 Problème et solutions
 - 1.2 Techniques d'analyse
2. Analyse dynamique des systèmes
 - 2.1 Système à un degré de liberté.
 - 2.2 Systèmes à N degrés de liberté.
 - 2.3 Approche modale
 - 2.4 Systèmes continus
 - 2.5 Sous-structuration
 - 2.6 Conclusions sur l'analyse
3. Techniques expérimentales
 - 3.1 Généralités
 - 3.2 Identification Par essai modal
 - 3.3 Simulation Par générateurs de vibrations.



4. Conclusion**Références bibliographiques****AF1681*****Amplification dynamique dans le calcul des structures****Par Irénée CORNATON***1. Définition****2. Résolution d'un problème dynamique linéaire**

2.1 Équation différentielle

2.2 Résolution théorique linéaire sur la base modale

2.3 Amortissement

2.4 Classification des modes

2.5 Utilisation de la résolution temporelle

3. Analyse spectrale

3.1 Présentation

3.2 Spectres.

3.3 Réponse Par mode

3.4 Superposition modale

3.5 Prise en compte des modes rigides

3.6 Analyse multi spectrale

4. Analyse pseudo-statique

4.1 Objectif

4.2 Conversion depuis une charge temporelle

4.3 Conversion depuis un spectre

5. Exemples d'application

5.1 Analyse multi spectrale avec amortissement variable.

5.2 Force fonction du temps (excitation harmonique) 0

5.3 Accélération fonction du temps (accélérogramme)

5.4 Explosion sur une charpente

6. Conclusion**C6003*****La Méthode des éléments finis Calcul non-linéaire géométrique****Par Alaa CHATEAUNEUF***1. Définition de la non-linéarité géométrique**

1.1 Histoire non-linéaire du chargement

1.2 Non-linéarité géométrique

2. Grande déformation d'un milieu continu

2.1 Tenseur de déformation

2.2 Contraintes

3. Formulations Lagrangiennes totale et actualisée

3.1 Formulation Lagrangienne totale

3.2 Formulation Lagrangienne actualisée

4. Discrétisation Par éléments finis

4.1 Variation virtuelle de la déformation

4.2 Matrices de rigidité et vecteur des forces nodales

4.3 Cas de l'élasticité plane

4.4 Calcul des charges critiques

5. Techniques de résolution

5.1 Principe de la résolution

5.2 Méthode de Newton-Raphson

5.3 Contrôle en longueur d'arc

5.4 Critères de convergence

5.5 Analyse de la bifurcation

6. Conclusion

C6002***Méthodes simplifiées pour le calcul non-linéaire de structures de génie civil****Par Panagiotis KOTRONIS***1. Le béton armé équivalent.**

1.1 Introduction

1.2 Concept

2. Poutre multifibre

2.1 Introduction

2.2 Concept.

3. Modèles globaux

3.1 Introduction

3.2 Concept

4. Macro-élément d'interactions sol/structure

4.1 Introduction

4.2 Concept Recommandations de l'EC8-5

4.2.1 Définition du domaine linéaire

4.2.2 Domaine de plasticité non-linéaire non-réversible

5. Cas d'études

5.1 Modélisation des poteaux en béton armé.

5.1.1 Description des tests

5.1.2 Résultats numériques au moyen des poutres multifibres

5.2 Modélisation d'un voile en béton armé

5.2.1 Description des tests

5.2.2 Résultats numériques au moyen de la technique ERC

5.2.3 Résultats numériques au moyen du modèle GLRC_HEGIS

5.3 Modélisation des interactions sol/structure d'un viaduc en béton armé

5.3.1 Description des tests

5.3.2 Résultats numériques au moyen du macro-élément et des éléments poutres multifibres

6. Conclusion.**7. Glossaire****C6001*****Apports des lois constitutives non-linéaires en génie civil - Problématiques et enjeux****Par Cédric GIRY et Benjamin RICHARD***1. Lois de comportement non-linéaires : principes fondamentaux et exemples.**

1.1 Hypothèses et cadre de formulation

1.2 Loi élastoplastique : cas des aciers

1.3 Loi de comportement en dommageable : cas du béton

2. Apports de la modélisation non-linéaire en génie civil : cas d'un bâtiment à risque spécial

2.1 Contexte

2.2 Présentation de la structure

2.3 Modélisation

2.4 Résultats

2.5 Apports liés à l'utilisation de lois constitutives non-linéaires

3. Écueils à éviter lors de l'utilisation de lois de comportement non-linéaires

3.1 Principe de résolution

3.2 Effets de maillage.

4. Conclusion.**5. Glossaire**

“Ti254

Travaux publics
Et Infrastructures”

CONSTRUCTION
Et Travaux
Publics



TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR

Ti254

SOMMAIRE



S4/24774

Gestion de l'eau



S4/24775

Les Aménagements des voies de transport



S4/24776

Les Routes les ponts et les joints



S4/24777

Les Travaux souterrains et les dépollutions



S4/24778

Terrassement et géomembranes

Construction et Travaux Publics

Travaux publics et infrastructures

*Construction et Travaux Publics***Ti254 Travaux publics et infrastructures****S4/24774 Gestion de l'eau****** Alimentation en eau potable et distribution:****C4190 Alimentation en eau potable - Besoins et ressources***Par Hugues GODART***1. Disponibilités globales**

- 1.1 L'eau dans la nature
- 1.2 L'eau dans l'univers
- 1.3 L'eau en France
- 1.4 L'eau et l'homme
- 1.5 Protection de la ressource

2. Évaluation des besoins.

- 2.1 Besoins domestiques
 - 2.1.1 Population
 - 2.1.2 Besoins Par habitant
- 2.2 Besoins des collectivités et de l'industrie

3. Ressources

- 3.1 Rapport quantité/qualité : importance de l'enjeu
- 3.2 Évaluation. Protection. Emploi
- 3.3 Périmètres de protection.
- 3.4 Dimensionnement des ouvrages (prévision d'emploi)

C4195 Contrôle de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine - Objectifs du contrôle et enjeux*Par Sébastien MASCLET***1. Notions de risques biologique et chimique**

- 1.1 Eau d'alimentation
- 1.2 Caractérisation des risques.
 - 1.2.1 Risques à court terme.
 - 1.2.2 Risques à moyen terme
 - 1.2.3 Risques à long terme.

2. Évaluation du risque sanitaire biologique

- 2.1 Indicateurs microbiologiques de pollution
- 2.2 Spécificité des germes fécaux banaux
- 2.3 Réaction aux traitements
- 2.4 Évaluation des risques à Partir de la quantité de germes tests

3. Qualité de l'eau destinée à la consommation humaine en France et évolution des réglementations

- 3.1 Réglementation en vigueur depuis 07
- 3.2 Problématiques actuelles de la qualité des eaux
 - 3.2.1 Contributions récentes de l'ANSES sur la qualité des eaux
 - 3.2.2 Campagne nationale d'occurrence de polluants émergents dans les eaux destinées à la consommation humaine
 - 3.2.3 Remarque : impacts sur le suivi des eaux usées traitées

4. Interprétation et fiabilité des analyses

- 4.1 Problématiques du prélèvement et du stockage
 - 4.1.1 Cadre normatif
 - 4.1.2 Quelques données sur la conservation des échantillons
- 4.2 Méthodes d'analyse utilisables pour le contrôle des eaux
- 4.3 Émergence de nouveaux outils d'analyse



- 4.3.1 Les capteurs passifs : outils de prélèvement intégrateurs
- 4.3.2 Les outils issus du génie biologique
- 4.3.3 Méthode d'analyse des micropolluants organiques non spécifiques
- 4.4 Délais d'analyses

5. Conclusion.

C5195

Adduction et distribution d'eau.

Par **Hugues GODART**

- 1. Transport de l'eau
 - 1.1 Généralités
 - 1.2 Écoulements à surface libre
 - 1.3 Construction des aqueducs à surface libre
 - 1.4 Écoulements en charge
- 2. Conduites
 - 2.1 Nature des conduites. Prescriptions diverses
 - 2.2 Robinetterie et équipements divers
 - 2.3 Pose des conduites
 - 2.4 Protection des conduites.
 - 2.5 Rénovation des conduites.
 - 2.6 Protection contre les retours d'eau
- 3. Réservoirs
 - 3.1 Généralités
 - 3.2 Équipement hydraulique
 - 3.3 Dispositifs de régulation
 - 3.4 Calcul de la capacité des réservoirs
 - 3.5 Choix de la cote d'implantation.
- 4. Compteurs d'eau
 - 4.1 Généralités
 - 4.2 Compteurs.
 - 4.3 Relevé des compteurs
 - 4.4 Étalonnage et entretien des compteurs.
- 5. Rendement d'un réseau
 - 5.1 Définitions
 - 5.2 Détermination du rendement
 - 5.3 Paramètres agissant sur le rendement
 - 5.4 Recherche des fuites
- 6. Élévation mécanique de l'eau
 - 6.1 Pompes à mouvement alternatif
 - 6.2 Pompes centrifuges
 - 6.3 Moteurs utilisés pour la commande des pompes
 - 6.4 Usines de refoulement
 - 6.5 Conduites de refoulement
 - 6.6 Évolution de la fonction et du matériel.

C5200

Eaux de distribution - Traitements unitaires.

Par **Hugues GODART**

- 1. Oxydation chimique
 - 1.1 Généralités
 - 1.2 Chloration
 - 1.3 Dioxyde de chlore.
 - 1.4 Modes d'application des composés chlorés
 - 1.5 Ozonation
- 2. Adsorption
 - 2.1 Généralités
 - 2.2 Traitement au charbon actif.
- 3. Traitements biologiques
 - 3.1 Nitrification de l'ammoniaque.



- 3.2 Biologie aérobie à colonies fixées
- 3.3 Biologie anoxique
- 3.4 Déferrisation biologique
- 3.5 Démanganisation biologique
- 3.6 Fer et manganèse présents simultanément
- 4. Échange ionique**
 - 4.1 Échangeurs cationiques
 - 4.2 Échangeurs anioniques.
- 5. Séparation Par membranes**
 - 5.1 Notions générales.
 - 5.2 Filtrations tangentielle et frontale
 - 5.3 Microfiltration et ultrafiltration
 - 5.4 Nanofiltration
 - 5.5 Prétraitements et post traitements pour les techniques membranaires
 - 5.6 Applications actuelles de la séparation Par membranes
 - 5.7 Types de membranes
 - 5.8 Avantages et inconvénients de la séparation Par membranes
- 6. Traitement Par les ultraviolets**
 - 6.1 Généralités
 - 6.2 Fonctionnement d'une installation UV
 - 6.3 Avantages et inconvénients du rayonnement UV

C5201***Eaux de distribution - Traitements spécifiques****Par Hugues GODART***1. Mise à l'équilibre calco-carbonique.**

- 1.1 Caractéristiques carboniques
- 1.2 Aération
- 1.3 Percolation
- 1.4 Injection de réactif
- 1.5 Reminéralisation.
- 1.6 Cas du plomb
- 1.7 Décarbonatation
- 1.8 Adoucissement sur résine cationique.
- 1.9 Séparation Par membranes
- 1.10 Dispositifs antitartre pour les Particuliers

2. Prétraitements naturels extensifs.

- 2.1 Stockage
- 2.2 Percolation au travers du sol

3. Sous-produits de traitement.

- 3.1 Réglementation des sous-produits de traitement
 - 3.1.1 Réglementation des sous-produits
 - 3.1.2 Évacuation de résidus sous forme d'épandage agricole
 - 3.1.3 Rejets en milieu naturel
 - 3.1.4 Rejets dans le réseau d'eaux usées
- 3.2 Techniques de traitement des sous-produits de traitement

4. Automatisation des mesures analytiques.**** Stockage de l'eau - ouvrages en béton:****C3670*****Stockage de l'eau : ouvrages en béton****Par Bruno DUCROT, Bernard FARGEOT et Gérard MATHIEU*

- 1. Terminologie de base



C3671**Stockage de l'eau : ouvrages en béton - Contraintes et dimensionnement***Par Bruno DUCROT, Bernard FARGEOT et Gérard MATHIEU*

1. Types d'ouvrages concernés.
2. Classement des ouvrages
3. Contraintes à prendre en compte
 - 3.1 Contraintes liées au contenu
 - 3.2 Contraintes liées au contenant
 - 3.3 Contraintes liées à l'exploitation
 - 3.4 Contraintes liées à l'environnement
4. Actions. Sollicitations. Règles de calcul
 - 4.1 Ouvrages en béton armé
 - 4.2 Ouvrages en béton précontraint
5. Caractères des ouvrages courants.
 - 5.1 Châteaux d'eau. Réservoirs. Cuves. Bassins
 - 5.2 Ouvrages de transport de l'eau
6. Dispositions constructives
 - 6.1 Ouvrages en béton armé
 - 6.2 Ouvrages en béton précontraint
 - 6.3 Dispositions Particulières à certaines Parties d'ouvrages
 - 6.4 Exemples de dispositions constructives.

C3672**Stockage de l'eau : ouvrages en béton - Traitements et revêtements***Denis SAVOYE avec la collaboration de Gérard MATHIEU*

1. Classification
 - 1.1 Comment obtenir des ouvrages étanches ?
 - 1.2 Ouvrages sans revêtement
 - 1.3 Ouvrages avec revêtement d'imperméabilisation (RI)
 - 1.4 Ouvrages avec revêtement d'étanchéité (RE).
 - 1.5 Comparatif des différentes techniques de revêtement d'étanchéité.
 - 1.6 Dispositions communes aux revêtements destinés à être en contact avec les eaux réservées à la consommation humaine
 2. Critères de choix pour réaliser des ouvrages étanches et durables.
 - 2.1 Formulation des bétons.
 - 2.2 Prise en compte de l'environnement
 - 2.3 Moyens pour assurer la compacité du béton
 - 2.4 Critères de choix de la technique d'étanchéité à retenir
 3. Mise en œuvre Conditions d'application
 - 3.1 Mise en œuvre des bétons des ouvrages sans et avec revêtements d'imperméabilisation ou d'étanchéité.
 - 3.2 Mise en œuvre des traitements d'imprégnation ou des revêtements
 4. Essais, contrôles et épreuves
 - 4.1 Principes généraux
 - 4.2 Essais, contrôles et épreuves sur béton
 - 4.3 Essais, contrôles et épreuves sur les imprégnations et revêtements
- Glossaire

C3673**Stockage de l'eau : ouvrages en béton - Maintenance et garanties***Par Bruno DUCROT, Bernard FARGEOT et Gérard MATHIEU*

1. Entretien. Maintenance. Réparations.
 - 1.1 Entretien
 - 1.2 Maintenance



- 1.3 Réparations
 - 1.3.1 Classement des désordres.
 - 1.3.2 Réparation de la structure
 - 1.3.3 Réparation de l'étanchéité
- 2. Responsabilités. Garanties. Assurances. Qualifications**
 - 2.1 Responsabilités. Garanties
 - 2.1.1 Garantie de Par fait achèvement
 - 2.1.2 Garantie décennale
 - 2.1.3 Garantie de bon fonctionnement ou garantie de ans
 - 2.2 Assurance
 - 2.3 Qualification

** Assainissement et traitement des eaux:

C4200

Assainissement des agglomérations

Par **Jean-Marc BERLAND**

1. Principes de l'assainissement

- 1.1 Atteindre une qualité des rejets
- 1.2 Enjeux épidémiologiques et sanitaires
- 1.3 Différents systèmes d'évacuation des eaux usées et pluviales

2. Nature des eaux à évacuer

- 2.1 Eaux pluviales et de ruissellement
- 2.2 Eaux usées.

3. Caractéristiques des effluents

- 3.1 Caractères qualitatifs
- 3.2 Aspects quantitatifs

4. Construction des ouvrages d'écoulement

- 4.1 Forme des ouvrages d'écoulement
- 4.2 Calcul des ouvrages
- 4.3 Construction des ouvrages

5. Ouvrages annexes

- 5.1 Branchements Particuliers
- 5.2 Protection Particulières en amont des branchements
- 5.3 Gargouilles
- 5.4 Caniveaux
- 5.5 Bouches d'égout.
- 5.6 Ouvrages d'accès aux canalisations
- 5.7 Dispositifs de ventilation
- 5.8 Réservoirs de chasse
- 5.9 Déversoirs d'orage
- 5.10 Bassins de dessablement
- 5.11 Dégrilleurs
- 5.12 Siphons.
- 5.13 Postes de relèvement et de refoulement.
- 5.14 Postes de crues
- 5.15 Dispositifs de mesure de débits

6. Bassins de retenue d'eaux pluviales

- 6.1 Indications générales
- 6.2 Calcul hydraulique des bassins de retenue.
- 6.3 Dispositions constructives pour digues
- 6.4 Pollution et entretien

7. Bassin d'orage sur réseau unitaire

- 7. Principe général
- 7.2 Fonctionnement



C5220**Traitement des eaux résiduaires des agglomérations -
Concepts et relevage***Par Jean-Marc BERLAND***1. Prescriptions pour rejets d'épuration d'eaux urbaines****2. Choix des filières techniques****3. Calcul des débits d'eaux usées domestiques**

3.1 Débits maximaux d'avenir

3.2 Débits moyens actuels

4. Relèvement en tête de l'installation

4.1 Volume utile de la bache de relèvement

4.2 Hauteur manométrique totale.

4.3 Puissance de la pompe

4.3.1 Puissance sur arbre moteur

4.3.2 Puissance absorbée aux bornes moteur.

4.4 Intensité électrique absorbée aux bornes du moteur

5. Filières de prétraitement.

5.1 Dégrilleur

5.1.1 Principe général

5.1.2 Bases de dimensionnement

5.2 Dessableur

5.2.1 Principe

5.2.2 Dimensionnement

5.3 Fosse septique eaux grises et eaux vannes (toutes eaux)

5.3.1 Principe

5.3.2 Conception et dimensionnement

5.3.3 Pratiques de dimensionnement en France

5.3.4 Autres méthodes pratiques de dimensionnement

5.3.5 Éléments constitutifs

5.3.6 Sous-produits

5.3.7 Avantages et inconvénients

5.3.8 Exploitation

5.4 Décanteurs

5.4.1 Principe

5.4.2 Méthodes de dimensionnement pratique.

5.5 Décanteur-digester

5.5.1 Principe

5.5.2 Performances attendues

5.5.3 Équipement n'assurant qu'un traitement primaire

5.5.4 Dimensionnement des éléments constitutifs

5.5.5 Sous-produits

5.5.6 Décanteurs-digester horizontaux : « variante » interdite

5.5.7 Avantages et inconvénients

5.5.8 Exploitation

6. Conclusion.**C5222****Traitement des eaux résiduaires des agglomérations -
Filières intensives***Par Jean-Marc BERLAND***1. Traitements physico-chimiques des eaux usées**

1.1 Élimination de la pollution colloïdale

1.2 Élimination du phosphore

2. Techniques biologiques de traitement intensif des eaux usées

2.1 Principe

2.2 Cultures libres

2.3 Cultures fixées



- 2.4 Boues activées Aération prolongée
- 2.5 Boues activées Par traitement séquentiel combiné (réacteur SBR)
- 2.6 Lits bactériens
- 2.7 Lit immergé fixé (biofiltre)
- 2.8 Lits fluidisés
- 2.9 Disques biologiques.
- 2.10 Bioréacteurs à membranes

3. Conclusion.

C5223

Traitement des eaux résiduaires des agglomérations - Filières extensives

Par *Jean-Marc BERLAND*

1. Techniques extensives de traitement des eaux usées

- 1.1 Rappels
- 1.2 Filières extensives et consommation d'énergie
- 1.3 Cultures fixées sur support fin
 - 1.3.1 Fonctionnement et mécanismes
 - 1.3.2 Perméabilité et flux des liquides dans les sols
 - 1.3.3 Mécanismes d'épuration Par infiltration
 - 1.3.4 Infiltration/percolation
 - 1.3.5 Filtre planté à écoulement vertical
 - 1.3.6 Filtre planté à écoulement horizontal
- 1.4 Cultures libres
 - 1.4.1 Fonctionnement et mécanismes
 - 1.4.2 Lagunage naturel (conçu Par Cemagref / Irstea)
 - 1.4.3 Lagunage aéré.
- 1.5 Choix des systèmes combinés
- 1.6 Vue d'ensemble des principales filières extensives.

2. Désinfection.

- 2.1 Chloration
- 2.2 Ozonation
- 2.3 Désinfection aux ultraviolets
- 2.4 Comparatif des trois principaux procédés de désinfection

3. Conclusion.

C5221

Traitement des boues d'épuration

Par *Jean-Marc BERLAND*

1. Quelques rappels sur les boues et sous-produits

2. Principales voies de traitement

3. Stabilisation des boues

- 3.1 Stabilisation à la chaux
- 3.2 Stabilisation des boues aux nitrites (procédé SAPHYR,)
- 3.3 Stabilisation aérobie thermophile

4. Procédés de réduction des boues.

- 4.1 Procédé Bio Thelys (Veolia Eau)
- 4.2 Procédés Biolysis (Suez Environnement)
- 4.3 Procédé Inos

5. Déshydratation des boues

- 5.1 Déshydratation mécanique et naturelle
- 5.2 Filtres à plateaux
- 5.3 Filtres à plateaux membranes
- 5.4 Lits de séchage
- 5.5 Lagunes de séchage
- 5.6 Traitement Par lit de séchage planté de roseaux
 - 5.6.1 Principe
 - 5.6.2 Mécanismes en jeu



- 5.6.3 Procédé Rhizophyte (SAUR)
- 5.7 Déshydratation Par séchage solaire
- 5.8 Déshydratation thermique
 - 5.8.1 Séchage thermique
 - 5.8.2 Sécheurs directs
 - 5.8.3 Sécheurs indirects
- 6. Oxydation Par voie humide (OVH)**
- 7. Compostage**
- 8. Épandage agricole**
- 9. Conclusion.**
 - 9.1 Alternatives
 - 9.2 Coûts des données anciennes et/ou parcellaires
 - 9.2.1 Coûts de la filière d'utilisation agricole des boues d'épuration municipales (données998)
 - 9.2.2 Coûts avancés Par le site Internet du Conseil général du Finistère (données009)
 - 9.2.3 Recommandations

C5230

Entretien, diagnostic et réhabilitation des réseaux d'assainissement

Par **Jean-Marc BERLAND**

1. Causes de dégradation des ouvrages

- 1.1 Risques géotechniques et hydrogéologiques
- 1.2 Risques hydrauliques
- 1.3 Risques structurels
- 1.4 Risques d'impacts du milieu

2. Défaillances possibles et leurs conséquences

- 2.1 Cassures
- 2.2 Déformations
- 2.3 Défauts d'étanchéité.
- 2.4 Anomalies ponctuelles
- 2.5 Dégradations de Parements.
- 2.6 Différents défauts des conduites non visitables

3. Diagnostic global d'un réseau d'assainissement

- 3.1 Méthodologie générale
- 3.2 Techniques d'auscultation des ouvrages

4. Diagnostics et préconisations

- 4.1 Étapes du suivi d'un ouvrage d'assainissement
- 4.2 Diagnostic
- 4.3 Préconisation des travaux ou schéma de réhabilitation

5. Entretien de base des réseaux.

- 5.1 Curage des conduites.
- 5.2 Principes de l'hydrocurage
- 5.3 Méthodes de désobstruction

6. Réhabilitation / réparation / renouvellement

- 6.1 Procédés non destructifs
- 6.2 Réhabilitation avec ouverture de tranchée
- 6.3 Avantages et inconvénients des techniques de réhabilitation

7. Techniques de réhabilitation des ouvrages annexes

- 7.1 Réhabilitation des regards de visite
- 7.2 Chemisage des branchements

8. Suivi d'exécution des travaux de réhabilitation

9. Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement.



S4/24775 Les Aménagements des voies de transport**** Les voies navigables:****C5550 Voies navigables***Par Pierre SAVEY***1. Généralités**

- 1.1 Historique de la navigation fluviale
 - 1.1.1 Utilisation de la voie d'eau jusqu'en 945.
 - 1.1.2 Développement de la navigation fluviale à partir de 945.
 - 1.1.3 Situation administrative.
 - 1.1.4 Financement
- 1.2 Intérêt écologique et économique

2. Étude et réalisation d'une voie navigable.

- 2.1 Principes d'aménagement
 - 2.1.1 Matériel de navigation
 - 2.1.2 Normes
 - 2.1.3 Aménagement à courant libre.
 - 2.1.4 Aménagement Par création de retenue.
 - 2.1.5 Canal de jonction
- 2.2 Aménagement du chenal
 - 2.2.1 Profil en travers.
 - 2.2.2 Tracé en plan
 - 2.2.3 Protection des berges.
 - 2.2.4 Ouvrages divers.
 - 2.2.5 Balisage et signalisation
- 2.3 Ouvrages de retenue et de franchissement
 - 2.3.1 Barrages et seuils
 - 2.3.2 Écluses
 - 2.3.3 Élévateurs mécaniques
- 2.4 Problèmes divers
 - 2.4.1 Insertion dans l'environnement
 - 2.4.2 Alimentation en eau
 - 2.4.3 Évacuation des crues
 - 2.4.4 Par cours de canoë-kayak

3. Ports fluviaux

- 3.1 Construction
- 3.2 Exploitation
- 3.3 Ports de plaisance

4. Exploitation de la voie navigable

- 4.1 Exploitation générale
 - 4.1.1 Conduite des ouvrages
 - 4.1.2 Navigation en période de crue
 - 4.1.3 Navigation Par grand froid
- 4.2 Surveillance.
 - 4.2.1 Surveillance du chenal
 - 4.2.2 Surveillance des digues
 - 4.2.3 Surveillance des ouvrages en béton.
 - 4.2.4 Surveillance des ouvrages métalliques et électromécaniques
 - 4.2.5 Surveillance du balisage, de la signalisation et des ouvrages d'accostage
- 4.3 Entretien et renouvellement
 - 4.3.1 Dragages d'entretien
 - 4.3.2 Ouvrages de génie civil
 - 4.3.3 Parties mobiles
 - 4.3.4 Modernisation
- 4.4 Police de la navigation

5. Conclusion

TRP5020 *Gestion de patrimoines d'infrastructures portuaires*Par **Benoit THAUVIN** et **Claire MARCOTTE****1. Enjeux et défis propres à la gestion des infrastructures portuaires**

- 1.1 Enjeux considérables.
- 1.2 Défis pour les gestionnaires.

2. Contexte portuaire singulier

- 2.1 Ouvrages anciens et vieillissants.
- 2.2 Complexité des ouvrages et des structures
- 2.3 Modes d'exploitation et des fonctionnalités spécifiques
- 2.4 Environnement maritime agressif
- 2.5 Conditions d'accès contraignantes
- 2.6 Priorité donnée à l'exploitation des ouvrages.
- 2.7 Multiplicité d'acteurs

3. Gestion des infrastructures portuaires: principes et méthodes

- 3.1 Principes généraux de la gestion de patrimoine d'infrastructures.
- 3.2 État des lieux des pratiques françaises
- 3.3 État des lieux des pratiques internationales.
- 3.4 Classification des méthodes

4. Conclusions

- 4.1 Bilan des expériences en matière de gestion de patrimoines d'infrastructures portuaires
- 4.2 Conditions de réussite
- 4.3 Particularités.

**** Les aérodromes:****C4450** *Aérodromes - Description et classification.*Par **Nicolas LETERRIER****1. Définition et description.**

- 1.1 Aire de mouvement
- 1.2 Zone des installations
- 1.3 Environnement aérien
 - 1.3.1 Dégagements proches
 - 1.3.2 Dégagements lointains et insertion dans la circulation aérienne
 - 1.3.3 Servitudes radioélectriques
 - 1.3.4 Circulation aérienne
- 1.4 Environnement au sol
 - 1.4.1 Contraintes engendrées Par l'aérodrome.
 - 1.4.2 Zone d'influence de l'aérodrome
- 1.5 Activités d'un aérodrome.
- 1.6 Transport aérien.
 - 1.6.1 Longueur d'étape
 - 1.6.2 Nature du trafic
 - 1.6.3 Volume du trafic.
 - 1.6.4 Régularité souhaitée des liaisons.
- 1.7 Aéronefs
 - 1.7.1 Catégories d'aéronefs
 - 1.7.2 Classification des avions.

2. Réseau français

- 2.1 Orientations de développement du transport aérien et des aéroports.
- 2.2 Méthodologie d'établissement d'un projet de desserte aéroportuaire
- 2.3 État du réseau d'aéroports métropolitains

3. Classification et règles de conception

- 3.1 Classification des aérodromes réservés aux avions
- 3.2 Classification française.
 - 3.2.1 Classification administrative des aérodromes
 - 3.2.2 Classification de l'ITAC.
- 3.3 Code de référence de l'aérodrome.



- 3.4 Aérodromes à caractéristiques spéciales
- 3.5 Règles de conception des aérodromes.
 - 3.5.1 Documentation technique de l'OACI.
 - 3.5.2 Ouvrages techniques de l'IATA (International air transport association).
 - 3.5.3 Règles françaises pour la conception des aérodromes
- 3.6 Plans d'ensemble d'un aérodrome
 - 3.6.1 Généralités
 - 3.6.2 Avant-projet de plan de masse (APPM)
 - 3.6.3 Plan de servitudes aéronautiques de dégagement (PSA).
 - 3.6.4 Plan de servitudes radioélectriques (PSR)
 - 3.6.5 Plan d'exposition au bruit
 - 3.6.6 Plan de composition générale (PCG)
 - 3.6.7 Plans descriptifs.

C4451**Aérodromes - Conception**

Par *Alain EUDOT, Nicolas GOUSKOV et Nicolas LETERRIER*

1. Piste et bande

- 1.1 Décollage et atterrissage.
- 1.2 Éléments de l'aire d'atterrissage
- 1.3 Caractéristiques de l'aire de manœuvre.

2. Voies de circulation

- 2.1 Généralités
- 2.2 Entrées-sorties de piste.
- 2.3 Voie de relation

3. Dégagement et servitudes aéronautiques

- 3.1 Surfaces de dégagement
- 3.2 Règles de dégagement.

4. Front des installations et zone terminale passagers

- 4.1 Front des installations
- 4.2 Surfaces nécessaires aux installations commerciales
- 4.3 Zone industrielle

5. Aides radioélectriques

- 5.1 Aides en route.
- 5.2 Aides à l'atterrissage
- 5.3 Servitudes radioélectriques

6. Régularité

- 6.1 Procédures d'approche et d'atterrissage.
- 6.2 Aides visuelles

7. Équipements météorologiques des aérodromes

- 7.1 Paramètres à mesurer
- 7.2 Mesure de visibilité horizontale
- 7.3 Télémètre de nuages

8. Aérodromes à caractéristiques spéciales

- 8.1 Hélistations
- 8.2 Altiports
- 8.3 Hydrobases
- 8.4 Plates-formes destinées aux ULM
- 8.5 Plates-formes destinées aux ballons libres
- 8.6 Plates-formes destinées aux ballons captifs à gaz

C4452**Aérodromes - Prise en compte des données locales**

Par *Jocelyne ALVAREZ, Romain CRETON, Laurent GALINDOU, Léonard PONAMALÉ, Jérôme RODRIGUEZ, Pierre LECLERC*

- 1. Mesure du trafic d'un aéroport
- 2. Choix d'un site d'aéroport.
- 3. Piste(s)



4. Aires de stationnement.
5. Zone technique
6. Environnement aéroportuaire

C4453***Aérodromes - Construction***

Par *Ivy MOUCHEL* et *Jérôme PETITJEAN*

1. Caractéristiques géométriques des aires de mouvement

- 1.1 Profil en long de l'axe de la piste
- 1.2 Profil en travers de la piste
- 1.3 Profil en long et en travers des bandes de piste
- 1.4 Profil en long et en travers des voies de circulation
- 1.5 Profil en long et en travers des aires de stationnement

2. Terrassements**3. Drainage**

- 3.1 Drainage des eaux de ruissellement
- 3.2 Drainage des eaux souterraines.

4. Chaussées aéronautiques

- 4.1 Particularités des chaussées aéronautiques
- 4.2 Types de chaussées
- 4.3 Dimensionnement des chaussées
- 4.4 Évaluation et auscultation des chaussées
- 4.5 Gestion des chaussées Méthode ACN/PCN
- 4.6 Renforcement des chaussées

C4120***Aérogares passagers***

Par *Xavier BRUSSEAU* et *Alexandre VOGLEY*

1. L'aérogare et ses fonctions

- 1.1 L'aérogare et ses acteurs
- 1.2 Contrôles effectués sur les passagers
- 1.3 Description du traitement des passagers
- 1.4 Fonctions de l'aérogare

2. Notions sur le trafic

- 2.1 Trafic annuel
- 2.2 Trafic de pointe

3. Programme d'aérogare

- 3.1 Définition et objectif
- 3.2 Éléments de programmation
- 3.3 Circuits. Proximités. Parties fonctionnelles
- 3.4 Liaisons entre l'aérogare et les avions passagers
- 3.5 Évolutivité, flexibilité du bâtiment
- 3.6 Sécurité.

4. Dimensionnement d'une aérogare

- 4.1 Choix du niveau de trafic de dimensionnement
- 4.2 Ratios
- 4.3 Dimensionnement des modules

5. Contraintes de construction

- 5.1 Documents de planification
- 5.2 Éléments Particuliers des documents de planification affectant l'aérogare

6. Contraintes Particulières de conception

- 6.1 Choix d'un Parti architectural
- 6.2 Choix du nombre de niveaux de l'aérogare
- 6.3 Aires de stationnement des avions
- 6.4 Conception des aérogares « low cost »
- 6.5 Coûts de construction

7. Réglementation générale**8. Conclusion.**

C4121***Aérogares de fret****Par Vincent VIMARD***1. Notions générales sur le fret aérien.**

- 1.1 Terminologie
- 1.2 Évolutions du fret aérien
 - 1.2.1 Historique du fret aérien
 - 1.2.2 Compagnies aériennes
 - 1.2.3 Flottes
 - 1.2.4 Aéroports de fret aérien
- 1.3 Métiers du fret aérien

2. Généralités sur l'aérogare de fret

- 2.1 Définition et modes d'exploitation
- 2.2 Dimensionnement global
 - 2.2.1 Méthode de dimensionnement
 - 2.2.2 Ratios de dimensionnement
- 2.3 Implantation en plan masse de l'aérogare de fret
 - 2.3.1 Principes généraux
 - 2.3.2 Aménagement d'une zone de fret.
- 2.4 Ensembles fonctionnels de l'aérogare de fret
 - 2.4.1 Côté ville
 - 2.4.2 Bâtiment
 - 2.4.3 Côté piste

3. Programmation et conception du bâtiment

- 3.1 Traitements physique et documentaire des flux
 - 3.1.1 Flux export
 - 3.1.2 Flux import
 - 3.1.3 Flux transit et transfert
 - 3.1.4 Fret camionné
- 3.2 Organisation fonctionnelle du bâtiment
 - 3.2.1 Contrôles des marchandises
 - 3.2.2 Application des règles de sûreté en conception
- 3.3 Programmation des espaces et locaux du bâtiment
 - 3.3.1 Espace côté piste
 - 3.3.2 Surfaces de magasin
 - 3.3.3 Espaces de stockage spécifiques
 - 3.3.4 Station de palettisation
 - 3.3.5 Espace côté ville
 - 3.3.6 Espaces de bureaux du bâtiment
- 3.4 Spécificités d'un terminal de fret express

4. Conclusion.**** Les aménagements maritimes:****C4610*****Mouvements de la mer et leurs risques****Par René BONNEFILLE***1. Marée.**

- 1.1 Description du phénomène.
 - 1.1.1 Terminologie
 - 1.1.2 Types de marées
- 1.2 Forces génératrices des marées
- 1.3 Prédiction des marées

2. Houle

- 2.1 Théories de la houle
 - 2.1.1 Notions
 - 2.1.2 Modèles mathématiques
- 2.2 Déformation de la houle au cours de sa propagation
 - 2.2.1 Déferlement



- 2.2.2 Réflexion. Clapotis
- 2.2.3 Réfraction
- 2.2.4 Diffraction
- 2.3 Observation et mesure de la houle
 - 2.3.1 Mâts de houle
 - 2.3.2 Méthodes optiques
 - 2.3.3 Houlographes à ultrasons
 - 2.3.4 Houlographes à pression
 - 2.3.5 Bouées accélérométriques
 - 2.3.6 Mesures satellitaires
- 2.4 Prévion de la houle
 - 2.4.1 Utilisation de l'abaque de Bretschneider
 - 2.4.2 Utilisation des spectres d'énergie
- 2.5 Théorie statistique de la houle
 - 2.5.1 Hauteur de houle significative
 - 2.5.2 Détermination des hauteurs de houle extrêmes
 - 2.5.3 Houle de projet, durée de retour et risque
- 3. Seiches**
 - 3.1 Description du phénomène.
 - 3.2 Origines
 - 3.3 Moyens de prévention
 - 3.4 Effets sur les installations en bord de mer
- 4. Tsunamis.**
 - 4.1 Description et origine.
 - 4.2 Aspect physique du phénomène
 - 4.3 Simulation des tsunamis
- 5. Surcotes.**
- 6. Conclusions.**

C4630

Principes d'implantation et d'aménagement des Ports Maritimes

Par **Paul SCHERRER**

1. Définition et rôle des ports maritimes

- 1.1 Définition
- 1.2 Rôle des ports maritimes
 - 1.2.1 Ports de pêche
 - 1.2.2 Ports à passagers
 - 1.2.3 Ports minéraliers.
 - 1.2.4 Ports céréaliers
 - 1.2.5 Ports pétroliers
 - 1.2.6 Ports gaziers
 - 1.2.7 Ports à conteneurs

2. Conception et choix d'implantation d'un port maritime

- 2.1 Port durable
- 2.2 Éléments de besoins et objectifs du projet portuaire
 - 2.2.1 Définition des trafics
 - 2.2.2 Contexte économique local
 - 2.2.3 Données démographiques
 - 2.2.4 Contexte social
 - 2.2.5 Contexte juridique du projet
 - 2.2.6 Position géographique du port
 - 2.2.7 Moyens de transfert des informations.
 - 2.2.8 Évolutions à court et moyen terme
- 2.3 Comprendre l'environnement global de la zone du projet.
 - 2.3.1 Études sur le milieu vivant
 - 2.3.2 Études sur le milieu physique



- 2.3.3 Autres études
- 2.3.4 Évolutions prévisibles
- 2.4 Concertation autour du projet
- 3. Réaliser un projet pour besoins : portuaires et environnementaux**
- 3.1 Implantations géographiques possibles
- 3.1.1 Ports intérieurs
- 3.1.2 Ports extérieurs
- 3.1.3 Ports détachés du rivage
- 3.2 Éléments de plan masse des ports et des aménagements environnementaux liés.
- 3.2.1 Importance du management adaptatif
- 3.2.2 Plan masse des accès à un port
- 3.2.3 Ouvrages de protection
- 3.2.4 Aménagement intérieur des ports

C4631***Ouvrages de protection contre la houle***Par **Daniel CAMINADE****1. Études préalables.**

- 1.1 Caractéristiques géotechniques du site.
- 1.2 Caractéristiques océanographiques du site
- 1.3 Matériaux disponibles
- 1.4 Évaluation de la houle de projet.
- 1.5 Évaluation des contraintes du projet

2. Digue à talus

- 2.1 Généralités
- 2.2 Conception de la digue
- 2.3 Aménagements Particuliers
- 2.4 Modes de réalisation
- 2.5 Surveillance. Entretien. Réparations
- 2.6 Pathologie des digues à talus.
- 2.7 Aménagements Particuliers de digues à talus submersibles ou fortement franchissables
- 2.8 Digues à talus en sable

3. Digues verticales

- 3.1 Généralités
- 3.2 Conception de la digue
- 3.3 Digues mixtes
- 3.4 Ouvrages peu réfléchissants
- 3.5 Modes de réalisation
- 3.6 Pathologie des digues verticales.

4. Quelques ouvrages spéciaux

- 4.1 Digues verticales perméables ou mur d'eau fixe.
- 4.2 Plaques minces horizontales ou mur d'eau oscillant
- 4.3 Brise-lames flottants
- 4.4 Ouvrages de prédéferlement.

5. Études sur modèles réduits.

- 5.1 Nécessité de telles études
- 5.2 Comment les suivre ?
- 5.3 Leur coût.

Références bibliographiques**C4640*****Ports de commerce et de pêche - Aménagement et équipements intérieurs***Par **Pierre BONAFOUS Xavier LE BARS**, et **Francis LEGRAS****1. Aménagement général intérieur**

- 1.1 Fonction des ports. Différents types de ports
- 1.2 Plan masse général



- 1.3 Conception et dimensionnement des plans d'eau
- 1.4 Conception et dimensionnement des terminaux
- 1.5 Aménagements divers intérieurs
- 1.6 Dessertes et liaisons intérieures terrestres
- 2. Infrastructures des terminaux.**
 - 2.1 Classement fonctionnel.
 - 2.2 Caractéristiques communes aux ouvrages
 - 2.3 Classification des ouvrages selon leur structure
 - 2.4 Entretien et réparations. Transformations des ouvrages
- 3. Outillage**
 - 3.1 Considérations générales
 - 3.2 Trafic des passagers
 - 3.3 Trafic des marchandises diverses
 - 3.4 Postes pour marchandises pondéreuses en vrac
 - 3.5 Manutention des liquides en vrac
- 4. Autres équipements intérieurs des ports**
 - 4.1 Accueil et guidage des navires
 - 4.2 Écluses maritimes
 - 4.3 Formes de radoub et docks flottants
 - 4.4 Divers

** Les voies ferrées:

TRP3050 *Voie ferrée - Composants, construction et maintenance*

Par **Pierre CHAPAS**

1. Fonctions de la voie ferrée

- 1.1 Technologie de base Efforts en présence
- 1.2 Géométrie du roulement Inscription de l'essieu sur la voie.

2. Constitution de la voie ferrée

- 2.1 Plate-forme
- 2.2 Rails et traverses
- 2.3 Ballast
- 2.4 Voie sur dalle
- 2.5 Pose de la voie

3. Tracé de la voie

- 3.1 Profil en long
- 3.2 Profil en plan
- 3.3 Dévers Pendulation
- 3.4 Raccordement courbe alignement

4. Appareils de voie

- 4.1 Technologie du branchement
- 4.2 Traversée

5. Voies spéciales.

- 5.1 Voie de métro sur pneumatiques
- 5.2 Voie en pays montagneux

6. Environnement et maintenance de la voie.

- 6.1 Environnement
- 6.2 Maintenance

7. Conclusion.

C4441

Tramways - Avantages, contraintes et exploitation

Par **Georges MULLER**

1. Définitions

2. Historique

- 2.1 Premiers essais
- 2.2 Triomphe de l'Électricité.
- 2.3 Motrice PCC



- 2.4 Déclin des tramways français
- 2.5 Retour du tramway en France
- 3. Avantages du tramway**
- 4. Domaines d'utilisation des tramways**
 - 4.1 Transport urbain
 - 4.2 Tramways et tourisme
 - 4.3 Transport de marchandises
 - 4.4 Retour des tramways suburbains et interurbains
- 5. Contraintes et infrastructures**
 - 5.1 Contraintes spécifiques
 - 5.2 Plate-forme, voie et rails
 - 5.3 Gabarits
 - 5.4 Tracés et profils
- 6. Exploitation**
 - 6.1 Réglementation en France
 - 6.2 Sécurité.
 - 6.3 Conduite des tramways
 - 6.4 Poste de commande centralisé(PCC).
 - 6.5 Information des voyageurs
 - 6.6 Signalisation ferroviaire
 - 6.7 Dépannage en ligne

C4442

TRAMWAYS - Alimentation, conception, performances et design

Par **Georges MULLER**

1. Alimentation en énergie électrique

- 1.1 Sous-stations
- 1.2 Ligne aérienne
- 1.3 Suspension caténaire
- 1.4 Alimentation Par le sol (APS)
- 1.5 Alimentation Par accus électrochimiques embarqués
- 1.6 Alimentation mixte réseau/super condensateurs
- 1.7 Alimentation mixte réseau/groupe thermoélectrique embarqué
- 1.8 Alimentation mixte réseau/accu électromécanique
- 1.9 Réflexions sur systèmes sans ligne aérienne

2. Conception du matériel roulant

- 2.1 Caractéristiques dimensionnelles
- 2.2 Espace voyageurs et accessibilité.
- 2.3 Confort climatique et acoustique
- 2.4 Capacité
- 2.5 Disposition des équipements
- 2.6 Équipements de traction
- 2.7 Auxiliaires
- 2.8 Équipements et modes de freinage.

3. Performances en traction et en freinage

4. Design

C4443

Tramways - Modèles actuels et innovations

Par **Georges MULLER**

1. Caractéristiques des modèles actuels.

- 1.1 Tramways à plancher bas Partiel
- 1.2 Tramways à plancher bas intégral
 - 1.2.1 Alstom « Citadis II »
 - 1.2.2 Alstom Industrie Ferroviarie « Cityway »
 - 1.2.3 Alstom-LHB
 - 1.2.4 AnsaldoBreda « Sirio ».



- 1.2.5 Bombardier « Incentro ».
- 1.2.6 Bombardiers « Cityrunner », « Flexity Outlook », « Flexity ».
- 1.2.7 Bombardier « Eurotram »
- 1.2.8 Bombardier « GTX »
- 1.2.9 Bombardier (VeVeY) Alstom (SIG) « Cobra »
- 1.2.10 Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF)
- 1.2.11 Končar « Crotram ».
- 1.2.12 PESA
- 1.2.13 Siemens « Combino »
- 1.2.14 Siemens « Avenio »
- 1.2.15 Škoda
- 1.2.16 Solaris
- 1.2.17 Stadler « Variotram »
- 1.2.18 Vossloh España « Tralink »
- 2. Tram-Train.**
- 2.1 Définitions et avantages
- 2.2 Lieux d'exploitation.
- 2.3 Raisons du succès
- 2.4 Alimentation électrique
- 2.5 Matériel roulant
- 2.6 Constructeurs
- 2.6.1 Bombardier
- 2.6.2 Siemens
- 2.6.3 Alstom « Regio Citadis »
- 2.6.4 Alstom « Citadis Dualis »
- 3. Maintenance d'un réseau de tramway.**

S4/24776 Les Routes les ponts et les joints

**** Routes et stationnements:**

C904

Liants hydrocarbonés

Par Bernard LOMBARDI

1. Définition

2. Goudron de houille

3. Types de bitumes

3.1 Bitume naturel.

3.2 Asphalte naturel

3.3 Bitume de pétrole

4. Constitution du bitume

5. Principales caractéristiques des bitumes routiers

5.1 Pénétrabilité à l'aiguille (EN426)

5.2 Point de ramollissement bille et anneau (EN427)

5.3 Détermination de la résistance au durcissement sous l'effet de la chaleur et de l'air (EN2607-1)

5.4 Exigences essentielles de la Directive des produits de la Construction

5.5 Classification et spécifications des bitumes routiers

6. Bitumes fluidifiés et fluxés

6.1 Bitumes fluidifiés

6.2 Bitumes fluxés.

6.3 Principales caractéristiques des bitumes fluidifiés et fluxés.

6.4 Classification des bitumes fluidifiés et fluxés (prEN5322)

7. Émulsions de bitume

7.1 Fabrication

7.2 Principales caractéristiques

7.3 Classification des émulsions

7.4 Utilisation

8. Bitumes modifiés



- 8.1 Fabrication
- 8.2 Principales caractéristiques
- 8.3 Classification des bitumes modifiés (EN4023)
- 9. Bitumes spéciaux**
- 9.1 Utilisation suivant la nature
- 10. Bitumes modifiés Particuliers**
- 10.1 Bitume-caoutchouc
- 10.2 Bitume-soufre.
- 10.3 Bitumes pour enrobés à température réduite
- 10.4 Enrobés bitumineux modifiés

C921***Liants hydrauliques routiers****Par Joseph ABDO***1. Contexte d'emploi et avantages**

- 1.1 Avantages
- 1.2 Domaines d'emploi
- 1.3 Limites d'utilisation.
- 1.4 Production française.

2. Constituants

- 2.1 Constituants principaux
- 2.2 Constituants secondaires
- 2.3 Sulfate de calcium(Cs)
- 2.4 Additifs

3. Fabrication**4. Principales caractéristiques**

- 4.1 Caractéristiques de la poudre
- 4.2 Caractéristiques mesurées sur pâte ou sur mortier normal

5. Prise et durcissement**6. Gamme de produits**

- 6.1 Grandes familles de liants hydrauliques routiers (LHR)
- 6.2 Recherche de nouveaux liants

7. Normalisation

- 7.1 Liants
- 7.2 Constituants et codification des liants
- 7.3 Exigences.
- 7.4 Composition
- 7. Désignation normalisée
- 7. Critères de conformité.
- 7.7 Certification

8. Domaines d'emploi

- 8.1 Traitement des sols
- 8.2 Traitement des graves
- 8.3 Retraitement en place à froid des chaussées aux liants hydrauliques routiers
- 8.4 Conclusion

C4308***Les Routes****Par Jean BERTHIER***1. Naissance et croissance des réseaux routiers****2. Classification des routes suivant le code de la voirie routière****3. Classification fonctionnelle des routes nationales****4. Prescriptions du Code de la Route**

- 4.1 Poids des véhicules
- 4.2 Dimensions des véhicules
- 4.3 Vitesses limites.
- 4.4 Signalisation.

5. Évolutions du Parc automobile

6. Consistance du réseau routier**7. Interaction entre véhicules et chaussées**

7.1 Sollicitations verticales

7.. Influence sur le véhicule. Confort

7.1.2 Sollicitations verticales sur la chaussée. Cadre réglementaire

7.1.3 Charges effectives

7.2 Sollicitations longitudinales

7.2.1 Cisaillements sous le pneumatique en roulement libre.

7.2.2 Freinage. Distance d'arrêt

7.2.3 Freinage réel

7.3 Sollicitations transversales

7.3.1 En virage

7. Stabilité du véhicule

8. Problème de l'insécurité routière**C4314*****Les Routes - Matériaux de chaussées souples et semi-rigides***Par **Jean BERTHIER****1. Contexte****2. Couche de forme**

2.1 Critères à satisfaire Par les matériaux

2.2 Amélioration des matériaux

2.3 Traitement à la chaux et aux liants hydrauliques

3. Matériaux utilisés en assises de chaussée**4. Graves non traitées**

4.1 Granularité

4.2 Angularité et forme

4.3 Propreté

4.4 Dureté.

4.5 Comportement mécanique

4.6 Catégories de GNT préconisées Par la norme

4.7 Conditions d'élaboration

5. Mélanges traités aux liants hydrauliques et pouzzolaniques

5.1 Principaux liants hydrauliques et pouzzolaniques

5.2 Conditions d'utilisation

5.3 Caractéristiques de la grave ou du sable à traiter

5.4 Caractéristiques du liant

5.5 Caractéristiques mécaniques des mélanges traités

5.6 Fissuration des matériaux traités

6. Généralités sur les matériaux hydrocarbonés

6.1 Adhérence

6.2 Bruit de roulement

6.3 Optimisation du choix

7. Enduits superficiels

7.1 Granulats

7.2 Liant

7.3 Formulation

8. Enrobés bitumineux à chaud

8.1 Granulats

8.2 Liant

8.3 Étude de formulation

8.4 Enrobés épais pour couche de surface

8.5 Enrobés minces pour couches de surface

8.6 Bétons bitumineux drainants

9. Enrobés à froid

9.1 Enrobés coulés à froid



- 9.2 Bétons bitumineux à froid
- 9.3 Enrobés à froid stockables
- 10. Graves-bitume et graves-émulsion**
- 10.1 Graves-bitume
- 10.2 Graves-émulsion

C4310***Les Routes - Géométrie des routes****Par Jean BERTHIER*

- 1. Situation actuelle**
- 2. Données à considérer dans les projets.**
 - 2.1 Trafic
 - 2.2 Vitesse de projet.
 - 2.3 Distances d'arrêt, de dépassement et visibilité.
- 3. Caractéristiques géométriques en section courante**
 - 3.1 Profil en travers
 - 3.2 Profil en long
 - 3.3 Tracé en plan
- 4. Aménagement des carrefours**
 - 4.1 Carrefours plans (ou carrefours à niveau)
 - 4.2 Carrefours dénivelés
- 5. Géométrie des autoroutes de liaison**
 - 5.1 Principales caractéristiques géométriques
 - 5.2 Profil en travers
 - 5.3 Profil en long
 - 5.4 Tracé en plan
 - 5.5 Aires ennexes
 - 5.6 Autoroutes en relief difficile
- 6. Géométrie des routes interurbaines autres que les autoroutes**
 - 6.1 Différents types de routes
 - 6.2 Principales caractéristiques géométriques
- 7. Voies rapides urbaines.**
- 8. Aménagements cyclables**
 - 8.1 Catégories de cyclistes et points communs
 - 8.2 Itinéraires cyclables

C4316***Dimensionnement des chaussées routières****Par Jean BERTHIER*

- 1. Principales agressions et méthodes de dimensionnement**
- 2. Poids des essieux et des véhicules. Aspects réglementaires**
 - 2.1 Prescriptions du Code de la route français
 - 2.2 Charges réglementaires Par essieu dans d'autres pays
- 3. Charges effectives**
- 4. Généralités sur le dimensionnement des chaussées**
- 5. Généralités sur l'approche française de dimensionnement des chaussées**
 - 5.1 Choix de la structure
 - 5.2 Stratégie investissement-entretien
- 6. Démarche de la méthode française de dimensionnement**
 - 6.1 Détermination de la catégorie de voie et de la classe de trafic
 - 6.2 Choix du risque de calcul.
 - 6.3 Caractéristiques de la plate-forme support de chaussée
 - 6.4 Modules de rigidité des matériaux de chaussée.
 - 6.5 Conditions de collage des couches
 - 6.6 Résistance à la fatigue des matériaux de chaussée
 - 6.7 Dimensionnement de la chaussée
 - 6.8 Vérification au gel-dégel
- 7. Structures du catalogue de998**



8. Dimensionnement des chaussées à faible trafic

- 8.1 Caractérisation du trafic
- 8.2 Plate-forme support de chaussée
- 8.3 Dimensionnement
- 8.4 Tenue au gel-dégel

9. Autres méthodes de dimensionnement.

- 9.1 Méthode britannique
- 9.2 Méthode AASHTO

10. Conclusions.**C4410****Parcs de stationnement couverts - Conception***Par Jean-Claude SAVOUREUX***1. Conception et dimensionnement**

- 1.1 Parcs de stationnement accessibles au public.
- 1.2 Parcs de stationnement à usage privatif

2. Choix des matériaux et des éléments de construction.

- 2.1 Amélioration du comportement au feu des éléments de structure et des planchers.
- 2.2 Joints de calfeutrement coupe-feu
- 2.3 Portes résistant au feu
- 2.4 Portes coulissantes coupe-feu.
- 2.5 Désenfumage et ventilation.

C4411**Parcs de stationnement couverts - Réglementation***Par Jean-Claude SAVOUREUX***1. Principes généraux**

- 1.1 Sécurité incendie
- 1.2 Ventilation
 - 1.2.1 Objectifs
 - 1.2.2 Type de ventilation
- 1.3 Hydrocarbures
 - 1.3.1 Sols. Séparateurs d'hydrocarbures.
 - 1.3.2 Pollution des eaux

2. Parcs de bâtiments d'habitation

- 2.1 Définition. Niveaux
- 2.2 Structures et façades.
- 2.3 Mesures d'isolement
- 2.4 Cloisonnement
- 2.5 Couvertures
- 2.6 Communications intérieures et issues.
- 2.7 Conduits et gaines
- 2.8 Ventilation
- 2.9 Circulations
- 2.10 Éclairage
- 2.11 Lutte contre l'incendie.

3. Parcs annexes et/ou considérés d'ERP

- 3.1 Établissement des premières catégories.
- 3.2 Établissement de catégorie

4. Parcs annexes de lieux de travail**5. Parcs d'installations classées pour la protection de l'environnement.**

- 5.1 Arrêté type n°935.
- 5.2 Prescription générales de l'arrêté type n°935

6. Parcs à rangement automatisé

- 6.1 Parcs dont chaque niveau de remisage est accessible à Partir d'un escalier (titre I)
 - 6.1.1 Généralités
 - 6.1.2 Dispositions Particulières applicables aux Parcs à rangement automatisé



- de type statique
- 6.1.3 Dispositions Particulières applicables aux Parcs à rangement automatisé de type dynamique horizontal
- 6.2 Parcs dont chaque niveau de remisage n'est pas accessible à Partir d'un escalier (titre II).

TRI4620 *Dégradation et usure des revêtements routiers souples*

Par **Hassan BAAJ**

1. Structure de chaussée

- 1.1 Les différentes catégories de structures de chaussées
 - 1.1.1 Chaussées souples.
 - 1.1.2 Chaussées semi-rigides
 - 1.1.3 Chaussées rigides
- 1.2 Rôles des différentes couches de la structure de chaussée souple
 - 1.2.1 La couche de surface
 - 1.2.2 Les couches d'assise
 - 1.2.3 La couche de forme

2. Pourquoi les revêtements routiers se dégradent-ils ?

- 2.1 Sollicitations de trafic
- 2.2 Sollicitations thermiques.
 - 2.2.1 Impact sur la rigidité de l'enrobé.
 - 2.2.2 Sollicitations thermiques des couches liées.
 - 2.2.3 Phénomène de gel

3. Modes de dégradation et d'usures des revêtements routiers

- 3.1 Dégradation Par fissuration
 - 3.1.1 Fissuration Par fatigue.
 - 3.1.2 Fissuration thermique.
 - 3.1.3 Rupture de joint de construction
 - 3.1.4 Autres modes de fissuration
- 3.2 Dégradation Par déformation
 - 3.2.1 Déformation permanente de la chaussée (orniérage)
 - 3.2.2 Déformation Par l'action du gel et les cycles de gel-dégel.
- 3.3 Défauts d'usure du revêtement
 - 3.3.1 Ressuage.
 - 3.3.2 Nid de poule
 - 3.3.3 Désenrobage et arrachement
 - 3.3.4 Pelade.
 - 3.3.5 Polissage de la surface du revêtement
- 4. Autres modes de dégradation et d'usure des revêtements routiers**
- 5. Conclusion et perspectives**

TRI4650 *Adhérence des chaussées*

Par **Minh-Tan DO**

1. Notions de base liées à l'adhérence

- 1.1 Terminologie
- 1.2 Interface pneu/chaussée
- 1.3 Rôle de la texture du revêtement de chaussée
- 1.4 Caractérisation de l'adhérence

2. Adhérence des chaussées contaminées

- 2.1 Familles de revêtements
- 2.2 Chaussées mouillées
- 2.3 Contaminants autres que l'eau

3. Évolution de l'adhérence

- 3.1 Usure Par frottement
- 3.2 Vieillessement
- 3.3 Variations saisonnières



4. Conclusions

4.1 Ce qu'il faut retenir

4.2 Perspectives.

5. Glossaire**** Les Ponts:****C4496****Conception des ponts - Démarche de conception***Par Jean-Armand CALGARO et Anne BERNARD-GELY***1. Définitions et catégories de ponts.**

1.1 Définir un pont et ses différents Parties

1.1.1 Terminologie

1.1.2 Les diverses Parties d'un pont

1.2 Grandes catégories de structures

1.2.1 Ponts à poutres

1.2.2 Ponts en arc

1.2.3 Ponts à câbles

2. Démarche de conception

2.1 Recueil des données de l'ouvrage

2.1.1 Implantation et caractéristiques d'ensemble de l'ouvrage

2.1.2 Recueil des données naturelles

2.1.3 Données fonctionnelles

2.2 Choix du type d'ouvrage

2.2.1 Ouvrages de portée modeste (jusqu'à 30 m de portée principale)

2.2.2 Grands ouvrages en béton précontraint (au-delà de 30 à 80 m de portée déterminante).

2.2.3 Grands ouvrages métalliques (au-delà de 80 m de portée déterminante)

2.2.4 Domaine des très grandes portées (au-delà de 100 m)

C4498**Conception des ponts - Éléments de dimensionnement des principaux ouvrages***Par Jean-Armand CALGARO et Anne BERNARD-GELY***1. Contexte****2. Ponts à poutres préfabriquées en béton précontraint**

2.1 Ponts à poutres précontraintes Par post-tension

2.2 Tabliers à poutres précontraintes Par pré-tension

3. Ponts en béton précontraint construits en encorbellement

3.1 Morphologie générale

3.2 Morphologie et dimensionnement de la section transversale

3.3 Conception du câblage de précontrainte

4. Ponts poussés en béton précontraint

4.1 État des lieux

4.2 Ponts poussées bilatéralement

4.3 Ponts poussées unilatéralement

5. Autres méthodes de construction des ponts en béton précontraint**6. Ponts en arc et à béquilles**

6.1 Ponts en arc

6.2 Ponts à béquilles

7. Ponts métalliques

7. Différentes Parties d'un pont métallique

7. Ponts à poutres en ossature mixte

7. Ponts à platelage orthotrope.

7.4 Fatigue dans les ponts métalliques

8. Ponts à câbles.

8.1 Ponts suspendus



8.2 Ponts à haubans

C4500

Conception des ponts - Équipements des ponts

Par **Jean-Armand CALGARO** et **Anne BERNARD-GELY**

1. Étanchéité et couche de roulement
2. Joints de dilatation
3. Dispositifs de retenue pour les ponts routiers
4. Corniches
5. Appareils d'appui
6. Évacuation des eaux.
7. Autres équipements

C4501

Ouvrages d'art - Aspect architectural et environnement

Par **Anne BERNARD-GÉLY** et **Jean-Armand CALGARO**

1. Environnement et insertion paysagère.
2. Quelques règles élémentaires d'esthétique
 - 2.1 Première règle : rapport des dimensions
 - 2.2 Deuxième règle : un ouvrage ne doit pas fermer l'espace
 - 2.3 Troisième règle : bonne ordonnance de la structure
 - 2.4 Quatrième règle : mise en valeur de l'intention structurale
 - 2.5 Cinquième règle : intégrer la structure dans son environnement
 - 2.6 Dernière règle : aspect final des Parements
3. Préoccupation esthétique du projeteur

C2675

Ponts métalliques - Conception générale

Par **Jean-Pierre DUCOUT**

1. Franchissement
 - 1.1 Présentation.
 - 1.2 Typologie des ponts et éléments constitutifs
2. Systèmes porteurs de tabliers.
 - 2.1 Tablier appuyé sur piles ou « pont à poutres »
 - 2.2 Arc porteur du tablier
 - 2.3 Suspension Par câbles
3. Poutraisons
 - 3.1 Position relative poutraison-platelage
 - 3.2 Poutraison « sous » chaussée
 - 3.3 Poutraison « sur » chaussée
4. Platelages
 - 4.1 Dalle en béton armé collaborante
 - 4.2 Dalle mixte acier-béton.
 - 4.3 Dalle orthotrope tout acier
 - 4.4 Domaines des dalles en béton et orthotropes.
5. Équipements de ponts
 - 5.1 Appareils d'appui.
 - 5.2 Joints de chaussée routière
 - 5.3 Protection anticorrosion
 - 5.4 Autres équipements.
 - 5.5 Intégration des équipements dans la conception.
6. Procédés de construction
 - 6.1 De l'usine au chantier
 - 6.2 Montage des tabliers métalliques



C2676***Ponts métalliques - Applications spécifiques****Par Jean-Pierre DUCOUT***1. Ponts-routes**

- 1.1 Calculs et conception. Textes réglementaires
- 1.2 Ponts à poutres mixtes
- 1.3 Ponts à tablier « tout acier » à dalles orthotropes
- 1.4 Ponts en arc.
- 1.5 Ponts-routes de très grandes portées
- 1.6 Ponts haubanés
- 1.7 Ponts suspendus

2. Ponts-rails

- 2.1 Particularismes du trafic ferroviaire
- 2.2 Ponts-rails bipoutres mixtes
- 2.3 Ponts-rails à poutres latérales
- 2.4 Ponts-rails de grandes portées

3. Ponts mobiles

- 3.1 Présentation.
- 3.2 Ponts basculants⁰
- 3.3 Ponts tournants⁰
- 3.4 Ponts levants
- 3.5 Ponts rétractables¹
- 3.6 Dispositions communes aux ponts mobile¹

4. Passerelles¹**C2580*****Constructions métalliques - Structures à câbles****Par Jean-Pierre LAUTE***1. Principes et analyse du comportement.**

- 1.1 Fondement
- 1.2 Équilibre statique d'un câble
 - 1.2.1 Condition d'équilibre
 - 1.2.2 Longueur développée
 - 1.2.3 Allongement
- 1.3 Équilibre des systèmes de câbles
 - 1.3.1 Condition d'équilibre
 - 1.3.2 Répartition des actions entre câbles de courbures opposées

2. Familles de structures à câbles

- 2.1 Structures lestées
- 2.2 Structures prétendues.
 - 2.2.1 Notion de prétension.
 - 2.2.2 Systèmes planaires : les poutres-câbles.
 - 2.2.3 Systèmes spatiaux : résilles
- 2.3 Structures mixtes.
 - 2.3.1 Structures haubanées
 - 2.3.2 Autres structures mixtes

3. Technologie des composants

- 3.1 Câbles
 - 3.1.1 Définition normalisée
 - 3.1.2 Définitions pratiques
- 3.2 Pièces de liaison
 - 3.2.1 Dispositifs d'ancrage
 - 3.2.2 Éléments de liaison

4. Spécificité des structures à câbles

- 4.1 Conception
- 4.2 Mise en œuvre
- 4.3 Comportement.
- 4.4 Réglementation.



4.5 Bilan

*** Les Joints:****C5460*****Calfeutrement des joints dans les TP - Généralités****Par Philippe COGNARD*

- 1. Différents mouvements des ouvrages et des joints**
- 2. Calcul et dimensionnement des joints des chaussées en béton**
 - 2.1 Considérations générales, probabilités de mouvements.
 - 2.2 Calcul pratique et dimensionnement des joints
- 3. Caractéristiques des produits de calfeutrement**
 - 3.1 Caractéristiques de mise en œuvre.
 - 3.2 Caractéristiques mécaniques
 - 3.3 Caractéristiques physiques, chimiques et de durabilité
- 4. Types de produits de calfeutrement.**
 - 4.1 Mastics asphaltiques, bitumineux non modifiés et modifiés
 - 4.2 Plastisols PVC/brai
 - 4.3 Silicones
 - 4.4 Polyuréthane/brai
 - 4.5 Polysulfures/brai
 - 4.6 Produits rigides : époxydes, époxy-polysulfures
 - 4.7 Profilés élastomères
 - 4.8 Waterstops ou bandes d'arrêt d'eau
 - 4.9 Profilés et couvre joints métalliques et élastomères.
 - 4.10 Coulis et résines d'injection.
- 5. Injections de résines**
 - 5.1 Types d'injection.
 - 5.2 Résines utilisées
 - 5.3 Injections en fissures.
 - 5.4 Injections de zones creuses ou cavernueuses.
 - 5.5 Réinjections des câbles de précontrainte
- 6. Boulonnage de rochers**
 - 6.1 Principe.
 - 6.2 Types de matériaux de scellement utilisés

C5461***Calfeutrement des joints dans les TP - Applications****Par Philippe COGNARD*

- 1. Chaussées routières**
 - 1.1 Chaussées en béton
 - 1.2 Calcul et dimensionnement des joints transversaux de dalles courtes.
 - 1.3 Différents types de joints
 - 1.4 Matériel et technique de sciage
 - 1.5 Remplissage des joints
 - 1.6 Réfection des joints
 - 1.7 Revêtements de chaussées à base de liants hydrocarbonés
- 2. Chaussées d'aéroports**
 - 2.1 Joints de retrait.
 - 2.2 Joints de construction.
 - 2.3 Joints de dilatation
 - 2.4 Chaussées à dalles courtes non armées et goujonnées (BCg)
 - 2.5 Produits pour calfeutrement de joints
- 3. Chaussées de ponts-routes**
 - 3.1 Mouvements et localisation des joints
 - 3.2 Qualités requises pour un joint de chaussée de pont
 - 3.3 Différents systèmes de calfeutrement
 - 3.4 Fonction d'étanchéité des joints.
- 4. Barrages**



- 4.1 Exigences Particulières et types de joints
- 4.2 Barrage en enrochement à masque en béton
- 4.3 Barrages-poids en béton
- 4.4 Bandes d'arrêt d'eau (waterstop)
- 5. Tunnels**
- 5.1 Revêtement en béton coulé en place.
- 5.2 Tunnel à voussoirs préfabriqués
- 6. Cuvelage, réservoirs, bassins et piscines en béton**
- 7. Égouts, bassins de traitements des eaux**
- 8. Tuyauteries et canalisations**
- 9. Joints spéciaux.**
- 9.1 Ouvrages en contact avec l'eau de mer.
- 9.2 Bâtiments et usines à risques.
- 9.3 Joints antiacides
- 9.4 Boîtes de câbles électriques
- 9.5 Pipe-lines, raffineries de pétrole et plate-formes pétrolières.

S4/24777 Les Travaux souterrains et les dépollutions

**** Les Travaux souterrains:**

C5570 Tunneliers

Par **Pierre GESTA**

1. Principaux types de tunneliers

- 1.1 Machines de creusement
 - 1.1.1 Machines à attaque ponctuelle
 - 1.1.2 Haveuses
 - 1.1.3 Machines à attaque globale.
- 1.2 Boucliers mécanisés à front ouvert
 - 1.2.1 Boucliers à attaque ponctuelle (fraise ou godet)
 - 1.2.2 Boucliers à attaque globale
- 1.3 Boucliers mécanisés à front confiné
 - 1.3.1 Confinement Par air comprimé
 - 1.3.2 Confinement hydraulique
 - 1.3.3 Confinement pâteux

2. Principaux organes des tunneliers.

- 2.1 Organes de creusement
 - 2.1.1 Tête de coupe.
 - 2.1.2 Outils de coupe
 - 2.1.3 Appui arrière
- 2.2 Organes d'évacuation des déblais
 - 2.2.1 Tapis transporteurs (machines à front ouvert).
 - 2.2.2 Marinage hydraulique (tunneliers à confinement de boue)
 - 2.2.3 Marinage pâteux (vis d'extraction)
- 2.3 Équipements divers.
 - 2.3.1 Érecteurs à voussoirs
 - 2.3.2 Injections de bourrage
 - 2.3.3 Forages de reconnaissance et traitement de terrain
 - 2.3.4 Joints d'étanchéité
 - 2.3.5 Logistique embarquée
- 2.4 Guidage des boucliers.

3. Quelques performances

4. Conclusion



C5572***Mini et microtunneliers****Par Francis MAQUENNEHAN*

- 1. Généralités**
- 2. Mode de réalisation et de creusement**
 - 2.1 Principe de réalisation.
 - 2.2 Matériel de forage
 - 2.3 Matériaux mis en œuvre pour la réalisation de l'ouvrage
 - 2.4 Réaction sol-tuyau
 - 2.5 Marinage
- 3. Injections de coulis**
 - 3.1 Injections de traitement de sols
 - 3.2 Injections de non-collage
 - 3.3 Injections de blocage du vide annulaire
- 4. Limites d'utilisation de la technique**
 - 4.1 Longueurs
 - 4.2 Profondeur
- 5. Applications**
- 6. Conclusion**

C3061***Urbanisme souterrain - Panorama historique et géographique****Par Pierre DUFFAUT*

- 1. Depuis l'Antiquité**
- 2. De Londres à Paris, des égouts aux métros, de Belgrand à Hénard.**
 - 2.1 L'assainissement
 - 2.2 Le transport des personnes
 - 2.2.1 Transports sur rail.
 - 2.2.2 Transports routiers
 - 2.2.3 Autres moyens de transports
 - 2.3 Transport de fret
- 3. Kansas City et la Scandinavie**
 - 3.1 Kansas City
 - 3.2 Scandinavie
- 4. Paris, des Halles à la Défense et au Grand Louvre**
 - 4.1 Les Halles
 - 4.2 La Défense.
 - 4.3 Le Grand Louvre
- 5. Toronto, Montréal, Minneapolis, et l'Earth shelter**
 - 5.1 Toronto
 - 5.2 Montréal, la ville intérieure.
 - 5.3 Minneapolis et l'« Earth shelter ».
- 6. L'Extrême-Orient : Japon, Singapour et Chine.**
- 7. Applications stratégiques et de sécurité**
- 8. Projets utopiques ou prémonitoires ?**

C3062***Urbanisme souterrain - Demandes, offres, contraintes et avantages****Par Pierre DUFFAUT*

- 1. Pourquoi le sous-sol ? Les demandes.**
 - 1.1 La demande agricole, du silo à l'entrepôt souterrain.
 - 1.2 L'habitat troglodytique
 - 1.3 La demande industrielle.
 - 1.4 La demande « hydrologique »
 - 1.5 Les demandes liées aux transports et déplacements



- 1.6 Les réseaux des (autres) services publics
- 1.7 Les déchets urbains
- 1.8 Autres demandes urbaines : commerces, sports, arts, cultes et cul
- 1.9 Le stockage de chaleur et d'énergie.
- 2. Pourquoi le sous-sol ? Les offres.**
- 2.1 L'offre géologique : morphologie, anatomie et physiologie du ter.
- 2.2 L'offre écologique : l'occupation de la surface et de son voisinage
- 2.3 L'offre « double niveau » Par dalle de couverture
- 3. Comment le sous-sol ? Les contraintes.**
- 3.1 Contraintes juridiques et réglementaires
- 3.2 Contraintes techniques
- 4. Comment le sous-sol ? Les avantages**
- 4.1 La sécurité
- 4.2 L'économie, le métabolisme urbain et le développement durable
- 4.3 Le modèle Clé de Sol
- 4.4 Planification, du plan d'urbanisme à l'aménagement du territoire
- 5. Conclusion**
- Références bibliographiques**

C5575***Sécurité des tunnels routiers - Dispositions techniques****Par Michel QUATRE***1. Champ d'application**

- 1.1 Paramètres du risque
- 1.2 Ouvrages concernés.
- 1.3 Définitions
- 1.4 Équipements.

2. Dispositions générales de Génie civil

- 2.1 Chaussées et trottoirs
- 2.2 Tunnels autorisés aux véhicules TMD
- 2.3 Garage
- 2.4 Hélistructures
- 2.5 Dispositifs anti-fumées

3. Détection et alerte.

- 3.1 Détection d'incendie
- 3.2 Niches de sécurité
- 3.3 Postes d'appel d'urgence
- 3.4 Retransmission des radiocommunications
- 3.5 Équipements en cas de surveillance humaine
- 3.6 Autres équipements d'alerte.

4. Évacuation et protection des usagers

- 4.1 Aménagements divers et accès des secours
- 4.2 Éclairage de sécurité
- 4.3 Signalisation Dispositifs de fermeture du tunnel
- 4.4 Alimentation électrique
- 4.5 Ventilation de désenfumage
- 4.6 Cas des tunnels autorisés aux TMD

5. Intervention des secours

- 5.1 Aménagements destinés aux véhicules de secours
- 5.2 Niches incendie
- 5.3 Moyens de lutte contre l'incendie
- 5.4 Usage des brouillards d'eau
- 5.5 Anneaux de relevage

6. Comportement au feu

- 6.1 Réaction au feu des matériaux
- 6.2 Résistance au feu
- 6.3 Fonctionnement des équipements à la chaleur
- 6.4 Suspension des équipements en plafond



7. Tunnels urbains de gabarit autorisé inférieur (ou égal) à 3,50 m.
7. Différences exigeant des dispositions Particulières.
- 7.2 Dispositions Particulières
8. Signalisation
- 8.1 Dispositions
- 8.2 Tunnels autorisés aux TMD
9. Exploitation, analyse de risque et contrôle de la sécurité.

** Dépollution et recyclage:

C5582

Techniques de réhabilitation des sites et sols pollués - Fiches de synthèse

Par *Pascal ROUDIER*

1. Air sparging
 2. Atténuation naturelle
 3. Barrières réactives
 4. Bioaugmentation
 5. Bioslurry.
 6. Biostimulation.
 7. Bioterre
 8. Bioventing
 9. Compostage de sols
 10. Désorption thermique ex situ.
 11. Désorption thermique in situ
 12. Electrocinétique
 13. Electro-oxydation
 14. Excavation
 15. Incinération
 16. Lavage ex situ
 17. Lavage in situ.
 18. Micro-ondes
 19. Oxydation in situ.
 20. Photo-oxydation sous ultraviolets
 21. Phytoremédiation
 22. Pump and Treat
 23. Pyrolyse
 24. Rabattement-écrémage
 25. Réduction
 26. Slurping
 27. Solidification/stabilisation
 28. Tensio-actifs/ cotensio-actifs, solvants/cosolvants
 29. Traitement biologique aérobie
 30. Traitement biologique anaérobie
 31. Traitement Par champignons
 32. Tri granulométrique
 33. Ultrasons
 34. Venting.
 35. Vitrification
- Références bibliographiques

C5600

Déchets du Bâtiment et des Travaux Publics

Par *Félix FLORIO Clotilde TERRIBLE et Valérie VINCENT*

1. Cadre législatif et réglementaire
- 1.1 Cadre européen
- 1.2 Cadre français
2. Quantification des déchets du BTP



- 2.1 Quantification des déchets des Travaux Publics.
- 2.2 Quantification des déchets du Bâtiment.
- 3. Pratiques des chantiers.**
 - 3.1 Responsabilité en matière de gestion des déchets de chantier
 - 3.2 Prise en charge de l'enlèvement des déchets
 - 3.3 Élimination des déchets de chantiers
 - 3.4 Réduction des déchets à la source en construction neuve
 - 3.5 Tri et collecte des déchets sur le chantier
 - 3.6 Brûlage des déchets sur le chantier
 - 3.7 Transport des déchets de chantiers
 - 3.8 Formulaires de gestion et de suivi des déchets.
 - 3.9 Recommandation T2-2000 aux maîtres d'ouvrage publics relative à la gestion des déchets de chantier de bâtiment.
 - 3.10 Schéma d'Organisation et de Suivi de l'Élimination des Déchets de chantiers SOSED
 - 3.11 Audit des bâtiments avant démolition
- 4. Filières d'élimination**
 - 4.1 Installations d'élimination des déchets
 - 4.2 Structures intermédiaires
 - 4.3 Filières de valorisation des déchets du bâtiment
 - 4.4 Filières de traitement des déchets spéciaux
 - 4.5 Valorisation des déchets des Travaux Publics
- 5. Enjeux économiques**
 - 5.1 Coûts pour les déchets du Bâtiment

C5620***Recyclage en centrale des matériaux de chaussée****Par Jean-Pierre SERFASS***1. Recyclage d'enrobés.**

- 1.1 Quelques chiffres
- 1.2 Dispositions et études préalables
 - 1.2.1 Grandes opérations
 - 1.2.2 Recyclage courant
- 1.3 Recyclage à chaud en centrale
 - 1.3.1 Taux de recyclage
 - 1.3.2 Études de formulation. Consistance et méthodologie.
 - 1.3.3 Fabrication
 - 1.3.4 Domaines d'emploi. Performances
- 1.4 Recyclage à froid en centrale
 - 1.4.1 Description générale
 - 1.4.2 Taux de recyclage
 - 1.4.3 Études de formulation. Consistance et méthodologie
 - 1.4.4 Fabrication et mise en œuvre
 - 1.4.5 Domaines d'emploi. Performances
- 1.5 Recyclage à tiède
- 1.6 Recyclage au liant hydraulique
- 1.7 Recyclage des enrobés spéciaux
- 1.8 Rôle du bitume recyclé

2. Recyclage de matériaux blancs

- 2.1 Préparation et caractérisation
- 2.2 Recyclage dans un matériau non traité.
- 2.3 Recyclage dans un matériau hydraulique.

3. Conclusion.

C5622**Recyclage et retraitement en place des matériaux de chaussée***Par Jean-Pierre SERFASS***1. Avantages spécifiques et perspectives**

- 1.1 Avantages spécifiques du recyclage/retraitement en place
- 1.2 Perspectives.

2. Recyclage en place d'enrobés

- 2.1 Recyclage en place à chaud (techniques « thermo-R »)
- 2.2 Recyclage en place à froid d'enrobés

3. Retraitement de chaussée

- 3.1 Études préalables. Faisabilité. Choix d'une technique
- 3.2 Matériels de retraitement
- 3.3 Retraitement à l'émulsion
- 3.4 Retraitement à la mousse de bitume
- 3.5 Retraitement au liant hydraulique
- 3.6 Retraitement mixte (hydraulique + bitumineux)

4. Conclusion.**C9005****La Démolition - Techniques et métiers connexes***Par Jean-François MILLERON***1. Déconstruction manuelle ou écrêtage**

- 1.1 Méthodologie de déconstruction à la main.
- 1.2 Écrêtage
- 1.3 Cas Particulier du butonnage

2. Démolition mécanique

- 2.1 Matériel de démolition
 - 2.1.1 Mini-engins
 - 2.1.2 Pelles de démolition
 - 2.1.3 Outils propres à la démolition
- 2.2 Organisation d'un chantier de démolition mécanique.

3. Dépose d'ouvrages d'art

- 3.1 Déconstruction d'un ouvrage de type « passage supérieur sur autoroute »
- 3.2 Déconstruction d'un ouvrage de type « jetée d'embarquement » en zone aéroportuaire

4. Travaux préalables à la démolition

- 4.1 Curage ou démolition non structurelle
- 4.2 Désamiantage
- 4.3 Déplombage

S4/24778 Terrassement et géomembranes**** Terrassement:****C224****Géophysique appliquée au génie civil Par***Par Richard LAGABRIELLE***1. Présentation**

- 1.1 Les méthodes de reconnaissance
- 1.2 Place de la géophysique dans les méthodes de reconnaissance.

2. Généralités sur la géophysique.

- 2.1 Définition de la géophysique
- 2.2 Paramètres physiques utilisés en géophysique
- 2.3 Méthodes géophysiques.
- 2.4 Déroulement d'une campagne de géophysique

3. Gravimétrie

- 3.1 Principe de base
- 3.2 Microgravimétrie



4. Sismique

- 4.1 Principe de base des méthodes sismiques
- 4.2 Sismique réfraction
- 4.3 Sismique réflexion.
- 4.4 Sismique en ondes de surface

5. Méthodes électriques en courant continu

- 5.1 Principe de base.
- 5.2 Sondage électrique
- 5.3 Traîné et carte de résistivité, panneaux électriques

6. Magnétisme (pour mémoire).**7. Méthodes électromagnétiques.**

- 7.1 Principe de base.
- 7.2 Radio-magnétotellurique
- 7.3 Dipôle-dipôle électromagnétique.
- 7.4 Radar géologique

8. Radioactivité (pour mémoire)**Références bibliographiques****C5360*****Propriétés des matériaux naturels***Par **Pierre ROSSI, Ludovic GAVOIS, Guy RAOUL****1. Propriétés relevant de la mécanique des roches**

- 1.1 Propriétés des roches
 - 1.1.1 Identification
 - 1.1.2 Résistance mécanique des roches
- 1.2 Propriétés des massifs rocheux
 - 1.2.1 État de fracturation d'un massif rocheux
 - 1.2.2 État d'altération d'un massif rocheux
 - 1.2.3 Abrasivité
- 1.3 Préviation des conditions d'extraction des massifs rocheux

2. Propriétés relevant de la mécanique des sols

- 2.1 Courbe intrinsèque
- 2.2 Dilatance

3. Propriétés géotechniques applicables au terrassement

- 3.1 Paramètres de nature
 - 3.1.1 Paramètres de nature retenus dans le GTR
 - 3.1.2 Autres Paramètres de nature
- 3.2 Paramètres d'état
 - 3.2.1 Schématisation et définition des Paramètres d'état
 - 3.2.2 Paramètres d'état retenus dans le GTR
- 3.3 Paramètres de comportement mécanique
 - 3.3.1 Paramètres de comportement mécanique d'un sol.
 - 3.3.2 Paramètres de comportement mécanique d'une roche

C5361***Classification des matériaux***Par **Pierre ROSSI, Ludovic GAVOIS, Guy RAOUL****1. Présentation du GTR****2. Apports innovants du guide GTR**

- 2.1 Classification des matériaux
- 2.2 Conditions de réutilisation en remblai et en couche de forme.
- 2.3 Modalités de mise en œuvre et de compactage

3. Classification des matériaux pour remblais et couches de forme

- 3.1 Classification des matériaux selon leur nature
- 3.2 Classification des sols
- 3.3 Classification des matériaux rocheux
- 3.4 Classification des sols organiques et sous-produits industriels

4. Conditions d'utilisation des matériaux en remblai

5. Condition d'utilisation des matériaux en couche de forme

- 5.1 Terminologie
- 5.2 Nature et fonctions des structures
- 5.3 Conditions d'utilisation des matériaux en couche de forme

6. Classement et dimensionnement des plates-formes

- 6.1 PST et arase terrassement
- 6.2 Couche de forme et plate-forme support de chaussée.
- 6.3 Dimensionnement de la couche de forme.

7. Compactage des remblais et des couches de forme**C5362****Traitement des matériaux**Par **Pierre ROSSI, Ludovic GAVOIS, Guy RAOUL****1. Préambule**

- 1.1 Développement des techniques de traitement
- 1.2 Domaines d'application
- 1.3 Guide technique GTS

2. Matériaux aptes au traitement

- 2.1 Sols
- 2.2 Roches (classes R)
- 2.3 Sols organiques et sous-produits industriels (classe F)
- 2.4 Paramètres à prendre en compte dans les traitements

3. Produits de traitement

- 3.1 Chaux aérienne
- 3.2 Liants hydrauliques
- 3.3 Eau

4. Traitement à la chaux vive

- 4.1 Actions de la chaux vive
- 4.2 Utilisation des traitements à la chaux

5. Traitement aux liants hydrauliques.

- 5.1 Action des liants hydrauliques
- 5.2 Traitements au ciment
- 5.3 Traitements aux liants hydrauliques routiers (LHR)
- 5.4 Utilisation des traitements aux liants hydrauliques

6. Traitements mixtes chaux liants hydrauliques**7. Matériels de traitement**

- 7.1 Matériels de stockage
- 7.2 Épandeurs
- 7.3 Malaxeurs.
- 7.4 Arroseuses
- 7.5 Compacteurs

8. Protection de l'environnement et sécurité**9. Études de traitement**

- 9.1 Études de traitement des matériaux mis en remblai
- 9.2 Études de traitement des matériaux mis en couche de forme

10. Techniques de réalisation des traitements. Contrôles

- 10.1 Techniques de réalisation des traitements
- 10.2 Contrôles

C5363**Assises des vallées compressibles - Approches géologique et géotechnique**Par **Pierre ROSSI, Ludovic GAVOIS, Guy RAOUL****1. Principaux phénomènes rencontrés**

- 1.1 Problèmes de stabilité.
- 1.2 Évolution des ruptures
- 1.3 Problèmes de tassement.
- 1.4 Conséquences des désordres potentiels sur les ouvrages



2. Familles de sols compressibles.

- 2.1 Nature des sols à risques
- 2.2 Environnement des dépôts des sols à risques.
- 2.3 Séquences fluviales.

3. Reconnaissances et essais à envisager

- 3.1 Domaines d'application des essais
- 3.2 Description des essais les plus usités.
 - 3.2.1 Essai de pénétration statique
 - 3.2.2 Essai pressiométrique Ménard.
 - 3.2.3 Essai à l'appareil triaxial de révolution.
 - 3.2.4 Essai œdométrique.

Références bibliographiques**C5364*****Assises des vallées compressibles - Choix des méthodes de consolidation****Par Pierre ROSSI, Ludovic GAVOIS, Guy RAOUL***1. Dispositions de consolidation**

- 1.1 Facteurs intervenants
- 1.2 Différentes techniques
- 1.3 Choix des méthodes de consolidation
- 1.4 Description des dispositions de consolidation les plus fréquentes
 - 1.4.1 Construction du remblai Par étapes.
 - 1.4.2 Drainage vertical des sols d'assise.
 - 1.4.3 Colonnes ballastées.

2. Instrumentation.

- 2.1 Mesure de la pression interstitielle.
- 2.2 Mesure des déplacements verticaux (tassements).
- 2.3 Mesure des déplacements horizontaux.
- 2.4 Description d'instrumentation.
 - 2.4.1 Tassomètre LPC (Laboratoire des Ponts et Chaussées).
 - 2.4.2 Tassomètre magnétique
 - 2.4.3 Profilomètre hydrostatique

Références bibliographiques**C4182*****Pratique des aménagements paysagers****Par Claude GUINAUDEAU***1. Typologie des travaux d'aménagement paysager**

- 1.1 Typologie des espaces paysagers
- 1.2 Fascicule5
- 1.3 Travaux préliminaires
- 1.4 Fournitures
- 1.5 Travaux d'aménagement paysagers

2. Intervenants responsables de la qualité

- 2.1 Chaîne de compétences
- 2.2 Loi MOP Support juridique
- 2.3 Maîtrise d'ouvrage
- 2.4 Maître d'œuvre
- 2.5 Entreprise
- 2.6 Gestionnaire

3. Maîtrise de la qualité des sols.

- 3.1 Contraintes d'approvisionnement et de mise en œuvre
- 3.2 Caractérisation des terres végétales
- 3.3 Procédures de contrôle qualité des terres végétales
- 3.4 Sols artificiels Substrats terreux

4. Maîtrise de l'approvisionnement en végétaux

- 4.1 Condition essentielle à la réussite des plantations



- 4.2 Procédure de maîtrise de l'approvisionnement
- 4.3 Modes d'approvisionnement
- 4.4 Caractéristiques des plants de pépinière
- 4.5 Descriptif de la fourniture des plants de pépinière dans un CCTP ou un bon de commande.
- 5. Conditions de réussite des plantations**
 - 5.1 Champ d'application
 - 5.2 Bien choisir les espèces à planter Règles de l'auto-écologie
 - 5.3 Maîtriser la cohabitation du minéral et du végétal en milieu urbain
- 6. Conclusion.**

C5420**Utilisation des explosifs dans le génie civil**

Par *Alain BLANCHIER, Anne Charline SAUVAGE*

1. Généralités.

- 1.1 Caractéristiques principales.
 - 1.1.1 Grandes familles
 - 1.1.2 Fabrication sur site
 - 1.1.3 Caractéristiques pratiques
- 1.2 Artifices de mise à feu et amorçage
 - 1.2.1 Cordeaux détonants
 - 1.2.2 Détonateurs pyrotechniques et électroniques
- 1.3 Fonctionnement

2. Conception des plans de tir

- 2.1 Technique générale de foration
- 2.2 Techniques d'amorçage
 - 2.2.1 Mise en détonation de l'explosif
 - 2.2.2 Transmission de l'ordre de détonation
 - 2.2.3 Retards
 - 2.2.4 Sécurité. Fiabilité
- 2.3 Technique Particulière Par type de chantier
 - 2.3.1 Tirs en gradins
 - 2.3.2 Tirs de masse
 - 2.3.3 Tirs de tranchées
 - 2.3.4 Tirs souterrains
 - 2.3.5 Tirs de découpage
 - 2.3.6 Tirs sous l'eau
 - 2.3.7 Tirs de démolition
 - 2.3.8 Tirs spéciaux

3. Problèmes de sécurité de l'environnement

- 3.1 Réglementation.
 - 3.1.1 Acquisition
 - 3.1.2 Transport en circulation
 - 3.1.3 Stockage
 - 3.1.4 Utilisation
 - 3.1.5 Sécurité.
- 3.2 Nuisances

4. Aspect économique

“Ti350

Électronique”

Électronique
Photonique



TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR



 **S4/24779**

Alimentations et électronique de puissance

 **S4/24780**

Antennes

 **S4/24781**

Architecture et tests des circuits numériques

 **S4/24782**

Cartes électroniques : technologies et conception

 **S4/24783**

Compatibilité électromagnétique dans les systèmes électroniques

 **S4/24784**

Électromagnétisme, propagation

 **S4/24785**

Électronique analogique

 **S4/24786**

Hyperfréquences : circuits et émetteurs de puissance

 **S4/24788**

Matériaux et dispositifs magnétiques et supraconducteurs

 **S4/24789**

Matériaux pour l'électronique et dispositifs associés

 **S4/24790**

Technologies des dispositifs actifs

Ti350 Électronique

S4/24779 Alimentations et électronique de puissance

E3958

Électronique de puissance - Introduction

Par François BERNOT

1. Principes généraux de la conversion de puissance à découpage

1.1 Comparaison entre les modes de contrôle proportionnel et à découpage

1.2 Problème de la conversion électronique de l'énergie

1.3 Différentes structures de convertisseur

2. Théorie générale du découpage.

2.1 Modélisation des convertisseurs Par des sources idéales

2.2 Cellule élémentaire de commutation.

2.3 Structures réelles.

2.3.1 Interrupteurs

2.3.2 Montages de base

2.4 Protection des montages

2.4.1 Généralités

2.4.2 Protection des hacheurs et des onduleurs directs

2.4.3 Protection des onduleurs assistés

3. Conclusion

E3960

Composants de l'électronique de puissance

Par François BERNOT

1. Notions de physique du semi-conducteur

1.1 Classement des matériaux semi-conducteurs

1.2 Purification des semi-conducteurs

1.3 Conductivités de type P et N

1.4 Techniques de dopage

1.5 Connexions au boîtier

2. Composants électroniques à commande en courant

2.1 Jonction PN.

2.2 Transistor bipolaire.

2.3 Thyristor

2.4 Thyristor rapide et GTO

2.5 Triacs.

2.6 Conclusion

3. Composants électroniques à commande en tension

3.1 Transistor MOSFET

3.2 Transistor IGBT.

3.3 Thyristor MCT

3.4 Transistor SIT et thyristor SITH

4. Choix des composants

5. Boîtiers et technologies intégrées

5.1 Circuits de commande intégrés (drivers).

5.2 Boîtiers.

6. Conclusion



E3964

Hacheurs : fonctionnement

Par **François BERNOT**

1. Hacheur abaisseur à un quadrant.

- 1.1 Analogie hydraulique
- 1.2 Étude avec des éléments idéaux
- 1.3 Montage complet avec ses filtres d'entrée et de sortie.

2. Hacheur élévateur à un quadrant

- 2.1 Analogie hydraulique
- 2.2 Étude du fonctionnement

3. Hacheur réversible à deux quadrants

- 3.1 Construction de la structure
- 3.2 Quadrants de fonctionnement du hacheur
- 3.3 Hacheur réversible connecté à un moteur à courant continu

4. Hacheur réversible à quatre quadrants.

5. Autres structures de hacheurs

- 5.1 Hacheur de courant et hacheurs à stockage intermédiaire
- 5.2 Hacheur asymétrique
- 5.3 Hacheur à stockage capacitif
- 5.4 Hacheurs isolés
- 5.5 Hacheurs résonants
- 5.6 Bilan

6. Conclusion

E3965

Hacheurs : filtres, commutations et commande

Par **François BERNOT**

1. Filtre de courant

- 1.1 Modélisation et valeurs instantanées des grandeurs
- 1.2 Réponse fréquentielle
- 1.3 Ondulation du courant de sortie
- 1.4 Analyse spectrale.
- 1.5 Conclusion.

2. Filtre de tension

- 2.1 Modélisation et valeurs instantanées des grandeurs
- 2.2 Réponse fréquentielle
- 2.3 Ondulation de la tension d'entrée
- 2.4 Ondulation du courant d'entrée

3. Commutation dans le hacheur abaisseur.

- 3.1 Conditions de commutation des transistors et des diodes
- 3.2 Commutation à l'ouverture du transistor
- 3.3 Commutation à la fermeture du transistor
- 3.4 Circuits de protection

4. Modes de commande des hacheurs à deux quadrants

- 4.1 Commande complémentaire des bras
- 4.2 Séquences de fonctionnement

5. Modes de commande des hacheurs à quatre quadrants

- 5.1 Commande complémentaire des bras
- 5.2 Commande indépendante des interrupteurs

E3967

Modulations MLI et MPI

Par **François BERNOT**

1. Modulation de largeur d'impulsions

- 1.1 Définition
- 1.2 Modulation du rapport cyclique
- 1.3 Analyse spectrale



- 1.4 Couplage à une charge réelle
- 2. Modulation de position d'impulsions**
- 2.1 Définitions
- 2.2 Analyse spectrale
- 2.3 Modulation du rapport cyclique
- 3. Conclusion**

E380

Alimentations continues stabilisées

Par **Bernard BOUTOUYRIE**

1. Principes

- 1.1 Alimentations à régulation série
- 1.2 Alimentations à découpage

2. Bruit dans les alimentations à découpage

- 2.1 Perturbations conduites Par les conducteurs
- 2.2 Perturbations conduites Par le châssis
- 2.3 Perturbations rayonnées à fréquences radio
- 2.4 Mesure du bruit
- 2.5 Forme d'onde de sortie

3. Normalisation des perturbations

- 3.1 Classes, réglementation et label
- 3.2 Normes

4. MTBF et fiabilité

- 4.1 MTBF calculé ou démontré.
- 4.2 Fiabilité
- 4.3 Composants limitant la fiabilité.
- 4.4 Nouvelles méthodes de tests et de vieillissement

5. Rendement et refroidissement

- 5.1 Rendement et puissance dissipée.
- 5.2 Refroidissement.

6. Applications

- 6.1 Courant d'entrée
- 6.2 Télérégulation (sense)
- 6.3 Découplage
- 6.4 Limitation de courant
- 6.5 Mise en Parallèle
- 6.6 Mise en redondance d'alimentations
- 6.7 Charge de batterie
- 6.8 Utilisation avec charge inductive
- 6.9 Correction du facteur de puissance (PFC)
- 6.10 Alimentations modulaires

7. Quelques conseils

E3385

Conditionnement des modules de puissance

Par **Ludovic MÉNAGER, Bruno ALLARD et Vincent BLEY.**

1. Puces semi-conductrices

- 1.1 Constitution
- 1.2 Exemples de composants de puissance à grand gap.

2. Substrats

- 2.1 Substrat métallique isolé.
- 2.2 Substrat céramique DCB
- 2.3 Substrat céramique brasé

3. Semelles

- 3.1 Fonction
- 3.2 Matériaux utilisés pour les semelles

4. Brasures



- 4.1 Brasures traditionnelles basse et haute température
- 4.2 Brasures sans plomb basse et haute température
- 4.3 Modes de défaillance
- 5. Assemblage Par poudre d'argent frittée à basse température**
- 5.1 Principe
- 5.2 Performances électriques et thermiques. Fiabilité.
- 6. Connexions électriques**
- 6.1 Connexions internes
- 6.2 Connexions externes
- 7. Encapsulant.**
- 7.1 Fonction
- 7.2 Procédé d'encapsulation
- 8. Gestion thermique**
- 8.1 Origine de la chaleur et mécanismes de transfert de chaleur
- 8.2 Systèmes de refroidissement
- 9. Conclusion**

E3620**Systèmes d'alimentation pour équipements électroniques***Par Alain CAILLOT*

- 1. Généralités**
- 1.1 Rôle
- 1.2 Évolution
- 1.3 Impact
- 2. Réseaux de bord**
- 3. Architectures**
- 3.1 Fonctions.
- 3.2 Convertisseurs
- 3.3 Architectures.
- 4. Performances.**
- 4.1 Performances électriques
- 4.2 Fiabilité.
- 4.3 Environnement
- 4.4 Dimensions et masse
- 5. Technologies**
- 6. Évolutions**
- 6.1 Architectures.
- 6.2 Convertisseurs
- 6.3 Composants

E2140**Accumulateurs portables***Par Serge PELISSIER, Ali SARI et Pascal VENET*

- 1. La cellule**
- 1.1 Définitions
- 1.2 Constitution d'une cellule
- 1.3 Principe de fonctionnement
- 1.3.1 Cathode
- 1.3.2 Anode
- 1.3.3 Réaction d'oxydo-réduction
- 1.3.4 Tension à l'équilibre
- 1.3.5 Évolution des potentiels aux électrodes en fonction du courant
- 1.4 Caractérisations et modélisations électriques
- 1.4.1 Tension en fonctionnement
- 1.4.2 Caractérisation électrique temporelle
- 1.4.3 Caractérisation électrique fréquentielle
- 1.4.4 Tracé de Nyquist



- 1.4.5 Modélisations électriques
- 1.4.6 Source de tension OCV
- 1.4.7 Expression de l'impédance
- 1.5 Taux de défaillance, vieillissement, SOH
- 2. Batterie**
- 2.1 Définitions : module, pack
- 2.2 Capacité, SOC, puissance, énergie, SOF, SOH
- 3. Contexte des applications portables et embarquées**
- 3.1 Distinctions entre les applications « énergie » et les applications « puissance ».
- 3.2 Applications à forte quantité d'énergie
- 3.3 Répartition des technologies en présence
- 4. Conclusion**
- 5. Sigles**

S4/24780 Antennes**E3280****Conception d'antennes - Fondamentaux.***Par Xavier BEGAUD***1. Conception d'antennes**

- 1.1 Définition de l'antenne
- 1.2 Rayonnement d'une antenne
- 2. Caractérisation d'une antenne**
- 2.1 Onde plane et polarisation.
- 2.2 Champs rayonnés
- 2.3 Puissance rayonnée.
- 2.4 Diagramme de rayonnement, centre de phase
- 2.5 Directivité
- 2.6 Adaptation et résistance de rayonnement
- 2.7 Gain et efficacité.
- 2.8 Antenne de réception, ouverture effective
- 2.9 Bilan de liaison, PIRE.
- 2.10 Température de bruit d'une antenne, facteur de mérite
- 2.11 Schémas équivalents des antennes
- 2.12 Largeur de bande, bande passante.

3. Principes de conception

- 3.1 Rappels sur les équations de Maxwell (formulation générale)
- 3.2 Formes intégrales des champs E et H.
- 3.3 Source élémentaire de courant électrique (doublet de Hertz)
- 3.4 Ouvertures rayonnantes

4. Conclusion**5. Glossaire.****E3282****Antennes - Différents types.***Par Joseph ROGER***1. Émission****2. Réception****3. Émission et réception****4. Diagrammes Particuliers**

- 4.1 Définition et rappel
- 4.2 Diagramme du type différence
- 4.3 Diagramme du type écart
- 4.4 Diagramme du type Partition
- 4.5 Diagramme du type cosécanté
- 4.6 Diagramme du type avec des zéros dans certaines directions

5. Antenne multifaisceau

6. Antenne multi polarisation
7. Antenne multifréquence
8. Antenne à balayage électronique.
9. Antenne active.
10. Antenne à formation de faisceau Par le calcul (FFC)
11. Antennes adaptatives
12. Tableau récapitulatif

E3284

Antennes - Techniques.

Par *Joseph ROGER*

1. Petites antennes.

- 1.1 Principaux types de ligne : rappels
- 1.2 Dipôle
- 1.3 Fente
- 1.4 Boucle
- 1.5 Hélice
- 1.6 Cornet
- 1.7 Patch

2. Antennes filaires

- 2.1 Antenne linéaire
- 2.2 Antenne en V
- 2.3 Antenne losange

3. Antenne à système focalisant.

- 3.1 Définition
- 3.2 Réflecteur
- 3.3 Lentille

4. Réseaux

- 4.1 Réseaux linéaires.
- 4.2 Réseaux circulaires.
- 4.3 Réseau plan.
- 4.4 Réseau conformé.
- 4.5 Réseau volumique. Antenne stérique

5. Antennes mixtes réseau et système focalisant

- 5.1 Antenne mixte pour balayage dans un petit angle solide
- 5.2 Antenne mixte pour balayage sur 60°
- 5.3 Antenne mixte réseau et lentille pour couverture hémisphérique.

6. Antennes imprimées

- 6.1 Généralités
- 6.2 Réseau plan sur un seul substrat
- 6.3 Réseaux imprimés à plusieurs couches
- 6.4 Sous-réseaux

7. Autres antennes

- 7.1 Antennes supraconductrices
- 7.2 Antennes indépendantes de la fréquence

8. Domaines d'utilisation

Références bibliographiques

E3288

Antennes - Éléments connexes.

Par *Joseph ROGER*

1. Lignes

- 1.1 Généralités
- 1.2 Principales lignes
- 1.3 Pseudo-lignes
- 1.4 Représentation matricielle des lignes

2. Déphaseurs



- 2.1 Fonction
- 2.2 Types de déphaseurs.
- 2.3 Comparaison des déphaseurs
- 3. Modules pour antennes actives et antennes à FFC**
- 3.1 Antenne active
- 3.2 Antenne à formation de faisceau Par le calcul (FFC)
- 4. Radômes**
- 4.1 Définition
- 4.2 Types de radômes
- 4.3 Radômes plans
- 4.4 Radômes quasi sphériques
- 4.5 Autres radômes
- 4.6 Matériaux
- 5. Sécurité.**
- 5.1 Danger du rayonnement électromagnétique
- 5.2 Effets du vent
- 5.3 Rotation des antennes
- Références bibliographiques**

E3290

Antennes millimétriques et applications.

Par **Olivier LAFOND**

et **Mohamed HIMDI**

- 1. Applications en ondes millimétriques**
- 2. Spécificités du spectre d'ondes millimétriques**
- 2.1 Atténuation en espace libre et absorption atmosphérique
- 2.2 Atténuation due aux pertes et ondes de surface pour antennes en technologie imprimée
- 2.3 Caractérisation des matériaux diélectriques
- 2.4 Rayonnement Parasite des lignes dans les réseaux d'antennes en millimétrique
- 2.5 Interconnexion antennes – circuits actifs
- 3. Antennes pour applications indoor à 0 GHz**
- 3.1 Standards et applications
- 3.2 Antennes et technologies d'interconnexion avec modules actifs
- 4. Antennes pour applications radars automobiles à 4 et 9 GHz**
- 4.1 Introduction et spécifications
- 4.2 Systèmes et antennes commercialisés à base de lentilles
- 4.3 Autres concepts d'antennes
- 5. Systèmes antennaires pour application imagerie en millimétrique**
- 5.1 Introduction et spécifications antenne
- 5.2 Détection directe avec une antenne physique
- 5.3 Détection indirecte avec une antenne à ouverture synthétique
- 6. Conclusion.**
- 7. Glossaire**
- 8. Sigles et symboles**

E3294

Antennes actives - Principes de conception.

Par **François GAUTIER**

- 1. Schéma synoptique d'une antenne « active »**
- 2. Intérêt opérationnel des antennes actives**
- 2.1 Gestion du temps
- 2.2 Rendement
- 2.3 Adaptativité
- 2.4 Disponibilité.
- 2.5 Stratégie technique et technologique
- 2.6 Domaine d'application



3. Architecture d'antennes actives

- 3.1 Distributeurs de signaux
 - 3.1.1 Description fonctionnelle
 - 3.1.2 Modélisation
- 3.2 Modules actifs
 - 3.2.1 Description fonctionnelle
 - 3.2.2 Modélisation
- 3.3 Éléments rayonnants
 - 3.3.1 Environnement réseau
 - 3.3.2 Modèle de rayonnement d'un réseau
 - 3.3.3 Modélisation des erreurs
 - 3.3.4 Liaison au module
- 3.4 Radôme
- 3.5 Structure mécanique, thermique, électrique.
- 3.6 Calibration
 - 3.6.1 Exposé du problème
 - 3.6.2 Méthodologie
 - 3.6.3 Moyens à mettre en œuvre
 - 3.6.4 Algorithmique
- 3.7 Pointeur
 - 3.7.1 Description fonctionnelle
 - 3.7.2 Algorithmique
 - 3.7.3 Séquencement
- 3.8 Alimentation.
 - 3.8.1 Description fonctionnelle
 - 3.8.2 Influence du rendement des alimentations

Références bibliographiques

E3295

Antennes actives - Dimensionnement.

Par François GAUTIER

- 1. Surface. Diagramme. Gain.**
- 2. PIRE**
- 3. Maille**
- 4. Nombre optimum de modules**
- 5. Choix du nombre de bits**
 - 5.1 Plage de variation
 - 5.2 Plus petit pas
 - 5.2.1 Cas d'une loi linéaire
 - 5.2.2 Cas des lois non linéaires
- 6. Effet des pannes**
 - 6.1 Pannes d'amplitude faible.
 - 6.2 Pannes de forte amplitude
- 7. Globalisation des effets des erreurs.**
- 8. Écartométrie**
- 9. Granularité**
- 10. Température équivalente de bruit**
- 11. Bande passante en fréquence.**
 - 11.1 Limitation générale
 - 11.2 Limitations dues aux déphaseurs
 - 11.3 Cas des commandes Par retards
- 12. Formation de faisceaux**
- 13. Linéarité.**
- 14. Bruit de phase et d'amplitude**
- 15. Conclusion**

Références bibliographiques



E3300

Antennes à fentes.

Par **Gérard DEBIONNE**

1. Notions de bases

- 1.1 Notations
- 1.2 Constitution d'une antenne à fentes.
- 1.3 Fentes dans un guide d'onde
- 1.4 Rayonnement d'un guide à fentes
- 1.5 Analyse en fréquence d'un guide
- 1.6 Association de guides
- 1.7 Circuit de distribution

2. Synthèse et analyse de l'antenne complète

- 2.1 Généralités sur la synthèse
- 2.2 Mise en œuvre de la synthèse de l'antenne à fréquence centrale
- 2.3 Défauts de rayonnement de l'antenne
- 2.4 Analyse de l'antenne en fréquence.
- 2.5 Méthodologie de conception.

3. Applications

- 3.1 Domaines d'applications classiques
- 3.2 Quelques cas Particuliers

4. Conclusions/perspectives

Bibliographie

E3310

Antennes imprimées - Bases et principes.

Par **Cyril LUXEY, Robert STARAJ, Georges KOSSIAVAS et Albert PAPIERNIK**

1. Contexte

- 1.1 Antennes imprimées, antennes planaires : définitions
- 1.2 Technologies de fabrication
- 1.3 Avantages et inconvénients

2. Notions de base

- 2.1 Principe de fonctionnement
 - 2.1.1 Généralités
 - 2.1.2 Champ rayonné.
- 2.2 Modélisation et méthodes d'analyse
 - 2.2.1 Méthodes analytiques
 - 2.2.2 Méthodes numériques exactes (full-wave)
- 2.3 Géométries de base
 - 2.3.1 Rectangle.
 - 2.3.2 Disque
 - 2.3.3 Triangle
 - 2.3.4 Anneau
 - 2.3.5 Ellipse
 - 2.3.6 Autres géométries

2.4 Techniques d'alimentations

- 2.4.1 Ligne microruban
- 2.4.2 Sonde coaxiale.
- 2.4.3 Fente
- 2.4.4 Guide d'ondes coplanaire
- 2.4.5 Ligne couplée.
- 2.5 Propriétés générales
 - 2.5.1 Adaptation (impédance d'entrée).
 - 2.5.2 Bande passante (comportement en fréquence)
 - 2.5.3 Caractéristiques de rayonnement

3. Procédure de conception d'un patch rectangulaire

Références bibliographiques



E3311

Antennes imprimées - Techniques et domaines d'applications.

Par Cyril LUXEY, Robert STARAJ, Georges KOSSIAVAS et Albert PAPIERNIK

1. Élargissement de la bande passante

- 1.1 Antennes à résonateurs couplés.
- 1.2 Antennes à très larges bandes
- 1.3 Antennes multibandes

2. Miniaturisation

- 2.1 Antennes chargées Par un matériau
- 2.2 Optimisation de la géométrie
- 2.3 Utilisation des composants discrets
- 2.4 Utilisation d'éléments à effets selfiques ou capacitifs localisés métalliques.
- 2.5 Utilisation du circuit imprimé global
- 2.6 Utilisation d'un circuit d'adaptation

3. Antennes commandées électroniquement

- 3.1 Antennes intégrant les fonctions d'amplification et de déphasage
- 3.2 Antennes commandées en fréquence
- 3.3 Antennes commandées en polarisation
- 3.4 Antennes commandées en rayonnement
- 3.5 Antennes auto adaptatives

4. Association d'antennes en réseaux

- 4.1 Diagramme de rayonnement – Cas des réseaux linéaires ou plans
- 4.2 Diagramme de rayonnement – Cas des réseaux conformés
- 4.3 Réseaux réflecteurs ou reflectarray

5. Quelques domaines d'applications

Bibliographie

E3320

Antennes à traitement du signal - Partie.

Par Serge DRABOWITCH

1. Antenne, filtre linéaire de fréquences spatiales

- 1.1 Rôle de la transformation de Fourier
- 1.2 Domaine « réel » ou « visible » et domaine « imaginaire » ou « invisible »
- 1.3 Synthèse d'un diagramme donné.
- 1.4 Application du théorème de l'échantillonnage
- 1.5 Applications du théorème de Bernstein

2. Antennes synthétiques.

- 2.1 Contexte
- 2.2 Antenne synthétique à réception non directive
- 2.3 Antenne synthétique à réception multifaisceau
- 2.4 Exemples de codages spatiotemporels
 - 2.4.1 Codage des signaux
 - 2.4.2 Codage spatial binaire de phase
 - 2.4.3 Codage binaire d'amplitude
- 2.5 Antennes synthétiques à déplacement linéaire
- 2.6 Antenne synthétique focalisée
- 2.7 Exemple de réalisation et applications

3. Imagerie. Goniométrie de sources cohérentes.

- 3.1 Antenne, filtre de fréquences spatiales
- 3.2 Cas d'un objet unique quasi-ponctuel. Technique monopulse
 - 3.3 Cas d'un objet biponctuel
 - 3.3.1 Principe de la méthode
 - 3.3.2 Voie « écart »
 - 3.3.3 Influence du bruit. Probabilités a posteriori



Références bibliographiques

E3321**Antennes à traitement du signal - Partie.**Par **Serge DRABOWITCH****1. Imagerie de sources incohérentes**

- 1.1 Contexte
- 1.2 Condition d'incohérence
- 1.3 Réseaux multiplicatifs
- 1.4 Théorème de Van Cittert et Zernike
- 1.5 Échantillonnage de la fonction de cohérence
- 1.6 Mesure des coefficients de corrélation (ou « covariances »), $C(n - n')$
- 1.7 Matrice de covariance
- 1.8 Antennes – réseaux à redondance minimale
- 1.9 Applications diverses

2. Imagerie haute résolution

- 2.1 Imagerie et densitéspectrale.
- 2.2 Méthode classique du « corrélogramme ».
- 2.3 Méthode de l'entropie maximale de Burg
- 2.4 Autres méthodes d'estimation spectrale

3. Filtrage spatial et antennes autoadaptives

- 3.1 Contexte
- 3.2 Rôle des critères d'optimisation.
- 3.3 Exemple le plus simple : un réseau de deux capteurs
- 3.4 Boucle de corrélation de Howells-Applebaum
- 3.5 Critère du bruit minimal.
- 3.6 Rôle du bruit interne des récepteurs
- 3.7 Cas d'un réseau de N capteurs. Boucles multiples
- 3.8 Antibrouillage d'une antenne « principale » au moyen d'antennes « auxiliaires »
- 3.9 Réseau optimal
- 3.10 Traitement numérique

4. Antennes « intelligentes »

- 4.1 Contexte
- 4.2 Objectifs des systèmes modernes de radiocommunications
- 4.3 Influence du milieu de propagation
- 4.4 Traitement d'antennes et diversités
- 4.5 Concept « MIMO »
- 4.6 Illustrations du concept MIMO

5. Conclusion générale.

Références bibliographiques

S4/24781**Architecture et tests des circuits numériques****** Opérateurs logiques:****E180****Opérateurs logiques - Fondements**Par **Daniel ETIEMBLE****1. Algèbre de Boole et fonctions booléennes**

- 1.1 Propriétés
- 1.2 Opérateurs NAND et NOR
- 1.3 Fonctions booléennes
 - 1.3.1 Forme disjonctive normale
 - 1.3.2 Forme NAND de NAND
 - 1.3.3 Forme conjonctive normale
 - 1.3.4 Forme NOR de NOR

2. Synthèse de fonctions combinatoires

- 2.1 Logique « anarchique »
 - 2.1.1 Simplification des expressions booléennes.
 - 2.1.2 Cas des fonctions booléennes incomplètement spécifiées
- 2.2 Logique avec des opérateurs élémentaires.
 - 2.2.1 Multiplexeur
 - 2.2.2 Démultiplexeur
 - 2.2.3 Décodeur
- 2.3 Logique « structurée »
 - 2.3.1 Structure ROM
 - 2.3.2 Structures PLA et PAL.
 - 2.3.3 Tables de correspondance (LUT)
- 2.4 Logique en tranches
- 3. Opérateurs arithmétiques.**
 - 3.1 Additionneurs
 - 3.1.1 Traitement d'une tranche de bit.
 - 3.1.2 Additionneur n bits à propagation simple de retenue
 - 3.1.3 Propagations rapides de retenue
 - 3.2 Unité arithmétique et logique
 - 3.2.1 Soustraction
 - 3.2.2 Exemple d'UAL
 - 3.3 Multiplieurs
 - 3.3.1 Multiplieurs pour nombres entiers
 - 3.3.2 Multiplieurs pour nombres en représentation flottante.
 - 3.3.3 Opérateurs pour autres opérations.

Référence bibliographique

E181

Opérateurs logiques - Opérateurs séquentiels

Par **Daniel ETIEMBLE**

1. Bascules

- 1.1 Bistable
 - 1.2 Bascule RS
 - 1.2.1 Bascule RS NAND.
 - 1.2.2 Bascule RS NOR
 - 1.3 Bascule latch
 - 1.4 Registres
 - 1.4.1 Transparence et registre à décalage
 - 1.4.2 Connexion d'une sortie sur une entrée
 - 1.5 Bascule D
 - 1.5.1 Bascules D maître esclave
 - 1.5.2 Bascules D à commande Par flanc (edge triggered)
 - 1.5.3 Bascules D et opacité.
 - 1.5.4 Utilisation de la bascule D
 - 1.6 Bascules dérivées de la bascule D
 - 1.6.1 Bascule T
 - 1.6.2 Bascule JK

2. Compteurs et automates synchrones

- 2.1 Compteurs.
 - 2.1.1 Exemple : compteur Par
 - 2.1.2 Compteur avec RAZ
- 2.2 Automates
 - 2.2.1 Définition
 - 2.2.2 Exemple simple
- 2.3 Contrôleur de feux
 - 2.3.1 Graphe de transition et diagramme d'état
 - 2.3.2 Implantation matérielle

Référence bibliographique



E182**Réalisation des opérateurs logiques**Par **Daniel ETIEMBLE****1. Technologie et circuits CMOS**

1.1 Technologie CMOS

1.1.1 Transistors MOS

1.1.2 Logique CMOS statique – Inverseur CMOS

1.1.3 Comportement dynamique de l'inverseur CMOS

1.1.4 Puissance dissipée Par l'inverseur CMOS

1.2 Réalisation des portes logiques.

1.2.1 CMOS statique

1.2.2 Circuiterie CMOS dynamique

1.3 Générations CMOS.

1.3.1 Générations successives

1.3.2 Évolution de la densité d'intégration.

1.3.3 Évolution de la puissance dissipée

1.3.4 Avenir des technologies CMOS

2. Types de réalisation.

2.1 Classes de circuits

2.2 Méthodes de conception

2.3 Grands types de circuit

3. Mémoires RAM

3.1 Logique statique et logique dynamique.

3.2 Points mémoire

3.2.1 Point mémoire statique

3.2.2 Point mémoire dynamique

3.3 Mémoires RAM.

3.3.1 Mémoires statiques (SRAM)

3.3.2 Mémoires dynamiques

4. Réseaux logiques programmables

4.1 Programmation des réseaux logiques programmables

4.1.1 Programmation irréversible

4.1.2 Réseaux logiques reprogrammables

4.2 Réseaux logiques programmables simples (SPLD)

4.3 Réseaux logiques programmables complexes (CPLD)

4.4 Réseaux de portes programmables de l'extérieur (FPGA)

4.4.1 Principe des FPGA

4.4.2 Du FPGA d'origine au système sur puce

4.5 Conception matérielle avec les réseaux logiques programmables

5. Réalisation des circuits ASIC

5.1 Présentation

5.2 Niveaux d'optimisation

5.2.1 Niveau technologique

5.2.2 Niveau circuiterie.

5.2.3 Niveau logique

5.2.4 Autres niveaux

6. Conclusion.**7. Sigles****8. Symboles****** Architectures:****H1196****Architectures reconfigurables FPGA**Par **Olivier SENTIEYS**, et **Arnaud TISSERAND****1. Historique et terminologie****2. Architecture générique d'un FPGA**

- 2.1 Blocs logiques configurables
- 2.2 Interconnexions programmables
- 2.3 Blocs matériels dédiés
- 2.4 Processeurs dans les FPGA
- 2.5 Blocs entrées/sorties et horloges programmables
- 2.6 Configuration des FPGA

3. Exemples de familles de FPGA

- 3.1 FPGA Altera
- 3.2 FPGA Xilinx.
- 3.3 FPGA Actel/Microsemi
- 3.4 FPGA Achronix
- 3.5 Autres types de FPGA
- 3.6 Cartes de développement et d'accélération
- 3.7 Conversion de technologies FPGA vers ASIC

4. Outils de développement

- 4.1 Langages de description
- 4.2 Synthèse logique
- 4.3 Synthèse de haut niveau
- 4.4 Placement/routage
- 4.5 Bibliothèques et macro générateurs de blocs IP

5. Applications

6. Conclusion

E3550

Microprocesseurs - Approche générale

Par *Dominique HOUZET*

1. Origine et perspective de développement

- 1.1 Évolution historique
- 1.2 Évolution de la performance des microprocesseurs
- 1.3 Marché des microprocesseurs

2. Classification des microprocesseurs

- 2.1 Structure générale
- 2.2 Équation de base de la performance.
- 2.3 Classification des architectures
 - 2.3.1 Architecture classique CISC (Complex Instruction Set Computer).
 - 2.3.2 Architecture à jeu d'instructions réduit RISC(Reduced Instruction Set Computer)
 - 2.3.3 Architecture spécialisée pour le traitement de signal DSP(Digital Signal Processor)
 - 2.3.4 Architecture de processeur graphique (GPU)
- 2.4 Comparaison CISC et RISC.

3. Architecture de microprocesseur et logiciel.

- 3.1 Compilateurs
 - 3.1.1 Transformation des programmes.
 - 3.1.2 Optimisation locale
 - 3.1.3 Optimisation dépendante de l'implémentation de l'architecture
 - 3.1.4 Optimisation globale
 - 3.1.5 Optimisation dépendante de l'implémentation de l'architecture
- 3.2 Systèmes d'exploitation
- 3.3 Niveaux de compatibilité
 - 3.3.1 Compatibilité au niveau source
 - 3.3.2 Compatibilité au niveau binaire

E3555

Microprocesseurs - Architecture et performances

Par *Dominique HOUZET*

1. Description

- 1.1 Support des systèmes d'exploitation.
 - 1.1.1 Espace d'adressage



- 1.1.2 Mise en œuvre de la virtualisation : mécanisme de pagination
- 1.1.3 Traduction d'adresses
- 1.1.4 Cache de traduction d'adresses
- 1.1.5 Protection.
- 1.1.6 Virtualisation des systèmes d'exploitation
- 1.2 Architecture des répertoires d'instructions
- 1.2.1 Types de données manipulées
- 1.2.2 Représentation des données.
- 1.2.3 Modes d'adressage.
- 1.2.4 Instructions.
- 1.2.5 Extensions vectorielles et multimédias.
- 1.3 Entrées-sorties
- 1.4 Hiérarchie mémoire
- 1.5 Support des architectures multiprocesseur
- 2. Performances et indicateurs de performance**
- 2.1 Benchmarks
- 2.2 Caractéristiques de SPEC
- 3. Techniques d'amélioration de la performance**
- 3.1 Processeur de base avec pipeline
- 3.2 Processeur superscalaire.
- 3.3 Processeur superpipeline
- 3.4 Processeur superpipeline et superscalaire
- 3.5 Processeur hyperthread
- 3.6 Processeur VLIW
- 3.7 Processeur EPIC
- 3.8 Comparaison des processeurs.
- 4. Conclusion**

E3560

Microprocesseurs - Mise en œuvre et exemples d'application

Par ***Dominique HOUZET***

- 1. Packaging**
- 2. Méthodes et outils de développement**
- 2.1 Matériel
- 2.2 Logiciel.
- 2.3 Boundary scan (registre à décalage périphérique)
- 2.4 Capacité d'autotest
- 3. Critères de choix d'une architecture et évaluation**
- 4. Perspectives**
- 4.1 Utilisateurs
- 4.2 Producteurs
- 5. Exemples d'application**
- 5.1 Smartphone Blackberry.
- 5.2 Contrôleur d'imprimante laser.
- 5.3 Applications dans le domaine des réseaux, cas de l'ATM
- 6. Conclusion**

E3565

Processeurs de traitement numérique du signal (DSP)

Par ***Gérard BLANCHET et Patrick DEVRIENDT***

- 1. Processeurs dans le traitement numérique.**
- 2. Architecture mémoire des DSP**
- 2.1 Parallélisme d'accès
- 2.2 Mémoires externes et internes.
- 2.3 Pile câblée



3. Arithmétique

3.1 Représentation « virgule fixe ».

3.2 Représentation « virgule flottante »

4. Unité de calcul MAC et filtrage

4.1 Principe.

4.2 Exemple du TMS320C25

5. Modes d'adressage

5.1 Adressage modulo

5.2 Traitement des TFD et adressage bit reverse

5.3 Résumé

6. Jeu d'instructions et Particularités

6.1 Instructions Particulières.

6.2 Conversions flottant-entier

6.3 Tables de constantes

6.4 Communications.

7. Caractéristiques architecturales générales.

7.1 Caches

7.2 Architecture pipeline

8. Outils de mise au point

8.1 Mise au point

8.2 Test du matériel

8.3 Langages

9. Circuits spécialisés

9.1 Principe.

9.2 Microcontrôleurs

9.3 DSP dans les circuits spécialisés.

9.4 Tendances

9.5 Exemples

TE5990**Calcul généraliste sur carte graphique - Du rendu au calcul massivement Parallèle.***Par* **Dominique HOUZET****1. Du CPU au GPGPU**

1.1 Évolution du CPU vers le Parallélisme.

1.2 Évolution des cartes graphiques

2. Architecture actuelle NVIDIA et ATI/AMD pour le calcul généraliste

2.1 Multiprocesseurs

2.2 Modèles des mémoires

2.3 Modèles d'exécution

3. Langages de programmation de haut niveau

3.1 Open CL.

3.2 CUDA/PTX

4. Programmation avec CUDA

4.1 Extensions du langage.

4.2 Noyaux

4.3 Grille, blocs et threads

4.4 Gestion de la mémoire globale

4.5 Gestion de la mémoire Partagée.

4.6 Mémoire constante D

4.7 Mémoire de textures

4.8 Mémoire système.

4.9 Bon usage de la mémoire

4.10 Contrôle de l'exécution et communication des threads

4.11 Programmation C++

4.12 Exemple détaillé: simulation de Particules.



- 4.13 Problèmes de performances
- 4.14 Programmation Par librairies
- 4.15 GPU embarqué

5. Évolutions

- 5.1 Matériels
- 5.2 Abstractions logicielles

6. Conclusion

7. Glossaire

8. Sigles, notations et symboles

R1108

Filtrage numérique à base d'ondelettes- Fondements.

Par **Abdeldjalil OUAHABI**

1. Analyse multi résolution

- 1.1 À la découverte des ondelettes
 - 1.1.1 Transformée continue en ondelettes
 - 1.1.2 Transformée discrète en ondelettes
- 1.2 Concept de l'AMR
- 1.3 Algorithme de Mallat
- 1.4 Ondelettes orthogonales et filtres associés
 - 1.4.1 Ondelette de Haar
 - 1.4.2 Ondelettes de Daubechies
 - 1.4.3 Symlettes
 - 1.4.4 Ondelettes splines polynomiales
 - 1.4.5 Quelles ondelettes choisir ?

2. Débruitage ou réduction de bruit

- 2.1 Position du problème
- 2.2 Modèle de bruit blanc gaussien additif.
 - 2.2.1 Utilisation du modèle
 - 2.2.2 Codes MATLAB de débruitage
- 2.3 Filtrage Par atténuation sigmoïdale
- 2.4 Filtrage Paramétrique : filtre de Wiener
- 2.5 Cas d'un signal entaché de bruit non blanc

3. Conclusion

R1109

Filtrage numérique à base d'ondelettes- Applications en imagerie médicale.

Par **Abdeldjalil OUAHABI**

1. Notions d'imagerie médicale

- 1.1 Méthodes et moyens
- 1.2 Généralités sur l'imagerie Par résonance magnétique
- 1.3 Imagerie Par résonance magnétique fonctionnelle

2. Analyse multi résolution redondante

- 2.1 Transformée en ondelettes discrète non décimée
- 2.2 Transformée en contour lettres
- 2.3 Débruitage à base de contour lettres

3. Débruitage en imagerie médicale.

- 3.1 Illustration en IRM
 - 3.1.1 Analyse multi résolution à base d'ondelettes
 - 3.1.2 Approche heuristique Paramétrique
- 3.2 Illustration en IRMf
- 3.3 Illustration en échographie

4. Conclusion



E3087

Traitement numérique du signal - Signaux déterministes.

Par Gérard BLANCHET et Maurice CHARBIT

1. Signaux numériques

- 1.1 Passage du temps continu au temps discret
- 1.2 Transformée de Fourier.
- 1.3 Théorème d'échantillonnage
- 1.4 Phénomène de repliement

2. Signaux déterministes

- 2.1 Signaux types
- 2.2 Transformée de Fourier à temps discret (TFTD)
- 2.3 Transformée de Fourier à court terme (TFCT).
- 2.4 Transformée de Fourier discrète (TFD) : outil de calcul de la TFTD

3. Filtrage linéaire

- 3.1 Transformée en z, outil d'étude des filtres
- 3.2 Filtre défini Par une équation récurrente
- 3.3 Introduction aux méthodes de synthèse

4. Traitements de signaux

- 4.1 Interpolation et sous-échantillonnage.
- 4.2 Banc de filtres.
- 4.3 Ondelettes et analyse multi-échelle

5. Conclusion

6. Glossaire français-anglais.

E3088

Traitement numérique du signal- Signaux aléatoires.

Par Gérard BLANCHET et Maurice CHARBIT

1. Signaux aléatoires

- 1.1 Quelques rappels de probabilité
- 1.2 Notion de processus aléatoire
- 1.3 Processus aléatoires SSL
- 1.4 Processus ARMA
- 1.5 Prédiction linéaire
- 1.6 Processus de Markov
- 1.7 Éléments d'estimation statistique

2. Traitements de signaux

- 2.1 Estimation de spectre
- 2.2 Traitement d'antenne
- 2.3 Filtrage de Wiener/algorithme LMS
- 2.4 Filtre de Kalman

3. Conclusion.

E3160

Filtres numériques- Synthèse.

Par Jacques PRADO

1. Filtrage numérique

- 1.1 Propriétés
- 1.2 Filtres caractéristiques
- 1.3 Utilisation de la transformée en z
- 1.4 Généralisation aux systèmes multi entrées-multi sorties
- 1.5 Quelques notations et définitions

2. Synthèse des filtres non récurrents

- 2.1 Caractéristiques des filtres à phase linéaire.
- 2.2 Comportement fréquentiel



- 2.3 Position des zéros du filtre à phase linéaire
- 2.4 Méthodes de synthèse des filtres RIF

3. Synthèse des filtres récurrents

- 3.1 Transposition de filtres continus
- 3.2 Butterworth généralisé
- 3.3 Transformation d'un filtre passe-bas
- 3.4 Filtres passe-tout

Références bibliographiques

E3162

Filtres numériques- Conversion de fréquences et bancs de filtres.

Par **Jacques PRADO**

1. Conversion de fréquence

- 1.1 Changement de fréquence d'échantillonnage
- 1.2 Méthodes de synthèse

2. Bancs de filtres

- 2.1 Transformation d'un signal.
- 2.2 Banc de filtres uniforme
- 2.3 Banc de filtres à deux voies
- 2.4 Exemples de bancs de filtres à M voies
- 2.5 Banc de filtres et TFD
- 2.6 Banc de filtres modulés.
- 2.7 Banc de filtres non uniforme

3. Relations banc de filtres-ondelettes.

- 3.1 Principe de la multi résolution.
- 3.2 Équation d'échelle et équation d'ondelette.
- 3.3 Ondelettes à Partir de filtres
- 3.4 Passage de $x(t)$ à x_n

Références bibliographiques

E2452

Langages pour la conception des circuits intégrés.

Par **Jean MERMET**

- 1. Principes généraux
- 2. Émergence des concepts
- 3. Diversification des langages
- 4. VHDL.
- 5. Extensions de VHDL
- 6. Conclusion

E2455

Conception des systèmes VLSI.

Par **Frédéric ROUSSEAU**

1. Méthodes et modèles pour la conception

- 1.1 Évolution : de l'ASIC au système multiprocesseur monopuce
- 1.2 Concepts de base pour la modélisation des systèmes
- 1.3 Niveaux d'abstraction
- 1.4 Les différentes étapes de conception
- 1.5 Précision temporelle.
- 1.6 Difficultés de conception.
- 1.7 Langages utilisés pour la conception

2. Conception système

- 2.1 Intérêt.
- 2.2 Description du flot usuel de conception système.
- 2.3 Découpage logiciel/matériel



- 2.3.1 Nécessité et principe de base du découpage logiciel/matériel.
- 2.3.2 Algorithmes et outils de Partitionnement
- 3. Synthèse comportementale**
- 3.1 Synthèse comportementale du matériel
- 3.2 Architectures cibles et formes intermédiaires
- 3.2.1 Architecture cible
- 3.2.2 Formats intermédiaires
- 3.3 Techniques de base
- 3.3.1 L'ordonnancement
- 3.3.2 L'allocation de ressources
- 3.4 Flot de synthèse comportementale.
- 3.5 Les outils de synthèse comportementale
- 4. Synthèse logique et conception physique**
- 4.1 Synthèse logique
- 4.2 Conception physique
- 5. Tendances et bilan**
- 5.1 Évolution vers la conception des circuits multiprocesseurs mono puces
- 5.2 Évolution des circuits vers les réseaux sur puces

E2460

Test des circuits intégrés numériques- Notions de base. Génération de vecteurs.

Par Régis LEVEUGLE

1. Généralités sur le test
 2. Vecteurs de test, modèles de fautes et taux de couverture.
 3. Notion de testabilité. Augmentation de testabilité
 4. De la validation fonctionnelle au programme de test.
 5. Conclusion
- Tests des circuits intégrés numériques. Conception orientée testabilité.

E2461

Test des circuits intégrés numériques- Conception orientée testabilité.

Par Régis LEVEUGLE

1. Techniques de conception pour augmenter la testabilité d'un circuit.
2. Norme IEEE149.1 « boundary scan »
3. Vers le test des SoC
4. Techniques de conception pour augmenter la testabilité en ligne.
5. Outils CAO
6. Exemples d'utilisation des techniques de DFT
7. Conclusion

S4/24782

Cartes électroniques : technologies et conception

**** Technologies des cartes électroniques :**

E3342

Conception et fabrication des circuits imprimés rigides.

Par Eric CADALEN

1. Présentation générale
- 1.1 Aperçu de la technologie des circuits imprimés
- 1.2 Méthodologie de conception
2. Données d'entrée de la conception
- 2.1 Critères de performance
- 2.2 Composants et technologies d'assemblage
3. Paramètres de la conception



- 3.1 Éléments du tracé
- 3.2 Dimensions des plages de cuivre (pistes, pastilles...)
- 4. Matériaux et procédés de fabrication. Contrôles associés**
- 4.1 Matériaux usuels.
- 4.2 Matériaux bannis
- 4.3 Empilage
- 4.4 Mise en panneaux
- 4.5 Traçabilité.
- 4.6 Gravure et photolithographie
- 4.7 Dépôts
- 4.8 Aspect ratio des trous métallisés.
- 4.9 Contrôle du circuit imprimé fini.
- 5. « Boîte à outil » et retours d'expérience pour améliorer la mise en œuvre.**
- 5.1 Routage en courant continu.
- 5.2 Routage en courant variable
- 5.3 Technologie Max Copper
- 5.4 Tear drop
- 5.5 Oméga.
- 5.6 Liaison thermique
- 5.7 Optimisation du chemin thermique
- 5.8 Équilibrage du cuivre dans le circuit imprimé. Pastillage
- 5.9 Micro vias
- 5.10 Finition des métallisations externes
- 5.11 Nature du cuivre de base
- 5.12 Diélectrique et empilement
- 5.13 Vernis épargne
- 5.14 Via in pad
- 5.15 Échange d'informations entre le concepteur et les industriels
- 5.16 Outils logiciels
- 6. Évolutions**
- 6.1 Matériaux
- 6.2 Procédés
- 7. Conclusion**

E3915

Circuits imprimés souples - Conception.

Par **Marnix BOTTE** et **Gilbert GRYPONPREZ**

- 1. Matériaux**
- 1.1 Circuits souples
- 1.2 Circuits souples-rigides
- 2. Applications**
- 2.1 Applications dynamiques
- 2.2 Applications statiques
- 2.3 Aspects économiques
- 3. Paramètres de conception**
- 3.1 Empilage
- 3.2 Choix des matériaux de base
- 3.2.1 Nature des matériaux de base
- 3.2.2 Épaisseur du matériau
- 3.3 Contour.
- 3.4 Circuit
- 3.4.1 Trous
- 3.4.2 Pastilles.
- 3.4.3 Pistes.
- 3.4.4 Coverlay
- 3.4.5 Renforts



3.5 Remarques générales

Références bibliographiques

E3920**Circuits imprimés souples - Fabrication.**Par *Marnix BOTTE* et *Gilbert GRYMOPREZ***1. Généralités.**

- 1.1 Vérification de la conception
- 1.2 Conception du panneau de fabrication.
- 1.3 Prototypes

2. Procédés de fabrication

- 2.1 Circuit souple simple face
 - 2.1.1 Préparation du circuit
 - 2.1.2 Coverlay
 - 2.1.3 Laminage du coverlay et finition du circuit
- 2.2 Circuit souple double face
 - 2.2.1 Préparation du circuit
 - 2.2.2 Préparation du coverlay
 - 2.2.3 Laminage du coverlay et finition du circuit
- 2.3 Circuit souple multicouche
 - 2.3.1 Réalisation du circuit interne
 - 2.3.2 Préparation de la couche adhésive et du cuivre de la couche externe.
 - 2.3.3 Stratification de la structure multicouche
 - 2.3.4 Réalisation du circuit externe
 - 2.3.5 Application du coverlay et finition du circuit
- 2.4 Adjonction de renforts
- 2.5 Circuit souple-rigide
 - 2.5.1 Préparation du circuit souple
 - 2.5.2 Préparation des structures multicouches rigides
 - 2.5.3 Préparation de la couche adhésive
 - 2.5.4 Stratification du souple-rigide
 - 2.5.5 Réalisation du circuit externe

3. Équipement et outillage.**E3925****Circuits hybrides - Conception.**Par *Augustin COELLO-VERA* et *Claude DREVON***1. Généralités.**

- 1.1 Critères de choix d'un circuit hybride
- 1.2 Méthodologie et démarche de conception.

2. Conception de circuits hybrides à couches épaisses

- 2.1 Conducteurs
- 2.2 Composants passifs intégrés : résistances et condensateurs
- 3. Conception de circuits hybrides à couches minces
 - 3.1 Conducteurs
 - 3.2 Composants passifs intégrés : résistances et condensateurs

4. Ajustage de résistances

- 4.1 Ajustage mécanique.
- 4.2 Ajustage chimique
- 4.3 Ajustage Par laser.

5. Guide de conception thermique

- 5.1 Spécificité des circuits hybrides
- 5.2 Approche analytique

6. Conception assistée Par ordinateur (CAO)

- 6.1 Choix de conception.
- 6.2 Outils de conception



E3927

Circuits hybrides - Fabrication.

Par **Augustin COELLO-VERA** et **Claude DREVON**

1. Matériaux

- 1.1 Substrats
- 1.2 Fabrication de substrats pour circuits hybrides à couches épaisses
 - 1.2.1 Diagramme de fabrication
 - 1.2.2 Sérigraphie
 - 1.2.3 Séchage
 - 1.2.4 Cuisson
 - 1.2.5 Ajustage
- 1.3 Fabrication de substrats pour circuits hybrides à couches minces.
 - 1.3.1 Diagramme de fabrication
 - 1.3.2 Grillage
 - 1.3.3 Dépôt sous vide
 - 1.3.4 Masquage. Gravure
 - 1.3.5 Couche résistive

2. Assemblage final de circuits imprimés hybrides.

- 2.1 Composants utilisés dans les hybrides
- 2.2 Report et câblage de composants.
 - 2.2.1 Report
 - 2.2.2 Câblage
- 2.3 Encapsulation de circuits hybrides
 - 2.3.1 Encapsulation en boîtier étanche
 - 2.3.2 Enrobage

3. Fiabilité.

- 3.1 Considérations sur la fiabilité de circuits hybrides
- 3.2 Mécanismes de défaillance
- 3.3 Tests de fiabilité.
- 4. Domaines d'application

E3365

Circuits en couches minces - Couches minces traditionnelles.

Par **Michel MASSÉNAT**

1. Généralités.

- 1.1 Définitions
- 1.2 Domaines d'applications
- 1.3 Renouveau des couches minces
- 1.4 Matériaux et caractéristiques

2. Technologies

- 2.1 Techniques de réalisation et physique des couches minces
- 2.2 Couches minces monocouches.

3. Applications

- 3.1 Applications analogiques, codeurs et capteurs
- 3.2 Applications radiofréquences et hyperfréquences

4. Conclusion

E3366

Circuits en couches minces - MCM et techniques connexes.

Par **Michel MASSÉNAT**

1. Généralités

2. Technologies

- 2.1 Techniques de réalisation et physique des couches minces
- 2.2 Couches minces multicouches



- 2.2.1 Évolution des procédés.
- 2.2.2 Types de multicouches
- 2.2.3 Procédés de dépôt
- 2.2.4 Obtention des motifs et perçage des vias
- 2.2.5 Packaging
- 2.3 Performances et limitations
- 2.3.1 Limitations actuelles.
- 2.3.2 Intégration des composants passifs
- 2.3.3 Tendances futures.
- 2.4 Contraintes industrielles
- 2.5 Comparaison avec les couches épaisses et autres techniques à couches
- 2.5.1 Diffusion Patterning TM
- 2.5.2 Couche épaisse photo-imageable Fodel
- 2.5.3 Couche épaisse photodéfinissable.
- 2.5.4 LTCC
- 2.5.5 Build-up MCM-L
- 3. Applications**
- 3.1 Interconnexion et applications basses fréquences
- 3.1.1 Substrats d'interconnexion MCM-S et MCM-D
- 3.1.2 Macro composants MCM-S et MCM-D
- 3.1.3 Substrats MCM-S et MCM-D actifs
- 3.1.4 Modules dits D
- 3.1.5 Couches minces pour encapsulation de composante haute densité.
- 3.1.6 Cas Particulier des électroniques numériques, dites rapides
- 3.2 Applications optoélectroniques
- 3.2.1 Affichage
- 3.2.2 Applications optoélectroniques à venir
- 3.3 Autres applications.
- 4. Conclusion**

E3400

Packaging des circuits intégrés.

Par Xavier SAINT MARTIN

- 1. Généralités.**
- 2. Circuits intégrés**
- 3. Supports d'interconnexion**
- 4. Boîtiers**
- 5. Procédés d'assemblage**
- 6. Exemples de filières d'assemblage**
- 7. Performances électriques des assemblages**
- 8. Performances thermiques**
- 9. Qualité et fiabilité des assemblages**

E3401

Procédés de packaging et d'interconnexion de composants électroniques.

Par Gilles POUPON

- 1. Contexte et évolutions**
- 1.1 Enjeux
- 1.2 Quelques rappels
- 1.3 De l'intégration individuelle aux procédés collectifs
- 2. Assemblage et catégories d'interconnexion**
- 2.1 Câblage filaire (wire bonding)
- 2.2 Tape Automated Bonding (TAB).
- 2.3 Flip chip.
- 3. Catégories de packaging.**



- 3.1 Système sur puce (system on chip)
- 3.2 System in package
- 4. Procédés d'encapsulation**
- 4.1 Encapsulation individuelle (single chip package)
- 4.2 Encapsulation au niveau du substrat
- 4.3 Packaging intégré(ou enfoui) (embedded wafer level packaging)
- 5. Intégration D**
- 5.1 Enjeux
- 5.2 Différents niveaux d'intégration D.
- 5.3 Schéma d'intégration et étapes technologiques D
- 5.4 Interposeur : l'intégration,5D
- 6. Conclusion**
- 7. Glossaire**
- 8. Tableau de sigles**

E3405

Packaging plastique.

Par **Charles LE COZ**

- 1. Boîtier plastique**
- 2. Fabrication des boîtiers plastiques**
- 3. Avantages de l'encapsulation plastique**
- 4. Limitations du packaging plastique.**
- 5. Solutions associées**
- 6. Cycle de vie des technologies d'encapsulation**
- 7. Défis du packaging plastique**
- 8. Conclusion**

**** Conception de cartes électroniques:**

E3440

Cartes à puces.

Par **Jean-Pierre TUAL**

- 1. Généralités.**
- 1.1 Historique
- 1.2 Applications et marchés de la carte à puces
- 2. Semi-conducteurs pour cartes à puces**
- 2.1 Technologies
- 2.2 Composants en logique câblée
- 2.3 Microcalculateurs
- 3. Cryptologie et sécurité**
- 3.1 Principes de la cryptographie
- 3.2 Crypto systèmes symétriques
- 3.3 Crypto systèmes asymétriques
- 3.4 Crypto systèmes à apport nul de connaissance
- 3.5 Sécurité physique et logique des cartes à puces
- 3.5.1 Interdire le mode test
- 3.5.2 Résister aux attaques
- 3.5.3 Des mémoires intactes
- 3.5.4 Conserver l'union microprocesseur-logiciel.
- 4. Construction.**
- 4.1 Principes de construction.
- 4.2 Interconnexion des composants
- 4.3 Encartage
- 4.4 Connectique
- 5. Systèmes d'exploitation**
- 5.1 Généralités et mécanismes de base



- 5.2 Systèmes d'exploitation fermés.
 - 5.2.1 Principe des systèmes fermés
 - 5.2.2 Exemple de systèmes fermés
- 5.3 Systèmes d'exploitation ouverts
 - 5.3.1 Téléchargement de code natif.
 - 5.3.2 Systèmes d'exploitation à interpréteurs
- 6. Perspectives d'avenir.**

E3450***Simulation des circuits analogiques et mixtes.****Par Joël BESNARD, Pascal BOLCATO, Dézaï GLAO***1. Simulation des circuits : environnement d'utilisation et principales caractéristiques**

- 1.1 Simulation dans le flot de conception des circuits
- 1.2 Simulation dans le flot de vérification des circuits
- 1.3 Caractéristiques requises pour le simulateur
- 1.4 Segmentations du marché

2. Simulation analogique

- 2.1 Principes généraux – Terminologie
- 2.2 Algorithmes de base de la simulation analogique
- 2.3 Différentes analyses

3. Simulation des circuits en radiofréquence.

- 3.1 Analyse du régime établi – Équilibrage harmonique
- 3.2 Analyses linéaires autour du régime établi
- 3.3 Approche mixte temps-fréquence pour l'analyse de signaux modules (analyse d'enveloppe)

4. Simulation des circuits numériques

- 4.1 Modélisation des circuits logiques
- 4.2 Algorithme de simulation des circuits logiques

5. Simulation des circuits et des systèmes en mode mixte

- 5.1 Interfac, ageentre le numérique et l'analogique : les convertisseurs
- 5.2 Problèmes de synchronisation
- 5.3 Algorithme de simulation en mode mixte

6. Conclusion**7. Glossaire****E3455*****Intégrité de signal et compatibilité électromagnétique (CEM) des cartes électroniques.****Par Saverio LEROSE***1. Positionnement du problème****2. Caractéristiques électriques des interconnexions**

- 2.1 Boîtiers des composants électroniques
- 2.2 Le circuit imprimé et ses caractéristiques électriques

3. Intégrité de signal des cartes électroniques

- 3.1 Limitation des réflexions Parasites.
- 3.2 Réduction de la diaphonie.
- 3.3 Stabilité des tensions d'alimentation et des niveaux de référence
- 3.4 Liaisons à très haut débits.
- 3.5 Importance des composants passifs discrets.

4. CEM des cartes

- 4.1 Phénomènes concernés
- 4.2 Conduction



- 4.3 Rayonnement
- 5. Prise en compte dans la conception des cartes.**
- 5.1 CAO des cartes
- 5.2 Simulation
- 5.3 Méthodologie
- 6. Conclusion**

E3572

Conception de cartes pour équipements spatialisables.

Par **Claude DREVON** et **José ALDEGUER**

1. Matériaux et technologies.

- 1.1 Matériaux de base
 - 1.1.1 Diélectrique
 - 1.1.2 Cuivre.
 - 1.1.3 Drain thermique.
- 1.2 Limites technologiques
 - 1.2.1 Nombre de couches. Épaisseur des cartes
 - 1.2.2 Règles de conception
 - 1.2.3 Quelques règles d'implantation pour montage de composants
 - 1.2.4 Circuits souples.
- 1.3 Tests

2. Environnement

- 2.1 Mécanique
 - 2.1.1 Méthodologie
 - 2.1.2 Sollicitations appliquées aux composants
 - 2.1.3 Déformation des composants
 - 2.1.4 Étude mécanique
 - 2.1.5 Recommandations
- 2.2 Radiations.
 - 2.2.1 Objectifs de l'analyse des radiations
 - 2.2.2 Constitution du modèle de radiation
 - 2.2.3 Calcul des doses déposées
 - 2.2.4 Résultats et validation des critères
 - 2.2.5 Recommandations
- 2.3 Thermique
 - 2.3.1 Analyse thermique
 - 2.3.2 Définition des Paramètres.
 - 2.3.3 Maillage des cartes électroniques
 - 2.3.4 Résultats
 - 2.3.5 Recommandations

3. Perspectives

Références bibliographiques

E3585

Conception des cartes pour ordinateurs. Partie.

Par **Jean JOLY**

Glossaire.

1. Contexte

- 1.1 Évolution des systèmes et des processeurs.
- 1.2 Problématique et contraintes de conception
- 2. Évolution des processeurs
 - 2.1 Rapidité.
 - 2.2 Puissance dissipée.



- 2.3 Packaging des processeurs et des autres composants
- 3. Contraintes liées à la rapidité des systèmes informatiques**
- 3.1 Rappels sur la propagation des signaux
- 3.2 Intégrité des signaux
- 3.3 Sécurité de fonctionnement
- 3.4 Perspectives – Lignes de transmission optique
- 4. Refroidissement des cartes informatiques.**
- 4.1 Convection naturelle
- 4.2 Convection forcée
- 4.3 Refroidissement liquide
- 4.4 Drain thermique.
- 4.5 Effet Pelletier
- Références bibliographiques**

E3586

Conception des cartes pour ordinateurs. Partie.

Par Jean JOLY

Glossaire.

- 1. Technologies des cartes
- 1.1 Circuit imprimé multicouche
- 1.2 Technologie microvia ou HDI.
- 1.3 Couches externes
- 1.4 Matériaux
- 1.5 Cartes électro-optiques
- 2. Technologies d'assemblage et d'interconnexion**
- 2.1 Évolution des composants
- 2.2 Assemblage des composants
- 2.3 Packaging des mémoires
- 2.4 Contraintes thermomécaniques
- 3. Test et assurance qualité des cartes informatiques**
- 3.1 Vérification et contrôle des cartes
- 3.2 Assurance de la qualité et fiabilité des cartes
- 3.3 Qualité et fiabilité des composants.
- 4. Méthodologie de conception.**
- 4.1 Tracé des cartes imprimées
- 4.2 Outils de simulation
- 4.3 Autres contraintes
- 5. Conclusion et perspectives.**
- Références bibliographiques**

E3952

Dissipation thermique dans les systèmes électroniques.

Par Jean-Pierre PETIT

- 1. Modes de transfert**
- 1.1 Conduction
- 1.2 Rayonnement
- 1.3 Convection
- 2. Caractéristiques thermiques des composants**
- 2.1 Composants à semi-conducteur
- 2.2 Composants passifs
- 2.3 Tubes électroniques
- 3. Dispositifs de transfert**
- 3.1 Caloducs
- 3.2 Modules thermoélectriques.
- 3.3 Radiateurs thermiques
- 3.4 Refroidissement forcé Par air
- 3.5 Refroidissement forcé Par liquide



3.6 Refroidissement Par changement de phase.

4. Simulation

4.1 Méthode nodale.

4.2 Exemples de modélisations possibles.

5. Conclusion

E3954

Méthode d'analyse des cartes électroniques soumises à des vibrations environnementales.

Par *Maxime ALAY-EDDINE*

1. Vibrations

1.1 Définition

1.2 Représentation mathématique

2. Vibrations et théorie des plaques.

2.1 Calcul de la réponse en déplacement et de la fréquence propre d'une plaque...

2.2 Conversion d'une vibration définie Par une accélération en déplacement.

2.3 Spectre de dommage Par fatigue

3. Dommage appliqué au système

3.1 Déplacement relatif entre une carte électronique et un composant

3.2 Modélisation mathématique du système

3.3 Calcul du dommage

4. Conclusion

S4/24783

Compatibilité électromagnétique dans les systèmes électroniques

E1300

CEM en conception électronique et de systèmes - Introduction

Par *Olivier MAURICE*

1. Compatibilité électromagnétique : Nécessité de prérequis théoriques

2. Développement d'un projet de CEM

2.1 Phase d'appel d'offres et début de projet

2.2 Validations virtuelles

2.3 La CEM des équipements.

2.4 La CEM des composants

2.5 Phases de qualification.

3. Objectifs des articles sur la CEM

E1302

Compatibilité électromagnétique - Notions fondamentales

Par *Olivier MAURICE*

1. Phénomènes électrostatiques

1.1 Origine des phénomènes électrostatiques

1.2 Lignes de champ électrostatiques

1.3 Caractéristiques du champ électrostatique

1.4 Application dans le cas de la compatibilité électromagnétique

1.5 Décharges électrostatiques

2. Magnétostatique

2.1 Au niveau des charges

2.2 Au niveau d'un circuit simple

2.3 Application en compatibilité électromagnétique

3. Méthode de calcul de Gabriel Kron. Comment calculer les interactions de façon simple



- 3.1 Notion de graphe de représentation
- 3.2 Matrice des impédances
- 3.3 Vecteur des sources.
- 3.4 Connectivité
- 3.5 Résolution du système d'équations

4. Ondes guidées

- 4.1 Principe quel que soit le mode
- 4.2 Modèle de Branin
- 4.3 Cas des lignes couplées

5. Notion de champ lointain

- 5.1 Potentiels
- 5.2 Vecteur de Poynting
- 5.3 En pratique comment utiliser ces notions ?

6. Câbles et boîtiers blindés

7. Sources de bruit dans les circuits intégrés

- 7.1 Évolution des technologies
- 7.2 Conséquences sur la CEM
- 7.3 Modélisation CEM composants
- 7.4 Rayonnement E, H

8. Principales interactions des Particules avec la matière

- 8.1 Interactions électroniques-ions lourds: notions usuelles.
- 8.2 Interactions photons-matière
- 8.3 Interactions des Particules chargées avec la matière
- 8.4 Interactions nucléaires hadrons-matière

9. Conclusion

10. Glossaire.

E1303

Rôle de l'Agence nationale des fréquences

Par **Jean-Benoît AGNANI** et **Vincent MALECKI**

1. Gestion des bandes de fréquences et prospective

- 1.1 Négociations multilatérales
- 1.2 Répartition nationale des bandes de fréquences et fonds de réaménagement du Pectre
- 1.3 Études et prospective

2. Assignations des fréquences et gestion des sites.

- 2.1 Fichier national des fréquences
- 2.2 Coordination aux frontières
- 2.3 Instruction des demandes d'assignation aux systèmes satellitaires
- 2.4 Sites et servitudes
- 2.5 Exposition du public aux champs électromagnétiques.

3. Gestion de fréquences pour le compte des affectataires

- 3.1 Réseaux indépendants (ARCEP)
- 3.2 Licences et certificats radio maritimes (ministre chargé de la mer).
- 3.3 Gestion des fréquences pour le compte des hauts-commissariats de la République (HCR)
- 3.4 Autres conventions (Industrie, Intérieur)
- 3.5 Ordonnancement des taxes et redevances.

4. Contrôle

- 4.1 Contrôles et mesures préventifs
- 4.2 Protection de la réception TNT
- 4.3 Surveillance du marché.
- 4.4 Instruction des brouillages

5. Conclusion



E1305

Notions de CEM des systèmes

Par **Olivier MAURICE, Guillaume HUBERT, Evlin YALCIN et Frédéric LAFON**

1. Découpage du système en couches topologiques
2. Matrice d'interactions
3. Hypothèses d'interactions et construction du graphe
4. CEM des sous-systèmes : interactions conduites.
 - 4.1 Effets de l'impédance ramenée
 - 4.2 Couplage Par impédance commune
5. Compatibilité radioélectrique
 - 5.1 Définition et exemples de systèmes « à risque » en compatibilité radioélectrique.
 - 5.2 De la CEM à la CRE : de la « compatibilité » à la « coexistence »
 - 5.3 Performance d'un système et critère de brouillage
 - 5.4 Différents types d'incompatibilités radioélectriques
 - 5.5 Phénomènes de brouillage en CRE
 - 5.6 Méthode d'optimisation de l'implantation des antennes sur un porteur
 - 5.7 Calcul analytique des découplages minimaux pour les cas à risque
6. Les environnements radiatifs naturels (ERN)
 - 6.1 Effets singuliers.
 - 6.2 SEE : Problématiques multi-échelle et multi-physique
 - 6.3 Effet de la road map technologique sur les SEE
 - 6.4 Méthodes d'évaluation des risques SEE.
 - 6.5 Modélisation des effets combinés SEE-CEM.
 - 6.6 Parades process, système et logiciel.
 - 6.7 Effets d'échelle et aspects multi physiques
7. Techniques topologiques. Diakoptique
8. Conclusion

E1308

La CEM en phase d'appel d'offres

Par **Geneviève DEVILLE**

1. Méthodologie de prise en compte de l'environnement électromagnétique En phase d'appel d'offres.
2. Élaboration du cahier des charges
 - 2.1 Expression de besoin du système
 - 2.1.1 Définition de la mission du système
 - 2.1.2 Définition des conditions d'environnement électromagnétique
 - 2.1.3 Traduction des exigences de l'expression de besoin en spécifications techniques
3. Réponse à l'appel d'offres. Élaboration de l'offre
 - 3.1 Définition précise du système concerné
 - 3.2 Analyse fonctionnelle du système.
 - 3.2.1 Recherche des fonctions critiques.
 - 3.2.2 Recherche des équipements critiques
 - 3.2.3 Définition des critères de bon fonctionnement
 - 3.3 Analyse de l'environnement électromagnétique du système.
 - 3.3.1 Prise en compte de la topologie du système
 - 3.3.2 Prise en compte des exigences d'environnement électromagnétique
 - 3.4 Choix des solutions pour assurer la CEM du système
 - 3.5 Déclinaison des contraintes sur les sous-ensembles
 - 3.6 Analyse et définition des marges
 - 3.7 Analyse de la faisabilité des performances attendues et du coût objectif.
4. Conclusion : phase de choix



E1310

Notions de sûreté de fonctionnement pour la CEM

Par Vincent BRINDEJONC

1. Références de bases en sûreté de fonctionnement
2. Deux disciplines en interaction
3. Exemple de cycle de vie de la sécurité.
4. Caractéristiques des exigences.
5. Typage et formulation des exigences de sûreté de fonctionnement....
 - 5.1 Exigences sur les mécanismes de sécurité
 - 5.2 Exigences sur les modes de défaillance
 - 5.3 Exigences de contrainte
6. Vérification des exigences
 - 6.1 Exigences fonctionnelles de sécurité
 - 6.2 Exigences sur les modes de défaillance
 - 6.3 Exigences de contrainte
7. Gestion des exigences de sûreté de fonctionnement.
 - 7.1 Identification des exigences.
 - 7.2 Traçabilité des exigences et modèle de données
 - 7.3 Gestion des configurations d'exigences
 - 7.4 Gestion des modifications.
8. Conclusion

E1312

Validations virtuelles. Implémentation vers les outils numériques

Par Alain REINEIX, Etienne SICARD, Jesus ASPAS PUERTOLAS et Gilles AKOUN

1. Objectifs de la simulation
2. Différents types de simulation
 - 2.1 Choix de la méthode de simulation.
 - 2.2 Les différents outils de simulation
 - 2.2.1 Méthodes statiques ou quasi statiques
 - 2.2.2 Méthodes asymptotiques
 - 2.2.3 Méthodes à formulation dite « rigoureuse ».
3. Gestion des écarts entre réalité et virtuel
 - 3.1 Analyse des Paramètres influant sur la précision des résultats
 - 3.2 Approches intrusives et non intrusives
 - 3.3 Technique des plans d'expérience
 - 3.4 Application de la méthode stochastique
4. Analyse des résultats
5. Modifications éventuelles dans la déclinaison des contraintes
6. Techniques hybrides
7. Simulation sur les frontières des composants : le modèle IBIS
 - 7.1 Historique et rôle du standard IBIS
 - 7.2 Principes de base du standard IBIS
 - 7.3 Introduction d'aspects CEM dans le standard IBIS
 - 7.4 Analyse statistique des bus rapides avec IBIS
 - 7.5 Langages de haut niveau et IBIS
 - 7.6 Conclusion



E1313

Structures mécaniques en matériaux composites - Impact sur la CEM des systèmes électroniques

Par **Éric DELESALLE**

1. Analyse électrique de la structure mécanique

- 1.1 Présentation des fonctions électriques des structures
- 1.2 Caractéristiques électriques du composite à base de fibre de carbone

2. Impact de la structure sur les systèmes électriques

- 2.1 Équipotentialité.
- 2.2 Architecture électrique
- 2.3 Augmentation des agressions résiduelles en entrée des équipements

3. Avantage de la masse électrique flottante.

- 3.1 Objectif recherché
- 3.2 Présentation de l'architecture
 - 3.2.1 Raccordement de la référence électrique à la masse mécanique
 - 3.2.2 Définition des interfaces fonctionnelles.
- 3.3 Rappel des principaux phénomènes redoutés
- 3.4 Analyse chiffrée des avantages
 - 3.4.1 Sur les accès d'entrées traitées en mode différentiel
 - 3.4.2 Sur les accès d'entrées traitées en mode commun

E1315

Méthodologie de design CEM - Couche équipement

Par **François DE DARAN, Frédéric LAFON et Thierry SEGOND**

1. État de l'art de la méthodologie de design CEM.

- 1.1 Domaine couvert.
- 1.2 Présentation du cycle en V, limites actuelles
- 1.3 Approche Par modélisations successives ou bottom-up
- 1.4 Problématique de la dispersion des résultats. Mise sous contrôle des essais. Plan de test.

2. Règles génériques de placement-routage

- 2.1 Impact du format de la carte : impédance Par carré
- 2.2 Impact de la mécanique sur l'équipotentialité
- 2.3 Règle de circulation des courants dans une carte électronique
- 2.4 Choix du nombre de couches
- 2.5 Règle de placement générique
- 2.6 Philosophie du filtrage (placement et routage)
- 2.7 Règles génériques de routage en deux couches
- 2.8 Règles génériques de routage en multicouches
- 2.9 Conclusion

3. Méthodes de conception Par la modélisation

- 3.1 Introduction à la notion de modèles équivalents.
- 3.2 Méthodes de caractérisation des composants
- 3.3 Cas d'application et impact sur la conception

4. Plan de test et validation

- 4.1 Contenu du plan de test équipement
- 4.2 Paramètres influents sur la reproductibilité

E3455

Intégrité de signal et compatibilité électromagnétique (CEM) des cartes électroniques

Par **Saverio LEROSE**

1. Positionnement du problème

2. Caractéristiques électriques des interconnexions

- 2.1 Boîtiers des composants électroniques
- 2.2 Le circuit imprimé et ses caractéristiques électriques



3. Intégrité de signal des cartes électroniques

- 3.1 Limitation des réflexions Parasites.
- 3.2 Réduction de la diaphonie.
- 3.3 Stabilité des tensions d'alimentation et des niveaux de référence
- 3.4 Liaisons à très haut débits.
- 3.5 Importance des composants passifs discrets.

4. CEM des cartes

- 4.1 Phénomènes concernés
- 4.2 Conduction
- 4.3 Rayonnement

5. Prise en compte dans la conception des cartes.

- 5.1 CAO des cartes
- 5.2 Simulation
- 5.3 Méthodologie

6. Conclusion

E1316

Conception d'équipement en boîtier composite

Par **Thierry SEGOND**

1. Analyse de la problématique CEM en l'absence de boîtier métallique

- 1.1 Exemple de calculs pour un cas concret.
- 1.2 Risque en émission
- 1.3 Risque en immunité.

2. Conception en boîtier composite

- 2.1 Boîtier composite métallisé.
- 2.2 Boîtier composite non métallisé
 - 2.2.1 Création d'un écran appelé tôle de référence de potentiel
 - 2.2.2 Gestion des entrées / sorties en l'absence de blindage.
 - 2.2.3 Interconnexion inter carte
 - 2.2.4 Limitation des couplages directs sur carte

3. Exemple d'un design en boîtier composite.

- 3.1 Présentation de l'équipement
- 3.2 Règle de l'art employée

4. Conclusion

E1318

Notions de CEM des composants

Par **Frédéric LAFON**

1. Technologie des composants

- 1.1 Évolution vers les échelles nanométriques
- 1.2 Évolution des technologies d'assemblage

2. Méthodes de mesure normalisées

- 2.1 Standards existants
- 2.2 Extensions en fréquence

3. Modélisation de l'émission.

- 3.1 Méthodologie d'analyse en mode conduit
- 3.2 Méthodologie d'analyse en mode rayonné.
 - 3.2.1 Approche Par rayonnement d'inductances
 - 3.2.2 Approche Par réseau de dipôles équivalent
- 3.3 Cas des circuits multi puces

4. Modélisation de l'immunité des composants

- 4.1 Analyse d'immunité en mode conduit
- 4.2 Notions de in-band/out-band
- 4.3 Approche linéaire Par boîte noire.
- 4.4 Prise en compte des non-linéarités
- 4.5 Point sur l'immunité à l'impulsion

5. Conclusion



6. Glossaire

E1320**Essais CEM au niveau équipement***Par Thierry SEGOND***1. Essais en mode conduit**

1.1 Immunité conduite

1.2 Émission conduite.

2. Essais en mode rayonné

2.1 Immunité rayonnée.

2.2 Émission rayonnée

3. Essais temporels

3.1 Tenue aux impulsions

3.2 Décharge électrostatique.

4. Protection des moyens de contrôle de l'équipement sous test. Définition d'un boîtier de filtrage.**5. Bonne pratique des essais d'investigation**

5.1 Matériel

5.2 Méthode

E1322**Essais CEM au niveau système***Par Florent TODESCHINI***1. Démarche qui conduit aux essais CEM d'un système****2. Comment réaliser les essais de qualification système**

2.1 Choix et définition du système soumis aux essais de qualification

2.2 Représentativité.

2.3 Critères de succès

2.4 Choix des modes de fonctionnements/tests

2.5 Qualité de l'environnement électromagnétique de la zone de test.

2.6 Mise en œuvre des essais

3. Déroulement de la qualification**4. Conclusion****5. Glossaire****6. Sigles, notations et symboles****E1325****Décharges électrostatiques - Application à l'industrie électronique et autres domaines***Par Jean-Louis VAGNEUR***1. Décharges électrostatiques**

1.1 Génération des charges électrostatiques.

1.1.1 Notions de base

1.1.2 Charge Par effet triboélectrique.

1.1.3 Charge Par influence (ou induction électrostatique).

1.1.4 Charge Par contact direct

1.1.5 Matériaux conducteurs, dissipateurs, isolants

1.2 Effets des décharges électrostatiques sur les composants électroniques

1.2.1 Tenue des résistances

1.2.2 Tenue des condensateurs céramiques

1.3 Modélisation des décharges électrostatiques sur les composants

1.4 Moyens de détection des décharges électrostatiques

2. Moyens de prévention contre les décharges électrostatiques

2.1 Zones protégées contre les DES

2.2 Dispositifs de protection relatifs au personnel

2.3 Dispositifs de protection relatifs aux composants et équipements.



- 2.4 Dispositifs ioniseurs
- 3. Moyens de vérification et de mesure des protections**
- 4. Décharges électrostatiques dans l'aéronautique**
- 5. Conclusion**
- 6. Glossaire**

E1328

Compatibilité électromagnétique en phase de maintenance

Par **Thomas RAYNAUD**

1. Maintenance des protections en émissions conduites ou rayonnées

- 1.1 Maintenance des filtres pour les objectifs de mutisme
- 1.2 Maintenance des câblages pour les objectifs de mutisme.

2. Rappel des principales techniques de protection pour l'immunité

- 2.1 Filtres
- 2.2 Écrêteurs
- 2.3 Blindages
- 2.4 Cages de Faraday

3. Maintenance CEM des protections pour l'immunité conduite ou rayonnée

- 3.1 Maintenance CEM des filtres pour l'immunité.
- 3.2 Plan de maintenance
- 3.3 Réflexions sur la maintenance CEM des filtres
- 3.4 Maintenance CEM des dispositifs avec écrêteurs et éclateurs
- 3.5 Maintenance CEM en immunité des blindages.
- 3.6 Maintenance CEM en immunité des cages de Faraday

4. Conclusion

5. Glossaire

6. Symboles

E1350

Marquage CE - Normes CEM

Par **Florian DESQUINES**

1. Marquage CE et directives nouvelle approche

- 1.1 Directives Nouvelle Approche
- 1.2 Évaluation de la conformité
- 1.3 Responsabilités

2. Directive 014/30/UE

- 2.1 Applicabilité
- 2.2 Exigences essentielles
- 2.3 Normes harmonisées
- 3. Normes d'essais CEM pour le marquage CE

3.1 Émission

3.2 Immunité.

4. Erreurs les plus fréquentes en essais CEM de marquage CE

- 4.1 Modes de couplage
- 4.2 Conception

5. Liens avec la directive Basse Tension 014/35/UE1

- 5.1 Applicabilité
- 5.2 Difficultés

6. Établir son plan de conformité CEM

- 6.1 Exprimer le besoin
- 6.2 Solliciter le laboratoire
- 6.3 Rédiger un plan de tests
- 6.4 Revue de conception
- 6.5 Essais prototype
- 6.6 Validation CE



6.7 Rédaction du dossier CE

7. Conclusion

8. Glossaire

9. Sigles

E3580

Filtrage antiparasite dans les circuits électroniques

Par **Francis CHAUVET**

1. Généralités.

2. Circuits électriquement courts

3. Moyens d'action contre les différents types de couplage.

3.1 Couplage Par impédance commune

3.2 Couplage Par induction électrique

3.3 Couplage Par induction magnétique

3.4 Comparaison entre les couplages Par induction électrique et magnétiques.

4. Importance de la surface des boucles de courant

4.1 Inductance propre Par unité de longueur d'un fil de connexion

4.2 Importance de la valeur de l'inductance propre d'un fil de connexion

5. Non-idéalité des composants

5.1 Lignes de transmission

5.2 Impédance d'une connexion de masse

5.3 Modélisation d'un condensateur.

5.4 Modélisation d'une perle de ferrite.

6. Découplage

6.1 Influence d'une transition → sur le circuit d'alimentation de circuits intégrés logiques

6.2 Étude d'un découplage en électronique analogique

7. Réalisation des filtres de perturbations

7.1 Condensateurs tripôle ou Y

7.2 Condensateurs de traversée

8. Filtres secteur

R932

Cadre physique de la métrologie en compatibilité électromagnétique - Descriptif général

Par **Bernard DÉMOULIN**

1. Métrologie des protocoles de mesures ou d'essais

1.1 Contexte de la métrologie en CEM.

1.1.1 Notion d'appareil électronique

1.1.2 Objectifs de la métrologie

1.1.3 Nature physique des variables mesurées

1.2 Mesures d'émission

1.2.1 Signaux générateurs d'émission large bande

1.2.2 Mesure de l'émission aux basses fréquences

1.2.3 Mesure de l'émission aux hautes fréquences

1.3 Essais d'immunité et de susceptibilité

1.3.1 Essai d'immunité aux hautes fréquences (100 MHz àGHz).

1.3.2 Tests de susceptibilité

2. Antennes réceptrices basses fréquences

2.1 Antennes monopoles électriques

2.2 Antennes boucles magnétiques

3. Conclusion

4. Glossaire

Pour en savoir plus



R933**Mesure de l'exposition humaine aux champs radioélectriques - Environnement radioélectrique***Par Pierre-Noël FAVENNEC*

1. Contexte
2. Définitions
3. Champs électromagnétiques
4. Environnement radioélectrique.
 - 4.1 Sources de rayonnement d'origine naturelle.
 - 4.1.1 Rayonnement électromagnétique du soleil
 - 4.1.2 Sources galactiques
 - 4.1.3 Sommaire sur l'environnement électromagnétique d'origine naturelle.
 - 4.2 Environnement radioélectrique d'origine humaine
 - 4.2.1 Sources d'origine domestique
 - 4.2.2 Sources d'origine industrielle
 - 4.2.3 Émetteurs de radiodiffusion et de télévision
 - 4.2.4 Dispositifs électroniques portatifs
 - 4.2.5 Télécommunications
 - 4.2.6 Radars
 - 4.2.7 Véhicules électriques
 - 4.3 Sources d'origine scientifique et médicale
 - 4.4 Fils et câbles électriques d'intérieur et extérieur
 - 4.5 RFID
 - 4.6 Technologies WPT (Wireless Power Transfer)
 - 4.7 Autres sources.
5. Interactions des champs électromagnétiques avec les tissus biologiques et risques sanitaires.
 - 5.1 Effets des champs et ondes électromagnétiques sur la santé
 - 5.2 Dualité de-photon : remarques sur les énergies d'activation
 - 5.3 Champs radiofréquences (RF) : champs non ionisants
 - 5.4 Effets biologiques des champs électromagnétiques
 - 5.5 Mécanismes possibles
 - 5.6 Hypersensibilité aux ondes électromagnétiques
6. Valeurs limites d'exposition
 - 6.1 Cadre réglementaire
 - 6.2 Niveaux de référence
 - 6.3 Principe de précaution
 - 6.4 Cas spécifique de l'Italie
7. Conclusion

R934**Mesure de l'exposition humaine aux champs radioélectriques - Partie : exposimétrie***Par Pierre-Noël FAVENNEC*

1. L'environnement radioélectrique à mesurer
 - 1.1 Nécessité de connaître l'environnement radioélectrique
 - 1.2 Que doit-on mesurer ?
 - 1.3 Différents Paramètres et configurations à considérer
 - 1.4 Évaluation a priori des champs
2. Matériels pour les mesures des rayonnements non ionisants.
 - 2.1 Chaîne de mesure
 - 2.2 Antennes et mesureurs de champ
 - 2.3 Capteurs et détecteurs
3. Mesures
 - 3.1 Mesures dans le domaine statique.
 - 3.2 Mesures dans le domaine EBF



- 3.3 Mesures dans le domaine RF et hyperfréquences
- 3.4 Protocole ANFR
- 3.5 Étalonnage.
- 3.6 Évaluation de l'incertitude des mesures
- 3.7 Mesure des champs radioélectriques dans un environnement rural
- 3.8 Le débit d'absorption spécifique(DAS) et sa détermination.
- 3.9 Techniques de mesure pour la compatibilité électromagnétique (CEM) dans le domaine des RF.
- 3.10 Mesures pour les technologies Wi-Fi (IEEE02.11)
- 3.11 Mesures des champs dans des situations de mobilité.
- 4. Stations de contrôle et de mesures électromagnétiques en continu : vers un cadastre électromagnétique enD**
- 5. Conclusion**

R935

Cadre physique de la métrologie en compatibilité électromagnétique - Analyse des phénomènes

Par **Bernard DÉMOULIN**

1. Analyse physique des mesures et des essais

- 1.1 Contributions des composants passifs dans l'émission.
 - 1.1.1 Émission d'une piste imprimée
 - 1.1.2 Contribution de la topologie du réseau de masse
 - 1.1.3 Intervention de la bande passante du récepteur
- 1.2 Couplages, interférences et critères d'immunité.
 - 1.2.1 Analyse de l'immunité aux hautes fréquences (30 MHz à GHz)
 - 1.2.2 Essais d'immunité aux basses fréquences (150 kHz à 0 MHz)

2. Mesure des champs faibles et des champs forts.

- 2.1 Mesure de l'atténuation des blindages à haute immunité.
- 2.2 Mesure du champ près d'un émetteur

3. Conclusion

4. Glossaire

S4/24784 **Électromagnétisme, propagation**

**** Électromagnétisme:**

E1020

Bases de l'électromagnétisme

Par **Michel NEY**

1. Base de l'électrodynamique

- 1. Évolution des lois électromagnétiques [1]
 - 1. Lois de Maxwell
 - 1. Relations constitutives
 - 1. Régime permanent sinusoïdal et notation complexe.
 - 1. Conditions aux limites.
 - 1.5.1 Paroi électrique Parfaite
 - 1.5.2 Paroi magnétique Parfaite
 - 1.5.3 Impédance de surface
 - 1. Puissance et énergies
 - 1. Équivalence
 - 1.. Théorème de l'induction
 - 1.. Méthode des images
 - 1. Réciprocité
 - 1. Potentiels

2. Équation d'ondes

- 2.1 Équation d'ondes homogène
 - 2.1.1 Équation d'ondes dans un milieu très conducteur



- 2.1.2 Ondes planes uniformes
- 2.2 Équation d'ondes non homogène.
 - 2.2.1 Fonction de Green
 - 2.2.2 Rayonnement dans l'espace libre
- 3. Applications de l'électrodynamique.**
 - 3.1 Guides d'ondes
 - 3.1.1 Modes de propagation
 - 3.1.2 Équation du guide uniforme
 - 3.1.3 Diagramme de dispersion
 - 3.1.4 Cas Particulier du mode TEM
 - 3.2 Rayonnement élémentaire
 - 3.2.1 Champs du courant élémentaire
 - 3.2.2 Champs rayonnés en zone lointaine
 - 3.3 Réflexion et réfraction des ondes.
 - 3.3.1 Lois de Snell-Descartes
 - 3.3.2 Coefficients de Fresnel
 - 3.3.3 Réflexion totale
 - 3.3.4 Angle de Brewster
- 4. Conclusion**
- Références bibliographiques**

E1030

Simulation électromagnétique - Outils de conception

Par Michel NEY

- 1. Formulations d'un problème**
 - 1.1 Équation d'onde homogène
 - 1.2 Équation intégrale
 - 1.3 Approche variationnelle
 - 1.4 Approches semi-analytiques
 - 1.5 Approximation d'opérateurs
 - 1.6 Formes asymptotiques
 - 1.7 Domaine de solution
- 2. Méthodes numériques**
 - 2.1 Classement des méthodes
 - 2.2 Fondements de la méthode des éléments finis.
 - 2.2.1 Éléments nodaux
 - 2.2.2 Procédure variationnelle
 - 2.3 Méthode des moments.
 - 2.3.1 Fondements de la MoM
 - 2.3.2 Produit scalaire
 - 2.3.3 Procédure générale de la MoM.
 - 2.3.4 Choix des fonctions de base
 - 2.3.5 Spécialisations de la MoM
 - 2.3.6 Exemple d'application
 - 2.3.7 Méthode des multipôles rapides
 - 2.3.8 Conclusion sur la MoM.
 - 2.4 Différences finies pour l'opérateur de Laplace
 - 2.4.1 Solution Par inversion de matrice
 - 2.4.2 Solution Par relaxation
 - 2.4.3 Interfaces diélectriques.
 - 2.5 Différences finies domaine temporel (FDTD)
 - 2.5.1 Cas bidimensionnel
 - 2.5.2 Méthode FIT.
 - 2.5.3 Conclusion sur les différences finies
 - 2.6 Techniques asymptotiques
 - 2.6.1 Fondements.



- 2.6.2 Optique physique (PO)
- 2.6.3 Mise en œuvre.
- 3. Conclusion et perspectives

E1031

Simulation électromagnétique - Modèles et optimisation

Par Michel NEY

- 1. Paramètres de sortie
 - 1.1 Paramètres de répartition.
 - 1.2 Impédances
 - 1.3 Rayonnement
- 2. Modèles simplifiés
 - 2.1 Circuits
 - 2.2 Formules empiriques.
 - 2.3 Tables de données
 - 2.4 Réseaux neuronaux
- 3. Optimisation
 - 3.1 Approches locales.
 - 3.2 Approches globales
- 4. Conclusion et perspectives

E1164

Matériaux composites en électromagnétisme - Introduction

Par Alain PRIOU

- 1. Domaine des hyperfréquences
- 2. Les composites
- 3. Caractérisation et modélisation de ces matériaux

E1165

Matériaux composites en électromagnétisme - Matériaux chargés, matériaux électroniques et Méta matériaux

Par Alain PRIOU

- 1. Notions d'électromagnétisme
 - 1.1 Grandeurs fondamentales
 - 1.2 Interactions des ondes électromagnétiques dans les milieux homogènes
 - 1.3 Modélisation des monocouches et multicouches diélectriques-conductrices homogènes
 - 1.3.1 Définition du problème
 - 1.3.2 Modélisation d'une monocouche infinie en z.
 - 1.3.3 Modélisation d'une structure multicouche
- 2. Analogie matériaux et circuits électroniques. Approche des Méta matériaux.
- 3. Modélisation des mélanges composites
 - 3.1 Définition des milieux composites
 - 3.2 Modélisation de composites transparents
 - 3.2.1 Équations quasi statiques
 - 3.2.2 Théories du milieu effectif
 - 3.3 Modélisation de composites à pertes
 - 3.3.1 Définitions
 - 3.3.2 Théorie du milieu effectif généralisé(GEM)
 - 3.3.3 Théorie des agrégats
 - 3.3.4 Résultats théoriques et expérimentaux
- 4. Circuits électroniques et Méta matériaux.
 - 4.1 Écrans sélectifs en fréquence (FSS), matériaux photoniques (EBG) et surfaces hautes impédances (SHI)
 - 4.1.1 Écrans sélectifs en fréquence (FSS)



- 4.1.2 Matériaux photoniques (EBG) ou cristaux photoniques
- 4.1.3 Surfaces hautes impédances (SHI)
- 4.2 Méta matériaux
- 4.2.1 Approche microscopique : éléments de base en tiges et anneaux
- 4.2.2 Approche macroscopique
- 4.2.3 Cellules non résonnantes
- 4.2.4 Méta matériaux à distributions aléatoires
- 4.2.5 Perspectives et applications des Méta matériaux

E1166

Matériaux composites en électromagnétisme - Matériaux absorbants radar

Par **Alain PRIOU**

- 1. Équation du radar. Surface équivalente radar
- 2. Matériaux absorbants plans
 - 2.1 Matériaux résonnants
 - 2.1.1 Écran de Salisbury électrique
 - 2.1.2 Écran de Salisbury magnétique
 - 2.1.3 Écran de Dällenbach
 - 2.1.4 Écran comportant des surfaces sélectives en fréquence (FSS) et ou des méta matériaux
 - 2.2 Matériaux à large bande
 - 2.2.1 Couches inhomogènes.
 - 2.2.2 Pyramides.
 - 2.2.3 Matériaux magnétiques.
 - 2.2.4 Structures absorbantes hybrides.
 - 2.2.5 Structures absorbantes à très large bande
 - 2.3 Applications des matériaux absorbants.

E1167

Matériaux composites en électromagnétisme - Caractérisation

Par **Alain PRIOU**

- 1. Objectifs et choix d'une technique de mesure
- 2. Techniques coaxiales
- 3. Techniques en espace libre
 - 3.1 Principes
 - 3.2 Théorie des techniques en espace libre
 - 3.2.1 Méthode de réflexion à deux configurations.
 - 3.2.2 Méthode de réflexion-transmission
 - 3.2.3 Conclusion
 - 3.3 Montage expérimental en espace libre et déroulement des mesures
 - 3.4 Résultats expérimentaux.
 - 3.5 Caractérisation de composites structuraux et des Méta matériaux
- 4. Techniques de contrôle non destructif des matériaux composites

RE63

Électromagnétisme des matériaux gauchers (Recherche)

Par **Didier LIPPENS**

Introduction.

- 1. Contexte
- 2. Des micro-ondes à l'optique : définitions et spécificités
- 3. Fabrication des milieux doublements négatifs
 - 3.1 Structures métalliques
 - 3.2 Structures diélectriques
- 4. Lignes de transmission et surfaces microstructurées



- 4.1 Lignes de transmission en infrarouge lointain
- 4.2 Réseau bidimensionnel de résonateurs
- 5. Composants en espace libre**
- 5.1 Nanostructure de type prisme
- 5.2 Lentilles plate et idéale
- 6. Conclusions et perspectives**

****Propagation en hyperfréquences:**

E1161

Propagation des ondes radioélectriques dans les ferrites polycristallins

Par **Philippe GELIN**

- 1. Interactions onde/matière.**
- 2. Les ferrites polycristallins**
 - 2.1 Généralités
 - 2.2 Aspect statique : le cycle d'hystérésis
 - 2.3 Aspect dynamique : le gyromagnétisme
- 3. Perméabilité magnétique haute fréquence**
 - 3.1 État saturé: le tenseur de Polder
 - 3.2 État Partiellement aimanté.
- 4. Propagation dans un milieu infini**
 - 4.1 Propagation Parallèle au champ polarisant H_0 : l'effet Faraday
 - 4.2 Propagation perpendiculaire au champ polarisant H_0 : l'effet Cotton-Mouton
 - 4.3 Modes magnétostatiques et ondes de spins
- 5. Propagation en milieu fini**
 - 5.1 Effet de déplacement de champ
 - 5.2 Non-réciprocité du diagramme de dispersion
- 6. Conclusion**
- Références bibliographiques.

E1158

Modélisation des ferrites pour les applications hyperfréquences

Par **Patrick QUÉFFÉLEC, Grégory VERISSIMO, Armel LE GOUELLEC et Vincent LAUR**

- 1. Adaptation du modèle de perméabilité pour une utilisation dans un simulateur EM**
 - 1.1 Analyse magnétostatique
 - 1.1.1 Utilisation de logiciels magnétostatiques commerciaux
 - 1.1.2 Approche magnétostatique développée
 - 1.2 Analyse électromagnétique
 - 1.2.1 Spectres des éléments du tenseur de perméabilité.
 - 1.2.2 Intégration des spectres de perméabilité dans un simulateur électromagnétique
- 2. Exploitation Par le simulateur commercial CST du tenseur de perméabilité généralisé**
 - 2.1 Description du mode`le de tenseur de perméabilité généralisé (GPT)
 - 2.1.1 Détermination des grandeurs physiques statiques
 - 2.1.2 Résolution du système d'équations de Landau-Lifschitz couplées
 - 2.2 Étape d'interpolation des éléments du tenseur de perméabilité
- 3. Validation de l'approche théorique proposée Par confrontation théorie/ expérience**
 - 3.1 De la nécessité de prendre en compte l'inhomogénéité du champ statique interne au ferrite
 - 3.1.1 Champ statique interne uniforme
 - 3.1.2 Champ statique interne non uniforme
 - 3.2 Étude d'une structure complexe : guide rectangulaire auto polarisé intégrant un hexa



ferrite pré-orienté.

3.2.1 Utilisation du modèle de Polder

3.2.2 Résultats issus de l'approche théorique développée

4. Conclusion

5. Glossaire

6. Symboles

E1162

Propagation des ondes radioélectriques des réseaux terrestres

Par **Hervé SIZUN**

1. La propagation troposphérique.

1.1 Propagation radioélectrique en espace libre

1.2 Propagation radioélectrique en visibilité

1.3 Propagation radioélectrique en non-visibilité

2. Propagation en milieu rural, suburbain et urbain

2.1 Les bases de données géographiques.

2.2 Modèles de propagation

3. Propagation à l'intérieur des bâtiments

3.1 Modèles de pénétration.

3.2 Modèles de propagation à l'intérieur des bâtiments

4. Propagation large bande.

4.1 Modèles à trajets.

4.2 Modèles géométriques.

5. Propagation ultra-large bande.

5.1 Modèle d'affaiblissement

5.2 Modèle de réponse impulsionnelle.

Références bibliographiques

E1163

Propagation des ondes radioélectriques à travers l'atmosphère

Par **Laurent CASTANET** et **Patrick LASSUDRIE-DUCHESNE**

1. Propagation à travers la troposphère

1.1 Atténuation

1.1.1 Atténuation due aux gaz

1.1.2 Atténuation due aux nuages

1.1.3 Atténuation due à la pluie

1.2 Scintillation.

1.3 Dépolarisation

1.4 Augmentation de la température de bruit des antennes

1.5 Conclusion

2. Propagation à travers l'ionosphère.

2.1 Indice de réfraction de l'ionosphère

2.2 Retard de groupe

2.3 Dispersion fréquentielle

2.4 Effet Faraday

2.5 Scintillations ionosphériques

2.6 Conclusion

E1169

Structures de guidage HF - Introduction

Par **Marc HÉLIER**, **Michel NEY** et **Christian PICHOT**

1. Caractéristiques

2. Analyse statique et analyse dynamique

3. Présentation des articles



E1170**Structures de guidage hyperfréquences - Propagation et géométrie***Par Michel NEY, Camilla KÄRNFELT***1. Propagation sur les structures de guidage fondamentales**

- 1.1 Géométrie du problème
- 1.2 Types de solutions
 - 1.2.1 Guides homogènes à un conducteur : exemple du guide rectangulaire...
 - 1.2.2 Lignes de transmission
 - 1.2.3 Guides hétérogènes
 - 1.2.4 Guides à milieux artificiels : ligne de transmission à Méta matériaux

2. Évolution des géométries développées

- 2.1 Structures ouvertes
 - 2.1.1 Ligne triplaque ou ligne ruban
 - 2.1.2 Ligne à micro ruban
 - 2.1.3 Ligne à fente
 - 2.1.4 Guide d'ondes coplanaire
 - 2.1.5 Lignes à rubans coplanaires
 - 2.1.6 Guides diélectriques.
- 2.2 Structures fermées
 - 2.2.1 Ligne coaxiale
 - 2.2.2 Guides d'ondes
 - 2.2.3 Lignes à ailettes
 - 2.2.4 Lignes à micro ruban, à ruban et à rubans coplanaires suspendues.
 - 2.2.5 Guides d'ondes intégrés dans le substrat

3. Conclusion.**4. Glossaire – Définitions.****E1171****Structures de guidage HF - Modélisations et calculs***Par Michel NEY***1. Méthodes de calcul et d'analyse.**

- 1.1 Pertes dans les guides
- 1.2 Méthodes approchées
- 1.3 Méthodes rigoureuses

2. Prise en compte des discontinuités.

- 2.1 Techniques de modélisation
- 2.2 Schéma équivalent

3. Conclusion.**4. Glossaire****E1172****Structures de guidage HF - Technologie et applications***Par Michel NEY et Camilla KÄRNFELT***1. Technologie.**

- 1.1 Substrats.
- 1.2 Techniques de fabrication des circuits micro-ondes en microruban

2. Conception assistée Par ordinateur (CAO)**3. Performances**

- 3.1 Pertes
- 3.2 Puissance transportable

4. Domaines d'applications. Perspectives

- 4.1 Domaines d'applications
- 4.2 Perspectives.

Conclusion.**Glossaire**

E1205

Conducteurs en hautes fréquences

Par **Henri BAUDRAND**

1. Phénomènes de transport dans les métaux
2. Statistique de Fermi-Dirac et densité des porteurs
3. Phénomène de diffusion et conductivité.
4. Conductance de contact
5. Effet de peau
- 5.1 Comportement d'un conducteur en fonction de la fréquence
- 5.2 Onde plane à incidence normale sur un plan métallique Profondeur de pénétration
6. Pertes dans les conducteurs
- 6.1 Catégories de lignes. Pertes en fonction des technologies.
- 6.2 Évaluation des pertes en fonction de la fréquence approche par un circuit Equivalent.0
- 6.3 Autres types de pertes dans les lignes
- 6.4 Réduction des pertes Par l'utilisation de dispositifs quasi optiques
7. Impédance de transfert
- 7.1 Étude d'une plaque d'épaisseur finie
- 7.2 Impédance de transfert d'un câble coaxial
8. Applications à la micromécanique et aux nanotechnologies
9. Conclusion.

**** Optoélectronique-hyperfréquence:**

E3330

Optoélectronique-hyperfréquence - Introduction

Par **Jean CHAZELAS**

1. Quelques repères du domaine optoélectronique-hyperfréquence
2. Domaines de recherche
3. Travaux de recherche actuels
4. Domaines d'application
5. Organisation des articles
6. Conclusion.

E3331

Optoélectronique-hyperfréquence – Photo détecteurs et commutateurs optiques

Par **Didier DECOSTER**

1. Photo détection hyperfréquence.
- 1.1 Photodiodes PIN
- 1.2 Photorécepteurs de type métal semi-conducteur-métal (MSM)
- 1.3 Photorécepteurs PIN à guide d'onde
- 1.4 Photodiodes de puissance
- 1.5 Phototransistors à hétérojonction.
- 1.6 Photodiodes fonctionnant en ondes submillimétriques/THz
- 1.7 Caractéristiques des photodiodes.
- 1.8 Module photo détecteur
- 1.9 État de l'art des photo détecteurs
2. Commutation optique
- 2.1 Microsystèmes.
- 2.2 Commutation induite Par variation d'indice
- 2.3 Structures de commutation en optique intégrée
- 2.4 Matrices de commutation
- 2.5 Autres technologies de commutation optique
3. Conclusion et perspectives.



E3332

Optoélectronique-hyperfréquence - Génération de signaux hyperfréquences Par voie optique

Par **Daniel DOLFI** et **Jean CHAZELAS**

1. Génération de signaux hyperfréquences Par modulation d'amplitude de la porteuse optique

1.1 Sources optiques modulées en direct Par diode laser

1.1.1 Structure.

1.1.2 Caractéristiques.

1.1.3 Montage

1.2 Modulateurs externes

1.2.1 Modulateur Mach-Zehnder

1.2.2 Modulateur double sortie 0 GHz (Photline)

1.2.3 Modulateur Par électro absorption.

1.2.4 Synthèse

2. Génération de signaux hyperfréquences Par battement optique.

2.1 Sources laser bi fréquences

2.2 Autres types de modulateurs externes

2.2.1 Translateur de fréquence

2.2.2 Modulateur externe à bande latérale unique

3. Oscillateurs optoélectroniques micro-ondes

3.1 Présentation

3.2 Fonctionnement.

3.3 Performances

4. Conclusion.

E3333

Optoélectronique-hyperfréquence - Fibres optiques et amplification optique

Par **Pascale NOUCHI**

1. Fibre optique

1.1 Principe de la propagation guidée

1.2 Atténuation.

1.3 Dispersion

1.4 Standardisation.

2. Fibres optiques non conventionnelles

2.1 Fibres micro structurées air-silice

2.2 Fibres de Bragg.

3. Amplification optique

3.1 Principes de base de l'amplification optique

3.2 Amplificateur à fibre dopée erbium

3.3 Amplificateur Raman à fibre.

3.4 Amplificateurs optiques à semi-conducteurs

4. Conclusion

E3335

Optoélectronique-hyperfréquence - Contrôle optique de fonctions électroniques

Par **Charlotte TRIPON-CANSELIET**

1. Interactions lumière/matière

2. Mécanismes d'émission et d'absorption de lumière dans les semi-conducteurs.

2.1 Densité de charges dans un matériau semi-conducteur

2.2 Influence des impuretés.

2.3 Types de génération-recombinaison

3. Photo conductivité des matériaux semi conducteurs



- 3.1 Description générale de la photoconductivité.
- 3.2 Absorption directe de la lumière dans un matériau semi-conducteur
- 3.3 Gain photoconducteur d'un matériau.
- 3.4 Nouveau matériaux semi conducteur à,55 µm
- 4. Photo commutateurs pour applications hyperfréquences.**
- 4.1 Enjeux
- 4.2 Principe de fonctionnement.
- 4.3 État de l'art
- 4.4 Performances actuelles en commutation d'amplitude – Exemples
- 4.4 Performances actuelles en commutation de phase – Exemples
- 5. Photo mélange pour applications jusqu'au térahertz**
- 6. Échantillonnage optique de signaux hyperfréquences**
- 7. Conclusion**

E3336

Optoélectronique-hyperfréquence – Marché des composants et fonctions

Par Jean CHAZELAS, Didier DECOSTER, Daniel DOLFI, Pascale NOUCHI et Charlotte TRIPON-CANSELIET

- 1. Composants E36 -**
- 1.1 Sources laser CW et modulées en direct
- 1.2 Sources laser impulsionnelles
- 1.3 Modulateurs externes
- 1.4 Fibres et amplificateurs optiques
- 1.4.1 Fibres optiques
- 1.4.2 Amplificateurs optiques
- 1.5 Photo détecteurs hyperfréquences.
- 2. Fonctions**
- 2.1 Liaisons optiques hyperfréquences.
- 2.2 Commutation optique de signaux hyperfréquences
- 3. Conclusion**

S4/24785

Électronique analogique

E3880

Organismes de normalisation et de certification dans le secteur électrotechnique

Par Jacques LEVET

- 1. Normalisation. Certification. Accréditation.**
- 1.1 Contexte général
- 1.2 Normalisation.
- 1.3 Évaluation de la conformité – Certification.
- 1.4 Accréditation
- 2. Organisation internationale**
- 2.1 Normalisation
- 2.2 Évaluation de la conformité – Certification.
- 2.3 Accréditation
- 3. Organisation européenne.**
- 3.1 Normalisation.
- 3.2 Évaluation de la conformité – Certification
- 3.3 Accréditation
- 4. Organisation nationale**
- 4.1 Normalisation.
- 4.2 Évaluation de la conformité – Certification



4.3 Accréditation

5. Autres organismes

5.1 Organismes étrangers de normalisation

5.2 Normalisation régionale.

5.3 Considérations sur les organismes de « Paranormalisation »

6. Conclusion.

7. Glossaire

24

Unités légales et facteurs de conversion

Par **Jean-Claude COURTIER**

1. Grandeurs, unités et symboles

2. Facteurs de conversion

Références bibliographiques

E100

Circuits électriques linéaires - Définitions et théorèmes

Par **André PACAUD**

1. Circuits de Kirchhoff: définitions, constitution, lois générales

1.1 Hypothèses

1.2 Topologie

1.3 Lois de Kirchhoff

1.4 Sources

1.5 Dipôles

1.6 Outils: transformée de Laplace, notation complexe. Notion d'impédance.

1.7 Association d'éléments

1.8 Sources et éléments réels

2. Théorèmes

2.1 Théorème de Helmholtz, dit théorème de superposition

2.2 Théorème de substitution ; théorème de Vaschy

2.3 Théorème de Thévenin / Norton.

2.4 Théorème de réciprocité.

2.5 Théorème de Kennelly (transformation étoile-triangle)

2.6 Théorème de Tellegen

2.7 Dualité.

E102

Circuits électriques linéaires - Méthodes d'analyse

Par **André PACAUD**

1. Différentes méthodes

1.1 Analyse dans l'espace des temps.

1.2 Utilisation de la transformée de Laplace

1.3 Cas Particulier du régime sinusoïdal.

2. Diviseur de tension, diviseur de courant.

3. Théorème de Millman.

4. Analyse des circuits Par méthodes matricielles

4.1 Choix des inconnues

4.2 Mise en équation avec N – tensions inconnues

4.3 Mise en équation avec B – N + courants inconnus

4.4 Prise en compte des sources liées

4.5 Comparaison entre les deux méthodes

5. Analyse Par variables d'état.



- 5.1 Variables d'état
- 5.2 Équations d'état
- 5.3 Résolution des équations d'état
- 5.4 Exemple d'application de la méthode.
- 5.5 Cas Particuliers
- 5.6 Application : simulation numérique de circuits linéaires
- 6. Cas des circuits symétriques**
- 7. Fonctions de transfert d'un circuit**
- 7.1 Forme de la fonction de transfert
- 7.2 Conditions de stabilité d'un circuit
- 7.3 Réponse en fréquence d'un circuit
- 8. Considérations énergétiques**
- 8.1 Puissance instantanée
- 8.2 Puissances en régime sinusoïdal
- 8.3 Puissance complexe
- 8.4 Théorème de Boucherot.
- 8.5 Puissance disponible d'une source

E104

Circuits électriques linéaires - Représentation Paramétrique

Par **André PACAUD**

1. Quadripôles

- 1.1 Définitions
- 1.2 Paramètres d'un quadripôle.
- 1.3 Propriétés.
- 1.4 Association de quadripôles.

2. Le quadripôle, organe de transmission.

- 2.1 Caractérisation de la transmission
- 2.2 Impédance d'entrée du quadripôle chargé.
- 2.3 Impédance de sortie du quadripôle attaqué par Z_g

3. Modélisation des perturbations

- 3.1 Origine des perturbations
- 3.2 Représentation des signaux perturbateurs
- 3.3 Représentation des quadripôles en présence de perturbations

4. Extension aux circuits multi-accès

5. Cas Particulier des Paramètres S.

- 5.1 « Ondes » incidente et réfléchie d'un multipôle : « ondes » de Kurokawa
- 5.2 Paramètres S d'un multipôle
- 5.3 Signification physique et intérêt des Paramètres S
- 5.4 Propriétés des Paramètres S.

E110

Filtrage et filtres électriques - Avant-propos

Par **Gaëlle LISSORGUES**

1. Concept de filtre

2. Réalisation des filtres

3. Différents types de filtres

- 3.1 Filtres numériques
- 3.2 Filtres analogiques
 - 3.2.1 Filtres passifs
 - 3.2.2 Filtres actifs standards
 - 3.2.3 Filtres actifs à capacités commutées



E115

Filtres actifs - Synthèse et réalisation

Par **Gaëlle LISSORGUES**

1. Technologies des filtres actifs

- 1.1 Filtres actifs à discrets
- 1.2 Filtres actifs réalisés en technologie hybride
- 1.3 Filtres actifs totalement intégrés

2. Circuits fonctionnels de base des filtres actifs

- 2.1 Circuits actifs
- 2.2 Intégrateur
- 2.3 Additionneur-soustracteur
- 2.4 Source de tension
- 2.5 Gyrateur
- 2.6 Résistances négatives

3. Méthodes de synthèse des filtres à Partir de leur fonction de transfert

- 3.1 Rappel sur les sensibilités des filtres actifs
- 3.2 Synthèse en cascade.
- 3.3 Synthèses globales

4. Blocs de base des filtres en synthèse cascade

- 4.1 Cellules du premier ordre
- 4.2 Cellules du second ordre à amplificateurs opérationnels classiques
- 4.3 Cellules du second ordre à amplificateurs à transconductance.

5. Réalisation de filtres actifs complexes

- 5.1 Cascade simple de cellules biquadratiques
- 5.2 Simulation d'un filtre LC
- 5.3 Simulation d'un filtre LC à l'aide d'amplificateurs à transconductance

E120

Fonctions de transfert des filtres électriques

Par **Gaëlle LISSORGUES et Corinne BERLAND**

1. Spécifications

- 1.1 Domaine fréquentiel
- 1.2 Domaine temporel

2. Méthodes de synthèse d'un filtre

- 2.1 Méthodes analytiques
- 2.2 Méthodes semi-analytiques
- 2.3 Méthodes purement numériques

3. Filtres d'affaiblissement.

- 3.1 Gabarits d'affaiblissement
- 3.2 Fonctions de transfert des filtres d'affaiblissement
- 3.3 Filtres analytiques
- 3.4 Filtres semi-analytiques.

4. Filtres définis en temps de propagation de groupe

- 4.1 Filtres de Bessel
- 4.2 Filtres gaussiens en amplitude
- 4.3 Filtres à réponse impulsionnelle finie

5. Filtres spécifiés à la fois en amplitude et en temps de groupe

- 5.1 Solutions mettant en œuvre un filtre d'affaiblissement
- 5.2 Correction d'un filtre d'affaiblissement
- 5.3 Solution analytique : filtres de Lerner

E130

Synthèse des filtres LC

Par **Gaëlle LISSORGUES et Corinne BERLAND**

1. Introduction

- 1.1 Définitions.
- 1.2 Sensibilité des filtres LC



2. Propriétés des quadripôles LC

- 2.1 Propriétés des dipôles LC
- 2.2 Propriétés des quadripôles LC
- 2.3 Quadripôle LC fermésur une résistance
- 2.4 Quadripôle LC inséréentre deux résistances

3. Principe simplifiéde synthèse des filtres LC

- 3.1 Structure des filtres passe-bas en échelle
- 3.2 Expression des impédances et admittances des filtres en échelle
- 3.3 Synthèse d'un filtre LC en échelle à Partir des Paramètres z ou y
- 3.4 Exemples de synthèse et propriétés des filtres
- 3.5 Transformations des filtres LC

4. Synthèse généralisée – Méthode de Darlington

- 4.1 Introduction
- 4.2 Généralisation : séquences de synthèse
- 4.3 Critères de choix d'une séquence de synthèse
- 4.4 Exemple

5. Cas Particulier du correcteur de phase

- 5.1 Correcteurs du premier ordre
- 5.2 Correcteurs du second ordre
- 5.3 Transformation d'un treillis en T ponté

6. Réalisation pratique et optimisation

- 6.1 Influence des pertes d'un filtre LC et optimisation
- 6.2 Technologies de réalisation
- 6.3 Conclusion

E140

Filtres à capacités commutées

Par **Gaëlle LISSORGUES** et **Paul BILDSTEIN**

1. Principe des circuits à capacités commutées

- 1.1 Simulation d'une résistance Par un condensateur et deux interrupteurs
- 1.2 Obtention d'une précision élevée
- 1.3 Suppression de l'influence des capacités Parasites

2. Analyse des circuits à capacités commutées

- 2.1 Réseau capacitif discret.
- 2.2 Réseau capacitif discret avec interrupteurs.
- 2.3 Analyse fréquentielle.

3. Synthèse

- 3.1 Synthèse leap frog
 - 3.1.1 Méthode utilisée
 - 3.1.2 Intégrateur sans pertes de Bruton (LDI)
 - 3.1.3 Synthèse à l'aide d'intégrateurs LDI
 - 3.1.4 Intégrateur sans pertes bilinéaire
 - 3.1.5 Synthèse bilinéaire exacte
- 3.2 Synthèse à l'aide de cellules biquadratiques
 - 3.2.1 Principe de la synthèse d'une cellule
 - 3.2.2 Synthèse d'un filtre

4. Imperfections dues aux éléments actifs

5. Mise en œuvre

6. Applications et bilan

E3010

Systèmes et signaux déterministes - Transformées et abaqes

Par **Jean-Charles GILLE**

1. Notion de système.

- 1.1 Notion générale



- 1.2 Système sans et système avec amplification de puissance
- 1.3 Systèmes en chaîne directe et systèmes à retour: systèmes automatiques, systèmes asservis
- 1.4 Systèmes linéaires et systèmes non linéaires

2. Le signal

- 2.1 Généralités
- 2.2 Signaux déterministes classiques (en temps continu).
- 2.3 Fonctions causales. Retards
- 2.4 Signaux en temps discret
- 2.5 Signaux discrets causaux. Décalage
- 2.6 Remarque : signaux de Kronecker et impulsions

3. Transformées du signal

- 3.1 Transformée de Laplace d'un signal en temps continu
- 3.2 Transformée de Fourier d'un signal en temps continu
- 3.3 Transformée en z d'un signal en temps discret

4. Représentation des systèmes. Fonction de transfert.

- 4.1 Représentation graphique : réponse en fréquences
- 4.2 Usage des coordonnées logarithmiques.
- 4.3 Réponse en fréquences des systèmes non linéaires filtrés: gain équivalent
- 4.4 Pôles et zéros
- 4.5 Pôles et stabilité

E150

Électronique impulsionnelle

Par *André PACAUD*

1. Réponse indicielle de systèmes linéaires à constantes localisées

2. Propagation sur ligne de transmission à deux conducteurs

3. Lignes sans pertes.

- 3.1 Ligne sans pertes en régime indiciel
- 3.2 Ligne sans pertes insérée entre des impédances résistives
- 3.3 Ligne fermée sur une impédance réactive
- 3.4 Influence des dérivations

4. Lignes avec pertes

- 4.1 Origine des pertes
- 4.2 Lignes en régime indiciel
- 4.3 Ligne à pertes désadaptée
- 4.4 Simulation numérique en régime fréquentiel

5. Lignes couplées (diaphonie)

- 5.1 Schéma équivalent et équations
- 5.2 Cas de deux lignes couplées identiques dans un milieu homogène
- 5.3 Diaphonie entre deux lignes

6. Lignes usuelles

7. Transformateurs d'impulsions à câble.

- 7.1 Modélisation d'un tronçon de câble.
- 7.2 Transformateur inverseur
- 7.3 Association de transformateurs
- 7.4 Exemple d'analyse d'un transformateur à lignes

8. Conclusion

E310

Amplificateurs

Par *Pascal BAREAU*

1. Principales caractéristiques mesurables

- 1.1 Définitions
- 1.2 Calcul des gains
- 1.3 Mesure des gains
- 1.4 Désadaptation des accès



- 1.5 Facteur de bruit
- 2. Non-linéarités**
 - 2.1 Point de compression.
 - 2.2 Intermodulation
 - 2.3 Conversion amplitude-phase.
 - 2.4 Approche polynomiale
- 3. Mesures à fort niveau**
- 4. Classes de fonctionnement.**
 - 4.1 Classe A
 - 4.2 Réduction du temps de conduction ; classes AB, B, C
 - 4.3 Optimisation du rendement ; classes F et D.
 - 4.4 Amplificateurs RF utilisant le transistor en commutation
 - 4.4.1 Classe D
 - 4.4.2 Classe E
- 5. Structures Particulières aux micro-ondes**
 - 5.1 Amplificateur distribué
 - 5.2 Amplificateur équilibré
 - 5.3 Architecture des amplificateurs RF de puissance
 - 5.3.1 Structure push-pull
 - 5.3.2 Circuits symétriseurs.
- Références bibliographiques**

E320**Amplificateurs faibles niveaux**Par **Patrick ALDEBERT****1. Sources commandées**

- 1.1 Sources commandées idéales et réelles
- 1.2 Gains
- 1.3 Sources commandées différentielles.
- 1.4 Décalage en tension et en courant.
- 1.5 Sources commandées opérationnelles

2. Réalisation d'amplificateurs faibles niveaux

- 2.1 Réalisation à l'aide d'amplificateurs opérationnels.
- 2.2 Réalisation à l'aide de transistors
- 2.3 Principe de réalisation d'amplificateurs opérationnels

3. Comportement fréquentiel des amplificateurs

- 3.1 Origines et modélisation des phénomènes réactifs
- 3.2 Influence des éléments réactifs
- 3.3 Extension de la bande passante
- 3.4 Comportement fréquentiel des structures bouclées à amplificateur opérationnel...

4. Stabilité.1

- 4.1 Critère de stabilité
- 4.2 Stabilisation et compensation

5. Comportement des amplificateurs vis-à-vis du bruit

- 5.1 Méthodologie d'étude
- 5.2 Origine et modélisation des phénomènes
- 5.3 Modélisation des composants bruyants vis-à-vis du bruit
- 5.4 Facteur et température de bruit
- 5.5 Minimisation du bruit

E320**Amplificateurs faibles niveaux**par **Patrick ALDEBERT****1. Sources commandées**

- 1.1 Sources commandées idéales et réelles
- 1.2 Gains
- 1.3 Sources commandées différentielles



- 1.4 Décalage en tension et en courant
- 1.5 Sources commandées opérationnelles
- 2. Réalisation d'amplificateurs faibles niveaux**
- 2.1 Réalisation à l'aide d'amplificateurs opérationnels.
- 2.2 Réalisation à l'aide de transistors
- 2.3 Principe de réalisation d'amplificateurs opérationnels
- 3. Comportement fréquentiel des amplificateurs**
- 3.1 Origines et modélisation des phénomènes réactifs
- 3.2 Influence des éléments réactifs
- 3.3 Extension de la bande passante
- 3.4 Comportement fréquentiel des structures bouclées à amplificateur opérationnel.
- 4. Stabilité**
- 4.1 Critère de stabilité
- 4.2 Stabilisation et compensation
- 5. Comportement des amplificateurs vis-à-vis du bruit**
- 5.1 Méthodologie d'étude
- 5.2 Origine et modélisation des phénomènes
- 5.3 Modélisation des composants bruyants vis-à-vis du bruit
- 5.4 Facteur et température de bruit
- 5.5 Minimisation du bruit.

E328**Boucle d'asservissement de phase**Par **André PACAUD****1. Généralités.**

- 1.1 Schéma de principe
- 1.2 Équations.
- 1.3 Éléments constitutifs

2. Accrochage de la boucle

- 2.1 Définition
- 2.2 Équation régissant le fonctionnement
- 2.3 Étude de l'accrochage en pulsation

3. Décrochage de la boucle.

- 3.1 Définition
- 3.2 Étude du décrochage en pulsation
- 3.3 Plage de décrochage en pulsation

4. Fonctionnement dans le domaine linéaire.

- 4.1 Équations
- 4.2 Transmittances
- 4.3 Stabilité
- 4.4 Réponses à des signaux canoniques

5. Fonctionnement en présence de bruit

- 5.1 Cas d'un bruit $n(t)$ faible vis-à-vis du signal $y_e(t)$
- 5.2 Fonctionnement du comparateur sinusoïdal
- 5.3 Comportement de la boucle
- 5.4 Bande de bruit.

6. Utilisation de la boucle d'asservissement de phase

- 6.1 Récupération de porteuse ou de rythme
- 6.2 Démodulation de phase
- 6.3 Démodulation de fréquence
- 6.4 Synthèse de fréquence.
- 6.5 Boucle de Costas : démodulation synchrone

7. Boucle d'asservissement de phase numérique

- 7. Généralités
- 7. Fonctionnement dans le domaine linéaire
- 7.2.1 Transmittances.
- 7.2.2 Stabilité
- 7. Fonctionnement dans le domaine non linéaire

Références bibliographiques

E330

Synthèse de fréquence

Par **Vincent GIORDANO** et **Enrico RUBIOLA**

1. Caractéristiques principales

- 1.1 Caractéristiques fréquentielles
- 1.2 Étage de sortie
- 1.3 Modulations
- 1.4 Autres

2. Pureté spectrale...

- 2.1 Définition
- 2.2 Oscillateur
- 2.3 Transformation du bruit de phase.
- 2.4 Stabilité de fréquence

3. Opérations et circuits élémentaires

- 3.1 Addition et soustraction de fréquences.
- 3.2 Multiplication
- 3.3 Division
- 3.4 Boucle à verrouillage de phase
- 3.5 Accumulateur de phase

4. Synthèse directe numérique

5. Synthèse directe analogique

- 5.1 Synthèse élémentaire
- 5.2 Double mélange.
- 5.3 Triple mélange
- 6. Synthèse indirecte
- 6.1 Synthèse indirecte analogique
- 6.2 Synthèse indirecte numérique
- 6.3 Synthèse fractionnaire

7. Applications. Quelques exemples

E370

Conversions analogique-numérique et numérique-analogique (Partie)

Par **Claude PRÉVOT**

1. Glossaire.

2. Systèmes de conversion de données

- 2.1 Système d'acquisition de données analogique-numérique
- 2.2 Système de génération de données numérique-analogique
- 2.3 Système de conversion mixte AN et NA

3. Principes utilisés en conversion de données.

- 3.1 Présentation
- 3.2 Quantification
- 3.2.1 Fonction de transfert AN et NA
- 3.2.2 Erreur de quantification
- 3.2.3 Seuil de quantification
- 3.2.4 Bruit créé par la quantification
- 3.3 Échantillonnage
- 3.3.1 Instant d'échantillonnage, jitter, temps d'ouverture
- 3.3.2 Théorème d'échantillonnage.
- 3.3.3 Sur- et sous-échantillonnages
- 3.4 Blocage. Spectre de données bloquées.
- 3.4.1 Réponse théorique du blocage.
- 3.4.2 Restitution du signal analogique.

4. Codes utilisés

- 4.1 Code binaire naturel
- 4.2 Autres codes binaires.



E371**Conversions analogique-numérique et numérique-analogique (Partie)***Par Claude PRÉVOT***1. Description technique et architectures des CAN**

- 1.1 CAN à intégration
- 1.2 CAN à approximations successives
- 1.3 CAN Sigma-Delta $\Sigma\Delta$
- 1.4 CAN Parallèles (ou flash)
- 1.5 CAN subranging ou pipeline

2. Description technique et architectures des CNA.

- 2.1 CNA Parallèles
- 2.2 CNA Sigma-Delta ($\Sigma\Delta$)
- 2.3 CNA multiplieurs
- 2.4 CNA déglitchés
- 2.5 CNA série

3. Combinaison de CAN ou de CNA**E372****Conversions analogique-numérique et numérique-analogique. Partie***Par Claude PRÉVOT***1. Marché.**

- 1.1 Répartitions des besoins et solutions
- 1.2 Évolutions du marché

2. État de l'art des CAN et CNA

- 2.1 État de l'art des CAN sur le marché.
- 2.2 État de l'art des CNA du marché.

3. Technologies des CAN et des CNA**4. Produits intégrant des CAN ou des CNA.**

- 4.1 Domaines d'application.
- 4.2 Exemples de produits

5. Utilisation des CAN et des CNA

- 5.1 Interprétation des spécifications
 - 5.1.1 Erreurs de gain et de décalage
 - 5.1.2 Erreurs de linéarités
 - 5.1.3 Non-monotonicité, codes manquants
 - 5.1.4 Caractéristiques dynamiques
- 5.2 Techniques de test
 - 5.2.1 Test des CAN
 - 5.2.2 Test des CNA
- 5.3 Choix des CAN et des CNA

RE24**Convertisseurs analogique/numérique supraconducteurs***Par Denis CRÉTÉ***Introduction****1 - Caractéristiques et performances du codage numérique**

- 1.1 - Principales caractéristiques d'un codeur
- 1.2 - Compromis fréquence/nombre de bits effectifs
- 1.3 - Limite de bruit thermique
- 1.4 - Limite d'ambiguïté

2 - Comparateurs supraconducteurs

- 2.1 - Jonction Josephson et comparateur simple
- 2.2 - SQUID
- 2.3 - Comparateur périodique



3 Architectures3.1 - CAN Σ - Δ

3.2 - CAN « Flash »

3.3 - SQUID numérique ou CAN à compensation

4 – Spécificité des circuits supraconducteurs

4.1 - Définition de la représentation binaire

4.2 - Avantages

4.3 - Points durs

5 - Acteurs du domaine et applications

6 – Conclusion

E2305**Microsystèmes**Par **Daniel ESTÈVE** et **Jean SIMONNE****1. Les microsystèmes Par l'exemple****2. Technologies de base des microsystèmes**

2.1 Micro-usinage de volume

2.2 Micro-usinage de surface.

2.3 Interconnexions, assemblages et conditionnements

3. Fonctions de base des microsystèmes

3.1 Fonctions capteurs

3.2 Fonctions actionneurs

4. Applications des microsystèmes

4.1 Filières d'accès aux technologies à microsystèmes

4.2 Perspectives de développement à moyen terme

E3090**Microsystèmes : applications et mise en œuvre**Par **Sylvain PAINEAU**, **Philippe ANDREUCCI**, **Catherine SCHAFFNIT** et **Stéphane MAGATON****1. Définition****2. De la conception à la fabrication.**

2.1 Macro versus microsystèmes

2.2 Principales étapes de la conception

2.3 Modélisation et simulations assistées Par ordinateur

3. Technologies de fabrication.

3.1 Types de substrats.

3.2 Matériaux couramment utilisés

3.3 Procédés de base

3.4 Exemples d'empilement

4. Packaging et assemblage

4.1 Définition et fonctions du packaging

4.2 Difficultés techniques

4.3 Conséquences sur les systèmes

4.4 Défis stratégiques et techniques

5. Application

5.1 Microsystèmes radio-fréquence

5.2 Microsystèmes optiques

5.3 Capteurs

5.4 Autres

6. Perspectives à moyen terme

6.1 Microsystèmes RF

6.2 Microsystèmes optiques.

6.3 Nanotechnologies.

Bibliographie

E3092

Capteurs à semi-conducteurs

Par Alfred PERMUY, Eric DONZIER et Fadhel REZGUI

1. Décomposition en capteurs élémentaires

2. Principaux phénomènes exploités Par les capteurs

2.1 Lois physiques générales.

2.2 Propriétés spécifiques des matériaux.

2.2.1 Transformation des déformations

2.2.2 Transformation des champs magnétiques

2.2.3 Transformation de l'énergie lumineuse.

2.2.4 Interaction semi-conducteur-fluide appliquée aux détecteurs d'espèces chimiques

3. Capteurs relevant de la technologie de la microélectronique

3.1 Capteurs exploitant des structures élastiques ou capteurs micro-usinés

3.2 Capteurs chimiques ou biochimiques.

3.3 Capteurs intelligents

4. Capteurs en silicium : l'enjeu économique

Références bibliographiques

E3093

Capteurs microélectroniques

Par Alfred PERMUY, Éric DONZIER et Fadhel REZGUI

1. Matériaux de la microélectronique

1.1 Silicium

1.1.1 Structure cristalline

1.1.2 Caractéristiques mécaniques et tribologiques

1.1.3 Piézorésistance

1.2 Dérivés du silicium : SiO₂ et Si₃N₄.

1.3 Autres matériaux

2. Technologie du micro-usinage collectif.

2.1 Caractéristiques générales.

2.2 Gravure plasma RIE.

2.3 Gravure isotrope liquide

2.4 Gravure anisotrope liquide

2.4.1 Principales caractéristiques

2.4.2 Influence du dopant

2.4.3 Gravure électrochimique

3. Techniques d'assemblage

3.1 Problématique.

3.2 Colles

3.3 Soudure électrostatique verre-silicium.

3.4 Soudure silicium/silicium

4. Applications des structures micro-usinées

4.1 Capteurs de pression

4.2 Microphones

4.3 Capteurs d'accélération

4.4 Capteurs de champ magnétique

4.5 Capteurs chimiques

4.6 Capteurs de débit

5. Capteurs non micro-usinés

5.1 Capteurs de température

5.2 Capteurs de débit

5.3 Capteurs de force

5.4 Capteurs sensitifs

5.5 Capteurs magnétiques

5.6 Capteurs chimiques

5.7 Capteurs photoniques.

6. Effets de la miniaturisation des capteurs.



7. Conclusion

Références bibliographiques

E2530**Dispositifs à transfert de charges (CCD)**

Par Gilles BOUCHARLAT

1. Principes.

- 1.1 Stockage de charges.
- 1.2 Transfert de charges
- 1.3 Introduction électrique de charges signal
- 1.4 Lecture des charges signal
- 1.5 Architectures de base
- 1.6 Réalisation et utilisations potentielles

2. Technologies de réalisation.

- 2.1 Rappel sur la technologie MOS
- 2.2 Exigences spécifiques d'une technologie à transfert de charges
- 2.3 Conclusion.

3. Fonctionnement en ligne à retard

- 3.1 Architecture
- 3.2 Performances
- 3.3 Exemples

4. Fonctionnement en multiplexeur

- 4.1 Multiplexeur linéaire
- 4.2 Multiplexeur matriciel
- 4.3 Exemples de réalisation

5. Fonctionnement en capteur d'image

- 5.1 Entrée de signal optique
- 5.2 Capteurs barrettes
- 5.3 Capteurs matriciels.
- 5.4 Performances d'un imageur

6. Possibilités de filtrage**7. Conclusion****S4/24786****Hyperfréquences : circuits et émetteurs de puissance****** Circuits hyperfréquences:****E1000****Introduction aux hyperfréquences**

Par François GAUTIER

1. Aperçu historique
2. Terminologie
3. Dispositifs
4. Applications

Références bibliographiques

E1380**Bruit en hyperfréquences - Origine et modélisation**

Par Gérard CACHIER

1. Sources de bruit externes

- 1.1 Rayonnements électromagnétiques naturels
- 1.2 Interférences créées Par les équipements électroniques

2. Sources de bruit internes.

- 2.1 Bruit thermique
- 2.2 Bruit de diffusion
- 2.3 Bruits de scintillation
- 2.4 Bruits de grenaille



- 2.5 Limite quantique
- 3. Bruit dans les circuits linéaires**
 - 3.1 Représentations du bruit
 - 3.2 Théorie des quadripôles avec bruit
 - 3.3 Modèles de bruit des composants pour la réception
 - 3.4 Conception d'un amplificateur à faible bruit
 - 3.5 Mesure de la puissance de bruit
- 4. Bruit dans les circuits non linéaires**
 - 4.1 Représentation du bruit dans les oscillateurs
 - 4.2 Mélangeurs
 - 4.3 Multiplicateurs de fréquence
 - 4.4 Amplificateurs de puissance
 - 4.5 Outils de simulation
 - 4.6 Mesure du bruit d'amplitude et du bruit de phase
- 5. Bruit dans les sous-ensembles**
 - 5.1 Sources de fréquences
 - 5.2 Chaînes de réception
 - 5.3 Chaînes d'émission.
 - 5.4 Antennes
- 6. Applications utilisant les propriétés du bruit**
 - 6.1 Radiométrie
 - 6.2 Brouilleurs
 - 6.3 Transmissions ultra large bande
- 7. Conclusion et perspectives**

IN38

Mesures et modélisations de composants électroniques hyperfréquences

Par **Tony GASSELING, Christophe CHARBONNIAUD, et Stéphane DELLIER**

Introduction

1 - Analyse non linéaire

- 1.1 - Analyse au niveau du composant
- 1.2 - Analyse au niveau du système

2 - Principes de modélisation

- 2.1 - Modélisation suivant les lois physiques
- 2.2 - Modélisation empirique

3 - Techniques de modélisation

- 3.1 - Modélisation linéaire de transistor en petit signal
- 3.2 - Modélisation non linéaire

4 - Validation des modèles

5 - Conclusion

E1400

Circuits passifs hyperfréquences - Introduction

Par **Paul-François COMBES et Raymond CRAMPAGNE**

- 1. Lignes éléments et dispositifs passifs
- 2. Présentation des articles

E1401

Circuits passifs hyperfréquences - Guides d'ondes métalliques

Par **Paul-François COMBES et Raymond CRAMPAGNE**

- 1. Fréquences mises en jeu
- 2. Guides d'ondes rectangulaires



- 2.1 Expressions des champs.
- 2.2 Relation fondamentale de la propagation guidée
- 2.3 Cas Particulier des modes TEM₀ et TE_{0n}
- 3. Mode fondamental des guides rectangulaires**
- 3.1 Expressions des champs
- 3.2 Coupe transversale du champ. Lignes de courant
- 3.3 Puissance active transportée Par l'onde TE₁₀
- 4. Étude des modes TEM₀ des guides rectangulaires.**
- 4.1 Cartes des lignes de champs et de courants
- 4.2 Dimensions et bande passante d'un guide d'ondes.
- 5. Atténuation dans les guides d'ondes rectangulaires**
- 6. Guides rectangulaires standards et surdimensionnés**
- 7. Guides d'ondes circulaires**
- 7.1 Expressions des champs
- 7.2 Caractéristiques des modes de propagation
- 7.3 Étude du mode fondamental TE₁₁
- 7.4 Atténuation en guide d'ondes circulaire.
- 8. Guides d'ondes coaxiaux**
- 8.1 Guide d'ondes coaxial circulaire
- 8.2 Guide d'ondes coaxial carré ou rectangulaire
- 9. Autres types de guides métalliques**
- 9.1 Guides à nervure
- 9.2 Guides en H, en U et à rainures
- Références bibliographiques**

E1402***Circuits passifs hyperfréquences - Filtres et cavités****Par Paul-François COMBES et Raymond CRAMPAGNE***1. Filtrage hyperfréquence**

- 1.1 Réalisation d'impédances et de circuits accordés avec des lignes microbandes
- 1.2 Filtres passe-bas et passe-haut en lignes microbandes.
- 1.3 Filtres passe-bande en lignes microbandes
- 1.4 Filtres à cavité en guides d'ondes
- 1.5 Filtres à lignes couplées.
- 1.6 Méthode de synthèse des filtres passe-bas
- 1.7 Transposition aux filtres passe-haut et passe-bande
- 1.8 Procédure de calcul d'un filtre passe-bas et d'un filtre passe-bande.

2. Cavités électromagnétiques

- 2.1 Conditions de résonance
- 2.2 Principaux types
- 2.3 Coefficients de surtension
- 2.4 Modélisation de l'impédance d'entrée
- 2.5 Applications

Références bibliographiques**E1403*****Circuits passifs hyperfréquences - Éléments passifs réciproques****Par Paul-François COMBES et Raymond CRAMPAGNE***1. Dipôles**

- 1.1 Court-circuit fixe
- 1.2 Court-circuit variable
- 1.3 Charge adaptée.
- 1.4 Charge variable ou charge glissante.

2. Quadripôles de base.

- 2.1 Atténuateurs.



- 2.2 Déphaseurs
- 2.3 Changements de direction
- 2.4 Transitions entre guides.
- 2.5 Joints tournants.
- 3. Caractérisation des quadripôles**
- 3.1 Paramètres s
- 3.2 Mesure des Paramètres s.
- 3.3 Analyseur de réseaux
- 3.4 Généralisation des Paramètres s aux multipôles
- 4. Combineur-diviseur de puissance de Wilkinson**
- 4.1 Matrice S
- 4.2 Utilisation
- 5. Tés**
- 5.1 Tés simples.
- 5.2 Tés hybrides
- 6. Théorie des coupleurs directs**
- 6.1 Définition
- 6.2 Matrice S
- 6.3 Jonctions hybrides
- 6.4 Coupleurs bidirectionnels pour la réflectométrie
- 7. Divers types de coupleurs directs**
- 7.1 Coupleurs à trous
- 7.2 Coupleurs Par proximité
- 7.3 Coupleurs à jonctions
- Références bibliographiques

E1404

Circuits passifs hyperfréquences - Éléments non réciproques à ferrite

Par **Paul-François COMBES** et **Raymond CRAMPAGNE**

- 1. Éléments passifs non réciproques à ferrite.**
- 1.1 Ferrites.
- 1.2 Non-réciprocité dans les ferrites
- 1.3 Réalisation de la non-réciprocité en hyperfréquences
- 1.4 Atténuation et déphasage non réciproques
- 1.5 Éléments utilisant l'atténuation non réciproque
- 1.6 Éléments utilisant le déphasage non réciproque
- 1.7 Rotation de polarisation non réciproque
- 1.8 Éléments utilisant l'effet Faraday
- 2. Dispositifs pour circuits passifs**
- 2.1 Duplexeur radar à deux tés magiques et à tubes TR
- 2.2 Diplexeur à coupleurs dB et à cavités résonantes.
- 2.3 Multiplexeur de canaux à coupleurs dB
- 2.4 Diplexeur à circulateurs et à cavité résonante
- 2.5 Multiplexeur-démultiplexeur de canaux à circulateurs et à filtres
- 2.6 Circulateur à quatre voies
- 2.7 Diviseur de puissance variable

Bibliographie

E1425

MMIC – Evolution et technologie

Par **Gilles DAMBRINE** et **Didier BELOT** et **Pascal CHEVALIER**

- 1. Présentation des MMICs**
- 1.1 Applications des MMICs.
- 1.2 Filières technologiques.
- 1.3 État de l'art des MMICs.



- 1.4 Industrie des MMICs
- 1.5 Outils et démarche de conception.
- 2. Technologies des MMICs**
- 2.1 Filières silicium.
- 2.2 Filières III-V
- 2.3 Fabrication et test des circuits monolithiques
- 3. Conclusion**
- 4. Glossaire**
- 5. Acronymes**

E1426

MMIC : composants - Transistors, technologies et modélisation

Par **Gilles DAMBRINE, Didier BELOT et Pascal CHEVALIER**

1. Différents types de composants actifs.

- 1.1 Transistor à effet de champ à hétérojonction HEMT – Filières GaAs et InP ...
- 1.2 Transistor à effet de champ à hétérojonctions HEMT – Filière GaN.
- 1.3 Transistor MOSFET.
- 1.4 Transistor bipolaire à hétérojonction

2. Modélisation électrique des transistors hautes fréquences

- 2.1 Modèle linéaire pour un transistor à effet de champ
- 2.2 Modèle linéaire pour un transistor bipolaire à hétérojonction
- 2.3 Modèles non linéaires ou grand signal de transistors
- 2.4 Modèles compacts pour filières de composants silicium

3. Conclusion.

4. Glossaire

E1427

MMIC : composants - Composants passifs et circuits de polarisation

Par **Gilles DAMBRINE, Didier BELOT, Pascal CHEVALIER**

1. Composants passifs et leurs modèles.

- 1.1 Transistor à effet de champ à VDS = (FET froid)
 - 1.1.1 Résistance variable
 - 1.1.2 Capacité variable
- 1.2 Résistances
- 1.3 Capacités.
- 1.4 Lignes
- 1.5 Inductances spirales
- 1.6 Inductances rectilignes

2. Polarisation des composants actifs

3. Conclusion.

4. Glossaire

E1428

MMIC - Déphaseurs et amplificateurs

Par **Didier BELOT et Gilles DAMBRINE**

1. Coupleurs, commutateurs, atténuateur, déphaseurs

- 1.1 Cellules de déphasage
- 1.2 Coupleurs.
- 1.3 Interrupteurs, commutateurs
- 1.4 Atténuateurs
- 1.5 Déphaseurs quantifiés
- 1.6 Déphaseurs analogiques et vectoriels

2. Amplificateur en petit signal

- 2.1 Montages de transistors à effet de champ et bipolaires



- 2.2 Amplificateurs à bande étroite à un et deux étages
- 2.3 Amplificateurs à large bande
- 2.4 Amplificateurs distribués
- 2.5 Amplificateurs à faible bruit
- 2.6 Amplificateur : architecture de type différentiel.

3. Amplificateur de puissance

- 3.1 Fonctionnement en classe A. Définitions.
- 3.2 Load pull et source pull
- 3.3 Classes de fonctionnement
- 3.4 Non-linéarités
- 3.5 Conception d'un amplificateur de puissance
- 3.6 Structures d'amplificateurs de puissance.

4. Conclusion.

E1429

MMIC - Oscillateurs, mélangeurs, convertisseurs

Par **Didier BELOT**

1. Oscillateurs

- 1.1 Conditions de démarrage des oscillations.
- 1.2 Comportement en grand signal et stabilité.
- 1.3 Oscillateurs accordables Par varactor
- 1.4 Circuit tampon.

2. Modulateurs, démodulateurs

- 2.1 Principe du mélange : modulation, démodulation, Comparaison de phase
- 2.2 Performances
- 2.3 Composants pour mélangeurs
- 2.4 Démodulateurs et modulateurs simples
- 2.5 Démodulateurs équilibrés et à suppression de fréquence image
- 2.6 Modulateurs équilibrés et à bande latérale unique
- 2.7 Réalisations de démodulateurs et de modulateurs

3. Multiplicateurs de fréquence

- 3.1 Les multiplicateurs monolithiques et leurs performances
- 3.2 Conception des multiplicateurs de fréquence
- 3.3 Exemples de réalisations

4. Diviseurs de fréquence analogiques

- 4.1 Les diviseurs de fréquence analogiques et leurs performances
- 4.2 Conception d'un diviseur de fréquence analogique⁸
- 4.3 Exemples de réalisations

5. Sous-ensembles monolithiques.

- 5.1 Avantages des sous-ensembles monolithiques
- 5.2 Quelques règles de conception
- 5.3 Exemples de réalisations

6. Conclusion

7. Glossaire

E1470

Systemes et techniques RFID

Par **Claude TETELIN**

1. Principes généraux de la RFID.

2. Familles de systèmes RFID et caractéristiques

- 2.1 RFID active ou passive
- 2.2 Champ proche ou champ lointain
- 2.3 Lecture seule ou lecture/écriture
- 2.4 Protocole ITF ou TTF.

3. Télé alimentation des étiquettes RFID

- 3.1 Télé alimentation en HF, couplage magnétique
- 3.2 Télé alimentation en UHF, équation de Friis



3.3 Adaptations d'impédance interrogateur et étiquette.

4. Communication et codage des informations

4.1 Modulations en RFID

4.2 Codes utilisés en RFID

4.2.1 Codes dans la communication « uplink »

4.2.2 Codes dans la communication « downlink »

5. Protocoles d'anticollision

5.1 Algorithmes déterministes.

5.2 Algorithmes aléatoires

6. Normes et réglementations

6.1 Régulations.

6.2 RFID et santé publique

6.3 Normes techniques.

7. Conclusion

8. Glossaire

E1472

Montage d'étiquettes RFID passives – Productivité accrue des solutions d'assemblage

Par **Yannick GRASSET**

1. Fabrication d'étiquettes RFID. Définitions

1.1 Support

1.2 Antenne.

1.3 Puce ou circuit intégré(CI)

1.4 Assemblage Par collage

1.5 Pick and Place.

1.6 Inlay.

1.7 Produit final : l'étiquette RFID

2. Coûts de production RFID.

2.1 Coût des puces (ou circuits intégrés)

2.2 Coût des inlays

2.3 Coût de la colle

2.4 Facteur de forme

2.5 Impact des volumes de production

2.6 Impact du coût des machines de production

2.7 Impact des coûts de main-d'œuvre

3. Pourquoi le marché peine à décoller aujourd'hui

4. Avenir de la production RFID

4.1 Coût du silicium

4.2 Inlay HF et UHF

4.3 Moyens de production

4.4 Facteur de forme

****Émetteurs de puissance en hyperfréquences:**

E6105

Nouveaux émetteurs tout état solide de forte puissance

Par **Michel BASE**

1. Principaux objectifs techniques.

1.1 Réalisation des économies d'énergie

1.2 Augmentation de la disponibilité de service.

1.3 Réduction des contraintes de maintenance du système de refroidissement

2. Description fonctionnelle d'un bloc d'amplification

3. Module d'amplification RF en classe D

3.1 Description du module de puissance

3.2 Puissance de sortie du module



- 3.3 Optimisation du rendement
- 3.4 Limitations du module d'amplification.
- 4. Couplage des modules d'amplification**
- 4.1 Couplage série
- 4.2 Couplage Parallèle.
- 4.3 Couplage mixte série Parallèle.
- 5. Stratégie de modulation numérique**
- 5.1 Alimentations Par impulsions modulées en largeur
- 5.2 Modulation Par échelons d'amplitude
- 6. Couplage direct de type N –.**
- 6.1 Circuit d'adaptation en sortie bloc amplificateur.
- 6.2 Bloc de filtrage couplage direct
- 7. Système d'alimentation**
- 7.1 Source d'alimentation principale
- 7.2 Sources secondaires
- 8. Système de commande et de supervision**
- 8.1 Système de commande et de supervision d'un bloc amplificateur.
- 8.2 Système central de commande et de supervision (Multiblocs)
- 9. Caractéristiques techniques d'un émetteur radio nouvelle génération**
- 9.1 Performances RF
- 9.2 Fréquence d'émission
- 9.3 Modulation audio
- 9.4 Fiabilité
- 9.5 Conditions d'environnement.
- 9.6 Rendement global
- 9.7 Exploitation
- 9.8 Installation.

E1610

***Amplification de puissance radiofréquence à l'état solide
- Classes, systèmes et technologies***

Par Michel TURIN

- 1. Définitions**
- 2. Classes d'amplification**
- 3. Systèmes d'amplification RF**
- 4. Systèmes de couplages**
- 5. Définition des Paramètres de mise en œuvre**
- 6. Technologies des semi-conducteurs**
- 7. Conclusion.**

E1611

***Amplification de puissance radiofréquence à l'état solide
- Paramètres de mise en œuvre***

Par Michel TURIN

- 1. Composants : caractéristiques et caractérisation**
- 1.1 Structure des composants de puissance
- 1.2 Spécifications de base
- 1.3 Données d'utilisation
- 1.4 Influence de la température
- 1.5 Caractérisations
- 2. Conception**
- 2.1 Polarisation
- 2.2 StabilitéRF
- 2.3 Adaptations d'impédance
- 2.4 Thermique



- 2.5 Robustesse et fiabilité
- 2.6 Compatibilité électromagnétique
- 3. Distorsions non linéaires**
- 3.1 Problématique
- 3.2 Produits de distorsion.
- 3.3 Caractérisation
- 3.4 Systèmes de correction de linéarité.
- 4. Conclusion**

E1620***Tubes électroniques hyperfréquences - Technologies et tubes à grille***Par **Thierry LEMOINE****1. Contexte et classification.****2. Technologies des tubes électroniques**

- 2.1 Cathodes
- 2.2 Optiques électroniques
- 2.3 Canon d'un tube linéaire
- 2.4 Confinement magnétique (tubes linéaires)
- 2.5 Focalisation PPM
- 2.6 Collecteurs
- 2.7 Collecteurs déprimés

3. Technologies du vide.

- 3.1 Qualité du vide
- 3.2 Effets de surface et interaction avec les champs électrostatiques et RF
- 3.3 Émission secondaire
- 3.4 Effet multipactor
- 3.5 Émission thermoionique Parasite

4. Tubes à grille

- 4.1 Fonctionnement d'une triode
- 4.2 Tétrodes
- 4.3 Fonctionnement dynamique et classes d'utilisation
- 4.4 Fonctionnement en « cathode commune » et en « grille commune ».
- 4.5 Gammes d'utilisation et limitations
- 4.6 Fonctionnement d'une tétrode sur charge désadaptée.
- 4.7 Durée de vie d'une tétrode.
- 4.8 Utilisation des tubes à grille

5. IOT

- 5.1 Principe de fonctionnement
- 5.2 Gammes d'utilisation et limitations
- 5.3 Rendement d'interaction et IOT à collecteur déprimé
- 5.4 Durée de vie d'un IOT
- 5.5 Utilisation des IOT

6. Conclusion**7. Glossaire et acronymes.****8. Symboles****E1621*****Tubes électroniques hyperfréquences - Tubes de très forte puissance***Par **Thierry LEMOINE****1. Klystrons**

- 1.1 Guides d'Onde
- 1.2 Cavités hyperfréquences
- 1.3 Excitation d'une cavité dans le cas d'un klystron



- 1.4 Bunching du faisceau (théorie balistique)
- 1.5 Coefficient d'interaction
- 1.6 Bunching du faisceau (prise en compte de la charge d'espace)
- 1.7 Klystrons multi-cavités.
- 1.8 Efficacité de l'interaction
- 1.9 Klystrons à interaction étendue (EIK)
- 1.10 Relation entre efficacité d'interaction, pénétrance et rendement
- 1.11 Gammes d'utilisation et limitations en puissance
 - 1.11.1 Puissance maximale du faisceau
 - 1.11.2 Impact du rendement d'interaction et des pertes ohmiques
 - 1.11.3 Limites thermiques liées au collecteur
 - 1.11.4 Limites thermiques liées au champ RF dans la cavité de sortie
- 1.12 Klystrons multifaisceaux (MBK) et klystrons à faisceau plat (SBK)
- 1.13 Fonctionnement sur charge désadaptée
- 1.14 Bande passante d'un klystron
- 1.15 Durée de vie d'un klystron
- 1.16 Utilisation des klystrons
- 2. Magnétrons**
 - 2.1 Principe de fonctionnement
 - 2.2 Gammes d'utilisation et limitations des magnétrons
 - 2.3 Durée de vie d'un magnétron
 - 2.4 Utilisation des magnétrons.
- 3. Gyrotrons**
 - 3.1 Principe de fonctionnement du gyrotron
 - 3.2 Fonctionnement sur un mode élevé
 - 3.3 Rendement électrique et puissance maximale d'un gyrotron
 - 3.4 Gyrotrons fonctionnant sur harmonique supérieur
 - 3.5 Gammes d'utilisation et limitations
- 4. Autres familles de tubes électroniques.**
- 5. Conclusion**
- 6. Glossaire**
- 7. Notations et symboles**

E1622

Tubes électroniques hyperfréquences - Tubes à onde progressive

Par **Thierry LEMOINE**

- 1. TWT à hélice**
 - 1.1 Fonctionnement d'un TWT
 - 1.2 TWT à hélice
 - 1.3 Gammes d'utilisation et limitations des TWT à hélice
 - 1.4 Rendement total d'un TWT à hélice à collecteur déprimé.
 - 1.5 Oscillations des TWT à hélice
 - 1.6 Linéarité d'un TWT à hélice
 - 1.7 Facteur de bruit d'un TWT à hélice
 - 1.8 Durée de vie d'un TWT à hélice
 - 1.9 TWT ring & bar et ring & loop
 - 1.10 Utilisation des TWT
- 2. TWT à ligne métallique.**
 - 2.1 Fonctionnement des TWT à ligne métallique
 - 2.2 Gammes d'utilisation et limitations d'un TWT à ligne métallique
 - 2.3 Durée de vie d'un TWT à ligne métallique
 - 2.4 Applications aux fréquences submillimétriques
- 3. Conclusion.**
- 4. Glossaire**
- 5. Acronymes et symboles**



E3420**Méthodes d'assemblage pour tubes et dispositifs hyperfréquences***Par Dominique DIEUMEGARD et Gérard LE CLOAREC***1. Principaux matériaux à assembler et caractéristiques utiles**

1.1 Principaux matériaux

1.2 Caractéristiques utiles pour les assemblages

2. Méthodes d'assemblage de pièces métalliques

2.1 Brasage.

2.2 Assemblage Par diffusion

2.3 Soudage électrique Par points (Par résistance électrique)

2.4 Soudages argon-arc, mini plasma, Par bombardement électronique et Par laser

3. Scellement de pièces en verre

3.1 Scellement direct

3.2 Scellement avec interposition de verres de soudure

3.3 Scellement avec les métaux

3.4 Scellement avec les céramiques

4. Scelllements céramique-métal

4.1 Modes d'accrochage d'un métal ou alliage sur une céramique

4.2 Principaux procédés de scellement

4.3 Comparaison des trois procédés

S4/24788**Matériaux et dispositifs magnétiques et supraconducteurs****E1730****Ferromagnétisme***Par Jean-Pierre NOZIÈRES***1. Magnétisme à l'échelle atomique**

1.1 Origine du moment magnétique.

1.2 Ordre magnétique

1.3 Anisotropie magnéto cristalline

1.4 Magnétostriction

2. Magnétisme à l'échelle mésoscopique.

2.1 Énergie magnétostatique. Champ démagnétisant

2.2 Domaines. Parois.

2.3 Particules mono domaines. Super Paramagnétisme

2.4 Mécanismes d'aimantation

2.5 Conséquences macroscopiques de l'irréversibilité des mécanismes d'aimantation.

3. Couches minces et multicouches

3.1 Domaines et Parois dans les couches minces

3.2 Anisotropie de surface

4. Applications du magnétisme

4.1 Matériaux doux

4.2 Matériaux durs

4.3 Supports pour l'enregistrement magnétique

E1760**Ferrites faibles pertes pour applications fréquentielles***Par Richard LEBOURGEOIS***1. Caractéristiques des ferrites****2. Propriétés physiques des ferrites spinelles et grenats**

2.1 Structures cristallographiques et compositions chimiques

2.1.1 Structure spinelle

2.1.2 Structure grenat

2.2 Propriétés électromagnétiques.

2.2.1 Aimantation à saturation



- 2.2.2 Température de Curie.
- 2.2.3 Magnétostriction
- 2.2.4 Résistivité électrique
- 2.2.5 Permittivité.
- 2.2.6 Perméabilité magnétique
- 2.2.7 Pertes dans les ferrites
- 2.3 Autres propriétés physiques
- 3. Synthèse des ferrites**
- 3.1 Ferrites monocristallins
- 3.2 Ferrites polycristallins.
- 4. Quel ferrite pour quelle application ?.**
- 5. Ferrites de manganèse-zinc et applications**
- 5.1 Ferrites Mn-Zn pour applications de puissance
- 5.2 Ferrites Mn-Zn pour applications de puissance haute fréquence.
- 5.3 Ferrites Mn-Zn haute perméabilité pour anti Parasitage
- 6. Ferrites de nickel-zinc et applications.**
- 6.1 Optimisation des ferrites Ni-Zn
- 6.2 Quelques exemples d'applications des ferrites Ni-Zn
- 6.2.1 Applications à bas niveau
- 6.2.2 Applications à fort niveau
- 7. Ferrites à basse température de frittage pour composants inductifs intégrés.**
- 7.1 Synthèse et composition chimique
- 7.2 Réalisations et applications.
- 8. Ferrites pour hyperfréquences**
- 8.1 Principe de fonctionnement des ferrites pour hyperfréquences
- 8.2 Résonance gyromagnétique
- 8.3 Importance de l'aimantation à saturation.
- 8.4 Pertes dans les ferrites pour hyperfréquences.
- 8.4.1 Pertes magnétiques en régime linéaire
- 8.4.2 Pertes magnétiques en régime non linéaire
- 8.5 Caractéristiques des ferrites pour hyperfréquences
- 9. Conclusion**

E1770

Matériaux magnétiques amorphes, micro et nanocristallins

Par **Jacques DEGAUQUE**

1. Élaboration d'alliages rapidement solidifiés

- 1.1 Phénoménologie de la solidification rapide
- 1.2 Procédés d'élaboration
- 1.2.1 Production de rubans et de fils métalliques.
- 1.2.2 Production de poudres métalliques
- 1.2.3 Autres procédés d'élaboration
- 1.3 Conditionnement final
- 1.3.1 Matériaux magnétiques doux
- 1.3.2 Matériaux magnétiques durs.

2. Structures et propriétés.

- 2.1 Matériaux à propriétés magnétiques douces
- 2.1.1 Amorphes métalliques
- 2.1.2 Alliages microcristallins
- 2.1.3 Alliages nanocristallins
- 2.2 Matériaux à propriétés magnétiques dures

3. Applications

- 3.1 Matériaux à propriétés magnétiques douces
- 3.1.1 Utilisations aux basses fréquences (50/60 Hz)
- 3.1.2 Utilisations aux fréquences moyennes et élevées.



- 3.1.3 Blindage magnétique
- 3.1.4 Capteurs
- 3.2 Matériaux à propriétés magnétiques dures
- 4. Conclusions et perspectives

E2130

Transformateurs et inductances

Par **François BEAUCLAIR, Jean-Pierre DELVINQUIER**
et **Jean-Pierre GROS**

1. Généralités.

- 1.1 Contraintes imposées
- 1.2 Conception à coût objectif

2. Inductances

- 2.1 Familles d'inductances
- 2.2 Processus de dimensionnement
- 2.3 Schémas équivalents

3. Transformateurs

- 3.1 Familles de transformateurs
- 3.2 Processus de dimensionnement
- 3.3 Schémas équivalents

4. Matériaux

- 4.1 Matériaux magnétiques
- 4.2 Matériaux diélectriques
- 4.3 Matériaux conducteurs

5. Technologies de bobinages.

- 5.1 Différentes structures de bobinage.
- 5.2 Nouvelles technologies

6. Optimisation des bobinages

- 6.1 Calcul des éléments Parasites
- 6.2 Pertes et échauffement

7. Tendances

- 7.1 Évolution des matériaux
- 7.2 Évolution des technologies de bobinage

E2135

Magnétorésistance géante et électronique de spin

Par **Michel HEHN, François MONTAIGNE** et **Alain SCHUHL**

1. Notions liées à l'électronique de spin

- 1.1 Propriétés magnétiques de couches minces
- 1.2 Transport polarisé en spin

2. Capteurs magnétorésistifs

- 2.1 Relation entre résistance et moment magnétique
- 2.2 Réponse magnétique : relation entre moment et champ magnétique
- 2.3 Vers le capteur
- 2.4 Applications et exemples.

3. Mémoires magnétiques

- 3.1 Stockage magnétique
- 3.2 Lecture magnétorésistive
- 3.3 Mémoires magnétiques non volatiles à accès aléatoire (MRAM)

4. Vers une électronique de spin

- 4.1 Transistor basé sur la magnétorésistance géante
- 4.2 Transistor basé sur la magnétorésistance tunnel
- 4.3 Transistors basés sur l'injection de spin dans un semi-conducteur
- 4.4 Transistor à un électron (SET), le transistor « ultime »



E2150

Couches minces et nanostructures magnétiques (partie1)

Par **Olivier FRUCHART**

- 1. Préambule**
- 2. Propriétés des couches minces**
 - 2.1 Propriétés microscopiques
 - 2.2 Parois et domaines
 - 2.3 Processus de renversement de l'aimantation
- 3. Propriétés des nanostructures simples**
 - 3.1 État fondamental micro magnétique
 - 3.2 Processus d'hystérésis
- Références bibliographiques**

E2151

Couches minces et nanostructures magnétiques (partie2)

Par **Olivier FRUCHART**

- 1. Systèmes composites : effets et concepts**
 - 1.1 Effets de couplage direct
 - 1.2 Effets de couplage indirects.
 - 1.3 Effets de magnétorésistance
- 2. Mises en application**
 - 2.1 Mémoires magnétiques non volatiles
 - 2.2 Application des nano Particules magnétiques en biologie
- Références bibliographiques**

E1960

Effets et matériaux magnéto-optiques

Par **Jacques FERRE**

- 1. Origine des effets magnéto-optiques**
 - 1.1 Effets magnéto-optiques linéaires (MOL)
 - 1.2 Effets en optique non linéaire : magnéto-optique sur génération de seconde harmonique (MOGSH)
- 2. Observables magnéto-optiques**
 - 2.1 Modes de propagation de la lumière en MOL.
 - 2.2 MOL du premier ordre en transmission : biréfringence (rotation et ellipticité Faraday) et dichroïsme circulaires magnétiques.
 - 2.3 MOL du second ordre en transmission : biréfringence et dichroïsme linéaires magnétiques
 - 2.4 Effet Kerr magnéto-optique en réflexion sur un milieu massif.
 - 2.5 Effet Kerr magnéto-optique en réflexion sur une multicouche
 - 2.6 Magnéto-optique sur génération de seconde harmonique (MOGSH).
 - 2.7 Exaltation des effets magnéto-optiques
 - 2.8 Effets magnéto-optiques en optique intégrée
- 3. Matériaux magnéto-optiques**
 - 3.1 Matériaux transparents
 - 3.2 Matériaux réflecteurs.
- 4. Conclusion**
- 5. Glossaire**

E1962

Application de la magnéto-optique

Par **Jacques FERRE**

- 1. Spécificités et avantages de la magnéto-optique**
 - 1.1 Sensibilité au magnétisme
 - 1.2 Sélectivité
 - 1.3 Résolution spatiale – Microscopie magnéto-optique.
 - 1.4 Résolution temporelle



2. Dispositifs non réciproques

- 2.1 Isolateur
- 2.2 Circulateur
- 2.3 Nouvelles tendances concernant les dispositifs non réciproques

3. Modulateur

4. Déflecteur

5. Imagerie des domaines magnétiques.

6. Capteurs magnéto-optiques

- 6.1 Dispositifs d'imagerie du flux ou du champ magnétique
- 6.2 Capteurs de courant.
- 6.3 Magnétomètres magnéto-optiques

7. Mémoires magnéto-optiques

- 7.1 Systèmes de stockage adressables Par un faisceau optique
- 7.2 Disque magnéto-optique.

8. Dispositifs d'affichage et systèmes d'impression magnéto-optiques

- 8.1 Technologies
- 8.2 Dispositifs

9. Interactions ondes optiques–ondes magnéto-statiques en Magnéto-optique Intégrée

10. Conclusion

11. Glossaire

E1880

Effets et matériaux magnétostrictifs

Par **Pierre HARTEMANN**

1. Principaux phénomènes de magnétostriction.

- 1.1 Effet Joule longitudinal
- 1.2 Effet Villari
- 1.3 Effet Joule transversal
- 1.4 Effet Wiedemann
- 1.5 Effet de variation de volume
- 1.6 Effet de flexion.
- 1.7 Effet de variation du module d'Young ou effet DE.

2. Introduction au ferromagnétisme.

- 2.1 Domaines magnétiques
- 2.2 Première aimantation du matériau
- 2.3 Magnétostriction
- 2.4 Magnétostriction inverse
- 2.5 Hystérésis magnétique

3. Matériaux magnétostrictifs

- 3.1 Alliages métalliques
- 3.2 Ferrites
- 3.3 Composés terres rares-fer
- 3.4 Amorphes magnétiques
- 3.5 Monocristaux

4. Applications de la magnétostriction

- 4.1 Coefficient de couplage magnéto mécanique
- 4.2 Résonateur magnétostrictif
- 4.3 Émetteurs-récepteurs d'ondes élastiques
- 4.4 Actionneurs et moteurs
- 4.5 Capteurs
- 4.5.1 Capteurs de grandeurs mécaniques
- 4.5.2 Capteurs de grandeurs magnétiques

5. Conclusion



E1110**Supraconducteurs à haute température critique et applications**Par **Brigitte LERIDON** et **Jean-Pierre CONTOUR**

- 1. Propriétés des matériaux supraconducteurs**
- 2. Les oxydes supraconducteurs à haute température critique**
 - 2.1 Découverte de la supraconductivité des cuprates et des principaux matériaux supraconducteurs
 - 2.2 Oxyde supraconducteur YBa₂Cu₃O_{7-x}
 - 2.3 Élaboration des matériaux sous forme de films minces
- 3. Mécanismes de la supraconductivité.**
 - 3.1 Théorie phénoménologique de Ginzburg-Landau
 - 3.2 Théorie microscopique de Bardeen, Cooper et Schrieffer (BCS)
 - 3.3 Vers une théorie pour la supraconductivité à haute température critique
- 4. Effets Josephson**
 - 4.1 Effet Josephson entre deux supraconducteurs
 - 4.2 Jonction supraconducteur-isolant-supraconducteur
 - 4.3 Effets Josephson dans les supraconducteurs à haute température critique
- 5. Interfaces supraconducteur-métal normal**
 - 5.1 Effet tunnel supraconducteur-isolant-métal normal
 - 5.2 Interface supraconducteur conventionnel-métal normal
 - 5.3 Surface libre d'un supraconducteur dx^2y^2
- 6. Applications électroniques des supraconducteurs à haute température Critique (SHTC)**
 - 6.1 Composants passifs
 - 6.2 Composants Josephson
 - 6.3 Détection millimétrique et infrarouge
 - 6.4 Composants prospectifs
 - 6.5 Conclusion

S4/24789 Matériaux pour l'électronique et dispositifs associés**** Polymères pour l'électronique:****E1850****Propriétés diélectriques des polymères**Par **Jean-Marc BUREAU**

- 1. Permittivité et indice de pertes**
 - 1.1 Diélectrique Parfait.
 - 1.2 Permittivité complexe
 - 1.3 Utilisation pratique de la permittivité relative et du facteur de dissipation
 - 1.4 Polarisation dans les polymères.
 - 1.5 Influence de la température et de la fréquence
 - 1.6 Influence d'autres facteurs
- 2. Résistivité.**
 - 2.1 Définitions
 - 2.2 Domaine des résistivités
 - 2.3 Types de conductivité.
 - 2.4 Influence de différents facteurs sur la résistivité transversale.
 - 2.5 Résistivité superficielle
- 3. Rigidité diélectrique**
 - 3.1 Définition
 - 3.2 Rigidité intrinsèque
 - 3.3 Rigidité diélectrique pratique
- 4. Autres propriétés importantes des polymères diélectriques**
 - 4.1 Stabilité thermique



- 4.2 Résistance au feu. Sécurité.
- 4.3 Résistance chimique
- 4.4 Résistance aux rayonnements
- 5. Optimisation d'un polymère diélectrique.**
- 5.1 Maximisation du volume libre
- 5.2 Copolymérisation.
- 5.3 Composites
- 6. Applications des polymères diélectriques**
- 6.1 Condensateurs
- 6.2 Isolation de câbles et de lignes de transmission.
- 6.3 Connecteurs.
- 6.4 Circuits imprimés
- 6.5 Modules multichips
- 6.6 Substrats d'antennes
- 6.7 Protection et encapsulation de composants électroniques
- 7. Conclusion**
- 8. Glossaire**

E1855

Polymères hétérocycliques thermostables

Par **Jean-Claude DUBOIS** et **Guy RABILLOUD**

- 1. Généralités**
- 2. Applications des polymères hétérocycliques thermostables**
- 2.1 Fibres thermostables
- 2.2 Adhésifs structuraux et matrices de composites.
- 2.3 Adhésifs conducteurs
- 2.4 Films de polyimides
- 2.5 Films diélectriques intermétalliques
- 2.6 Polyimides photosensibles
- 2.7 Couches d'alignement des afficheurs à cristaux liquides
- 2.8 Autres applications
- 3. Conclusion**

E1862

Polymères conjugués et électronique organique

Par **André-Jean ATTIAS**

- 1. Évolution de la recherche**
- 2. Physique des polymères conjugués et composants**
- 2.1 Rôle des électrons p dans les polymères conjugués
- 2.2 Composés conjugués Electrons p
- 2.2.1 Molécules conjuguées
- 2.2.2 Polymères conjugués
- 2.3 Influence de la longueur de conjugaison et notion de structure de bandes
- 2.4 Génération des charges Dopage
- 2.5 Polymères conducteurs Dopage chimique et conduction électrique
- 2.5.1 Dopage chimique
- 2.5.2 Porteurs de charge libre
- 2.5.3 Mise en évidence du dopage
- 2.5.4 Mécanismes de conduction.
- 2.5.5 Bilan
- 2.6 Injection de charges à l'interface métal / semi-conducteur organique : diodes électroluminescentes
- 2.6.1 Polymères conjugués
- 2.6.2 Petites molécules conjuguées
- 2.7 Création de charges Par photo-excitation : cellules photovoltaïques.
- 3. Chimie des polymères conjugués**
- 3.1 Rôle de la synthèse



- 3.2 Choix des monomères
- 3.3 Synthèse des polymères conjugués
 - 3.3.1 Synthèse des polymères conjugués de 1^{re} génération
 - 3.3.2 Synthèse des polymères conjugués de 2^e génération
 - 3.3.3 Synthèse des polymères conjugués de 3^e génération
- 3.4 Autres tendances
- 4. Bilan.
- 5. Glossaire
- 6. Sigles

M3402

TPE et TPV dans les applications high-tech

Par **Michel BIRON**

1. Applications high-tech

- 1.1 Conception
- 1.2 Principaux TPE et TPV disponibles
- 2. Méthodes de transformation traditionnelles ou innovantes**
 - 2.1 Méthodes de base
 - 2.2 Co transformation pour l'optimisation des fonctions et des coûts
- 3. Secteurs de pénétration des applications high-tech**
 - 3.1 TPE pour l'automobile
 - 3.2 TPE pour la recherche pétrolière
 - 3.3 TPE pour le médical
 - 3.4 TPE ignifugés sans halogène pour l'électricité et l'électronique
 - 3.5 TPE conducteurs électriques
 - 3.6 TPE conducteurs thermiques
 - 3.7 Encapsulants pour le photovoltaïque
 - 3.8 TPE pour le BTP
 - 3.9 TPE barrière et super-barrière
 - 3.10 Revêtements de protection en TPU pour gaines et câbles
 - 3.11 HSBC en concurrence avec les caoutchoucs de silicone
 - 3.12 TPU pour composites hautes et très hautes performances
 - 3.13 Membranes séparatrices Nexar® de KratonPolymers
- 4. Conclusion**

**** Matériaux diélectriques et conducteurs:**

E1870

Ferroélectricité

Par **Geneviève GODEFROY**

1. Qu'est-ce que la ferroélectricité.

- 1.1 Définition de la ferroélectricité et exemples
- 1.2 Conséquence de la ferroélectricité.
- 1.3 Intérêt pratique des ferroélectriques et plan proposé
- 2. Ferroélectricité et applications électroniques**
 - 2.1 Motivation
 - 2.2 Choix des variables, énergie libre, théorie de Landau
 - 2.3 Enthalpie libre et tenseurs d'ordre impair.
 - 2.4 Aspect microscopique de la ferroélectricité
 - 2.5 Applications électroniques de la ferroélectricité.
- 3. Ferroélectricité et applications optiques.**

- 3.1 Motivation
- 3.2 Effets non linéaires optiques
- 3.3 Effets électro-optiques
- 3.4 Effets photoréfractifs
- 4. Progrès sur les matériaux ferroélectriques en couches minces**
 - 4.1 Couches minces ferroélectriques minérales



- 4.1.1 Fabrication des couches minces
- 4.1.2 Choix des ferroélectriques en couches minces pour l'électronique
- 4.1.3 Films ferroélectriques en optique
- 4.1.4 Avenir des films ferroélectriques minéraux
- 4.2 Polymères ferroélectriques organiques en films minces.
- 4.2.1 Polymères synthétiques avec symétrie induite pour la ferroélectricité.
- 4.2.2 Polymères synthétiques à symétrie intrinsèque.
- 4.2.3 Polymères naturels ferroélectriques
- 4.3 Ferroélectriques intégrés
- 5. Conclusion

E1820

Céramiques pour composants électroniques

Par **F. Jean-Marie HAUSSONNE, David HOUIVET et Jérôme BERNARD**

- 1. Technologie céramique et composants électroniques
- 2. Technologie de fabrication et frittage
 - 2.1 Qu'est-ce qu'une céramique ?
 - 2.2 Fabrication d'une céramique massive
 - 2.3 Élaboration de couches minces Par la technologie céramique
- 3. Propriétés des matériaux céramiques
 - 3.1 Propriétés directement exploitées dans la fonction composant
 - 3.2 Propriétés non directement liées à la fonction définissant les composants
- 4. Élaboration de fonctions
 - 4.1 Circuits hybrides et circuits d'interconnexion multicouches
 - 4.2 Multi composants
 - 4.3 Composants « intelligents »
 - 4.4 Application des couches minces céramiques.
- 5. Conclusion.

E1920

Résonateurs diélectriques - Circuits micro-ondes

Par **Pierre FILHOL**

- 1. Circuits résonants RLC
- 2. Cavités résonantes.
- 3. Mode diélectrique TE_{01δ}
 - 3.1 Indice du milieu diélectrique
 - 3.2 Cavité remplie de diélectrique
 - 3.3 Guide diélectrique.
 - 3.4 Blindage métallique
 - 3.5 Configuration des champs et fréquence de résonance
 - 3.6 Couplage avec l'extérieur
 - 3.7 Visualisation
 - 3.8 Facteur de qualité de la structure
 - 3.9 Permittivité complexe du résonateur diélectrique et tangente d'angle de pertes
- 4. Modes de cavités
- 5. Forme du résonateur diélectrique
- 6. Mode TEM.
 - 6.1 Résonateurs coaxiaux
 - 6.2 Lignes micro-ruban sur substrat
- 7. Modes de galerie
- 8. Structures diélectriques périodiques
 - 8.1 Cristaux photoniques.
 - 8.2 Méta matériaux à base de résonateurs diélectriques
- 9. Conclusion
- 10. Glossaire



11. Notations et symboles

E1922**Résonateurs diélectriques - Matériaux et composants**Par **Pierre FILHOL****1. Caractérisation**

- 1.1 Mesure de la permittivité.
- 1.2 Mesure des pertes diélectriques
- 1.3 Mesure de la stabilité en température

2. Élaboration des matériaux.**3. Sélection de matériaux diélectriques**

- 3.1 Coefficient de stabilité thermique de la fréquence
- 3.2 Permittivité relative réelle et facteur de qualité

4. Permittivité des matériaux et pertes diélectriques

- 4.1 Permittivité
- 4.2 Pertes diélectriques en fonction de la fréquence, de la température et de la permittivité.

5. Gamme de matériaux céramiques hyperfréquences

- 5.1 Titanates de base $ZrTiO_4$
- 5.2 Titanates du diagramme $CaTiO_3-NdAlO_3$
- 5.3 Titanates du diagramme $SrTiO_3-LaAlO_3$
- 5.4 Tantalates des diagrammes $BaO-ZnO-Ta_2O_5$ et $BaO-MgO-Ta_2O_5$: matériaux BZT et BMT.
- 5.5 Titanates des diagrammes $BaO-Sm_2O_3-TiO_2$ et $BaO-Nd_2O_3-TiO_2$: matériaux BST et BNT

6. Mise en œuvre.

- 6.1 Forme et dimension.
- 6.2 Calcul de la fréquence de résonance et des cotes
- 6.3 Réglage de la fréquence
- 6.4 Fixation
- 6.5 Emploi d'un support

7. Applications.

- 7.1 Oscillateurs : détermination du coefficient de température optimal
- 7.2 Filtrés: gabarit, modes Parasites, exemples

8. Conclusion**9. Glossaire****10. Notations et symboles****E1925****Condensateurs**Par **Alain BEAUGER, Jean-Marie HAUSSENE** et **Jean-Claude NIEPCE****1. Généralités.**

- 1.1 Caractéristiques physiques.
- 1.2 Principales familles de condensateurs

2. Condensateurs céramiques.

- 2.1 Technologie
- 2.2 Miniaturisation et baisse des coûts des condensateurs céramiques multicouches
- 2.3 Propriétés électriques.
- 2.4 Applications
- 2.5 Évolution
- 2.6 Fonctions passives intégrées

3. Condensateurs électrochimiques

- 3.1 Technologie
- 3.2 Propriétés électriques
- 3.3 Applications



3.4 Évolution

4. Condensateurs films

4.1 Technologie

4.2 Propriétés électriques

4.3 Applications

4.4 Évolution

4.5 Condensateurs utilisés en électronique de puissance

5. Tendances.

5.1 Évolution du secteur des condensateurs.

5.2 Super condensateurs

E2080

Céramiques semi-conducteurs

Par **Alain BEAUGER**, et **Alain LAGRANGE**

1. Propriétés des thermistances

2. Thermistances CTN.

2.1 Origine de la conductivité

2.2 Technologie

2.3 Caractéristiques électriques

2.4 Applications

2.5 Évolution des thermistances CTN

3. Thermistances CTP

3.1 Origine de la conductivité.

3.2 Technologie

3.3 Caractéristiques électriques

3.4 Applications

3.5 Évolution des thermistances CTP

4. Conclusion.

5. Glossaire

E2100

Résistances. Potentiomètres

Par **Pascale NAGY-REVESSE**

1. Paramètres fondamentaux

1.1 Valeur ohmique

1.2 Valeur ohmique nominale de la résistance

1.3 Dissipation thermique et température nominales

1.4 Résistance critique.

1.5 Coefficient de température

1.6 Coefficient de tension.

1.7 Paramètres spécifiques aux potentiomètres

1.7.1 Loi de variation

1.7.2 Courses mécaniques totales et courses électriques totales

1.7.3 Résistance de contact

1.7.4 Régularité de la tension de sortie

1.7.5 Nombre de manœuvres garanties

1.7.6 Courant maximal admissible dans le curseur

2. Résistances

2.1 Résistances bobinées

2.1.1 Technologie

2.1.2 Résistances bobinées de haute précision.

2.1.3 Résistances bobinées de précision

2.1.4 Résistances bobinées de semi-précision

2.1.5 Résistances bobinées d'usage courant

2.1.6 Résistances bobinées de puissance

2.2 Résistances à feuille métallique

2.3 Résistances à couche métallique



- 2.3.1 Technologie
- 2.3.2 Résistances à couche de semi-précision
- 2.3.3 Résistances à couche de précision.
- 2.4 Résistances à couche épaisse de puissance
- 2.5 Résistances à couche mince de haute précision.
- 2.6 Cas Particulier des réseaux de résistances.
- 2.7 Résistances pour montage en surface
- 2.7.1 Chips résistifs.
- 2.7.2 Autres résistances pour montage en surface

3. Potentiomètres

- 3.1 Généralités
- 3.2 Trimmers
- 3.3 Potentiomètres standards
- 3.4 Potentiomètres de précision

RE222

Impression et recuit de nanoparticules métalliques pour l'électronique imprimée

Par **Romain CAUCHOIS**, **Mohamed SAADAoui** et **Karim INAL**

INTRODUCTION

1 - Contexte

2 - Principe et mise en œuvre du procédé additif d'impression par jet d'encre

- 2.1 - Principe du jet d'encre pour l'électronique imprimée
- 2.2 - Interactions fluide-substrat
- 2.3 - Procédé de fabrication d'encres d'impression à base de nano Particules métalliques fonctionnalisées

3 - Recuit sélectif des encres à base de nanoparticules métalliques sur support souple

- 3.1 - Problématique du recuit d'encres métalliques sur support souple
- 3.2 - Coalescence des nano Particules et croissance de grains
- 3.3 - Méthodes et principes de recuit de coalescence.
- 3.4 - Bilan sur les recuits sélectifs.

4 - Caractérisation des propriétés structurales et d'usage des structures Conductrices

- 4.1 - Caractérisation microstructurale des films minces recuits./.
- 4.2 - Propriétés électriques des interconnexions.
- 4.3 - Applications aux dispositifs microélectroniques

5 - Conclusions et perspectives en électronique imprimée

** Acoustique:

E3210

Propagation et génération des ondes élastiques

Par **Eugène DIEULESAINT** et **Daniel ROYER**

1. Principaux types d'ondes élastiques

2. Champ élasto-électrique

- 2.1 Déformations et contraintes
- 2.2 Équations du champ et conditions aux limites
- 2.3 Bilan énergétique. Vecteur de Poynting

3. Élasticité et piézoélectricité des cristaux.

- 3.1 Relation entre contraintes et déformations.
- 3.2 Lois de comportement d'un matériau piézoélectrique.
- 3.3 Matrices des composantes élastiques et piézoélectriques des cristaux

4. Ondes élastiques planes

- 4.1 Propagation dans un milieu homogène illimité
- 4.1.1 Équation de Christoffel.



- 4.1.2 Surface des lenteurs
- 4.1.3 Coefficient de couplage électromécanique
- 4.2 Génération.
 - 4.2.1 Schéma équivalent d'un transducteur
 - 4.2.2 Puissance émise. Réponse fréquentielle
- 5. Ondes guidées**
 - 5.1 Ondes de surface
 - 5.1.1 Considérations de symétrie
 - 5.1.2 Milieu isotrope. Expression des composantes
 - 5.1.3 Milieu piézoélectrique. Permittivité de surface
 - 5.1.4 Caractéristiques de quelques matériaux
 - 5.2 Modes de plaque
 - 5.3 Onde de Love
 - 5.4 Génération des ondes de Rayleigh
 - 5.4.1 Réponse impulsionnelle et impédance de rayonnement du transducteur à électrodes interdigitées.
 - 5.4.2 Effets secondaires. Corrections
- Références bibliographiques**

E2000

Composants acoustiques utilisés pour le filtrage - Revue des différentes technologies

Par **William STEICHEN** et **Sylvain BALLANDRAS**

- 1. Caractérisation d'un filtre**
- 2. Point communs et différences entre filtres électroacoustiques**
- 3. Filtrés à ondes de surface (SAW)**
 - 3.1 Bref historique des dispositifs à ondes de surface
 - 3.2 Principes de fonctionnement des filtres SAW
 - 3.3 Substrats piézoélectriques
 - 3.4 Différents types de filtres SAW
 - 3.5 Filtrés classiques
 - 3.6 Filtrés en éventail : fanshaped
 - 3.7 Filtrés à transducteurs directifs : DART, SPUDT
 - 3.8 Résonateurs SAW
 - 3.9 Filtrés à éléments d'impédance
 - 3.10 Filtrés à résonateurs à couplage acoustique
 - 3.11 Technologie des dispositifs à ondes de surface
- 4. Résonateurs et filtrés à ondes de volume sur couches minces (FBAR)**
 - 4.1 Bref historique des dispositifs à ondes de volume
 - 4.2 Bref historique des filtrés FBAR
 - 4.3 Principes de fonctionnement des FBAR
 - 4.4 Technologie des FBAR
 - 4.5 Applications des filtrés FBAR
 - 4.6 Exemples de réalisations et performances de filtrés FBAR
- 5. Comparaison des technologies de filtrés acoustiques.**

E2001

Composants acoustiques utilisés pour le filtrage - Modèles et outils de simulation

Par **Sylvain BALLANDRAS** et **William STEICHEN**

- 1. Principe de l'analyse théorique et stratégie de conception**
- 2. Équations de base**
 - 2.1 Résolution des équations de propagation
 - 2.2 Cas des interfaces planes
 - 2.3 Permittivité effective



- 2.4 Fonction de Green.
- 2.5 Fonction de Green étendue au cas de plaques
- 2.6 Cascades de matrices pour la simulation de systèmes complexes.
- 3. Propagation d'ondes sous réseau périodique d'électrodes**
- 3.1 Fonction de Green périodique et excitation harmonique
- 3.2 Méthode de moment et éléments finis
- 3.3 Formulation mixte éléments finis/éléments de frontière
- 3.4 Détermination des caractéristiques des ondes guidées
- 4. Modélisation des dispositifs à ondes de surface**
- 4.1 Méthode de la matrice mixte
- 4.2 Modèle complet de transducteur à ondes de surface
- 5. Modèles de dispositifs à ondes de volume sur films minces**
- 5.1 Modèle de Mason
- 5.2 Utilisation de la fonction de Green : calcul de l'admittance d'un résonateur à ondes de volume.
- 5.3 Utilisation des fonctions de Green de plaque
- 5.4 Modèles d'éléments finis
- 6. Simulation des sensibilités Paramétriques**
- 6.1 Modèles à base de constantes effectives.
- 6.2 Méthode de perturbation à base d'équations variationnelles
- 7. Conclusion**

E2205

Composants piézo-électriques

Par *Jean-Pierre AUBRY*

1. Résonateurs à quartz

- 1.1 Généralités
- 1.2 Fonctionnement d'un résonateur en cisaillement d'épaisseur
- 1.3 Technologies spécifiques des résonateurs à quartz
- 1.4 Autres résonateurs à ondes de volume

2. Oscillateurs

- 2.1 Généralités : XO, TCXO, VCXO, OCXO
- 2.2 Structures, conception et modélisation
- 2.3 Domaines de stabilité des fréquences OCXO
- 2.4 Technologies des oscillateurs
- 2.5 Normalisation des boîtiers oscillateurs
- 2.6 Domaines d'application
- 2.7 Marchés accessibles, évolutions

3. Filtres.

- 3.1 Principes de fonctionnement
- 3.2 Techniques de synthèse des filtres à résonateurs
- 3.3 Filtres discrets
- 3.4 Filtres monolithiques.
- 3.5 Filtres passe-bande traditionnels
- 3.6 Élargissement des bandes passantes
- 3.7 Les filtres dans la radiotéléphonie : filtres de canal
- 3.8 Marchés accessibles, évolutions

4. Sensibilité à l'environnement mécanique.

- 4.1 Effets non linéaires
- 4.2 Sensibilités aux contraintes mécaniques
- 4.3 Sensibilité au niveau d'excitation

5. Conclusions

Références bibliographiques



E2200

Filtres à ondes de surface

Par **Philippe DEFRANOULD** et **Peter WRIGHT**

1. Concept de « faible perte »

- 1.1 Problème du « trajet triple »
- 1.2 « Réflexion » sur un réseau d'électrodes

2. Configurations des filtres à « faible perte »

- 2.1 Filtre à transducteurs unidirectionnels (SPUDT)
- 2.2 Filtres à transducteurs interdigitaux imbriqués (IIDT).
- 2.3 Filtres à résonateurs

3. Technologie de fabrication

- 3.1 Fonderie
- 3.2 Assemblage (back-end)

4. Applications

5. Conclusion/tendances.

E1955

Acousto-optique

Par **Jacques SAPRIEL**

1. Interaction de la lumière avec un faisceau d'ultrasons.

- 1.1 Concepts de base du phénomène d'interaction
 - 1.1.1 Diffraction de Bragg
 - 1.1.2 Diffraction de Raman et Nath
- 1.2 Efficacité du couplage lumière-ultrasons
 - 1.2.1 Effet photo élastique
 - 1.2.2 Intensité lumineuse diffractée Par le faisceau d'ultrasons.
- 1.3 Effets d'anisotropie optique sur le phénomène de diffraction

2. Applications de l'acousto-optique

- 2.1 Méthodes d'investigation du faisceau acoustique
- 2.2 Propriétés acoustiques et photo élastiques des matériaux
- 2.3 Dispositifs acousto-optiques
 - 2.3.1 Acousto-optique de volume
 - 2.3.2 Acousto-optique intégrée
 - 2.3.3 Matériaux pour l'acousto-optique.

3. Conclusion

E3212

Dispositifs acousto-électroniques

Par **Eugène DIEULESAINT** et **Daniel ROYER**

1. Dispositifs à ondes de volume

- 1.1 Lignes à retard
- 1.2 Filtres
- 1.3 Modulateur et défecteur acousto-optiques

2. Dispositifs à ondes de surface

- 2.1 Composants de première génération
 - 2.1.1 Lignes à retard
 - 2.1.2 Filtres de bande
 - 2.1.3 Filtres adaptés à des signaux codés
 - 2.1.4 Transformateur de Fourier
 - 2.1.5 Convoluteur
- 2.2 Composants de seconde génération
 - 2.2.1 Filtres à résonateurs avec réflecteurs externes
 - 2.2.2 Transducteurs avec résonances internes. Représentation matricielle
 - 2.3 Exemples de réponses fréquentielles

3. Conclusion

Références bibliographiques



S4/24790 Technologies des dispositifs actifs****Principes des technologies de fabrication:****25****Classification périodique des éléments***Par Bernard VALEUR*

1. Groupes.
2. Périodes
3. Remarques sur la classification

E1100**Physique des dispositifs électroniques***Par Michel SAVELLI**Daniel GASQUET et Bernard ORSAL***1. Rappel des bases de la physique ondulatoire et statistique**

- 1.1 Mécanique ondulatoire et électron libre.
- 1.2 L'élection de l'atome d'hydrogène
- 1.3 Mécanique statistique

2. Notions de bandes et de porteurs libres dans les solides.

- 2.1 Systèmes cristallins et liaison cristalline
- 2.2 Bandes d'énergie du monocristal
- 2.3 Porteurs libres.

3. Propriétés électroniques des matériaux semi conducteurs

- 3.1 Concentrations des porteurs de charges
- 3.2 Conductivité électrique
- 3.3 Propriétés thermiques et thermoélectriques
- 3.4 Caractéristiques des semi conducteurs usuels

4. Émission électronique

- 4.1 Différents types d'émission
- 4.2 Émission thermoélectrique
- 4.3 Émission de champ et effet tunnel.
- 4.4 Émission secondaire

5. Composants du type diode

- 5.1 Diode métal-semi conducteur
- 5.2 Diode à jonction P-N.
- 5.3 Diodes à courant limité par la charge d'espace : PIP et NIN

6. Composants du type transistor

- 6.1 Transistor bipolaire
- 6.2 Transistor à effet de champ
- 6.3 Dispositifs à transfert de charge
- 6.4 Thyristor

7. Composants pour l'hyperfréquence

- 7.1 Diode Schottky
- 7.2 Diode Gunn
- 7.3 Diode PIN
- 7.4 Transistor à effet de champ à barrière métal-semi conducteur.
- 7.5 Transistor bipolaire à hétérojonction.
- 7.6 Transistor à effet de champ à hétérojonction
- 7.7 Comparaison des performances des différents transistors hyperfréquences.
- 7.8 Transistor à effet tunnel résonnant
- 7.9 Transistor balistique



RE32

Nanoélectronique: un passeport pour le nano monde

Par **Olivier VANBÉSIEN**

Introduction

- 1 - Nanoélectronique : un enjeu stratégique**
- 2 - L'Électronique ultime : vers le transistor monoélectron**
 - 2.1 - CMOS ultime. Les briques rouges de la roadmap
 - 2.2 - Technologies alternatives
 - 2.3 - Vers l'électronique mono électron
- 3 - Les Filières émergentes : du composant à l'architecture**
 - 3.1 - Composants quantiques
 - 3.2 - Électronique de spin. Électronique moléculaire
 - 3.3 - De nouvelles architectures
- 4 - Conclusion**

RE255

ALD en microélectronique - Applications, équipements et productivité

Par **Mickael GROS-JEAN, Arnaud MANTOUX**

Introduction

- 1 - Mémoires dram**
- 2 - Les Capacités mim**
- 3 - Les Transistors hkmg**
- 4 - Espaceurs**
- 5 - Masquage pour la fabrication de petites structures**
- 6 - Interconnexions et contact**
- 7 - Types de chambres de dépôt ald et vitesse de dépôt**
- 8 - Dépôt peald modifié pour l'augmentation de la cinétique de croissance de TA2O5**
- 9 - Conclusion**

****Technologies silicium:**

E2380

Technologie silicium sur isolant (SOI)

Par **Sorin CRISTOLOVEANU et Francis BALESTRA**

- 1. Synthèse des matériaux**
 - 2. Avantages fondamentaux**
 - 3. Dispositifs**
 - 4. Caractérisation des structures.**
 - 5. Transistors MOS à déplétion totale**
 - 6. Transistors Partiellement déplétés**
 - 7. Miniaturisation des composants**
 - 8. Architectures innovantes pour transistors SOI ultimes**
 - 9. Défis.**
 - 10. Conclusion**
- Références bibliographiques

E2430

Transistor MOS et sa technologie de fabrication

Par **Thomas SKOTNICKI**

- 1. Principe de base et structures des transistors MOS**
 - 1.1 Effet de champ
 - 1.2 Structures possibles
 - 1.3 Transistor MOS dans une technologie CMOS
- 2. Fonctionnement du transistor idéal**
 - 2.1 Tension de seuil
 - 2.2 Principe de modélisation



- 2.3 Modèle de base.
- 2.4 Caractéristiques statiques.
- 2.5 Fonctionnement dynamique 0
- 3. Effets correcteurs**
- 3.1 Régime de conduction
- 3.2 Régime de blocage
- 4. Architectures des procédés et des dispositifs MOS**
- 4.1 Modules architecturaux
- 4.2 Enchaînement des modules pour une technologie CMOS sur substrat massif
- 4.3 Technologie CMOS sur substrat SOI
- 4.4 Technologie BiCMOS sur substrat massif
- 5. Perspective du développement du transistor MOS**
- Références bibliographiques

E2432

Circuits intégrés CMOS sur silicium

Par **Thomas SKOTNICKI**

1. Problèmes d'intégration

- 1.1 Conception CAO
- 1.1.1 Niveaux et étapes
- 1.1.2 Règles de dessin
- 1.1.3 Paramètres électriques.
- 1.2 Fonctionnement en température
- 1.3 Dispersion de Paramètres
- 1.4 Verrouillage CMOS
- 1.5 Protection des entrées/sorties
- 1.6 Rayonnement

2. Opérateurs de base logiques

- 2.1 Inverseur CMOS.
- 2.1.1 Principe de fonctionnement.
- 2.1.2 Régime statique
- 2.1.3 Régime dynamique
- 2.1.4 Puissance dissipée.
- 2.2 Oscillateur en anneau
- 2.3 Portes logiques de base
- 2.3.1 Porte de transmission
- 2.3.2 NAND
- 2.3.3 ET (AND).
- 2.3.4 NOR
- 2.3.5 OU (OR)
- 2.3.6 XOR. OU exclusif
- 2.3.7 Circuit tampon
- 2.4 Modules arithmétiques

3. Mémoires

- 3.1 Classification
- 3.2 ROM
- 3.3 EPROM.
- 3.4 EEPROM
- 3.5 PLA.
- 3.6 Bascules.
- 3.6.1 Bascule RS.
- 3.6.2 Bascule D
- 3.7 SRAM
- 3.8 DRAM.

4. Perspective du développement des circuits CMOS

Références bibliographiques



E2468

Système complet sur une puce et réutilisation de blocs

Par **Antoine HANCZAKOWSKI**

1. Concept de réutilisabilité.
2. Côté création : méthode de conception en vue de réutilisation.
3. Côté intégration : approche favorisant la réutilisation
4. Infrastructure pour la réutilisation

E2490

Mémoires à semi-conducteurs

Par **Christophe FREY**

1. Classement
 2. Principes de mémorisation utilisés
 - 2.1 Mémoires statiques SRAM
 - 2.1.1 Mémoires statiques à transistors bipolaires
 - 2.1.2 Mémoires statiques à transistor CMOS.
 - 2.1.3 Mémoires statiques en technologie BiCMOS
 - 2.2 Mémoires dynamiques DRAM à transistor MOS
 - 2.2.1 Principe de la mémorisation dynamique.
 - 2.2.2 Point mémoire à trois transistors MOS Par bit
 - 2.2.3 Point mémoire à un transistor MOS Par bit
 - 2.3 Mémoire non volatiles
 - 2.3.1 Point mémoire EPROM
 - 2.3.2 Point mémoire EEPROM
 - 2.3.3 Point mémoire FEEPROM (Flash EEPROM)
 - 2.3.4 Point mémoire FeRAM
 - 2.3.5 Point mémoire MRAM
 3. Technologie des mémoires
 - 3.1 Importance du rendement technologique
 - 3.2 Technologie des mémoires statiques SRAM
 - 3.3 Technologie des mémoires dynamiques DRAM.
 - 3.4 Technologie des mémoires non volatiles
 4. Quelques exemples de mémoires
 - 4.1 Mémoires statiques SRAM
 - 4.2 Mémoires dynamiques DRAM
 - 4.3 Mémoires non volatiles
 - 4.3.1 Exemple de mémoire flash NOR
 - 4.3.2 Exemple de mémoire flash NAND
 5. Conclusion
- Références bibliographiques

E2491

Évolution des mémoires à semi-conducteurs à accès aléatoire

Par **Philippe DARCHE**

1. Modélisation d'une mémoire à semi-conducteurs
2. Évolution de la cellule et de la matrice de mémorisation
 - 2.1 Cellule vive dynamique
 - 2.2 Cellule vive statique.
 - 2.3 Cellule morte
 - 2.4 Évolution du plan de mémorisation
3. Évolution de la logique de contrôle
 - 3.1 Décodeur d'adresse de ligne.
 - 3.2 Amplificateur de lecture
 - 3.3 Multiplexeur de colonne
 - 3.4 Conditionneur de lignes de bit



- 3.5 Accès successifs
- 4. Organisation interne évoluée**
 - 4.1 Approche multibanc
 - 4.2 Architectures multithreadées
 - 4.3 Organisations à mémoire cache
 - 4.4 Mémoires à applications spécifiques
- 5. Évolution de l'interface**
 - 5.1 Augmentation des formats de donnée et d'adresse.
 - 5.2 Approche synchrone
- 6. Mémoire embarquée**
- 7. Vers la « mémoire idéale »**
 - 7.1 Caractéristiques.
 - 7.2 Technologies alternatives de mémorisation
 - 7.3 Vers la mémoire ultime ?
- 8. Conclusion**
- 9. Glossaire**
- 10. Acronymes, notations et symboles**

E2492**ASICs et logiciels CAO associés**Par **Michel ROBERT**

- 1. Du système au silicium**
 - 1.1 Technologies de fabrication des circuits intégrés.
 - 1.2 Conception de circuits intégrés
- 2. Les solutions ASICs : principe et analyse comparative.**
- 3. Les circuits programmables.**
- 4. Méthodologies de conception**
- 5. Systèmes sur puces (SOC).**
- 6. Conclusion**
- 7. Annexe : technologie CMOS.**

****Technologies matériaux composés:****E2450****Transistors et circuits intégrés à hétéro structures (III-****V) Par Michel BON et André SCAVENNEC**

- 1. Matériaux et physique des hétéro structures.**
 - 1.1 Matériaux pour composants électroniques à hétérojonction.
 - 1.2 Physique des hétérojonctions
 - 1.3 Techniques d'épitaxie
- 2. Transistors à effet de champ à hétérojonction.**
 - 2.1 Transistors à gaz d'électrons bidimensionnel GaAlAs/GaAs (HEMT ou TEGFET)
 - 2.2 Équations de fonctionnement et modélisation des HEMTs GaAlAs/GaAs....
 - 2.3 Procédés de fabrication des HEMTs GaAlAs/GaAs
 - 2.4 Autres types de transistors à effet de champ
 - 2.5 Domaines d'applications et exemples de circuits
- 3. Transistors bipolaires à hétérojonction**
 - 3.1 Transistor bipolaire à hétérojonction GaAlAs(N)/GaAs(p) (TBH)
 - 3.2 Modélisation
 - 3.3 Procédés de fabrication
 - 3.4 Autres types de transistors bipolaires à hétérojonction
 - 3.5 Domaines d'applications et exemples de circuits
- 4. Synthèse comparative et évolutions**



E2810

Composants à semi conducteurs pour hyperfréquences

Par **Gilles DAMBRINE** et **Sylvain BOLLAERT**

1. Matériaux pour composants hyperfréquences

- 1.1 Matériaux et composants.
- 1.2 Propriétés de transport.

2. Dipôles (diodes)

- 2.1 Dipôles passifs non linéaires
- 2.2 Dipôles à résistance négative

3. Tripôles (transistors)

- 3.1 Performances micro-ondes
- 3.2 Transistors bipolaires
- 3.3 Transistors à effet de champ (TEC)
- 3.4 État de l'art des transistors hyperfréquences

4. Circuits intégrés hyperfréquences

- 4.1 Introduction
- 4.2 Conception des MMIC
- 4.3 Technologie des circuits intégrés
- 4.4 Domaines d'application et marché des MMIC

E1990

Matériaux semi conducteurs à grand gap : le carbure de silicium (SiC)

Par **Jean CAMASSEL** et **Sylvie CONTRERAS**

1. Un peu d'histoire

2. SiC ou nitrures d'éléments V ?

3. Matériaux SiC

- 3.1 Poly types les plus utilisés en microélectronique
- 3.2 Propriétés physiques de base
 - 3.2.1 Caractéristiques communes
 - 3.2.2 Propriétés électroniques.

4. Technologies de mise en œuvre

- 4.1 Substrats et pseudo-substrats
 - 4.1.1 Cristallogenèse
 - 4.1.2 Défauts résiduels
 - 4.1.3 Dopage
- 4.2 Épitaxie
 - 4.2.1 Techniques de dépôt
 - 4.2.2 Résultats
- 4.3 Dopage des couches.
- 4.4 Oxydation
- 4.5 Gravure
- 4.6 Contactage.

5. Applications

- 5.1 Diodes de puissance
 - 5.1.1 Diodes Schottky
 - 5.1.2 Jonctions p-n.
 - 5.1.3 Diodes JBS
- 5.2 Thyristors
- 5.3 Transistors
 - 5.3.1 MOSFET
 - 5.3.2 MESFET et SIT.
 - 5.3.3 Transistors bipolaires
- 5.4 Circuits intégrés et mémoires RAM.
- 5.5 Optoélectronique
- 5.6 Systèmes électromécaniques et capteurs



- 5.7 Nano pointes SiC
- 5.8 Électronique graphène
- 6. Conclusion

RE47

Composants à hétéro structures : applications en nanoélectronique et nano photonique.

Par **Olivier VANBÉSIEN**

Introduction

1 - Contexte

2 - Propriétés des hétéro structures unidimensionnelles

2.1 – Hétéro structures simples

2.2 – Hétéro structures multiples

3 - Applications en nanoélectronique et nano photonique

3.1 - Transistors bipolaires à hétérojonctions (TBH) pour le térahertz

3.2 - Effet tunnel résonnant interbande

3.3 - Lasers à cascade quantique

4 – Hétéro structures bi- et tridimensionnelles

4.1 - Composants balistiques : les guides d'ondes électroniques

4.2 - Boîtes quantiques pour l'émission de lumière

5 – Conclusion

E1995

Dispositifs HEMT à base de GaN - Matériaux et épitaxie

Par **Jean-Yves DUBOZ**

1. Propriétés physiques

1.1 Structure cristalline

1.2 Propriétés thermiques.

1.3 Structure de bande

1.4 Propriétés optiques

1.5 Propriétés électriques

2. Croissance

2.1 Matériau massif

2.2 Hétéro épitaxie. Choix du substrat

2.3 Techniques de croissance Par épitaxie

3. Procédés technologiques

3.1 Gravure.

3.2 Contacts ohmiques.

3.3 Contacts Schottky

4. Dispositifs électroniques

4.1 Marché

4.2 Transistors bipolaires

4.3 Transistors à effet de champ

5. Émetteurs

5.1 LED

5.2 Laser

6. Photo détecteurs

6.1 Marché

6.2 Photoconducteurs

6.3 Détecteurs photovoltaïques

7. Conclusions et perspectives.

Références bibliographiques



IN208

Technologies d'encapsulation avancées pour l'électronique organique

Par **Stéphane CROS** et **Tony MAINDRON**

Introduction

1 - Contexte

- 1.1 - Électronique organique
- 1.2 - Encapsulation et matériaux barrières aux gaz

2 - Matériaux et technologies pour l'obtention de propriétés HB et UHB flexibles et transparentes

- 2.1 - Structures multicouches hybrides organique/inorganique
- 2.2 - Dépôt en couches atomiques ou Atomic Layer Deposition (ALD)
- 2.3 - Verre flexible

3 - Procédés de mise en œuvre des matériaux barrières

- 3.1 - Encapsulation monolithique : dépôts directs de la structure barrière
- 3.2 - Laminage de films barrières

4 - Mesures de propriétés barrières au gaz

- 4.1 - Principes
- 4.2 - Technologies de mesure

5 - Perspectives et évolutions



“Ti520

OPTIQUE

Photonique”

Électronique
Photonique



TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR

Ti520

SOMMAIRE



S4/24791

Composants optoélectroniques



S4/24792

Fondamentaux de l'optique



S4/24793

Matériaux pour l'optique



S4/24794

Nano-optique



S4/24795

Optique instrumentale



S4/24796

Sources laser



S4/24797

Systèmes optroniques



S4/24798

Télécommunications optiques

Électronique- Photonique

Optique Photonique

Électronique- Photonique

Ti520 Optique Photonique

S4/24791 Composants optoélectroniques

****Recherche et innovation:**

RE35 *Boîtes quantiques dopées avec des ions de terres rares pour l'émission de lumière visible. (Recherche)*

Par Bruno DAUDIN, Yuji HORI

Introduction

- 1 - Diodes électroluminescentes
- 2 - Comment fabriquer des boîtes quantiques ?
- 3 - Pourquoi doper des boîtes quantiques avec des ions de terres rares ?
- 4 - Boîtes quantiques de gan dopées avec des ions de terres rares

RE73 *Sources et détecteurs aux fréquences térahertz. (Recherche)*

Par Didier LIPPENS

Introduction

- 1 - Introduction
- 2 - Approche électronique
 - 2.1 - Génération directe
 - 2.2 - Conversion de fréquences
- 3 - Approche optique
 - 3.1 - Laser à cascade quantique
 - 3.2 - Photomélangé
 - 3.3 - Génération Par impulsion
- 4 - Conclusion

RE90 *Nouvelle génération de mémoires optiques pour stockage de l'information (Recherche)*

Par Alain FORT, Kokou D. DORKENOO

Introduction

- 1 - Contexte
 - 1.1 - Disques optiques actuels
 - 1.2 - Études antérieures
- 2 - Mémoires optiques de grande capacité de stockage : nouvelle approche
 - 2.1 - Processus fondamentaux
 - 2.2 - Écriture des bits
 - 2.3 - Lecture des bits
 - 2.4 - Analyse des conditions de lecture et d'écriture
 - 2.5 - Mémoires réinscriptibles
 - 2.6 - Stockage d'images sur 8 bits
- 3 - Conclusion



RE113

Micro-oscillateur Paramétrique optique monolithique pour la génération de photons jumeaux (Recherche)

Par **Jérôme TIGNON**

Introduction

- 1 - Oscillation Paramétrique optique
- 2 - Microcavités de semi-conducteurs
- 3 - Micro-oscillateur Paramétrique optique à cavité triple
- 4 - Oscillation Paramétrique dégénérée
- 5 - Discussion
- 6 - Conclusion

**** Composants optoélectroniques hyperfréquences:**

E3330

Optoélectronique-hyperfréquence - Introduction

Par **Jean CHAZELAS**

1. Quelques repères du domaine optoélectronique-hyperfréquence .
2. Domaines de recherche .
3. Travaux de recherche actuels
4. Domaines d'application
5. Organisation des articles
6. Conclusion.

E3331

Optoélectronique-hyperfréquence – Photo détecteurs et commutateurs optiques

Par **Didier DECOSTER**

1. Photo détection hyperfréquence

- 1.1 Photodiodes PIN .
- 1.2 Photorécepteurs de type métal semi-conducteur-métal (MSM)
- 1.3 Photorécepteurs PIN à guide d'onde .
- 1.4 Photodiodes de puissance .
- 1.5 Phototransistors à hétérojonction.
- 1.6 Photodiodes fonctionnant en ondes submillimétriques/THz.
- 1.7 Caractéristiques des photodiodes.
- 1.8 Module photo détecteur.
- 1.9 État de l'art des photo détecteurs

2. Commutation optique

- 2.1 Microsystèmes.
- 2.2 Commutation induite Par variation d'indice .
- 2.3 Structures de commutation en optique intégrée.
- 2.4 Matrices de commutation .
- 2.5 Autres technologies de commutation optique.

3. Conclusion et perspectives.

E3332

Optoélectronique-hyperfréquence - Génération de signaux hyperfréquences Par voie. optique

Par **Daniel DOLFI et Jean CHAZELAS**

1. Génération de signaux hyperfréquences Par modulation d'amplitude de la porteuse optique

- 1.1 Sources optiques modulées en direct Par diode laser .
 - 1.1.1 Structure
 - 1.1.2 Caractéristiques



- 1.1.3 Montage .
- 1.2 Modulateurs externes
 - 1.2.1 Modulateur Mach-Zehnder
 - 1.2.2 Modulateur double sortie 20 GHz (Photline) .
 - 1.2.3 Modulateur Par électro absorption
 - 1.2.4 Synthèse
- 2. Génération de signaux hyperfréquences Par battement optique .**
 - 2.1 Sources laser bifréquences
 - 2.2 Autres types de modulateurs externes .
 - 2.2.1 Translateur de fréquence
 - 2.2.2 Modulateur externe à bande latérale unique
- 3. Oscillateurs optoélectroniques micro-ondes .**
 - 3.1 Présentation
 - 3.2 Fonctionnement .
 - 3.3 Performances .
- 4. Conclusion.**

E3333

Optoélectronique-hyperfréquence - Fibres optiques et amplification optique

Par Pascale NOUCHI

- 1. Fibre optique .**
 - 1.1 Principe de la propagation guidée .
 - 1.2 Atténuation.
 - 1.3 Dispersion .
 - 1.4 Standardisation.
- 2. Fibres optiques non conventionnelles**
 - 2.1 Fibres micro structurées air-silice .
 - 2.2 Fibres de Bragg
- 3. Amplification optique**
 - 3.1 Principes de base de l'amplification optique
 - 3.2 Amplificateur à fibre dopée erbium
 - 3.3 Amplificateur Raman à fibre
 - 3.4 Amplificateurs optiques à semi-conducteurs.
- 4. Conclusion .**

E3335

Optoélectronique-hyperfréquence - Contrôle optique de fonctions électroniques

Par Charlotte TRIPON-CANSELIET

- 1. Interactions lumière/matière**
- 2. Mécanismes d'émission et d'absorption de lumière dans les semi-conducteurs**
 - 2.1 Densité de charges dans un matériau semi-conducteur.
 - 2.2 Influence des impuretés.
 - 2.3 Types de génération-recombinaison .
- 3. Photoconductivité des matériaux semiconducteurs**
 - 3.1 Description générale de la photoconductivité .
 - 3.2 Absorption directe de la lumière dans un matériau semi-conducteur
 - 3.3 Gain photoconducteur d'un matériau
 - 3.4 Nouveau matériaux semi conducteur à 1,55 μm .
- 4. Photo commutateurs pour applications hyperfréquences**
 - 4.1 Enjeux .
 - 4.2 Principe de fonctionnement
 - 4.3 État de l'art
 - 4.4 Performances actuelles en commutation d'amplitude – Exemples



4.4 Performances actuelles en commutation de phase – Exemples

5. Photo mélange pour applications jusqu’au térahertz

6. Échantillonnage optique de signaux hyperfréquences

7. Conclusion .

E3336

Optoélectronique-hyperfréquence - Marché des composants et fonctions

Par **Jean CHAZELAS, Didier DECOSTER, Daniel DOLFI, Pascale NOUCHI et Charlotte TRIPON-CANSELIET**

1. Composants .

1.1 Sources laser CW et modulées en direct

1.2 Sources laser impulsionnelles .

1.3 Modulateurs externes.

1.4 Fibres et amplificateurs optiques

1.4.1 Fibres optiques.

1.4.2 Amplificateurs optiques

1.5 Photo détecteurs hyperfréquences

2. Fonctions

2.1 Liaisons optiques hyperfréquences

2.2 Commutation optique de signaux hyperfréquences

3. Conclusion.

**** Diodes électroluminescentes:**

IN18

Diodes électroluminescentes LED pour l'éclairage - Panorama et tendances technologiques (Innovation)

Par **Georges ZISSIS, Xavier DE LOGIVIERE**

Introduction

1 - D'hier à aujourd'hui

2 - Led et éclairage : contexte économique et énergétique

3 - Principes de fonctionnement des led

3.1 - Homojonction

3.2 - Hétérojonction

3.3 - Couleur des LED

3.4 - Efficacité des LED

3.5 - Obtention de la lumière blanche

4 - Fabrication des led et défis associés

4.1 - Substrats et matériau actif

4.2 - Méthodes d'épitaxie

4.3 - Métallisation et séparation des jonctions

4.4 - Encapsulation

4.5 - Luminophores et optiques associées

4.6 - Résistance thermique

5 - Du composant au système d'éclairage

5.1 - Principaux composants

5.2 - Dérive des caractéristiques colorimétriques et durée de vie de la LED

5.3 - Gestion thermique des LED

5.4 - Alimentation électrique des LED

6 - Conclusion

6.1 - Efficacité lumineuse

6.2 - Qualité

6.3 – Perspectives



E6505

Diodes électroluminescentes organiques - Technologie

Par **Pascale JOLINAT, Cédric RENAUD, Marc TERNISIEN**

1. Technologies de visualisation actuelles

- 1.1 Principales technologies d'écran plat.
- 1.2 Apports de l'électroluminescence organique.

2. Technologie des diodes électroluminescentes organiques .

- 2.1 Matériaux.
- 2.2 Structure
- 2.3 Mise en œuvre

3. Applications

- 3.1 Objets commerciaux
- 3.2 Vers de nouvelles applications
- 3.3 Conclusion .

4. Glossaire .

5. Sigles .

IN145

Diodes électroluminescentes organiques (OLED) émettrices de lumière blanche -Caractéristiques et applications pour l'éclairage

Par **Noham SEBAIHI, Jérôme CORNIL et Pascal VIVILLE**

Introduction

- 1 - Contexte
- 2 - Diodes organiques électroluminescentes oled
- 3 - Caractérisation des oled
- 4 - Obtention des oled blanches
 - 4.1 - Fabrication Par voie humide
 - 4.2 - Fabrication Par sublimation
 - 4.3 - Accroissement des performances
- 5 - Applications des oled
- 6 - Conclusion

**** Détecteurs:**

E4060

Détecteurs infrarouges

Par **Gilbert GAUSSORGUES**

1. Caractéristiques générales des détecteurs

- 1.1 Caractéristiques courant-tension
- 1.2 Observation des signaux
- 1.3 Bruit .
- 1.4 Sensibilité

2. Détecteurs thermiques

- 2.1 Généralités
- 2.2 Détecteurs thermiques classiques .
- 2.3 Détecteurs thermiques de nouvelle génération.

3. Détecteurs quantiques

- 3.1 Caractéristiques
- 3.2 Détecteurs photoémissifs .
- 3.3 Rappels de physique du solide
- 3.4 Détecteurs photoconducteurs
- 3.5 Détecteurs photovoltaïques.
- 3.6 Détecteurs à puits quantiques

4. Autres types de détecteurs.

- 4.1 Dispositifs à transfert de charges.



- 4.2 Détecteurs IRCCD
- 4.3 Détecteurs pyroélectriques
- 4.4 Détecteurs SPRITE .
- 5. Utilisation des détecteurs infrarouges .**
- 5.1 Domaine spectral de sensibilité .
- 5.2 Niveau de la sensibilité .
- 5.3 Bruit et détectivité.
- 5.4 Réponse en fréquence.
- 5.5 Polarisation
- 5.6 Angle de champ
- 5.7 Passivation .
- 5.8 Détecteurs multiéléments
- 5.9 Modes de détection optique
- 5.10 Détecteurs infrarouges les plus utilisés.

E4065

Détecteurs quantiques pour l'ultraviolet, le visible et le proche infrarouge

Par **Michel AYRAUD**

1. Détecteurs quantiques.

- 1.1 Physique de la détection
- 1.2 Techniques de réalisation
- 1.3 Performances attendues d'un détecteur. Définitions.
- 1.4 Exemples de détecteurs .

2. Barrettes et matrices DTC/CCD.

- 2.1 Structure et mode de fonctionnement des dispositifs à transfert de charges.
- 2.2 Organisation des imageurs linéaires
- 2.3 Organisation des imageurs matriciels .
- 2.4 Défauts de diaphotie.
- 2.5 Contrôle du temps d'intégration
- 2.6 Fonctions de transfert de modulation .
- 2.7 Repliement de spectre .

3. Capteurs bas niveau de lumière

- 3.1 Intensificateurs d'images lumineuses (IIL) .
- 3.2 Dispositifs de prise de vue pour la télévision de nuit .

R6450

Détecteurs de rayonnements optiques

Par **Luc AUDAIRE**

1. Caractérisation des détecteurs

- 1.1 Définitions
- 1.2 Circuit équivalent
- 1.3 Défauts de fidélité
- 1.4 Autres caractéristiques

2. Classification et caractéristiques des détecteurs

- 2.1 Classification
- 2.2 Caractéristiques
- 2.3 Détecteurs d'images
- 2.4 Détecteurs utilisés dans les senseurs d'image

3. Mise en œuvre des détecteurs

- 3.1 Mesures en courant continu
- 3.2 Mesures avec modulation de la lumière .
- 3.3 Signaux rapidement variables.
- 3.4 Méthode Par comptage
- 3.5 Chronométrie .



- 3.6 Choix du détecteur .
- 3.7 Radiométrie optique
- 4. Exemples de mise en œuvre .**
- 4.1 Spectrophotomètre automatique pour l'infrarouge
- 4.2 Pointés transversaux et mesures de longueur
- 4.3 Mesure en continu du diamètre d'un fil .
- 4.4 Pointés axiaux.
- 4.5 Granulométrie.
- 4.6 Conclusions.
- Références bibliographiques .**

E4061

Imagerie IR thermique à base de détecteurs non refroidis

Par **Jean-Luc TISSOT**

1. Principe de la détection thermique

- 1.1 Principe de fonctionnement des détecteurs quantiques .
- 1.2 Principe de fonctionnement des détecteurs thermiques.

2. Détecteurs thermiques résistifs

- 2.1 Principe de fonctionnement
- 2.2 Bruit dans un micro bolomètre.
- 2.2.1 Bruit Johnson .
- 2.2.2 Bruit basse fréquence .
- 2.2.3 Bruits de fluctuation de température .
- 2.3 Exemples de thermomètres .

2.3 Exemples de thermomètres .

- 2.3.1 Thermomètre métallique
- 2.3.2 Thermomètre à semi-conducteur

3. Détecteurs pyroélectriques et ferroélectriques

4. Détecteurs thermoélectriques

5. Principales caractéristiques des détecteurs non refroidis

- 5.1 Constante de temps thermique
- 5.2 Réponse .
- 5.2.1 Configuration expérimentale
- 5.2.2 Mesure de la réponse
- 5.3 NETD

6. Principes de fabrication

- 6.1 Structure des détecteurs non refroidis
- 6.1.1 Structure hybride
- 6.1.2 Structure monolithique
- 6.1.3 Comparaison des différentes filières technologiques
- 6.2 Absorbeur
- 6.3 Isolation thermique
- 6.4 Empilement technologique .
- 6.5 Architecture des circuits de lecture .
- 6.6 Intégration en boîtier des détecteurs IR non refroidis .

7. Intégration en caméra des détecteurs IR non refroidis

- 7.1 Correction des non-uniformités
- 7.2 Gestion des flux infrarouges.
- 7.3 Gestion de la température du plan focal.
- 7.3.1 Stabilisation de la température du plan focal
- 7.3.2 Utilisation du détecteur en mode non stabilisé.

8. Conclusion.



D3935

Conversion photovoltaïque : du rayonnement solaire à la cellule

Par **Stéphan ASTIER**

1. Électricité solaire : contexte et généralités .

- 1.1 Contexte géophysique : la Terre et son Soleil.
- 1.2 Contexte énergétique et électricité
- 1.3 Électricité solaire

2. Rayonnement solaire.

- 2.1 Rayonnement solaire dans l'espace.
- 2.2 Rayonnement solaire au sol

3. Du rayonnement solaire à la cellule photovoltaïque

- 3.1 Prise de vue
- 3.2 Rayonnement solaire porteur d'énergie .
- 3.3 Conversion photovoltaïque
- 3.4 Cellule photovoltaïque à jonction semi-conductrice PN .
- 3.5 Technologies et matériaux des cellules photovoltaïques .

E6570

Imagerie à bas niveau de lumière - Fondamentaux et perspectives

Par **Thierry MIDAVAINÉ**

1. Besoins en vision à bas niveau de lumière .

2. Différents contributeurs aux illuminations nocturnes .

- 2.1 Diffusion atmosphérique .
- 2.2 Illumination lunaire
- 2.3 Illumination stellaire .
- 2.4 Lumière zodiacale .
- 2.5 Aurores boréales et australes .
- 2.6 Lueurs atmosphériques .
- 2.7 Pollution lumineuse .

3. Niveaux de nuit

- 3.1 Pondération des différents contributeurs .
- 3.2 Perception visuelle et niveaux de nuit .
- 3.3 Analyse spectrale des conditions d'éclairage .

4. Albédos .

5. Transmission atmosphérique

6. Technologies alternatives de détection

- 6.1 Tubes intensificateurs d'images .
- 6.2 Caméras intensifiées.
- 6.3 Matrices silicium
- 6.4 Autres semi-conducteurs du proche IR et de la bande
- 6.5 Autres matrices et procédés de détection .

7. Principales caractéristiques des caméras et des détecteurs

- 7.1 Pixel, résolution, FTM et portée
- 7.2 Caractéristiques contrôlant la qualité d'image
- 7.3 Conversion analogique-numérique
- 7.4 Traitements de correction .
- 7.5 Autres caractéristiques .
- 7.6 Rapport signal à bruit et facteurs de mérite .

8. Une variante : l'imagerie active

9. Conclusion et perspectives .



**** Visualisation. Affichage:**

R610 *Affichage. Visualisation - Écrans à plasma. Physique. Fabrication*

Par **Henri DOYEUX**

1. Principes généraux.

1.1 Structure du panneau

1.2 Fonctionnement.

1.2.1 Phase d'entretien (ou maintien ou sustain)

1.2.2 Phase d'adressage

1.2.3 Phase de remise à zéro

1.2.4 Demi-teintes.

2. Performances typiques d'un écran à plasma .

3. Physique des écrans à plasma .

3.1 Décharge dans les gaz

3.1.1 Théorie générale.

3.1.2 Limitation du courant de décharge dans le cas des PAP

3.2 Luminophores.

4. Technologies de fabrication.

4.1 Face avant

4.2 Face arrière

Références bibliographiques .

R612 *Affichage. Visualisation - Écrans à plasma. Signaux de commande*

Par **Philippe ZORZAN**

1. Principe du balayage

1.1 Balayage à adressage et entretien séparés.

1.2 Balayage à adressage et entretien simultanés

2. Signaux associés au balayage.

2.1 Rappel de la structure d'un panneau ACC

2.2 Signaux de base pour un sous-balayage .

2.3 Signaux de RAZ .

2.4 Signaux d'adressage

2.5 Signaux d'entretien

2.6 Signaux d'effacement après l'entretien.

3. Électronique de commande .

3.1 Architecture générale .

3.2 Fonction transcodage et mémoire de sous-trame

3.3 Générateur de signaux data

3.4 Générateur des signaux scan .

3.5 Générateur Common .

3.6 Séquenceur

3.7 Autres fonctions

Références bibliographiques

R614 *Affichage. Visualisation - Écrans à plasma. Rendu d'images vidéo*

Par **Sébastien WEITBRUCH**

1. Application vidéo.

2. Prétraitements vidéo

3. Fonction gamma et dithering



4. Rendu des niveaux de gris
 5. Effet de faux contours ou contouring .
 6. Solutions actuelles au contouring .
 7. Papillotement de large zone .
 8. Effet de traînage coloré des phosphores ...
 9. Gestion de puissance
 10. Contraste : enjeux et perspectives .
 11. Écran du futur : plasma 3D .
 12. L'écran plasma actuel .
- Références bibliographiques

R620

OLED pour l'affichage et l'éclairage

Par **Christophe FÉRY, Philippe LE ROY**

1. Principes de fonctionnement d'une OLED .

- 1.1 Injection de charges – Choix des électrodes
- 1.2 Transport de charges .
- 1.3 Recombinaison et désexcitation
- 1.4 Définition des rendements
- 1.5 Structure multicouche .
- 1.6 Mécanismes de dégradation
- 1.7 Liste des petites molécules utilisées

2. Dopage . . .

- 2.1 Dopage de la couche émissive
- 2.2 Dopage électrique .

3. Extraction lumineuse

4. OLED à émission haute

5. OLED pour l'éclairage .

- 5.1 Principes de l'éclairage blanc.
- 5.2 Structures des dispositifs .

6. OLED pour l'affichage .

- 6.1 Couleurs
 - 6.2 Consommation électrique .
 - 6.3 Écrans trichromes
 - 6.4 Technologie .
- ### 7. Adressage .
- 7.1 Structure et fonctionnement des écrans OLED .
 - 7.2 Écrans à matrices passives
 - 7.3 Écrans à matrices actives
 - 7.4 Méthode de compensation des dispersions .

8. Conclusion et perspectives

R622

Affichage. Visualisation - Projection et rétroprojection

Par **Thierry BOREL et Khaled SARAYEDDINE**

1. Projection et rétroprojection.

- 1.1 Principe de la projection frontale .
- 1.2 Spécificité de la rétroprojection .
- 1.3 Moteur optique : élément commun

2. Tubes cathodiques

- 2.1 Principe de la rétroprojection à tubes
- 2.2 Superposition des trois couleurs
- 2.3 Tube de projection
- 2.4 Colorimétrie .
- 2.5 Applications .

3. Cristaux liquides



- 3.1 Projecteurs à valves transmissives .
- 3.2 Projecteurs à valves réfléchives .
- 3.3 Spécificités de la rétroprojection LCD
- 3.4 Applications
- 4. Éléments micromécaniques**
- 4.1 DMD
- 4.2 GLV : grating light valve
- 4.3 Applications
- 5. Notion de rendement lumineux .**
- 5.1 Système d'éclairage ou de collection.
- 5.2 Module de gestion des couleurs
- 5.3 Modulation électro-optique .
- 5.4 Formation d'image et cabinet de rétroprojection
- 5.5 Conclusion
- 6. Autres techniques de projection**
- 6.1 Projecteurs ILA
- 6.2 Projecteurs laser
- 6.3 Talaria et Eldophore
- 7. Conclusion**

R630

Mesures Par analyse d'image : analyse statistique et texturelle

Par **Jean-Paul DUBUS**

1. Techniques de numérisation d'une image.

- 1.1 Capteur de vision ou analyseur de scène.
- 1.1.1 Constitution d'un pixel.
- 1.1.2 Transfert de charges.
- 1.1.3 Restitution du signal vidéo.
- 1.2 Numérisation de l'image
- 1.2.1 Fonction acquisition.
- 1.2.2 Fonction visualisation
- 1.2.3 Fonction traitement d'images.

2. Techniques d'analyse statistique de l'image

- 2.1 Analyse statistique.
- 2.1.1 Histogramme
- 2.1.2 Moyenne.
- 2.1.3 Moment du deuxième ordre et variance.
- 2.1.4 Matrice de corrélation
- 2.2 Quelques applications de l'analyse statistique.
- 2.2.1 Application au rehaussement histogrammique
- 2.2.2 Rehaussement tonal.
- 2.2.3 Détection de contour Par détection de ruptures de moments d'ordre supérieur.
- 2.2.4 Détection de contour Par analyse du niveau de bruit accompagnant le signal.

3. Analyse texturelle de l'image.

- 3.1 Méthodes statistiques.
- 3.1.1 Matrice de co-occurrence.
- 3.1.2 Histogrammes des sommes et des différences
- 3.1.3 Application au tri de motifs de revêtement de sols.
- 3.2 Matrice de longueur de plages
- 3.3 Critère de Gagalowitz.
- 3.4 Méthodes structurelles.
- 3.4.1 Spectre de texture
- 3.4.2 Analyse Par matrice des voisinages
- 3.4.3 Caractérisation Par filtres propres.
- 3.5 Méthodes spectrales



- 3.5.1 Analyse de Fourier
- 3.5.2 Transformation en cosinus discret
- 3.6 Application à l'optimisation du taux de compression des images médicales [17]
- 3.7 Conclusion sur l'analyse des textures.

R632

Mesure Par analyse d'image - Analyse multi résolution et psychovisuelle

Par **Jean-Paul DUBUS**

1. Analyse multi résolution.

- 1.1 Décomposition en ondelettes. ...
- 1.2 Analyse multi résolution et fonction échelle
 - 1.21 Décomposition pyramidale .
 - 1.22 Décomposition en pyramide laplacienne.
- 1.3 Pyramide laplacienne et ondelettes
- 1.4 Algorithmes de décomposition et de recombinaison en ondelettes orthogonales
- 1.5 Algorithmes de décomposition en ondelettes des images .
- 1.51 Analyse multi résolution à noyau séparable
- 1.52 Interprétation .
- 1.53 Applications .
- 1.6 Application à la compression des images.
- 1.7 Application à la reconnaissance des formes
- 1.8 Conclusion sur l'analyse multi résolution

2. Analyse psychovisuelle de la qualité des images .

- 2.1 Tests subjectifs d'évaluation de la qualité d'une image de télévision .
 - 2.11 Conditions de mesures .
 - 2.12 Méthodes de mesures
 - 2.13 Interprétations statistiques des résultats .
- 2.2 Application à l'évaluation subjective de la qualité des images compressées.
- 2.3 Tests d'évaluation de la qualité des images médicales
 - 2.31 Principe.
 - 2.32 Application
- 3. Conclusion .

E6610

Mathématiques pour le traitement et l'analyse des images à tons de gris

Par **Jean-Charles PINOLI**

- 1. Images à tons de gris
- 2. Traitement et analyse d'images à tons de gris
- 3. Concepts clefs.
- 4. Représentation mathématique de base .
- 5. Cadres pour les pixels et les tons de gris .
- 6. Principaux cadres pour les fonctions de gris
- 7. Opérateurs et fonctionnelles .
- 8. Discussion finale .

E6612

Mathématiques pour le traitement et l'analyse des images

Par **Jean-Charles PINOLI**

- 1. Images binaires .
 - 1.1 Scène, objets et contexte .
 - 1.2 Images binaires et multinaires



2. Traitement et analyse d'images binaires.

- 2.1 Traitement d'image
- 2.2 Analyse d'image et d'objet

3. Domaine spatial .

- 4. Cadres de base .
- 4.1 Cadre ensembliste .
- 4.2 Cadre euclidien
- 4.3 Cadre topologique ensembliste .
- 4.4 Cadre morphologique.

5. Principaux cadres géométriques

- 5.1 Cadre topologique
- 5.2 Cadre différentie
- 5.3 Cadre intégral .
- 5.4 Cadre stochastique .
- 5.5 Cadre stéréologique.
- 5.6 Cadre fractal .

6. Opérateurs et fonctionnelles .

- 6.1 Portées
- 6.2 Propriétés

7. Discussion finale .**S4/24792 Fondamentaux de l'optique****** Introduction:****23****Unités de mesure SI***Par Nicole LEGENT*

- 1. Définitions générales
- 2. Organismes responsables.
- 3. Système métrique .
- 4. Système international d'unités SI .
- 5. Unités hors système .
- 6. Définition des unités.

25**Classification périodique des éléments***Par Mireille DEFRANCESCHI*

- 1. Atomes, éléments et isotopes.
- 2. Grandeurs définissant les atomes et les éléments
 - 2.1 Nom et symbole
 - 2.2 Numéro atomique
 - 2.3 Nombre de masse
 - 2.4 Masse atomique .
 - 2.5 Configuration électronique .
 - 2.6 Rayon atomique.
 - 2.7 Potentiel d'ionisation et affinité électronique .
 - 2.8 Degrés d'oxydation .
 - 2.9 Électronégativité .
- 3. Classification périodique des éléments
 - 3.1 Classification historique.
 - 3.2 Classification périodique actuelle .
 - 3.3 Les cases .
- 4. Utilisations de la classification périodique
 - 4.1 Familles chimiques.
 - 4.2 Prévision du nombre de liaisons covalentes que peut établir un atome



- 4.3 Prévision de la charge des anions et des cations .
- 4.4 Énergie d'ionisation.
- 4.5 Variation de l'électronégativité dans le tableau périodique
- 4.6 Caractère redox
- 4.7 Points d'ébullition et de fusion
- 5. Conclusion

R86

Commission internationale de l'éclairage (CIE)

Par **Bernard DUVAL**

- 1. Administration.
- 2. Missions
- 3. Activités .
- 4. Organisation .
- 5. Réunions
- 6. Liaisons internationales .
- 7. Conclusion .

E4100

Systèmes optroniques passifs - L'œil et la vision

Par **Gilbert GAUSSORGUES**

- 1. L'œil.
- 2. Morphologie de l'œil
- 3. Dioptrique de l'œil.
- 4. Vision colorée et réponse spectrale de l'œil
- 5. Réponse temporelle de l'œil. Vision des mouvements
- 6. Acuité visuelle .
- 7. Vision binoculaire

**** Propagation:**

E4035

Propagation du rayonnement dans les matériaux

Par **Yves COJAN, Gilles KERVERN et Jean-Paul POCHOLLE**

- 1. Propagation guidée dans les fibres optiques
 - 1.1 Rappels sur la propagation guidée
 - 1.2 Fibre optique uni modale.
 - 1.2.1 Fibre optique à échelon d'indice (définition) .
 - 1.2.2 Expression des champs
 - 1.2.3 Approximation gaussienne de la distribution du mode fondamental
 - 1.2.4 Constante de propagation
 - 1.2.5 Pertes différentielles dans une fibre optique
 - 1.2.6 Connexion entre fibres optiques monomodes
 - 1.3 Pertes en transmission dans les fibres optiques
 - 1.3.1 Absorption
 - 1.3.2 Pertes Par diffusion
 - 1.4 Dispersion dans les fibres optiques uni modales.
 - 1.4.1 Temps de groupe
 - 1.4.2 Dispersion chromatique.
 - 1.4.3 Réponse en fréquence d'une fibre optique unimodale.
 - 1.5 Fibres optiques multimodes
 - 1.5.1 Profil d'indice
 - 1.5.2 Application de la méthode WKB .
- 2. Transmission à travers l'eau
 - 2.1 Cas de l'eau pure
 - 2.2 Cas de l'eau de mer.



3. Propagation optique dans les matériaux

3.1 Catégories de matériaux optiques

3.1.1 Les verres optiques

3.1.2 Les plastiques

3.1.3 Les métaux.

3.1.4 Les cristaux naturels ou artificiels

3.1.5 Conclusion

3.2 Propriétés optiques et mécaniques .

3.2.1 Caractéristiques de transmission spectrale

3.2.2 Caractéristiques optiques

3.2.3 Autres caractéristiques physiques et mécaniques .

E4030For *Propagation du rayonnement dans l'atmosphère*

Par Yves COJAN et Jean-Claude FONTANELLA

1. Transmission spectrale de la vapeur d'eau H2O pour un trajet horizontal au niveau de la mer (tableau 1) Form.

2. Transmission spectrale du dioxyde de carbone CO2 pour un trajet horizontal au niveau de la mer (tableau 2)

E4030 *Propagation du rayonnement dans l'atmosphère*

Par Yves COJAN, Jean-Claude FONTANELLA

1. Définitions

1.1 Absorption atmosphérique

1.2 Diffusion atmosphérique .

1.3 Extinction et transmission spectrale globale

2. L'atmosphère

2.1 Structure

2.2 Composition gazeuse .

2.3 Particules en suspension ou aérosols.

3. Extinction atmosphérique .

3.1 Absorption moléculaire et fenêtres atmosphériques .

3.2 Diffusion moléculaire .

3.3 Extinction, absorption et diffusion Par les aérosols .

3.4 Extinction due à la pluie

4. Atténuation et transmission globale

5. Codes de calcul de l'atténuation atmosphérique .

5.1 Modèles de bandes et modèles de raies

5.2 LOWTRAN

5.3 MODTRAN

5.4 FASCOD

5.5 Méthode de calcul de la transmission atmosphérique, de Passman et Larmore.

5.6 Méthode de calcul en large bande, de Elder et de Strong .

5.7 Formules polynomiales de transmission pour quelques raies laser .

6. Théorie du transfert radiatif

6.1 Forme générale de l'équation du transfert radiatif.

6.2 Fonction source .

6.3 Intégration de l'équation du transfert radiatif en diffusion simple .

6.4 Luminance apparente d'un objet .

6.5 Luminance d'émission propre atmosphérique

6.6 Diffusion atmosphérique

7. Contraste.

7.1 Définition .

7.2 Contrastes apparents

8. Turbulence atmosphérique



- 8.1 Définition .
- 8.2 Théorie de Kolmogorov .
- 8.3 Propagation des ondes à travers un milieu turbulent .
- 8.4 Fluctuations d'intensité
- 8.5 Fluctuations de phase. Conséquences sur l'imagerie
- 8.6 Isoplanétisme.
- 8.7 Effets sur les faisceaux laser.

Références bibliographiques .
Formulaire

AF3348

Couches minces optiques et filtrage interférentiel - Champs et multicouches, synthèse, résonances et modes

Par **Claude AMRA** et **Catherine GRÈZES-BESSET**

- 1. Préliminaires .
- 2. Méthode de calcul .
- 3. Réflexion, transmission, absorption
- 4. Codage numérique
- 5. Premiers exemples numériques .
- 6. Réflexion totale, résonances et modes de propagation.
- 7. Lien avec l'optique planaire .

RE171

Calcul optoélectronique et hologrammes calculés (Recherche)

Par **Pierre AMBS**

Introduction

1 - Contexte

2 - Calcul optoélectronique

- 2.1 - Présentation
- 2.2 - Principe
- 2.3 - Composants
- 2.4 - Exemples de processeurs optiques réalisés
- 2.5 - Conclusion

3 - Hologrammes calculés

- 3.1 - Présentation
- 3.2 - Types d'hologrammes calculés et caractéristiques
- 3.3 - Différents types de codage des hologrammes de Fourier ou de Fresnel
- 3.4 - Méthodes de fabrication
- 3.5 - Exemples d'applications
- 3.6 - Conclusion

4 - Conclusion générale et perspectives

**** Optique physique:**

A191

Optique ondulatoire - Interférences. Diffraction. Polarisation

Par **Michel HENRY**

1. Interférences

- 1.1 Conditions d'interférence. Diviseurs de faisceau.
- 1.2 Interférences à deux ondes
- 1.3 Interférences à ondes multiples .

2. Diffraction.



- 2.1 Principe de Huyghens-Fresnel.
- 2.2 Diffraction de Fresnel. Spirale de Cornu.
- 2.3 Diffraction de Fraunhofer

3. Polarisation.

- 3.1 Mise en évidence de la polarisation.
- 3.2 Lames minces cristallines
- 3.3 Polarisation rotatoire
- 3.4 Calcul matriciel des états de polarisation.

4. Phénomènes en lumière blanche.

R6475

Interférences de la lumière - Théorie et applications

Par **Patrick BOUCHARINE**

1. Interférences à deux ondes : les fentes d'Young

- 1.1 Cas monochromatique.
- 1.2 Chemin optique
- 1.3 Ondes planes
- 1.4 Largeur de la source : cohérence spatiale
- 1.5 Largeur spectrale et cohérence temporelle
- 1.6 Franges de superposition

2. Premiers interféromètres à deux ondes .

- 2.1 Interféromètre de Jamin .
- 2.2 Interféromètre de Fizeau
- 2.3 Interféromètre de Sagnac .

3. L'interféromètre de Michelson .

- 3.1 Source ponctuelle : franges non localisées.
- 3.2 Source étendue : franges localisées
- 3.3 L'expérience de Michelson et Morley .
- 3.4 La mesure du mètre en longueurs d'onde .

4. Interféromètre de Mach-Zehnder .

5. Interférences à ondes multiples .

- 5.1 Interférences à trois ondes .
- 5.2 Réseau dit « de diffraction » .
- 5.3 Interféromètre de Fabry et Perot .
- 5.4 Franges de superposition .
- 5.5 Couches multidiélectriques .
- 5.6 Réseaux de Bragg.

6. Interféromètres à polarisation .

- 6.1 Structure d'une onde électromagnétique
- 6.2 Lumière naturelle et lumière polarisée.
- 6.3 Propagation dans un milieu anisotrope .
- 6.4 Interférences en lumière polarisée.
- 6.5 Interféromètres à polarisation .

7. Applications des interféromètres .

- 7.1 Contrôles des surfaces optiques
- 7.2 Mesure des grands rayons de courbure.
- 7.3 Mesure des déplacements Par comptage de franges .
- 7.4 Mesure de l'indice de réfraction des gaz
- 7.5 Microscopes à polarisation.
- 7.6 Détection hétérodyne
- 7.7 Interférométrie astronomique
- 7.8 À la recherche des planètes
- 7.9 À la recherche des ondes gravitationnelles .

8. Conclusion



A1080

Optique des milieux matériels

Par **Elisabeth GIACOBINO**

1. Rappel sur la structure de la matière.

- 1.1 Atome .
- 1.2 Molécules .
- 1.3 Solides

2. Interaction de la lumière avec la matière .

- 2.1 Principes de l'interaction entre photons et atomes .
- 2.2 Spectres d'absorption et d'émission
- 2.3 Émission thermique
- 2.4 Luminescence .
- 2.5 Diffusion, absorption et dispersion.

3. Sources usuelles de lumière

- 3.1 Lampes à incandescence .
- 3.2 Lampes à décharge

4. Récepteurs de lumière.

- 4.1 Détecteurs photoniques .
- 4.2 Détecteurs thermiques .
- 4.3 Détecteurs d'images.

5. Spectroscopie .

- 5.1 Spectroscopie classique et monochromateurs
- 5.2 Spectroscopie laser

AF3340

Holographie optique - Principes

Par **Paul SMIGIELSKI**

1. Aspects physiques

- 1.1 Enregistrement d'un hologramme
- 1.2 Restitution d'une image tridimensionnelle .

2. Aspects théoriques .

- 2.1 Processus d'enregistrement .
- 2.2 Processus de restitution

3. Différents types d'hologrammes.

- 3.1 Hologrammes Par transmission et hologrammes Par réflexion
- 3.2 Hologrammes d'amplitude et hologrammes de phase
- 3.3 Hologrammes en surface et hologrammes en volume.
- 3.4 Hologrammes en lumière diffusée et hologrammes en lumière dirigée (non diffuse)

4. Quelques propriétés des hologrammes

- 4.1 Parallaxe.
- 4.2 Profondeur de champ .
- 4.3 Résolution
- 4.4 Efficacité de diffraction
- 4.5 Répartition d'intensité dans l'objet
- 4.6 Image virtuelle et/ou image réelle

5. Conditions d'enregistrement et de restitution .

- 5.1 Enregistrement .
- 5.2 Restitution

6. Aperçu sur les applications .

- 6.1 Analyse des micro Particules .
- 6.2 Hologramme utilisé comme composant optique
- 6.3 Applications artistiques et publicitaires. Muséologie

7. Conclusion .

Références bibliographiques



AF3345

Interférométrie holographique - Principes

Par Paul SMIGIELSKI

1. Rappels

2. Interférométrie holographique Par double exposition.

2.1 Aspects physiques

2.2 Aspects théoriques.

3. Interférométrie holographique en temps réel

3.1 Aspects physiques

3.1.1 Cas de déplacements statiques ou à évolution lente

3.1.2 Cas d'objets en vibration sinusoïdale

3.1.3 Utilisation de la stroboscopie pour l'étude des objets en vibration

3.2 Aspects théoriques.

4. Interférométrie holographique « moyennée dans le temps ».

4.1 Aspects physiques

4.2 Aspects théoriques.

5. Interférométrie holographique à double faisceau de référence

6. Aperçu sur les applications .

6.1 Applications de la double exposition .

6.2 Applications du temps réel

6.3 Applications de l'intégration temporelle

7. Conclusion .

Références bibliographiques

R6470

Activité optique : dichroïsme circulaire

Par Jean-Claude MAURIZOT

1. Lumière .

1.1 Approche ondulatoire

1.2 Approche quantique .

1.2.1 Photon .

1.2.2 Relation de Planck.

1.2.3 Indice de réfraction

2. Lumière polarisée

2.1 Lumière polarisée dans un plan .

2.2 Lumière polarisée circulairement

2.3 Construction de Fresnel .

3. Rotation. Dichroïsme circulaire

3.1 Rotation optique

3.2 Dichroïsme circulaire

3.3 Relation entre dichroïsme circulaire, dispersion optique rotatoire et absorption.

4. Molécules optiquement actives .

4.1 Chiralité.

4.2 Force rotationnelle .

4.3 Classification des chromophores

5. Méthodes de mesure .

5.1 Mesure Par modulation de polarisation .

5.2 Méthode utilisant directement la différence d'absorption

5.3 Méthode utilisant l'ellipticité

5.4 Conclusion .

6. Applications.

6.1 Petites molécules.

6.1.1 Règle de l'octant et son utilisation pour l'étude des cétones insaturées

6.1.2 Activité optique des diènes conjugués

6.1.3 Chiralité liée à un couplage excitonique

6.2 Applications aux systèmes biologiques .



- 6.2.1 Acides nucléiques .
- 6.2.2 Protéines
- 7. Conclusion-perspective

**** Interaction lumière-matière:**

AF3458

Diffusion de la lumière Par les surfaces et les volumes

Par Claude AMRA et Carole DEUMIÉ

1. Diffusion de la lumière Par une surface faiblement rugueuse

- 1.1 Paramètres descriptifs de l'état de surface
- 1.2 Amplitude de l'onde diffusée
- 1.3 Intensité diffusée .
- 1.4 Exemples numériques .

2. Cas de la diffusion de volume .

- 2.1 Paramètres descriptifs de l'hétérogénéité du volume .
- 2.2 Amplitude de l'onde diffusée
- 2.3 Intensité diffusée .
- 2.4 Exemples numériques : Comparaison avec la diffusion de surface
- 2.5 Cas des défauts isolés ou périodiques .
- 2.5.1 Cas du réseau de diffraction .
- 2.5.2 Cas du défaut isolé

3. Mesures et applications de la diffusion :analyse multi échelle

- 3.1 Mesure de diffusion
- 3.2 Application à la caractérisation des états de surface ou de volume
- 3.3 Comparaison avec les techniques de microscopie en champ proche et lointain : analyse multi échelle de la rugosité .
- 3.3.1 Fonction d'appareil et taille de speckle
- 3.3.2 Bande passante
- 3.3.3 Comparaison des techniques

4. Conclusion

AF3460

Diffusion des faisceaux laser Par des Particules

Par Gérard GOUESBET et Gérard GRÉHAN

1. Diffusion d'ondes planes.

- 1.1 Hypothèses .
- 1.2 Ondes planes .
- 1.3 État de l'art
- 1.4 Spécificité des faisceaux laser

2. Description des faisceaux laser.

- 2.1 Description élémentaire des faisceaux gaussiens.
- 2.2 Formulation de Davis
- 2.3 Autres faisceaux

3. Description des Particules

4. Diffusion des faisceaux laser Par des Particules sphériques

- 4.1 Le problème posé.
- 4.2 Stratégie de résolution et exemple de relations
- 4.3 Cas Particuliers .
- 4.4 Calcul des coefficients de forme .
- 4.5 Diagrammes de diffusion .

5. Diffusion des faisceaux laser Par des cylindres infinis

6. Applications diverses .

- 6.1 Pression de radiation
- 6.2 Réfractométrie d'arc-en-ciel
- 6.3 Imagerie .



7. Technique du phase-Doppler

7.1 Principe fondamental de la technique

7.2 Ambiguïté de trajectoire .

7.3 Extensions.

8. Conclusion .

AF3710

Cristaux photoniques et « gaps » de photons - Aspects fondamentaux

Par **Jean-Michel LOURTIOZ**

1. Premiers résultats et définitions

1.1 Contrôle total de la lumière

1.2 Cristal à « gap de photons » omnidirectionnel .

1.3 Cristaux de dimension 1D ou 2D

2. Analogie électron-photon.

2.1 Équation de Schrödinger. Équations de Maxwell

2.2 Analogies entre systèmes unidimensionnels

3. Diagrammes de bandes des cristaux infinis

3.1 Équations de Maxwell et solutions de Floquet-Bloch

3.2 Méthode des ondes planes appliquée au champ électrique (méthode E)

3.3 Diagramme de bandes du cristal à une dimension .

3.4 Diagrammes de bandes 2D.

3.5 Diagrammes de bandes 3D.

4. Cristaux photoniques de taille finie et défauts de périodicité .

4.1 Modèles théoriques des cristaux de taille finie

4.2 Défauts ponctuels et cavités

4.3 Défauts étendus et guides d'onde.

4.4 Quasi-cristaux et pavages d'Archimède

5. Conclusion

Références bibliographiques

AF3711

Cristaux photoniques et « gaps » de photons - Propriétés et applications

Par **Jean-Michel LOURTIOZ**

1. Propriétés physiques des cristaux photoniques

1.1 Miroir à cristal photonique .

1.2 Guides de lumière

1.3 Filtrage de la lumière

1.4 Microcavités ultimes

1.5 Réfraction de la lumière sur un cristal photonique

1.5.1 Rappel sur les vitesses de phase et de groupe .

1.5.2 Effet de super prisme et ultra réfraction .

1.6 Cristaux photoniques métalliques et méta matériaux .

1.6.1 Particularités des cristaux photoniques métalliques .

1.6.2 Méta matériaux à indice de réfraction négatif .

1.6.3 Cristaux photoniques reconfigurables.

1.7 Cristaux photoniques et optique non linéaire

2. Fabrication des cristaux photoniques aux longueurs d'onde de l'optique.

2.1 Cristaux photoniques 2D en optique planaire

2.1.1 Choix des structures.

2.1.2 Structure photonique membranaire .

2.1.3 Structures à guide « enterré » et gravure profonde .

2.2 Cristaux photoniques 3D.

2.2.1 Structures à « gaps » omnidirectionnels .



2.2.2 Structures auto assemblées à « gaps » Partiels

3. Quelques exemples d'applications potentielles des cristaux photoniques

3.1 Antennes et circuits micro-ondes : les surfaces à haute impédance

3.2 Fibres à cristal photonique .

3.3 Micro sources optiques.

4. Conclusions et perspectives

Références bibliographiques .

A1305

Cristallographie géométrique

Par **André AUTHIER**

1. Milieu cristallin

1.1 Généralités .

1.2 Définition macroscopique.

1.3 Définition microscopique

2. Réseaux de points

2.1 Réseau direct.

2.2 Réseau réciproque.

2.3 Applications géométriques du réseau réciproque

2.4 Propriétés de symétrie des réseaux

2.5 Relation entre motif et maille

2.6 Cristallographie à n dimensions.

3. Symétrie d'orientation

3.1 Opérations de symétrie d'orientation

3.2 Groupes cristallographiques

3.3 Dénombrement des 32 groupes ponctuels .

3.4 Les 7 systèmes cristallins.

3.5 Les 14 modes de Bravais .

3.6 Réseaux hexagonal et rhomboédrique.

3.7 Morphologie cristalline .

3.8 Groupes non cristallographiques

4. Symétrie de position.

4.1 Éléments de symétrie de position.

4.2 Dénombrement des 230 groupes de recouvrement (ou groupes d'espace) .

Références bibliographiques

E4415

Génération et détection optiques d'ondes élastiques

Par **Daniel ROYER**

1. Génération d'ondes élastiques Par impact laser .

1.1 Régime thermo élastique

1.1.1 Distribution de température .

1.1.2 Modèle unidimensionnel .

1.1.3 Modèle de la source ponctuelle .

1.2 Régime d'ablation.

1.3 Accroissement de l'efficacité .

1.3.1 Réseau de sources

1.3.2 Effet d'une couche mince

2. Détection optique de déplacements mécaniques .

2.1 Méthodes non interférométriques

2.1.1 Déflexion .

2.1.2 Diffraction.

2.2 Méthodes interférométriques.

2.2.1 Sonde homodyne

2.2.2 Sonde hétérodyne .

2.2.3 Interférométrie différentielle dans le temps. Vélométrie Doppler



- 3. Exemples d'application .
- 4. Conclusion
- Références bibliographiques

** Spectroscopie:

AF3560

Gaz ionisés et plasmas

Par **Pierre FAUCHAIS**

1. Particules présentes dans un plasma et familles de gaz ionisés

- 1.1 Définition
- 1.2 Degré d'ionisation .
- 1.3 Fréquence plasma
- 1.4 États d'énergie dans un plasma .
- 1.5 Méthodes de production.

2. Grandeurs caractéristiques des plasmas avec interactions

- 2.1 Les collisions
- 2.2 Grandeurs fondamentales
- 2.3 Fonction de distribution
- 2.4 Types d'ionisation dans les plasmas

3. Plasmas avec interactions.

- 3.1 Équations de conservation .
- 3.2 Coefficients caractéristiques dans les plasmas
- 3.3 Plasmas à l'équilibre thermodynamique.
- 3.4 Conditions d'équilibre
- 3.5 Classement des plasmas

4. Plasmas sans interactions.

- 4.1 Particules chargées sans collisions dans un champ électrique et magnétique
- 4.2 Dérive et conductivité électrique dans un champ magnétique uniforme
- 4.3 Trajectoires adiabatiques dans un champ B non uniforme.

5. Ondes dans un plasma

- 5.1 Ondes planes dans un plasma .
- 5.2 Plasma sans champ magnétique : fréquence de coupure .
- 5.3 Propagation Parallèle à un champ magnétique.
- 5.4 Propagation oblique et transversale .
- 5.5 Classification des plasmas Par rapport aux ondes

6. Conclusion .

Notations et symboles .

Références bibliographiques .

AF3561

Rayonnement des plasmas et profil des raies spectrales

Par **Olivier VALLÉE**

1. Rayonnement et équilibre thermodynamique local .

- 1.1 Lois de l'équilibre thermodynamique.
- 1.2 Raies spectrales

2. Généralités sur le profil des raies spectrales

- 2.1 Théorie de l'émission spontanée d'un photon dans l'approximation dipolaire
 - 2.1.1 Calcul de la probabilité de transition
 - 2.1.2 Fonction d'autocorrélation et limite thermodynamique
- 2.2 Aspects simplifiés de la théorie de l'élargissement des raies spectrales
 - 2.2.1 Temps caractéristiques
 - 2.2.2 Quelques cas Particuliers

3. Calcul semi-classique dans l'approximation binaire

- 3.1 Formule de Talman-Anderson.
- 3.2 Approximation quasi-statique
- 3.3 Approximation des impacts.



4. Élargissement Par le micro champ des ions d'un plasma

- 4.1 Généralités .
- 4.2 Fonction de distribution du micro champ de Holtmark.
- 4.3 Élargissement dans le micro champ des ions
- 4.4 Raie H β .

5. Effets des collisions sur l'élargissement Doppler des raies

- 5.1 Fonction d'auto corrélation
- 5.2 Collisions faibles et équation de Fokker-Planck
- 5.3 Cas des collisions fortes.

Références bibliographiques .

P2655

Théorie des spectres atomiques

Par *Alain PETIT*

1. Les différents processus d'interaction rayonnement-matière

2. Notions de structure et de spectroscopie atomiques

- 2.1 Généralités
- 2.2 Spectre de l'atome d'hydrogène .
- 2.3 Théorie de Bohr de l'atome d'hydrogène
- 2.4 Moment cinétique et moment magnétique de l'atome.
- 2.5 Intervention de la mécanique quantique
- 2.6 Configurations électroniques .
- 2.7 Spectres optiques des systèmes atomiques
- 2.8 Structure hyperfine
- 2.9 Déplacement isotopique .
- 2.10 Effet d'un champ magnétique extérieur .
- 2.11 Effet d'un champ électrique extérieur.
- 2.12 Spectres de rayons X

Références bibliographiques .

P2656

Théorie des spectres moléculaires

Par *Alain PETIT*

1. Potentiels interatomiques .

2. Approximation de Born-Oppenheimer

3. Énergie électronique des molécules diatomiques

- 3.1 Construction des orbitales moléculaires
- 3.2 Configuration électronique, état moléculaire

4. Énergie vibrationnelle des molécules diatomiques .

5. Énergie rotationnelle des molécules diatomiques .

6. Cas de couplage

7. Spectres des molécules diatomiques

- 7.1 Transitions rotationnelles .
- 7.2 Transitions vibrationnelles
- 7.3 Spectres rovibrationnels .
- 7.4 Transitions électroniques. Principe de Franck-Condon
- 7.5 Règles de sélection.

8. Quelques compléments sur les molécules diatomiques.

- 8.1 Raies rotationnelles manquantes et alternance des intensités .
- 8.2 Spectres impliquant un continuum.
- 8.3 Prédissociation.

9. Spectres des molécules polyatomiques

- 9.1 Spectres rotationnels .
- 9.2 Vibrations moléculaires

10. Fluorescence moléculaire et diffusion .

- 10.1 Fluorescence moléculaire



- 10.2 Diffusion Raman et Rayleigh
 - 10.3 Spectre Raman.
 - 10.4 Diffusion Mie.
 - 10.5 Comparaison entre différents processus d'émission et de diffusion
- Références bibliographiques**

P2660

Systèmes dispersifs en spectrométrie atomique

Par **Jean-Michel MERMET**

1. Spectromètres : définitions et types.

2. Réseaux de diffraction .

- 2.1 Caractéristiques d'un réseau
- 2.2 Formule des réseaux
- 2.3 Longueur d'onde maximale diffractée Par un réseau
- 2.4 Ordres observés.
- 2.5 Angle et longueur d'onde de miroitement .
- 2.6 Production des réseaux
- 2.7 Illumination d'un réseau

3. Montage optique à réseau plan .

- 3.1 Réseau plan conventionnel
- 3.2 Réseau échelle

4. Montages optiques à réseau concave.

- 4.1 Polychromateur à réseau concave
- 4.2 Monochromateur à réseau concave

5. Dispersion linéaire réciproque

6. Résolutions théorique et pratique .

- 6.1 Résolution théorique
- 6.2 Bande passante et fentes résultantes
- 6.3 Aberrations optiques.
- 6.4 Résolution pratique
- 6.5 Compromis résolution - domaine de longueur d'onde.
- 6.6 Réglage des fentes .

7. Mesure de l'intensité nette d'une raie d'analyse.

- 7.1 Polychromateur à fentes fixes .
- 7.2 Monochromateur
- 7.3 Étalonnage en longueur d'onde .

8. Conclusion

S4/24793 Matériaux pour l'optique

**** Fabrication et mise en forme des matériaux:**

IN81

Procédé de fabrication de fibres monocristallines (Innovation)

Par **Kheirreddine LEBBOU, François BALEMBOIS,**

Jean-Marie FOURMIGUE

Introduction

1 - Contexte

2 - Procédé de croissance cristalline par la méthode « micro-pulling down » (goutte pendante)

3 - Conservation masse, chaleur et stabilité du ménisque de la zone fondue lors du tirage par la technique -pd

- 3.1 - Conservation de la masse
- 3.2 - Conservation de l'énergie
- 3.3 - Stabilité du format



- 4 - Transport du soluté (dopant) dans le liquide et dans le solide au cours du tirage par -pd
- 5 - Croissance cristalline du yag-nd3+ par la technique -pd
- 6 - Croissance cristalline du saphir par la -pd
- 7 - Fibres cristallines comme milieu laser
 - 7.1 - Concept laser pour les fibres cristallines par rapport à l'état de l'art
 - 7.2 - Caractérisations des fibres cristallines laser nd:yag
 - 7.3 - Oscillateur laser a fibre cristalline
 - 7.4 - Potentiel des fibres cristallines laser : la tenue thermique
- 8 - Application à la détection des rayonnements ionisants
 - 8.1 - Vers des détecteurs de haute résolution pour l'imagerie
 - 8.2 - Utilisation des fibres pour détecteurs en nappe
- 9 - Conclusion

**** Méthodes et techniques de caractérisation:**

E6322

Spectroscopie Raman des défauts dans les matériaux

Par **Marc D. FONTANA, David CHAPRON, Thomas H. KAUFFMANN et Patrice BOURSON**

1. Spectroscopie Raman

- 1.1 Fondements
 - 1.1.1 Principes physiques.
 - 1.1.2 Instrumentation Raman : aspects techniques .
 - 1.1.3 Buts, avantages et inconvénients de la spectroscopie Raman.
- 1.2 Description.
 - 1.2.1 Modèle classique
 - 1.2.2 Description quantique
- 1.3 Règles de sélection Raman .
- 1.4 Profil et caractéristiques de raie Raman
 - 1.4.1 Modèle de l'oscillateur harmonique amorti et les autres profils de raie.
 - 1.4.2 Trois caractéristiques de la raie Raman
- 1.5 Modes dans un réseau cristallin (phonons) et spectroscopie Raman.
- 1.6 Spectroscopie Raman polarisée
- 1.7 Spectroscopies Raman conventionnelle et non linéaire

2. Défauts dans les matériaux et leur détection Par spectroscopie Raman

- 2.1 Différents défauts dans les solides.
- 2.2 Impact des défauts sur le spectre Raman
- 2.3 Illustrations de caractérisation des défauts Par spectroscopie Raman
 - 2.3.1 Matériaux optiques : exemple de LiNbO3 .
 - 2.3.2 Polymères
 - 2.3.3 Autres matériaux

3. Conclusion

4. Glossaire .

5. Symboles

E6327

Matériaux luminescents: techniques de caractérisation optique et spectroscopie

Par **Richard MONCORGÉ**

1. Types de matériaux et problématiques d'utilisation/application.

- 1.1 Différents types de matériaux
- 1.2 Domaines d'utilisation/application

2. Caractéristiques spectroscopiques et dynamiques–processus optiques .

- 2.1 Caractéristiques des systèmes à bandes étroites .



- 2.2 Caractéristiques des systèmes à bandes larges.
- 2.3 Dynamiques d'excitation/relaxation
- 3. Techniques de caractérisation optiques et spectroscopiques classiques .**
- 3.1 Instrumentation
- 3.2 Spectroscopie d'absorption différentielle et spectroscopie d'émission / excitation résolue en temps .
- 3.3 Mesure de rendement quantique d'émission .
- 4. Mécanismes spécifiques et techniques de mesures associées**
- 4.1 Spectroscopie d'absorption/excitation des ions dans les états excités .
- 4.2 Spectroscopie d'excitation multi-photons et luminescence coopérative.
- 4.3 Variations d'indice de réfraction d'origine thermique ou électronique.
- 5. Conclusion**
- 6. Glossaire – Définitions.**

** Matériaux luminescents:

E1980

Propriétés optiques des terres rares

Par **François AUZEL et Richard MONCORGÉ**

- 1. Spécificité des ions terres rares .**
- 1.1 Configuration électronique fondamentale 4f n
- 1.2 Configuration électronique excitée 4f $n-1$ 5d .
- 2. Niveaux d'énergie des ions terres rares .**
- 2.1 Interactions électroniques dans l'ion libre
- 2.2 Niveaux énergétiques de l'ion libre .
- 2.3 Niveaux d'énergie 4f dans le champ cristallin ou de ligand d'un matériau hôte
- 2.4 Position des niveaux 5d Par rapport aux niveaux 4f et aux bandes de valence et de conduction des matériaux hôtes .
- 3. Transitions optiques entre niveaux des terres rares .**
- 3.1 Transitions radiatives et non radiatives entre niveaux 4f
- 3.2 Transitions entre niveaux 4f et 5f .
- 3.3 Transitions de transfert de charge
- 4. Interactions entre ions de terres rares .**
- 4.1 Différents types de transferts d'énergie entre ions terres rares
- 4.2 Cas Particuliers importants
- 5. Matrices hôtes et effets associés.**
- 5.1 Différents types de matériaux.
- 5.2 Variations d'indice de réfraction en présence d'un pompage optique intense .
- 5.3 Effet Faraday
- 6. Quelques applications importantes des ions terres rares**
- 6.1 Lasers et amplificateurs .
- 6.2 Matériaux Faraday pour isolateurs optiques.
- 6.3 Scintillateurs pour la santé et la physique des hautes énergies.
- 6.4 NanoParticules dopés terres rares pour la bio-imagerie, le diagnostic et la thérapeutique des tumeurs cancéreuses
- 7. Conclusion**
- 8. Glossaire .**
- 9. Symboles**

E6347

Matériaux scintillateurs inorganiques

Par **Christophe DUJARDIN**

- 1. Scintillateurs .**
- 1.1 Qu'est-ce que la scintillation ?
- 1.2 Comment sont utilisés les matériaux scintillateurs ? .
- 2. Champs d'applications .**



- 2.1 Santé
- 2.2 Sécurité du territoire.
- 2.3 Calorimétrie en physique des hautes énergies
- 3. Principaux Paramètres et critères de qualité**
- 3.1 Réponse temporelle
- 3.2 Rendement de scintillation.
- 3.3 Densité
- 3.4 Résolution énergétique
- 3.5 Longueur d'onde de fluorescence .
- 3.6 Dommage Par radiation
- 3.7 Stabilités chimique, thermique et mécanique
- 3.8 Coût, ressource et capacité de production .
- 3.9 Mise en forme .
- 4. Quels sont les critères pour choisir un scintillateur ?.**
- 5. Interactions avec les rayonnements ionisants .**
- 5.1 Interaction des photons X ou γ
- 5.2 Interaction des Particules α .
- 5.3 Interaction des électrons β^- .
- 5.4 Interaction des neutrons.
- 6. Processus de scintillation.**
- 7. Conclusion.**
- 8. Glossaire .**
- 9. Symboles**

E6357

Matériaux luminescents pour l'éclairage et le photovoltaïque.

Par **Bernard MOINE**

1. Lumière, couleur et éclairage

- 1.1 Qu'est-ce que la couleur ? .
- 1.2 Les différentes sources d'éclairage .

2. Base du processus de luminescence .

- 2.1 Niveaux d'énergie des ions luminescents .
- 2.2 Transitions optiques
- 2.3 Transferts d'énergie
- 2.4 Les différents calculs de rendement.

3. Méthodes de synthèse et caractérisation des luminophores

- 3.1 Méthodes de synthèse
- 3.2 Mesures de caractérisation physique
- 3.3 Mesures de caractérisation optique .

4. Les matériaux luminescents et leurs propriétés optiques.

- 4.1 Ions émetteurs large bande
- 4.2 Ions émetteurs de raies fines .

5. Choix des matériaux suivant l'énergie d'excitation .

- 5.1 Excitation haute énergie (ultraviolet du vide)
- 5.2 Excitation moyenne énergie (proche ultraviolet)
- 5.3 Excitation basse énergie (violet-visible)

6. La luminescence au service du photovoltaïque (PV)

- 6.1 Principe d'une cellule photovoltaïque .
- 6.2 Conversion de fréquence via un processus de luminescence

7. Nouveaux processus optiques pour accroître l'efficacité lumineuse.

- 7.1 Plasmons .
- 7.2 Cristaux photoniques

8. Conclusion.



NM2030

Nanocristaux semi-conducteurs fluorescents. Des nanoParticules aux applications multiples .

Par **Peter REISS, Frédéric CHANDEZON**

Introduction

1 - Introduction

2 - Physique des nanocristaux semi-conducteurs fluorescents

2.1 - Effets de taille

2.2 - Structure électronique

2.3 - Propriétés optiques

3 - Synthèse des nanocristaux de semi-conducteurs en phase liquide

3.1 - Classification des méthodes de synthèse

3.2 - Synthèse en milieu aqueux

3.3 - Synthèse organométallique

3.4 - Synthèse Par précurseurs inorganiques

3.5 - Synthèse de type « heating-up »

3.6 - Synthèse de systèmes cœur/coquille [53]

3.7 - Alternatives aux nanocristaux binaires : systèmes ternaires et quaternaires

3.8 - Caractérisation des nanocristaux

4 - Applications des nanocristaux semi-conducteurs

4.1 - Fonctionnalisation des nanocristaux

4.2 - Marquage fluorescent en biologie

4.3 - Nouveaux matériaux pour l'optoélectronique

4.4 - Autres applications

5 - Conclusion

6 - Glossaire – définitions

NM2033

Nanocristaux colloïdaux pour l'optoélectronique

Par **Emmanuel LHUILLIER et Benoît DUBERTRET**

1. Nanomatériaux colloïdaux .

1.1 Synthèse colloïdale

1.2 Principe

1.2.1 Forme et dimensionnalité.

1.2.2 Hétéro structures colloïdales

1.2.3 Ligands.

1.3 Réseaux de nanocristaux et dépôt de film .

2. Propriétés optiques des réseaux de nanocristaux .

2.1 Confinement quantique

2.2 Transition inter et intra bande

3. Transport électronique dans les réseaux de nanocristaux.

3.1 Transport Par saut

3.2 Mobilitééchange de ligands

3.3 Transistor et contrôle de la densité de porteur .

3.4 Aspect dynamique du transport et bruit .

4. Applications optoélectroniques

4.1 Émission de lumière .

4.1.1 Les nanocristaux comme fluorophores pour les écrans .

4.1.2 Diodes électroluminescentes à base de nanocristaux .

4.1.3 Émission stimulée et laser .

4.2 Détection de lumière

4.2.1 Détecteur visible .

4.2.2 Détecteurs infrarouges

5. Conclusion et perspectives

6. Glossaire



NM2040

Boîtes quantiques dopées avec des ions de terres rares pour l'émission de lumière visible

Par **Bruno DAUDIN, Yuji HORI**

Introduction

- 1 - Diodes électroluminescentes
- 2 - Comment fabriquer des boîtes quantiques ?
- 3 - Pourquoi doper des boîtes quantiques avec des ions de terres rares ?
- 4 - Boîtes quantiques de gan dopées avec des ions de terres rares

NM2025

Nanomatériaux luminescents

Par **Gilles LEDOUX et Bruno MASENELLI**

1. Les différentes classes de nanomatériaux luminescents

- 1.1 Luminescence intrinsèque
 - 1.1.1 Matériaux semi-conducteurs
 - 1.1.2 Métaux
- 1.2 Luminescence extrinsèque .
- 1.3 Transferts d'excitation entre systèmes

2. Applications

- 2.1 Technologie de l'information .
 - 2.1.1 Écrans de visualisation.
 - 2.1.2 Sondes fluorescentes .
- 2.2 Énergie
 - 2.2.1 Photovoltaïque
 - 2.2.2 Photocatalyse Par rayonnement solaire .
- 2.3 Santé– biologie .
 - 2.3.1 Imagerie
 - 2.3.2 Thérapie – diagnostics

3. Sécurité– environnement – réglementation

- 3.1 Rappel de la législation existante .
- 3.2 Remarques et conseils circonstanciés selon la nature des nanoobjets

4. Conclusion

5. Glossaire

**** Cristaux pour les lasers, l'optique non linéaire et l'optique quantique:**

AF3278

Cristaux et optique laser non linéaires .

Par **Georges BOULON**

1. Susceptibilités électriques non linéaires des cristaux non linéaires

2. Polarisation .

- 2.1 Loi de Malus .
- 2.2 Polarisation Par réflexion
- 2.3 Polarisation Par biréfringence
 - 2.3.1 Définition .
 - 2.3.2 Cristaux uniaxes : calcite CaCO_3 , LiNbO_3 , quartz
 - 2.3.3 Polariseurs de Glan-Thomson ou de Glan-Foucault.
 - 2.3.4 Lame quart d'onde
 - 2.3.5 Lame quart d'onde de KDP .
 - 2.3.6 Polariseurs Par absorption.
- 2.4 Cristaux isolateurs optiques Par effet Faraday.

3. Génération de fréquences

- 3.1 Génération du second harmonique Par les cristaux uniaxes du type $\chi(2)$
- 3.2 Doublage de fréquence intracavité et auto doublage de fréquence



- 3.2.1 Doublage de fréquence intracavité .
- 3.2.2 Auto doublage de fréquence
- 3.2.3 Génération de fréquences Par des processus Paramétriques non linéaires
- 3.2.4 Projet de mise au point de la télévision couleur Par modulation de faisceaux laser .
- 3.3 Cristaux laser décaleurs de fréquence à effet Raman stimulé
- 4. Conclusion.**

E6367

Cristaux et dispositifs optiques pour le traitement de l'information quantique.

Par Thierry CHANELIÈRE, Anne LOUCHET-CHAUVET, Alban FERRIER et Philippe GOLDNER

1. Information quantique .

- 1.1 Bits quantiques – qubits
- 1.2 Réseaux quantiques .

2. Interaction lumière-matière .

- 2.1 Manipulation de qubits
- 2.2 Transfert d'états quantiques lumière-matière .

3. Matériaux

- 3.1 Cristaux dopés terres rares
- 3.2 Choix de la matrice cristalline.
- 3.3 Méthode de détermination des durées de vie des cohérences T2 .
- 3.4 Autres systèmes solides.

4. Mémoires quantiques.

- 4.1 Protocoles.
- 4.2 Paramètres de conception
- 4.3 Réalisations expérimentales

5. Processeurs quantiques .

- 5.1 Architecture .
- 5.2 Paramètres de conception
- 5.3 Exemples de réalisations expérimentales

6. Conclusion

AF3276

Luminescence cristalline appliquée aux sources lasers

Par Georges BOULON

1. Développement des lasers à l'état solide

- 1.1 Facteurs favorables .
- 1.2 Succès des lasers à solide .
- 1.3 Mise au point de sources accordables en fréquences
- 1.4 Pompage de diodes lasers et attraction de sources à impulsions ultracourtes.
- 1.5 Développement des cristaux à propriétés non linéaires.

2. Principales matrices cristallines pour l'accueil des ions actifs .

3. Dopage par les ions de transition .

- 3.1 Occupation des sites cristallographiques octaédriques et tétraédriques
- 3.2 Ion Ti³⁺ en symétrie octaédrique base des sources lasers dite saphir dopé titane
- 3.3 Ion Cr³⁺ en symétrie octaédrique
- 3.4 Interprétation de l'interaction électron-phonon relative aux ions de transition.

4. Dopages par les ions terres rares

- 4.1 Configurations électroniques
- 4.2 Niveaux d'énergie .
- 4.3 Règles de sélection.
- 4.4 Exemple de spectroscopie de l'ion laser Er³⁺ (4f11) .
- 4.5 Cristal laser de grenat YAG : Nd³⁺ (Y₃Al₅O₁₂ : Nd³⁺)



- 4.6 Cristaux de vanadate YVO4 ou GdVO4 dopés Nd3+.
- 4.7 Borate de scandium et de lanthane La Sc3 (BO3)4 dopé Nd3+ (LSB : Nd3+).
- 4.8 Cristaux dopés Yb3+ .
- 4.9 Ions terres rares émettant dans le proche infrarouge vers 1,5 µm et aux longueurs d'ondes plus élevées
- 4.10 Laser accordable dans l'UV avec l'ion Ce3+ .
- 5. Conclusion

** Matériaux micro- et nano-structurés:

NM2020 *Cristaux photoniques, vers une optique tout intégrée .*

Par **Olivier VANBÉSIEN**

Introduction

1 – Contexte

2 - Dispositifs à cristaux photoniques bidimensionnels pour l'optique

2.1 - Structures de bande

2.2 - Voies technologiques

3 - Guides et cavités

3.1 - Défauts structuraux : dispositifs élémentaires

3.2 - Approche tridimensionnelle : le problème des pertes

4 - Filtre à insertion/extraction

4.1 - Quelques topologies

4.2 - Coupleurs interférentiels

5 - Conclusions

RE232 *Nanophotonique : ingénierie de dispersion pour la détection et l'imagerie infrarouge . (Recherche)*

Par **Olivier VANBESIEEN**

Introduction

1 - Contexte

2 - Ingénierie de dispersion : principes

2.1 - Structures artificielles diélectriques

2.2 - Contrôle de la dispersion en infrarouge : prototypage

2.3 - Mises en évidence expérimentales

2.4 - D'autres voies

3 - Vers la détection et l'imagerie infrarouge

3.1 - Principe d'un détecteur et/ou imageur à base de lentilles à cristaux photoniques

3.2 - De la nanophotonique intégrée à la nanofluidique

3.3 - Approches numériques

4 - Conclusions et perspectives

NM5200 *Nanostructures pour cellules photovoltaïques inorganiques .*

Par **Abdelilah SLAOU**

Introduction

1 - État de l'art de l'industrie photovoltaïque

2 - Conversion photovoltaïque

2.1 - Principe de la conversion

2.2 - Facteurs limitant la conversion

2.3 – Nanocristaux semi-conducteurs : particularités physiques

3 - Cellules photovoltaïques à base de matériaux nanostructurés

3.1 - Cellules à multi-jonction (mjc) ou tandem



- 3.2 - Cellules a bande intermédiaire (ibc) virtuelle
- 3.3 - Cellules a conversion de photons
- 3.4 - Cellules a multi-génération d'excitons (meg)
- 3.5 - Cellules a porteurs chauds
- 4 – Conclusion

NM5205

Matériaux nanostructurés pour les cellules photovoltaïques organiques.

Par **Thomas HEISER, Patrick LEVEQUE**

Introduction

1 - Les cellules photovoltaïques organiques

- 1.1 - Principe de fonctionnement d'une cellule organique
- 1.2 - Cellules photovoltaïques a base de melanges polymeres/fullerene
- 1.3 - Interet des nanosciences pour les cellules photovoltaïques organiques

2 – Nanostructuration de la couche active

- 2.1 - Approche physique
- 2.2 - Approche physico-chimique
- 2.3 - Approche matériaux

3 – Conclusion

E6420

Méta matériaux optiques

Par **Éric LHEURETTE**

1. Particularités du spectre optique .

- 1.1 Modélisation des matériaux constitutifs .
- 1.2 Structures des méta matériaux.
- 1.3 Technologies de fabrication et de caractérisation .
- 1.4 Analyse des propriétés de dispersion

2. Domaines d'application

- 2.1 De la super lentille à la lentille Parfaite
- 2.2 Contrôle de l'onde électromagnétique.
- 2.3 Capteurs .

3. Méta matériaux non linéaires .

4. Perspectives

**** Verres et céramiques transparentes:**

AF3600

Verres - Aspects théoriques .

Par **Jean PHALIPPOU**

1. Le verre : types et analyse.

- 1.1 Solides non cristallins
- 1.2 Grandes familles de verres .
- 1.3 Formation des verres
 - 1.3.1 Approche chimique .
 - 1.3.2 Approche cinétique .
 - 1.3.3 Domaine de transition vitreuse .
- 1.4 Analyse structurale
 - 1.4.1 Analyses spectroscopiques
 - 1.4.2 Analyse Par diffusion de rayonnements.
 - 1.4.3 Modélisation structurale .

2. Transition vitreuse

- 2.1 Aspect phénoménologique de la transition vitreuse
- 2.2 Approche thermodynamique .
- 2.3 Modèle phénoménologique de la relaxation structurale [24].



3. Immiscibilité dans les verres

- 3.1 Séparation de phase.
- 3.2 Mécanismes de la séparation de phases
- 3.3 Démixtion suivie d'une lixiviation
- 3.4 Consolidation

AF3601

Verres - Propriétés et applications.

Par **Jean PHALIPPOU**

1. Les verres et l'optique

- 1.1 Généralités .
- 1.2 Transparence.
- 1.3 Verres pour dispositifs optiques
- 1.4 Verres athermiques
- 1.5 Nouvelles optiques

2. Propriétés mécaniques des verres .

- 2.1 Caractéristiques mécaniques en fonction de la température
- 2.2 Rupture .
- 2.3 Mécanique de la rupture .
- 2.3.1 Ténacité .
- 2.3.2 Vitesse de propagation subcritique de fissure
- 2.3.3 Évaluation de la durée de vie .
- 2.4 Renforcement du verre

3. Corrosion des verres .

- 3.1 Durabilité chimique .
- 3.2 Verres durables .
- 3.3 Verres à durabilité contrôlée

4. Verres spéciaux

- 4.1 Vitro cristallins
- 4.2 Verres de liaison
- 4.3 Fibres optiques
- 4.4 Fibres dopées pour amplification optique
- 4.5 Verres pour laser de haute énergie

E6415

Fibres et guides planaires en verre de chalcogénures pour l'optique infrarouge .

Par **Catherine BOUSSARD-PLÉDEL, Virginie NAZABAL, Johann TROLÈS, Bruno BUREAU, Xiang-Hua ZHANG, et Jean-Luc ADAM**

- 1. Verres de chalcogénures
- 2. Fibres optiques de chalcogénures.
- 3. Guides d'onde planaires – optique intégrée .
- 4. Applications des fibres et guides d'ondes dans l'infrarouge
- 5. Conclusion.
- 6. Glossaire .

**** Matériaux organiques:**

E6430

Matériaux polymères pour l'optique - Propriétés et applications .

Par **Kokou D. DORKENOO et Alain FORT**

- 1. Optique et matériaux organiques .
- 2. Disques optiques polymères .
- 2.1 Disques optiques commerciaux



- 2.2 Disques holographiques.
- 2.3 Mémoires optiques numériques Par stockage en volume .
 - 2.3.1 Mémoires fondées sur des processus optiques linéaires
 - 2.3.2 Mémoires fondées sur des processus non linéaires.
- 3. Polymères pour les télécommunications .**
 - 3.1 Réalisation de structures guidantes .
 - 3.2 Modulateurs électro-optiques (EO)
 - 3.3 Cavités résonantes passives .
- 4. Lasers organiques**
- 5. Diodes électroluminescentes organiques (OLED)**
- 6. Structures photoniques variées .**
 - 6.1 Structures photoniques à bande interdite (cristaux photoniques)
 - 6.2 Microéléments stimulables : muscles artificiels.
 - 6.3 Cellules solaires organiques
- 7. Conclusion et perspectives .**

E6435

Matériaux organiques pour diodes électroluminescentes et lasers .

Par **Sébastien FORGET** et **Sébastien CHENAIS**

- 1. Structure et propriétés des matériaux organiques.**
 - 1.1 Pi-conjugaison .
 - 1.2 Différents types de matériaux organiques
 - 1.3 Polarons et excitons.
 - 1.4 Techniques de fabrication .
- 2. Propriétés photophysiques des matériaux organiques**
 - 2.1 Absorption de la lumière .
 - 2.2 Émission de lumière
 - 2.3 Domaines spectraux accessibles avec les matériaux organiques
 - 2.4 Transferts d'énergie
 - 2.5 Photo dégradation
- 3. Applications et dispositifs**
 - 3.1 Lasers organiques solides
 - 3.2 OLED
 - 3.3 Vers la diode laser organique ? .
- 4. Conclusion.**

E6440

Molécule azobenzène - Propriétés et applications photomécaniques de la commutation moléculaire .

Par **Régis BARILLÉ**

- 1. Contexte**
- 2. Nature, lumière et mouvement**
- 3. Présentation du chromophore azobenzène .**
- 4. Photochimie de l'azobenzène .**
- 5. Photo physique de l'azobenzène.**
- 6. L'azobenzène comme photo commutateur moléculaire**
 - 6.1 Monocouche d'azobenzène
 - 6.2 Azopolymères amorphes .
 - 6.3 Cristaux liquides d'azopolymère
 - 6.4 Nano-objets avec des azobenzènes
 - 6.5 Expériences en photobiologie .
- 7. Autres applications**
 - 7.1 Hydrophobicité contrôlée, mouvements d'objets
 - 7.2 Mesure des effets plasmoniques



- 7.3 Hologrammes et stockage d'informations.
- 7.4 Encre photochromique
- 7.5 Applications en robotique et micromécanique
- 7.6 Conductance contrôlée de molécules uniques.
- 8. Conclusion.**
- 9. Glossaire .**

A1325

Cristaux liquides.

Par Philippe BAROIS

1. État cristallin liquide

- 1.1 Définitions
- 1.2 Différents types d'ordre cristallin liquide.
- 1.3 Matériaux .
- 1.4 Diagrammes de phases

2. Propriétés structurales.

- 2.1 Mésophase nématique.
- 2.2 Mésophases smectiques
- 2.3 Mésophases colonnaires .

3. Transitions de phases, propriétés critiques .

- 3.1 Généralités .
- 3.2 Transition isotrope-nématique .
- 3.3 Transition nématique-smectique A
- 3.4 Transition smectique A - smectique C .
- 3.5 Transition smectique A - smectique B hexatique

4. Cristaux liquides chiraux

- 4.1 Mésophase cholestérique
- 4.2 Mésophase smectique C chirale
- 4.3 Arrangement ordonné de défauts.

5. Conclusion

Références bibliographiques

S4/24794 Nano-optique

NM556

Nanophotolithographie en champ proche

Par Renaud BACHELOT

Introduction

- 1 - Contexte**
- 2 - Lithographie optique : enjeux et challenges**
- 3 - Exploitation de l'optique de champ proche**
 - 3.1 - Principe
 - 3.2 - Approches de nanosources optiques
- 4 - Nanophotolithographie en champ proche**
 - 4.1 - Sur polymères
 - 4.2 - Sur matériaux inorganiques
- 5 - Conclusion**

NM2010

Nanophotonique et micro-nanotechnologies

Par Jean-Michel LOURTIOZ, Alexei TCHELNOKOV

Introduction

- 1 - Introduction**
- 2 - Les micro-nanotechnologies qui révolutionnent l'optique et l'optoélectronique**
 - 2.1 - Structures quantiques et auto-organisation
 - 2.2 - Microstructures photoniques



- 2.3 - Des microstructures photoniques aux composants et à l'intégration
- 2.4 - Moyens d'analyse optique sub-longueur d'onde
- 3 - La nanophotonique influence le champ des nanotechnologies**
- 3.1 - Ne rien perdre : préserver le « champ proche »
- 3.2 – Nanophotonique pour la biologie
- 4 - Interconnexions optiques : la nanophotonique au service de l'électronique**
- 4.1 - Différentes configurations d'interconnexions optiques
- 4.2 - Premières réalisations de la micro-nanophotonique sur silicium
- 5 – Conclusion**

NM2020

Cristaux photoniques, vers une optique tout intégrée.

Par **Olivier VANBÉSIEN**

Introduction

- 1 - Contexte**
- 2 - Dispositifs à cristaux photoniques bidimensionnels pour l'optique**
- 2.1 - Structures de bande
- 2.2 - Voies technologiques
- 3 - Guides et cavités**
- 3.1 - Défauts structuraux : dispositifs élémentaires
- 3.2 - Approche tridimensionnelle : le problème des pertes
- 4 - Filtre à insertion/extraction**
- 4.1 - Quelques topologies
- 4.2 - Coupleurs interférentiels
- 5 – Conclusions**

RE232

Nanophotonique : ingénierie de dispersion pour la détection et l'imagerie infrarouge (Recherche)

Par **Olivier VANBESIEEN**

Introduction

- 1 - Contexte**
- 2 - Ingénierie de dispersion : principes**
- 2.1 - Structures artificielles diélectriques
- 2.2 - Contrôle de la dispersion en infrarouge : prototypage
- 2.3 - Mises en évidence expérimentales
- 2.4 - D'autres voies
- 3 - Vers la détection et l'imagerie infrarouge**
- 3.1 - Principe d'un détecteur et/ou imageur à base de lentilles à cristaux photoniques
- 3.2 - De la nanophotonique intégrée à la nanofluidique
- 3.3 - Approches numériques
- 4 - Conclusions et perspectives**

NM2025

Nanomatériaux luminescents

Par **Gilles LEDOUX et Bruno MASENELLI**

1. Les différentes classes de nanomatériaux luminescents

- 1.1 Luminescence intrinsèque
- 1.1.1 Matériaux semi-conducteurs .
- 1.1.2 Métaux
- 1.2 Luminescence extrinsèque .
- 1.3 Transferts d'excitation entre systèmes .

2. Applications.

- 2.1 Technologie de l'information .
- 2.1.1 Écrans de visualisation.



- 2.1.2 Sondes fluorescentes .
- 2.2 Énergie
 - 2.2.1 Photovoltaïque
 - 2.2.2 Photocatalyse Par rayonnement solaire .
- 2.3 Santé- biologie .
 - 2.3.1 Imagerie
 - 2.3.2 Thérapie – diagnostics
- 3. Sécurité- environnement – réglementation**
 - 3.1 Rappel de la législation existante .
 - 3.2 Remarques et conseils circonstanciés selon la nature des nanoobjets .
- 4. Conclusion**
- 5. Glossaire**

NM2030

Nanocristaux semi-conducteurs fluorescents. Des nanoParticules aux applications multiples.

Par **Peter REISS, Frédéric CHANDEZON**

Introduction

1 - Introduction

2 - Physique des nanocristaux semi-conducteurs fluorescents

- 2.1 - Effets de taille
- 2.2 - Structure électronique
- 2.3 - Propriétés optiques

3 - Synthèse des nanocristaux de semi-conducteurs en phase liquide

- 3.1 - Classification des méthodes de synthèse
- 3.2 - Synthèse en milieu aqueux
- 3.3 - Synthèse organométallique
- 3.4 - Synthèse Par précurseurs inorganiques
- 3.5 - Synthèse de type « heating-up »
- 3.6 - Synthèse de systèmes cœur/coquille [53]
- 3.7 - Alternatives aux nanocristaux binaires : systèmes ternaires et quaternaires
- 3.8 - Caractérisation des nanocristaux

4 - Applications des nanocristaux semi-conducteurs

- 4.1 - Fonctionnalisation des nanocristaux
- 4.2 - Marquage fluorescent en biologie
- 4.3 - Nouveaux matériaux pour l'optoélectronique
- 4.4 - Autres applications

5 - Conclusion

6 - Glossaire – définitions

NM2033

Nanocristaux colloïdaux pour l'optoélectronique .

Par **Emmanuel LHUILLIER et Benoît DUBERTRET**

1. Nanomatériaux colloïdaux .

- 1.1 Synthèse colloïdale
- 1.2 Principe .
 - 1.2.1 Forme et dimensionnalité.
 - 1.2.2 Hétérostructures colloïdales.
 - 1.2.3 Ligands.
- 1.3 Réseaux de nanocristaux et dépôt de film

2. Propriétés optiques des réseaux de nanocristaux

- 2.1 Confinement quantique
- 2.2 Transition inter et intrabande .

3. Transport électronique dans les réseaux de nanocristaux

- 3.1 Transport Par saut



- 3.2 Mobilité et échange de ligands
- 3.3 Transistor et contrôle de la densité de porteur .
- 3.4 Aspect dynamique du transport et bruit .

4. Applications optoélectroniques

- 4.1 Émission de lumière .
 - 4.1.1 Les nanocristaux comme fluorophores pour les écrans
 - 4.1.2 Diodes électroluminescentes à base de nanocristaux
 - 4.1.3 Émission stimulée et laser .
- 4.2 Détection de lumière
 - 4.2.1 Détecteur visible .
 - 4.2.2 Détecteurs infrarouges

5. Conclusion et perspectives

6. Glossaire

NM2035

Photoluminescence des nanotubes de carbone .

Par *Nicolas IZARD, Jean-Sébastien LAURET et Eric ANGLARET*

1. Nanotubes de carbone

- 1.1 Structure cristalline des nanotubes de carbone monofeuillet .
- 1.2 Structure de bande et propriétés électroniques

2. Phénomènes physiques et processus optiques dans les nanotubes.

- 2.1 Processus d'émission de lumière .
- 2.2 Rendements et mécanismes de photoluminescence .
- 2.3 Effets multiexcitoniques
 - 2.3.1 Annihilation exciton-exciton .
 - 2.3.2 Bi-exciton, trion

3. La photoluminescence : un outil de métrologie et de caractérisation puissant.

- 3.1 Photoluminescence d'un ensemble de nanotubes
- 3.2 Effets de l'environnement

4. Applications potentielles en photonique.

- 4.1 Information quantique et photons uniques .
- 4.2 Couplage – intégration avec la photonique silicium
- 4.3 Différents types de cavités photoniques pouvant être couplées aux nanotubes .
 - 4.3.1 Cavité à miroirs .
 - 4.3.2 Cristaux photoniques .
 - 4.3.3 Microdisques .
 - 4.3.4 Résonateurs en anneau
- 4.4 Effets électro-optiques .

5. Conclusion

6. Glossaire

NM2040

Boîtes quantiques dopées avec des ions de terres rares pour l'émission de lumière visible.

Par *Bruno DAUDIN, Yuji HORI*

Introduction

- 1 - Diodes électroluminescentes
- 2 - Comment fabriquer des boîtes quantiques ?
- 3 - Pourquoi doper des boîtes quantiques avec des ions de terres rares ?
- 4 - Boîtes quantiques de gan dopées avec des ions de terres rares

NM2050

Lasers à boîtes quantiques autoassemblées d'InAs/GaAs



Par **Denis GUIMARD, Yasuhiko ARAKAWA**

Introduction

1 - Diodes laser

- 1.1 - Contexte économique et technologique
- 1.2 - Principe de fonctionnement d'une diode laser
- 1.3 - Principales caractéristiques d'une diode laser

2 - Boîtes quantiques autoassemblées

- 2.1 - Effet du confinement électronique sur la densité d'états
- 2.2 - Avantages d'une densité d'états discrète
- 2.3 - Caractéristiques des boîtes quantiques d'InAs/GaAs

3 - Rôle du gain

- 3.1 - Enjeu
- 3.2 - Emission laser : transition état fondamental – état excité
- 3.3 - Propriétés de modulation

4 - Lasers à boîtes quantiques fabriqués par mocvd

- 4.1 - Enjeux et problématiques des lasers à base de boîtes quantiques d'InAs/GaAs fabriquées Par MOCVD
- 4.2 - Effet de l'antimoine sur la croissance de boîtes quantiques d'InAs/Sb:GaAs

5 – Conclusion

NM2060

Nanosources optiques métalliques .

Par **Renaud BACHELOT, Jérôme PLAIN**

Introduction

1 - Contexte

2 - Nanosources métalliques : principes et généralités

- 2.1 - Nature évanescence des nanosources optiques
- 2.2 - Plasmon de surface localisé
- 2.3 - Résonance plasmon

3 - Approches de nanosources optiques métalliques

- 3.1 - Nanosources optiques « tout-métallique »
- 3.2 - Nanosources optiques hybrides

4 - Applications et perspectives

- 4.1 - Marquage de systèmes biologiques
- 4.2 - Photochimie localisée et nanophoto-lithographie
- 4.3 - Spectroscopie et microscopie
- 4.4 - Photovoltaïque amplifié
- 4.5 - Surface Plasmon Amplification by Stimulated Emission of Radiation

5 – Conclusions

NM5200

Nanostructures pour cellules photovoltaïques inorganiques

Par **Abdelilah SLAOUI**

Introduction

1 - État de l'art de l'industrie photovoltaïque

2 - Conversion photovoltaïque

- 2.1 - Principe de la conversion
- 2.2 - Facteurs limitant la conversion
- 2.3 - Nanocristaux semi-conducteurs : Particularités physiques

3 - Cellules photovoltaïques à base de matériaux nanostructurés

- 3.1 - Cellules à multi-jonction (MJC) ou tandem
- 3.2 - Cellules à bande intermédiaire (IBC) virtuelle
- 3.3 - Cellules à conversion de photons
- 3.4 - Cellules à multi-génération d'excitons (MEG)



3.5 - Cellules à porteurs chauds
4 – Conclusion

NM5205

Matériaux nanostructurés pour les cellules photovoltaïques organiques

Par **Thomas HEISER, Patrick LEVEQUE**

Introduction

1 - Les cellules photovoltaïques organiques

- 1.1 - Principe de fonctionnement d'une cellule organique
- 1.2 - Cellules photovoltaïques à base de mélanges polymères/fullerène
- 1.3 - Intérêt des nanosciences pour les cellules photovoltaïques organiques

2 - Nanostructuration de la couche active

- 2.1 - Approche physique
- 2.2 - Approche physico-chimique
- 2.3 - Approche matériaux

3 – Conclusion

NM7100

La nano-imagerie

Par **microscopie optique en champ proche .**

Introduction

1 - Limites de la miniaturisation

2 - Ondes évanescentes, souveraines du nanomonde

- 2.1 - Qu'est-ce qu'une onde évanescente ?
- 2.2 - Intérêt

3 - Franchir la barrière théorique

- 3.1 - 1928, juste une idée.
- 3.2 - Principe général de fonctionnement
- 3.3 - SNOM à ouverture
- 3.4 - SNOM à pointe diffusante
- 3.5 - SNOM à ouverture ou à pointe diffusante, comment choisir ?

4 - Recherches actuelles

- 4.1 - Plasmonique
- 4.2 - Détection du rayonnement thermique

5 – Conclusion

NM7500

Microscopie SEEC : la microscopie optique comme outil de caractérisation nanométrique

Par **Nicolas MEDARD, Marie-Pierre VALIGNAT**

Introduction

1 - Présentation

2 - Surfaces amplificatrices

3 - Amplification de contraste en microscopie optique

- 3.1 - Technique DIC (Differential Interference Contrast)
- 3.2 - Supports amplificateurs de contraste pour la microscopie optique

4 - Microscopie seec

- 4.1 - Principe
- 4.2 - Caractéristiques des Surfs
- 4.3 - Mise en œuvre de la technique
- 4.4 - Applications
- 4.5 - Accès à la mesure d'épaisseurs nanométriques

5 - Conclusion



S4/24795 Optique instrumentale

**** Recherche et innovation:**

IN26

Sources de lumière du XXI siècle.

Par **Georges ZISSIS, Jean-Jacques DAMELINCOURT**

Introduction

- 1 - La lampe, source de lumière
- 2 - Aspects économiques, énergétiques et environnementaux
- 3 - Prospective
- 4 - Familles des sources de lumière, tendances actuelles et perspectives
 - 4.1 - Lampes à incandescence
 - 4.2 - Lampes basées sur la luminescence
 - 4.3 - Lampe aux agrégats
- 5 – Conclusion

IN42

Lumière artificielle: développement durable et qualité de vie

Par **Georges ZISSIS**

Introduction

- 1 - La lumière ne fait pas qu'éclairer
- 2 - Sources de lumière et développement durable
- 3 - Lumière, qualité de vie et performance visuelle
 - 3.1 - Lumière et cycles biologiques
 - 3.2 - Lumière et ambiance
 - 3.3 - Lumière et performance visuelle
- 4 - En guise de conclusion

**** Optique géométrique et radiométrie:**

A190

Optique géométrique.

Par **Michel HENRY**

1. Lois générales .

- 1.1 Approximation de l'optique géométrique
- 1.2 Principes généraux .
 - 1.2.1 Principe de Fermat.
 - 1.2.2 Lois de Descartes.
 - 1.2.3 Exemple d'application : le prisme
- 1.3 Stigmatisme et aplanétisme
 - 1.3.1 Définition du stigmatisme
 - 1.3.2 Exemples de surfaces stigmatiques
 - 1.3.3 Aplanétisme
 - 1.3.4 Stigmatisme approché. Conditions de Gauss.

2. Systèmes optiques centrés

- 2.1 Dioptré sphérique .
 - 2.1.1 Stigmatisme et aplanétisme .
 - 2.1.2 Relation de conjugaison.
- 2.2 Systèmes centrés.
 - 2.2.1 Éléments cardinaux .
 - 2.2.2 Constructions géométriques
 - 2.2.3 Relations de conjugaison.
- 2.3 Notions de focométrie.
 - 2.3.1 Lentilles minces



- 2.3.2 Systèmes épais
- 2.4 Traitement matriciel de l'optique Paraxiale
- 2.4.1 Définitions .
- 2.4.2 Utilisation des matrices.
- 2.5 Formation des images dans une lentille selon la théorie ondulatoire

3. Instruments d'optique

- 3.1 Grandeurs caractéristiques ou qualités
- 3.1.1 Champ d'un instrument d'optique .
- 3.1.2 Grandissement. Grossissement. Puissance .
- 3.1.3 Pouvoir séparateur .
- 3.1.4 Champ en profondeur .
- 3.1.5 Clarté.
- 3.2 Aberrations des systèmes centrés
- 3.2.1 Fonction d'aberration .
- 3.2.2 Aberrations géométriques
- 3.2.3 Aberrations chromatiques
- 3.2.4 Correction des aberrations .
- 3.3 L'œil.
- 3.3.1 Accommodation. Amplitude dioptrique
- 3.3.2 Défauts de la vision
- 3.3.3 Acuité visuelle.

E8250

Optique matricielle pour l'analyse des systèmes centrés

Par **Christophe LABBÉ** et **Benoît PLANCOULAIN**

1. Contexte de l'optique matricielle

- 1.1 Onde lumineuse .
- 1.2 Rayon lumineux
- 1.3 Systèmes centrés .
- 1.4 Optique Paraxiale et ses limites.
- 1.5 Coordonnées d'un rayon dans un matériau .

2. Principe de l'optique matricielle.

- 2.1 Écriture de la matrice de transfert .
- 2.2 Lecture de la matrice de transfert.

3. Matrices élémentaires Par rapport aux sommets

- 3.1 Matrice élémentaire de translation
- 3.2 Matrices élémentaires d'un dioptre
- 3.3 Matrices élémentaires d'un miroir

4. Applications pour la détermination des foyers d'un système optique .

- 4.1 Introduction des foyers.
- 4.2 Foyers d'un dioptre sphérique
- 4.3 Foyers d'un miroir sphérique.
- 4.4 Exemples d'applications techniques déterminant les foyers

5. Matrices équivalentes .

- 5.1 Généralisation du concept de système équivalent .
- 5.2 Matrices équivalentes rapportées aux foyers.
- 5.3 Matrices rapportées aux points conjugués.
- 5.4 Matrices rapportées aux points principaux .
- 5.5 Distance focale véritable .
- 5.6 Retour sur les exemples techniques

6. Méthode de calcul pour les systèmes optiques complexes .

- 6.1 Boîte à outils pour les systèmes dioptriques
- 6.2 Utilisation de la boîte à outils pour les systèmes dioptriques .
- 6.3 Stratégie de conception d'un instrument optique

7. Exemples de systèmes optiques complexes

- 7.1 Agrandisseur de faisceau



- 7.2 Doublet achromatique de lentilles
- 7.3 Loupe
- 7.4 Microscopes optiques à transmission.
- 7.5 Lunette astronomique
- 7.6 Télescope de type Cassegrain .
- 7.7 Agrandissement, puissance et grossissement optique .

8. Conclusion

9. Glossaire .

10. Symboles

E4010

Radiométrie et sources non cohérentes

Par *Jean-Louis MEYZONNETTE*

1. Rappels de radiométrie

- 1.1 Rappels de radiométrie géométrique
- 1.2 Radiométrie des systèmes optiques
- 1.3 Spectre de source ou de rayonnement.
- 1.4 Systèmes d'unités .
- 1.5 Exemples typiques de radiométrie de sources

2. Rayonnement thermique.

- 2.1 Origine
- 2.2 Émission du corps noir
- 2.3 Sources thermiques réelles : émissivité spectrale

3. Sources à émission secondaire

- 3.1 Émissions propre et secondaire des corps.
- 3.2 Rappels théoriques sur la réflexion, la transmission et la diffusion
- 3.3 Caractérisation expérimentale d'échantillons en réflexion
- 3.4 Exemples simples d'évaluation de rayonnements en réflexion.

4. Sources Par luminescence

- 4.1 Définition
- 4.2 Luminescence dans les gaz .
- 4.3 Luminescence dans les milieux condensés .

R6410

Radiométrie. Photométrie

Par *François DESVIGNES*

1. Définitions

2. Grandeurs radiométriques et photométriques

- 2.1 Flux
- 2.2 Étendue géométrique.
- 2.3 Luminance.
- 2.4 Facteur de transmission.
- 2.5 Éclairement
- 2.6 Exitance
- 2.7 Intensité
- 2.8 Quantité de lumière
- 2.9 Exposition.

3. Unités .

4. Propagation. Systèmes optiques. Sources secondaires

- 4.1 Réfraction, conservation de l'étendue et de la luminance .
- 4.2 Diaphragmation
- 4.3 Éclairement derrière un diaphragme circulaire
- 4.4 Diffuseurs Parfait et orthotropes. Facteur de luminance
- 4.5 Loi de Bouguer
- 4.6 Exemples

5. Qualité du rayonnement



- 5.1 Rayonnements monochromatiques.
- 5.2 Rayonnements polychromatiques
- 6. Milieux. Surfaces. Sources. Détecteurs .**
- 6.1 Milieux et surfaces.
- 6.2 Sources.
- 6.3 Détecteurs
- 7. Problèmes et méthodes de la photométrie**
- 7.1 Mesures directes.
- 7.2 Mesures Par Comparaison
- 7.3 Moyens de la photométrie
- 7.4 Mesure des grandeurs lumineuses
- 8. Instruments.**
- 8.1 Banc de photométrie, mesures d'intensité
- 8.2 Mesures d'éclairement, luxmètres.
- 8.3 Luminancemètre visuel
- 8.4 Luminancemètre photoélectrique
- 8.5 Indicatrices d'intensité : goniophotomètre.
- 8.6 Mesures de flux .
- 8.7 Échantillons diffusants
- 8.8 Précision des mesures .

** Conception des systèmes optiques:

E4040

Éléments de conception optique .

Par **Herbert RUNCIMAN** avec la Participation de **Jean-Louis MEYZONNETTE**

1. Rayons, ondes et photons .

- 1.1 Réfraction et réflexion
- 1.2 Diffraction.
- 1.3 Puissance, focale, ouverture

2. Performance des systèmes optiques limités Par la diffraction

- 2.1 Répartition d'éclairement dans le plan image
- 2.2 Critères de résolution .
- 2.3 Énergie collectée.
- 2.4 Éclairement le long de l'axe
- 2.5 Fonctions de transfert optique et de modulation
- 2.6 FTM de systèmes optiques limités Par la diffraction

3. Lentilles minces.

- 3.1 Focale et puissance d'une lentille mince
- 3.2 Formules de conjugaison.
- 3.3 Invariant de Lagrange .
- 3.4 Association de lentilles minces idéales .
- 3.4.1 Associations courantes
- 3.4.2 Lentilles de champ
- 3.4.3 Systèmes à conjugaison de pupilles
- 3.4.4 Diaphragmes de champ
- 3.4.5 Relais télescopiques .

4. Lentilles épaisses .

- 4.1 Plans principaux
- 4.2 Points nodaux
- 4.3 Diaphragmes et vignettage.

5. Aberrations des systèmes optiques

- 5.1 Aberrations géométriques ou de Seidel.
- 5.1.1 Définitions et procédures de calcul des aberrations de Seidel
- 5.1.2 Aberration sphérique



- 5.1.3 Coma.
- 5.1.4 Astigmatisme .
- 5.1.5 Courbure de champ de Petzval
- 5.1.6 Distorsion .
- 5.2 Aberrations chromatiques .
- 5.2.1 Dispersion chromatique. Constringence
- 5.2.2 Achromats (doublets achromatiques) .
- 5.2.3 Dispersion secondaire.
- 5.2.4 Performance d'un doublet achromatique
- 6. Exemples de systèmes optiques corrigés .**
- 6.1 Optiques à focales fixes .
- 6.2 Systèmes anamorphoseurs
- 6.3 Systèmes à champs multiples.
- 6.4 Objectifs à focale variable (zooms)
- 6.5 Logiciels de calcul et optimisation

E6280

Réalisation de surfaces optiques de précision : procédés de fabrication.

Par **François LEPRÊTRE**

Introduction

1 - Rappel des principales étapes de réalisation

2 - Description des procédés de fabrication des surfaces optiques

- 2.1 - Classification des procédés
- 2.2 - Ébauche et polissage des matériaux ductiles ou quasi ductiles Par usinage à pointe diamant : SPDT
- 2.3 - Ébauche et polissage des matériaux ductiles ou non ductiles Par CN : CNE et CNP
- 2.4 - Procédés de retouche de polissage assisté Par ordinateur : PAO
- 2.5 - Procédés de moulage verre ou plastique : MOUL
- 2.6 - Procédés de polissage plan : DP et CMP

3 - Comment sélectionner les technologies ?

- 3.1 - Quelles technologies pour quels matériaux ?
- 3.2 - Quelles technologies pour quelles surfaces ?
- 3.3 - Quelles technologies pour quelles performances ?
- 3.4 - Quelle métrologie associée à quelles technologies ?

4 - Domaines d'application industriels et comparatif des procédés

5 - Conclusion et perspectives

E4050

Surfaces optiques : modélisation des défauts et contrôle

Par **Jean-Paul MARIOGE**

1. Rappels

2. Défauts de forme et d'ondulation

- 2.1 Effets sur les images
- 2.2 Méthodes de contrôle .
- 2.3 Méthodes de mesure des rayons de courbure

3. États de surface

- 3.1 Défauts locaux .
- 3.2 Rugosité.

4. Normes

- 4.1 Défauts de forme .
- 4.2 Défauts locaux .
- 4.3 Défauts de rugosité



E6285

Capteurs et traitements pour l'imagerie 3D passive

Par **Guy LE BESNERAIS, Pauline TROUVÉ-PELOUX**

Frédéric CHAMPAGNAT et Aurélien PLYER

1. Imagerie 3D .

- 1.1 Définition
- 1.2 Systèmes passifs d'imagerie de profondeur
- 1.3 Problématiques communes aux procédés considérés

2. Stéréovision

- 2.1 Principe de la mesure
- 2.2 Modèle de performance et évaluation empirique.

3. Flou de défocalisation .

- 3.1 Introduction .
- 3.2 DFD mono-image et optiques non conventionnelles
- 3.3 Principe de la mesure
- 3.4 Modèle de performance

4. Caméra plénoptique

- 4.1 Caméra plénoptique focalisée .
- 4.2 Mesure de profondeur Par une caméra plénoptique 2.0.

5. Conclusion

6. Glossaire .

7. Sigles et symboles.

RE138

Microplumes robotisées pour la fabrication de microlentilles - Application à la collimation des VCSEL (Recherche)

Par **Véronique BARDINAL, Corinne VERGNENÈGRE, Emmanuelle DARAN, Jean-Bernard POURCIEL, Jean-Baptiste DOUCET, Thierry CAMPS**

Introduction

1 - Collimation des diodes vcsel

- 1.1 - VCSEL : un composant clef pour les microsystèmes
- 1.2 - Comment réduire la divergence d'un VCSEL ?

2 - Dimensionnement des microlentilles

- 2.1 - Comment sont conçues les microlentilles déposées sur le VCSEL ?
- 2.2 - Sensibilité de la divergence aux fluctuations des Paramètres de fabrication

3 - Fabrication technologique

- 3.1 - Technique de dépôt Par microplumes robotisées
- 3.2 - Polymères mis en œuvre
- 3.3 - Caractéristiques des microlentilles
- 3.4 - Intégration sur matrices de VCSEL

4 - Conclusions et perspectives

**** Fonctions visuelles et couleur:**

E5175

La Fonction visuelle.

Par **Yvon GRALL**

1. Le système visuel

- 1.1 La rétine
- 1.2 Les voies de conduction
- 1.3 Le cerveau visuel .

2. Psychophysique de la vision

- 2.1 La trivariance visuelle



- 2.2 La sensation de luminance .
- 2.3 La fonction de sensibilité au contraste .
- 2.4 Les qualités chromatiques
- 3. Conclusion : les perspectives de la recherche

TE5182

Perception de l'espace et immersion - Perception visuelle .

Par Jacques JOUHANEAU

- 1. Première approche de l'immersion .
- 2. Notion de profondeur dans les images
- 3. Mécanismes en jeu dans la localisation visuelle
 - 3.1 Indices monoculaires
 - 3.1.1 Indices physiologiques .
 - 3.1.2 Indices picturaux
 - 3.1.3 Importance relative des indices monoculaires
 - 3.2 Indices binoculaires .
 - 3.2.1 Disparité et convergence.
 - 3.2.2 Vision stéréoscopique
 - 3.2.3 Hiérarchisation des indices
- 4. Restitution stéréoscopique
 - 4.1 Systèmes stéréoscopiques à deux images
 - 4.2 Systèmes stéréoscopiques à un seul support
- 5. Immersion induite Par l'image
 - 5.1 Perception de l'espace en peinture .
 - 5.2 Précurseurs de la perspective .
 - 5.2.1 Transition du Quattrocento .
 - 5.2.2 Piero della Francesca
 - 5.3 De la perspective à l'immersion .
 - 5.3.1 Vermeer : l'Atelier
 - 5.3.2 Constable : le Champ de blé .
 - 5.3.3 Renoir : le Déjeuner des canotiers.
- 6. Conclusion

TE5906

Interfaces visuelles pour la réalité virtuelle.

Par Philippe FUCHS

- 1. Contexte et attentes techniques .
- 2. Interfaces visuelles à support fixe
 - 2.1 Évolution des écrans plats monoscopiques .
 - 2.2 Écran plat stéréoscopique
 - 2.3 Empilement d'écrans plats pour un « mur d'images ».
 - 2.4 Point de vue modifié Par mouvement de tête ou d'écran .
 - 2.5 Visio-bureau ou workbench
 - 2.6 Interfaces visuelles à taille humaine .
 - 2.7 Différents types de vidéo-projecteurs .
- 3. Interfaces visuelles portables .
 - 3.1 Architecture d'un visio-casque .
 - 3.2 Visio-casques avec écrans à tube cathodique .
 - 3.3 Visio-casques avec écrans à cristaux liquides
 - 3.4 Modèle optique d'un visio-casque – problèmes connexes .
 - 3.5 Vidéo-lunettes à écran LCD .
 - 3.6 Visio-casque et dispositifs semi-transparents
- 4. Tests visuels sur interfaces
 - 4.1 Tests visuels sur écrans stéréoscopiques.
 - 4.2 Tests visuels sur les visio-casques .



5. Création d'images stéréoscopiques .

- 5.1 Vision stéréoscopique
- 5.2 Principe technique
- 5.3 Choix des Paramètres stéréoscopiques

6. Intérêts de la vision en relief .

- 6.1 Choix des Paramètres de la vision en relief
- 6.2 Comparaison des solutions à un écran

7. Conclusion

R6440

Colorimétrie - Éléments théoriques .

Par **Daniel DUPONT** et **Daniel STEEN**

1. Propriétés de la vision des couleurs

- 1.1 Perception de la couleur .
- 1.2 Rôle des sources de lumière
- 1.3 Rôle des objets colorés .
- 1.4 Rôle de l'œil .
 - 1.4.1 Vision normale des couleurs .
 - 1.4.2 Anomalies de la vision des couleurs .
- 1.5 Distinction entre les mélanges .

2. Bases de la colorimétrie

- 2.1 Trivariance de la sensation visuelle .
- 2.2 Colorimétrie classique.
 - 2.2.1 Définition
 - 2.2.2 Lois fondamentales de la colorimétrie
- 2.3 Espace vectoriel des stimuli lumineux .
 - 2.3.1 Stimuli primaires réels
 - 2.3.2 Stimuli primaires irréels

3. Système colorimétrique de la CIE

- 3.1 Observateur de référence CIE 1931 .
- 3.2 Espace vectoriel XYZ de la CIE 1931
- 3.3 Diagramme de chromaticité xy de la CIE.
- 3.4 Illuminants normalisés.

AF3252

Couleur et apparence visuelle - Transparent, translucide, opaque .

Par **Patrick CALLET**

1. Couleur de source, couleur de surface

- 1.1 Aux origines : les travaux de Newton et la naissance de la CIE .
- 1.2 Côté lumière, côté matière.

2. Calcul du tristimulus (X, Y, Z)

- 2.1 Intégrale colorimétrique et tristimulus
- 2.2 Métamérie .
- 2.3 Espaces réels et espaces virtuels .

3. Apparence visuelle et simulation .

- 3.1 Du tristimulus à l'équation du rendu .
- 3.2 Données et grandeurs pertinentes .
- 3.3 Importance de l'indice de réfraction .
- 3.4 Quelques caractéristiques de l'indice de réfraction complexe
- 3.5 Quelques limitations concernant l'indice de réfraction complexe
- 3.6 Facteurs influençant les constantes optiques n et κ .
- 3.7 Loi de dispersion pour les oxydes
- 3.8 Courbes spectrales .

4. Corps transparents et dispersion de la lumière .

- 4.1 Diffusion et transparence



- 4.2 Dispersion normale .
- 4.3 La lumière polarise la matière .
- 4.4 La matière polarise la lumière .
- 4.5 Translucidité.
- 5. Diffusion de la lumière**
- 5.1 Milieux dilués, diffusion simple
- 5.2 Diffusion de Mie
- 5.3 Milieux condensés, diffusion multiple ou diffusion volumique .
- 5.4 De la diffusion simple à la diffusion multiple
- 5.5 Modèles phénoménologiques
- 5.6 Poudres : modèle de Melamed modifié
- 5.7 Modèle de Kubelka-Munk
- 5.8 Couleur d'un mélange de pigments.
- 6. Conclusion**
- 7. Annexes**
- 7.1 Transparence et dispersion de la lumière
- 7.2 Formules de la théorie de Kubelka-Munk .
- 7.3 Réflectances externe et interne moyennes.

AF3253

Couleur et apparence visuelle - L'aspect métallique .

Par **Patrick CALLET**

1. Rappels

- 1.1 Importance de l'indice de réfraction
- 1.2 Quelques caractéristiques de l'indice de réfraction complexe
- 1.3 Quelques limitations concernant l'indice de réfraction complexe
- 1.4 Facteurs influençant les constantes optiques n et κ .

2. Réflexion métallique Par une surface lisse

- 2.1 Modélisation de la réflexion métallique.
- 2.2 Aspect visuel des alliages .
- 2.3 Formule de Drude .
- 2.4 La couleur et l'éclat des éléments .
- 2.5 L'éclat métallique dans la nature.
- 2.6 Les applications dans l'industrie .

3. Mesurer des indices de réfraction complexes

- 3.1 L'analyse de Kramers-Krönig
- 3.2 L'ellipsométrie spectroscopique

4. Résultats de modèles et mesures obtenus : un exemple d'alliage binaire

- 4.1 Les constantes optiques du cuivre et de l'étain .
- 4.2 Les constantes optiques des éléments .
- 4.3 Influence de l'état de surface sur l'apparence visuelle d'un composé métallique.
- 4.4 Le métal divisé : les poudres métalliques
- 4.5 Le métal dispersé

5. La surface de toutes les réflectances SWR et la simulation spectrale

- 5.1 Un problème d'éclairage .
- 5.2 Luminance et calcul d'éclairage .
- 5.3 Luminance et BRDF d'une surface rugueuse selon Beckmann.
- 5.4 La surface de toutes les réflectances – SWR
- 5.5 Simulation de l'apparence visuelle des bronzes .

6. Conclusion

- 7. Annexe
- 7.1 Indices de réfraction complexes de quelques métaux et semi-métaux
- 7.2 Le rendu avec OCRE
- 7.3 Simulation spectrale de l'apparence visuelle des éléments



**** Restitution d'images:**

TE5670 *Restitution d'images sur grand écran - Cinéma traditionnel .*

Par **Valérie PESEUX**

1. Chaîne cinématographique .

- 1.1 Cabine de projection
- 1.2 Salle de cinéma.

2. Formats standards du cinéma professionnel

- 2.1 35 mm muet .
- 2.2 35 mm sonore .
- 2.3 Formats panoramiques
- 2.4 35 mm Scope .
- 2.5 Super 35
- 2.6 70 mm

3. Formats standards du cinéma substandard .

- 3.1 8 mm
- 3.2 Super 8
- 3.3 9,5 mm ou Pathé-Baby
- 3.4 16 mm
- 3.5 Super 16
- 3.6 17,5 mm ou Pathé-Rural

4. Conclusion

TE5672 *Restitution d'images sur grand écran - Formats cinématographiques spéciaux .*

Par **Valérie PESEUX**

1. Définitions

2. Projection sur grand écran.

- 2.1 Expérimentations en formats larges
- 2.2 La course aux formats larges (1926-1931).
- 2.3 Développement du 70 mm .
- 2.4 Anamorphose de l'image
- 2.5 Projection horizontale

3. Projection multiple et panoramique

- 3.1 « Triptyque » d'Abel Gance (1927) .
- 3.2 Polyvision et Protérama d'Abel Gance (1954).
- 3.3 Cinérama (1952).
- 3.4 Kinopanorama (1956) .

4. Projection multiple et circulaire.

- 4.1 Cinéorama-ballon de Raoul Grimoin-Sanson (1896)
- 4.2 Cinématorama d'Auguste Baron (1896) .
- 4.3 Circarama de Disney (1955) .
- 4.4 Circorama au Parc du Futuroscope (1989) .

5. Projection hémisphérique .

- 5.1 Cinétarium (1958) .
- 5.2 Dômérama (1958) .
- 5.3 Panrama de Philippe Jaulmes (1958).
- 5.4 Astrorama (1970)

6. Technologie d'Imax Corporation

- 6.1 Imax (1970)
- 6.2 Omnimax (1973) .
- 6.3 Imax 3D (1986) .
- 6.4 Imax Magic Carpet (1990)



- 6.5 Omnimax 3D (1990)
- 6.6 Imax HD (1992).
- 6.7 Imax Simulator ou Imax Ridefilm (1997) .
- 7. Conclusion

TE5920

Réalité augmentée - Principes, technologies et applications.

Par **Malik MALLEM** et **David ROUSSEL**

- 1. Contexte et définitions
- 2. Réalité augmentée – Principes et technologies
 - 2.1 Système de réalité augmentée .
 - 2.2 Principes du rendu et des augmentations
 - 2.3 Technologies d’affichage
 - 2.4 Concepts d’un système de réalité augmentée .
 - 2.5 Technologies de tracking
- 3. Applications professionnelles de la réalité augmentée .
 - 3.1 Quelques projets académiques
 - 3.2 Quelques projets académiques ou préindustriels.
 - 3.3 Quelques projets industrialisés
- 4. Verrous et défis de la réalité augmentée .

TE5965

Réalité virtuelle dans l'industrie - Développement des produits et des processus.

Par **Jean LORISSON**

- 1. Raisons d’être de la réalité virtuelle en conception dans l’industrie.
- 2. Outils de la réalité virtuelle industrielle en conception
- 3. Usage de la réalité virtuelle chez un constructeur automobile: PSA Peugeot Citroën.
- 4. Réalité virtuelle dans l’industrie aéronautique et spatiale
- 5. Autres exemples de la réalité virtuelle industrielle
- 6. Difficultés, contraintes et limites
- 7. Importance de la coopération enseignement – recherche – industrie
- 8. Mise en perspective et conclusion .

E4111

Spectro-imageurs .

Par **Yann FERREC**

- 1. Applications de l’imagerie hyperspectrale
- 2. Spectro-imageurs fonctionnant en mode monopoint
- 3. Spectro-imageurs fonctionnant en mode à champ linéaire
 - 3.1 Spectro-imageurs dispersifs
 - 3.1.1 Schéma général
 - 3.1.2 Choix de l’élément dispersif.
 - 3.2 Spectro-imageurs à transformée de Fourier statiques .
 - 3.3 Spectro-imageurs à transformée de Fourier statiques hétérodynés
 - 3.4 Avantages et inconvénients du mode à champ linéaire.
- 4. Spectro-imageurs fonctionnant en mode à trame pointée .
 - 4.1 Juxtaposition des images .
 - 4.2 Juxtaposition des spectres : spectrographes à éléments multiples, à inversion champ/pupille et à fente longue
 - 4.2.1 Spectrographes à inversion champ/pupille
 - 4.2.2 Spectrographes à fente longue



- 4.3 Spectro-imageurs à transformée d'Hadamard et spectrotomographes
- 4.3.1 Spectro-imageurs à transformée d'Hadamard.
- 4.3.2 Spectrotomographes .
- 4.4 Filtres accordables .
- 4.4.1 Filtre de Perot-Fabry
- 4.4.2 Filtre de Lyot à cristaux liquides
- 4.4.3 Filtre acousto-optique.
- 4.4.4 Filtre accordable de Bragg .
- 4.4.5 Filtre à dispersion axiale.
- 4.5 Spectro-imageurs à transformée de Fourier
- 4.6 Avantages et inconvénients du mode à trame pointée
- 5. Spectro-imageurs fonctionnant en mode à trame défilante.**
- 5.1 Filtres en coin
- 5.2 Spectro-imageurs à transformée de Fourier statiques à grande étendue .
- 5.3 Avantages et inconvénients du mode trame défilante .
- 6. Conclusion.**
- 7. Annexe : avantages de la spectroscopie Par transformée de Fourier.**
- 7.1 Équation de base de la spectroscopie Par transformée de Fourier
- 7.2 Avantage de Connes.
- 7.3 Avantage de Jacquinet.
- 7.4 Avantage de Felgett

** Éclairage:

C3339

Éclairage : les fondamentaux .

Par **Christophe CACHONCINLE, Georges ZISSIS**

Introduction

1 - Lumière, propriétés et propagation

- 1.1 - Production de la lumière Par la matière
- 1.2 - Formation du spectre continu et concepts des corps noir et gris
- 1.3 - Émission de lumière Par les jonctions semi-conductrices

2 - Grandeurs photométriques

- 2.1 - Flux
- 2.2 - Angle solide
- 2.3 - Intensité
- 2.4 - Éclairement
- 2.5 - Exitance
- 2.6 - Étendue géométrique
- 2.7 - Luminance

3 - Application à l'éclairagisme

- 3.1 - Intensité et luminance
- 3.2 - Intensité et éclairage : loi de Bouguer
- 3.3 - Dépendance angulaire de l'éclairage
- 3.4 - Éclairement dû à un ciel de luminance uniforme
- 3.5 - Diffuseur lambertien
- 3.6 - Facteur de luminance
- 3.7 - Éblouissement
- 3.8 - Facteur d'utilisation
- 3.9 - Efficience énergétique

4 - Système d'unités visuelles

- 4.1 - Unités visuelles et énergétiques
- 4.2 - Fonction d'efficacité relative spectrale de l'œil
- 4.3 - Relations entre les grandeurs énergétiques et visuelles
- 4.4 - Cas Particulier des lumières monochromatiques

5 – Conclusion



C3315

Éclairage naturel .

Par François BOUVIER, Gilles COURRET et Bernard PAULE

1. Offre en éclairage naturel .

- 1.1 Sources de l'éclairage naturel
- 1.2 Facteur de lumière du jour
- 1.3 Disponibilité en lumière du jour .
- 1.4 Qualités de l'éclairage naturel

2. Réglementation .

- 2.1 Réglementation française
- 2.2 Réglementations étrangères .

3. Exigences .

- 3.1 Dans l'habitat
- 3.2 Dans les salles de sport
- 3.3 Dans les ateliers .
- 3.4 Référentiel HQE .

4. Appréciation de l'éclairage naturel au stade du projet.

- 4.1 Abaques
- 4.2 Outils informatiques .
- 4.3 Modèles physiques (maquettes)
- 4.4 Confort visuel .

5. Conclusion

C3316

Dispositifs d'éclairage naturel .

Par Gilles COURRET et Bernard PAULE

1. Problématique .

2. Typologie des bâtiments .
3. Caractéristiques extérieures .
4. Protections solaires .
5. Ouvertures en façade
6. Ouvertures en toiture .
7. Caractéristiques intérieures
8. Dispositifs Particuliers .

C3350

Éclairage public et maîtrise de la demande en électricité (MDE).

Par Nazim PIGENET et Jean-Pierre CARDIA

1. Objectifs d'une démarche de MDE axée sur le besoin .

- 1.1 Contexte de la démarche
- 1.2 Enjeux de la démarche .
- 1.3 Objectifs de la démarche.

2. Étapes de la démarche

- 2.1 Définition du besoin en éclairage
- 2.2 Définition de l'état initial .
- 2.3 Définition des axes de progrès
- 2.4 Hiérarchisation et optimisation
- 2.5 Suivi

3. Applications de démarches MDE

- 3.1 Cas n°1 – Audit énergétique d'une commune .
- 3.2 Cas n°2 – Optimisation énergétique avancée et importance d'intégrer la démarche le plus tôt possible dans le projet.
- 3.3 Cas n°3 – Optimisation énergétique avancée sur sources avec iodures métalliques.



4. Conclusion

S4/24796 Sources laser**AF3270****Physique du laser - Historique et principes de base .***Par Jean-Pierre PRENEL***1. Niveaux d'énergie et transitions .**

- 1. 1 Dualité onde-corpuscule
- 1. 2 Modèle idéalisé de l'absorption et de l'émission .
- 1. 3 Mécanismes des transitions réelles

2. Poids de la thermodynamique.

- 2.1 Équilibre thermique d'une population d'atomes .
- 2.2 Le « coup de génie » de l'émission stimulée
- 2.3 Inversion de population .

3. Modes de pompage

- 3.1 Pompage optique .
- 3.2 Pompage électronique .
- 3.3 Pompage chimique.

4. Amplification optique**5. Raies d'émission réelles.**

- 5.1 Trains d'onde et longueur de cohérence .
- 5.2 Raies naturelles et élargissement

6. Rôle de la cavité optique .

- 6.1 Oscillateur laser .
- 6.2 Modes de résonance longitudinaux
- 6.3 Modes de résonance transversaux

7. Propriétés du faisceau laser

- 7. 1 Cohérence spatiale et divergence
- 7. 2 Propagation en mode gaussien.

Références bibliographiques .**E2660****Lasers à semi-conducteurs***Par Jean-Claude BOULEY***1. Domaines d'applications**

- 1.1 Communications Par fibres optiques
- 1.2 Lecture et stockage de l'information.
- 1.3 Pompage optique .
- 1.4 Divers.

2. Principes physiques

- 2.1 Matériaux
 - 2.1.1 Longueur d'onde .
 - 2.1.2 Gain optique.
- 2.2 Dispositifs d'injection et de confinement .
- 2.3 Structures laser.
 - 2.3.1 Lasers à cavité Fabry-Pérot (F-P) .
 - 2.3.2 Lasers à résonateur distribué .
 - 2.3.3 Lasers à émission Par la surface .
- 2.4 Propriétés statiques.
 - 2.4.1 Caractéristique puissance-courant (P (I)
 - 2.4.2 Caractéristiques spectrales
- 2.5 Propriétés dynamiques .
 - 2.5.1 Modulation Par impulsion de courant .
 - 2.5.2 Bande passante de modulation.



2.5.3 Élargissement spectral (« chirp »).

3. Structures Par applications .

3.1 Lasers Télécoms .

3.1.1 Spécifications.

3.1.2 Caractéristiques .

3.1.3 Packaging

3.1.4 Source accordable en longueur d'onde.

3.2 Lasers pour réseaux de données (« Datacom »).

3.2.1 VCSEL 0,85 μm

3.2.2 VCSEL 1,3 μm

3.3 Diode laser de pompe

3.3.1 Diode de pompe à ruban unitaire .

3.3.2 Barrettes à ruban multiples.

3.4 Diode laser CD/DVD.

3.4.1 Spécifications

3.4.2 Description des structures

4. Axes de recherche et évolution à long terme

4.1 Nouvelles longueurs d'onde

4.2 Intégration monolithique .

4.3 Nanostructures

AF3271

Lasers à gaz .

Par *René JOECKLÉ*

1. Généralités.

1.1 Diversité des lasers à gaz.

1.2 Différences Par rapport aux lasers à solide

2. Modes d'excitation des lasers à gaz

2.1 Niveaux d'énergie dans les molécules

2.2 Décharge électrique

2.3 Excitation chimique

2.4 Excitation thermique .

3. Lasers à gaz atomiques .

3.1 Laser hélium-néon

3.2 Laser à argon .

3.3 Laser à vapeur de cuivre .

3.4 Laser à iode .

3.5 Autres lasers à gaz rare ionisé

4. Lasers moléculaires

4.1 Laser à CO₂.

4.2 Laser à CO

4.3 Lasers chimiques (HF ou DF) .

4.4 Lasers à excimères

5. Lasers à gaz industriels

5.1 Paramètres importants

5.2 Développements.

AF3272

Lasers à solides .

Par *Antoine HIRTH*

1. Lasers à solides cristallins

1.1 Matériaux .

1.2 Sources de pompage .

1.3 Réalisations expérimentales

1.4 Contrôle des caractéristiques d'émission

1.5 Lasers à solides accordables



1.6 Extension du domaine spectral d'émission

2. Lasers à semi-conducteur.

2.1 Physique .

2.2 Caractéristiques spécifiques d'émission .

3. Conclusion

Références bibliographiques

AF3275

Sources lasers à l'état solide. Fondements .

Par **Georges BOULON**

1. Contexte .

1.1 Pompage optique des cristaux et des verres dopés Par des ions actifs .

1.2 Quelques grands projets de laser à l'état solide .

2. Principaux éléments d'une source laser

3. Transitions d'absorption et d'émission des centres actifs .

4. Population d'un niveau d'énergie

4.1 Principe de Boltzmann.

4.2 Problème de l'inversion de population .

4.3 Schéma de centres respectivement à 3 et 4 niveaux

4.4 Pompage optique des matériaux inorganiques dopés Par des ions luminescents .

5. Coefficients d'Einstein d'absorption, d'émission spontanée et d'émission stimulée (ou induite)

5.1 Mécanisme d'absorption

5.2 Mécanisme d'émission spontanée et durée de vie d'un niveau excité

5.3 Mécanisme d'émission stimulée (ou induite)

5.4 Coefficients d'absorption et d'amplification.

5.5 Sections efficaces d'absorption et d'émission stimulée.

6. Cavité résonnante et intensité émise Par le faisceau laser

6.1 Optique des faisceaux gaussiens .

6.2 Caractéristiques spectrales du faisceau laser.

6.3 Modes du laser.

6.4 Cohérence des faisceaux

6.4.1 Trains d'onde

6.4.2 Mesure de la longueur de cohérence d'une source.

6.5 Quelques clarifications: valeurs de largeurs de raies expérimentales de l'émission de fluorescence.

7. Conclusion

AF3276

Luminescence cristalline appliquée aux sources lasers

Par **Georges BOULON**

1. Développement des lasers à l'état solide .

1.1 Facteurs favorables

1.2 Succès des lasers à solide .

1.3 Mise au point de sources accordables en fréquences

1.4 Pompage de diodes lasers et attraction de sources à impulsions ultracourtes.

1.5 Développement des cristaux à propriétés non linéaires

2. Principales matrices cristallines pour l'accueil des ions actifs.

3. Dopage par les ions de transition

3.1 Occupation des sites cristallographiques octaédriques et tétraédriques

3.2 Ion Ti³⁺ en symétrie octaédrique base des sources lasers dite saphir dopé titane.

3.3 Ion Cr³⁺ en symétrie octaédrique.

3.4 Interprétation de l'interaction électron-phonon relative aux ions de transition

4. Dopages par les ions terres rares

4.1 Configurations électroniques .

4.2 Niveaux d'énergie



- 4.3 Règles de sélection
- 4.4 Exemple de spectroscopie de l'ion laser Er³⁺ (4f11)
- 4.5 Cristal laser de grenat YAG : Nd³⁺ (Y₃Al₅O₁₂ : Nd³⁺).
- 4.6 Cristaux de vanadate YVO₄ ou GdVO₄ dopés Nd³⁺
- 4.7 Borate de scandium et de lanthane La Sc₃ (BO₃)₄ dopé Nd³⁺ (LSB : Nd³⁺).
- 4.8 Cristaux dopés Yb³⁺
- 4.9 Ions terres rares émettant dans le proche infrarouge vers 1,5 µm et aux longueurs d'ondes plus élevées .
- 4.10 Laser accordable dans l'UV avec l'ion Ce³⁺
- 5. Conclusion

AF3278

Cristaux et optique laser non linéaires .

Par **Georges BOULON**

1. Susceptibilités électriques non linéaires des cristaux non linéaires

2. Polarisation

2.1 Loi de Malus .

2.2 Polarisation Par réflexion

2.3 Polarisation Par biréfringence

2.3.1 Définition .

2.3.2 Cristaux uniaxes : calcite CaCO₃ , LiNbO₃ , quartz

2.3.3 Polariseurs de Glan-Thomson ou de Glan-Foucault.

2.3.4 lame quart d'onde

2.3.5 lame quart d'onde de KDP .

2.3.6 Polariseurs Par absorption.

2.4 Cristaux isolateurs optiques Par effet Faraday.

3. Génération de fréquences

3.1 Génération du second harmonique Par les cristaux uniaxes du type $\chi(2)$

3.2 Doublage de fréquence intracavité et autodoublage de fréquence.

3.2.1 Doublage de fréquence intracavité .

3.2.2 Autodoublage de fréquence .

3.2.3 Génération de fréquences Par des processus Paramétriques non linéaires

3.2.4 Projet de mise au point de la télévision couleur par modulation de faisceaux laser-11

3.3 Cristaux laser décaleurs de fréquence à effet Raman stimulé .

4. Conclusion.

AF3282

Génération d'impulsions lasers ultracourtes jusqu'à la femtoseconde

Par **Georges BOULON**

1. Quelques notions de base

1.1 Spectroscopies standards et lasers .

1.2 Quelques ordres de grandeurs entre valeurs fréquentielles et temporelles

1.3 Limites des résolutions fréquentielles et temporelles .

1.4 Milieux linéaires et non linéaires.

2. Propagation des impulsions lumineuses.

2.1 Constante de propagation.

2.2 Propagation dans un milieu absorbant : vitesse de groupe v_g et coefficient de dispersion D_v

2.3 Propagation des impulsions dans les milieux dispersifs non linéaires

3. Génération d'impulsions.

3.1 Les méthodes de déclenchement (Q-switching) .

3.2 Génération d'impulsions courtes à l'échelle de la nanoseconde

3.3 Génération d'impulsions très courtes à l'échelle de la picoseconde .

3.4 Génération d'impulsions ultracourtes à l'échelle de la femtoseconde



4. Applications des lasers à impulsions ultracourtes .

4.1 Application des lasers saphir : Ti 3+3+ et LISAF : Cr à la détection des polluants atmosphériques.

4.2 Application à la femtochimie

4.3 Imagerie

4.4 Spectroscopie des semi-conducteurs .

4.5 Perçage des matériaux .

4.6 Science des champs électromagnétiques de très hautes intensités.

Vers la physique des plasmas et la fusion nucléaire .

5. Une autre étape : le développement des impulsions à l'échelle de l'attoseconde

6. Conclusion

E6445

Sources Paramétriques optiques - Fondements, mise en œuvre et applications

Par **Jean-Baptiste DHERBECOURT, Antoine GODARD, Jean-Michel MELKONIAN et Myriam RAYBAUT**

1. Amplification et oscillation Paramétrique optique: fondements

2. Matériaux non linéaires optiques

3. Mise en œuvre en régime continu

4. Mise en œuvre en régime microseconde à nanoseconde

5. Mise en œuvre en régime picoseconde à femtoseconde .

6. Exemples d'applications

7. Conclusion.

8. Glossaire .

E6450

Sources laser à fibre et applications

Par **Marc HANNA**

1. Présentation des sources laser à fibre .

1.1 Fibres optiques actives

1.2 Qualité de faisceau.

1.3 Architectures des sources lasers

1.4 Équations de populations.

2. Différentes technologies pour les lasers à fibre

2.1 Fibres optiques dopées aux terres rares .

2.2 Lasers et amplificateurs à fibre Raman

2.3 Autres mécanismes de génération et amplification

3. Régimes temporels : du continu au femtoseconde

3.1 Régime continu

3.2 Régime déclenché Q-switch (ns) .

3.3 Régime de verrouillage de modes (ps, fs)

3.4 Amplification à dérive de fréquence (fs) .

4. Applications

4.1 Télécommunications optiques.

4.2 Découpage. Soudure. Marquage

4.3 Autres applications .

5. Conclusion

E6455

Lasers à impulsions ultrabrèves : applications

Par **Éric AUDOUARD**

1. Nature spécifique de l'interaction laser-matière en mode ultrabref

1.1 Rôle de la longueur d'onde .



- 1.2 Rôle du matériau
- 1.3 Rôle de la durée d'impulsion
- 1.4 Rôle de la cadence .
- 2. Mécanismes d'ablation et contrôle des procédés .**
 - 2.1 Importance des outils de simulation
 - 2.2 Connaissance des taux d'ablation .
 - 2.3 Seuil d'ablation, aptitude au nano-usinage .
 - 2.4 Nanostructuration de surface : une spécificité encore incomprise
- 3. Comment mettre en œuvre une application des impulsions ultrabrèves ? .**
 - 3.1 Types d'application.
 - 3.2 Types de sources laser utilisées
 - 3.3 Station de travail
- 4. Grands domaines d'application.**
 - 4.1 Domaine médical
 - 4.2 Domaine automobile .
 - 4.3 Domaine du marquage
 - 4.4 Autres domaines .
- 5. Conclusion.**

E6480

Lasers accordables

Par **François BALEMBOIS**

- 1. Milieux amplificateurs accordables .**
 - 1.1 Milieux amplificateurs utilisant l'émission stimulée
 - 1.2 Milieux non linéaires .
- 2. Principes de l'accordabilité dans un oscillateur .**
 - 2.1 Conditions d'oscillation
 - 2.2 Accordabilité Par la condition sur la fréquence
 - 2.3 Accordabilité Par la condition sur le gain
3. Exemples de filtres spectraux pour accorder un oscillateur
 - 3.1 Filtres à dispersion spatiale
 - 3.2 Filtres interférentiels
 - 3.3 Filtres biréfringents
 - 3.4 Filtres diffractifs
4. Exemple de lasers accordables : les diodes laser
5. Applications des lasers accordables
 - 5.1 Lasers accordables pour interagir avec la matière Par absorption .
 - 5.2 Lasers accordables pour caractériser ou mesurer (sans absorption).
- 6. Conclusion**

MED1500

Lasers en médecine

Par **Serge MORDON.**

- 1. Différents effets des lasers médicaux**
- 2. Mécanismes optiques**
 - 2.1 Réflexion .
 - 2.2 Absorption .
 - 2.3 Diffusion
 - 2.4 Propagation des photons
- 3. Effet photomécanique .**
- 4. Effet photoablatif**
- 5. Effet thermique .**
- 6. Effet photochimique ou photodynamique .**
- 7. Conclusion.**



E6485

Lasers à solides pour le domaine UV-visible

Par Richard MONCORGE

- 1. Différents types de lasers UV-visible et problématiques associées**
- 2. Systèmes laser à solides à émission directe dans le domaine UV-visible**
 - 2.1 Lasers à semi-conducteurs à grand gap (problématique du green-gap).
 - 2.2 Lasers à ions de terres rares pour le proche UV .
 - 2.3 Lasers à ions de terres rares pour le rouge-vert-bleu.
- 3. Systèmes laser à solides associés à des cristaux non linéaires convertisseurs de fréquence .**
 - 3.1 Conversion de fréquence des lasers à solides à ions de terres rares
 - 3.1.1 Génération de second harmonique, somme de fréquences et autodoublage de fréquence .
 - 3.1.2 Décalage Raman
 - 3.2 Conversion de fréquence des lasers à ions de transition
 - 3.3 Conversion de fréquence des lasers à semi-conducteurs (VECSEL et OPSL)
 - 3.4 Oscillateurs Paramétriques optiques .
- 4. Systèmes laser à base de fibres optiques microstructurées .**
- 5. Conclusion.**
- 6. Glossaire .**
- 7. Sigles .**

R6738

Métrologie de l'endommagement laser

Par Laurent GALLAIS

- 1. Généralités: définitions et notions liées au domaine.**
 - 1.1 Endommagement laser
 - 1.2 Paramètres d'irradiation laser
 - 1.3 Seuil d'endommagement laser
- 2. Origine de l'endommagement laser**
 - 2.1 Effets électromagnétiques
 - 2.1.1 Claquage diélectrique
 - 2.1.2 Exaltation du champ électrique .
 - 2.1.3 Auto focalisation .
 - 2.2 Effets thermiques .
 - 2.2.1 Absorption volumique .
 - 2.2.2 Absorption de surface .
 - 2.2.3 Absorption localisée
 - 2.2.4 Effets thermomécaniques.
 - 2.2.5 Effets thermochimiques.
 - 2.2.6 Auto focalisation thermique
 - 2.3 Autres effets .
 - 2.3.1 Effet Brillouin .
 - 2.3.2 Effets cumulatifs .
 - 2.3.3 Croissance des dommages
- 3. Métrologie de la tenue au flux laser .**
 - 3.1 Dispositif de mesure de tenue au flux laser .
 - 3.2 Paramètres d'irradiation laser
 - 3.2.1 Durée effective
 - 3.2.2 Surface effective .
 - 3.2.3 Densité d'énergie ou de puissance
 - 3.3 Mesures de probabilités d'endommagement
 - 3.3.1 Méthode de test 1-on-1 .
 - 3.3.2 Méthode de test S-on-1 .
 - 3.3.3 Méthode de test R-on-1 .
 - 3.4 Mesures de densités de dommages



4. Influence des paramètres d'irradiation sur la tenue au flux laser, lois d'échelle

- 4.1 Longueur d'onde
- 4.2 Durée d'irradiation .
- 4.3 Dimension du faisceau laser.
- 4.4 Nombre de tirs, taux de répétition .
- 4.5 Polarisation
- 4.6 Considérations environnementales

5. Composants optiques adaptés aux forts flux laser

- 5.1 Matériaux massifs
- 5.2 Polissage des surfaces
- 5.3 Nettoyage des surfaces .
- 5.4 Couches minces diélectriques
- 5.5 Conditionnement des matériaux .
- 5.6 « Réparation » des dommages .
- 5.7 Fibres optiques .

6. Conclusion

SL6150

**Risques laser - Risques faisceaux et hors faisceaux
Aspects réglementaires**

Par **Jean HUE** et **Jean-Luc ROCHAS**

1. Notions indispensables pour la sécurité laser .

- 1.1 Longueur d'onde
- 1.2 Milieu amplificateur
- 1.3 Grandeurs physiques utilisées pour évaluer les risques faisceaux.
- 1.4 Lasers continus et impulsions
- 1.5 Focalisation

2. Risques associés aux sources lasers .

- 2.1 Risque faisceau .
- 2.2 Risques hors faisceaux
- 2.3 Risque acoustique
- 2.4 Risque cryogénique .

3. Textes réglementaires, normes et informations importantes.

- 3.1 Réglementation .
- 3.2 Normes .
- 3.3 Classes des lasers
- 3.4 Exposition maximale permise (EMP) ou valeur limite d'exposition (VLE).

4. Interaction laser-tissus humains.

- 4.1 Modes de destruction
- 4.2 Interaction avec la peau
- 4.3 Interaction avec l'œil.
- 4.4 Évaluation des EMP oculaires et cutanées

5. Conclusion.

6. Glossaire .

SL6151

**Risques laser - Mesures de protection vis-à-vis du
faisceau laser**

Par **Jean HUE** et **Jean-Luc ROCHAS**

1. Organisation de la sécurité

- 1.1 Personnel concerné .
- 1.2 Aptitude médicale
- 1.3 Information et formation
- 1.4 Cession d'équipements lasers .

2. Évaluation des risques en laboratoire



3. Protections collectives et règles de sécurité

- 3.1 Faisceau laser, optiques et accessoires
- 3.2 Aménagements de l'installation laser
- 3.3 Distance Nominale de Danger Oculaire (DNDO).

4. Protections individuelles .

- 4.1 Généralités et définitions
- 4.2 Normes
- 4.3 Lunettes de protection (NF EN 207) .
- 4.4 Lunettes de réglages (NF EN 208)

5. Études de cas

- 5.1 Banc de mesures de faibles pertes optiques.
- 5.2 Interférométrie laser à 193 nm

6. Accidents : retour d'expériences

- 6.1 Retour d'expérience : pourquoi ?
- 6.2 Réglage d'un banc impulsionnel multilongueur d'onde .
- 6.3 Laser Argon continu de 8 W .
- 6.4 Laser CO2 continu de 2 kW .

7. Quelques coefficients correctifs intervenant dans le calcul des EMP/VLE .

8. Conclusion

9. Glossaire .

E4020

Sources laser

Par *Gilles BRASSART, Jean-Louis MEYZONNETTE, Jean-Paul POCHOLLE*

1. Rappels de base

- 1.1 Historique .
- 1.2 Généralités .
- 1.3 Conditions d'oscillation
- 1.4 Modes transverses
- 1.5 Méthodes de modulation en puissance d'un laser.

2. Diodes laser .

- 2.1 Matériaux et structures .
- 2.2 Diodes à émission surfacique
- 2.3 Diodes de puissance
- 2.4 Diodes accordables dans l'infrarouge .
- 2.5 Diodes émettant dans le visible .

3. Laser à dioxyde de carbone

- 3.1 Laser moléculaire
- 3.2 Laser continu à excitation électrique
- 3.3 Laser impulsionnel CO2-TEA
- 3.4 Laser CO2-TEA à cadence de tir élevée
- 3.5 Applications

4. Lasers solides pompés Par diodes laser

- 4.1 Généralités
- 4.2 Diodes laser de puissance .
- 4.3 Milieu actif.
- 4.4 Pompage optique .
- 4.5 Architectures de cavités
- 4.6 Diversité des lasers solides pompés Par diodes.
- 4.7 Applications
- 4.8 Point sur le présent et l'avenir

5. Sécurité laser .

- 5.1 Position du problème
- 5.2 Normes de sécurité laser .
- 5.3 Exemples de calculs sur la sécurité laser



S4/24797 **Systèmes optroniques**

**** Introduction à l’optronique:**

E4000 **Optronique : Paramètres de base**

Par **Jean-Louis MEYZONNETTE**

1. **Domaine spectral de l’optronique .**
2. **Sources optiques**
 - 2.1 Sources thermiques .
 - 2.2 Sources Par luminescence .
 - 2.3 Sources laser .
3. **Composants optiques**
 - 3.1 Conception optique
 - 3.2 Contrôle de la qualité optique
 - 3.3 Optique active et optique adaptative .
 - 3.4 Filtrage optique .
4. **Détecteurs optiques .**
 - 4.1 Détecteurs thermiques .
 - 4.2 Détecteurs quantiques .
5. **Rapport signal à bruit .**
 - 5.1 Détection directe .
 - 5.2 Détection hétérodyne, ou cohérente
6. **Conclusion.**

E4001 **Optronique : applications**

Par **Jean-Louis MEYZONNETTE**

1. **Défense E 4 001 - 2**
 - 1.1 Systèmes optroniques passifs.
 - 1.2 Systèmes actifs/passifs
2. **Spatial/astronomie**
3. **Télécommunications optiques**
 - 3.1 De l’électronique à l’optique .
 - 3.2 Propagation de la lumière dans les fibres optiques .
 - 3.3 Composants optiques d’un réseau
 - 3.4 Réseaux de télécommunications optiques
 - 3.5 Fibre optique à domicile
4. **Autres domaines d’application**
 - 4.1 Processus et contrôles industriels.
 - 4.2 Énergétique .
 - 4.3 Médical/santé
 - 4.4 Applications grand public .
5. **Conclusion**
6. **Glossaire – Définitions.**

**** Applications optroniques militaires:**

E4105 **Systèmes optroniques passifs - Caméras thermiques**

Par **Alain DELTEIL et Jean-Pierre FOUILLOY**

1. **Intérêt de l’imagerie thermique**
2. **Techniques d’analyse d’images .**
 - 2.1 Présentation
 - 2.2 Sensibilité des caméras et nombre d’éléments détecteurs .
 - 2.3 Analyse au moyen d’un détecteur monoélément
 - 2.4 Détecteurs à éléments multiples .



- 2.5 Qualités d'un système d'analyse.
- 2.6 Qualités visuelles des images .
- 2.7 Contraintes introduites dans l'optique .
- 2.8 Grandeur caractéristique d'un système de balayage
- 3. Utilisation des caméras dans les conditions opérationnelles.**
- 4. Caractérisation des caméras thermiques .**
 - 4.1 Sensibilité et résolution
 - 4.2 Résolution géométrique et fonction de transfert de modulation
 - 4.3 Sensibilité thermique
 - 4.4 Autres Paramètres importants
- 5. Performances des caméras thermiques**
 - 5.1 Rappel de définitions.
 - 5.2 Critères de Johnson
 - 5.3 Intervalle de température minimal résoluble
 - 5.4 Estimation des distances de détection, de reconnaissance et d'identification
 - 5.5 Relation entre la MRTD et les caractéristiques mesurables d'une caméra thermique.
- 6. Applications militaires des caméras thermiques**
- 7. Exemple de caméra thermique: le système modulaire thermique (SMT).**
 - 7.1 Présentation .
 - 7.2 Les grands choix
 - 7.3 Description
 - 7.4 Applications du SMT
- 8. Caméra thermique à détecteur non refroidi: la caméra légère Lutis**
 - 8.1 Généralités
 - 8.2 Caractéristiques .
 - 8.3 Description

E4130

Systèmes optroniques passifs - Applications industrielles de l'infrarouge .

Par Gilbert GAUSSORGUES

- 1. Généralités.**
 - 1.1 Rappels .
 - 1.2 Contrôle non destructif Par infrarouge .
 - 1.3 Thermographie dans les procédés industriels.
 - 1.4 Méthodes de thermographie en procédé industriel
- 2. Systèmes de thermographie adaptés au contrôle des procédés.**
- 3. Analyseurs thermiques lignes .**
- 4. Analyseur ligne ATL 100 pour le contrôle du soudage.**
- 5. Analyseur thermique infrarouge ATL 020-050 .
 - 5.1 Surveillance du procédé de laminage en sidérurgie
 - 5.2 Contrôle de refroidissement du verre plat en étenderie
 - 5.3 Surveillance thermique des fours rotatifs de cimenterie .
 - 5.4 Contrôle du calandrage du papier
 - 5.5 Contrôle du procédé électrolytique
- 6. Analyseur thermique infrarouge ATL 080 .**
- 7. Surveillance des refroidisseurs de cimenterie (système HADES)**

E4135

Systèmes optroniques passifs - Équipements de surveillance TV .

Par Jean BOURGNE et Christian FEDORCZAK

- 1. Équipements spécifiques**
 - 1.1 Prise de vue.



- 1.2 Capteurs de lumière : rappels
- 1.3 Caméras.
- 1.4 Objectifs
- 1.5 Transport du signal vidéo
- 1.6 Coffrets de protection.
- 1.7 Télécommandes .
- 1.8 Détection et traitement des images .
- 2. Quelques applications .**
 - 2.1 Sécurité périmétrique.
 - 2.2 Surveillance urbaine.
 - 2.3 Surveillance autoroutière.

E4075

Conception de systèmes optroniques .

Par **Jean-Louis MEYZONNETTE**

1. Position générale du problème.

2. Exemple : observation d'une scène

3. Systèmes à détection automatique

3.1 Systèmes à seuil.

3.2 Détection automatique et rapport signal à bruit.

3.3 Probabilités de détection et de fausse alarme

3.4 Portée d'un télémètre laser

4. Systèmes à visualisation

4.1 Rappels sur l'observation visuelle

4.1.1 Contraste visuel

4.1.2 Visibilité météo horizontale .

4.2 Systèmes à visualisation sur écran.

4.2.1 Visualisation de type télévision

4.2.2 Notion de rapport signal à bruit perçu .

4.2.3 Procédure générale de conception de systèmes optroniques à visualisation .

4.2.4 Exemple d'application : imagerie infrarouge.

E4080

Caractérisation des systèmes infrarouges .

Par **Gilbert GAUSSORGUES**

1. Caractérisation des performances du système de mesure.

2. Grandeurs caractéristiques des détecteurs infrarouges .

3. Calculs des grandeurs caractéristiques des systèmes infrarouges

3.1 Calcul de l'éclairement équivalent au bruit (NEI)

3.2 Calcul de l'écart de température équivalent au bruit (NETD) .

4. Mesures des caractéristiques des systèmes infrarouges

4.1 Éclairement équivalent au bruit (NEI) .

4.2 Écart de température équivalent au bruit (NETD)

4.3 Écart minimal de température séparable (MRTD)

4.4 Écart minimal de température détectable (MDTD) .

4.5 Réponse spectrale relative.

4.6 Résolution spatiale. Fonction de transfert de modulation .

4.7 Détermination de la correspondance signal-température (étalonnage)

4.8 Mesure de la dérive .

E4085

Traitements d'images optroniques .

Par **Thierry FERRÉ**

1. Vue d'ensemble .

1.1 Objectifs des traitements d'images optroniques



- 1.2 Formation de l'image .
- 1.3 Transformées discrètes .
- 2. Restauration et visualisation**
- 2.1 Débruitage.
- 2.2 Déconvolution.
- 2.3 Manipulation géométrique .
- 2.4 Expansion de contraste
- 3. Segmentation.**
- 3.1 Extraction de contraste .
- 3.2 Détection de mouvement.
- 3.3 Segmentation en régions multiniveaux .
- 3.4 Mise en forme des régions
- 3.5 Détection de contours
- 3.6 Attributs caractéristiques .
- 4. Analyse et interprétation.**
- 4.1 Acquisition
- 4.2 Poursuite
- 4.3 Reconnaissance et identification
- 5. Conclusion et perspectives.**

E4200

Communication et guidage Par transmission laser

Par **Jean-Louis MEYZONNETTE, Jean-Pierre FOUILLOY**
et **Hélène TRIBUT**

- 1. Guidage de missiles sur faisceau directeur .**
- 1.1 Longueurs d'onde utilisables .
- 1.2 Systèmes de guidage du faisceau
- 1.2.1 Principe
- 1.2.2 Différents systèmes .
- 1.3 Données technologiques : guidage optique.
- 1.3.1 Les lasers
- 1.3.2 Les récepteurs
- 1.4 Exemple : le missile ACRA
- 1.4.1 Système de guidage
- 1.4.2 Projecteur de guidage
- 1.4.3 Récepteur de guidage
- 1.5 Autres réalisations.
- 1.6 Comparaison avec les autres systèmes de guidage.
- 1.7 Conclusion
- 2. La fibre optique sur le champ de bataille**
- 2.1 La fibre optique dans l'environnement militaire.
- 2.1.1 Avantages.
- 2.1.2 Inconvénients.
- 2.1.3 Spécificité des fibres à usage militaire
- 2.2 Applications .
- 2.2.1 Communications
- 2.2.2 Déport d'informations .
- 2.2.3 Engins tactiques
- 2.2.4 Systèmes de renseignement .
- 2.3 Conclusion.



**** Applications optroniques spatiales:**

E4140

Capteurs d'attitude et dispositifs d'imagerie pour satellites .

Par **Jean-Pierre KREBS**

1. Contrôle d'attitude. Observation de la Terre

2. Capteurs solaires

3. Capteurs d'étoiles

3.1 Viseurs d'étoiles à TDI.

3.2 Viseurs d'étoiles à DTC .

4. Capteurs de Terre.

4.1 Capteurs de Terre statiques

4.2 Capteurs de Terre à balayage

4.2.1 Capteur de traversée d'horizon

4.2.2 Capteur numérique à balayage .

5. Plans focaux des caméras d'observation

5.1 Principe de fonctionnement

5.2 Dispositifs de détection

5.2.1 Boîtier de détection DTA 01

5.2.2 Boîtiers de détection DTA 03/ DTA 05 .

E4210

Systèmes de liaisons spatiales Par lasers

Par **Georges OTRIO**

1. Architecture d'une liaison optique .

1.1 Description générale

1.2 Description des principaux équipements .

1.2.1 Sources lasers.

1.2.2 Modulation du signal lumineux

1.2.3 Détection .

1.2.4 Antennes et télescopes

1.2.5 Multiplexage .

2. Acquisition et pointage.

2.1 Acquisition .

2.2 Poursuite .

2.3 Pointage en avant .

3. Applications .

3.1 Liaisons entre relais géostationnaires (GEO-GEO)

3.2 Liaisons avec une sonde lointaine .

3.3 Liaison LEO-GEO

3.3.1 Constitution du terminal Silex

3.3.2 Performances et caractéristiques du système .

3.3.3 Schéma fonctionnel des chemins optiques du terminal Opale (GEO) .

3.4 Liaisons à très haut débit : constellations de satellites en orbite basse

4. Conclusion

**** Lidars:**

E4310

Lidars atmosphériques et météorologiques - Principes fondamentaux .

Par **Pierre H. FLAMANT**

1. Présentation générale .

2. Spectroscopies atmosphériques

3. Principe du lidar atmosphérique

4. Conception d'un instrument lidar .



- 5. Composants lidar
- 6. Mesures lidar .
- 7. Conclusion.
- 8. Glossaire .
- 9. Sigles, indices, constantes et symboles

E4311

Lidars atmosphériques et météorologiques - Méthodes et applications .

Par **Pierre H. FLAMANT**

- 1. Simulateur instrumental lidar
- 2. Méthode lidar utilisant la diffusion élastique
 - 2.1 Épaisseur optique
 - 2.2 Étalonnage, rétrodiffusion apparente
 - 2.3 Dispositif instrumental et résultats.
- 3. Profils de rétrodiffusion et d'extinction Particulaire .
 - 3.1 Référence dans la couche de Particules à étudier
 - 3.2 Inversion continue entre zones avec et sans Particules .
- 4. Dépolarisation
- 5. Lidar Raman .
 - 5.1 Raman vibrationnel spontané.
 - 5.2 Raman rotationnel spontané.
- 6. Lidar en absorption différentielle.
 - 6.1 Principe DiAL .
 - 6.2 Épaisseur optique optimale et erreur aléatoire minimale
 - 6.3 Autres contraintes sur la mesure DiAL .
- 7. Lidar Doppler
 - 7.1 Détection directe .
 - 7.2 Détection hétérodyne
- 8. Conclusion.

E4312

Géolidar pour l'étude des surfaces, de la biosphère et de l'hydrosphère .

Par **Pierre H. FLAMANT**

- 1. Mesures lidar sur les surfaces .
 - 1.1 Domaines d'applications .
 - 1.2 Méthodes et instruments .
- 2. Lidar topographique .
 - 2.1 Cibles.
 - 2.2 Bilan de liaison
 - 2.3 Albédo des cibles
 - 2.4 Dépolarisation .
 - 2.5 Rapport signal sur bruit.
 - 2.6 Applications.
 - 2.7 Échantillonnage des surfaces
 - 2.8 Erreurs sur les mesures
- 3. Lidar canopée
 - 3.1 Cibles.
 - 3.2 Bilan de liaison
 - 3.3 Albédo de cibles.
 - 3.4 Dépolarisation .
 - 3.5 Fluorescence.
 - 3.6 Applications.
- 4. Lidar bathymétrique .



- 4.1 Cibles.
- 4.2 Bilan de liaison
- 4.3 Dépolarisation .
- 4.4 Raman vibrationnel et Brillouin
- 4.5 Fluorescence.
- 4.6 Applications.
- 5. Conclusion.

E4315

Lidar de détection de pollution.

Par **Jean CORNILLAULT**

1. Caractéristiques du lidar .

- 1.1 Principe du lidar
- 1.2 Principaux modes de fonctionnement.
- 1.3 Intérêts et avantages du lidar

2. Mirela.

- 2.1 Objectifs
- 2.2 Description .

3. Lidars atmosphériques pour les besoins de l'environnement.

- 3.1 Besoins .
- 3.2 Objectifs
- 3.3 Choix de la longueur d'onde
- 3.4 Choix des sources laser

4. Conclusion .

E4320

Anémométrie laser embarquée sur aéronef.

Par **Jacques MANDLE, Jean-Pierre SCHLOTTERBECK**
et **Alain VERBEKE**

1. Principes .

- 1.1 Diffusions de Mie et de Rayleigh .
- 1.2 Anémométrie Doppler .
- 1.3 Anémométrie à franges
- 1.4 Anémométrie à temps de vol.

2. Travaux réalisés à ce jour

- 2.1 Dans le monde .
- 2.2 Travaux menés sous l'égide de Thales .

3. Utilisations .

- 3.1 Mesures anémométriques sur avion.
- 3.2 Mesures anémométriques sur hélicoptère .
- 3.3 Mesures de références sur aéronef
- 3.4 Mesures de perturbations d'incidence ou de dérapage .
- 3.5 Détection de perturbations aérologiques à grande distance

4. Conclusion.

E4325

Lidars sous-marins.

Par **Gilles KERVERN**

1. Comparaison entre détections optique et acoustique sous-marines .

2. Propagation optique sous-marine.

3. Différents principes d'imagerie active

4. Estimation des performances .

5. Expérimentation d'un imageur de type lidar .

6. Conclusion



IN215

Lidar : technique de détection au service de l'archéologie

Par **Murielle GEORGES-LEROY, Laure NUNINGER, Rachel OPITZ**

Introduction

1 - Contexte

2 - Prospection archéologique et télédétection

3 - Télédétection lidar

3.1 - Acquisition des données : vol et prétraitements

3.2 - Classification et création de modèles numériques d'élevation (MNE)

3.3 - Visualisation des données

3.4 - Format et poids des données

4 - Utilisation du lidar en archéologie

4.1 - Principales utilisations du lidar en archéologie

4.2 - Cas d'étude : le massif forestier de Haye

5 - Conclusions et perspectives

5.1 - Utilisation de l'onde complète

5.2 - Scanners embarqués sur un drone et intégration des scanners terrestres

5.3 - Perspectives de développement dans l'analyse archéologique des données

S4/24798

Télécommunications optiques

****Fibres optiques : propagation, propriétés, fabrication:**

AF2090

Propagation guidée de la lumière.

Par **Michel JOINDOT et Irène JOINDOT**

1. Principe du guidage de la lumière

1.1 Guide d'onde plan

1.2 Modes d'un guide d'onde plan à saut d'indice .

1.3 Propriétés des modes d'un guide d'onde

1.4 Propagation dans un guide

2. Fibres optiques.

2.1 Caractéristiques d'une fibre optique .

2.2 Transmission optique Par fibre

2.3 Analyse des modes d'une fibre .

2.4 Dispersion dans les fibres optiques .

2.5 Systèmes et réseaux de communications Par fibres optiques avant 1995

3. Dispositifs utilisant le guidage de la lumière.

3.1 Amplificateurs .

3.2 Coupleurs optiques

4. Autres applications des fibres optiques .

4.1 Applications industrielles

4.2 Applications médicales

5. Conclusion.

6. Glossaire – Définitions

E3600

Fibres optiques multimodales .

Par **Christophe LETHIEN et Christophe LOYEZ**

1. Présentation des fibres optiques multimodales

1.1 Définition des Paramètres physiques.

1.2 Fibres optiques multimodales en verre .

1.3 Fibres optiques multimodales en plastique

2. Applications dans les réseaux numériques haut débit

2.1 Transmission multi-gigabits sur la FOM en verre.



- 2.2 Transmission multi-gigabits sur la FOM en plastique
- 3. Développement de la technologie radio sur fibre optique multimodale**
- 3.1 Applications et topologies utilisées
- 3.2 Présentation des équipements commerciaux .
- 3.3 Radio sur fibre : état de l'art actuel de la recherche.
- 4. Conclusion.**

E1985

Solitons dans les fibres optiques .

Par **Thierry GEORGES, Michel JOINDOT et Irène JOINDOT**

1. Concept

2. Effets physiques fondamentaux et solitons optiques .

- 2.1 Dispersion chromatique
- 2.2 Effet Kerr. Équation de Schrödinger non linéaire et solitons

3. Solutions pour des transmissions sur des distances infinies

- 3.1 Robustesse des solitons
- 3.2 Onde dispersive .
- 3.3 Interaction et collision de solitons.
- 3.4 Amplificateur à fibre .
- 3.5 Soliton moyen
- 3.6 Bruit et limites des systèmes .
- 3.7 Techniques de contrôle .
- 3.8 Propagation infinie et maîtrise totale du bruit .

4. Nouveaux défis .

- 4.1 Nouveau type de soliton
- 4.2 Influence du bruit.
- 4.3 Application à un système de transmission terrestre
- 4.4 Influence de la dispersion chromatique résiduelle et multiplexage en longueur d'onde.
- 4.5 Collision de solitons
- 4.6 Vers la transmission de 1 Tbit/s sur des distances transocéaniques .

5. Conclusion

E7110

Fibres optiques pour télécommunications.

Par **Michel JOINDOT, Irène JOINDOT**

1. La fibre et son utilisation

- 1.1 Différents types de fibres
- 1.2 Fibre dans une chaîne de transmission

2. Modes de propagation d'une fibre monomodale .

- 2.1 Modes LP .
- 2.2 Mode LP01
- 2.3 Étude de l'affaiblissement .
- 2.4 Deuxième mode

3. Propagation d'une impulsion dans une fibre monomodale

- 3.1 Effets linéaires et non linéaires. Équation de Schrödinger non linéaire .
- 3.2 Distorsion d'une impulsion induite Par les effets linéaires .
- 3.3 Distorsion induite Par les effets non linéaires

4. Effets combinés des distorsions linéaires et non linéaires : les solitons .

- 4.1 Phénomène de base
- 4.2 Génération de solitons

5. Dispersion modale de polarisation.

6. Les différents types de fibres rencontrées

- 6.1 Compromis entre dispersion et effets non linéaires .
- 6.2 Fibre à dispersion décalée.
- 6.3 Fibre G 652 et famille G 655 .



- 6.4 Fibres à très grande aire effective
- 7. Transmission sur plusieurs modes**
 - 7.1 Multiplexage de modes dans une fibre standard.
 - 7.2 Transmission sur fibres à plusieurs cœurs .
- 8. Fibres à maintien de polarisation et fibres à compensation de dispersion .**
 - 8.1 Fibres à maintien de polarisation .
 - 8.2 Fibres compensatrices
- 9. Fibres microstructurées .**
 - 9.1 Apparition des fibres microstructurées.
 - 9.2 Les deux types de fibres microstructurées .
 - 9.3 Applications potentielles de ces fibres
- 10. Conclusion**

** Câbles, connectique et interconnexions optiques:

E3652 *Interconnexions optiques.*

Par **Mathias PEZ**

1. Introduction et définitions

- 1.1 Vocabulaire
- 1.2 Avantages potentiels et limitations .
- 1.3 Applications des interconnexions optiques .
- 1.4 Normalisation.

2. Considérations théoriques

- 2.1 Rappels de propagation .
- 2.2 Composants d'interconnexions .
- 2.3 Conception des circuits d'interface .
- 2.4 Architectures. Protocoles

3. Technologies d'interconnexion

- 3.1 Sous-ensembles optiques.
- 3.2 Composants électroniques et optoélectroniques .
- 3.3 Modules .
- 3.4 Caractérisation

4. Axes de recherches et évolution à long terme .

- 4.1 Technologies d'assemblage
- 4.2 Optiques de couplage.
- 4.3 Guides d'onde .
- 4.4 Évolution des composants d'extrémités.
- 4.5 Interconnexions en espace libre.

5. Conclusion

E6960 *Connectique optique .*

Par **Marnix van der MEE**

1. Approche marketing.

- 1.1 Intérêt de la fibre optique Par rapport au câble électrique
- 1.2 Connectique pour les réseaux de distribution télécoms
- 1.3 Connectique pour les applications industrielles

2. Connectique fibre à fibre

- 2.1 Classification selon le principe d'alignement .
 - 2.1.1 Soudure
 - 2.1.2 Épissure
 - 2.1.3 Épissure démontable
 - 2.1.4 Connecteur à ferrule .
 - 2.1.5 Connecteur à faisceau expansé
- 2.2 Performances d'une connexion fibre à fibre .



- 2.2.1 Loi de couplage fibre à fibre
- 2.2.2 Atténuation .
- 2.2.3 Taux de réflexion
- 2.3 Produits .
- 2.3.1 Soudure
- 2.3.2 Connecteur monovoie
- 2.3.3 Connexion de masse
- 3. Transceivers pour les télécoms et applications industrielles**
- 3.1 Composants avec fibre amorce
- 3.2 Transceiver avec connectique intégrée.
- 4. Atténuateur connectorisé**
- 4.1 Atténuateur monomode
- 4.2 Atténuateur multimode
- 4.3 Atténuateur mâle/femelle .

**** Composants pour télécommunications optiques :**

E4550

Packaging optoélectronique - Dispositifs pour réseaux à fibres optiques .

Par Stéphane BERNABÉ et Christophe KOPP

1. Packaging des modules optoélectroniques

- 1.1 Réseaux optiques : typologies et structure
- 1.2 Composants actifs .
- 1.3 Composants passifs
- 1.4 Méthodes d'assemblage
- 1.5 Modules optiques de la prochaine génération

2. Couplage optique : règles de conception

- 2.1 Définitions .
- 2.2 Couplage direct dans une fibre.
- 2.3 Couplage avec lentille .
- 2.4 Couplage dans une fibre lentillée.
- 2.5 Cas des récepteurs
- 2.6 Cas des guides d'onde .
- 2.7 Alignement passif .
- 2.8 Pertes de Fresnel
- 2.9 Modélisation.

3. Technologies du packaging optique

- 3.1 Matériaux.
- 3.2 Pigtailling
- 3.3 Report et connexion des puces
- 3.4 Composants passifs et optique intégrée, collage UV .
- 3.5 Herméticité et encapsulation, fermeture de boîtier
- 3.6 Technologies connexes du packaging

4. Conclusion .

E7000

Composants à base de fibres optiques .

Par Isabelle VERRIER et Jean-Pierre GOURE

1. Rappel sur les fibres .

- 1.1 Fibre optique .
- 1.2 Propagation de l'onde lumineuse.
- 1.3 Facteurs influençant la propagation des signaux
- 1.4 Différents types de fibres
- 1.5 Télécommunications Par fibres optiques

2. Composants passifs



- 2.1 Composants d'extrémités
- 2.2 Coupleurs en X et en Y .
- 2.3 Anneaux – Réflecteurs – Résonateurs
- 2.4 Interféromètres.
- 2.5 Composants basés sur la polarisation
- 2.6 Réseaux de Bragg
- 2.7 Multiplexeurs
- 3. Composants actifs et effets non linéaires .**
 - 3.1 Amplificateurs à effet Raman.
 - 3.2 Amplificateurs à effet Brillouin .
 - 3.3 Fibres dopées terre rare
 - 3.4 Composants à fibres microstructurées .
 - 3.5 Autres composants non linéaires
- 4. Conclusion et perspectives .**

AF6615

Composants électro-optiques pour les télécommunications : de la molécule aux dispositifs.

Par Chi Thanh NGUYEN et Isabelle LEDOUX-RAK

1. Origine de l'effet électro-optique et exemples de composants généri

- 1.1 Optique non linéaire et effet électro-optique pour la photonique .
- 1.2 Exemples de composants génériques pour la modulation électro-optique .

2. Modulateurs à base de niobate de lithium.

- 2.1 Le matériau et son élaboration
- 2.2 Du matériau au composant .
- 2.3 Quelques architectures de modulateurs Mach-Zehnder à base de niobate de lithium
- 2.4 Performances actuelles des modulateurs commerciaux

3. Modulateurs à base de polymères .

- 3.1 Matériaux organiques pour la photonique : contexte général.
- 3.2 Avantages et inconvénients des matériaux organiques.
- 3.3 Ingénierie des matériaux moléculaires pour les applications électro-optiques.
- 3.4 Technologies de fabrication de guides et de composants polymères
- 3.5 Exemple de modulateur Mach-Zehnder à base de polymère .
- 3.6 Stabilité thermique et photochimique

4. Perspectives

E7005

Lasers et amplificateurs optiques à semi-conducteurs pour télécommunications optiques .

Par Guang-Hua DUAN, Hélène DEBRÉGEAS et Romain BRENOT

1. Matériaux semi-conducteurs pour les sources lasers de Télécommunications.

- 2. Amplificateurs optiques à semi-conducteurs et lasers Fabry-Perot .
- 3. Sources monomodes
- 4. Lasers accordables.
- 5. Lasers impulsionnels .
- 6. Lasers pour les circuits photoniques intégrés .
- 7. Conclusion et perspectives
- 8. Glossaire – Définitions



RE167

Amplification Paramétrique dans les fibres optiques (Recherche)

Par **Arnaud MUSSOT, Alexandre KUDLINSKI**

Introduction

1 - Contexte

2 - Processus de mélange à quatre ondes

2.1 - Rappels sur les processus physiques de base mis en jeu

2.2 - Du mélange à quatre ondes à l'amplification Paramétrique

3 - Mise en œuvre expérimentale

3.1 - Schéma expérimental typique

3.2 - Limitations

4 - Applications

4.1 - Amplification de signaux optiques télécoms

4.2 - Amplification d'impulsions ultrabrèves

4.3 - Autres applications

5 - Conclusion et perspectives

**** Systèmes et réseaux:**

TE7115

Systèmes de transmission sur fibre optique .

Par **Michel JOINDOT et Irène JOINDOT**

1. Structure d'un système de transmission optique

2. Sources et modulateurs .

2.1 Sources et bruit des sources.

2.2 Modulateurs

3. Détection

3.1 Principe de base de la détection directe

3.2 Limite quantique .

3.3 Calcul de la probabilité d'erreur en détection directe

3.4 Cas limite d'un récepteur sans bruit thermique

3.5 Réception cohérente (ou hétérodyne)

4. Amplification optique .

4.1 Description générale de l'amplificateur optique à fibre

4.2 Mécanisme d'amplification .

4.3 Gain

4.4 Saturation

4.5 Bruit.

4.6 Dispositifs de contrôle

5. Qualité du signal dans les systèmes amplifiés .

5.1 Systèmes amplifiés monocanal et multicanaux

5.2 Introduction des amplificateurs dans les systèmes .

5.3 Limitations imposées Par les phénomènes de propagation .

6. Systèmes utilisant les solitons .

6.1 Qu'est-ce qu'un soliton ?.

6.2 Phénomènes affectant la transmission des solitons .

6.3 Traitement en ligne

6.3.4 Essais de transmission Par solitons

7. Systèmes installés : construction et évolution des réseaux

7.1 Les premiers systèmes.

7.2 Hégémonie des systèmes optiques dans les réseaux interurbains .

7.3 Explosion de la capacité des systèmes utilisant la technique de multiplexage en longueur d'onde .

7.4 Systèmes sous-marins optiques .

7.5 Systèmes d'accès



7.6 Introduction des fonctions de traitement du signal dans les systèmes optiques .

8. Conclusion

TE7511

Technologie LiFi (Light Fidelity) .

Par **Luc CHASSAGNE**

1. Principe de la technologie LiFi

- 1.1 Principe de fonctionnement
- 1.2 Avantages, inconvénients
- 1.3 Normes actuelles et usages .
- 1.4 Détails sur les éléments constituant la chaîne .
- 1.5 Performances et limites actuelles.

2. Exemples d'applications .

3. Conclusion et perspectives

4. Glossaire .

E7079

Communications optiques haut débit - Introduction et caractérisation .

Par **Sébastien BIGO**

1. Éléments constitutifs des systèmes de transmission optiques .

2. Techniques de multiplexage .

- 2.1 Multiplexage temporel
- 2.2 Multiplexage en longueur d'onde .
- 2.3 Multiplexage en polarisation .
- 2.4 Multiplexage de modes
- 2.5 Diaphonie et densité spectrale d'information .

3. Techniques d'amplification

- 3.1 Amplification erbium
- 3.2 Amplification Raman

4. Techniques de détection

- 4.1 Détection directe .
- 4.2 Détection cohérente

5. Évaluation de la qualité d'un composant ou du système optique complet

- 5.1 Diagramme de l'œil
- 5.2 Taux d'erreur et facteur de qualité
- 5.3 Diagramme de constellation
- 5.4 Rapport signal sur bruit optique.
- 5.5 Sensibilité et pénalité

6. Codes correcteurs d'erreurs

7. Loi de cumul du bruit dans une chaîne de tronçons amplifiés .

8. Conclusion, perspectives .

E7081

Communications optiques haut débit - Conception et validation .

Par **Sébastien BIGO**

1. Sources linéaires de distorsions .

- 1.1 Bruit des amplificateurs.
- 1.2 Dispersion chromatique
- 1.3 Dispersion modale de polarisation.

2. Types de fibres

3. Sources non linéaires de distorsions.

- 3.1 Effets non linéaires apparaissant lors la propagation d'un canal unique.



3.2 Effets non linéaires apparaissant lors de la propagation simultanée de plusieurs canaux.

4. Détermination des conditions de fonctionnement d'un système optique .

5. Formats de modulation

5.1 Modulateur de Mach-Zehnder

5.2 Formats de modulation en intensité

5.3 Formats de modulation en phase .

5.4 Formats de modulation en amplitude et en phase .

6. Des récepteurs cohérents aux systèmes de transmission cohérents

6.1 Quarante ans d'histoire des expériences de laboratoires

6.2 Expérimentation décryptée .

7. Conclusion, perspectives .

NM2400

Cryptographie quantique en sécurisation des réseaux. Situation et perspectives.

Par Alexios BEVERATOS

Introduction

1 - Principes et contexte

1.1 - « qubit »

1.2 - Protocole BB84

1.3 - Intérêt de la distribution quantique de clé

2 - Mise en œuvre, état de l'art

2.1 - Protocole BB84

2.2 - Nouveau codage, le « Time-bin »

2.3 - Nouveaux protocoles discrets

2.4 - Nouveau protocole à variables continues

2.5 - Importance des détecteurs

2.6 - Démonstrations expérimentales

2.7 - Hiérarchisation des protocoles

3 - Évolution future

3.1 - Sources de photons uniques télécoms

3.2 - Problèmes d'ingénierie

3.3 - Évolution des communications quantiques. Les relais quantiques

4 - Conclusion

5 - Sources bibliographiques

6 - Organismes et sociétés

E3680

Comparaison des liaisons optiques et électriques

Par Mathias PEZ

1. Supports de transmission .

1.1 Liaisons électriques : le cuivre

1.2 Liaisons optiques : verres/plastiques

1.3 Comparaison

2. Transmissions guidées

2.1 Atténuation

2.2 Bande passante

2.3 Sensibilité électromagnétique

2.4 Consommation

2.5 Conclusion

3. Transmissions en espace libre

3.1 Canal de transmission

3.2 Bande passante

3.3 Sensibilité électromagnétique



- 3.4 Conclusion
- 4. Conclusion générale
- 5. Glossaire

E7105

Câbles sous-marins de télécommunication à fibre optique .

Par Olivier GAUTHERON

- 1. Rapport signal à bruit et facteur Q
- 2. Paramètres affectant la qualité de transmission.
- 3. Capacité de transmission en fonction du type de fibre.
- 4. Caractéristiques des câbles sous-marins .
- 5. Répéteur et unité de branchement en mer
- 6. Pose et réparation de câble
- 7. Liaisons sous-marines sans répéteur
- 8. Conclusion
- 9. Glossaire .

**** Mesures et caractérisation des fibres et réseaux:**

R1177

Mesures sur fibres optiques .

Par Philippe DUPONT

- 1. **Présentation**
 - 1.1 Description des différents types de fibres
 - 1.1.1 Fibres multimodes
 - 1.1.2 Fibres monomodes.
 - 1.2 Bref aperçu sur la technologie
- 2. **Mesures de profil d'indice .**
 - 2.1 Mesures en champ proche.
 - 2.2 Mesures sur préforme
 - 2.3 Mesure des Paramètres géométriques.
 - 2.4 Fibre à saut d'indice équivalente .
- 3. **Mesures d'atténuation.**
 - 3.1 Coefficient d'atténuation .
 - 3.2 Mesure en transmission
 - 3.3 Mesure Par insertion .
 - 3.4 Mesure en rétrodiffusion .
 - 3.5 Mesure des pertes d'épissurage .
- 4. **Mesures de dispersion**
 - 4.1 Dispersion dans les fibres.
 - 4.2 Méthodes temporelles .
 - 4.3 Méthodes fréquentielles
 - 4.4 Méthodes interférométriques.
 - 4.5 Mesures différentielles de temps de propagation
- 5. **Phénomènes spécifiques aux fibres monomodes. Mesure des Paramètres .**
 - 5.1 Biréfringence circulaire ou linéaire .
 - 5.2 Dispersion de polarisation (PMD)
 - 5.2.1 Définition .
 - 5.2.2 Mesure de la PMD .
 - 5.2.3 Mesure de la LDV
 - 5.3 Longueur d'onde de coupure .
 - 5.4 Diamètre de mode .
 - 5.5 Surface efficace
 - 5.6 Pertes Par courbure .
- 6. **Applications Particulières**



- 6.1 Fibre à compensation de dispersion.
- 6.2 Fibre à maintien de polarisation.
- 6.3 Amplificateur à fibre optique.
- 6.4 Clivage des fibres optiques .
- 6.5 Raccordement des fibres optiques

E7120

Caractérisation des fibres optiques et réseaux Par réflectométrie.

Par André CHAMPAVÈRE

1. Réseaux optiques à caractériser.
2. Réflectométrie optique temporelle.
3. Mise en œuvre du réflectomètre en caractérisation
4. Conclusion .



“Ti301

Conversion de
L'électrique”

ÉNERGIES



TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR

Ti301

SOMMAIRE



- ◆ **S4/24799**
Accumulateurs d'énergie portable
- ◆ **S4/24800**
Composants actifs en électronique de puissance
- ◆ **S4/24801**
Composants passifs et transformateurs statiques
- ◆ **S4/24802**
Convertisseurs électriques et applications
- ◆ **S4/24803**
Différents types de machines électriques tournantes
- ◆ **S4/24804**
Électrotechnique générale
- ◆ **S4/24805**
Généralités sur les machines électriques tournantes
- ◆ **S4/24806**
Machines électriques tournantes : conception construction et commandes
- ◆ **S4/24807**
Matériaux conducteurs et plasmas
- ◆ **S4/24808**
Matériaux isolants en électrotechnique
- ◆ **S4/24809**
Matériaux magnétiques en électrotechnique
- ◆ **S4/24810**
Mesures et essais en électrotechnique
- ◆ **S4/24811**
Outils d'analyse en électronique de puissance et métrologie
- ◆ **S4/24812**
Réseaux électriques linéaires
- ◆ **S4/24813**
Systèmes électriques pour énergies renouvelables

Énergies

Conversion de l'électrique

Ti301 Conversion de l'électricité

S4/24799 Accumulateurs d'énergie portable**D3320****Piles électriques - Présentation générale .***Par* Christian SARRAZIN**1. Structure générale d'une pile**

- 1.1 Étude des solvants d'électrolytes
- 1.2 Étude des matériaux d'anode
- 1.3 Matériau de cathode
- 1.4 Séparateur.
- 1.5 Compatibilité des matériaux

2. Réactions électrochimiques**3. Caractéristiques électriques**

- 3.1 Tension
- 3.2 Capacité
- 3.3 Énergie.
- 3.4 Courbe de décharge

4. Les différents concepts

- 4.1 Piles amorcées
- 4.2 Piles amorçables

5. Formats des piles.

- 5.1 Piles amorcées
- 5.2 Piles amorçables

6. Caractéristiques des piles**7. Annexe****D3321****Piles électriques - Piles au zinc .***Par* Christian SARRAZIN**1. Piles salines (Zn/MnO₂)**

- 1.1 Généralités
- 1.2 Constituants .
- 1.3 Réaction globale de décharge
- 1.4 Caractéristiques .
- 1.5 Applications et formats.

2. Piles alcalines (Zn/MnO₂)

- 2.1 Généralités
- 2.2 Constituants .
- 2.3 Réaction globale de décharge .
- 2.4 Caractéristiques .
- 2.5 Applications et formats.

3. Piles zinc-oxyde d'argent (Zn/Ag₂O)

- 3.1 Généralités
- 3.2 Constituants .
- 3.3 Réaction globale de décharge
- 3.4 Caractéristiques .
- 3.5 Applications et formats.

4. Piles zinc-oxyde de mercure (Zn/HgO) .

- 4.1 Généralités
- 4.2 Constituants .
- 4.3 Réaction globale de décharge .
- 4.4 Caractéristiques .



4.5 Applications et formats.

5. Piles zinc-air .

5.1 Généralités

5.2 Constituants .

5.3 Réaction globale de décharge .

5.4 Caractéristiques .

5.5 Applications et formats.

D3322

Piles électriques - Piles au lithium .

Par Christian SARRAZIN

1. Présentation générale

2. Piles lithium-dioxyde de soufre

3. Piles lithium-chlorure de thionyle .

4. Piles lithium-dioxyde de manganèse

5. Piles lithium-oxyde de cuivre

6. Piles lithium-fluorure de carbone

7. Piles lithium-disulfure de fer.

8. Autres piles au lithium

D3323

Piles électriques - Piles activables .

Par Christian SARRAZIN

1. Piles magnésium-chlorure d'argent. Électrolyte : eau de mer

1.1 Généralités

1.2 Constituants .

1.3 Réaction globale de décharge

1.4 Caractéristiques et applications

2. Piles calcium-chromate de calcium. Électrolyte de sels fondus

2.1 Généralités

2.2 Constituants .

2.3 Caractéristiques .

2.4 Formats et applications.

3. Piles lithium-disulfure de fer. Électrolyte : sels fondus.

3.1 Généralités

3.2 Constituants .

3.3 Caractéristiques et applications

4. Piles plomb-dioxyde de plomb. Électrolyte :

acide fluoroborique

4.1 Généralités

4.2 Constituants .

4.3 Réaction globale de décharge

4.4 Caractéristiques .

D3334

Supercondensateurs .

Par Jean-Claude LASSÈGUES

1. Définitions et généralités .

1.1 Problèmes de terminologie

1.2 Grandeurs caractéristiques et leur mesure

1.3 Ordres de grandeur des densités d'énergie et de puissance.

Diagrammes de Ragone

2. Divers types de supercondensateurs .

2.1 Supercondensateurs électrostatiques .

2.2 Supercondensateurs électrochimiques

2.3 Dispositifs « hybrides » .



3. Matériaux

- 3.1 Electrodes bloquantes
- 3.2 Electrodes non bloquantes .
- 3.3 Electrolytes
- 3.4 Séparateurs
- 3.5 Collecteurs de courant

4. Fabrication des supercondensateurs .

- 4.1 Mise en œuvre des électrodes
- 4.2 Mise en œuvre de l'électrolyte .
- 4.3 Assemblage et connectique

5. Applications des supercondensateurs

- 5.1 Applications actuelles
- 5.2 Applications futures

6. État de l'art

- 6.1 Quelques produits commercialisés
- 6.2 Produits en cours de commercialisation ou de développement.
- 6.3 Critères d'utilisation

D3335***Applications des supercondensateurs .****Par* **Hamid GUALOUS***et* **Roland GALLAY****1. Caractérisation et performance des supercondensateurs**

- 1.1 Modélisation
- 1.2 Caractérisation
 - 1.2.1 Réponse en fonction de la fréquence
 - 1.2.2 Comportement en fonction de la tension
 - 1.2.3 Comportement thermique
 - 1.2.4 Analyse temporelle

2. Dimensionnement et équilibrage des supercondensateurs

- 2.1 Dimensionnement
- 2.2 Équilibrage

3. Applications .

- 3.1 Démarrage d'un moteur thermique
- 3.2 Alimentation d'un alternodémarrateur 2 V.
- 3.3 Association batterie – supercondensateurs .
- 3.4 Association pile à combustible – supercondensateurs .
 - 3.4.1 Alimentation auxiliaire de puissance (APU).
 - 3.4.2 Véhicule pile à combustible et supercondensateurs
- 3.5 Tramway.
- 3.6 Stockeur d'énergie embarqué

4. Conclusion .**D3336*****Supercondensateurs et convertisseurs de puissance .****Par* **Michel PINARD****1. Principe du stockage de l'énergie électrique**

- 1.1 Stockage dans des éléments passifs.
- 1.2 Sources possibles .

2. Stockage durable dans des supercondensateurs.

- 2.1 Caractéristiques et modèle d'un supercondensateur .
- 2.2 Batterie de condensateurs
- 2.3 Stockage durable de l'énergie

3. Stockage temporaire des supercondensateurs .

- 3.1 Cas du hacheur à accumulation inductive .
- 3.2 Cas du hacheur à accumulation capacitive



4. Charge capacitive variable en utilisant des supercondensateurs.

4.1 Condensateur équivalent en régime de courant continu ou lentement variable autour d'un point de fonctionnement

4.2 Condensateur équivalent en régime de courant alternatif sinusoïdal

5. Insertion d'un supercondensateur dans un système complexe

5.1 Système automatisé à accumulation capacitive

5.2 Utilisation d'un condensateur équivalent commandable dans un système automatisé .

5.3 Utilisation du supercondensateur dans une bicyclette électrique

6. Aspects économiques du développement des supercondensateurs.

6.1 Intérêt du supercondensateur

6.2 Étude comparée de coûts directs et indirects en rapport avec une batterie d'accumulateurs au plomb .

6.3 Enjeux économiques du stockage de l'énergie

6.4 Seuil de rentabilité

6.5 Évolution envisageable des coûts de fabrication

7. Conclusion

D3340

Piles à combustible .

Par **Philippe STEVENS**

Frédéric NOVEL-CATTIN

Abdel HAMMOU

Claude LAMY

Michel CASSIR

1. Principe des piles à combustible

1.1 Description de la pile hydrogène/oxygène

1.2 Cinétiques réactionnelles.

1.3 Rendements énergétiques

2. Différentes filières de piles à combustible

2.1 Présentation .

2.2 Piles à oxyde solide (SOFC)

2.3 Piles à carbonate fondu (MCFC)

2.4 Piles à acide phosphorique (PAFC)

2.5 Piles à membrane polymère (PEMFC) .

2.6 Piles à méthanol directes (DMFC)

2.7 Piles alcalines (AFC)

3. Piles métal-air .

3.1 Généralités

3.2 Pile aluminium/air.

3.3 Pile zinc-air

4. Système global

4.1 Gestion du combustible

4.2 Gestion du comburant

4.3 Gestion thermique

4.4 Convertisseur

5. Applications .

5.1 Production stationnaire.

5.2 Production embarquée

5.3 Applications portables

6. Perspectives .

Références bibliographiques .



D3342**Microbatteries - Microsources d'énergie en couches minces .**

Par Alain LEVASSEUR ; Brigitte PECQUENARD ; Philippe VINATIER ; Raphaël SALOT ; Frédéric LE CRAS
et Michel MARTIN

1. Microbatterie au lithium : principe et spécificités .
2. Matériaux.
3. Différents types d'architectures.
4. Technologies de mise en œuvre
5. Caractérisation des couches minces et des microbatteries
6. Perspectives de développement industriel

D3351**Accumulateurs - Considérations théoriques .**

Par Jack ROBERT et Jean ALZIEU

1. Présentation d'un accumulateur
2. Considérations relatives à la conversion électrochimique d'énergie
 - 2.1 Force électromotrice d'origine électrochimique
 - 2.2 Étude des surtensions
 - 2.2.1 Considérations préliminaires.
 - 2.2.2 Étude de la surtension d'activation
 - 2.2.3 Étude de la surtension (ou polarisation) de concentration .
 - 2.3 Conclusion – Caractéristiques intensité-potential d'un générateur électrochimique .

D3352**Accumulateurs - Accumulateurs au plomb .**

Par Jack ROBERT et Jean ALZIEU

1. Constitution d'un accumulateur au plomb
 - 1.1 Généralités
 - 1.2 Plaques positives
 - 1.3 Plaques négatives.
2. Processus électrochimiques de base
3. Fem d'un accumulateur au plomb et conséquences.
 - 3.1 Généralités
 - 3.2 Phénomène d'autodécharge
 - 3.3 Corrosion des grilles positives .
4. Caractéristiques électriques
 - 4.1 Généralités
 - 4.2 Décharge.
 - 4.3 Charge .
 - 4.3.1 Charge à courant constant
 - 4.3.2 Charge à intensité constante Par paliers
 - 4.3.3 Charge à tension constante
 - 4.3.4 Chargeurs commerciaux
5. Marché de l'accumulateur au plomb
 - 5.1 Batteries pour véhicules thermiques
 - 5.2 Batteries industrielles.
 - 5.3 Batteries à recombinaison ou « VRLA batteries » .
6. Causes de défaillance d'un accumulateur au plomb



D3353**Accumulateurs - Accumulateurs à oxyde de nickel .**

Par Jack ROBERT et Jean ALZIEU

1. Accumulateur nickel-cadmium

- 1.1 Introduction
- 1.2 Réactions électrochimiques et grandeurs associées
- 1.3 Constitution des accumulateurs nickel-cadmium.
 - 1.3.1 Les électrodes .
 - 1.3.2 L'électrolyte
 - 1.3.3 Montage des éléments
- 1.4 Caractéristiques électriques et champ d'application
 - 1.4.1 Accumulateurs ouverts .
 - 1.4.2 Accumulateurs étanches
- 1.5 Effet mémoire .

2. Accumulateur nickel-fer

- 2.1 Introduction
- 2.2 Réactions électrochimiques et grandeurs associées
- 2.3 Constitution des accumulateurs nickel-fer
 - 2.3.1 Électrodes
 - 2.3.2 Électrolyte
- 2.4 Performances de l'accumulateur nickel-fer

3. Accumulateur étanche nickel-hydrure métallique

- 3.1 Introduction
- 3.2 Électrode à hydrogène
- 3.3 Processus électrochimiques
- 3.4 Réalisation des accumulateurs étanches Ni-MH
- 3.5 Performances de l'accumulateur étanche Ni-MH .
 - 3.5.1 Caractéristiques en décharge
 - 3.5.2 Problèmes posés Par la charge
 - 3.5.3 Perspectives .

D3354**Accumulateurs - Accumulateurs au lithium .**

Par Jack ROBERT et Jean ALZIEU

1. Présentation des accumulateurs au lithium**2. Électrodes négatives.**

- 2.1 Électrodes négatives à base de lithium métallique .
- 2.2 Électrodes négatives à base de carbone lithié
- 2.3 Électrodes négatives à base de composés de métaux de transition

3. Électrodes positives

- 3.1 Matériaux de cathode « basse tension »
- 3.2 Matériaux de cathode « haute tension »

4. Électrolytes

- 4.1 Introduction
- 4.2 Électrolytes à base de solvants organiques et de sels de lithium
 - 4.2.1 Cas de l'accumulateur à anode de lithium
 - 4.2.2 Cas de l'accumulateur lithium-ion .
- 4.3 Électrolytes polymères

5. Accumulateurs à anode de lithium métallique et électrolyte liquide

- 5.1 Premières réalisations
- 5.2 Problèmes de sécurité dans les accumulateurs à anode de lithium.
- 5.3 Vers une structure plus efficace en termes de sécurité.
- 5.4 Commentaires

6. Accumulateurs lithium-ion .**7. Accumulateurs lithium-polymère****8. Accumulateur lithium-ion « plastique »**

9. Perspectives .

D3355**Accumulateurs - Accumulateurs à haute température.**

Par Jack ROBERT et Jean ALZIEU

1. Accumulateurs « haute température » à anode de lithium
 2. Accumulateurs (lithium-aluminium)-sulfure de fer
 3. Accumulateur sodium-soufre
 - 3.1 Alumine β
 - 3.2 Processus électrochimiques
 - 3.3 Réalisation de l'accumulateur sodium-soufre
 - 3.4 Performances des accumulateurs sodium-soufre
 - 3.5 Développement industriel de l'accumulateur sodium-soufre
 4. Accumulateur « Zebra »
 - 4.1 Structure de l'accumulateur « Zebra » et processus électrochimiques .
 - 4.2 Performances de l'accumulateur « Zebra »
 - 4.3 Groupement de cellules et mise en œuvre d'une batterie « Zebra ».
- Débouchés prévisibles

D3357**Accumulateurs - Accumulateurs « redox-flow » .**

Par Jack ROBERT et Jean ALZIEU

1. Constitution générale
2. Systèmes en développement.
 - 2.1 Système fer-chrome.
 - 2.2 Système polybromure-polysulfure
 - 2.3 Système vanadium-vanadium
3. Perspectives .

RE231**Vieillessement des accumulateurs lithium-ion dans l'automobile .**

Par Charles DELACOURT, Claude ADES, Quentin BADEY

Introduction**1 - Contexte et définitions**

- 1.1 - Contexte
- 1.2 - Quelques définitions
- 1.3 - Constitution d'un pack batterie
- 1.4 - Spécificités du besoin automobile

2 - Vieillessement des accumulateurs li-ion

- 2.1 - Fonctionnement et modes de vieillissement
- 2.2 - Les différents mécanismes électrochimiques responsables du vieillissement

3 - Modélisation du vieillissement des batteries

- 3.1 - Introduction à la modélisation
- 3.2 - Modèles électrochimiques
- 3.3 - Modèles à circuits électriques équivalents

4 - Détermination des paramètres du modèle et protocoles expérimentaux

- 4.1 - Problématique des essais
- 4.2 - Essais de caractérisation
- 4.3 - Protocoles de vieillissement
- 4.4 - De l'élément au pack batterie

5 - Validation des modèles et applications

- 5.1 - Validation des modèles
- 5.2 - Applications des modèles
- 5.3 - Précision – Fiabilité des résultats

6 - Conclusion et perspectives

D3360***Pile à combustible et cogénération.****Par Thierry PRIEM***1. Principes généraux de la cogénération.**

- 1.1 Principe de la cogénération.
- 1.2 Développement durable et réduction des gaz à effet de serre .

2. Pile à combustible pour la cogénération.

- 2.1 Principe de la pile à combustible.
- 2.2 Différents types de piles à combustible
- 2.3 Systèmes de pile à combustible pour la cogénération
 - 2.3.1 Différentes technologies de module pile à combustible
 - 2.3.2 Système de transformation du combustible
 - 2.3.3 Intégration des systèmes de micro-cogénération pile à combustible

3. Exemples de réalisation

- 3.1 Micro-cogénération domestique .
- 3.2 Cogénération collective .
- 3.3 Cycle combiné .

4. Avantages de la pile à combustible .

- 4.1 Avantages Par rapport aux autres technologies de cogénération
- 4.2 Comparaison des technologies PEMFC et SOFC pour la micro-cogénération domestique

5. Conclusion**6. Annexe – données statistiques et économiques**

- 6.1 Évolution du marché des systèmes de micro-cogénération domestique pile à combustible.
- 6.2 Coût de production des systèmes de cogénération – cas de la micro-cogénération domestique.

S4/24800**Composants actifs en électronique de puissance****** Composants actifs:****D3060*****Électronique de puissance – Bases, perspectives, guide de lecture .****Par Bruno ALLARD*

- 1. Découpage de l'énergie électrique
- 2. Électronique de puissance depuis son origine
- 3. Électronique de puissance demain
- 4. Une discipline scientifique et technique très vaste .
- 5. Rubrique vivante
 - 5.1 Outils d'analyse et métrologie .
 - 5.2 Composants passifs
 - 5.3 Composants actifs à semi-conducteur
 - 5.4 Commande et régulation des convertisseurs .
 - 5.5 Architecture des convertisseurs
 - 5.6 Applications .
- 6. Conclusion.

D3100***Composants semi-conducteurs de puissance : caractères propres .****Par Philippe LETURCO*

- 1. Rôle des semi-conducteurs en électronique de puissance .
 - 1.1 Fonction « interrupteur » .



1.2 Réalisation des interrupteurs Par des éléments semi-conducteurs

2. Caractères comportementaux

2.1 Généralités

2.2 Diode, thyristor, triac et GTO .

2.3 Transistor bipolaire, transistor MOS et IGBT

3. Caractères physiques

3.1 Objectifs de performances

3.2 Tension blocable

3.3 Courant passant.

3.3.1 Chute de tension à l'état passant

3.3.2 Surface de cristal

3.3.3 Limitations thermiques .

3.4 Commutation et limites de sécurité

3.4.1 Temps de commutation

3.4.2 Pertes d'énergie de commutation

3.4.3 Limites de sécurité

4. Éléments de comparaison des semi-conducteurs de puissance

4.1 Compromis de performances

4.2 Capacité en courant des diodes et thyristors

4.3 Capacité en courant des transistors et GTO.

4.4 Autres éléments de comparaison

D3102

Physique des semi-conducteurs de puissance .

Par **Philippe LETURCQ**

1. Propriétés électroniques du silicium

1.1 Notions élémentaires

1.2 Transport de charges

1.3 Génération, recombinaison de porteurs .

1.4 Mécanismes de génération excédentaire

1.5 Équations de continuité .

1.6 Contacts et conditions aux limites

1.7 Principales simplifications

2. Structures élémentaires. Effets fondamentaux.

2.1 Jonction PN

2.2 Contact redresseur Schottky

2.3 Effet transistor bipolaire

2.4 Effet transistor MOS.

2.5 Effet de champ de jonction

Notations .

D3104

Tenue en tension des semi-conducteurs de puissance .

Par **Philippe LETURCQ**

1. Généralités.

2. Tenue en tension des dispositifs plans.

2.1 Zone de transition de la jonction bloquante

2.2 Multiplication Par avalanche .

2.3 Claquage Par avalanche

2.4 Tension de maintien de structures bipolaires NPN ou PNP

2.5 Effet de la charge d'espace des porteurs en transit.

2.6 Effet de la température. Courant inverse

3. Terminaisons de jonction .

3.1 Effets de bord

3.1.1 Contournement, claquage superficiel

3.1.2 Courbures de jonction

3.1.3 Limitation des effets de bord.



- 3.2 Terminaisons de type « méso »
 - 3.2.1 Terminaisons en biseau
 - 3.2.2 Sillons creusés chimiquement .
- 3.3 Terminaisons de type « planar » .
 - 3.3.1 Plaque de champ
 - 3.3.2 Plaque de champ résistive
 - 3.3.3 Autoprotection des dispositifs multicellulaires
 - 3.3.4 Anneau de garde diffusé
 - 3.3.5 « Extension de jonction » implantée.
 - 3.3.6 Terminaison « Resurf »
 - 3.3.7 Anneaux diviseurs de champ
- 4. Conclusions

D3106

Composants semi-conducteurs de puissance bipolaires. Partie .

Par **Philippe LETURCQ**

1. Principes généraux.

- 1.1 Schématisation des structures bipolaires
- 1.2 Équation de diffusion ambipolaire.
- 1.3 Équation de contrôle de charge
- 1.4 Répartition des porteurs dans la zone de stockage, en régime statique
- 1.5 Dynamique des charges en commutation.
- 1.6 Tension entre contacts terminaux
- 1.7 Influence des principales non linéarités .

2. Diodes bipolaires .

- 2.1 Structure type .
- 2.2 État passant. Chute de tension directe
 - 2.2.1 Éléments de modélisation pour l'état passant
 - 2.2.2 Comportements asymptotiques
 - 2.2.3 Exemples de caractéristiques statiques
 - 2.2.4 Influence des Paramètres.
- 2.3 Comportement dynamique.
 - 2.3.1 Recouvrement inverse
 - 2.3.2 Recouvrement direct
- 2.4 Limites de sécurité

Notations et indices

Transistors bipolaires

Thyristors et composants dérivés.

D3107

Composants semi-conducteurs de puissance bipolaires. Partie .

Par **Philippe LETURCQ**

Principes généraux.

Diodes bipolaires .

1. Transistors bipolaires de puissance

- 1.1 Structure type .
- 1.2 État passant
 - 1.2.1 Mécanisme de quasi-saturation
 - 1.2.2 Éléments de modélisation
 - 1.2.3 Caractéristiques statiques
- 1.3 Comportement dynamique.
 - 1.3.1 Description simplifiée.
 - 1.3.2 Commutation sur charge inductive



- 1.4 Limites de sécurité
 - 1.4.1 Limitations en tension
 - 1.4.2 Aires de sécurité, second claquage
 - 1.5 Darlington monolithique
- 2. Thyristors et composants dérivés.**
 - 2.1 Principe
 - 2.2 Structure longitudinale, géométrie et effets bidimensionnels .
 - 2.2.1 Profil d'impuretés .
 - 2.2.2 Courts-circuits d'émetteur
 - 2.2.3 Effets de géométrie à la fermeture Par la gâchette .
 - 2.2.4 Effets de géométrie à l'ouverture Par la gâchette.
 - 2.2.5 Schématisation unidimensionnelle
 - 2.3 Chute de tension à l'état passant
 - 2.4 Dynamique des charges à la fermeture
 - 2.5 Ouverture Par inversion de polarité
 - 2.6 Ouverture Par la gâchette
 - 2.7 Différents types de thyristors et composants dérivés
- Notations et symboles**

D3108***Semi-conducteurs de puissance unipolaires et mixtes (Partie) .****Par Philippe LETURCQ***1. Principes généraux .**

- 1.1 Composants unipolaires
- 1.2 Composants mixtes unipolaires-bipolaires

2. Diodes Schottky

- 2.1 Structure type .
- 2.2 Caractéristique statique directe
- 2.3 Caractéristique statique inverse
- 2.4 Comportement dynamique.
- 2.5 Diode « Schottky-bipolaire »

3. Transistors à effet de champ de jonction et composants dérivés

- 3.1 Généralités
- 3.2 Caractéristiques statiques des transistors à effet de champ
- 3.3 Comportement dynamique.
- 3.4 Composants bipolaires dérivés

Indices et accents**Notations et symboles****Transistors MOS (Métal-Oxyde-Semiconducteur)****IGBT (Insulated Gate - Bipolar - Transistor) et autres associations MOS - bipolaires****D3109*****Semi-conducteurs de puissance unipolaires et mixtes (Partie) .****Par Philippe LETURCQ***Principes généraux .****Diodes Schottky et composants dérivés.****Transistors à effet de champ de jonction et composants dérivés****1. Transistors MOS (Métal-Oxyde-Semiconducteur)**

- 1.1 Principales structures MOS de puissance .
- 1.2 Caractéristiques d'état passant
- 1.3 Caractéristiques dynamiques
- 1.4 Limitations.



- 2. IGBT (Insulated-Gate-Bipolar-Transistor) .**
- 2.1 Structure et principe de fonctionnement des IGBT .
- 2.2 Caractéristiques d'état passant
- 2.3 Comportement dynamique.
- 2.4 Limitations.
- 2.5 Autres associations MOS-bipolaires.

Notations et symboles

D3110

Composants semi-conducteurs - Intégration de puissance monolithique .

Par **Jean-Louis SANCHEZ** et **Frédéric MORANCHO**

1. Circuits intégrés de puissance.

- 1.1 Composants de puissance intégrables
 - 1.1.1 Structures MOS de puissance conventionnelles
 - 1.1.2 Limites du silicium
 - 1.1.3 Nécessité de nouvelles approches : superjonction
- 1.2 Architectures d'isolation
 - 1.2.1 Auto-isolation
 - 1.2.2 Technologies d'isolation Par jonction
 - 1.2.3 Technologies à isolation diélectrique ou SOI
- 1.3 Conception et application des circuits intégrés de puissance
 - 1.3.1 Quelles fonctions intégrer ?
 - 1.3.2 Applications automobiles
 - 1.3.3 Applications industrielles.
 - 1.3.4 Applications électroniques portables

2. Intégration fonctionnelle

- 2.1 Spécificité
 - 2.1.1 Associations bipolaires/bipolaires .
 - 2.1.2 Associations MOS/bipolaires.
 - 2.1.3 Intégration de fonctions spécifiques.
- 2.2 Évolution de l'intégration fonctionnelle .
 - 2.2.1 Intégration de composants magnétiques
 - 2.2.2 Intégration de condensateurs
 - 2.2.3 Refroidissement intégré
 - 2.2.4 Vers une intégrationD hétérogène .

Références bibliographiques .

D3112

Semi-conducteurs de puissance - Problèmes thermiques (Partie) .

Par **Jean-Marie DORKEL**

1. Origine de la limitation en température de fonctionnement

- 1.1 Pertes à l'état passant.
- 1.2 Pertes à l'état bloqué
- 1.3 Pertes de commutation .
- 1.4 Cas général

2. Environnement thermique des composants de puissance

- 2.1 Substrats, boîtiers et radiateur.
- 2.2 Principaux mécanismes de transfert de chaleur
- 2.3 Refroidissement des composants ou circuit intégré de puissance

3. Évaluation de la température de jonction .

- 3.1 Définition pratique de la température de jonction
- 3.2 Notion de résistance thermique
- 3.3 Notion de réponse thermique transitoire



3.4 Recours au calcul tridimensionnel .

Références bibliographiques .

D3113

Semi-conducteurs de puissance - Problèmes thermiques (Partie) .

Par **Jean-Marie DORKEL**

1. Couplages électrothermiques dans les composants de puissance.

1.1 Définition électrothermique de la température de jonction

1.2 Notion d'équilibre électrothermique interne

1.3 Conditions pratiques de l'existence d'un équilibre électrothermique .

2. Fatigue thermique et fiabilité

2.1 Effets thermomécaniques et fatigue thermique

2.2 Fiabilité et tests accélérés

Références bibliographiques .

D3116

Modules et boîtiers de puissance (packaging) .

Par **Cyril BUTTAY**

1. Rôle du packaging

1.1 Tenu mécanique

1.2 Gestion thermique

1.3 Connexions électriques .

1.4 Isolation électrique interne et externe

2. Critères de choix d'un boîtier

2.1 Fiabilité.

2.2 Performances électriques.

2.3 Performances thermiques

3. Types de boîtiers

3.1 Composants discrets

3.2 Modules

4. Matériaux et fabrication.

4.1 Puce

4.2 Brasures

4.3 Fils de bonding

4.4 Substrat

4.5 Semelle

4.6 Connectique

4.7 Encapsulation

5. Conception .

5.1 Dimensionnement électrique.

5.2 Dimensionnement thermique

5.3 Effets couplés

6. Évolutions futures

6.1 Nouvelles applications

6.2 Nouveaux matériaux

6.3 Nouveaux procédés .

6.4 Nouvelles structures



D3117**Définition d'un dissipateur thermique en milieu industriel .***Par Jean-François ROCHE, Bruno ALLARD***1. Situation**

- 1.1 Cahier des charges
- 1.2 Mode de refroidissement ou transmission de chaleur
- 1.3 Simulation .
- 1.4 Calcul académique et réalité industrielle

2. Étapes principales de conception d'un convertisseur.

- 2.1 Modélisation des composants
- 2.2 Utilisation des fiches techniques et modèles de pertes
- 2.3 Boîtiers
- 2.4 Choix des composants
- 2.5 Dimensionnement d'un onduleur
- 2.6 Résistance thermique minimale
- 2.7 Choix du dissipateur
- 2.8 Dissipateurs Particuliers
- 2.9 Ventilateurs
- 2.10 Chambres à eau .
- 2.11 Systèmes autonomes.

3. Cas Particuliers .

- 3.1 Notion d'impédance thermique
- 3.2 Notion de constante de temps thermique.

4. Conclusion .**D3119****Propriétés physiques et électroniques du carbure de silicium (SiC) .***Par Christophe RAYNAUD***1. Propriétés du carbure de silicium (SiC)**

- 1.1 Diagramme binaire Si-C
- 1.2 Aspect cristallographique
- 1.3 Propriétés physiques du SiC
- 1.4 Structure de bande du SiC
- 1.5 Propriétés électroniques du SiC intrinsèque
- 1.6 Propriétés électroniques du SiC extrinsèque
 - 1.6.1 Énergies d'activation des principaux dopants
 - 1.6.2 Ionisation incomplète des dopants
 - 1.6.3 Conséquences de l'ionisation incomplète sur les mesures électriques
 - 1.6.4 Mobilité des porteurs libres et résistivité volumique .
 - 1.6.5 Résistivité volumique du SiC.
 - 1.6.6 Vitesse de saturation des porteurs libres
 - 1.6.7 Champ critique
 - 1.6.8 Coefficients d'ionisation

2. Modélisation des diodes Schottky en régime direct

- 2.1 Description du modèle développé numériquement
- 2.2 Quelques exemples de résultats .

3. Conclusion .**Références bibliographiques .**

D3120***Composants de puissance en SiC - Technologie .****Par Dominique TOURNIER*

1. Contexte
2. Aspects généraux de SiC
 - 2.1 Évolution du matériau
 - 2.2 Cristallographie
 - 2.3 Techniques de synthèse de wafers.
3. Technologies de fabrication des composants.
 - 3.1 Dopage Par implantation ionique
 - 3.2 Métallisation et formation des contacts .
 - 3.3 Oxyde de champ et passivation
 - 3.4 Encapsulation haute température
4. Interrupteurs de puissance en SiC
 - 4.1 Redresseurs
 - 4.2 Interrupteurs
 - 4.3 Conclusion.
5. Conclusions .
- Références bibliographiques .

D3122***Composants de puissance en SiC - Applications .****Par Dominique TOURNIER*

1. Contexte
2. Applications phares
 - 2.1 Contexte
 - 2.2 Traction électrique et véhicules hybrides
 - 2.3 Traction électrique : train, bateau
 - 2.4 Correction de facteur de puissance PFC .
 - 2.5 Applications haute température
 - 2.6 Conclusion sur les applications pour l'électronique de puissance.
3. Application spécifique : limitation de courant
 - 3.1 Contexte
 - 3.2 Structures proposées .
 - 3.3 Validation expérimentale : comportement dynamique des limiteurs de courant
 - 3.4 Limitation de courant de démarrage : machines à courant continu .
 - 3.5 Conclusion .
4. Conclusions et perspectives
 - 4.1 Composants et applications
 - 4.2 Applications et économie : bilan et perspectives

D3126***Fatigue des composants électroniques de puissance - Physique de défaillance .****Par Mounira BOUARROUDJ-BERKANI et Laurent DUPONT*

1. Problématique .
 - 1.1 Besoins.
 - 1.2 Sécurité de fonctionnement
 - 1.3 Intégration des convertisseurs de puissance
2. Technologies d'intégration pour l'électronique de puissance .
 - 2.1 Niveau I : puces actives .
 - 2.2 Niveau II : assemblage
 - 2.3 Connexions
 - 2.4 Niveau III : encapsulation .
3. Domaines et contraintes applicatives



- 3.1 Automobile
- 3.2 Avionique
- 3.3 Ferroviaire
- 3.4 Autres
- 4. Mode de dégradation des technologies d'intégration .**
 - 4.1 Au niveau de la puce
 - 4.2 Au niveau de l'assemblage .
- 5. Durée de vie des modules sous contraintes thermiques**
 - 5.1 Fiabilité et limites liées au domaine de l'intégration de puissance
 - 5.2 Fiabilité Par une approche physique vers la robustesse
- 6. Conclusion et synthèse**

** Étages de pilotage rapproché:

D3230 *Commande des semi-conducteurs de puissance : contextes .*

Par **Stéphane LEFEBVRE, Bernard MULTON et Nicolas ROUGER**

- 1. Rôle des circuits de commande de CSCP .**
- 2. Le CSCP dans son environnement**
 - 2.1 Le CSCP et sa commande dans la cellule de commutation
 - 2.2 Les composants de puissance à semi-conducteur grand gap et les nouveaux concepts de transistors en silicium .
 - 2.3 L'intégration du CSCP et de ses périphériques .
- 3. Le CSCP dans une cellule de commutation.**
 - 3.1 Commutation commandée idéale .
 - 3.2 Commutations spontanées et assistées.
 - 3.3 Influence du circuit de commande sur les vitesses de commutation .
 - 3.4 Comportement spécifique des CSCP en régime de commutation
 - 3.5 Formes d'ondes expérimentales de commutation .
- 4. Vers les cellules de commutation réelles et leurs Particularités**
 - 4.1 Interactions spécifiques entre les CSCP et leurs circuits de pilotage
 - 4.2 Impacts du packaging : effets des mailles de puissance et de commande
 - 4.3 Gestion optimale du temps mort
- 5. Conclusion**

D3231 *Commande des semi-conducteurs de puissance : principes .*

Par **Stéphane LEFEBVRE, Bernard MULTON et Nicolas ROUGER**

- 1. Caractéristiques des thyristors et triacs en vue de leur commande**
 - 1.1 Spécificités de commande des thyristors .
 - 1.2 Thyristors à amorçage optique (LTT)
 - 1.3 Spécificités de commande des triacs
- 2. Caractéristiques des transistors bipolaires et thyristors blocables (GTO) en vue de leur commande**
 - 2.1 Transistors bipolaires de puissance .
 - 2.2 Thyristors GTO et GCT .
- 3. Caractéristiques des transistors à grille en vue de leur commande**
 - 3.1 Influence du circuit de commande sur les performances des composants à grille
 - 3.2 Principales caractéristiques de commande des transistors MSFET de puissance
 - 3.3 Commutations



- 3.4 Spécificités des transistors IGBT
- 3.5 Spécificités des transistors MOSFET SiC.
- 3.6 Spécificités des transistors HEMT Gan .
- 4. Conclusion

D3232**Composants bipolaires : circuits de commande .**

Par **Stéphane LEFEBVRE**, **Bernard MULTON**
et **Nicolas ROUGER**

1. Circuits de commande pour thyristors

- 1.1 Contexte.
- 1.2 Principes de commande
 - 1.2.1 Mise en forme de l'impulsion de commande.
 - 1.2.2 Train d'impulsions pour thyristors
 - 1.2.3 Auto-alimentation du circuit d'amorçage .

2. Circuits de commande pour triacs**3. Circuits de commande pour transistors bipolaires (Bipolar Junction Transistors)**

- 3.1 Principes de commande
- 3.2 Montage cascode .
- 3.3 Exemple de circuit de commande pour transistors bipolaires SiC

4. Circuits de commande pour thyristors GTO et GCT .

- 4.1 Commande de gâchette pour GTO
 - 4.1.1 Principes
 - 4.1.2 Protection contre les régimes de courts-circuits
- 4.2 Commande dure (ou hard drive) pour thyristor GTO : Gate Controlled Thyristor (GCT) .
- 4.3 Du GCT à l'IGCT

5. Conclusion**D3233****MOSFET et IGBT : circuits de commande .**

Par **Stéphane LEFEBVRE**
et **Bernard MULTON**

1. Dimensionnement**2. Protection contre les courts-circuits .**

- 2.1 Détection Par mesure de la désaturation
- 2.2 Détection Par mesure du courant
- 2.3 Mise en œuvre d'une protection .

3. Transistors low side

- 3.1 Principe
- 3.2 Circuits intégrés de commande

4. Transistors high side.

- 4.1 Problématique.
- 4.2 Transmission des impulsions de commande
- 4.3 Alimentations
- 4.4 Isolation simultanée de la commande et des alimentations
Par transformateur d'impulsion

5. IGBT de forte puissance.

- 5.1 Principes de commande
- 5.2 Circuits hybrides de commande

Références bibliographiques .

D3234***MOSFET et IGBT : circuits de commande, sécurisation et protection du composant à semi-conducteur.****Par Nicolas GINOT , Christophe BATARD et Philippe LAHAYE***1. Du driver élémentaire au driver évolué .**

- 1.1 La fonction driver élémentaire.
- 1.2 Les fonctions d'un driver évolué
- 1.3 Produits industriels .

2. Transmission des ordres de commande

- 2.1 Génération et transmission des impulsions d'amorçage et de blocage
- 2.2 Étage de sortie des commandes rapprochées

3. Mise en œuvre des fonctions de surveillance

- 3.1 Choix des tensions de référence.
- 3.2 Méthodes de surveillance de la tension aux bornes du composant de puissance

4. Mécanismes de protection associés

- 4.1 Gestion de l'erreur
- 4.2 Mise en œuvre du Soft Shut Down (SSD)
- 4.3 Structure à Active Clamping .

5. Conclusion**S4/24801****Composants passifs et transformateurs statiques****D3010*****Condensateurs utilisés en électronique de puissance****Par Gérard MOURIÈS***1. Particularités de ces condensateurs D**

- 1.1 Généralités. Schéma équivalent
- 1.2 Contraintes
- 1.3 Limitations.
- 1.4 Inductance série.
- 1.5 Résumé

2. Technologies utilisées

- 2.1 Familles technologiques
- 2.2 Diélectriques
 - 2.2.1 Matériaux isolants solides
 - 2.2.2 Imprégnants .
 - 2.2.3 Domaines d'applications
- 2.3 Réalisations de condensateurs.
 - 2.3.1 Objectifs
 - 2.3.2 Configurations technologiques
- 2.4 Condensateurs au papier.
 - 2.4.1 Condensateur avec armatures en bande
 - 2.4.2 Condensateur au papier métallisé .
- 2.5 Condensateurs à diélectrique plastique .
 - 2.5.1 Condensateur au polypropylène .
 - 2.5.2 Condensateur au polyester (Mylar)
- 2.6 Condensateurs électrolytiques.
 - 2.6.1 Condensateurs électrolytiques aluminium
 - 2.6.2 Condensateur double couche
- 2.7 Boîtiers et refroidissement .
- 2.8 Coût relatif des différents types de condensateurs .

3. Emplois et spécifications

- 3.1 Généralités
- 3.2 Condensateurs de filtrage des redresseurs à fréquence industrielle
- 3.3 Condensateurs de découplage.
- 3.4 Condensateurs de commutation.



- 3.4.1 Contraintes diélectriques .
- 3.4.2 Contraintes dues à l'effet Joule et à la fréquence.
- 3.5 Condensateurs de résonance
- 3.6 Condensateurs d'aide à la commutation des semiconducteurs .
- 3.7 Condensateurs de stockage d'énergie.

D3015**Transformateurs piézoélectriques**

Par **Emmanuel SARRAUTE**, **Dejan VASIC** et **François COSTA**

1. Généralités.

- 1.1 Applications .
- 1.2 Rappels
- 1.3 Principes et structures
 - 1.3.1 Structures à mode transversal (type)
 - 1.3.2 Structures à modes transversal et longitudinal couplés (type)
 - 1.3.3 Structures à mode épaisseur (type)
 - 1.3.4 Structures à mode planaire (type)

2. Modélisation.

- 2.1 Schéma électromécanique équivalent.
- 2.2 Calcul des éléments du schéma
- 2.3 Identification des éléments du schéma

3. Analyse des caractéristiques électriques

- 3.1 Fonctions de transfert des grandeurs caractéristiques .
- 3.2 Influence de la fréquence.
- 3.3 Influence de la charge
 - 3.3.1 Influence sur la fréquence de résonance
 - 3.3.2 Influence sur le gain, la puissance et le rendement
- 3.4 Limites d'utilisation .

4. Mise en œuvre dans les convertisseurs statiques .

- 4.1 Spécificités des convertisseurs statiques à transformateurs piézoélectriques .
- 4.2 Famille de structures et régimes de commande
 - 4.2.1 Conversion DC/AC : régime de commutation à zéro de tension (ZVS) au primaire
 - 4.2.2 Conversion DC/DC
- 4.3 Principes de commande

D3040**Bobine à noyau de fer en régime variable**

Par **François LEPLUS**

1. Bobine Parfaite

- 1.1 Inductances propre, principale et de fuites
- 1.2 Équations. Schéma équivalent .
- 1.3 Dimensionnement. Principes généraux
 - 1.3.1 Catégories de matériaux magnétiques
 - 1.3.2 Principes de dimensionnement

2. Bobine réelle.

- 2.1 Influence de la saturation du circuit magnétique .
- 2.2 Bobine sans pertes Par courants de Foucault .
 - 2.2.1 Bobine alimentée Par une tension sinusoïdale
 - 2.2.2 Schéma équivalent
 - 2.2.3 Influence d'une composante continue.
- 2.3 Bobine avec pertes Par courants de Foucault .
 - 2.3.1 Influence des courants de Foucault
 - 2.3.2 Schéma équivalent
 - 2.3.3 Pertes fer.
- 2.4 Influence de la tension d'alimentation.
 - 2.4.1 Évolution des pertes fer en fonction de la fréquence .



- 2.4.2 Influence de la valeur efficace de la tension d'alimentation
- 2.4.3 Influence de la composante continue
- 2.5 Calcul d'une bobine à noyau de fer

3. Modélisation numérique

- 3.1 Équations. Schéma équivalent .
- 3.2 Résolution des équations.
- 3.3 Identification des éléments du schéma équivalent .
- 3.4 Exemples de modélisation de la caractéristique $b(h)$.
- 3.4.1 Caractéristique $b(h)$ sans hystérésis .
- 3.4.2 Modèle pour champs faibles .
- 3.4.3 Modèle prenant en compte l'hystérésis et la saturation
- 3.4.4 Exemple de modélisation

4. Conclusion .

D3050

Transformateurs statiques - Principes et fonctionnement

Par **Georges MANESSE**

1. Méthode des composantes symétriques

- 1.1 Principe
- 1.2 Composantes symétriques triphasées.
 - 1.2.1 Matrice de Fortescue [F3] .
 - 1.2.2 Matrice de transformation inverse [F3]
- 1.3 Distribution triphasée.
 - 1.3.1 Connexion d'un récepteur symétrique au réseau.
 - 1.3.2 Composantes symétriques des grandeurs simples et composées
 - 1.3.3 Récepteur passif symétrique .
- 1.4 Détermination des composantes symétriques
 - 1.4.1 Composantes directe et inverse
 - 1.4.2 Composante homopolaire d'un système étoilé .
- 1.5 Méthode de Fortescue généralisée
 - 1.5.1 Matrices de Fortescue d'ordre q
 - 1.5.2 Théorème de Fortescue généralisé.
 - 1.5.3 Système diphasé déséquilibré en amplitude
- 1.6 Puissances en régime sinusoïdal
 - 1.6.1 Cas monophasé .
 - 1.6.2 Alimentation à quatre fils .
 - 1.6.3 Alimentation monophasée d'un récepteur triphasé
 - 1.6.4 Liaison équilibrée en tension et courant.
 - 1.6.5 Alimentation à trois fils équilibrée en tension et déséquilibrée en courant
- 1.7 Applications des composantes symétriques
 - 1.7.1 Quantification du déséquilibre d'un réseau
 - 1.7.2 Calcul des courants de court-circuit

2. Transformateurs

- 2.1 Transformateur monophasé
 - 2.1.1 Bobine à noyau de fer
 - 2.1.2 Circuits couplés
 - 2.1.3 Constitution des transformateurs de distribution.
 - 2.1.4 Transformateur alimenté Par une source de tension sinusoïdale
- 2.2 Groupements de transformateurs monophasés
 - 2.2.1 Association en Parallèle
 - 2.2.2 Groupements triphasés de transformateurs monophasés.
- 2.3 Transformateurs triphasés
 - 2.3.1 Circuits magnétiques des transformateurs triphasés
 - 2.3.2 Admittances magnétisantes cycliques des transformateurs triphasés
 - 2.3.3 Court-circuit « phase-neutre » au secondaire d'un transformateur YNyn4.



Références bibliographiques

D3057**Éléments passifs intégrés**Par **Matthieu NONGAILLARD****1. Problématiques de l'intégration .**

- 1.1 Contraintes technologiques
- 1.2 Co-intégration et technologies spécialisées .
- 1.3 Élément de fiabilité
- 1.4 Variabilité et étapes critiques de réalisation .

2. Résistances

- 2.1 Principales caractéristiques et structures
- 2.2 Procédé de fabrication
- 2.3 Améliorations envisagées

3. Inductances

- 3.1 Principales caractéristiques et structures
- 3.2 Procédé de fabrication
- 3.3 Améliorations envisagées
- 3.4 Utilisation Particulière : transformateurs

4. Capacités .

- 4.1 Principales caractéristiques et structures
- 4.2 Procédé de fabrication
- 4.3 Améliorations développées
 - 4.3.1 Nouveaux diélectriques .
 - 4.3.2 Nouvelles structures

D3058**Transformateurs HF à enroulements - Schémas à constantes localisées**Par **Jean-Pierre KERADEC****1. Élaboration du circuit équivalent****2. Séparations simplificatrices**

- 2.1 Séparation de la Partie électrostatique
- 2.2 Séparation des pertes statiques

3. Représentations traditionnelles du couplage magnétique

- 3.1 Transformateur Parfait
- 3.2 Transformateur à deux enroulements .
- 3.3 Transformateur à trois enroulements
- 3.4 Circuits équivalents pour transformateurs à n enroulements

4. Représentation actuelle du couplage magnétique .

- 4.1 Coupleurs
- 4.2 Présentation intuitive de la méthode d'élaboration.
- 4.3 Justification matricielle .
- 4.4 Élaboration des circuits équivalents. Simplifications .
- 4.5 Pratique de l'élaboration de circuits équivalents
- 4.6 Bilan relatif à la représentation du couplage magnétostatique

5. Représentation des pertes dynamiques du couplage magnétique

- 5.1 Représentation large bande des pertes dynamiques .
- 5.2 Évaluation des pertes : ponctuelle ou large bande
- 5.3 Représentation des pertes fer
- 5.4 Représentation des pertes Par courants induits.

6. Représentation du couplage électrostatique

- 6.1 Objectif et idées directrices .
- 6.2 Propriétés générales de la matrice capacitance. Matrice de couplage
- 6.3 Première représentation et premiers succès de l'approche globale .
- 6.4 Prise en compte progressive du couplage capacitif



6.5 Circuits à capacités uniquement positives.

7. Conclusion

D3059

Transformateurs HF à enroulements - Identification expérimentale.

Par **Jean-Pierre KÉRADEC**

1. Mesures à entreprendre

1.1 Caractérisation d'un système linéaire passif à entrées multiples .

1.2 Intérêt des mesures à vide et en court-circuit

2. Choix du matériel et précautions expérimentales .

2.1 Choix des appareils et des techniques mises en œuvre.

2.2 Compensation de court-circuit et impédance du court-circuit

2.3 Intérêt des mesures redondantes. Indice de confiance

3. Identification expérimentale de la Partie inductive .

3.1 Circuit équivalent avec pertes

3.2 Transformateur à deux enroulements

3.3 Transformateur à trois enroulements

4. Identification expérimentale de la Partie capacitive

4.1 Circuits équivalents sans et avec coupleurs .

4.2 Choix des mesures et indétermination.

4.3 Chronologie des mesures électrostatiques

5. Identification complète d'un transformateur planar à 3 enroulements .

5.1 Présentation. Mesures préliminaires. Stratégie d'acquisition .

5.2 Correction de l'erreur de court-circuit secondaire .

5.3 Identification et modélisation du couplage magnétique

5.4 Identification et modélisation du couplage électrostatique .

6. Conclusion.

S4/24802

Convertisseurs électriques et applications

**** Principes fondamentaux:**

D3060

Électronique de puissance – Bases, perspectives, guide de lecture

Par **Bruno ALLARD**

1. Découpage de l'énergie électrique

2. Électronique de puissance depuis son origine

3. Électronique de puissance demain

4. Une discipline scientifique et technique très vaste .

5. Rubrique vivante

5.1 Outils d'analyse et métrologie .

5.2 Composants passifs

5.3 Composants actifs à semi-conducteur

5.4 Commande et régulation des convertisseurs .

5.5 Architecture des convertisseurs

5.6 Applications .

6. Conclusion .



D3075***Des Dipôles à la cellule de commutation****Par Henri FOCH, Michel METZ, Thierry MEYNARD, Hubert PIQUET et Frédéric RICARDEAU***1. Notions de dipôle passif, dipôle actif et de source**

1.1 Définitions et conventions

1.2 Caractéristiques statiques

1.3 Sources statiques .

1.4 Sources instantanées .

1.5 Évolution de la nature des sources dans le domaine fréquentiel

2. Point de fonctionnement

2.1 Existence et sensibilité du point de fonctionnement

2.2 Stabilité du point de fonctionnement de deux dipôles interconnectés

3. Dipôles à la cellule de commutation

3.1 Connexion directe des dipôles : Règle sur la nature des dipôles .

3.2 Condition de contrôle de l'échange d'énergie. Modèle résistif binaire

3.3 Conséquences induites Par la présence d'interrupteurs: modèle pour la commutation

3.4 Cellule de commutation

3.5 Cellule de commutation pour source de tension polyphasée

4. Modèles de cellule de commutation**5. Conclusion .****D3076*****Synthèse fonctionnelle des interrupteurs dans la cellule de commutation****Par Henri FOCH, Michel METZ**Thierry MEYNARD, Hubert PIQUET et Frédéric RICARDEAU***1. Objectifs****2. Commutation dans la cellule. Causalité**

2.1 Bases .

2.2 Représentation des interrupteurs dans le plan i K (v K)

2.3 Mise en équation de la cellule

2.4 Relations de causalité entre les interrupteurs de la cellule

3. Synthèse fonctionnelle des interrupteurs dans la cellule de commutation**3.1 Conventions dans le contexte de la cellule**

3.2 Complémentarité des états des interrupteurs dans la cellule

3.3 Caractéristiques électriques des interrupteurs de la cellule

4. Conclusion**D3077*****De La Gestion des contraintes de commutation à la commutation douce****Par Henri FOCH, Michel METZ**Thierry MEYNARD, Hubert PIQUET et Frédéric RICARDEAU***1. Gestion des contraintes de commutation**

1.1 Principe

1.2 Cas du hacheur

1.3 Cas des onduleurs.

1.4 Circuits usuels utilisés pour les composants modernes

2. Introduction à la commutation douce

2.1 Degrés de liberté

2.2 Caractéristiques principales des convertisseurs

à commutation douce



3. Conclusion

**** Convertisseurs:****D3167****Convertisseurs de type foirard - Dimensionnement magnétique .***Par Damien RISALETTO***1. Contexte****2. Transformateur**

2.1 Position du problème

2.2 Principe du dimensionnement

2.3 Circuit magnétique (circuit « fer »)

2.4 Enroulements (circuit « cuivre »)

2.5 Relation entre dimensions et puissance

2.6 Réalisation pratique

2.7 Exemple de dimensionnement

2.8 Cas d'un rapport cyclique maximal quelconque

3. Inductance de lissage

3.1 Position du problème

3.2 Relation entre l'énergie stockée et le volume

3.3 Principe du dimensionnement

3.4 Relations conduisant au dimensionnement de l'inductance

3.5 Quelques critères de dimensionnement d'une inductance de type foirard .

3.6 Exemple de dimensionnement

4. Conclusion**5. Annexe****D3168****Association de cellules de commutation - Éléments de synthèse des convertisseurs statiques .***Par Henri FOCH**Philippe LADOUX, Hubert PIQUET***1. Cellules de commutation en tant qu'éléments constitutifs d'associations**

1.1 Propriétés fondamentales

1.2 Représentation graphique des propriétés fondamentales

1.3 Caractérisation de la cellule de commutation .

1.4 Modes de fonctionnement de la cellule : commande et contrôle

1.5 Propriétés fonctionnelles découlant du caractère abaisseur de tension de la cellule

2. Associations de cellules .

2.1 Caractéristiques des dipôles et règles d'association

2.2 Associations différentielles .

2.3 Associations Parallèles de cellules .

3. Associations de cellules et propriétés de réversibilité

3.1 Réversibilités intrinsèques et structurelles

3.2 Enjeux de la prise en compte des réversibilités : filtrage et réversibilités en puissance .

4. Conclusion

D3170**Convertisseurs continu alternatif et alternatif continu par***Par Henri FOCH, Yvon CHÉRON, et Raphaël ARCHES, Bernard ESCAUT, Pierre MARTY, Michel METZ*

1. Commutateur de courant ou onduleur de tension .
2. Caractéristiques

D3171**Commutateurs de courant***Par Henri FOCH, Yvon CHÉRON, et Raphaël ARCHES, Bernard ESCAUT**Pierre MARTY, Michel METZ*

1. Redresseurs ou commutateurs
2. Propriétés

D3172**Commutateurs de courant - Structures élémentaires***Par Henri FOCH, Yvon CHÉRON et Raphaël ARCHES**Bernard ESCAUT, Pierre MARTY, Michel METZ.*

1. **Commutateur monophasé de courant**
 - 1.1 Structure monophasée de base
 - 1.2 Fonction de modulation
 - 1.3 Modes de modulation
 - 1.4 Interrupteurs
 - 1.5 Angle de contrôle .
2. **Commutateur triphasé de courant**
 - 2.1 Structure triphasée de base
 - 2.2 Fonction de modulation
 - 2.3 Modes de modulation
 - 2.4 Interrupteurs
 - 2.5 Angle de contrôle .
3. **Commutateur polyphasé de courant**

D3173**Commutateurs de courant à thyristors .***Par Henri FOCH, Yvon CHÉRON et Raphaël ARCHES**Bernard ESCAUT, Pierre MARTY, Michel METZ*

1. **Commutateurs monophasés de courant .**
 - 1.1 Commutateur à thyristors
 - 1.1.1 Structure élémentaire.
 - 1.1.2 Commande des thyristors en modulation symétrique
 - 1.1.3 Étude du fonctionnement
 - 1.2 Pont redresseur monophasé à diodes .
 - 1.3 Pont redresseur monophasé mixte symétrique.
 - 1.3.1 Commande et formes d'onde
 - 1.3.2 Grandeurs caractéristiques.
 - 1.4 Pont redresseur monophasé mixte dissymétrique
 - 1.5 Pont redresseur monophasé mixte avec diode de roue libre
2. **Commutateurs triphasés de courant**
 - 2.1 Commutateur à thyristors
 - 2.1.1 Structure élémentaire.
 - 2.1.2 Commande des thyristors en modulation symétrique
 - 2.1.3 Étude du fonctionnement



- 2.1.4 Groupement en triangle des sources de tension
- 2.2 Pont redresseur triphasé à diodes .
- 2.3 Pont redresseur triphasé mixte
 - 2.3.1 Commande et formes d'onde
 - 2.3.2 Grandeurs caractéristiques.
- 2.4 Pont redresseur triphasé mixte avec diode de roue libre
- 3. Groupements de convertisseurs. Montages complexes**
 - 3.1 Groupement en série
 - 3.1.1 Principe
 - 3.1.2 Groupement en série de deux ponts monophasés .
 - 3.1.3 Groupement en série de deux ponts triphasés
 - 3.2 Groupement en Parallèle .
 - 3.2.1 Principe
 - 3.2.2 Groupement en Parallèle de deux ponts triphasés .
- 4. Commutateurs polyphasés de courant à thyristors**
 - 4.1 Étude de la tension redressée
 - 4.2 Étude du courant alternatif .
 - 4.3 Cas d'un montage polygonal des sources de tension
- 5. Commutateurs de courant réversibles en courant continu**
 - 5.1 Montages réversibles à logique d'inversion
 - 5.2 Montages réversibles à courant de circulation

D3174**Fonctionnement avec sources réelles des commutateurs à thyristors .**Par **Henri FOCH, Yvon CHÉRON**et **Raphaël ARCHES, Bernard ESCAUT, Pierre MARTY et Michel METZ**

- 1. Prise en compte de l'imperfection des sources**
 - 1.1 Généralités
 - 1.2 Modèles applicables au réseau continu .
 - 1.3 Modèles applicables au réseau alternatif
 - 1.4 Schéma général .
- 2. Prise en compte de l'imperfection du réseau alternatif**
 - 2.1 Commutateur monophasé de courant.
 - 2.1.1 Présentation du problème
 - 2.1.2 Étude de la commutation.
 - 2.1.3 Formes d'onde et conséquences de l'empiètement
 - 2.1.4 Influence de la résistance.
 - 2.1.5 Caractéristiques de charge du côté continu .
 - 2.2 Commutateur triphasé de courant .
 - 2.2.1 Présentation du problème
 - 2.2.2 Étude de la commutation.
 - 2.2.3 Formes d'onde et conséquences de l'empiètement
 - 2.2.4 Influence de la résistance.
 - 2.2.5 Caractéristiques de charge du côté continu .
 - 2.2.6 Tension aux bornes du réseau
 - 2.2.7 Empiètements multiples
- 3. Prise en compte de l'imperfection du réseau continu**
 - 3.1 Circuit général.
 - 3.2 Conduction continue et conduction discontinue
 - 3.2.1 Généralités
 - 3.2.2 Fonctionnement en conduction continue
 - 3.2.3 Fonctionnement en conduction discontinue
 - 3.3 Régime de conduction continue



- 3.3.1 Équations générales
- 3.3.2 Courant continu IC
- 3.3.3 Forme du courant alternatif IA
- 3.3.4 Influence de la commutation sur la forme d'onde des courants.
- 3.4 Régime de conduction discontinue
- 3.4.1 Cas d'un redresseur fonctionnant sur charge passive (R, L et E =)
- 3.4.2 Cas d'un redresseur-onduleur fonctionnant sur charge active (R, L, E)

D3176***Onduleurs de tension - Structures. Principes. Applications .***

Par **Henri FOCH, François FOREST**
et **Thierry MEYNARD**

1. Domaines d'applications classiques

- 1.1 Configurations typique à fréquence Xe
- 1.2 Configurations typique à fréquence variable

2. Principes fondamentaux.

- 2.1 Cellule de commutation.
 - 2.1.1 La cellule d'onduleur
 - 2.1.2 Mécanismes de commutation
 - 2.1.3 Commande de la cellule
 - 2.1.4 Fonction de modulation de la cellule.
- 2.2 Principes de la conversion continu-alternatif
 - 2.2.1 Génération alternative Par modulation de largeur d'impulsion
 - 2.2.2 Génération alternative Par niveaux
- 2.3 Cellules multi niveaux
 - 2.3.1 Différentes structures
 - 2.3.2 Commande.
 - 2.3.3 Influence de la fréquence de modulation. Réalisation des sources indépendantes .
- 2.4 Structures principales .
 - 2.4.1 Concept du montage différentiel .
 - 2.4.2 Onduleur monophasé en pont
 - 2.4.3 Onduleur triphasé en pont

3. Généralisation de la fonction onduleur.

- 3.1 Mécanismes de transfert de puissance
- 3.2 Applications futures sur les réseaux
 - 3.2.1 Généralités .
 - 3.2.2 Filtres actifs et compensateurs
 - 3.2.3 Redresseurs MLI .
 - 3.2.4 Gestion de l'énergie sur les réseaux : les UPFC .

Références bibliographiques**D3177*****Onduleurs de tension - Mise en œuvre***

Par **Henri FOCH**

François FOREST et Thierry MEYNARD

1. Techniques de modulation (filtrage actif)

- 1.1 Les grandes familles de modulation.
- 1.2 Dynamique des tensions de sortie d'un onduleur triphasé
- 1.3 Commandes en courant

2. Filtrage passif .

- 2.1 Filtrage d'entrée.
- 2.2 Filtrage de sortie



3. Réalisation, commande et protection d'un bras d'onduleur .

- 3.1 Composants de puissance
- 3.2 Transmission dynamiquement isolée des signaux et de la puissance de commande
- 3.3 Retards et temps morts.
- 3.4 Protections
- 3.5 Conception du circuit de puissance

Références bibliographiques .**D3180*****Structures de redondances et principes de reconfiguration de l'onduleur de tension****Par Frédéric RICHARDEAU**et Arnaud GAILLARD***1. Les structures de l'onduleur de tension sans redondance : classification et éléments de comparaison .**

- 1.1 Sans redondance avec neutre connecté au point milieu du bus continu
 - 1.1.1 Cas du mode diphasé 20°
 - 1.1.2 Cas du mode diphasé 0°
- 1.2 Sans redondance avec phase connectée au point milieu du bus continu

2. Les structures de l'onduleur de tension avec redondance : classification et éléments de comparaison .

- 2.1 Redondance active
 - 2.1.1 Cas d'une mise en série de composants et de l'imbrication sérialisée de cellules de commutation
 - 2.1.2 Cas d'une mise en Parallèle de composants et de cellules de commutation
 - 2.1.3 Cas d'une mise en série ou différentielle de structures en pont
 - 2.1.4 Cas d'une mise en Parallèle de structures en pont.
- 2.2 Redondance passive
- 2.3 Redondance système.
- 2.4 Redondance Par mutualisation

3. Conclusion**D3179*****Modes de défauts principaux et principes de sécurisation de l'onduleur de tension .****Par Frédéric RICHARDEAU et Arnaud GAILLARD***1. Contexte de la problématique .**

- 1.1 Rappels des spécificités
- 1.2 Retours d'expérience .
- 1.3 Objectif des articles.
- 1.4 Généricité et spécificités de l'onduleur de tension .

2. Les approches de solutions Par domaine d'application et de criticité

- 2.1 Applications peu critiques
- 2.2 Applications moyennement critiques .
- 2.3 Applications hautement critiques

3. Introduction aux modes de défaut et à leur gestion sécuritaire

- 3.1 Analyse globale à l'échelle de la source et de la charge .
- 3.2 Analyse locale : formes d'ondes en régime extrême de court-circuit(s) interne(s)
- 3.3 Analyse locale : modes de défaillance à l'échelle des composants semi-conducteurs d'un bras d'onduleur
- 3.4 Analyse locale : approche de sécurisation
- 3.5 Synthèse globale de sécurisation



D3178**Association de convertisseurs assurant une liaison énergétique .***Par Henri FOCH, Philippe LADOUX et Hubert PIQUET***1. Règles fondamentales d'association****2. Conversion à liaison intermédiaire en continu**

2.1 Sources d'entrée et de sortie de même nature

2.2 Sources d'entrée et de sortie de natures différentes

3. Conversion à liaison intermédiaire alternative

3.1 Conversion tension-courant à liaison alternative directe .

3.2 Conversion tension-tension à liaison alternative en courant .

3.2.1 Contrôle de la puissance moyenne au niveau du lien alternatif

**** Applications:****D3278****Apport de l'électronique de puissance pour la traction électrique .***Par Marc DEBRUYNE***1. Trois révolutions technologiques**

1.1 Vapeur

1.2 Électricité

1.3 Électronique de puissance

2. Interrupteurs électroniques en traction électrique

2.1 Thyristor : premier semi-conducteur contrôlé.

2.2 Thyristor GTO

2.3 Transistor IGBT

3. Évolution des schémas de puissance en traction électrique.

3.1 Historique

3.2 Simplification – Compacité – Performance

3.3 Efficacité énergétique en alimentation alternative monophasée.

3.4 Standardisation des schémas et des sous-ensembles

4. Traction électrique du futur

4.1 Nouveaux challenges .

4.2 Moteurs synchrones à aimants permanents

4.3 Management de l'énergie électrique et autonomie .

5. Conclusion**D3235****Applications des éléments piézoélectriques en électronique de puissance***Par Dejan VASIC**et François COSTA***1. Applications de puissance des matériaux piézoélectriques**

1.1 Généralités.

1.2 Matériaux piézoélectriques utilisés en puissance .

1.3 Classification des modes de conversions d'énergie au regard des applications

2. Conversion mécanique/électrique (récupération d'énergie)

2.1 Domaines d'applications

2.2 Modélisation .

2.3 Convertisseurs associés à la récupération d'énergie

2.4 Micro générateur à large bande passante

3. Conversion électrique/mécanique (génération ultrasonore et actionnement)

- 3.1 Généralités.
- 3.2 Commande d'actionneur piézoélectrique
- 3.3 Commande des générateurs ultrasonores
- 4. Conversion électro-mécano-électrique (transformateur électrique) .**
- 4.1 Généralités.
- 4.2 Rappel du modèle du transformateur
- 4.3 Étage d'entrée des convertisseurs à des transformateurs piézoélectriques .
- 4.4 Alimentation de lampe à cathodes froides
- 4.5 Alimentation DC/DC .

**** Commande des convertisseurs et des machines électriques:**

D2900

Introduction à la commande numérique des machines électriques .

Par Mohamed Wissem NAOUAR

Éric MONMASSON, Ilhem SLAMA BELKHODJA

et Ahmad Ammar NAASSANI

1. Évolution des implantations de commandes

- 1.1 Solutions numériques logicielles
- 1.2 Solutions numériques matérielles
- 1.3 Solutions numériques hybrides
- 1.4 Comparaison entre les différentes solutions d'implantation .

2. Structure de commande .

3. Exemples illustratifs

- 3.1 Réalisation numérique de la MLI .
- 3.2 Contrôle de la vitesse d'une machine synchrone .

4. Conclusion

D2901

Commande prédictive des machines électriques tournantes .

Par Florent MOREL

1. Principe de commande

- 1.1 Type de modèle utilisé
- 1.2 Opérations réalisées lors de chaque période d'échantillonnage .
- 1.3 Comparaison avec d'autres commandes répandues
- 1.3.1 Comparaison avec la commande vectorielle
- 1.3.2 Comparaison avec la commande directe du couple
- 1.4 Contraintes liées à la quantité de calculs à effectuer
- 1.4.1 Durée minimale d'application d'une configuration .
- 1.4.2 Unités de calcul utilisées
- 1.4.3 Correction du retard introduit Par la commande

2. MSAP alimentée Par un onduleur triphasé à deux niveaux

2.1 Modèle .

- 2.1.1 Modèle de la machine synchrone à aimants permanents
- 2.1.2 Modèle d'un onduleur Parfait
- 2.1.3 Modèle de l'ensemble

2.2 Vecteur d'état de référence .

2.3 Fonction coût

2.4 Mise en œuvre.

- 2.4.1 Matériel utilisé .
- 2.4.2 Résultats obtenus



3. Exemples de déclinaisons de la commande prédictive

3.1 Exemples de systèmes

3.1.1 Machine asynchrone alimentée Par un onduleur triphasé à deux niveaux

3.1.2 Machine synchrone à aimants permanents alimentée par un convertisseur matriciel triphasé-triphasé

3.1.3 Machines multiphasées .

3.2 Exemples de fonctions coût

3.2.1 Fonction coût permettant d'influer sur le spectre des courants

3.2.2 Fonction coût permettant d'éviter les dépassements .

4. Conclusion**D2902****Commande numérique à base de composants FPGA d'une machine synchrone .***Par Mohamed Wissem NAOUAR, Éric MONMASSON, Ilhem SLAMA-BELKHODJA et Ahmad Ammar NAASSANI***1. Méthodes d'implantation des algorithmes de commande**

1.1 Implantations analogiques

1.2 Implantations numériques .

2. Description des composants FPGA**3. Contribution des FPGA dans la commande des machines électriques****4. Méthodologie de développement**

4.1 Partitionnement modulaire de l'algorithme de commande

4.2 Étape de simulation .

4.3 Optimisation des ressources consommées

4.4 Conception modulaire de l'architecture de commande

4.5 Validation de l'architecture de commande

5. Contrôle à base de FPGA d'une machine synchrone

5.1 Contrôle ON/OFF du courant d'une machine synchrone

5.2 Contrôle Par régulateurs PI du courant d'une machine synchrone

6. Conclusion**D2903****Commande numérique des convertisseurs d'électronique de puissance .***Par Meriem MERAI**Mohamed Wissem NAOUAR, Eric MONMASSON**et Ilhem SLAMA-BELKHODJA***1. Contraintes de commande numérique des convertisseurs d'électronique de puissance****2. Solutions numériques logicielles**

2.1 Structure générique d'un microcontrôleur

2.2 Critères de sélection des microcontrôleurs

2.3 Méthodologie de développement associée aux microcontrôleurs

3. Solutions numériques matérielles.

3.1 Structure générique d'un FPGA

3.2 Méthodologie de développement associée aux FPGA

4. Solutions numériques hybrides

4.1 Solutions numériques hybrides à base de microcontrôleurs en « soft »

4.2 Solutions numériques hybrides à base de microcontrôleurs en « hard ».

4.3 Méthodologie de développement associée aux solutions numériques hybrides



5. Conclusion .

D2905**Commande d'un étage DC/AC monophasé inclus dans un système de génération distribuée monophasée.***Par Ikram MAAOUI BEN HASSINE et Mohamed Wissem NAOUAR***1. Modélisation de l'étage DC/AC et dimensionnement du filtre LC.**

- 1.1 Structure de l'étage DC/AC d'une génération distribuée monophasée.
- 1.2 Dimensionnement du filtre LC

2. Structure de contrôle Par régulateur P-PI .

- 2.1 Synthèse des correcteurs P et PI. Boucle de régulation du courant
- 2.2 Synthèse des correcteurs P et PI. Boucle de régulation de la tension.

3. Structure de contrôle à base de correcteurs résonnants .

- 3.1 Propriété du correcteur résonnant .
- 3.2 Régulation Par correcteurs P-CR .
- 3.3 Régulation Par correcteurs CR-CR
- 3.4 Implantation numérique sur cible DSP de la commande Par correcteurs résonnants de l'étage DC/AC .
- 3.5 Mise en œuvre expérimentale de la commande Par régulateur CR-CR

4. Conclusion .**S4/24803****Différents types de machines électriques tournantes****RE118****Nano générateurs de courant alternatif .***Par Pascal VINCENT, Anthony AYARI***Introduction****1 - Contexte**

- 1.1 - Signaux alternatifs à l'échelle nanométrique. Besoins et applications
- 1.2 - Systèmes nano électromécaniques, NEMS
- 1.3 - Problèmes rencontrés à l'échelle nanométrique

2 - Génération de signaux alternatifs

- 2.1 - Progrès dans la génération de signaux électriques alternatifs
- 2.2 - Génération d'un signal périodique. Auto-oscillation
- 2.3 - Générateurs de signaux alternatifs usuels

3 - Générateur ac à l'échelle nanométrique

- 3.1 - Générateur sous émission de champ
- 3.2 - Electron shuttle
- 3.3 - Générateur à transition de phase

4 - Conclusion**D3480****Machines asynchrones - Régime permanent .***Par Michel POLOUJADOFF***1. Principes de base**

- 1.1 Principe élémentaire
- 1.2 Considérations générales sur les transmissions asynchrones
- 1.3 Réalisations

2. Analyse du fonctionnement sinusoïdal triphasé permanent .

- 2.1 Équations de fonctionnement en régime permanent .
- 2.2 Schéma équivalent

3. Caractéristiques de fonctionnement à tension et fréquence constantes .

- 3.1 Fréquence de glissement
- 3.2 Circuit équivalent : définition et propriétés



- 3.3 Caractéristiques approximatives de fonctionnement d'un moteur à tension et fréquence constantes
- 3.4 Fonctionnements en génératrice et en frein. Réversibilité
- 3.5 Puissance réactive absorbée Par une machine à induction.
- 3.6 Diagrammes circulaires d'impédance et d'admittance
- 3.7 Principaux schémas équivalents utilisés en pratique .
- 3.8 Moteurs à résistance statorique négligeable
- 4. Démarrage et contrôle de la vitesse à fréquence et tension constantes**
- 4.1 Démarrage sous tension réduite
- 4.2 Démarrage Par rhéostat rotorique des moteurs à rotor bobiné
- 4.3 Moteurs à encoches profondes et moteurs à double cage
- 4.4 Commande de la vitesse Par utilisation d'un rhéostat rotorique.
- 4.5 Commande de la vitesse Par soustraction d'énergie rotorique
- 5. Réglage de la vitesse Par variation de fréquence**
- 5.1 Notions de base
- 5.2 Exemple de schéma de régulation de vitesse pour un ensemble à machine à induction.
- 6. Annexes .**
- 6.1 Représentation graphique d'une fonction homographique complexe d'une variable réelle.
- 6.2 Existence d'une droite des couples

D3485***Machines asynchrones - Régimes quelconques .****Par Michel POLOUJADOFF*

- 1. Équations élémentaires de la machine bipolaire .**
- 2. Équations fondamentales de fonctionnement**
- 3. Interprétation des formules précédentes. Repères statorique et rotorique**
- 4. Représentation graphique du couple .**
- 5. Utilisation de différents repères en termes complexes ou réels**
- 6. Retour sur les régimes permanents.**
- 7. Utilisation de différents changements de variables.**
- 8. Machines électriques équivalentes, dites « machines généralisées ».**
- 9. Équations d'état et constantes de temps**
- 10. Machine alimentée Par un onduleur**
- 11. Conclusion .**
- 12. Annexes**

D3490***Moteurs asynchrones - Choix et problèmes connexes .****Par Maxime DESSOUDE*

- 1. Caractéristiques**
- 1.1 Généralités
- 1.2 Moteur asynchrone triphasé
- 1.3 Moteur asynchrone monophasé .
- 2. Différents types de moteurs asynchrones.**
- 2.1 Généralités
- 2.2 Rotor bobiné
- 2.3 Rotor à cage .
- 2.4 Rotor à double cage
- 2.5 Rotor à encoches profondes
- 3. Choix du moteur monophasé**
- 3.1 Comparaison entre moteur monophasé et moteur triphasé .
- 3.2 Démarrage des moteurs monophasés
- 4. Choix des caractéristiques**



- 4.1 Tension nominale .
- 4.2 Réduction du courant de démarrage
- 4.3 Détermination du couple .
- 4.4 Puissance nominale et service nominal .
- 4.5 Rendement
- 4.6 Conception
- 5. Perturbations de la tension.**
- 5.1 Origine .
- 5.2 Répercussions des coupures brèves.
- 5.3 Répercussions des creux de tension.
- 5.4 Contacteurs
- 6. Vitesse variable .**
- 6.1 Intérêt
- 6.2 Réglage discontinu de la vitesse .
- 6.3 Réglage continu de la vitesse
- 6.4 Choix des variateurs de vitesse pour moteurs asynchrones .
- 7. Conclusion .**

D3495***Moteurs d'induction à cage industriels : fabrication****Par François BERNOT***1. Présentation générale****2. Stator**

- 2.1 Carcasse .
- 2.2 Paquet de tôles
- 2.3 Bobinage
- 2.4 Formation du stator complet .

3. Rotor**4. Assemblage final****5. Conclusion .**

Références bibliographiques .

D3520***Machines synchrones - Principes généraux et structures****Par Hamid BEN AHMED, Nicolas BERNARD**Gilles FELD et Bernard MULTON***1. Conversion électromécanique dans les systèmes électromagnétiques**

- 1.1 Lois fondamentales et structures élémentaires .
- 1.1.1 Structure élémentaire.
- 1.1.2 Cycle énergétique de conversion
- 1.1.3 Cas d'un système fonctionnant en régime magnétique linéaire.
- 1.2 Structures à champs tournants
- 1.2.1 Force magnétomotrice et théorème de Ferraris
- 1.2.2 Perméance superficielle d'entrefer.
- 1.2.3 Induction magnétique d'entrefer.
- 1.2.4 Cas d'un inducteur à aimants permanents
- 1.2.5 Énergie magnétique et expression du couple électromagnétique.
- 1.2.6 Condition d'obtention d'un couple moyen non nul.
- 1.2.7 Application aux cas usuels .

2. Constitution, modes de fonctionnement et performances.

- 2.1 Constitution et principaux types de machines synchrones.
- 2.2 Performances. Analyse Par les lois de similitude .
- 2.2.1 Autre expression du couple électromagnétique
- 2.2.2 Limitation thermique en régime permanent
- 2.2.3 Effets d'échelle



- 2.2.4 Effet du nombre de paires de pôles
- 2.2.5 Exemples de performances et domaines d'application
- 2.3 Modes de fonctionnement

D3521***Machines synchrones - Modélisation en régime permanent***

Par **Hamid BEN AHMED, Nicolas BERNARD, Gilles FELD et Bernard MULTON**

1. Modélisation des machines synchrones à champs tournants non saturées .

- 1.1 Machines à pôles lisses.
 - 1.1.1 Force magnétomotrice et induction d'entrefer
 - 1.1.2 Flux à vide .
 - 1.1.3 Flux de réaction magnétique d'induit
 - 1.1.4 Force électromotrice
 - 1.1.5 Schéma électrique équivalent simplifié
 - 1.1.6 Bilan de puissance
 - 1.1.7 Expression du couple électromagnétique et des puissances
 - 1.1.8 Signification de l'angle interne.

1.2 Machines à pôles saillants

- 1.2.1 Perméance superficielle d'entrefer.
- 1.2.2 Inductions magnétiques d'entrefer
- 1.2.3 Équations des flux
- 1.2.4 Équations électriques et er diagramme de Blondel
- 1.2.5 Schémas électriques équivalents
- 1.2.6 Puissance et couple électromagnétiques
- 1.2.7 Remarque sur le rapport de saillance

2. Modélisation des machines synchrones à champs tournants saturées

- 2.1 Machines à pôles lisses, méthode de Potier
- 2.2 Machines à pôles saillants, second diagramme de Blondel
- 2.3 Amélioration de la modélisation en régime saturé : méthode des travaux virtuels .

Notations et symboles**Références bibliographiques .****D3522*****Machines synchrones - Fonctionnement en régime permanent***

Par **Hamid BEN AHMED, Nicolas BERNARD, Gilles FELD et Bernard MULTON**

1. Principaux modes de fonctionnement**2. Fonctionnement couplé à un réseau puissant**

- 2.1 Modes de couplage au réseau
- 2.2 Fonctionnement générateur
- 2.3 Fonctionnement moteur
- 2.4 Fonctionnement en compensateur synchrone
- 2.5 Stabilité et limites de fonctionnement.

3. Fonctionnement en générateur autonome

- 3.1 Vitesse constante régulée sur charge linéaire.
- 3.2 Vitesse libre sur charge non linéaire (source de tension DC)

4. Fonctionnement en vitesse variable

- 4.1 Fonctionnement non autopiloté
- 4.2 Introduction au fonctionnement autopiloté .



Références bibliographiques .

D3524***Machines synchrones - Fonctionnement en régime autopiloté****Par Hamid BEN AHMED, Nicolas BERNARD, Gilles FELD et Bernard MULTON***1. Principe et intérêt de l'autopilotage**

- 1.1 Exemples de machines .
- 1.2 Autopilotage de la machine synchrone .
- 1.3 Analogie de la machine synchrone autopilotée avec la machine à courant continu
- 1.4 Capteurs de position physiques .

2. Contrôle du couple dans une machine synchrone

- 2.1 Expression du couple
- 2.2 Contrôle du couple
- 2.3 Stratégies de commande et limites de la caractéristique couple-vitesse

3. Machines autopilotées spéciales

- 3.1 Alimentation Par onduleur de tension et quasi-créneaux de courant .
- 3.2 Alimentation Par onduleur de courant à thyristors en commutation naturelle

D3525***Machines synchrones à double excitation M SDE****Par Lionel VIDO, Yacine AMARA, Mohamed GABSI***1. Définition et intérêt industriel .****2. Classification**

- 2.1 Méthode de classification.
- 2.2 Sources d'excitation au rotor .
- 2.3 Sources d'excitation au stator
- 2.4 Sources d'excitation mixtes

3. Analyse du fonctionnement

- 3.1 Description du modèle de Park de la machine synchrone à double excitation
- 3.2 Normalisation du modèle de Park
- 3.3 Alimentation et commande des machines synchrones à double excitation
- 3.4 Caractéristiques d'iso rendement dans le plan couple-vitesse

4. Éléments de dimensionnement

- 4.1 Modélisation pour le dimensionnement .
- 4.2 Démarche de dimensionnement optimal

5. Conclusion

- 5.1 Situation actuelle
- 5.2 Perspectives

D3530***Turboalternateurs****Par Michel VERRIER, Pascal CHAY et Mathieu GABION***1. Technologie**

- 1.1 Stator.
- 1.2 Rotor
- 1.3 Paliers
- 1.4 Auxiliaires : gaz, huile et eau .

2. Fonctionnement .

- 2.1 Refroidissement de l'enroulement stator
- 2.2 Refroidissement de l'enroulement rotor .



- 2.3 Problèmes mécaniques principaux
- 2.4 Caractéristiques Particulières.
- 3. Environnement**
- 3.1 Organes d'entraînement
- 3.2 Influence de la fréquence du réseau .
- 3.3 Influence des caractéristiques de la vapeur
- 3.4 Systèmes d'excitation principaux
- 4. Conclusion**

D3540**Alternateurs hydrauliques et compensateurs**Par **Gérard HEMERY****1. Technologie de l'alternateur hydraulique**

- 1.1 Circuit magnétique du stator .
- 1.2 Carcasse. Enroulement
- 1.3 Isolation et calage .
- 1.4 Noyaux polaires .
- 1.5 Bobines inductrices. Amortisseurs .
- 1.6 Jante
- 1.7 Croisillon du rotor .
- 1.8 Arbre, paliers et pivot .
- 1.9 Freinage et levage .

2. Fonctionnement de l'alternateur

- 2.1 Refroidissement. Évolution. Techniques actuelles
- 2.2 Problèmes mécaniques principaux
- 2.3 Caractéristiques Particulières.

3. Alternateur-moteur et compensateur synchrone.

- 3.1 Alternateur-moteur
- 3.2 Compensateurs synchrones

4. Environnement

- 4.1 Turbines d'entraînement
- 4.2 Systèmes d'excitation.

5. Conclusion

- 5.1 Situation actuelle
- 5.2 Perspectives d'avenir

D3545**Machines synchrones - Excitation**Par **Pierre WETZER****1. Généralités.**

- 1.1 Définition du système d'excitation.
- 1.2 Fonctions devant être assurées Par le système d'excitation .
- 1.3 Comportement vis-à-vis des petites perturbations .
- 1.3.1 Réglage de tension
- 1.3.2 Critères de performance
- 1.4 Comportement vis-à-vis des grandes perturbations

2. Description des différentes sortes de sources de puissance

- 2.1 Généralités
- 2.2 Excitatrice à courant continu .
- 2.3 Alternateur-excitateur débitant sur redresseurs
- 2.4 Auto-alimentation.
- 2.4.1 Auto-alimentation à dérivation pure.
- 2.4.2 Auto-alimentation avec compoundage série
- 2.4.3 Auto-alimentation avec compoundage Parallèle
- 2.5 Alimentation Par alternateur à aimants permanents .

3. Détermination des systèmes compound.

- 3.1 Compoundage série
 - 3.1.1 Mise en série des circuits alternatifs.
 - 3.1.2 Mise en série des circuits continus
- 3.2 Compoundage Parallèle
 - 3.2.1 Mise en Parallèle des circuits alternatifs
 - 3.2.2 Mise en Parallèle des circuits continus
- 4. Modalités de réglage et performances des systèmes d'excitation**
 - 4.1 Réglage statique
 - 4.2 Réglage dynamique.
- 5. Dimensionnement des systèmes d'excitation à redresseurs**
- 6. Utilisation spécifique des systèmes d'excitation**
- Références bibliographiques .

D3550***Alternateurs synchrones de grande puissance (Partie)***Par **François BERNOT****1. Spécifications techniques. Courbes caractéristiques .**

- 1.1 Données extérieures imposées
- 1.2 Courbes caractéristiques
- 1.3 Régimes Particuliers de fonctionnement

2. Relations entre les bobinages, la fém et la réaction d'induit

- 2.1 Composition vectorielle des forces magnétomotrices de l'induit et de l'inducteur .
- 2.2 Lois de formation des bobinages triphasés de l'induit. Coefficients de bobinage .
- 2.3 Expressions de la fém à vide .
- 2.4 Bobinages de l'inducteur. Induction dans l'entrefer
- 2.5 Réaction d'induit. Réactances longitudinale et transversale .
- 2.6 Harmoniques et vibrations .

Relations entre puissance et dimensionnement électromagnétique .

Limitations de dimensionnement Par les contraintes**Dimensionnement. Fuites magnétiques****Ampèretours à vide et en charge****Pertes et rendement****Optimisation d'une machine synchrone****D3551*****Alternateurs synchrones de grande puissance (Partie)***Par **François BERNOT*****- Spécifications techniques. Courbes caractéristiques****Relations entre les bobinages, la fém et la réaction d'induit****Relations entre puissance et dimensionnement électromagnétique****1. Relations entre puissance et dimensionnement****électromagnétique****2. Limitations de dimensionnement Par les contraintes.**

- 2.1 Limitation du diamètre des machines à rotors lisses.
- 2.2 Moment d'inertie du rotor des machines à pôles saillants.
- 2.3 Efforts électrodynamiques sur l'enroulement du stator

3. Dimensionnement. Fuites magnétiques

- 3.1 Choix de l'entrefer
- 3.2 Dimensionnement de l'induit
- 3.3 Dimensionnement de l'inducteur
- 3.4 Flux de fuites de l'induit
- 3.5 Flux de fuites de l'inducteur

4. Ampèretours à vide et en charge

- 4.1 Caractéristique Partielle d'un circuit magnétique saturable
- 4.2 Caractéristique à vide d'une machine synchrone.
- 4.3 Ampèretours en charge



4.4 Exemples

Pertes et rendement .

Optimisation d'une machine synchrone .

Notations et symboles

D3552

Alternateurs synchrones de grande puissance (Partie)

Par **François BERNOT**

*-Spécifications techniques. Courbes caractéristiques .

Relations entre les bobinages, la fém et la réaction d'induit

Relations entre puissance et dimensionnement électromagnétique.

Limitations de dimensionnement Par les contraintes.

Dimensionnement. Fuites magnétiques

Ampèretours à vide et en charge

1. Pertes et rendement

1.1 Pertes mécaniques

1.1.1 Pertes Par frottement aux paliers

1.1.2 Pertes Par friction et Par ventilation

1.1.3 Pertes mécaniques diverses

1.2 Pertes fer

1.3 Pertes Joule

1.3.1 Pertes Joule de l'enroulement induit

1.3.2 Pertes Joule de l'enroulement inducteur

1.4 Pertes du système d'excitation.

1.5 Pertes supplémentaires.

1.5.1 Pertes supplémentaires dans la Partie active de l'enroulement de l'induit

1.5.2 Pertes supplémentaires dans les têtes de bobines de l'induit

1.5.3 Pertes supplémentaires à la surface des pôles du rotor

1.5.4 Pertes supplémentaires résiduelles ou dispersées

1.6 Rendement. Évacuation des pertes

1.6.1 Rendement. Variation avec la charge à $\cos \phi$ constant .

1.6.2 Évacuation des pertes

2. Optimisation d'une machine synchrone

2.1 Expressions des rendements internes.

2.2 Maximalisation de la puissance extraite du rotor.

2.3 Exemples pour divers types de machine

2.4 Maximalisation de la puissance extraite du stator

Notations et symboles

D3554

Dimensionnement rapide des machines synchrones à aimants permanents .(MSAP)

Par **Daniel FODOREAN**

et **Abdellatif MIRAOUI**

1. Présentation

1.1 Aimants permanents

1.2 Bobinage .

1.3 Différentes structures rotoriques .

2. Dimensionnement rapide

2.1 Diamètre de l'entrefer .

2.2 Dimensionnement géométrique du rotor et du stator

2.3 Paramètres électromagnétiques

2.4 Caractéristiques de fonctionnement .

3. Autres Paramètres ou caractéristiques

de dimensionnement .



- 3.1 Masse et coût
- 3.2 Consolidation des aimants permanents sur la surface du rotor
- 3.3 Dimensionnement thermique
- 3.4 Procédure d'optimisation .
- 4. Exemple de dimensionnement rapide**
- 4.1 Mise en équations .
- 4.2 Performances
- 4.3 Validation de performances Par l'analyse numérique (éléments finis)

D3555

Machines à courant continu - Constitution et fonctionnement

Par **François BERNOT**

1. Présentation générale

- 1.1 Analyse d'un moteur simplifié à aimants permanents .
 - 1.1.1 Moteur simplifié à une bobine au rotor
 - 1.1.2 Moteur simplifié à trois bobines au rotor
- 1.2 Moteurs multipolaires
 - 1.2.1 Moteur simplifié à trois bobines au rotor
 - 1.2.2 Moteur bipolaire
 - 1.2.3 Moteur tétrapolaire
 - 1.2.4 Moteur hexapolaire .

2. Modélisation d'une machine à courant continu

- 2.1 Calcul du couple
- 2.2 Calcul de la tension d'induit dans une machine à aimants permanents
- 2.3 Calcul de la puissance d'induit .

3. Couplages de l'excitation .

- 3.1 Excitation séparée ou à aimants permanents .
- 3.2 Excitation série
- 3.3 Excitations composée et Parallèle
 - 3.3.1 Excitation composée
 - 3.3.2 Excitation Parallèle
 - 3.3.3 Conclusion.

4. Commande en vitesse variable

- 4.1 Moteur à excitation séparée
 - 4.1.1 Principe de commande .
 - 4.1.2 Courbes caractéristiques
- 4.2 Moteur à excitation série .

5. Réponse indicielle d'un moteur à excitation séparée à flux constant

6. Conclusion .

D3556

Machines à courant continu - Construction

Par **François BERNOT**

1. Généralités.

2. Construction des induits des divers types de machines

- 2.1 Introduction
- 2.2 Induit cylindrique
 - 2.2.1 Induit cylindrique plein .
 - 2.2.2 Induit cylindrique creux (en cloche)
- 2.3 Induit discoïdal
- 2.4 Réalisation d'un induit cylindrique
 - 2.4.1 Tôles rotoriques.
 - 2.4.2 Bobinage
 - 2.4.3 Collecteur



- 2.4.4 Balais et leurs supports.
- 2.4.5 Frettage des conducteurs et équilibrage
- 2.5 Bobinage d'induit des moteurs cylindriques
 - 2.5.1 Types de bobinages.
 - 2.5.2 Bobinage imbriqué
 - 2.5.3 Bobinage ondulé
- 2.6 Limite en commutation du collecteur
- 3. Construction des inducteurs des divers types de machines.**
 - 3.1 Caractéristiques des aimants permanents
 - 3.2 Inducteur à aimants permanents
 - 3.3 Inducteur bobiné
- 4. Pôles auxiliaires**
 - 4.1 Réaction transversale d'induit
 - 4.1.1 Description du phénomène
 - 4.1.2 Enroulements de compensation de réaction d'induit
 - 4.2 Pôles d'aide à la commutation .
- 5. Éléments divers .**
 - 5.1 Connexion électrique globale du moteur
 - 5.2 Inclinaison des balais .
 - 5.3 Refroidissement des machines
 - 5.4 Révisions et entretien périodique des machines
 - 5.5 Dimensionnement général d'une machine à courant continu .
- 6. Conclusion .**

D3680

Machines à réluctance variable (MRV) - Principes des MRV. Machines à commutation

Par Alain MAILFERT

et François-Michel SARGOS

1. Principe des machines à réluctance variable

- 1.1 Classes fonctionnelles des dispositifs à réluctance variable .
- 1.2 Structures de base
- 1.3 Définitions élémentaires
- 1.4 Modélisation externe. Énergie, coénergie, couple
 - 1.4.1 Énergie, coénergie et couple .
 - 1.4.2 Principes généraux de la création de couple dans les MRV
 - 1.4.3 Expression du couple instantané
 - 1.4.4 Modes d'alimentation et relation aux fréquences. Couple moyen
 - 1.4.5 Multiplication du nombre de dents. Transpolarité
- 1.5 Machines monophasées

2. Machines polyphasées à commutation.

- 2.1 Deux cas Particuliers
 - 2.1.1 Machine à stator lisse « sans balais »
 - 2.1.2 Machine polyphasée à galettes monophasées (multistack)
- 2.2 Structure et alimentation des machines polyphasées à commutation
 - 2.2.1 Structure. Découplage magnétique des phases. Couple résultant
 - 2.2.2 Alimentation des machines à commutation.
 - 2.2.3 Influence des hautes fréquences sur la commutation et le courant
- 2.3 Machines diphasées « à plots »
- 2.4 Machines polyphasées « à plots »
 - 2.4.1 Structures
 - 2.4.2 Séquences d'alimentation spécifiques aux machines à plots polyphasées.
- 2.5 Machines à plots excitées
- 2.6 Bruits d'origine magnétique



D3681***Machines à réluctance variable (MRV) - Machines polyphasées. Machines excitées****Par Alain MAILFERT**et François-Michel SARGOS***1. Machines polyphasées « Vernier » à réluctance pure alimentées en courants sinusoïdaux**

- 1.1 Machine polyphasée à stator lisse .
- 1.2 Machine polyphasée à galettes monophasées
- 1.3 Machines Vernier à double denture
 - 1.3.1 Structures des machines polyphasées à denture répartie
 - 1.3.2 Équations de fonctionnement

2. Machines à réluctance excitées

- 2.1 Généralités sur les structures
 - 2.1.1 Structure macroscopique des circuits magnétiques
 - 2.1.2 Relations structurelles. Relation aux fréquences
- 2.2 Machines à excitation homopolaire en θ et multipolaire en z
 - 2.2.1 Machine à stator lisse.
 - 2.2.2 Machines homopolaires à rotor et à stator dentés
- 2.3 Machines à excitation multipolaire en θ .
- 2.4 Modélisation externe des machines à réluctance variable excitées .

3. Optimisation énergétique des dentures et des structures des MRV

- 3.1 Caractéristiques géométriques de denture
 - 3.1.1 Machines à stator lisse
 - 3.1.2 Machines à double denture
- 3.2 Machines excitées : alimentation et excitation
 - 3.2.1 Choix de la fmm d'excitation.
 - 3.2.2 Conception et dimensionnement de l'excitation
 - 3.2.3 Alimentation des machines excitées à plots commutés
- 3.3 Structures macroscopiques des MRV à double denture
- 3.4 Harmoniques et bruits d'origine magnétique .

4. Conclusion .**Bibliographie****D3662*****Limiteur supraconducteur de courant de défaut****Par Pascal TIXADOR***1. Intérêt de la limitation du courant****2. Contraintes des réseaux .**

- 2.1 Courants
- 2.2 Protection
- 2.3 Exemple

3. Appareil limiteur supraconducteur de courant .

- 3.1 Limiteurs supraconducteurs sans transition
- 3.2 Limiteur supraconducteur basé sur la transition

4. Limiteur résistif .

- 4.1 Schéma électrique
- 4.2 Élément supraconducteur
- 4.3 Cryogénie et accessoires

5. Quelques exemples d'emplacements possibles dans les réseaux et apport

- 5.1 Limiteur sur départs et pour coupler des réseaux
- 5.2 Limiteur pour boucler des réseaux de distribution
- 5.3 Limiteur pour supprimer des transformateurs



- 5.4 Limiteur pour réseau continu (DC) .
- 5.5 Limiteur pour réseaux embarqués .
- 6. Supraconducteurs possibles pour la limitation.**
- 7. Exemples de réalisation**
- 8. Conclusions**

D3695

Actionneurs à collecteur à aimants permanents (Partie)

*Par Alain MOUILLET***1. Présentation générale**

1.1 Définition

1.1.1 Systématisation .

1.1.2 Principe d'étude .

1.2 Fonctionnement et systématisation des machines à aimants

1.3 Rappel des caractéristiques des aimants permanents

2. Machine (actionneur) à collecteur mécanique : fonctionnement .

2.1 Principe de construction

2.2 Fonctionnement.

2.2.1 Modèle global.

2.2.2 Équations du mouvement

2.2.3 Expressions du couple, de la puissance et de la f.e.m. .

2.2.4 Fonctionnement dans les quatre quadrants et équations d'équilibre

2.2.5 Schéma électrique équivalent du système électromécanique

2.2.6 Modèle externe et grandeurs internes de la machine

2.3 Régime établi

2.3.1 Caractéristiques.

2.3.2 Espace de fonctionnement.

2.4 Fonctionnement transitoire

2.4.1 Schéma-bloc et fonctions de transfert .

2.4.2 Pilotage en régime dynamique

2.5 Paramètres spécifiques des machines à aimants .

D3696

Actionneurs à collecteur à aimants permanents (Partie)

*Par Alain MOUILLET***1. Solutions technologiques .**

1.1 Justification

1.2 Machines à collecteur mécanique

1.2.1 Moteur de type classique (moteur saucisson)

1.2.2 Moteur plat (moteur galette, moteur pancake)

1.2.3 Moteur à rotor discoïdal

1.2.4 Moteur à circuit magnétique immobile

1.3 Machines à collecteur électronique

1.3.1 Origine et description de la configuration de principe

1.3.2 Solutions technologiques de base .

1.3.3 Étude théorique. Différents types de machines .

1.4 Comparaison des caractéristiques des machines à collecteur.

2. Essais industriels et calcul des caractéristiques de fonctionnement .

2.1 Mesures et caractéristiques en régime établi .

2.2 Mesures et calculs en régime transitoire

3. Domaines d'application .

D3700**Moteurs électriques à mouvement linéaire et composé***Par Michel KANT***1. Présentation générale**

- 1.1 Rappels théoriques
- 1.2 Configurations possibles du moteur électrique.
- 1.3 Évolution

2. Moteur linéaire

- 2.1 Configuration
- 2.2 Principe élémentaire de fonctionnement
- 2.3 Différences essentielles entre les moteurs linéaire et tournant

3. Effets spéciaux

- 3.1 Effets d'extrémités
 - 3.1.1 Effet de longueur finie
 - 3.1.2 Effet de largeur finie
- 3.2 Effet de pénétration .
- 3.3 Configuration résultante du champ magnétique dans l'entrefer

4. Moteurs à deux degrés de liberté mécanique (rotation-translation).**5. Moteurs à trois degrés de liberté mécanique (moteurs sphériques)****6. Optimisation des moteurs à circuit magnétique ouvert****7. Différentes structures industrialisées****8. Applications .****9. Annexe mathématique.**

Références bibliographiques .

D3720**Petits moteurs électriques***Par Sylvain ALLANO***1. Besoins en petits moteurs et actionneurs électriques**

- 1.1 Contexte industriel
- 1.2 Considérations technico-économiques
- 1.3 Conditions et domaines d'utilisation

2. Concepts et techniques de conversion électromécanique .

- 2.1 Éléments de classification
- 2.2 Moteurs à collecteur
- 2.3 Moteurs synchrones
- 2.4 Moteurs asynchrones.
- 2.5 Moteurs piézoélectriques.

3. Mise en œuvre de petits moteurs et actionneurs d'entraînement

- 3.1 Caractéristiques électromécaniques .
- 3.2 Modes d'alimentation et de commande.
- 3.3 Limitations pratiques d'emploi.
- 3.4 Critères de choix d'un actionneur

4. Servomoteurs

- 4.1 Cahier des charges
- 4.2 Solutions technologiques
- 4.3 Critères de choix

5. Éléments de conception et de fabrication des petits moteurs

- 5.1 Considérations thermiques.
- 5.2 Conception électromagnétique
- 5.3 Conception des ensembles alimentation-actionneur .
- 5.4 Intégration de l'actionneur dans l'application.
- 5.5 Exemples de réalisation de petits moteurs électriques.

6. Vers des actionneurs compacts et intelligents .

- 6.1 Intégration du convertisseur d'alimentation
- 6.2 Intégration de la commande



6.3 Apport de nouveaux matériaux

7. Conclusion .

D3765

Moteurs piézoélectriques

Par **Bertrand NOGAREDE**

1. Généralités.

1.1 Historique. Intérêt du moteur piézoélectrique

1.2 Phénomène de piézoélectricité.

1.3 Équations de la piézoélectricité

1.4 Modes de couplage élémentaires des céramiques PZT

1.5 Conversion d'énergie Par effet piézoélectrique .

1.5.1 Couplage électromécanique

1.5.2 Pertes générées .

2. Principales structures de piézomoteurs

2.1 Principes généraux

2.1.1 Élaboration d'un mouvement vibratoire d'entraînement

2.1.2 Entraînement Par friction .

2.1.3 Critères de classification des différentes structures

2.2 Structures à déformations composées

2.2.1 Principe

2.2.2 Moteurs à superposition de mode .

2.2.3 Moteurs à conversion de mode

2.3 Structure à déformation glissante

2.3.1 Principe

2.3.2 Moteurs à rotation de mode

2.3.3 Moteurs à onde progressive

3. Moteur annulaire à onde progressive

3.1 Constitution du moteur .

3.1.1 Architecture mécanique

3.1.2 Structure de la céramique d'excitation

3.2 Performances électromécaniques

3.2.1 Couple développé.

3.2.2 Bilan de puissance

4. Alimentation et commande

4.1 Modèle vu des bornes d'un transducteur piézoélectrique

4.1.1 Schéma électromécanique équivalent.

4.1.2 Identification des Paramètres

4.2 Principes d'alimentation

4.3 Stratégies de commande .

Références bibliographiques .

D3770

Micromoteurs électrostatiques à capacité variable

Par **Emmanuel SARRAUTE et Isabelle DUFOUR**

1. Techniques de micro-usinage

2. Effets d'échelle dans les convertisseurs électromécaniques

2.1 Forces mises en jeu .

2.2 Évolutions dimensionnelles des forces

2.3 Conséquences sur le comportement dynamique .

3. Principes de fonctionnement des moteurs à capacité variable

3.1 Différentes structures .

3.2 Modélisation du comportement statique

4. Dimensionnement et critères d'optimisation .

4.1 Choix du matériau rotorique .

4.2 Influence des Paramètres géométriques



- 4.2.1 Paramètres recherchés
- 4.2.2 Contraintes technologiques
- 4.3 Modélisation analytique
 - 4.3.1 Première approche
 - 4.3.2 Deuxième approche
- 4.4 Synthèse des règles de dimensionnement
- 4.5 Illustration .
- 5. Simulation du comportement dynamique .**
 - 5.1 Modèle électromécanique
 - 5.1.1 Équations électriques .
 - 5.1.2 Équations mécaniques
 - 5.1.3 Modèle électromécanique global
 - 5.2 Illustrations
 - 5.2.1 Micromoteur étudié.
 - 5.2.2 Positionnement sur un pas .
 - 5.2.3 Fonctionnement quasi dynamique
 - 5.2.4 Fonctionnement dynamique établi
- 6. Conclusion et perspectives.**

D3775**Protections électriques des alternateurs et moteurs**Par **Bernard GUIGUES****1. Généralités.**

- 1.1 Rappel sur les machines électriques.
 - 1.1.1 Structure générale
 - 1.1.2 Principes de construction.
- 1.2 Rôle des protections électriques .
 - 1.2.1 Prévention des dommages aux machines
 - 1.2.2 Problématique du fonctionnement du système ou du processus.

2. Défauts de fonctionnement

- 2.1 Origine des défauts (interne, externe) .
 - 2.1.1 Défauts d'origine interne .
 - 2.1.2 Défauts d'origine externe.
- 2.2 Détection des défauts.
- 2.3 Élimination des défauts.
 - 2.3.1 Défauts d'origine interne .
 - 2.3.2 Défauts d'origine externe.
- 2.4 Conséquences sur les machines et le système ou processus

3. Protection des alternateurs

- 3.1 Turboalternateurs .
 - 3.1.1 Défauts d'origine interne .
 - 3.1.2 Défauts d'origine externe.
- 3.2 Alternateurs hydrauliques et compensateurs .
 - 3.2.1 Défauts d'origine interne .
 - 3.2.2 Défauts d'origine externe.

4. Protection des moteurs à courant alternatif

- 4.1 Moteurs asynchrones de grande puissance.
 - 4.1.1 Défauts d'origine interne .
 - 4.1.2 Défauts d'origine externe.
- 4.2 Moteurs synchrones
 - 4.2.1 Défauts d'origine interne .
 - 4.2.2 Défauts d'origine externe.
- 4.3 Moteurs asynchrones de petite puissance

5. Technologie et mise en œuvre .

- 5.1 Principes technologiques.
 - 5.1.1 Fiabilité. Disponibilité.
 - 5.1.2 Réducteurs de mesure



- 5.1.3 Relais
- 5.2 Conditions d'environnement et d'installation. Sécurité
- 5.3 Réalisation.
 - 5.3.1 Relais statiques
 - 5.3.2 Armoires de protection .
 - 5.3.3 Tableaux .
- 5.4 Simulations. Essais
- 6. Guide de l'utilisateur**
- 7. Conclusion .**

S4/24804 Électrotechnique générale

**** Notions de base:**

23 Unités de mesure SI

Par *Nicole LEGENT*

1. Définitions générales
2. Organismes responsables.
3. Système métrique
4. Système international d'unités SI .
5. Unités hors système .
6. Définition des unités.

24 Unités légales et facteurs de conversion

Par *Jean-Claude COURTIER*

1. Grandeurs, unités et symboles .
 2. Facteurs de conversion
- Références bibliographiques

25 Classification périodique des éléments

Par *Mireille DEFRANCESCHI*

1. Atomes, éléments et isotopes
2. Grandeurs définissant les atomes et les éléments .
 - 2.1 Nom et symbole .
 - 2.2 Numéro atomique .
 - 2.3 Nombre de masse .
 - 2.4 Masse atomique .
 - 2.5 Configuration électronique
 - 2.6 Rayon atomique
 - 2.7 Potentiel d'ionisation et affinité électronique
 - 2.8 Degrés d'oxydation
 - 2.9 Électronégativité .
3. Classification périodique des éléments
 - 3.1 Classification historique.
 - 3.2 Classification périodique actuelle
 - 3.3 Les cases .
4. Utilisations de la classification périodique
 - 4.1 Familles chimiques
 - 4.2 Prévision du nombre de liaisons covalentes que peut établir un atome
 - 4.3 Prévision de la charge des anions et des cations
 - 4.4 Énergie d'ionisation
 - 4.5 Variation de l'électronégativité dans le tableau périodique
 - 4.6 Caractère redox
 - 4.7 Points d'ébullition et de fusion
5. Conclusion



D31**Mathématiques pour l'électricien - Nombres complexes***Par Claude ROUXEL***1. Forme cartésienne des nombres complexes**

- 1.1 Définition
- 1.2 Nombres complexes conjugués
- 1.3 Représentation graphique

2. Nombres complexes sous forme trigonométrique .

- 2.1 Module et argument d'un nombre complexe .
- 2.2 Forme trigonométrique d'un nombre complexe
- 2.3 Notation exponentielle
- 2.4 Produit et quotient de deux complexes

3. Formules de de Moivre et d'Euler .

- 3.1 Formule de Moivre
- 3.2 Formules d'Euler

4. Applications .

- 4.1 Racine carrée et équation du second degré .
- 4.2 Racines n-ièmes.
- 4.3 Rotation et similitude dans le plan.

5. Transformation cissoïdale

- 5.1 Définition
- 5.2 Propriétés
- 5.3 Applications à l'électricité
 - 5.3.1 Impédance complexe en régime sinusoïdal permanent
 - 5.3.2 Fonction de transfert d'un système linéaire en régime permanent
 - 5.3.3 Étude d'un exemple.

D34**Mathématiques pour l'électricien - Transformées de Laplace, de Fourier et en Z.***Par Claude ROUXEL***1. Généralités.**

- 1.1 Notations
- 1.2 Problème des filtres.
- 1.3 Méthodes symboliques.
- 1.4 Transformation de Laplace .
- 1.5 Premier cas Particulier : transformée de Laplace usuelle (TL) .
- 1.6 Deuxième cas Particulier : transformée de Fourier (TF)
- 1.7 Transformée en Z (TZ)

2. Transformée de Laplace .

- 2.1 Hypothèses
- 2.2 Notations
- 2.3 Premières propriétés
- 2.4 Propriété fondamentale
- 2.5 Impulsion de Dirac (δ)
- 2.6 Applications .

3. Transformée de Fourier

- 3.1 Notations
- 3.2 Formalisme des transformées de Fourier .
- 3.3 Théorie de la transformation de Fourier.
- 3.4 Applications .

4. Séries de Fourier

- 4.1 Séries trigonométriques
- 4.2 Série de Fourier (SF)
- 4.3 Propriétés
- 4.4 Calcul



- 4.5 Applications .
- 5. Transformée en Z .**
- 5.1 Domaine d'holomorphie de la TZ
- 5.2 Exemples fondamentaux .
- 5.3 Transformée d'une fonction échantillonnée
- 5.4 Propriétés
- 5.5 Transformées usuelles
- 5.6 Inversion de la TZ .
- 5.7 Applications .

D36**Mathématiques pour l'électricien - Méthodes numériques .**Par **Jacques-Hervé SAÏAC****1. Principes généraux des méthodes numériques.**

- 1.1 Généralités
- 1.1.1 Différences finies
- 1.1.2 Éléments finis
- 1.1.3 Volumes finis
- 1.2 Un exemple de problème en dimension
- 1.3 Approche différences finies
- 1.4 Approche éléments finis
- 1.5 Un premier exemple simple : les éléments P1
- 1.5.1 Présentation .
- 1.5.2 Base de Lagrange .
- 1.5.3 Écriture du problème approché
- 1.5.4 Calcul des coefficients du système
- 1.5.5 Assemblage de la matrice globale .
- 1.6 Approche volumes finis

2. Problèmes en dimension deux et trois .

- 2.1 Rappels
- 2.1.1 Opérateurs différentiels en dimension deux (et trois)
- 2.1.2 Formules de Green
- 2.2 Modèle de la conduction
- 2.3 Approximation Par différences finies
- 2.3.1 Discrétisation géométrique.
- 2.3.2 Quelques formules simples d'approximation des dérivées Partielles
- 2.4 Approximation Par éléments finis
- 2.4.1 Présentation .
- 2.4.2 Formulation variationnelle
- 2.4.3 Maillage
- 2.4.4 Éléments finis de Lagrange triangulaires de degré un : les éléments finis P1
- 2.4.5 Écriture du problème approché en éléments finis P1
- 2.4.6 Calcul de la matrice de raideur élémentaire P1 .
- 2.4.7 Calcul des seconds membres élémentaires .
- 2.4.8 Algorithme d'assemblage
- 2.5 Généralisation.

3. Méthodes de résolution des systèmes linéaires

- 3.1 Méthodes directes
- 3.2 Méthodes itératives .
- 3.2.1 Conditions de convergence
- 3.2.2 Méthode de Jacobi
- 3.2.3 Méthode de Gauss-Seidel ou de relaxation .
- 3.2.4 Méthodes de descente. Méthode du gradient
- 3.2.5 Vitesse de convergence de la méthode du gradient. Conditionnement



D45**Documentation et symboles graphiques en électricité***Par Jacques M. BODIN***1. Symboles graphiques pour schémas électriques**

- 1.1 Contenu de la norme CEI0617
- 1.2 Extraits des normes relatifs aux symboles graphiques
- 1.3 Exemple de recherche dans la base de données IEC0617-DB
 - 1.3.1 Page d'accès.
 - 1.3.2 Résultat des recherches
 - 1.3.3 Fiche pour symbole graphique.

2. Établissement des schémas et des documents utilisés en électrotechnique

- 2.1 Présentation d'un schéma
- 2.2 Règles
- 2.3 Repérage et identification
- 2.4 Mémento

3. Symboles graphiques utilisables sur le matériel .

- 3.1 Normes concernées.
 - 3.1.1 Norme CEI0417
 - 3.1.2 Norme CEI0416
- 3.2 Extraits de la norme CEI0417.
 - 3.2.1 Extraits de la Partie
 - 3.2.2 Extraits de la Partie

4. Structure de la documentation, gestion des documents et des données

- 4.1 Principes de structuration et d'identification
- 4.2 Gestion des documents et de la documentation
- 4.3 Modélisation de l'information
- 4.4 Types d'éléments de données

**** Électromagnétisme:****D1020****Électromagnétisme .***Par Gérard FOURNET***1. Bases de l'électromagnétisme .**

- 1.1 Définitions et grandeurs
- 1.2 Équations macroscopiques de Maxwell .
- 1.3 Relations macroscopiques liées à l'état de la matière
- 1.4 Énergies électromagnétiques

2. Différents aspects de l'électromagnétisme .

- 2.1 Electrostatique
- 2.2 Magnétostatique
- 2.3 États quasi stationnaires
- 2.4 États dépendant complètement du temps

3. Applications à l'électrotechnique .

- 3.1 Le vecteur de Poynting et les transferts d'énergie
- 3.2 Éléments typiques des circuits électriques
- 3.3 Circuits magnétiques
- 3.4 Effet de peau
- 3.5 Pertes Par courants de Foucault
- 3.6 Lignes de transport ou de transmission .

4. Annexe A : nature tensorielle des grandeurs et applications

- 4.1 Nature et classement des grandeurs physiques
- 4.2 Nature tensorielle des grandeurs et lois physiques

5. Annexe B : opérateurs différentiels.

- 5.1 Définition des opérateurs différentiels



- 5.2 Application des opérateurs différentiels à des produits ou à des fonctions
- 5.3 Combinaisons d'opérateurs différentiels
- 5.4 Intégrations d'opérateurs différentiels
- Références bibliographiques .

D1035**Électricité statique - Principes Problèmes Applications**Par **Claude MENGUY****1. Rappels d'électrostatique.**

- 1.1 Grandeurs fondamentales
- 1.2 Caractéristiques des milieux
- 1.3 Lois de l'électrostatique

2. Mesures des grandeurs fondamentales

- 2.1 Mesures de tension (ou de différence de potentiel)
- 2.2 Mesures de champ électrique
- 2.3 Mesures de charges électriques

3. Électrisation des matériaux

- 3.1 Électrisation aux interfaces solide-solide
- 3.2 Électrisation aux interfaces solide-liquide.
- 3.3 Quelques autres modes d'électrisation

4. Nuisances et dangers de l'électricité statique

- 4.1 Problèmes mécaniques liés aux forces électrostatiques .
- 4.2 Problèmes liés aux décharges électrostatiques.
- 4.3 Décharge électrostatique et composants électroniques
- 4.4 Décharge électrostatique et risques d'inflammation ou d'explosion
- 4.5 Exemples de problèmes électrostatiques dans l'industrie .

5. Principes de lutte contre l'électricité statique .

- 5.1 Présentation .
- 5.2 Suppression ou réduction de la génération de charges électriques statiques .
- 5.3 Écoulement des charges électriques statiques à la terre .
- 5.4 Protection contre les décharges électrostatiques .

6. Moyens de lutte contre l'électricité statique .

- 6.1 Classification des matériaux du point de vue de l'électrostatique.
- 6.2 Conditions d'emploi des matériaux selon leurs caractéristiques
- 6.3 Méthodes de mesure du temps de demi-décharge et de l'aptitude à la charge d'un matériau .
- 6.4 Matériaux et produits de lutte contre l'électricité statique .
- 6.5 Mise en pratique de la lutte contre l'électricité statique

7. Applications de l'électricité statique.

- 7.1 Générateurs électrostatiques.
- 7.2 Electrophotographie
- 7.3 Peinture et poudrage électrostatiques.
- 7.4 Dépoussiéreurs électrostatiques .
- 7.5 Applications diverses .

IN87**Décharge électrique à fort courant induite dans l'air**Par **filamentation laser . Aurélien HOUARD, Yves-Bernard ANDRÉ, André MYSYROWICZ, Michel PELLET****Introduction**

- 1 - Alternative au captage de forts courants par contact mécanique
- 2 - Filamentation laser femtoseconde
- 3 - Décharge électrique guidée par filamentation
- 4 - Décharge à fort courant
- 4.1 - Montage expérimental



- 4.2 - Résultats en courant continu
- 4.3 - Courant alternatif
- 5 - Conclusion et perspectives
- 6 - Bibliographie
- 7 - Projet de recherche
- 8 - Laboratoire de recherche
- 9 - Partenaire industriel

** Normalisation électrique, certification:

D1170

Organisations internationales de normalisation électrique

Par Marie-Christine RADONDE

1. Présentation .
2. Organisation de la normalisation électrique dans le monde et en France
 - 2.1 CEI
 - 2.1.1 Présentation .
 - 2.1.2 Normalisation à la CEI
 - 2.1.3 Évaluation de la conformité à la CEI .
 - 2.2 CENELEC
 - 2.3 UTE
 - 2.4 Relations des instances de normalisation électrique avec leurs homologues non électriques.
3. Méthodes de travail des organisations de normalisation
 - 3.1 Élaboration d'une norme internationale.
 - 3.2 Élaboration d'une norme européenne Par la CENELEC
 - 3.2.1 Accord de Dresde .
 - 3.2.2 Études européennes originales
 - 3.3 Élaboration d'une norme nationale
 - 3.3.1 Endossement des normes de la CEI
 - 3.3.2 Procédure de Vilamoura
4. Relations du CENELEC avec la Commission européenne (CE) .
5. Conclusion .
- Références des sites .

D1175

Certification .

Par Edmond BEAU

1. Intérêt de la certification (Par tierce Partie) .
2. Certification Par tierce Partie de la conformité des produits industriels
3. Autres domaines de la certification .
 - 3.1 Certification des systèmes d'assurance qualité d'entreprises
 - 3.2 Certification du personnel
4. Certification des produits dans les domaines réglementaire et volontaire .
 - 4.1 Domaine réglementaire en France
 - 4.2 Dispositions réglementaires à l'étranger
 - 4.3 Certification dans le domaine volontaire
 - 4.4 Certification dans le domaine volontaire mais constitué de marchés imposant leurs règles
5. Cadre dans lequel évoluent les organismes de certification .
 - 5.1 Cadre légal français
 - 5.2 Accréditation.
 - 5.3 EOTC
6. Relations entre organismes de certification et organismes de normalisation



- 7. Responsabilité des organismes de certification
- 8. Conclusion

D1180**Marques nationale et européennes de conformité aux normes .***Par Jean BENOIST***1. Marque nationale .**

- 1.1 Objet de la Marque
- 1.2 Historique et réglementation.
- 1.3 Domaine actuel d'application
- 1.4 Fonctionnement.
- 1.5 Signes distinctifs de la Marque nationale de conformité aux normes

2. Évaluation de la conformité aux normes au plan européen

- 2.1 Accords et Marques européennes .
- 2.2 Accord de certification du CENELEC (CCA)
- 2.3 Marques européennes

3. Accords internationaux. Systèmes de certification de la CEI .

- 3.1 Système OC
- 3.2 Système d'évaluation de la conformité des composants électroniques (IECQ)

4. Certification réglementaire dans l'Union européenne**** Réglementation électrique:****D1140****Réglementations techniques en électricité .***Par Edmond BEAU***1. Réglementations des installations**

- 1.1 Réglementations de la production, du transport et de la distribution d'énergie électrique.
- 1.2 Installations électriques
- 1.3 Établissements recevant du public
- 1.4 Immeubles de grande hauteur (IGH)
- 1.5 Ascenseurs
- 1.6 Mines et carrières. Industries de surface à risque d'explosion
- 1.7 Installations produisant des rayonnements ionisants
- 1.8 Installations classées pour la protection de l'environnement

2. Réglementations en vue de la protection des travailleurs .

- 2.1 Protection des travailleurs contre les dangers de l'électricité
- 2.2 Protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants .
- 2.3 Protection contre les risques présentés Par les machines
- 2.4 Équipements de travail. Moyens de protection .

3. Réglementations relatives à des matériels

- 3.1 Réglementations de caractère général
- 3.2 Directives européennes.
- 3.3 Réglementations françaises

D1191**Matériels électriques utilisables en atmosphères explosives.***Par Thierry HOUEIX***1. Réglementation**

- 1.1 Mise sur le marché des matériels ATEX.
- 1.2 Installation et utilisation des matériels ATEX .



2. Principes des protections utilisées contre les dangers d'explosion

- 2.1 Cas des atmosphères gazeuses
- 2.2 Cas des atmosphères de poussières combustibles.

3. Règles de construction des matériels ATEX

- 3.1 Règles générales de construction
- 3.2 Matériel protégé Par enveloppe antidéflagrante « d »
- 3.3 Matériel protégé Par sécurité augmentée « e » .
- 3.4 Matériel protégé Par surpression interne « p » .
- 3.5 Matériel protégé Par sécurité intrinsèque « i »
- 3.6 Systèmes électriques de sécurité intrinsèque
- 3.7 Matériel protégé Par encapsulage « m »
- 3.8 Matériel protégé Par immersion dans l'huile « o » .
- 3.9 Matériel Par remplissage de matériau pulvérulent « q » .
- 3. Matériels protégés Par mode de protection « n »
- 3.11 Matériel protégé Par enveloppe étanche « t »

S4/24805 Généralités sur les machines électriques tournantes**D3410*****Machines tournantes : conversion électromécanique de l'énergie .****Par Bertrand NOGAREDE***1. Éléments de thermo-dynamique des systèmes électromécaniques**

- 1.1 Postulats et hypothèses de travail .
- 1.2 Expressions élémentaires du travail et de la chaleur .
- 1.3 Équilibre des systèmes électromécaniques .
 - 1.3.1 Principes de conservation et d'évolution
 - 1.3.2 Notion de potentiel thermodynamique
 - 1.3.3 Forces et couples en régime quasi statique .
- 1.4 Électrodynamique des systèmes en mouvement : approche variationnelle
 - 1.4.1 Variables électromécaniques généralisées
 - 1.4.2 Principe de moindre action.
 - 1.4.3 Équations de Lagrange .

2. Procédés élémentaires de conversion électromécanique de l'énergie

- 2.1 Classification des phénomènes d'interaction exploitables.
- 2.2 Interaction Par effets magnétiques
- 2.3 Interaction Par effets électriques.
- 2.4 Interaction Par effet de couplage électroélastique
- 2.5 Interaction Par effet de couplage magnétoélastique
- 2.6 Autres procédés d'interaction
 - 2.6.1 Interaction électromécanique dans les liquides.
 - 2.6.2 Interaction Par effets thermoélastiques ou électrochimiques
- 2.7 Comparaison des effets exploitables en termes d'efforts et de puissances spécifiques .

Références bibliographiques .**D3411*****Machines tournantes : principes et constitution .****Par Bertrand NOGAREDE***1. Machines tournantes à interaction de champs magnétiques**

- 1.1 Modes de création des champs magnétiques tournants .
- 1.2 Conversion d'énergie Par interaction de champs et de moments magnétiques tournants
- 1.3 Structures à moments magnétiques produits
- 1.4 Structures à moments magnétiques induits
- 1.5 Notion de commutation



- 2. Éléments constitutifs des Parties actives et matériaux utilisés**
 - 2.1 Circuits magnétiques et sources de champ .
 - 2.2 Conducteurs et supraconducteurs .
 - 2.3 Matériaux électroactifs
- 3. Conception des convertisseurs électromécaniques .**
 - 3.1 Principales étapes du processus de conception
 - 3.2 Différents niveaux méthodologiques en présence
 - 3.3 Du concept à la structure dimensionnée : « conception Par optimisation »
- Références bibliographiques .**

D3412

Actionneurs électromagnétiques - Classification topologique .

Par **Pierre-Emmanuel CAVAREC**

Hamid BEN AHMED et Bernard MULTON

1. Critères simples.

- 1.1 Définition d'un actionneur électromagnétique
- 1.2 Sources d'excitation
 - 1.2.1 Excitation produite ou induite
 - 1.2.2 Excitation de type aimantation ou courant
 - 1.2.3 Nature dissipative de l'excitation
- 1.3 Bobinages de puissance
 - 1.3.1 Polarité magnétique du bobinage
 - 1.3.2 Constitution des bobinages
 - 1.3.3 Cycle de conversion lié au bobinage monophasé
- 1.4 Autres critères sur les sources de puissance et d'excitation .
 - 1.4.1 Localisation de la source
 - 1.4.2 Polarité du champ magnétique d'entrefer .
 - 1.4.3 Trajet du flux d'entrefer.
 - 1.4.4 Source fixe ou mobile
- 1.5 Alimentation électrique.
 - 1.5.1 Fréquence d'alimentation
 - 1.5.2 Alimentations à vitesse variable .
 - 1.5.3 Systèmes de commutation .
- 1.6 Architecture mécanique
 - 1.6.1 Disposition de la Partie mobile Par rapport à la Partie fixe.
 - 1.6.2 Type de mouvement
 - 1.6.3 Forme de la surface d'entrefer .

2. Critères composés

- 2.1 Catégories d'excitation
 - 2.1.1 Excitation synchrone
 - 2.1.2 Excitation asynchrone
 - 2.1.3 Excitation asynchrone généralisée.
 - 2.1.4 Polyexcitations
- 2.2 Couplage
 - 2.2.1 Couplage polaire
 - 2.2.2 Couplage dentaire

3. Classifications.

Bibliographie



D3414**Actionneurs électromagnétiques - Performances comparées .***Par Pierre-Emmanuel CAVAREC**Hamid BEN AHMED et Bernard MULTON***1. Couple électromagnétique**

- 1.1 Calcul
- 1.2 Densité linéique de courant
- 1.3 Excursion du flux d'excitation
- 1.4 Lois de similitude pour le couple

2. Autres critères

- 2.1 Inductance du bobinage de puissance
- 2.2 Pertes de l'actionneur.
- 2.3 Vitesse périphérique maximale
- 2.4 Ondulation de l'effort .
- 2.5 Coût de l'actionneur
- 2.6 Autres performances

3. Résumé des comparaisons**4. Conclusion .**

Références bibliographiques .

D3420**Bobinage des machines tournantes à courant alternatif .***Par Jacques SAINT-MICHEL***1. Champ magnétique produit Par un enroulement**

- 1.1 Cas d'une spire unique
- 1.2 Cas d'un enroulement réparti
- 1.3 Schémas de bobinage
- 1.4 Bobinages multipolarités .

2. Champ produit Par un bobinage triphasé

- 2.1 Généralités
- 2.2 Théorème du champ tournant
- 2.3 Influence qualitative des harmoniques d'espace

3. Analyse quantitative des propriétés des bobinages.

- 3.1 Force magnétomotrice produite Par les bobinages
- 3.2 Décomposition harmonique de l'onde de FMM
 - 3.2.1 FMM d'une spire à pas diamétral
 - 3.2.2 FMM pour la phase considérée
 - 3.2.3 Contribution des deux autres phases à la FMM
 - 3.2.4 FMM produite Par l'ensemble des trois phases.
- 3.3 Coefficients de bobinage globaux

4. Étude comparative de divers types de bobinages réguliers

- 4.1 Bobinages à pas diamétral .
- 4.2 Bobinages à pas raccourci
- 4.3 Bobinages répartis

5. Bobinages non réguliers

- 5.1 Bobinages à trous.
- 5.2 Bobinages à nombre fractionnaire d'encoches Par pôle et phase .

6. Compléments sur les bobinages à double polarité

- 6.1 Couplage Dahlander
- 6.2 Autres possibilités de polarités multiples .

7. Atténuation des harmoniques de denture .

- 7.1 Généralités
- 7.2 Détermination du vrillage optimal .
- 7.3 Influence de l'inclinaison sur le dimensionnement des machines.



8. Réalisation pratique des bobinages.

8.1 Isolation du bobinage.

8.2 Insertion du bobinage dans la machine .

D3440**Méthodes de calcul des inductances de fuites .**Par **Albert FOGGIA****1. Méthodes analytiques de calcul des inductances de fuites**

1.1 Généralités .

1.2 Encoches rectangulaires avec plusieurs conducteurs.

1.3 Encoches trapézoïdales

1.4 Encoches de forme quelconque

1.5 Encoche rectangulaire avec un conducteur massif

1.6 Encoches rectangulaires semi-fermées

1.7 Encoches circulaires.

1.8 Encoches de forme quelconque. Moteurs à double cage.

1.9 Flux de fuites différentiel

1. Flux de fuites d'inclinaison

1.11 Flux de fuites des têtes de bobines.

1.12 Conclusion sur les méthodes analytiques

2. Méthodes numériques d'éléments finis

2.1 Généralités .

2.2 Répartition bidimensionnelle de fuites.

2.3 Têtes de bobines

2.4 Fuites totales d'une machine

2.5 Méthodologie d'établissement du schéma équivalent d'une machine électrique en utilisant une méthode numérique d'éléments finis

3. Conclusion**Références bibliographiques****D3460****Refroidissement des machines électriques tournantes .**Par **Yves BERTIN****1. Lois générales de transmission de la chaleur.**

1.1 Transmission de la chaleur Par conduction .

1.2 Transmission de la chaleur Par convection

1.3 Transmission de la chaleur Par rayonnement.

2. Conduction de la chaleur dans la structure d'une machine tournante

2.1 Exemples simples d'application

2.2 Transfert de chaleur radial en régime stationnaire dans un stator simplifié

2.3 Représentation d'éléments hétérogènes

2.4 Interfaces et contacts entre organes .

2.5 Matériaux : quelques données .

3. Transfert convectif dans une machine tournante

3.1 Paramètres caractéristiques du transfert convectif .

3.2 Convection forcée en canal fixe

3.3 Convection forcée en espace annulaire étroit.

3.4 Convection forcée en canal rotorique axial

3.5 Convection forcée au voisinage des têtes de bobines

3.6 Relations et remarques complémentaires.

3.7 Fluides : quelques données

4. Conclusion .

D3462**Refroidissement des machines tournantes. Études Paramétriques.***Par Yves BERTIN***1. Calcul et optimisation thermique Par voie de modélisation numérique****2. Comportement thermique d'une machine ouverte**

2.1 Présentation de la machine et de ses caractéristiques .

2.1.1 Propriétés thermophysiques .

2.1.2 Dissipations thermiques

2.1.3 Caractéristiques de la boucle de refroidissement

2.2 Comportement thermique de la machine à la charge nominale .

2.3 Analyse de quelques voies d'optimisation thermique

2.3.1 Sensibilités des températures caractéristiques aux propriétés thermophysiques des matériaux

2.3.2 Sensibilités des températures caractéristiques aux échanges convectifs

2.3.3 Sensibilités des températures caractéristiques aux débits d'air .

2.3.4 Sensibilités des températures caractéristiques aux différentes sources de dissipations.

3. Comportement thermique d'une machine fermée .

3.1 Présentation synthétique de la machine et de ses caractéristiques modélisées

3.2 Comportement thermique de la machine pour deux situations classiques

3.2.1 Analyse thermique de l'essai à vide .

3.2.2 Analyse thermique de l'essai à la charge nominale

4. Conclusions

Références bibliographiques .

S4/24806**Machines électriques tournantes : conception construction et commandes****D3563****Machines asynchrones à contrôle vectoriel de flux***Par Faouzi BEN AMMAR***1. La variation de vitesse.****2. Le modèle d'action de la machine à courant continu .****3. Modèle d'action d'une machine asynchrone**

3.1 Modélisation classique Par schéma équivalent .

3.1.1 Expression du couple en régime permanent

3.1.2 Variation de la fréquence d'alimentation

3.2 Modélisation au moyen des vecteurs spatiaux

3.2.1 Transformation triphasé-biphasé (ou de Concordia)

3.2.2 Transformation de Park .

3.2.3 Modèle mathématique de la machine asynchrone dans le repère (d, q)

3.2.4 Modèle de la machine asynchrone alimentée en tension

3.2.5 Modèle de la machine asynchrone alimentée en courant

4. Contrôle vectoriel du flux.

4.1 Expression du couple électromagnétique .

4.2 Contrôle Par orientation du flux

Références bibliographiques .



D3564**Mise en œuvre et industrialisation du contrôle vectoriel de flux**Par **Faouzi BEN AMMAR**

1. Stratégie de commande .
2. Reconstitution du flux rotorique
3. Contraintes de mise en œuvre .
 - 3.1 Contraintes de l'électronique de puissance .
 - 3.2 Contraintes dues à l'implantation numérique.
4. Fonctionnements Particuliers
 - 4.1 Reprise au vol .
 - 4.2 Fonctionnement en défluxé
 5. Contrôle sans capteur de vitesse
 - 5.1 Problèmes de montage .
 - 5.2 Problèmes de vibrations
 - 5.3 Solutions et remèdes .
6. Conclusion .

D3568**Paliers et butées magnétiques passifs**Par **Jean-Paul YONNET**

1. Différents types.
 - 1.1 Paliers à réluctance variable
 - 1.2 Paliers à aimants permanents
 - 1.2.1 Centreurs à aimants permanents
 - 1.2.2 Identité « axial-radial »
 - 1.2.3 Butées à aimants permanents
 - 1.2.4 Configurations plus complexes
 - 1.2.5 Empilement de paliers
 - 1.2.6 Choix des aimants
 2. Fonctionnement
 - 2.1 Définition des forces et des raideurs
 - 2.2 Théorème fondamental sur la stabilité
 - 2.3 Stabilité angulaire.
 - 2.4 Amortissement des oscillations
 3. Calcul
 - 3.1 Paliers magnétiques passifs à aimants permanents
 - 3.1.1 Calcul analytique complet
 - 3.1.2 Calcul simplifié de la raideur Par abaque
 - 3.1.3 Calcul analytique simplifié (grand entrefer) .
 - 3.1.4 Calcul numérique
 - 3.2 Paliers magnétiques passifs à réluctance variable
 4. Suspensions magnétiques réalisées avec des paliers magnétiques passifs .
 - 4.1 Suspension d'un rotor
 - 4.2 Suspensions magnétiques Partielles
 - 4.3 Suspensions totalement magnétiques : stabilisation Par palier magnétique actif
 - 4.3.1 Ensembles de paliers contrôlant l'axe du rotor .
 - 4.3.2 Ensemble de paliers contrôlant le plan du rotor
 5. Utilisations.
- Références bibliographiques .



D3570**Construction des machines tournantes. Caractéristiques***Par Patrick BRUTSAERT, Daniel LALOY, Philippe ROBERT et Damien VERBEKE*

1. Rôle d'une machine électrique . D70
2. Forces développées dans une machine électrique .
 - 2.1 Forces internes
 - 2.2 Forces de liaison avec le milieu extérieur .
3. Ventilation et refroidissement .
 - 3.1 Rôle
 - 3.2 Appellations normalisées des différents systèmes de refroidissement .
 - 3.3 Réalisation des différents systèmes de ventilation .
4. Influence de l'environnement sur la réalisation d'une machine électrique
 - 4.1 Facteurs climatiques
 - 4.2 Conditions d'exploitation.
 - 4.3 Degrés de protection des machines
5. Influence de la machine électrique sur l'environnement
 - 5.1 Bruit
 - 5.2 Vibrations mécaniques
 - 5.3 Autres influences
6. Marquage.

D3571**Construction des machines tournantes. Éléments constitutifs***Par Patrick BRUTSAERT, Daniel LALOY Philippe ROBERT, et Damien VERBEKE*

1. Carcasse
 - 1.1 Rôle
 - 1.2 Divers modes de réalisation
2. Circuit magnétique.
 - 2.1 Rôle
 - 2.2 Constitution
3. Enroulements
 - 3.1 Rôle
 - 3.2 Constitution
 - 3.3 Traitements
4. Arbre
 - 4.1 Rôle et choix des matériaux
 - 4.2 Dimensionnement
5. Paliers.
 - 5.1 Rôle
 - 5.2 Paliers lisses.
 - 5.3 Paliers à roulements

D3572**Construction des machines tournantes - Machines à courant alternatif***Par Patrick BRUTSAERT Daniel LALOY et Damien VERBEKE*

1. Différents types. D72
 - 1.1 Machine asynchrone
 - 1.2 Machine synchrone .
2. Stators



- 2.1 Machine à ventilation axiale
- 2.2 Machine à ventilation radiale.

3. Rotors.

- 3.1 Machines asynchrones
- 3.2 Machines synchrones .

IN157

Accroissement de l'efficacité énergétique des moteurs à courants alternatifs

Par **Bertrand CASSORET, Jean-François BRUDNY, Thierry BELGRAND**

Introduction

1 - Contexte

- 1.1 - Importance de la réduction de la consommation d'énergie
- 1.2 - Pertes des machines à courants alternatifs
- 1.3 - Dispositifs d'amélioration de l'efficacité énergétique développés au LSEE

2 - Utilisation d'acier à grains orientés en champ tournant

- 2.1 - Aciers magnétiques
- 2.2 - Décalage des tôles

3 - Applications à des machines asynchrones

- 3.1 - Réalisation pratique
- 3.2 - Résultats
- 3.3 - Gains environnementaux et financiers

4 - Perspectives et évolutions

- 4.1 - Efficacité énergétique d'autres types de machines
- 4.2 - Influence sur les bruits et vibrations

D3573

Construction des machines tournantes - Machines à courant continu

Par **Daniel LALOY et Philippe ROBERT**

1. Stator

- 1.1 Constitution
- 1.2 Carcasse .
 - 1.2.1 Culasses massives
 - 1.2.2 Culasses feuilletées .
 - 1.2.3 Tôles et pièces de fermeture. Viroles d'extrémité. Flasques
- 1.3 Pôles .
 - 1.3.1 Pôles principaux
 - 1.3.2 Pôles auxiliaires .
- 1.4 Enroulements
 - 1.4.1 Enroulements inducteurs principaux
 - 1.4.2 Enroulements de commutation
 - 1.4.3 Enroulements de compensation .

2. Rotor

- 2.1 Tôlerie et liaison avec l'arbre.
 - 2.1.1 Tôles en une seule pièce
 - 2.1.2 Tôles en segments
 - 2.1.3 Efforts dans la tôlerie
 - 2.1.4 Serrage
- 2.2 Enroulements
 - 2.2.1 Enroulement principal
 - 2.2.2 Connexions équipotentielles .
- 2.3 Collecteur. Balais



D3574**Construction des machines tournantes - Machines à aimants à fort couple***Par Patrick BRUTSAERT**Daniel LALOY et Philippe ROBERT***1. Types de machines**

- 1.1 Machines à champ axial ou radial
- 1.2 Aimants permanents

2. Machines à champ radial

- 2.1 Architecture
- 2.2 Rotor .
- 2.3 Lanterne bobinée
- 2.4 Montage du rotor dans le stator .
- 2.5 Carcasse .
- 2.6 Paliers
- 2.7 Instrumentations et accessoires .
- 2.8 Transport

3. Machines à champ axial .

- 3.1 Architecture .
- 3.2 Stator
- 3.3 Rotor .
- 3.4 Carcasse .
- 3.5 Paliers .

D3760**Machines électriques tournantes - Simulation du comportement thermique***Par Raynal GLISES***1. Modes fondamentaux de transferts de chaleur .**

- 1.1 Transferts Par conduction.
 - 1.1.1 Relation de Fourier
 - 1.1.2 Équation de la chaleur
- 1.2 Transferts Par convection .
 - 1.2.1 Relation de Newton
 - 1.2.2 Entrefer.
- 1.3 Transferts Par rayonnement

2. Outils de modélisation thermique .

- 2.1 Introduction
- 2.2 Méthodes nodales .
 - 2.2.1 Réseau thermique .
 - 2.2.2 Conductances
 - 2.2.3 Mise en place d'un système algèbro-différentiel
- 2.3 Éléments finis
 - 2.3.1 Description .
 - 2.3.2 ÉtudesD etD
 - 2.3.3 Hypothèses d'étude
 - 2.3.4 Étapes de modélisation Par éléments finis

3. Modélisation d'un moteur synchrone à aimants permanents

- 3.1 Caractéristiques de la machine .
- 3.2 Résultats expérimentaux
- 3.3 Résultats simulés ; critères de validation



D3580***Bruit audible d'origine magnétique dans les machines asynchrones****Par Jean LE BESNERAIS, Vincent LANFRANCHI, Michel HECQUET et Pascal BROCHET***1. Sources de bruit audible d'origine magnétique D80v2 -**

- 1.1 Forces de Maxwell
- 1.2 Forces de magnétostriction.

2. Caractérisation des forces d'origine magnétique

- 2.1 Principe de résonance
- 2.2 Méthode de caractérisation.
- 2.3 Raies de denture
- 2.4 Raies dues au bobinage statorique
- 2.5 Raies dues à la saturation
- 2.6 Raies dues aux excentricités
- 2.7 Raies dues à la modulation de largeur d'impulsion (MLI)
- 2.8 Autres raies
- 2.9 Conclusion .

3. Prédiction du bruit audible d'origine magnétique

- 3.1 Calcul analytique des fréquences naturelles
- 3.2 Outils graphiques
- 3.3 Simulation numérique

4. Règles de conception silencieuse

- 4.1 Conception du moteur
- 4.2 Conception de la commande .

5. Caractérisation expérimentale et diagnostic du bruit d'origine magnétique

- 5.1 Analyse modale
- 5.2 Déformées opérationnelles .
- 5.3 Sonagrammes et spectrogrammes
- 5.4 Interprétations des sonagrammes
- 5.5 Récapitulatifs des « essais types » .

6. Conclusion**D3581*****Bruit acoustique d'origine magnétique dans les machines synchrones****Par Jean LE BESNERAIS**Pierre PELLERAY, Vincent LANFRANCHI et Michel HECQUET***1. Phénomène de bruit acoustique d'origine magnétique .**

- 1.1 Topologies considérées et systèmes de coordonnées
- 1.2 Sources de bruit dans les machines électriques
- 1.3 Efforts de Maxwell
- 1.4 Résonance vibratoire
- 1.5 Appropriation forces magnétiques – modes de structure
- 1.6 Rayonnement acoustique.

2. Caractérisation des forces d'origine magnétique

- 2.1 Principe
- 2.2 Induction radiale d'entrefer .
- 2.3 Induction tangentielle d'entrefer .
- 2.4 Caractérisation des raies d'excitation

3. Prédiction du bruit audible d'origine magnétique

- 3.1 Modèles analytiques ou semi-analytiques
- 3.2 Modèles éléments finis (EF)
- 4. Réduction du bruit magnétique**
 - 4.1 Généralités.
 - 4.2 Conception de la machine
 - 4.3 Conception de la commande .
- 5. Caractéristiques expérimentale**
 - 5.1 Cas d'une MSAP à aimants enterrés et stator externe
 - 5.2 Cas d'une MSRB à stator externe
 - 5.3 Cas d'une MSAP à aimants enterrés et rotor externe.
- 6. Conclusion**

D3595

Conception et prédiction du fonctionnement des machines synchrones Par CAO

Par **Thierry LECOMTE**

- 1. Dimensionnement des machines synchrones .**
 - 1.1 Équipement informatique
 - 1.2 Structure du programme
 - 1.3 Optimisation .
- 2. Détermination des champs électromagnétiques .**
 - 2.1 Généralités.
 - 2.2 Méthode des éléments finis
 - 2.3 Calcul de la coupe transversale d'une machine synchrone
 - 2.4 Régimes transitoires
- 3. Conclusion**

D3610

Commande des machines à courant continu (mcc) à vitesse variable

Par **Jean-Paul LOUIS, Bernard MULTON, Yvan BONNASSIEUX et Michel LAVABRE**

- 1. Modélisation élémentaire .**
 - 2. Fonctionnement à excitation constante .**
 - 3. Caractéristiques en régime de défluxage**
 - 4. Caractéristiques d'une machine à excitation série ou moteur universel**
 - 5. Optimisation énergétique.**
 - 6. Réversibilité**
 - 7. Performances et limitations en vitesse variable .**
 - 8. Modélisation en régime dynamique**
 - 9. Identification du modèle dynamique d'une mcc à excitation séparée**
 - 10. Conclusion .**
- Notations et symboles

D3611

Convertisseurs statiques pour la variation de vitesse des mcc .

Par **Jean-Paul LOUIS, Bernard MULTON Yvan BONNASSIEUX et Michel LAVABRE**

- 1. Choix du type de convertisseur**
 - 1.1 Réversibilité
 - 1.2 Sources
 - 1.3 Critères de choix des convertisseurs
- 2. Commande des convertisseurs alternatif-continu .**



- 2.1 Commande des montages redresseurs (allumeurs)
- 2.2 Caractéristiques de transfert des montages redresseurs.
- 2.3 Commande des convertisseurs réversibles à thyristors
- 3. Convertisseurs à modulation de largeur d'impulsion (hacheurs ou redresseurs)**
- 3.1 Commande des convertisseurs continu-continu en modulation de largeur des impulsions (MLI).
- 3.2 Caractéristiques de transfert des hacheurs (régime continu)
- 4. Modélisation des convertisseurs en régime dynamique**
- 4.1 Calcul du gain dynamique
- 4.2 Constante de temps statistique. Fonction de transfert
- 5. Conclusion .**

D3612**Régulation des mcc - Structure générale**

Par **Jean-Paul LOUIS, Bernard MULTON, Yvan BONNASSIEUX**
et **Michel LAVABRE**

1. Capteurs

- 1.1 Capteurs de courant
- 1.2 Capteurs de vitesse .
- 1.3 Capteurs de position
- 1.4 Estimation du couple de charge

2. Structures des régulations des moteurs à courant continu

- 2.1 Variateur de vitesse à régulations en cascade
- 2.2 Variateur de vitesse à régulations en Parallèle
- 2.3 Variateur de vitesse avec convertisseur réversible
- 2.4 Variateur de vitesse avec désexcitation pour le fonctionnement en survitesse
- 2.5 Introduction des protections

3. Non-linéarité des structures de commande .

- 3.1 Non-linéarité intrinsèque de la machine : saturation magnétique.
- 3.2 Effets non-linéaires dus aux protections
- 3.3 Effets non-linéaires dus aux convertisseurs.
- 3.4 Perturbations des régulations de vitesse dues à des charges mécaniques Particulières.
- 3.4.1 Perturbations diverses
- 3.4.2 Oscillations dues à une torsion élastique
- 3.4.3 Oscillations dues à l'entraînement de produits élastiques .

4. Modélisation des régulateurs de vitesse à haute performance

- 4.1 Représentation d'état non-linéaire.
- 4.2 Représentation d'état linéaire

Références bibliographiques .

D3620**Machines asynchrones - Alimentation et caractéristiques**

Par **Bernard de FORNEL**

1. Variation de vitesse à fréquence d'alimentation fixe

- 1.1 Variation de tension : gradateur
- 1.2 Récupération rotorique : cascade hyposynchrone

2. Alimentation à fréquence variable

- 2.1 Formes d'onde
- 2.2 Caractéristiques électromécaniques en régime permanent sinusoïdal à fréquence et amplitude variables

3. Régimes transitoires. Stabilité.

- 3.1 Alimentation Par des tensions
- 3.2 Alimentation Par des courants .
- 3.3 Conclusion.



D3622***Machines asynchrones - Commande Par contrôle scalaire****Par Bernard de FORNEL*

1. Lois de contrôle du flux magnétique
 2. Régulation du flux magnétique
 - 2.1 Alimentation Par des courants .
 - 2.2 Alimentation Par des tensions
 3. Régulation de la vitesse de rotation
 4. Variateur à commande scalaire directe sans capteur de vitesse
 5. Conclusion .
- Références bibliographiques .

D3623***Machines asynchrones - Commande Par contrôle direct de couple****Par Bernard de FORNEL*

1. Contrôle direct du flux statorique : DSC
 - 1.1 Principe de fonctionnement
 - 1.2 Contrôle du flux .
 - 1.3 Contrôle du couple
 - 1.4 Fréquence de commutation de l'onduleur
 - 1.5 Estimation de la vitesse
 - 1.6 Conclusion.
 2. Contrôle direct de couple : DTC .
 - 2.1 Principe
 - 2.2 Prise en compte de la dérivée du couple électromagnétique
 - 2.3 Formes des signaux et fréquence de commutation
 - 2.4 Quelques résultats
 - 2.5 Variateur de vitesse à contrôle DTC sans capteur de vitesse
 - 2.6 Application de la commande DTC aux systèmes multimachines multiconvertisseurs .
 - 2.7 Conclusion.
 3. Conclusion .
- Références bibliographiques .

D3640***Commande numérique des machines - Évolution des commandes****Par Jean-Paul LOUIS et Claude BERGMANN*

1. Structure des commandes
2. Problèmes des fréquences
3. Comparaison des commandes numériques et analogiques
 - 3.1 Limites de la commande analogique et avantages de la technologie numérique.
 - 3.2 Avantages des dispositifs analogiques et inconvénients des dispositifs numériques
 - 3.2.1 Rapidité
 - 3.2.2 Action en continu
 - 3.2.3 Simplicité de la conception des commandes analogiques.
 - 3.3 Avantages décisifs de la commande numérique
 - 3.3.1 Intelligence (ou reconfigurabilité)
 - 3.3.2 Simplification du matériel. Standardisation. Intégration .
4. Numérisation des commandes éloignées comme extension des commandes analogiques
 - 4.1 Commande d'axe à courant continu.
 - 4.1.1 Présentation du système



- 4.1.2 Modèles échantillonnés : transformée en z
- 4.1.3 Modèles continus : approximation Par des transformées de Laplace.
- 4.1.4 Remarque
- 4.2 Machine synchrone autopilotée commandée dans le référentiel statorique
- 4.3 Commande hybride d'un cycloconvertisseur .
- 5. Modèles mathématiques pour les convertisseurs alimentant des machines**
- 5.1 Modèles de type continu
- 5.1.1 Cas des redresseurs et des hacheurs abaisseurs .
- 5.1.2 Cas de convertisseurs continu-continu
- 5.2 Architecture des commandes numériques et modèles de type échantillonné
- 5.2.1 Commande numérique .
- 5.2.2 Modèle du convertisseur défini en valeur moyenne
- 5.2.3 Échantillonneur équivalent (modèle échantillonné non filtré) .
- 5.2.4 Problème du temps de calcul
- Notations et symboles

S4/24807 Matériaux conducteurs et plasmas

**** Plasmas:**

D2701 *Supraconducteurs - Bases théoriques*

Par *Pascal TIXADOR, Yves BRUNET*

- 1. Température critique et résistivité**
- 2. Diamagnétisme. Effet Meissner**
- 3. Diagramme de phase. Types de supraconductivité**
 - 3.1 Supraconducteurs de type I (ou de première espèce)
 - 3.2 Supraconducteurs de type II (ou de deuxième espèce)
- 4. Courant ou densité de courant critique**
 - 4.1 Supraconducteurs de type I
 - 4.2 Supraconducteurs de type II
- 5. Champ d'irréversibilité**
- 6. Surface critique.**
- Références bibliographiques .

D2702 *Supraconducteurs Structure et comportement des fils*

Par *Pascal TIXADOR, Yves BRUNET*

- 1. Étude électromagnétique des supraconducteurs, modèle de l'état critique**
 - 1.1 Relation B (H)
 - 1.2 Relation E (J), modèle de l'état critique .
- 2. Aimantation d'un supraconducteur avec densité de courant critique.**
 - 2.1 Courbe expérimentale
 - 2.2 Expérience de l'aimant flottant.
 - 2.3 Aimantation d'un cylindre
 - 2.4 Mesure de la densité de courant critique J_c Par aimantation
- 3. Stabilisation de l'état supraconducteur**
 - 3.1 Intérêt d'une matrice de conductivités électrique et thermique élevées
 - 3.2 Instabilité thermo-magnétique, saut de flux
 - 3.3 Couplage, longueur critique
 - 3.4 Cryostabilisation
 - 3.5 Composite multifilamentaire .
- 4. Pertes alternatives (pertes ac) .**
- 5. Transition et protection .**



Références bibliographiques .

D2703***Supraconducteurs Environnement et applications****Par Pascal TIXADOR, Yves BRUNET***1. Conducteurs supraconducteurs .**

1.1 Matériaux à basse température critique.

1.1.1 NbTi

1.1.2 Nb₃Sn1.1.3 MgB₂ .

1.1.4 Phases de Chevrel

1.2 Matériaux à haute température critique .

1.2.1 Conducteur PIT BiSrCaCuO

1.2.2 Conducteurs YBaCuO : conducteurs déposés .

1.2.3 Matériaux massifs

1.3 Matériaux organiques

2. Environnement des supraconducteurs .

2.1 Cryogénie

2.1.1 Méthodes de refroidissement

2.1.2 Fluides cryogéniques .

2.1.3 Cryostat

2.1.4 Amenées de courant

2.2 Propriétés des matériaux aux basses températures

2.2.1 Propriétés mécaniques

2.2.2 Propriétés thermiques

2.2.3 Propriétés électriques.

2.2.4 Propriétés magnétiques

2.2.5 Propriétés diélectriques

3. Applications de puissance des supraconducteurs .

3.1 Applications actuelles : production de champ magnétique

3.2 Applications futures

Références bibliographiques .

D2704***Principales applications des supraconducteurs****Par Pascal TIXADOR, Yves BRUNET***1. Spécificités des supraconducteurs . D2704-2**

1.1 Mode persistant

1.2 Pertes AC

1.3 Protection d'un aimant supraconducteur

1.4 Dimensionnement d'un enroulement supraconducteur

1.4.1 Sections de supraconducteur et de matrice (cuivre)

1.4.2 Sections de réfrigérant .

1.4.3 Aspect mécanique

2. Aimants industriels

2.1 Imagerie Par Résonance Magnétique IRM

2.2 Spectroscopie .

2.3 Cyclotron à protons

3. Aimants pour la recherche

3.1 Physique des hautes énergies .

3.1.1 Aimants pour accélérateurs-collisionneurs .

3.1.2 Aimants pour détecteurs .

3.2 Fusion

3.2.1 Réaction de fusion

3.2.2 Confinement magnétique

3.2.3 Tokamak



- 3.2.4 ITER
- 3.3 Aimants de laboratoire .
- 4. Aimants pour applications spécifiques**
- 4.1 Séparation magnétique
- 4.2 Train à lévitation magnétique
- 4.3 MHD

D2705

Supraconducteurs Applications de puissance à haute température critique

Par **Pascal TIXADOR, Yves BRUNET**

- 1. Contexte**
- 2. Applications spécifiques à la supraconductivité .**
 - 2.1 Paliers et suspensions magnétiques .
 - 2.2 Limiteur de courant de défaut
 - 2.3 SMES.
 - 2.4 Amenées de courant pour bobine supraconductrice
- 3. Applications non spécifiques à la supraconductivité**
 - 3.1 Câbles supraconducteurs .
 - 3.2 Machines électriques
 - 3.3 Transformateurs.
- 4. Conclusion**

D2706

Cavités supraconductrices pour les accélérateurs de Particules

Par **Claire ANTOINE, Juliette PLOUIN**

- 1. Accélérer des Particules chargées**
 - 1.1 Énergie des Particules relativistes
 - 1.2 Rappel sur l'accélération électrostatique
- 2. Cavités radiofréquences.**
 - 2.1 Accélération Par des cavités radiofréquences .
 - 2.2 Choix des Paramètres principaux d'une cavité radiofréquence
 - 2.3 Performances des cavités accélératrices
- 3. Supraconductivité pour les cavités radiofréquences**
 - 3.1 Supraconducteurs en radiofréquence : résistance non nulle ! .
 - 3.2 Performances d'une cavité supraconductrice .
 - 3.3 Performances actuelles .
- 4. Appareillage lié aux cavités supraconductrices**
 - 4.1 Coupleur de puissance
 - 4.2 Système d'accord en fréquence
 - 4.3 Cryomodule
- 5. Conclusion**

D2810

Plasmas thermiques : aspects fondamentaux

Par **Pierre FAUCHAIS**

- 1. Particules présentes dans un plasma.**
 - 1.1 Définition
 - 1.2 États d'énergie dans un plasma
- 2. Grandeurs caractéristiques.**
 - 2.1 Collisions
 - 2.2 Libre Parcours moyen et section efficace de collision
 - 2.3 Fonction de distribution
 - 2.4 Types d'ionisation dans les plasmas



2.5 Mobilité des Particules chargées dans un champ électrique .

2.6 Diffusion .

2.7 Longueur de Debye .

3. Plasmas à l'équilibre thermodynamique .

3.1 Conditions d'équilibre

3.2 Calcul de la composition

3.3 Propriétés thermodynamiques.

3.4 Propriétés de transport

3.5 Rayonnement

4. Plasmas thermiques hors équilibre .

4.1 Conditions du non équilibre

4.2 Calcul de la composition du plasma .

4.3 Calcul des propriétés de transport .

4.4 Phénomènes de trempe

5. Conclusion .

Références bibliographiques .

D2820

Plasmas thermiques : production

Par **Pierre FAUCHAIS**

1. Techniques de production des plasmas thermiques .

2. Plasmas RF.

2.1 Principes.

2.2 Exemples de torches commerciales .

3. Arcs à courant continu

3.1 Remarques générales

3.2 Cathodes

3.3 Anodes

4. Arcs soufflés

4.1 Principes.

4.2 Exemples de torches à cathodes chaudes.

4.2.1 Cathodes de type tige

4.2.2 Cathodes de type bouton

4.2.3 Cathodes en graphite consommables .

4.3 Exemples de torches à cathodes froides

4.3.1 Torches Aérospatiale

4.3.2 Torches Westinghouse (USA)

4.3.3 Torches SKF (Suède)

5. Arcs transférés

5.1 Principes.

5.1.1 Electrodes non consommables

5.1.2 Electrodes consommables .

5.2 Exemples d'électrodes non consommables

6. Équipements auxiliaires.

6.1 Générateurs .

6.1.1 Courant continu .

6.1.2 Radiofréquence

6.2 Dispositif d'amorçage

6.3 Circuit de refroidissement

6.4 Circuit de gaz

6.5 Système de contrôle-commande

7. Contrôle des nuisances .

8. Conclusion .

Références bibliographiques .



D2825***Plasmas thermiques aux puissances inférieures à 100 kW : applications****Par Pierre FAUCHAIS*

1. Découpage Par plasma.
2. Soudage Par plasma
3. Rechargement Par plasma PTA .
4. Projection Par plasma
 - 4.1 Conventionnelle.
 - 4.2 Dépôts finement structurés.
5. Projection arc fil
6. Sphéroïdisation des Particules .
7. Analyse spectrochimique
8. Procédés endevenir
 - 8.1 Nano poudres
 - 8.2 CVD assistée Par plasma
 - 8.3 Purification Par fusion de zone .
9. Conclusion.

D2830***Plasmas froids de décharge - Propriétés électriques****Par Anne-Marie POINTU, Jérôme PERRIN et Jacques JOLLY*

1. Définitions et phénomènes de base
 - 1.1 Densités, degré d'ionisation
 - 1.2 État thermodynamique .
 - 1.3 Effets collectifs : longueur de Debye, fréquence plasma .
 - 1.4 Transport et bilans
2. Profils de densité .
 - 2.1 Profils d'espèces dans la zone neutre
 - 2.2 Gaines
 - 2.21 Formules pratiques pour une gaine ionique
 - 2.22 Modification de la gaine électrostatique d'un substrat soumis à un champ alternatif
3. Classification des plasmas de décharge .
 - 3.1 Densité et température
 - 3.2 Degré d'ionisation et densité de puissance
 - 3.3 Autres Paramètres
4. Décharge à courant continu
 - 4.1 Décharge non autonome sans multiplication électronique
 - 4.11 Entretien de la décharge
 - 4.12 Calcul du courant
 - 4.13 Effet d'avalanche
 - 4.2 Décharge de Townsend.
 - 4.21 Phénoménologie de la décharge.
 - 4.22 Calcul du courant
 - 4.23 Loi de similitude. Loi de Paschen
 - 4.3 Décharge luminescente à basse pression .
 - 4.31 Généralités
 - 4.32 Espace cathodique
 - 4.33 Lueur négative et espace sombre de Faraday.
 - 4.34 Colonne positive
 - 4.35 Zone anodique
 - 4.4 Passage à l'arc
5. Principaux mécanismes d'amorçage et d'entretien d'une décharge
 - 5.1 Tube à décharge en courant alternatif .
 - 5.2 De l'ionisation en volume à l'ionisation dans les gaines .
 - 5.3 Couplage inductif



- 5.4 Champs de claquage et d'entretien des décharges HF et micro-ondes
- 5.5 Différents modes de création des décharges micro-ondes

D2835**Plasmas froids de décharge - Applications et diagnostic***Par Anne-Marie POINTU, Jérôme PERRIN et Jacques JOLLY***1. Réacteurs à plasmas pour le traitement des matériaux et des gaz**

- 1.1 Générateurs de puissance et accord d'impédance des décharges
- 1.2 Procédés de traitements de matériaux Par plasma.
- 1.3 Problématique du choix et de la conception d'un système
- 1.4 Réacteurs à décharge continue ou basse fréquence
- 1.5 Réacteurs à décharge radiofréquence .
- 1.6 Décharges micro-ondes
- 1.7 Faisceaux d'ions
- 1.8 Décharges couronnes et décharges silencieuses à haute pression

2. Méthodes de diagnostic.

- 2.1 Introduction
- 2.2 Sondes électrostatiques
- 2.3 Diagnostics micro-ondes .
- 2.4 Spectroscopie optique
- 2.5 Conclusion

**** Matériaux conducteurs:****D2601****Conduction électrique dans les solides - Introduction et théories élémentaires***Par Olivier BOURGEOIS**et Hervé GUILLOU***1. Électron dans la matière**

- 1.1 Introduction à la mécanique quantique .
- 1.2 Particules libres dans une boîte de dimension L
- 1.3 Interprétation des inégalités de Heisenberg
- 1.4 Spin
- 1.5 Liaisons chimiques dans un solide
- 1.6 Atome d'hydrogène comme modèle des orbitales atomiques
- 1.7 Liaisons covalentes, ioniques, électrons délocalisés .

2. Modèles élémentaires de conduction électronique

- 2.1 Modèle classique de Drude Lorentz .
- 2.2 Modèle quantique de Sommerfeld

3. Conductivité électrique dans un solide : cristal périodique

- 3.1 Réseaux de bravais et réseaux réciproques
- 3.2 Onde de Bloch
- 3.3 Bandes d'énergie .

4. Théorie semi-classique du transport

- 4.1 Vitesse d'un électron de Bloch.
- 4.2 Équations semi-classiques du mouvement .
- 4.3 Conséquences des équations semi-classiques .

D2602**Conduction électrique dans les solides - Transport et propriétés physiques des électrons de conduction***Par Olivier BOURGEOIS et Hervé GUILLOU***1. Transport électrique dans les solides.**

- 1.1 Approche statistique



- 1.2 Résistance et dissipation
- 1.3 Conduction dans les métaux
- 1.4 Conduction dans les semi-conducteurs
- 1.5 Conduction dans les solides amorphes : transition métal-isolant
- 1.6 Limite haute température : diffusion ionique dans un solide
- 1.7 Cas Particulier des supraconducteurs
- 2. Propriétés physiques des électrons de conduction**
- 2.1 Conduction sous champ magnétique
- 2.2 Magnétisme de spin des électrons de conduction
- 2.3 Effets thermoélectriques
- 3. Transport électronique en conditions extrêmes**
- 3.1 Transport électrique quantique dans les nanostructures .
- 3.2 Exemples de conduction des électrons à basses dimensions

D2610**Conducteurs métalliques - Présentation générale**Par *Jean-Charles DELOMEL***1. Rappel de physique du solide**

- 1.1 Propriétés des métaux
- 1.2 Influence des éléments d'alliage .
- 1.3 Influence de l'état mécanique
- 1.4 Propriétés mécaniques des métaux conducteurs.

2. Cuivre et ses alliages

- 2.1 Données générales
- 2.2 Principales nuances.
- 2.3 Alliages pour conducteurs et câbles électriques
- 2.4 Principales voies d'élaboration

3. Aluminium et ses alliages

- 3.1 Données générales
- 3.2 Principales nuances.
- 3.3 Alliages pour conducteurs et câbles électriques
- 3.4 Voie d'élaboration de l'aluminium .
- 3.5 éventail des produits utilisés en câblerie

4. Conducteurs bimétalliques .

- 4.1 Données générales
- 4.2 Acier revêtu d'aluminium
- 4.3 Acier revêtu de cuivre
- 4.4 Aluminium revêtu de cuivre

5. Fils revêtus d'un dépôt électrolytique

- 5.1 Cuivre étamé
- 5.2 Cuivre argenté
- 5.3 Cuivre nickelé
- 5.4 Cuivre doré

6. Matériaux supraconducteurs.**7. Matériaux composites .**

Références bibliographiques .

D2611**Conducteurs métalliques - Guide d'utilisation**Par *Jean-Charles DELOMEL***1. Guide d'applications .****2. Normalisation****3. Organismes****4. Bibliographique .****5. Producteurs de conducteurs et de câbles .****6. Constructeurs de matériels**

D2620**Matériaux pour résistances électriques**Par **Gilles GREFFIER****1. Utilisation des éléments chauffants**

- 1.1 Transferts thermiques
- 1.2 Durée de vie d'une résistance
- 1.3 Matériaux disponibles

2. Alliages .

- 2.1 Alliages austénitiques à base de nickel
- 2.2 Alliages ferritiques FeCrAl
- 2.3 Mises en forme

3. Matériaux céramiques .

- 3.1 Disiliciure de molybdène .
- 3.2 Carbure de silicium
- 3.3 Chromite de lanthane.
- 3.4 Zircon.

4. Graphite et composites carbone-carbone

- 4.1 Composition. Élaboration
- 4.2 Propriétés
- 4.3 Mise en œuvre des éléments chauffants
- 4.4 Prix et applications

5. Conclusion .**D2660****Le carbone en électrotechnique**Par **Michel COULON****Conrad REYNVAAN et Jacques MAIRE****1. Généralités.**

- 1.1 Définition
- 1.2 Structure.
- 1.3 Propriétés
 - 1.3.1 Caractéristiques générales
 - 1.3.2 Propriétés physiques
 - 1.3.3 Propriétés chimiques
- 1.4 Fabrication des carbones et des graphites
 - 1.4.1 Carbones et graphites polygranulaires
 - 1.4.2 Carbones et graphites monolithes .
 - 1.4.3 Carbone déposé en phase vapeur
 - 1.4.4 Feuilles souples de graphite
- 1.5 Mise en œuvre pour les applications électriques .

2. Électrodes, charbons d'arc et résistances.

- 2.1 Utilisation en électrochimie
 - 2.1.1 Électrolyse et aciérie
 - 2.1.2 Protection contre la corrosion
 - 2.1.3 Piles électriques .
- 2.2 Charbons d'arc
 - 2.2.1 Généralités
 - 2.2.2 Utilisation pour l'éclairage
 - 2.2.3 Charbons pour la spectrographie
 - 2.2.4 Charbons de soudage et de gougeage
- 2.3 Usinage Par électroérosion.
- 2.4 Résistances électriques .
 - 2.4.1 Résistances fixes à température ambiante
 - 2.4.2 Résistances à haute température



2.4.3 Résistances variables contenant du carbone

3. Contacts électriques fixes et glissants.

3.1 Contacts de coupure

3.2 Frotteurs de captation de courant

3.2.1 Petits frotteurs pour rhéostats et potentiomètres.

3.2.2 Frotteurs sur fils et rails conducteurs

3.3 Balais

3.3.1 Principes .

3.3.2 Transmission du courant

3.3.3 Nuances de balais.

3.3.4 Fonctionnement des balais.

3.3.5 Influences extérieures sur le fonctionnement des balais.

3.3.6 Recommandations

S4/24808 Matériaux isolants en électrotechnique

**** Diélectriques:**

D2300 Diélectriques - Bases théoriques

Par **Robert FOURNIÉ, Roland COELHO**

1. Polarisation des diélectriques

1.1 Définitions .

1.2 Polarisation des diélectriques (expérience)

1.3 Polarisation des diélectriques (théorie)

1.4 Généralisation de la loi de Gauss

1.5 Conditions aux limites de deux diélectriques .

1.6 Interface conducteur-isolant

2. Différents types de polarisation .

2.1 Généralités

2.2 Description des principaux modèles.

2.3 Champ local .

2.4 Relation de Clausius-Mossotti

3. Courants de conduction et de déplacement dans un isolant

3.1 Loi d'Ohm

3.2 Courant de déplacement

3.3 Conduction des isolants (expérience)

4. Courants transitoires dans les isolants

4.1 Généralités

4.2 Courant d'absorption réversible (expérience)

4.3 Courant d'absorption irréversible (expérience) .

4.4 Courant d'absorption (théorie) .

4.5 Polarisation interfaciale (Maxwell).

4.6 Applications .

5. Réponse en fréquence et pertes diélectriques des isolants

5.1 Facteurs de dissipation diélectrique et de puissance .

5.2 Réponse en fréquence (théorie)

5.3 Pertes diélectriques .

5.4 Étude des phénomènes de polarisation en fonction de la fréquence

Références bibliographiques .

D2301 Diélectriques - Courants de conduction

Par **Yvan SEGUI**

1. Généralités.

1.1 Conduction et structure des matériaux



- 1.1.1 Rappel sur la théorie des bandes
- 1.1.2 Métaux-Semi-conducteurs-Isolants
- 1.1.3 Isolants réels
- 1.2 Courants de conduction, de diffusion, de déplacement et de polarisation

2. Conduction dans les gaz

3. Conduction ionique

4. Conduction électronique

4.1 Mécanismes contrôlés Par l'interface

4.1.1 Généralités

4.1.2 Effet thermoélectronique (ou effet Schottky)

4.1.3 Effet Fowler-Nordheim

4.2 Mécanismes contrôlés Par le volume du diélectrique

4.2.1 Courants limités Par charge d'espace

4.2.2 Effet Poole-Frenkel

4.2.3 Conduction Par saut (hopping).

4.2.4 Courants résultant de l'orientation dipolaire

4.2.5 Cas des courants non réversibles

4.2.6 Polarisation interfaciale.

Références bibliographiques .

D2305

Diélectriques solides et charge d'espace

Par **Christian LAURENT**

1. Isolants solides dans l'industrie électrique

1.1 Rôle.

1.2 Grandes classes d'isolants et domaines d'utilisation .

1.3 Modes de défaillance

2. Charge d'espace.

2.1 L'isolant Parfait

2.2 Mécanismes de génération des charges .

2.2.1 Génération aux interfaces.

2.2.2 Génération interne

2.3 Charge d'espace et champ électrique

2.4 Techniques de mesure sans résolution spatiale .

2.4.1 Méthodes de stimulation thermique .

2.4.2 Méthode utilisant un faisceau d'électrons .

2.5 Techniques de mesure avec résolution spatiale .

2.5.1 Méthodes thermiques .

2.5.2 Méthodes acoustiques

2.6 Facteurs d'influence et interprétation des mesures .

3. Arborences électriques

3.1 Propagation

3.1.1 Arborecence à propagation rapide

3.1.2 Arborecence à propagation lente

3.2 Rupture.

** Caractérisation des matériaux:

D2302

Fonction isolation dans les matériels électriques

Par **Brigitte PINEL** et **Francis DUCHATEAU**

1. Contraintes de conception et d'utilisation d'un matériel

1.1 Généralités

1.2 Contraintes rencontrées Par la fonction isolation au cours de sa vie

1.2.1 Contraintes électriques .

1.2.2 Contraintes thermiques.



- 1.2.3 Contraintes mécaniques
- 1.2.4 Contraintes climatiques
- 1.2.5 Contraintes radiatives
- 1.2.6 Sécurité
- 1.2.7 Contraintes environnementales

2. Conception d'un système d'isolation.

- 2.1 Matériaux de base utilisés dans la construction électrique
- 2.2 Exemples d'évolution et de conception
 - 2.2.1 De l'isolation mixte à l'isolation sèche.
 - 2.2.2 Environnement et matériaux isolants
 - 2.2.3 Passage des diélectriques liquides aux matériaux gazeux .
 - 2.2.4 Les matériaux synthétiques s'attaquent aux minéraux

3. Évaluation de la tenue aux contraintes

- 3.1 Principes généraux
- 3.2 Méthodologie des essais .
 - 3.2.1 Généralités
 - 3.2.2 Méthodes de diagnostic
 - 3.2.3 Évaluation des contraintes de fonctionnement .
- 3.3 Impact sur l'environnement
- 3.4 Études de cas
 - 3.4.1 Isolation externe : la recherche de traceurs
 - 3.4.2 Câbles d'énergie à isolation synthétique : une modélisation difficile .
 - 3.4.3 Câbles de centrale nucléaire : approche complète en termes de prédiction

4. Conclusion .

D2308

Spectroscopie diélectrique appliquée aux polymères.

Par *Abdelkader KAHOU*

1. Impédance complexe

- 1.1 Circuit électrique équivalent .
- 1.2 Permittivités
- 1.3 Facteur de pertes .
- 1.4 Conductivités
- 1.5 Module électrique

2. Techniques de mesures .

- 2.1 Cellule de mesure
- 2.2 Instrumentation.

3. Analyse spectrale

- 3.1 Conduction électronique .
- 3.2 Conduction ionique
- 3.3 Résistance de contact
- 3.4 Polarisation de Maxwell-Wagner-Sillars (MWS)
- 3.5 Polarisation d'électrode
- 3.6 Mécanismes de polarisation volumique dans un polymère .
- 3.7 Couplage/découplage entre le phénomène de transport (conduction σ_{DC}) et la dynamique moléculaire (relaxation α) .

4. Conclusion

5. Glossaire .

D2310

Mesure des caractéristiques des matériaux isolants solides .

Par *Claude MENGUY*

1. Conduction électrique dans les isolants solides .



- 1.1 Types de résistances des matériaux isolants solides et définitions
- 1.2 Résistances et résistivités superficielles et transversales
- 1.3 Résistance d'isolement .
- 1.4 Influence de divers Paramètres sur les résistivités
- 1.5 Résistivités transversales de quelques isolants solides
- 2. Rigidité diélectrique des isolants solides**
- 2.1 Définitions et mécanismes de claquage .
- 2.2 Mesure de la rigidité diélectrique
- 2.3 Influence de divers Paramètres sur la rigidité diélectrique.
- 2.4 Rigidité diélectrique transversale de quelques isolants solides
- 3. Permittivité et pertes diélectriques dans les isolants solides.**
- 3.1 Définitions et signification de la permittivité et des pertes diélectriques
- 3.2 Mécanismes de polarisation
- 3.3 Mesures de la permittivité et de $\tan \delta$
- 3.4 Influence de divers facteurs sur la permittivité complexe
- 3.5 Permittivité et facteurs de dissipation diélectrique de quelques isolants solides
- 4. Vieillessement des isolants sous l'effet du champ électrique .**
- 4.1 Résistance au cheminement
- 4.2 Résistance des matériaux aux décharges Partielles et aux arborescences .
- 5. Tenue des matériaux isolants aux contraintes thermiques**
- 5.1 Échauffements de courte durée
- 5.2 Échauffements de longue durée .
- 6. Vieillessement des isolants sous l'effet de l'environnement**
- 7. Tenue des matériaux isolants aux contraintes mécaniques .**
- 7.1 Caractéristiques requises pour les isolants utilisés dans les matériels électriques
- 7.2 Détermination des principales caractéristiques mécaniques des matériaux .
- 8. Méthode de choix d'un matériau isolant solide .**

D2315**Matériaux isolants solides - Caractéristiques électriques**Par *Alain ANTON*

Remarques préliminaires

Tableaux de résultats

1. Principaux isolants solides utilisés dans l'industrie électrique, pour lesquels les données, concernant les caractéristiques électriques, sont regroupées dans cet article.
2. Thermoplastiques.
3. Thermodurcissables
4. Isolants naturels.
5. Isolants minéraux .
6. Caoutchoucs et élastomères synthétiques
7. Isolants stratifiés
8. Films thermoplastiques.
9. Papiers synthétiques composites Comparaison des différents matériaux Par caractéristiques
10. Tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$ ou θ Hz sauf indication contraire)
11. Permittivité relative (ϵ_r ou ϵ' Hz)
12. Résistance au courant de cheminement Par étincelles HT (selon publication ASTM D95) .

**** Verres:****D2325****Verres pour l'isolement électrique**Par *Jean-Marie GEORGE*

1. Caractéristiques générales des verres D25v2 -

- 1.1 Adéquation entre le matériau et le domaine d'application .
- 1.2 Composition chimique générique des principaux verres utilisés



- 1.3 Caractéristiques physiques des verres utilisés
- 2. Application aux isolateurs de lignes aériennes .**
 - 2.1 Verre recuit
 - 2.2 Verre trempé.
 - 2.2.1 Principe de la trempe thermique des diélectriques en verre
 - 2.2.2 Conséquences de la trempe dans l'utilisation du verre sur les lignes de transport d'énergie.
 - 2.3 Cas Particulier du courant continu .
 - 2.4 Particularités de la fabrication d'isolateurs en verre trempé .
- 3. Fibres de verre utilisées dans l'isolement électrique**
 - 3.1 Applications principales
 - 3.2 Caractéristiques spécifiques requises pour les applications envisagées.
 - 3.2.1 Influence de la contrainte de champ électrique
 - 3.2.2 Caractéristiques mécaniques .
 - 3.2.3 Considérations chimiques
 - 3.3 Autres applications
- 4. Évolutions des isolements des lignes électriques**
- 5. Conclusion**

D2330**Émaux isolants et fils émaillés**Par *Alain ANTON*

- 1. Propriétés des émaux isolants .**
- 2. Conditions de fabrication des fils émaillés**
 - 2.1 Machine à émailler
 - 2.2 Cas Particulier des fils méplats .
 - 2.3 Développements actuels
- 3. Vernis d'émaillage**
- 4. Principaux types d'émaux isolants**
 - 4.1 Émaux dérivés des acétals polyvinyliques
 - 4.2 Émaux de polyuréthane (PUR)
 - 4.3 Émaux polyester (PES)
 - 4.4 Émaux polyester imide PEI au THEIC
 - 4.5 Émaux polyamide imide (PAI)
 - 4.6 Émaux polyimides (PI)
 - 4.7 Émaux avec couche thermodadhérente.
 - 4.8 Émaux avec guipage
- 5. Mise en œuvre .**
 - 5.1 Caractéristiques dimensionnelles
 - 5.2 Choix du vernis d'imprégnation
 - 5.3 Principales caractéristiques des fils émaillés standard .
 - 5.4 Illustrations
- 6. Principaux essais normalisés .**
 - 6.1 Caractéristiques et techniques des essais .
 - 6.2 Endurance thermique .

**** Polymères:****D2335****Polymères et composites pour l'électrotechnique**Par *Gilbert TEYSSEDE et Laurent BOUDOU*

- 1. Définitions**
 - 1.1 Polymères
 - 1.2 Composites
 - 1.3 Mise en œuvre.
- 2. Caractéristiques des polymères et composites en électrotechnique**



- 2.1 Principales fonctions
- 2.2 Caractéristiques diélectriques
- 2.3 Propriétés thermiques et mécaniques .
- 3. Phénomènes de vieillissement .**
- 3.1 Impact des contraintes environnementales
- 3.2 Impact des contraintes électriques .
- 3.3 Impact de la structure des polymères et des composites
- 4. Polymères et composites Par domaine d'application**
- 4.1 Transport d'énergie .
- 4.2 Conversion : transformateurs, machines électriques .
- 4.3 Éléments passifs et divers
- 5. Perspectives de développement en électrotechnique .**
- 5.1 Isolation haute température
- 5.2 Potentialités des composites à renforts nanométriques
- 5.3 Maîtrise de la charge interne .

** Minéraux:

D2360

Micas et produits micacés

Par *Alain ANTON* et *Jean-Louis STEINLE*

1. Le mica

- 1.1 Origine du matériau de base .
- 1.2 Structure et propriétés

2. Le mica en électrotechnique .

- 2.1 Procédés de fabrication du papier de mica
- 2.2 Propriétés du papier de mica.
- 2.3 Conclusion.

3. Produits composés à base de mica .

- 3.1 Les micas naturels
- 3.2 Produits à base de papier de mica .

4. Utilisation et mise en œuvre des produits micacés

- 4.1 Domaines industriels
- 4.2 Techniques d'isolation

5. Contrôles et évaluation

- 5.1 Contrôle qualité des semi-produits
- 5.2 Évaluation des systèmes micacés à l'état neuf

6. Conclusion .

E1820

Céramiques pour composants électroniques

Par *F. Jean-Marie HAUSSONNE*, *David HOUVET*
et *Jérôme BERNARD*

1. Technologie céramique et composants électroniques E20v2 -

2. Technologie de fabrication et frittage

- 2.1 Qu'est-ce qu'une céramique ?
- 2.2 Fabrication d'une céramique massive .
- 2.3 Élaboration de couches minces Par la technologie céramique

3. Propriétés des matériaux céramiques

- 3.1 Propriétés directement exploitées dans la fonction composant
- 3.2 Propriétés non directement liées à la fonction définissant les composants

4. Élaboration de fonctions

- 4.1 Circuits hybrides et circuits d'interconnexion multicouches .
- 4.2 Multicomposants
- 4.3 Composants « intelligents »



4.4 Application des couches minces céramiques

5. Conclusion

**** Isolants liquides:**

D2430

Conduction électrique dans les liquides

Par **Robert TOBAZÉON**, revu et actualisé Par **André DENAT**

1. Généralités sur les liquides

1.1 Traits caractéristiques du comportement sous tension électrique.

1.2 Classification et utilisation des liquides .

1.3 Nature et origine des porteurs de charge

2. Phénomènes en volume dus à la dissociation d'espèces neutres. Conductivité et conduction des liquides .

2.1 Propriétés à l'équilibre des charges en volume .

2.2 Influence du champ électrique. Conduction volumique

3. Phénomènes aux interfaces métal/liquide. Conduction due à l'injection de charges Par les électrodes

3.1 Interface à l'équilibre

3.2 Génération de charges aux interfaces .

3.3 Conduction due à l'injection de charges

4. Cas de Parois isolantes

4.1 Généralités

4.2 Classification des effets électrocinétiques.

4.3 Équation fondamentale de l'électro-osmose et des phénomènes associés

4.4 Parois isolantes perpendiculaires à la direction du champ électrique.

4.5 Parois isolantes Parallèles à la direction du champ ; conduction superficielle

4.6 Électrisation des liquides en écoulement

4.7 Conclusion

5. Mesures de caractérisation du comportement des liquides .

Bibliographie

D2450

Préclaquage et claquage des liquides diélectriques

Par **Robert TOBAZÉON**

1. Généralités

1.1 Traits communs au claquage des matériaux

1.2 Cas des liquides

2. Techniques d'étude et tests de caractérisation du claquage des liquides

2.1 Cellules de mesure pour liquides.

2.2 Mesures électriques .

2.3 Mesures optiques

2.4 Autres mesures

3. Mécanisme de streamer

3.1 Streamers et claquage

3.2 Caractéristiques générales des streamers .

3.3 Propagation des streamers : classification et caractérisation

3.4 Génération des streamers

3.5 Comportement de streamers à la surface de solides isolants plongés dans un liquide

4. Physique de base du claquage des liquides

4.1 Propriétés physiques des liquides

4.2 Nature et comportement des porteurs de charge aux champs très intenses

4.3 Avalanches en phase liquide

4.4 Génération et comportement de bulles gazeuses .

4.5 Mécanismes de génération et propagation des streamers négatifs

4.6 Mécanismes de génération et propagation des streamers positifs



- 4.7 Champ électrique au voisinage d'un objet conducteur .
- 4.8 Distribution du champ électrique et caractéristiques de propagation des streamers positifs .
- 4.9 Streamers et claquage en géométrie uniforme
- 4. Comportement de bulles gazeuses.
- 5. Phénomènes de claquage dans les applications industrielles**
- 5.1 Claquage de l'huile minérale
- 5.2 Claquage dans divers liquides
- 5.3 Influence des Particules sur la rigidité
- 5.4 Influence de l'eau sur la rigidité
- 5.5 Influence de l'aire des électrodes et du volume de liquide soumis au champ.
- 5.6 Analyse statistique du claquage. Courbes de vie
- 5.7 Décharges Partielles et gassing des liquides
- 6. Conclusion**

D2470

Liquides isolants en électrotechnique - Présentation générale

Par *Noëlle BERGER*

1. Généralités.

- 1.1 Rôle des liquides isolants en électrotechnique
- 1.2 Catégories de liquides
- 1.3 Choix d'un liquide pour une application

2. Caractéristiques

- 2.1 Propriétés isolantes .
- 2.2 Propriétés thermiques
- 2.3 Stabilité
- 2.4 Effet des impuretés
- 2.5 Propriétés « feu »
- 2.6 Propriétés toxicologiques et écotoxicologiques

3. Surveillance en service

Références bibliographiques

D2471

Liquides isolants en électrotechnique - Caractéristiques des produits

Par *Noëlle BERGER*

1. Huiles minérales

- 1.1 Procédés de préparation. Raffinage
- 1.2 Composition.
- 1.3 Usages .
- 1.4 Spécifications
- 1.5 Propriétés
- 1.6 Surveillance en service .

2. Liquides de synthèse.

- 2.1 Hydrocarbures halogénés
- 2.2 Hydrocarbures aromatiques
- 2.3 Polyoléfines
- 2.4 Esters
- 2.5 Huiles silicones

3. Huiles végétales

- 3.1 Usages .
- 3.2 Propriétés



**** Isolation en milieu de faible densité:****D2480****Isolation haute tension sous vide***Par Tiberiu MINEA***1. Émission électronique**

- 1.1 Émission de champ ou émission froide (loi de Fowler-Nordheim).
- 1.2 Thermo-émission électronique ou émission thermoïonique .
- 1.3 Émission assistée Par la température et le champ ou loi de Murphy-Good

2. Claquage haute tension sous vide .

- 2.1 Configurations géométriques (plan, sphère, pointe)
- 2.2 Conditionnement des électrodes .

3. Rupture de l'isolation Par les microparticules

- 3.1 Théorie de Cranberg.
- 3.2 Flux de matière (vaporisation)
- 3.3 Rôle des surfaces isolantes

4. Équilibre thermique pour une protrusion microscopique d'une surface soumise à la haute tension

- 4.1 Effet Joule
- 4.2 Dissipation radiative.
- 4.3 Conductivité thermique
- 4.4 Modèle D cylindrique
- 4.5 Effet Nottingham
- 4.6 Résultats numériques et comparaison aux expériences
- 4.7 Extension des modèles

5. Applications des systèmes haute tension sous vide .**6. Conclusion****S4/24809****Matériaux magnétiques en électrotechnique****** Propriétés physiques:****D2080****Physique des matériaux magnétiques***Par Olivier GEOFFROY***1. Rappels de magnétostatique . D2080-2**

- 1.1 Propriétés des courants électriques : champ d'induction B
- 1.2 Cas de la boucle de courant : moment magnétique
- 1.3 Polarisation magnétique
- 1.4 Calcul de B créé Par le volume aimanté : représentation ampérienne
- 1.5 Dipôle magnétique et champ d'excitation H
- 1.6 Calcul de H créé Par le volume aimanté : représentation coulombienne.
- 1.7 Considérations énergétiques.

2. Magnétisme à l'échelle atomique

- 2.1 Origine du moment magnétique atomique .
- 2.2 Magnétisme des atomes liés.

3. Phénoménologie du magnétisme des matériaux à l'échelle microscopique

- 3.1 Diamagnétisme
- 3.2 Paramagnétisme des atomes libres
 - 3.2.1 Cadre classique : Paramagnétisme de Langevin
- 3.3 Ferromagnétisme .
 - 3.3.1 Cadre du champ moléculaire.
 - 3.3.2 Comportement thermique
- 3.4 Antiferromagnétisme .
 - 3.5 Ferrimagnétisme
 - 3.5.1 Cadre du champ moléculaire.
 - 3.6 Anisotropie magnétocristalline



- 3.6.1 Cas des systèmes cubiques
- 3.6.2 Cas des systèmes de basse symétrie
- 3.6.3 Comportement thermique
- 3.7 Magnétostriction et énergie magnétoélastique.
- 3.7.1 Présentation générale
- 3.7.2 Formalisme
- 3.7.3 Effet d'une contrainte sur l'aimantation d'un cristal

Références bibliographiques .

D2081

Propriétés techniques des matériaux magnétiques

Par **Olivier GEOFFROY**

1. Magnétisme des matériaux à l'échelle mésoscopique

- 1.1 Énergie de constitution d'un système aimanté
- 1.2 Cas de l'ellipsoïde de révolution : anisotropie de forme
- 1.3 Conséquences sur l'état d'aimantation d'un échantillon : genèse des domaines .
- 1.4 Conclusion .

2. Magnétisme à l'échelle macroscopique

- 2.1 Mécanismes d'aimantation Par déplacement de Parois
- 2.2 Mécanismes d'aimantation Par rotation cohérente .
- 2.3 Prise en compte des effets dipolaires
- 2.4 Courbe d'aimantation d'un matériau homogène massif
- 2.5 Cycle d'hystérésis statique
- 2.6 Domaine de Rayleigh
- 2.7 Courbe anhystérique
- 2.8 Comportement dynamique de l'aimantation

** Circuits magnétiques:

D1050

Circuits magnétiques - Principes

Par **Marcel JUFER**

1. Généralités .

- 1.1 Équation de Maxwell en régime stationnaire
- 1.2 Formulation intégrale .

2. Circuits électriques et magnétiques

- 2.1 Inductances propres et mutuelles
- 2.2 Énergie magnétique.
- 2.3 Modèle de l'aimant permanent.
- 2.4 Effet pédiculaire .

3. Circuits ferromagnétiques. Matériaux ferromagnétiques

- 3.1 Caractérisation
- 3.2 Perméance .
- 3.3 Continuité
- 3.4 Réfraction

4. Forces magnétiques

- 4.1 Dérivée de l'énergie magnétique.
- 4.2 Tenseur de Maxwell.
- 4.3 Détermination de forces ou couples Par dérivée de l'énergie pour un milieu saturé .

D1051

Circuits magnétiques - Exemples et applications

Par **Marcel JUFER**

1. Circuit électromagnétique avec entrefer

- 1.1 Structure et démarche
- 1.2 Schéma magnétique



- 1.3 Flux et inductions
- 1.4 Forces
- 2. Conception d'un électroaimant**
- 2.1 Méthode et spécifications
- 2.2 Calculs
- 3. Pertes dans le fer .**
- 3.1 Circuit magnétique à flux alternatif
- 3.2 Pertes Par hystérésis
- 3.3 Pertes Par courants de Foucault
- 3.4 Réduction des pertes Par courants de Foucault .
- 3.5 Pertes totales dans le fer
- 4. Actionneur à bobine mobile**
- 5. Structure dentée**
- 5.1 Approximation des lignes de champ
- 5.2 Détermination des perméances
- 5.3 Détermination des forces .
- 6. Moteur pas à pas hybride**
- 6.1 Structure .
- 6.2 Schéma équivalent simplifié
- 6.3 Schéma équivalent amélioré .
- 7. Conclusion**

D1075**Calcul du champ électromagnétique en basses fréquences - Modèles numériques Par éléments finis**Par **Stéphane CLENET** et **Francis PIRIOU****1. Équations de l'électromagnétisme dans le domaine continu**

- 1.1 Cas statique .
- 1.2 Cas de la magnétodynamique
- 1.3 Définition des espaces fonctionnels
- 1.4 Lois de comportement .
- 1.4.1 Comportement électrique
- 1.4.2 Comportement magnétique .
- 1.4.3 Cas des matériaux doux .
- 1.4.4 Cas des matériaux durs
- 1.5 Formulations en potentiels .
- 1.5.1 Cas de l'électrocinétique
- 1.5.2 Cas de la magnétostatique
- 1.5.3 Cas de la magnétodynamique.

2. Équations de l'électromagnétisme dans le domaine discret

- 2.1 Contexte.
- 2.2 Méthode des éléments finis
- 2.2.1 Formulations faibles .
- 2.2.2 Fonctions de base
- 2.2.3 Propriétés de la décomposition .
- 2.3 Formulations électromagnétiques discrètes .
- 2.3.1 Discrétisation des champs électromagnétiques
- 2.3.2 Conditions aux limites et condition de jauge .
- 2.3.3 Forme discrète des formulations en potentiels .
- 2.3.4 Discrétisation temporelle
- 2.3.5 Prise en compte des non-linéarités
- 2.3.6 Résolution de systèmes matriciels linéaires
- 2.3.7 Développements complémentaires – Calcul et imposition de grandeurs globales .
- 2.3.8 Développements complémentaires – Prise en compte du mouvement.
- 2.3.9 Développements complémentaires – Estimation d'erreurs



2.3. Comparaison avec les autres schémas numériques

3. Applications.

3.1 Cas de l'électrocinétique

3.2 Cas de la magnéto-statique

3.2.1 Modé'le numérique.

3.2.2 Résultats et exploitation .

3.3 Cas de la magnétodynamique

4. Conclusion.

** Aimants permanents:

D2085

Aimants permanents - Fonctionnement des circuits magnétiques

Par **Pierre DUMAS** et **Abdellatif MIRAOU**

1. Rappel rapide d'électromagnétisme

1.1 Équations de Maxwell

1.2 Équations de Maxwell : formulation intégrale

2. Circuits magnétiques

2.1 Notions de circuits magnétiques .

2.2 Méthodologie de calcul .

2.3 Mise en œuvre des aimants : principe de fonctionnement .

3. Paramétrisation des performances

3.1 Produit énergétique maximal

3.2 Variation des Paramètres physiques .

3.3 Modélisation des aimants

4. Dimensionnement d'un circuit à aimants permanents

4.1 Objectif de dimensionnement

4.2 Dimensionnement.

D2100

Aimants permanents - Matériaux et propriétés

Par **Jean-Marie LE BRETON**, **Luc LECHEVALLIER**, **Philippe TENAUD** et **Antoine MOREL**

1. Caractéristiques générales et propriétés D00v2 -

2. Alliages de type fer-nickel-aluminium (alnicos)

3. Oxydes magnétiques : ferrites

4. Alliages à base de terre rare

5. Autres matériaux pour aimants permanents

D2102

Aimants permanents - Applications et perspectives

Par **Luc LECHEVALLIER**, **Jean-Marie LE BRETON**

Philippe TENAUD, **Antoine MOREL** et **Serge BRASSARD**

1. Généralités.

1.1 Les différents types d'aimants permanents .

1.2 Performances magnétiques de chaque type d'aimants

1.3 Propriétés mécaniques et physico-chimiques des aimants

2. Conversion d'énergie électrique en énergie mécanique

2.1 Moteurs à courant continu .

2.2 Moteurs synchrones

2.3 Autres moteurs

2.4 Haut-Parleurs

3. Conversion d'énergie mécanique en énergie électrique

4. Conversion d'énergie mécanique en une autre forme d'énergie mécanique



- 4.1 Dispositifs de répulsion ou d'attraction
- 4.2 Dispositifs de transmission de mouvement.
- 5. Conversion d'énergie mécanique en énergie thermique**
- 6. Dispositifs générant un champ magnétique fixe ou variable**
 - 6.1 Imagerie Par résonance magnétique (IRM)
 - 6.2 Champs magnétiques variables : onduleurs de synchrotrons .
- 7. Évolution et perspectives d'avenir

** Matériaux magnétiques doux cristallins:

D2121

Matériaux magnétiques doux cristallins - Magnétisme et métallurgie appliqués

Par **Thierry WAECKERLÉ**

1. Magnétisme des alliages ferromagnétiques métalliques

- 1.1 Systèmes d'unités et grandeurs électromagnétiques utilisées
- 1.2 Notion d'alliage ferromagnétique doux
- 1.3 Caractéristiques intrinsèques des matériaux magnétiques
- 1.4 Structure en domaines de Weiss et Parois de Bloch (magnétisme mésoscopique) – Champ démagnétisant
- 1.5 Propriétés magnétiques générales et macroscopiques des matériaux magnétiques doux polycristallins
- 2. Effets métallurgiques sur les propriétés .**
 - 2.1 Réglage des constantes électromagnétiques
 - 2.2 Importance des défauts chimiques et physiques
 - 2.3 Structures de cristallisation.
 - 2.4 Caractéristiques de mise en œuvre

D2122

Matériaux magnétiques doux cristallins - Choix des matériaux

Par **Thierry WAECKERLÉ**

1. Aimantation spontanée à la rescousse de l'induction en électrotechnique

2. Matériaux magnétiques pour transformation d'énergie basse fréquence

- 2.1 Matériaux pour machines à forte densité de puissance
- 2.2 Systèmes électromagnétiques de puissance (basse fréquence) à consommation électrique réduite
- 2.3 Matériaux des machines électriques tournantes « non embarquées »
- 2.4 Transformateurs de distribution
- 2.5 Transformateurs embarqués aéronautiques
- 2.6 Matériaux pour actionneur linéaire électromagnétique impulsif.

3. Matériaux à perméabilité adaptée à des applications spécifiques .

- 3.1 Obtention d'un flux magnétique, d'un travail d'aimantation pour une énergie magnétisante (ampère-tours) la plus faible possible .
- 3.2 Transformation de signaux sans déformation
- 3.3 Atténuation d'un champ électromagnétique perturbateur (blindage BF)

4. Stockage et filtrage d'énergie aux moyennes fréquences

5. Performances magnétiques peu sensibles aux perturbations extérieures

6. Matériaux à cycles d'hystérésis rectangulaires.

7. Propriétés magnétiques en accompagnement des propriétés physiques, chimiques, mécaniques

8. Coût des matériaux magnétiques doux semi-finis .



D2123**Matériaux magnétiques doux cristallins - Tôles magnétiques fer-silicium non orientées (NO)**Par **Thierry WAECKERLÉ****1. Caractéristiques générales**

- 1.1 Propriétés physiques, mécaniques et mise en œuvre
- 1.2 Propriétés mécaniques et de mise en œuvre .
- 1.3 Propriétés électromagnétiques .

2. Alliages FeSi(Al) industriels

- 2.1 Tôles « semi-process »
- 2.2 Tôles « fully process »
- 2.3 Comportement des tôles FeSi(Al) industrielles
- 2.4 Familles (applicatives) actuelles d'aciers FeSi(Al) industriels
- 2.5 Évolution des aciers électriques FeSi(Al)

3. Conclusion**D2124****Matériaux magnétiques doux cristallins. Acier électrique à grains orientés**Par **Régis LEMAÎTRE**et **Thierry BELGRAND****. Fabrication .**

- 1.1 Procédé à chaud : élaboration de l'acier et laminage à chaud .
- 1.2 Procédé à froid : recuits, laminage à froid .
- 2. Mécanismes de formation de la texture de Goss
- 3. Formation du revêtement et isolation électrique

4. Affinement des domaines magnétiques

- 4.1 Affinement des domaines magnétiques Par laser
- 4.2 Autres procédés .

5. Qui sont les producteurs de tôles électriques à grains orientés ?**6. Établissement des caractéristiques magnétiques dans les tôles à grains orientés**

- 6.1 Structure en domaines magnétiques
- 6.2 Perméabilité .
- 6.3 Mécanisme de génération des pertes
- 6.4 Modélisation des pertes
- 6.5 Réduction des pertes

7. Tôles à grains orientés et normalisation .

- 7.1 Nomenclature
- 7.2 Exigences techniques .

8. Caractérisation des principales propriétés des tôles électriques

- 8.1 Cadre Epstein
- 8.2 Cadre à bande unique SST .
- 8.3 Mesure de la résistance d'isolement.
- 8.4 Magnétostriction et sa mesure .

9. Comportement des tôles à grains orientés dans les circuits magnétiques de transformateurs

- 9.1 Assemblage des tôles dans les circuits magnétiques
- 9.2 Optimisation des noyaux magnétiques
- 9.3 Bruit générés Par les noyaux de transformateurs



**** Matériaux ferromagnétiques:****D2150****Matériaux ferromagnétiques amorphes et nanocristallins***Par Jean-Claude PERRON***1. Matériaux ferromagnétiques amorphes**

- 1.1 Propriétés générales
 - 1.2 Caractérisation.
 - 1.3 PréParation.
 - 1.4 Propriétés
 - 1.4.1 Induction à saturation. Température de Curie .
 - 1.4.2 Autres propriétés magnétiques.
 - 1.4.3 Influence des traitements thermiques sur les propriétés magnétiques .
 - 1.4.4 Pertes électromagnétiques
 - 1.4.5 Propriétés mécaniques
 - 1.5 Applications
 - 1.5.1 Transformateurs de distribution
 - 1.5.2 Transformateurs à 00 Hz .
 - 1.5.3 Composants passifs de l'électronique de puissance.
 - 1.5.4 Compression magnétique d'impulsions de puissances élevées
 - 1.5.5 Écrans magnétiques.
 - 1.5.6 Moteurs électriques
 - 1.5.7 Capteurs et transducteurs.
 - 1.5.8 Autres applications
 - 1.6 Matériaux actuellement commercialisés.
- 2. Matériaux ferromagnétiques nanocristallins**
- 2.1 PréParation-Structure
 - 2.2 Propriétés magnétiques.
 - 2.3 Applications
 - 2.4 Alliages actuellement commercialisés .
- 3. Conclusions et perspectives**

D2160**Ferrites doux pour l'électronique de puissance***Par Richard LEBOURGEOIS***1. Propriétés physiques des ferrites**

- 1.1 Structure cristallographique et compositions chimiques
 - 1.2 Propriétés électromagnétiques
 - 1.2.1 Polarisation magnétique à saturation
 - 1.2.2 Température de Curie.
 - 1.2.3 Magnétostriction
 - 1.2.4 Résistivité électrique
 - 1.2.5 Permittivité diélectrique
 - 1.2.6 Perméabilité magnétique .
 - 1.2.7 Pertes dans les applications de puissance
 - 1.3 Autres propriétés physiques
- 2. Synthèse des ferrites**
- 3. Choix du matériau et du format du noyau en fonction de l'application.**
- 3.1 Choix en fonction de la fréquence de fonctionnement .
 - 3.2 Choix en fonction de la température de fonctionnement
 - 3.3 Choix en fonction de la puissance de fonctionnement .
 - 3.4 Choix du format .
- 4. Les ferrites de manganèse-zinc et leurs applications .**
- 4.1 Ferrites Mn-Zn pour applications de puissance .
 - 4.2 Ferrites Mn-Zn pour applications de puissance à haute fréquence



4.3 Ferrites Mn-Zn haute perméabilité pour antiparasitage

5. Comparaison des ferrites spinelles Mn-Zn avec les alliages métalliques doux nanocristallins

6. Ferrites Ni-Zn-Cu à basse température de frittage pour composants inductifs intégrés

7. Évolution future des ferrites doux pour l'électronique de puissance.

S4/248

Mesures et essais en électrotechnique

D1500

Caractérisation des mesures et grandeurs à mesurer

Par *André LECONTE*

1. **Appréciation de la valeur des informations fournies Par un appareil de mesure**

1.1 Adéquation du procédé de mesure aux caractéristiques de la grandeur à mesurer.

1.2 Précision escomptable d'une mesure

2. **Caractérisation des signaux périodiques**

2.1 Définition des amplitudes

2.1.1 Valeur efficace et valeur moyenne redressée .

2.1.2 Décomposition d'un signal périodique en série de Fourier

2.1.3 Erreurs provoquées Par l'emploi d'un dispositif redresseur pour la mesure de la valeur efficace d'une grandeur non sinusoïdale

2.2 Grandeurs associées aux mesures de puissance en courant alternatif

2.3 Réseaux polyphasés

2.3.1 Caractéristiques générales

2.3.2 Réseaux triphasés équilibrés et déséquilibrés. Composantes symétriques .

2.3.3 Puissance fournie Par un réseau triphasé .

D1501

Mesures en électrotechnique - Dispositifs

Par *André LECONTE*

1. **Appareils indicateurs analogiques**

1.1 Indicateur magnétoélectrique à cadre mobile

1.1.1 Principe de fonctionnement

1.1.2 Caractéristiques d'exploitation.

1.1.3 Application aux mesures de quantité d'électricité et de flux magnétique

1.1.4 Quotientmètre à cadres croisés

1.2 Indicateur ferromagnétique à fer mobile

1.2.1 Principe de fonctionnement

1.2.2 Caractéristiques d'exploitation.

1.3 Indicateurs électrodynamique et ferrodynamique

1.3.1 Principe de fonctionnement

1.3.2 Caractéristiques d'exploitation.

1.4 Indicateur à aimant mobile .

1.5 Indicateur à induction.

1.6 Indicateur électrostatique

1.7 Oscilloscope .

1.7.1 Oscilloscope à tube cathodique

1.7.2 Oscilloscope à écran plat .

2. **Appareils indicateurs numériques**

2.1 Généralités

2.1.1 Structure de base

2.1.2 Caractéristiques spécifiques d'exploitation

2.2 Conditionnement des signaux d'entrée

2.2.1 Amplificateurs d'entrée : rôle et caractéristiques .

2.2.2 Amplificateurs d'isolement.

2.2.3 Dispositifs de conversion alternatif-continu.



- 2.3 Conversion analogique-numérique (CAN)
 - 2.3.1 CAN à simple rampe
 - 2.3.2 CAN à double rampe
 - 2.3.3 CAN à approximations successives
 - 2.3.4 Numérisation rapide Par échantillonnage.
- 2.4 Dispositifs d'affichage
 - 2.4.1 Afficheurs à diodes électroluminescentes (LED Light Emitting Diode)
 - 2.4.2 Afficheurs à cristaux liquides (LCD Liquide Crystal Display)
 - 2.4.3 Afficheurs utilisant d'autres technologies .
- 2.5 Présentation analogique de mesures discrètes .

D1502**Mesures en électrotechnique - Mise en œuvre**Par **André LECONTE****1. Mesure des tensions continues**

- 1.1 Mesure analogique
- 1.2 Mesure numérique

2. Mesure des tensions alternatives

- 2.1 Galvanomètre magnétoélectrique et redresseur
- 2.2 Indicateur ferromagnétique
- 2.3 Testeur de tension à diodes électroluminescentes
- 2.4 Convertisseur alternatif-continu
- 2.5 Diviseurs de tension magnétique et capacitif .

3. Mesure des courants.

- 3.1 Mesure analogique directe .
- 3.2 Shunt
- 3.3 Transformateur de courant .
- 3.4 Pince ampèremétrique
- 3.5 Capteur inductif sans fer
- 3.6 Capteur à effet Hall en boucle ouverte
- 3.7 Transformateur à compensation d'ampères-tours

4. Mesure des puissances actives et réactives en courant alternatif

- 4.1 Généralités
- 4.2 Mesure analogique directe .
- 4.3 Dispositifs multiplieurs électroniques .

5. Mesure des déphasages et des facteurs de puissance

- 5.1 Phasemètre analogique ferrodynamique à cadres croisés.
- 5.2 Synchronoscope
- 5.3 Phasemètre numérique.
- 5.4 Oscilloscope .

6. Mesure des fréquences industrielles

- 6.1 Fréquencemètre indicateur à lames
- 6.2 Fréquencemètre indicateur analogique à aiguille
- 6.3 Convertisseur analogique fréquence-tension (ou courant) continue
- 6.4 Fréquencemètre numérique

7. Analyse de la qualité des fournitures d'électricité**8. Mesure des impédances.**

- 8.1 Méthodes classiques de mesure Par comparaison .
- 8.2 Impédancemètres numériques automatisés

9. Mesure des grandeurs magnétiques

- 9.1 Flux et inductions .
- 9.2 Perméabilités des matériaux ferromagnétiques
- 9.3 Pertes dans les matériaux ferromagnétiques .
- 9.4 Caractéristiques des aimants permanents

10. Enregistrement des mesures .

- 10.1 Généralités
- 10.2 Enregistreurs magnétiques.
- 10.3 Enregistreurs graphiques.

D1504

Mesures magnétiques - Principes et production des champs magnétiques

Par **Fausto FIORILLO, Frédéric MAZALEYRAT**

1. Phénoménologie du magnétisme des matériaux .

- 1.1 Magnétisme des matériaux
- 1.2 Hystérésis magnétique .
 - 1.2.1 Cycle d'hystérésis et courbe d'aimantation .
 - 1.2.2 Effets magnétisants et démagnétisants .
 - 1.2.3 Énergie dissipée Par cycle
 - 1.2.4 Optimisation des matériaux magnétiques

2. Génération des champs magnétiques

- 2.1 Sources de champ magnétique
- 2.2 Bobines filaires
- 2.3 Electroaimants
- 2.4 Solénoïdes supraconducteurs .
- 2.5 Sources impulsionnelles .

3. Mesurage des champs magnétiques

- 3.1 Mesures fluxmétriques .
- 3.2 Sondes à effet Hall
 - 3.2.1 Principe
 - 3.2.2 Applications .
 - 3.2.3 Magnétomètres de Hall
- 3.3 Capteurs magnétorésistifs .
 - 3.3.1 Magnétorésistances
 - 3.3.2 Configurations des capteurs .
- 3.4 Magnétomètres à porte de flux
- 3.5 Magnétomètres quantiques

D1505

Mesures magnétiques - Mesurage des propriétés magnétiques des matériaux

Par **Fausto FIORILLO, Frédéric MAZALEYRAT**

1. Matériaux magnétiques doux

- 1.1 Circuits magnétiques, systèmes d'aimantation et standards de mesure
- 1.2 Mesures en régime quasi statique ou alternatif à basse fréquence
- 1.3 Mesures à forme d'onde imposée
- 1.4 Mesures à haute et moyennes fréquences

2. Aimants permanents .

- 2.1 Contexte
- 2.2 Mesures en circuit fermé
 - 2.2.1 Electroaimant
 - 2.2.2 Forme d'échantillon et détection du signal
 - 2.2.3 Procédure de mesurage
- 2.3 Mesures en circuit ouvert .
- 2.4 Magnétomètre à échantillon vibrant .
 - 2.4.1 Production et contrôle du champ
 - 2.4.2 Forme d'échantillon et système de vibration
 - 2.4.3 Calibration et sensibilité

3. Traçabilité et incertitude



D2020***Essais en électricité****Par Pierre PICARD***1. Classement des essais.**

- 1.1 Classement Par nature juridique .
- 1.2 Classement selon les conséquences prévisibles
- 1.3 Classement d'après la place dans la procédure de fabrication
- 1.4 Classement selon le lieu d'exécution
- 1.5 Classement selon la nature physique

2. Textes régissant les essais**3. Principales méthodes d'essais .**

- 3.1 Essais de tension
- 3.2 Essais caractéristiques des isolants
- 3.3 Essais magnétiques.
- 3.4 Essais d'échauffement au passage des courants .
- 3.5 Essais de vérification des caractéristiques électriques .
- 3.6 Essais de coupure.
- 3.7 Essais climatiques et essais mécaniques
- 3.8 Essais des logiques fonctionnelles
- 3.9 Essais dimensionnels .

4. Laboratoires d'essais. Attribution de la marque NF .

- 4.1 Laboratoires pour essais à grande puissance ou à très haute tension
- 4.2 Autres laboratoires d'essais électriques.
- 4.3 LCIE
- 4.4 Attribution de la marque NF

5. Tableau synoptique**6. Annexe : cahier des charges****D2030*****Composants et matériels électriques - Essais d'environnement****Par Henri TOLOSA***1. Généralités**

- 1.1 Constitution d'un essai d'environnement .
- 1.2 Buts des essais d'environnement
- 1.3 Principales contraintes d'environnement et principaux mécanismes de défaillance .

2. Principaux essais d'environnement .

- 2.1 Essais à contraintes physico-chimiques .
- 2.2 Essais à contraintes mécaniques
- 2.3 Essais à contraintes physico-chimiques et mécaniques

3. Méthodologie de choix d'un programme d'essais d'environnement

- 3.1 Essais d'évaluation d'un matériel électrique : la normalisation IEC .
- 3.2 Essais de vieillissement accéléré
 - 3.2.1 Exemple de vieillissement du domaine normatif : endurance thermique des matériaux isolants électriques
 - 3.2.2 La voie de la modélisation
 - 3.2.3 La voie expérimentale

D2070***Problèmes de feu dans le matériel électrique****Par Brigitte FALLOU***1. Rappel sur les phénomènes physiques responsables de la genèse d'un feu**

- 1.1 Cas général
- 1.2 Cas des matériels électriques



2. Développement et propagation du feu.
3. Étude des conséquences non thermiques du feu
 - 3.1 Opacité.
 - 3.2 Toxicité.
 - 3.3 Corrosivité .
 - 3.4 Remèdes apportés
4. Normalisation générale dans le domaine électrique
 - 4.1 Présentation .
 - 4.2 Remarques liminaires
 - 4.3 Essais d'allumabilité
 - 4.4 Essais d'inflammabilité et de propagation
 - 4.5 Essais sur les effluents du feu
 - 4.6 Extension de la normalisation
5. Normalisation spécifique à divers matériels électriques .
 - 5.1 Câbles électriques.
 - 5.2 Matériels électrodomestiques
 - 5.3 Matériels de traitement de l'information
 - 5.4 Téléviseurs
 - 5.5 Transformateurs
6. Normalisation en matière de feu hors du domaine électrique
7. Réglementation .
8. Prévention
9. Conclusion .

S4/24811 Outils d'analyse en électronique de puissance et métrologie

**** Introduction:**

D3060 *Électronique de puissance – Bases, perspectives, guide de lecture*

Par **Bruno ALLARD**

1. Découpage de l'énergie électrique
2. Électronique de puissance depuis son origine
3. Électronique de puissance demain
4. Une discipline scientifique et technique très vaste .
5. Rubrique vivante
 - 5.1 Outils d'analyse et métrologie .
 - 5.2 Composants passifs
 - 5.3 Composants actifs à semi-conducteur
 - 5.4 Commande et régulation des convertisseurs .
 - 5.5 Architecture des convertisseurs
 - 5.6 Applications .
6. Conclusion .

*** Outils d'analyse:**

D3064 *Utilisation des graphes de liens en électronique de puissance*

Par **Bruno ALLARD, Hervé MOREL**

1. Graphes de liens. Thermodynamique D64 -
2. Représentation graphique d'un transfert d'énergie



- 2.1 Liens et ports
- 2.2 Modèle de composant. Modèle à variables d'état
- 2.3 Composants élémentaires
- 2.4 Analyse de causalité
 - 2.4.1 Analyse de causalité d'un circuit RLC série
 - 2.4.2 Analyse de causalité du circuit RLC série : construction de l'EDO .
 - 2.4.3 Analyse de causalité d'un circuit hacheur simple.
- 2.5 Causalité intégrale et causalité dérivée
- 2.6 Graphes de liens « commutés », l'interrupteur idéal
- 2.7 Mise en équation. Méthode nodale modifiée .
- 3. Modèles moyens de convertisseurs statiques continu/continu**
 - 3.1 Contexte (état de l'art, limitations, enjeux)
 - 3.2 Algorithme de construction systématique
 - 3.3 Prise en compte des non-linéarités des composants de puissance
 - 3.4 Cas d'un convertisseur résonant .
- Références bibliographiques .**

D3065

Bond graph pour la conception de systèmes mécatroniques

Par **Wilfrid MARQUIS-FAVRE, Audrey JARDIN**

1. Exemple introductif

- 1.1 Présentation du modèle
- 1.2 Modèle direct
- 1.3 Modèle inverse

2. Concepts méthodologiques.

- 2.1 Analyse structurelle et niveaux d'analyse .
- 2.2 Définitions
- 2.3 Critères d'inversibilité .

3. Phases de conception et approche Par modèle inverse.

- 3.1 Validité du modèle de conception
- 3.2 Validité du cahier des charges
- 3.3 Spécification et sélection de composants
- 3.4 Validation de la sélection de composants .
- 3.5 Détermination de commandes en boucle ouverte

4. Conclusion

D3066

La REM, formalisme multiphysique de commande de systèmes énergétiques

Par **Walter LHOMME, Philippe DELARUE, Alain BOUSCAYROL, Philippe BARRADE**

1. Représentation énergétique macroscopique (REM)

- 1.1 REM, formalisme graphique
- 1.2 Commande Par inversion du système .

2. REM et commande Par inversion d'un ascenseur à traction électrique.

- 2.1 Ascenseur électrique
- 2.2 REM d'un ascenseur à treuil
- 2.3 Commande de l'ascenseur
- 2.4 Résultats de simulation .
- 2.5 Vers des ascenseurs plus efficaces

3. Conclusion .

4. Annexe



D3067***Extension AMS du langage VHDL pour l'électronique de puissance****Par Yannick HERVÉ***1. VHDL**

- 1.1 Rappel historique
- 1.2 Objectifs
- 1.3 Forme générale d'un modèle
- 1.4 Typage .
- 1.5 Le signal .
- 1.6 Identificateurs et littéraux
- 1.7 Les opérateurs
- 1.8 Les instructions séquentielles
- 1.9 Instructions concurrentes
- 1.10 Les autres instructions concurrentes
- 1.11 Instanciation.
- 1.12 Les autres unités de conception
- 1.13 Exemple
- 1.14 Les phases de traitement d'un modèle VHDL .

2. L'extension AMS

- 2.1 Historique
- 2.2 Philosophie générale
- 2.3 Présentation générale d'un modèle
- 2.4 Les objets supplémentaires
- 2.5 Instructions simultanées
- 2.6 Critère de solvabilité
- 2.7 Sémantique de connexion
- 2.8 Importance de la synchronisation des noyaux de simulation
- 2.9 Apports méthodologiques de VHDL-AMS

3. Exemples d'application

- 3.1 Redresseur double alternance
- 3.2 Composant idéalisé de type thyristor

4. Difficultés souvent rencontrées et quelques précisions**5. Conclusion .****D3068*****Électronique de puissance et VHDL-AMS - Apports méthodologiques****Par Yannick HERVÉ***1. Langage VHDL-AMS**

- 1.1 Quelques définitions
- 1.2 VHDL-AMS : compilation, élaboration, exécution.

2. Expression schématique.

- 2.1 Principe de schéma classique
- 2.2 Schéma « à plat »
- 2.3 Schéma hiérarchique
- 2.4 Principe de schéma (ou netlist) en VHDL-AMS
- 2.5 Schémas graphiques instanciant du VHDL-AMS
- 2.6 Limite de la schématique .

3. Notion de méta-schéma

- 3.1 Principe général .
- 3.2 Méta-schéma et VHDL-AMS

4. Instruction GENERATE .**5. Principe de la configuration en VHDL-AMS**

- 5.1 Configuration directe



- 5.2 Configuration Par défaut
- 5.3 Configuration embarquée
- 5.4 Unité de conception CONFIGURATION .
- 5.5 Règles d'association ENTITY-COMPONENT

6. Exemples

- 6.1 Un test-bench instancie une configuration
- 6.2 Une configuration comme point d'entrée d'un projet
- 6.3 Exemple de méta-schéma générique

7. Apports méthodologiques des méta-schémas

- 7.1 Utilité d'un projet multiconfiguration
- 7.2 Méta-schéma et configuration hiérarchique.
- 7.3 Gestion du flot de conception
- 7.4 Travail en groupe sécurisé
- 7.5 Optimisation du temps de simulation : effet loupe

8. Exemple concret

9. Conclusion

D3071

Modélisation PEEC des connexions dans les convertisseurs de puissance

Par **James ROUDET, Édith CLAVEL, Jean-Michel GUICHON, Jean-Luc SCHANEN**

1. Méthode de modélisation .

- 1.1 Modèle souhaité
 - 1.1.1 Modèle RLM .
 - 1.1.2 Hypothèses de calcul
- 1.2 Présentation de la méthode PEEC
- 1.3 Formulations
 - 1.3.1 Conducteurs filiformes
 - 1.3.2 Conducteurs surfaciques .
 - 1.3.3 Conducteurs volumiques .
 - 1.3.4 Application numérique
- 1.4 Prise en compte d'un plan de masse Parfait
 - 1.4.1 Conducteurs Parallèles au plan de masse.
 - 1.4.2 Conducteurs perpendiculaires au plan de masse.
 - 1.4.3 Limites de la méthode des images
- 1.5 Limites de l'approche PEEC

2. Mise en œuvre de l'approche PEEC .

- 2.1 MaillageD
- 2.2 MaillageD

3. Conclusion .

Références bibliographiques .

D3072

Application de la méthode PEEC au câblage d'un onduleur triphasé

Par **James ROUDET, Edith CLAVEL, Jean-Michel, GUICHON, Jean-Luc SCHANEN**

1. Méthodologie de modélisation

2. Exemple d'application en électronique de puissance .

- 2.1 Justification du découpage en module élémentaire
 - 2.1.1 Couplage busbarre « capacités » – busbarre « IGBT »
 - 2.1.2 Couplage entre différents busbarres « IGBT »
- 2.2 Étude du dispositif



- 2.2.1 Busbarre « capacités »
- 2.2.2 Busbarre « IGBT » .
- 2.2.3 Module IGBT
- 2.3 Simulation temporelle de l'ensemble
- 3. Cas pertinents.**
- 3.1 Cas du sous-maillage .
- 3.2 Cas d'une « fourchette » et d'un coude
- 3.3 Modélisation d'une plaque .
- 4. Conclusion .**
- Références bibliographiques .**

D1331**Conception des convertisseurs de puissance sous contraintes CEM**

Par **David FREY, Jean-Luc SCHANEN, Jean-Paul, FERRIEUX, James ROUDET**

1. Choix de structures liés aux technologies disponibles.

- 1.1 Conversion DC-DC isolée
- 1.2 Exemple d'une conversion AC-DC-AC
- 1.3 Conclusion

2. Méthodologie de conception globale

- 2.1 Modélisation pour l'optimisation
- 2.2 Modèles de pertes, CEM .

3. Modélisation technologique .

- 3.1 Interaction puissance commande .
- 3.2 Layout du convertisseur
- 3.3 Conclusion

4. Conclusion**** Outils d'analyse et métrologie:****D3080****Méthodologie de mesure avec les sondes de tension**

Par **Kaiçar AMMOUS**

1. Mesure répétitive .**2. Bande passante****3. Interactions sonde/oscilloscope/circuit**

- 3.1 Interactions sonde/oscilloscope
- 3.2 Interactions sonde/circuit.

4. Précautions systématiques .

- 4.1 Décalage temporel des sondes
- 4.2 Modèles directs
- 4.2.1 Méthode onde mobile
- 4.2.2 Méthode de Bergeron
- 4.2.3 Circuit RLC.
- 4.2.4 Fonction de transfert

4.3 Modèle inverse

- 4.3.1 Méthode de Bergeron
- 4.3.2 Méthode de l'onde mobile

5. Conclusion .

D3085**Sondes pour la mesure de courant en électronique de puissance***Par François COSTA, Patrick POULICHET***1. Principes de mesure des courants D3085-2**

1.1 Contraintes de mesure d'un capteur de courant dans le domaine de l'électronique de puissance

1.1.1 Caractéristiques métrologiques attendues d'un capteur .

1.1.2 Contraintes métrologiques en électronique de puissance

1.2 Les différents principes de mesure de courant.

2. Shunt de mesure

2.1 Shunt en couches .

2.2 Shunt coaxial

3. Capteurs de courant basés sur la mesure directe d'induction

3.1 Principe de la mesure directe en boucle ouverte

3.2 Les différents capteurs d'induction

3.2.1 Capteurs à effet Hall

3.2.2 Capteurs magnétorésistifs

3.2.3 Capteurs à magnétorésistance géante

3.2.4 Capteurs à magnéto-impédance .

4. Capteur de courant à compensation de flux**5. Capteur de courant en boucle ouverte associé à un transformateur****6. Capteur de Rogowski ou capteur amagnétique****7. Transformateur de courant .**

7.1 Principe

7.2 Intérêt du blindage

7.3 Performances d'un capteur blindé en haute fréquence

8. Capteur à champ moyen nul ou de type fluxgate**9. Recommandations d'utilisation des capteurs de courant**

Références bibliographiques .

**** Compatibilité électromagnétique:****D1300****Compatibilité électromagnétique CEM - Présentation générale***Par François COSTA***1. Nécessité et objet de la CEM . D00v2 -**

1.1 Perturbations et interférences électromagnétiques .

1.2 Notion de CEM

1.3 Schématisation d'un problème de CEM .

2. Sources de perturbations électromagnétiques .

2.1 Foudre

2.2 Aurores boréales

2.3 Émissions radiofréquences .

2.4 Activités industrielles

2.5 Décharges électrostatiques .

2.6 Impulsion électromagnétique nucléaire IEMN [1] [2] [3] [12]

3. Approche de la CEM Par la simulation

3.1 CAO et simulation en CEM

3.2 Différentes familles d'outils logiciels

3.3 Quoi simuler et quelles stratégies ?

3.4 Interactions entre outils logiciels .

4. Analyse en compatibilité électromagnétique .

4.1 But de l'analyse

4.2 Procédure



4.3 Modes d'action

D1305**Compatibilité électromagnétique - Modes de transmission**Par **Guy-Gérard CHAMPIOT****1. Différents types de signaux de perturbations électromagnétiques .****2. Classification et analyse des différents types de couplages**

2.1 Couplage Par impédance commune.

2.2 Couplage capacitif ou Par induction électrique .

2.3 Couplage inductif

2.4 Couplage Par rayonnement

2.5 Conclusion.

3. Difficultés de résolution des problèmes de CEM.

3.1 Problème d'identification.

3.2 Problèmes de non-idéalité des composants et de non-localisation des champs

3.3 Interactions entre les techniques de réduction des perturbations

électromagnétiques et le circuit de mise à la masse

3.4 Problèmes d'immunité et d'émission de perturbations

4. Terre et masses

4.1 Généralités

4.2 Réseau de terre, réseau de masse .

4.3 Terre

4.4 Conception et réalisation .

4.5 Conclusion.

Références bibliographiques .**R930****Mesures en compatibilité électromagnétique**Par **Bruno MARTIN****1. Définitions****2. Nature et classification des perturbations.**

2.1 Couplage des perturbations

2.2 Classification des perturbations Par leur type .

3. Mesure des perturbations produites Par un appareil

3.1 Généralités sur la mesure des perturbations

3.2 Grandeurs physiques pour la mesure des perturbations produites Par un appareil

3.3 Principe des mesures

3.4 Instrumentation de mesure .

3.5 Capteurs de mesure .

3.6 Nécessité d'un site de mesure spécifique

3.7 Mesure des perturbations conduites aux fréquences radioélectriques

3.8 Mesure des perturbations rayonnées aux fréquences radioélectriques

3.9 Étalonnage du site d'essai pour les mesures de rayonnement aux fréquences radioélectriques

3. Mesure de la puissance perturbatrice aux radiofréquences

3.11 Mesure des perturbations à basse fréquence

(aux fréquences comprises entre et kHz)

4. Mesure de l'immunité d'un appareil

4.1 Généralités sur les essais d'immunité

4.2 Grandeurs et phénomènes physiques associés .

4.3 Susceptibilité et immunité

4.4 Critère de performance. Réponse de l'équipement sous test

4.5 Immunité aux DES

4.6 Immunité aux champs rayonnés radioélectriques



- 4.7 Immunité aux impulsions transitoires rapides
- 4.8 Immunité aux surtensions de forte énergie
- 4.9 Immunité aux signaux radioélectriques conduits .
- 4. Autres essais d'immunité .
- 5. Autres mesures en CEM .

D1320**Blindages électromagnétiques**

Par **Bernard DEMOULIN, Pierre DEGAUQUE**

1. Paramètres caractérisant l'efficacité des blindages électromagnétiques**2. Atténuation des ondes électromagnétiques Par des plans conducteurs**

2.1 Modèle des écrans de dimensions infinies

2.2 Mesure de l'atténuation produite Par un écran .

3. Câbles blindés.

3.1 Impédance et admittance de transfert .

3.2 Comportement des câbles blindés en fonction de leur structure géométrique et physique .

3.3 Mesure de l'impédance de transfert .

3.4 Facteur réducteur

3.5 Rayonnement produit Par les câbles blindés

4. Blindage des connecteurs

4.1 Comportement électromagnétique des connecteurs .

4.2 Mesure de l'impédance de transfert des connecteurs

4.3 Raccordement des câbles blindés aux connecteurs

5. Enceintes blindées

5.1 Enceintes hermétiques et étanches

5.2 Enceintes comportant des ouvertures .

5.3 Mesure de l'efficacité de blindage d'une enceinte

6. Pénétration des câbles blindés dans un équipement électronique**7. Protections complémentaires aux blindages**

7.1 Câbles filtrants

7.2 Écrans à effet de surface

7.3 Limiteurs d'amplitude

8. Conclusion .**D1321****Liens physiques des câbles blindés aux réseaux de terre**

Par **Bernard DEMOULIN**

1. Position des câbles blindés dans la topologie d'une installation électrique**2. Descriptions physiques des réseaux de terre .**

2.1 Ligne de terre de sécurité électrique .

2.2 Réseau de masse d'un équipement électrique ou électronique

2.3 Perturbations électromagnétiques provenant des réseaux de terre .

3. Principaux protocoles de connexions des câbles blindés à la terre

3.1 Réduction des phénomènes de couplages à des circuits équivalents .

3.2 Protocoles de connexions du blindage au réseau de terre .

4. Contribution des phénomènes de propagation .

4.1 Notions sur la théorie des lignes de transmission

4.2 Effets de propagation sur les blindages connectés à la terre

5. Émission des câbles blindés

D1322**Éléments sur la théorie des lignes de transmission**Par **Bernard DÉMOULIN****1. Bases physiques de la théorie des lignes**

- 1.1 Propriétés géométriques et physiques d'une ligne uniforme
- 1.2 Cas Particulier de la ligne coaxiale .
- 1.3 Autres configurations de lignes
- 1.4 Restrictions imposées Par la propagation TEM .

2. Équation d'onde et présentation des solutions .

- 2.1 Équation des télégraphistes
- 2.2 Équation d'onde .
- 2.3 Solutions de l'équation d'onde .
- 2.4 Paramètres secondaires d'une ligne .

3. Génération des ondes stationnaires

- 3.1 Description et propriétés des ondes stationnaires
- 3.2 Approximation des grandes longueurs d'ondes
- 3.3 Concept de coefficients de réflexion .
- 3.4 Transmission ou entretien de la puissance dans une ligne

4. Insertion des dissipations d'énergie en ligne

- 4.1 Aménagement des Paramètres primaires de la ligne.
- 4.2 Constante de propagation complexe

5. Autres formulations de la théorie des lignes

- 5.1 Formalisme adoptant l'impédance d'entrée .
- 5.2 Formalisme matriciel des quadripôles .
- 5.3 Formalisme symbolique
- 5.4 Formalisme des Paramètres S

6. Conclusion**D1327****Théorie des lignes étendue aux cavités électromagnétiques - Partie – Couplage aux modes TEM**Par **Bernard DÉMOULIN****1. Analyse qualitative des cavités dans le contexte de la CEM.**

- 1.1 Sources de rayonnement ponctuel ou réparti .
- 1.2 Résonances des cavités sur le mode TEM .
- 1.3 Résonance sur le mode fondamental de la cavité vide .
- 1.4 Comportements des cavités surdimensionnées

2. Couplage de sources ponctuelles au mode TEM

- 2.1 Usage du principe de réciprocité électromagnétique .
- 2.2 Mise en résonance de la cavité coaxiale .
- 2.3 Stimulation de la cavité Par un monopole électrique .

3. Conclusion**D1328****Théorie des lignes étendue aux cavités électromagnétiques - Partie – Couplage aux modes TE (ou TM)**Par **Bernard DÉMOULIN****1. Couplage aux modes TEM_n d'un guide d'ondes .**

- 1.1 Résolution de l'équation d'ondes
- 1.2 Assimilation d'un mode de propagation à une ligne de transmission
- 1.3 Couplage d'un monopole sur le mode fondamental TE₀₁

2. Assimilation de toute cavité à une ligne court-circuitée

- 2.1 Couplage du monopole sur la résonance fondamentale



2.2 Calcul de l'amplitude du champ dans la cavité

3. Conclusion

4. Annexe : représentation des fonctions des modes TEM_n(x, y)

4.1 Tracé de la fonction Ex₀₁(x, y)

4.2 Tracé de la fonction Ey(x, y)

4.3 Tracé de la fonction Ex₁₁(x, y)

4.4 Définition des cellules modales

4.5 Développement du rotationnel.

5. Glossaire

D1323

Extension et perfectionnements de la théorie des lignes

Par **Bernard DÉMOULIN**

1. Fonctionnement des lignes sur charges non linéaires

1.1 Contextes associant lignes et charges non linéaires

1.2 Classes de fonctionnement des lignes sur charges non linéaires

1.3 Impact des lignes sur les courants engendrés Par une charge de classe

1.4 Résonances des lignes sur charges non linéaires.

2. Introduction à la théorie des lignes couplées.

2.1 Mise en place de l'équation d'ondes matricielle

2.2 Solutions des équations d'ondes matricielles.

2.3 Phénomènes de générations et de conversions modales

3. Phénomènes de diaphonie dans les lignes couplées

3.1 Calcul des tensions de diaphonie Par la résolution des équations d'ondes

3.2 Transposition physique des phénomènes de diaphonie

4. Conclusion

D1324

Analyse des phénomènes de propagation

Par **Bernard DÉMOULIN**

1. Propagation entretenue sur des structures périodiques

1.1 Propagation du mouvement sur des chaînes de résonateurs mécaniques

1.1.1 Oscillations libres et forcées d'un résonateur mécanique

1.1.2 Équation d'onde d'une chaîne périodique de résonateurs.

1.1.3 Mise en place du phénomène ondulatoire

1.1.4 Diagramme de dispersion

1.1.5 Vitesses de propagation des ondes dans les milieux périodiques

1.2 Propagation des ondes sur des chaînes périodiques de quadripôles

1.2.1 Règles d'équivalences liant Paramètres électriques et mécaniques.

1.2.2 Onde progressive sur une chaîne de résonateurs électriques

1.2.3 Impédance caractéristique d'une chaîne périodique de quadripôles.

1.2.4 Traitement d'une chaîne périodique de dimension non infinie

2. Propagation dans les milieux continus unidimensionnels

2.1 Passage des milieux périodiques aux milieux continus

2.1.1 Assimilation d'une chaîne de quadripôles à une ligne de transmission

2.1.2 Propagation d'ondes Par déformation longitudinale d'un matériau

2.1.3 Propagation des ondes acoustiques dans une conduite de gaz

2.2 Calcul graphique de l'impédance d'entrée d'une ligne.

2.2.1 Passage aux variables réduites.

2.2.2 Projection du domaine des impédances dans le cercle des coefficients de réflexion

2.2.3 Construction de l'abaque de Smith

2.2.4 Évaluation graphique de l'impédance rapportée dans un plan quelconque.

3. Conclusion



D1326**Éléments de réflectométrie**Par **Bernard DÉMOULIN****1. Détection et localisation d'obstacles.**

- 1.1 Description succincte d'un test de réflectométrie .
- 1.2 Analyse de la réponse temporelle de la ligne .
- 1.3 Mesure du coefficient de réflexion de l'obstacle
- 1.4 Analyse fréquentielle sélective et synthèse d'impulsions

2. Mesure de la vitesse d'objets

- 2.1 Propriétés générales des ondes sphériques.
- 2.2 Effet Doppler acoustique
- 2.3 Effet Doppler électromagnétique
- 2.4 Effet Doppler observé depuis des sources mobiles.
- 2.5 Énergie et longueurs d'ondes liées à l'effet Doppler

3. Conclusion .**D1325****Mesure de l'atténuation procurée Par des blindages**Par **Bernard DÉMOULIN, Lamine KONÉ****1. Pénétration des ondes radioélectriques dans les conducteurs plans .**

- 1.1 Définitions et propriétés des ondes planes
- 1.2 Propriétés des ondes radioélectriques planes dans les matériaux conducteurs
- 1.3 Pénétration des ondes dans un matériau conducteur
- 1.4 Atténuation procurée Par un blindage plan d'épaisseur finie
- 1.5 Pénétration des ondes à travers un blindage plan comprenant une petite ouverture

2. Mesures de l'atténuation des blindages plans

- 2.1 Variations de l'atténuation des blindages conducteurs plans avec la fréquence
- 2.2 Méthode de la propagation des ondes TEM en cellule coaxiale .
- 2.3 Méthode basée sur la génération d'ondes en cellule TEM .

3. Mesures de l'atténuation des enceintes blindées et des câbles blindés .

- 3.1 Voies de pénétration des champs électromagnétiques dans les enceintes blindées
- 3.2 Mesure de l'atténuation des enceintes Par la méthode de substitution.
- 3.3 Usage des chambres réverbérantes à brassage de modes.
- 3.4 Mesure de l'impédance de transfert des câbles et des connecteurs blindés

D1330**Perturbations électromagnétiques conduites dans l'environnement domestique**Par **Jean-Charles LE BUNETEL, Ghafour, BENABDELAZIZ, Jean-Claude GUIGNARD, Fabrice, GUITTON, Yves RAINGEAUD, Ambroise, SCHELLMANN****1. Environnement domestique : cohabitation de diverses technologies****2. Perturbations générées Par les appareils multimédias**

- 2.1 Analyse du fonctionnement des alimentations et de leurs perturbations
- 2.2 Techniques de réduction des bruits électromagnétiques
- 2.3 Impact des technologies numériques utilisant le réseau électrique domestique

3. Appareils électroménagers

- 3.1 Électroménager intégrant des actionneurs
- 3.2 Appareils ménagers de forte puissance.

4. Éclairage

- 4.1 Fonctionnement des lampes .
- 4.2 Variateur de lumière à TRIAC et à transistor
- 4.3 Analyse temps-fréquence
- 4.4 Technique de réduction des perturbations



5. Effet cumulatif des perturbations .

6. Conclusion

D1335

Protection contre la foudre - Principes généraux et normes en vigueur

Par **Sonia AIT-AMAR DJENNAD, Ahmed ZEDDAM**

1. Phénoménologie de la foudre

- 1.1 Physique de la foudre.
- 1.2 Principales caractéristiques de l'éclair négatif
- 1.3 Diverses échelles pour l'étude de la foudre .
- 1.4 Détection de la foudre

2. Effets de la foudre

- 2.1 Effets directs et effets rayonnés
- 2.2 Modélisation du champ électromagnétique rayonné Par l'arc en retour .

3. Protection contre la foudre.

- 3.1 Paratonnerre à la pointe du système de protection des structures
- 3.2 Évaluation du besoin de protection contre la foudre .
- 3.3 Techniques de protection contre la foudre

4. Normalisation et réglementation en matière de protection foudre .

- 4.1 Normes relatives à la protection des installations
- 4.2 Normes relatives aux dispositifs de protection (Parafoudres)

5. Conclusion .

D3290

CEM en électronique de puissance - Sources de perturbations, couplages, SEM

Par **François COSTA, Gérard ROJAT**

1. CEM des convertisseurs statiques

- 1.1 Modes de propagation
 - 1.1.1 Perturbations conduites en mode commun et différentiel .
 - 1.1.2 Perturbations rayonnées
- 1.2 Dispositifs de mesures et leurs performances
 - 1.2.1 Réseau stabilisé d'impédance de ligne
 - 1.2.2 Capteurs de courant
 - 1.2.3 Antennes
 - 1.2.4 Analyseur de spectre
- 1.3 Les normes

2. Génération des perturbations dans les convertisseurs statiques .

- 2.1 Modèles électriques simplifiés .
 - 2.1.1 Cas général : structures non isolées .
 - 2.1.2 Cas des structures isolées
- 2.2 Perturbations liées au mode de commutation et à la technologie.
 - 2.2.1 Modes de commutation
 - 2.2.2 Technologie des composants

3. Propagation des perturbations dans un système de conversion statique

- 3.1 Propagation en régime conduit
 - 3.1.1 Couplages en mode différentiel
 - 3.1.2 Couplages de mode commun
- 3.2 Propagation en mode rayonné.
 - 3.2.1 Rappels sur les équations de Maxwell
 - 3.2.2 Calcul du champ électromagnétique rayonné

4. Effets des perturbations électromagnétiques dans les convertisseurs statiques .

- 4.1 Effets des perturbations dans la commande rapprochée
 - 4.1.1 Structure d'une commande rapprochée.



- 4.1.2 Technologie des composants d'isolation
- 4.1.3 Principes de durcissement des commandes rapprochées
- 4.2 Compromis perturbations-pertes

D3292

CEM en électronique de puissance - Réduction des perturbations, simulation

Par **François COSTA, Gérard ROJAT**

1. Principes de réduction des perturbations des convertisseurs statiques

- 1.1 Réduction à la source
 - 1.1.1 Perturbations et mode de commutation .
 - 1.1.2 Contrôle des gradients de commutation Par la commande rapprochée .
- 1.2 Réduction des couplages
 - 1.2.1 Couplages de mode commun et leur réduction .
 - 1.2.2 Couplages en mode différentiel et leur réduction .
 - 1.2.3 Couplages Par champs et leur réduction
- 1.3 Filtrage

2. Simulation de la CEM des convertisseurs statiques .

- 2.1 Objectifs et spécificités de la simulation en électronique de puissance orientée CEM
 - 2.1.1 Modélisation orientée « circuit »
 - 2.1.2 Simulation pour l'analyse des phénomènes.
 - 2.1.3 Simulation dédiée à la conception
- 2.2 Méthodologie, principes de modélisation
- 2.3 Principaux modèles CEM des composants utilisés en électronique de puissance .
 - 2.3.1 Composants actifs .
 - 2.3.2 Composants passifs .
- 2.4 Modélisation de la connectique
- 2.5 Simulation des perturbations conduites dans des structures complexes
- 2.6 Simulation des perturbations rayonnées
 - 2.6.1 Mise en équations .
 - 2.6.2 Applications aux convertisseurs statiques.
 - 2.6.3 Comparaison entre expérience et simulation en rayonnement

3. Conclusion

S4/24812 Réseaux électriques linéaires

D60

Réseaux électriques linéaires - Définitions, principes, méthodes

Par **Jean-Marie ESCANÉ, Patrick BASTARD**

1. Définitions et propriétés fondamentales

- 1.1 Définitions topologiques et conventions
- 1.2 Lois de Kirchhoff
- 1.3 Dipôles élémentaires
- 1.4 Signaux
- 1.5 Puissances.

2. Méthodes générales d'étude

- 2.1 Transformation de Laplace .
- 2.2 Modélisation des systèmes
- 2.3 Réponse d'un système à une excitation .



D62**Réseaux électriques linéaires - Théorèmes généraux et quadripôles**Par **Jean-Marie ESCANÉ, Patrick BASTARD****1. Théorèmes généraux.**

- 1.1 Principe de linéarité.
 - 1.1.1 Propriété de linéarité
 - 1.1.2 Théorème de superposition
- 1.2 Diviseurs de tension et de courant.
- 1.3 Dualité
- 1.4 Théorème de Thévenin .
- 1.5 Théorème de Norton
- 1.6 Transformation triangle-étoile
 - 1.6.1 Structures passives (transformation triangle-étoile ou étoile-triangle) .
 - 1.6.2 Structures actives .
 - 1.6.3 Cas d'un système sinusoïdal triphasé équilibré
- 1.7 Théorème de Millman
- 1.8 Théorème de Boucherot

2. Quadripôles et multidipôles

- 2.1 Définitions et conventions
- 2.2 Représentation Paramétrique et correspondance
 - 2.2.1 Mise en équation
 - 2.2.2 Paramètres Z ou en circuit ouvert
 - 2.2.3 Paramètres Y ou en court-circuit.
 - 2.2.4 Paramètres hybrides
 - 2.2.5 Paramètres de chaîne.
 - 2.2.6 Cas Particuliers
- 2.3 Modélisation des quadripôles
- 2.4 Associations de quadripôles
 - 2.4.1 Association en cascade .
 - 2.4.2 Association en Parallèle
 - 2.4.3 Association en série
 - 2.4.4 Association en Parallèle-série
 - 2.4.5 Association en série-Parallèle
- 2.5 Exemple de quadripôle : le transformateur monophasé (en régime linéaire) .
 - 2.5.1 Transformateur Parfait
 - 2.5.2 Impédances ramenées
- 2.6 Rôle du transformateur dans l'association de quadripôles
- 2.7 Multidipôles .
 - 2.7.1 Définition
 - 2.7.2 Transformateur Parfait à trois enroulements
- 2.8 Transformateur réel.

D80**Réseaux électriques linéaires - Systèmes triphasés**Par **Jean-Marie ESCANÉ, Patrick BASTARD****1. Principes généraux et différents couplages.**

- 1.1 Première approche
- 1.2 Couplage étoile
- 1.3 Couplage triangle .
- 1.4 Transformation étoile/triangle
- 1.5 Puissances en triphasé

2. Schéma monophasé équivalent

- 2.1 Principe de base.
- 2.2 Cas des circuits couplés
- 2.3 Machine synchrone .



- 2.4 Transformateur
- 2.5 Lignes aériennes et câbles enterrés
- 2.6 Machines asynchrones
- 3. Régimes sinusoïdaux triphasés déséquilibrés**
- 3.1 Description et origine des déséquilibres
- 3.2 Décomposition en composantes symétriques
- 3.3 Intérêt des composantes symétriques.
- 3.4 Schémas monophasés direct, inverse et homopolaire .
- Références bibliographiques .

D82***Régimes transitoires dans les réseaux électriques***

Par **Jean MAHSEREDJIAN, Alain XÉMARD, Bahram KHODABAKHCHIAN**

- 1. Rappel théorique**
- 2. Concepts de base .**
- 3. Modélisation .**
- 4. Étude des surtensions à front lent**
- 5. Défaut proche en ligne**
- 6. Étude des surtensions temporaires**
- 7. Transitoires de foudre**
- 8. Étude des transitoires électromécaniques avec un logiciel de type EMTP .**
- Références bibliographiques

D91***Ferrorésonance dans les réseaux - Définition, description et classification***

Par **Michel RIOUAL, Jean MAHSEREDJIAN**

- 1. Contexte**
- 2. Classification des phénomènes de ferrorésonance**
- 3. Différents régimes ferrorésonants**
- 3.1 Résonance .
- 3.2 Ferrorésonance
- 3.3 Régime normal
- 3.4 Régime ferrorésonant fondamental
- 3.5 Régime sous-harmonique
- 3.6 Régime quasi périodique (ou pseudo-périodique)
- 3.7 Régime chaotique .
- 4. Exemple simple de ferrorésonance**
- 4.1 Description du circuit ferrorésonant et courbe de saturation
- 4.2 Équations de base et analyse.
- 5. Surtensions temporaires harmoniques .**
- 5.1 Mise sous tension de transformateurs auxiliaires de centrales thermiques.
- 5.2 Phénomènes d'interaction entre les transformateurs
- 6. Phénomènes non linéaires : contexte et historique**

D92***Ferrorésonance dans les réseaux - Modélisation et applications aux typologies de circuit***

Par **Michel RIOUAL, Jean-Christophe KIENY, Jean MAHSEREDJIAN**

- 1. Modélisation, cadre mathématique adapté**
- 1.1 Modélisation .



- 1.2 Théorie des bifurcations
- 1.3 Mise en équation du régime permanent.
- 1.4 Cas des régimes transitoires (du type harmonique)
- 2. Situations réelles pouvant donner lieu à la ferrorésonance .**
- 2.1 Circuit série monophasé avec transformateur de tension
- 2.2 Transformateur condensateur de tension .
- 2.3 Poste en piquage ou en antenne sur une ligne à double terne
- 2.4 Renvoi de tension sur une ligne longue ou reprise de service sur un réseau très capacitif .
- 2.5 Système déséquilibré à neutre isolé .
- 2.6 Système déséquilibré à neutre raccordé à la terre
- 2.7 Transformateurs raccordés à un réseau à neutre isolé .
- 2.8 Mise sous tension de transformateurs pour éolienne
- 3. Conclusion**

D1100**Réseaux électriques linéaires à constantes réparties**

Par **Pierre ESCANÉ, Jean-Marie ESCANÉ**

1. Modélisation des lignes et des câbles

- 1.1 Présentation .
- 1.2 Modélisation longitudinale .
- 1.2.1 Aspect résistif
- 1.2.2 Aspect inductif
- 1.2.3 Prise en compte de la terre .
- 1.3 Modélisation transversale
- 1.3.1 Aspect résistif
- 1.3.2 Aspect capacitif
- 1.4 Modèle complet. Exemples d'application .
- 1.4.1 Modélisation linéique.
- 1.4.2 Câble coaxial
- 1.4.3 Câble monophasé avec écran conducteur
- 1.4.4 Câble triphasé avec écran conducteur.
- 1.4.5 Ligne triphasée en drapeau
- 1.4.6 Câbles avec écran, enterrés, disposés en nappe
- 1.5 Effets secondaires.
- 1.5.1 Effet de peau
- 1.5.2 Transposition
- 1.5.3 Conducteurs toronnés
- 1.5.4 Effet de proximité .
- 1.5.5 Hauteur moyenne .

2. Étude d'un circuit à constantes réparties

- 2.1 Lignes triphasées symétriques équilibrées. Équations fondamentales
- 2.2 Étude en régime permanent sinusoïdal équilibré.
- 2.2.1 Équations générales
- 2.2.2 Représentation quadripolaire ou multi-quadripolaire
- 2.2.3 Impédance caractéristique
- 2.2.4 Ondes mobiles
- 2.2.5 Ondes stationnaires.
- 2.3 Étude en régime transitoire

3. Conducteurs en présence d'un cylindre en matériau magnétique

- 3.1 Modification du potentiel vecteur
- 3.1.1 Conducteur à l'extérieur du cylindre.
- 3.1.2 Conducteur à l'intérieur du cylindre .
- 3.1.3 Cylindre magnétique seul
- 3.2 Applications .

Références bibliographiques

D1102**Modélisation des lignes et câbles***Par Jean-Marie ESCANÉ, Pierre ESCANÉ***1. Écrans magnétiques**

- 1.1 Position du problème .
- 1.2 Expressions du potentiel vecteur A
- 1.3 Calcul de l'induction B
- 1.4 Généralisation. Écran magnétique.
- 1.5 Cas où le cylindre est le siège d'un courant.

2. Modélisation d'un câble triphasé avec conducteur de neutre, enterré

- 2.1 Position du problème .
- 2.2 Modélisation capacitive
- 2.3 Câble triphasé enterré, avec conducteur de neutre.

3. Câbles dans un cylindre magnétique enterré .

- 3.1 Cylindre conducteur creux dans un cylindre magnétique
- 3.2 Modélisation inductive de deux câbles dans un cylindre magnétique
- 3.3 Cas du cylindre magnétique enterré.
- 3.4 Modélisation capacitive

4. Câbles avec deux écrans

- 4.1 Modélisation
- 4.2 Étude de cas .

5. Influence, sur l'environnement, du champ magnétique créé Par une ligne

- 5.1 Cas d'une ligne double
- 5.2 Comparaison avec le champ magnétique terrestre.

6. Modélisation des lignes non Parallèles

- 6.1 Aspect inductif
- 6.2 Aspect capacitif

Références bibliographiques**D1120****Réseaux de puissance - Méthodes de résolution des équations***Par Philippe JEANNIN, Jacques CARPENTIER***1. Problèmes à résoudre dans un réseau**

- 1.1 Représentation du réseau
- 1.2 Relations physiques existant dans les réseaux
- 1.3 Degrés de liberté d'un réseau électrique à N nœuds .
- 1.4 Énoncé classique du calcul de répartition .

2. Principe de la résolution du calcul de répartition classique.

- 2.1 Notations matricielles
- 2.2 Énoncé du calcul de répartition en notations matricielles
- 2.3 Principe de la résolution. Application de la méthode de Newton

3. Techniques de matrices creuses.

- 3.1 Valeur des éléments du jacobien injections/tensions.
- 3.2 Factorisation du jacobien.
- 3.3 Résolution d'un système linéaire après factorisation du jacobien.
- 3.4 Éliminations ordonnées
- 3.5 Vecteurs creux.
- 3.6 Inverse creuse .
- 3.7 Impact de l'utilisation des techniques de matrices creuses

4. Algorithmes de résolution du calcul de répartition classique.

- 4.1 Algorithme de base, avec jacobien complet rigoureux.
- 4.2 Problèmes d'existence et de convergence
- 4.3 Algorithme avec jacobien découplé
- 4.4 Algorithme découplé rapide



- 4.5 Calcul de répartition en actif seul
- 4.6 Calcul de répartition en réactif seul
- 5. Calcul de la caractéristique réseau en réactif**
- 5.1 Intérêt des éléments de l'inverse creuse
- 5.2 Formules couplée et découplées.
- 5.3 Caractéristique réseau
- 6. Extensions de l'énoncé classique du calcul de répartition.**
- 6.1 Objet des extensions
- 6.2 Extensions liées aux problèmes de puissance active.
- 6.3 Extensions liées aux problèmes de puissance réactive
- 7. Exemple numérique**
- 7.1 Présentation de l'application .
- 7.2 Temps des opérations élémentaires .
- 7.3 Tests de convergence des différentes méthodes
- 7.4 Conclusion.

D1164

Association de réseaux AC-DC - Mise en place et exploitation

Par **Michel PINARD**

1. Équilibre générateurs-récepteurs pour les réseaux AC et DC

- 1.1 La puissance consommée doit être nécessairement fournie .
- 1.2 Apport des réserves
- 1.3 Association de réseaux AC-DC .

2. Étude des régimes transitoires sur les lignes .

- 2.1 Équations des télégraphistes .
- 2.2 Cas du câble 3 kV
- 2.3 Simulation des équations des télégraphistes appliquées au câble 3 kV
- 2.4 Simulation du comportement du câble 3 kV alimenté Par deux sources continues ± 6 kV

3. Étude d'associations de réseaux AC-DC

- 3.1 Système « bi-terminal » HVDC
- 3.2 Système « multi-terminal » HVDC

4. Cas de la Bretagne : proposition d'un nouveau réseau DC .

- 4.1 Difficultés de la Bretagne relative à son alimentation électrique
- 4.2 Atouts de la Bretagne .
- 4.3 Alimentation de la Bretagne en réseau complémentaire DC 6 kV à 2 kV.
- 4.4 Schéma synoptique de l'association de réseaux AC/DC
- 4.5 Alimentation de la Bretagne en utilisant l'association de réseaux AC/DC en cas de tempête
- 4.6 Évaluation des besoins en Bretagne .

5. Étude de l'installation d'un nouveau réseau DC en Bretagne

- 5.1 Première approche : on installe essentiellement des batteries d'accumulateurs
- 5.2 Seconde approche : on installe peu de batteries d'accumulateurs et on investit sur les sources en énergies renouvelables .
- 5.3 Importance des logiciels de contrôle
- 5.4 Simulation d'un défaut
- 5.5 Bilan de l'étude pour la Bretagne

6. Conclusion



D1163**Association de réseaux AC-DC - Transfert optimal de la puissance***Par Michel PINARD***1. Réseau à courant alternatif triphasé (AC) et réseau à courant continu (DC).**

- 1.1 Controverse Edison-Tesla
- 1.2 Exigences relatives à chacun des réseaux .

2. Sources à courant continu (DC)

- 2.1 Tension imposée
- 2.2 Énergies marines
- 2.3 Éoliennes « offshore »
- 2.4 Parc à panneaux solaires
- 2.5 Stockage de l'énergie Par batteries et durée de vie .
- 2.6 Stockage et restitution de l'énergie
- 2.7 Étude de cas .

3. Sources à courant alternatif (AC)

- 3.1 Générateur synchrone
- 3.2 Génératrice asynchrone

4. Convertisseurs de puissance .

- 4.1 Utilisation de hacheurs
- 4.2 Utilisation d'un hacheur survolteur pour élever la tension continue afin d'alimenter une ligne de transport DC à 6 kV.
- 4.3 Utilisation d'un onduleur triphasé pour alimenter une ligne de transport AC à 0 kV .
- 4.4 Étude de cas : utilisation d'un onduleur triphasé pour alimenter un réseau continu 2 kV

5. Étude de lignes et de réseaux

- 5.1 Ligne à courant continu .
- 5.2 Ligne à courant alternatif .
- 5.3 Algorithmes de calcul d'une ligne à courant alternatif (AC)
- 5.4 Réduction d'harmoniques sur une ligne à courant alternatif (AC) .

6. Conclusion**S4/24813 Systèmes électriques pour énergies renouvelables****D3900****Consommation d'énergie, ressources énergétiques et place de l'électricité.***Par Bernard MULTON, Yaël THIAUX, Hamid BEN AHMED***1. Enjeux .**

- 1.1 Contexte économique et environnemental
- 1.2 Unités et définitions .

2. Ressources énergétiques de la planète.

- 2.1 Sources d'énergies renouvelables .
- 2.2 Sources d'énergies non renouvelables

3. Consommation d'énergie primaire

- 3.1 Consommation mondiale et indicateurs .
- 3.2 Situation française
- 3.3 Prévisions d'évolution

4. Électricité énergie

- 4.1 Production d'électricité
- 4.2 Rejets de CO2 de la production d'électricité .
- 4.3 Bilan comparatif .

5. Conclusion

D3930**Petites centrales hydrauliques**Par **Sylvain PERRIN****1. Dimensionnement hydraulique**

- 1.1 Équation de Bernoulli.
 - 1.1.1 Travail d'un fluide .
 - 1.1.2 Puissance brute et nette d'une chute
- 1.2 Similitude, vitesses spécifiques
 - 1.2.1 Similitude
 - 1.2.2 Vitesses spécifiques.

2. Turbines

- 2.1 Turbines à action
 - 2.1.1 Turbine Pelton .
 - 2.1.2 Turbine Banki-Mitchell
- 2.2 Turbines à réaction
 - 2.2.1 Turbine Francis
 - 2.2.2 Turbine Kaplan

3. Implantations du génie civil**4. Barrages****5. Prises d'eau**

- 5.1 Rôle des dégrilleurs.
- 5.2 Types de dégrilleurs

6. Générateurs électriques.

- 6.1 Machines synchrones .
 - 6.1.1 Principe
 - 6.1.2 Couplage
- 6.2 Machines asynchrones
 - 6.2.1 Réversibilité
 - 6.2.2 Caractéristiques de couple
 - 6.2.3 Couplage au réseau.
 - 6.2.4 Rendement
- 6.3 Vitesse variable
 - 6.3.1 Intérêt
 - 6.3.2 Principe

7. Exploitation

- 7.1 Centrales autonomes .
- 7.2 Centrales raccordées au réseau
 - 7.2.1 PCH fonctionnant en régime éclusé
 - 7.2.2 PCH au fil de l'eau.
 - 7.2.3 Automatisation dans les centrales .
- 7.3 Protections

8. Conclusion .**D3935****Conversion photovoltaïque : du rayonnement solaire à la cellule**Par **Stéphan ASTIER****1. Électricité solaire : contexte et généralités .**

- 1.1 Contexte géophysique : la Terre et son Soleil.
- 1.2 Contexte énergétique et électricité.
- 1.3 Électricité solaire

2. Rayonnement solaire.

- 2.1 Rayonnement solaire dans l'espace
- 2.2 Rayonnement solaire au sol

3. Du rayonnement solaire à la cellule photovoltaïque

- 3.1 Prise de vue



- 3.2 Rayonnement solaire porteur d'énergie .
- 3.3 Conversion photovoltaïque.
- 3.4 Cellule photovoltaïque à jonction semi-conductrice PN
- 3.5 Technologies et matériaux des cellules photovoltaïques

D3936**Conversion photovoltaïque : de la cellule aux systèmes**Par **Stéphan ASTIER****1. De la cellule au générateur photovoltaïque : modularité .**

- 1.1 Associations de cellules photovoltaïques
- 1.2 Fonctionnement optimal d'un panneau photovoltaïque
- 1.3 Ingénierie du générateur photovoltaïque : MPPT et modularité .
- 1.4 Modèles, simulateurs, émulateurs .

2. Systèmes photovoltaïques

- 2.1 Problématique des systèmes exploitant l'électricité photovoltaïque
- 2.2 Systèmes photovoltaïques intégrés à l'habitat raccordés au réseau
- 2.3 Systèmes autonomes non raccordés au réseau
- 2.4 Systèmes de pompage de l'eau au fil du soleil
- 2.5 Véhicules solaires autonomes : Sunracers
- 2.6 Production d'hydrogène Par électrolyse solaire

3. Conclusion : quel avenir pour l'électricité solaire ? .**D3940****Modules photovoltaïques - Filières technologiques**Par **Alain RICAUD****1. Présentation générale**

- 1.1 Les énergies renouvelables
- 1.2 Le solaire photovoltaïque
- 1.3 Films minces ou silicium massif ?
- 1.4 Techniques de dépôt

2. Filières chalcogénures polycristallins

- 2.1 CdS/CdTe
 - 2.1.1 L'hétérojonction CdS-CdTe
 - 2.1.2 Méthodes de dépôt
 - 2.1.3 Réponse spectrale
 - 2.1.4 Performances
 - 2.1.5 Toxicité.
 - 2.1.6 Production .

- 2.2 Cu(In,Ga)Se₂
 - 2.2.1 Matériau CIS.
 - 2.2.2 Hétérojonction CIS-CdS
 - 2.2.3 Méthodes de dépôt
 - 2.2.4 Performances
 - 2.2.5 Couche fenêtre

3. Filières silicium amorphe et microcristallin.

- 3.1 Silicium amorphe (a-Si:H)
 - 3.1.1 Méthode de dépôt
 - 3.1.2 Structure.
 - 3.1.3 Réponse spectrale et performances
 - 3.1.4 Effet Staebler-Wronski
 - 3.1.5 Les modules .
 - 3.1.6 Coût/performance.
- 3.2 Silicium microcristallin (μ c-Si)
 - 3.2.1 Silicium polycristallin .
 - 3.2.2 Silicium micromorphe

4. Conclusion .

D3941**Modules photovoltaïques - Aspects technico-économiques** Par **Alain RICAUD****1. Applications des couches minces .**

- 1.1 Petites puissances
 - 1.1.1 Produits grand public à usage intérieur
 - 1.1.2 Produits grand public à usage extérieur.
- 1.2 Grandes surfaces
 - 1.2.1 Secteur du bâtiment
 - 1.2.2 Secteur de l'automobile
- 1.3 Systèmes connectés au réseau

2. Production de masse

- 2.1 Coûts.
 - 2.1.1 Objectifs
 - 2.1.2 Projection de coût des modules
 - 2.1.3 Courbe d'apprentissage
- 2.2 Disponibilité des matériaux
- 2.3 Du laboratoire au produit commercial.
- 2.4 Récapitulatif .

3. Conclusion .**Références bibliographiques .****D3960****Aérogénérateurs électriques**Par **Bernard MULTON, Xavier ROBOAM, Brayima DAKYO, Christian NICHITA, Olivier GERGAUD, Hamid BEN AHMED****1. Contexte – Perspectives d'évolution****2. Turbines éoliennes**

- 2.1 Caractérisation du vent .
- 2.2 Rendement énergétique d'un « capteur éolien »
- 2.3 Types de turbines éoliennes
- 2.4 Moyens de réglage de la conversion de l'énergie

3. Systèmes aérogénérateurs

- 3.1 Principaux critères et contraintes de conception des éoliennes .
- 3.2 Architectures des systèmes aérogénérateurs .

4. Spécificité des générateurs électriques éoliens

- 4.1 Générateurs asynchrones
- 4.2 Générateurs synchrones

D3970**Graphes de liens causaux pour systèmes à énergie renouvelable (Partie)**Par **Xavier ROBOAM, Stéphan ASTIER****1. Bonds Graphs causaux et conception systémique.**

- 1.1 Bonds Graphs causaux et approche systémique
- 1.2 Résumé des principes de base du Bond Graph causal .

2. Éléments de représentation Bond Graph des systèmes électriques .

- 2.1 Convertisseurs statiques
- 2.2 Convertisseurs électromécaniques
- 2.3 Convertisseurs électrochimiques



D3971**Graphes de liens causaux pour systèmes à énergie renouvelable (Partie)***Par Xavier ROBOAM, Stéphan ASTIER***1. Générateurs d'énergie renouvelable**

- 1.1 Générateurs solaires photovoltaïques.
- 1.2 Générateurs éoliens

2. Exemples d'application aux systèmes à énergie renouvelable

- 2.1 Chaîne éolienne raccordée au réseau
 - 2.1.1 Modélisation système et gestion énergétique de la chaîne éolienne
 - 2.1.2 Modèle du réseau en régime « non équilibré » .
- 2.2 Étude systémique du véhicule solaire Solelhada .
 - 2.2.1 Modèles du véhicule
 - 2.2.2 Gestion de l'énergie sur un scénario d'école

IN96**SEAREV : Système électrique autonome de récupération de l'énergie des vagues.***Par Hakim MOUSLIM, Aurélien BABARIT***Introduction****1 - Énergie des vagues**

- 1.1 - Caractérisation d'un état de mer
- 1.2 - Ressource disponible

2 - Systèmes de conversion de l'énergie des vagues

- 2.1 - Catégories de systèmes

3 - Système searev

- 3.1 - Un principe simple
- 3.2 - Un contrôle sophistiqué

4 - Optimisation de forme**5 - Validations expérimentales****6 - Production d'énergie**

- 6.1 - Matrice de puissance
- 6.2 - Production d'énergie

7 - Conclusion**8 - Norme****9 - Organismes****10 - Acteurs industriels****RE93****Piles à combustible alimentées Par un combustible liquide***Par Umit Bilge DEMIRCI***Introduction****1 - Contexte****2 - Aspects fondamentaux**

- 2.1 - Combustibles liquides carbonés
- 2.2 - Autres combustibles liquides
- 2.3 - Comparaison thermodynamique des piles

3 - Situation actuelle de la recherche

- 3.1 - Préambule
- 3.2 - Principaux enjeux
- 3.3 - Piles à combustible liquide

4 - Perspectives de commercialisation – conclusion

- 4.1 - Contexte actuel



- 4.2 - Pile à méthanol directe
- 4.3 - Pile à acide formique directe
- 4.4 - Pile à borohydrure directe
- 4.5 – Conclusion

RE135**Récupération de l'énergie des vibrations mécaniques pour générer de l'électricité**

Par **Claire JEAN-MISTRAL, Skandar BASROUR**

Introduction**1 - Récupération de l'énergie mécanique ambiante**

- 1.1 - Contexte
- 1.2 - Étages de conversion

2 - Principe de conversion

- 2.1 - Systèmes résonants
- 2.2 - Méthodes de transduction

3 - Générateurs piézoélectriques

- 3.1 - Principe de fonctionnement
- 3.2 - Quelques exemples de structures

4 - Générateurs électrostatiques

- 4.1 - Principe de fonctionnement
- 4.2 - Quelques exemples de structures

5 - Générateurs électromagnétiques

- 5.1 - Principe de fonctionnement
- 5.2 - Quelques exemples de structures

6 - Comparaison**7 - Conclusions et perspectives****IN52****GENEPAC : pile à combustible à membrane échangeuse de protons PEMFC**

Par **Laurent ANTONI, Jean-Philippe POIROT-CROUVEZIER, Francis ROY, Xavier GLIPA**

Introduction**1 - Contexte**

- 1.1 - Pile à combustible : élément de réponse aux défis pour un transport durable
- 1.2 - Caractéristiques de la pile GENEPAC

2 - Dimensionnement et conception de la pile GENEPAC

- 2.1 - Démarche de conception
- 2.2 - Définition des principaux composants
- 2.3 - Assemblage de la pile

3 - Performances des piles GENEPAC

- 3.1 - Courbes de polarisation
- 3.2 - Homogénéité des tensions d'une pile
- 3.3 - Démarrage Par températures négatives
- 3.4 - Voies d'amélioration des piles GENEPAC

4 - Système pile à combustible

- 4.1 - Architecture
- 4.2 - Performance du système pile à combustible
- 4.3 - Validation embarquée de la technologie GENEPAC

5 - Conclusion – perspectives

RE25**Les Cellules photovoltaïques organiques**

Par **Pierre DESTRUEL, Isabelle SEGUY**

Introduction**1 - Contexte**

2 - L'énergie solaire

3 - Les semi-conducteurs organiques

3.1 - La nomenclature

3.2 - Les matériaux utilisés

4 - Le fonctionnement des cellules photovoltaïques organiques

4.1 - Absorption des photons – création d'excitons

4.2 - Diffusion des excitons

4.3 - Dissociation des excitons

4.4 - Transport des charges jusqu'aux électrodes

4.5 - Paramètres caractéristiques des cellules solaires organiques

5 - Structure et technologie des cellules solaires organiques

5.1 - Les cellules solaires nanocristallines ou cellules de Grätzel

5.2 - Les cellules constituées de films organiques

5.3 - Les développements récents

5.4 - Les challenges actuels – les verrous technologiques



“ Ti958

INNOVATIONS

Technologiques”

INNOVATION



TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR

Ti958

SOMMAIRE



S4/24787

Innovations en électronique et TIC

Innovation

Innovations Technologiques

Innovation

Ti958 Innovations Technologiques

S4/24787 Innovations en électronique et TIC

**** Électronique : processeurs, systèmes embarqués et réseaux de capteurs:**

IN158**Terres rares : enjeux économiques et principales applications (Innovation)**

par Xavier de LOGIVIERE

Introduction**1 - Panorama économique**

- 1.1 - Quelques chiffres
- 1.2 - Enjeux stratégiques
- 1.3 - Pays producteurs
- 1.4 - Évolution des besoins

2 - Principales phases de la fabrication**3 - Principales applications industrielles**

- 3.1 - Vue d'ensemble
- 3.2 - Aimants permanents
- 3.3 - Luminophores
- 3.4 - Batteries
- 3.5 - Technologies futures

4 - Recyclage**5 - Conclusion****IN146****Transistors à base de semi-conducteurs III-N sur substrat de silicium et applications (Innovation)**

par Farid MEDJDOUB

1. Contexte**2. Applications de forte puissance à haute fréquence**

- 2.1 Description d'une nouvelle hétérostructure à base de GaN pour la montée en fréquence
- 2.2 Caractéristiques en régime statique
- 2.3 Caractéristiques en régime dynamique

3. Convertisseurs de tension à haut rendement

- 3.1 GaN pour la future génération de convertisseur de tension
- 3.2 Fabrication et caractérisation de convertisseurs de tension à base de GaN-sur-Si
- 3.3 Fiabilité des convertisseurs de puissance GaN-sur-Si
 - 3.3.1 Amélioration de la stabilité thermique par l'utilisation d'une couche de passivation de SiN
 - 3.3.2 Test de fiabilité des convertisseurs de puissance GaN

4. Conclusion**Sources bibliographiques****Sites Internet****Brevets**

IN220

Processeur de perception bio-inspiré : une approche neuromorphique (Innovation)par **Patrick PIRIM****Introduction**

- 1 - Le biomimétisme dans le contexte général de l'IA
- 2 - Traduction de l'information perçue en représentations sémantiques élémentaires
- 3 - L'attracteur dynamique, un automate universel
- 4 - Extracteur de représentations sémantique et attracteurs dynamiques
- 5 - Percevoir l'élément dans son contexte
- 6 - Invariance perceptive
- 7 - Mémoire associative et apprentissage
- 8 - Intégration multi-sensorielles
- 9 - Correction d'erreur et occlusion partielle
- 10 - Procédé biomimétique versus apprentissage profond
- 11 - Exemple d'apprentissage supervisé en perception visuelle
- 12 - Exemple d'application auditive et visuelle
- 13 - Réalisation technique
- 14 - Perspectives et évolutions
- 15 - Glossaire

IN175

Protection des architectures hétérogènes sur FPGA - Approche par pare-feux matériels (Innovation)par **Pascal COTRET****Introduction**

- 1 - Contexte
- 2 - Protection des architectures multiprocesseurs sur FPGA
 - 2.1 - Modèle de menaces
 - 2.2 - Protection des mémoires
 - 2.3 - Protection des communications
 - 2.4 - Sécurité mixte des communications et des mémoires
- 3 - Quelques applications
 - 3.1 - Application 1 : flot de sécurité complet des circuits FPGA
 - 3.2 - Autres applications
- 4 - Perspectives et évolutions

IN125

SCILAB: un logiciel libre de calcul scientifique (Innovation)Par **Claude GOMEZ****Introduction**

- 1 - Calcul scientifique
 - 1.1 - Logiciels de calcul
 - 1.2 - Calcul numérique
- 2 - Logiciel SCILAB
 - 2.1 - Un super calculateur numérique
 - 2.2 - Simulation des systèmes dynamiques hybrides avec Scicos
- 3 - Modèle de développement
 - 3.1 - Consortium Scilab
 - 3.2 - Équipe opérationnelle
- 4 - Perspectives



IN120***Modélisation et analyse de systèmes embarqués ou temps-réel avec le profil UML MARTE (Innovation)****Par Pierre BOULET***Introduction****1 - Pourquoi un langage de modélisation pour les systèmes temps-réel ou embarqués ?****2 - Ingénierie dirigée par les modèles pour les systèmes temps-réel ou embarqués**

2.1 - Quels modèles ?

2.2 - Historique de MARTE

3 - Standard marte 1.0

3.1 - Structure générale

3.2 - Modélisation des propriétés non fonctionnelles

3.3 - Modélisation des plates-formes d'exécution

4 - Outils supportant marte

4.1 - Modeleurs UML

4.2 - Outils IDM

5 - Conclusion**IN176*****Développement de logiciels sûrs : une approche dirigée par la conception (Innovation)****Par Quentin ENARD***Introduction****1 - Contexte****2 - Description technique de l'innovation**

2.1 - Approche de développement dirigée par la conception

2.2 - Approche intégrée

3 - Applications

3.1 - Systèmes de gestion de vol

3.2 - Informatique ubiquitaire

4 - Perspectives et évolutions

4.1 - Systèmes résilients

4.2 - Assistance à la personne

4.3 - Transfert technologique

IN132***Routage dynamique et réseaux de capteurs - Bénéfice d'utiliser IPv6 dans les environnements contraints (Innovation)****Par Christian JACQUENET***Introduction****1 - Contexte****2 - Caractéristiques et contraintes des réseaux de capteurs**

2.1 - Réseaux de capteurs en environnement domestique

2.2 - Réseaux de capteurs en environnement urbain

2.3 - Réseaux de capteurs en environnement industriel

3 - IPv6, protocole fédérateur**4 - Effort de standardisation très actif****5 - Quel protocole de routage ?****6 - Routage efficace au sein des réseaux de capteurs**

6.1 - Arbres de collecte

6.2 - Protocole RPL

6.3 - Quelles métriques ?

6.4 - Nouveau message ICMPv6

6.5 - Traitement des boucles de routage



7 - Prochaines étapes

IN141**Réseaux à petites cellules économes en énergie (Innovation)**

Par Jakob HOYDIS
Romain COUILLET
Mérouane DEBBAH

Introduction

- 1 - Contexte
- 2 - Réseaux à petites cellules : économes en énergie, flexibles et peu coûteux
- 3 - Défis
- 4 - Outils
- 5 - Conclusion

IN152**Green Communications : réseaux low cost très économes en énergie et de haute qualité de service (Innovation)**

Par Khaldoun AL AGHA

Introduction

- 1 - Contexte
- 2 - Description technique de l'innovation
- 3 - Applications ou mise en œuvre
 - 3.1 - Opérateurs télécom
 - 3.2 - Open Network
 - 3.3 - Réseaux militaires et sécurité civile
 - 3.4 - Réseaux véhiculaires
 - 3.5 - Détection de la pollution et projet Goldfish
- 4 - Perspectives et évolutions

RE165**État de l'art en recherche européenne sur l'Internet des Objets et la RFID (Recherche)**

Par Patrick GUILLEMIN

Introduction

- 1 - Contexte
- 2 - Recherche rfid et iot en europe
- 3 - Projets de recherche concernant la sécurité et ses résultats
- 4 - Aspect international
- 5 - Conclusion

H5538**Monnaies cryptographiques et blockchains - Créer de la confiance**

Par Jean-Paul DELAHAYE

1. Obtention de bitcoins
2. Robustesse des bitcoins
3. Transactions
4. Preuves de travail
5. Risques
6. Quelques points à ne pas oublier
7. Devenir du bitcoin
8. Autres blockchains possibles
9. Conclusion



10. Glossaire

**** Microélectronique:****RE255*****ALD en microélectronique - Applications, équipements et productivité (Recherche)****Par Mickael GROS-JEAN**Arnaud MANTOUX***Introduction**

- 1 - Mémoires dram
- 2 - Les capacités mim
- 3 - Les transistors hkmg
- 4 - Espaceurs
- 5 - Masquage pour la fabrication de petites structures
- 6 - Interconnexions et contact
- 7 - Types de chambres de dépôt ald et vitesse de dépôt
- 8 - Dépôt peald modifié pour l'augmentation de la cinétique de croissance de ta2o5
- 9 - Conclusion

RE261***Encapsulation des diodes organiques électroluminescentes et microbatteries par ALD (Recherche)****Par Tony MAINDRON**Messaoud BEDJAOUI***Introduction**

- 1 - Technologie ald pour l'encapsulation
 - 1.1 - Systèmes d'encapsulation UHB
 - 1.2 - Technologie ALD et encapsulation UHB
- 2 - Technologie ald pour l'encapsulation des oled
 - 2.1 - Technologie des OLED
 - 2.2 - Intérêt de l'ALD pour l'encapsulation des OLED
- 3 - Technologie ald pour l'encapsulation des microbatteries
 - 3.1 - Technologie des microbatteries au lithium
 - 3.2 - Encapsualtion des microbatteries au lithium
 - 3.3 - Intérêt de l'ALD pour l'encapsulation des microbatteries au lithium
- 4 - Technologie mld
- 5 - Conclusion
- 6 - Glossaire
- 7 - Sigles, notations et symboles

RE265***ALD pour des applications capteurs, biocapteurs et membranes (Recherche)****Par Catherine MARICHY**et Mikhael BECHELANY***Introduction**

- 1 - Ald et capteurs
 - 1.1 - Capteurs de gaz
 - 1.2 - Autres applications des capteurs
- 2 - Ald et biocapteurs
 - 2.1 - Basés sur des films minces
 - 2.2 - Basés sur des nanostructures – Détection du glucose
 - 2.3 - Basés sur la spectroscopie et la microscopie



- 2.4 - ALD pour le contrôle des propriétés de surface et la dimension des pores des matériaux nanoporeux
- 3 - Ald et membranes
- 4 - Conclusion
- 5 - Glossaire

IN188**Micro-supercondensateurs à base de films de carbone nanoporeux intégrés sur silicium (Innovation)**

Par **Kévin BROUSSE, Peihua HUANG, Sébastien PINAUD, Christophe LETHIEN, Barbara DAFFOS, Pierre-louis TABERNA**
et **Patrice SIMON**

Introduction

- 1 - Contexte
- 2 - Matériaux et expérimentations
- 3 - Résultats et discussions
 - 3.1 - Chloration partielle
 - 3.2 - Chloration complète
- 4 - Conclusion
- 5 - Glossaire

**** Santé et médecine électronique:****TE7502****Marchés de la médecine électronique.**

Par **Daniel BATTU**

- 1. Trois visages de la médecine contemporaine
- 2. Télémédecine
- 3. Innovations en médecine électronique
- 4. Nouvelles voies de recherche
- 5. Bien-être en mobilité
- 6. Consultation médicale du futur
- 7. Emploi de la réalité virtuelle
- 8. Médecine personnalisée (génomique)
- 9. Biophotonique: définitions et perspectives
- 10. Conclusions
- 11. Glossaire définitions

TE7503**Apport des télécommunications et des TIC à l'évolution de la médecine**

Par **Daniel BATTU**

Introduction

- 1 - Dynamique des technologies
 - 1.1 - Interpénétration des domaines
 - 1.2 - TIC au secours de la santé, face à la démographie
 - 1.3 - Médicaments et recherche
 - 1.4 - Pour la résorption de la « zone grise »
 - 1.5 - Vers une « médecine de précision »
- 2 - Réseaux de télécommunications
 - 2.1 - NGN, hauts débits et mobilité
 - 2.2 - Médecine et débits numériques
 - 2.3 - Multimédia en médecine
 - 2.4 - Internet mobile, IdO et Internet tactile
 - 2.5 - Points forts et points faibles du NGN
- 3 - Équipements utilisés



- 3.1 - Circuits intégrés et mémoires
- 3.2 - Familles de capteurs
- 3.3 - Capteur médical
- 3.4 - Laser biophotonique
- 4 - Technologies de l'information et de la communication**
- 4.1 - Évolution des techniques
- 4.2 - Services numériques classiques
- 5 - Logiciels de santé**
- 5.1 - Système d'information hospitalier (SIH)
- 5.2 - Informatique pour la R et D médicale
- 6 - Imagerie médicale**
- 6.1 - Panorama de l'imagerie médicale
- 6.2 - Traitement, transfert et sécurité des images médicales
- 7 - Informatique et santé**
- 7.1 - Codification des maladies
- 7.2 - Diagnostic
- 7.3 - Soins informatisés en Europe
- 7.4 - Médecine informatisée en France
- 7.5 - Dossier médical du patient (DMP)
- 7.6 - Chaîne pharmaceutique
- 7.7 - Rémunération des soins et gestion comptable
- 7.8 - Économie de la santé électronique
- 7.9 - Prévention des risques de santé
- 7.10 - Épidémiologie
- 8 - Outils du ngn offerts à la médecine électronique**
- 8.1 - Données massives (Big Data)
- 8.2 - « Cloud Computing » pour la santé
- 8.3 - La toile au service des « cybercondriaques »
- 8.4 - Collaboration ouverte
- 8.5 - Réseaux sociaux
- 8.6 - Formation ouverte à tous (MOOC)
- 8.7 - Outils collaboratifs et communication enrichie
- 8.8 - Interactions visio-haptiques en environnement virtuel
- 8.9 - Aide aux sourds et aux malentendants
- 8.10 - Du robot humanoïde vers l'homme
- 8.11 - Internet des objets médicaux
- 8.12 - Internet et le troisième âge
- 9 - Sécurité des informations de santé**
- 10 - Tic et médecine électronique**
- 11 - Glossaire – définitions**

TE7504

Normalisation de la médecine électronique

Par **Daniel BATTU**

Introduction

1 - Normalisation et médecine électronique

- 1.1 - Médecine et santé
- 1.2 - Cadre réglementaire
- 1.3 - Contrôle juridique et financier des soins de santé
- 1.4 - Normalisation en matière de santé électronique

2 - Organisation mondiale de la santé (oms)

- 2.1 - Rôle de l'OMS
- 2.2 - Médecine électronique sur Internet
- 2.3 - Technologies de la santé
- 2.4 - Programmes nationaux de santé
- 2.5 - Supervision des épidémies

3 - Entités de normalisation internationales liées à la santé

- 3.1 - Organisation mondiale de la normalisation (ISO)



- 3.2 - Commission électrotechnique internationale (IEC)
- 3.3 - CEN-Cenelec
- 3.4 - Union internationale des télécommunications (UIT)
- 3.5 - 3GPP
- 3.6 - Institut des normes européennes de télécommunications (ETSI)
- 4 - SDO et SSO
- 5 - Échange de données médicales
- 6 - Afnor
- 7 - Tic normalisées et santé électronique
- 8 - Glossaire – définitions

IN9

Habitats Intelligents pour la Santé : des environnements “pervasifs” témoins de notre vie quotidienne (Innovation)

Par **Norbert NOURY**

Introduction

1 - Contexte

2 - Les activités quotidiennes à la maison

2.1 - État de l'art en matière de Health Smart Home

3 - Détection des activités avec de simples détecteurs de présence

3.1 - Principe des détecteurs de présence

3.2 - Exemple du HIS de Grenoble

4 - Ambulotogrammes

5 - Rythmes circadiens d'activités

6 - Alternance jour et nuit

7 - Inactivités de la vie quotidienne

8 - Reconnaissance des activités de la vie quotidienne

8.1 - Activités de la vie quotidienne

8.2 - Détection automatique des ADL

8.3 - Instrumentation minimalement intrusive pour l'évaluation des ADL et de l'état de bien-être

9 - Discussion

10 - Conclusion

IN117

Déploiement de systèmes de communication sur les vêtements et les personnes (Innovation)

Par **Marie FLOC'H**

Introduction

1 - Contexte

2 - Exemples de systèmes développés ou en cours de développement

2.1 - Système FELIN

2.2 - Vêtement-écran couleur

2.3 - Vêtement intelligent pour les sportifs

3 - Travaux de l'ietr dans les domaines des vêtements communicants

3.1 - Développement de techniques de modélisation innovante à l'IETR dans le cadre d'applications au BAN

3.2 - Intégration de boutons rayonnants sur des vêtements

3.3 - Projet innovant sur les vêtements communicants

4 - Les travaux d'industriels proches de l'ietr dans le domaine des vêtements communicants

4.1 - Technisolar Seni

4.2 - Scovitech

5 - Conclusion



* *Optoélectronique : Lasers, fibres optique et diodes:*

RE167

***Amplification paramétrique dans les fibres optiques -
Fondements et applications***

Par Arnaud MUSSOT

Alexandre KUDLINSKI

Introduction

1 - Contexte

2 - Processus de mélange à quatre ondes

2.1 - Rappels sur les processus physiques de base mis en jeu

2.2 - Du mélange à quatre ondes à l'amplification paramétrique

3 - Mise en œuvre expérimentale

3.1 - Schéma expérimental typique

3.2 - Limitations

4 - Applications

4.1 - Amplification de signaux optiques télécoms

4.2 - Amplification d'impulsions ultrabrèves

4.3 - Autres applications

5 - Conclusion et perspectives

IN143

***Modulateurs optiques pour la photonique silicium - ou
la révolution des systèmes de communication optiques
de demain (Innovation)***

Par Delphine MARRIS-MORINI, Gilles RASIGADE, Melissa

ZIEBELL, Papichaya CHAISAKUL, Jean-Marc FÉDÉLI, Giovanni

ISELLA, Daniel CHRASTINA, Laurent VIVIEN

Introduction

1 - Modulateur optique : principe et performances

2 - Modulateur optique par déplétion de porteurs dans le silicium

2.1 - Contexte

2.2 - Conception du modulateur optique

2.3 - Résultats expérimentaux

3 - Modulateur optique par effet stark confiné quantiquement dans les structures à puits quantiques GE/SIGE

3.1 - Contexte

3.2 - Structures à illumination par la surface

3.3 - Structure à éclairage latéral

4 - Conclusion, perspectives

5 - Remerciements

RE206

***Contrôler la lumière à travers un milieu désordonné -
Approche matricielle et applications (Recherche)***

Par Sébastien POPOFF, Geoffroy LEROSEY, Sylvain GIGAN

Introduction

1 - Contexte

2 - Comprendre les milieux diffusants

2.1 - Propagation d'onde en milieu linéaire

2.2 - Modélisation matricielle : matrice de transmission (MT)

2.3 - Des milieux homogènes aux milieux diffusants

3 - Acquisition de la matrice de transmission

3.1 - Montage expérimental

3.2 - Acquisition

3.3 - Etude statistique d'une matrice mesurée expérimentalement



4 - Applications

- 4.1 - Contrôle de l'onde en sortie : focalisation
- 4.2 - Transfert d'image

5 - Conclusion**IN122****Sources supercontinuum à fibre optique - La révolution du laser blanc (Innovation)**

Par *Alexandre KUDLINSKI, Arnaud MUSSOT*

Introduction**1 - Bref historique sur les sources de lumière blanche****2 - Propagation linéaire et non linéaire dans les fibres optiques**

- 2.1 - Dispersion chromatique de vitesse de groupe

- 2.2 - Non-linéarité

- 2.3 - Fibres microstructurées

- 2.4 - Utilisation des fibres microstructurées pour la génération de supercontinuum

3 - Physique de la formation d'un supercontinuum

- 3.1 - Génération d'un train d'impulsions solitoniques

- 3.2 - Élargissement du spectre du train de solitons côté basses et hautes longueurs d'onde

4 - Mise au point et caractéristiques des sources supercontinuum

- 4.1 - Sources supercontinuum nanosecondes

- 4.2 - Optimisation des propriétés spectrales : extension vers l'ultraviolet

- 4.3 - Sources supercontinuum continues : toujours plus de puissance

5 - Applications des sources supercontinuum**6 - Caractéristiques principales des sources supercontinuum actuelles****7 - Perspectives****RE138****Microplumes robotisées pour la fabrication de microlentilles - Application à la collimation des VCSEL (Recherche)**

Par *Véronique BARDINAL, Corinne VERGNENÈGRE, Emmanuelle DARAN, Jean-Bernard POURCIEL, Jean-Baptiste DOUCET, Thierry CAMPS*

Introduction**1 - Collimation des diodes vcsel**

- 1.1 - VCSEL : un composant clef pour les microsystèmes

- 1.2 - Comment réduire la divergence d'un VCSEL ?

2 - Dimensionnement des microlentilles

- 2.1 - Comment sont conçues les microlentilles déposées sur le VCSEL ?

- 2.2 - Sensibilité de la divergence aux fluctuations des paramètres de fabrication

3 - Fabrication technologique

- 3.1 - Technique de dépôt par microplumes robotisées

- 3.2 - Polymères mis en œuvre

- 3.3 - Caractéristiques des microlentilles

- 3.4 - Intégration sur matrices de VCSEL

4 - Conclusions et perspectives**RE171****Calcul optoélectronique et hologrammes calculés (Recherche)**

Par *Pierre AMBS*

Introduction**1 - Contexte****2 - Calcul optoélectronique**

- 2.1 - Présentation
- 2.2 - Principe
- 2.3 - Composants
- 2.4 - Exemples de processeurs optiques réalisés
- 2.5 - Conclusion
- 3 - Hologrammes calculés**
- 3.1 - Présentation
- 3.2 - Types d'hologrammes calculés et caractéristiques
- 3.3 - Différents types de codage des hologrammes de Fourier ou de Fresnel
- 3.4 - Méthodes de fabrication
- 3.5 - Exemples d'applications
- 3.6 - Conclusion
- 4 - Conclusion générale et perspectives**

RE36

Les Mémoires diffractives ou holographiques *(Recherche)*

Par *Patrick MEYRUEIS, Idriss EL-HAFIDI*

Introduction

- 1 - Contexte**
- 2 - Principe d'enregistrement et de restitution holographique de données**
- 3 - Principes des méthodes et dispositifs pour des mémoires holographiques**
- 3.1 - Organisation générale d'une mémoire holographique par page ou par paquet
- 3.2 - Configurations usuelles
- 3.3 - Choix du matériau d'enregistrement
- 4 - Éléments de technologie**
- 4.1 - Mémoires holographiques sur photoprotéines
- 4.2 - Préparation de la couche de photoprotéine
- 4.3 - Spécifications principales des protéines exploitées
- 4.4 - Vérification expérimentale de l'effet holographique sous contrainte thermique
- 4.5 - Fonctions mémoires implémentées
- 4.6 - Technologies de SLM utilisables pour les mémoires holographiques par paquets
- 5 - Holographie de fourier pour mémoires holographiques**
- 6 - Comparaison d'une mémoire holographique avec les autres types de mémoire**
- 7 - Temps d'accès**
- 7.1 - Opération de lecture
- 7.2 - Opération d'écriture
- 7.3 - Comparaisons des temps d'accès et de transfert
- 8 - Conclusion**

IN18

Diodes électroluminescentes LED pour l'éclairage - *Panorama et tendances technologiques* (Innovation)

Par *Georges ZISSIS, Xavier DE LOGIVIERE*

Introduction

- 1 - D'hier à aujourd'hui**
- 2 - Led et éclairage : contexte économique et énergétique
- 3 - Principes de fonctionnement des led**
- 3.1 - Homojonction
- 3.2 - Hétérojonction
- 3.3 - Couleur des LED
- 3.4 - Efficacité des LED
- 3.5 - Obtention de la lumière blanche
- 4 - Fabrication des led et défis associés**
- 4.1 - Substrats et matériau actif
- 4.2 - Méthodes d'épitaxie
- 4.3 - Métallisation et séparation des jonctions



- 4.4 - Encapsulation
- 4.5 - Luminophores et optiques associées
- 4.6 - Résistance thermique
- 5 - Du composant au système d'éclairage**
- 5.1 - Principaux composants
- 5.2 - Dérive des caractéristiques colorimétriques et durée de vie de la LED
- 5.3 - Gestion thermique des LED
- 5.4 - Alimentation électrique des LED
- 6 - Conclusion**
- 6.1 - Efficacité lumineuse
- 6.2 - Qualité
- 6.3 - Perspectives

IN145

Diodes électroluminescentes organiques (OLED) émettrices de lumière blanche - Caractéristiques et applications pour l'éclairage (Innovation)

Par Noham SEBAIHI, Jérôme CORNIL, Pascal VIVILLE

Introduction

- 1 - Contexte**
- 2 - Diodes organiques électroluminescentes OLED**
- 3 - Caractérisation des OLED**
- 4 - Obtention des OLED blanches**
- 4.1 - Fabrication par voie humide
- 4.2 - Fabrication par sublimation
- 4.3 - Accroissement des performances
- 5 - Applications des OLED**
- 6 - Conclusion**

IN163

Un design moléculaire unique pour des OLED à excimères à base d'oligophénylènes (Innovation)

Par Cyril PORIEL, Joëlle RAULT-BERTHELOT

Introduction

- 1 - Contexte**
- 2 - Description technique de l'innovation**
- 3 - Applications ou mise en œuvre**
- 3.1 - Synthèse des DSF-IFs
- 3.2 - Propriétés physico-chimiques des DSF-IFs
- 3.3 - Utilisation de 2b et de 2c comme couche active dans des OLED : les OLED à excimères
- 4 - Perspectives et évolutions**

IN168

Molécules organiques fluorescentes comme matériau actif d'OLED bleues monocouches (Innovation)

Par Cyril PORIEL, Joëlle RAULT-BERTHELOT

Introduction

- 1 - Contexte**
- 2 - Diode organique électroluminescente monocouche (oled monocouche)**
- 3 - Petites molécules émettrices de couleur bleue**
- 3.1 - Molécules émissives à base de fluorène
- 3.2 - Molécules émissives à base de carbazole
- 3.3 - Molécules à base de polycycles aromatiques (anthracène, pyrène...)
- 4 - Émetteurs fluorescents à design moléculaire d- π -a**



- 4.1 - Transfert de charge électrogénéré
- 4.2 - Transfert de charge photo-induit
- 4.3 - Quelques molécules de type D- π -A
- 5 - Perspectives et évolution
- 6 - Glossaire –définition

IN169

Instabilité de la couleur d'émission des OLED bleues à base d'oligophénylènes pontés (Innovation)

Par Cyril PORIEL, Joëlle RAULT-BERTHELOT

Introduction

- 1 - Contexte
- 2 - Description de la geb
- 3 - Évolution des recherches sur l'origine des geb
 - 3.1 - Observation des GEB dans les spectres de photoluminescence (PL)
 - 3.2 - Observation des GEB dans les spectres d'EL : OLED en fonctionnement
- 4 - Perspectives et évolution

IN304

Dérivés du 4-spirobifluorène - Une nouvelle famille de matrices hôtes pour des PhOLED (Innovation)

Par Cyril PORIEL, Joëlle RAULT-BERTHELOT

Introduction

- 1 - Contexte
- 2 - Voie de synthèse générale aux 4-sbf
- 3 - Origine de la rupture de conjugaison
- 4 - 4-SBF « purement hydrocarbonés »
- 5 - 4-SBF à substituant accepteur d'électrons
- 6 - 4-SBF À SUBSTITUANT RICHE EN ÉLECTRONS
- 7 - Autres 4-SBF utilisés en électronique organique
- 8 - Perspectives et évolution
- 9 - Glossaire

TE7511

Technologie LiFi (Light Fidelity)

Par Luc CHASSAGNE

Introduction

- 1 - Principe de la technologie lifi
 - 1.1 - Principe de fonctionnement
 - 1.2 - Avantages, inconvénients
 - 1.3 - Normes actuelles et usages
 - 1.4 - Détails sur les éléments constituant la chaîne
 - 1.5 - Performances et limites actuelles
- 2 - Exemples d'applications
- 3 - Conclusion et perspectives
- 4 - Glossaire



“Ti100

Plastiques et
Composites,”

MATÉRIAUX



TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR



S4/24814

Adjuvants des plastiques



S4/24815

Applications des composites



S4/24816

Applications des plastiques



S4/24817

Base de données : polymères



S4/24818

Caoutchoucs



S4/24819

Caractérisation et propriétés d'usage des composites



S4/24820

Essais normalisés, développement sécurité des plastiques



S4/24821

Finitions des plastiques, conceptions des pièces et recyclage

**S4/24822***Matériaux composites : présentation et renforts***S4/24823***Matières thermodurcissables : monographies***S4/24824***Matières thermoplastiques : monographies***S4/24825***Plastochimie et analyse physico-chimique***S4/24826***Plasturgie : fabrications de corps creux, de films et de fils***S4/24827***Plasturgie : procédés d'extrusion***S4/24828***Plasturgie : procédés spécifiques aux composites***S4/24829***Procédés d'injection des thermoplastiques***S4/24830***Propriétés générales des plastiques*

Matériaux

Ti100 Plastiques et composites

S4/24814 Adjuvants des plastiques

AM3222

Carbonate de calcium, additif multifonctionnelPar **Karine CAVALIER****1. Généralités sur le carbonate de calcium.**

- 1.1 Origines du CaCO₃
- 1.2 Les différents polymorphes
 - 1.2.1 Formes anhydres
 - 1.2.2 Formes hydratées
- 1.3 Principales propriétés : chimiques, physiques et mécaniques
 - 1.3.1 Propriétés physico-chimiques
 - 1.3.2 Propriétés physiques
 - 1.3.3 Quelques propriétés thermiques et mécaniques.

2. Présentation du carbonate de calcium précipité (CCP)

- 2.1 Principaux procédés de synthèse.
 - 2.1.1 Procédé Par recombinaison ou par reconstitution .
 - 2.1.2 Procédé Par sélection ou séparation dolomitique (procédé PATTINSON)
 - 2.1.3 Procédé Par coprécipitation ou caustification
 - 2.1.4 Procédé Par double décomposition
 - 2.1.5 Procédés Par émulsion.
- 2.2 Fonctionnalisation .
- 2.3 Caractéristiques physico-chimiques et rhéologiques.
- 2.4 Principales applications [25] .

3. Fonctionnalisation des CCP dans les nanocomposites thermoplastiques .

- 3.1 Impact du CCP sur les performances du polychlorure de vinyle (PVC)
- 3.2 Amélioration de la stabilité thermique du chlorure de polyvinylidène (PVDC).
- 3.3 Renforcement du polypropylène (PP)

4. Conclusion .

Références bibliographiques .

AM3223

Nanocomposites à nanocharges lamellairesPar **Dominique DUPUIS, Olivier MATHIEU, Sylvain BOUCARD, Stéphane JEOL, Jannick et DUCHET-RUMEAU****1. Généralités sur les nanocharges lamellaires pour nanocomposites .**

- 1.1 Choix de la charge minérale .
- 1.2 Nécessité du traitement organique des lamellaires .
- 1.3 Généralités sur les argiles naturelles.
- 1.4 Polysilicates lamellaires naturels et de synthèse
- 1.5 Layered Double Hydroxide .

2. Nanocomposites lamellaires à base de polyamide.

- 2.1 Obtention des nanocomposites lamellaires à base de PA .
- 2.2 Propriétés des nanocomposites lamellaires à base de PA.

3. Nanocomposites lamellaires à base de polypropylène .

- 3.1 Obtention des nanocomposites lamellaires à base de PP .
- 3.2 Propriétés des nanocomposites lamellaires à base de PP.

4. Nanocomposites lamellaires à base de polyester.

- 4.1 Obtention des nanocomposites lamellaires à base de PET .
- 4.2 Propriétés des nanocomposites lamellaires à base de PET.



A3231**Plastifiants**Par **Pierre VERRIER****1. Généralités.**

- 1.1 PVC flexible
- 1.2 Domaines d'utilisation des plastifiants

2. Théories de la plastification .

- 2.1 Théorie de la lubrification .
- 2.2 Théorie des gels.
- 2.3 Théorie du volume libre
- 2.4 Théorie mécanistique

3. Principaux types de plastifiants

- 3.1 Propriétés exigées de l'association polymère-plastifiant.
- 3.2 Phtalates .
- 3.3 Époxydes
- 3.4 Esters d'acides aliphatiques dicarboxyliques : adipates, sébaçates, azélates, etc.
- 3.5 Polyesters ou plastifiants polymériques
- 3.6 Phosphates.
- 3.7 Autres plastifiants primaires.
- 3.8 Plastifiants secondaires (ou extendeurs).
- 3.9 Quelques données économiques.
- 3.9.1 Consommation de plastifiants.
- 3.9.2 Prix des plastifiants
- 3.9.3 Accessibilité aux matières premières des phtalates

4. Mise en œuvre des plastifiants

- 4.1 Plastisols.
- 4.2 Mise en forme à l'état fondu.

5. Influence sur quelques caractéristiques physiques des PVC flexibles .

- 5.1 Généralités .
- 5.2 Dureté Shore A (et éventuellement D).
- 5.3 Module à 0 % d'allongement. Facteur d'efficacité.
- 5.4 Flexibilité à froid
- 5.5 Permanence .

6. Considérations sur l'optimisation d'une formule.

- 6.1 Recherche d'une formulation techniquement acceptable .
- 6.2 Optimisation économique de la formule.
- 6.2.1 Choix guidé Par des considérations techniques
- 6.2.2 Optimisation purement économique
- 6.3 Analyse de l'ensemble des facteurs contribuant aux coûts.

7. Toxicologie, environnement, hygiène, analyse .

- 7.1 Non-toxicité des plastifiants .
- 7.2 Protection de l'environnement .
- 7.3 Hygiène et sécurité
- 7.4 Analyse des plastifiants

Pour en savoir plus.**AM3232****Stabilisation des plastiques - Principes généraux**Par **Stéphane GIROIS****1. Principes généraux de la stabilisation des polymères .**

- 1.1 Rôle des stabilisants .
- 1.2 Choix du stabilisant en fonction de l'application .



1.3 Réglementation .

2. Grandes familles de stabilisants.

2.1 Mécanisme général d'oxydation des polymères .

2.2 Autres mécanismes de dégradations des polymères

2.2.1 Photodégradation des polymères

2.2.2 Hydrolyse des polymères

2.2.3 Autres types de dégradation.

2.3 Stabilisants thermiques des polymères

2.3.1 Désactivateurs de métaux résiduels.

2.3.2 Inhibiteurs radicalaires

2.3.3 Inhibiteurs d'hydroperoxydes.

2.4 Stabilisation photochimique des polymères

2.4.1 Absorbants UV.

2.4.2 Quencher.

2.4.3 Inhibiteurs radicalaires (HALS) .

2.4.4 Inhibiteurs radicalaires (NOR-HALS)

2.4.5 Pigments.

2.5 Fongicides et bactéricides

3. Dégradation et stabilisation spécifiques des polymères.

3.1 Modes de dégradation des grandes familles de polymère .

3.1.1 Polyoléfines

3.1.2 Polystyréniques et copolymères.

3.1.3 Polyacrylates

3.1.4 Polyamides .

3.1.5 Polyesters .

3.1.6 Polycarbonate.

3.2 Aspects pratiques : mise en œuvre des stabilisants

3.2.1 Mélangeage et formulation.

3.2.2 Concept de synergies

3.3 Méthode d'évaluation de l'efficacité d'un système stabilisant .

3.3.1 Méthodologie .

3.3.2 Mesures analytiques

3.3.3 Prédiction de durée de vie.

4. Conclusion.

AM3233

Stabilisation du PVC

Par *Anne CHABROL, Stéphane GIROIS.*

1. Modèle théorique de la dégradation du PVC

1.1 Défauts de structure dans le PVC

1.2 Déshydrochloruration rapide du PVC

1.3 Oxydation du PVC .

2. Stabilisation thermique du PVC

2.1 Rôle du stabilisant.

2.2 Choix du stabilisant

2.3 Mesure de l'efficacité du stabilisant

2.4 Stabilisants à base de plomb .

2.5 Organoétains.

2.6 Métaux mixtes (savons métalliques).

2.7 Stabilisants purement organiques OBS (Organic Based Stabilizers) .

2.8 Costabilisants

2.8.1 Phosphites organiques

2.8.2 Composés époxydés

2.8.3 Polyols.

2.8.4 1,3- Dicétones, dihydropyridines substitués

2.8.5 Échangeurs anioniques minéraux



3. Autres types de stabilisation du PVC
4. Formulation du PVC .
5. Guide d'applications.
6. Réglementation
7. Conclusion.

AM3234

Colorants et pigments

Par **Daniel WYART**

1. Dénomination
2. Propriétés et caractéristiques
 - 2.1 Résistances mécaniques
 - 2.2 Grosseur des Particules, opacité, force colorante
 - 2.3 Chromaticité, pureté
 - 2.4 Solidité à la lumière et aux intempéries .
 - 2.5 Résistance thermique .
 - 2.6 Résistance à la migration.
 - 2.7 Résistances chimiques .
 - 2.8 Non-toxicité
3. Comparaison pigments minéraux/pigments organiques.
4. Principaux types .
 - 4.1 Pigments minéraux
 - 4.2 Pigments organiques .
 - 4.3 Pigments à effets spéciaux
 - 4.4 Colorants solubles
5. Préparations pigmentaires

AM3235

Colorants liquides à base de dispersions pigmentaires

Par **Daniel WYART**

1. Caractéristiques des colorants liquides .
 - 1.1 Composition
 - 1.1.1 Liants.
 - 1.1.2 Pigments et colorants
 - 1.1.3 Extension des possibilités .
 - 1.1.4 Colorants liquides biodégradables.
 - 1.2 Spécifications
 - 1.2.1 Viscosité
 - 1.2.2 Finesse de broyage
 - 1.2.3 Analyse colorimétrique .
2. Mise en œuvre et dosage des colorants liquides .
 - 2.1 Principe
 - 2.2 Pompes péristaltiques
 - 2.3 Alimentation en colorant liquide .
3. Critères de choix des pigments.
 - 3.1 Généralités.
 - 3.2 Propriétés colorantes
 - 3.3 Aptitude à la transformation
 - 3.4 Solidité de couleur à l'usage
 - 3.5 Conservation des propriétés mécaniques
4. Applications
5. Conclusion : avantages et inconvénients.



A3236

Antistatiques. Lubrifiants. AntichocsPar **Louis CARETTE****1. Antistatiques.**

- 1.1 Origine des charges électrostatiques des polymères.
- 1.2 Mécanismes d'action des antistatiques.
 - 1.2.1 Antistatiques externes
 - 1.2.2 Antistatiques internes
- 1.3 Différents types chimiques d'antistatiques .
- 1.4 Méthodes d'étude

2. Lubrifiants

- 2.1 Définitions
- 2.2 Modes d'action
 - 2.2.1 Définitions .
 - 2.2.2 Lubrification externe
 - 2.2.3 Lubrification interne .
 - 2.2.4 Principaux types de lubrifiants
 - 2.2.5 Systèmes lubrifiants.
 - 2.2.6 Effets secondaires.
- 2.3 Méthodes d'essai.
 - 2.3.1 Caractérisation des lubrifiants.
 - 2.3.2 Essais d'efficacité dans les polymères

3. Antichocs .

- 3.1 Définitions
- 3.2 Mécanismes d'action des antichocs
- 3.3 Renforçants polymères .
- 3.4 Renforçants minéraux .
- 3.5 Méthodes d'essai.

AM3237

Retardateurs de flammes RF des matériaux polymèresPar **Laurent FERRY, José-Marie LOPEZ-CUESTA****1. Réaction au feu et dégradation thermique des polymères macromoléculaires .**

- 1.1 Échauffement du polymère
- 1.2 Dégradation thermique du polymère
- 1.3 Oxydation des combustibles

2. Typologie des retardateurs de flamme (RF) et modes d'action .

- 2.1 Typologie des retardateurs de flamme .
- 2.2 Actions physiques ou chimiques des retardateurs de flamme.

3. Retardateurs de flammes inorganiques ou minéraux.

- 3.1 Mécanismes d'action
- 3.2 Trihydroxyde d'aluminium ou alumine trihydratée (ATH)
- 3.3 Dihydroxyde de magnésium (MDH)
- 3.4 Autres composés minéraux hydratés ou non hydratés utilisés comme RF

4. Retardateurs de flammes contenant des halogènes.

- 4.1 Comparaison entre les différents halogènes
- 4.2 Mécanisme d'action des halogènes
- 4.3 Types de RF halogénés utilisés et exemples d'utilisation .

5. Retardateurs de flammes contenant du phosphore

- 5.1 Différentes structures chimiques des RF phosphorés et leurs modes d'action
- 5.2 Phosphore rouge.
- 5.3 Phosphates inorganiques.
- 5.4 Phosphates et RF phosphorés organiques .

6. Retardateurs de flammes contenant de l'azote.**7. Systèmes intumescents .**

- 7.1 Composants classiques de systèmes intumescents
- 7.2 Mécanisme



- 8. Effets de synergie et utilisation de nanoparticules .
- 8.1 Définition et exemples de mise en œuvre
- 8.2 Apport des nanoparticules .
- 9. Aspects environnementaux des retardateurs de flamme.
- 10. Conclusion .
- 11. Glossaire

AF6049

Chimie de la combustion des polymères et ignifugation

Par *Christelle VAGNER, Marianne COCHEZ, Henri VAHABI, Michel FERRIOL*

1. Polymères et matières plastiques

- 1.1 Polymères
- 1.2 Matières plastiques.
- 1.3 Avantages et inconvénients des polymères .

2. Combustion des polymères

- 2.1 Quelques éléments sur la combustion
- 2.2 Principe de la combustion des polymères
- 2.3 Réactions en phase condensée
- 2.4 Réactions dans la phase gazeuse
- 2.5 Méthodes de caractérisation de la dégradation thermique

3. Ignifugation des polymères

- 3.1 Développement d'un incendie .
- 3.2 Amélioration des propriétés au feu des polymères.
- 3.3 Modes d'action des retardateurs de flamme
- 3.4 Les grandes classes de retardateurs de flamme
- 3.5 Effets des retardateurs de flamme sur la toxicité.

4. Conclusion.

5. Annexe : méthodes de caractérisation du comportement au feu des polymères .

- 5.1 Le cône calorimètre
- 5.2 L'indice limite d'oxygène (LOI)
- 5.3 Le test UL94 .

AF6047

Retardateurs de flamme phosphorés commerciaux pour les polymères

Par *Claire NEGRELL, Raphaël MÉNARD*

1. L'ignifugation des matériaux polymères

- 1.1 La combustion des polymères.
- 1.2 Mécanismes d'action et modes d'introduction des retardateurs de flamme phosphorés.

2. Les retardateurs de flamme phosphorés commerciaux pour les matériaux polymères .

- 2.1 Les retardateurs de flamme phosphorés minéraux.
 - 2.1.1 Le phosphore rouge.
 - 2.1.2 Le polyphosphate d'ammonium (APP)
 - 2.1.3 Les hypophosphites métalliques
- 2.2 Les retardateurs de flamme phosphorés organiques
 - 2.2.1 Les phosphinates .
 - 2.2.2 Les phosphonates
 - 2.2.3 Les phosphates
 - 2.2.4 Retardateurs de flamme phosphorés en combinaison avec un autre hétéroatome

3. Conclusion.

4. Glossaire



AF6044

Retardateurs de flamme phosphorés du futur pour les polymèresPar **Claire NEGRELL, Raphaël MÉNARD****1. Systèmes additifs avec synergie d'éléments .**

1.1 Synergie phosphore/azote (P/N)

1.1.1 Systèmes moléculaires

1.1.2 Systèmes oligomériques.

1.2 Synergie soufre/phosphore

2. Systèmes réactifs

2.1 Précurseurs phosphorés de fonctionnalité inférieure à 2

2.2 Précurseurs phosphorés de fonctionnalité supérieure à 2

2.2.1 Précurseurs époxy phosphorés

2.2.2 Retardateurs de flamme phosphorés réactifs : agents de réticulation .

2.2.3 Agents de réticulation phosphorés porteurs d'autres fonctions réactives .

2.3 Conclusion .

3. Valorisation de la biomasse.

3.1 Retardateurs de flamme phosphorés biosourcés à Partir de triglycérides

3.2 Retardateurs de flamme phosphorés biosourcés à Partir de polysaccharides .

3.3 Retardateurs de flamme phosphorés biosourcés à Partir d'acides biosourcés

3.4 Retardateurs de flamme phosphorés biosourcés à Partir de biophénols

4. Conclusion .**5. Glossaire**

AM3238

Amélioration des thermoplastiques - Rôle du compoundeurPar **Bernard BITSCH****1. Recherche de formulation. Préparation de compounds**

1.1 Évolution du marché

1.2 Caractéristiques des thermoplastiques

1.3 Influence des divers additifs .

1.4 Traitements spéciaux.

1.5 Alliages et mélanges de polymères .

2. Propriétés des compounds : aspect quantitatif

2.1 Fibres de verre

2.2 Fibres de carbone

2.3 Autres renforts et charges .

2.4 Combinaisons

3. Compounds ignifugés .

3.1 Mode d'action des ignifugeants .

3.2 Autres aspects

4. Compounds lubrifiés .

4.1 Effets des principaux lubrifiants .

4.2 Combinaisons fibres de renfort– lubrifiants

4.3 Frottement plastique sur plastique.

5. Fabrication des compounds**6. Perspectives.**

AM3239

Amélioration des thermoplastiques - Tableaux Comparatifs*Par Bernard BITSCH*

1. **Fibres de verre** Comp.
Thermoplastiques (Tableaux 1 et 2) .
Polyamides (Tableaux 3 et) .
Thermoplastiques techniques (Tableaux et)
2. **Fibres de carbone**
PES, PEI, PA-6 (Tableau) .
POM, PPS, PEEK (Tableau) .

AM3245

Additifs pour mélanges moulés à base de résine polyester*Par Marie-Laure GUILHEM, Gerard REESTMAN*

1. **Agents mouillants et dispersants.**
 - 1.1 Nature et rôle des agents mouillants et dispersants .
 - 1.2 Effet sur la viscosité du mélange.
 - 1.3 Incidence sur la distribution des Particules des mélanges
 - 1.4 Introduction des pigments à la pâte
 - 1.5 Réduction du taux de styrène dans les mélanges
 - 1.6 Ignifugation des mélanges et normes actuelles.
 - 1.7 Effet sur les propriétés mécaniques des pièces moulées
2. **Additifs anti séparation**
 - 2.1 Nature et principe d'action des agents anti séparation
 - 2.2 Incidence sur la qualité des pièces moulées
3. **Additifs de mise en œuvre multifonctionnels**
 - 3.1 Effet sur la réduction du voile dans les Paraboles de phares automobile.7
 - 3.2 Effet sur l'aspect de surface .
 - 3.3 Effet sur la résistance à l'eau chaude
 - 3.4 Intérêt dans les formulations SMC Classe A pour les pièces automobile.
4. **Conclusion.**

S4/24815 Applications des composites

AM5530

Réservoirs haute pression en composites*Par Patricia KRAWCZAK*

1. **Solutions technologiques**
 - 1.1 Matériaux constitutifs
 - 1.2 Conceptions .
 - 1.3 Procédés de fabrication.
2. **Applications actuelles et en développement.**
3. **Caractéristiques Par rapport aux solutions métalliques**
 - 3.1 Performances .
 - 3.2 Coût.
4. **Aspects réglementaires et normatifs.**
 - 4.1 Homologation des appareils à pression en composites
 - 4.1.1 Homologation de prototype
 - 4.1.2 Qualification de variantes
 - 4.2 Qualification de lots.
 - 4.3 Suivi en service
 - 4.3.1 Requalification périodique.
 - 4.3.2 Surveillance du vieillissement.



AM5545

Profilés pultrudés en compositesPar **Laurent DESTOUCHES****1. Conception des profilés**

- 1.1 Propriétés des composites issus de pultrusion
 - 1.1.1 Mode de stratification d'un profilé en section.
 - 1.1.2 Positionnement Par rapport aux matériaux « traditionnels » (bois, métaux, béton...)
 - 1.1.3 Positionnement vis-à-vis des contraintes environnementales
- 1.2 Analyse fonctionnelle appliquée à la pultrusion
 - 1.2.1 Structures pour environnement agressif .
 - 1.2.2 Exemple des antennes radio (autos et avions)
 - 1.2.3 Menuiseries
 - 1.2.4 Exemple des supports et isolateurs caténaires .
 - 1.2.5 Installations électriques et éclairages sous tunnel
- 1.3 Règles pratiques, outils et connaissances élémentaires pour la conception de profilés .
 - 1.3.1 Bases de dimensionnement « mécanique »
 - 1.3.2 Spécificités liées à l'exposition aux agents extérieurs (chimiques, atmosphériques)
 - 1.3.3 Spécificités liées à la tenue au feu
 - 1.3.4 Données normatives élémentaires pour la géométrie des profilés

2. Applications/ marchés .

- 2.1 Applications actuelles.
 - 2.1.1 Énergie
 - 2.1.2 Télécommunication .
 - 2.1.3 Environnement – Agriculture
 - 2.1.4 Construction .
 - 2.1.5 Équipements urbains et architecture .
 - 2.1.6 Sports et loisirs
 - 2.1.7 Transports.
 - 2.1.8 Industrie
- 2.2 Potentiel futur : perspectives et prospective

AM5551

Canalisations en composites - Étude du perlagePar **Fabrice DAL MASO****1. Conception d'un système de canalisations****2. Phénomène de perlage .****3. Structure des canalisations en composite .**

- 3.1 Procédés de fabrication.
- 3.2 Défauts de fabrication .
- 3.3 Angle de bobinage
- 3.4 Présence d'un liner ou d'un gel coat

4. Chargement mécanique .**5. Propriétés mécaniques des constituants**

- 5.1 Matrice
- 5.2 Interface fibres/matrice .

6. Conclusion .

C950

Polymères renforcés de fibres (FRP) - Identification et champs d'applicationPar **Patrice HAMELIN****1. Grandes familles pour la construction .**

- 1.1 Situation .
- 1.2 Diverses formulations de FRP .
 - 1.2.1 Fibres de renforcement .
 - 1.2.2 Matrices polymères .



- 1.3 Exemple de produits industriels
- 1.4 Différents cas d'application en génie civil
 - 1.4.1 Structures composites ou mixtes .
 - 1.4.2 Câbles et haubans de substitution
 - 1.4.3 Armatures passives pour le béton armé
 - 1.4.4 Composites de renforcement, de réparation et de protection
- 2. FRP comme armatures passives pour béton armé.**
 - 2.1 Armatures composites .
 - 2.2 Calculs prévisionnels des propriétés de composites pultrudés unidirectionnels
 - 2.3 Durabilités FRP
 - 2.4 Lois de comportement et valeurs caractéristiques .
- 3. Conclusion générale.**

AM5600***Les Composites dans les sports et les loisirs****Par Maurice REYNE*

- 1. Couples renforts-matrices utilisés.**
- 2. Procédés de mise en œuvre et produits réalisés.**
 - 2.1 Moulage au contact, Par projection ou sous vide .
 - 2.2 Drapage et roulage étuvé ou autoclavé
 - 2.3 Pultrusion
 - 2.4 Procédés spécifiques
 - 2.5 Injection de thermoplastiques renforcés
 - 2.6 Enduction et soudage ou confection
- 3. Classement des différents produits**

AM5645***Les Composites en aérospatiale****Par Jacques CINQUIN*

- 1. Principales motivations .**
 - 1.1 Évolution des composites.
 - 1.2 Intérêts et inconvénients pour le constructeur .
 - 1.3 Intérêts et inconvénients pour les utilisateurs finaux.
- 2. Applications**
 - 2.1 Avions et hélicoptères.
 - 2.2 Produits spatiaux (satellites).
 - 2.3 Produits militaires (missiles)
- 3. Perspectives d'utilisation**
- 4. Conclusion .**

AM5646***Structures composites pour le lanceur Ariane****Par Yves PREL*

- 1. Conception et réalisation des structures composites des lanceurs Ariane.**
 - 1.1 Lanceurs Ariane 1 à Ariane
 - 1.2 Emploi des matériaux composites.
 - 1.2.1 Objectif
 - 1.2.2 Matériaux et procédés
 - 1.3 Dimensionnement des structures du lanceur .
 - 1.4 Justification et qualification Par essais
 - 1.5 Caractérisation des matériaux
 - 1.6 Contrôles non destructifs et tolérance aux dommages .
- 2. Lanceurs du futur et matériaux composites**
- 3. Ariane : organisation industrielle**



AM5650**Les Composites en construction ferroviaire***Par Jean-Michel GUILLEMOT, Yves-Henri GRUNEVARD***1. Grandes fonctions ferroviaires à respecter**

- 1.1 Principe d'une démarche globale.
- 1.2 Établissement d'un cahier des charges fonctionnel .
 - 1.2.1 Sécurité
 - 1.2.2 Performances
 - 1.2.3 Durabilité .
 - 1.2.4 Confort des voyageurs .
 - 1.2.5 Coût

2. Méthodologie générale de conception composite .

- 2.1 Démarches fonctionnelle, globale, intégratrice et inversée.
 - 2.1.1 Démarche intégratrice
 - 2.1.2 Démarche fonctionnelle et globale
 - 2.1.3 Démarche inversée .
- 2.2 Limites de cette démarche et de ces concepts
- 2.3 Principaux avantages de cette démarche et de ces concepts

3. Composites pour pièces de garnissage .

- 3.1 Généralités .
- 3.2 Exemples d'applications industrielles .

4. Composites pour pièces de structure**5. Conclusion .****AM5655****Applications marines des matériaux composites - Cas des voiliers de compétition***Par Pascal CASARI, Dominique CHOQUEUSE, Peter DAVIES, Hervé DEVAUX***1. Exemples de structures**

- 1.1 Plateforme de multicoque de course au large.
- 1.2 Structure interne de monocoque
- 1.3 Mât de multicoque de croisière
- 1.4 Quille en carbone de monocoque0 pieds IMOCA (Vendée Globe).
- 1.5 Foil de multicoque0 pieds ORMA
- 1.6 Poutre avant de maxi catamaran
- 1.7 Quelques chiffres .

2. Sollicitations mécaniques**3. Matériaux**

- 3.1 Renforts.
- 3.2 Matrices
- 3.3 Âmes de sandwich.
- 3.4 Adhésifs

4. Stratifiés et sandwichs.

- 4.1 Composite monolithique.
- 4.2 Structure sandwich
- 4.3 Limites des essais de caractérisation des composites marins.

5. Conception et calcul des structures marines

- 5.1 Introduction
- 5.2 Chargements
- 5.3 Modèles de calculs.
- 5.4 Conception structurelle – Matériaux
- 5.5 Conclusion

6. Essais sur structures .

- 6.1 Essais de pression répartie .
- 6.2 Caractérisation en compression (essais sur tube)



6.3 Essais de choc mou .

7. Durabilité

7.1 Reprise en eau

7.2 L'influence de l'eau sur les propriétés mécaniques

8. Conclusions et perspectives .

AM5657

Enceintes sous-marines en matériaux composites

Par **Dominique CHOQUEUSE, Peter DAVIES, Benoît BIGOURDAN, Dominique PERREUX**

1. Domaines d'application.

2. Environnement sous-marin.

3. Fabrication et contrôle

4. Dimensionnement de cylindres composites

4.1 Caractéristiques des matériaux .

4.2 Méthodes analytiques

4.2.1 Contraintes dans les coques .

4.2.2 Flambement

4.3 Modélisation Par la méthode des éléments finis .

4.3.1 Choix de l'outil numérique

4.3.2 Stratégies de calcul

4.3.3 Points clés de la modélisation

4.3.4 Exemple de calcul

4.3.5 Facteurs de sécurité .

5. Moyens d'essais.

6. Durabilité .

7. Conclusion.

AM5660

Les Matériaux composites en construction navale militaire

Par **Patrick PARNEIX, Dominique LUCAS**

1. Intérêt des composites en construction navale militaire.

1.1 Absence de corrosion

1.2 Vieillessement en milieu marin .

1.3 Légèreté

1.4 Performances mécaniques .

1.5 Amagnétisme.

1.6 Tenue au feu.

1.7 Conductivité thermique.

1.8 Propriétés électriques

1.9 Transparence aux ondes sonar et radar

1.10 Amortissement des vibrations

1.11 Furtivité

1.12 Facilité de mise en œuvre

2. Renforts, matrices et matériaux d'âme .

2.1 Principaux renforts

2.2 Principales matrices

2.3 Principaux matériaux d'âme.

3. Procédés .

3.1 Moulage au contact en voie humide

3.2 Moulage de préimprégnés

3.3 Moulage Par injection .

3.4 Autres procédés.

Références bibliographiques .



AM5665

Les Structures composites en construction navale militairePar **Patrick PARNEIX, Dominique LUCAS****1. Navires antimines**

- 1.1 Généralités .
- 1.2 Structures monolithiques raidies .
- 1.3 Structures monolithiques épaisses
- 1.4 Structures sandwichs

2. Navires rapides et patrouilleurs

- 2.1 Architecture
- 2.2 Matériaux .
- 2.3 Mise en œuvre .
- 2.4 Réalisations

3. Éléments de navires

- 3.1 Superstructures .
- 3.2 Dômes sonar et corps remorqués
- 3.3 Safrans
- 3.4 Hélices
- 3.5 Autres éléments.

4. Applications sur les sous-marins

- 4.1 Intérêts
- 4.2 Ponts extérieurs .
- 4.3 Dômes sonar
- 4.4 Carénage de kiosque .
- 4.5 Safrans
- 4.6 Coque résistante

5. Perspectives

Références bibliographiques .

D2335

Polymères et composites pour l'électrotechniquePar **Gilbert TEYSSÉDRE, Laurent BOUDOU****1. Définitions**

- 1.1 Polymères .
- 1.2 Composites .
- 1.3 Mise en œuvre

2. Caractéristiques des polymères et composites en électrotechnique .

- 2.1 Principales fonctions
- 2.2 Caractéristiques diélectriques .
- 2.3 Propriétés thermiques et mécaniques .

3. Phénomènes de vieillissement .

- 3.1 Impact des contraintes environnementales.
- 3.2 Impact des contraintes électriques .
- 3.3 Impact de la structure des polymères et des composites

4. Polymères et composites Par domaine d'application

- 4.1 Transport d'énergie .
- 4.2 Conversion : transformateurs, machines électriques .
- 4.3 Éléments passifs et divers .

5. Perspectives de développement en électrotechnique .

- 5.1 Isolation haute température
- 5.2 Potentialités des composites à renforts nanométriques
- 5.3 Maîtrise de la charge interne



NM3060**Réaction au feu des nanocomposites***Par José-Marie LOPEZ-CUESTA, Laurent FERRY***Introduction****1 - Introduction****2 - Réaction au feu des polymères**

2.1 - Combustion des polymères

2.2 - Propriétés liées à la réaction au feu des polymères

2.3 - Caractérisation de la réaction au feu des polymères

3 - Nanocomposites et comportement au feu

3.1 - Types de nanoparticules et de nanostructures permettant d'améliorer la réaction au feu

3.2 - Mise en œuvre des nanocomposites

3.3 - Influence des nanoparticules sur la dégradation thermique, la réaction au feu et les mécanismes associés

4 - Systèmes retardateurs de flamme comportant des nanoparticules

4.1 - Avantages et limites des nanoparticules comme retardateurs de flamme

4.2 - Combinaison des argiles organomodifiées avec des composés phosphorés

4.3 - Combinaison des argiles organomodifiées avec des minéraux hydratés

5 - Application des systèmes retardateurs de flamme nanocomposites en câblerie**6 - Conclusion et nouvelles tendances****IN73****Procédé innovant pour la synthèse de composites intrinsèquement conducteurs***Par Stéphanie REYNAUD***Introduction****1 - Les pic, un exemple : la polyaniline et l'amélioration des propriétés de mise en œuvre.**

1.1 - Voie chimique : fonctionnalisation de la chaîne macromoléculaire

1.2 - Voie chimique : dopage Par des acides fonctionnalisés

1.3 - Mélanges : vers l'obtention de composites conducteurs

1.4 - Synthèse en voie dispersée aqueuse

1.5 - Particules composites cœur-écorce (matrice-polymère conducteur)

1.6 - Conclusion

2 - Un procédé tout en un : synthèse et formulation

2.1 - Synthèse de Particules à architecture contrôlée : cahier des charges

2.2 - Principe

2.3 - Caractéristiques des composites obtenus

2.4 - Conclusion

3 - Applications

3.1 - Contexte économique et premiers développements

3.2 - Matériaux chauffants Par effet Joule

3.3 - Capteurs chimiques

3.4 - Hydrogels chargés de PANI pour l'électro-relargage contrôlé

4 - Conclusions et perspectives**5 - Références bibliographiques****RE82****M3C, matériau composite à comportement contrôlé***Par Cédric MAUPOINT, Gildas L'HOSTIS, Hervé DROBEZ, Fabrice LAURENT, Bernard DURAND, Georges MEYER***Introduction****1 - Matériaux actifs**

1.1 - Alliages à mémoire de forme

1.2 - Matériaux piézo-électriques



2 - Principe du m3c

- 2.1 - Fonctionnement
- 2.2 - Contraintes de fonctionnement
- 2.3 - Fiabilité du fonctionnement
- 2.4 - Intelligence

3 - Le m3c Parmi les matériaux intelligents**4 - Applications****AM5600*****Les composites dans l'industrie automobile****Par Nicola PICCIRELLI et Alain GIOCOSA***1. Marché automobile et marché des matériaux composites .****2. Évolutions du produit automobile et attentes des utilisateurs .**

- 2.1 Point de vue du constructeur .
- 2.2 Attentes des utilisateurs .

3. Avantages des matériaux composites

- 3.1 Caractéristiques intrinsèques des matériaux composites.
- 3.2 Procédés de mise en œuvre des pièces

4. Principales innovations depuis l'introduction des matériaux composites.

- 4.1 Chronologie des véhicules innovants depuis les années0.
- 4.2 Applications actuelles sur des véhicules de série
- 4.3 Applications sur des véhicules niches et de petites / moyennes séries.

5. Limites d'utilisation

- 5.1 Freins liés aux matériaux .
- 5.2 Freins liés aux procédés de fabrication des pièces et à l'assemblage sur véhicules
- 5.3 Freins liés aux approches culturelles
- 5.4 Freins liés aux réglementations environnementales .

6. « Bonnes pratiques » pour développer de nouvelles applications.

- 6.1 Matériaux.
- 6.2 Procédés de fabrication des pièces .
- 6.3 Modes d'assemblage sur véhicules
- 6.4 Conception des pièces et des véhicules
- 6.5 Applications innovantes récentes.

7. Conclusion.**AM5615*****Renforcement des ouvrages d'art par matériaux composites****Par Patrice HAMELIN***1. Principales causes de désordres affectant les ouvrages d'art**

- 1.1 Dégradation des matériaux .
- 1.2 Désordres dus aux erreurs de conception ou d'exécution .
- 1.3 Modification des conditions d'exploitation ou d'utilisation des ouvrages.

2. Différentes techniques de réparation Par matériaux composites

- 2.1 Technologies de réparation .
- 2.2 Procédés de mise en œuvre des renforts composites
- 2.2.1 Notion de multicouches composites pour la réparation des ouvrages
- 2.2.2 Natures et propriétés des fibres et des matrices
- 2.2.3 Fabrication des plaques composites
- 2.2.4 Différentes techniques de mise en œuvre.

3. Conclusion

AM5620

Composites à fibres de carbone dans le génie civil

Par Jean LUYCKX

1. Les matériaux composites .
 2. Les fibres de carbone comparées aux autres fibres et aux aciers .
 3. Semi-produits de renforcement : obtention et utilisations
 - 3.1 Fibres sèches
 - 3.2 Tissus secs
 - 3.3 Tissus préimprégnés
 - 3.4 Produits pultrudés
 4. Les composites dans la construction .
 - 4.1 Principales raisons de leur implantation
 - 4.2 Intérêt des fibres de carbone dans le bâtiment et les travaux publics
 5. Utilisation des fibres de carbone dans la réhabilitation .
 - 5.1 Remplacement des tôles métalliques Par des fibres de carbone.
 - 5.2 Pose des renforcements : mode opératoire
 6. Utilisations industrielles des composites à base de fibres de carbone
 - 6.1 Au Japon .
 - 6.2 En Amérique du Nord
 - 6.3 En Europe
 7. Conclusion
- Références bibliographiques

S4/24816

Applications des plastiques**** Adhésifs:**

AM3560

Familles d'adhésifs et caractérisation d'un collage structural

Par Chantal BRETTON, Gilbert VILLOUTREIX

1. Familles d'adhésifs
 - 1.1 Bases naturelles (végétales, minérales, animales) .
 - 1.2 Bases synthétiques
2. Adhésifs structuraux et non structuraux : définitions et propriétés
 - 2.1 Liaisons et interactions physico-chimiques internes
 - 2.1.1 Concept de macromolécule .
 - 2.1.2 Édifices macromoléculaires.
 - 2.2 Adhésifs non structuraux
 - 2.3 Adhésifs structuraux .
 - 2.3.1 Résines époxydiques
 - 2.3.2 Résines polyuréthanes .
 - 2.3.3 Adhésifs acryliques
 - 2.3.4 Adhésifs phénoliques.
3. Problèmes de l'utilisation du collage dans les fabrications industrielles .
 - 3.1 Contraintes fonctionnelles
 - 3.2 Contraintes de mise en œuvre .
4. Caractérisation d'un collage structural.
 - 4.1 Caractérisation de l'assemblage collé Par éprouvette de traction-cisaillement.
 - 4.1.1 Caractéristiques intrinsèques des matériaux : support et adhésif .
 - 4.1.2 Contraintes mécaniques dans un joint collé
 - 4.2 Facteurs influant sur le comportement mécanique des joints collés à simple recouvrement
 - 4.2.1 Facteurs géométriques.
 - 4.2.2 Facteurs physico-chimiques



AM3562

Adhésifs et collage industriel du bois

Par Jean-Pierre BECUE

1. Aspects chimiques et physiques du collage industriel du bois .

1.1 Propriétés des macromolécules constituant les adhésifs et le bois

1.2 Macromolécules constituant la structure complexe du bois

1.3 Adhésion avec le bois

2. Adhésifs utilisés dans le collage industriel du bois .

2.1 Adhésifs aminoplastes, phénoliques et résorcines .

2.2 Adhésifs vinyliques (PVAc)

2.3 Autres adhésifs .

2.4 Remarque sur la relation structure chimique et propriétés des adhésifs

3. Mise en œuvre des adhésifs dans le collage industriel du bois .

3.1 Préparation des supports.

3.2 Préparation des adhésifs .

3.3 Dépose de l'adhésif sur le support .

3.4 Pressage

3.5 Stabilisation avant usinage et finitions

4. Évolution du collage du bois .**5. Conclusion****6. Glossaire – Définitions**

AM3563

Objets en bois obtenus Par collage - Contreplaqué moulé pour sièges et autres applications

Par Jean-Pierre BECUE

1. Fabrication du contreplaqué moulé

1.1 Principale utilisation : les sièges.

1.2 Essence de bois

1.3 Plastification .

1.4 Déroulage .

1.5 Séchage

1.6 Composition .

1.7 Encollage

1.8 Presses et moules

1.8.1 Principe

1.8.2 Presses et moules pour grandes séries

1.8.3 Presses et moules pour petites séries.

1.8.4 Positionnement du moule

1.8.5 Chauffage des moules en bois

1.8.6 Chauffage électrique.

1.8.7 Chauffage Par HF

1.8.8 Temps de pressage : un compromis.

1.9 Pression

1.9.1 Niveau de pression pour le contreplaqué moulé.

1.9.2 Pression : effet de l'épaisseur des pièces et de la position des moules

1.9.3 Calcul de la pression d'huile

1.10 Stabilisation

1.11 Finitions

1.12 Autres applications

2. Prescriptions pour les pièces en contreplaqué moulé**3. Conclusion .****4. Glossaire – Définitions**

BM7612**Rubans adhésifs***Par Frédéric FORTIER, Stéphanie CLOUET*

1. Assemblage collé versus fixation mécanique .
2. Théorie de l'adhésion .
3. Technologies des rubans adhésifs .
4. Quelques règles de mise en œuvre
5. Méthodes de tests .
6. Performances .
7. Industrialisation et automatisation
8. Présentations commerciales
9. Dernières innovations

IN72**Procédé INDAR : démontabilité des assemblages structuraux collés***Par José ALCORTA,, Maxime OLIVE, Eric PAPON***Introduction**

- 1 - Principe général de fonctionnement
- 2 - Premier mode d'action
 - 2.1 - Description
 - 2.2 - Exemples d'assemblages
- 3 - Deuxième mode d'action
 - 3.1 - Description
 - 3.2 - Exemples d'assemblages
- 4 - Conclusion

**** Emballage:****AM3575****Emballages plastiques - Polymères utilisés***Par Pierre CHOMON*

1. Polymères de grande diffusion
 - 1.1 Polyéthylène (PE) .
 - 1.2 Polypropylène (PP) et polypropylène biorienté (OPP)
 - 1.3 Polystyrène (PS) .
 - 1.4 Poly(chlorure de vinyle) (PVC)
2. Polymères techniques et choix innovants
 - 2.1 Polyamides (PA) .
 - 2.2 Poly(chlorure de vinylidène) (PVDC)
 - 2.3 Copolymère poly(éthylène/alcool vinylique) (EVOH) .
 - 2.4 Polyéthylène téréphtalate (PET) .
3. Quelques polymères originaux .
 - 3.1 Acide polylactique (PLA) .
 - 3.2 Autres biopolymères .-

AM3576**Emballages plastiques - Procédés de transformation***Par Pierre CHOMON*

1. Biorientation avec thermofixation
 - 1.1 Filière plate en deux opérations : procédéstenter .
 - 1.2 Filière annulaire en une opération : double bulle .
 - 1.3 Filière plate en une opération
 - 1.4 Films issus de la biorientation avec thermofixation .
2. Biorientation sans thermofixation : films rétractables
 - 2.1 Avec barrière O2 : présence de PVDC, EVOH et/ou PA
 - 2.1.1 Types de films produits .



- 2.1.2 Applications .
- 2.2 Sans barrière O2 sur base PE et PP
- 2.2.1 Types de films produits .
- 2.2.2 Applications .

3. Films coextrudés .

- 3.1 Filière annulaire
- 3.2 Filière plate .
- 3.3 Procédé tandem
- 3.4 Produits de films coextrudés .
- 3.5 Principales applications .

4. Synthèse, innovation et prospective

AM3160

Propriétés barrières des polymères utilisés en emballage

Par *Stéphane CROS*

1. Perméabilité des matériaux

- 1.1 Théorie
- 1.2 Grandeurs caractéristiques.
 - 1.2.1 Mesure du flux de perméation J .
 - 1.2.2 Mesure du coefficient de diffusion D
 - 1.2.3 Unités.
- 1.3 Méthode de mesure, Appareillage, normes et unités.
 - 1.3.1 Mesure du flux d'eau (WVTR), ASTM F1249
 - 1.3.2 Mesure du flux d'oxygène (OTR), ASTM D3985.
 - 1.3.3 Autres méthodes de mesure .

2. Polymères et effet barrière .

- 2.1 Polymères barrières.

3. Structures multicouches

- 3.1 Généralités, exemples.
- 3.2 Compatibilisation.
- 3.3 Recyclage .

4. Amélioration extrinsèque des propriétés barrières .

- 4.1 Dépôt de couches extérieures organiques
 - 4.1.1 Dépôts type époxy-amine
 - 4.1.2 Dépôt de polymère haute performance
- 4.2 Dépôt de couches extérieures inorganiques .
 - 4.2.1 Principe
 - 4.2.2 Métallisation
 - 4.2.3 Dépôt de carbone amorphe .
 - 4.2.4 Dépôt d'oxydes .
- 4.3 Films ultrabarrières, nouvelles applications .

5. Amélioration intrinsèque des propriétés barrières

- 5.1 Emballages actifs : les absorbeurs d'oxygène (oxygen scavengers)
 - 5.1.1 Principe
 - 5.1.2 Différents types de scavengers .
- 5.2 Voie nanocomposite
 - 5.2.1 Nanocharges .
 - 5.2.2 Mécanisme barrière
 - 5.2.3 Applications
 - 5.2.4 Autres matrices.
 - 5.2.5 Revêtements nanocomposites
- 5.3 Mélanges de polymères
 - 5.3.1 Mélange intégrant du MXD6 .
 - 5.3.2 Mélange intégrant du PTN.

6. Conclusion .



F1300**Réglementation des plastiques au contact de l'eau et des aliments***Par François DE CHAMPS***1. Plastiques au contact des denrées alimentaires**

- 1.1 Pourquoi une réglementation ?
- 1.2 Réglementations applicables
- 1.3 Modalités d'élaboration des textes réglementaires .
 - 1.3.1 Principe de composition
 - 1.3.2 Principe d'inertie et migration .
 - 1.3.3 Conclusions.
- 1.4 Réglementations française et communautaire .
 - 1.4.1 Réglementation française
 - 1.4.2 Réglementation communautaire.
- 1.5 Surveillance et contrôle
 - 1.5.1 Essais de migration
 - 1.5.2 Chaîne des responsabilités (France et Communauté européenne)
 - 1.5.3 Marquage de conformité .
- 1.6 Cas Particulier des autres constituants des emballages organiques
- 1.7 Déchets d'emballages .
- 2. Étude de cas : le conditionnement et la distribution de l'eau**
 - 2.1 Conditionnement des eaux minérales .
 - 2.2 Matériaux utilisés pour la distribution d'eau potable.
 - 2.2.1 Réglementation française
 - 2.2.2 Réglementation européenne .
- 3. Conclusions .**

AM3577**Complexes souples et rigides utilisés en emballage***Par Pierre CHOMON, Bernard CHARNIER*

- 1. Les complexes : une association indispensable de matériaux**
- 2. Polymères et produits intervenant dans les structures**
- 3. Différents modes de production**
- 4. Marchés concernés**
- 5. Évolution des produits et matières.**
- 6. Évolution des procédés**
- 7. Machines de conditionnement .**
- 8. Différentes techniques de conservation utilisées**
- 9. Historique et enjeux de la profession**
- 10. Conclusion .**
- 11. Glossaire .**

M5811**Les associations acier / revêtements thermoplastiques***Par Didier VERCHÈRE*

- 1. Introduction .**
- 2. Contexte industriel.**
 - 2.1 Cahier des charges pour les aciers revêtus de polymère .
 - 2.2 Associations acier/revêtements thermoplastiques .
- 3. Intérêts des films permanents et temporaires**
- 4. Différents films thermoplastiques**
 - 4.1 Films polyoléfinés
 - 4.2 Polychlorure de vinyle
 - 4.3 Films polyesters .
 - 4.4 Films fluorés .
 - 4.5 Autres films à base de polyamide .



5. Procédés de mise en œuvre

- 5.1 Extrusion directe sur une surface métallique .
- 5.2 Colaminage de films thermoplastiques.
- 5.3 Application au rideau (curtain coating) .
- 5.4 Propriétés finales recherchées et applications industrielles.
- 5.4.1 Revêtements organiques pour l'emballage
- 5.4.2 Revêtements organiques pour l'industrie à base de films multicouches
- 5.4.3 Revêtements organiques pour l'industrie automobile
- 5.4.4 Revêtements organiques de type tissu ou moquette .

6. Acteurs**7. Perspectives industrielles .**

- 7.1 Secteur du packaging
- 7.2 Secteur du bâtiment et de la construction
- 7.3 Secteur de l'automobile et des transports
- 7.4 Autres secteurs.

**** Optique et électronique:****IN208*****Technologies d'encapsulation avancées pour l'électronique organique****Par Stéphane CROS, Tony MAINDRON***Introduction****1 - Contexte**

- 1.1 - Électronique organique
- 1.2 - Encapsulation et matériaux barrières aux gaz

2 - Matériaux et technologies pour l'obtention de propriétés hb et uhb flexibles et transparentes

- 2.1 - Structures multicouches hybrides organique/inorganique
- 2.2 - Dépôt en couches atomiques ou Atomic Layer Deposition (ALD)
- 2.3 - Verre flexible

3 - Procédés de mise en œuvre des matériaux barrières

- 3.1 - Encapsulation monolithique : dépôts directs de la structure barrière
- 3.2 - Laminage de films barrières

4 - Mesures de propriétés barrières au gaz

- 4.1 - Principes
- 4.2 - Technologies de mesure

5 - Perspectives et évolutions**E6430*****Matériaux polymères pour l'optique - Propriétés et applications****Par Kokou D. DORKENOO, Alain FORT***1. Optique et matériaux organiques****2. Disques optiques polymères .**

- 2.1 Disques optiques commerciaux .
- 2.2 Disques holographiques
- 2.3 Mémoires optiques numériques Par stockage en volume .
- 2.3.1 Mémoires fondées sur des processus optiques linéaires .
- 2.3.2 Mémoires fondées sur des processus non linéaires

3. Polymères pour les télécommunications

- 3.1 Réalisation de structures guidantes .
- 3.2 Modulateurs électro-optiques (EO)
- 3.3 Cavités résonantes passives .

4. Lasers organiques**5. Diodes électroluminescentes organiques (OLED) .**

6. Structures photoniques variées .

6.1 Structures photoniques à bande interdite (cristaux photoniques)

6.2 Microéléments stimulables : muscles artificiels

6.3 Cellules solaires organiques .

7. Conclusion et perspectives .**E1862*****Polymères conjugués et électronique organique****Par André-Jean ATTIAS***1. Évolution de la recherche****2. Physique des polymères conjugués et composants.**

2.1 Rôle des électrons p dans les polymères conjugués

2.2 Composés conjugués–Électrons p

2.2.1 Molécules conjuguées .

2.2.2 Polymères conjugués

2.3 Influence de la longueur de conjugaison et notion de structure de bandes .

2.4 Génération des charges–Dopage

2.5 Polymères conducteurs–Dopage chimique et conduction électrique

2.5.1 Dopage chimique .

2.5.2 Porteurs de charge libre

2.5.3 Mise en évidence du dopage

2.5.4 Mécanismes de conduction.

2.5.5 Bilan .

2.6 Injection de charges à l'interfacemétal/ semi-conducteur organique : diodes électroluminescentes .

2.6.1 Polymères conjugués

2.6.2 Petites molécules conjuguées .

2.7 Création de charges Par photo-excitation : cellules photovoltaïques

3. Chimie des polymères conjugués

3.1 Rôle de la synthèse

3.2 Choix des monomères .

3.3 Synthèse des polymères conjugués

3.3.1 Synthèse des polymères conjugués de 1^{re} génération3.3.2 Synthèse des polymères conjugués de 2^e génération .3.3.3 Synthèse des polymères conjugués de 3^e génération .

3.4 Autres tendances

4. Bilan.**5. Glossaire .****6. Sigles .*******Biopolymères et polymères biodégradables:*****AM3580*****Les biopolymères : différentes familles, propriétés et applications****Par Nathalie JARROUX***1. Différentes familles de biopolymères et leurs propriétés**

1.1 Polysaccharides

1.1.1 Amidon.

1.1.2 Cellulose.

1.1.3 Chitine et chitosan .

1.2 Protéines .

1.2.1 Caséine.

1.2.2 Gluten de blé.

1.2.3 Protéine de soja .

1.2.4 Kératine

1.2.5 Collagène .



- 1.3 Polynucléotides
- 1.4 Polyesters de bactéries
- 1.5 Biopolymères synthétisés à Partir de monomères issus de ressources renouvelables .
 - 1.5.1 Polyesters synthétisés à Partir d'huiles naturelles .
 - 1.5.2 Polymères microbiens .
 - 1.5.3 Polymères obtenus Par voie transgénique .

2. Principales applications de ces biopolymères

- 2.1 Applications médicales
 - 2.1.1 Sutures chirurgicales .
 - 2.1.2 Atèles .
 - 2.1.3 Greffage vasculaire
 - 2.1.4 Prévention d'adhésion.
 - 2.1.5 Peau artificielle.
 - 2.1.6 Système de libération contrôlée de médicaments .
- 2.2 Applications agricoles
 - 2.2.1 Films de paillage agricoles
 - 2.2.2 Libération contrôlée de produits chimiques pour l'agriculture .
 - 2.2.3 Godets pour plants
- 2.3 Emballage .
 - 2.3.1 Emballage alimentaire.
 - 2.3.2 Emballages industriels

3. Conclusion

BIO4150

Polymères biodégradables

Par *Guy CÉSAR, Emmanuelle GASTALDI*

1. Biodégradation. Biodégradabilité

- 1.1 Quelques définitions
- 1.2 Étapes de la biodégradation
 - 1.2.1 Fragmentation du matériau.
 - 1.2.2 Dégradation du matériau
 - 1.2.3 Bio-assimilation du matériau
- 1.3 Facteurs influençant la biodégradation .
 - 1.3.1 Facteurs biotiques .
 - 1.3.2 Facteurs abiotiques .
 - 1.3.3 Moyens de mesure de la biodégradabilité.
 - 1.3.4 Cas Particulier de la (bio) dégradation des polyoléfines (PE essentiellement) additivées de prooxydants
 - 1.3.5 Normes utilisées pour évaluer la biodégradabilité

2. Polymères facilement biodégradables .

- 2.1 Polymères issus de ressources renouvelables
 - 2.1.1 Biopolymères .
 - 2.1.2 Polyesters issus de biomonomères
- 2.2 Polymères issus de ressources fossiles
 - 2.2.1 Poly(alcool vinylique) PVA
 - 2.2.2 Polycaprolactone PCL
 - 2.2.3 Autres polyesters aliphatiques et copolyesters aliphatiques aromatiques
- 2.3 Mélanges de polymères .
 - 2.3.1 Mélange de polymères à base d'amidon
 - 2.3.2 PLA et copolyesters aliphatiques-aromatiques
 - 2.3.3 PLA et PHA.

3. Applications des polymères biodégradables.

- 3.1 Emballage alimentaire
- 3.2 Agriculture



- 3.3 Médical
- 3.4 Autres applications
- 4. Conclusion
- 5. Glossaire

J2220

Gels de biopolymères naturels pour formulation agroalimentaire

Par **Camille MICHON, Véronique BOSC, Gérard CUVELIER**

1. Gérer la structuration de systèmes complexes .

- 1.1 Texture comme premier objectif intimement lié à la structure du produit
- 1.2 Systèmes multiphasiques structurés .
- 1.3 Une définition du gel ?
- 1.4 Typologie des applications ou des fonctionnalités recherchées .

2. Origines et principaux types de polymères.

- 2.1 Origine et structure
- 2.2 Variabilité

3. Mise en œuvre .

4. Physicochimie des milieux gélifiés .

- 4.1 Gels modèle simple .
- 4.2 Produits formulés réels .

5. Propriétés fonctionnelles des gels de caractérisation

- 5.1 Rhéologie
- 5.2 Gels cisailés et réversibilité mécanique
- 5.3 Réversibilité thermique .
- 5.4 Gonflement/synérèse.
- 5.5 Adhésion.

6. Formulation produit/procédé

7. Conclusion/perspectives

N2520

Fibres agrosourcées

Par **Michel BOURGEOIS**

1. Contexte

2. Fibres agrosourcées.

- 2.1 Fibres végétales .
 - 2.1.1 Classification des fibres végétales.
 - 2.1.1.1 Fibres provenant des poils séminaux de graines
 - 2.1.1.2 Fibres libériennes extraites de tiges de plantes.
 - 2.1.1.3 Fibres dures extraites de feuilles.
 - 2.1.1.4 Fibres dures extraites d'enveloppes de fruits
 - 2.1.2 Avantages et inconvénients des fibres végétales
- 2.2 Fibres artificielles agrosourcées .
- 2.3 Fibres synthétiques agrosourcées
 - 2.3.1 Généralités sur les plastiques
 - 2.3.2 Généralités sur les plastiques agrosourcés ou bioplastiques.
 - 2.3.2.1 Fibres synthétiques entièrement agrosourcées.
 - 2.3.2.2 Fibres synthétiques Particulièrement agrosourcées .

3. Propriétés mécaniques et physiques

4. Tri et recyclage .

5. Biodégradabilité

6. Analyse du cycle de vie – Bilan Carbone .

7. Conclusion



**** Transport:****AM3590****Plastiques et automobile - D'hier à aujourd'hui***Par Claude DUVAL***1. Plastiques et automobile : une longue histoire**

- 1.1 Rappels historiques sur l'automobile
- 1.2 Rappels historiques sur les plastiques
 - 1.2.1 Des matières récentes .
 - 1.2.2 Disponibilité des plastiques pour l'industrie automobile
- 1.3 Applications historiques des plastiques dans l'automobile
 - 1.3.1 Premières applications
 - 1.3.2 Boucliers de la R5
 - 1.3.3 SMC.
 - 1.3.4 Alpine Renault
 - 1.3.5 Méhari et carrosserie thermoplastique
 - 1.3.6 BX Citroën.
 - 1.3.7 Espace Renault-Matra
 - 1.3.8 Fourgonnette Express de Renault.
 - 1.3.9 Apparition des ailes plastiques.
 - 1.3.10 Conclusion

2. Part de l'automobile dans l'industrie chimique et la plasturgie .**3. Emploi des plastiques dans l'automobile.**

- 3.1 Sous-parties de l'automobile .
- 3.2 Intérieurs
 - 3.2.1 Exigences Particulières
 - 3.2.2 Évolutions prévisibles
- 3.3 Pièces extérieures .
 - 3.3.1 Exigences pour ces applications.
 - 3.3.2 Pare-chocs.
 - 3.3.3 Ouvrants et pièces diverses
 - 3.3.4 Carrosserie
- 3.4 Pièces sous capot moteur
 - 3.4.1 Exigences pour ce type d'applications.
 - 3.4.2 Faces avant .
 - 3.4.3 Conclusion : des pièces hautement techniques
- 3.5 Pièces de structure
 - 3.5.1 Exigences
 - 3.5.2 Quelques exemples d'application
 - 3.5.3 Réservoirs de carburant
 - 3.5.4 Suspension .
- 3.6 Autres utilisations remarquables
 - 3.6.1 Câbles électriques
 - 3.6.2 Textiles
 - 3.6.3 Enduction sous caisse .
 - 3.6.4 Pneumatiques.
- 3.7 Conclusion.

AM3591**Plastiques et automobile - D'aujourd'hui à demain***Par Claude DUVAL***1. Défis de l'emploi des plastiques dans l'automobile**

- 1.1 Allègement des véhicules.
 - 1.1.1 Évolution de la masse des véhicules
 - 1.1.2 Consommation et pollution.
 - 1.1.3 Allègement
- 1.2 Vrais avantages des plastiques



- 1.2.1 Intégration de fonctions.
- 1.2.2 Autres qualités des plastiques
- 1.3 Production automobile et matériaux polymères
- 1.3.1 Cadences, technologies et outillages
- 1.3.2 « Améliorer la robustesse de la conception »
- 1.3.3 Peinture des pièces plastiques
- 1.3.4 Conception des véhicules
- 1.4 Plastiques de l'automobile en fin de vie .
- 1.4.1 État des lieux.
- 1.4.2 Exigences réglementaires
- 1.4.3 Démonter ou broyer ?
- 1.4.4 Valorisation énergétique
- 1.4.5 Recyclage dans l'automobile.
- 1.4.6 Écoconception
- 1.4.7 Conclusion

2. Perspectives

- 2.1 Pistes à suivre pour assurer le développement

- 2.1.1 Matières.
- 2.1.2 Procédés de mise en œuvre
- 2.1.3 Conception
- 2.2 Exemples d'évolutions prévisibles
- 2.2.1 Extérieurs et carrosserie
- 2.2.2 Gains possibles sur l'aérodynamisme
- 2.2.3 Vitrages .
- 2.2.4 Sous-capot moteur et systèmes carburant
- 2.2.5 Intérieurs .

3. Conclusion générale .

** Construction:

AM3600

Utilisation de polymères recyclés dans les mortiers et bétons

Par *Veronica CALDERON, Matthieu HORGNIÉS*

1. Définition des mortiers et bétons allégés

- 1.1 Introduction d'air à l'intérieur de la matrice cimentaire
- 1.2 Addition de charges légères

2. Granulats allégés utilisés dans les mortiers et bétons

- 2.1 Granulats légers traditionnels
- 2.2 Granulats légers à base de déchets industriels
- 2.3 Matériaux incluant des granulats de polymère recyclé.

3. Exemples de fabrication de mortiers avec des polymères recyclés

- 3.1 Matières premières.
- 3.2 Formulation

4. Propriétés finales des matériaux

- 4.1 Caractérisation physique
- 4.2 Résistances mécaniques
- 4.3 Perméabilité à la vapeur d'eau
- 4.4 Comportement thermique et acoustique

5. Conclusion.



AM3601**Polymères recyclés dans la fabrication du plâtre***Par Veronica CALDERON, Matthieu HORGNIÉS***1. Matériaux à base de plâtre et leur allègement**

- 1.1 Gypse
- 1.2 Matériaux de plâtre allégé.
- 1.3 Déchets à base de polymère .

2. Exemple de fabrication de plâtre allégé avec des polymères recyclés

- 2.1 Type de polymère employé
- 2.2 Formulations
- 2.3 Procédure de mélange et fabrication d'éprouvettes.

3. Propriétés finales .

- 3.1 Caractérisations physico-chimiques.
- 3.2 Résistances mécaniques en flexion et en compression .
- 3.3 Perméabilité à la vapeur d'eau .

4. Plaques de plâtre

- 4.1 Formulation et fabrication.
- 4.2 Détermination de la densité
- 4.3 Résistance à la flexion .
- 4.4 Absorption totale d'eau .
- 4.5 Dureté superficielle
- 4.6 Propriétés acoustiques
- 4.7 Propriétés thermiques .

5. Conclusions**AM3550****Polymères alvéolaires - Présentation et propriétés***Par Michel BIRON***1. Définitions, classification, caractérisation.**

- 1.1 Définitions .
- 1.2 Systèmes de classification des mousses.
- 1.3 Caractérisations spécifiques aux mousses .

2. Fonctionnalités des alvéolaires .

- 2.1 Amortissement des chocs et vibrations
 - 2.1.1 Mousses souples de confort .
 - 2.1.2 Mousses de protection
 - 2.1.3 Mousses d'emballage .
 - 2.1.4 Alvéolaires pour la chaussure
 - 2.1.5 Utilisations diverses
- 2.2 Isolations thermique et phonique
- 2.3 Étanchéité.
- 2.4 Flottabilité
- 2.5 Renforcement des composites .
- 2.6 Allègement des matériaux structuraux .
- 2.7 Filtration, absorption .
- 2.8 Divers

3. Propriétés comparées des alvéolaires .

- 3.1 Propriétés mécaniques
 - 3.1.1 Propriétés normalisées et propriétés d'usage .
 - 3.1.2 Propriétés mécaniques à l'origine.
 - 3.1.3 Évolution à long terme des propriétés mécaniques .
- 3.2 Conductivité thermique des alvéolaires



AM3551**Polymères alvéolaires - Monographies et transformation**Par **Michel BIRON****1. Monographies**

- 1.1 Mousses de polyuréthane .
- 1.2 Polystyrène expansé
- 1.3 Mousses de PVC.
- 1.4 Mousses de polyéthylène
- 1.5 Mousses de polypropylène .
- 1.6 Mousses phénoliques et urée-formol
- 1.7 Autres mousses thermodurcissables .
- 1.7.1 Mousses de mélanine Basotect de BASF et Willtect d'Illbruck .
- 1.7.2 Mousses de polyépoxyde.
- 1.7.3 Mousse de polyimide Willmid d'Illbruck.
- 1.8 Autres mousses thermoplastiques.
- 1.8.1 Mousse polyimideméthacrylique Rohacell de Degussa Röhm.
- 1.8.2 Polycarbonate Forex EPC d'Airex .
- 1.8.3 Mousse de polyétherimide Airex R82 d'Airex
- 1.8.4 Mousse de polyéthersulfone Airex R0.90 d'Airex .
- 1.9 Elastomères alvéolaires.
- 1.9.1 Caoutchoucs cellulaires
- 1.9.2 Mousses de latex.
- 1.10 Allégés structuraux ou mousses à peau intégrale
- 1.10.1 ABS et autres styréniques allégés .
- 1.10.2 Polycarbonate allégé.
- 1.10.3 Polyester allégé .
- 1.10.4 Polyétherimide allégé .
- 1.10.5 Polyphénylène éther ou polyphénylène oxyde allégé .
- 1.10.6 Polyuréthane
- 1.10.7 Autres thermoplastiques

2. Transformation des matériaux alvéolaires

- 2.1 Procédés de première transformation .
- 2.1.1 Expansion physique d'un liquide à faible température d'ébullition
- 2.1.2 Expansion physique d'un gaz préalablement absorbé Par le polymère sous haute pression
- 2.1.3 Expansion d'un gaz dégagé in-situ Par décomposition thermique d'un agent gonflant
- 2.1.4 Battage mécanique introduisant de l'air dans un latex ou une dispersion du polymère .
- 2.1.5 Dissolution d'un ingrédient après la transformation .
- 2.2 Procédés de seconde transformation.

**** Chimie et santé:****SE4240****Conséquences économiques du changement climatique.**Par **Sylvie FAUCHEUX****Introduction****1 - Coûts économiques du changement climatique**

- 1.1 - Impacts globaux du changement climatique
- 1.2 - Conséquences économiques des impacts et des mesures d'adaptation

2 - Conséquences économiques des politiques de lutte contre les changements climatiques

- 2.1 - Politiques d'atténuation
- 2.2 - Lutte contre le changement climatique en tant qu'opportunité économique mondiale

3 - Conclusion**4 - Glossaire**

IN69***Des matériaux intelligents : les polymères stimulables****Par Bernard LE NEINDRE, Patrick CANCOUËT***Introduction****1 - Présentation****2 - Formes physiques**

2.1 - Hydrogels réticulés chimiquement : irréversibles

2.2 - Hydrogels réticulés physiquement : réversibles

2.3 - Micelles

2.4 - Polymères dendritiques

2.5 - Interfaces modifiées

2.6 - Solutions de polymères conjugués

3 - Polymères thermosensibles

3.1 - Conception

3.2 - Classification

4 - Polymères sensibles au pH

4.1 - Concept

4.2 - Classification

5 - Polymères sensibles à d'autres stimuli

5.1 - Polymères sensibles au glucose

5.2 - Polymères sensibles aux champs électriques ou magnétiques

5.3 - Polymères photosensibles

5.4 - Polymères sensibles à la force ionique

5.5 - Polymères sensibles aux antigènes

6 - Conclusion**AM3555*****Polymères microcellulaires à base d'émulsions concentrées (polyHIPE)****Par Hervé DELEUZE, Marc BIROT***1. Émulsions .****2. Génération de la porosité dans les polymères grâce aux émulsions hautement concentrées**

2.1 Obtention d'émulsions hautement concentrées

2.2 Préparation des polymères microcellulaires de type polyHIPE

2.2.1 Polymérisation en chaîne

2.2.2 Polymérisation Par étapes.

2.2.3 Autres méthodes de Préparation

2.2.4 Fonctionnalisation de surface .

2.2.5 Morphologie des polyHIPE

3. Élaboration de matériaux polyHIPE à structure complexe.

3.1 PolyHIPE nanocomposite .

3.2 PolyHIPE à réseaux interpénétrés organique-inorganique .

3.3 PolyHIPE organiques utilisés comme structuration de polyHIPE inorganiques

4. Applications des matériaux polyHIPE en catalyse

4.1 Catalyseurs organostanniques supportés sur matériaux polyHIPE .

4.2 Croissance de nanoparticules de palladium sur polyHIPE

5. PolyHIPE préparés à Partir de HIPE stabilisées par des Particules**6. Conclusion et perspectives .**

RE103***Développement de matériaux plastiques à surfaces modifiées et maîtrise de la biocontamination****Par Anne-Marie RIQUET, Jean-Marie HERRY, Fabienne PONCIN-EPAILLARD, Gilbert LEGEAY, Marie-Noëlle BELLON-FONTAINE***Introduction****1 - Contexte****2 - Mécanismes impliqués dans la biocontamination des surfaces ?****3 - Comment modifier la surface des matériaux plastiques ?**

3.1 - Modification Par des traitements physiques

3.2 - Modification Par traitements chimiques

4 - Quelques exemples de nos réalisations

4.1 - Développement de surfaces hydrophiles

4.2 - Développement de surfaces hydrophobes à ultrahydrophobes

5 - Conclusion**S4/24817****Base de données : polymères****** Données de référence :****23*****Unités de mesure SI****Par Nicole LEGENT***1. Définitions générales****2. Organismes responsables****3. Système métrique****4. Système international d'unités SI .****5. Unités hors système .****6. Définition des unités.****24*****Unités légales et facteurs de conversion****Par Jean-Claude COURTIER***1. Grandeurs, unités et symboles .****2. Facteurs de conversion .****Références bibliographiques****25*****Classification périodique des éléments****Par Mireille DEFRANCESCHI***1. Atomes, éléments et isotopes****2. Grandeurs définissant les atomes et les éléments**

2.1 Nom et symbole

2.2 Numéro atomique .

2.3 Nombre de masse .

2.4 Masse atomique

2.5 Configuration électronique .

2.6 Rayon atomique.

2.7 Potentiel d'ionisation et affinité électronique .

2.8 Degrés d'oxydation .

2.9 Électronégativité

3. Classification périodique des éléments

3.1 Classification historique

3.2 Classification périodique actuelle 6

3.3 Les cases

4. Utilisations de la classification périodique

4.1 Familles chimiques



- 4.2 Prédiction du nombre de liaisons covalentes que peut établir un atome
- 4.3 Prédiction de la charge des anions et des cations .
- 4.4 Énergie d'ionisation.
- 4.5 Variation de l'électronégativité dans le Tableau périodique
- 4.6 Caractère redox
- 4.7 Points d'ébullition et de fusion.
- 5. Conclusion .

** Données sur les polymères :

A3035

Nomenclature, classification et formules chimiques des polymères

Par **Cécile-Anne NAUDIN**

1. Nomenclature des polymères.

- 1.1 Noms génériques des familles de polymères.
- 1.2 Nomenclature des polymères
 - 1.2.1 Homopolymères .
 - 1.2.2 Copolymères .
- 1.3 Abréviations normalisées .
- 1.4 Remarque concernant la nomenclature

2. Classification.

- 2.1 Polymères thermoplastiques
- 2.2 Polymères thermorigides
- 2.3 Élastomères entrant dans la composition de plastiques .

3. Familles chimiques

- 3.1 Thermoplastiques
- 3.2 Matières thermodurcissables .

4. Formules chimiques

- 4.1 Remarques préliminaires
- 4.2 Polymères thermoplastiques
- 4.3 Polymères thermorigides
- 4.4 Élastomères

AM3012

Symboles normalisés des plastiques

Par **Loïc CHESNÉ**

1. Normes en vigueur

2. Principes généraux

3. Mélanges de polymères

4. Polyamides.

- 4.1 Homopolyamides
- 4.2 Copolyamides

5. Symboles supplémentaires : caractéristiques spéciales

AM3137

Usure des polymères - Données tribologiques typiques

Par **Eric FELDER**

1. Propriétés des principaux polymères.

2. Données tribologiques typiques (Tableau 2).

Références bibliographiques .

K497

Mesure des volumes spécifiques des polymères

Par **Bernard LE NEINDRE, Patrick CANCOUËT**

1. Difficultés des mesures PvT .

2. Dispositifs de mesure de PvT .



- 2.1 Technique du piston-cylindre .
- 2.2 Technique du piézomètre
- 3. Interprétation des données .**
- 3.1 État fondu .
- 3.2 Transition de fusion .
- 3.3 Transition vitreuse .
- 3.4 Transitions vitreuse et de fusion
- 3.5 Influence de la vitesse de refroidissement
- 3.5.1 Effet d'un refroidissement rapide
- 3.5.2 Retrait .
- 4. Détermination de grandeurs caractéristiques .**
- 4.1 Taux de cristallinité
- 4.2 Masse volumique du polymère amorphe
- 5. Conclusion**

K498**Données des polymères***Par Bernard LE NEINDRE, Patrick CANCOUËT*

- 1. Domaines de température et de pression des données PvT**
- 2. Données PvT de quelques polymères utilisés dans l'industrie .**
- 2.1 Polyéthylène ramifié PEBD (polyéthylène basse densité) ou LDPE (low density polyethylene)
- 2.2 Polyéthylène linéaire (LPE) ou PEHD (polyéthylène haute densité) ou encore HDPE (high density polyethylene) .
- 2.3 Polyéthylène linéaire de masse molaire élevée (HMLPF : high molecular weight linear polyethylene) .
- 2.4 Poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA)
- 2.5 Poly(cyclohexylméthacrylate) (PCHMA)
- 2.6 Poly(méthacrylate de n-butyle) (PnBMA)
- 2.7 Polypropylène (atactique) (a-PP)
- 2.8 Polypropylène (isotactique) (PP)
- 2.9 Polyamide-11 (PA11) .
- 2.10 Polyamide-6 (PA66)
- 2.11 Poly(éthylène téréphtalate) (PET)
- 2.12 Poly(1-butène) (isotactique) (PB1)
- 2.13 Poly(vinylacétate) (PVAc)
- 2.14 Poly(4-méthylpent-1-ène) (PMP).
- 2.15 Poly(étheréthercétone) (PEEK)
- 2.16 Poly(fluorure de vinylidène) (PVDF) .
- 2. Poly(épichlorohydrine) (PECH) .
- 2.18 Poly(ϵ -caprolactone) (PCL)
- 2.19 Poly(chlorure de vinyle) (PVC)
- 3. Conclusion .**

K499**Équations d'état des polymères***Par Bernard LE NEINDRE, Patrick CANCOUËT*

- 1. Équations d'état de compressibilité isotherme .**
- 1.1 Équation d'état de Sanchez-Cho .
- 1.2 Équation de Tait .
- 1.3 Équation de Sun, Song et Yang
- 2. Équations d'état empiriques ou semi-empiriques à trois Paramètres**
- 2.1 Équation d'état de Sanchez-Cho (SC).
- 2.2 Modèle de Hartmann et Haque (HH)
- 3. Équations d'état théoriques**
- 3.1 Modèles de réseau ou de quasi-réseau .
- 3.1.1 Modèles de cellule



- 3.1.2 Modèle de trous de Simha-Somcynsky (SS)
- 3.1.3 Modèle du fluide de réseau (SL)
- 3.1.4 Comparaisons et conclusions
- 3.2 Modèles continus .
- 3.2.1 Équation d'état des sphères dures adhésives (AHS) .
- 3.2.2 Équation d'état généralisée de Flory (GF).
- 3.2.3 Équation d'état d'une chaîne de rotateurs (COR) .
- 3.2.4 Équations d'état TPT et SAFT
- 3.2.5 Termes utilisés dans les équations d'état fondées sur la théorie des perturbations .
- 3.2.6 Application aux polymères
- 4. Conclusion**

AM3306

Propriétés des thermoplastiques - Tableaux Comparatifs

Par **Michel BIRON**

1. Propriétés physico-chimiques .

Tableau 1 – Masse volumique .

Tableau 2 – Absorption d'eau en h.

2. Propriétés mécaniques

2.1 Traction

Tableau 3 – Module d'élasticité en traction

Tableau – Contrainte de rupture en traction

Tableau – Allongement à la rupture en traction

Tableau – Contrainte au seuil d'écoulement haut en traction

Tableau – Allongement au seuil d'écoulement haut en traction .

2.2 Flexion

Tableau – Module de flexion.

Tableau – Contrainte de rupture en flexion .

2.3 Compression

Tableau – Contrainte de rupture ou contrainte au seuil, en compression.

Tableau – Module en compression

2.4 Résistance au choc

Tableau – Résistance au choc Charpy avec entaille

Tableau – Résistance au choc Izod avec entaille .

2.5 Dureté

Tableau – Dureté Shore D .

Tableau – Dureté Rockwell M

3. Propriétés thermiques .

Tableau – Coefficient de dilatation thermique linéique

Tableau – Conductivité thermique

Tableau – Température de fusion.

Tableau – Température de ramollissement Vicat A

Tableau – Température maximale d'utilisation en continu

Tableau – Température de transition vitreuse.

Tableau – Température de fragilité .

Tableau – Température de fléchissement sous charge TFC A .

Tableau – Température de fléchissement sous charge TFC B .

Tableau – Indice de fluidité, selon diverses normes .

4. Propriétés diélectriques

Tableau – Résistivité superficielle.

Tableau – Résistivité transversale

Tableau – Rigidité diélectrique

Tableau – Permittivité relative à 0 Hz .

Tableau – Permittivité relative à 1 000 Hz

Tableau – Permittivité relative à 1 MHz

Tableau – Facteur de dissipation diélectrique à 0 Hz



Tableau – Facteur de dissipation diélectrique à 1 000 Hz .

Tableau – Facteur de dissipation diélectrique à 1 MHz.

5. Autres propriétés

Tableau – Indice de réfraction.

Tableau – Indice d'oxygène.

Tableau – Composants d'origine renouvelable.

AM3406

Propriétés des thermodurcissables - Tableaux Comparatifs

Par **Michel BIRON**

1. Méthodologie

2. Précautions d'utilisation

3. Propriétés physico-chimiques

Tableau 1 – Masse volumique

Tableau 2 – Absorption d'eau en h

Tableau 3 – Retrait

4. Propriétés mécaniques.

4.1 Traction.

Tableau – Module d'élasticité en traction .

Tableau – Contrainte de rupture en traction.

Tableau – Allongement à la rupture en traction.

4.2 Flexion

Tableau – Contrainte de rupture en flexion

Tableau – Module de flexion

4.3 Compression

Tableau – Contrainte de rupture .

Tableau – Module en compression .

4.4 Résistance au choc

Tableau – Résistance au choc Izod avec entaille

Tableau – Résistance au choc Charpy avec entaille.

4.5 Dureté .

Tableau – Dureté Shore échelle A .

Tableau – Dureté Shore échelle D .

Tableau – Dureté Rockwell échelle M

Tableau – Dureté Barcol .

Tableau – Dureté Brinell .

5. Propriétés thermiques

Tableau – Coefficient de dilatation thermique linéique .

Tableau – Conductivité thermique.

Tableau – Température de fléchissement sous charge .

Tableau – Température maximale d'utilisation

Tableau – Température de transition vitreuse

Tableau – Température de fragilité

Tableau – Capacité thermique massique

6. Propriétés diélectriques.

Tableau – Résistance au cheminement de l'arc .

Tableau – Résistivité transversale .

Tableau – Rigidité diélectrique.

Tableau – Permittivité relative (ou constante diélectrique) .

Tableau – Facteur de dissipation électrique

7. Autres propriétés .

Tableau – Indice de réfraction des plastiques transparents

Tableau – Indice d'oxygène

Tableau – Résistance au feu suivant classement UL4 .



AM3239

Amélioration des thermoplastiques - Tableaux Comparatifs*Par Bernard BITSCH***1. Fibres de verre Comp.**

Thermoplastiques (Tableaux 1 et 2) .

Polyamides (Tableaux 3 et) .

Thermoplastiques techniques (Tableaux et)

2. Fibres de carbone

PES, PEI, PA-6 (Tableau) .

POM, PPS, PEEK (Tableau) .

K380

Caractéristiques des élastomères*par Pierre MARTINON***1. Comparaison des principales propriétés des élastomères courants****2. Performances des élastomères.**

2.1 Tenue à la chaleur.

2.2 Tenue au froid .

2.3 Résistance aux liquides

2.4 Déformations sous contraintes (compression, traction, cisaillement)

2.5 Propriétés mécaniques

2.6 Propriétés dynamiques

2.7 Propriétés électriques

2.8 Autres propriétés

3. Choix des élastomères**4. Caoutchoucs thermoplastiques****S4/24818 Caoutchoucs****** Données générales et familles d'élastomères:**

AM7705

Caoutchoucs : méthodes d'obtention et propriétés.*Par Yves DE ZÉLICOURT***1. Mise en œuvre et fabrication des pièces en caoutchouc**

1.1 Mélangeage .

1.2 Mise en forme .

1.3 Vulcanisation .

1.3.1 Vulcanisation par les peroxydes.

1.3.2 Vulcanisation au soufre .

2. Caoutchoucs d'usage courant .

2.1 Caoutchouc naturel (NR)

2.2 Caoutchouc isoprène synthétique (IR)

2.3 Caoutchouc styrène-butadiène (SBR) .

2.4 Caoutchouc butadiène (BR)

2.5 Terpolymère d'éthylène-propylène-diène (EPDM) et copolymère éthylène propylène (EPM)

2.6 Caoutchouc isobutène-isoprène (IIR)

2.7 Caoutchouc nitrile-butadiène (NBR)

2.8 Caoutchouc chloroprène (CR)

2.9 Synthèse des propriétés et applications des caoutchoucs d'usage général .

3. Caoutchoucs de spécialité

3.1 Polyéthylène chloré (CM) .

3.2 Caoutchoucs d'épichlorhydrine (CO, ECO et GECCO)

3.3 Copolymères acrylates (ACM et AEM)



- 3.4 Polyuréthanes (AU, EU)
- 3.5 Silicones (MQ, VMQ, PMQ, PVMQ FVMQ)
- 3.6 Caoutchoucs fluorés (FKM et FFKM) .
- 3.7 Synthèse des propriétés des caoutchoucs spéciaux .
- 4. Remarques et conclusion**

AM8100**Renforcement des élastomères**Par **Jean-Charles MAJESTÉ****1. Caractéristiques des charges usuelles.**

- 1.1 Surface spécifique
- 1.2 Structure .
- 1.3 Activité de surface

2. Différents mécanismes de renforcement.

- 2.1 Renforcement hydrodynamique
 - 2.1.1 Manifestation rhéologique et mécanique .
 - 2.1.2 Amplification des déformations
 - 2.1.3 Modèles de suspensions .
- 2.2 Renforcement Par le réseau de charges
 - 2.2.1 Manifestation rhéologique et mécanique .
 - 2.2.2 Interaction charge/élastomère (Bound Rubber BdR)
 - 2.2.3 Interactions charge/charge dans le cas de la silice
 - 2.2.4 Renforcement fractal .

3. Effet Payne .

- 3.1 Manifestation expérimentale .
- 3.2 Origine microscopique.
- 3.3 Modélisation .
 - 3.3.1 Modèles basés sur la rupture du réseau de charges .
 - 3.3.2 Modèles basés sur l'interaction charge/élastomère .

4. Effet Mullins.

- 4.1 Manifestation expérimentale .
- 4.2 Origine microscopique.
- 4.3 Modélisation .
 - 4.3.1 Modèles phénoménologiques.
 - 4.3.2 Modèles moléculaires

5. Conclusion**6. Glossaire .****AM8010****Matières premières du caoutchouc.**Par **Claude JANIN****1. Élastomères.**

- 1.1 Caoutchouc naturel.
- 1.2 Caoutchouc synthétique.

2. Charges

- 2.1 Charges renforçantes
- 2.2 Charges conférant des propriétés Particulières .
- 2.3 Charges végétales.
- 2.4 Charges faiblement ou non renforçantes .

3. Plastifiants .

- 3.1 Huiles aromatiques et leur problématique .
- 3.2 Huiles non aromatiques .
- 3.3 Huiles végétales
- 3.4 Autres plastifiants .

4. Système de vulcanisation

- 4.1 Vulcanisation au soufre



- 4.2 Vulcanisation au peroxyde.
- 4.3 Autres systèmes de vulcanisation .
- 4.4 Retardateurs de vulcanisation .
- 5. Système de protection .**
- 5.1 Mécanismes.
- 5.2 Agents de protection aminés .
- 5.3 Agents de protection phénol
- 5.4 Autres antioxydants
- 6. Adjuvants divers .**
- 7. Conclusions .**

AM8015**Caoutchouc naturel.**Par **Claude JANIN**

- 1. Culture du caoutchouc naturel**
- 2. Traitement du caoutchouc naturel**
- 3. Structure du caoutchouc naturel**
- 4. Formulations**
- 4.1 Agents de vulcanisation.
- 4.2 Agents de protection
- 4.3 Charges .
- 4.4 Plastifiants
- 5. Propriétés du caoutchouc naturel .**
- 6. Mise en œuvre .**
- 6.1 Formulation et mélangeage .
- 6.2 Mise en forme Par moulage/vulcanisation .
- 6.3 Mise en forme Par injection/vulcanisation .
- 6.4 Mise en forme Par trempage .
- 6.5 Recyclage
- 7. Conclusion**
- 8. Glossaire .**

N2820**Élastomères fluorocarbonés.**Par **Michel BIRON**

- 1. Structure générale .**
- 2. Mise en œuvre .**
- 3. Propriétés générales**
- 4. Propriétés des élastomères fluorocarbonés .**
- 4.1 Propriétés des FKM (ou FPM) .
- 4.2 Propriétés des FEPM (ou TFE/P) .
- 4.3 Propriétés des FFKM (ou FFPM) .
- 5. Applications.**
- 6. Annexe. Tableau des résistances chimiques (extrait de la banque de données du logiciel ETEL)**

N2880**Silicones ou siloxanes - Structure et propriétés.**Par **Michel BIRON**

- 1. Structure générale**
- 1.1 Sigles normalisés usuels (Tableau 1) .
- 1.2 Fluides non réactifs et réactifs bloqués .
- 1.3 Gels .
- 1.4 Élastomères
- 1.5 Résines



2. Mise en œuvre.**3. Propriétés générales .**

- 3.1 Résistance à la chaleur
- 3.2 Résistance au vieillissement naturel, à la lumière et à l'ozone
- 3.3 Résistance chimique
- 3.4 Utilisation à basse température
- 3.5 Faible évolution des propriétés avec la température .
- 3.6 Propriétés de surface Particulières.
- 3.7 Perméabilité et absorption des gaz
- 3.8 Propriétés diélectriques.
- 3.9 Résistance au feu .
- 3.10 Innocuité physiologique

4. Propriétés des élastomères .

- 4.1 Silicones .
- 4.2 Propriétés spécifiques aux fluorosilicones

N2882***Silicones ou siloxanes - Applications****Par Michel BIRON*

- 1. Extrême diversité d'applications .
- 2. Aéronautique et espace
- 3. Automobile et transport.
- 4. Bâtiment
- 5. Électrotechnique
- 6. Génie chimique .
- 7. Génie mécanique
- 8. Industrie des élastomères et plastiques .
- 9. Médical et paramédical, pharmacie, parapharmacie, dentisterie, industries alimentaires
- 10. Traitement des papiers .
- 11. Traitement des textiles .

AM3400***Concept, propriétés de base, monographies des TPE d'usage général.****Par Michel BIRON*

- 1. Définitions.
- 2. Évolution et perspectives .
- 3. Concepts et propriétés de base
 - 3.1 Concepts de base
 - 3.2 Propriétés générales des TPE
- 4. Monographies.
 - 4.1 Élastomères thermoplastiques styréniques (TPS) : SBS et SEBS
 - 4.2 Copolymères blocs oléfiniques et compounds à phase élastomère non vulcanisé (TPO)
 - 4.3 Élastomères thermoplastiques à base PVC : TPE/PVC.
 - 4.4 Polypropylènes à phase EPDM vulcanisé dynamiquement : PP/EPDM-VD
 - 4.5 Élastomères thermoplastiques à base oléfinique et phase élastomère vulcanisé dynamiquement : PP/NR-VD .
 - 4.6 Polypropylènes à phase NBR vulcanisé dynamiquement : PP/NBR-VD
 - 4.7 Polypropylènes ou polyamides à phase caoutchouc bromobutyl vulcanisé dynamiquement : PP/IIR-VD et PA/IIR-VD
 - 4.8 Melt Processible Rubber : MPR
- 5. Conclusion.



AM3401***TPE d'ingénierie, bio-TPE, développement durable. Pour réussir.****Par Michel BIRON***1. Monographies**

- 1.1 Élastomères thermoplastiques polyuréthanes (TPU ou TPE-U)
- 1.2 Copolyesters : COPE ou TPE-E
- 1.3 Élastomères thermoplastiques polyéthers blocs amides (PEBA) ou TPE-A.
- 1.4 Élastomères thermoplastiques divers
- 1.5 Super-TPE et super-TPV
- 1.6 Élastomères thermoplastiques issus de sources renouvelables .

2. TPE et développement durable

- 2.1 Matières premières renouvelables .
- 2.2 Optimisation de l'utilisation de l'énergie
- 2.3 Recyclage
- 2.4 Respect de l'environnement

3. Démarche globale adaptée aux spécificités des TPE.

- 3.1 Conception
- 3.2 Choix d'un TPE .
- 3.3 Choix de la méthode de transformation
- 3.4 Intégrer des étapes de fabrication Par la cotransformation pour simplifier la logistique et réduire les coûts.
- 3.5 Intégrer ou supprimer la finition.

4. Conclusion**AM3402*****TPE et TPV dans les applications high-tech.****Par Michel BIRON***1. Applications high-tech**

- 1.1 Conception
- 1.2 Principaux TPE et TPV disponibles .

2. Méthodes de transformation traditionnelles ou innovantes

- 2.1 Méthodes de base
- 2.2 Cotransformation pour l'optimisation des fonctions et des coûts

3. Secteurs de pénétration des applications high-tech

- 3.1 TPE pour l'automobile
- 3.2 TPE pour la recherche pétrolière .
- 3.3 TPE pour le médical
- 3.4 TPE ignifugés sans halogène pour l'électricité et l'électronique
- 3.5 TPE conducteurs électriques .
- 3.6 TPE conducteurs thermiques.
- 3.7 Encapsulants pour le photovoltaïque .
- 3.8 TPE pour le BTP
- 3.9 TPE barrière et super-barrière .
- 3.10 Revêtements de protection en TPU pour gaines et câbles .
- 3.11 HSBC en concurrence avec les caoutchoucs de silicone.
- 3.12 TPU pour composites hautes et très hautes performances
- 3.13 Membranes séparatrices Nexar® de Kraton Polymers

4. Conclusion

**** Propriétés et caractérisations des caoutchoucs:****K380****Caractéristiques des élastomères***Par Pierre MARTINON*

1. Comparaison des principales propriétés des élastomères courants
2. Performances des élastomères.
 - 2.1 Tenue à la chaleur.
 - 2.2 Tenue au froid .
 - 2.3 Résistance aux liquides
 - 2.4 Déformations sous contraintes (compression, traction, cisaillement)
 - 2.5 Propriétés mécaniques
 - 2.6 Propriétés dynamiques
 - 2.7 Propriétés électriques
 - 2.8 Autres propriétés
3. Choix des élastomères
4. Caoutchoucs thermoplastiques

TRI4500**Tribologie des matériaux caoutchouteux***Par Michel BARQUINS*

1. Historique
2. Comportement mécanique .
 - 2.1 Élasticité naturelle.
 - 2.2 Viscoélasticité
 - 2.3 Modèles rhéologiques
 - 2.4 Effet thermomécanique : la transition vitreuse
3. Comportement tribologique.
 - 3.1 Contexte.
 - 3.2 Contact, adhésion et adhérence
 - 3.2.1 Contact d'une sphère rigide
 - 3.2.2 Pelage
 - 3.2.3 Stick-slip en pelage
 - 3.3 Frottement de glissement
 - 3.3.1 Frottement commençant .
 - 3.3.2 Frottement global.
 - 3.4 Frottement de roulement .
 - 3.4.1 Roulement libre
 - 3.4.2 Roulement avec glissement
 - 3.4.3 Roulement d'un pneumatique
 - 3.5 Mécanismes d'usure.
 - 3.5.1 Différents modes d'usure
 - 3.5.2 Usure des pneumatiques
4. Conclusion.

AM8210**Modèles hyperélastiques pour le comportement mécanique des élastomères.***Par Erwan VERRON*

1. Comportement mécanique des élastomères .
 - 1.1 Réponse mécanique complexe
 - 1.2 Comportement élastique non linéaire en grandes déformations.
2. Mécanique des milieux continus non linéaire.
 - 2.1 Cadre des grandes déformations
 - 2.2 De la cinématique aux tenseurs des déformations.
 - 2.3 Contenu des tenseurs des déformations.
 - 2.4 Tenseurs des contraintes .



2.5 Bilan des différentes quantités mécaniques .

3. Loi de comportement hyperélastique, isotrope et incompressible

3.1 Hyperélasticité

3.2 Hyperélasticité isotrope .

3.3 Hyperélasticité isotrope incompressible .

3.4 Bilan

4. De la loi aux modèles de comportement

4.1 Modèles les plus connus .

4.2 Modèles plus récents pour les très grandes déformations

4.3 Comparaison des modèles

5. Identification des Paramètres matériels

5.1 Identification des Paramètres matériels

5.2 Essais mécaniques pour des états simples de déformation

5.3 Application : identification du modèle de Mooney-Rivlin

6. Remarques sur les méthodes numériques pour les élastomères

6.1 Disponibilité des modèles dans les logiciels de calcul

6.2 Traitement numérique de la non-linéarité.

6.3 Traitement numérique de l'incompressibilité.

7. Conclusion

8. Glossaire .

AM3271

Caractérisation des polymères par spectrométrie optique.

Par *Jean-Luc GARDETTE*

1. Spectrométrie infrarouge

1.1 Instrumentation .

1.2 Exemples d'applications de la spectrophotométrie infrarouge à l'échelle macroscopique

1.3 Exemples d'applications de la spectrophotométrie infrarouge à l'étude de systèmes hétérogènes

1.4 Autres applications

2. Spectrométrie Raman .

2.1 Instrumentation .

2.2 Avantages et difficultés de la méthode .

2.3 Quelques exemples d'application aux polymères

3. Spectrométrie d'absorption UV-visible .

3.1 Instrumentation .

3.2 Exemples d'applications de la spectrométrie d'absorption UV-visible à l'étude des polymères

4. Conclusion .

Pour en savoir plus.

P3764

Caractérisation des polymères par RMN.

Par *Marie-Florence GRENIER-LOUSTALOT*

1. Généralités pour l'obtention d'un spectre

1.1 Préparation des échantillons

1.2 Fréquence d'analyse

1.3 Déterminations quantitatives .

2. Applications de la RMN haute résolution aux polymères

2.1 Caractérisation de la structure chimique de systèmes polymères en solution

2.2 Caractérisation de la structure de systèmes polymères à l'état solide Par RMN C du solide (CP/MAS)

3. Conclusion .



Références bibliographiques .

P3766***Étude des polymères par résonance paramagnétique électronique.***Par **Bernard CATOIRE**

- 1. Principes de base de la RPE**
- 2. Applications de la RPE à l'étude des polymères.**
 - 2.1 Polymérisation radicalaire
 - 2.2 Dégradation des polymères
 - 2.2.1 Irradiations aux UV, aux rayons γ , aux électrons accélérés
 - 2.2.2 Ozonisation .
 - 2.2.3 Stabilisants
- 3. Sondes et marqueurs Paramagnétiques (spin probe, spin label)**
- 4. Conclusion .**

Références bibliographiques .

A3273***Analyse structurale des polymères*** Par ***couplage CG/SM.***Par **Bruno MORTAIGNE**

- 1. Couplage CG/SM**
 - 1.1 Chromatographie en phase gazeuse (CG).
 - 1.1.1 Principe
 - 1.1.2 Appareillage
 - 1.2 Spectrométrie de masse (SM)
 - 1.2.1 Principe
 - 1.2.2 Appareillage
 - 1.3 Couplage chromatographie/ spectrométrie de masse.
- 2. Techniques d'introduction des polymères**
 - 2.1 Pyrolyse
 - 2.2 Thermogravimétrie
 - 2.3 Dégradation dans un four tubulaire.
- 3. Identification des constituants d'un plastique**
 - 3.1 Thermoplastiques
 - 3.2 Thermodurcissables
- 4. Analyse des polymères après mise en œuvre**
 - 4.1 Élastomères et thermoplastiques.
 - 4.2 Thermodurcissables
- 5. Étude des mécanismes de polymérisation .**
- 6. Vieillessement des polymères.**
 - 6.1 Analyse des produits d'hydrolyse
 - 6.2 Produits de dégradation thermique .
- 7. Conclusion .**

AM3274***Caractérisation des polymères*** Par ***analyse thermique.***Par **Gilbert TEYSSÈDRE, Colette LACABANNE**

- 1. Analyse thermique différentielle et analyse enthalpique différentielle**
 - 1.1 Généralités
 - 1.2 Caractérisation des polymères amorphes
 - 1.3 Caractérisation des polymères semi-cristallins
 - 1.4 Vieillessement physique .
 - 1.5 Adjuvants
- 2. Analyse thermomécanique.**
 - 2.1 Généralités
 - 2.2 Caractérisation des polymères



3. Analyse dynamique mécanique (ADM) .

3.1 Généralités

3.2 Caractérisation des polymères amorphes

3.3 Caractérisation des polymères semi-cristallins

4. Analyse dynamique électrique (ADE)

4.1 Généralités

4.2 Caractérisation des polymères amorphes

4.3 Caractérisation des polymères semi-cristallins

5. Analyse des courants thermo stimulés (CTS) .

5.1 Généralités

5.2 Caractérisation des polymères amorphes

5.3 Caractérisation des polymères semi-cristallins

****Applications industrielles des caoutchoucs:****AM8605****Applications des caoutchoucs hors pneu.***Par Yves DE ZÉLICOURT***1. Antivibratoire****2. Étanchéité**

2.1 Joints statiques .

2.1.1 Joints pour l'aéronautique

2.1.2 Joints pour l'offshore

2.1.3 Joints FFKM pour l'aéronautique et l'industrie chimique

2.2 Joints dynamiques

3. Transport de fluides .

3.1 Applications domestiques

3.2 Automobile

4. Transport de matière**5. Protection et imperméabilité.****6. Applications diverses.**

6.1 Câbles.

6.2 Courroies .

6.3 Mousses.

7. Données statistiques et économiques**8. Conclusion.****9. Glossaire****IN54****Incorporation de granulats en caoutchouc dans le béton.***Par Anaclét TURATSINZE***Introduction****1 - Contexte****2 - Matériaux étudiés****3 - Caractéristiques mécaniques**

3.1 - Résistances en compression et en traction simple

3.2 - Capacité de déformation en flexion quatre-points

3.3 - Variations dimensionnelles de retrait

3.4 - Résistance à la fissuration de retrait : essais de retrait empêché à l'anneau

4 - Conclusion

IN41

Films élastomères bioactifs : application aux gants chirurgicauxPar **Raffi KRIKORIAN, Pierre HOERNER, Gérard RIESS****Introduction**

- 1 - Contexte et objectifs
- 2 - Matériaux et technologie de mise en œuvre
 - 2.1 - Description du gant G-VIR®
 - 2.2 - Choix de l'agent désinfectant
 - 2.3 - Technologie de mise en œuvre
- 3 - Mode d'action et performances biologiques
 - 3.1 - Mode d'action de la barrière dynamique
 - 3.2 - Performances biologiques
- 4 - Conclusion et perspectives

**** Matériaux avancés à base de caoutchouc:**

RE267

Autofaçonnage 3D à partir des bicouches élastiques.Par **Valeriy LUCHNIKOV****Introduction**

- 1 - Contexte
- 2 - Description technique de l'innovation
- 3 - Applications
 - 3.1 - Mise en forme 3D des surfaces avec courbure spontanée inspirée du « kirigami »
 - 3.2 - Programmation des formes 3D via une distribution inhomogène de la couche PDMS + huile de silice
 - 3.3 - Microtubes PDMS et dispositifs microfluidiques
 - 3.4 - Phénomènes de bifurcation de la courbure et répartition de la courbure sur les plaques
- 4 - Perspectives et évolutions
- 5 - Glossaire

**** Caoutchoucs et environnement:**

AM8700

Recyclage des caoutchoucs.Par **Claude JANIN****1. Gisements de produits à recycler**

- 1.1 Pneus en fin de vie.
- 1.2 Caoutchouc industriel en fin de vie
- 1.3 Déchets de fabrication .
- 1.4 Deux business modèles .

2. Valorisation énergétique .**3. Valorisation matière des pneus**

- 3.1 Pneus entiers et broyats
- 3.2 Granulats et poudrettes .
 - 3.2.1 Techniques de granulation
 - 3.2.2 Valorisation du métal
 - 3.2.3 Traitements d'activation
 - 3.2.4 Applications .
 - 3.2.5 Réutilisation dans du caoutchouc cru .

4. Caoutchouc régénéré.

- 4.1 Régénération chimique
- 4.2 Régénération mécano chimique
 - 4.2.1 Procédé De Link .
 - 4.2.2 Procédé LEVGUM



4.2.3 Travaux de l'Université de Twente

4.3 Régénération thermomécanique .

4.3.1 Mélangeurs classiques

4.3.2 Extrudeuses double vis .

4.3.3 Utilisation du CO2 supercritique .

4.4 Applications

5. Pyrolyse

6. Caoutchouc recyclé en coupage de polymères thermoplastiques

7. Conclusion

8. Glossaire .

G2410

L'industrialisation d'une filière, la fabrication d'un métier : cas de la valorisation des pneus usagés en France

Par **Éric FABIEW**

1. Parution du décret et organisation de la filière .

1.1 Contexte européen .

1.2 Choix français .

1.2.1 Grands principes posés Par le code de l'environnement

1.2.2 Création d'organismes pour répondre aux obligations des producteurs .

1.3 Obligations des acteurs de la filière

1.3.1 Les producteurs et leurs obligations

1.3.2 Les distributeurs, les détenteurs et leurs obligations

1.3.3 Les collecteurs et leurs obligations

1.3.4 Rôle des pouvoirs publics et de l'ADEME .

1.4 Évolutions réglementaires adoptées en10 et à venir .

1.4.1 Nouvelles dispositions prises en10 Par les pouvoirs publics

1.4.2 Révision de la réglementation d'ici à fin12

2. Choix spécifiques d'organisation et de positionnement faits par Aliapur

2.1 Organisation et gouvernance d'Aliapur .

2.1.1 Missions d'Aliapur .

2.1.2 Aliapur en quelques chiffres .

2.1.3 Gouvernance d'Aliapur

2.2 Choix de positionnement d'Aliapur .

2.2.1 Détenteurs

2.2.2 Collecte tri et sites de transformation .

2.2.3 Broyage

2.2.4 Granulation

2.3 Résultats .

2.3.1 Chiffres clés .

2.3.2 Diversification des voies de valorisation

2.3.3 Actions pour la résorption des stocks historiques .

2.3.4 Des emplois créés, des professionnels formés

2.3.5 Sortie du statut de déchet .

3. Conclusion

G2042

La R&D au service de l'industrialisation d'une filière de valorisation des déchets - Cas du département R&D d'Aliapur.

Par **Catherine CLAUZADE**

1. Axes de travail de la R&D dans une filière de gestion des produits en fin de vie



- 1.1 Sécuriser les voies de valorisation
- 1.2 Rechercher de nouveaux débouchés ou dynamiser les débouchés existants .
- 1.3 Participer à la professionnalisation et à l'industrialisation de la filière
- 1.4 Identifier les solutions offrant les meilleures plus-values environnementales .
- 2. Spécificités de la R & D'appliquée à la valorisation de produits en fin de vie**
- 2.1 Organiser l'échange avec les domaines applicatifs
- 2.2 S'ouvrir aux multiples qualités de la matière première secondaire
- 2.3 Dépasser la question de l'hétérogénéité.
- 2.4 Mettre au point et valider des protocoles de caractérisation .
- 3. Organiser la visibilité des résultats, disséminer les connaissances .**
- 4. Conclusion**

G2043

Bilan environnemental des solutions de valorisation des pneus usagés non réutilisables (PUNR).

Par **Catherine CLAUZADE**

- 1. Finalité de l'étude .**
- 2. Analyse du cycle de vie appliquée aux solutions de valorisation des PUNR**
- 2.1 Définition du champ de l'étude .
- 2.1.1 Unité fonctionnelle
- 2.1.2 Délimitation des frontières du système
- 2.1.3 Prise en compte des impacts évités par la valorisation .
- 2.2 Construction des inventaires .
- 2.3 Flux et impacts environnementaux étudiés
- 2.4 Résultats et interprétation .
- 2.4.1 Panorama global des résultats
- 2.4.2 Contribution des étapes de transport et de préparation des PUNR .
- 2.4.3 Valorisation en gazons synthétiques
- 2.4.4 Valorisation en cimenterie.
- 2.4.5 Valorisation en bassin infiltrant
- 2.4.6 Analyses de sensibilité
- 2.4.7 Mise en perspective des résultats par des équivalences de la vie courante
- 3. Enseignements et perspectives .**
- 4. Annexes.**

J3990

Fin de vie des silicones.

Par **Baptiste LAUBIE, Patrick GERMAIN**

- 1. Les silicones : du silicium au matériau .**
- 1.1 Structure générale et chimie des silicones .
- 1.2 Classification des silicones.
- 1.3 Application et marché des silicones
- 2. Entrée des silicones dans l'environnement .**
- 2.1 Filières de traitement et compartiments environnementaux
- 2.2 Répartition du déchet silicone .
- 2.3 Recyclage des silicones
- 3. Dégradation des silicones dans l'environnement**
- 3.1 Dégradation physico-chimique
- 3.2 Dégradation biologique
- 4. Devenir des silicones dans l'environnement .**
- 4.1 Propriétés des silicones en lien avec leur devenir environnemental .
- 4.2 Devenir en stations d'épuration.
- 4.3 Devenir en installations de stockage .
- 4.4 Devenir dans les sols et sédiments .
- 4.5 Devenir dans l'atmosphère
- 5. Conclusion.**



S4/24819 Caractérisation et propriétés d'usage des composites**AM5305** *Liaison renfort/matrice - Définition et caractérisation.**Par Anne BERGERET, Patricia KRAWCZAK***1. Définition et structure de la liaison renfort/matrice .**

- 1.1 Ensimages et traitements de surface.
- 1.2 Interface/interphase.
- 1.3 Importance pratique de l'interface .

2. Caractérisation de l'interface/interphase .

- 2.1 Analyses microscopiques et physico-chimiques
 - 2.1.1 Analyses microscopiques
 - 2.1.2 Analyses physico-chimiques .
- 2.2 Analyses micromécaniques
 - 2.2.1 Compression de diabolos
 - 2.2.2 Pull-out et microgoutte.
 - 2.2.3 Fragmentation.
 - 2.2.4 Micro-indentation et push-out.
 - 2.2.5 Analyse critique des méthodes micromécaniques
- 2.3 Analyses macromécaniques.
 - 2.3.1 Caractéristiques mécaniques instantanées
 - 2.3.2 Caractéristiques d'amorçage et propagation de fissures. Mécanique de la rupture
 - 2.3.3 Caractéristiques d'endommagement. Émission acoustique
 - 2.3.4 Caractéristiques viscoélastiques. Spectrométrie mécanique dynamique et par fluage thermostimulé
 - 2.3.5 Caractéristiques diélectriques. Spectrométrie diélectrique
- 2.4 Stratégie de caractérisation de l'interface renfort/matrice.

AM5306 *Liaison renfort/matrice - Modélisation de l'interface.**Par Anne BERGERET, Patricia KRAWCZAK***1. Modélisation mécanique**

- 1.1 Modèles dérivés de la rhéologie des suspensions.
- 1.2 Modèles phénoménologiques
- 1.3 Modèles analytiques de transfert de charge .
- 1.4 Modèles d'assemblage .
- 1.5 Modèles d'homogénéisation

2. Modélisation viscoélastique .**3. Modélisation physique ou physico-chimique .**

- 3.1 Modèle de Lipatov .
- 3.2 Modélisations de la mobilité moléculaire .

4. Modélisation thermodynamique**5. Approche méthodologique couplée****AM5307** *Liaison renfort/matrice - Comportement des composites.**Par Anne BERGERET, Patricia KRAWCZAK***1. Comportement mécanique instantané****2. Comportement au vieillissement**

- 2.1 Vieillissement hygrothermique et au contact de liquides
 - 2.1.1 Description des processus de vieillissement .
 - 2.1.2 Rôle de l'interface renfort/matrice.
- 2.2 Vieillissement photochimique

3. Comportement mécanique à long terme

- 3.1 Fatigue dynamique
- 3.2 Fluage .
- 3.3 Couplage de sollicitations mécaniques et environnementales .



AM5310***Estimation des propriétés mécaniques des polymères renforcés.****Par Christophe BINETRUY***1. Concept d'homogénéisation****2. Approches multi-échelles pour matériaux hétérogènes**

2.1 Loi de comportement élastique homogénéisée.

2.1.1 Écriture générale

2.1.2 Relation de symétrie matérielle

2.1.3 Théorèmes de la théorie micromécanique

2.2 Analogie avec d'autres physiques.

3. Schémas et formules d'homogénéisation

3.1 Polymères chargés d'inclusions sphériques

3.1.1 Bornes de Voigt et Reuss

3.1.2 Bornes d'Hashin-Shtrikman

3.1.3 Modèle des sphères composites ou microstructure de Hashin.

3.1.4 Schéma de distribution diluée

3.1.5 Schéma différentiel

3.1.6 Modèle auto-cohérent généralisé.

3.1.7 Approximation de Mori-Tanaka

3.1.8 Bilan

3.2 Polymères renforcés de fibres coupées rectilignes .

3.3 Matériaux composites à renforts fibreux continus

3.3.1 Composites à renforts aléatoires

3.3.2 Composites unidirectionnels continus.

3.3.3 Composites à renforts tissés.

3.3.4 Polymères renforcés de fins feuillets .

3.4 Polymères alvéolaires.

4. Conclusion.**AM5320*****Vieillessement des composites - Mécanismes et méthodologie d'étude.****Par Bruno MORTAIGNE***1. Composites à matrice organique****2. Vieillessement des composites à matrice organique .**

2.1 Durée de vie .

2.2 Vieillessement naturel. Vieillessement accéléré .

2.3 Mécanismes de vieillessement .

2.4 Sites d'action du vieillessement

2.5 Vieillessement et dimensionnement des structures

3. Méthodologie d'étude du comportement à long terme

3.1 Démarche de certification .

3.2 Caractérisation structurale

3.3 Relations structure/propriétés. Évolutions au cours du vieillessement.

3.4 Paramètres d'exposition au vieillessement. Conditions d'utilisation des CMO

4. Matériaux et éprouvettes représentatifs. Conditions d'exposition .

4.1 Éprouvettes d'essai .

4.2 Moyens d'exposition au vieillessement .

5. Comportement en température et à l'humidité

5.1 Exposition en température .



- 5.2 Exposition à l'humidité .
- 5.3 Modélisation
- 6. Autres mécanismes de vieillissement**
- 6.1 Photo-vieillessement
- 6.2 Biodégradation
- 6.3 Érosion .
- 6.4 Corrosion
- 6.5 Agents atmosphériques
- Références bibliographiques .**

AM5321

Vieillessement des composites - Évolution des propriétés et modélisation.

Par **Bruno MORTAIGNE**

- 1. Comportement à long terme**
- 1.1 Méthode de caractérisation
- 1.2 Démarche de modélisation .
- 1.3 Incidence du vieillissement sur les propriétés
- 1.4 Potentiel de durée de vie
- 1.5 Comportement mécanique et durée de vie en service.
- 2. Analyse physico-chimique. Structure et vieillissement**
- 2.1 Évolution de masse des matériaux
- 2.2 Moyens spectroscopiques
- 3. Contrôle de l'intégrité des CMO**
- 3.1 Moyens optiques et microscopiques .
- 3.2 Contrôles non destructifs (CND).
- 4. Analyse thermique.**
- 4.1 Analyse enthalpique différentielle .
- 4.2 Analyse thermomécanique.
- 4.3 Analyse thermogravimétrique
- 4.4 Pyrolyse
- 5. Propriétés mécaniques. Évolutions au cours du vieillissement .**
- 5.1 Essais mécaniques « de base » en statique pour le suivi du vieillissement
- 5.2 Résistance aux chocs. Fissuration
- 5.3 Sollicitations mécaniques spécifiques.
- 5.4 Comportement au fluage
- 5.5 Comportement en fatigue.
- 5.6 Comportement mécanique des interfaces. Tests micromécaniques .
- 6. Évolutions du comportement mécanique à long terme**
- 6.1 Prévisions basées sur l'évolution des propriétés mécaniques
- 6.2 Autres méthodes de prévision .
- Références bibliographiques .**

AM5322

Vieillessement des composites à matrice organique - Outils de modélisation.

Par **Marco GIGLIOTTI, Jean-Claude GRANDIDIER, Marie Christine LAFARIE-FRENOT**

- 1. Contexte.**
- 2. Outils de modélisation du vieillissement des CMO.**
- 2.1 Présentation de la modélisation
- 2.1.1 Généralités sur la modélisation
- 2.1.2 Hypothèses et échelles de modélisation
- 2.1.3 Domaine d'application.
- 2.2 Équations de bilan
- 2.2.1 Définition d'un système évoluant dans le temps



- 2.2.2 Évolution temporelle de la propriété d'un système
- 2.2.3 Évolution temporelle de la masse volumique d'un système et bilans mécaniques
- 2.3 Cadre thermodynamique : thermodynamique des processus irréversibles TIP .
- 2.3.1 Proche équilibre. Thermodynamique des processus irréversibles TIP
- 2.3.2 Approche hors équilibre. Thermodynamique à variables internes TIV
- 2.3.3 Systèmes soumis à des réactions chimiques et à des processus de diffusion .
- 2.3.4 Conclusion
- 2.4 Limites de la présente approche et approches alternatives
- 3. Conclusion.**

AM5323

Vieillessement de matériaux composites à matrice organique - Cas d'études.

Par **Marco GIGLIOTTI, Jean-Claude GRANDIDIER, Marie Christine LAFARIE-FRENOT**

- 1. Contexte**
- 2. Couplage thermomécanique**
 - 2.1 Caractérisation expérimentale.
 - 2.2 Modélisation
 - 2.3 Identification et simulations.
- 3. Couplage diffusio-mécanique .**
 - 3.1 Caractérisation expérimentale.
 - 3.2 Modélisation
 - 3.3 Identification et simulations.
- 4. Couplage thermo-chimico-mécanique : thermo-oxydation .**
 - 4.1 Caractérisation expérimentale.
 - 4.2 Modélisation
 - 4.3 Identification et simulations.
- 5. Conclusion**

AM5330

Comportement au feu des composites.

Par **Serge BOURBIGOT, René DELOBEL, Sophie DUQUESNE**

- 1. Principes caractéristiques du comportement au feu**
 - 1.1 Principe de la combustion .
 - 1.2 Ignifugation des polymères.
- 2. Amélioration du comportement au feu des composites.**
 - 2.1 Propriétés des constituants .
 - 2.1.1 Comportement au feu des résines thermodurcissables
 - 2.1.2 Utilisation de fibres « hautes performances »
 - 2.1.3 Rôle de l'interface renfort/matrice .
 - 2.2 Ignifugation des composites Par ajout d'additifs spécifiques
 - 2.2.1 Addition de dérivés halogénés
 - 2.2.2 Addition d'hydroxydes métalliques.
 - 2.2.3 Systèmes intumescents
 - 2.3 Revêtements retard au feu
 - 2.4 Nanocomposites
 - 2.5 Synergie
- 3. Aspects normatifs liés aux applications industrielles .**
 - 3.1 Réglementation transport
 - 3.1.1 Réglementation automobile.
 - 3.1.2 Réglementation ferroviaire.
 - 3.1.3 Réglementation aéronautique
 - 3.1.4 Réglementation maritime.
 - 3.2 Réglementation bâtiment



4. Conclusion

AM5400

Essais dynamiques sur composites - Caractérisation aux basses fréquences

Par Yvon CHEVALIER

1. Objectifs et principes généraux.

- 1.1 Analyse du problème
- 1.2 Choix des essais

2. Essais Par vibrations de poutres aux basses et moyennes fréquences

- 2.1 Principe de la méthode .
- 2.2 Détermination de la rigidité de flexion d'une poutre .
- 2.3 Détermination du module de rigidité de torsion d'une poutre rectiligne
- 2.4 Détermination du module d'Young de traction.
- 2.5 Détermination des Paramètres rhéologiques des matériaux composites

3. Conclusion .

Références bibliographiques .

AM5401

Essais dynamiques sur composites - Caractérisation aux hautes fréquences.

Par Yvon CHEVALIER

1. Essais Par propagation d'ondes ultrasonores

- 1.1 Principe de la méthode .
- 1.2 Dispositifs d'essais
- 1.3 Discussion et validité des essais ultrasonores

2. Exemple de caractérisation des matériaux composites .

- 2.1 Composite unidirectionnel
- 2.2 Composite stratifié

3. Conclusion .

Références bibliographiques .

AM5405

Essais des plastiques renforcés.

Par Patricia KRAWCZAK

1. Tendances générales**2. Analyse physique de la structure du composite .**

- 2.1 Taux de fibres et de charges, et structure du renfort
- 2.2 Taux de porosité .

3. Analyse de l'interface fibre/matrice .

- 3.1 Analyse microscopique
- 3.2 Analyses physico-chimiques .
- 3.3 Analyses micromécaniques sur composites modèles monofilamentaires
- 3.4 Analyses mécaniques macroscopiques sur composites industriels

4. Essais sur éprouvettes planes et barreaux .

- 4.1 Fabrication des éprouvettes
- 4.2 Détermination du comportement mécanique instantané .
 - 4.2.1 Essais de traction .
 - 4.2.2 Essais de flexion
 - 4.2.3 Essais de cisaillement plan et interlaminaire .
 - 4.2.4 Essais de compression
 - 4.2.5 Essais de choc
 - 4.2.6 Essais de dureté .



- 4.3 Détermination du comportement mécanique à long terme
- 4.4 Essais de vieillissement physique et chimique
- 4.5 Essais de mécanique de la rupture
- 4.6 Autres essais .

5. Essais sur tubes et anneaux .

- 5.1 Essais sur tubes
- 5.2 Essais sur anneaux (NoI ring)

6. Essais sur pièces industrielles .

- 6.1 Essais sur capacités sous pression
- 6.2 Essais sur autres structures .

AM5406

Analyse de défaillance de pièces en composites.

Par *Alain LEMASÇON*

1. Enjeux de l'analyse de défaillance des pièces plastiques et composites

- 1.1 Causes de défaillances de pièces à base de polymères.
- 1.2 Coût des défaillances

2. Démarche analyse de défaillance

- 2.1 Enquête préliminaire .
- 2.2 Recueil d'informations techniques.
- 2.3 Démarche générale .
- 2.4 Première approche des défaillances potentielles .

3. Études de cas

- 3.1 Défaillance d'une citerne en verre-polyester.
- 3.2 Défaillance d'une structure de ballastage de navire.
- 3.3 Défaillance d'un réseau de chauffage Par géothermie.

4. Conclusion .

Références bibliographiques .

AM5407

Essais non destructifs - Contrôle Par ultrasons.

Par *Christian BUDNIK*

1. Description des appareils

- 1.1 Principe de la méthode Par transmission
- 1.2 Boîtiers d'émission et de réception déportés .
- 1.3 Cartes V25 et DIGIT .

2. Acquisition multibuse et suivi du profil de la pièce

- 2.1 Acquisition multibuse .
- 2.2 Suivi du profil de la pièce .

3. Défauts recherchés .

- 3.1 Terminologie des défauts .
- 3.2 Dimensionnement des défauts

4. Acquisition d'une cartographie des défauts

5. Principe de la méthode de contrôle Par réflexion

- 5.1 Appareil
- 5.2 Transducteurs
- 5.3 Étalons
- 5.4 Application de l'agent couplant .
- 5.5 Réglage de l'appareil.

6. Performances du personnel et des installations

- 6.1 Qualification du personnel .
- 6.2 Qualification des performances des installations.



AM5410**Fatigue des matériaux composites renforcés de fibres continues.***Par Jacques RENARD*

1. Mécanismes de dégradation en fatigue .
2. Prédiction de durée de vie en fatigue. Notion de courbe d'endurance .
3. Fatigue en traction .
 - 3.1 Fissuration des plis Par fatigue .
 - 3.2 Délaminage Par fatigue
 - 3.2.1 Mécanismes physiques et états de contraintes locaux
 - 3.2.2 Critère d'amorçage sous sollicitations cycliques .
 - 3.2.3 Validation sur plaques à trous
 - 3.3 Ruptures des fibres. Fatigue des unidirectionnels
 - 3.4 Effet d'une entaille sur la résistance à la fatigue
4. Fatigue en compression.
5. Fatigue en flexion .
6. Fatigue après impact
7. Influence de l'environnement sur la durée de vie en fatigue
8. Dimensionnement en fatigue des structures composites
 - 8.1 Description des lois traditionnelles d'évolution du dommage en fatigue
 - 8.2 Formulation des lois de fatigue .
 - 8.3 Fatigue multiaxiale .
9. Conclusion

S4/24820**Essais normalisés, développement et sécurité des plastiques****** Essais normalisés des plastiques:****AM3505****Normalisation des plastiques***Par Anne-Marie FEUILLE*

1. Généralités.
 - 1.1 Organismes de normalisation dans le monde
 - 1.2 Accords de Vienne .
 - 1.3 Définition de la norme.
 2. Normalisation internationale ISO (hors Europe) .
 - 2.1 Structure de l'ISO
 - 2.2 Normes internationales.
 3. Normalisation européenne (CEN)
 - 3.1 But de la normalisation européenne
 - 3.2 Structure du CEN .
 - 3.3 Normes européennes
 4. Normalisation française
 - 4.1 Association française de normalisation (AFNOR).
 - 4.2 Normes françaises.
 - 4.3 Certification de produits et d'entreprises
 5. Liaisons entre les instances internationales, européennes et françaises
 6. Conclusion .
- Références bibliographiques .



AM3510**Essais mécaniques des plastiques - Caractéristiques instantanées***Par Patricia KRAWCZAK***1. Préparation des éprouvettes et détermination des propriétés.**

- 1.1 Fabrication des éprouvettes et objets-types .
- 1.2 Atmosphères de conditionnement et d'essai
- 1.3 Détermination du comportement mécanique.

2. Détermination du comportement mécanique instantané

- 2.1 Essais de traction.
 - 2.1.1 Éprouvettes et systèmes d'encastrement.
 - 2.1.2 Détermination des efforts et des allongements.
 - 2.1.3 Machines spéciales.
 - 2.1.4 Expression des résultats
- 2.2 Essais de flexion
- 2.3 Essais de compression
- 2.4 Essais de cisaillement .
- 2.5 Essais de choc
 - 2.5.1 Méthodes pendulaires
 - 2.5.2 Méthodes de choc multiaxial Par chute de masses.
 - 2.5.3 Autres méthodes

Références bibliographiques .**Pour en savoir plus.****AM3511****Essais mécaniques des plastiques - Caractéristiques à long terme et ténacité***Par Patricia KRAWCZAK***1. Détermination du comportement mécanique à long terme**

- 1.1 Essais de fatigue statique .
 - 1.1.1 Fluage
 - 1.1.2 Relaxation
- 1.2 Essais de fatigue dynamique
 - 1.2.1 Principe général des essais
 - 1.2.2 Dispositifs expérimentaux .
 - 1.2.3 Expression des résultats
- 1.3 Essais de fissuration sous contrainte dans un environnement donné (ESC)
 - 1.3.1 Prévision du phénomène .
 - 1.3.2 Principes généraux des essais.
 - 1.3.3 Essais sur éprouvettes .
 - 1.3.4 Essais sur demi-produits et objets finis

2. Détermination de la résistance à la fissuration (ténacité) .

- 2.1 Principes de la mécanique de la rupture .
 - 2.1.1 Concepts de la LEFM
 - 2.1.2 Concepts de la PYFM
- 2.2 Méthodes d'essai.
 - 2.2.1 Flexion et traction sur éprouvette entaillée
 - 2.2.2 Choc sur éprouvette entaillée
 - 2.2.3 Fatigue dynamique sur éprouvette entaillée
- 2.3 Intérêt de la mécanique de la rupture

Références bibliographiques

AM3512**Essais mécaniques des plastiques - Essais rhéologiques et thermiques**Par **Patricia KRAWCZAK****1. Détermination des propriétés rhéologiques à l'état solide .**

1.1 Méthodes d'oscillations libres

1.1.1 Pendule de torsion

1.1.2 Pendule de flexion (appareil dit de Le Rolland-Sorin) .

1.2 Méthodes de résonance

1.2.1 Excitation continue .

1.2.2 Excitation impulsionnelle.

1.3 Méthodes de vibrations forcées .

1.4 Méthodes de propagation d'ondes

2. Détermination des caractéristiques thermomécaniques de volume.

2.1 Coefficient de dilatation thermique et retrait

2.1.1 Coefficient de dilatation thermique.

2.1.2 Stabilité dimensionnelle et retrait .

2.2 Températures conventionnelles .

2.2.1 Températures de ramollissement Vicat.

2.2.2 Températures de fléchissement sous charge .

2.2.3 Température de déformation à la chaleur (Martens) .

2.2.4 Température de ramollissement bille et anneau

2.2.5 Température de fragilité à froid.

3. Détermination des caractéristiques mécaniques de surface.

3.1 Essais de dureté.

3.1.1 Méthodes statiques

3.1.2 Méthodes dynamiques.

3.1.3 Corrélations

3.2 Essais tribologiques

3.2.1 Coefficients de frottement

3.2.2 Taux d'usure

3.2.3 Limite pression-vitesse

3.2.4 Résistance à la rayure

3.2.5 Résistance à la cavitation.

3.3 Essais de rugosité

3.4 Essai de choc superficiel .

AM3521**Essais normalisés d'environnement des plastiques**Par **Virginie SABIN CHIARILLI****1. Exposition aux micro-organismes**

1.1 Principe

1.2 Expression des résultats.

2. Exposition aux intempéries et à la lumière du jour.

2.1 Conditions d'exposition

2.2 Quantité d'énergie reçue Par les éprouvettes

2.3 Mode opératoire

3. Exposition à la lumière artificielle .

3.1 Considérations générales.

3.2 Guides

3.3 Utilisation de lampes à arc au xénon

3.4 Utilisation de tubes fluorescents .

3.5 Utilisation de lampes à arc au carbone protégé.

3.6 Utilisation de lampes à vapeur de mercure moyenne pression .

4. Biodégradabilité.

4.1 Biodégradabilité en milieu aqueux



- 4.2 Biodégradabilité dans le sol.
- 4.3 Biodégradabilité et désintégration dans des conditions de compostage
- 5. Effet de l'eau**
- 5.1 Absorption d'eau sur les polymères solides
- 5.2 Tolérance à l'eau .
- 6. Contact avec des agents chimiques ou des matériaux solides .**
- 6.1 En l'absence de contrainte mécanique .
- 6.2 Fissuration sous contrainte
- 7. Exposition à la chaleur et à l'humidité .**
- 7.1 Températures et durées d'essai préférentielles .
- 7.2 Exposition à la chaleur sèche.
- 7.3 Exposition continue ou cyclique à la chaleur humide, au brouillard d'eau et au brouillard salin.
- 8. Utilisation Particulière des essais d'environnement.**

AM3540**Essais normalisés de réaction au feu**Par *Alain SAINRAT, Loïc CHESNÉ***1. Principes généraux et vocabulaire****2. Essais de réaction au feu Par caractéristiques à déterminer**

- 2.1 Inflammabilité
- 2.1.1 Essai UL4
- 2.1.2 Méthode au fil chauffant
- 2.2 Mesure de l'indice d'oxygène
- 2.3 Mesure de la température d'auto-inflammation des gaz de combustion⁶
- 2.4 Mesure de l'opacité des fumées.
- 2.5 Analyse des gaz de combustion.
- 2.6 Mesure de la corrosivité des fumées .
- 2.7 Mesure du débit calorifique

3. Essais en vraie grandeur et à échelle intermédiaire

- 3.1 Essais en vraie grandeur.
- 3.1.1 Essais dans une petite pièce
- 3.1.2 Essais dans une grande pièce .
- 3.2 Essais à échelle intermédiaire

Références bibliographiques .**AM5323****Vieillessement de matériaux composites à matrice organique - Cas d'études**Par *Marco GIGLIOTTI, Jean-Claude GRANDIDIER, Marie Christine LAFARIE-FRENOT***1. Contexte****2. Couplage thermomécanique**

- 2.1 Caractérisation expérimentale.
- 2.2 Modélisation
- 2.3 Identification et simulations.

3. Couplage diffuso-mécanique .

- 3.1 Caractérisation expérimentale.
- 3.2 Modélisation
- 3.3 Identification et simulations.

4. Couplage thermo-chimico-mécanique : thermo-oxydation

- 4.1 Caractérisation expérimentale.
- 4.2 Modélisation
- 4.3 Identification et simulations.

5. Conclusion

AM3658**Sécurité dans les techniques d'extrusion***Par Maurice NIVON, Guy SANLIAS***1. Les installations et leur mise en sécurité**

- 1.1 Installations
- 1.2 Mise en sécurité des machines et des installations
- 1.3 Sécurité des techniques d'extrusion

2. Préparation des mélanges .

- 2.1 Incorporation des adjuvants
- 2.2 Protection des mélangeurs .

3. Utilisation des extrudeuses

- 3.1 Phénomènes dangereux et zones de danger
- 3.2 Mesures de sécurité

4. Souffleuses de gaines.

- 4.1 Cylindres (rouleaux pinceurs).
- 4.2 Groupe de tirage
- 4.3 Traitement de surface Par effluage

5. Bancs d'extrusion de profilés

- 5.1 Risques mécaniques et mesures de sécurité .
- 5.2 Risques électriques
- 5.3 Risques occasionnés Par le bruit

6. Machines d'extrusion-soufflage.

- 6.1 Description des installations.
- 6.2 Risques .
- 6.3 Mesures de sécurité

AM3698**Sécurité dans les techniques d'injection***Par Maurice NIVON***1. Mise en sécurité des machines**

- 1.1 Catégories de performance
- 1.2 Sécurité dans les techniques d'injection .

2. Les matières

- 2.1 Conditionnement et mode de stockage.
- 2.2 Phénomènes dangereux .
- 2.3 Mesures de sécurité

3. Machine à injecter .

- 3.1 Composition et fonctionnement.
- 3.2 Phénomènes dangereux et zones dangereuses .
- 3.3 Mesures de sécurité générales.
- 3.4 Mesures de sécurité spécifiques
- 3.5 Vérifications techniques

4. Moules.

- 4.1 Situations dangereuses.
- 4.2 Mesures de sécurité

5. Équipements auxiliaires .

- 5.1 Dispositifs d'alimentation .
- 5.2 Robot manipulateur.
- 5.3 Dispositifs de changement de moules.
- 5.4 Granulateur installé dans la zone d'évacuation
- 5.5 Table pivotante sur machine à injecter verticale.

AM3748**Sécurité dans la transformation des plastiques***Par Maurice NIVON***1. Mise en sécurité des machines et des installations**

- 2. Moulage par compression .



- 2.1 Presses. Mode de fonctionnement.
- 2.2 Phénomènes et situations dangereux. Zones de risque
- 2.3 Mesures de sécurité
- 3. Moulage par réaction**
- 3.1 Installations de moulage Par réaction .
- 3.2 Phénomènes et situations dangereux .
- 3.3 Mesures de sécurité
- 4. Fabrication des granulés de matière**
- 4.1 Machines
- 4.2 Phénomènes dangereux, situations dangereuses. Zones de risque.
- 4.3 Prescriptions de sécurité et mesures de prévention
- 5. Calandrage .**
- 5.1 Machines utilisées .
- 5.2 Phénomènes et situations dangereux .
- 5.3 Mesures de sécurité
- 6. Recyclage des déchets .**
- 6.1 Machines utilisées .
- 6.2 Phénomènes et situations dangereux. Zones de risque
- 6.3 Mesures de sécurité

S4/24821 Finitions des plastiques, conceptions des pièces et recyclage

AM3750

Décoration et impression des surfaces en plastiques

Par **Maurice REYNE**

1. Traitements de Préparation

2. Impression et décor sur support rigide

- 2.1 Impression localisée sur petite surface
 - 2.1.1 Moulage direct (en creux ou en relief).
 - 2.1.2 Surmoulage bicolore.
 - 2.1.3 Pose de décor dans le moule .
 - 2.1.4 Jet d'encre (ultrasons)
 - 2.1.5 Laser .
 - 2.1.6 Sérigraphie.
 - 2.1.7 Marquage à chaud.
 - 2.1.8 Tampographie
- 2.2 Impression décorative sur grande surface.
 - 2.2.1 Coloration dans la masse (colorants maîtres et liquides)
 - 2.2.2 Peinture classique .
 - 2.2.3 Grainage.
 - 2.2.4 Flocage .
 - 2.2.5 Plaxage .
 - 2.2.6 Transfert .
 - 2.2.7 Sublimation
- 2.3 Décor Par dépôt métallique .
 - 2.3.1 Métallisation sous vide (sur pièces ou sur films) .
 - 2.3.2 Pulvérisation cathodique (dite « sputtering »)
 - 2.3.3 Electrochromage (galvanoplastie) .
- 3. Impression et décor sur support flexible .**
- 3.1 Flexographie .
- 3.2 Hélio gravure .
- 3.3 Offset (ou report)



AM3755**Procédés d'assemblage des plastiques***Par Maurice REYNE*

- 1. Collage**
- 2. Soudage**
 - 2.1 Soudage sans apport
 - 2.2 Soudage avec apport
 - 2.3 Autres types de fixations permanentes .
- 3. Assemblages démontables**
 - 3.1 Encliquetage.
 - 3.2 Bande « Velcro ».
 - 3.3 Vissage .
 - 3.4 Insertion
 - 3.5 Charnière flexible.

AM3758**Assemblage des matériaux par collage***Par Evelyne DARQUE-CERETTI, Bernard MONASSE*

- 1. Intérêt et comparaison du collage avec d'autres modes d'assemblage .**
- 2. Classement et sélection des adhésifs**
 - 2.1 Sélection d'une colle
 - 2.2 Classement .
- 3. Préparation des surfaces .**
 - 3.1 Surfaces de métaux et polymères
 - 3.2 Surface de verre .
 - 3.3 Bois et textiles
 - 3.4 Autres (dents, tissus humains) .
- 4. Mise en œuvre .**
 - 4.1 Rhéologie
 - 4.2 Transformation physique et réaction chimique
 - 4.3 Temps de réaction (application) .
 - 4.4 Temps de réaction (avant emploi)
 - 4.5 Gradient de propriétés dans la colle
- 5. Essais d'adhérence – durabilité**
 - 5.1 Modes de sollicitation
 - 5.2 Durabilité
- 6. Hygiène et sécurité**
- 7. Conclusions et limitations .**

AM3760**Assemblage des thermoplastiques par soudage***Par Gérard JOLY*

- 1. Éléments de base sur le soudage**
 - 1.1 Phénomènes d'interface. Éléments de physique
 - 1.2 Caractérisation d'une soudure .
- 2. Procédés de soudage**
 - 2.1 Techniques de soudage.
 - 2.2 Soudage Par transfert thermique .
 - 2.3 Soudage Par friction
 - 2.4 Soudage Par rayonnement .
- 3. Facteurs influents**
 - 3.1 Paramètres de soudage
 - 3.2 Influence des polymères en contact
 - 3.3 Prise en compte de la pièce à réaliser .
 - 3.4 Critères de choix
- 4. Maîtrise de la qualité du soudage .**
 - 4.1 Contrôle des assemblages



4.2 Exigences sur le mode opératoire

5. Mesures de sécurité

AM3780

Usinage des polymères

Par *Alain DESSARTHE*

1. Généralités

1.1 Comportements vis-à-vis de l'usinage .

1.2 Spécificité du procédé

2. Usinage Par enlèvement de copeaux

2.1 Cisailage, poinçonnage.

2.2 Sciage

2.3 Tournage .

2.4 Fraisage et gravure.

2.5 Perçage et alésage

2.6 Filetage, taraudage.

2.7 Limage, rabotage. Ébavurage .

2.8 Meulage, ponçage, sablage.

2.9 Polissage .

3. Paramètres Par famille de polymères .

3.1 Polystyrène et ABS.

3.2 Polyéthylène et polypropylène

3.3 PVC

3.4 Polymères cellulosiques

3.5 Polymères acryliques .

3.6 Polycarbonates .

3.7 Poly(oxyde de phénylène) (PPO).

3.8 Polyoxyméthylènes ou acétals

3.9 Polyesters thermoplastiques (PET, PBT).

3.10 Polyamides et polyamides-imides (PAI) .

3.11 Polymères fluorés (PTFE, PVDF) .

3.12 Polysulfones, polyétherimide et polycétones

3.13 Thermodurcissables.

3.14 Polyuréthanes et caoutchoucs

4. Autres procédés

4.1 Découpe Par laser.

4.2 Découpe au jet d'eau

AM3785

Mise en peinture des plastiques

Par *Evelyne DARQUE-CERETTI, Bernard MONASSE*

1. Propriétés des polymères avant mise en peinture .

1.1 Différents types de polymères .

1.2 Types de fonctions chimiques

1.3 Propriétés mécaniques et thermiques .

1.4 Influence du procédé de transformation .

2. Mise en peinture des polymères

2.1 Traitement de surface.

2.1.1 Sablage ou microbillage

2.1.2 Dégraissage

2.1.3 Flammage des polyoléfines.

2.1.4 Plasma

2.1.5 Traitement Corona .

2.2 Composition d'une peinture – Différents types.

2.3 Constitution des différentes couches de peinture.

2.4 Formation des différentes couches

2.5 Modes de dépôt



2.6 Propriétés mécaniques des feuillets de peinture

3. Propriétés des pièces peintes

3.1 Adhérence de la peinture.

3.1.1 Essai de rayure

3.1.2 Essai de quadrillage

3.1.3 Essai de nettoyeur haute pression

3.1.4 Essai de bac Ford.

3.1.5 Essai de gravillonnage

3.1.6 Mesures d'adhérence.

3.2 Aspect visuel

3.3 Ductilité(souplesse) de la peinture .

3.4 Comportement au vieillissement .

3.5 Effet de la couche de peinture sur les propriétés du substrat⁹

3.5.1 Influence des solvants .

3.5.2 Propriétés de la peinture .

3.5.3 Effet d'entaille

3.6 Autres essais

4. Évolution des coûts

5. Conclusion

M1550

Métallisation des plastiques - Préparation Par voie chimique

Par *Sandrine DALBIN, Nicolas POMMIER*

1. Secteurs applicatifs .

2. Principe .

3. Moulage et design pour la métallisation des plastiques.

4. Prétraitement chimique

5. Métallisation par voie électrolytique

6. Guide des défauts et remèdes

7. Différents types de matières plastiques

8. Autres procédés de métallisation des plastiques .

9. Hygiène et sécurité – Règlementation pour les rejets .

10. Conclusion

AM3810

Conception d'un objet

Par *Michel CHATAIN*

1. Analyse fonctionnelle.

1.1 Remarques préliminaires

1.2 Principales fonctions .

1.3 Conditions de fonctionnement .

2. Caractéristiques limites de l'objet

2.1 Caractéristiques géométriques et structurales .

2.2 Contraintes et caractéristiques limites acceptables

2.3 Indices de performance.

3. Choix des matériaux .

3.1 Démarche .

3.2 Qualités spécifiques des plastiques .

3.3 Qualités spécifiques des composites à matrice organique

3.4 Problèmes relatifs aux banques de données « plastiques »

4. Choix des technologies

4.1 Produits transformables

4.2 Caractéristiques géométriques et structurales générales

4.3 Correspondances géométrie-technologie-produits

4.4 Choix du couple matériau-technologie



5. Définition précise de la forme de l'objet

- 5.1 Optimisation morphologique .
- 5.2 Optimisation rhéologique et thermocinétique
- 5.3 Prototype

6. Logiciels

- 6.1 Systèmes généraux
- 6.2 Moyens spécifiques.

AM3832***Recyclage des thermoplastiques****Par Jean-Jacques ROBIN***1. Contexte. Situation générale**

- 1.1 Les déchets : principaux gisements, origines, caractéristiques.
- 1.2 Dispositifs de collecte

2. Méthodes de recyclage

- 2.1 Présentation des diverses stratégies envisagées .
- 2.2 Filières de recyclage des thermoplastiques

3. Recyclage monomatière.

- 3.1 Méthodes de tri et de purification des gisements
- 3.2 Méthodes de régénération
- 3.3 Méthodes de mise en œuvre sur machine de transformation.
- 3.4 Principales applications

4. Recyclage des mélanges de matières plastiques

- 4.1 Problématique des mélanges de matières plastiques
- 4.2 Préparation des lots de matières avant mise en œuvre.
- 4.3 Méthodes de mise en œuvre des matières .
- 4.4 Agents compatibilisants
- 4.5 Principales applications

5. Conclusions et perspectives.**AG6287*****Plastiques biosourcés et plastiques recyclés dans l'emballage****Par Vincent COLARD***1. Plastiques complémentaires pour le marché de l'emballage .**

- 1.1 Polymères utilisés dans l'emballage en France
- 1.2 Marchés des emballages plastiques et incidence sur le choix des matériaux
- 1.3 Matériaux innovants et matériaux de substitution.

2. Plastiques recyclés

- 2.1 Travail de toute la chaîne de valeur.
- 2.2 Verrous organisationnels et techniques
- 2.3 Enjeux pour le développement des plastiques recyclés

3. Plastiques biosourcés.

- 3.1 Famille des plastiques biosourcés au service des emballages .
- 3.2 Freins spécifiques et freins liés à tout produit innovant
- 3.3 Enjeux pour le développement des plastiques biosourcés .

4. Conclusion .**5. Glossaire.****S4/24822****Matériaux composites : présentation et renforts****AM5110*****Microsphères creuses de verre pour mousses syntactiques****Par Jean-Marie RUCKEBUSCH***1. Microsphères creuses de verre**

- 1.1 Origine .
- 1.2 Procédés de fabrication
- 1.3 Caractéristiques physico-chimiques
- 1.4 Traitements de surface .
- 2. Mousses syntactiques**
- 2.1 Définition .
- 2.2 Nature et choix du liant de base
- 2.3 Modes de fabrication
- 2.4 Propriétés physiques
- 3. Principaux débouchés des microsphères .**
- 3.1 Mousses syntactiques
- 3.2 Autres applications .
- 4. Autres charges cellulaires utilisées avec les microsphères de verre**
- 4.1 Cenosphères
- 4.2 Microsphères de résines synthétiques
- 4.3 Perlites .
- 5. Conclusion.**
- 6. Glossaire**

AM5118***Fibres et fils à usage technique****Par Laurence CARAMARO*

- 1. Définitions et vocabulaire .**
- 2. Principales catégories**
- 2.1 Fibres naturelles
- 2.2 Fibres artificielles.
- 2.3 Fibres synthétiques .
- 2.4 Fibres de spécialités
- 2.4.1 Fibres organiques à hautes performances .
- 2.4.2 Fibres inorganiques
- 2.4.3 Fils et filés hybrides
- 2.5 Fibres fonctionnalisées .
- 3. Procédés de fabrication .**
- 4. Propriétés .**
- 4.1 Propriétés physiques et mécaniques .
- 4.2 Propriétés thermiques.
- 4.2.1 Fibres organiques .
- 4.2.2 Fibres inorganiques
- 4.3 Propriétés électriques
- 4.4 Propriétés chimiques.

AM5119***Textiles à usage technique****Par Laurence CARAMARO*

- 1. Architectures textiles .**
- 1.1 Fabrication des surfaces textiles
- 1.1.1 Tissage.
- 1.1.2 Tricotage
- 1.1.3 Technique de fabrication des non-tissés.
- 1.1.4 Tressage.
- 1.2 Caractéristiques des surfaces textiles
- 1.3 Textiles 3D
- 1.3.1 Tissage.
- 1.3.2 Tricotage
- 1.3.3 Tressage.
- 1.3.4 Non-tissés



- 2. Traitements
- 3. Domaines d'emploi

AM5122***Textures textiles tridimensionnelles***Par **Guy NEMOZ**

- 1. Généralités.
- 2. Description des textures textiles tridimensionnelles
 - 2.1 Tissage .
 - 2.1.1 Tissus multicouches avec ondulation des fils
 - 2.1.2 Tissage de type orthogonal, circonférentiel ou polaire avec fils droits
 - 2.1.3 Tissage double Paroi, multiple Paroi
 - 2.1.4 Tissage en forme
 - 2.1.5 Autres procédés de tissage
 - 2.2 Tricotage.
 - 2.3 Tressage .
 - 2.4 Les non-tissés
- 3. Caractérisation .
- 4. Fonction et applications
 - 4.1 Généralités .
 - 4.2 Fonction mécanique
 - 4.3 Fonction d'échange .
 - 4.4 Fonction renfort de matériaux
 - 4.4.1 Propriétés
 - 4.4.2 Applications
 - 4.5 Fonction protection .

AM5130***Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites***Par **Christophe BALEY**

- 1. Enjeux . 2. Présentation des différentes fibres naturelles .
 - 2.1 Classification
 - 2.2 Comparaison des propriétés mécaniques en traction de diverses fibres .
- 3. Fibres d'origine végétale.
 - 3.1 Structure et composition
 - 3.1.1 Modèle simplifié.
 - 3.1.2 Constituants des Parois végétales
 - 3.1.3 Structure détaillée
 - 3.2 Types de fibres
 - 3.2.1 Lin
 - 3.2.2 Ortie.
 - 3.2.3 Ramie
 - 3.2.4 Chanvre.
 - 3.2.5 Jute
 - 3.2.6 Agaves
 - 3.2.7 Palmiers
 - 3.2.8 Kénaf .
 - 3.2.9 Bananiers
 - 3.2.10 Coton.
 - 3.3 Comportement en traction d'une fibre végétale
 - 3.4 Traitements des fibres
- 4. Fibres d'origine animale
 - 4.1 Ver à soie
 - 4.2 Araignée.
 - 4.3 Comportement mécanique en traction .
- 5. Matériaux composites et fibres naturelles
 - 5.1 Généralités.



- 5.2 Technologies de transformation
- 5.3 Biocomposites (biofibres + biopolymères)
- 5.4 Propriétés mécaniques .
- 6. Conclusion et perspectives

NM3491***Nanocomposites polymères à renfort cellulosique***Par **Alain DUFRESNE**

- 1. Mise en œuvre .
 - 1.1 Milieu liquide .
 - 1.1.1 L'eau .
 - 1.1.2 Autres solvants polaires
 - 1.1.3 Échange de solvant .
 - 1.2 Fonctionnalisation de la surface cellulosique .
 - 1.3 Mise en œuvre à l'état fondu.
- 2. Propriétés mécaniques des nanocomposites
 - 2.1 Propriétés générales
 - 2.2 Morphologie des nanoparticules
 - 2.3 Procédé de mise en œuvre
 - 2.4 Microstructure de la matrice et interactions matrice/renfort
- 3. Propriétés de gonflement et barrière des nanocomposites.
- 4. Perspectives et évolution
- 5. Conclusion
- 6. Glossaire .

AM5132***Fibres de verre de renforcement***Par **Anne BERTHEREAU, Eric DALLIES**

- 1. Différents types de verre .
- 2. Propriétés des fibres .
 - 2.1 Remarques préliminaires
 - 2.2 Propriétés générales
 - 2.3 Propriétés mécaniques
- 3. Procédés de fabrication .
 - 3.1 Composition et matières premières .
 - 3.2 Fusion. Élaboration du verres .
 - 3.3 Filage/Ensimage
 - 3.4 Production de demi-produits (ou finissage)
 - 3.5 Environnement/recyclabilité .
- 4. Présentations industrielles des renforts en verre textile .
 - 4.1 Fils textiles
 - 4.2 Stratifils (ou rovings) .
 - 4.3 Tissus et non tissés multidirectionnels
 - 4.4 Mats.
 - 4.5 Complexes
 - 4.6 Fils coupés
 - 4.7 Fibres broyées
 - 4.6 Comêlés fils de verre/fils thermoplastiques
- 5. Utilisation des produits
 - 5.1 Transport. Stockage.
 - 5.2 Hygiène. Toxicité

AM5133***Mats de verre à filaments continus***Par **Joseph GULINO**

- 1. Principaux procédés appliqués au mat à filaments continus
 - 1.1 Procédé continu : pultrusion .



AM5134

Fibres de carbonePar **Guy DUPUPET****1. Procédés de fabrication des fibres de carbone .**

1.1 Fibres de carbone pour usages thermiques

1.1.1 Précurseur rayonne.

1.1.2 Précurseur brai

1.2 Fibres de carbone pour applications de renforcement .

1.2.1 Précurseur brai de mésophase

1.2.2 Précurseur polyacrylonitrile (PAN)

1.3 Comparaison des fibres de carbone ex-PAN et ex-brai de mésophase

2. Propriétés des fibres de carbone .

2.1 Propriétés mécaniques

2.1.1 Propriétés en traction, cisaillement et compression

2.1.2 Comparaison avec les autres fibres à usages de renforcement .

2.2 Autres propriétés .

2.2.1 Propriétés électriques .

2.2.2 Propriétés thermiques

2.2.3 Propriétés tribologiques .

2.2.4 Transparence aux rayons X .

2.3 Recyclage

3. Matériaux Particuliers .

3.1 Composites carbone/carbone .

3.2 Fibres de carbone métallisées

3.3 Fibres de carbone coupées et fibres de carbone broyées

4. Principales applications .

4.1 Aéronautique et espace .

4.2 Sport et loisirs

4.3 Industrie

5. Conclusion

AM5205

Nanocomposites polymères/silicates en feuilletsPar **Jean-Michel GLOAGUEN, Jean-Marc LEFEBVRE****1. Qu'est-ce qu'un nanocomposite ?.**

1.1 Nanocomposites à matrice polymère

1.2 Travaux originels .

2. Argiles .

2.1 Caractéristiques communes .

2.2 Structure des smectites.

2.3 Capacité d'échange cationique (CEC)

3. Structure des nanocomposites

3.1 Morphologie des nanocomposites

3.2 Modification des argiles

3.3 Élaboration des nanocomposites.

3.3.1 Mélange en solution.

3.3.2 Polymérisation in situ.

3.3.3 Mélange à l'état fondu .

4. Propriétés des nanocomposites

4.1 Propriétés thermiques et propriétés barrière

4.1.1 Stabilité thermique .

4.1.2 Propriétés de retard au feu



- 4.1.3 Propriétés barrière
- 4.2 Propriétés mécaniques
 - 4.2.1 Élasticité
 - 4.2.2 Propriétés viscoélastiques .
 - 4.2.3 Plasticité et rupture.
 - 4.2.4 Propriétés de résistance au choc.
 - 4.2.5 Propriétés à long terme

5. Applications des nanocomposites

- 5.1 Propriétés barrière.
- 5.2 Propriétés de retard au feu .
- 5.3 Propriétés structurales
- 5.4 Limitations et enjeux .

AM5141

Structures sandwiches

Par **Christophe BINÉTRUY**

1. Intérêt des sandwiches .

2. Matériaux pour la construction sandwich

- 2.1 Peaux rigides
- 2.2 Âmes .
- 2.3 Adhésifs
- 2.4 Particularités liées à l'allègement de structures

3. Règles de conception

- 3.1 Introduction
- 3.2 Rigidité en flexion et optimisation
- 3.3 Résistance .

4. Fabrication .

- 4.1 Technologies Par voie humide (imprégnation directe)
- 4.2 Technologies Par voie sèche (imprégnation indirecte)
- 4.3 Assemblage Par collage
- 4.4 Moussage in situ
- 4.5 Moulage de panneaux en continu
- 4.6 Moulage « one-shot » à Partir de tissus 3D .

5. Techniques de jonction, finition et courbure de pièces sandwiches .

- 5.1 Méthodes de jonction et connexion .
- 5.2 Méthodes de finition des bords
- 5.3 Inserts
- 5.4 Méthodes de pliage .

6. Applications .

M5810

Structures sandwich acier/polymère/acier

Par **Didier VERCHERE**

1. Contexte .

2. Substrats aciers et aciers prélaqués

- 2.1 Aciers galvanisés à chaud
- 2.2 Aciers prélaqués.
- 2.3 Différentes a^ mes organiques .
- 2.4 Propriétés finales recherchées .
- 2.5 Matériaux pour l'allègement
- 2.6 Matériaux sandwich pour la tenue aux chocs (crash résistance) .
- 2.7 Matériaux sandwich pour l'isolation thermique .
 - 2.7.1 Mousses polyuréthanes
 - 2.7.2 Autres panneaux pour l'isolation thermique
- 2.8 Matériaux pour l'amortissement .

3. Procédés de fabrication.



- 3.1 Situation .
- 3.2 Préparation de surface métallique.
 - 3.2.1 Dégraissage alcalin de surface métallique .
 - 3.2.2 Traitement de surface des surfaces métalliques
- 3.3 Adhésion substrat/polymère et durabilité.
 - 3.3.1 Paramètres clés sur l'adhésion substrat/polymère
 - 3.3.2 Mécanismes d'adhésion métal/polymère .
 - 3.3.3 Mécanismes de délamination et corrosion.
- 3.4 Fabrication des mousses polyuréthanes dans les panneaux sandwich .
- 3.5 Fabrication des panneaux sandwich à âmes profilées en discontinu
- 3.6 Fabrication des structures sandwich en continu pour l'antivibration/amortissement allègement, ou tenue aux chocs
- 4. Propriétés, marchés et applications .**
 - 4.1 Structures sandwich pour l'allègement dans l'automobile
 - 4.2 Panneaux sandwich pour l'isolation thermique et l'allègement
 - 4.3 Panneaux sandwich pour la haute isolation thermique .
 - 4.4 Tôles sandwich pour l'amortissement .
 - 4.5 Plateformes épaisses en structure acier/polyuréthane/acier SPS
- 5. Perspectives.**

AM5325**Matériaux composites phénoliques ablatifs***Par Martine DAUCHIER, Jean-Claude CAVALIER*

- 1. Description**
- 2. Constituants des matériaux**
- 3. Procédés de fabrication des pièces .**
- 4. Caractérisation des matériaux .**
- 5. Dimensionnement des pièces de tuyères .**
- 6. Comparaison des prévisions de calculs et des résultats d'essais .**
- 7. Exemples de pièces .**
- 8. Conclusions .**
- Références bibliographiques .**

N4803**Matériaux composites à matrice céramique et à renfort par fibres longues***Par Gérald CAMUS, Christophe LORRETTE, René PAILLER, Francis REBILLAT, Bernard REIGNIER, Francis TEYSSANDIER*

- 1. Présentation des composites céramiques à fibres longues .**
 - 1.1 Fibres : nature et méthodes de fabrication.
 - 1.2 Armures .
 - 1.3 Matrice : nature et méthodes de fabrication
 - 1.4 Interphases fibre/matrice .
- 2. Comportement des CMC .**
 - 2.1 Mécanique .
 - 2.2 Oxydation
 - 2.3 Thermique .
 - 2.4 Irradiation neutronique
- 3. Protections contre les dégradations en conditions d'usage**
 - 3.1 Inhibiteurs d'oxydation
 - 3.2 Revêtements externes
- 4. Applications**
 - 4.1 Nucléaire
 - 4.2 Aéronautique et spatial
- 5. Conclusion**



AM5000**Matériaux composites: présentation générale***Par Michel CHATAIN*

1. Principaux constituants .
2. Méthodes de mise en œuvre spécifiques
3. Propriétés.
4. Essais.
5. Comportement
6. Applications

S4/24823**Matières thermodurcissables : monographies****AM3405****Matières thermodurcissables: Introduction***Par Michel CHATAIN*

1. Mise en œuvre des matières thermodurcissables
2. Obtention de matériaux composites à matrice organique .
3. Principales matières thermodurcissables
4. Structure des articles de la rubrique

AM3406**Propriétés des thermodurcissables Tableaux Comparatifs***Par Michel BIRON*

1. Méthodologie
2. Précautions d'utilisation
3. Propriétés physico-chimiques
 - Tableau 1* – Masse volumique
 - Tableau 2* – Absorption d'eau en h
 - Tableau 3* – Retrait
4. Propriétés mécaniques.
 - 4.1 Traction.
 - Tableau* – Module d'élasticité en traction .
 - Tableau* – Contrainte de rupture en traction.
 - Tableau* – Allongement à la rupture en traction.
 - 4.2 Flexion
 - Tableau* – Contrainte de rupture en flexion
 - Tableau* – Module de flexion
 - 4.3 Compression
 - Tableau* – Contrainte de rupture .
 - Tableau* – Module en compression .
 - 4.4 Résistance au choc
 - Tableau* – Résistance au choc Izod avec entaille
 - Tableau* – Résistance au choc Charpy avec entaille.
 - 4.5 Dureté .
 - Tableau* – Dureté Shore échelle A .
 - Tableau* – Dureté Shore échelle D .
 - Tableau* – Dureté Rockwell échelle M
 - Tableau* – Dureté Barcol .
 - Tableau* – Dureté Brinell .
5. Propriétés thermiques
 - Tableau* – Coefficient de dilatation thermique linéique .
 - Tableau* – Conductivité thermique
 - Tableau* – Température de fléchissement sous charge .
 - Tableau* – Température maximale d'utilisation
 - Tableau* – Température de transition vitreuse
 - Tableau* – Température de fragilité



Tableau – Capacité thermique massique

6. Propriétés diélectriques.

Tableau – Résistance au cheminement de l'arc .

Tableau – Résistivité transversale .

Tableau – Rigidité diélectrique.

Tableau – Permittivité relative (ou constante diélectrique) .

Tableau – Facteur de dissipation électrique

7. Autres propriétés .

Tableau – Indice de réfraction des plastiques transParents

Tableau – Indice d'oxygène

Tableau – Résistance au feu suivant classement UL4 .

AM3415

Aminoplastes

Par **Claude DUVAL**

1. Préparation

1.1 Matières premières

1.2 Polycondensation avec le formaldéhyde.

1.3 Préparation industrielle des résines.

1.4 Préparation industrielle des matières à mouler

2. Propriétés

2.1 Propriétés des résines .

2.2 Propriétés des matières à mouler

2.3 Propriétés des objets moulés .

3. Mise en œuvre.

3.1 Mise en œuvre des résines .

3.2 Mise en œuvre des matières à mouler

4. Contrôle

4.1 Contrôle des résines

4.2 Contrôle des matières à mouler et des objets moulés.

5. Applications

5.1 Répartition Par types de produits.

5.2 Applications des résines .

5.3 Applications des matières à mouler

5.4 Autres applications

AM3425

Polyuréthanes PUR

Par **Jean-Claude BERTHIER**

1. Historique

2. Matières

2.1 Polyols

2.2 Isocyanates .

3. Réactions de polyaddition.

3.1 Mode de réaction .

3.2 Réactions des différents composants

4. Adjuvants

4.1 Catalyseurs .

4.2 Allongeurs de chaîne /réticulants .

4.3 Surfactants

4.4 Agents gonflants

4.5 Colorants

4.6 Autres agents

4.7 Matières connexes

5. Formulation des différents types de polyuréthanes

5.1 Formulation

5.2 Différents types de polyuréthanes .



6. Mise en œuvre .

6.1 Méthodes

6.2 Moyens .

6.3 Contrôles

7. Aspects environnementaux : hygiène et sécurité

7.1 Hygiène et sécurité.

7.2 Environnement/recyclage.

8. Applications Par secteur industriel.

8.1 Secteurs d'activité

8.2 Marchés

8.3 Intervenants et manifestations

AM3430***Oligomères hydroxytéléchéliques de butadiène PBHT***Par **Jean-Laurent PRADEL, Évelyne BONNET****1. Généralités.****2. Synthèse .**

2.1 Le monomère.

2.2 Voie radicalaire

2.3 Autres voies de synthèse

3. Caractérisation .

3.1 Microstructure

3.2 Caractéristiques physiques.

4. Application aux polyuréthanes

4.1 Mise en œuvre .

4.2 Hydrophobie

4.3 Résistance chimique

4.4 Propriétés diélectriques

4.5 Souplesse à froid .

5. Formulations .

5.1 Généralités .

5.2 Allongeurs de chaînes.

5.3 Les plastifiants .

6. Principaux domaines d'application

6.1 Domaine aérospatial et militaire

6.2 Industrie du bâtiment et du génie civil

6.3 Industries électriques, électroniques et télécommunications .

6.4 Mastics et adhésifs

7. Exemples de mise en œuvre .**8. Conclusion .**

Références bibliographiques .

AM3445***Polyesters insaturés UP***Par **Jean-Claude JANNEL****1. Préparation**

1.1 Condensation Par estérification .

1.2 Dilution dans un monomère copolymérisable

1.3 Matières premières

1.4 Résines polyesters insaturés au dicyclopentadiène (DCPD)

1.5 Caractéristiques des résines polyesters insaturés au DCPD

1.6 Copolymérisation des résines de polyesters insaturés

1.7 Copolymérisation à froid (c'est-à-dire sans apport thermique extérieur)

1.8 Copolymérisation à chaud

1.9 Charges et adjuvants.

2. Propriétés .

- 2.1 Résines pures.
- 2.2 Résines renforcées
- 3. Contrôle et caractérisation des résines**
- 3.1 Contrôle
- 3.2 Caractérisation .
- 4. Mise en œuvre.**
- 4.1 Résines pures.
- 4.2 Résines chargées .
- 4.3 Résines renforcées
- 5. Applications**
- 6. Hygiène et Sécurité .**
- 6.1 Résines et gel-coats.
- 6.2 Initiateurs .
- 7. Traitement des déchets composites thermodurcissables**
- 7.1 Aspect réglementaire
- 7.2 Problématique du traitement
- 7.3 Solutions techniques .
- 7.4 Organisation des filières .

AM3450**Résines vinylesters***Par Guy SCHNEIDER***1. Préparation**

- 1.1 Synthèse.
- 1.2 Matières premières
- 1.3 Différents types de vinylesters .
- 1.4 Réticulation des résines vinylesters.
- 1.5 Charges et adjuvants.
- 1.6 Renforts

2. Propriétés .

- 2.1 Résines pures.
- 2.2 Résines renforcées
- 2.2.1 Type de renfort
- 2.2.2 Ensimage.
- 2.2.3 Exemples de propriétés mécaniques
- 2.3 Résistance chimique
- 2.3.1 Structure Particulière des résines vinylesters et ses conséquences
- 2.3.2 Comportement dans différents milieux chimiques

3. Mise en œuvre.

- 3.1 Procédés .
- 3.2 Formulations types
- 3.3 Résines chargées .
- 3.3.1 Bétons de résine .
- 3.3.2 Thixotropie
- 3.3.3 Amélioration de la tenue au feu

4. Contrôle de qualité**6. Applications principales****AM3455****Polydicyclopentadiène (PDCPD)***Par Chantal NIVERT, Simon CHOUMER***1. Généralités sur le procédé RIM****2. Système réactif****3. Mise en œuvre.**

- 3.1 Machines
- 3.2 Moule
- 3.3 Presses porte-moules



4. Caractéristiques du matériau .

5. Hygiène et sécurité

6. Applications

Références bibliographiques .

A3465

Résines époxydes (EP) Composants et propriétés

Par **Pierre BARDONNET**

1. Chimie des résines époxydes .

1.1 Généralités .

1.2 Synthèse des résines époxydes DGEBA (diglycidyléther du bisphénol A)

1.3 Autres types de molécules portant des groupes époxydiques .

1.4 Réticulation avec un durcisseur .

1.5 Principaux durcisseurs utilisés .

1.6 Accélérateurs .

1.7 Adjuvants divers

1.8 Variété des formulations d'époxydes

1.9 Particularités de la réaction de thermodurcissement.

1.10 Exothermicité de la réaction de thermodurcissement .

1.11 Retrait des résines époxydes.

2. Propriétés des résines époxydes .

2.1 Généralités .

2.2 Propriétés mécaniques

2.3 Propriétés physiques et thermiques

2.4 Propriétés diélectriques

2.5 Propriétés chimiques.

2.6 Propriétés diverses

A3466

Résines époxydes EP Mise en œuvre et applications

Par **Pierre BARDONNET**

1. Mise en œuvre.

1.1 Durée d'emploi

1.2 Pic exothermique.

1.3 Retrait total.

1.4 Coulée classique ou conventionnelle

1.5 Coulée en GPA (gélification sous pression automatisée)

1.6 Machines de dosage-mélange

1.7 Coulée Par centrifugation .

1.8 Enrobage dans des moules perdus et enrobage au trempé

1.9 Imprégnation

1.10 Stratification.

1.11 Enroulement filamentaire (filament winding ou FW)

1.12 Pultrusion .

1.13 Construction des outillages

1.14 Mise en œuvre des bétons et mortiers d'époxyde .

1.15 Revêtement et obtention de couches minces .

1.16 Cataphorèse .

1. Projection au pistolet électrostatique

1.18 Lit fluidisé .

1.19 Machine à rideau .

1.20 Enduction à l'aide de machines à rouleaux.

1.21 Autres techniques d'application.

1.22 Traitements des surfaces

1.23 Poudres à mouler

1.24 Usinage.

1.25 Précautions d'hygiène et santé



2. Contrôle

- 2.1 Considérations générales .
- 2.2 Spécifications des produits. Contrôle des matières premières .
- 2.3 Contrôles pendant la fabrication
- 2.4 Mesure de la réactivité des mélanges complets.
- 2.5 Contrôles des produits finis

3. Applications

- 3.1 Adhésifs pour collages simples et adhésifs structuraux, stratifiés et composites.
- 3.2 Outillages .
- 3.3 Applications en électronique
- 3.4 Peintures, vernis et revêtements
- 3.5 Applications électriques

N2880***Silicones ou siloxanes Structure et propriétés****Par Michel BIRON***1. Structure générale .**

- 1.1 Sigles normalisés usuels (Tableau 1) .
- 1.2 Fluides non réactifs et réactifs bloqués .
- 1.3 Gels .
- 1.4 Élastomères
- 1.5 Résines

2. Mise en œuvre.**3. Propriétés générales .**

- 3.1 Résistance à la chaleur
- 3.2 Résistance au vieillissement naturel, à la lumière et à l'ozone
- 3.3 Résistance chimique
- 3.4 Utilisation à basse température
- 3.5 Faible évolution des propriétés avec la température .
- 3.6 Propriétés de surface Particulières.
- 3.7 Perméabilité et absorption des gaz
- 3.8 Propriétés diélectriques.
- 3.9 Résistance au feu .
- 3.10 Innocuité physiologique

4. Propriétés des élastomères .

- 4.1 Silicones .
- 4.2 Propriétés spécifiques aux fluorosilicones

N2882***Silicones ou siloxanes Applications****Par Michel BIRON***1. Extrême diversité d'applications .**

- 2. Aéronautique et espace
- 3. Automobile et transport.
- 4. Bâtiment
- 5. Électrotechnique
- 6. Génie chimique .
- 7. Génie mécanique
- 8. Industrie des élastomères et plastiques .
- 9. Médical et paramédical, pharmacie, parapharmacie, dentisterie, industries alimentaires
- 10. Traitement des papiers .
- 11. Traitement des textiles .



J3990

Fin de vie des siliconesPar **Baptiste LAUBIE, Patrick GERMAIN****1. Les silicones : du silicium au matériau .**

1.1 Structure générale et chimie des silicones .

1.2 Classification des silicones.

1.3 Application et marché des silicones

2. Entrée des silicones dans l'environnement .

2.1 Filières de traitement et compartiments environnementaux

2.2 Répartition du déchet silicone .

2.3 Recyclage des silicones

3. Dégradation des silicones dans l'environnement

3.1 Dégradation physico-chimique

3.2 Dégradation biologique

4. Devenir des silicones dans l'environnement .

4.1 Propriétés des silicones en lien avec leur devenir environnemental .

4.2 Devenir en stations d'épuration.

4.3 Devenir en installations de stockage .

4.4 Devenir dans les sols et sédiments .

4.5 Devenir dans l'atmosphère

5. Conclusion.

AM3485

Polybismaléimides (BMI)Par **Loïc POUSSARD****1. Préparation des polybismaléimides**

1.1 Définition

1.2 Synthèse du prépolymère de base.

1.2.1 Obtention du prépolymère.

1.2.2 Présentation des différentes formes de prépolymères .

1.3 Polymérisation .

2. Propriétés .

2.1 Propriétés des résines .

2.1.1 Prépolymères

2.1.2 Polybismaléimides comme objets finis

2.2 Propriétés des stratifiés.

2.2.1 Procédés d'obtention : distinction des voies humide et fondue.

2.2.2 Voie humide

2.2.3 Voie fondue (hot melt)

2.2.4 Propriétés des objets finis

2.3 Propriétés des matières à mouler

2.3.1 Type et influence des additifs

2.3.2 Propriétés des matières à mouler de structure

2.3.3 Propriétés des matières à mouler de frottement .

3. Mise en œuvre des polybismaléimides

3.1 Moulage Par compression des matières à mouler .

3.2 Moulage Par injection des matières à mouler.

3.3 Moulage Par transfert

3.4 Réalisation des stratifiés .

3.4.1 Moulage sous presse

3.4.2 Moulage au sac .

3.4.3 Recuit .

3.5 Enroulement filamentaire .

3.6 Usinage.

3.6.1 Usinage des objets finis à base de poudres à mouler .

3.6.2 Usinage des stratifiés .

3.7 Assemblage et revêtement .



3.7.1 Assemblage Par collage ou rivetage .

3.7.2 Revêtement .

4. Applications et aspects économiques .

4.1 Intérêt des polybismaléimides

4.2 Domaines d'utilisation.

4.3 Consommation et prix.

AM3486

Polyimides PMR

Par *Christian MARAIS*

1. Objectif

2. Préparation des polyimides PMR .

2.1 Présentation des produits

2.2 Synthèse des produits de base .

3. Mise en œuvre des polymères.

3.1 Procédé d'obtention d'une poudre à mouler .

3.2 Moulage de la poudre à mouler

4. Propriétés des polymères.

4.1 Propriétés à la température ordinaire.

4.2 Propriétés thermomécaniques

5. Composites à matrice PMR

5.1 Préparation

5.2 Mise en œuvre

5.3 Propriétés des composites

6. Hygiène et sécurité

7. Applications .

S4/24824

Matières thermoplastiques : monographies

AM3305

Matières thermoplastiques - Introduction

Par *Michel CHATAIN*

1. Polymères amorphes et polymères cristallins

2. Structure des articles de la rubrique

AM3306

Propriétés des thermoplastiques - Tableaux Comparatifs

Par *Michel BIRON*

1. Propriétés physico-chimiques

Tableau 1 – Masse volumique .

Tableau 2 – Absorption d'eau en h.

2. Propriétés mécaniques

2.1 Traction

Tableau 3 – Module d'élasticité en traction

Tableau – Contrainte de rupture en traction

Tableau – Allongement à la rupture en traction

Tableau – Contrainte au seuil d'écoulement haut en traction

Tableau – Allongement au seuil d'écoulement haut en traction .

2.2 Flexion

Tableau – Module de flexion.

Tableau – Contrainte de rupture en flexion .

2.3 Compression

Tableau – Contrainte de rupture ou contrainte au seuil, en compression.

Tableau – Module en compression

2.4 Résistance au choc

Tableau – Résistance au choc Charpy avec entaille

Tableau – Résistance au choc Izod avec entaille .



2.5 Dureté

Tableau – Dureté Shore D .

Tableau – Dureté Rockwell M

3. Propriétés thermiques .

Tableau – Coefficient de dilatation thermique linéique

Tableau – Conductivité thermique

Tableau – Température de fusion.

Tableau – Température de ramollissement Vicat A

Tableau – Température maximale d'utilisation en continu

Tableau – Température de transition vitreuse.

Tableau – Température de fragilité .

Tableau – Température de fléchissement sous charge TFC A .

Tableau – Température de fléchissement sous charge TFC B .

Tableau – Indice de fluidité, selon diverses normes .

4. Propriétés diélectriques

Tableau – Résistivité superficielle.

Tableau – Résistivité transversale

Tableau – Rigidité diélectrique

Tableau – Permittivité relative à 0 Hz .

Tableau – Permittivité relative à 1 000 Hz

Tableau – Permittivité relative à 1 MHz

Tableau – Facteur de dissipation diélectrique à 0 Hz

Tableau – Facteur de dissipation diélectrique à 1 000 Hz .

Tableau – Facteur de dissipation diélectrique à 1 MHz.

5. Autres propriétés

Tableau – Indice de réfraction.

Tableau – Indice d'oxygène.

Tableau – Composants d'origine renouvelable.

AM3310**Polyéthylènes basse densité PE-BD et PE-BDL**

Par **Philippe MARECHAL**

1. Procédés de fabrication .

1.1 Structures des différents PE-BD et PE-BDL .

1.2 Procédés de fabrication.

2. Propriétés

2.1 Généralités .

2.2 Propriétés physico-chimiques

2.3 Propriétés mécaniques

2.4 Propriétés électriques

3. Mise en œuvre.

3.1 Extrusion en continu .

4. Contrôle

4.1 Méthodes de caractérisation et de contrôle

4.2 Contrôles spécifiques

4.3 Essais des semi-produits

5. Applications

5.1 Films, sacs et sachets

5.2 Films de fardelage .

5.3 Films complexes

5.4 Emballages divers – petite et moyenne sacherie

5.5 Films agricoles .

5.6 Complexes fabriqués Par extrusion-couchage .

5.7 Tuyaux et tubes .

5.8 Câblerie.

5.9 Corps creux

5.10 Objets injectés



5.11 Compounds spéciaux

6. Principales tendances d'évolution

6.1 Vers une production de masse.

6.2 Émergence de nouveaux géants de la pétrochimie .

6.3 Attention au client et spécialisation des produits.

AM3315

Polyéthylène haute densité PE-HD

Par **Christian PENU**

1. Définitions.

2. Fabrication

2.1 Procédés et catalyseurs de polymérisation

2.2 Présentations commerciales

3. Contrôle .

3.1 Méthodes de contrôle.

3.2 Conformité, normes spécifiques

4. Propriétés .

4.1 Paramètres structuraux

4.2 Propriétés mécaniques .

4.3 Propriétés thermiques

4.4 Propriétés chimiques

4.5 Propriétés électriques .

5. Mise en œuvre et applications

5.1 Injection .

5.2 Extrusion soufflage .

5.3 Extrusion en continu.

5.4 Rotomoulage .

5.5 Enduction.

AM3317

Acide polylactique (PLA)

Par **Christian PENU, Marion HELOU**

1. Contexte et marché

1.1 Définition des biopolymères (biosourcé, biodégradable)

1.2 Définition de l'acide polylactique PLA

1.3 Marchés des biopolymères et du PLA.

1.3.1 Biopolymères .

1.3.2 PLA .

2. Synthèse (procédés) et structure

2.1 Structure L, D et méso .

2.2 Procédé de polycondensation .

2.3 Synthèse (catalyse, amorçage) & procédé ROP (polymérisation Par ouverture de cycle)

2.4 Structure des différentes formes de PLA

3. Propriétés .

3.1 Propriétés mécaniques.

3.2 Propriétés thermiques

3.3 Propriétés optiques

3.4 Autres propriétés

4. Mise en œuvre .

4.1 Séchage

4.2 Extrusion

4.2.1 Feuilles pour le Thermoformage.

4.2.2 Films (cast et biorienté) .

4.2.3 Fibres .

4.2.4 Mousses .



4.3 Injection

5. Applications et exemples

5.1 Produits à usage alimentaire .

5.2 Fibre

5.3 Additif dégradable

5.4 Impression 3D

5.5 Médical .

5.6 Autres applications

6. Vieillessement – Dégradation et stabilité.

6.1 Dégradation hydrolytique

6.2 Dégradation thermique

6.3 Dégradation enzymatique

7. Fin de vie .

7.1 Biodégradation .

7.2 Recyclage

7.2.1 Recyclage mécanique

7.2.2 Recyclage chimique .

8. Conclusion

9. Glossaire .

Sigles, notations et symboles.

AM3320

Polypropylènes (PP)

Par Claude DUVAL

1. Préparation

2. Propriétés .

3. Mise en œuvre.

4. Contrôle et désignation .

5. Applications

6. Environnement

AM3325

Poly(chlorure de vinyle) ou PVC

Par Zdenek HRUSKA, Patrice GUESNET, Christian SALIN, Jean-Jacques COUCHOUD

1. Préparation .

1.1 Synthèse du monomère.

1.2 Polymérisation

1.3 Copolymérisation .

1.4 Chloration

1.5 Mélanges prêts à l'emploi (ou compounds).

2. Propriétés

2.1 Résines

2.2 Produits transformés

3. Mise en œuvre

3.1 Généralités. Gélification.

3.2 Extrusion .

3.3 Extrusion soufflage.

3.4 Injection .

3.5 Calandrage

3.6 Intrusion

3.7 Technique des poudres

3.8 Biorientation

3.9 Thermoformage

3.10 Pressage

3.11 Mise en solution .

4. Applications .



- 4.1 Bâtiment
- 4.2 Santé – biens de consommation .
- 4.3 Emballage
- 4.4 Électricité, électronique
- 4.5 Transports
- 4.6 Valorisation du PVC en fin de vie

AM3340***Polystyrène et copolymères de styrène****Par Philippe HEIM, Olivier DE LINARÈS, Laure HYM*

- 1. Monomères constitutifs**
- 2. Procédés de polymérisation .**
 - 2.1 Principe des procédés .
 - 2.2 Procédé en masse continu
 - 2.2.1 Étapes du procédé
 - 2.2.2 Consommations de matière et d'énergie .
- 3. Structure**
- 4. Propriétés.**
 - 4.1 Propriétés mécaniques
 - 4.2 Propriétés thermiques.
 - 4.3 Autres propriétés .
- 5. Mise en œuvre.**
 - 5.1 Rhéologie .
 - 5.2 Moulage par injection .
 - 5.3 Extrusion
 - 5.4 Thermoformage.
 - 5.5 Finition, assemblage et contrôle
- 6. Applications**

AM3341***Polystyrène expansé ou PSE****Par Daniel WYART*

- 1. Fabrication du polystyrène expansible en perles .**
- 2. Production du polystyrène expansé PSE-M à partir du polystyrène expansible**
- 3. Production du polystyrène expansé extrudé (PSE-E ou XPS) .**
- 4. Propriétés du polystyrène expansé.**
- 5. Contrôle des produits .**
- 6. Autres produits.**
- 7. Fixation du PSE Par collage**
- 8. Applications.**
- 9. Gestion des déchets de PSE .**

AM3343***Polymères allégés en extrusion****Par Rudi SALMANG, Francis PINSOLLE*

- 1. Structure « mousse » vs structure « allégée ».**
 - 1.1 Structure allégée MD / HD
 - 1.2 Mousses BD.
- 2. Produits cibles .**
 - 2.1 Mousses BD.
 - 2.2 Mousses HD.
 - 2.2.1 Allégés structuraux
 - 2.2.2 Polymères allégés dans l'emballage
- 3. Mécanismes**
 - 3.1 Nucléation
 - 3.2 Gonflement
 - 3.2.1 Voie chimique.



- 3.2.2 Voie physique.
- 3.2.3 Processus de gonflement
- 3.3 Stabilisation de la structure .
- 4. Procédés de mise en forme**
- 4.1 Mousses BD.
- 4.1.1 Extrusion BD.
- 4.1.2 Mixing et mousse BD.
- 4.1.3 Filière annulaire et tirage.
- 4.2 Polystyrène allégé.
- 4.2.1 Extrusion de polystyrène allégé .
- 4.2.2 Mixing et polystyrène allégé.
- 4.2.3 Filière plate et tirage
- 4.2.4 Problématiques de réglages : épaisseur, densité, grammage .
- 5. Conclusion.**

AM3344***Polymères allégés en injection****Par José Antonio REGLERO RUIZ, Michel VINCENT*

- 1. Mousses polymériques**
- 1.1 Paramètres caractéristiques des mousses
- 1.2 Polymères thermoplastiques allégés injectés
- 2. Procédés d'injection-moussage**
- 2.1 Moussage Par voie physique .
- 2.2 Moussage Par voie chimique (CBA)
- 3. Amélioration du procédé**
- 3.1 Ouverture du moule (core-back)
- 3.2 Mise sous pression de la cavité .
- 4. Influence du matériau sur la morphologie.**
- 4.1 Influence des charges .
- 4.2 Type d'agent gonflant (voie chimique) .
- 4.3 Type de gaz (voie physique)
- 5. Modélisation du procédé.**
- 5.1 Physique du procédé
- 5.2 Calcul de croissance de bulle.
- 6. Propriétés mécaniques**
- 6.1 Propriétés de traction .
- 6.2 Propriétés en compression à basse vitesse
- 6.3 Essais de choc .
- 7. Conclusion.**
- 8. Glossaire**

A3345***Terpolymères ABS. Documentation****Par Didier SAPIN, Jean DASNOY-SUMELL***AM3350*****Polyméthacrylate de méthyle (PMMA)****Par Françoise PARDOS*

- 1. Principales propriétés et limites d'emploi .**
- 2. Producteurs**
- 3. Marchés**
- 4. Applications**
- 4.1 Construction, bâtiment, agencements
- 4.2 Automobile
- 4.3 Electricité électronique .
- 4.4 Energie solaire .



A3360

Polyamides PAPar **Bernard GUÉRIN****1. Préparation**

- 1.1 Procédés de Préparation des polymères de base.
- 1.2 Principaux homopolyamides commercialisés
- 1.3 Principaux copolyamides
- 1.4 Additifs et agents modifiants
- 1.5 Charges et fibres de renforcement.
- 1.6 Mélanges biphasiques ou « alliages » .

2. Aspects économiques.

- 2.1 Marché mondial.
- 2.2 Méthodes de transformation
- 2.3 Grands domaines d'application .

3. Propriétés.

- 3.1 Généralités .
- 3.2 Propriétés physiques.
- 3.3 Propriétés mécaniques
- 3.4 Propriétés thermiques.
- 3.5 Propriétés diélectriques
- 3.6 Propriétés chimiques.

4. Mise en œuvre.

- 4.1 Précautions Particulières.
- 4.2 Injection
- 4.3 Extrusion
- 4.4 Moulage Par rotation.
- 4.5 Revêtement de pièces métalliques

5. Contrôle

- 5.1 Contrôle de la composition.
- 5.2 Contrôle des propriétés sur éprouvettes .

6. Exemples d'applications des principaux polyamides

AM3370

Feuilles et films de polyuréthanePar **David COLLETTE****1. Structure moléculaire des TPU****2. Propriétés.****3. Mise en œuvre et transformation****4. Applications****5. Nouvelles technologies de TPU****Références bibliographiques .**

A3375

Polyéthylènetéréphthalates (PET) pour films et feuillesPar **Sándor FÜZESSÉRY****1. Synthèse chimique des polymères .**

- 1.1 Homopolymères
- 1.2 Copolymères
 - 1.2.1 Copolyesters modifiés Par un acide.
 - 1.2.2 Copolyesters modifiés Par un diol (PETG) .
- 1.3 Présentation commerciale

2. Mise en œuvre.

- 2.1 Extrusion



- 2.1.1 Séchage .
- 2.1.2 Extrusion des films avec filière plate (cast-film)
- 2.1.3 Étirage conduisant aux films mono- et biorientés.
- 2.1.4 Fabrication de films coextrudés
- 2.2 Thermoformage.
- 2.3 Métallisation.

3. Propriétés.

- 3.1 Propriétés mécaniques
- 3.2 Propriétés électriques
- 3.3 Perméabilité .
- 3.4 Propriétés chimiques.
- 3.5 Alimentarité

4. Applications

- 4.1 Audiovisuel
- 4.2 Emballages.
- 4.3 Domaines électrique et électronique .
- 4.4 Photographie
- 4.5 Autres applications

AM3376

Polyesters thermoplastiques PET et PBT pour injection

Par **Jacques DESBONNET, Géraud APCHIN**

- 1. Préparation
- 2. Propriétés.
- 3. Mise en œuvre.
- 4. Contrôle
- 5. Applications
- 6. Produits spéciaux en PBT et applications associées.

AM3380

Polymères à cristaux liquides (PCL) thermotropes

Par **Jean-Michel FALGUIÈRE, Marion WAGGONER, Michael R. SAMUELS**

- 1. Structure chimique et cristalline des PCL aromatiques .
- 2. Synthèse et transformation des PCL aromatiques.
- 3. Caractéristiques des polymères à cristaux liquides
 - 3.1 Caractéristiques mécaniques
 - 3.2 Caractéristiques thermiques.
 - 3.3 Caractéristiques électriques
 - 3.4 Tenue à l'environnement
 - 3.5 Autres caractéristiques
- 4. Mise en œuvre des PCL
 - 4.1 Films et fibres.
 - 4.2 Moulage Par injection .
 - 4.3 Techniques d'assemblage. Usinage .
 - 4.4 Techniques de dépôt de surface et de marquage .
- 5. Principales applications des PCL

AM3381

Polycarbonates

Par **Jean-Marie DUMONT**

- 1. Procédé de fabrication Par polycondensation.
 - 1.1 Chimie et étapes de production
 - 1.2 Relation masse moléculaire, viscosité intrinsèque IV et indice de fluidité MFI
 - 1.3 Différents types de grades
 - 1.4 Formulation (santé, sécurité)
 - 1.5 Législation pour l'utilisation du phosgène



2. Propriétés .

- 2.1 Caractéristiques mécaniques
- 2.2 Résistance aux agents chimiques
- 2.3 Résilience IZOD en fonction de l'épaisseur .
- 2.4 Tests de résistance au feu .
- 2.5 Tenue du polymère fondu en extrusion

3. Mise en œuvre .

- 3.1 Thermoformage .
- 3.2 Injection de gaz
- 3.3 Bi-injection

4. Applications.

- 4.1 Vitrage et sécurité
- 4.2 Électrique et électronique .
- 4.3 Éclairage .
- 4.4 Télécommunications .
- 4.5 Industrie optique
- 4.6 Automobile .
- 4.7 Électroménager et articles de cuisine
- 4.8 Emballage .
- 4.9 Domaine de la santé
- 4.10 Objets de communication .
- 4.11 Bâtiment .
- 4.12 Autres

AM3382***Polycarbonates Aspects économiques****Par Françoise PARDOS*

- 1. Principales propriétés et limites d'emploi .**
- 2. Polyester carbonate et procédés sans phosgène.**
- 3. Production et consommation**
- 4. Applications**
 - 4.1 Supports optiques, stockage numérique, CD, DVD .
 - 4.2 Électricité électronique .
 - 4.3 Construction
 - 4.4 Automobile
 - 4.5 Applications médicales.
 - 4.6 Emballage
 - 4.7 Applications diverses
- 5. Perspectives .**

AM3384***Polyacétals polyoxyméthylènes (POM)****Par Jacques DESBONNET*

- 1. Fabrication du POM**
 - 1.1 Structure du POM.
 - 1.2 Procédés de fabrication .
 - 1.3 Développement de spécialités
- 2. Propriétés**
 - 2.1 Propriétés physiques
 - 2.2 Propriétés thermiques
 - 2.3 Propriétés mécaniques
 - 2.4 Caractéristiques de surface .
 - 2.5 Propriétés diélectriques .
 - 2.6 Comportement au feu
 - 2.7 Caractéristiques optiques
 - 2.8 Propriétés chimiques



3. Mise en œuvre .

- 3.1 Moulage Par injection
- 3.2 Extrusion .
- 3.3 Extrusion-soufflage
- 3.4 Moulage Par compression.
- 3.5 Posttraitements et finitions

4. Contrôles spécifiques

- 4.1 Tenue au rayonnement ultraviolet
- 4.2 Tenue au vieillissement thermique .
- 4.3 Alimentarité et pharmacopée

5. Principales applications

- 5.1 Automobile .
- 5.2 Industrie des biens de consommation .
- 5.3 Électroménager et sanitaire.
- 5.4 Industries mécaniques .

AM3388***Alliages de polyphénylène éther PPE Aspects économiques****Par Françoise PARDOS*

- 1. Principales propriétés, limites d'emploi et mise en œuvre.**
- 2. Producteurs de PPE**
- 3. Consommation et applications des alliages de PPE .**
- 4. Perspectives**

AM3390***Polymères fluorés****Par Jean-François BONNET***1. Poly(tétrafluoréthylène) ou PTFE.**

- 1.1 Préparation.
- 1.2 Propriétés .
- 1.3 Méthodes de mise en œuvre
- 1.4 Applications .

2. Autres matières plastiques fluorées.

- 2.1 Copolymères perfluorés
- 2.2 Poly(chlorotrifluoréthylène) ou PCTFE.
- 2.3 Poly(fluorure de vinylidène) ou PVDF
- 2.4 Copolymères à base de fluorure de vinylidène
- 2.5 Copolymères à base d'éthylène .
- 2.6 Poly(fluorure de vinyle) ou PVF

3. Élastomères fluorés.

- 3.1 Poly(fluorure de vinylidène/hexafluoropropène)
- 3.2 Poly(tétrafluoréthylène/éther vinylique perfluoré)
- 3.3 Poly(tétrafluoréthylène/propène) .
- 3.4 Élastomères thermoplastiques fluorés
- 3.5 Élastomères fluorés à chaîne inorganique

AM3392***Polyphénylèneéther (PPE) Polyarylénesulfones (PSU, PES, PAS)****Par Josiane VILLOUTREIX***1. Préparation**

- 1.1 Préparation du polyphénylèneéther (PPE)
- 1.2 Préparation des polyarylénesulfones : PSU, PES, PAS.

2. Propriétés .

- 2.1 Propriétés physiques .
- 2.2 Propriétés thermiques.
- 2.3 Propriétés chimiques.



- 2.4 Propriétés mécaniques
- 2.5 Propriétés électriques
- 2.6 Comportement au feu .

3. Mise en œuvre.

- 3.1 Injection
- 3.2 Extrusion
- 3.3 Post-traitements.
- 3.4 Recyclage .

4. Applications

- 4.1 Automobile et transports
- 4.2 Industrie électrique, électronique et bureautique.
- 4.3 Aéronautique .
- 4.4 Domaine médical.
- 4.5 Électroménager

AM3394

Polyétheréthercétone (PEEK)

Par *Josiane VILLOUTREIX, Jean-Dominique ACETARIN*

1. Synthèse .

- 1.1 Substitution électrophile.
- 1.2 Substitution nucléophile .

2. Propriétés.

- 2.1 Caractéristiques générales du PEEK
- 2.2 Propriétés thermiques.
- 2.3 Propriétés mécaniques et thermomécaniques .
- 2.4 Propriétés chimiques.
- 2.5 Propriétés électriques
- 2.6 Propriétés spécifiques .

3. Mise en œuvre.

- 3.1 Généralités .
- 3.2 Moulage Par injection .
- 3.3 Extrusion
- 3.4 Moulage Par compression
- 3.5 Rotomoulage
- 3.6 Finitions
- 3.7 Autres méthodes de mise en œuvre

4. Applications

- 4.1 Automobile.
- 4.2 Pièces industrielles
- 4.3 Domaine médical.
- 4.4 Air et espace.
- 4.5 Télétronic .
- 4.6 Applications diverses

A3395

Polyaryléthercétone PAEK

Par *Sandor FÜZESSÉRY*

1. Préparation

- 1.1 Structure des polyaryléthercétone .
- 1.2 Procédés industriels de fabrication
- 1.3 Différents types commercialisés

2. Propriétés.

- 2.1 Propriétés physiques.
- 2.2 Propriétés thermiques.
- 2.3 Propriétés mécaniques
- 2.4 Propriétés électriques
- 2.5 Comportement au feu .



2.6 Résistance chimique

3. Mise en œuvre.

- 3.1 Généralités .
- 3.2 Moulage Par injection .
- 3.3 Extrusion
- 3.4 Recyclage .
- 3.5 Post-traitements et finitions
- 4. Principales applications.**
- 4.1 Génie électrique et électronique
- 4.2 Construction mécanique .
- 4.3 Transports : automobile, aviation
- 4.4 Autres applications techniques

AM3395

Polyaryléthercétone PAEK Aspects économiques

Par **Françoise PARDOS**

- 1. Principales propriétés**
- 2. Producteurs.**
- 3. Consommation et applications .**
- 4. Perspectives**

AM3396

Polysulfure de phénylène PPS Aspects économiques

Par **Françoise PARDOS**

- 1. Principales propriétés**
- 2. Producteurs.**
- 3. Consommation et applications dans le monde**
- 4. Perspectives**

AM3398

Polyimides linéaires (PI)

Par **Olivier TALON**

- 1. Préparation .**
 - 1.1 Synthèse des polyimides .
 - 1.2 Différentes qualités de polyimides
- 2. Propriétés des polyimides**
 - 2.1 Températures d'usage
 - 2.2 Propriétés mécaniques.
 - 2.3 Propriétés thermiques
 - 2.4 Tenue au feu
 - 2.5 Propriétés diélectriques .
 - 2.6 Tenue chimique.
 - 2.7 Tenue sous vide
 - 2.8 Résistance aux radiations
- 3. Mise en œuvre des polyimides**
 - 3.1 Formes commerciales
 - 3.2 Résines de moulage .
 - 3.3 Assemblage.
 - 3.4 Usinage
- 4. Applications .**
- 5. Évolutions .**
 - 5.1 Utilisation de polyimides comme additifs dans les polymères fluorés
 - 5.2 Séparation de gaz Par des membranes en carbone dérivées de polyimides
 - 5.3 Synthèse de polyimides assistée Par micro-ondes .



AM3400

Concept, propriétés de base, monographies des TPE d'usage généralPar **Michel BIRON**

1. Définitions.
2. Évolution et perspectives .
3. Concepts et propriétés de base
 - 3.1 Concepts de base
 - 3.2 Propriétés générales des TPE
4. Monographies.
 - 4.1 Élastomères thermoplastiques styréniques (TPS) : SBS et SEBS
 - 4.2 Copolymères blocs oléfiniques et compounds à phase élastomère non vulcanisé (TPO)
 - 4.3 Élastomères thermoplastiques à base PVC : TPE/PVC.
 - 4.4 Polypropylènes à phase EPDM vulcanisé dynamiquement : PP/EPDM-VD
 - 4.5 Élastomères thermoplastiques à base oléfinique et phase élastomère vulcanisé dynamiquement : PP/NR-VD .
 - 4.6 Polypropylènes à phase NBR vulcanisé dynamiquement : PP/NBR-VD
 - 4.7 Polypropylènes ou polyamides à phase caoutchouc bromobutyl vulcanisé dynamiquement : PP/IIR-VD et PA/IIR-VD
 - 4.8 Melt Processible Rubber : MPR
5. Conclusion.

AM3401

TPE d'ingénierie, bio TPE, développement durable. Pour réussirPar **Michel BIRON**

1. Monographies
 - 1.1 Élastomères thermoplastiques polyuréthanes (TPU ou TPE-U)
 - 1.2 Copolyesters : COPE ou TPE-E
 - 1.3 Élastomères thermoplastiques polyéthers blocs amides (PEBA) ou TPE-A.
 - 1.4 Élastomères thermoplastiques divers
 - 1.5 Super-TPE et super-TPV
 - 1.6 Élastomères thermoplastiques issus de sources renouvelables .
2. TPE et développement durable
 - 2.1 Matières premières renouvelables .
 - 2.2 Optimisation de l'utilisation de l'énergie .
 - 2.3 Recyclage
 - 2.4 Respect de l'environnement .
3. Démarche globale adaptée aux spécificités des TPE.
 - 3.1 Conception
 - 3.2 Choix d'un TPE .
 - 3.3 Choix de la méthode de transformation
 - 3.4 Intégrer des étapes de fabrication Par la cotransformation pour simplifier la logistique et réduire les coûts.
 - 3.5 Intégrer ou supprimer la finition.
4. Conclusion

AM3402

TPE et TPV dans les applications high TechPar **Michel BIRON**

1. Applications high-tech
 - 1.1 Conception
 - 1.2 Principaux TPE et TPV disponibles .
2. Méthodes de transformation traditionnelles ou innovantes
 - 2.1 Méthodes de base
 - 2.2 Cotransformation pour l'optimisation des fonctions et des coûts
3. Secteurs de pénétration des applications high-tech



- 3.1 TPE pour l'automobile
 - 3.2 TPE pour la recherche pétrolière .
 - 3.3 TPE pour le médical
 - 3.4 TPE ignifugés sans halogène pour l'électricité et l'électronique
 - 3.5 TPE conducteurs électriques .
 - 3.6 TPE conducteurs thermiques.
 - 3.7 Encapsulants pour le photovoltaïque .
 - 3.8 TPE pour le BTP
 - 3.9 TPE barrière et super-barrière .
 - 3.10 Revêtements de protection en TPU pour gaines et câbles .
 - 3.11 HSBC en concurrence avec les caoutchoucs de silicone.
 - 3.12 TPU pour composites hautes et très hautes performances
 - 3.13 Membranes séparatrices Nexar® de Kraton Polymers
- 4. Conclusion**

AM85FOR

Thermique de l'injection des thermoplastiques - Code de calcul Cat-1D

Par **Pierre MOUSSEAU, Alain SARDA, Rémi**

- 1. Caractéristiques .
- 2. Modélisation
- 3. Géométrie/maillage
- 4. Données matière
- 5. Conditions aux limites
- 6. Module cycle thermique.
- 7. Exemple d'application : cycle d'injection

S4/24825

Plastochimie et analyse physico-chimique

**** Plastochimie**

A3035

Nomenclature, classification et formules chimiques des polymères

Par **Cécile-Anne NAUDIN**

- 1. **Nomenclature des polymères.**
 - 1.1 Noms génériques des familles de polymères.
 - 1.2 Nomenclature des polymères
 - 1.2.1 Homopolymères .
 - 1.2.2 Copolymères .
 - 1.3 Abréviations normalisées .
 - 1.4 Remarque concernant la nomenclature
- 2. **Classification.**
 - 2.1 Polymères thermoplastiques
 - 2.2 Polymères thermorigides
 - 2.3 Élastomères entrant dans la composition de plastiques .
- 3. **Familles chimiques**
 - 3.1 Thermoplastiques
 - 3.2 Matières thermodurcissables .
- 4. **Formules chimiques**
 - 4.1 Remarques préliminaires
 - 4.2 Polymères thermoplastiques
 - 4.3 Polymères thermorigides
 - 4.4 Élastomères



AM3037

Structure moléculaire des polymèresPar *Michel FONTANILLE, Yves GNANOU***1. Matériaux polymères : caractères généraux .**

- 1.1 Liaisons covalentes
- 1.2 Énergie des liaisons covalentes et rupture sous contrainte .
- 1.3 Interactions moléculaires et cohésion .
 - 1.3.1 Différents types d'interactions moléculaires
 - 1.3.2 Relation entre interactions et cohésion
- 1.4 Différents types de polymères .
- 1.5 Distribution des masses molaires. Dispersité.

2. Polymères linéaires

- 2.1 Enchaînement des motifs monomères
 - 2.1.1 Homopolymères.
 - 2.1.2 Copolymères
- 2.2 Configuration et stéréorégularité.
 - 2.2.1 Tacticité simple des chaînes saturées .
 - 2.2.2 Étude de la tacticité des polymères
 - 2.2.3 Stéréorégularité géométrique et isomérisation configurationnelle
- 2.3 Conformations des macromolécules .
 - 2.3.1 Définitions
 - 2.3.2 Conformations statistiques des chaînes (pelotes statistiques)
 - 2.3.3 Conformations régulières

3. Bibliographie

AM3038

Structure morphologique des polymèresPar *Michel FONTANILLE, Yves GNANOU***1. Polymères à l'état amorphe : assemblage de pelotes statistiques.****2. Polymères à l'état cristallin**

- 2.1 Assemblage de séquences de chaînes régulières : maille cristalline
- 2.2 Monocristaux et cristallites .
- 2.3 Structures sphérolitiques
- 2.4 Vitesse de croissance des cristallites et cinétique de cristallisation
- 2.5 Caractérisation des polymères semi-cristallins .

3. Polymères orientés

- 3.1 Polymères orientés Par étirage monoaxial (films ou filaments)
- 3.2 Étirage biaxial de films
- 3.3 Représentation et quantification de l'orientation des chaînes .
- 3.4 Mesure de l'orientation des chaînes
- 3.5 Cristaux liquides polymères

4. Mélanges de polymères

- 4.1 Thermodynamique des mélanges
- 4.2 Équilibre entre phases. Diagramme de phases .
- 4.3 Copolymères, agents compatibilisants des mélanges .
- 4.4 Techniques de mélangeage
- 4.5 Structure des mélanges.
- 4.6 Méthodes d'étude de la miscibilité.

AM3039

Modifications physico chimiques des polymères par ionisationPar *Sophie ROUIF***1. Action des rayonnements ionisants sur les polymères**

- 1.1 Différents types de rayonnements ionisants .
- 1.2 Mode d'action des rayonnements ionisants



- 1.3 Modifications chimiques induites Par les rayonnements ionisants
- 1.4 Facteurs influençant le comportement des polymères sous rayonnements ionisants .
- 1.5 Rayonnements ionisants à l'échelle industrielle

2. Réticulation des polymères par les rayonnements ionisants

- 2.1 Polymères radioréticulables et co-agents de réticulation
- 2.2 Modification des propriétés des polymères réticulés Par les rayonnements ionisants
- 2.3 Contrôle de la réticulation .
- 2.4 Applications

3. Greffage des polymères par les rayonnements ionisants

- 3.1 Monomères fonctionnels radiogreffables
- 3.2 Principe du radiogreffage
- 3.3 Facteurs influençant le radiogreffage.
- 3.4 Avantages du radiogreffage
- 3.5 Mise en œuvre industrielle du radiogreffage
- 3.6 Applications du radiogreffage

4. Conclusion

J5830

Polymérisations en chaîne Mécanismes

Par *Thierry HAMAIDE*

1. Définitions et notions de base

- 1.1 Polymères et macromolécules.
- 1.2 Macromolécules linéaires et réseaux
- 1.3 Distribution des masses molaires .
- 1.4 Chimies macromoléculaires.

2. Polymérisations ioniques

- 2.1 Polymérisations anioniques.
- 2.2 Polymérisations cationiques

3. Polymérisations radicalaires

- 3.1 Construction des chaînes Par voie radicalaire
- 3.2 Cinétique de polymérisation
- 3.3 Distribution des masses molaires .
- 3.4 Polymérisations radicalaires contrôlées .

4. Copolymérisations radicalaires.

- 4.1 Construction des macromolécules
- 4.2 Diagramme de composition et dérive de composition .
- 4.3 Probabilités et microstructure des chaînes.

5. Conclusion.

6. Glossaire

J5832

Polymérisations en chaîne Procédés

Par *Thierry HAMAIDE*

1. Caractéristiques générales des procédés de polymérisation en chaîne

- 1.1 Spécificités des polymérisations en chaîne
- 1.2 Milieux homogènes et dispersés.

2. Polymérisation en masse

- 2.1 Polystyrène cristal et polystyrène choc (HIPS) .
- 2.2 Polyéthylène basse densité (PE-BD) et copolymères de l'éthylène
- 2.3 Poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA) .
- 2.4 Polyamide .
- 2.5 Polyesters et copolymères greffés Par extrusion réactive

3. Polymérisation en solution.

- 3.1 Polymères superabsorbants
- 3.2 Caoutchouc butyle
- 3.3 Élastomères à base de diènes



4. Polymérisation en suspension.

- 4.1 Polymérisation du polystyrène
- 4.2 Polymérisation du poly(chlorure de vinyle)

5. Polymérisation en émulsion.

- 5.1 Mécanismes.
- 5.2 Contrôle de la morphologie en polymérisation en émulsion .

6. Polymérisation en mini-émulsion .

- 6.1 Principe de la polymérisation en mini-émulsion
- 6.2 Stabilité et mécanismes de la polymérisation en mini-émulsion.
- 6.3 Agents hydrophobes et encapsulation .

7. Conclusion.**8. Glossaire****AM3040****Polymérisation***Par Michel FONTANILLE, Jean-Pierre VAIRON***1. Différentes classes de polymères****2. Classification des réactions de polymérisation****3. Réactions de polymérisation Par étapes (polycondensation.)**

- 3.1 Caractères généraux
- 3.2 Polymérisation de monomères divalents
- 3.3 Polymérisation Par étapes de monomères de valence supérieure à deux. Gélification
- 3.4 Exemples de polymères issus de polymérisations Par étapes

4. Réactions de polymérisation en chaîne .

- 4.1 Caractères généraux
- 4.2 Polymérisation radicalaire.
- 4.3 Polymérisations ioniques
- 4.4 Polymérisations Par coordination
- 4.5 Copolymérisation .
- 4.6 Polymérisation en chaîne et polymérisation Par étapes combinées .
- 4.7 Tendances actuelles de la polymérisation .

5. Techniques de polymérisation

- 5.1 Polymérisation en masse
- 5.2 Polymérisation en solution .
- 5.3 Polymérisations en milieu hétérogène
- 5.4 Polymérisation en phase gazeuse
- 5.5 Comparaison des différentes méthodes

6. Modification chimique des polymères .**7. Greffage et réticulation**

- 7.1 Méthodes chimiques .
- 7.2 Méthodes photochimiques .
- 7.3 Méthodes radiochimiques.

AM3041**Polycondensation et polyaddition***Par Ernest MARÉCHAL***1. Définitions et exemples. Écriture des polycondensats****2. Nature et formation des sites réactionnels****3. Principales étapes des polycondensations et polyadditions .****4. Réactions secondaires.****5. Contrôle des masses molaires****6. Distribution molaire dans les polycondensats linéaires .****7. Polycondensations équilibrées .****8. Cinétique des polycondensations et polyadditions****9. Systèmes à fonctionnalité supérieure à 2. Point de gel****10. Les techniques de polycondensation****Références bibliographiques**

AM3043

Polymérisation sous rayonnement Principes

Par Jacques VERDU

1. Aspects cinétiques de la polymérisation

- 1.1 Polymérisation radicalaire
- 1.2 Polycondensation

2. Aspects physiques de la polymérisation.**3. Polymérisation-dégradation****4. Aspects spécifiques de la photopolymérisation et de la radiopolymérisation.****5. Conclusion .**

Références bibliographiques .

AM3044

Polymérisation sous rayonnement UV

Par Christian DECKER

1. Principes fondamentaux

- 1.1 Formulation de résines photopolymérisables
- 1.2 Avantages du procédé photochimique

2. Les photoamorceurs .

- 2.1 Photoamorceurs radicalaires
- 2.2 Photoamorceurs cationiques

3. Les résines photopolymérisables

- 3.1 Systèmes radicalaires .
- 3.2 Systèmes cationiques .
- 3.3 Systèmes hybrides
- 3.4 Polymérisation à l'état solide .

4. Cinétique des polymérisations photoamorcées

- 4.1 Détermination des Paramètres cinétiques
- 4.2 Influence de divers Paramètres

5. Propriétés des polymères photoréticulés .**6. Applications des résines photopolymérisables.**

- 6.1 Arts graphiques .
- 6.2 Revêtements
- 6.3 Adhésifs
- 6.4 Microélectronique
- 6.5 Matériaux composites.
- 6.6 Autres applications

7. Perspectives

AM3045

Structures macromoléculaires tridimensionnelles

Par Jacques VERDU, Xavier COLIN

1. Définitions.

- 1.1 Gel chimique .
- 1.2 Transitions, mise en œuvre et nomenclature technologique .
- 1.3 Quelques termes courants .
- 1.3.1 Thermodurcissable
- 1.3.2 Réticulation, vulcanisation
- 1.3.3 Réticulat ou vulcanisat
- 1.3.4 Réseau
- 1.3.5 Réseaux idéaux et non idéaux
- 1.3.6 Taux de réticulation .
- 1.3.7 Remarque .

2. Synthèse des réseaux : les grands principes

- 2.1 Généralités
- 2.2 Polymérisation, polycondensation de petites molécules
- 2.2.1 Point de gel.



- 2.2.2 Problèmes liés à la vitrification.
- 2.3 Réticulation de macromolécules .
- 2.3.1 Chaînes à extrémités réactives .
- 2.3.2 Polymères à groupements latéraux réactifs
- 2.4 Réseaux interpénétrés
- 3. Représentation de la structure du réseau**
- 3.1 Notion d'unité constitutive du réseau (UCR)
- 3.2 UCR de réseaux imparfaits
- 4. Caractéristiques du réseau.**
- 4.1 Caractéristiques prises en compte Par l'UCR .
- 4.1.1 Masse molaire et masse volumique
- 4.1.2 Densité de réticulation.
- 4.1.3 Autres caractéristiques
- 4.2 Caractéristiques non prises en compte Par l'UCR .
- 4.2.1 Architecture du réseau, cycles pendants .
- 4.2.2 Morphologie.
- 5. Méthodes de caractérisation de la densité de réticulation**
- 5.1 À Partir d'informations sur la structure chimique
- 5.2 À Partir des modules à l'état caoutchoutique
- 5.3 À Partir de mesures du gonflement dans les solvants
- 5.4 À Partir de mesures de la température de transition vitreuse
- 5.5 À Partir d'autres données physico-chimiques
- 5.5.1 Fraction soluble de polymère .
- 5.5.2 Propriétés physiques déterminées à l'état caoutchoutique .
- Références bibliographiques.**

AM3046***Polymérisation sous micro ondes et hautes fréquences***Par **Henri JULLIEN, Michel DELMOTTE****1. Polymérisations Par voie thermique.**

- 1. 1 Comparaison des modes de polymérisation
- 1. 2 Transfert de chaleur d'origine thermique ou Par micro-ondes
- 1. 3 Échelles de temps

2. Bases des procédés de l'hystérésis diélectrique.

- 2.1 Interaction onde électromagnétique-matière condensée
- 2.2 Propagation électromagnétique en milieu guidé .
- 2.3 Phénomènes thermiques liés aux procédés .

3. Pratique des procédés électromagnétiques .

- 3.1 Caractérisation diélectrique des matériaux.
- 3.1.1 Comportements généraux des matériaux polymères .
- 3.1. 2 Exemples de résultats obtenus sur des résines thermodurcissables
- 3.2 Structure des applicateurs pour objets en matériau polymère.
- 3.2.1 Dimensions de l'objet et fréquence utilisable
- 3.2.2 Systèmes multicouches .
- 3.2.3 Appareils à alimentation alternée
- 3.2.4 Appareils à compensation d'atténuation
- 3.3 Mesure de la température

4. Exemples d'applications industrielles .**5. Conclusion .**

Références bibliographiques .

AM3048***Procédé sol gel de polymérisation***Par **Pierre AUDEBERT, Fabien MIOMANDRE****1. Caractéristiques d'un gel.****2. Aspects chimiques de la polymérisation sol-gel.**

- 2.1 Procédé hydrolytique



- 2.1.1 Cas des alcoxydes de silicium .
- 2.1.2 Cas des alcoxydes de métaux de transition .
- 2.1.3 Systèmes divers et multicomposants.
- 2.2 Sol-gels non hydrolytiques .
- 3. Aspects physico-chimiques de la polymérisation sol-gel .**
- 3.1 Gélification et structure du gel .
- 3.1.1 Généralités
- 3.1.2 Considérations théoriques.
- 3.2 Vieillissement des gels
- 3.3 Séchage des gels .
- 4. Gels hybrides, structures diverses et applications**
- 4.1 Gels hybrides .
- 4.1.1 Hybrides de classe I
- 4.1.2 Hybrides de classe II.
- 4.1.3 Hybrides multimétalliques.
- 4.2 Xérogels mésostructurés
- 4.3 Hybrides et xérogels à précurseurs superstructurés
- 5. Applications des matériaux sols-gels**
- 5.1 Fibres et couches minces
- 5.2 Films protecteurs.
- 5.3 Décoration à l'aide de films hybrides
- 5.4 Divers
- 6. Conclusion .**

A3050

Polymères en solutionPar **Patrick PERRIN, Dominique HOURDET****1. Thermodynamique des solutions de polymère**

- 1.1 Solutions concentrées.
- 1.1.1 Réseau de Flory-Huggins .
- 1.1.2 Théorie de volume libre .
- 1.1.3 Remarques complémentaires
- 1.2 Thermodynamique des solutions diluées : théorie de Flory .
- 1.3 Application des Paramètres de solubilité

2. Statistique conformationnelle .

- 2.1 Conformation des chaînes macromoléculaires non perturbées .
- 2.1.1 Chaîne à articulations libres
- 2.1.2 Chaîne à rotations libres
- 2.1.3 Chaîne à rotations symétriquement perturbées
- 2.1.4 Chaîne équivalente de Kuhn
- 2.1.5 Chaînes semi-rigides
- 2.1.6 Chaînes ramifiées .
- 2.2 Interactions à longue distance
- 2.2.1 Effets de volume exclu .
- 2.2.2 Interactions électrostatiques
- 2.3 Influence de la concentration en polymère sur les dimensions de la chaîne
- 2.3.1 Notion de concentration critique de recouvrement.
- 2.3.2 Longueur de corrélation ξ
- 2.3.3 Conformation de la chaîne en milieu semi-dilué .
- 2.3.4 Viscosité des solutions de polymère dans les différents régimes de concentration

3. Conclusion .

A3060

Masses molaires moyennesPar **James LESEC****1. Masses molaires moyennes et distribution**

- 1.1 Définition des grandeurs moyennes



- 1.1.1 Moyenne en nombre
- 1.1.2 Moyenne en poids
- 1.1.3 Moyenne viscosimétrique
- 1.1.4 Moyenne en z , $z + 1$.
- 1.2 Polymolécularité et courbes de distribution des masses.
 - 1.2.1 Polymolécularité .
 - 1.2.2 Courbes de distribution des masses.
- 2. Fractionnement des échantillons macromoléculaires**
 - 2.1 Fractionnement fondé sur les différences de solubilité .
 - 2.1.1 Précipitation fractionnée
 - 2.1.2 Dissolution fractionnée
 - 2.1.3 Fractionnement chromatographique (avec gradient d'éluion et de température)
 - 2.2 Fractionnement Par chromatographie d'exclusion
- 3. Détermination des masses molaires moyennes**
 - 3.1 Masses molaires moyennes en nombre
 - 3.1.1 Dosage des groupements terminaux
 - 3.1.2 Cryométrie. Ébulliométrie
 - 3.1.3 Tonométrie
 - 3.1.4 Osmométrie
 - 3.2 Masses molaires moyennes en poids
 - 3.2.1 Diffusion de la lumière classique
 - 3.2.2 Diffusion de la lumière aux petits angles .
 - 3.2.3 Ultracentrifugation .
 - 3.3 Masses molaires moyennes viscosimétriques .
 - 3.3.1 Définitions .
 - 3.3.2 Relation masse molaire-viscosité
 - 3.3.3 Détermination expérimentale de M_v
 - 3.3.4 Méthode expérimentale .
- 4. Mesures Par chromatographie Par perméation de gel (exclusion stérique)**
 - 4.1 Chromatographie Par perméation de gel classique .
 - 4.1.1 Calcul des masses molaires.
 - 4.1.2 Calcul de la courbe de distribution .
 - 4.1.3 Étalonnage universel
 - 4.2 Chromatographie Par perméation de gel en multidétection .
 - 4.2.1 Importance de la concentration.
 - 4.2.2 Couplage avec la diffusion de la lumière .
 - 4.2.3 Couplage avec la viscosimétrie .
 - 4.2.4 Multidétection .
- 5. Spectrométrie de masse**

**** Analyse physico chimique**

AM3270

Introduction à l'analyse physico chimique des polymères

Par **Jacques VERDU**

1. Principales méthodes d'analyse et de caractérisation
2. Cas Particuliers des méthodes destructives.
3. Problèmes posés Par les adjuvants et les charges .
4. Approche empirique ou semi-empirique
5. Conclusion

Références bibliographiques



AM3269

Préparation des matières plastiques pour la caractérisation et le contrôlePar **Michel BIRON****1. Nécessité de la Préparation des matériaux avant caractérisation .****2. Dispersion des propriétés : une réalité incontournable.**

2.1 Influence de la nature de la caractéristique mesurée

2.2 Exemple de l'essai au choc Izod

3. Préparation des éprouvettes : respecter les spécificités des polymères à tester

3.1 Les plastiques se différencient des métaux

3.2 Structure organique macromoléculaire

3.3 Dégradation thermique

3.4 Sensibilité à l'eau et l'humidité .

3.5 Dégradation à la lumière et aux UV

3.6 Vieillesse chimique .

3.7 Vieillesse physique : fluage, déformation rémanente .

3.8 Imperfections chimiques et physiques initient des dégradations

3.9 Anisotropie

3.10 Contraintes résiduelles.

3.11 Lignes de soudure

3.12 Profil de diffusion de l'agent de dégradation .

4. Fabrication de plaques ou d'éprouvettes : choisir la bonne méthode de transformation .

4.1 Exemple de l'injection des thermoplastiques : influence de différents Paramètres de transformation.

4.2 Matériel de transformation spécifique aux besoins de laboratoire

4.3 Moulage d'éprouvettes

4.4 Pour résumer.

5. Préparation d'éprouvettes à Partir de plaques ou de pièces

5.1 Découpage et usinage

5.2 Choix des sites de prélèvement.

5.3 Cas particulier de la Préparation pour analyses physico-chimiques

5.4 Cas particulier des éprouvettes utilisées pour tester des adhésifs

5.5 Matériel de laboratoire spécifique pour la Préparation d'éprouvettes

6. Conditionnement avant essais**7. Conclusion**

AM3271

Caractérisation des polymères Par spectrométrie optiquePar **Jean-Luc GARDETTE****1. Spectrométrie infrarouge**

1.1 Instrumentation .

1.2 Exemples d'applications de la spectrophotométrie infrarouge à l'échelle macroscopique

1.3 Exemples d'applications de la spectrophotométrie infrarouge à l'étude de systèmes hétérogènes

1.4 Autres applications

2. Spectrométrie Raman .

2.1 Instrumentation .

2.2 Avantages et difficultés de la méthode .

2.3 Quelques exemples d'application aux polymères

3. Spectrométrie d'absorption UV-visible .

3.1 Instrumentation .

3.2 Exemples d'applications de la spectrométrie d'absorption UV-visible à l'étude des polymères

4. Conclusion .

AM3272

Caractérisation et contrôle des matières plastiquesPar **Michel BIRON****1. Spécificités des matières plastiques .**

- 1.1 Structure organique macromoléculaire
- 1.2 Les plastiques se différencient des métaux
- 1.3 Comportement thermomécanique des matières plastiques.
- 1.4 Sensibilité à l'eau et l'humidité
- 1.5 Durabilité .
 - 1.5.1 Vieillessement thermique.
 - 1.5.2 Résistance aux intempéries, à la lumière et aux UV.
 - 1.5.3 Vieillessement chimique
 - 1.5.4 Vieillessement physique.
 - 1.5.5 Rôle des imperfections chimiques et physiques dans la durée de vie des pièces et produits

2. Buts de la caractérisation et du contrôle

- 2.1 Acquisition de données pour l'alimentation des codes de calcul et autres logiciels dédiés aux matières plastiques.
- 2.2 Prédiction de la durabilité à long terme des matières plastiques
 - 2.2.1 Principes généraux de la prédiction de la durabilité
 - 2.2.2 Méthodes conventionnelles
- 2.3 Amélioration de la productivité : contrôles en ligne, contrôles non destructifs
 - 2.3.1 Contrôle en ligne et pilotage en temps réel.
 - 2.3.2 Contrôle non destructif CND ou essai non destructif END.
- 2.4 Détermination des causes de défaillances

3. Adaptation des mesures aux polymères et fonctionnalités des pièces.

- 3.1 Prise en compte des spécificités des matières plastiques.
- 3.2 Adaptation des méthodes aux durées de service importantes : modélisation des vieillissements.
 - 3.2.1 Modélisation du vieillissement thermique : modèle d'Arrhenius
 - 3.2.2 Modélisation de l'évolution de phénomènes mécaniques : équivalence temps/température. Loi de WLF .
 - 3.2.3 Modélisation du fluage : lois simples.
 - 3.2.4 Modélisation de cinétiques hétérogènes du fluage : prédiction de durées de vie de l'ordre de 0 ans et plus .

4. Conclusion.

A3273

Analyse structurale des polymères Par **couplage CG/SM**Par **Bruno MORTAIGNE****1. Couplage CG/SM**

- 1.1 Chromatographie en phase gazeuse (CG).
 - 1.1.1 Principe
 - 1.1.2 Appareillage
- 1.2 Spectrométrie de masse (SM)
 - 1.2.1 Principe
 - 1.2.2 Appareillage
- 1.3 Couplage chromatographie/ spectrométrie de masse.

2. Techniques d'introduction des polymères

- 2.1 Pyrolyse
- 2.2 Thermogravimétrie
- 2.3 Dégradation dans un four tubulaire.

3. Identification des constituants d'un plastique

- 3.1 Thermoplastiques
- 3.2 Thermodurcissables

4. Analyse des polymères après mise en œuvre

- 4.1 Élastomères et thermoplastiques.



4.2 Thermodurcissables

5. Étude des mécanismes de polymérisation .

6. Vieillissement des polymères.

6.1 Analyse des produits d'hydrolyse

6.2 Produits de dégradation thermique .

7. Conclusion .

AM3274

Caractérisation des polymères Par *analyse thermique*

Par **Gilbert TEYSSÈDRE, Colette LACABANNE**

1. Analyse thermique différentielle et analyse enthalpique différentielle

1.1 Généralités

1.2 Caractérisation des polymères amorphes

1.3 Caractérisation des polymères semi-cristallins

1.4 Vieillissement physique .

1.5 Adjuvants

2. Analyse thermomécanique.

2.1 Généralités

2.2 Caractérisation des polymères

3. Analyse dynamique mécanique (ADM) .

3.1 Généralités

3.2 Caractérisation des polymères amorphes

3.3 Caractérisation des polymères semi-cristallins

4. Analyse dynamique électrique (ADE)

4.1 Généralités

4.2 Caractérisation des polymères amorphes

4.3 Caractérisation des polymères semi-cristallins

5. Analyse des courants thermostimulés (CTS) .

5.1 Généralités

5.2 Caractérisation des polymères amorphes

5.3 Caractérisation des polymères semi-cristallins

AM3275

Stratégie et économie du contrôle et de la caractérisation

Par **Michel BIRON**

1. Stratégies de caractérisation et de contrôle.

1.1 Stratégie temporelle : essais en temps réel ou essais différés, essais en ligne ou hors ligne .

1.2 Stratégie organisationnelle

1.3 Sous-traitance imposée : organismes agréés

2. Aspects économiques de la caractérisation et du contrôle .

2.1 Coût des essais

2.2 Rentabilisation des analyses et de la caractérisation

2.2.1 Contrôle en ligne et pilotage en temps réel.

2.2.2 Contrôle non destructif CND ou essai non destructif END.

2.2.3 Recyclage : tri automatisé grâce à l'utilisation de méthodes de contrôle sophistiquées

2.3 Réduction du coût des essais.

2.3.1 Suppression de la Préparation des échantillons .

2.3.2 Automatisation des essais

2.3.3 Exécution en ligne des essais .

2.3.4 Étendre le champ d'investigation : caractérisation combinatoire et à haut débit

2.3.5 Détecter plus largement les évolutions et dégradations

2.3.6 Utilisation des outils statistiques et mathématiques

2.3.7 Amélioration des prévisions à long terme.



2.3.8 Essais virtuels.

3. Conclusion.

AM3278

Caractérisation des polymères Diffusion de neutrons aux petits angles

Par **Jean-Pierre COTTON**

1. Apport de la diffusion de neutrons .

1.1 Forme de l'intensité diffusée .

1.2 Caractéristiques des neutrons.

2. Instrumentation.

2.1 Principe

2.2 Description du spectromètre .

3. Conformation d'une chaîne dans un fondu de polymères

3.1 Théorème 0-50

3.2 Du facteur de forme à la conformation

3.2.1 Chaîne à longueur de persistance

3.2.2 Cylindre orienté .

3.3 Exemples.

3.3.1 Polystyrène

3.3.2 Polyester nématique .

3.4 Difficultés de la substitution isotopique .

4. Systèmes complexes en solution. Méthode de variation de contraste .

4.1 Facteur de forme d'un polymère en solution concentrée.

4.2 Polymères aux interfaces.

4.2.1 Détermination du profil de concentration .

4.2.2 Exemple de détermination du profil d'une brosse de polymères.

5. Conclusion

AM3279

Étude et analyse des surfaces de polymères solides Propriétés mécaniques et tribologiques

Par **Évelyne DARQUE-CERETTI, Éric FELDER, Bernard MONASSE**

1. Propriétés mécaniques superficielles

1.1 Module d'élasticité et dureté

1.1.1 Mise en œuvre des essais de nanoindentation .

1.1.2 Effet de taille.

1.1.3 Étude des hétérogénéités de module d'élasticité .

1.2 Identification de la rhéologie des films minces et des couches superficielles .

1.3 Identification des propriétés viscoélastiques .

2. Interactions normale et tangentielle avec un corps antagoniste.

2.1 Adhésion et adhérence.

2.1.1 Adhésion.

2.1.2 Adhérence.

2.1.3 Après traitement de surface

2.2 Résistance à la rayure.

2.2.1 Formation de rayures

2.2.2 Influence du coefficient d'écrouissage.

3. Propriétés tribologiques des polymères.

3.1 Caractérisation du frottement et de l'usure

3.2 Mécanismes de frottement et effet de la force normale

3.3 Influence du matériau.

3.4 Influence de la vitesse de glissement et de la température

3.5 Effet de la rugosité

3.6 Effet de l'environnement

3.7 Effet de l'énergie dissipée (vitesse élevée) .



3.8 Diagrammes de conditions d'utilisation tribologique .

4. Conclusion .

5. Glossaire

AM3281

Étude et analyse des surfaces de polymères solides

Propriétés physicochimiques

Par *Évelyne DARQUE-CERETTI, Éric FELDER, Bernard MONASSE*

1. Rappels sur les surfaces de polymères .

1.1 Notion de surface. Énergie et tension de surface

1.2 Matériau polymère de volume et de surface

2. Aspect dynamique des surfaces .

2.1 Températures et comportements caractéristiques

2.2 Approche théorique

2.3 Approche expérimentale

2.4 Commentaires .

3. Propriétés de surface et d'interface

3.1 Propriétés physico-chimiques

3.2 Propriétés optiques : brillance .

4. Modification des surfaces de polymères

4.1 Traitements chimiques .

4.2 Traitements physiques .

4.3 Modification Par ségrégation.

4.4 Nouveaux traitements

5. Vieillesse des surfaces

5.1 Photovieillesse.

5.2 Vieillesse suite au traitement .

6. Conclusion.

7. Glossaire

AM3280

Imagerie de surface de polymères microscopie à force atomique

Par *Ghislaine COULON*

1. Détection de la force d'interaction pointe-surface

2. Microscopie en mode contact « classique » (AFM) .

3. Autres microscopies en mode contact

3.1 Microscope à force latérale (LFM)

3.2 Microscope à modulation de force (FMM)

4. Microscopie en mode non-contact (ou résonnant).

5. Microscopie en mode intermittent (TM)

5.1 Images amplitude et hauteur

5.2 Image phase.

6. Conclusion .

AM3282

Caractérisation des polymères Par microscopie électronique

Par *Christopher John George PLUMMER*

1. Interactions entre matière organique et faisceau d'électrons

2. Mécanismes de contraste.

3. Préparation d'échantillons .

3.1 Couches minces

3.2 Ultramicrotomie

3.3 Coloration



3.4 Méthode des répliques, décapage, décoration

3.5 Dispersions

4. Techniques d'observation Particulières .

4.1 Techniques de faible dose

4.2 MET à haute résolution des polymères

4.3 Diffraction électronique et détermination de structures au MET .

4.4 MEB à haute résolution « environnemental », cryogénique.

5. Conclusion

AM3284

Étude des thermoplastiques par MET en mode fond noir

Par **Alain BOUDET**

1. Observer la structure cristalline dans les polymères

2. Technique du fond noir

2.1 Mise en évidence des zones cristallines

2.2 Limites de la technique dues à l'irradiation

3. Composites thermoplastiques renforcés de fibres

3.1 Composite à matrice polyétheréthércétone (PEEK) renforcée de fibres de carbone

3.1.1 Morphologie cristalline dans la matrice. Influence du cycle de température

3.1.2 Interface entre matrice et fibre. Influence de la surface des fibres .

3.2 Composite à matrice polyéthylènetéréphtalate (PET) renforcée de fibres de verre.

4. Fibres et films orientés à haut module d'élasticité

5. Polymères mésomorphes.

6. Comparaison avec la méthode de décapage chimique.

Références bibliographiques .

AM3290

Méthodes d'analyse sensorielle des matériaux plastiques

Par **Sébastien CROCHEMORE, Daniel NESA,**

Stéphane COUDERC.

1. Introduction à l'analyse sensorielle

2. Rappels méthodologiques .

2.1 Étude descriptive .

2.1.1 Profil classique ou QDA®.

2.1.2 Méthode Spectrum™ .

2.1.3 Profil Par libre choix .

2.1.4 Profil flash .

2.1.5 Synthèse des profils sensoriels.

2.2 Tests discriminatifs

2.3 Étude hédonique

2.4 Cartographie des préférences

Références bibliographiques .

AM3291

Analyse sensorielle des matériaux d'habitacle automobile olfaction

Par **Daniel NESA, Sébastien CROCHEMORE, Stéphane COUDERC**

1. Analyse sensorielle et automobile

1.1 Intérêt de l'analyse sensorielle pour l'automobile

1.2 Difficultés d'application de l'analyse sensorielle à l'automobile.

2. Application aux polymères. Exemple des matériaux d'habitacle automobile.

3. Polymères, matériaux d'habitacle et olfaction .

3.1 Rappels sur la neurophysiologie de l'olfaction.

3.2 Olfaction et analyse sensorielle

3.2.1 Caractérisation sensorielle des odeurs.

3.2.2 Gestion de panel.



- 3.3 Olfaction et méthodes instrumentales.
 - 3.3.1 Chromatographie en phase gazeuse et olfaction.
 - 3.3.2 « Nez électronique » et olfaction .
- 3.4 Consommateurs et odeurs : importance et préoccupations
- 3.5 Odeurs et matériaux dans le développement d'un projet automobile.
- 3.6 Quelques exemples de mesure et d'applications à des matériaux et pièces d'habitacle
- 3.7 Liaison entre résultats sensoriels et instrumentaux.
- 4. Conclusion .**
- Références bibliographiques .**

AM3292

Analyse sensorielle des matériaux d'habitacle automobile toucher/vision

Par **Sébastien CROCHEMORE, Daniel NESA, Stéphane COUDERC**

- 1. Neurophysiologie du toucher .**
- 2. Le sensoriel**
 - 2.1 Espace tactile .
 - 2.2 Caractérisation et gestion de panel
 - 2.3 Vision et toucher : interaction mutuelle.
- 3. L'instrumental**
 - 3.1 Recherche de corrélations sensorielles Par Kawabata .
 - 3.2 Recherche de corrélations en toucher orthogonal
 - 3.2.1 Caractérisation de la perception de « dureté »
 - 3.2.2 Caractérisation de la perception « collante » .
 - 3.3 Recherche de corrélations en toucher tangentiel
 - 3.3.1 Caractérisation de la perception du « relief ».
 - 3.3.2 Caractérisation de la perception « glissante » .
 - 3.4 Recherche de corrélations en toucher thermique .
- 4. Les consommateurs et le visio-tactile .**
- 5. Quelques exemples de mesures et applications .**
- 6. Polymères et toucher dans le développement d'un projet.**
- 7. Conclusion .**
- Références bibliographiques .**

S4/24826

Plasturgie : fabrications de corps creux, de films et de fils

AM3740

Filage textile

Par **Raoul HAGÈGE**

- 1. Définitions et questions de terminologie .**
- 2. Principaux procédés de mise en œuvre du filage.**
- 3. Filage à l'état fondu**
 - 3.1 Filage actuel .
 - 3.1.1 Polymères de base .
 - 3.1.2 Température de filage
 - 3.1.3 Profil des trous de filière
 - 3.1.4 Débit d'extrusion
 - 3.1.5 Refroidissement sous filière
 - 3.1.6 Ensimage.
 - 3.1.7 Bobinage .
 - 3.2 Phénomènes de structuration
 - 3.2.1 Observations sur la ligne de filage
 - 3.2.2 Observations hors ligne de filage .
 - 3.3 Modélisation du filage à l'état fondu .
 - 3.3.1 Schéma de principe simplifié du procédé de filage textile .
 - 3.3.2 Notion de viscosité élongationnelle



3.3.3 Bilan des inconnues et des équations du filage textile à l'état fondu .

3.3.4 Filage isotherme .

3.3.5 Filage non isotherme

3.4 Quelques conséquences pratiques

4. Filage à Partir de solutions concentrées de polymères

4.1 Filage des fibres acryliques

4.2 Phénomènes morphostructuraux intervenant sur la ligne de fabrication .

4.3 Les nouvelles fibres cellulosiques

4.4 Filages de solutions mésomorphes de dérivés cellulosiques .

4.5 Filage des fibres à base de poly(chlorure de vinyle)

5. Filage par procédés spéciaux .

5.1 Filage de mésophases lyotropes

5.2 Filage de gel .

6. Conclusion et perspectives.

AM3663

Calandrage

Par *Jean-François AGASSANT, Robert HINAULT*

1. Les bases du procédé de calandrage

2. Description des lignes de calandrage PVC.

3. Réglages et contrôles de la calandre .

4. Modélisation du procédé .

5. Modélisation et contrôle du procédé .

6. Conclusion .

AM3702

Soufflage de gaine

Par *Eric GAMACHE*

1. Description du procédé .

2. Outillage.

2.1 Extrudeuses .

2.2 Filières d'extrusion

2.3 Filières de coextrusion

2.4 Système de refroidissement

2.5 Stabilisation de la bulle

2.6 Système d'étirage et de bobinage.

2.7 Système de contrôle et Post Processing.

3. Paramètres affectant la géométrie des bulles

4. Instabilités et défauts d'extrusion .

5. Modélisation .

5.1 Modèles isothermes .

5.2 Modèles anisothermes .

5.3 Aérodynamisme de l'anneau de refroidissement

5.4 Modèles instationnaires .

5.5 Coextrusion .

6. Conclusion.

AM3707

Extrusion de film à plat cast film

Par *David SILAGY*

1. Extrusion des polymères vue du procédé film à plat

1.1 Description du procédé

1.2 Vis d'extrusion utilisées en cast film.

2. Filières plates .

2.1 Quelques règles de conception .

2.2 Types de filières plates.

2.3 Dispositifs d'ajustement.



3. Systèmes de coextrusion**4. Étape d'étirage.**

4.1 Rouleau thermostaté

4.2 Systèmes de plaquage sur rouleau thermostaté .

4.3 Ligne de figeage sur rouleau thermostaté .

4.4 Guidage du film et équipements avals .

4.5 Étape de bobinage

4.6 Quelques conceptions spécifiques de ligne d'extrusion de film à plat

5. Limites du procédé d'extrusion de film à plat

5.1 Draw Resonance .

5.2 Rupture de Melt

5.3 Problèmes géométriques.

6. Modélisation de l'étape d'étirage.

6.1 Enjeux de la modélisation

6.2 Paramétrage du procédé cast film

6.3 Modèles existants.

7. Exploitation de la modélisation

7.1 Optimisation de la géométrie

7.2 Influence sur les limites d'étirabilité .

8. Conclusions et perspectives**AM3706****Rotomoulage de pièces en matière thermoplastique***Par Abbas TCHARKHTCHI***1. Principe du rotomoulage**

1.1 Description générale du procédé .

1.2 Principales étapes du rotomoulage .

2. Moules et machines.

2.1 Moules

2.2 Machines

3. Conditions du rotomoulage

3.1 Zone de mise en œuvre

3.2 Matériaux rotomoulables

3.3 Paramètres principaux influant sur le procédé de rotomoulage.

4. Analyse d'un cycle de rotomoulage .

4.1 Les différentes étapes d'un cycle de rotomoulage .

4.2 Mécanismes de transfert thermique au cours du cycle de rotomoulage

5. Aspects microscopiques

5.1 Micronisation .

5.2 Diffusion des bulles d'air au cours du chauffage

6. Pièces techniques réalisées par rotomoulage .

6.1 Pièces multicouches

6.2 Pièces moussées

7. Principaux avantages et inconvénients du rotomoulage et comparaison avec les autres procédés.**8. Applications**

Références bibliographiques .

AM3705**Simulation numérique des procédés de soufflage***Par Michel BELLET, Bernard MONASSE, Jean-François AGASSANT***1. Généralités.**

1.1 Présentation des différents procédés

1.2 Problèmes de fabrication et enjeux de la modélisation .

2. Équations à résoudre

2.1 Loi de comportement

2.2 Conditions aux limites mécaniques .



- 2.3 Équilibre mécanique
- 2.4 Conditions aux limites thermiques
- 2.5 Équation de la chaleur.
- 3. Formulation volumique ou de type membrane .**
- 3.1 Formulation volumique.
- 3.2 Formulation de type membrane.
- 3.3 Formulation membrane ou volumique : éléments de choix
- 4. Discrétisation numérique et résolution.**
- 4.1 Résolution mécanique.
- 4.2 Résolution thermique
- 4.3 Stratégies de contrôle du maillage
- 5. Identification des paramètres des lois de comportement .**
- 5.1 Les méthodes d'identification classique
- 5.2 Méthode d'identification par analyse inverse .
- 5.3 Identification du frottement
- 6. Application à la simulation des procédés industriels .**
- 6.1 Thermoformage.
- 6.2 Extrusion-soufflage .
- 6.3 Injection soufflage-biétirage. Application au formage d'une bouteille.
- 7. Conclusion .**

AM3660**Thermoformage**Par **Jean-Claude JAMMET**

- 1. Présentation .**
- 1.1 Principe
- 1.2 Machine type et domaine d'application .
- 1.3 Le thermoformage Parmi les grands procédés de transformation
- 2. Matériaux thermoformables**
- 2.1 Comportement rhéologique des polymères
- 2.2 Thermoformabilité .
- 2.3 Propriétés thermiques
- 2.4 Stress cracking (fissuration)
- 2.5 Retrait
- 2.6 Charges .
- 2.7 Multicouches.
- 2.8 Semi-produit : qualité requise.
- 3. Modes et types de thermoformage .**
- 3.1 Moule positif .
- 3.2 Moule négatif
- 3.3 Moule mâle/femelle
- 3.4 Twing-forming
- 3.5 Cycle pression/vide
- 3.6 Assistance mécanique .
- 3.7 Vertical/horizontal.
- 4. Machines de thermoformage**
- 4.1 Description générale
- 4.2 Machine thermoformage-remplissage-scellage en ligne (FFS : Form Fill Seal)
- 4.3 Extrusion-thermoformage en ligne.
- 4.4 Pelliplacage .
- 4.5 Optimisation d'une ligne continue
- 4.6 Maîtrise de la qualité
- 5. Modélisation du thermoformage**
- 5.1 Modèle géométrique
- 5.2 Modèle analytique : approche membrane .
- 5.3 Éléments finis .



6. Aspects économiques .

AM3700***Soufflage de corps creux bi orientés****Par Bernard PLANTAMURA***1. Procédés de soufflage de corps creux .****2. Phénomène de bi-orientation**

2.1 Bi-orientation des polymères amorphes

2.2 Bi-orientation des polymères semi-cristallins .

3. PET (polyéthylène téréphtalate) et applications en soufflage

3.1 Fabrication du PET .

3.2 Caractéristiques et propriétés du PET

3.3 Autres matériaux utilisés (liste non limitative)

4. Réalisation industrielle de la bi-orientation

4.1 Conditions opératoires communes

4.2 Cycle chaud ou procédé continu

4.3 Cycle froid ou procédé discontinu

4.4 Applications

4.5 Procédés complémentaires .

5. Intégration dans une ligne d'embouteillage .

5.1 Remplisseuse .

5.2 Combi souffleuse-remplisseuse-boucheuse

5.3 Ligne d'embouteillage .

S4/24827**Plasturgie : procédés d'extrusion****AM3650*****Extrusion Extrusion monovis (Partie 1).****Par Bruno VERGNES, Stéphan PUISSANT***1. Présentation générale.**

1.1 Description générale et principe de fonctionnement .

1.2 Géométrie du système vis/fourreau.

1.3 Les approximations classiques

2. Mécanismes et modélisation

2.1 Zone de convoyage solide

2.2 Zone de fusion .

2.3 Zone de pompage

2.4 Modèle d'ensemble de l'extrusion monovis .

AM3651***Extrusion Extrusion monovis (Partie 2).****Par Bruno VERGNES, Stéphan PUISSANT***1. Autres types de vis et d'extrudeuses****2. Présentation technique .**

2.1 Réalisation des vis

2.1.1 Fabrication des vis.

2.1.2 Résistance mécanique de la vis à la torsion

2.1.3 Entraînement de la vis.

2.2 Réalisation des fourreaux

2.2.1 Fabrication des fourreaux .

2.2.2 Résistance mécanique des fourreaux

2.2.3 Régulation thermique des fourreaux .

2.3 Systèmes d'alimentation .

2.4 Systèmes de filtration

2.4.1 Filtres et tamis

2.4.2 Changeurs de filtres

3. Pannes et remèdes .

- 3.1 Problèmes dus principalement à l'extrudeuse.
 - 3.1.1 Produit trop chaud.
 - 3.1.2 Produit trop froid .
 - 3.1.3 Problèmes de débit
 - 3.1.4 Autres défauts
- 3.2 Problèmes dus principalement à la tête d'extrusion .
- 3.3 Précautions à prendre lors du démarrage et de l'arrêt de l'extrudeuse

AM3653**Extrusion Procédés d'extrusion bivis.**

Par **Bruno VERGNES, Marc CHAPET**

1. Présentation générale des procédés d'extrusion bivis .

- 1.1 Description générale .
- 1.2 Les différents types d'extrudeuses bivis .
- 1.3 Spécificités du procédé d'extrusion bivis
- 1.4 Géométrie élémentaire du système vis-fourreau .

2. Présentation technique des extrudeuses corotatives .

- 2.1 Description géométrique
- 2.2 Constitution et types des fourreaux et des vis
- 2.3 Mécanismes d'entraînement
- 2.3.1 Le groupe d'entraînement .
- 2.3.2 La motorisation et la variation de vitesse.
- 2.3.3 Les arbres de vis .
- 2.4 Régulation de la température .
- 2.5 Phénomènes d'usure et matériaux
- 2.5.1 Phénomènes d'usure
- 2.5.2 Matériaux utilisés .
- 2.6 Fonctions réalisables sur l'ensemble vis-fourreau .

3. Fonctionnement des extrudeuses corotatives**3.1 Mécanismes d'écoulement et modélisation**

- 3.1.1 Zone de convoyage solide .
- 3.1.2 Zone de fusion
- 3.1.3 Écoulement à l'état fondu
- 3.2 Modèle d'ensemble de l'extrusion bivis

3.2.1 Description du modèle .**3.2.2 Exemples de résultats****4. Extrudeuses contrarotatives.**

- 4.1 Description géométrique
- 4.2 Mode de fonctionnement et approche théorique des écoulements .
- 4.2.1 Extrudeuses à vis interpénétrées
- 4.2.2 Extrudeuses à vis non interpénétrées.

AM3640**Lignes d'extrusion en câblerie Câbles. Contrôle qualité. Rentabilité**

Par **Stéphan PUISSANT, Pierre-Yves BONVIN**

1. Diversité des câbles et des procédés

- 1.1 Câble de transmission cuivre .
- 1.2 Câbles de communication basés sur la fibre optique
- 1.3 Câbles de transmission de puissance .

2. Paramètres de qualité et leurs mesures

- 2.1 Mesure de diamètre, de circularité du fil
- 2.1.1 Faisceau laser, miroir rotatif et optique de collimation.
- 2.1.2 Faisceau laser et lentille de collimation
- 2.1.3 Faisceau laser et frange de diffraction
- 2.1.4 Mesure des défauts de circularité (d'ovalisation)



- 2.2 Mesure de concentricité .
- 2.3 Contrôle de défauts d'isolation
- 2.4 Mesure de la capacité (fil de télécommunication)
- 2.5 Mesure de l'épaisseur de gainage .
- 2.6 Analyse des périodicités des mesures
- 2.6.1 Analyse des mesures en ligne
- 2.6.2 Analyse de la perte Par réflexion pour un câble de télécommunication.
- 3. Calcul économique de rentabilité d'une ligne**
- 3.1 Construction du câble .
- 3.2 Type et coût de matière utilisée .
- 3.3 Niveau technologique de la ligne de production
- 3.4 Productivité de la ligne .
- 3.4.1 Taux de disponibilité
- 3.4.2 Taux de performance .
- 3.4.3 Facteur (ou taux) de qualité .
- 3.4.4 Influence de chacun des trois facteurs sur la productivité de la ligne .

AM3641**Lignes d'extrusion en câblerie. Étapes de fabrication**Par **Stéphan PUISSANT, Pierre-Yves BONVIN**

- 1. Dévidoir**
- 2. Conducteur ou fil élémentaire .**
- 2.1 Tréfilage, recuit et préchauffage du conducteur en tandem .
- 2.2 Assemblage de fils ou fibres élémentaires .
- 3. Extrudeuse .**
- 3.1 Description de l'extrudeuse monovis
- 3.2 Extrusion réactive (réticulation) .
- 3.3 Extrusion moussage
- 4. Différents types de têtes et filières**
- 4.1 Fonction de la tête d'extrusion.
- 4.2 Construction de la tête d'extrusion
- 4.3 Distributeur
- 4.4 Outillages .
- 5. Refroidissement .**
- 5.1 Rapport des termes de convection et de conduction dans le solide dans le sens axial .
- 5.2 Détermination du coefficient de convection dans l'eau .
- 5.3 Calcul analytique (fils fins)
- 5.4 Calcul aux différences finies.
- 6. Entraînement du fil ou du câble**
- 7. Bobinage .**
- 7.1 Fonction régulation de vitesse .
- 7.2 Dépose régulière du fil sur la bobine (trancanage)
- 7.3 Fonction de changement de bobine à vitesse de ligne constante (fils fins) .

AM3642**Lignes d'extrusion de tubes Étapes de fabrication**Par **Stéphan PUISSANT**

- 1. Divers tubes et procédés de production .**
- 1.1 Tubes d'adduction d'eau et de gaz .
- 1.2 Tuyaux de distribution d'eau
- 1.3 Tuyaux d'évacuation et de drainage
- 1.4 Tubes de chauffage Par le sol .
- 1.5 Tuyaux d'irrigation.



- 1.6 Tuyaux médicaux .
- 1.7 Tuyaux techniques (sous haute pression) .
- 2. Étapes d'une ligne de tube standard**
- 2.1 Systèmes de dosage de la matière première
- 2.2 Extrudeuse
- 2.2.1 Extrudeuse baxis contrarotative .
- 2.2.2 Extrudeuse monovis .
- 2.2.3 Extrudeuse baxis corotative
- 2.3 Pompe de lissage (à engrenages).
- 2.4 Tête d'extrusion .
- 2.4.1 Distributeur
- 2.4.2 Outillage.
- 2.5 Calibrage .
- 2.6 Refroidissement .
- 2.6.1 Rapport des termes de convection et de conduction dans le solide dans le sens axial .
- 2.6.2 Détermination du coefficient de convection thermique dans l'eau
- 2.6.3 Calcul analytique (Parois de tubes fines et immersion)
- 2.6.4 Calcul aux différences finies d'un tube en PE d'épaisseur de Paroi supérieure à 0,8 mm
- 2.7 Tirage
- 2.8 Contrôles et mesures .
- 2.9 Conditionnement .

AM3643***Lignes d'extrusion de tubes Procédés spéciaux****Par Stéphane PUISSANT***1. Réticulation**

- 1.1 Réticulation à l'aide de peroxyde (PER-a)
- 1.1.1 Mise en forme du PER-a
- 1.1.2 Réaction de réticulation.
- 1.2 Réticulation à l'aide de silane (PER-b).
- 1.2.1 Procédés de greffage à l'aide de silane
- 1.2.2 Réticulation (après greffage) .
- 1.2.3 Comparaison des solutions techniques pour le PER-b
- 1.3 Réticulations à l'aide de rayons X (PER-c)

2. Expansion (mousse alvéolaire) .

- 2.1 Amélioration des caractéristiques des tuyaux
- 2.2 Principe de base .
- 2.3 Procédé d'expansion chimique
- 2.4 Procédé d'expansion physique
- 2.5 Comparaison des procédés d'expansion chimique et physique

3. Formation de tubes corrugués .**4. Formation de tubes composites.****5. Fabrication de tubes pour irrigation .****6. Défauts courants de fabrication. Causes et remèdes .****AM3644*****Extrusion de feuilles – plaques****Par Francis PINSOLLE***1. Marchés.****2. Ligne d'extrusion****3. Alimentation matières .****4. Extrusion.**

- 4.1 Extrudeuse
- 4.2 Homogénéisation .
- 4.3 Vis barrière .
- 4.4 Dispositifs mélangeurs.



5. Changeur de filtres.
6. Pompe à engrenage
7. Mélangeur statique.
8. Filière de préforme .
 - 8.1 Canal d'alimentation
 - 8.2 Canal de répartition et zone triangulaire (preland) .
 - 8.3 Problématiques de réglages d'épaisseur et de largeur
 - 8.4 Préréglages .
 - 8.5 Réglages d'épaisseur .
 - 8.6 Synthèse .
9. Calandre-tirage
 - 9.1 Polissage-Calandrage .
 - 9.2 Convoyage
 - 9.3 Tirage
10. Découpe
11. Jauges de mesure d'épaisseur .
12. Découpe empileur.
13. Lamination
14. Bobinoirs.
15. Thermoformage en ligne .
16. Contrôle Qualité- SPC – Gestion de la Qualité
 - 16.1 Contrôle Qualité.
 - 16.2 Maîtrise du procédé SPC
 - 16.3 Gestion de la qualité
17. Notions de coûts de production

AM3645

Lignes d'extrusion de profilés thermoplastiques Étapes de fabrication

Par *Stéphan PUISSANT*

1. Marché des profilés thermoplastiques

- 1.1 Importance du marché .
 - 1.1.1 Production en Europe
 - 1.1.2 Marché global.
 - 1.1.3 Profilés pour la construction (fenêtres, portes, etc.).
- 1.2 Diverses applications

2. Classification technique des produits.

3. Diversité des lignes de production selon les marchés .

- 3.1 Étapes d'une ligne d'extrusion de profilé .
- 3.2 Relation entre le marché et le type de ligne de production
 - 3.2.1 Arbitrage des solutions technologiques
 - 3.2.2 Choix du mode de production

4. Éléments de la ligne d'extrusion.

- 4.1 Extrudeuse.
- 4.2 Filières de profilé.
 - 4.2.1 Règles de conception des profilés
 - 4.2.2 Éléments d'une filière et matériaux
 - 4.2.3 Design des filières
- 4.3 Différents types de conformateurs
 - 4.3.1 Calibration Par blocs de conformation.
 - 4.3.2 Calibration Par segments (diaphragmes)
- 4.4 Refroidissement
 - 4.4.1 Modélisation du refroidissement sur un élément de profilé
 - 4.4.2 Nombre de Péclet.
 - 4.4.3 Détermination du coefficient de transmission thermique
 - 4.4.4 Calcul analytique (Parois fines et immersion).



- 4.4.5 Calcul Par différences finies
- 4.5 Mesure et contrôle
 - 4.5.1 Appareils de mesure
 - 4.5.2 Maîtrise statistique des procédés MSP
 - 4.5.3 Impression en ligne pour la traçabilité.
- 4.6 Tirage et coupe
- 5. Divers problèmes rencontrés et contrôle.**
 - 5.1 Défauts dus au groupe d'extrusion .
 - 5.2 Défauts dus à la ligne .
- 6. Conclusion.**

AM3646**Extrusion soufflage de grands corps creux**Par **Serge DUPONT**

- 1. Défauts et spécificités .**
- 2. Extrusion-soufflage**
 - 2.1 Description du procédé d'extrusion soufflage.
 - 2.2 Éléments constitutifs d'une souffleuse
 - 2.3 Particularités du soufflage de grands corps creux
 - 2.4 Applications et polymères utilisés
- 3. Extrusion .**
 - 3.1 Extrudeuses
 - 3.2 Vis et fourreaux utilisés en extrusion-soufflage
 - 3.3 Analyse du fonctionnement et problèmes rencontrés
- 4. Formage de la Paraison.**
 - 4.1 Extrusion continue & discontinue.
 - 4.2 Têtes à accumulation .
 - 4.3 Têtes multicouches
 - 4.4 Calcul des filières et poinçons.
 - 4.5 Réglage d'épaisseur.
 - 4.6 Régulation axiale (WDS)
 - 4.7 Poinçons de forme & SFDR .
 - 4.8 Régulation azimutale (PWDS-RWDS) .
 - 4.9 Évaluation de la répartition des épaisseurs Par thermographie
 - 4.10 Modélisation de l'extrusion de la Paraison
- 5. Soufflage de la Paraison.**
 - 5.1 Drapage, pincement et prégonflage .
 - 5.2 Modes de soufflage (canne, aiguille,...).
 - 5.3 Éléments de contrôle du procédé .
 - 5.4 Modélisation du soufflage.
- 6. Moules de soufflage**
 - 6.1 Dimensions et retraits
 - 6.2 Matériaux utilisés .
 - 6.3 Refroidissement des moules.
 - 6.4 Dispositifs Particuliers .
 - 6.5 Refroidissement interne
 - 6.6 Traitement de surface
- 7. Extraction de la pièce**
- 8. Postrefroidissement**
 - 8.1 Évolution des dimensions lors du refroidissement
 - 8.2 Stabilisation
- 9. Opérations de finition .**
 - 9.1 Découpes & poinçonnage .
 - 9.2 Soudures.
 - 9.3 Contrôles (dimensionnel, étanchéité).
- 10. Conclusions et perspectives .**



AM3657**Défauts d'extrusion***Par Rudy KOOPMANS***1. Phénomène de défauts d'extrusion**

- 1.1 Définitions et terminologie .
- 1.2 Déformations de surface.
- 1.3 Déformations de volume
- 1.4 Autre type de déformation d'extrudat .

2. Procédés d'extrusion de polymères

- 2.1 Extrusion en général .
- 2.2 Extrusion-soufflage de gaine
- 2.3 Extrusion de film à plat .
- 2.4 Extrusion-soufflage de corps creux .
- 2.5 Extrusion de câblerie.
- 2.6 Extrusion de profilés et tubes.

3. Origine des défauts d'extrusion

- 3.1 Étude des défauts d'extrusion
- 3.2 Interprétation macroscopique
- 3.3 Interprétation microscopique .

4. Prévention des défauts d'extrusion

- 4.1 Architecture du polymère .
- 4.2 Conditions d'extrusion
- 4.3 Additifs .
- 4.4 Autres méthodes .

5. Conclusion .

Références bibliographiques .

AM3659**Coextrusion de feuilles et plaques***Par Francis PINSOLLE***1. Procédé de coextrusion .****2. Marchés.**

- 2.1 Feuille barrière
- 2.2 Conditionnement sous atmosphère modifiée .

3. Défauts liés à l'écoulement multicouche.

- 3.1 Non-uniformités .
- 3.2 Discontinuités .
- 3.3 Conséquences.

4. Technologie de la boîte de coextrusion

- 4.1 Boîte de coextrusion bicouche.
 - 4.1.1 Raccordement tangentiel.
 - 4.1.2 Raccordement perpendiculaire
 - 4.1.3 Contrôle de l'enrobage
- 4.2 Boîte de coextrusion multicouche .
 - 4.2.1 Jonction simultanée
 - 4.2.2 Jonction séquentielle.
 - 4.2.3 Jonction mixte .
 - 4.2.4 Boîte de jonction monobloc ou modulaire .
- 4.3 Multiplicateurs de couches

5. Filière monocanal

- 5.1 Zone portemanteau et preland
- 5.2 Zone barre d'étranglement et lèvres .

6. Filière multicanal**7. Mesures d'épaisseurs de couches .****8. Contraintes de coûts**

- 8.1 Recyclage
- 8.2 Surconsommations



9. Coextrusion multibande
- 9.1 Coextrusion multibande monocanal
- 9.2 Coextrusion multibande multicanal.

AM3661**Coextrusion des polymères instabilités d'interface**

Par Rudy VALETTE

1. Phénoménologie des instabilités de coextrusion.

- 1.1 Différents procédés de coextrusion
- 1.2 Défauts d'interface .
- 1.3 Développement des défauts dans les outillages.
- 1.4 Instabilités convectives

2. Rhéologie et modélisation de l'écoulement de base .

- 2.1 Propriétés rhéologiques des polymères
- 2.2 Écoulement de base pour des polymères immiscibles

3. Modélisation des instabilités d'interface

- 3.1 Étude de stabilité linéaire
- 3.2 Cas de plusieurs interfaces
- 3.3 Simulation directe d'effets thermiques et géométries complexes .
- 3.4 Cas de polymères miscibles ou réactifs

4. Prévention des instabilités d'interface

- 4.1 Paramètres procédé et dimensionnement des outillages.
- 4.2 Optimisation des propriétés rhéologiques et interfaciales.

5. Conclusion**AM3654****Procédés d'extrusion réactive**

Par Françoise BERZIN, Guo-Hua HU

1. Présentation générale.

- 1.1 Définition et présentation .
- 1.2 Spécificités de l'utilisation d'une extrudeuse comme réacteur continu .
- 1.3 Avantages et inconvénients

2. Exemples d'applications industrielles

- 2.1 Polymérisation en masse
- 2.2 Modification chimique de polymères
- 2.3 Modification rhéologique de polymères .
- 2.4 Compatibilisation de mélanges de polymères
- 2.5 Vulcanisation dynamique
- 2.6 Élaboration de composites thermoplastiques
- 2.7 Recyclage de polymères .

3. Principes fondamentaux en extrusion réactive.

- 3.1 Réactions chimiques
- 3.2 Monovis ou bivis ?.
- 3.3 Fonctionnement de l'extrudeuse bivis.

4. Apport de la modélisation.

- 4.1 Complexité des couplages
- 4.2 Mise en œuvre d'un modèle d'extrusion réactive
- 4.3 Exemples d'application .
- 4.4 Problèmes d'optimisation et de mise à l'échelle

5. Conclusion .

Références bibliographiques .



AM3655

Modélisation des écoulements dans les filières d'extrusion*Par Bruno VERGNES, Jean-François AGASSANT*

1. Description des géométries étudiées .
2. Équations générales de la mécanique des fluides visqueux
3. Méthodes de simplification .
4. Méthodes de résolution
5. Exemples de résultats .
6. Conclusions et perspectives .

AM3658

Sécurité dans les techniques d'extrusion*Par Maurice NIVON, Guy SANLIAS*

1. Les installations et leur mise en sécurité .
 - 1.1 Installations
 - 1.2 Mise en sécurité des machines et des installations
 - 1.3 Sécurité des techniques d'extrusion
2. Préparation des mélanges .
 - 2.1 Incorporation des adjuvants
 - 2.2 Protection des mélangeurs .
3. Utilisation des extrudeuses
 - 3.1 Phénomènes dangereux et zones de danger
 - 3.2 Mesures de sécurité
4. Souffleuses de gaines.
 - 4.1 Cylindres (rouleaux pinceurs).
 - 4.2 Groupe de tirage
 - 4.3 Traitement de surface Par effluage
5. Bancs d'extrusion de profilés
 - 5.1 Risques mécaniques et mesures de sécurité .
 - 5.2 Risques électriques
 - 5.3 Risques occasionnés Par le bruit
6. Machines d'extrusion-soufflage.
 - 6.1 Description des installations.
 - 6.2 Risques .
 - 6.3 Mesures de sécurité

AM3701

Microplasturgie*Par Pierre ROY*

1. Rappel des principes théoriques et application à la microplasturgie
 - 1.1 Présentation de quelques pièces
 - 1.2 Viscosité et loi de comportement.
 - 1.3 Problématique du refroidissement
 - 1.4 Histoire thermomécanique .
2. Paramètres de la transformation.
 - 2.1 Influence de la vitesse .
 - 2.2 Influence de la température
 - 2.3 Volume et débit mis en œuvre .
 - 2.4 Points critiques du procédé d'extrusion
 - 2.5 Points critiques du procédé d'injection .
3. Unités de plastification : limites et remèdes .
 - 3.1 Introduction
 - 3.2 Conception de la zone d'alimentation .
 - 3.3 Dimensionnement de la zone de plastification .
 - 3.4 Dimensionnement de la zone de pompage ou calibrage.



4. Extrusion : conception de la ligne

- 4.1 Régulation de la vitesse
- 4.2 Dimensionnement des outillages : les filières
- 4.3 Règles de conception des périphériques.

5. Injection : conception des outillages .

- 5.1 Conception des moules.
- 5.2 Réalisation des moules .
- 5.3 Quelques presses

6. Simulation, autres procédés de transformation .

- 6.1 Simulation
- 6.2 Injection et extrusion-soufflage
- 6.3 Nouveaux procédés.

S4/24828 Plasturgie : procédés spécifiques aux composites

**** Procédés de mise en œuvre et mise en forme:**

AM5210 Moulage par centrifugation

Par **Donald HEARN**

1. Force centrifuge .

- 1.1 Généralités .
- 1.2 Application au moulage de matériaux composites
- 1.3 Autres applications de la force centrifuge.

2. Application de la centrifugation aux matériaux composites

- 2.1 Rappels sur la fabrication des matériaux composites
- 2.2 Centrifugation appliquée à un cas général
- 2.3 Moulage de pièces de petits diamètres .
- 2.4 Moulage de pièces de gros diamètres.

3. Aspects technologiques.**4. Exemples de centrifugation dans le contexte industriel**

- 4.1 Fabrication de cuves et silos de gros diamètres.
- 4.2 Fabrication de tuyaux d'assainissement .

5. Avantages et inconvénients de la méthode .

- 5.1 Avantages.
- 5.2 Inconvénients.

6. Conclusion .**AM5235 Mise en œuvre des composites TP Compounds à fibres courtes et longues**

Par **Paul LUCAS, Guy ZANELLA**

1. Présentation générale.**2. Compounds TP à fibres courtes (SFT)**

- 2.1 Fabrication des compounds .
- 2.2 Mise en œuvre des granulés TP à fibres courtes (SFT)
 - 2.2.1 Principe
 - 2.2.2 Conditions opératoires.
 - 2.2.3 Propriétés et applications

3. Compounds et plaques TP fibres longues (LFT et TRE)

- 3.1 Produits existants
 - 3.1.1 Les TRE.
 - 3.1.2 Les LFT.
- 3.2 Procédés de transformation des TRE et LFT
 - 3.2.1 Les TRE.
 - 3.2.2 Les LFT.
- 3.3 Applications et propriétés.



4. Résumé des performances des composites TP

AM5236

Mise en œuvre des composites TP Compounds à fibres continuesPar **Paul LUCAS, Guy ZANELLA****1. Produits****2. Procédés de production de profilés**

2.1 Pultrusion .

2.2 Pulextrusion .

2.3 Extrusion et coextrusion de GLFT et GLFTC (C=concentré).

2.4 Comparaison des propriétés mécaniques des différentes technologies TPA

2.5 Roll forming .

3. Procédés de production des corps creux

3.1 Enroulement filamentaire .

3.2 Moulage à la vessie .

4. Moulage de pièces en petite et moyenne série .

4.1 Moulage sous vide

4.2 Moulage au diaphragme.

4.3 Moulage Par thermoestampage.

4.4 Moulage de structure sandwich .

5. Moulages de pièces en grande série

5.1 Moulage Par thermocompression

5.2 Comoulage

AM3714

Fabrication des mousses en polyuréthanePar **Jérôme BIKARD****1. Applications et présentation du procédé**

1.1 Produits du marché

1.2 Procédés .

1.3 Expansion « in-situ »

2. Différentes étapes du moussage réactif

2.1 Induction.

2.2 Expansion .

2.3 Polymérisation

2.4 Mûrissement.

2.5 Couplages forts dans le procédé: rôle de la thermique.

3. Deux cas d'école .

3.1 Expansion dans un rhéomètre plan/plan : caractérisation des évolutions rhéologiques au cours du moussage .

3.2 Expansion dans un cylindre : mesure des couplages forts

4. Apport de la modélisation.

4.1 Vers un modèle thermodynamiquement admissible

4.2 Expansion .

4.3 Origines chimio-rhéologiques de l'expansion.

4.4 Polymérisation

4.5 Couplages forts thermo-chemio-mécaniques : vers des lois d'échelle

4.6 La thermique : une signature des évolutions de la matière .

5. Exemples de simulations numériques.

5.1 Vers une simulation prédictive de la microstructure cellulaire de la mousse

5.2 Aide à l'optimisation des pièces moulées.

6. Conclusion

AM3715***Moulage des thermodurcissables par le procédé RIM****Par Simon CHOUMER, Chantal NIVERT***1. Systèmes réactifs**

- 1.1 Polyuréthanes
 - 1.1.1 Diisocyanates
 - 1.1.2 Polyols .
 - 1.1.3 Réticulants à chaînes courtes
 - 1.1.4 Catalyseurs
 - 1.1.5 Agents d'expansion
 - 1.1.6 Tensioactifs
 - 1.1.7 Eau .
 - 1.1.8 Pigments
- 1.2 Polyurées
- 1.3 Polyuréthanes-urées .
- 1.4 Polyisocyanurates
- 1.5 Résines époxydes
- 1.6 Polyesters-uréthanes.
- 1.7 Acrylamates .
- 1.8 Polydicyclopentadiène
- 1.9 Polyamides modifiés de type

2. Propriétés mécaniques .**3. Matériel utilisé**

- 3.1 Machines
- 3.2 Moule
 - 3.2.1 Matériaux constituant le moule.
 - 3.2.2 Conception du moule .
- 3.3 Presses porte-moules

4. Mise en œuvre.

- 4.1 Cycle de moulage
- 4.2 Conditions opératoires

5. Intérêt**6. Principales applications. Marchés et perspectives**

- 6.1 Automobile et transports
- 6.2 Autres marchés

AM5250***Moulage des composites par procédés R RIM et S RIM****Par Simon CHOUMER, Chantal NIVERT***1. Systèmes réactifs**

- 1.1 Polyuréthanes
- 1.2 Polyurées
- 1.3 Polyuréthanes-urées .
- 1.4 Polyisocyanurates
- 1.5 Résines époxydes
- 1.6 Polyesters-uréthanes.
- 1.7 Acrylamates .
- 1.8 Polyamides modifiés de type

2. Renforts et charges .

- 2.1 Renforts et charges incorporés aux mélanges de base (R-RIM)
- 2.2 Renforts disposés dans le moule avant injection du polymère (S-RIM) .

3. Propriétés comparées .**4. Matériel utilisé**

- 4.1 Machines
- 4.2 Moule
- 4.3 Presses porte-moules

5. Mise en œuvre des procédés

5.1 Cycle de moulage R-RIM.

5.2 Cycle de moulage S-RIM.

6. Principales applications. Marchés et perspectives

6.1 Automobile et transports

6.2 Autres marchés

AM3718

Physique du moulage des composites avancés aspects théoriques

Par *Christophe BINÉTRUY*

1. Classification des procédés de fabrication des composites organiques

2. Lois de conservation .

2.1 Conservation de la masse (équation de continuité) .

2.2 Équation du mouvement

2.3 Conservation de l'énergie .

3. Lois constitutives.

3.1 Viscosité .

3.2 Réactivité

3.3 Contraintes mécaniques .

3.3.1 Traction dans le sens des fibres

3.3.2 Compression transverse aux fibres

3.3.3 Cisaillement plan

3.4 Perméabilité .

3.4.1 Perméabilité saturée.

3.4.2 Perméabilité effective ou insaturée.

3.4.3 Lois de composition .

3.4.4 Directions principales d'écoulement.

Références bibliographiques .

AM3719

Physique du moulage des composites avancés applications

Par *Christophe BINÉTRUY*

1. Consolidation d'un renfort imprégné de résine liquide

1.1 Moulage à l'autoclave .

1.2 Moulage Par compression

1.3 Enroulement filamentaire .

2. Écoulement de résine liquide dans un renfort stationnaire : injection RTM .

2.1 Écoulement plan à débit imposé dans un renfort isotrope

2.1.1 Écoulement frontal .

2.1.2 Écoulement radial.

2.2 Écoulement radial à débit imposé dans un renfort anisotrope .

2.3 Écoulement plan à pression imposée dans un renfort isotrope

2.3.1 Écoulement frontal .

2.3.2 Écoulement radial.

2.4 Comparaison des effets de seuil d'injection à pression imposée .

2.5 Écoulement 3D à pression imposée dans un renfort isotrope

2.6 Exemples de pièces industrielles .

2.6.1 Pièce de forme complexe moulée Par injection RTM

2.6.2 Plancher automobile prototype moulé Par injection RTM

3. Écoulement de résine liquide dans un milieu fibreux déformable

3.1 Moulage de sandwichs avec déformation de l'âme sous pression.

3.2 Injection sur membrane flexible.

3.3 Injection-compression.

4. Thermocinétique

5. Conclusion .



Références bibliographiques .

A3720**Mise en œuvre des composites Méthodes et matériels**Par **François BERBAIN, Alain CHEVALIER****1. Renforcement des résines thermodurcissables**

- 1.1 Procédés pour petites séries.
- 1.2 Procédés pour moyennes séries
- 1.3 Procédés pour grandes séries
- 1.4 Procédés utilisés pour la réalisation de corps creux
- 1.5 Procédés de moulage en continu.

2. Renforcement des résines thermoplastiques

- 2.1 Injection
- 2.2 Fabrication et moulage des plaques en TRE .
- 2.3 Autres procédés.8

3. Renforcement des mousses rigides ou semi-rigides .

- 3.1 Moulage entre moule et contre-moule
- 3.2 Moulage Par projection.

4. Conception d'une pièce en matériau composite

- 4.1 Principes généraux
- 4.2 Possibilités offertes Par les procédés

5. Industrialisation .**AM3721****Mise en œuvre des composites Coûts d'investissement**Par **Claude CHOUDIN****1. Renforcement des résines thermodurcissables**

- 1.1 Procédés pour petites séries.
- 1.2 Procédés pour moyennes séries
- 1.3 Procédés pour grandes séries
- 1.4 Procédés utilisés pour la réalisation de corps creux
- 1.5 Procédés de moulage en continu .

2. Renforcement des résines thermoplastiques.**3. Constructeurs. Fournisseurs.****Référence bibliographique .****AM3723****Moulage des composites par projection simultanée**Par **Donald HEARN****1. Matériel de projection simultanée .**

- 1.1 Pistolet .
 - 1.1.1 Projection de la résine .
 - 1.1.2 Coupeur de fibres.
 - 1.2 Bras manipulateur.
 - 1.3 Machine de service .
- 2. Méthode de travail**
- 2.1 Projection.
 - 2.2 Ebullage .
- 3. Contexte actuel**
- 4. Évolutions du procédé .**
- 4.1 Modifications réduisant la pénibilité du travail
 - 4.2 Moyens assurant la constance des débits matières du pistolet pendant une opération
 - 4.3 Utilisation optimale de la résine en quantité et en dispersion
 - 4.4 Moyens d'amélioration de la répartition de la matière dans le moule
 - 4.5 Moyens d'amélioration ou d'accélération de l'ébullage de la matière dans le moule
 - 4.6 Extension de la technique à d'autres systèmes de matériaux composites
 - 4.6.1 Fibres.



4.6.2 Résines

5. Conclusion.

AM3729***Orientation des fibres courtes dans les pièces en thermoplastique renforcé***Par **Michel VINCENT****1. Les mécanismes d'orientation .****2. Observation de l'orientation des fibres .**

2.1 Techniques d'observation .

2.2 Outils de quantification de l'orientation

2.3 Quantification.

2.4 Quelques exemples de mesures quantitatives en injection et en extrusion .

3. Modèles d'orientation.

3.1 Fibre unique, fluide newtonien : théorie de Jeffery

3.2 Population de fibres

3.3 Applications à des écoulements simples

3.4 Quelques questions ouvertes .

4. Modélisation de l'orientation et de l'écoulement en injection et extrusion

4.1 Modélisation découplée

4.2 Modélisation couplée

5. Conclusion .**Références bibliographiques .****AM3730*****Pultrusion***Par **Laurent DESTOUCHES****1. Technologie de pultrusion.**

1.1 Pultrusion des résines thermodurcissables.

1.1.1 Différentes étapes du processus .

1.1.2 Chiffres clefs et Particularités du procédé

1.2 Technologies dérivées

1.2.1 Pullwinding

1.2.2 Autres technologies dérivées

1.3 Pultrusion des résines thermoplastiques

1.3.1 Technologies d'imprégnation

1.3.2 Chiffres clefs et Particularités des procédés .

1.4 Technologies postpultrusion

1.4.1 Finition « en ligne » .

1.4.2 Finition « hors ligne »

2. Caractéristiques des composites pultrudés

2.1 Matériaux pour la pultrusion .

2.1.1 Matrices thermodurcissables (polyester, acrylique, époxydes, vinylesters, phénoliques...).

2.1.2 Matrices thermoplastiques

2.1.3 Adjuvants et charges .

2.1.4 Renforts

2.2 Propriétés des composites pultrudés

AM3734***Mise en forme des renforts fibreux de composites***Par **Philippe BOISSE****1. Formage des renforts continus et problématiques associées**

1.1 Spécificité de la mise en forme des composites.



- 1.2 Surfaces développables ou non et nature du renfort.
- 1.3 Modes de déformation d'un renfort fibreux
- 1.4 Problématiques de la mise en forme d'un renfort fibreux.
- 2. Comportement mécanique des renforts tissés .**
- 2.1 Différents types de renforts
- 2.2 Comportement en traction biaxiale .
- 2.3 Étude du comportement en cisaillement dans le plan .
- 3. Simulation de la mise en forme des renforts fibreux**
- 3.1 Méthode du filet.
- 3.2 Simulation de la mise en forme des tissés Par éléments finis
- Références bibliographiques .**

AM3737

Traitement thermique uniforme par hystérésis diélectrique des composites

Par **Michel DELMOTTE**

1. Uniformité thermique spatiale .

- 1.1 Traitement thermique uniforme .
- 1.2 Condition fondamentale de l'obtention de l'uniformité thermique spatiale .
- 1.3 Caractéristiques temporelles : du double objectif à l'objectif réel.
- 1.4 Non-uniformités électromagnétiques et leurs échelles dimensionnelles
- 1.5 Remarques – Discussion. Conception basée sur les caractéristiques des produits et de leurs transformations .

2. Création de sources thermiques uniformes .

- 2.1 Rappels simplifiés de propagation électromagnétique en milieu guidé.
- 2.2 Structure des applicateurs d'énergie électromagnétique et uniformité spatiale .
- 2.3 Applicateurs symétriques à alimentations électromagnétiques alternées
- 2.4 Approche théorique de l'applicateur diélectrique à rendement élevé
- 2.5 Applicateurs à compensation ou inversion diélectrique d'atténuation.
- 2.6 Remarques – Discussion .

3. Phénomène d'hystérésis diélectrique

- 3.1 Interaction onde électromagnétique – matière condensée
- 3.2 Caractéristiques diélectriques des matériaux
- 3.3 Constante de temps de la relaxation diélectrique et température.

4. Exemples d'applications industrielles

- 4.1 Équipement pour l'élaboration de profilés en élastomère .
- 4.2 Équipement de validation de l'élaboration de profilés à âme métallique
- 4.3 Équipement pour la mise en température de résine réactive en contenant unitaire .
- 4.4 Équipement pour la mise en température d'un composite réactif sous presse .
- 4.5 Équipement de laboratoire créant l'uniformité Par inversion de l'atténuation

5. Conclusion

** **Procédés de finition et de recyclage :****AM5215**

Usinage des composites

Par **Alain DESSARTHE**

1. Spécificités des composites à l'usinage

- 1.1 Comportements du matériau
- 1.2 Spécificités des techniques d'usinage .

2. Usinage Par enlèvement de copeaux

- 2.1 Cisailage, poinçonnage
- 2.2 Sciage
- 2.3 Tournage.
- 2.4 Fraisage.
- 2.5 Perçage et alésage .
- 2.6 Autres procédés .



3. Découpe des matières premières

- 3.1 Nappes de fibres
- 3.2 Mousses plastiques .
- 3.3 Nids-d'abeilles

4. Usinage des structures sandwich**5. Découpe au laser**

- 5.1 Principe .
- 5.2 Paramètres

6. Usinage Par jet d'eau

- 6.1 Principe .
- 6.2 Paramètres

RE237***Méthodologie spécifique à l'usinage des composites par jet d'eau abrasif****Par Redouane ZITOUNE, Francis COLLOMBET, François CÉNAC***Introduction**

- 1 - Contexte
- 2 - Principe de la méthodologie d'optimisation des paramètres d'usinage
- 3 - Protocole expérimental
- 4 - Détermination du débit d'abrasif optimal et de la vitesse d'avance
- 5 - Résultats et analyse
 - 5.1 - Étude sur l'aluminium
 - 5.2 - Étude sur les composites
 - 5.3 - Comparaison entre composite et aluminium
- 6 - Applications
- 7 - Conclusion

AM5220***Collage des composites Caractéristiques et choix des adhésifs****Par Philippe COGNARD*

- 1. Matériaux à coller
- 2. Préparation des surfaces .
 - 2.1 Élimination des produits de démoulage
 - 2.2 Abrasion .
 - 2.3 Système « Tear ply » (ou tissu de délaminage)
 - 2.4 Traitements de surface
- 3. Conception, calcul et dimensionnement des joints collés
 - 3.1 Différents cas d'assemblage des composites .
 - 3.2 Paramètres qui influent sur la résistance des assemblages
 - 3.3 Réduction des tensions dans le joint collé
 - 3.4 Conception et dimensionnement des joints. Logiciels de calcul.
 - 3.5 Conception et dimensionnement des assemblages Par stratification
- 4. Caractéristiques des adhésifs structuraux.
 - 4.1 Caractéristiques de mise en œuvre
 - 4.2 Caractéristiques mécaniques
 - 4.3 Caractéristiques physico-chimiques et de durabilité
 - 4.4 Coût.
 - 4.5 Caractéristiques de sécurité d'emploi
- 5. Différents types d'adhésifs utilisés
 - 5.1 Époxydes et époxydes modifiés.
 - 5.2 Polyuréthanes
 - 5.3 Adhésifs acryliques à un et deux composants méthacrylates.
 - 5.4 Adhésifs uréthane-acrylate .
 - 5.5 Adhésifs polyesters thermodurcissables



- 5.6 Adhésifs thermostables
- 5.7 Cyanoacrylates.
- 5.8 Adhésifs anaérobies
- 5.9 Adhésifs semi-structuraux ou non structuraux.
- 6. Choix du traitement de surface et de l'adhésif.**
- Références bibliographiques .**

AM5221

Collage des composites constructions aérospatiale, automobile et ferroviaire

Par **Philippe COGNARD**

1. Construction aérospatiale .

- 1.1. Exigences et problèmes principaux .
- 1.2. Techniques d'assemblages .
- 1.3. Types d'adhésifs utilisés .
- 1.4. Pièces composites collées dans un avion moderne .
- 1.4.1 Panneaux-sandwichs
- 1.4.2 Autres pièces.
- 1.5. Produits de renfort, de remplissage, de calage et d'étanchéité.
- 1.6. Astronautique et armement
- 1.7. Réparation des composites

2. Construction automobile.

- 2.1 Exigences et problèmes principaux .
- 2.2 Techniques de collage utilisées
- 2.3 Principales applications
- 2.4 Autres moyens de transport routier (autobus, tramways, caravanes)

3. Construction ferroviaire

Références bibliographiques .

AM5222

Collage des composites dans diverses industries

Par **Philippe COGNARD**

1. Construction navale

2. Bâtiment et travaux publics

3. Construction d'usines. Génie chimique et anticorrosion .

4. Articles de sport

5. Électricité, éoliennes

6. Mécanique, électroménager .

7. Réparation des composites.

8. Conclusion .

Références bibliographiques .

AM5895

Recyclage des composites

Par **Patricia KRAWCZAK**

1. Enjeux industriels technico-économiques .

1.1 Problématique du recyclage

1.2 Impératif du recyclage

2. Gisement de déchets composites à valoriser .

3. Procédés thermiques

3.1 Incinération

3.2 Co-incinération en cimenterie

3.3 Pyrolyse/thermolyse .

3.4 Remarques générales .

4. Procédés mécaniques

4.1 Broyage mécanique



- 4.2 Recyclage en boucles fermée ou ouverte .
- 5. Procédés chimiques (solvolyse, glycolyse, acidolyse ...).
- 6. Éco-conception pour le recyclage
- 7. Contexte réglementaire et professionnel.
 - 7.1 Directives européennes
 - 7.2 Filières de démantèlement/recyclage/valorisation.
- 8. Conclusion.

RE227

Dé laminage lors du perçage d'un composite carbone époxy

Par *Dr. Redouane ZITOUNE*

Introduction

- 1 - Dé laminage par perçage
- 2 - Modèles analytiques de l'effort de poussée critique
 - 2.1 - Modèles avec l'hypothèse d'isotropie
 - 2.2 - Modèles avec l'hypothèse d'orthotropie
- 3 - Modèle numérique de l'effort de poussée critique
 - 3.1 - Maillage et conditions aux limites
- 4 - Validation expérimentale
- 5 - Résultats et analyse
 - 5.1 - Échelle macroscopique
 - 5.2 - Échelle mésoscopique
- 6 - Conclusion

RE228

Analyse du dé laminage lors du perçage des composites fibres longues

Par *Redouane ZITOUNE, Francis COLLOMBET*

Introduction

- 1 - Contexte
- 2 - Influence du procédé de fabrication sur le dé laminage en sortie du trou
 - 2.1 - Protocole expérimental
 - 2.2 - Paramètres d'usinage et de fabrication affectant le dé laminage en sortie du trou
 - 2.3 - Modèles empiriques de prédiction du dé laminage
 - 2.4 - Paramètres d'usinage optimaux
 - 2.5 - Bilan intermédiaire
- 3 - Influence de la présence des nodules thermoplastiques sur la qualité du perçage
 - 3.1 - Protocole expérimental
 - 3.2 - Pression spécifique de coupe
 - 3.3 - Analyse du dommage en sortie du trou
 - 3.4 - Analyse du dommage au niveau de la Paroi du trou
 - 3.5 - Bilan intermédiaire
- 4 - Conclusion

S4/24829

Procédés d'injection des thermoplastiques

AM3671

Presses à injecter Fonctions et solutions constructives

Par *Thomas MUNCH*

- 1. Cycle d'injection .
 - 1.1 Déroulement du cycle d'injection .
 - 1.2 Fonctions de la presse à injecter
- 2. Groupe d'injection .
 - 2.1 Fonctions et solutions constructives
 - 2.2 Réalisation des solutions constructives .



- 2.2.1 Trémie d'alimentation
- 2.2.2 Système d'injection Par transfert
- 2.2.3 Système d'injection à vis mobile.

3. Groupe de fermeture .

- 3.1 Fonctions et solutions constructives
- 3.2 Réalisation des solutions constructives .
 - 3.2.1 Verrouillage du moule
 - 3.2.2 Mouvements du moule

4. Synthèse de la conception de base.

- 4.1 Structure des presses
- 4.2 Système réel.

AM3672

Presses à injecter Caractéristiques et architecture

Par **Thomas MUNCH**

1. Caractéristiques des presses à injecter .

- 1.1 Caractéristiques du groupe de fermeture²
 - 1.1.1 Rappel 2
 - 1.1.2 Caractéristiques liées au procédé.²
 - 1.1.3 Autres caractéristiques
- 1.2 Caractéristiques du groupe d'injection
 - 1.2.1 Rappel
 - 1.2.2 Caractéristiques liées au procédé.
 - 1.2.3 Fiabilité.
- 1.3 Caractéristiques globales de la presse
 - 1.3.1 Disponibilité.
 - 1.3.2 Cycle à vide

2. Architecture des presses à injecter classiques

- 2.1 Architecture d'ensemble
 - 2.1.1 Presse de base .
 - 2.1.2 Options.
- 2.2 Exemples d'architectures .

3. Architecture des presses à injecter spéciales

- 3.1 Systèmes multimatériaux
 - 3.1.1 Systèmes métal-matière plastique
 - 3.1.2 Systèmes multimatériaux plastiques
 - 3.1.3 Surmoulage de film .
 - 3.1.4 Injection de pièces moussées .
- 3.2 Injection-compression
- 3.3 Intrusion
- 3.4 Obtention de pièces injectées creuses par injection de fluide .
- 3.5 Micro-injection

AM3673

Presses à injecter Choix et optimisation du process.

Par **Thomas MUNCH**

1. Choix d'une presse à injecter .

- 1.1 Introduction .
- 1.2 Détermination du nombre d'empreintes
- 1.3 Choix techniques.
- 1.4 Performance industrielle
- 1.5 Approche économique .
- 2. Utilisation et réglage des presses à injecter
 - 2.1 Évolution au cours du cycle d'injection
 - 2.2 Réglage des presses .
 - 2.3 Optimisation du réglage .

3. Compréhension et résolution des problèmes de qualité



- 3.1 Erreurs de réglage.
- 3.2 Variation de la viscosité de la matière
- 3.3 Identification des causes et résolution

IN53**Conduite adaptative du procédé d'injection des thermoplastiques.**

Par **Jean-Étienne FOURNIER, Nicolas HAVARD, Marie-France LACRAMPE, Marc RYCKEBUSCH, Patricia KRAWCZAK**

Introduction**1 - Objectif****2 - État de l'art****3 - Description des modes de conduite standard et avancés****4 - Évaluation des systèmes pour des configurations matériau/moule/machine****5 - Effet du système de conduite sur les stabilités massique et dimensionnelle**

5.1 - Méthodes expérimentales

5.2 - Stabilité massique

5.3 - Stabilité dimensionnelle

6 - Effet des systèmes de conduite avancés sur le niveau des contraintes internes**7 - Conclusion****AM3681****Moules pour l'injection des thermoplastiques Généralités et périphériques**

Par **Thomas MUNCH**

1. Différents types de moules

1.1 Principe

1.2 Dimensions

1.3 Un ou plusieurs seuils d'injection .

1.4 Monoempreintes ou multiempreintes

2. Cycle d'injection et problèmes rencontrés

2.1 Remplissage de l'empreinte

2.2 Conformité dimensionnelle de la pièce

2.3 Bavures

2.4 Défauts de surface

2.5 Conformité des propriétés mécaniques

2.6 Optimisation du temps de cycle

2.7 Utilisation des techniques de calcul numérique

3. Effet des grandeurs physiques des polymères .

3.1 Évolution typique de la pression pendant le cycle d'injection

3.2 Effets de la viscosité des polymères .

3.3 Effet de la faible conductivité thermique

3.4 Diagrammes PVT et retrait .

4. Conception générale des moules

4.1 Vocabulaire

4.2 Description de l'empreinte .

4.3 Alimentation de l'empreinte

4.4 Constitution de la carcasse

4.5 Normalisation d'un moule et de ses éléments.

5. Modes d'alimentation de l'empreinte

5.1 Injection à canaux froids

5.2 Injection à canaux chauds

5.3 Comparatifs canaux froids- canaux chauds

5.4 Injection sans canaux .

6. Moules spéciaux

- 6.1 Moules à grand rendement
- 6.2 Moules pour injection de produits spéciaux

7. Analyse technico-économique

- 7.1 Prix des pièces.
- 7.2 Nombre d'empreintes.

8. Périphériques

- 8.1 Préhenseur.
- 8.2 Régulateurs de température
- 8.3 Connexion des moules .
- 8.4 Instrumentation des moules

9. Protocole de réception des moules .

- 9.1 Tests généraux
- 9.2 Intérêt et pratique des sous-dosages

AM3682

Moules pour l'injection des thermoplastiques *Conception et réalisation*

Par **Thomas MUNCH**

1. Dispositif d'alimentation

- 1.1 Canal froid (carotte), canaux chauds.
- 1.2 Apport de la simulation numérique
- 1.3 Réalisation mécanique .

2. Système de refroidissement

- 2.1 Refroidissement des différents éléments .
- 2.2 Dimensionnement des circuits de refroidissement .
- 2.3 Apport de la simulation numérique
- 2.4 Réalisation mécanique .

3. Empreinte

- 3.1 Remplissage et compactage : facteurs influents
- 3.2 Cotes et tolérances
- 3.3 Apport de la simulation numérique
- 3.4 Réalisation mécanique .

4. Événements .

- 4.1 Positions
- 4.2 Apport de la simulation numérique
- 4.3 Réalisation mécanique .

5. Démoulage

- 5.1 Dépouille
- 5.2 Tiroirs .
- 5.3 Système à plusieurs plans de joints
- 5.4 Système à dévissage
- 5.5 Démoulage Par déformation

6. Système d'éjection .

- 6.1 Types d'éjecteur
- 6.2 Position des éjecteurs.
- 6.3 Conception mécanique.

7. Capteurs de pression et de température

- 7.1 Possibilités et limites
- 7.2 Réalisation mécanique .

8. Conclusion.



AM3683

Moules pour l'injection des thermoplastiques. Choix des aciersPar **Thomas MUNCH****1. Besoins spécifiques et performances attendues .**

- 1.1 Carcasse.
- 1.2 Empreintes.
- 1.3 Pièces mobiles.

2. Influence du procédé d'obtention des aciers sur les propriétés

- 2.1 Métallurgie conventionnelle
- 2.2 Métallurgie des poudres.

3. Traitements thermiques

- 3.1 Mise en œuvre.
- 3.2 Aciers à outil pour empreintes.
- 3.3 Influence du traitement sur la résistance à l'abrasion ou à la corrosion
- 3.4 Aciers pour carcasse : exemple du XCrS16

4. Limitation des risques lors du traitement thermique .

- 4.1 Origine du problème.
- 4.2 Avantages du traitement sous vide et répercussion sur le choix des aciers
- 4.3 Solutions alternatives .

5. Traitements superficiels – Applications .

- 5.1 Cémentation
- 5.2 Nituration .
- 5.3 Dépôt PVD ou CVD
- 5.4 Traitements combinés

6. Propriétés des aciers utilisés en plasturgie.

- 6.1 Acier pour carcasse.
- 6.2 Aciers pour empreintes

7. Utilisation d'autres métaux

- 7.1 Optimisation de la conductivité thermique
- 7.2 Optimisation de la résistance à l'usure .

8. Conclusion.

AM3691

Presses à injecter horizontales électriquesPar **Raphaël ROUX****1. Conception**

- 1.1 Servomoteur .
- 1.2 Vérin à billes
- 1.3 Transmission.
- 1.3.1 Transmission Par courroie crantée.
- 1.3.2 Transmission directe .
- 1.4 Gestion de la commande .

2. Unité De Fermeture Du Moule

- 2.1 Genouillère
- 2.2 Éjection
- 2.3 Réglage de l'épaisseur du moule et de la force de verrouillage

3. Unité D'injection

- 3.1 Plastification
- 3.2 Déplacement de l'unité d'injection
- 3.3 Injection et maintien.
- 3.4 Commutation

4. Asservissement Moule

- 4.1 Moteur à dévissage
- 4.2 Noyaux



4.3 Montage rapide de moule

5. Particularités

5.1 Préinjection .

5.2 Prééjection.

5.3 Cycles haute cadence .

6. Bilan pour l'aide au choix .

6.1 Rendement

6.2 Consommation électrique

6.3 Consommation d'eau .

6.4 Environnement sonore.

6.5 Éléments pour l'aide au choix .

AM3684

Thermique de l'injection des thermoplastiques. Fondements

Par **Pierre MOUSSEAU, Alain SARDA, Rémi DETERRE**

1. Refroidissement des pièces

1.1 Notions élémentaires de thermique

1.1.1 Exemple d'illustration

1.1.2 Contact entre deux solides

1.2 Phénomènes thermiques en injection .

1.2.1 Schématisation simplifiée d'un cycle

1.2.2 Phase de remplissage

1.2.3 Phase de maintien

1.2.4 Phase de refroidissement

1.2.5 Phase d'éjection

1.2.6 Contribution du changement de phase et autres termes sources

2. Ordres de grandeurs des échanges thermiques lors d'un cycle de moulage .

2.1 Description succincte de Cat-1D.

2.2 Exemple et description de l'évolution des températures au cours d'un cycle

2.3 Influence de divers Paramètres sur le refroidissement des pièces injectées.

2.3.1 Influence du changement de phase sur le cycle

2.3.2 Influence de l'épaisseur de la pièce

2.3.3 Influence de l'épaisseur du moule

2.3.4 Influence du retrait de la pièce

Références bibliographiques .

AM3685

Thermique de l'injection des thermoplastiques. Optimisation

Par **Pierre MOUSSEAU, Alain SARDA, Rémi DETERRE**

1. Optimisation du refroidissement des pièces injectées .

1.1 Influence de l'épaisseur solidifiée sur la pression et le débit de remplissage.

1.1.1 Optimisation de la pression de remplissage

1.1.2 Optimisation du débit de remplissage

1.2 Évolution de la température de la veine liquide lors du remplissage.

1.2.1 Critère d'optimisation thermique du remplissage.

1.2.2 Débit de remplissage optimal

1.3 Optimisation de la régulation thermique des outillages

1.3.1 Mise en régime thermique du moule à vide

1.3.2 Mise en régime thermique du moule en fonctionnement

1.4 Optimisation du refroidissement des pièces.

1.4.1 Schématisation du problème.

1.4.2 Définitions des optima (temps et débit) .

1.4.3 Estimation du temps de refroidissement des pièces injectées.



2. Maîtrise des transferts de chaleur : optimisation dimensionnelle des pièces

2.1 Positionnement des circuits de refroidissement.

2.2 Refroidissement d'une pièce avec angle .

2.2.1 Suggestion pour l'optimisation du refroidissement des angles de pièces

2.2.2 Refroidissement d'une nervure .

3. Conclusion .

Références bibliographiques .

AM85FOR***Thermique de l'injection des thermoplastiques Code de calcul Cat 1D***Par **Pierre MOUSSEAU, Alain SARDA, Rémi DETERRE****1. Caractéristiques .****2. Modélisation****3. Géométrie/maillage****4. Données matière****5. Conditions aux limites****6. Module cycle thermique.****7. Exemple d'application : cycle d'injection****AM95*****Modélisation de l'injection Remplissage des moules***Par **Jean-François AGASSANT, Michel VINCENT****1. Phase de remplissage : spécificités et équations à résoudre .****2. Un cas d'école : le disque injecté Par le centre**

2.1 Calcul newtonien isotherme .

2.2 Calcul pseudoplastique (loi puissance) isotherme .

2.3 Calcul pseudoplastique non isotherme .

2.3.1 Analyse mécanique

2.3.2 Analyse thermique .

2.3.3 Couplage .

2.3.4 Résultats

3. Modèles Par réseau .**4. Écoulements en couche mince : modèle de Hele-Shaw**

4.1 Analyse mécanique .

4.2 Analyse thermique

4.3 Résolution et résultats.

4.4 Améliorations du modèle de Hele-Shaw.

5. Modèles bidimensionnels et modèles tridimensionnels.

Références bibliographiques .

AM3696***Modélisation de l'injection Compactage et contraintes résiduelles***Par **Jean-François AGASSANT, Michel VINCENT****1. Le post-remplissage .**

1.1 Définition du post-remplissage

1.2 Apport de la modélisation

1.3 Mise en équations et calculs.

1.4 Calcul du retrait

1.5 Conclusion

2. Déformations et contraintes résiduelles.

2.1 Introduction

2.2 Phénomènes physiques principaux .

2.3 Mesure des contraintes résiduelles .

2.4 Calcul des contraintes résiduelles



3. Conclusion .

AM3692**Moulage par injection multimatière**Par **Didier BILLOET****1. Injection multimatière et multicouleur**

1.1 Principe et applications

1.2 Machines .

1.2.1 Presses conventionnelles couplées

1.2.2 Système multimatière spécifique.

1.3 Outillages

1.3.1 Moules multiempreinte et transfert robotisé

1.3.2 Moules rotatifs .

1.3.3 Table coulissante .

1.3.4 Moules avec éléments mobiles internes .

1.4 Particularités de l'écoulement et contraintes de conception imposées Par le procédé .

1.5 Alternatives techniques et aspects économiques

1.6 Commentaires.

2. Injection sandwich

2.1 Principe et applications

2.2 Machines et équipements spécifiques

2.3 Particularités de l'écoulement et contraintes imposées Par le procédé .

2.4 Cas Particulier du moussage .

2.5 Aspects économiques

2.6 Commentaires.

3. Conclusion**AM3693****Injection assistée par gaz**Par **Jean-Luc DREYER****1. Principes généraux des procédés d'injection assistée Par gaz**

1.1 Technique de remplissage Partiel

1.2 Technique de remplissage avec utilisation de masselotte(s)

1.3 Technique de refoulement dans le fourreau.

1.4 Technique de noyau amovible.

1.5 Technique de compactage (full shot)

1.6 Injection externe de gaz

1.7 Injection de gaz hyper-refroidi .

1.8 Utilisation d'autres gaz que l'azote

1.9 Simplification de l'outillage

1.10 Injection compression avec injection gaz .

1.11 Injection séquentielle assistée Par gaz

1.12 Bi-Injection assistée Par gaz.

2. Exemples de pièces réalisées et problèmes rencontrés.

2.1 Pièces automobiles .

2.2 Électroménager .

2.3 Ameublement

2.4 Bricolage

2.5 Puériculture. Poignée de siège bébé .

3. Matériels et périphériques

3.1 Source d'azote.

3.2 Surpresseur .

3.3 Ensemble pupitre de commande-électrovanne

3.4 Injecteur gaz

4. Spécificités de conception – contraintes .

4.1 Grandes pièces planes



4.2 Pièces tubulaires .

5. Principaux Paramètres de mise en œuvre

6. Défauts observés lors de la mise en œuvre. Solutions

7. Conclusion.

AM3694

Injection assistée par eau

Par **Jean-Luc DREYER**

1. Avantages de l'eau sur l'azote .

1.1 Aspect économique

1.2 Aspect technique .

2. Principes généraux des procédés

2.1 Technique de remplissage Partiel

2.2 Technique de remplissage avec utilisation de masselottes .

2.3 Technique de refoulement dans le fourreau

2.4 Technique combinée gaz puis eau .

3. Exemples de pièces réalisées et problèmes rencontrés .

3.1 Pièces automobiles .

3.2 Électroménager .

3.3 Jouets et puériculture

3.4 Autres .

4. Matériels et périphériques

4.1 Source d'eau

4.2 Surpresseur

4.3 Ensemble pupitre de commande-électrovanne .

4.3.1 Pilotage de la pression.

4.3.2 Pilotage du débit

4.3.3 Points communs .

4.4 Injecteur d'eau .

5. Spécificités de conception. Contraintes .

6. Principaux Paramètres de mise en œuvre

7. Défauts observés lors de la mise en œuvre. Solutions .

8. Outils de simulation .

AM3699

Surmoulage ou surinjection

Par **Patricia SANDRÉ**

1. Le surmoulage.

1.1 Types d'industries concernées .

1.2 Intérêts du surmoulage .

1.2.1 Réalisation de pièces étanches

1.2.2 Réalisation de pièces complexes

1.2.3 Aspect design

1.2.4 Réalisation de pièces avec inserts métalliques

1.2.5 Suppression des phases d'assemblage

2. Conception des pièces et moules. Procédé industriel

2.1 Les différents types de surmoulage.

2.1.1 Surmoulage plastique sur plastique .

2.1.2 Surmoulage plastique sur inserts métalliques.

2.1.3 Accrochages mécaniques ou chimiques.

2.2 Les matières .

2.3 Conception des pièces et des moules

2.3.1 Conception spécifique au surmoulage .

2.3.2 Thermique du moule

2.3.3 Moule classique avec une ou deux versions d'empreintes

2.3.4 Moule rotatif



- 2.3.5 Moulage en bande
- 2.4 Lignes de production.
- 2.4.1 Presses à injecter
- 2.4.2 Matériel connexe
- 2.5 Problèmes rencontrés en surmoulage.
- 3. Simulation du surmoulage**
- 3.1 Intérêt de la simulation du surmoulage.
- 3.2 Bases théoriques de la simulation .
- 3.3 Logiciels existants (REM3D, MPI.)
- 3.4 Exemples simples de simulation
- 4. Application Particulière : le MID .**
- 4.1 Définition
- 4.2 Méthodes utilisées en MID .
- 4.3 Conseils de conception .
- 5. Conclusion .**

AM3698**Sécurité dans les techniques d'injection***Par Maurice NIVON*

- 1. Mise en sécurité des machines**
- 1.1 Catégories de performance
- 1.2 Sécurité dans les techniques d'injection .
- 2. Les matières**
- 2.1 Conditionnement et mode de stockage.
- 2.2 Phénomènes dangereux .
- 2.3 Mesures de sécurité
- 3. Machine à injecter .**
- 3.1 Composition et fonctionnement.
- 3.2 Phénomènes dangereux et zones dangereuses .
- 3.3 Mesures de sécurité générales.
- 3.4 Mesures de sécurité spécifiques
- 3.5 Vérifications techniques
- 4. Moules.**
- 4.1 Situations dangereuses.
- 4.2 Mesures de sécurité
- 5. Équipements auxiliaires .**
- 5.1 Dispositifs d'alimentation .
- 5.2 Robot manipulateur.
- 5.3 Dispositifs de changement de moules.
- 5.4 Granulateur installé dans la zone d'évacuation
- 5.5 Table pivotante sur machine à injecter verticale.

S4/24830**Propriétés générales des plastiques****AM15****Plastiques et composites Avant propos***Par Jean-François AGASSANT, Christophe BINÉTRUY, Patricia KRAWCZAK, Marie-France LACRAMPE, Gilbert VILLOUTREIX*

- 1. Plastiques.**
- 2. Plasturgie .**
- 3. Composites**

23**Unités de mesure SI***Par Nicole LEGENT*

- 1. Définitions générales**
- 2. Organismes responsables**



3. Système métrique
4. Système international d'unités SI .
5. Unités hors système .
6. Définition des unités.

24

Unités légales et facteurs de conversion

Par **Jean-Claude COURTIER**

1. Grandeurs, unités et symboles .
 2. Facteurs de conversion .
- Références bibliographiques

AM3012

Symboles normalisés des plastiques

Par **Loïc CHESNÉ**

1. Normes en vigueur
2. Principes généraux
3. Mélanges de polymères
4. Polyamides.
 - 4.1 Homopolyamides
 - 4.2 Copolyamides
5. Symboles supplémentaires : caractéristiques spéciales

K497

Mesure des volumes spécifiques des polymères

Par **Bernard LE NEINDRE, Patrick CANCOUËT**

1. Difficultés des mesures PvT .
2. Dispositifs de mesure de PvT .
 - 2.1 Technique du piston-cylindre .
 - 2.2 Technique du piézomètre
3. Interprétation des données .
 - 3.1 État fondu .
 - 3.2 Transition de fusion .
 - 3.3 Transition vitreuse .
 - 3.4 Transitions vitreuse et de fusion
 - 3.5 Influence de la vitesse de refroidissement
 - 3.5.1 Effet d'un refroidissement rapide
 - 3.5.2 Retrait .
4. Détermination de grandeurs caractéristiques .
 - 4.1 Taux de cristallinité
 - 4.2 Masse volumique du polymère amorphe
5. Conclusion

K498

Données des polymères

Par **Bernard LE NEINDRE, Patrick CANCOUËT**

1. Domaines de température et de pression des données PvT
2. Données PvT de quelques polymères utilisés dans l'industrie .
 - 2.1 Polyéthylène ramifié PEBD (polyéthylène basse densité) ou LDPE (low density polyethylene)
 - 2.2 Polyéthylène linéaire (LPE) ou PEHD (polyéthylène haute densité) ou encore HDPE (high density polyethylene) .
 - 2.3 Polyéthylène linéaire de masse molaire élevée (HMLPF : high molecular weight linear polyethylene) .
 - 2.4 Poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA)
 - 2.5 Poly(cyclohexylméthacrylate) (PCHMA)
 - 2.6 Poly(méthacrylate de n-butyle) (PnBMA)



- 2.7 Polypropylène (atactique) (a-PP)
- 2.8 Polypropylène (isotactique) (PP)
- 2.9 Polyamide-11 (PA11) .
- 2.10 Polyamide-6 (PA66)
- 2.11 Poly(éthylènetéréphtalate) (PET)
- 2.12 Poly(1-butène) (isotactique) (PB1)
- 2.13 Poly(vinylacétate) (PVAc)
- 2.14 Poly(4-méthylpent-1-ène) (PMP).
- 2.15 Poly(étheréthercétone) (PEEK)
- 2.16 Poly(fluorure de vinylidène) (PVDF) .
- 2. Poly(épichlorohydrine) (PECH) .
- 2.18 Poly(ϵ -caprolactone) (PCL)
- 2.19 Poly(chlorure de vinyle) (PVC)

3. Conclusion .

Mesure des volumes spécifiques des polymères

K499

Équations d'état des polymères

Par **Bernard LE NEINDRE, Patrick CANCOUËT**

1. Équations d'état de compressibilité isotherme .

- 1.1 Équation d'état de Sanchez-Cho .
- 1.2 Équation de Tait .
- 1.3 Équation de Sun, Song et Yang

2. Équations d'état empiriques ou semi-empiriques à trois Paramètres

- 2.1 Équation d'état de Sanchez-Cho (SC).
- 2.2 Modèle de Hartmann et Haque (HH)

3. Équations d'état théoriques

- 3.1 Modèles de réseau ou de quasi-réseau .
 - 3.1.1 Modèles de cellule
 - 3.1.2 Modèle de trous de Simha-Somcynsky (SS)
 - 3.1.3 Modèle du fluide de réseau (SL)
 - 3.1.4 Comparaisons et conclusions
- 3.2 Modèles continus .
 - 3.2.1 Équation d'état des sphères dures adhésives (AHS) .
 - 3.2.2 Équation d'état généralisée de Flory (GF).
 - 3.2.3 Équation d'état d'une chaîne de rotateurs (COR) .
 - 3.2.4 Équations d'état TPT et SAFT
 - 3.2.5 Termes utilisés dans les équations d'état fondées sur la théorie des perturbations .
 - 3.2.6 Application aux polymères

4. Conclusion

** Propriétés physiques et mécaniques des polymères

A3110

Comportements physique et thermomécanique des plastiques

Par **Michel CHATAIN**

1. Principales caractéristiques

- 1.1 Les plastiques, matériaux viscoélastiques
- 1.2 Les plastiques, mélanges complexes

2. Rhéologie des polymères à l'état solide

- 2.1 Généralités .
- 2.2 Comportement mécanique des solides hookiens et des liquides newtoniens .
- 2.3 Principe de superposition, fonctions mémoire, de fluage et de relaxation .
- 2.4 Déformation résultant d'une contrainte variable. Contrainte résultant d'une déformation variable



- 2.5 Calcul opérationnel
- 2.6 Corps viscoélastiques. Éléments et modèles analogiques mécaniques.
- 2.7 Rhéologie expérimentale
- 2.8 Essais dynamiques
- 2.9 Autres méthodes d'essais thermomécaniques.
- 3. Rappels concernant la structure et les forces de cohésion**
- 3.1 Généralités .
- 3.2 Matières thermoplastiques : structures, forces de cohésion, groupes structuraux
- 3.3 Matières thermodurcissables : structure, forces de cohésion .
- 4. Températures de transition. Dilatométrie. Volume libre**
- 4.1 Généralités .
- 4.2 Transition vitreuse. Volume libre
- 4.3 Influence des Paramètres structuraux sur les températures de transition .
- 4.4 Autres caractéristiques physiques dépendant de la structure.
- 5. Comportement thermomécanique**
- 5.1 Généralités .
- 5.2 Polymères amorphes
- 5.3 Polymères cristallins .
- 5.4 Plastiques tridimensionnels
- Références bibliographiques .

AM3115***Propriétés et comportement mécanique des polymères thermoplastiques****Par Noëlle BILLON, Jean-Luc BOUVARD*

- 1. Thermoplastiques : une richesse de comportements mécaniques .**
- 1.1 Description générale.
- 1.2 Caractérisation du comportement.
- 2. Initiation aux processus élémentaires de déformation**
- 2.1 Processus propres aux polymères
- 2.2 Matières plastiques et mise en œuvre
- 2.3 Synthèse
- 3. Comportement macroscopique des thermoplastiques**
- 3.1 Réponse d'un polymère à une sollicitation
- 3.2 Effet de la température et de la vitesse.
- 4. Traitement mathématique et modèles de comportement .**
- 4.1 Modèle rhéologique de comportement
- 4.2 Principe de Boltzmann et traitement de la viscoélasticité linéaire .
- 4.3 Lois de comportement phénoménologiques .
- 5. Conclusion.**
- 6. Glossaire**

AM3130***Principes de base de la modélisation des procédés de mise en forme des polymères****Par Jean-François AGASSANT*

- 1. État de l'art des procédés de mise en forme des polymères**
- 2. Bases d'une modélisation thermomécanique pertinente**
- 2.1 Très forte viscosité des polymères fondus .
- 2.2 Comportement non linéaire et thermodépendant des polymères
- 2.3 Faible conductivité thermique des polymères .
- 2.4 Conditions aux limites appropriées.
- 2.5 Modèle physique pertinent
- 3. Résolution directe ou méthodes d'approximations**
- 3.1 Équations d'un problème de mise en forme des polymères



- 3.2 Choix de la méthode de calcul.
- 3.3 Méthodes d'approximation
- 4. Exemples d'applications**
- 4.1 Optimisation d'une filière de gaine .
- 4.2 Optimisation d'une filière plate .
- 4.3 Optimisation d'une filière de profilé
- 4.4 Étude d'un moule d'injection .
- 4.5 Étude du soufflage d'un corps creux.
- 5. Conclusion.**

AM3120**Développement de structures dans les polymères****Concepts généraux**Par **Jean-Marc HAUDIN**

- 1. Cristallisation des polymères**
- 1.1 Structures cristallines et morphologies
- 1.2 Cinétiques
- 2. Influence des conditions de mise en forme sur la cristallisation .**
- 2.1 Influence de l'écoulement
- 2.2 Effets de la pression
- 2.3 Effets de la vitesse de refroidissement .
- 2.4 Effets d'un gradient thermique
- 2.5 Effets des surfaces
- 3. Phénomènes d'orientation**
- 3.1 Caractérisation expérimentale des orientations cristallines Par diffraction des rayons X.
- 3.2 Notion de fonction d'orientation .
- 3.3 Relations entre morphologie et orientation cristalline
- 3.4 Caractérisation de l'orientation de la phase amorphe.
- 4. Modélisation du développement de structures**
- 4.1 Cadre général
- 4.2 Approche d'Avrami-Evans .
- 4.3 Formulations simplifiées
- 4.4 Systèmes d'équations différentielles
- 5. Conclusion.**
- 6. Glossaire – Définitions.**

AM3121**Développement de structures dans les polymères****Applications**Par **Jean-Marc HAUDIN**

- 1. Extrusion de film à plat .**
- 1.1 Présentation du procédé
- 1.2 Modèle thermomécanique .
- 1.3 Influence de la mise en forme sur le développement de structures
- 1.3.1 Étirage dans l'air
- 1.3.2 Refroidissement sur le rouleau
- 2. Filage.**
- 2.1 Présentation du procédé
- 2.2 Développement de structures dans des fibres de PE
- 3. Soufflage de gaine**
- 3.1 Présentation du procédé
- 3.2 Analyse de résultats expérimentaux typiques .
- 3.3 Modèles morphologiques
- 4. Injection .**
- 4.1 Présentation du procédé



4.2 Analyse de résultats expérimentaux typiques .

4.3 Modèles morphologiques

5. Conclusion.

5.1 Démarche descriptive .

5.2 Démarche prédictive.

6. Glossaire – Définitions.

AM3135

Usure des polymères Étude expérimentale. Mécanique du contact

Par **Eric FELDER**

1. Caractérisation du frottement et de l'usure

1.1 Méthodes d'essai.

1.2 Coefficient de frottement et vitesse d'usure

1.3 Mécanismes d'interaction entre surfaces frottantes

2. Mécanique du contact des polymères .

2.1 Particularités rhéologiques des polymères .

2.2 Modes de déformation lors d'un contact ponctuel

2.3 Conséquences de la formation de stries à la surface du polymère

3. Conséquences de la rhéologie des polymères sur leur usure .

3.1 Index de plasticité et transition usure abrasive-usure Par fatigue

3.2 Cas Particulier du PTFE .

3.3 Vitesse d'usure et transfert .

3.4 Capacité de rétention des Particules abrasives Par les polymères .

4. Corrélation entre vitesse d'usure et propriétés mécaniques des polymères .

4.1 Usure abrasive, dureté et propriétés de rupture

4.2 Usure Par fatigue .

4.3 Usure, rayures et capacité d'écrouissage

4.4 Cas des élastomères

Tableau des notations et symboles .

Références bibliographiques .

AM3136

Usure des polymères Aspects thermiques et applications

Par **Eric FELDER**

1. Aspects thermiques de l'usure des polymères.

1.1 Influence de la puissance dissipée sur l'usure.

1.2 Influence de la température sur l'usure et la dureté des polymères

1.3 Estimation de la température réelle de contact .

1.4 Application à l'interprétation des conditions critiques de contact .

2. Usure des composites .

2.1 Phénomènes spécifiques aux composites .

2.2 Nature et pouvoir abrasif des charges

2.3 Exemple des composites contenant du PTFE

3. Conception de systèmes tribologiques

3.1 Règles générales.

3.2 Diagrammes (k, p) et domaine d'utilisation tribologique des polymères.

3.3 Diagrammes (Δu , p) .

Références bibliographiques

Tableau des Notations et symboles

Comparatif.



AM3137**Usure des polymères Données tribologiques typiques**Par **Eric FELDER**

1. Propriétés des principaux polymères.
 2. Données tribologiques typiques (Tableau 2).
- Références bibliographiques .

A3138**Frottement des plastiques**Par **Yukisaburo AMAGUCHI**

1. Frottement de glissement .
 - 1.1 Théorie
 - 1.2 Expérimentation fondée sur la théorie du glissement .
 2. Influence de la structure des plastiques .
 - 2.1 Structure moléculaire
 - 2.1.1 Arrangement des atomes
 - 2.1.2 Masse moléculaire
 - 2.2 Super-structure
 - 2.2.1 Structure cristalline
 - 2.2.2 Orientation moléculaire .
 3. Aspect pratique du frottement
 - 3.1 Coefficient de frottement
 - 3.2 Valeurs expérimentales de μ_s et de μ_k .
 4. Valeur limite du facteur p_v .
 - 4.1 Considérations théoriques
 - 4.2 Expérimentation et résultats.
 5. Amélioration des propriétés tribologiques des plastiques
 - 5.1 Mélanges de polymères
 - 5.2 Composites
- Références bibliographiques .

E1850**Propriétés diélectriques des polymères**Par **Jean-Marc BUREAU**

1. Permittivité et indice de pertes
 - 1.1 Diélectrique Parfait
 - 1.2 Permittivité complexe.
 - 1.3 Utilisation pratique de la permittivité relative et du facteur de dissipation
 - 1.4 Polarisation dans les polymères
 - 1.5 Influence de la température et de la fréquence .
 - 1.6 Influence d'autres facteurs .
2. Résistivité
 - 2.1 Définitions
 - 2.2 Domaine des résistivités
 - 2.3 Types de conductivité.
 - 2.4 Influence de différents facteurs sur la résistivité transversale
 - 2.5 Résistivité superficielle .
3. Rigidité diélectrique .
 - 3.1 Définition .
 - 3.2 Rigidité intrinsèque.
 - 3.3 Rigidité diélectrique pratique.
4. Autres propriétés importantes des polymères diélectriques .
 - 4.1 Stabilité thermique .
 - 4.2 Résistance au feu. Sécurité
 - 4.3 Résistance chimique .
 - 4.4 Résistance aux rayonnements .
5. Optimisation d'un polymère diélectrique.



- 5.1 Maximisation du volume libre .
- 5.2 Copolymérisation
- 5.3 Composites
- 6. Applications des polymères diélectriques .**
- 6.1 Condensateurs
- 6.2 Isolation de câbles et de lignes de transmission
- 6.3 Connecteurs.
- 6.4 Circuits imprimés
- 6.5 Modules multichips
- 6.6 Substrats d'antennes
- 6.7 Protection et encapsulation de composants électroniques.
- 7. Conclusion.**
- 8. Glossaire**

AM3141

Caractérisation des polymères Par *spectroscopie diélectrique.*

Par *Olivier GALLOT-LAVALLEE, Patrice GONON*

1. Impédance complexe

- 1.1 Permittivité relative (facteur de polarisation) .
- 1.2 Permittivité complexe.
- 1.3 Facteur de dissipation.
- 1.4 Conductivités.
- 1.5 Module .

2. Techniques de mesures

- 2.1 Cellule de mesure .
- 2.2 Instrumentation.

3. Identification des phénomènes physiques.

- 3.1 Conduction ionique/électronique
- 3.2 Résistance de fuite
- 3.3 Résistances série et de contact
- 3.4 Polarisation interfaciale (Maxwell-Wagner-Sillars)
- 3.5 Polarisation d'électrode
- 3.6 Polarisation dipolaire

4. Conclusion .

5. Glossaire

N2890

Polymères supramoléculaires autoréparables

Par *David PRORIOL*

1. Contexte.

- 1.1 Utilisation de polymères dans le monde et en Europe
- 1.2 Intérêt du concept d'autoréparation
- 1.3 Définition d'un polymère supramoléculaire .
- 1.4 Capacité du polymère supramoléculaire à s'auto réparer .

2. Polymères supramoléculaires comportant des liaisons hydrogène

- 2.1 Polymères supramoléculaires de Leibler
- 2.2 Amélioration des propriétés mécaniques.
- 2.3 Polymères supramoléculaires nanocomposites à base de liaisons hydrogène

3. Polymères supramoléculaires comportant des interactions π - π .

- 3.1 Premier polymère supramoléculaire autoréparable avec des interactions π - π
- 3.2 Ajustement des propriétés mécaniques .
- 3.3 Polymères supramoléculaires nanocomposites à base d'interactions π - π .

4. Systèmes hôtes-invités

- 4.1 Système hôte-invité : éther couronne/ammonium
- 4.2 Système hôte-invité de faible masse molaire :



éther couronne/ammonium .

4.3 Système hôte : cyclodextrine.

5. Conclusion.

6. Glossaire

7. Sigles et abréviations.

AM7705

Caoutchoucs : méthodes d'obtention et propriétés

Par **Yves DE ZÉLICOURT**

1. Mise en œuvre et fabrication des pièces en caoutchouc

1.1 Mélangeage .

1.2 Mise en forme .

1.3 Vulcanisation .

1.3.1 Vulcanisation Par les peroxydes.

1.3.2 Vulcanisation au soufre .

2. Caoutchoucs d'usage courant .

2.1 Caoutchouc naturel (NR)

2.2 Caoutchouc isoprène synthétique (IR)

2.3 Caoutchouc styrène-butadiène (SBR) .

2.4 Caoutchouc butadiène (BR)

2.5 Terpolymère d'éthylène-propylène-diène (EPDM) et copolymère éthylène propylène (EPM)

2.6 Caoutchouc isobutène-isoprène (IIR)

2.7 Caoutchouc nitrile-butadiène (NBR)

2.8 Caoutchouc chloroprène (CR)

2.9 Synthèse des propriétés et applications des caoutchoucs d'usage général .

3. Caoutchoucs de spécialité

3.1 Polyéthylène chloré (CM) .

3.2 Caoutchoucs d'épichlorhydrine (CO, ECO et GECO)

3.3 Copolymères acrylates (ACM et AEM)

3.4 Polyuréthanes (AU, EU)

3.5 Silicones (MQ, VMQ, PMQ, PVMQ FVMQ)

3.6 Caoutchoucs fluorés (FKM et FFKM) .

3.7 Synthèse des propriétés des caoutchoucs spéciaux .

4. Remarques et conclusion

**** Propriétés rhéologiques des thermoplastiques**

AM3620

Viscoélasticité linéaire des polymères fondus

Par **Christian CARROT, Jacques GUILLET**

1. Comportement viscoélastique linéaire des polymères fondus.

1.1 Expériences de fluage et de relaxation

1.2 Origine physique du comportement viscoélastique.

1.3 Analogies phénoménologiques simples .

2. Rhéométrie des polymères fondus en viscoélasticité linéaire .

2.1 Rhéométrie dynamique.

2.2 Rhéomètres oscillants : géométries cône-plan et disques Parallèles .

2.3 Rhéométrie transitoire : saut de déformation et module de relaxation

2.4 Domaine viscoélastique linéaire

3. Résultats expérimentaux typiques

3.1 Courbes fréquence-modules

3.2 Module de plateau. Viscosité newtonienne. Complaisance d'équilibre .

3.3 Modèles phénoménologiques. Expression de Cole-Cole

3.4 Spectres de temps de relaxation discrets et continus

3.5 Modèles issus de la dynamique moléculaire : modèle de Rouse et de reptation

4. Superposition temps-température



- 4.1 Équivalence temps-température
- 4.2 Loi de Williams, Landel et Ferry. Loi d'Arrhenius .
- 4.3 Interprétation physique. Volume libre. Mobilité moléculaire
- 5. Corrélations structure - propriétés**
- 5.1 Polymères homogènes : influence de la microstructure
- 5.2 Mélanges : influence de la morphologie .
- 5.3 Réticulation : point de gel .
- 6. Conclusion .**

AM3630***Viscoélasticité non linéaire des polymères fondus****Par Christian CARROT, Jacques GUILLET***1. Manifestations de la visco-élasticité non linéaire**

- 1.1 Gonflement
- 1.2 Effet Weissenberg
- 1.3 Siphon sans tube .

2. Rhéométrie en cisaillement

- 2.1 Rappels de mécanique : tenseur des contraintes, contraintes tangentielle et normales .
- 2.2 Rhéomètres
- 2.3 Résultats expérimentaux typiques.

3. Rhéométrie en élongation uniaxiale.

- 3.1 Méthodes directes .
- 3.2 Méthodes indirectes
- 3.3 Résultats expérimentaux typiques.

4. Applications à la transformation des matières plastiques

- 4.1 Domaines de gradient de vitesse des procédés .
- 4.2 Comportement rhéologique dans un procédé donné
- 4.3 Compréhension des phénomènes viscoélastiques

5. Lois de comportement viscoélastique non linéaire .

- 5.1 Formes intégrales
- 5.2 Formes différentielles
- 5.3 Intérêt des modèles viscoélastiques Par rapport aux modèles visqueux

6. Conclusion .**7. Annexe : lexique.****AM3635*****Opérations de mélange dans les procédés de transformation des polymères Concepts****Par Jean-François AGASSANT, Francis PINSOLLE, Bruno VERGNES***Introduction****1 - Différents concepts de mélange****2 - Mélange dispersif**

- 2.1 - Mécanismes
- 2.2 - Quantification

3 - Mélange distributif

- 3.1 - Approche cinématique
- 3.2 - Quantification

4 - Conclusion**5 - Glossaire**

AM3636

Opérations de mélange dans les procédés de transformation des polymères Mise en œuvre*Par Jean-François AGASSANT, Francis PINSOLLE, Bruno VERGNES***Introduction****1 - Outils de mélange**

- 1.1 - Mélangeur externe ou mélangeur à cylindres
- 1.2 - Mélangeur interne
- 1.3 - Extrudeuse monovis
- 1.4 - Extrudeuse bisis
- 1.5 - Comalaxeur

2 - Exemples de problèmes industriels

- 2.1 - Dispersion de charges minérales et de fibres de renfort
- 2.2 - Réalisation de nanocomposites

3 - Conclusion**4 - Glossaire****** Vieillessement des polymères**

AM3150

Vieillessement physique des matériaux polymères*Par Bruno FAYOLLE et Jacques VERDU***1. Aspects généraux et analyse du phénomène****2. Vieillessement Par relaxation structurale (au sens large) .****3. Vieillessement Par absorption de solvants**

3.1 Définitions et rappels

- 3.1.1 Concentration à l'équilibre.
- 3.1.2 Diffusion dans l'échantillon .

3.2 Interactions polymère-solvant (à l'équilibre)

- 3.2.1 Relations structure-propriétés .
- 3.2.2 Conséquences de l'absorption de solvants sur les propriétés physiques
- 3.2.3 Diffusion dans l'échantillon .

3.3 Aspects mécaniques

- 3.3.1 Propriétés d'équilibre .
- 3.3.2 Comportement en régime transitoire .
- 3.3.3 Comportement sous contrainte.

4. Vieillessement Par migration d'adjuvants .

4.1 Mécanismes .

- 4.1.1 Traversée de l'interface
- 4.1.2 Diffusion dans l'échantillon .
- 4.1.3 Exsudation, démixtion .

4.2 Relation structure-propriétés

4.3 Aspects expérimentaux.

5. Fissuration sous contrainte en milieu tensioactif**Références bibliographiques .**

AM3151

Vieillessement chimique des polymères Mécanismes de dégradation*Par Emmanuel RICHAUD, Jacques VERDU***1. Aspects généraux****2. Point de vue du chimiste organicien et du polymériste****3. Processus affectant l'architecture du squelette macromoléculaire**

3.1 Types de processus



- 3.2 Traitement quantitatif du nombre de coupures et de soudures .
- 3.3 Modifications des températures de transition
- 3.4 Modifications du comportement mécanique des polymères .

4. Vieillessement affectant les groupements latéraux

- 4.1 Coloration/Décoloration .
- 4.2 Polarité et propriétés qui en découlent .

AM3152

Vieillessement chimique des polymères Cinétique de dégradation

Par **Emmanuel RICHAUD, Jacques VERDU**

1. Vieillessement chimique non oxydant .

- 1.1 Hydrolyse.
 - 1.1.1 Généralités
 - 1.1.2 Hydrolyse non réversible
 - 1.1.3 Hydrolyse réversible
 - 1.1.4 Hydrolyse contrôlée Par la diffusion
- 1.2 Processus thermochimiques
 - 1.2.1 Dépolymérisation.
 - 1.2.2 Réactions d'élimination séquentielle (zip) autres que la dépolymérisation.
 - 1.2.3 Réactions de cyclisation
- 1.3 Processus radiochimiques .
 - 1.3.1 Rayonnements ionisants. Grandeurs caractéristiques .
 - 1.3.2 Exemple de schéma de réaction radiochimique .
 - 1.3.3 Relations structure-radiostabilité
- 1.4 Processus photochimiques
 - 1.4.1 Rayonnement UV et grandeurs caractéristiques.
 - 1.4.2 Absorption de l'UV Par les polymères .
 - 1.4.3 Réactions photochimiques en l'absence d'oxygène.
 - 1.4.4 Moyens d'irradiation

2. Oxydation

- 2.1 Introduction .
- 2.2 Mécanisme et schémas de base
 - 2.2.1 Hypothèses .
 - 2.2.2 Schéma mécanistique et cinétique standard.
 - 2.2.3 Coxydation .
- 2.3 Relations structure-stabilité .
- 2.4 Prédiction de la durée de vie en vieillissement oxydant .

AM3153

Vieillessement chimique des polymères Physicochimie de la stabilisation

Par **Emmanuel RICHAUD, Jacques VERDU**

1. Définitions .

2. Stabilisation contre la dégradation anaérobie

- 2.1 Hydrolyse .
- 2.2 Interrupteurs de dépolymérisation
- 2.3 Stabilisation thermique du PVC .
- 2.4 Antirads
- 2.5 Absorbants UV

3. Stabilisation contre le vieillissement oxydant

- 3.1 Action sur l'amorçage.
- 3.2 Action sur le couple propagation-terminaison .
- 3.3 Exemple de stabilisation spécifique : sels de cuivre comme antioxydants des polyamides

4. Réactions Parasites.



- 4.1 Stabilisation du PVC Par les savons de zinc .
- 4.2 Réactions Parasites avec les phénols
- 5. Stabilisants sacrificiels et régénératifs**
- 6. Synergies, antagonismes**
 - 6.1 Exemple de synergie : association phénol-phosphite .
 - 6.2 Exemple d'antagonisme : association phénol-HALS .
- 7. Solubilité et transport des antioxydants dans les polymères**
 - 7.1 Solubilité des stabilisants.
 - 7.2 Volatilité des stabilisants
 - 7.3 Diffusivité des stabilisants
- 8. Modélisation cinétique de l'oxydation de polymères stabilisés**
- 9. Conclusion.**

AM3154**Modélisation cinétique d'un mécanisme d'oxydation**

Par *Ludmila AUDOUIN, Xavier COLIN, Bruno FAYOLLE*
et *Jacques VERDU*

- 1. Processus d'oxydation des polymères hydrocarbonés**
- 2. Stratégie d'analyse**
- 3. Amorçage Par décomposition bimoléculaire des POOH**
 - 3.1 Régimes I, II, III
 - 3.2 Régimes III, IV, V .
- 4. Amorçage Par décomposition unimoléculaire des POOH**
- 5. Comment reconnaître le mode d'amorçage ?**
- 6. Mode d'utilisation des résultats ci-dessus .**
- 7. Conclusion .**
- Références bibliographiques .**

AM3165**Action de l'eau sur les plastiques**

Par *Jacques VERDU*

- 1. Vieillesse physique Par absorption d'eau**
 - 1.1 Hydrophilie d'un polymère en relation avec sa structure
 - 1.1.1 Caractérisation expérimentale de l'hydrophilie .
 - 1.1.2 Influence de la structure chimique sur w_m .
 - 1.1.3 Influence des conditions d'exposition à l'eau
 - 1.1.4 Diffusivité de l'eau
 - 1.2 Plastification Par l'eau .
 - 1.2.1 Principaux effets de la plastification .
 - 1.2.2 Autres conséquences de la plastification .
 - 1.3 Endommagement Par gonflements différentiels
 - 1.3.1 Description
 - 1.3.2 Interface fibre-résine
 - 1.3.3 Chocs thermiques avec changement de phase .
 - 1.3.4 Anisotropie
 - 1.4 Autres conséquences physiques de l'absorption d'eau.
 - 1.4.1 Propriétés diélectriques .
 - 1.4.2 Pertes d'adjuvants
 - 1.5 Endommagement Par démixtion .
 - 1.5.1 Endommagement induit Par choc thermique
 - 1.5.2 Endommagement induit Par dégradation hydrolytique .
 - 1.5.3 Stabilisation vis-à-vis de l'endommagement Par démixtion
- 2. Vieillesse chimique en présence d'eau. Hydrolyse**
 - 2.1 Réaction d'hydrolyse.
 - 2.2 Principaux groupements chimiques hydrolysables dans les polymères industriels.
 - 2.2.1 Groupe ester .
 - 2.2.2 Groupe amide .



AM3170

- 2.2.3 Groupe imide
 - 2.2.4 Autres groupes .
 - 2.3 Conséquences de l'hydrolyse.
 - 2.4 Méthodes d'essai.
- Références bibliographiques .**

Combustion des plastiques

Par **Christian VOVELLE**

et **Jean-Louis DELFAU**

1. Processus mis en jeu

- 1.1 Échauffement .
- 1.2 Dégradation thermique .
 - 1.2.1 Réactions de réarrangement .
 - 1.2.2 Réactions de réticulation
 - 1.2.3 Réactions de décomposition Par pyrolyse .
 - 1.2.4 Importance des phases gazeuse et solide
- 1.3 Inflammation
- 1.4 Propagation des flammes .
- 1.5 Transferts thermiques .
- 1.6 Extinction - ignifugation

2. Méthodes d'étude

- 2.1 Dispositifs d'étude de la pyrolyse
 - 2.1.1 Analyse thermogravimétrique (ATG)
 - 2.1.2 Analyse thermique différentielle (ATD)
 - 2.1.3 Analyse calorimétrique différentielle (ACD).
 - 2.1.4 Analyse des gaz de pyrolyse .
 - 2.1.5 Analyse des résidus solides.
- 2.2 Dispositifs d'étude de la combustion.
 - 2.2.1 Étude de l'inflammation.
 - 2.2.2 Calorimètres
 - 2.2.3 Vitesse de propagation des flammes
 - 2.2.4 Analyse des gaz de combustion
 - 2.2.5 Opacité des fumées

3. Grandeurs caractéristiques.

- 3.1 Pyrolyse
 - 3.1.1 Débit massique de pyrolyse \dot{M}_p''
 - 3.1.2 Nature et composition des gaz de pyrolyse .
- 3.2 Inflammation
- 3.3 Combustion
 - 3.3.1 Débit massique de combustion \dot{M}_c''
 - 3.3.2 Débit calorifique
 - 3.3.3 Vitesse de propagation
 - 3.3.4 Nature et composition des produits de combustion .
 - 3.3.5 Opacité des fumées

4. Modélisation

- 4.1 Modélisation de la pyrolyse et de l'inflammation
 - 4.1.1 Inflammation pilotée
 - 4.1.2 Inflammation spontanée
- 4.2 Modélisation de la propagation des flammes.

5. Transfert des connaissances à la situation d'incendie .

- 5.1 Modèles globaux de développement d'incendie
- 5.2 Essais en grandeur réelle
- 5.3 Nouvelles voies de caractérisation des matériaux .



“Ti580

Matériaux
Fonctionnels,,

MATÉRIAUX



TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR



S4/24831

Matériaux à propriétés électriques et optiques



S4/24832

Matériaux à propriétés mécaniques



S4/24833

Matériaux à propriétés thermiques et matériaux pour l'énergie



S4/24834

Matériaux actifs et intelligents



S4/24835

Matériaux magnétiques



S4/24836

Matériaux pour la santé et l'agroalimentaire



S4/24837

Surfaces et structures fonctionnelles

Matériaux

Ti580 Matériaux Fonctionnels

S4/24831 Matériaux à propriétés électriques et optiques**** Isolants électriques:****E1850****Propriétés diélectriques des polymères***Par Jean-Marc BUREAU***1. Permittivité et indice de pertes**

- 1.1 Diélectrique Parfait.
- 1.2 Permittivité complexe
- 1.3 Utilisation pratique de la permittivité relative et du facteur de dissipation
- 1.4 Polarisation dans les polymères
- 1.5 Influence de la température et de la fréquence
- 1.6 Influence d'autres facteurs

2. Résistivité

- 2.1 Définitions.
- 2.2 Domaine des résistivités
- 2.3 Types de conductivité.
- 2.4 Influence de différents facteurs sur la résistivité transversale.
- 2.5 Résistivité superficielle

3. Rigidité diélectrique

- 3.1 Définition
- 3.2 Rigidité intrinsèque
- 3.3 Rigidité diélectrique pratique

4. Autres propriétés importantes des polymères diélectriques

- 4.1 Stabilité thermique
- 4.2 Résistance au feu. Sécurité
- 4.3 Résistance chimique
- 4.4 Résistance aux rayonnements

5. Optimisation d'un polymère diélectrique.

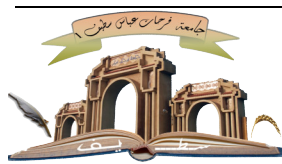
- 5.1 Maximisation du volume libre
- 5.2 Copolymérisation
- 5.3 Composites

6. Applications des polymères diélectriques

- 6.1 Condensateurs
- 6.2 Isolation de câbles et de lignes de transmission
- 6.3 Connecteurs.
- 6.4 Circuits imprimés
- 6.5 Modules multichips
- 6.6 Substrats d'antennes
- 6.7 Protection et encapsulation de composants électroniques

7. Conclusion**8. Glossaire****D2310****Mesure des caractéristiques des matériaux isolants solides***Par Claude MENGUY***1. Conduction électrique dans les isolants solides**

- 1.1 Types de résistances des matériaux isolants solides et définitions



- 1.2 Résistances et résistivités superficielles et transversales
- 1.3 Résistance d'isolement
- 1.4 Influence de divers Paramètres sur les résistivités.
- 1.5 Résistivités transversales de quelques isolants solides
- 2. Rigidité diélectrique des isolants solides.**
- 2.1 Définitions et mécanismes de claquage
- 2.2 Mesure de la rigidité diélectrique
- 2.3 Influence de divers Paramètres sur la rigidité diélectrique
- 2.4 Rigidité diélectrique transversale de quelques isolants solides.
- 3. Permittivité et pertes diélectriques dans les isolants solides.**
- 3.1 Définitions et signification de la permittivité et des pertes diélectriques.
- 3.2 Mécanismes de polarisation.
- 3.3 Mesures de la permittivité et de $\tan \delta$
- 3.4 Influence de divers facteurs sur la permittivité complexe
- 3.5 Permittivité et facteurs de dissipation diélectrique de quelques isolants solides.
- 4. Vieillessement des isolants sous l'effet du champ électrique**
- 4.1 Résistance au cheminement.
- 4.2 Résistance des matériaux aux décharges Partielles et aux arborescences
- 5. Tenue des matériaux isolants aux contraintes thermiques**
- 5.1 Échauffements de courte durée
- 5.2 Échauffements de longue durée
- 6. Vieillessement des isolants sous l'effet de l'environnement**
- 7. Tenue des matériaux isolants aux contraintes mécaniques**
- 7.1 Caractéristiques requises pour les isolants utilisés dans les matériels électriques
- 7.2 Détermination des principales caractéristiques mécaniques des matériaux
- 8. Méthode de choix d'un matériau isolant solide**

D2315

Matériaux isolants solides - Caractéristiques électriques

Par *Alain ANTON*

Remarques préliminaires

Tableaux de résultats

1. Principaux isolants solides utilisés dans l'industrie électrique, pour lesquels les données, concernant les caractéristiques électriques, sont regroupées dans cet article
2. Thermoplastiques.
3. Thermodurcissables
4. Isolants naturels.
5. Isolants minéraux
6. Caoutchoucs et élastomères synthétiques
7. Isolants stratifiés
8. Films thermoplastiques
9. Papiers synthétiques composites Comparaison des différents matériaux Par caractéristiques
10. Tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$ ou θ Hz sauf indication contraire).
11. Permittivité relative (ϵ_r ou ϵ' Hz)
12. Résistance au courant de cheminement Par étincelles HT (selon publication ASTM D95)



D2360***Micas et produits micacés****Par Alain ANTON, Jean-Louis STEINLE***1. Le mica**

- 1.1 Origine du matériau de base
- 1.2 Structure et propriétés

2. Le mica en électrotechnique

- 2.1 Procédés de fabrication du papier de mica
- 2.2 Propriétés du papier de mica
- 2.3 Conclusion

3. Produits composés à base de mica

- 3.1 Les micas naturels
- 3.2 Produits à base de papier de mica

4. Utilisation et mise en œuvre des produits micacés.

- 4.1 Domaines industriels.
- 4.2 Techniques d'isolation

5. Contrôles et évaluation.

- 5.1 Contrôle qualité des semi-produits.
- 5.2 Évaluation des systèmes micacés à l'état neuf

6. Conclusion**D2470*****Liquides isolants en électrotechnique - Présentation générale****Par Noëlle BERGER***1. Généralités.**

- 1.1 Rôle des liquides isolants en électrotechnique
- 1.2 Catégories de liquides.
- 1.3 Choix d'un liquide pour une application

2. Caractéristiques

- 2.1 Propriétés isolantes
- 2.2 Propriétés thermiques.
- 2.3 Stabilité.
- 2.4 Effet des impuretés.
- 2.5 Propriétés « feu ».
- 2.6 Propriétés toxicologiques et écotoxicologiques

3. Surveillance en service**Références bibliographiques****D2471*****Liquides isolants en électrotechnique - Caractéristiques des produits****Par Noëlle BERGER***1. Huiles minérales**

- 1.1 Procédés de préparation. Raffinage
- 1.2 Composition.
- 1.3 Usages
- 1.4 Spécifications
- 1.5 Propriétés
- 1.6 Surveillance en service

2. Liquides de synthèse.

- 2.1 Hydrocarbures halogénés
- 2.2 Hydrocarbures aromatiques
- 2.3 Polyoléfines.
- 2.4 Esters
- 2.5 Huiles silicones



3. Huiles végétales

- 3.1 Usages
- 3.2 Propriétés

E1855**Polymères hétérocycliques thermostables**

Par *Jean-Claude DUBOIS, Guy RABILLOUD*

1. Généralités**2. Applications des polymères hétérocycliques thermostables**

- 2.1 Fibres thermostables.
- 2.2 Adhésifs structuraux et matrices de composites
- 2.3 Adhésifs conducteurs.
- 2.4 Films de polyimides
- 2.5 Films diélectriques intermétalliques
- 2.6 Polyimides photosensibles
- 2.7 Couches d'alignement des afficheurs à cristaux liquides
- 2.8 Autres applications.

3. Conclusion**** Conducteurs électriques et supraconducteurs:****D2610****Conducteurs métalliques - Présentation générale**

Par *Jean-Charles DELOMEL*

1. Rappel de physique du solide

- 1.1 Propriétés des métaux
- 1.2 Influence des éléments d'alliage
- 1.3 Influence de l'état mécanique
- 1.4 Propriétés mécaniques des métaux conducteurs

2. Cuivre et ses alliages

- 2.1 Données générales
- 2.2 Principales nuances
- 2.3 Alliages pour conducteurs et câbles électriques
- 2.4 Principales voies d'élaboration

3. Aluminium et ses alliages

- 3.1 Données générales
- 3.2 Principales nuances.
- 3.3 Alliages pour conducteurs et câbles électriques
- 3.4 Voie d'élaboration de l'aluminium
- 3.5 Éventail des produits utilisés en câblerie

4. Conducteurs bimétalliques

- 4.1 Données générales
- 4.2 Acier revêtu d'aluminium
- 4.3 Acier revêtu de cuivre
- 4.4 Aluminium revêtu de cuivre

5. Fils revêtus d'un dépôt électrolytique

- 5.1 Cuivre étamé
- 5.2 Cuivre argenté
- 5.3 Cuivre nickelé.
- 5.4 Cuivre doré.

6. Matériaux supraconducteurs**7. Matériaux composites****Références bibliographiques**

D2611**Conducteurs métalliques - Guide d'utilisation***Par Jean-Charles DELOMEL*

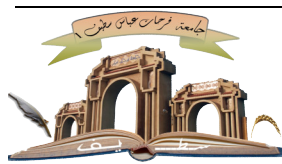
1. Guide d'applications
2. Normalisation
3. Organismes
4. Bibliographique
5. Producteurs de conducteurs et de câbles
6. Constructeurs de matériels
7. Données économiques

D2620**Matériaux pour résistances électriques***Par Gilles GREFFIER*

1. Utilisation des éléments chauffants
 - 1.1 Transferts thermiques
 - 1.2 Durée de vie d'une résistance
 - 1.3 Matériaux disponibles.
2. Alliages
 - 2.1 Alliages austénitiques à base de nickel
 - 2.2 Alliages ferritiques FeCrAl
 - 2.3 Mises en forme
3. Matériaux céramiques
 - 3.1 Disiliciure de molybdène
 - 3.2 Carbure de silicium
 - 3.3 Chromite de lanthane.
 - 3.4 Zircon
4. Graphite et composites carbone-carbone
 - 4.1 Composition. Élaboration
 - 4.2 Propriétés
 - 4.3 Mise en œuvre des éléments chauffants.
 - 4.4 Prix et applications
5. Conclusion

D2660**Le Carbone en électrotechnique***Par Michel COULON, Conrad REYNVAAN, Jacques MAIRE*

1. Généralités.
 - 1.1 Définition
 - 1.2 Structure
 - 1.3 Propriétés
 - 1.3.1 Caractéristiques générales.
 - 1.3.2 Propriétés physiques.
 - 1.3.3 Propriétés chimiques
 - 1.4 Fabrication des carbones et des graphites
 - 1.4.1 Carbones et graphites polygranulaires.
 - 1.4.2 Carbones et graphites monolithes
 - 1.4.3 Carbone déposé en phase vapeur
 - 1.4.4 Feuilles souples de graphite
 - 1.5 Mise en œuvre pour les applications électriques
2. Électrodes, charbons d'arc et résistances.
 - 2.1 Utilisation en électrochimie
 - 2.1.1 Électrolyse et aciérie
 - 2.1.2 Protection contre la corrosion
 - 2.1.3 Piles électriques
 - 2.2 Charbons d'arc.
 - 2.2.1 Généralités



- 2.2.2 Utilisation pour l'éclairage
- 2.2.3 Charbons pour la spectrographie
- 2.2.4 Charbons de soudage et de gougeage
- 2.3 Usinage Par électroérosion.
- 2.4 Résistances électriques
 - 2.4.1 Résistances fixes à température ambiante.
 - 2.4.2 Résistances à haute température
 - 2.4.3 Résistances variables contenant du carbone
- 3. Contacts électriques fixes et glissants**
 - 3.1 Contacts de coupure.
 - 3.2 Frotteurs de captation de courant
 - 3.2.1 Petits frotteurs pour rhéostats et potentiomètres.
 - 3.2.2 Frotteurs sur fils et rails conducteurs
 - 3.3 Balais
 - 3.3.1 Principes
 - 3.3.2 Transmission du courant.
 - 3.3.3 Nuances de balais. 1
 - 3.3.4 Fonctionnement des balais
 - 3.3.5 Influences extérieures sur le fonctionnement des balais.
 - 3.3.6 Recommandations.

D2701***Supraconducteurs - Bases théoriques****Par Pascal TIXADOR, Yves BRUNET*

- 1. Température critique et résistivité**
- 2. Diamagnétisme. Effet Meissner.**
- 3. Diagramme de phase. Types de supraconductivité**
 - 3.1 Supraconducteurs de type I (ou de première espèce).
 - 3.2 Supraconducteurs de type II (ou de deuxième espèce)
- 4. Courant ou densité de courant critique**
 - 4.1 Supraconducteurs de type I
 - 4.2 Supraconducteurs de type II.
- 5. Champ d'irréversibilité**
- 6. Surface critique.**
- Références bibliographiques

D2702***Supraconducteurs - Structure et comportement des fils****Par Pascal TIXADOR, Yves BRUNET*

- 1. Étude électromagnétique des supraconducteurs, modèle de l'état critique.**
 - 1.1 Relation B (H)
 - 1.2 Relation E (J), modèle de l'état critique
- 2. Aimantation d'un supraconducteur avec densité de courant critique**
 - 2.1 Courbe expérimentale
 - 2.2 Expérience de l'aimant flottant
 - 2.3 Aimantation d'un cylindre
 - 2.4 Mesure de la densité de courant critique J_c Par aimantation.
- 3. Stabilisation de l'état supraconducteur**
 - 3.1 Intérêt d'une matrice de conductivités électrique et thermique élevées
 - 3.2 Instabilité thermo-magnétique, saut de flux
 - 3.3 Couplage, longueur critique
 - 3.4 Cryostabilisation
 - 3.5 Composite multifilamentaire
- 4. Pertes alternatives (pertes ac)**
- 5. Transition et protection**



Références bibliographiques

D2703***Supraconducteurs - Environnement et applications***Par **Pascal TIXADOR, Yves BRUNET****1. Conducteurs supraconducteurs**

1.1 Matériaux à basse température critique

1.1.1 NbTi

1.1.2 Nb₃Sn1.1.3 MgB₂

1.1.4 Phases de Chevrel

1.2 Matériaux à haute température critique

1.2.1 Conducteur PIT BiSrCaCuO

1.2.2 Conducteurs YBaCuO : conducteurs déposés

1.2.3 Matériaux massifs

1.3 Matériaux organiques

2. Environnement des supraconducteurs

2.1 Cryogénie

2.1.1 Méthodes de refroidissement.

2.1.2 Fluides cryogéniques

2.1.3 Cryostat

2.1.4 Amenées de courant

2.2 Propriétés des matériaux aux basses températures

2.2.1 Propriétés mécaniques.

2.2.2 Propriétés thermiques

2.2.3 Propriétés électriques

2.2.4 Propriétés magnétiques

2.2.5 Propriétés diélectriques

3. Applications de puissance des supraconducteurs

3.1 Applications actuelles : production de champ magnétique.

3.2 Applications futures

Références bibliographiques

E1110***Supraconducteurs à haute température critique et applications***Par **Brigitte LERIDON, Jean-Pierre CONTOUR****1. Propriétés des matériaux supraconducteurs****2. Les oxydes supraconducteurs à haute température critique**

2.1 Découverte de la supraconductivité des cuprates

et des principaux matériaux supraconducteurs

2.2 Oxyde supraconducteur YBa₂Cu₃O_{7-x}

2.3 Élaboration des matériaux sous forme de films minces.

3. Mécanismes de la supraconductivité.

3.1 Théorie phénoménologique de Ginzburg-Landau

3.2 Théorie microscopique de Bardeen, Cooper et Schrieffer (BCS)

3.3 Vers une théorie pour la supraconductivité à haute température critique

4. Effets Josephson

4.1 Effet Josephson entre deux supraconducteurs

4.2 Jonction supraconducteur-isolant-supraconducteur

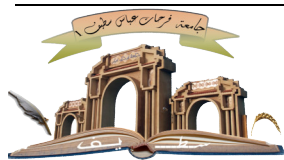
4.3 Effets Josephson dans les supraconducteurs à haute température critique

5. Interfaces supraconducteur-métal normal

5.1 Effet tunnel supraconducteur-isolant-métal normal

5.2 Interface supraconducteur conventionnel-métal normal.

5.3 Surface libre d'un supraconducteur dx

6. Applications électroniques des supraconducteurs

à haute température critique (SHTC)

- 6.1 Composants passifs
- 6.2 Composants Josephson
- 6.3 Détection millimétrique et infrarouge
- 6.4 Composants prospectifs
- 6.5 Conclusion

**** Semi-conducteurs et matériaux pour l'électronique:****E1820****Céramiques pour composants électroniques**

Par **F. Jean-Marie HAUSSONNE**, **David HOUIVET**,
Jérôme BERNARD

1. Technologie céramique et composants électroniques**2. Technologie de fabrication et frittage**

- 2.1 Qu'est-ce qu'une céramique ?
- 2.2 Fabrication d'une céramique massive
- 2.3 Élaboration de couches minces Par la technologie céramique

3. Propriétés des matériaux céramiques

- 3.1 Propriétés directement exploitées dans la fonction composant.
- 3.2 Propriétés non directement liées à la fonction définissant les composants

4. Élaboration de fonctions

- 4.1 Circuits hybrides et circuits d'interconnexion multicouches
- 4.2 Multicomposants
- 4.3 Composants « intelligents »
- 4.4 Application des couches minces céramiques

5. Conclusion**E1862****Polymères conjugués et électronique organique**

Par **André-Jean ATTIAS**

1. Évolution de la recherche**2. Physique des polymères conjugués et composants.**

- 2.1 Rôle des électrons p dans les polymères conjugués
- 2.2 Composés conjugués–électrons p
 - 2.2.1 Molécules conjuguées
 - 2.2.2 Polymères conjugués
- 2.3 Influence de la longueur de conjugaison et notion de structure de bandes
- 2.4 Génération des charges–Dopage
- 2.5 Polymères conducteurs–Dopage chimique et conduction Électrique.
 - 2.5.1 Dopage chimique
 - 2.5.2 Porteurs de charge libre
 - 2.5.3 Mise en Évidence du dopage
 - 2.5.4 Mécanismes de conduction
 - 2.5.5 Bilan
- 2.6 Injection de charges a` l'interface métal/ semi-conducteur organique : diodes Électroluminescentes
 - 2.6.1 Polymères conjugués
 - 2.6.2 Petites molécules conjuguées
- 2.7 Création de charges Par photo-excitation : cellules photovoltaïques.

3. Chimie des polymères conjugués

- 3.1 Rôle de la synthèse
- 3.2 Choix des monomères
- 3.3 Synthèse des polymères conjugués
 - 3.3.1 Synthèse des polymères conjugués de 1^{re} génération



- 3.3.2 Synthèse des polymères conjugués de 2^e génération
- 3.3.3 Synthèse des polymères conjugués de 3^e génération
- 3.4 Autres tendances.

4. Bilan

5. Glossaire

6. Sigles

E1990

Matériaux semiconducteurs à grand gap : le carbure de silicium (SiC)

Par *Jean CAMASSEL, Sylvie CONTRERAS*

1. Un peu d'histoire E 190v2 -

2. SiC ou nitrures d'éléments V ?

3. Matériaux SiC

3.1 Polytypes les plus utilisés en microélectronique

3.2 Propriétés physiques de base

3.2.1 Caractéristiques communes

3.2.2 Propriétés électroniques.

4. Technologies de mise en œuvre

4.1 Substrats et pseudo-substrats

4.1.1 Cristallogénèse.

4.1.2 Défauts résiduels

4.1.3 Dopage.

4.2 Épitaxie

4.2.1 Techniques de dépôt

4.2.2 Résultats

4.3 Dopage des couches

4.4 Oxydation

4.5 Gravure

4.6 Contactage

5. Applications.

5.1 Diodes de puissance

5.1.1 Diodes Schottky

5.1.2 Jonctions p-n

5.1.3 Diodes JBS

5.2 Thyristors

5.3 Transistors

5.3.1 MOSFET

5.3.2 MESFET et SIT.

5.3.3 Transistors bipolaires

5.4 Circuits intégrés et mémoires RAM

5.5 Optoélectronique

5.6 Systèmes électromécaniques et capteurs

5.7 Nanopointes SiC

5.8 Électronique graphène

6. Conclusion

E2080

Céramiques semi-conducteurs

Par *Alain BEAUGER, Alain LAGRANGE*

1. Propriétés des thermistances

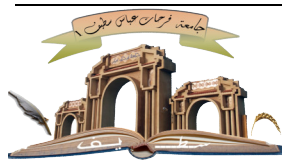
2. Thermistances CTN.

2.1 Origine de la conductivité

2.2 Technologie

2.3 Caractéristiques électriques

2.4 Applications.



2.5 Évolution des thermistances CTN

3. Thermistances CTP

3.1 Origine de la conductivité

3.2 Technologie

3.3 Caractéristiques électriques

3.4 Applications

3.5 Évolution des thermistances CTP

4. Conclusion.

5. Glossaire

IN73

Procédé innovant pour la synthèse de composites intrinsèquement conducteurs

Par *Stéphanie REYNAUD*

Introduction

1 - Les pic, un exemple : la polyaniline et l'amélioration des propriétés de mise en œuvre

1.1 - Voie chimique : fonctionnalisation de la chaîne macromoléculaire

1.2 - Voie chimique : dopage Par des acides fonctionnalisés

1.3 - Mélanges : vers l'obtention de composites conducteurs

1.4 - Synthèse en voie dispersée aqueuse

1.5 - Particules composites cœur-écorce (matrice-polymère conducteur)

1.6 - Conclusion

2 - Un procédé tout en un : synthèse et formulation

2.1 - Synthèse de Particules à architecture contrôlée : cahier des charges

2.2 - Principe

2.3 - Caractéristiques des composites obtenus

2.4 - Conclusion

3 - Applications

3.1 - Contexte économique et premiers développements

3.2 - Matériaux chauffants Par effet Joule

3.3 - Capteurs chimiques

3.4 - Hydrogels chargés de PANI pour l'électro-relargage contrôlé

4 - Conclusions et perspectives

5 - Références bibliographiques

**** Matériaux pour l'optique et la photonique:**

RE45

Métamatériaux : des micro-ondes à l'optique

Par *Olivier VANBÉSIEN*

Introduction

1 - Contexte

2 - Matériaux métalliques doublement négatifs

2.1 - Réseaux constitutifs

2.2 - Un matériau « main gauche »

2.3 - Ondes rétropropagées

2.4 - Structure de bandes. Diagramme de dispersion

3 - Vers l'optique : métaux ou diélectriques ?

3.1 - Montée en fréquence : limitations des réseaux métalliques

3.2 - Structures diélectriques

3.3 - Ultraréfraction et réfraction négative dans les cristaux diélectriques

4 - Conclusion



E6430

Matériaux polymères pour l'optique - Propriétés et applicationsPar *Kokou D. DORKENOO, Alain FORT***1. Optique et matériaux organiques****2. Disques optiques polymères**

2.1 Disques optiques commerciaux

2.2 Disques holographiques

2.3 Mémoires optiques numériques Par stockage en volume

2.3.1 Mémoires fondées sur des processus optiques linéaires

2.3.2 Mémoires fondées sur des processus non linéaires

3. Polymères pour les télécommunications

3.1 Réalisation de structures guidantes

3.2 Modulateurs électro-optiques (EO)

3.3 Cavités résonantes passives

4. Lasers organiques**5. Diodes électroluminescentes organiques (OLED)****6. Structures photoniques variées**

6.1 Structures photoniques à bande interdite (cristaux photoniques)

6.2 Microéléments stimulables : muscles artificiels.

6.3 Cellules solaires organiques

7. Conclusion et perspectives

E1980

Propriétés optiques des terres raresPar *François AUZEL, Richard MONCORGÉ***1. Spécificité des ions terres rares**

1.1 Configuration électronique fondamentalefn.

1.2 Configuration électronique excitéeef n-15d

2. Niveaux d'énergie des ions terres rares

2.1 Interactions électroniques dans l'ion libre.

2.2 Niveaux énergétiques de l'ion libre

2.3 Niveaux d'énergieef dans le champ cristallin ou de ligand d'un matériau hôte

2.4 Position des niveauxd Par rapport aux niveauxf et aux bandes

de valence et de conduction des matériaux hôtes.

3. Transitions optiques entre niveaux des terres rares

3.1 Transitions radiatives et non radiatives entre niveauxf.

3.2 Transitions entre niveauxf etf.

3.3 Transitions de transfert de charge

4. Interactions entre ions de terres rares

4.1 Différents types de transferts d'énergie entre ions terres rares

4.2 Cas Particuliers importants

5. Matrices hôtes et effets associés

5.1 Différents types de matériaux.

5.2 Variations d'indice de réfraction en présence d'un pompage optique intense

5.3 Effet Faraday

6. Quelques applications importantes des ions terres rares

6.1 Lasers et amplificateurs

6.2 Matériaux Faraday pour isolateurs optiques.

6.3 Scintillateurs pour la santé et la physique des hautes énergies

6.4 Nano Particules dopés terres rares pour la bio-imagerie, le diagnostic

et la thérapeutique des tumeurs cancéreuses.

7. Conclusion**8. Glossaire****9. Symboles**

RE90***Nouvelle génération de mémoires optiques pour stockage de l'information****Par Alain FORT, Kokou D. DORKENOO***Introduction****1 - Contexte**

1.1 - Disques optiques actuels

1.2 - Études antérieures

2 - Mémoires optiques de grande capacité de stockage : nouvelle approche

2.1 - Processus fondamentaux

2.2 - Écriture des bits

2.3 - Lecture des bits

2.4 - Analyse des conditions de lecture et d'écriture

2.5 - Mémoires réinscriptibles

2.6 - Stockage d'images sur bits

3 - Conclusion**RE99*****Propriétés cristal liquide des argiles gonflantes****Par Solange MADDI, Isabelle BIHANNIC, Pierre LEVITZ, Christophe BARAVIAN, Laurent MICHOT, Patrick DAVIDSON***Introduction****1 - Contexte****2 - Choix et caractérisation des échantillons****3 - Méthodes d'étude****4 - Résultats**

4.1 - Caractérisation optique des matériaux

4.2 - Réalisation des diagrammes de phase

4.3 - Analyse structurale Par diffusion de rayons X aux petits angles (DXPA)

5 - Conséquences et portée de ces résultats

5.1 - Caractère cristal liquide

5.2 - Transition sol-gel et structure des gels

RE138***Microplumes robotisées pour la fabrication de microlentilles - Application à la collimation des VCSEL****Par Véronique BARDINAL, Corinne VERGNENÈGRE, Emmanuelle DARAN, Jean-Bernard POURCIEL, Jean-Baptiste DOUCET, Thierry CAMPS***Introduction****1 - Collimation des diodes vcsel**

1.1 - VCSEL : un composant clef pour les microsystèmes

1.2 - Comment réduire la divergence d'un VCSEL ?

2 - Dimensionnement des microlentilles

2.1 - Comment sont conçues les microlentilles déposées sur le VCSEL ?

2.2 - Sensibilité de la divergence aux fluctuations des Paramètres de fabrication

3 - Fabrication technologique

3.1 - Technique de dépôt Par microplumes robotisées

3.2 - Polymères mis en œuvre

3.3 - Caractéristiques des microlentilles

3.4 - Intégration sur matrices de VCSEL

4 - Conclusions et perspectives

IN81

Procédé de fabrication de fibres monocristallinesPar *Kheirreddine LEBBOU, François BALEMBOIS,**Jean-Marie FOURMIGUE***Introduction****1 - Contexte****2 - Procédé de croissance cristalline par la méthode « micro-pulling down » (goutte pendante)****3 - Conservation masse, chaleur et stabilité du ménisque de la zone fondue lors du tirage par la technique -pd**

3.1 - Conservation de la masse

3.2 - Conservation de l'énergie

3.3 - Stabilité du format

4 - Transport du soluté (dopant) dans le liquide et dans le solide au cours du tirage par -pd**5 - Croissance cristalline du yag-nd³⁺ par la technique -pd****6 - Croissance cristalline du saphir par la -pd****7 - Fibres cristallines comme milieu laser**

7.1 - Concept laser pour les fibres cristallines Par rapport à l'état de l'art

7.2 - Caractérisations des fibres cristallines laser Nd:YAG

7.3 - Oscillateur laser à fibre cristalline

7.4 - Potentiel des fibres cristallines laser : la tenue thermique

8 - Application à la détection des rayonnements ionisants

8.1 - Vers des détecteurs de haute résolution pour l'imagerie

8.2 - Utilisation des fibres pour détecteurs en nappe

9 - Conclusion

S4/24832

Matériaux à propriétés mécaniques**** Composites hautes performances:**

AM5600

Les Composites dans l'industrie automobilePar *Nicola PICCIRELLI, Alain GIOCOSA***1. Marché automobile et marché des matériaux composites AM00V2 -****2. Évolutions du produit automobile et attentes des utilisateurs**

2.1 Point de vue du constructeur

2.2 Attentes des utilisateurs

3. Avantages des matériaux composites

3.1 Caractéristiques intrinsèques des matériaux composites

3.2 Procédés de mise en œuvre des pièces

4. Principales innovations depuis l'introduction**des matériaux composites**

4.1 Chronologie des véhicules innovants depuis les années

4.2 Applications actuelles sur des véhicules de série

4.3 Applications sur des véhicules niches et de petites / moyennes séries.

5. Limites d'utilisation

5.1 Freins liés aux matériaux

5.2 Freins liés aux procédés de fabrication des pièces et à l'assemblage sur véhicules

5.3 Freins liés aux approches culturelles

5.4 Freins liés aux réglementations environnementales

6. « Bonnes pratiques » pour développer de nouvelles applications

6.1 Matériaux

6.2 Procédés de fabrication des pièces

6.3 Modes d'assemblage sur véhicules

6.4 Conception des pièces et des véhicules.

6.5 Applications innovantes récentes



7. Conclusion

AM5615

Renforcement des ouvrages d'art Par matériaux compositesPar **Patrice HAMELIN****1. Principales causes de désordres affectant les ouvrages d'art**

- 1.1 Dégradation des matériaux
- 1.2 Désordres dus aux erreurs de conception ou d'exécution
- 1.3 Modification des conditions d'exploitation ou d'utilisation des ouvrages

2. Différentes techniques de réparation Par matériaux composites

- 2.1 Technologies de réparation
- 2.2 Procédés de mise en œuvre des renforts composites
 - 2.2.1 Notion de multicouches composites pour la réparation des ouvrages
 - 2.2.2 Natures et propriétés des fibres et des matrices
 - 2.2.3 Fabrication des plaques composites
 - 2.2.4 Différentes techniques de mise en œuvre.

3. Conclusion

AM5620

Composites à fibres de carbone dans le génie civilPar **Jean LUYCKX****1. Les matériaux composites****2. Les fibres de carbone comparées aux autres fibres et aux aciers.****3. Semi-produits de renforcement : obtention et utilisations**

- 3.1 Fibres sèches
- 3.2 Tissus secs
- 3.3 Tissus préimprégnés
- 3.4 Produits pultrudés

4. Les composites dans la construction

- 4.1 Principales raisons de leur implantation
- 4.2 Intérêt des fibres de carbone dans le bâtiment et les travaux publics

5. Utilisation des fibres de carbone dans la réhabilitation

- 5.1 Remplacement des tôles métalliques Par des fibres de carbone.
- 5.2 Pose des renforcements : mode opératoire

6. Utilisations industrielles des composites à base de fibres de carbone

- 6.1 Au Japon
- 6.2 En Amérique du Nord
- 6.3 En Europe

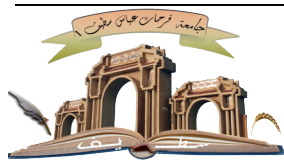
7. Conclusion

Références bibliographiques

AM5630

Les Composites dans les sports et les loisirsPar **Maurice REYNE****1. Couples renforts-matrices utilisés.****2. Procédés de mise en œuvre et produits réalisés**

- 2.1 Moulage au contact, Par projection ou sous vide
- 2.2 Drapage et roulage étuvé ou autoclavé.
- 2.3 Pultrusion
- 2.4 Procédés spécifiques.
- 2.5 Injection de thermoplastiques renforcés.
- 2.6 Enduction et soudage ou confection

3. Classement des différents produits

AM5645

Les Composites en aérospatiale

Par Jacques CINQUIN

1. Principales motivations

- 1.1 Évolution des composites
- 1.2 Intérêts et inconvénients pour le constructeur
- 1.3 Intérêts et inconvénients pour les utilisateurs finaux.

2. Applications

- 2.1 Avions et hélicoptères
- 2.2 Produits spatiaux (satellites).
- 2.3 Produits militaires (missiles)

3. Perspectives d'utilisation**4. Conclusion**

AM5646

Structures composites pour le lanceur Ariane

Par Yves PREL

1. Conception et réalisation des structures composites des lanceurs Ariane.

- 1.1 Lanceurs Ariane 1 à Ariane.
- 1.2 Emploi des matériaux composites.
 - 1.2.1 Objectif
 - 1.2.2 Matériaux et procédés
- 1.3 Dimensionnement des structures du lanceur
- 1.4 Justification et qualification Par essais
- 1.5 Caractérisation des matériaux.
- 1.6 Contrôles non destructifs et tolérance aux dommages

2. Lanceurs du futur et matériaux composites**3. Ariane : organisation industrielle**

AM5650

Les Composites en construction ferroviaire

Par Jean-Michel GUILLEMOT, Yves-Henri GRUNEVOLD

1. Grandes fonctions ferroviaires à respecter

- 1.1 Principe d'une démarche globale
- 1.2 Établissement d'un cahier des charges fonctionnel
 - 1.2.1 Sécurité.
 - 1.2.2 Performances
 - 1.2.3 Durabilité
 - 1.2.4 Confort des voyageurs
 - 1.2.5 Coût

2. Méthodologie générale de conception composite

- 2.1 Démarches fonctionnelle, globale, intégratrice et inversée
 - 2.1.1 Démarche intégratrice
 - 2.1.2 Démarche fonctionnelle et globale
 - 2.1.3 Démarche inversée
- 2.2 Limites de cette démarche et de ces concepts.
- 2.3 Principaux avantages de cette démarche et de ces concepts.

3. Composites pour pièces de garnissage

- 3.1 Généralités
- 3.2 Exemples d'applications industrielles

4. Composites pour pièces de structure**5. Conclusion**

AM5660

Les Matériaux composites en construction navale militairePar **Patrick PARNEIX, Dominique LUCAS****1. Intérêt des composites en construction navale militaire.**

- 1.1 Absence de corrosion
- 1.2 Vieillessement en milieu marin
- 1.3 Légèreté.
- 1.4 Performances mécaniques
- 1.5 Amagnétisme.
- 1.6 Tenue au feu.
- 1.7 Conductivité thermique
- 1.8 Propriétés électriques
- 1.9 Transparence aux ondes sonar et radar
- 1.10 Amortissement des vibrations
- 1.11 Furtivité.
- 1.12 Facilité de mise en œuvre

2. Renforts, matrices et matériaux d'âme

- 2.1 Principaux renforts
- 2.2 Principales matrices
- 2.3 Principaux matériaux d'âme

3. Procédés

- 3.1 Moulage au contact en voie humide
- 3.2 Moulage de préimprégnés
- 3.3 Moulage Par injection
- 3.4 Autres procédés.

Références bibliographiques

AM5665

Les Structures composites en construction navale militairePar **Patrick PARNEIX, Dominique LUCAS****1. Navires antimines**

- 1.1 Généralités
- 1.2 Structures monolithiques raidies
- 1.3 Structures monolithiques épaisses
- 1.4 Structures sandwichs

2. Navires rapides et patrouilleurs

- 2.1 Architecture.
- 2.2 Matériaux
- 2.3 Mise en œuvre
- 2.4 Réalisations

3. Éléments de navires

- 3.1 Superstructures
- 3.2 Dômes sonar et corps remorqués
- 3.3 Safrans
- 3.4 Hélices
- 3.5 Autres éléments.

4. Applications sur les sous-marins

- 4.1 Intérêts
- 4.2 Ponts extérieurs
- 4.3 Dômes sonar
- 4.4 Carénage de kiosque
- 4.5 Safrans
- 4.6 Coque résistante



5. Perspectives

Références bibliographiques

N2610

Nanocomposites à nanocharges lamellaires*Par ominique DUPUIS, Olivier MATHIEU, Sylvain BOUCARD, Stéphane JEOL, Jannick DUCHET-RUMEAU***Introduction****1 - Généralités sur les nanocharges lamellaires pour nanocomposites**

- 1.1 - Choix de la charge minérale
- 1.2 - Nécessité du traitement organique des lamellaires
- 1.3 - Généralités sur les argiles naturelles
- 1.4 - Polysilicates lamellaires naturels et de synthèse
- 1.5 - Layered Double Hydroxide

2 - Nanocomposites lamellaires à base de polyamide

- 2.1 - Obtention des nanocomposites lamellaires à base de PA
- 2.2 - Propriétés des nanocomposites lamellaires à base de PA

3 - Nanocomposites lamellaires à base de polypropylène

- 3.1 - Obtention des nanocomposites lamellaires à base de PP
- 3.2 - Propriétés des nanocomposites lamellaires à base de PP

4 - Nanocomposites lamellaires à base de polyester

- 4.1 - Obtention des nanocomposites lamellaires à base de PET
- 4.2 - Propriétés des nanocomposites lamellaires à base de PET

5 - Nanocomposites lamellaires à matrice époxyde

- 5.1 - Stratégies d'élaboration des systèmes époxyde/silicate lamellaire
- 5.2 - Propriétés des nanocomposites lamellaires à matrice époxyde

N2615

Nanocomposites polymères/silicates en feuillets*Par Jean-Michel GLOAGUEN, Jean-Marc LEFEBVRE***Introduction****1 - Qu'est-ce qu'un nanocomposite ?**

- 1.1 - Nanocomposites à matrice polymère
- 1.2 - Travaux originels

2 - Argiles

- 2.1 - Caractéristiques communes
- 2.2 - Structure des smectites
- 2.3 - Capacité d'échange cationique (CEC)

3 - Structure des nanocomposites

- 3.1 - Morphologie des nanocomposites
- 3.2 - Modification des argiles
- 3.3 - Élaboration des nanocomposites

4 - Propriétés des nanocomposites

- 4.1 - Propriétés thermiques et propriétés barrière
- 4.2 - Propriétés mécaniques

5 - Applications des nanocomposites

- 5.1 - Propriétés barrière
- 5.2 - Propriétés de retard au feu
- 5.3 - Propriétés structurales
- 5.4 - Limitations et enjeux



**** Alliages hautes performances:****N2720****Propriétés mécaniques des verres métalliques.***Par Yannick CHAMPION, Marc BLÉTRY***Introduction****1 - Structure des verres métalliques et origine de la déformation plastique**

- 1.1 - Organisation atomique
- 1.2 - Modèles de déformation
- 1.3 - Élasticité

2 - Déformation homogène

- 2.1 - Modèles rhéologiques
- 2.2 - Viscosité
- 2.3 - Courbes de déformation uniaxiales. Phénomènes transitoires

3 - Déformation hétérogène

- 3.1 - Localisation de la déformation et bandes de cisaillement : cas de la déformation quasi statique
- 3.2 - Cas de la déformation dynamique
- 3.3 - Rupture
- 3.4 - Aspects thermiques : adiabaticité du cisaillement
- 3.5 - Ductilité macroscopique
- 3.6 - Critères de plasticité
- 3.7 - Fatigue

4 - Applications et développement potentiels

- 4.1 - Méthodologie de recherche d'applications
- 4.2 - Propriétés mécaniques et applications des verres métalliques

N2750**Invar - Famille d'alliages fonctionnels***Par Gérard BÉRANGER, Jean-François TIERS, François DUFFAUT***Introduction****1 - Découverte de l'invar et premiers développements**

- 1.1 - Mesure des longueurs et géodésie
- 1.2 - Alliages à dilatation faible et contrôlée et bilames
- 1.3 - Mesure du temps
- 1.4 - De la « métallurgie quantitative » à la « métallurgie de précision »

2 - Effet invar**3 - Quelques exemples d'application de l'invar**

- 3.1 - Bilames thermostatiques
- 3.2 - Invar, matériau cryogénique
- 3.3 - Masque d'ombre des tubes à rayons cathodiques trichromes
- 3.4 - Moules pour matériaux composites
- 3.5 - Autres alliages à dilatation thermique contrôlée
- 3.6 - Invar, matériau magnétique
- 3.7 - Conclusion

4 - Fabrication de l'invar

- 4.1 - Élaboration
- 4.2 - Transformation à chaud
- 4.3 - Transformation à froid
- 4.4 - Mesure de la dilatation

5 - Perspectives**6 - Conclusions**

**** Polymères:****N2820****Élastomères fluorocarbonés***Par Michel BIRON*

1. Structure générale
2. Mise en œuvre
3. Propriétés générales.
4. Propriétés des élastomères fluorocarbonés
 - 4.1 Propriétés des FKM (ou FPM)
 - 4.2 Propriétés des FEPM (ou TFE/P)
 - 4.3 Propriétés des FFKM (ou FFPM)
5. Applications.
6. Annexe. Tableau des résistances chimiques
(extrait de la banque de données du logiciel ETEL)

N2880**Silicones ou siloxanes - Structure et propriétés***Par Michel BIRON*

1. Structure générale
 - 1.1 Sigles normalisés usuels (tableau 1)
 - 1.2 Fluides non réactifs et réactifs bloqués
 - 1.3 Gels
 - 1.4 Élastomères
 - 1.5 Résines.
2. Mise en œuvre.
3. Propriétés générales
 - 3.1 Résistance à la chaleur
 - 3.2 Résistance au vieillissement naturel, à la lumière et à l'ozone
 - 3.3 Résistance chimique.
 - 3.4 Utilisation à basse température
 - 3.5 Faible évolution des propriétés avec la température
 - 3.6 Propriétés de surface Particulières.
 - 3.7 Perméabilité et absorption des gaz
 - 3.8 Propriétés diélectriques
 - 3.9 Résistance au feu
 - 3.10 Innocuité physiologique.
4. Propriétés des élastomères
 - 4.1 Silicones
 - 4.2 Propriétés spécifiques aux fluorosilicones

N2882**Silicones ou siloxanes - Applications***Par Michel BIRON*

1. Extrême diversité d'applications
2. Aéronautique et espace.
3. Automobile et transport.
4. Bâtiment.
5. Électrotechnique
6. Génie chimique
7. Génie mécanique
8. Industrie des élastomères et plastiques
9. Médical et Paramédical, pharmacie, Parapharmacie, dentisterie, industries alimentaires
10. Traitement des papiers
11. Traitement des textiles



J3990**Fin de vie des silicones**Par **Baptiste LAUBIE, Patrick GERMAIN****1. Les silicones : du silicium au matériau**

1.1 Structure générale et chimie des silicones

1.2 Classification des silicones.

1.3 Application et marché des silicones

2. Entrée des silicones dans l'environnement

2.1 Filières de traitement et compartiments environnementaux

2.2 Répartition du déchet silicone

2.3 Recyclage des silicones

3. Dégradation des silicones dans l'environnement

3.1 Dégradation physico-chimique

3.2 Dégradation biologique

4. Devenir des silicones dans l'environnement

4.1 Propriétés des silicones en lien avec leur devenir environnemental

4.2 Devenir en stations d'épuration

4.3 Devenir en installations de stockage

4.4 Devenir dans les sols et sédiments

4.5 Devenir dans l'atmosphère

5. Conclusion**N2890****Polymères supramoléculaires autoréparables**Par **David PRORIOL****1. Contexte.**

1.1 Utilisation de polymères dans le monde et en Europe

1.2 Intérêt du concept d'autoréparation

1.3 Définition d'un polymère supramoléculaire

1.4 Capacité du polymère supramoléculaire à s'autoréparer

2. Polymères supramoléculaires comportant des liaisons hydrogène

2.1 Polymères supramoléculaires de Leibler

2.2 Amélioration des propriétés mécaniques

2.3 Polymères supramoléculaires nanocomposites à base de liaisons hydrogène

3. Polymères supramoléculaires comportant des interactions π - π .3.1 Premier polymère supramoléculaire autoréparable avec des interactions π - π

3.2 Ajustement des propriétés mécaniques

3.3 Polymères supramoléculaires nanocomposites à base d'interactions π - π .**4. Systèmes hôtes-invités.**

4.1 Système hôte-invité : éther couronne/ammonium

4.2 Système hôte-invité de faible masse molaire :

éther couronne/ammonium

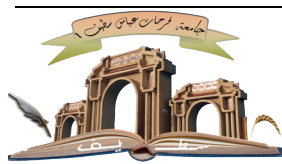
4.3 Système hôte : cyclodextrine.

5. Conclusion**6. Glossaire****7. Sigles et abréviations.****** Matériaux absorbants:****N720****Matériaux viscoélastiques - Atténuation du bruit et des vibrations**Par **Luigi GARIBALDI, Menad SIDAHMED****Introduction**

1 - Mécanismes de dissipation et propriétés

2 - Modèles rhéologiques simples

3 - Choix du matériaux : la courbe maîtresse



- 4 - Caractérisation des matériaux viscoélastiques et normes en vigueur
- 5 - Viscoélastiques dans des structures
- 6 - Choix et disposition optimale dans les structures
- 7 - Conclusion

AM3550

Polymères alvéolaires - Présentation et propriétés.Par **Michel BIRON****1. Définitions, classification, caractérisation**

- 1.1 Définitions
- 1.2 Systèmes de classification des mousses.
- 1.3 Caractérisations spécifiques aux mousses

2. Fonctionnalités des alvéolaires

- 2.1 Amortissement des chocs et vibrations
 - 2.1.1 Mousses souples de confort
 - 2.1.2 Mousses de protection
 - 2.1.3 Mousses d'emballage
 - 2.1.4 Alvéolaires pour la chaussure
 - 2.1.5 Utilisations diverses
- 2.2 Isolations thermique et phonique
- 2.3 Étanchéité
- 2.4 Flottabilité
- 2.5 Renforcement des composites
- 2.6 Allègement des matériaux structuraux
- 2.7 Filtration, absorption
- 2.8 Divers.

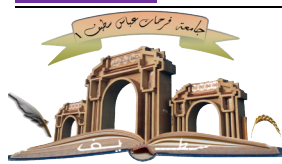
3. Propriétés comparées des alvéolaires

- 3.1 Propriétés mécaniques
 - 3.1.1 Propriétés normalisées et propriétés d'usage
 - 3.1.2 Propriétés mécaniques à l'origine.
 - 3.1.3 Évolution à long terme des propriétés mécaniques
- 3.2 Conductivité thermique des alvéolaires

AM3551

Polymères alvéolaires - Monographies et transformationPar **Michel BIRON****1. Monographies**

- 1.1 Mousses de polyuréthane
- 1.2 Polystyrène expansé
- 1.3 Mousses de PVC.
- 1.4 Mousses de polyéthylène
- 1.5 Mousses de polypropylène
- 1.6 Mousses phénoliques et urée-formol
- 1.7 Autres mousses thermodurcissables
 - 1.7.1 Mousses de mélanine Basotect de BASF et Willtect d'Illbruck
 - 1.7.2 Mousses de polyépoxyde.
 - 1.7.3 Mousse de polyimide Willmid d'Illbruck
- 1.8 Autres mousses thermoplastiques.
 - 1.8.1 Mousse polyimideméthacrylique Rohacell de Degussa Röhm.
 - 1.8.2 Polycarbonate Forex EPC d'Airex
 - 1.8.3 Mousse de polyéthérimide Airex R82 d'Airex
 - 1.8.4 Mousse de polyéthersulfone Airex R0.90 d'Airex
- 1.9 Elastomères alvéolaires.
 - 1.9.1 Caoutchoucs cellulaires
 - 1.9.2 Mousses de latex
- 1.10 Allégés structuraux ou mousses à peau intégrale
 - 1.10.1 ABS et autres styréniques allégés



- 1.10.2 Polycarbonate allégé
- 1.10.3 Polyester allégé
- 1.10.4 Polyétherimide allégé
- 1.10.5 Polyphénylène éther ou polyphénylène oxyde allégé
- 1.10.6 Polyuréthane.
- 1.10.7 Autres thermoplastiques
- 2. Transformation des matériaux alvéolaires.**
 - 2.1 Procédés de première transformation
 - 2.1.1 Expansion physique d'un liquide à faible température d'ébullition
 - 2.1.2 Expansion physique d'un gaz préalablement absorbé Par le polymère sous haute pression
 - 2.1.3 Expansion d'un gaz dégagé in-situ Par décomposition thermique d'un agent gonflant
 - 2.1.4 Battage mécanique introduisant de l'air dans un latex ou une dispersion du polymère.
 - 2.1.5 Dissolution d'un ingrédient après la transformation
 - 2.2 Procédés de seconde transformation.

** Adhésifs et collage des matériaux:

BM7612 Rubans adhésifs.

Par **Frédéric FORTIER, Stéphanie CLOUET**

- 1. Assemblage collé versus fixation mécanique
- 2. Théorie de l'adhésion
- 3. Technologies des rubans adhésifs
- 4. Quelques règles de mise en œuvre
- 5. Méthodes de tests
- 6. Performances
- 7. Industrialisation et automatisation
- 8. Présentations commerciales
- 9. Dernières innovations

BM7615 Collage des matériaux - Mécanismes. Classification des colles

Par **Philippe COGNARD**

- 1. Collage structural comparé aux autres méthodes d'assemblage
- 2. Sollicitations. Forme et dimensionnement des joints
- 3. Mécanismes du collage : principes théoriques
 - 3.1 Définitions
 - 3.2 Adhésion
 - 3.2.1 Mouillage
 - 3.2.2 Adsorption physique
 - 3.2.3 Forces de liaisons chimiques.
 - 3.2.4 Influence de la distance adhésif-substrat
 - 3.3 Développement de la cohésion : prise de la colle
 - 3.4 Conclusions
- 4. Conception et calcul des joints collés
- 5. Principales familles de colles et adhésifs
 - 5.1 Adhésifs époxydes
 - 5.2 Adhésifs polyuréthanes réactifs
 - 5.3 Colles thermodurcissables (UF, PF, MF, RF)
 - 5.4 Adhésifs à base de monomères polymérisables
 - 5.4.1 Adhésifs cyanoacrylates
 - 5.4.2 Adhésifs anaérobies



- 5.5 Adhésifs acryliques structuraux ou acryliques modifiés
- 5.6 Adhésifs hot melts ou thermofusibles
- 5.7 Plastisols PVC.
- 5.8 Adhésifs élastomères, colles contact au néoprène
- 5.9 Colles émulsions vinyliques et copolymères

BM7616

Collage des matériaux - Caractéristiques, mise en œuvre des colles

Par **Philippe COGNARD**

1. Caractéristiques des colles et adhésifs

- 1.1 Compatibilité avec les matériaux à coller
- 1.2 Caractéristiques de mise en œuvre.
- 1.3 Caractéristiques mécaniques
- 1.4 Caractéristiques physico-chimiques et durabilité
- 1.5 Autres caractéristiques

2. Mise en œuvre.

- 2.1 Préparation des surfaces.
 - 2.2 Préparation de l'adhésif
 - 2.3 Application de l'adhésif.
 - 2.4 Assemblage
 - 2.5 Pressage
 - 2.6 Séchage, durcissement, étuvage, et autres modes de prise
 - 2.7 Finitions, usinage ultérieur et manipulations.
 - 2.8 Essais et contrôles
- Collage des matériaux. Applications

BM7617

Collage des matériaux - Applications

Par **Philippe COGNARD**

1. Choix d'un adhésif en fonction du problème posé

2. Applications des adhésifs structuraux ou semi-structuraux

- 2.1 Collage des métaux
- 2.2 Collage des matières plastiques.
- 2.3 Collage du bois et des matériaux à base de fibres de bois.
- 2.4 Collage de caoutchouc
- 2.5 Collage du verre

3. Conclusion

N1650

Familles d'adhésifs et caractérisation d'un collage structural

Par **Chantal BRETTON, Gilbert VILLOUTREIX**

Introduction

1 - Familles d'adhésifs

- 1.1 - Bases naturelles (végétales, minérales, animales)
- 1.2 - Bases synthétiques

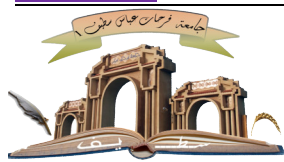
2 - Adhésifs structuraux et non structuraux : définitions et propriétés

- 2.1 - Liaisons et interactions physico-chimiques internes
- 2.2 - Adhésifs non structuraux
- 2.3 - Adhésifs structuraux

3 - Problèmes de l'utilisation du collage dans les fabrications industrielles

- 3.1 - Contraintes fonctionnelles
- 3.2 - Contraintes de mise en œuvre

4 - Caractérisation d'un collage structural



- 4.1 - Caractérisation de l'assemblage collé Par éprouvette de traction-cisaillement
- 4.2 - Facteurs influant sur le comportement mécanique des joints collés à simple recouvrement

IN72

Procédé INDAR : démontabilité des assemblages structuraux collés.

Par **José ALCORTA,, Maxime OLIVE, Eric PAPON**

Introduction

1 - Principe général de fonctionnement

2 - Premier mode d'action

- 2.1 - Description
- 2.2 - Exemples d'assemblages

3 - Deuxième mode d'action

- 3.1 - Description
- 3.2 - Exemples d'assemblages

4 - Conclusion

S4/24833 Matériaux à propriétés thermiques et matériaux pour l'énergie

**** Isolants thermiques:**

BE9860

Isolation thermique à température ambiante. Propriétés

Par **Catherine LANGLAIS et Sorin KLARSFELD**

1. Classification des matériaux isolants

- 1.1 Isolants fibreux
- 1.2 Isolants cellulaires
- 1.3 Isolants pulvérulents, nodulaires ou granulaires
- 1.4 Superisolants

2. Propriétés des matériaux isolants

- 2.1 Propriétés thermiques.
 - 2.1.1 Conductivité thermique
 - 2.1.2 Isolants fibreux
 - 2.1.3 Isolants cellulaires
 - 2.1.4 Isolants pulvérulents, nodulaires ou granulaires.
 - 2.1.5 Superisolants
 - 2.1.6 Capacité thermique volumique
- 2.2 Propriétés d'aptitude à l'emploi. Critères de choix des isolants
 - 2.2.1 Propriétés ISOLE
 - 2.2.2 Critères de choix des isolants.
 - 2.2.3 Propriétés physiques normalisées des isolants (spécifications)
 - 2.2.4 Sécurité incendie

BE9861

Isolation thermique à température ambiante. Applications

Par **Catherine LANGLAIS et Sorin KLARSFELD**

1. Isolation Par l'extérieur

2. Isolation dynamique

- 2.1 Principe
- 2.2 Systèmes perméodynamiques
- 2.3 Systèmes Pariétodynamiques

3. Isolation translucide



- 3.1 Principe
 - 3.1.1 Structure
 - 3.1.2 Fonctionnement.
- 3.2 Matériaux utilisés. Performances du système
- 3.3 Résultats expérimentaux
- 4. Isolants réfléchissants.**
 - 4.1 Films réfléchissants
 - 4.2 Matériaux minces à base de films réfléchissants

** Matériaux réfractaires et ablatifs:

N3210

Zircone - Céramique fonctionnelle.

Par **Gérard MOULIN, Jérôme FAVERGEON, Gérard BÉRANGER**

- 1. Extraction de la zircone.**
- 2. Transformations allotropiques**
 - 2.1 Cristallographie de la zircone pure.
 - 2.2 Stabilisation de la zircone.
- 3. Propriétés physiques de la zircone**
- 4. Synthèse des zircons stabilisés**
 - 4.1 Procédés sol-gel
 - 4.2 Synthèses hydro thermiques
 - 4.3 Pulvérisation pyrolytique
 - 4.4 Réaction solide/solide
- 5. Domaines d'application**
 - 5.1 Utilisation de la conductivité ionique.
 - 5.1.1 Piles à combustible.
 - 5.1.2 Capteurs à oxygène
 - 5.2 Utilisation de la conductivité thermique : barrières thermiques.
 - 5.3 Utilisation de l'inertie chimique et des propriétés mécaniques : biomatériau
- 6. Conclusion**

N4802

Vitrocéramiques

Par **Mathieu ALLIX, Laurent CORMIER**

Introduction

1 - Définition et applications des vitrocéramiques

- 1.1 - Qu'est-ce qu'une vitrocéramique ?
- 1.2 - Enjeux et applications majeures

2 - Approche théorique de la cristallisation dans les verres

- 2.1 - Théorie classique de la nucléation
- 2.2 - Croissance cristalline
- 2.3 - Cinétique de transformation
- 2.4 - Nouvelles théories sur la nucléation

3 - Élaboration des vitrocéramiques

- 3.1 - Choix de la composition du verre
- 3.2 - Synthèse du verre Parent
- 3.3 - Cristallisation

4 - Caractérisations structurales et microstructure

- 4.1 - Techniques de caractérisation structurale
- 4.2 - Microstructures

5 - Propriétés et applications

- 5.1 - Vitrocéramiques transparentes à faible dilatation thermique
- 5.2 - Vitrocéramiques usinables



- 5.3 - Vitrocéramiques pour l'optique
- 5.4 - Vitrocéramiques pour applications biomédicales
- 5.5 - Autres vitrocéramiques à propriétés diverses
- 6 – Conclusion

AM5325**Matériaux composites phénoliques ablatifs**Par *Martine DAUCHIER, Jean-Claude CAVALIER*

- 1. Description
- 2. Constituants des matériaux
- 3. Procédés de fabrication des pièces
- 4. Caractérisation des matériaux
- 5. Dimensionnement des pièces de tuyères
- 6. Comparaison des prévisions de calculs et des résultats d'essais
- 7. Exemples de pièces
- 8. Conclusions
- Références bibliographiques

M4570**Aciers et alliages réfractaires - Données numériques**Par *Albert KOZLOWSKI*

- 1. Normalisation.
- 2. Définition et classification des nuances d'acier
- 3. Règles de désignation des aciers
- 4. Données numériques normalisées
- 5. Données numériques relatives aux caractéristiques garanties
- 6. Données numériques relatives aux caractéristiques non garanties
- 7. Résistance à l'oxydation à haute température
- 8. Emplois des principaux aciers et alliages réfractaires
- 9. Équivalences.
- 10. Aciers et alliages pour soupapes de moteurs à combustion interne.

**** Matériaux pour l'énergie:****BE8535****Bois énergie - Propriétés et voies de valorisation**Par *Xavier DEGLISE, André DONNOT*

- 1. Aperçu sur le bois énergie en Europe et en France
 - 1.1 Gestion durable et cycle de vie.
 - 1.2 Énergies renouvelables en Europe
 - 1.3 Mobilisation du bois énergie en France
- 2. Composition et propriétés du bois
 - 2.1 Composition chimique du bois.
 - 2.2 Pouvoir calorifique du bois (PCI, PCS)
 - 2.3 Capacité thermique massique à pression constante
 - 2.4 Conductivité thermique.
 - 2.5 Masse volumique
- 3. Valorisation énergétique du bois
 - 3.1 Voies sèches
 - 3.2 Voies humides.
- 4. Application et utilisation des produits
 - 4.1 Pyrolyse et carbonisation
 - 4.2 Combustion : chaleur, électricité, cogénération
 - 4.3 Gazéification.
- 5. Conclusion



N1205**Matériaux de la filière hydrogène - Production et conversion***Par Florence LEFEBVRE-JOUD, Julie MOUGIN, Laurent ANTONI, Étienne BOUYER, Gérard GEBEL, Fabien NONY*

1. Cahiers des charges des matériaux utilisés pour la production et la conversion de l'hydrogène
2. Sélection et revue des propriétés clés des matériaux par application
3. Mise en œuvre des matériaux suivant les applications.
4. Enjeux actuels des matériaux de la filière hydrogène
5. Conclusion

N1206**Matériaux de la filière hydrogène - Stockage et transport***Par Florence LEFEBVRE-JOUD, Laurent BRIOTTET, Olivier GILLIA, Fabien NONY*

1. Cahiers des charges des matériaux pour le transport et le stockage de l'hydrogène
2. Sélection et revue des propriétés clés des matériaux par application
3. Mise en œuvre des matériaux suivant les applications
4. Enjeux actuels des matériaux de la filière hydrogène
5. Conclusion

N1280**Matériaux pour le nucléaire.***Par Clément LEMAIGNAN***Introduction****1 - Environnement nucléaire**

- 1.1 - Réactions nucléaires et sources de rayonnement
- 1.2 - Sollicitations des composants d'un réacteur

2 - Effets d'irradiation sur les matériaux

- 2.1 - Transmutation
- 2.2 - Ionisations
- 2.3 - Déplacements atomiques et évolution de la microstructure

3 - Matériaux utilisés pour leurs propriétés nucléaires

- 3.1 - Combustibles
- 3.2 - Gainage
- 3.3 - Matériaux à fortes interactions avec les neutrons

4 - Comportement sous irradiation des aciers de structure

- 4.1 - Cuve en acier ferritique
- 4.2 - Aciers inoxydables austénitiques des internes

5 - Autres matériaux fonctionnels pour le nucléaire

- 5.1 - Protection contre les rayonnements
- 5.2 - Matériaux à propriétés physiques pour le contrôle
- 5.3 - Cas Particulier de la fusion

6 - Perspectives**D2325****Verres pour l'isolement électrique***Par Jean-Marie GEORGE***1. Caractéristiques générales des verres**

- 1.1 Adéquation entre le matériau et le domaine d'application
- 1.2 Composition chimique générique des principaux verres utilisés
- 1.3 Caractéristiques physiques des verres utilisés



2. Application aux isolateurs de lignes aériennes

2.1 Verre recuit

2.2 Verre trempé.

2.2.1 Principe de la trempe thermique des diélectriques en verre.

2.2.2 Conséquences de la trempe dans l'utilisation du verre

sur les lignes de transport d'énergie

2.3 Cas Particulier du courant continu

2.4 Particularités de la fabrication d'isolateurs en verre trempé

3. Fibres de verre utilisées dans l'isolement électrique

3.1 Applications principales

3.2 Caractéristiques spécifiques requises pour les applications envisagées.

3.2.1 Influence de la contrainte de champ électrique

3.2.2 Caractéristiques mécaniques

3.2.3 Considérations chimiques

3.3 Autres applications

4. Évolutions des isolements des lignes électriques**5. Conclusion****D2335*****Polymères et composites pour l'électrotechnique***Par **Gilbert TEYSSEBRE, Laurent BOUDOU****1. Définitions**

1.1 Polymères

1.2 Composites

1.3 Mise en œuvre.

2. Caractéristiques des polymères et composites en électrotechnique.

2.1 Principales fonctions.

2.2 Caractéristiques diélectriques

2.3 Propriétés thermiques et mécaniques

3. Phénomènes de vieillissement

3.1 Impact des contraintes environnementales.

3.2 Impact des contraintes électriques

3.3 Impact de la structure des polymères et des composites

4. Polymères et composites Par domaine d'application.

4.1 Transport d'énergie

4.2 Conversion : transformateurs, machines électriques

4.3 Éléments passifs et divers

5. Perspectives de développement en électrotechnique

5.1 Isolation haute température

5.2 Potentialités des composites à renforts nanométriques

5.3 Maîtrise de la charge interne

K735***Matériaux pour les cellules photovoltaïques organiques et nanocristallines à colorant***Par **Fabrice GOUBARD****1. Cellule photovoltaïque tout organique**

1.1 Principe

1.2 Matériaux

1.3 Élaboration de dispositifs photovoltaïques

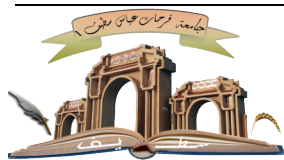
1.4 Importance de la morphologie

1.5 Développement industriel

2. Cellule photovoltaïque nanocristalline à colorant

2.1 Principe

2.2 Matériaux



- 2.3 Élaboration de dispositifs photovoltaïques hybrides à base de TiO₂ sensibilisé.
- 2.4 Développement industriel

IN67**Joint céramique haute température obtenu Par projection thermique***Par Séchel METHOUT, Luc BIANCHI***Introduction****1 - Contexte : les piles à combustible haute température**

- 1.1 - Généralités sur les piles SOFC
- 1.2 - Problématique de l'étanchéité pour les piles SOFC

2 - Présentation de la technique de projection plasma**3 - Joint céramique haute température**

- 3.1 - Choix de la matrice et du fondant
- 3.2 - Conditionnement thermique du joint

4 - Performances du joint

- 4.1 - Taux de fuite en température
- 4.2 - Adhérence

5 - Exemples d'assemblages**6 - Conclusion****S4/24834 Matériaux actifs et intelligents****M530****Alliages à mémoire de forme***Par Gérard GUÉNIN***1. Transformations martensitiques**

- 1.1 Caractéristiques générales.
- 1.2 Caractéristiques macroscopiques
- 1.3 Caractéristiques microscopiques et liaison avec les caractéristiques macroscopiques.

2. Propriétés thermomécaniques

- 2.1 Déformation dans l'état martensitique
- 2.2 Application d'une contrainte en phase mère
- 2.3 Cycles thermomécaniques : effet mémoire double sens

3. Principaux alliages industriels

- 3.1 Alliages à base cuivre
- 3.2 Alliages à base Ti-Ni
- 3.3 Alliages à base fer
- 3.4 Propriétés des alliages à mémoire de forme classiques

4. Éléments de calcul d'actionneurs à mémoire de forme

- 4.1 Diagramme effort-position, Paramétrage en température
- 4.2 Travail fourni selon le mode de sollicitation
- 4.3 Comparaison des différents modes de sollicitation

5. Quelques application des alliages à mémoire de forme.

- 5.1 Couplage
- 5.2 Actionneurs
- 5.3 Utilisation des propriétés pseudo-élastique



M532**Alliages à mémoire de forme de type nickel titane -
Fiches matériaux**Par **Claude LEBRETON****Introduction****1 - Travaux réalisés et résultats obtenus****2 - Approvisionnement**

2.1 - Fournisseurs d'AMF en NiTi

2.2 - Nuances disponibles

2.3 - Formes et dimensions des produits disponibles

2.4 - États de surface

2.5 - États de traitement thermomécanique

3 - Propriétés typiques des alliages niti

3.1 - Propriétés d'emploi

3.2 - Propriétés de mise en œuvre

4 - Traitement thermique final d'éducation**5 - Applications des amf niti****6 - Terminologie spécifique aux amf****7 - Conclusion****K740****Matériaux piézoélectriques : les céramiques oxydes à
base de métaux de transition**Par **Philippe PAPET****1. Définitions de la piézoélectricité**

1.1 Généralités sur la piézoélectricité

1.2 Symétrie cristalline et anisotropie

1.3 Équations constitutives de la piézoélectricité – couplage électromécanique

2. Matériaux ferroélectriques

2.1 Rappels sur les matériaux ferroélectriques

2.2 Perovskites simples et complexes

2.3 Relaxeurs

2.4 Polymères piézoélectriques

3. Céramiques piézoélectriques3.1 Synthèse des céramiques de la famille des PZT ($\text{Pb}(\text{Zr}_{1-x}\text{Ti}_x)\text{O}_3$)

3.2 Performance des matériaux ferroélectriques/piézoélectriques

4. Exemples d'applications des matériaux piézoélectriques**5. Conclusion****E1880****Effets et matériaux magnétostrictifs**Par **Pierre HARTEMANN****1. Principaux phénomènes de magnétostriction**

1.1 Effet Joule longitudinal

1.2 Effet Villari

1.3 Effet Joule transversal

1.4 Effet Wiedemann

1.5 Effet de variation de volume

1.6 Effet de flexion

1.7 Effet de variation du module d'Young ou effet ΔE **2. Introduction au ferromagnétisme**

2.1 Domaines magnétiques

2.2 Première aimantation du matériau

2.3 Magnétostriction

2.4 Magnétostriction inverse

2.5 Hystérésis magnétique



3. Matériaux magnétostrictifs

- 3.1 Alliages métalliques
- 3.2 Ferrites
- 3.3 Composés terres rares - fer
- 3.4 Amorphes magnétiques
- 3.5 Monocristaux

4. Applications de la magnétostriction

- 4.1 Coefficient de couplage magnéto-mécanique
- 4.2 Résonateur magnétostrictif
- 4.3 Émetteurs-récepteurs d'ondes élastiques
- 4.4 Capteurs

5. Conclusion

Références bibliographiques

A1325

Cristaux liquides

Par **Philippe BAROIS**

1. État cristallin liquide

- 1.1 Définitions
- 1.2 Différents types d'ordre cristallin liquide
- 1.3 Matériaux
- 1.4 Diagrammes de phases

2. Propriétés structurales.

- 2.1 Mésophase nématique
- 2.2 Mésophases smectiques
- 2.3 Mésophases colonnaires

3. Transitions de phases, propriétés critiques

- 3.1 Généralités
- 3.2 Transition isotrope-nématique
- 3.3 Transition nématique-smectique A
- 3.4 Transition smectique A - smectique C
- 3.5 Transition smectique A - smectique B hexatique

4. Cristaux liquides chiraux

- 4.1 Mésophase cholestérique
- 4.2 Mésophase smectique C chirale
- 4.3 Arrangement ordonné de défauts.

5. Conclusion

Références bibliographiques

N1110

Cristaux liquides - Applications à la visualisation

Par **Daniel STOENESCU**

Introduction**1 - Rappels****2 - Cristaux liquides thermotropes**

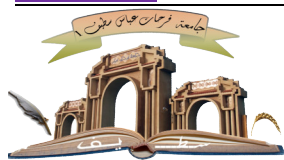
- 2.1 - Structure moléculaire des cristaux liquides calamitiques
- 2.2 - Classification des cristaux liquides
- 2.3 - Transitions de phase
- 2.4 - Chiralité

3 - Caractéristiques physiques et corrélation structure-propriétés

- 3.1 - Constantes élastiques
- 3.2 - Anisotropie diélectrique
- 3.3 - Indices de réfraction
- 3.4 - Alignement, énergie d'ancrage
- 3.5 - Viscosité

4 - Techniques d'affichage à cristal liquide

- 4.1 - Technique TN (Twisted Nematic)



- 4.2 - Technique STN (Super Twisted Nematic)
- 4.3 - Technique IPS (In Plane Switching)
- 4.4 - Technique VA (Vertical Alignment)
- 4.5 - Technique FLC (Ferroelectric Liquid Crystal)
- 4.6 - Adressage TFT et matrices actives

5 - Choix du cristal liquide

- 5.1 - Synthèse des molécules de cristal liquide
- 5.2 - Optimisation de la plage de température
- 5.3 - Optimisation de la biréfringence
- 5.4 - Amélioration de l'anisotropie diélectrique
- 5.5 - Amélioration de la résistivité électrique
- 5.6 - Amélioration des constantes élastiques
- 5.7 - Amélioration des viscosités

6 - Aspects économique et environnemental

AM3380

Polymères à cristaux liquides (PCL) thermotropes

Par **Jean-Michel FALGUIÈRE, Marion WAGGONER, Michael R. SAMUELS**

1. Structure chimique et cristalline des PCL aromatiques

2. Synthèse et transformation des PCL aromatiques.

3. Caractéristiques des polymères à cristaux liquides

- 3.1 Caractéristiques mécaniques.
- 3.2 Caractéristiques thermiques
- 3.3 Caractéristiques électriques.
- 3.4 Tenue à l'environnement
- 3.5 Autres caractéristiques

4. Mise en œuvre des PCL

- 4.1 Films et fibres
- 4.2 Moulage Par injection
- 4.3 Techniques d'assemblage. Usinage
- 4.4 Techniques de dépôt de surface et de marquage

5. Principales applications des PCL

N1500

Matériaux à effets thermoélectriques

Par **Claude GODART**

Introduction

1 - Aspects théoriques en thermoélectricité

- 1.1 - Effets thermoélectriques (TE)
- 1.2 - Réfrigération ou génération d'électricité Par effets TE. Rendements
- 1.3 - Rendements de conversion. Facteur de mérite adimensionnel ZT
- 1.4 - Facteurs contrôlant ZT

2 - Matériaux thermoélectriques conventionnels

- 2.1 - « Règles » générales sur les semi-conducteurs thermoélectriques conventionnels
- 2.2 - Matériaux conventionnels
- 2.3 - ZT des matériaux thermoélectriques conventionnels

3 - Matériaux thermoélectriques récents

- 3.1 - Matériaux à cage et Paramètres de déplacements thermiques
- 3.2 - Phases lacunaires
- 3.3 - Solutions solides complexes dérivées des matériaux conventionnels
- 3.4 - Autres matériaux intermétalliques
- 3.5 - Oxydes
- 3.6 - Verres semi-conducteurs

4 - Nanomatériaux thermoélectriques

5 - Applications thermoélectriques



- 5.1 - Réalisation d'un « démonstrateur »
- 5.2 - Quelques applications en refroidissement
- 5.3 - Quelques applications en génération d'électricité

N1510

Matériaux thermoélectriques nanostructurés et architecturés

Par **Stéphane GORSSE**

Introduction

1 - Performance des matériaux thermoélectriques et rendement de conversion d'un générateur thermoélectrique

2 - Matériaux thermoélectriques nanostructurés

2.1 - Conductivité thermique et nanostructuration

2.2 - Veille des matériaux nanostructurés

3 - Matériaux thermoélectriques architecturés

3.1 - Concept et état de l'art

3.2 - Sélection des matériaux

N406

Électroluminescence des matériaux organiques. Principes de base

Par **Pierre LE BARNY**

Introduction

1 - Généralités

1.1 - Définition

1.2 - Structure simplifiée d'une diode électroluminescente

1.3 - Spectres d'absorption, de photoluminescence et d'électroluminescence

1.4 - Caractéristiques $j(V)$ et $L(V)$

1.5 - Choix des électrodes

1.6 - Rendements

2 - Mécanismes mis en jeu

2.1 - Injection des charges

2.2 - Transport des charges

2.3 - Recombinaison

2.4 - Désexcitation de l'exciton

3 - Comment améliorer les rendements

3.1 - Fraction d'exciton qui se désactive de manière radiative

3.2 - Rendement de fluorescence

3.3 - Rendement externe

4 - Structure standard des diodes électroluminescentes

N407

Électroluminescence des matériaux organiques. Technologies

Par **Pierre LE BARNY**

Introduction

1 - Matériaux électroluminescents

1.1 - Molécules de faible masse molaire

1.2 - Polymères électroluminescents

1.3 - Performances des matériaux électroluminescents

2 - Durée de vie

2.1 - Causes identifiées de dégradation

2.2 - Remèdes

3 - Applications en visualisation

3.1 - Adressage



3.2 - Réalisation d'un écran couleur

4 - Réalisations industrielles

5 - Conclusion

IN69

Des matériaux intelligents : les polymères stimulables

Par **Bernard LE NEINDRE, Patrick CANCOUËT**

Introduction

1 - Présentation

2 - Formes physiques

2.1 - Hydrogels réticulés chimiquement : irréversibles

2.2 - Hydrogels réticulés physiquement : réversibles

2.3 - Micelles

2.4 - Polymères dendritiques

2.5 - Interfaces modifiées

2.6 - Solutions de polymères conjugués

3 - Polymères thermosensibles

3.1 - Conception

3.2 - Classification

4 - Polymères sensibles au pH

4.1 - Concept

4.2 - Classification

5 - Polymères sensibles à d'autres stimuli

5.1 - Polymères sensibles au glucose

5.2 - Polymères sensibles aux champs électriques ou magnétiques

5.3 - Polymères photosensibles

5.4 - Polymères sensibles à la force ionique

5.5 - Polymères sensibles aux antigènes

6 - Conclusion

RE82

M3C, matériau composite à comportement contrôlé

Par **Cédric MAUPOINT, Gildas L'HOSTIS, Hervé DROBEZ, Fabrice LAURENT, Bernard DURAND, Georges MEYER**

Introduction

1 - Matériaux actifs

1.1 - Alliages à mémoire de forme

1.2 - Matériaux piézo-électriques

2 - Principe du m3c

2.1 - Fonctionnement

2.2 - Contraintes de fonctionnement

2.3 - Fiabilité du fonctionnement

2.4 - Intelligence

3 - Le m3c parmi les matériaux intelligents

4 - Applications

IN117

Déploiement de systèmes de communication sur les vêtements et les personnes

Par **Jean Marie FLOC'H**

Introduction

1 - Contexte

2 - Exemples de systèmes développés ou en cours de développement

2.1 - Système FELIN



- 2.2 - Vêtement-écran couleur
- 2.3 - Vêtement intelligent pour les sportifs
- 3 - Travaux de l'ietr dans les domaines des vêtements communicants**
- 3.1 - Développement de techniques de modélisation innovante à l'IETR dans le cadre d'applications au BAN
- 3.2 - Intégration de boutons rayonnants sur des vêtements
- 3.3 - Projet innovant sur les vêtements communicants
- 4 - Les travaux d'industriels proches de l'ietr dans le domaine des vêtements communicants**
- 4.1 - Tecknissolar Seni
- 4.2 - Scovitech
- 5 - Conclusion**

RE49

MicroParticules « intelligentes » de silicium poreux pour la détection d'agents chimiques et biologiques

Par **Frédérique CUNIN,, Jean-Marie DEVOISSELLE, Michael J. SAILOR**

Introduction

1 - Détection de composés chimiques et biologiques

- 1.1 - Domaines d'application principaux
- 1.2 - Stratégie d'élaboration d'un capteur

2 - Préparation et propriétés des microparticules de silicium poreux

- 2.1 - Préparation du silicium poreux
- 2.2 - Miniaturisation du film de silicium poreux en microparticules de silicium poreux
- 2.3 - Propriétés et intérêt du silicium poreux pour le développement de capteurs

3 - « Encodage optique » des microparticules de silicium poreux

- 3.1 - Réflectivité optique des films minces
- 3.2 - Structures photoniques dans le silicium poreux
- 3.3 - Principe de la détection Par interférométrie optique

4 - Utilisation des microparticules de silicium poreux « encodées optiquement »

- 4.1 - Détection à distance de composés organiques volatils
- 4.2 - Construction d'un « code barre »

5 - Autonomie des microparticules : mobilité et autoassemblage

6 - Conclusion

J1270

La photocatalyse : dépollution de l'eau ou de l'air et matériaux autonettoyants

Par **Chantal GUILLARD, Benoit KARTHEUSER, Sylvie LACOMBE**

1. Principe de la photocatalyse

- 1.1 Définition
- 1.2 Fonctionnement
- 1.3 Les semi-conducteurs pour la photocatalyse et leurs domaines spectraux

2. Caractéristiques du photocatalyseur le plus utilisé : le dioxyde de titane

- 2.1 Formes cristallines et photoactivité.
- 2.2 Mise en forme des matériaux photocatalytiques à base de TiO₂

3. Applications pour le traitement de l'eau.

- 3.1 Polluants inorganiques
- 3.2 Polluants organiques
- 3.3 Applications industrielles
- 3.4 Désinfection Par photocatalyse

4. Applications pour le traitement de l'air



- 4.1 Pollution atmosphérique
- 4.2 Pollution de l'air intérieur.
- 4.3 Avantages de la photocatalyse Par rapport à d'autres techniques
- 4.4 Quelques exemples de composés organiques volatils étudiés dans le cadre de l'épuration de l'air intérieur.
- 4.5 Applications industrielles/commerciales
- 4.6 Désinfection de l'air Par photocatalyse
- 5. Applications en matériaux autonettoyants**
- 5.1 Principe des matériaux autonettoyants
- 5.2 Superhydrophilie
- 5.3 Différents types de matériaux autonettoyants
- 5.4 Applications bactéricides et antivirales des matériaux autonettoyants.
- 6. Perspectives d'avenir**
- 6.1 Modifications structurales ou morphologiques
- 6.2 État de l'art sur la recherche de matériaux photocatalytiques plus performants
- 7. Conclusion**

S4/24835

Matériaux magnétiques

D2121

Matériaux magnétiques doux cristallins - Magnétisme et métallurgie appliquésPar **Thierry WAECKERLÉ****1. Magnétisme des alliages ferromagnétiques métalliques**

- 1.1 Systèmes d'unités et grandeurs électromagnétiques utilisées
- 1.2 Notion d'alliage ferromagnétique doux
- 1.3 Caractéristiques intrinsèques des matériaux magnétiques
- 1.4 Structure en domaines de Weiss et Parois de Bloch (magnétisme mésoscopique) – Champ démagnétisant.
- 1.5 Propriétés magnétiques générales et macroscopiques des matériaux magnétiques doux polycristallins

2. Effets métallurgiques sur les propriétés

- 2.1 Réglage des constantes électromagnétiques
- 2.2 Importance des défauts chimiques et physiques
- 2.3 Structures de cristallisation
- 2.4 Caractéristiques de mise en œuvre

D2123

Matériaux magnétiques doux cristallins - Tôles magnétiques fer-silicium non orientées (NO)Par **Thierry WAECKERLÉ****1. Caractéristiques générales**

- 1.1 Propriétés physiques, mécaniques et mise en œuvre
- 1.2 Propriétés mécaniques et de mise en œuvre
- 1.3 Propriétés électromagnétiques

2. Alliages FeSi(Al) industriels

- 2.1 Tôles « semi-process »
- 2.2 Tôles « fully process »
- 2.3 Comportement des tôles FeSi(Al) industrielles
- 2.4 Familles (applicatives) actuelles d'aciers FeSi(Al) industriels
- 2.5 Évolution des aciers électriques FeSi(Al)

3. Conclusion

D2150**Matériaux ferromagnétiques amorphes et nanocristallins***Par Jean-Claude PERRON***1. Matériaux ferromagnétiques amorphes**

- 1.1 Propriétés générales
- 1.2 Caractérisation
- 1.3 Préparation
- 1.4 Propriétés
 - 1.4.1 Induction à saturation. Température de Curie
 - 1.4.2 Autres propriétés magnétiques.
 - 1.4.3 Influence des traitements thermiques sur les propriétés magnétiques
 - 1.4.4 Pertes électromagnétiques
 - 1.4.5 Propriétés mécaniques
- 1.5 Applications
 - 1.5.1 Transformateurs de distribution.
 - 1.5.2 Transformateurs à 00 Hz
 - 1.5.3 Composants passifs de l'électronique de puissance.
 - 1.5.4 Compression magnétique d'impulsions de puissances élevées
 - 1.5.5 Écrans magnétiques
 - 1.5.6 Moteurs électriques
 - 1.5.7 Capteurs et transducteurs.
 - 1.5.8 Autres applications.
- 1.6 Matériaux actuellement commercialisés.

2. Matériaux ferromagnétiques nanocristallins.

- 2.1 Préparation-Structure
- 2.2 Propriétés magnétiques.
- 2.3 Applications
- 2.4 Alliages actuellement commercialisés

3. Conclusions et perspectives**E1760****Ferrites faibles pertes pour applications fréquentielles***Par Richard LEBOURGEOIS***1. Caractéristiques des ferrites****2. Propriétés physiques des ferrites spinelles et grenats.**

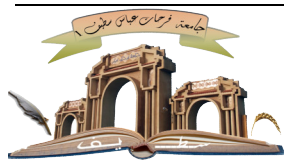
- 2.1 Structures cristallographiques et compositions chimiques
 - 2.1.1 Structure spinelle
 - 2.1.2 Structure grenat.
- 2.2 Propriétés électromagnétiques
 - 2.2.1 Aimantation à saturation
 - 2.2.2 Température de Curie.
 - 2.2.3 Magnétostriction
 - 2.2.4 Résistivité électrique
 - 2.2.5 Permittivité
 - 2.2.6 Perméabilité magnétique
 - 2.2.7 Pertes dans les ferrites
- 2.3 Autres propriétés physiques

3. Synthèse des ferrites

- 3.1 Ferrites monocristallins
- 3.2 Ferrites polycristallins.

4. Quel ferrite pour quelle application ?**5. Ferrites de manganèse-zinc et applications**

- 5.1 Ferrites Mn-Zn pour applications de puissance
- 5.2 Ferrites Mn-Zn pour applications de puissance haute fréquence



5.3 Ferrites Mn-Zn haute perméabilité pour antiparasitage

6. Ferrites de nickel-zinc et applications.

6.1 Optimisation des ferrites Ni-Zn.

6.2 Quelques exemples d'applications des ferrites Ni-Zn

6.2.1 Applications à bas niveau

6.2.2 Applications à fort niveau

7. Ferrites à basse température de frittage pour composants inductifs intégrés.

7.1 Synthèse et composition chimique

7.2 Réalisations et applications.

8. Ferrites pour hyperfréquences

8.1 Principe de fonctionnement des ferrites pour hyperfréquences

8.2 Résonance gyromagnétique

8.3 Importance de l'aimantation à saturation.

8.4 Pertes dans les ferrites pour hyperfréquences.

8.4.1 Pertes magnétiques en régime linéaire

8.4.2 Pertes magnétiques en régime non linéaire

8.5 Caractéristiques des ferrites pour hyperfréquences

9. Conclusion

E1770

Matériaux magnétiques amorphes, micro et nanocristallins

Par Jacques DEGAUQUE

1. Élaboration d'alliages rapidement solidifiés

1.1 Phénoménologie de la solidification rapide.

1.2 Procédés d'élaboration

1.2.1 Production de rubans et de fils métalliques

1.2.2 Production de poudres métalliques

1.2.3 Autres procédés d'élaboration

1.3 Conditionnement final.

1.3.1 Matériaux magnétiques doux.

1.3.2 Matériaux magnétiques durs.

2. Structures et propriétés

2.1 Matériaux à propriétés magnétiques douces.

2.1.1 Amorphes métalliques

2.1.2 Alliages microcristallins

2.1.3 Alliages nanocristallins

2.2 Matériaux à propriétés magnétiques dures

3. Applications

3.1 Matériaux à propriétés magnétiques douces

3.1.1 Utilisations aux basses fréquences (50/60 Hz)

3.1.2 Utilisations aux fréquences moyennes et élevées

3.1.3 Blindage magnétique

3.1.4 Capteurs

3.2 Matériaux à propriétés magnétiques dures

4. Conclusions et perspectives.

M4601

Matériaux à propriétés magnétiques dures : matériaux industriels

Par Jacques DEGAUQUE

1. Classification des matériaux à aimants permanents.

2. Matériaux métalliques de type alnico.

2.1 Alni. Alnico



- 2.2 Alni
- 2.3 Alnico isotropes
- 2.4 Alnico coulés anisotropes.
- 2.5 Alnico coulés à structure colonnaire.
- 2.6 Alnico frittés et alnico agglomérés
- 3. Matériaux céramiques ou ferrites durs**
 - 3.1 Généralités
 - 3.2 Élaboration des ferrites
 - 3.3 Propriétés des ferrites
- 4. Matériaux intermétalliques**
 - 4.1 Composés métaux de terres rares - métaux de transition : généralités
 - 4.2 Alliages samarium-cobalt
 - 4.2.1 Aimants SmCo5
 - 4.2.2 Aimants Sm2Co17
 - 4.2.3 Aimants agglomérés
 - 4.3 Alliages néodyme-fer-bore
 - 4.3.1 Structure et propriétés magnétiques de la phase magnétique
 - 4.3.2 Aimants frittés
 - 4.3.3 Aimants obtenus Par trempe rapide à Partir de la phase liquide
 - 4.3.4 Aimants liés et méthodes alternatives à l'élaboration de poudres Nd-Fe-B.
- 5. Principales applications des aimants permanents.**
 - 5.1 Domaines d'applications
 - 5.2 Paramètres d'utilisation
- 6. Conclusion et perspectives**

M4602

Matériaux à propriétés magnétiques dures spécifiques et en devenir

Par **Jacques DEGAUQUE**

- 1. Matériaux peu ou pas utilisés**
 - 1.1 Alliages à durcissement Par trempe ou Par précipitation
 - 1.1.1 Aciers martensitiques
 - 1.1.2 Alliages fer-cobalt-molybdène
 - 1.1.3 Alliages fer-chrome-cobalt.
 - 1.2 Alliages à durcissement Par réaction désordre-ordre
 - 1.2.1 Alliage platine-cobalt.
 - 1.2.2 Alliages manganèse-aluminium.
 - 1.3 Aimants obtenus à Partir de poudres métalliques
 - 1.3.1 Poudres Mn-Bi
 - 1.3.2 Poudres Fe et Fe-Co. Aimants ESD
 - 1.4 Matériaux à Parois étroites : alliage Dy-Al
- 2. Matériaux en devenir : alliages à base de terres rares**
 - 2.1 Objectifs
 - 2.2 Composés interstitiels.
 - 2.3 Aimants nanostructurés à haute rémanence
 - 2.4 Aimants permanents nanocomposites ou « doux-durs »
- 3. Conclusion**

N3260

Ferrites doux pour l'électronique de puissance

Par **Richard LEBOURGEOIS**

Introduction

- 1 - Propriétés physiques des ferrites**
 - 1.1 - Structure cristallographique et compositions chimiques
 - 1.2 - Propriétés électromagnétiques



1.3 - Autres propriétés physiques

2 - Synthèse des ferrites

3 - Choix du matériau et du format du noyau en fonction de l'application

3.1 - Choix en fonction de la fréquence de fonctionnement

3.2 - Choix en fonction de la température de fonctionnement

3.3 - Choix en fonction de la puissance de fonctionnement

3.4 - Choix du format

4 - Les ferrites de manganèse-zinc et leurs applications

4.1 - Ferrites Mn-Zn pour applications de puissance

4.2 - Ferrites Mn-Zn pour applications de puissance à haute fréquence

4.3 - Ferrites Mn-Zn haute perméabilité pour antiparasitage

5 - Comparaison des ferrites spinelles mn-zn avec les alliages métalliques doux nanocristallins

6 - Ferrites ni-zn-cu à basse température de frittage pour composants inductifs intégrés

7 - Évolution future des ferrites doux pour l'électronique de puissance

N4590

Ferrofluides - Nanoparticules super paramagnétiques

Par **Irena MILOSEVIC, Laurence MOTTE, Frédéric MAZALEYRAT**

Introduction

1 - Physique du super paramagnétisme

1.1 - Définitions

1.2 - Structure magnétique d'une nanoparticule

1.3 - Super paramagnétisme

1.4 - Courbe d'aimantation d'un ensemble de Particules SPM

1.5 - Grandeurs caractéristiques de la courbe de Langevin

1.6 - Mesure magnétique de la taille moyenne des Particules

1.7 - Principe de la magnétophorèse et effets macroscopiques des ferrofluides

2 - Synthèse de nanoparticules pour l'élaboration d'un ferrofluide

2.1 - Critères de stabilité des ferrofluides

2.2 - Composition des ferrofluides

2.3 - Ferrofluide organique

2.4 - Ferrofluide aqueux

3 - Applications

3.1 - Applications industrielles

3.2 - Applications en biologie

3.3 - Autres applications

NM3550

Nanochâînes magnétiques - Propriétés, élaboration et perspectives

Par **Irena MILOSEVIC, Vincent RUSSIER, Laurence MOTTE**

1. NanoParticules magnétiques : magnétisme à l'échelle nanométrique

2. Stratégies d'assemblages

3. Applications

4. Conclusion

5. Glossaire – Définitions

RE130

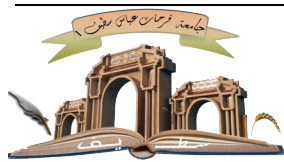
Matériaux magnétocaloriques Par Daniel FRUCHART, Damien GIGNOUX

Introduction

1 - Contexte

1.1 - À propos de deux exemples

1.2 - Système magnétocalorique : des principes à la machine



2 - Effet magnéto calorique

2.1 - Fondements thermodynamiques

2.2 - Détermination expérimentale

3 - Matériaux à fort effet magnéto calorique

3.1 - Classification

3.2 - Composés T-X à base de métal de transition (T) et de non-métal (X)

3.3 - Alliages à base de métaux de transition (T)

3.4 - Alliages R-R de métaux de terres rares

3.5 - Composés R-X à base de métaux de terres rares (X étant un non-métal)

3.6 - Composés mixtes R-T-X de métaux de transition et de terres rares

3.7 - Oxydes

3.8 - Comparaison des performances ΔS_m et ΔT

3.9 - Mise en forme de matériaux et d'éléments magnéto caloriques

4 - Disponibilité et mise en œuvre**5 - Machines et systèmes de réfrigération****6 - Conclusion****S4/24836 Matériaux pour la santé et l'agroalimentaire****** Biomatériaux et matériaux pour la santé:****N4950 Biomatériaux à base de phosphates de calcium**Par **Christèle COMBES, Christian REY****1. De l'os aux céramiques bioactives**

1.1 Os et substituts osseux

1.2 Principaux phosphates de calcium

1.3 Cahier des charges des biomatériaux bioactifs.

2. Synthèse et propriétés physico-chimiques des phosphates de calcium

2.1 Principales voies de synthèse des phosphates de calcium

2.2 Synthèses d'apatites

2.3 Propriétés physico-chimiques des phosphates de calcium

3. Mise en forme des biomatériaux à base de phosphates de calcium

3.1 Céramiques denses et poreuses

3.2 Revêtements

3.3 Pâtes et ciments

3.4 Composites

4. Propriétés des biomatériaux à base de phosphates de calcium

4.1 Propriétés mécaniques

4.2 Propriétés biologiques.

4.3 Normes et tests

5. Conclusion**N4952 Ciments pour le comblement de défaut osseux**Par **Pascal JANVIER, Élise VERRON****Ciments de comblement osseux**

1.1 Contexte

1.2 Cahier des charges d'un substitut osseux « idéal »

1.3 Substitut osseux phosphocalciques

2. Ciments phosphocalciques.

2.1 Synthèse

2.2 Caractéristiques.



3. Ciments phosphocalciques – systèmes combinés.

3.1 Description et caractérisations des systèmes combinés

3.2 Ciment combiné à visée anti-ostéoporotique

3.3 Autres associations thérapeutiques

4. Conclusion**N4955****Verres bioactifs***Par Jonathan LAO, Jean-Marie NEDELEC***1. Bioactivité**

1.1 Matériaux bioactifs

1.1.1 Définition

1.1.2 Caractérisation de la bioactivité

1.2 Mécanisme de la bioactivité dans les verres.

2. Élaboration et mise en forme des verres bioactifs

2.1 Verres obtenus Par fusion à haute température

2.2 Verres obtenus Par procédé sol-gel

2.3 Verres bioactifs poreux et nanostructurés.

2.4 Supports macroporeux ostéo-inducteurs

2.5 Composites et hybrides à base de verre bioactif

2.6 Verres dopés et action biologique des produits de dissolution

3. Applications au comblement de défauts osseux et à l'ingénierie tissulaire

3.1 Dispositifs médicaux monolithiques

3.2 Régénération osseuse à Partir de Particules de bioverre.

3.3 Traitement de l'hypersensibilité dentaire

3.4 Revêtements en verre bioactif

4. Conclusion**N2560****Textiles bioactifs et à activité biologique***Par François BORDES***1. Technologies bioactives pour textile****2. Validation de tissus bioactifs****3. Antimicrobien****4. Antiacarien****5. Antimoustique.****6. Autres composés bioactifs****7. Conclusion****8. Glossaire – Définitions****N2570****Utilisation des matériaux textiles sur le marché de la santé***Par Julien PAYEN***1. Les textiles dans les dispositifs de soins et de thérapies.**

1.1 Traitements des plaies.

1.1.1 Pansements

1.1.2 Sutures

1.2 Patches

1.3 Supports de croissance cellulaire

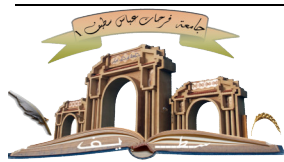
1.4 Prothèses et implants

1.4.1 Implants pour la chirurgie orthopédique

1.4.2 Stents

1.4.3 Autres implants synthétiques

1.5 Orthèses et textiles compressifs



2. Les textiles dans les dispositifs de diagnostic et de surveillance

- 2.1 Équipements médicaux de diagnostic/monitoring
- 2.2 Tests de diagnostic in vitro

3. Les textiles pour la protection et l'hygiène

- 3.1 Linge hospitalier
- 3.2 Produits d'hygiène
 - 3.2.1 Produits contre l'incontinence
 - 3.2.2 Lingettes
- 3.3 Filtration des fluides
 - 3.3.1 Filtration de l'air
 - 3.3.2 Filtration des liquides

RE218

Biomatériaux à base de nanofibres de soie pour des applications biomédicales

Par *Guillaume VIDAL, Tony DINIS, Christophe EGLES*

Introduction

1 - Introduction

2 - La soie comme biomatériau

- 2.1 - Structure de la fibroïne
- 2.2 - Intérêt des protéines de soie
- 2.3 - Propriétés physico-chimiques de la fibroïne

3 - Modifications chimiques de la fibroïne de soie

- 3.1 - Réactions de couplage
- 3.2 - Modifications d'acides aminés
- 3.3 - Réactions de greffage

4 - Nanofibres de soie

- 4.1 - Extraction et purification de la fibroïne
- 4.2 - Technique de fabrication des nanofibres de soie

5 - Différentes formes de matrices de soie utilisées dans les applications biomédicales

- 5.1 - Films
- 5.2 - Hydrogels
- 5.3 - Éponges
- 5.4 - Sphères et capsules

6 - Applications biomédicales des fibres de soie modifiées

- 6.1 - Revêtements pour culture cellulaire D
- 6.2 - Ingénierie tissulaire
- 6.3 - Libération de médicaments – molécules d'intérêt

7 – Conclusion

N4960

NanoParticules magnétiques en oncologie

Par *Patrick FRAYSSINET*

1. Caractéristiques des nanoparticules magnétiques utilisées en oncologie

- 1.1 Cœur magnétique
- 1.2 Revêtements
- 1.3 Matériaux de liaison

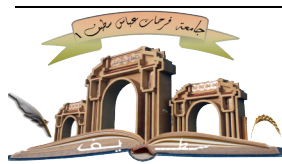
2. Visibilité des nanoparticules de magnétite Par l'organisme

3. Cellules cancéreuses et phagocytose

4. Hyperthermie en oncologie

- 4.1 Propriétés magnétiques, taux d'absorption spécifique de Particules de magnétite
- 4.2 Mécanisme d'échauffement
- 4.3 Effet bystander

5. Particules magnétiques pour la délivrance ciblée



de médicaments.

6. Répartition des nanoparticules dans l'organisme, les limites du concept
7. Particules magnétiques et délivrance ciblée de cellules souches
8. Particules de magnétite comme matériel de contraste
9. Perspectives
10. Conclusion

N4965

Adjuvants minéraux de vaccination en oncologie

Par **Patrick FRAYSSINET**

1. Réponse immunitaire aux cellules cancéreuses
2. Mode d'action des adjuvants
3. Adjuvants de vaccination minéraux utilisables en oncologie
 - 3.1 Composés aluminés
 - 3.2 Phosphates de calcium
 - 3.2.1 Fixation des protéines à la surface d'hydrox apatite
 - 3.2.2 Stimulation de l'inflammasome Par des poudres d'hydrox apatite
 - 3.2.3 Utilisation des poudres d'hydrox apatite en oncologie
4. Marché
5. Conclusion

TRI4800

Tribologie des prothèses de hanche

Par **Stefano MISCHLER**

1. Les matériaux pour prothèses de hanche
2. L'articulation synoviale naturelle
 - 2.1 Structure et matières
 - 2.2 Charges mécaniques
 - 2.3 Frottement et lubrification
3. La prothèse à faible frottement (métal-polymère).
 - 3.1 Concept de Charnley.
 - 3.2 Usure de la composante acétabulaire en UHMWPE.
 - 3.3 Stratégies de réduction de l'usure du UHMWPE
4. La prothèse à faible usure
 - 4.1 Concept de la prothèse
 - 4.2 Lubrification hydrodynamique
 - 4.3 Mécanismes d'endommagement des alliages CoCrMo
5. Bilan et perspectives

**** Matériaux pour l'agroalimentaire:**

N650

Matériaux au contact des aliments - Choix

Par **Albert KOZLOWSKI**

Introduction

- 1 - Principaux types de matériaux utilisés
- 2 - Choix du matériau et exemples d'application
 - 2.1 - Matériaux métalliques
 - 2.2 - Matières plastiques
 - 2.3 - Papiers et cartons
 - 2.4 - Verre, cristal, céramique, vitrocéramique



N651

Matériaux au contact des aliments - Législation et réglementationPar **Albert KOZLOWSKI****Introduction****1 - Contraintes réglementaires et principes de la réglementation**

- 1.1 - Contraintes réglementaires
- 1.2 - Interactions entre les matériaux et les aliments
- 1.3 - Nature des composants susceptibles de migrer : les listes positives
- 1.4 - Limites de migration
- 1.5 - Contrôle de la migration

2 - Réglementation en europe

- 2.1 - Union européenne
- 2.2 - Réglementation nationale : France

3 - Réglementation aux états-unis

- 3.1 - Organisme fédéral américain habilité : la FDA
- 3.2 - Références réglementaires
- 3.3 - Principes de la réglementation
- 3.4 - Critères et procédures d'homologation pour le marché américain
- 3.5 - Exigences réglementaires Par classe de matériaux

F1315

Papiers et cartons au contact des denrées alimentairesPar **Bérénice GARCIA CERRILLOS et Noël MANGIN****1. Fabrication des papiers et des cartons d'emballage**

- 1.1 Matières premières fibreuses
- 1.2 Traitements appliqués aux fibres cellulosiques
- 1.3 Process de fabrication

2. Fabrication des emballages et articles en papiers et cartons

- 2.1 Process de fabrication

3. Papier-carton et contact alimentaire

- 3.1 Réglementations : principes généraux
- 3.2 Critères de pureté
- 3.3 Exigences liées aux matières premières et aux process de fabrication
- 3.4 Hygiène.
- 3.5 Déclaration de conformité
- 3.6 Traçabilité
- 3.7 Cas des complexes et des papiers-cartons enduits.

4. Conclusion

F1322

Verre d'emballage alimentairePar **Jean-Luc BOUTONNIER****Introduction****1 - Ce qu'il faut retenir**

- 1.1 - Définition de l'emballage alimentaire
- 1.2 - Différentes fonctions de l'emballage
- 1.3 - Définition du matériau verre
- 1.4 - Exigences en matière de contact alimentaire
- 1.5 - Différents types d'emballages alimentaires en verre

2 - Organisation structurale du verre d'emballage

- 2.1 - Structure
- 2.2 - Composition du réseau

3 - Composition du mélange vitrifiable

- 3.1 - Constituants
- 3.2 - Matières premières



3.3 - Critères de choix des matières premières

4 - Fabrication de verre d'emballage

4.1 - Préparation de la composition vitrifiable

4.2 - Fusion du mélange

4.3 - Conditionnement thermique

4.4 - Formation des Paraisons

4.5 - Formage des articles

4.6 - Recuisson

4.7 - Traitements de surface

4.8 - Contrôles de la qualité des emballages

4.9 - Décoration et Parachèvement de l'emballage en verre

4.10 - Conditionnement

5 - Propriétés physico-chimiques et fonctionnelles du verre

5.1 - Résistance chimique

5.2 - Résistance mécanique

5.3 - Résistance thermique

5.4 - Propriétés optiques

5.5 - Inertie bactériologique

5.6 - Imperméabilité aux agents extérieurs et à son contenu

5.7 - Verre d'emballage alimentaire : santé et praticité

6 - Détection d'éclats dans les emballages en verre

7 - Recyclage du verre d'emballage

7.1 - Trois solutions pour les emballages alimentaires usagés

7.2 - Collecte et recyclage du verre

7.3 - Traitement du verre après collecte

F1325

Matériaux d'emballage flexibles multicouches - Modalités de choix et applications

Par *Donatien COULON*

Introduction

1 - Principe de base

2 - Matériaux supports du multicouche

2.1 - Films polymères

2.2 - Papiers

2.3 - Aluminium

2.4 - Matériaux additionnels

3 - Paramètres conditionnant le choix d'un assemblage

4 - Caractéristiques d'un emballage multicouche

4.1 - Processus de fabrication

4.2 - Caractéristiques physico-chimiques d'une structure

5 - Étude de cas

5.1 - Fromages

5.2 - Cafés et produits secs en stick

5.3 - Préparations culinaires en cubes

5.4 - Produits laitiers : yaourts et crèmes dessert

5.5 - Boissons : exemple du lait UHT

6 - Conclusion

F1310

Revêtements intérieurs pour emballages métalliques

Par *Yves PELLETIER*

1. Matériaux et procédés de l'emballage métallique

1.1 Métaux

1.2 Techniques de fabrication des boîtes

1.3 Mise en œuvre des boîtes en conserverie



- 1.3.1 Principales opérations
- 1.3.2 La stérilisation
- 2. Composition et caractéristiques des vernis.**
- 2.1 Définition et fonctions
- 2.2 Constituants
- 2.3 Propriétés des films de vernis
- 2.3.1 Caractéristiques physiques.
- 2.3.2 Résistance chimique et physico-chimique
- 2.4 Principaux types de vernis et leurs utilisations.
- 2.5 Revêtements Par film plastique.
- 3. Mise en œuvre des vernis**
- 3.1 Techniques d'application
- 3.1.1 Vernissage à plat
- 3.1.2 Application au pistolet ou pistologie
- 3.1.3 Techniques spécifiques
- 3.2 Cuisson
- 4. Méthodes d'évaluation**
- 4.1 Propriétés physiques
- 4.2 Propriétés chimiques et physico-chimiques
- 5. Choix des spécifications de protection en fonction du contenu**
- 5.1 Critères de choix
- 5.2 Spécifications couramment retenues
- 6. Perspectives d'évolution**

NM4500***Nanotechnologies et alimentation****Par Julien JEAN, Gilles RIVIERE***Introduction****1 - Contexte****2 - Produits issus des nanotechnologies dans l'alimentation humaine et animale**

2.1 - Définitions

2.2 - Un encadrement réglementaire en évolution

2.3 - Applications possibles dans l'alimentation humaine

2.4 - Applications possibles dans les matériaux au contact des denrées alimentaires (MCDA)

2.5 - Applications possibles dans l'alimentation animale

2.6 - Applications possibles dans les procédés de traitement des eaux

3 - Données toxicologiques disponibles

3.1 - Toxicité in vitro

3.2 - Toxicocinétique des nanoparticules après administration orale

3.3 - Toxicité in vivo Par administration orale

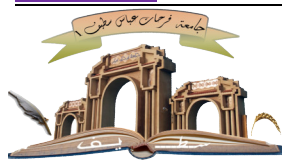
4 - Conclusion**S4/24837****Surfaces et structures fonctionnelles****** Surfaces fonctionnelles:****M1720*****Revêtements anticorrosion obtenus Par polymérisation électrochimique****Par François-Xavier PERRIN***1. Polymérisation électrochimique (ou électropolymérisation).**

1.1 Principe.

1.2 Méthode de dépôt

2. Électropolymérisation des monomères vinyliques.

2.1 Mécanisme de polymérisation



2.2 Propriétés anticorrosion

3. Films formés Par électro-oxydation de dérivés du phénol

3.1 Mécanisme de polymérisation

3.2 Propriétés anticorrosion

4. Polymères conducteurs appliqués à la protection anticorrosion

4.1 Dopage des PCI.

4.2 Polymérisation in situ : voie électrochimique

4.2.1 Principes généraux

4.2.2 Avantages et inconvénients de la voie électrochimique

4.3 Stratégies originales de formation de films à base de PCI

4.4 PCI appliqués à la protection des métaux actifs (fer, aluminium.)

4.5 Modes de protection des PCI

5. Applications industrielles.

M1722

Films inorganiques et hybrides protecteurs obtenus Par voie sol-gel

Par *François-Xavier PERRIN*

1. Chimie du procédé sol-gel.

2. Réactivité alcoxyde de silicium/alcoxyde des métaux de transition

3. Formation des films.

3.1 Méthodes de dépôt.

3.2 Conditions de dépôt : influences sur la structure des films

4. Modes d'action des traitements sol-gel

5. Revêtements hybrides organique/inorganique

5.1 Classification des hybrides organique/inorganique

5.2 Hybrides de classe I.

5.3 Hybrides de classe II.

IN110

GRAFTFAST[®] : technologie innovante de revêtement de surfaces

Par *Fabien NEKELSON*

Introduction

1 - Contexte

2 - Interactions entre molécule organique et surface

2.1 - Interactions à grande distance

2.2 - Interactions à courte distance

3 - Polymérisation sur surface

3.1 - Spin coating

3.2 - Layer By Layer

3.3 - Polymérisation Par activation plasma ou photochimique

3.4 - Autoassemblage de monocouches (SAMS)

3.5 - Électropolymérisation

3.6 - Procédé Par voie chimique (GRAFTFAST[®])

4 - Application de graftfast[®] pour différentes surfaces

4.1 - Feutres de carbone

4.2 - Nanotubes

4.3 - Surfaces non conductrices

5 - Conclusions



RE103***Développement de matériaux plastiques à surfaces modifiées et maîtrise de la biocontamination****Par Anne-Marie RIQUET, Jean-Marie HERRY, Fabienne PONCIN-EPAILLARD, Gilbert LEGEAY, Marie-Noëlle BELLON-FONTAINE***Introduction**

- 1 - Contexte
- 2 - Mécanismes impliqués dans la biocontamination des surfaces ?
- 3 - Comment modifier la surface des matériaux plastiques ?
 - 3.1 - Modification Par des traitements physiques
 - 3.2 - Modification Par traitements chimiques
- 4 - Quelques exemples de nos réalisations
 - 4.1 - Développement de surfaces hydrophiles
 - 4.2 - Développement de surfaces hydrophobes à ultrahydrophobes
- 5 - Conclusion

RE106***Peintures marines de nouvelle génération****Par Fabienne FAY, Isabelle LINOSSIER, Chrystèle DUFAU, Nathalie BOURGOUGNON, Karine VALLEE-REHEL***Introduction**

- 1 - Introduction
- 2 - Revêtements à effets de surface
- 3 - Peintures érodables chimiquement actives
 - 3.1 - Formulation des peintures
 - 3.2 - Biocides
 - 3.3 - Différents modes d'action
 - 3.4 - Polymères et mécanismes d'érosion
- 4 - Comportement en immersion des revêtements érodables
 - 4.1 - Hydratation
 - 4.2 - Érosion
 - 4.3 - Étude de la lixiviation Par microanalyse X
- 5 - Activité antifouling
- 6 - Perspectives

RE83***Prévention de l'adhésion des micro-organismes Par plasma****Par Gaëlle GUILLEMOT, Bernard DESPAX, Patrice RAYNAUD, Philippe SCHMITZ, Muriel MERCIER-BONIN***Introduction**

- 1 - Contexte
 - 1.1 - Biofilms : mécanismes de formation et impact dans le secteur industriel
 - 1.2 - Effet antiadhésif et/ou biocide de l'argent
- 2 - Description du procédé plasma
 - 2.1 - Potentialités des films minces composites métal/polymère plasma
 - 2.2 - Description du dispositif expérimental
 - 2.3 - Méthode de dépôt
 - 2.4 - Contrôle du procédé
- 3 - Choix du micro-organisme
- 4 - Méthode hydrodynamique pour quantifier l'adhésion de la levure
 - 4.1 - Principe
 - 4.2 - Expérience de détachement
- 5 - Résultats illustratifs de l'efficacité du film composite polymère-argent



- 5.1 - Adhésion des levures sur la surface modifiée Par plasma : comparaison avec la surface native
- 5.2 - Évaluation de la toxicité du film vis-à-vis des levures
- 6 - Conclusion et perspectives

IN165

Fonctionnalisation moléculaire des surfaces Par réduction de sels d'aryldiazonium

Par **Corinne LAGROST, Alice MATTIUZZI, Ivan JABIN, Philippe HAPIOT, Olivia REINAUD**

Introduction

1 - Contexte

2 - Fonctionnalisation organique des surfaces

2.1 - Procédés chimiques

2.2 - Procédés électrochimiques

3 - Description technique de l'innovation

4 - Mise en oeuvre

4.1 - Synthèse de calix [4]tétra-anilines et greffage des calix [4]arènes correspondants

4.2 - Caractérisation des surfaces greffées

4.3 - Propriétés de mouillage des surfaces modifiées

4.4 - Post-fonctionnalisation des monocouches greffées

5 - Conclusion : ready-to-use surfaces

IN167

Atténuation de la toxicité des nanotubes de carbone grâce à la fonctionnalisation chimique

Par **Cécilia MENARD-MOYON, Alberto BIANCO**

Introduction

1 - Contexte

2 - État de l'art

2.1 - Structure et propriétés des nanotubes de carbone

2.2 - Applications des nanotubes de carbone en nanobiotechnologie et nanomédecine

2.3 - Fonctionnalisation des nanotubes de carbone

3 - Raccourcissement et dérivatisation chimique des nanotubes de carbone

3.1 - Oxydation

3.2 - Amidation des nanotubes de carbone oxydés

3.3 - Cycloaddition 1,3-dipolaire

4 - Impact de la fonctionnalisation sur la toxicité des nanotubes de carbone

4.1 - Biodistribution et élimination des nanotubes de carbone en fonction du degré de fonctionnalisation

4.2 - Modulation du potentiel pathogène des nanotubes de carbone Par fonctionnalisation chimique

5 - Conclusion

**** Structures fonctionnelles:**

AM3048

Procédé sol-gel de polymérisation

Par **Pierre AUDEBERT, Fabien MIOMANDRE**

1. Caractéristiques d'un gel.

2. Aspects chimiques de la polymérisation sol-gel

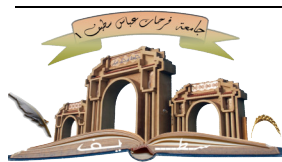
2.1 Procédé hydrolytique

2.1.1 Cas des alcoxydes de silicium

2.1.2 Cas des alcoxydes de métaux de transition

2.1.3 Systèmes divers et multicomposants

2.2 Sol-gels non hydrolytiques



3. Aspects physico-chimiques de la polymérisation sol-gel

3.1 Gélification et structure du gel

3.1.1 Généralités

3.1.2 Considérations théoriques

3.2 Vieillessement des gels

3.3 Séchage des gels

4. Gels hybrides, structures diverses et applications

4.1 Gels hybrides

4.1.1 Hybrides de classe I.

4.1.2 Hybrides de classe II

4.1.3 Hybrides multimétalliques.

4.2 Xérogels mésostructurés

4.3 Hybrides et xérogels à précurseurs superstructurés.

5. Applications des matériaux sols-gels

5.1 Fibres et couches minces

5.2 Films protecteurs

5.3 Décoration à l'aide de films hybrides

5.4 Divers

6. Conclusion**AF3609*****Aérogels - Aspects fondamentaux****Par Thierry WOIGNIER***1. Rappels sur la formation des gels****2. Les différentes familles de gels****3. Extraction du solvant****4. Méthode d'obtention des aérogels****5. Monolithicité****6. Texture des aérogels 1****7. Structure des aérogels****8. Les aerogels : matériaux « modèles »****9. Conclusion****AF3610*****Aérogels - Aspects matériaux****Par Thierry WOIGNIER***1. Propriétés optiques**

1.1 Transparence.

1.2 Indice de réfraction et dispersion

2. Propriétés mécaniques

2.1 Propriétés acoustiques et vitesse du son

2.2 Modules élastiques et contraintes de rupture

2.3 Ténacité et propagation subcritique de fissure

3. Propriétés thermiques.

3.1 Techniques de mesure

3.2 Conductivité thermique (solide, gaz, radiation)

3.3 Conductivité thermique des aérogels de silice et des aérogels organiques.

4. Différentes techniques de traitement ou de mise en forme associées

4.1 Pyrolyse des aérogels organiques

4.2 Densification des aérogels

4.3 Mise en forme

5. Applications des aérogels

5.1 Aerogels de silice et minéraux

5.2 Aérogels organiques et aérogels de carbone.

5.3 Les aérogels précurseurs de matériaux



6. Conclusion

N20

Aérogels. Aspect matériauPar **Laurent KOCON, Jean PHALIPPOU****1. Propriétés optiques**

- 1.1 Transparence
- 1.2 Indice de réfraction et dispersion

2. Propriétés mécaniques

- 2.1 Propriétés acoustiques et vitesse du son
- 2.2 Modules élastiques et contraintes de rupture
- 2.3 Ténacité et propagation subcritique de fissure

3. Propriétés thermiques

- 3.1 Techniques de mesure
- 3.2 Conductivité thermique (solide, gaz, radiation)
 - 3.2.1 Composante solide
 - 3.2.2 Composante radiative
 - 3.2.3 Composante gazeuse
- 3.3 Conductivité thermique des aérogels de silice et des aérogels organique.

4. Différentes techniques de traitement ou de mise en forme associées

- 4.1 Pyrolyse des aérogels organiques
 - 4.1.1 Aérogels organiques pyrolysables
 - 4.1.2 Conductivité électrique des aérogels de carbone
 - 4.1.3 Conductivité thermique des aérogels de carbone
- 4.2 Densification des aérogels
 - 4.2.1 Densification thermiquement activée
 - 4.2.2 Densification assistée Par une pression
- 4.3 Mise en forme

Références bibliographiques

N3300

Chimie des géopolymères. IntroductionPar **Joseph DAVIDOVITS****1. Que sont les géopolymères ?**

- 1.1 Géosynthèse et géopolymère
- 1.2 Applications industrielles et commerciales.

2. Différents géopolymères

- 2.1 Motifs monomères
- 2.2 Classes de matériaux géopolymères
- 2.3 Comment définir les géopolymères ?

3. Synthèse des géopolymères silicoaluminates

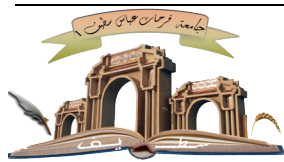
- 3.1 Coordination ionique ou liaison covalente
- 3.2 La géopolymérisation commence avec des oligomères
- 4. Caractérisation des géopolymères silicoaluminates
 - 4.1 Diffraction aux rayons X.
 - 4.2 Spectroscopie en résonance magnétique nucléaire RMN
 - 4.3 Microscopie électronique

5. Écriture chimique

- 5.1 Confusion entre valence chimique et coordinence avec l'oxygène
- 5.2 Analogie avec la chimie des silicones.
- 5.3 Structure moléculaire de la kaolinite et de la métakaolinite

6. Exemples de géopolymérisation

- 6.1 Avec la métakaolinite MK-750
- 6.2 Géopolymérisation à l'aide de la technique sol-gel : applications médicales et pharmaceutiques.



6.3 Géopolymérisation hydride minéral-organique

7. Conclusion

N3301

Ciments géopolymères

Par **Joseph DAVIDOVITS**

1. Que sont les ciments géopolymères ?

- 1.1 Ciment géopolymère ou béton géopolymère ?
- 1.2 Chimie du ciment Portland/chimie du ciment géopolymère
- 1.3 Ingrédients nécessaires pour fabriquer un ciment géopolymère.
- 1.4 Matériaux à activation alcaline ou ciments géopolymères.
- 1.5 Réactifs à alcalinité ménagée
- 1.6 Différentes catégories de ciments géopolymères

2. Ciment géopolymère à base de laitier/MK-750

- 2.1 Mécanisme chimique de formation de la matrice du ciment laitier/MK-750
- 2.2 Composition chimique de la matrice géopolymère.

3. Ciment géopolymère à base de laitier/roches.

4. Ciment géopolymère à base de laitier/cendres volantes

5. Ciment géopolymère ferrosialate.

6. Émissions de CO2 lors de la fabrication

- 6.1 Émissions de CO2 lors de la fabrication du clinker de ciment Portland.
- 6.2 Besoins énergétiques et émissions de CO2 des ciments géopolymères

7. Propriétés physico-chimiques des ciments géopolymères

- 7.1 Résistances compression/flexion, retrait
- 7.2 Comparaison des formulations K-silicate/Na-silicate
- 7.3 Chaleur de réaction.
- 7.4 Réaction alcali-granat
- 7.5 Résistance aux acides
- 7.6 Résistance au feu

8. Gestion des déchets miniers radioactifs et métalliques(métaux lourds)

- 8.1 Métaux lourds et radium.
- 8.2 Mines d'uranium.

9. Ciment composé Portland/géopolymère

10. Conclusion

P1050

Texture des matériaux divisés - Aire spécifique des matériaux pulvérulents ou nanoporeux

Par **Françoise ROUQUEROL, Jean ROUQUEROL, Isabelle BEURROIES, Philip LLEWELLYN, Renaud DENOYEL**

1. Caractéristiques des matériaux divisés

2. Terminologie

3. Adsorption d'un gaz Par un solide

4. Théories de l'adsorption.

5. Obtention des isothermes d'adsorption-désorption

6. Évaluation des aires spécifiques.

7. Utilité et signification de l'aire spécifique d'un matériau divisé 1

8. Glossaire 1



P1051**Texture des matériaux divisés - Taille de pores des matériaux nanoporeux Par adsorption d'azote***Par Françoise ROUQUEROL, Jean ROUQUEROL, Isabelle BEURROIES, Philip LLEWELLYN, Renaud DENOYEL***1. Théories de l'adsorption Par les matériaux poreux**

- 1.1 Loi de Kelvin sur la condensation capillaire
- 1.2 Théorie de la fonctionnelle de la densité (DFT).

2. Caractérisation des micropores.

- 2.1 Mise en évidence de la microporosité
- 2.2 Détermination des volumes microporeux Par la méthode αS
- 2.3 Détermination de la taille des micropores Par la méthode de Horvath et Kawazoe HK

3. Caractérisation des mésopores

- 3.1 Volume mésoporeux et rayon mésoporeux moyen
- 3.2 Hystérésis de l'isotherme d'adsorption-désorption et mésoporosité
- 3.3 Distribution de taille des mésopores : méthode de Barrett, Joyneret Halenda BJH.

4. Caractérisation simultanée des micropores et des mésopores**5. Conclusion****6. Glossaire****N4203****Nouveaux matériaux poreux multifonctionnels dérivés du bois***Par Alain CELZARD, Vanessa FIERRO, Antonio PIZZI***Introduction****1 - Contexte****2 - Principaux constituants du bois**

- 2.1 - Éléments d'anatomie du bois
- 2.2 - Biopolymères du bois
- 2.3 - Substances extractibles
- 2.4 - Composés phénoliques

3 - Mousses solides

- 3.1 - Moussage d'une résine à base de tannins
- 3.2 - Propriétés des mousses à base de tannin
- 3.3 - Nouvelles générations de mousses dérivées de tannin

4 - Gels

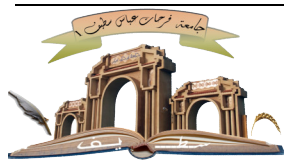
- 4.1 - Réaction sol-gel
- 4.2 - Séchage des gels
- 4.3 - Aérogels organiques dérivés de la cellulose
- 4.4 - Aérogels organiques dérivés de composés phénoliques issus du bois

5 - Matériaux carbonés dérivés

- 5.1 - Charbons actifs
- 5.2 - Carbones dérivés de mousses et d'aérogels organiques

6 - Conclusions et perspectives**J6675****Zéolites***Par Dominique PLEE***1. Propriétés générales des zéolites**

- 1.1 Structure et caractéristiques principales
- 1.2 Composition chimique

2. Procédés de synthèse

- 2.1 Procédé de synthèse de la zéolite A.
- 2.2 Procédés de modification de la zéolite A
- 2.3 Procédés de synthèse d'autres zéolites
- 2.4 Procédés de modification des autres zéolites

3. Fiche produit zéolite

- 3.1 Propriétés physico-chimiques
- 3.2 Autres propriétés
- 3.3 Principales utilisations
- 3.4 Aspects économiques

Références bibliographiques

IN177

Encapsulation d'un filtre UV dans une silice mésoporeuse

Par **Bénédicte LEBEAU, Claire MARICHAL, Joël PATARIN, Philippe GUARILLOFF**

Introduction

1 - Contexte

2 - Description technique

- 2.1 - Choix de la matrice
- 2.2 - Silices mésoporeuses organisées

3 - Choix de la méthode d'encapsulation

- 3.1 - Adsorption
- 3.2 - Ancrage ou fonctionnalisation
- 3.3 - Encapsulation in situ

4 - Encapsulation in situ d'un filtre uv au sein d'une silice mésoporeuse de type mcm-41

- 4.1 - Principe de la co-encapsulation in situ
- 4.2 - Caractérisations
- 4.3 - Conclusions

5 - Perspectives et évolutions

IN221

Fabrication de poudres métalliques Par la méthode PREP®

Par **Yvon MILLET**

Introduction

1 - Contexte

2 - Fabrication de poudres métalliques

3 - Électrode tournante

- 3.1 - Principe
- 3.2 - Différents procédés
- 3.3 - Torche plasma
- 3.4 - Contamination
- 3.5 - Formation de la poudre
- 3.6 - Caractéristiques des poudres obtenues

4 - Conclusion

5 - Glossaire – définitions

J2251

Caractérisation et analyse des poudres - Propriétés physiques des solides divisés

Par **Khashayar SALEH, Pierre GUIGON**

1. Taille, forme, distribution de taille

- 1.1 Diamètres équivalents et facteurs de forme



- 1.2 Répartition granulométrique et expression des résultats
- 1.3 Techniques d'analyse granulométrique
- 2. Caractérisation de la structure poreuse des poudres**
- 2.1 Porosité d'un grain individuel et d'un ensemble de grains.
- 2.2 Masses volumiques
- 2.3 Surfaces spécifiques
- 2.4 Perméabilité
- 2.5 Techniques de caractérisation de la texture des poudres
- 2.5.1 Microscopie
- 2.5.2 Porosimétrie à intrusion de mercure
- 2.5.3 Adsorption/désorption de gaz
- 2.5.4 Méthodes calorimétriques (thermoporométries)
- 2.5.5 Perméamétrie

J2200***Mousses - Formation, formulation et propriétés****Par Jean-Louis SALAGER, Lionel CHOPLIN***1. Caractéristiques des mousses**

- 1.1 Importance industrielle.
- 1.2 Description d'une mousse.
- 1.3 Émulsion gaz dans liquide

2. Étapes dans la vie d'une mousse et phénomènes associés

- 2.1 Conditions générales d'obtention d'une mousse
- 2.2 Formation d'une mousse : premiers instants critiques
- 2.3 Évolution de la mousse après sa formation : drainage, grossissement, mûrissement ou vieillissement, rupture
- 2.4 Amincissement et rupture des films minces

3. Méthodes d'étude des mousses

- 3.1 Méthode de Ross-Miles
- 3.2 Méthode de Bikerman
- 3.3 Méthode mixte

4. Effet de la formulation sur les propriétés des mousses

- 4.1 État de l'art. Efficacité et effectivité
- 4.2 Importance de la CMC
- 4.3 Choix des surfactifs. Groupes ioniques et non ioniques. Longueur de chaîne hydrophobe
- 4.4 Additifs
- 4.5 Modification du milieu

5. Rhéologie des mousses

- 5.1 Propriétés essentielles des mousses.
- 5.2 Caractérisation rhéologique visqueuse des mousses
- 5.3 Caractérisation rhéologique élastique des mousses

6. Conclusion**N3800*****Mousses métalliques - Structures et procédés de fabrication****Par Jonathan DAIRON***1. Typologie des mousses métalliques.**

- 1.1 Mousses métalliques et matériaux cellulaires
- 1.2 Structures des mousses

2. Techniques de fabrication

- 2.1 Moussage d'un métal liquide
- 2.1.1 Théorie du moussage des métaux
- 2.1.2 Procédés de moussage d'un métal liquide.
- 2.2 Procédés d'infiltration



- 2.2.1 Principe
- 2.2.2 Fabrication et Élimination du corps poreux
- 2.2.3 Infiltration du métal
- 2.3 Procédés de dépôt
- 2.3.1 Principe
- 2.3.2 Techniques de dépôt.
- 2.3.3 Traitement thermique et traitement complémentaire
- 2.4 Autres procédés
- 2.4.1 Procédés de métallurgie des poudres avec précurseurs
- 2.4.2 Procédés de moussage d'une suspension de poudre métallique
- 2.4.3 Procédés de moussage à l'état solide
- 2.4.4 Prototypage rapide / fabrication additive
- 3. Lien entre structures et procédés**
- 4. Conclusion**
- 5. Glossaire – Définitions**

N3801***Mousses métalliques- Propriétés****Par Yves GAILLARD*

- 1. Préambule.**
- 2. Compression et absorption d'Énergie.**
 - 2.1 Rappel
 - 2.2 Crash.
 - 2.3 Choc balistique
 - 2.4 Protection anti-explosion
- 3. Flexion**
 - 3.1 Conception des mousses
 - 3.2 Caractéristiques clés
- 4. Propriétés thermiques.**
 - 4.1 Échange thermique (avec liquide ou gaz)
 - 4.2 Transfert thermique
- 5. Isolation phonique et vibratoire**
 - 5.1 Phonique
 - 5.2 Vibratoire
- 6. Médical.**
 - 6.1 Apport des mousses métalliques
 - 6.2 Matériaux employés
 - 6.3 Cellules
 - 6.4 Caractéristiques clés
- 7. Propriétés électriques.**
 - 7.1 Matériaux employés
 - 7.2 Caractéristiques clés
- 8. Support catalytique.**
 - 8.1 Performances comparées
 - 8.2 Caractéristiques clés
- 9. Design**
- 10. Autres propriétés**
- 11. Conclusion**
- 12. Glossaire – Définitions**

N3802***Mousses métalliques - Applications industrielles****Par Yves GAILLARD*

- 1. Préambule**
- 2. Coût des mousses**
 - 2.1 Panneaux sandwich.
 - 2.2 Classement des coûts Par masse



3. Absorption d'Énergie

3.1 Crash

3.2 Choc balistique et protection anti-explosion

4. Flexion

4.1 Intérêt des mousses

4.2 Domaines industriels concernés

4.3 Exemples commerciaux, prototypes

5. Applications thermiques

5.1 Échange thermique (avec liquide ou gaz)

5.2 Transfert thermique

6. Isolation phonique et vibratoire

6.1 Phonique

6.2 Vibratoire

7. Médical.

7.1 Intérêt des mousses

7.2 Domaines industriels concernés

7.3 Exemples d'implants in vivo et ex vivo

8. Applications Électriques

8.1 Intérêt des mousses

8.2 Domaine industriel concerné

8.3 Exemples commerciaux, prototypes

9. Support catalytique

9.1 Intérêt des mousses

9.2 Domaines industriels concernés

9.3 Exemples commerciaux, prototypes

10. Design

10.1 Intérêt des mousses

10.2 Domaines industriels concernés

10.3 Exemples commerciaux, prototypes

11. Autres domaines pour les mousses métalliques

11.1 Applications de filtration

11. Composite mousse/ matériau changement de phase

11. Séparateurs air/huile

11.4 Applications d'atténuation et diffusion d'un flux, d'arrêt de flamme

12. Conclusion**13. Glossaire****** Nanomatériaux:****M4026****Nanomatériaux - Structure et élaboration**Par **Paul COSTA****1. Structure des nanomatériaux**

1.1 Diverses classes de nanomatériaux.

1.2 Joints de grains

1.3 Stabilité Particulière de certaines tailles d'amas

2. Énergie des joints de grains et diffusion

2.1 Aspects thermodynamiques

2.2 Structure des joints

2.3 Diffusion

3. Élaboration

3.1 Élaboration Par voie physique.

3.1.1 Aspects thermodynamiques de la formation des amas.

3.1.2 Méthodes d'élaboration sous gaz neutre

3.1.3 Élaboration Par bombardement sous vide.

3.2 Élaboration Par voie chimique

3.2.1 Formation de nanoparticules Par réaction en phase vapeur



- 3.2.2 Formation de nanoparticules Par réaction en milieu liquide
- 3.2.3 Techniques sol-gel
- 3.2.4 Formation de nanoparticules Par réaction en milieu solide
- 3.3 Mécanosynthèse
 - 3.3.1 Techniques d'élaboration.
 - 3.3.2 Mécanismes physiques.
 - 3.3.3 Quelques mécanosynthèses de nanomatériaux.
- 3.4 Consolidation et densification
 - 3.4.1 Compactage à froid
 - 3.4.2 Frittage.
 - 3.4.3 Croissance des grains pendant la densification.

M4027***Nanomatériaux - Propriétés et applications****Par Paul COSTA***1. Propriétés**

- 1.1 Propriétés mécaniques
- 1.2 Structure électronique et propriétés de transport
- 1.3 Propriétés ferromagnétiques.
- 1.4 Propriétés optiques
- 1.5 Réactivité chimique

2. Familles Particulières.

- 2.1 Céramiques
- 2.2 Dispersions dans les polymères
- 2.3 Nanomatériaux biologiques et mimétiques.
- 2.4 Fullerènes et nanotubes de carbone

3. Nanosystèmes.

- 3.1 Nanofabrication de dispositifs électroniques
- 3.2 Électronique moléculaire

4. Quelques grandes familles d'applications.

- 4.1 Électronique et optoélectronique
- 4.2 Enregistrement magnétique

NM3300***Nanotechnologies et nanomatériaux pour la construction - Bâtiment et milieu urbain****Par Henri VAN DAMME***Introduction****1 - Bâtiment et milieu urbain : contexte prévisible****2 - Nanotechnologies et nanomatériaux dans le bâtiment et l'espace urbain****3 - Nanotechnologies et nanomatériaux pour un bâtiment fonctionnalisé**

3.1 - Enveloppe superisolante nanostructurée

3.2 - Enveloppe régulatrice thermique Par nanomatériaux à changement de phase

3.3 - Enveloppe et surfaces intérieures autonettoyantes et dépolluantes

3.4 - Enveloppe et surfaces pour convertir l'énergie

4 - Nanotechnologies pour une ville durable

4.1 - Un environnement sous haute surveillance grâce à des capteurs massivement distribués

4.2 - Récupérer l'énergie ambiante pour alimenter les capteurs

5 - Conclusions

NM3301***Nanotechnologies et nanomatériaux pour la construction - Génie civil — ouvrages d'art****Par Henri VAN DAMME***Introduction****1 - Un matériau roi : le béton de ciment portland**

- 1.1 - Nanochimie et nanomécanique du ciment
- 1.2 - Vers des matériaux cimentaires hybrides et nanocomposites
- 1.3 - Ingénierie macromoléculaire des adjuvants organiques
- 1.4 - Vers un béton « intelligent » ?

2 - Câbles, haubans et tirants, passifs ou actifs

- 2.1 - Câbles passifs
- 2.2 - Câbles et contrôle (semi-)actifs

3 - Conclusions**M4029*****Propriétés mécaniques des matériaux nanostructurés****Par Dominique FRANÇOIS***1. Application des modèles aux matériaux nanostructurés**

- 1.1 Particularités structurales des matériaux nanostructures
- 1.2 Limite d'élasticité et loi de Hall-Petch
 - 1.2.1 Loi de Hall-Petch
 - 1.2.2 Modèle des empilements de dislocations
 - 1.2.3 Modèle du libre Parcours moyen des dislocations
 - 1.2.4 Modèle des deux phases Écrouies
 - 1.2.5 Modèle d'Émission des dislocations Par les joints de grain
 - 1.2.6 Modèle d'absorption des dislocations Par les joints de grain
- 1.3 Fluage et glissement des joints de grains
- 1.4 Écrouissage et striction
- 1.5 Rupture et fatigue

2. Obtention des matériaux nanostructurés

- 2.1 Principales techniques
- 2.2 Condensation sous gaz inerte
- 2.3 Dépôts Électrolytiques
- 2.4 Trituration
- 2.5 Cristallisation de produits amorphes
- 2.6 Déformations extrêmes
 - 2.6.1 Tréfilage
 - 2.6.2 Torsion sous haute pression
 - 2.6.3 Extrusion en canal coudé.
 - 2.6.4 Déformation plastique à grande vitesse
 - 2.6.5 Hyper-Écrouissage superficiel

3. Propriétés obtenues

- 3.1 Limite d'élasticité.
- 3.2 Écrouissage et ductilité.
- 3.3 Fatigue

4. Conclusion**NM3200*****Colloïdes et nanosciences****Par Jean-Marc DI MEGLIO***Introduction****1 - Introduction****2 - Pourquoi faire petit ?**

- 2.1 - Échelle colloïdale
- 2.2 - Limite colloïdale



2.3 - Structure

3 - Stabilité

3.1 - Stabilisation électrostatique

3.2 - Stabilisation stérique

3.3 - Dynamique de floculation et structures fractales

4 - Propriétés optiques

4.1 - Diffusion de la lumière

4.2 - Matériaux à bandes interdites

4.3 - Quantum dots

5 - Fabrication des colloïdes

5.1 - Colloïdes dispersés

5.2 - Nanocomposites

5.3 - Assemblages fonctionnels

6 - Quel avenir pour les colloïdes ?

** Textiles :

AM5122 *Textures textiles tridimensionnelles*

Par **Guy NEMOZ**

1. Généralités.

2. Description des textures textiles tridimensionnelles.

2.1 Tissage

2.1.1 Tissus multicouches avec ondulation des fils

2.1.2 Tissage de type orthogonal, circulaire ou polaire avec fils droits.

2.1.3 Tissage double Paroi, multiple Paroi

2.1.4 Tissage en forme

2.1.5 Autres procédés de tissage.

2.2 Tricotage.

2.3 Tressage

2.4 Les non-tissés

3. Caractérisation

4. Fonction et applications

4.1 Généralités

4.2 Fonction mécanique

4.3 Fonction d'échange

4.4 Fonction renfort de matériaux

4.4.1 Propriétés

4.4.2 Applications

4.5 Fonction protection

N2510 *Fibres et fils à usage technique*

Par **Laurence CARAMARO**

Introduction

1 - Définitions et vocabulaire

2 - Principales catégories

2.1 - Fibres naturelles

2.2 - Fibres artificielles

2.3 - Fibres synthétiques

2.4 - Fibres de spécialités

2.5 - Fibres fonctionnalisées

3 - Procédés de fabrication

4 - Propriétés

4.1 - Propriétés physiques et mécaniques

4.2 - Propriétés thermiques



4.3 - Propriétés électriques

4.4 - Propriétés chimiques

N2511

Textiles à usage technique

Par **Laurence CARAMARO**

Introduction

1 - Architectures textiles

1.1 - Fabrication des surfaces textiles

1.2 - Caractéristiques des surfaces textiles

1.3 - Textiles D

2 - Traitements

3 - Domaines d'emploi

NM3250

Nanotechnologies dans le textile

Par **Yannick BRETON, Bruno MOUGIN**

Introduction

1 - Contexte

1.1 - Historique de l'innovation dans le domaine textile

1.2 - Contexte global de l'article

1.3 - Plan de l'article

2 - Les technologies

2.1 - Production de fibres et filaments

2.2 - Filature

2.3 - Procédés textiles

2.4 - Ennoblement

2.5 - Confection

3 - Applications des nanotextiles

3.1 - Effets de types antibactériens et anti-odeur

3.2 - Effets hydrophobes, oléophobes et autonettoyants

3.3 - Retardateur de flammes

3.4 - Protection UV

3.5 - Cas des nanotubes de carbone

3.6 - Propriétés des textiles incorporant des nanomatériaux et procédés de mise en forme

4 - Aspects normatifs, sanitaires et réglementaires

4.1 - Mesures et détections adaptées aux nanotextiles

4.2 - Normes et labels « nano » dans le secteur textile

4.3 - Aspects sanitaire et toxicologique



“Ti630

Techniques
D'analyse.”

MESURES
ANALYSES



TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR



-  **S4/24838**
Analyse des macromolécules biologiques
-  **S4/24839**
Analyses dans l'environnement : eau et air
-  **S4/24840**
Analyse des macromolécules biologiques
-  **S4/24841**
Analyses de surface et de matériaux
-  **S4/24842**
Chimie analytique : échantillonnage instrumentation métrologie
-  **S4/24843**
Chromatographie et techniques séparatives
-  **S4/24844**
Études de structure et caractérisation
-  **S4/24845**
Méthodes électrochimiques
-  **S4/24846**
Méthodes nucléaires d'analyse
-  **S4/24847**
Méthodes thermiques d'analyse
-  **S4/24848**
Spectrométries
-  **S4/24849**
Techniques d'analyse Par imagerie

Mesures - Analyses

Ti630 Plastiques et composites

S4/24838 Analyse des macromolécules biologiques**P3300****Analyse des macromolécules biologiques: introduction**Par **Fernand PELLERIN**.**1. Produits issus des fermentations et des réactions enzymatiques**

1.1 Préparation d'enzymes

1.2 Spécificité des enzymes

2. Produits issus des protéines.

2.1 Méthodes d'analyse séquentielle.

2.2 Méthodes d'analyse structurale .

P3312**Analyse des protéines ou protéomique**Par **Alexia ORTIZ, Caroline TOKARSKI, Christian ROLANDO****1. De l'échantillon biologique aux protéines**

1.1 Extraction et solubilisation

1.2 Plasma.

1.3 Levures et bactéries .

1.4 Tissus

1.5 Plantes

1.6 Protéines membranaires .

2. Purification des protéines .

2.1 Électrophorèse sur gel .

2.2 Techniques séparatives « hors gel »

3. Analyse et identification des protéines .

3.1 Hydrolyse enzymatique des protéines .

3.2 Analyse Par spectrométrie de masse .

3.3 Identification des protéines .

4. Quantification .

4.1 Quantification différentielle.

4.2 Quantification absolue.

5. Grands domaines d'application de la protéomique**P3315****Analyse des acides nucléiques**Par **Béatrice PARFAIT, Dominique VIDAUD****1. Techniques de Préparation des acides nucléiques .**

1.1 ADN

1.2 ARN

2. Techniques d'analyse des acides nucléiques : les outils de base .

2.1 L'électrophorèse

2.2 Les enzymes

2.3 Le Southern blot .

2.4 Le Northern blot

2.5 PCR, RT-PCR .

2.6 Application de la PCR à l'analyse quantitative : la PCR en temps réel

2.7 Séquençage

3. Application à l'analyse moléculaire : l'identification des mutations.

3.1 Diagnostic direct



3.2 Diagnostic indirect, utilisation de marqueurs polymorphes de l'ADN .

Bibliographie

P3320

Analyse des glucides et des glycoprotéines

Par Jean MONTREUIL, André VERBERT

1. Monosaccharides

1.1 Formules, isoméris et structures des monosaccharides.

1.2 Propriétés physico-chimiques des monosaccharides .

2. Glycosides.

2.1 Holosides.

2.2 Hétérosides. L'exemple des glycoconjugués .

3. Procédés d'isolement des glucides libres et conjugués

3.1 Isolement des glycoprotéines et des glycopeptides .

3.2 Procédés de libération des glycannes

3.3 Procédés d'isolement des oligosaccharides libres ou libérés

4. Méthodes de dosage des glucides .

4.1 Détermination de la composition centésimale en monosaccharides Par méthodes colorimétriques

4.2 Détermination de la composition molaire en monosaccharides .

5. Détermination de la structure primaire .

5.1 Procédés chimiques .

5.2 Procédés physiques .

5.3 Procédés enzymatiques .

P3326

Analyse des polysaccharides

Par Théo EFSTATHIOU, Christian NIO

1. Définitions

1.1 Définition des glucides

1.2 Classification des glucides

1.3 Biochimie des polysaccharides

1.4 Classification des glucides selon leurs effets physiologiques .

1.5 Sources de confusion des termes utilisés .

1.6 Définitions réglementaires et étiquetage nutritionnel

2. Méthodes de dosage des polysaccharides

2.1 Dosage des polysaccharides amylacés

2.2 Dosage des polysaccharides non amylacés (ANP) .

2.3 Dosage des glucides hydrogénés (polyols) de type polysaccharidique .

2.4 Détermination du degré de polymérisation (DP)

P3325

Analyse des lipides - Extraction. Paramètres physico-chimiques. Constituants majeurs

Par Véronique OLLIVIER, Denis OLLIVIER, Jacques ARTAUD

1. Extraction et dosage de la matière grasse

2. Détermination des caractéristiques physiques.

3. Détermination des indices de base

4. Détermination des constituants majeurs .

5. Différents référentiels de normes.

6. Conclusion .

7. Glossaire et sigles .



P3327**Analyse des lipides - Constituants mineurs, qualité et authenticité**Par *Véronique OLLIVIER, Denis OLLIVIER, Jacques ARTAUD*

1. Détermination des constituants mineurs .
2. Paramètres de qualité
3. Contaminants .
4. Recherche de l'authenticité .
5. Différents référentiels de normes
6. Conclusion.
7. Glossaire et sigles .

P3360**Radioanalyse - Définitions et techniques**Par *François BOURREL, Philippe COURRIÈRE*

1. Définitions. Rayonnements. Radioprotection
 - 1.1 Activité d'une source radioactive .
 - 1.2 Période radioactive
 - 1.3 Différents types de radioactivité.
 - 1.3.1 Émission alpha
 - 1.3.2 Émission bêta
 - 1.3.3 Émission gamma
 - 1.3.4 Conversion interne .
 - 1.4 Radioprotection .
 - 1.4.1 Irradiation
 - 1.4.2 Contamination
2. Radionucléides utilisés en biologie médicale et obtention des molécules marquées
 - 2.1 Émetteurs gamma .
 - 2.1.1 Iode25 .
 - 2.1.2 Cobalt7
 - 2.2 Émetteurs bêta.
 - 2.3 Obtention des molécules marquées
 - 2.3.1 Principes généraux .
 - 2.3.2 Activité spécifique élevée : choix du traceur
 - 2.3.3 Molécule à marquer .
 - 2.4 Principales techniques de marquage.
 - 2.4.1 Iodation
 - 2.4.2 Tritium
 - 2.5 Purification du produit marqué
 - 2.5.1 Dialyse .
 - 2.5.2 Chromatographie par gel-filtration ou d'exclusion moléculaire
 - 2.5.3 Chromatographie liquide haute performance
 - 2.6 Estimation de la qualité du produit marqué
 - 2.6.1 Calcul du rendement de marquage.
 - 2.6.2 Étude de la conservation de l'immunoréactivité .
 - 2.6.3 Stabilité et conservation

P3361**Radioanalyse - Applications : dosage biologique**Par *François BOURREL, Philippe COURRIÈRE*

1. Présentation générale.
 - 1.1 Intérêt du marquage d'une substance .
 - 1.2 Dilution isotopique
2. Système d'antigène-anticorps
 - 2.1 Propriétés du système antigène-anticorps
 - 2.2 Détermination de la constante d'affinité Par la méthode de Scatchard



3. Dosages radio-immunologiques

- 3.1 Dosages Par compétition (RIA).
- 3.2 Courbe d'étalonnage et traitement mathématique des données
- 3.3 Réalisation pratique : application au dosage de la thyroxine libre .
- 3.4 Dosages immunoradiométriques (IRMA) .
- 3.5 Évaluation de l'efficacité analytique d'un dosage radio-immunologique .

4. Détection du signal radioactif .

- 4.1 Scintillation solide .
- 4.2 Scintillation liquide

P3362**Radionucléides - Application : biologie moléculaire**Par **François BOURREL, Philippe COURRIÈRE****1. Généralités**

- 1.1 Présentation générale .
- 1.2 Définition
- 1.3 Domaines d'application
- 1.4 Méthode .

2. Autoradiographie sur films .

- 2.1 Principe.
- 2.2 Autoradiographie directe
- 2.3 Autoradiographie indirecte.
- 2.4 Choix du film
- 2.5 Facteurs influençant la résolution

3. Micro-autoradiographie

- 3.1 Objectif .
- 3.2 Principe.
- 3.3 Composition des émulsions Par rapport à la macro-autoradiographie

4. Artefacts liés aux conditions expérimentales et à la Préparation des tissus

- 4.1 Anomalie de distribution du composé radiomarqué .
- 4.2 Fuite et redistribution du composé radiomarqué et de constituants tissulaires
- 4.3 Échec d'identification de la nature chimique du composé radiomarqué
- 4.4 Autoabsorption du tissu
- 4.5 Dommages tissulaires liés à la congélation

5. Autoradiographie quantitative.

- 5.1 Méthode générale
- 5.2 Artefacts liés à l'évaluation quantitative

P3365**Électrophorèse capillaire - Principe**Par **Myriam TAVERNA, Isabelle LE POTIER, Philippe MORIN****1. Principe général et grandeurs fondamentales .**

- 1.1 Électromigration
- 1.2 Electroosmose .
- 1.3 Efficacité .
- 1.4 Résolution

2. Principaux modes de l'électrophorèse capillaire

- 2.1 Électrophorèse capillaire libre ou de zone
 - 2.1.1 Principe
 - 2.1.2 Paramètres
- 2.2 Chromatographie électrocinétique micellaire (CEM) .
 - 2.2.1 Principe
 - 2.2.2 Paramètres
- 2.3 Electrochromatographie capillaire .
 - 2.3.1 Principe
 - 2.3.2 Colonnes



- 2.3.3 Paramètres
- 2.3.4 Applications
- 2.4 Électrophorèse capillaire en gel (ECG)
 - 2.4.1 Principe
 - 2.4.2 Mécanismes
 - 2.4.3 Paramètres
 - 2.4.4 Applications à la séparation de protéines
- 2.5 Isoélectrofocalisation capillaire
 - 2.5.1 Principe
 - 2.5.2 Méthodes Particulières.
 - 2.5.3 Exemples de séparations .
- Références bibliographiques .

P3366**Électrophorèse capillaire - Appareillage***Par Agnès HAGÈGE, Thi Ngoc Suong HUYNH***1. Aperçu général****2. Séparation .**

2.1 Supports de séparation

2.1.1 Capillaires .

2.1.2 Pucés .

2.2 Générateurs de haute tension

2.3 Thermorégulation .

3. Injection .

3.1 Injection hydrodynamique .

3.2 Injection électrocinétique .

3.3 Préconcentration par stacking

4. Détection .

4.1 Détection optique

4.1.1 UV

4.1.2 Fluorescence.

4.2 Détection électrochimique .

4.2.1 Conductimétrie .

4.2.2 Ampérométrie

4.3 Spectrométrie de masse.

4.3.1 Spectrométrie de masse moléculaire.

4.3.2 Spectrométrie de masse élémentaire ICP-MS .

5. Conclusion.**P3367****Électrophorèse capillaire - Applications***Par Myriam TAVERNA, Isabelle LE POTIER, Philippe MORIN***1. Analyse des ions**

1.1 Cations inorganiques .

1.2 Anions organiques et inorganiques.

2. Séparations chirales

2.1 Sélecteurs chiraux .

2.2 Principe.

2.3 Exemples de séparations

3. Acides aminés, peptides et (glyco)protéines .

3.1 Acides aminés

3.2 Peptides et (glyco)protéines .

4. Oligosaccharides et polysaccharides .

4.1 Oligosaccharides

4.2 Polysaccharides .

Références bibliographiques .



IN178**Miniaturisation des essais enzymatiques par électrophorèse capillaire**Par **Reine NEHMÉ****Introduction****1 - Contexte****2 - Enzymes**

2.1 - Cinétique enzymatique

2.2 - Effets des agents physiques ou chimiques sur la cinétique enzymatique

3 - Implication de l'électrophorèse capillaire dans l'étude des réactions enzymatiques

3.1 - Essais enzymatiques à l'extérieur du capillaire (off-capillary enzymatic assays)

3.2 - Essais enzymatiques dans le capillaire (in-capillary enzymatic assays)

4 - Conclusion**BIO7150****Biopuces : applications et devenir**Par **Véronique ANTON LEBERRE****1. Puces à ADN**

1.1 Fabrication des puces à ADN : technologies disponibles.

1.1.1 Fixation d'oligonucléotides présynthétisés

1.1.2 Synthèse in situ.

1.2 Applications des puces à ADN

1.2.1 Expression transcriptionnelle

1.2.2 Génotypage (CGH ou CNV et SNP) .

1.2.3 Épигénétique, régulation de l'expression des gènes .

1.2.4 Capture de séquences

1.2.5 Diagnostic

2. Puces à protéines .

2.1 Principe des puces à protéines .

2.2 Fixation des protéines à la surface .

2.3 Interaction et détection

2.4 Types de puces à protéines.

3. Puces à sucres.

4. Puces à cellules

4.1 Cellules fixées au support .

4.2 Tapis cellulaire sur le support.

5. Laboratoires sur puce .**6. Marché des biopuces.**

7. Écueils des biopuces et solutions apportées .

8. Conclusion**BIO7115****Application des biocapteurs pour la détection des pathogènes**Par **Jasmina VIDIC****1. Principe de biocapteurs.**

1.1 Couples biomarqueur-biorécepteur et stratégies de détection

1.2 Modes de détection et de traduction des signaux de reconnaissance.

1.3 Augmentation de l'efficacité de détection

1.4 Immobilisation des éléments sensibles sur les supports solides.

1.5 Lecture et affichage de résultats

2. Applications au diagnostic de pathogènes

2.1 Biocapteurs commercialisés pour la détection de bactéries.

2.2 Biocapteurs commercialisés pour la détection de virus

3. Conclusion.**4. Glossaire Définitions.**

BIO7200

Microscopie de fluorescence biomédicale

Par **Léon ESPINOSA, Yves TOURNEUR**

1. Préparations fluorescentes

- 1.1 Principe physique de la fluorescence moléculaire.
- 1.2 Dissipation Par FRET
- 1.3 FRAP.
- 1.4 Molécules fluorescentes utilisés en microscopie.
- 1.5 Marquage des cibles biologiques

2. Dispositifs optiques .

- 2.1 Microscope plein-champ
- 2.2 Réponse impulsionnelle en microscopie de fluorescence
- 2.3 Sources d'éclairage pour la microscopie de fluorescence

3. Techniques d'observation d'objets épais .

- 3.1 Obstacles à l'observation directe
- 3.2 Microscopie à feuille de lumière .

4. Techniques de microscopie avancées .

- 4.1 Restriction de la zone explorée
- 4.2 Techniques de super-résolution

5. Capteurs d'image

- 5.1 Détecteurs matriciels
- 5.2 Détecteurs linéaires
- 5.3 Capteurs ponctuels .
- 5.4 Capteurs résolus en temps

6. Acteurs industriels de la microscopie à fluorescence .

- 6.1 Structure du secteur .
- 6.2 Constructeurs de microscopes
- 6.3 Caméras.
- 6.4 Périphériques
- 6.5 Logiciels.

7. Conclusion

8. Glossaire Définitions.

RE69

Senseurs chimiques et biologiques basés sur des polymères conjugués

Par **David BELJONNE, Jérôme CORNIL**

Introduction

1 - Les senseurs polymères : quelques généralités

2 - Structure électronique et propriétés optiques des polymères conjugués

- 2.1 - Structure électronique et couplage électron-phonon
- 2.2 - Excitations électroniques et propriétés optiques
- 2.3 - Transport de charges et d'énergie

3 - Senseurs (bio)chimiques polymères

- 3.1 - Polymères conjugués photoluminescents
- 3.2 - Réponse courant-tension de transistors organiques à effet de champ
- 3.3 - Polymères conjugués dopés

4 - Conclusions

RE107

Dissociation assistée Par laser : analyse structurale de biomolécules

Par **Rodolphe ANTOINE, Philippe DUGOURD**

Introduction

1 - Spectrométrie de masse en tandem et modes d'excitation

2 - Couplage laser - spectrométrie de masse



- 2.1 - Dispositif expérimental
- 2.2 - Modes de fonctionnement
- 3 - Excitation électronique et relaxation**
- 4 - Activation des radicaux photo-induits : outil pour l'identification de protéines**
- 4.1 - Principe
- 4.2 - Application à la caractérisation de sites de phosphorylation
- 4.3 - Application à un mélange peptidique issu d'une digestion de protéine
- 5 - Spectroscopie d'action : vers une sonde structurale d'ions en phase gazeuse**
- 5.1 - Principe de la spectroscopie d'action
- 5.2 - Spectres optiques du cristal violet isolé et microsolvaté
- 5.3 - Spectres optiques d'une protéine en phase gazeuse
- 6 - Conclusion**
- 7 - Organisme**

RE108

Biocapteurs implantables

Par *Stéphane MARINESCO, Pierre PERNOT*

Introduction

1 - Description générale des biocapteurs

- 1.1 - Origine
- 1.2 - Définition

2 - Biocapteurs implantables : critères et types

- 2.1 - Critères d'implantabilité
- 2.2 - Biocapteurs enzymatiques à détection ampérométrique
- 2.3 - Biocapteurs enzymatiques à détection optique

3 - Biocapteurs implantables à glucose

- 3.1 - Fabrication et évolution des biocapteurs à glucose
- 3.2 - Utilisation des biocapteurs à glucose dans le suivi du diabète

4 - Biocapteurs implantables en neurosciences

- 4.1 - Contraintes pour le développement de capteurs adaptés au cerveau
- 4.2 - Exemples de biocapteurs pour la détection de neurotransmetteurs
- 4.3 - Évolutions futures

RE115

Techniques d'observation des acides nucléiques et des complexes nucléoprotéiques

Par *AFM Par Loïc HAMON, Patrick A. CURMI, David PASTRE*

Introduction

1 - Aspects pratiques de l'imagerie de l'adn Par afm

- 1.1 - Principes de fonctionnement de l'imagerie AFM
- 1.2 - Imagerie en mode contact intermittent : aspects instrumentaux
- 1.3 - Problèmes de résolution
- 1.4 - Comparaison entre l'AFM et les autres microscopies

2 - Surfaces et imagerie Par AFM des acides nucléiques

- 2.1 - Structure et propriétés du mica
- 2.2 - Modèle d'adsorption des acides nucléiques sur le mica
- 2.3 - Influence de la nature des cations multivalents
- 2.4 - Procédure expérimentale pour réaliser un dépôt sur du mica

3 - Applications

- 3.1 - Imagerie des acides nucléiques
- 3.2 - Imagerie des complexes ADN/protéine
- 3.3 - Accessibilité et réactivité de l'ADN adsorbé

4 - Conclusion



PHA1020 *Méthodes de criblage in silico de chimiothèques*Par **Didier ROGNAN****1. Chimiothèques .**

- 1.1 Chimiothèques commerciales .
- 1.2 Chimiothèques académiques.
- 1.3 Médicaments, candidats cliniques, sondes pharmacologiques .
- 1.4 Bases de bioactivité
- 1.5 Chimiothèques virtuelles.

2. Méthodes de criblage virtuel .

- 2.1 Méthodes basées sur les ligands.
- 2.1.1 Recherche de similaritéD
- 2.1.2 Recherche de similaritéD
- 2.1.3 Recherche de similaritéD
- 2.2 Méthodes basées sur la structure de protéines cibles.
- 2.2.1 Arrimage moléculaire
- 2.2.2 Design de novo8

3. Quelle(s) méthode(s) utiliser ? .**4. Conclusion.****PHA1005** *Sources actuelles et futures des médicaments*Par **Pascal COUDERT****1. Marché du médicament .**

- 1.1 Évolution du marché pharmaceutique
- 1.2 Médicaments orphelins
- 1.3 Génériques et biosimilaires .

2. Sources de médicaments

- 2.1 Médicaments d'origine minérale.
- 2.2 Médicaments d'origine végétale .
- 2.3 Médicaments d'origine animale
- 2.4 Médicaments d'origine synthétique
- 2.5 Médicaments d'origine biologique et biotechnologique.

3. Outils de production des médicaments

- 3.1 Chimie de synthèse et d'hémisynthèse traditionnelle.
- 3.2 Chimie verte et chimie click .
- 3.3 Chimie combinatoire
- 3.4 Biotechnologie
- 3.5 Nanotechnologie.

4. Stratégies de recherche

- 4.1 Tri systématique sur modèles expérimentaux in vitro et in vivo .
- 4.2 Amélioration de drogues actives connues .
- 4.3 Exploitation d'observations biologiques et chimiques
- 4.4 Approche rationnelle basée sur l'identification des mécanismes moléculaires à l'origine de pathologies reconnues .

5. Conclusion.**P3350** *Électrospray*Par **Bertrand MONÉGIER****1. Principe**

- 1.1 Description de l'interface .
- 1.2 Mécanismes d'ionisation .
- 1.3 Particularités de l'électrospray

2. Interprétation des spectres

- 2.1 Espèces multichargées



- 2.1.1 Calcul de la masse moléculaire
- 2.1.2 Précision de la mesure
- 2.1.3 Spectres SM/SM d'ions multichargés .
- 2.2 Espèces monochargées .
- 3. Applications .**
- 3.1 Étude des biomolécules.
- 3.2 Couplage avec les différentes techniques chromatographiques .
- 3.2.1 Chromatographie liquide
- 3.2.2 Électrophorèse capillaire
- 3.3 Application à la chimie combinatoire .
- 4. Conclusion**

S4/24839 Analyses dans l'environnement : eau et air

** Analyse et mesure de la qualité de l'eau:*

P3852 *Stratégies d'échantillonnage pour les analyses d'eau*

Par **Kees J.M. KRAMER**

- 1. Nouvelles exigences de qualité .**
- 2. Stratégies d'échantillonnage**
- 2.1 Échantillonnage sélectif (spot sampling) et analyse .
- 2.2 Analyse chimique d'échantillons biologiques.
- 2.3 Utilisation d'échantillonneurs « passifs » (passive samplers).
- 2.4 Méthodes de criblage (screening)
- 2.5 Systèmes biologiques d'alerte précoce.
- 2.6 Stratégies différentes ou complémentaires ? .
- 3. Échantillonnage**
- 3.1 Localisation et fréquence de l'échantillonnage.
- 3.2 Méthodes d'échantillonnage
- 3.3 Facteurs influençant la qualité de l'échantillonnage
- 4. Prétraitement des échantillons**
- 4.1 Filtration .
- 4.2 Centrifugation
- 5. Préservation, transport et conservation .**
- 6. Contrôle de contamination .**
- Références bibliographiques .

P3900 *Mesure sur site pour analyse rapide de la qualité des eaux*

Par **Benoît ROIG**

- 1. Pollution et qualité des eaux**
- 2. Vers un besoin en méthodes sur site .**
- 2.1 Contraintes liées à l'évolution de la réglementation
- 2.2 Contraintes liées à l'apparition de nouvelles substances
- 2.3 Contraintes liées à la variabilité des effluents.
- 2.4 Valeurs ajoutées des méthodes rapides sur site.
- 3. Solutions existantes**
- 3.1 Différents principes de mesure
- 3.2 Différentes méthodes sur site (analyseurs in situ, en ligne, hors ligne)
- 4. Principaux verrous à l'utilisation des méthodes sur site .**
- 4.1 Absence de réglementation
- 4.2 Besoin de reconnaissance
- 4.3 Disponibilité d'outils de validation.
- 4.4 Qualité des eaux



5. Quelles méthodes pour quels types d'information

- 5.1 Contrôle physico-chimiques .
 - 5.1.1 Mesure de Paramètres globaux
 - 5.1.2 Mesure des polluants chimiques.
- 5.2 Contrôle biologique. Mesure de Paramètres biologiques .

6. Nouvelles tendances .

- 6.1 Échantillonneurs intégratifs
- 6.2 Biotechnologies .
 - 6.2.1 Biomarqueurs .
 - 6.2.2 Techniques de biologie moléculaire
 - 6.2.3 Biophysique
- 6.3 Modélisation et télédétection .

7. Conclusion .

P4200

Analyse des eaux résiduaires - Mesure de la pollution

Par **Marc ELSKENS**

1. Pollution aqueuse

- 1.1 Origine et cause de la pollution
- 1.2 Principaux types de pollution .
- 1.3 Mesure de la pollution : pourquoi et comment ?

2. Législations et réglementations.

- 2.1 Quelques mots clefs pour mieux comprendre les prescriptions techniques en matière d'assainissement des eaux usées
- 2.2 Règles générales de conformité pour les effluents urbains .
- 2.3 Normes de rejet des effluents industriels

3. Conditions préliminaires indispensables pour la mesure de la pollution.

- 3.1 Prélèvements et échantillonnage des eaux résiduaires .
- 3.2 Mesures de débit des eaux résiduaires

4. Mesure de la pollution des eaux résiduaires

- 4.1 Caractéristiques physico-chimiques de la pollution aqueuse
- 4.2 Critères globaux d'évaluation de la pollution Par les substances organiques
- 4.3 Critères indicateurs de la pollution azotée et phosphorée à l'origine de l'eutrophisation
- 4.4 Critères d'évaluation de la pollution toxique.
- 4.5 Critères d'évaluation de la pollution microbiologique (SMC000) .
- 4.6 Critères d'évaluation biologique de la pollution aqueuse (SMC000) .
- 4.7 Estimation de la radioactivité des rejets industriels (SMC000) .

5. Conclusion

P4218

Surveillance microbiologique de l'eau.

Par **Mélinda MAUX, Tristan SIMONART**

1. Stabilité réglementaire

- 1.1 Réglementation relative à l'eau potable .
- 1.2 Eaux minérales.
- 1.3 Eaux de baignade.
- 1.4 Piscines .
- 1.5 Eaux chaudes (risques Legionella)

2. Continuité normative

- 2.1 Méthodes de culture en milieu solide
- 2.2 Méthodes de culture en milieu liquide.
- 2.3 Méthodes non normatives
- 2.4 Validation des méthodes alternatives

3. Modernité et fiabilité de la surveillance

- 3.1 Contrôle qualité interne.
- 3.2 Contrôles qualités externes.
- 3.3 Matériaux de référence



4. Nouvelles tendances en assurance qualité et accréditation des laboratoires.
 - 4.1 Assurance qualité.
 - 4.2 Accréditation
 - 4.3 Agrément des laboratoires d'analyses.
5. Conclusion

PHA3010 *Médicaments dans l'eau - Présence, risques et potentialités de traitement .*

Par **Luis Fernando DELGADO ZAMBRANO** et **Claire ALBASI**

1. Présence des médicaments dans l'environnement .

- 1.1 Du consommateur à la station d'épuration
- 1.2 De la station d'épuration au milieu naturel

2. Risques potentiels liés à la présence de produits pharmaceutiques dans l'environnement

- 2.1 Effets engendrés .
- 2.2 Classes thérapeutiques à prendre en compte

3. Contribution de quelques procédés de traitement à l'élimination de micropolluants.

- 3.1 Efficacité des procédés biologiques
- 3.2 Efficacité des procédés physico-chimiques

4. Conclusion

PHA3030 *Médicaments anticancéreux : impacts potentiels sur l'environnement .*

Par **Jordan SEIRA**, **Claire JOANNIS-CASSAN**, **Claire ALBASI**

1. Médicaments anticancéreux

- 1.1 Classification des médicaments anticancéreux
- 1.2 Tendances de consommation et prévisions .
- 1.3 Propriétés physico-chimiques des molécules anticancéreuses

2. Devenir des médicaments anticancéreux dans l'environnement

- 2.1 Devenir dans le corps humain .
- 2.2 Élimination par les stations d'épuration (STEP) .
- 2.3 Présence dans les eaux de surfaces et risques potentiels

3. Comment réduire l'impact environnemental ? .

4. Conclusion.

IN103 *CHEMINI : une nouvelle génération d'analyseurs chimiques pour le milieu marin.*

Par **Renaud VUILLEMIN**, **Dominique LE ROUX**, **Philippe DORVAL**, **Karenn BUCAS**, **Agathe LAES-HUON**, **Michel HAMON**, **Jean-Pierre, SUDREAU**, **Pierre-Marie SARRADIN**

Introduction

1 - Généralités

- 1.1 - Analyse chimique en flux in situ
- 1.2 - Analyseurs chimiques de terrain
- 1.3 - Techniques de détection

2 - Description de la technologie

- 2.1 - Développement mécanique et hydraulique
- 2.2 - Développement électronique et logiciel

3 - Chemini version côtière pour la mesure de l'azote ammoniacal

- 3.1 - Caractéristiques
- 3.2 - Performances



3.3 - Résultats

4 - Chemini version grand fond

4.1 - Architecture spécifique

4.2 - Caractéristiques

4.3 - Méthodes analytiques et performances

4.4 - Résultats

5 - Conclusion

IN119

Techniques émergentes d'analyse de l'eau utilisant du matériel biologique

Par Florence LAGARDE, Nicole, JAFFREZIC-RENAULT

INTRODUCTION

1 - Contexte

2 - Biocapteurs

2.1 - Principes et différents modes de transduction

2.2 - Application au suivi environnemental

2.3 - Application à l'évaluation de la toxicité aquatique

3 - Matériel biologique pour la séparation et/ou la préconcentration des polluants

3.1 - Généralités

3.2 - Supports d'immunoaffinité

3.3 - Supports à base de micro-organismes

4 - Nouvelles tendances et nouveaux développements

**** Gestion des ressources en eau:**

P4242

Changement climatique et impacts sur l'eau

Par Isabelle LA JEUNESSE

1. Réchauffement du climat et implication des gaz à effet de serre

1.1 Évolution de la teneur en CO₂ et de la température

1.2 Rôle du GIEC

1.3 De l'appropriation aux controverses des modèles du GIEC

2. Impact du changement climatique sur le cycle de l'eau

2.1 Élévation du niveau de la mer .

2.2 Impact de la variabilité de l'eau propre aux usages

2.3 Indicateurs de vulnérabilité

2.4 Régions les plus préoccupantes et adaptations prévues

3. Conclusion.

4. Glossaire Définitions.

P4232

Gestion des bassins versants transfrontaliers

Par Emeline HASSENFORDER, Benjamin NOURY

1. Le bassin versant, découpage naturel de la ressource en eau

1.1 Définition de bassin versant

1.2 Caractéristiques

1.3 Rôles et services dispensés.

1.4 Risques et menaces anthropiques liés aux bassins versants

2. Internationalisation de la ressource .

2.1 Dimension transfrontalière .

2.2 Principaux cours d'eau transfrontaliers .

2.3 Des perspectives conflictuelles ?

2.4 Études de cas de deux bassins conflictuels.

3. Cadre juridique international

3.1 Origines du droit international de l'eau



3.2 Droit international de l'eau actuel

4. Gestion et gouvernance des bassins versants transfrontaliers

4.1 Notions de gestion et de gouvernance

4.2 Modèles de gestion existants .

4.3 Prérequis pour une bonne gestion des bassins-versants transfrontaliers .

5. Complexité de la gestion des bassins versants transfrontaliers .

5.1 Changements globaux.

5.2 Risques et incertitudes

5.3 Multiplicité des acteurs

5.4 Interdépendances croissantes

5.5 Difficulté de mise en place de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE)

6. Nécessité d'un nouveau mode de gestion

6.1 Multidimensionnel .

6.2 Participatif.

6.3 Transparent

6.4 Adaptatif et flexible

6.5 Approche Par projets .

7. Conclusion

W2150

Gestion intégrée des ressources en eau à l'échelle du bassin versant .

Par *Jean-Marc BERLAND*

1. GIRE : aspects théoriques et principes.

1.1 Enjeux et définitions.

1.2 Utilisation des sciences humaines en plus des sciences et techniques de l'ingénieur

1.3 GIRE Par bassin

1.4 Monitoring et systèmes d'information : une tâche essentielle pour construire et supporter la GIRE .

1.5 Implication des usagers et de la société civile dans la prise de décision : approche Participative

1.6 Rôle crucial des femmes : genre et GIRE .

1.7 Élaboration d'outils de planification .

1.8 Mise en place de mécanismes pérennes de financement

2. Études de cas.

2.1 Précurseurs .

2.2 GIRE : outil indispensable dans la gestion des bassins transfrontaliers .

3. Promoteurs de la GIRE : deux cas remarquables.

3.1 Réseau international des organismes de bassin (RIOB) .

3.2 Partenariat mondial de l'eau (Global Water Partnership GWP).

4. Conclusion

5. Glossaire Définition

P4215

Isotopes en analyse chimique pour la gestion de l'eau

Par *Philippe NÉGREL*

1. Isotopes : définition, mesures et fonctionnement .

1.1 Quelques notions .

1.1.1 Isotopes d'éléments stables.

1.1.2 Isotopes d'éléments instables

1.1.3 En guise de résumé

1.2 Moyens de mesure

1.3 Quelques systématiques isotopiques

1.3.1 Isotopes stables de la molécule d'eau

1.3.2 Isotopes du bore .



- 1.3.3 Isotopes du soufre et de l'oxygène des sulfates
- 1.3.4 Isotopes du strontium.
- 1.3.5 Isotopes de l'azote des nitrates
- 2. Isotopes et cycle de l'eau .**
- 2.1 Traçage dans l'atmosphère.
- 2.1.1 Caractérisation du signal des pluies à l'échelle du bassin versant
- 2.1.2 Caractérisation du signal des pluies à l'échelle du territoire
- 2.1.3 Caractérisation des aérosols en milieu urbain .
- 2.2 Gestion des aquifères alluviaux
- 2.3 Eaux souterraines et origine des contaminations azotées .
- 2.4 Eaux souterraines et eaux de surface dans le contexte des crues de nappes : cas de la Somme .
- 2.5 Eaux souterraines à l'échelle du bassin : hétérogénéités, interactions et processus de gestion.
- 2.5.1 Isotopes stables de la molécule d'eau
- 2.5.2 Isotopes S et O des sulfates dissous .
- 2.5.3 Isotopes du strontium.
- 3. Conclusion**

P4220

Protection des eaux souterraines - Cadre technique de la législation européenne

Par **Philippe QUEVAUVILLER, Elisa VARGAS**

- 1. Contexte**
- 2. Principes de gestion des eaux souterraines.**
- 3. Aperçu historique du cadre législatif européen**
- 4. Caractérisation des « masses d'eau » souterraines et des risques**
- 5. Évaluation du fond géochimique et de l'âge des eaux souterraines .**
- 6. Objectifs environnementaux.**
- 7. Surveillance des eaux souterraines**
- 8. Programme de mesures contre la pollution des eaux souterraines .**
- 9. Soutien scientifique et réseautage .**
- 10. Conclusion**
- 11. Glossaire .**

P4230

Techniques d'évaluation des risques côtiers liés aux tempêtes

Par **Paolo CIAVOLA, Quentin LEQUEUX**

- 1. Définition du risque.**
- 2. Techniques d'évaluation des risques**
- 2.1 Introduction
- 2.2 Évaluation et évolution de l'aléa tempête en Europe .
- 2.3 Évaluation de la vulnérabilité côtière .
- 2.3.1 Évaluation sur base des facteurs physiques.
- 2.3.2 Évaluation sur base des facteurs socio-économiques et environnementaux.
- 2.3.3 Évaluation sur base des modèles climatiques .
- 3. Vers une réduction des risques**
- 3.1 Surveillance des plages.
- 3.2 Indicateurs d'impact (SII).
- 3.3 Systèmes d'alerte.
- 4. Conclusion**



P4225***Systèmes d'alerte précoce pour les inondations soudaines (crues éclair)****Par Pierre-Antoine VERSINI***1. Éléments de contexte**

- 1.1 Répartition géographique .
- 1.2 Conséquences matérielles et humaines
- 1.3 Introduction aux systèmes d'alerte et cadre législatif

2. Observations et prévisions météorologiques.

- 2.1 Les différents outils de mesure de la précipitation .
- 2.2 Les différents outils de prévision de la précipitation

3. Observations et prévisions débitmétriques

- 3.1 Stations débitmétriques
- 3.2 Modélisation pluie-débit
- 3.3 Quelques exemples de modèles classiques
- 3.4 Ajustement des Paramètres et cas des bassins non jaugés.

4. Calcul des alertes hydrométéorologiques.

- 4.1 Généralités
- 4.2 Seuils de précipitations .
- 4.3 Seuils de débits
- 4.4 Prise en compte de l'incertitude .
- 4.5 Représentation des alertes

5. Exemples de systèmes d'alerte opérationnels.

- 5.1 AIGA (Adaptation d'Information Géographique pour l'Alerte en crue)
- 5.2 EHIMI (*Herramienta de Previsión Hidrometeorológica Integrada en Catalunya*)
- 5.3 Système d'Ensemble de prévision hydrologique suisse

6. Conclusion**** Analyse et mesure des gaz et aérosols:****P4030*****Pollution atmosphérique gazeuse - Principes de mesure****Par Gérard TOUPANCE, Alain PERSON, Hélène MARFAING***1. Contexte de la mesure**

- 1.1 Particularités du milieu atmosphérique.
- 1.2 Pollution primaire. Pollution secondaire .

2. Stratégie de la mesure .

- 2.1 Objectifs
- 2.2 Choix des indicateurs
- 2.3 Choix des environnements .
- 2.4 Durée et période des mesures

3. Principes généraux de la mesure

- 3.1 Mesures Par télédétection
- 3.1.1 DOAS (*Differential Optical Absorption Spectroscopy*)
- 3.1.2 LIDAR (*LIght Detection And Ranging*).
- 3.2 Mesures Par prélèvement.
- 3.2.1 Dispositif général
- 3.2.2 Spécificité de la détection : élimination des interférences

Références bibliographiques .

P4031***Pollution atmosphérique gazeuse - Mesure des gaz .****Par Gérard TOUPANCE, Alain PERSON, Yvon LE MOULLEC, Pierre MASCLET, Pascal E. PERROS***1. Mesure des oxydes d'azote .****2. Mesure de l'ozone**

3. Mesure de SO₂
 4. Mesure de CO
 5. Mesure des hydrocarbures volatils .
 6. Mesure des HAP .
 7. Mesure de H₂O₂ et des hydroperoxydes
 8. Mesure des aldéhydes.
 9. Mesure de composés spécifiques : exemple des dioxines .
- Références bibliographiques .

P4032

Pollution atmosphérique gazeuse - Recommandations techniques .

Par Gérard TOUPANCE, Alain PERSON, Bernard BONSANG, Isabelle DENIS, Véronique JACOB, Pascal KALUSNY, Yvon LE MOULLEC, Hélène MARFAING

- 1. Mesure d'exposition individuelle**
 - 1.1 Mesures en continu sur site
 - 1.2 Échantillonnage et analyse différée en laboratoire
 - 2. Assurance qualité**
 - 2.1 Maintenance.
 - 2.2 Ajustage
 - 2.3 Validation des données .
 - 3. Recommandations pratiques**
 - 3.1 Site et point de prélèvement
 - 3.2 Ligne de prélèvement
 - 3.3 Étalonnage .
 - 3.4 Utilisation de cartouches de prélèvement .
 - 3.5 Utilisation des canisters
 - 3.6 Unités
 - 4. Annexe. Éléments de chimie de l'atmosphère.**
 - 4.1 Notions générales
 - 4.2 Processus généraux d'oxydation .
 - 4.3 Représentation graphique
 - 4.4 Processus de dégradation des chaînes carbonées .
 - 4.5 Particularités du milieu atmosphérique.
 - 4.6 Rôle et propriétés de quelques composés chimiques
- Références bibliographiques .

P4040

Méthodes de prélèvement et d'analyse des aérosols

Par Pierre MASCLET, Nicolas MARCHAND

- 1. Présentation des différents types d'aérosol**
- 2. Échantillonnage**
 - 2.1 Filtration .
 - 2.2 Collecteurs Par sédimentation
 - 2.3 Impacteurs en cascade
 - 2.4 Précipitateurs électrostatiques .
 - 2.5 Précipitateurs thermiques.
- 3. Méthodes de mesure.**
 - 3.1 Mesures de masses.
 - 3.2 Détermination de la forme des Particules Par microscopie électronique
 - 3.3 Détermination du nombre de Particules
 - 3.4 Mesure de la taille des Particules.
- 4. Détermination de la composition chimique.**
 - 4.1 Analyse de la matière organique .
 - 4.2 Analyse des éléments inorganiques et des métaux.



- 4.3 Analyse des ions
- 4.4 Mesure du carbone total.
- 5. Quelques résultats significatifs.**
- 5.1 Hydrocarbures aromatiques polycycliques en atmosphère polaire .
- 5.2 Polluants Particulaires en Basse-Seine (port autonome de Rouen)
- Références bibliographiques .**

P4140**Analyse d'aérosols Par la méthode PIXE .***Par Vaclav POTOCEK***1. Notions de base. Échantillonnage.****2. La technique PIXE**

2.1 Principes .

2.2 Comparaison avec les autres méthodes d'émission de rayons X.

2.3 Avantages et limites de PIXE

2.4 Modifications de la méthode PIXE.

2.5 Système PIXE.

3. Analyse PIXE d'échantillons d'aérosols

3.1 Échantillonnage .

3.2 Recueil des échantillons

3.3 Traitement de l'échantillon .

3.4 Étalonnage .

3.5 Traitement des données

3.6 Autres aspects de la méthode PIXE .

4. Application

4.1 Échantillonnage .

4.2 Analyse PIXE

4.3 Résultats.

4.4 Discussion

5. Conclusion .**P446****Analyses olfactométriques ou mesure des odeurs Par analyse sensorielle .***Par Anne-Marie GOURONNEC***1. Méthodologies**

1.1 Méthodes faisant appel à un jury d'experts sélectionnés

1.1.1 Préambule .

1.1.2 Le jury d'experts sélectionnés .

1.1.3 Concentration d'odeur .

1.1.4 Intensité d'odeur.

1.2 Méthodes faisant appel à un jury de riverains bénévoles .

1.2.1 Gène olfactive .

1.2.2 Qualification de l'odeur

2. Application aux problèmes d'odeur industriels

2.1 Étude d'une source d'odeur

2.2 Étude de l'environnement d'une source d'odeur .

2.3 Entre la source d'odeur et son environnement : caractérisation d'un système de désodorisation

3. Conclusion .**4. Annexe**

4.1 Synthèse des résultats de l'interComparaison européenne de996.

4.2 Exemples

4.2.1 Comparaison de deux sources d'odeur et détermination de l'efficacité de désodorisation d'un biofiltre.

4.2.2 Intensités odorantes dans l'environnement d'un élevage de porcs



4.2.3 Environnement d'une source d'odeur, nuisance odorante subie Par la population riveraine d'un site industriel

4.2.4 Application de la méthode du Champ des odeurs® à l'étude de l'environnement d'un site industriel : « Dis moi ce que tu sens ? »

Références bibliographiques .

P447

Prélèvement gazeux pour l'« olfactométrie »

Par *Anne-Marie GOURONNEC*

1. Norme française, norme européenne : aspects généraux

2. Prélèvements de gaz odorants : méthodes préconisées.

2.1 Matériaux et équipements

2.2 Échantillonnage .

2.3 Enregistrement des données

3. Conclusion .

Références bibliographiques .

S4/24840

Analyses dans l'environnement : méthodologies

P3800

Analyses dans l'environnement

Par *Philippe QUEVAUVILLER*

1. De la métrologie appliquée aux sciences fondamentales

2. Présentation de la rubrique

P4235

Intégration d'avancées scientifiques dans la législation environnementale européenne

Par *Philippe QUEVAUVILLER*

1. Fondement scientifique des politiques environnementales

2. Cadre scientifique européen en soutien aux législations environnementales .

3. Intégration des résultats de la recherche dans le développement législatif.

4. Interactions avec la communauté scientifique

5. Besoins d'une politique environnementale intégrée, basée sur la science des interfaces environnementales .

6. Conclusions, perspectives .

P3810

Traçabilité des analyses chimiques environnementales

Par *Philippe QUEVAUVILLER, Olivier DONARD, Olivier THOMAS*

1. Concept général .

2. Signification du terme « traçabilité »

2.1 Éléments clés du concept de traçabilité

2.1.1 Le raccordement à des références établies

2.1.2 Une chaîne ininterrompue de Comparaisons.

2.1.3 Les incertitudes établies.

2.2 Traçabilité des mesures physiques et chimiques .

3. Références utilisées pour établir la traçabilité .

3.1 Unités du Système International (SI).

3.2 Normes écrites.

3.3 Méthodes de référence .

3.3.1 Définitions .

3.3.2 Les différentes méthodes et leur traçabilité .

3.4 Matériaux de référence .

3.4.1 Caractéristiques requises.

3.4.2 Traçabilité des MRC



3.5 Spécimens environnementaux.

3.6 Tests d'aptitude

4. Trois études de cas

4.1 Traçabilité aux unités SI : éléments traces dans l'eau de mer.

4.2 Chaîne de traçabilité pour des analyses complexes : tributylétain dans des boues portuaires

4.3 Système de référence pour la surveillance de la qualité de l'environnement .

5. Conclusions .

5.1 Récapitulatif sur la traçabilité des analyses chimiques

5.2 Incidences sur les analyses chimiques de l'environnement

5.3 Réseaux d'information

Références bibliographiques .

P4250

Partage de données environnementales

Par *Grégory GIULIANI*

1. Contexte.

2. Cadre théorique .

2.1 Préambule

2.2 Infrastructures de données géospatiales

2.3 Interopérabilité et normes

2.4 Quelques exemples d'initiatives à l'échelle nationale, régionale et globale .

3. Quelques retours d'expérience

3.1 Plateforme globale sur les risques naturels .

3.2 Modéliser l'hydrologie du bassin-versant de la mer Noire .

3.3 Utilisation des données d'observations de la Terre à des fins économiques

3.4 Quelques autres plateformes thématiques.

4. Discussion .

4.1 Bénéfices et limitations à la diffusion et utilisations des IDG .

4.2 Perspectives.

5. Conclusions.

4. Glossaire

P3820

Techniques de détermination de composés organiques dans l'environnement

Par *Marinella FARRÉ, Elena MARTÍNEZ, Damià BARCELÓ*

1. Préparation des échantillons

1.1 Échantillons aqueux.

1.1.1 Extraction Par solvant.

1.1.2 Extraction sur phase solide

1.1.3 Microextraction en phase solide et extraction *Par* membrane .

1.1.4 Nouvelles tendances.

1.2 Extraction de composés organiques dans les sols et sédiments .

2. Spectroscopie et spectrométrie.

2.1 Spectrométrie d'absorption

2.2 Spectroscopie d'émission .

2.3 Diffusion (*scattering*).

3. Méthodes chromatographiques .

3.1 Aspects généraux.

3.2 Chromatographie en phase gazeuse (GC) .

3.2.1 Dérivation

3.2.2 Séparation .

3.2.3 Détection

3.3 Chromatographie en phase liquide

3.3.1 Séparation .



- 3.3.2 Ionisation .
- 3.3.3 Spectromètres de masse

4. Bioessais et biocapteurs

- 4.1 Bioessais .
 - 4.1.1 Bioessais de toxicité .
 - 4.1.2 Essais de génotoxicité
 - 4.1.3 Essais d'œstrogénicité
- 4.2 Biocapteurs.
 - 4.2.1 Principes fondamentaux.
 - 4.2.2 Classification .

P3850

Extraction sur phase solide pour échantillonnage de micropolluants

Par **Valérie DESAUZIERS**

1. Préconcentration de micropolluants organiques sur cartouches de phases solides (SPE)

- 1.1 Détermination de l'empreinte de l'échantillon : criblage exhaustif.
- 1.2 Recherche spécifique d'une famille de polluants : extraction sélective
- 1.3 Vers la mesure sur site : couplage SPE-UV .

2. Évolution de la SPE : la microextraction sur phase solide (SPME)

- 2.1 Potentiels
 - 2.1.1 Spéciation des organoétains dans les eaux potables .
 - 2.1.2 Composés organiques volatils (COV) .
 - 2.1.3 Composés odorants .
- 2.2 Limites et solutions .
 - 2.2.1 Analyse quantitative.
 - 2.2.2 Formation de sous-produits.

3. Nouveaux développements de l'extraction sur phase solide

- 3.1 Stir-Bar Extraction (SBE) .
- 3.2 Plaquettes de PDMS
- 3.3 SniffProbe

P3854

Fractionnement d'éléments pour étude dans l'environnement

Par **Philippe QUEVAUVILLER**

1. Présentation générale

2. Détermination de formes chimiques d'éléments

- 2.1 Définitions
- 2.2 Rappels concernant la validation des méthodes
- 2.3 Procédures de fractionnement chimique.

3. Exemple de schémas d'extraction et leur utilisation.

- 3.1 Analyses des sédiments *Par* extraction séquentielle .
- 3.2 Analyses des sols *Par* extraction unique.
- 3.3 Essais de lixiviation .

4. Comparabilité des données.

- 4.1 Principales critiques des protocoles d'extraction .
- 4.2 Quelques remarques sur la normalisation
- 4.3 Exemple d'études pour l'harmonisation de procédures de fractionnement .
- 4.4 Réseau pour l'harmonisation de schémas de fractionnement et lixiviation



P3860**Analyse de traces et d'ultra-traces d'éléments***Par Agnès HAGÈGE, Anne BOOS***1. Approche générale de l'analyse de traces**

- 1.1 Intérêts et enjeux
- 1.2 Stratégie globale

2. Analyse de la teneur totale .

- 2.1 Échantillonnage. Stockage. Conservation .
- 2.2 Prétraitement
- 2.3 Méthodes de détection
- 2.4 Spécificité de l'imagerie
- 2.5 Spécificité de la spéciation

3. Validation de la méthode d'analyse

- 3.1 Spécificité .
- 3.2 Linéarité
- 3.3 Fidélité.
- 3.4 Justesse
- 3.5 Évaluation des données

4. Conclusion**P3870****Détermination d'espèces chimiques d'éléments (spéciation) dans l'environnement***Par Fabienne SÉBY, Olivier F.X. DONARD***1. Définition. Intérêt des analyses de spéciation****2. Méthodes pour l'analyse de spéciation .**

- 2.1 Échantillonnage et stabilisation des espèces
 - 2.1.1 Échantillons aqueux
 - 2.1.2 Échantillons solides et tissus biologiques
 - 2.1.3 Échantillons gazeux
- 2.2 Traitements de l'échantillon utilisés pour les analyses de spéciation
 - 2.2.1 Extraction solide-liquide.
 - 2.2.2 Purification et préconcentration des échantillons
 - 2.2.3 Méthodes de dérivation pour séparation *Par* chromatographie en phase gazeuse .
- 2.3 Techniques d'analyse pour l'analyse de spéciation⁰
 - 2.3.1 Méthodes couplées.1
 - 2.3.2 Techniques de spéciation sur le solide .
- 2.4 Assurance qualité des analyses de spéciation
 - 2.4.1 Validation des méthodes d'analyses de spéciation .
 - 2.4.2 Identification des espèces
 - 2.4.3 Dilution isotopique1

3. Conclusion**P3872****Couplage HPLC-ICP-MS et application à la spéciation***Par Martine POTIN-GAUTIER, Corinne CASIOT***1. Intérêt du couplage HPLC-ICP-MS.****2. Instrumentation**

- 2.1 Chromatographie liquide haute performance.
- 2.2 ICP-MS
- 2.3 Couplage HPLC-ICP-MS.

3. Principale application de l'HPLC-ICP-MS : la spéciation

- 3.1 Spéciation redox
- 3.2 Formes alkylées des métaux et métalloïdes .
- 3.3 Composés de masse moléculaire élevée
- 3.4 Spéciation multiélémentaire.



4. Conclusion .

P4150**Préparation d'échantillons de l'environnement pour analyse minérale**

Par Michel HOENIG, Patrick THOMAS

1. Techniques d'analyse**2. Définition des milieux analysés.****3. Sources d'erreurs.**

3.1 Échantillonnage .

3.2 Prélèvement et conservation de l'échantillon.

3.3 Contaminations associées à la Préparation de l'échantillon .

3.4 Erreurs réalisées au cours des dosages

4. Mise en solution d'échantillons solides**5. Minéralisation : décomposition de la matière organique.**5.1 Voie sèche (*dry ashing*)

5.1.1 Procédés et dispositifs habituellement utilisés

5.1.2 Problèmes .

5.2 Voie humide (*oxidative acid digestion*) .

5.2.1 Objet de l'analyse .

5.2.2 Réactifs

5.2.3 Problèmes .

5.2.4 Procédés et dispositifs habituellement utilisés

5.2.5 Choisir un procédé *Par* voie humide : un problème ouvert**6. Analyse directe d'échantillons solides**

6.1 Échantillon massif .

6.2 Solide en suspension

6.3 Ablation laser.

6.4 Cas du mercure

7. Matériaux de référence**P4240****Techniques analytiques pour les polluants émergents**

Par Stefano POLESELLO, Philippe QUEVAUVILLER

1. Qu'est-ce qu'un polluant émergent ? Exemples .

1.1 Produits pharmaceutiques et de soins. Drogues illicites.

1.2 Stéroïdes

1.3 Substances perfluoroalkyles

1.4 Siloxanes et arômes ou *Parfums* de musc .

1.5 Édulcorants artificiels .

1.6 Benzotriazoles et benzothiazoles .

1.7 Nanomatériaux

2. Méthodes analytiques sur des échantillons aquatiques

2.1 Échantillonnage.

2.2 Extraction des échantillons

2.3 Techniques instrumentales

2.4 Identification de composés inconnus et exigences normatives .

3. Conclusions.

RE133***Spectroscopie laser appliquée à l'analyse des sols pollués****Par* **Amina ISMAËL, Grégoire TRAVAILLÉ, Bruno BOUSQUET, Lionel CANIONI****Introduction****1 - Intérêt des mesures sur site**

1.1 - Contexte

1.2 - Contraintes liées à l'analyse de terrain

2 - Principe de la spectroscopie lib**3 - Traitement des spectres lib dans l'analyse des sols**

3.1 - Analyse qualitative

3.2 - Analyse quantitative

3.3 - Une alternative à la mesure quantitative : les données relatives

4 - Conclusion**P4170*****Bioindicateurs et biomoniteurs****Par* **Bernd MARKERT, Simone WÜNSCHMANN, Rolf HERZIG, Philippe QUEVAUVILLER****1. Introduction .****2. Définitions****3. Principes des méthodes de bioindication/biosurveillance .****4. Stratégies intégrées et applications.****5. Effets de contamination atmosphérique sur les organismes de biosurveillance****6. Conclusion générale****P4245*****Dendroécologie : principes, méthodes et applications****Par* **Christophe CORONA, Markus STOFFEL****1. Formation des cernes de croissance****2. Principes de la dendrochronologie**

2.1 Agrégation de plusieurs signaux.

2.2 Principe fondamental : interdatation.

2.3 Quatre principes additionnels

2.4 Standardisation des séries dendrochronologiques .

3. Dendroclimatologie : arbres enregistreurs du climat passé.

3.1 Rôle du climat sur la croissance des arbres .

3.2 Reconstruction du climat passé : fonctions de transfert .

3.3 Problème de la divergence.

4. Arbres enregistreurs des fluctuations écologiques

4.1 Impact du réchauffement climatique sur la croissance des arbres

4.2 Épidémies de Parasites.

4.3 Feux de forêts et fluctuations climatiques

5. Arbres enregistreurs de l'hydrologie des systèmes torrentiels**6. Arbres enregistreurs des fluctuations des glaciers.**

6.1 Datation des avancées et reculs glaciaires grâce aux arbres vivants.

6.2 Arbres morts libérés Par le retrait glaciaire

7. Dendrogéomorphologie : arbres enregistreurs des aléas naturels

7.1 Sélection des arbres et des perturbations pour isoler le signal hydrogéomorphologique

7.2 Reconstitution de la fréquence et de l'intensité des événements

7.3 Analyse de l'étendue spatiale et de l'emprise des phénomènes

7.4 Facteurs déclenchants et relation avec le climat

8. Racines dénudées, enregistreurs de l'érosion aréolaire et des berges

- 8.1 Études pionnières .
- 8.2 Développements récents : analyse anatomique
- 9. Conclusions et perspectives

P4247

Problématiques économiques du réchauffement climatique

Par Jacques DAVID, Boris LE NGOC

- 1. Enjeux et apports des économistes .
- 2.50 ppm : le cadre prédéterminé de réflexion pour les économistes .
- 3. Coûts du changement climatique.
- 4. Instruments de la politique climatique et leur efficacité, vus Par les économistes
- 5. Importance de la R&D
- 6. Taxe carbone : un atout pour le nucléaire ?
- 7. Économie : un outil indispensable pour le climat et le nucléaire.

P4260

Infrastructures bleues et vertes - Outils d'adaptation au changement global en milieu urbain

Par Pierre-Antoine VERSINI

- 1. Conséquences et enjeux du changement global en milieu urbain.
- 2. Différents types d'infrastructures bleues et vertes IBV
- 3. Contexte législatif et réglementaire
- 4. Services écosystémiques des IBV processus physiques et modélisation
- 5. Outils d'évaluation des performances écosystémiques.
- 6. Conclusion.
- 7. Glossaire

P4237

Modélisation appliquée aux études environnementales.

Par Philippe GOURBESVILLE

- 1. Concepts et contexte réglementaire
 - 1.1 Concepts et activités invariantes
 - 1.2 Principes de l'analyse environnementale
 - 1.3 Législation et réglementation pour les études environnementales
- 2. Modèles : concepts et mise en œuvre
 - 2.1 Modélisation mathématique.
 - 2.2 Rappels sur les étapes de modélisation
 - 2.3 Modélisation mathématique pour l'hydrologie et l'hydraulique.
 - 2.4 Modèles hydrologiques déterministes distribués.
 - 2.5 Réglage, validation et vérification
- 3. Incertitudes dans la modélisation.
- 4. Évolution des systèmes de modélisation
- 5. Conclusion .
- 6. Glossaire.

S4/24841

Analyses de surface et de matériaux

**** Méthodes d'analyse des matériaux:**

P3762

Caractérisation des polymères Par spectrométrie optique

Par Jean-Luc GARDETTE

- 1. Spectrométrie infrarouge.



- 1.1 Instrumentation
- 1.2 Exemples d'applications de la spectrophotométrie infrarouge à l'échelle macroscopique.
- 1.3 Exemples d'applications de la spectrophotométrie infrarouge à l'étude de systèmes hétérogènes
- 1.4 Autres applications
- 2. Spectrométrie Raman**
- 2.1 Avantages et difficultés de la méthode
- 2.2 Quelques exemples d'application aux polymères
- 3. Spectrométrie d'absorption UV-visible**
- 3.1 Instrumentation : sphère d'intégration, colorimétrie
- 3.2 Exemples d'applications de la spectrométrie d'absorption UV-visible à l'étude des polymères.
- 4. Conclusion**
- Références bibliographiques

P3764**Caractérisation des polymères Par RMN**

Par Marie-Florence GRENIER-LOUSTALOT

1. Généralités pour l'obtention d'un spectre

- 1.1 Préparation des échantillons
- 1.2 Fréquence d'analyse
- 1.3 Déterminations quantitatives .

2. Applications de la RMN haute résolution aux polymères

- 2.1 Caractérisation de la structure chimique de systèmes polymères en solution
- 2.2 Caractérisation de la structure de systèmes polymères à l'état solide par RMN¹³C du solide (CP/MAS)

3. Conclusion .

Références bibliographiques .

P3766**Étude des polymères Par résonance Paramagnétique électronique**

Par Bernard CATOIRE

1. Principes de base de la RPE**2. Applications de la RPE à l'étude des polymères.**

- 2.1 Polymérisation radicalaire
- 2.2 Dégradation des polymères
 - 2.2.1 Irradiations aux UV, aux rayons γ , aux électrons accélérés
 - 2.2.2 Ozonisation .
 - 2.2.3 Stabilisants

3. Sondes et marqueurs Paramagnétiques (spin probe, spin label)**4. Conclusion .**

Références bibliographiques .

P3768**Caractérisation des polymères Par couplage CG/SM**

Par Bruno MORTAIGNE

1. Chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse**2. Techniques d'introduction des polymères.**

- 2.1 Pyrolyse.
- 2.2 Thermogravimétrie
- 2.3 Dégradation dans un four tubulaire.

3. Constituants des polymères.

- 3.1 Élastomères et thermoplastiques .
- 3.2 Thermodurcissables.



4. Analyse des polymères après mise en œuvre.

4.1 Élastomères et thermoplastiques .

4.2 Thermodurcissables.

5. Étude des mécanismes de polymérisation.**6. Vieillessement des polymères**

6.1 Analyse des produits d'hydrolyse.

6.2 Produits de dégradation thermique

7. Conclusion

Références bibliographiques

P3770**Caractérisation des polymères Par analyse thermique**Par **Gilbert TEYSSÈDRE, Colette LACABANNE****1. Analyse thermique différentielle et analyse enthalpique différentielle.**

1.1 Généralités

1.2 Caractérisation des polymères amorphes

1.2.1 Transition vitreuse.

1.2.2 Structure chimique

1.2.3 Masse molaire .

1.3 Caractérisation des polymères semi-cristallins .

1.3.1 Fusion et cristallisation .

1.3.2 Structure et ségrégation de phases .

1.4 Vieillessement physique .

1.4.1 Phase amorphe

1.4.2 Phase cristalline.

1.5 Adjuvants

2. Analyse thermomécanique

2.1 Principe

2.2 Caractérisation des polymères

3. Analyse dynamique mécanique

3.1 Principe

3.2 Caractérisation des polymères amorphes

3.3 Caractérisation des polymères semi-cristallins .

4. Analyse dynamique électrique

4.1 Principe

4.2 Caractérisation des polymères amorphes

4.3 Caractérisation des polymères semi-cristallins .

5. Analyse des courants thermostimulés .

5.1 Principe

5.2 Caractérisation des polymères amorphes

5.3 Caractérisation des polymères semi-cristallins .

E6322**Spectroscopie Raman des défauts dans les matériaux**Par **Marc D. FONTANA, David CHAPRON, Thomas H. KAUFFMANN, Patrice BOURSON****1. Spectroscopie Raman.**

1.1 Fondements.

1.1.1 Principes physiques

1.1.2 Instrumentation Raman : aspects techniques

1.1.3 Buts, avantages et inconvénients de la spectroscopie Raman.

1.2 Description.

1.2.1 Modèle classique

1.2.2 Description quantique

1.3 Règles de sélection Raman

1.4 Profil et caractéristiques de raie Raman

1.4.1 Modèle de l'oscillateur harmonique amorti et les autres profils de raie.



- 1.4.2 Trois caractéristiques de la raie Raman
- 1.5 Modes dans un réseau cristallin (phonons) et spectroscopie Raman
- 1.6 Spectroscopie Raman polarisée
- 1.7 Spectroscopies Raman conventionnelle et non linéaire .
- 2. Défauts dans les matériaux et leur détection par spectroscopie Raman.**
- 2.1 Différents défauts dans les solides
- 2.2 Impact des défauts sur le spectre Raman .
- 2.3 Illustrations de caractérisation des défauts Par spectroscopie Raman
- 2.3.1 Matériaux optiques : exemple de LiNbO3
- 2.3.2 Polymères
- 2.3.3 Autres matériaux
- 3. Conclusion .
- 4. Glossaire
- 5. Symboles .

P2618

Spectrométrie de masse d'ions secondaires : SIMS et ToF-SIMS - Principes et appareillages

Par Evelyne DARQUE-CERETTI, Marc AUCOUTURIER, Patrice LEHUÉDÉ

1. Principes de base

- 1.1 Mécanismes physiques
- 1.2 Rendements analytiques
- 1.3 Nature et provenance des ions secondaires.

2. Types de détection et modes d'analyse des ions secondaires.

- 2.1 Détection séquentielle, Parallèle ou Par temps de vol.
- 2.2 Mode microscope et mode microsonde .

3. Régimes de pulvérisation statique et dynamique

4. Appareillages et Paramètres principaux.

- 4.1 Composants de base
- 4.2 Production et optique des ions primaires.
- 4.3 Traitement et spectrométrie des ions secondaires
- 4.4 Détection et imagerie

5. Conclusion.

P2619

Spectrométrie de masse d'ions secondaires : SIMS et ToF-SIMS - Procédures d'analyse et performances

Par Evelyne DARQUE-CERETTI, Marc AUCOUTURIER, Patrice LEHUÉDÉ

1. Spectrométrie, identification

2. Analyse quantitative

3. Analyse de surface en SIMS statique

4. Profilage analytique .

5. Analyses isotopiques .

6. Analyse de phases.

7. Imagerie et acquisition à trois dimensions

8. Conclusion.

P3790

Introduction à la technique ultrasonore multiéléments

Par Loïc DE ROUMILLY

1. Principes physiques.

2. Méthodes ultrasonores conventionnelles .



3. Techniques ultrasonores focalisées
4. Description des multiéléments
5. paramétrage des multiéléments
6. Exemple industriel .
7. Applications avancées
8. Freins à la mise en œuvre des multiéléments
9. Conclusion
10. Annexes.

P3792

Cathodoluminescence - Principes physiques et systèmes de détection

Par **Brigitte SIEBER**

1. Origines de la luminescence

- 1.1 Interactions électron-matière
- 1.2 Perte d'énergie. Création de paires électron-trou, cathodoluminescence
- 1.3 Répartition spatiale de la génération des paires électron-trou
- 1.4 Mécanismes de recombinaison des porteurs de charge
 - 1.4.1 Conduction, diffusion .
 - 1.4.2 Recombinaison des paires électron-trou
 - 1.4.3 Équation de continuité .
- 1.5 Recombinaisons radiatives.
 - 1.5.1 Taux de recombinaison spontanée.
 - 1.5.2 Types de recombinaison
 - 1.5.3 Recombinaisons radiatives intrinsèques
 - 1.5.4 Recombinaisons radiatives extrinsèques .
- 1.6 Recombinaison Shokley-Read-Hall (SRH) .
- 1.7 Recombinaison Auger.
- 1.8 Identification du mécanisme de recombinaison dominant
 - 1.8.1 Recombinaison radiative dominante
 - 1.8.2 Recombinaison non radiative dominante.

2. Systèmes de détection de la cathodoluminescence

- 2.1 Spectroscopie de cathodoluminescence .
- 2.2 Mesure de la durée de vie.

3. Conclusion .

P1050

Texture des matériaux divisés - Aire spécifique des matériaux pulvérulents ou nanoporeux

Par **Françoise ROUQUEROL, Jean ROUQUEROL, Isabelle BEURROIES, Philip LLEWELLYN, Renaud DENOYEL**

1. Caractéristiques des matériaux divisés
2. Terminologie.
3. Adsorption d'un gaz Par un solide .
4. Théories de l'adsorption
5. Obtention des isothermes d'adsorption-désorption .
6. Évaluation des aires spécifiques.
7. Utilité et signification de l'aire spécifique d'un matériau divisé.
8. Glossaire



P1051**Texture des matériaux divisés - Taille de pores des matériaux nanoporeux par adsorption d'azote**

Par **Françoise ROUQUEROL, Jean ROUQUEROL, Isabelle BEURROIES, Philip LLEWELLYN, Renaud DENOYEL**

1. Théories de l'adsorption Par les matériaux poreux

1.1 Loi de Kelvin sur la condensation capillaire

1.2 Théorie de la fonctionnelle de la densité (DFT).

2. Caractérisation des micropores.

2.1 Mise en évidence de la microporosité .

2.2 Détermination des volumes microporeux par la méthode αS

2.3 Détermination de la taille des micropores Par la méthode de Horvath et Kawazoe HK

3. Caractérisation des mésopores

3.1 Volume mésoporeux et rayon mésoporeux moyen.

3.2 Hystérésis de l'isotherme d'adsorption-désorption et mésoporosité .

3.3 Distribution de taille des mésopores : méthode de Barrett, Joyner et Halenda BJH.

4. Caractérisation simultanée des micropores et des mésopores**5. Conclusion .****6. Glossaire.****P1310****Mesure de frottement interne**

Par **Juan-Jorge MARTINEZ-VEGA, André RIVIERE**

1. Comportement viscoélastique des matériaux.**2. Frottement interne****3. Pic de frottement interne****4. Mécanismes thermiquement activés****5. Pics élargis.****6. Métaux et alliages métalliques**

6.1 Frottement interne lié aux défauts ponctuels .

6.2 Frottement interne lié aux dislocations .

7. Verres minéraux et céramiques .**8. Polymères.**

8.1 Exemples

8.2 Techniques alternatives.

9. Appareillage**** Méthodes d'analyse des surfaces:****P3795****Méthode de microanalyse des surfaces et couches minces**

Par **Guy BLAISE**

1. Généralités sur l'approche des méthodes

1.1 Détectabilité des éléments

1.2 Localisation spatiale de l'analyse.

1.3 Limite de détection

1.4 Dégâts d'irradiation.

1.5 Effets de charge sur les isolants soumis à un bombardement de Particules chargées

2. Microanalyse fondée sur l'irradiation aux électrons.

2.1 Considérations physiques.

2.2 Détectabilité des éléments

2.3 Localisation spatiale de l'analyse.

2.4 Limites de détection

2.5 Dégâts d'irradiation.



- 2.6 Effets de charge sur les isolants soumis à un bombardement d'électrons
- 2.7 Choix de méthodes pour l'analyse des surfaces et des couches minces

3. Microanalyse fondée sur l'irradiation aux ions.

- 3.1 Considérations théoriques
- 3.2 Détectabilité des éléments
- 3.3 Limites de détection
- 3.4 Résolution spatiale de l'analyse et analyse en profondeur .
- 3.5 Dégâts d'irradiation.
- 3.6 Effets de charge .
- 3.7 Choix de méthodes pour l'analyse des surfaces et des couches minces

4. Microanalyse fondée sur l'irradiation aux photons .

- 4.1 Considérations théoriques
- 4.2 Détectabilité des éléments
- 4.3 Limites de détection
- 4.4 Résolution spatiale de l'analyse.
- 4.5 Dégâts d'irradiation.
- 4.6 Choix de méthodes pour l'analyse des surfaces et des couches minces

5. Conclusion .

Références bibliographiques .

P2620

Spectroscopie Auger - Principes et performances en sonde fixe

Par Jacques CAZAUX

1. Principe de l'effet Auger

- 1.1 Mécanisme
- 1.2 Nomenclature des transitions .
- 1.3 Rendement Auger et rendement de fluorescence
- 1.4 Cascade Auger.

2. Instruments, spectres et performances .

- 2.1 Instruments .
 - 2.1.1 Résolution latérale et canon à électrons
 - 2.1.2 Analyseur et profondeur d'analyse
 - 2.1.3 Systèmes d'acquisition des spectres
 - 2.1.4 Accessoires
 - 2.1.5 Autres instruments Auger .
- 2.2 Analyse détaillée des spectres Auger .
 - 2.2.1 Modes d'acquisition .
 - 2.2.2 Paramètres influençant l'intensité du signal .
 - 2.2.3 Fond continu et limites de détection

3. Analyse quantitative : relation entre l'intensité et la concentration

- 3.1 Évaluation simplifiée des concentrations .
 - 3.1.1 Soustraction du fond continu
 - 3.1.2 Relation intensité-concentration
- 3.2 Approche plus élaborée de la quantification .
 - 3.2.1 Soustraction du fond continu .
 - 3.2.2 Correction du coefficient de rétrodiffusion Auger .
 - 3.2.3 Correction de la longueur d'atténuation
- 3.3 Précision des mesures
- 3.4 Films minces et incidence oblique

4. Synthèse des performances et limites en sonde fixe .

- 4.1 Performances
- 4.2 Limites
 - 4.2.1 Effets topographiques .
 - 4.2.2 Analyse des isolants
 - 4.2.3 Modifications chimiques et autres effets d'irradiation



5. Conclusion

P2621***Spectroscopie Auger - Imagerie et profil en Applications****Par Jacques CAZAUX***1. Cartographie et analyse en profondeur .**

- 1.1 Microscopie Auger .
- 1.2 Exploration de la troisième dimension .
- 1.3 Analyse et traitement des profils et des images

2. Applications de la spectromicroscopie Auger .

- 2.1 Quelques exemples
- 2.2 Activités industrielles directement concernées .
 - 2.2.1 Métallurgie, matériaux, traitements de surface
 - 2.2.2 Microélectronique .
 - 2.2.3 Catalyse
- 2.3 Répercussions sur la production de biens d'équipement et sur la société .
- 2.4 Autres indicateurs du développement .

3. Spécificité et perspectives de la spectromicroscopie Auger

- 3.1 Comparaison avec les autres techniques .
- 3.2 Domaines d'excellence et perspectives : les nanotechnologies

P2635***Spectrométries de pertes d'énergie des électrons dans les solides****Par Paul A. THIRY, Roland CAUDANO, Jean-Jacques PIREAUX***1. Principe de la mesure et caractéristiques****2. Spectrométrie de pertes d'énergie des électrons (EELS) .**

- 2.1 Principe de la mesure et description des spectromètres .
- 2.2 Enregistrement et traitement des données.
- 2.3 Interprétation des spectres .
- 2.4 Considérations expérimentales

3. Spectrométrie de pertes d'énergie des électrons à haute résolution (HREELS).

- 3.1 Principe de la mesure et description des spectromètres .
- 3.2 Environnement de la mesure .
- 3.3 Enregistrement et traitement des données.
- 3.4 Aspects opérationnels.

4. Mécanismes d'interaction responsables des pertes d'énergie des électrons.

- 4.1 Diffusion dipolaire .
- 4.2 Diffusion Par impact

5. Applications de la spectrométrie de pertes d'énergie des électrons à haute résolution

- 5.1 Caractérisation d'un matériau nouveau : le carbone 60.
- 5.2 Formation d'une interface polymère-métal.

6. Conclusion .

Références bibliographiques .

P2563***Microsonde nucléaire - Principe et appareillage****Par Pascal BERGER, Gilles REVEL***1. Principales interactions utilisées**

- 1.1 Interactions ions-matière
- 1.2 Émission X induite Par des Particules chargées .
- 1.3 Méthodes Par diffusion élastique.
- 1.4 Observation directe des réactions nucléaires .
- 1.5 Méthodes non analytiques utilisables avec une microsonde nucléaire .



2. Appareillage

- 2.1 Accélérateur .
- 2.2 Lignes de faisceau .
- 2.3 Système de focalisation et de balayage
- 2.4 Chambre d'analyse
- 2.5 Électronique de pilotage et de mesure

P2564**Microsonde nucléaire - Applications***Par Pascal BERGER, Gilles REVEL***1. Comparaison avec quelques autres méthodes d'analyse locale****2. Limites d'emploi de la microsonde nucléaire**

- 2.1 Échauffement .
- 2.2 Érosion
- 2.3 Migration des éléments sous irradiation.
- 2.4 Conséquences pratiques.

3. Applications

- 3.1 Art et archéologie
- 3.2 Sciences du vivant.
- 3.3 Sciences de l'environnement .
- 3.4 Sciences des matériaux
 - 3.4.1 Applications analytiques
 - 3.4.2 Applications non analytiques
- 3.5 Microélectronique
- 3.6 Sciences de la Terre

**** Analyse d'objets d'art:****P3780****Physico-chimie des matériaux du patrimoine culturel. Partie***Par Martine REGERT, Maria-Filomena GUERRA, Ina REICHE***1. Les problématiques dans le domaine de la science des matériaux du patrimoine .****2. Philosophie de l'analyse : quelles stratégies analytiques pour les matériaux du patrimoine ? .**

- 2.1 Spécificités et contraintes de l'analyse des matériaux du patrimoine culturel
- 2.2 Stratégies analytiques pour les matériaux du patrimoine.

3. Les méthodes d'examen.

- 3.1 Examens macroscopiques à différentes longueurs d'onde.
- 3.2 Observations microscopiques

4. L'analyse des matériaux inorganiques .

- 4.1 Analyses élémentaires et isotopiques pour les matériaux inorganiques
- 4.2 Méthodes d'analyse structurale .
- 4.3 Méthodes d'analyse de la spéciation chimique
- 4.4 Matériaux inorganiques étudiés

P3781**Physico-chimie des matériaux du patrimoine culturel. Partie***Par Martine REGERT, Maria-Filomena GUERRA, Ina REICHE***1. L'analyse des substances naturelles organiques amorphes.**

- 1.1 Les spectroscopies vibrationnelles (infrarouge et Raman)
- 1.2 La spectrométrie de masse (SM) .
- 1.3 Les techniques chromatographiques et leur couplage avec la spectrométrie de masse

2. Quelques exemples d'étude

- 2.1 Les secrets des portraits du Fayoum révélés Par les méthodes d'examen et d'analyse



modernes

2.2 La longue histoire des adhésifs archéologiques à la lueur de leur composition moléculaire

2.3 Turquoise osseuse : de l'altération des os fossiles à leur utilisation dans des œuvres d'art.

2.4 La tête égyptienne en verre bleu, l'histoire d'un faux révélée Par l'analyse chimique.

2.5 Des bijoux étrusques modifiés au 9^e siècle : les apports des techniques d'examen et des analyses élémentaires Par faisceau d'ions

2.6 Pierres précieuses : les routes commerciales des grenats au Moyen Âge

RE140

La Joconde analysée à l'aide d'une caméra multispectrale

Par Mady ELIAS, Pascal COTTE

Introduction

1 - Analyse d'une œuvre d'art

1.1 - Conservation

1.2 - Restauration

1.3 - Histoire de l'art

2 - Caméra multispectrale

2.1 - Caractéristiques de l'éclairage

2.2 - Principe de la caméra

2.3 - Corrections et normalisations

2.4 - Obtention des spectres et des couleurs

2.5 - Prise de vue de la Joconde

3 - La joconde virtuellement dévernée

4 - Visage de la joconde

4.1 - Couche superficielle

4.2 - Couche sous-jacente

5 - Conclusion

RE200

Analyse de tableaux de Léonard de Vinci Par spectrométrie de fluorescence des rayons X

Par Laurence DE VIGUERIE, Vincente Armando SOLÉ, Philippe WALTER

Introduction

1 - Introduction

2 - Spectroscopie de fluorescence des rayons x

2.1 - Principe de la fluorescence X

2.2 - Spectre de fluorescence X

2.3 - Analyse des peintures

3 - Développement de l'analyse quantitative multicouche. utilisation du logiciel pymca

3.1 - Présentation de l'analyse Par le logiciel PyMca

3.2 - Analyse multicouche

3.3 - Limites de l'analyse multicouche

4 - Analyse des peintures de léonard de vinci

4.1 - Contexte historique

4.2 - Choix des zones d'analyse et conditions expérimentales

4.3 - Exemple détaillé d'analyse : visage de Mona Lisa

4.4 - Comparaison des œuvres

5 - Conclusion



RE211**Analyse de la perte de couleur des peintures au smalt Par spectroscopie d'absorption X**

Par **Laurianne ROBINET, Nicolas TRCERA, Sandrine PAGÈS-CAMAGNA, Marika SPRING, Solenn REGUER**

Introduction**1 - Contexte****2 - Spectroscopie d'absorption des rayons x utilisant le rayonnement synchrotron**

2.1 - Caractéristiques du rayonnement synchrotron

2.2 - Apports du rayonnement synchrotron pour l'étude des matériaux du patrimoine

2.3 - Utilisation de la spectroscopie d'absorption des rayons X

2.4 - Choix de la ligne de lumière

3 - Analyse de la perte de couleur du pigment smalt dans les peintures du xvi au xviii siècle

3.1 - Introduction du pigment smalt

3.2 - Altération du smalt

3.3 - Approche analytique pour l'étude de la dégradation du smalt

3.4 - Exemple de la peinture de Murillo

3.5 - Vue d'ensemble des mécanismes d'altération du smalt

4 - Conclusion**RE217****Analyse non destructive des objets d'art Par méthodes spectroscopiques portables (Recherche)**

Par **Philippe COLOMBAN**

Introduction**1 - Contexte**

1.1 - Arts du feu

1.2 - Techniques modernes d'analyses

1.3 - Miniaturisation et révolution de l'analyse

2 - Spectrométries portables (XRF, XRD, IR, RAMAN, LIBS)

2.1 - Fluorescence X (XRF)

2.2 - Diffraction RX

2.3 - Spectroscopie IR

2.4 - Spectroscopie Raman

2.5 - LIBS

2.6 - Concurrents : mesures Par micro-faisceaux (accélérateurs, synchrotrons)

2.7 - Traitements de données et chimométrie

3 - Chromophores, marqueurs chronologiques et technologiques

3.1 - Comment colorer la matière ?

3.2 - Identifier les chromophores et évaluer leur conservation

4 - Marqueurs technologiques en arts du feu

4.1 - Verres et céramiques

4.2 - Émaux

4.3 - Vitraux

4.4 - Métallurgie, patines et dorures

5 - Spectroscopie raman : outils et critères d'analyse**6 - Identification des productions, faux et restaurations : quelques exemples**

6.1 - Blancs et bleus

6.2 - Jaunes et verts

6.3 - Objets en verre

7 - Conservation et perspectives

**** Analyse de céramiques:****N4806** **Techniques de caractérisation des céramiques**Par **Stéphane VALETTE****1. Composition chimique des matériaux céramiques .**

- 1.1 Analyse chimique élémentaire globale.
- 1.2 Composition élémentaire locale : la microanalyse
- 1.3 Identification des phases

2. Caractérisation des surfaces .

- 2.1 Observation des surfaces.
- 2.2 Caractérisation chimique des surfaces .
- 2.3 État de surface : mesure de la rugosité.

3. Comportement mécanique des pièces céramiques.

- 3.1 Paramètres caractéristiques de la résistance mécanique .
- 3.2 Dureté et microdureté
- 3.3 Caractérisation thermomécanique

4. Structure et microstructure des céramiques massives .

- 4.1 Taille et orientation des grains
- 4.2 Porosité et porométrie
- 4.3 Répartition des phases .

5. Méthodes de caractérisation spécifiques aux poudres céramiques

- 5.1 Morphologie
- 5.2 Surface spécifique
- 5.3 Taille des grains

6. Caractérisations thermiques

- 6.1 Paramètres thermiques
- 6.2 Tenue en température

7. Caractérisations électriques et électroniques

- 7.1 Conductivité électrique.
- 7.2 Permittivité et pertes diélectriques

8. Conclusion**9. Glossaire****** Analyse de nanomatériaux:****NM8015** **Défis analytiques liés aux nanomatériaux**Par **Isabelle LE HECHO, Martine POTIN-GAUTIER, Gaëtane LESPES****Introduction****1 - Les nanomatériaux****2 - Pourquoi étudier les nanomatériaux**

- 2.1 - Dans l'environnement et le vivant
- 2.2 - Dans le milieu industriel

3 - Caractérisation des nanomatériaux

- 3.1 - Fractionnement
- 3.2 - Détection
- 3.3 - Bilan : vers une approche multitechnique

4 - Exemples d'applications

- 4.1 - Environnement
- 4.2 - Nanomatériaux manufacturés

5 - Perspectives et conclusion

P900**Sonde atomique tomographique SAT***Par Didier BLAVETTE, François VURPILLOT, Bernard DECONIHOUT*

1. Évaporation *Par* effet de champ .
2. Identification chimique des ions
3. Mode d'évaporation et résolution en masse .
 - 3.1 Application d'une impulsion de champ électrique
 - 3.2 Application d'une impulsion laser.
4. Localisation des impacts d'ions et reconstruction des images
 - 4.1 Localisation des impacts
 - 4.2 Reconstruction des images
5. Résolution spatiale .
6. Mesure d'une composition .
 - 6.1 Quantitativité .
 - 6.2 Statistiques
7. Imagerie tridimensionnelle en SAT
8. Applications en métallurgie .
9. Rôle en nanoscience et nano-électronique
10. Conclusion.

**** Analyse de matériaux de construction:****P3660****Analyse et caractérisation de matériaux de construction.***Par Pierre WITIER, Gérard PLATRET, Hieu-Thao HUYNH, Fabienne FARCAS, Véronique BOUTEILLER, Daniel ANDRÉ, Yves MOUTON, Jean-Marie ANTOINE*

1. Matériaux d'origine essentiellement minérale
 - 1.1 Matériaux de base .
 - 1.2 Coulis, mortiers et bétons.
 - 1.3 Autres matériaux .
2. Aciers de construction.
 - 2.1 Généralités. Définitions.
 - 2.2 Caractérisation des produits.
3. Matériaux organiques.
 - 3.1 Polymères organiques utilisés en construction
 - 3.2 Bitumes et matériaux bitumineux
4. Matériaux composés.
 - 4.1 Généralités .
 - 4.2 Peintures et produits assimilés
 - 4.3 Produits de réparation et de protection du béton.
 - 4.4 Matériaux et complexes d'étanchéité

IN112**Nouvelle méthode d'échantillonnage des COV émis Par les matériaux de construction***Par Valérie DESAUZIERS,, Jérôme NICOLLE, Pierre MOCHO***Introduction**

- 1 - Contexte et objectifs
 - 1.1 - Qualité de l'air intérieur
 - 1.2 - Aspects réglementaires
 - 1.3 - Méthodes de mesure des COV émis *Par* les matériaux
- 2 - Développement du couplage flec®-spme
 - 2.1 - Principe



- 2.2 - Optimisation de l'échantillonnage *Par* SPME
- 2.3 - Cinétique d'émission des COV à *Partir* des matériaux
- 3 - Application à la caractérisation de trois revêtements de sol**
- 4 - Identification de sources de cov émis par les matériaux dans un bâtiment**
- 4.1 - Méthodologie
- 4.2 - Résultats
- 5 - Conclusion et perspectives

S4/24842 Chimie analytique : échantillonnage instrumentation métrologie

**** Notions de base:**

24 Unités légales et facteurs de conversion

Par Jean-Claude COURTIER

- 1. Grandeurs, unités et symboles .
- 2. Facteurs de conversion.
- Références bibliographiques

25 Classification périodique des éléments

Par Mireille DEFRANCESCHI

- 1. Atomes, éléments et isotopes
- 2. Grandeurs définissant les atomes et les éléments
 - 2.1 Nom et symbole
 - 2.2 Numéro atomique .
 - 2.3 Nombre de masse .
 - 2.4 Masse atomique
 - 2.5 Configuration électronique.
 - 2.6 Rayon atomique.
 - 2.7 Potentiel d'ionisation et affinité électronique .
 - 2.8 Degrés d'oxydation .
 - 2.9 Électronégativité
- 3. Classification périodique des éléments
 - 3.1 Classification historique
 - 3.2 Classification périodique actuelle
 - 3.3 Les cases
- 4. Utilisations de la classification périodique
 - 4.1 Familles chimiques
 - 4.2 Prédiction du nombre de liaisons covalentes que peut établir un atome
 - 4.3 Prédiction de la charge des anions et des cations .
 - 4.4 Énergie d'ionisation.
 - 4.5 Variation de l'électronégativité dans le tableau périodique
 - 4.6 Caractère redox
 - 4.7 Points d'ébullition et de fusion.
- 5. Conclusion .

P14 Sources d'information en chimie analytique. Partie

Par Christian DUTHEUIL

- 1. Besoins d'information en chimie analytique
- 2. Moyens d'accès à l'information.
 - 2.1 Bibliothèque physique
 - 2.2 Bibliothèque électronique.
 - 2.3 Bibliothèque virtuelle



2.4 Outils de recherche d'information sur Internet .

3. Sources primaires

3.1 Publications en série .

3.2 Ouvrages

3.3 Publications encyclopédiques et compilations de données

3.4 Informations en texte intégral

3.5 Chimie analytique dans les thèses.

3.6 Chimie analytique dans les brevets .

3.7 Portails sur Internet .

4. Sources secondaires.

4.1 Royal Society of Chemistry.

4.2 Chemical Abstracts Service

4.3 Institute for Scientific Information .

4.4 Fonds documentaires d'origine allemande.

4.5 Fonds documentaires d'origine française .

4.6 Chimie analytique dans les fonds de la physique

4.7 Chimie analytique dans les fonds de la métallurgie

4.8 Chimie analytique dans les fonds biomédicaux .

4.9 Chimie analytique dans les fonds multidisciplinaires de l'information scientifique et technique.

5. Sources factuelles .

5.1 Propriétés physico-chimiques et thermodynamiques

5.2 Données spectroscopiques et cristallographiques.

5.3 Données de chromatographie

5.4 Données nucléaires .

5.5 Cinétique et réactions chimiques.

5.6 Données de génomique et de protéomique.

5.7 Données sur les micro-organismes .

5.8 Données d'environnement, de toxicité et de sécurité

5.9 Données sur les matériaux .

P15

Sources d'information en chimie analytique. Partie

Par **Christian DUTHEUIL**

1. Catalogues industriels

2. Chimie analytique et environnement industriel

2.1 Réglementation .

2.2 Données normatives .

2.3 Matériaux et produits de référence

2.4 Certification

2.5 Informatique et chimie analytique

3. Organismes d'étude et d'information

3.1 Sociétés savantes et associations .

3.2 Organismes internationaux

3.3 Laboratoires publics et universitaires, centres techniques

3.4 Experts

3.5 Manifestations scientifiques et professionnelles

4. Conclusion.

P18

Recherche de données en chimie analytique

Par **Odile DUPONT**

1. Choix des sujets et du plan de travail

1.1 Outils méthodologiques accessibles en ligne.

1.2 Appréhension du sujet

1.3 Grands sites d'informations professionnelles

2. Recherche des données essentielles : dictionnaires .



- 2.1 Dictionnaires et petites encyclopédies papier classiques
- 2.2 Dictionnaires accessibles sur Internet .
- 3. État de l'art : encyclopédies .**
 - 3.1 Encyclopédies générales.
 - 3.2 Encyclopédies spécialisées.
 - 3.3 Encyclopédies spécialisées en analyse chimique.
 - 3.4 Sommaires des revues spécialisées
 - 3.5 Thèses
- 4. Mise à jour des informations : bases de données**
 - 4.1 Rappel de définition
 - 4.2 Panorama complet des grands serveurs de base de données
 - 4.3 Serveurs des bases de données bibliographiques payantes les plus utilisés en chimie.
 - 4.4 Bases de données bibliographiques gratuites liées au texte intégral.
 - 4.5 Prépublications
- 5. Obtention des documents primaires**
 - 5.1 Localisation des périodiques : le SUDOC
 - 5.2 PEB ou prêt entre bibliothèques.
 - 5.3 Grands chemins de fourniture de documents
- 6. Outils d'aide à la notation de références bibliographiques.**
- 7. Recherche de matériels**
- 8. Conclusion .**

P2000***Rôle de la physico-chimie analytique pour l'application du règlement REACH****Par Jean-Jacques LEBRUN, Bernard SILLION*

- 1. Règlement REACH**
- 2. Avancement de l'industrie vis-à-vis du règlement REACH.**
- 3. Effets de la mise en place de REACH .**
 - 3.1 Actions déjà en place.
 - 3.2 Réflexion prospective pour une chimie durable .
- 4. Conséquences pour la physico-chimie analytique**
 - 4.1 Orientations générales
 - 4.2 Quelques exemples .
 - 4.2.1 Produits de substitution et nouveaux produits
 - 4.2.2 Formulations et « formulations vertes » .
 - 4.2.3 Recyclage de produits/articles en fin de vie .
- 5. Domaines encore non couverts Par le règlement REACH**
 - 5.1 Polymères .
 - 5.2 Nanoparticules .
- 6. Matières premières critiques**
- 7. Rôle de REACH dans le débat sciences/société .**
- 8. Conclusion**

**** Préparation du dosage:****P220*****Échantillonnage****Par Pierre GY*

- 1. Questions à propos de l'échantillonnage**
- 2. Échantillonnage et hétérogénéité. Approche qualitative .**
- 3. Qualification d'un échantillonnage ou d'un échantillon**
- 4. Exemples de méthodes non probabilistes d'échantillonnage**
- 5. Échantillonnage probabiliste.**
- 6. Échantillonnage Par prélèvement. Réalisation pratique .**



7. Échantillonnage *Par* prélèvement. Conditions de correction
8. Échantillonnage des lots manipulables *Par* Partage.
9. Calcul des erreurs commises. Caractérisation de l'hétérogénéité
10. Caractérisation de l'hétérogénéité globale d'un ensemble .
11. Caractérisation de l'hétérogénéité séquentielle d'une suite .
12. Moments de l'erreur d'échantillonnage. Lots à zéro dimension.
13. Moments de l'erreur d'échantillonnage. Lots à une dimension
14. Stratégie à adopter pour résoudre un problème d'échantillonnage
15. Conclusions

P222**Mise en solution des matériaux avant analyse**

Par Michel VERNET, Kuppusami GOVINDARAJU

1. Généralités

- 1.1 Analyse sur échantillons solides.
- 1.2 Analyse sur solutions.

2. Qualité de l'environnement. Pureté des réactifs.

- 2.1 Qualité de l'air.
- 2.2 Qualité de l'eau.
 - 2.2.1 Récipients utilisés
 - 2.2.2 Réactifs .

3. Mise en solution *Par* voie humide

- 3.1 Principaux acides utilisés.
 - 3.1.1 Acide fluorhydrique.
 - 3.1.2 Acide chlorhydrique
 - 3.1.3 Acide nitrique.
 - 3.1.4 Acide perchlorique
 - 3.1.5 Acide sulfurique.
- 3.2 Mise en solution des matériaux géologiques et autres matériaux naturels
 - 3.2.1 Mise en solution avec perte de silice *Par* volatilisation .
 - 3.2.2 Mise en solution avec conservation de la silice dans la solution
- 3.3 Mise en solution des matériaux élaborés
 - 3.3.1 Analyse des métaux ferreux [5], [9] .
 - 3.3.2 Analyse des métaux cuivreux
 - 3.3.3 Analyse des alliages d'aluminium .
 - 3.3.4 Analyse des alliages à base de nickel-cobalt
 - 3.3.5 Analyse des autres matrices métalliques

4. Mise en solution *Par* voie sèche.

- 4.1 Fusion avec les borates et l'oxyde borique
 - 4.1.1 Métaborate et tétraborate de lithium.
 - 4.1.2 Métaborate de strontium, borax et oxyde borique
 - 4.1.3 Minéraux résistants.
- 4.2 Fusion avec les carbonates alcalins
 - 4.2.1 Carbonate de sodium et carbonate de potassium
 - 4.2.2 Carbonate de sodium-potassium.
- 4.3 Fusion avec les hydroxydes et peroxydes alcalins
 - 4.3.1 Fusion à l'hydroxyde de sodium
 - 4.3.2 Fusion au peroxyde de sodium
 - 4.3.3 Attaque en bombe.
- 4.4 Mise en solution *Par* frittage .
 - 4.4.1 Frittage avec le peroxyde de sodium.
 - 4.4.2 Frittage avec le carbonate de sodium
- 4.5 Autres fondants
 - 4.5.1 Hydrogénosulfates et disulfates alcalins.
 - 4.5.2 Fluorures alcalins (KF, KHF₂, NH₄F) .
 - 4.5.3 Mélanges de fondants.



5. Conclusion

Références bibliographiques

P223**Mise en solution assistée Par micro-ondes**Par **Christian MOLLARD**

1. Avantage des micro-ondes
 2. Système avec réacteurs fermés.
 3. Système avec réacteurs ouverts .
 4. Conclusion .
- Références bibliographiques .

P240**Matériaux de référence non nucléaires**Par **Philippe QUEVAUVILLER, Eddie MAIER**

1. Enjeu des mesures dans la société industrielle
2. L'assurance qualité pour les analyses chimiques.
 - 2.1 Une collaboration nécessaire .
 - 2.2 Contrôle de qualité des mesures
 - 2.2.1 Validation des méthodes
 - 2.2.2 Contrôle statistique
 - 2.2.3 Justesse.
3. Matériaux de référence et matériaux certifiés
 - 3.1 Les divers types de matériaux de référence
 - 3.2 Préparation.
 - 3.2.1 Substances pures .
 - 3.2.2 Matériaux de référence de matrice .
 - 3.2.3 Stabilisation
 - 3.2.4 Homogénéisation .
 - 3.3 Contrôle de l'homogénéité .
 - 3.4 Contrôle de la stabilité
 - 3.5 Stockage et transport
 - 3.6 Procédures pour certifier et assigner des valeurs
 - 3.6.1 Certification de matériaux de référence .
 - 3.6.2 Établissement de valeurs de référence (assignées).
 - 3.7 Certification des résultats .
 - 3.8 Traçabilité des matériaux de référence
 - 3.9 Exemples de matériaux de référence certifiés
4. Conclusions et perspectives.

**** Instrumentation. Métrologie:****P1330****Pipettes - Fonctionnement.**Par **Denis LOUVEL**

1. Définitions
2. Principe de fonctionnement .
 - 2.1 Mode opératoire
 - 2.2 Problèmes rencontrés .
3. Différents types de pipettes .
 - 3.1 Pipettes manuelles monocanaux .
 - 3.2 Pipettes multicanaux .
4. Pointes de pipette et boîtes de pointes.
 - 4.1 Pointes à filtre
 - 4.2 Boîtes de pointes .
5. Pipetage et ergonomie .
 - 5.1 Ergonomie



- 5.2 Lésions liées au pipetage
- 5.3 Facteurs de risque .
- 5.4 Prévention. Pratiques
- 5.5 Pipettes ergonomiques .
- 5.6 Conclusion
- 6. Technique de pipetage**
- 6.1 Pipetage normal (ex) .
- 6.2 Surpipetage (in) .
- 6.3 Conseils pratiques .
- 6.4 Principales erreurs de pipetage

P1331

Pipettes Contrôle métrologique - Étalonnage des pipettes Par les utilisateurs

Par **Denis LOUVEL**

- 1. Évaluation métrologique
- 2. Incertitude de mesure .
- 3. Mesurande
- 4. Exemple de calcul d'incertitude.
- 5. Maintenance, contrôles, ajustage et réglage .
- 6. Application de la méthode GUM
- 7. Application de la méthode EURACHEM .
- 8. Conclusion
- 9. Glossaire

P1333

Pipettes - Trois référentiels pour étalonner une pipette à déplacement d'air

Par **Denis LOUVEL**

- 1. Méthode d'étalonnage .
- 2. Description du fonctionnement
- 3. Étalonnage d'un volume
- 4. Mode opératoire pour l'étalonnage
- 5. Calculs
- 6. Incertitude de mesure
- 7. Coefficients de sensibilité
- 8. Incertitude.
- 9. Conclusion.
- 10. Glossaire

P1380

Balances et pesées

Par **Denis LOUVEL**

- 1. Définitions
- 2. Technologie
- 2.1 Compensation électromagnétique des forces
- 2.2 Technologie des jauges de contrainte
- 2.3 Autres technologies.
- 2.3.1 Balance à cristal de quartz .
- 2.3.2 Balance à fibre oscillante .
- 3. Utilisation des balances.
- 3.1 Conditions ambiantes .
- 3.2 Stabilité des indications
- 3.3 Adaptateur de vibration
- 3.4 Adaptateur de processus de pesage



- 3.5 Adaptateur de répétabilité
- 3.6 Calibrage d'une balance
- 3.7 Tolérance du poids de calibrage.
- 3.8 Temps de stabilisation.
- 3.9 Balances soumises à la réglementation
- 3.10 Indication de la balance avant arrondissement.

4. Influences physiques sur les résultats de pesée.

- 4.1 Température.
- 4.2 Absorption d'humidité ou évaporation .
- 4.3 Magnétisme .
- 4.4 Électricité statique .
- 4.4.1 Quant la balance devient Paratonnerre
- 4.4.2 Conséquences pour la balance
- 4.5 Poussée aérostatique
- 4.6 Accélération de la pesanteur
- 4.6.1 La gravitation
- 4.6.2 Conséquences pour la balance

5. Vérification d'une balance

6. Tolérance d'une balance

- 6.1 Méthode réglementaire (suivant norme NF EN5501)
- 6.2 Méthode du guide AFNOR (FDX7-017-1).
- 6.3 Tableau comparatif des valeurs de tolérance .

7. Les poids étalons .

- 7.1 Classe de précision et tolérance.
- 7.2 Forme, matière, dimension et marquage
- 7.3 Classement des poids étalons
- 7.4 Classes de précision
- 7.5 Utilisation des poids étalons

P1382

Pesée minimale : son importance dans un processus d'analyse industriel

Par *Denis LOUVEL*

1. Qui a besoin de connaître la pesée minimale ?

2. Pesée minimale selon la métrologie légale .

3. Pesée minimale selon le besoin de l'utilisateur .

- 3.1 Détermination de l'erreur relative d'un affichage numérique.
- 3.2 Pesée minimale à *Partir* de la tolérance
- 3.3 Pesée minimale à *Partir* de l'incertitude .
- 3.4 Facteur de sécurité

4. Sélection d'une balance

- 4.1 Présentation des balances
- 4.2 Détermination de la masse après une pulvérisation d'aérosol.
- 4.3 Contrôle du volume d'une fiole de 5 mL.
- 4.4 Contrôle du volume délivré *Par* une micropipette automatique de 0 µl

5. Pesée minimale selon l'USP.

- 5.1 Extraits de l'article <41> .
- 5.2 Influence du volume du récipient à peser.
- 5.3 Surveillance du poids minimal
- 5.4 Questions de l'utilisateur
- 5.5 Mode opératoire
- 5.6 Mise en place de la pesée minimale .

6. Pesée minimale des constructeurs

7. Sécuriser la pesée .

8. Conclusion.



P2220**Microbalance à cristal de quartz**Par **Thierry PAUPORTÉ, Daniel LINCOT****1. Principes.**

- 1.1 Généralités .
- 1.2 Principe de fonctionnement
- 1.3 Paramètres influençant la fréquence de résonance .
 - 1.3.1 Dépôt de matière
 - 1.3.2 Température
 - 1.3.3 Solution .
 - 1.3.4 Pression et contraintes.
- 1.4 Dispositifs de mesure
 - 1.4.1 Résonateurs à cristal de quartz .
 - 1.4.2 Montages
 - 1.4.3 Microbalance à cristal de quartz électrochimique .

2. Applications de la MCQ .

- 2.1 Mesures de vitesse et de rendement faradique de dépôt
- 2.2 Étude de mécanismes de dépôt électrochimique.
- 2.3 Étude de phénomènes de dissolution .
- 2.4 Mesure de la viscosité d'une solution .
- 2.5 Transport de matière dans des films .
- 2.6 Mesure de contraintes dans des films.
- 2.7 Mesure d'angle de contact .
- 2.8 Étude de la formation de bulles .
- 2.9 Phénomènes d'adsorption et d'électroadsorption à la surface d'électrodes
- 2.10 Capteurs piézo-électriques .

3. Conclusions.**R1732****Étalonnage des masses Par les utilisateurs**Par **Denis LOUVEL****1. Définitions. Utilisation des poids certifiés .****2. Détermination de la masse .**

- 2.1 Dérive du comparateur
- 2.2 Méthode ABBA .
- 2.3 Méthode ABA .
- 2.4 Autre méthode
- 2.5 Élimination de la dérive Par le calcul
- 2.6 Nombre minimum de cycles de mesure .
- 2.7 Série fermée .

3. Correction de la poussée aérostatique.**4. Influence des phénomènes physiques sur les mesures.****5. Détermination de l'incertitude de mesure.**

- 5.1 Principe .
- 5.2 Analyses des causes d'incertitudes .
- 5.3 Incertitude liée à l'environnement .
- 5.4 Analyse des erreurs humaines.

6. Évaluation de l'incertitude type combinée

- 6.1 Évaluation de type A de l'incertitude type combinée .
- 6.2 Évaluation de type B de l'incertitude type combinée .

7. Périodicité d'étalonnage .**8. Moyens de mesure**

- 8.1 Étalon de référence
- 8.2 Comparateur de masse
- 8.3 Instruments de mesure
- 8.4 Salle de mesure



9. Mode opératoire

- 9.1 Nettoyage du poids
- 9.2 Stabilisation thermique
- 9.3 Détermination du temps de stabilisation
- 9.4 Essai de répétabilité du comparateur de masse .
- 9.5 Étalonnage du poids. Masse conventionnelle.
- 9.6 Incertitude de mesure
- 9.7 Exploitation des résultats.
- 9.8 Édition du certificat d'étalonnage
- 9.9 Utilisation et marquage du poids classé.
- 9.10 Conditions de conservation .

10. Mise en place d'un étalonnage.

- 10.1 Poids .
- 10.2 Moyens de mesure .
- 10.3 Conditions ambiantes
- 10.4 Fichier de calcul
- 10.5 Répétabilité du comparateur
- 10.6 Inventaire des EMT de la balance à vérifier
- 10.7 Certificat d'étalonnage .
- 10.8 Procédures

11. Exemple numérique d'un étalonnage d'un poids de 0 kg.

- 11.1 Essai de répétabilité du comparateur
- 11.2 Test de FISHER .
- 11.3 Étalonnage d'un poids de 0 kg
- 11.4 Détermination de l'incertitude .

R1734***Étalonnage d'une balance Par les utilisateurs.****Par Denis LOUVEL, Mettler-Toledo SAS*

- 1. Principe de la méthode.
- 2. Mesurande
- 3. Étape no : essais métrologiques .
- 4. Étape no : incertitude de l'erreur d'indication
- 5. Étape no : incertitude de la balance
- 6. Cas des balances à plusieurs échelons
- 7. Exploitation des données de mesure et d'incertitude .
- 8. Incertitude d'une balance selon DAkkS
- 9. Conclusion
- 10. Tableau des symboles .

S4/24843**Chromatographie et techniques séparatives****P1445*****Méthodes chromatographiques - Introduction****Par Marcel CAUDE, Alain JARDY*

- 1. Principe.
- 2. Classification selon la finalité
 - 2.1 Chromatographie analytique
 - 2.2 Chromatographie préparative
 - 2.3 Analyse de traces et traitement de l'échantillon
- Bibliographie



P1455**Chromatographie en phase liquide - Théorie et méthodes de séparation**Par **Marcel CAUDE, Alain JARDY****1. Grandeurs fondamentales .**

- 1.1 Grandeurs de rétention.
- 1.2 Sélectivité.
- 1.3 Efficacité d'une colonne
- 1.4 Résolution
- 1.5 Perte de charge et facteur de résistance à l'écoulement
- 1.6 Capacité disponible .

2. Cinétique

- 2.1 Grandeurs réduites
- 2.2 Mécanismes de dispersion d'un pic d'élution.
- 2.3 Équation de Knox

3. Classification et sélection des solvants

- 3.1 Propriétés des solvants.
- 3.2 Sélection des solvants.

4. Séparation de solutés moléculaires .

- 4.1 Chromatographie d'adsorption
- 4.2 Chromatographie de *Partage* sur phases stationnaires polaires
- 4.3 Chromatographie de *Partage* sur phases apolaires .

5. Séparation de solutés ionisés

- 5.1 Chromatographie d'échange d'ions.
- 5.2 Chromatographie de paires d'ions.

6. Séparation de solutés donneur ou accepteur de doublets électroniques.

- 6.1 Chromatographie d'échange de ligands .
- 6.2 Chromatographie *Par* transfert de charges.
- 7. Choix d'une méthode de séparation.

7.1 Guide de sélection.

- 7.2 Exemple : analyse des sucres.

8. Optimisation

- 8.1 Optimisation de la résolution .
- 8.2 Optimisation multiparamètre .

9. Analyse quantitative.

- 9.1 Mesure de l'aire d'un pic.
- 9.2 Mesure des coefficients de réponse
- 9.3 Détermination des concentrations.
- 9.4 Précautions opératoires et problèmes liés à la chromatographie en phase liquide
- 9.5 Précision des analyses en CPL .

P1494**Évolutions majeures en chromatographie liquide**Par **Davy GUILLARME****1. Analyse rapide ou à haute résolution en chromatographie**

- 1.1 Différentes stratégies
- 1.2 Instrumentation.

2. Stratégies alternatives à la RPLC.

- 2.1 Mode HILIC
- 2.2 Chromatographie avec fluide su critique/supercritique .

3. Analyse de protéines thérapeutiques *Par* RPLC.

- 3.1 Caractérisation des protéines thérapeutiques
- 3.2 Possibilités offertes *Par* la RPLC
- 3.3 Cas des anticorps monoclonaux thérapeutiques.

4. Conclusion

IN187***Particules superficiellement poreuses en chromatographie liquide****Par Jean-Luc VEUTHEY***Introduction****1 - Particules superficiellement poreuses**

- 1.1 - Performances cinétiques
- 1.2 - Meilleure dimension d'une PSP

2 - Appareillage**3 - Applications****4 - Conclusions et perspectives****5 - Glossaire****P1460*****Chromatographie en phase supercritique.****Par Didier THIÉBAUT***1. Fluides supercritiques en chromatographie**

- 1.1 Propriétés thermodynamiques
- 1.2 Propriétés physico-chimiques
- 1.3 Principaux fluides utilisables en CPS

2. Propriétés chromatographiques des phases mobiles à base de dioxyde de carbone .

- 2.1 Aspect thermodynamique
- 2.2 Aspect cinétique

3. Colonnes et phases stationnaires.

- 3.1 Colonnes remplies
- 3.2 Colonnes capillaires

4. Appareillage

- 4.1 Préambule
- 4.2 Colonnes remplies

5. Applications

- 5.1 Applications générales .
- 5.2 Chiralité
- 5.3 Lipides
- 5.4 Produits pétroliers et dérivés (CPS avec du dioxyde de carbone seul)

6. Conclusion.**7. Glossaire****P1485*****Chromatographie en phase gazeuse****Par Jean TRANCHANT***1. Description d'un chromatographe en phase gazeuse****2. Symbolique. Grandeurs de rétention****3. Appareillage .**

- 3.1 Four
- 3.2 Alimentation en gaz vecteur
- 3.3 Systèmes d'injection
- 3.4 Détection .
- 3.5 Alimentations et sorties électriques ou électroniques
- 3.6 Accessoires divers
- 3.7 Tendances actuelles de l'appareillage

4. Éléments théoriques indispensables au praticien.

- 4.1 Efficacité des colonnes.
- 4.2 Résolution des colonnes
- 4.3 Variation de l'efficacité en fonction du débit du gaz vecteur
- 4.4 Cas des colonnes capillaires



- 4.5 Variation de l'efficacité en fonction de la température .
- 4.6 Autres facteurs influant sur l'efficacité d'une colonne
- 5. Matériaux de la séparation chromatographique. Mise en œuvre .**
- 5.1 Généralités sur les colonnes .
- 5.2 Supports chromatographiques .
- 5.3 Phases stationnaires
- 5.4 Adsorbants
- 5.5 Imprégnation des supports et remplissage des colonnes
- 5.6 Colonnes capillaires .
- 5.7 Performances des colonnes
- 6. Analyse qualitative. Identification.**
- 6.1 Utilisation des grandeurs de rétention.
- 6.2 Détecteurs sélectifs. Couplages
- 6.3 Méthode des empreintes digitales
- 6.4 Pièges de l'analyse qualitative
- 7. Analyse quantitative**
- 7.1 Mesure de l'aire des pics .
- 7.2 Coefficient de proportionnalité .
- 7.3 Performances de l'analyse quantitative .
- 8. Préparation de l'échantillon**
- 9. Évolutions et applications**
- 9.1 Diverses formes de chromatographie
- 9.2 Développement des colonnes capillaires. Commentaires
- 9.3 Automatisation des analyses.
- 9.4 Applications non analytiques

P1470***Séparations chirales Par CPL, CPS et CPG .****Par Marcel CAUDE, Nathalie BARGMANN-LEYDER***1. Généralités.**

- 1.1 Chiralité et structure moléculaire.
- 1.2 Nomenclature R,S autour d'un centre de chiralité
- 1.3 Règle des trois points

2. Formation de diastéréoisomères Par dérivation précolonne.

- 2.1 Chromatographie en phase gazeuse .
- 2.2 Chromatographies en phases liquide et supercritique

3. Formation de diastéréoisomères labiles dans la phase mobile

- 3.1 Chromatographie d'adsorption
- 3.2 Chromatographie de Partage à polarité de phases inversée.
- 3.3 Chromatographie d'échange de ligands
- 3.4 Chromatographie de paires d'ions.

4. Formation de diastéréoisomères labiles à la surface de phases stationnaires chirales (PSC)

- 4.1 Chromatographie en phase gazeuse .
- 4.2 Chromatographies en phases liquide et supercritique

5. Conclusion .**P1450*****Chromatographie ionique minérale - Phases stationnaires et méthodes de séparation****Par Eric CAUDRON, Dominique PRADEAU***1. Principe de la séparation d'échange d'ions**

- 1.1 Équilibre d'échange d'ions
- 1.2 Échange d'ions en chromatographie .
- 1.3 Rétention des ions .

2. Phases stationnaires en chromatographie ionique

- 2.1 Structure et composition chimique de l'échangeur
- 2.2 Groupements fonctionnels de l'échangeur .
- 3. Phase mobile .**
- 3.1 Nature chimique de l'éluant pour une détection en conductimétrie.
- 3.2 Caractéristiques de l'éluant.
- 4. Évolutions.**
- 4.1 Colonnes .
- 4.2 Autres modes de séparation .
- 5. Outils de modélisation**
- 6. Conclusion**

P1451

Chromatographie ionique minérale - Méthodes de détection

Par *Eric CAUDRON, Dominique PRADEAU*

- 1. Généralités .**
- 2. Conductimétrie .**
- 2.1 Principe .
- 2.2 Détection sans suppression d'ions.
- 2.3 Détection avec suppression de la conductivité de l'éluant
- 2.4 Comparaison de la détection avec et sans supprimeur chimique
- 3. Détecteurs électrochimiques**
- 3.1 Détecteurs ampérométriques et coulométriques
- 3.2 Détecteurs polarographiques
- 3.3 Détecteurs potentiométriques
- 4. Méthodes de détection spectroscopiques**
- 4.1 Réfractométrie
- 4.2 Spectrophotométrie UV-visible (200 à 800 nm)
- 4.3 Fluorescence.
- 4.4 Chimiluminescence .
- 5. Méthodes de détection spectrale avec couplage**
- 5.1 Techniques de couplage spectrométrique atomique .
- 5.2 Techniques de couplage à la spectrométrie de masse.
- 6. Conclusion**

P1473

Chromatographie planaire. Partie

Par *Antoine Michel SIOUFFI, Chantal DAUPHIN, Dominique PRADEAU*

- 1. Processus chromatographique.**
- 1.1 Comparaison de la chromatographie liquide sur colonne et de la chromatographie planaire .
- 1.2 Domaine d'application de la chromatographie planaire
- 2. Mise en œuvre d'une chromatographie planaire**
- 2.1 Géométrie de la couche de phase stationnaire.
- 2.2 Dépôt de l'échantillon
- 2.3 Développement des plaques
- 2.4 Méthodes de développement en chromatographie sur couche mince.
- 2.5 Systèmes à flux forcé
- 3. Grandeurs fondamentales en chromatographie planaire .**
- 3.1 Caractéristiques de rétention
- 3.2 Efficacité .
- 4. Combinaisons phase stationnaire/phase mobile : mécanismes de rétention .**
- 4.1 Généralités .
- 4.2 Chromatographie d'adsorption sur gel de silice.



- 4.3 Chromatographie d'adsorption sur alumine.
 - 4.4 Chromatographie sur cellulose et dérivés
 - 4.5 Chromatographie sur polyamide .
 - 4.6 Chromatographie sur silice greffée apolaire.
 - 4.7 Chromatographie sur phases greffées polaires
 - 4.8 Chromatographie d'échange d'ions et d'appariement d'ions .
 - 4.9 Séparation d'énantiomères
 - 4.10 Nature chimique des liants .
 - 4.11 Auto chromatographie d'un mélange de solvants. Démixion
- Chromatographie planaire : Partie .**

P1474**Chromatographie planaire. Partie**

Par **Antoine Michel SIOUFFI, Chantal DAUPHIN, Dominique PRADEAU**

- 1. Détection visuelle**
- 2. Analyse quantitative par densitométrie**
 - 2.1 Considérations théoriques
 - 2.2 Instrumentation .
 - 2.3 Mise en œuvre de la mesure densitométrique .
 - 2.4 Paramètres du signal.
 - 2.5 Détection Par ionisation de flamme.
 - 2.6 Mesures de solutés radioactifs.
 - 2.7 Analyse d'image : vidéo densitométrie
 - 2.8 Couplages avec la spectroscopie .
- 3. Formation de dérivés pré- ou post chromatographie .**
- 4. Courbes de calibrage**
- 5. Conclusion .**

P1476**Chromatographie planaire : applications**

Par **Dominique PRADEAU, Chantal DAUPHIN**

- 1. Étude de substances naturelles.**
 - 1.1 La chromatographie en couche mince et les plantes .
 - 1.2 La chromatographie en couche mince et les micro-organismes.
 - 2. Interactions contenant/contenu**
 - 3. Toxicologie d'urgence à l'hôpital**
 - 3.1 Méthodologie analytique standard
 - 3.2 Apport de la chromatographie couche mince pressurisée
 - 4. Application à la recherche de traces d'explosifs après attentat**
 - 4.1 Traitement des prélèvements .
 - 4.2 Étapes analytiques de caractérisation .
 - 4.3 Systèmes chromatographiques utilisés en CCMHP .
 - 4.4 Modes de détection.
 - 4.5 Conclusion
 - 5. Produits pharmaceutiques**
- Références bibliographiques .

P1496**Chromatographie de partage centrifuge - Principes et applications**

Par **Karine FAURE**

- 1. Principe de la technique**
 - 1.1 Principe chromatographique .
 - 1.1.1 Coefficient de Partage
 - 1.1.2 Migration du soluté



2. Instrumentation actuelle et industrialisation .

- 2.1 Instruments hydrodynamiques CCC .
- 2.2 Instruments hydrostatiques CPC .
- 2.3 Transfert d'échelle

3. Différents modes d'utilisation.

- 3.1 Éluion, extrusion et gradient.
 - 3.1.1 Éluion isocratique et gradient
 - 3.1.2 Éluion-extrusion
- 3.2 Chromatographie de déplacement ou *pH-zone refining* .
- 3.3 Multiple dual mode.

4. Domaines d'application.

- 4.1 CPC : une technique préparative .
- 4.2 Produits naturels végétaux
- 4.3 Produits de synthèse
- 4.4 Biotechnologies.

5. Conclusion.**6. Glossaire****J2787*****Chromatographie de Partage centrifuge - Mise en œuvre, modélisation et changement d'échelle****Par Luc MARCHAL, Jean-Hugues RENAULT, Sébastien CHOLLET***1. Chromatographie liquide sans support solide. J87 -**

- 1.1 Principe de la technique
- 1.2 Choix des deux phases liquides .

2. Hydrodynamique et efficacité chromatographique .

- 2.1 Régimes d'écoulements
- 2.2 Rétention de la phase stationnaire.
- 2.3 Efficacité chromatographique.

3. Modes de fonctionnement et modélisation

- 3.1 Mode éluion
- 3.2 Mode déplacement

4. Dimensionnement de colonne

- 4.1 Chimie et thermodynamique
- 4.2 Hydrodynamique et transfert
- 4.3 Définition des dimensions de la colonne.

5. Exemple d'application et changement d'échelle

- 5.1 Purification d'alcaloïdes d'intérêt pharmaceutique extraits de la pervenche de Madagascar (*Catharanthus roseus*)
- 5.2 Développement de la séparation à l'échelle (laboratoire).
- 5.3 Transposition de la séparation à l'échelle (pilote industriel)

6. Perspectives**7. Conclusion .****8. Glossaire.****P1487*****Couplage CG/SM/SM .****Par Michel SABLIER***1. Concepts et définitions**

- 1.1 Principe de la spectrométrie de masse tandem SM/SM.
- 1.2 Définitions.
- 1.3 Couplage.

2. Instrumentation pour le couplage CG-SM/SM .

- 2.1 Spécificités du couplage CG-SM/SM et du balayage du rapport m/z
- 2.2 Évolution instrumentale du couplage CG-SM/SM



- 2.3 Types d'appareils .
- 2.4 Processus de collision .
- 2.5 Méthodes d'ionisation .
- 3. Intérêt du couplage CG-SM/SM**
- 3.1 Comparaison entre couplage CG-SM/SM et analyse en tandem SM/SM
- 3.2 Couplage CG-SM/SM comparé au couplage CL-SM/SM
- 3.3 Approche alternative au couplage CG-SM/SM : CG-HRMS .
- 3.4 Approche alternative au couplage CG-SM/SM : CGxCG-TOFMS
- 3.5 Traitement des données pour l'identification des composés
- 4. Domaines d'applications du couplage CG-SM/SM**
- 4.1 Exemple de l'analyse des pesticides et de leurs résidus
- 4.2 Exemple de l'analyse des métabolites de HAP .
- 5. Conclusion et perspectives .**
- 6. Glossaire .**

P1488

Couplage chromatographie en phase gazeuse / olfactométrie

Par **Xavier FERNANDEZ, Katharina BREME, Vincent VARLET**

- 1. Présentation de l'instrument**
- 2. Évaluateurs.**
- 3. Extraction et Préparation des échantillons**
- 4. Représentativité des extraits**
- 5. Méthodes d'analyse.**
- 6. Traitement des données .**
- 7. Applications.**
- 8. Systèmes de GC/O préparative.**
- 9. Conclusions et perspectives .**
- 10. Liste des acronymes**

P1489

Chromatographie en phase gazeuse à deux dimensions : GC-GC et GCxGC

Par **Xavier FERNANDEZ, Jean-Jacques FILIPPI, Maud JEANVILLE**

- 1. Introduction à la chromatographie gazeuse bidimensionnelle.**
- 2. Historique : de la GC-GC à la GCxGC**
- 3. GC-GC ou chromatographie en phase gazeuse bidimensionnelle Par « heart-cutting »**
- 4. GCxGC ou chromatographie en phase gazeuse bidimensionnelle intégrale**
- 5. GC-heart cut versus GCxGC : un choix nécessaire ou une complémentarité ? .**
- 6. Conclusions et perspectives .**

P1490

Couplages chromatographiques avec la spectrométrie de masse. I

Par **Patrick ARPINO**

- 1. Situation actuelle.**
- 2. Architectures des couplages**
 - 2.1 Classique, source d'ions sous vide
 - 2.2 Moderne, source à pression atmosphérique
- 3. Méthodes chromatographiques concernées**
 - 3.1 Problèmes liés aux phases chromatographiques .
 - 3.2 Question d'un détecteur chromatographique auxiliaire
- 4. Conditions de vide dans le spectromètre de masse**



- 4.1 Dispositif classique de pompage du vide
- 4.2 Influence de la nature des gaz évacués .
- 4.3 Ensembles à ligne unique de pompage du vide.
- 4.4 Ensembles à multiples lignes de pompage du vide (pompage différentiel) et source d'ions sous vide .
- 4.5 Ensembles à pompage différentiel et source sous vide intermédiaire (*thermospray*)
- 4.6 Ensembles à multiples lignes de pompage du vide avec source à pression atmosphérique
- 4.6.1 Interface de raccordement à la méthode séparative .
- 4.6.2 Chambre à pression atmosphérique.
- 4.6.3 Zones d'échantillonnage et de dissociation des clusters. Collisions induites dans la source.
- 4.6.4 Zones de guidage .
- 5. Méthodes d'ionisation en spectrométrie de masse .**
- 5.1 Méthode d'ionisation dure : l'ionisation électronique (EI).
- 5.2 Méthodes d'ionisation douces (CI, APCI, ESI).
- 6. Analyseurs de masses**
- 7. Détecteurs d'ions.**
- 8. Informatique de pilotage et de dépouillement des données.**
- 8.1 Restitution de l'information chromatographique .
- 8.1.1 Balayages répétés de spectres complets
- 8.1.2 Détection sélective d'un ou plusieurs ions (SIM)
- 8.1.3 Détection sélective d'une transition métastable (SRM, MRM) .
- 8.2 Algorithmes de purification des spectres de masse.
- 8.3 Déconvolution de signaux chromatographiques insuffisamment séparés Par la colonne
- 8.4 Analyse qualitative. Identification
- 8.5 Analyse quantitative. Dosage.
- 9. Conclusion .**
- Références bibliographiques .**

P1491

Couplages chromatographiques avec la spectrométrie de masse. II

Par **Patrick ARPINO**

1. Débits de gaz délivrés Par la chromatographie en phase gazeuse .

2. Séparateurs moléculaires

- 2.1 Effusion au travers d'une Paroi poreuse
- 2.2 Séparateur à jets moléculaires .
- 2.3 Séparateur à membrane

3. Couplage en ligne directe, sans Séparateur .

- 3.1 Couplage étanche
- 3.2 Couplage ouvert.

4. Préparation des échantillons

- 4.1 Traitements préalables
- 4.2 Accroissement de la volatilité et de la stabilité en phase gazeuse des échantillons

5. Analyses quantitatives .

- 5.1 Principes de la détection .
- 5.2 Limites inférieures de détection et de quantification
- 5.3 Calibrage absolu : étalonnage externe.
- 5.4 Calibrage relatif : étalonnage interne .
- 5.5 Dosages Par la méthode des ajouts dosés

6. Analyses qualitatives

- 6.1 Recherche aléatoire de molécules a priori inconnues
- 6.2 Recherche ciblée

7. Quelques développements récents et applications sélectionnées .

8. Conclusion



P1492***Couplages chromatographiques avec la spectrométrie de masse. III****Par Patrick ARPINO***1. Couplages LC-MS anciens**

- 1.1 Systèmes avec évaporation totale du solvant.
- 1.2 Méthodes directes

2. Caractéristiques générales des couplages LC-MS actuels .

- 2.1 Chambre d'ions à pression atmosphérique (API) .
- 2.2 Position des nébuliseurs .
- 2.3 Zone d'échantillonnage .
- 2.4 Optique de guidage .
- 2.5 Collisions dans la source (*in-source CID*)

3. Méthodes d'ionisation en phase gazeuse à pression atmosphérique

- 3.1 Source APCI
- 3.2 Source APPI

4. Conclusion**P3872*****Couplage HPLC-ICP-MS et application à la spéciation .****Par Martine POTIN-GAUTIER, Corinne CASIOT***1. Intérêt du couplage HPLC-ICP-MS.****2. Instrumentation**

- 2.1 Chromatographie liquide haute performance.
- 2.2 ICP-MS
- 2.3 Couplage HPLC-ICP-MS.

3. Principale application de l'HPLC-ICP-MS : la spéciation

- 3.1 Spéciation redox
- 3.2 Formes alkylées des métaux et métalloïdes .
- 3.3 Composés de masse moléculaire élevée
- 3.4 Spéciation multiélémentaire.

4. Conclusion .**P3350*****Électrospray****Par Bertrand MONÉGIER***1. Principe**

- 1.1 Description de l'interface .
- 1.2 Mécanismes d'ionisation .
- 1.3 Particularités de l'électrospray

2. Interprétation des spectres

- 2.1 Espèces multichargées
 - 2.1.1 Calcul de la masse moléculaire
 - 2.1.2 Précision de la mesure
 - 2.1.3 Spectres SM/SM d'ions multichargés .
- 2.2 Espèces monochargées .

3. Applications .

- 3.1 Étude des biomolécules.
- 3.2 Couplage avec les différentes techniques chromatographiques .
 - 3.2.1 Chromatographie liquide
 - 3.2.2 Électrophorèse capillaire
- 3.3 Application à la chimie combinatoire .

4. Conclusion

P1510**Analyse Par injection en flux continu (FIA) .**Par **Stéphane BLAIN****1. Bases théoriques et principes de l'analyse en flux continu constant**

- 1.1 Définitions
- 1.2 Transport et dispersion de l'échantillon
- 1.3 Paramètres de la dilution-dispersion de l'échantillon en FIA
 - 1.3.1 Définitions .
 - 1.3.2 Hauteur de pic et volume injecté.
 - 1.3.3 Géométrie du Parcours et débit
 - 1.3.4 Dispersion et fréquence d'injection
 - 1.3.5 Règles d'utilisation du phénomène de dispersion de l'échantillon

2. Instrumentation

- 2.1 Pompe.
- 2.2 Injecteur et modes d'injection
- 2.3 Réacteur (manifold).
- 2.4 Détecteur et enregistreur
- 2.5 Appareillages de FIA disponibles.

3. Applications à l'analyse.

- 3.1 Typologie des méthodes d'analyse en flux continu .
 - 3.1.1 Facteur de dilution
 - 3.1.2 Processus réactionnels.
- 3.2 Modes de mesure
- 3.3 Exemples d'analyses en flux continu.
 - 3.3.1 Réactions chimiques.
 - 3.3.2 Réactions enzymatiques
 - 3.3.3 Méthodes *séparatives*
- 3.4 Analyse à injection séquentielle (SIA) .
- 3.5 Analyse avec préconcentration
- 3.6 Utilisation de la FIA *in situ*

4. Conclusions .**P1525****Dialyse.**Par **Jean PASTOR, Anne-Marie PAULI****1. Théorie.**

- 1.1 Concentration du soluté dans le rétentat .
- 1.2 Diffusion du soluté à travers la membrane

2. Appareillage .

- 2.1 Membranes.
 - 2.1.1 Nature.
 - 2.1.2 Présentation et propriétés
- 2.2 Dialyseurs
 - 2.2.1 Appareils
 - 2.2.2 Techniques .

3. Applications de la dialyse

- 3.1 Biochimie
- 3.2 Analyse
 - 3.2.1 Méthodes générales
 - 3.2.2 Analyse alimentaire.
 - 3.2.3 Analyse biologique
- 3.3 Liaison des médicaments aux protéines
- 3.4 Applications industrielles
- 3.5 Hémodialyse .
 - 3.5.1 Théorie .
 - 3.5.2 Appareils



4. Conclusion

Références bibliographiques

P1420***Extraction sur phase solide pour l'analyse de composés organiques.***Par *Valérie PICHON*

1. Extraction sur phase solide.
2. Mode de couplage
3. Rendements d'extraction et analyse quantitative
4. Volume de fin de fixation.
5. Présentation des supports conventionnels
6. Nouveaux supports pour une extraction plus sélective .
7. Domaines d'applications de l'extraction sur phase solide
8. Méthodes d'extraction non exhaustives .
9. Conclusions et perspectives.

P1430***Microextraction en phase solide (SPME)***Par *Gwenola BURGOT, Fernand PELLERIN*

1. Présentation de la SPME et Comparaison avec d'autres méthodes .
2. Résumé des bases théoriques
 - 2.1 Aspect thermodynamique : étude de l'équilibre [7] [13] [17] [24] .
 - 2.1.1 Fibre en immersion dans une matrice homogène liquide ou gazeuse.
 - 2.1.2 Extraction à *Partir* de l'espace de tête.
 - 2.1.3 Microextraction en phase solide avec membrane de protection [12]
 - 2.1.4 Estimation des constantes d'équilibre
 - 2.2 Aspects cinétiques.
 - 2.2.1 Immersion .
 - 2.2.2 Espace de tête .
3. Mise en œuvre de la microextraction en phase solide
 - 3.1 Description du système.
 - 3.2 Étude du revêtement des fibres .
 - 3.2.1 Nature du revêtement
 - 3.2.2 Dépôt du revêtement
 - 3.3 Modalités pratiques de mise en œuvre .
 - 3.3.1 Phase d'adsorption.
 - 3.3.2 Désorption : description des interfaces
 - 3.3.3 Méthodes d'étalonnage .
4. Optimisation de la microextraction en phase solide.
 - 4.1 Sélection du mode d'extraction .
 - 4.2 Sélection de la nature et de l'épaisseur du revêtement de la fibre.
 - 4.3 Mise en œuvre d'une étape de dérivation.
 - 4.4 Optimisation du temps d'extraction
 - 4.5 Optimisation du rendement d'extraction
 - 4.6 Optimisation de la désorption
5. Avantages et inconvénients
6. Applications
7. Conclusion .

Références bibliographiques .



P3365**Électrophorèse capillaire - Principe***Par Myriam TAVERNA, Isabelle LE POTIER, Philippe MORIN***1. Principe général et grandeurs fondamentales**

1.1 Électromigration

1.2 Electroosmose .

1.3 Efficacité .

1.4 Résolution

2. Principaux modes de l'électrophorèse capillaire

2.1 Électrophorèse capillaire libre ou de zone

2.1.1 Principe

2.1.2 Paramètres

2.2 Chromatographie électrocinétique micellaire (CEM) .

2.2.1 Principe

2.2.2 Paramètres

2.3 Électrochromatographie capillaire .

2.3.1 Principe

2.3.2 Colonnes

2.3.3 Paramètres

2.3.4 Applications

2.4 Électrophorèse capillaire en gel (ECG)

2.4.1 Principe

2.4.2 Mécanismes

2.4.3 Paramètres

2.4.4 Applications à la séparation de protéines

2.5 Isoélectrofocalisation capillaire

2.5.1 Principe

2.5.2 Méthodes Particulières.

2.5.3 Exemples de séparations .

Références bibliographiques .**P3367****Électrophorèse capillaire - Applications***Par Myriam TAVERNA, Isabelle LE POTIER, Philippe MORIN***1. Analyse des ions**

1.1 Cations inorganiques

1.2 Anions organiques et inorganiques.

2. Séparations chirales

2.1 Sélecteurs chiraux .

2.2 Principe.

2.3 Exemples de séparations

3. Acides aminés, peptides et (glyco)protéines .

3.1 Acides aminés

3.2 Peptides et (glyco)protéines .

4. Oligosaccharides et polysaccharides .

4.1 Oligosaccharides

4.2 Polysaccharides .

Références bibliographiques .**P3366****Électrophorèse capillaire - Appareillage***Par Agnès HAGÈGE, Thi Ngoc Suong HUYNH***1. Aperçu général.****2. Séparation .**

2.1 Supports de séparation

2.1.1 Capillaires .



- 2.1.2 Puces .
- 2.2 Générateurs de haute tension
- 2.3 Thermorégulation .
- 3. Injection .**
- 3.1 Injection hydrodynamique .
- 3.2 Injection électrocinétique .
- 3.3 Préconcentration *Par stacking*
- 4. Détection .**
- 4.1 Détection optique
- 4.1.1 UV
- 4.1.2 Fluorescence.
- 4.2 Détection électrochimique .
- 4.2.1 Conductimétrie.
- 4.2.2 Ampérométrie
- 4.3 Spectrométrie de masse.
- 4.3.1 Spectrométrie de masse moléculaire.
- 4.3.2 Spectrométrie de masse élémentaire ICP-MS.
- 5. Conclusion.**

P1415**Décantation Filtration**Par **Gwenola BURGOT****1. Décantation et filtration dans les processus analytiques** P15v2 -**2. Décantation**

- 2.1 Décantation solide-liquide.
- 2.2 Décantation de deux phases liquides non miscibles
- 2.3 Matériel pour la décantation .

3. Filtration .

- 3.1 Classification
- 3.1.1 En fonction de la taille moyenne des *Particules* à retenir Par le filtre .
- 3.1.2 En fonction du mode de passage du fluide
- 3.2 Mécanismes de la filtration .
- 3.3 Caractérisations des filtres
- 3.4 Matériel .
- 3.4.1 Media filtrants .
- 3.4.2 Supports
- 3.4.3 Critères de choix .
- 3.4.4 Contrôles d'efficacité
- 3.5 Domaines d'applications .

4. Conclusion**P3350****Électrospray**Par **Bertrand MONÉGIER****1. Principe**

- 1.1 Description de l'interface .
- 1.2 Mécanismes d'ionisation .
- 1.3 Particularités de l'électrospray

2. Interprétation des spectres

- 2.1 Espèces multichargées
- 2.1.1 Calcul de la masse moléculaire
- 2.1.2 Précision de la mesure
- 2.1.3 Spectres SM/SM d'ions multichargés .
- 2.2 Espèces monochargées .

3. Applications .

- 3.1 Étude des biomolécules.
- 3.2 Couplage avec les différentes techniques chromatographiques .
 - 3.2.1 Chromatographie liquide
 - 3.2.2 Électrophorèse capillaire
- 3.3 Application à la chimie combinatoire .
- 4. Conclusion

S4/24844

Études de structure et caractérisation

P1075

Résolution d'une structure cristalline Par rayons X.

Par Yves JEANNIN

1. Enregistrement des intensités de diffraction.

- 1.1 Choix du cristal.
- 1.2 Méthodes de mesure .

2. Calcul du module du facteur de structure

- 2.1 Principe de la mesure.
- 2.2 Corrections d'absorption .
 - 2.2.1 Méthode d'Euler
 - 2.2.2 Méthode DIFABS .
 - 2.2.3 Méthode du balayage en PSI dite encore du « PSI scan ».
- 2.3 Problème de la phase.

3. Fonction de Patterson.

- 3.1 Expression mathématique.
- 3.2 Signification physique .
- 3.3 Considérations pratiques : méthode de l'atome lourd

4. Méthodes directes

- 4.1 Introduction théorique .
- 4.2 Méthode de la multiresolution .
- 4.3 Exemple de résolution d'une structure

5. Dépouillement de la structure

- 5.1 Repérage des atomes lourds.
- 5.2 Facteur de fiabilité.
- 5.3 Introduction des atomes d'hydrogène .

6. Affinement des Paramètres Par moindres carrés

- 6.1 Principe
- 6.2 Application

7. Facteurs de température

- 7.1 Atomes traités indépendamment les uns des autres
- 7.2 Molécule rigide.
- 7.3 Remarques

8. Désordre et micromaillage.

- 8.1 Désordre statique .
- 8.2 Désordre dynamique
- 8.3 Micromaillage .

9. Extinctions primaire et secondaire

10. Détermination d'une configuration absolue.

P1076

Détermination de structure cristalline Par rayons X : méthodes numériques

Par Yves JEANNIN

1. Problème posé Par la résolution d'une structure cristalline

2. Enregistrement des données.

- 2.1 Choix du cristal.
- 2.2 Centrage du cristal sur le diffractomètre
- 2.3 Recherche automatique de la maille



- 2.4 Affinement des Paramètres de maille
- 2.5 Analyse critique du résultat.
- 3. Étapes d'une détermination de structure cristalline**
- 3.1 Mise en forme et traitement des données brutes de l'expérience.
- 3.2 Première recherche de la position des atomes ou d'une Partie des atomes
- 3.3 Affinement de la position des atomes et poursuite de la résolution.
- 3.4 Exemple de résolution Par les méthodes directes
- 3.5 Affinement final
- 4. Conclusion**

P1080**Caractérisation de solides cristallisés Par diffraction X***Par Norbert BROLL***1. Principe de la diffraction des poudres .**

- 1.1 Théorie de la diffraction des rayons X
- 1.2 Direction du faisceau diffracté.
- 1.3 Intensité des raies diffractées

2. Méthodes expérimentales de diffraction des poudres

- 2.1 Chambres photographiques
- 2.2 Diffractomètres de poudres.
- 2.3 Diffractométrie rapide
- 2.4 Diffractomètres pour échantillons en faible quantité
- 2.5 Préparation des échantillons.
- 2.6 Enregistrement et exploitation des diffractogrammes .

3. Identification des phases

- 3.1 Description des fichiers
- 3.2 Méthodes d'identification de phases
- 3.3 Limites des méthodes de recherche de phases.

4. Analyse quantitative

- 4.1 Effets de matrice.
- 4.2 Échantillons polymorphes.
- 4.3 Méthodes avec étalon

5. Applications cristallographiques .

- 5.1 Indexation des diagrammes de poudres
- 5.2 Détermination précise des Paramètres du réseau cristallin .
- 5.3 Taille des cristallites et microcontraintes .

6. Mesure des contraintes résiduelles. Tensions internes.

- 6.1 Macrocontraintes et microdéformations
- 6.2 Théorie
- 6.3 Techniques expérimentales.
- 6.4 Applications

7. Étude des orientations préférentielles .

- 7.1 Représentation des textures cristallographiques
- 7.2 Fonction de distribution des orientations
- 7.3 Figures de pôles directes.
- 7.4 Figures de pôles inverses

P1085**Caractérisation des surfaces et des matériaux stratifiés****Par rayons X***Par Pierre DHEZ***1. Conditions d'emploi des rayons X pour l'étude des surfaces et interfaces**

- 1.1 Indice optique
- 1.2 Importance et rôle de l'angle critique



2. Couches superficielles : couches de passage et rugosités
 3. Couche unique déposée sur un substrat.
 4. Couches multiples .
 5. Analyse chimique et étude de texture des couches
 - 5.1 Emploi de la diffraction.
 - 5.1.1 Couches amorphes, couches microcristallines
 - 5.1.2 Couches cristallines et épitaxiées .
 - 5.2 Emploi de la fluorescence, des photoélectrons et des méthodes EXAFS
 6. Conclusions .
- Références bibliographiques .

P1092***Application de la RMN à la détermination des structures****Par Nicole PLATZER*

1. Généralités. Techniques disponibles.
 2. Stratégie générale .
 3. Molécules de synthèse .
 4. Biomolécules.
 5. Conclusion .
- Références bibliographiques .

P1095***Diffraction et spectrométrie des neutrons****Par Jean-Pierre COTTON*

1. Rappels théoriques.
 - 1.1 Diffusion nucléaire .
 - 1.2 Diffusion magnétique.
 - 1.3 Réflectivité des neutrons .
2. Appareillage .
 - 2.1 Spectromètres destinés aux études statiques .
 - 2.2 Spectromètres destinés aux études dynamiques
3. Applications principales.
 - 3.1 Études dans l'approximation statique
 - 3.1.1 Diffraction nucléaire
 - 3.1.2 Diffraction magnétique .
 - 3.1.3 Diffusion aux petits angles .
 - 3.1.4 Applications diverses
 - 3.1.5 Réflectométrie
 - 3.2 Études dynamiques
 - 3.2.1 Phonons .
 - 3.2.2 Magnons
 - 3.2.3 Dynamique moléculaire
 - 3.2.4 Systèmes désordonnés.
4. Conditions expérimentales

P1097***Polymorphisme - Origine et méthodes d'étude****Par Michel BAUER*

1. Définitions
 - 1.1 Polymorphisme et allotropie
 - 1.2 Hydrates/solvates (pseudopolymorphisme) .
 - 1.3 Habitus ou faciès d'une Particule solide
 - 1.4 Agglomération/agrégation
2. Éléments sommaires de cristallographie
3. Origine physique du polymorphisme
4. Éléments de thermodynamique .



- 4.1 Étude du phénomène Par analyse calorimétrique différentielle .
- 4.2 Règles de Burger et Ramberger .
- 4.3 Représentation dans le diagramme (p, T)
- 5. Polymorphisme et réactivité physico-chimique d'une molécule à l'état solide.**
- 6. Cas des solvates/hydrates (pseudopolymorphisme).**
 - 6.1 Considérations générales .
 - 6.2 Classification des hydrates .
 - 6.3 Quelques exemples.
- 7. Méthodes d'études du polymorphisme .
 - 7.1 Principales techniques.
 - 7.2 Commentaires
- 8. Cas des molécules contenant des carbones asymétriques .**
- 9. Méthodes d'obtention (criblage polymorphique)**

P1098***Polymorphisme - Conséquences en pharmacie****Par Michel BAUER*

- 1. Conséquences essentielles du polymorphisme dans le domaine pharmaceutique**
 - 1.1 Polymorphisme / cinétique de dissolution et biodisponibilité
 - 1.2 Polymorphisme et profils de dissolution.
 - 1.3 Polymorphisme et réactivité physico-chimique
 - 1.4 Polymorphisme et fabrication des formes galéniques.
 - 1.4.1 Influence des traitements sur la transformation des solides
 - 1.4.2 Cas des traitements mécaniques
 - 1.5 Exemple concernant une nouvelle molécule en développement .
 - 1.6 Conséquences du faciès et des états d'agrégation.
 - 1.7 Cas des excipients .
- 2. Quelques aspects réglementaires concernant le domaine pharmaceutique**
 - 2.1 Cas des génériques .
 - 2.2 Polymorphisme et brevetabilité .
- 3. Autres domaines d'application**
 - 3.1 Industrie alimentaire .
 - 3.1.1 Beurre de cacao
 - 3.1.2 Margarine
 - 3.2 Pigments et colorants
 - 3.3 Photographie
 - 3.4 Canons à grêle .
- 4. Conclusions générales**

P1110***Détermination des structures D des macromolécules biologiques Par diffraction X. Partie****Par Jean CAVARELLI*

- 1. Présentation générale .**
- 2. Purification des macromolécules biologiques.**
- 3. Cristallisation**
- 4. Enregistrement des données de diffraction .**
 - 4.1 Sources de rayons X
 - 4.2 Détecteurs.
 - 4.3 Méthodes d'enregistrement
 - 4.3.1 Collecte en faisceau monochromatique
 - 4.3.2 Collecte en faisceau polychromatique
 - 4.4 Cryocristallographie.



P1111***Détermination des structures D des macromolécules biologiques Par diffraction X. Partie****Par Jean CAVARELLI*

1. Introduction à la détermination des phases.
2. Méthode de la série isomorphe
3. Utilisation de la diffusion anormale.
4. Remplacement moléculaire .
5. Cartes de densité électronique
6. Affinement d'une structure cristallographique.
7. Validation et contrôle qualité des structures
8. Base de données PDB
9. Détermination des structures à haut débit.
10. Perspectives.

P3215***Introduction à la chimie analytique organique****Par Fernand PELLERIN*

1. Évolution de la chimie analytique organique.
 - 1.1 Point de vue général
 - 1.2 Position de l'organicien.
 - 1.3 Position de l'analyste
2. Orientations de l'analyse organique.
 - 2.1 Analyse élémentaire
 - 2.2 Analyse fonctionnelle
3. Méthodes de l'analyse fonctionnelle
 - 3.1 Méthodes directes .
 - 3.2 Application des réactions chimiques .
4. Plan général de la rubrique analyse organique .
 - 4.1 Analyse élémentaire
 - 4.2 Analyse organique fonctionnelle .
5. Conclusion .

P3226***Réactivité des molécules organiques et stabilité****Par Gwenola BURGOT, Fernand PELLERIN*

1. Évaluation globale de la réactivité. Cinétiques ou réactions chimiques .
2. Procédés d'études de la réactivité
 - 2.1 Influence des radiations lumineuses. Réactions de photolyse.
 - 2.2 Influence de l'oxygène. Réaction d'oxydation
 - 2.3 Influence de l'eau et/ou des solvants. Réaction d'hydrolyse et de solvolysé
 - 2.4 Autres sources potentielles de dégradation. Influence de la matrice .
 - 2.4.1 Réaction de chélation
 - 2.4.2 Convergence de réactions .
 - 2.4.3 Réactivité en milieu solide
3. Méthodes de protection
4. Conclusion
5. Annexe

P3233***Analyse des arômes****Par Xavier FERNANDEZ, Daniel CABROL-BASS*

1. Généralités.
 - 1.1 Définition d'un arôme .
 - 1.2 L'analyse des arômes : pourquoi ? .
 - 1.3 Étapes de l'analyse



2. Extraction des arômes

- 2.1 Extraction Par des solvants.
- 2.2 Techniques de distillation Par la vapeur
- 2.3 Techniques de l'espace de tête.
- 2.4 Désorption thermique directe (DTD)
- 2.5 Systèmes tenant compte de l'influence de la mastication et de la salive
- 2.6 Comparaison de l'efficacité des différentes techniques d'extraction

3. Analyse des composés aromatisants .

- 3.1 Chromatographie en phase gazeuse (GC).
- 3.2 Chromatographie en phase gazeuse à deux dimensions
- 3.3 Les méthodes couplées.
- 3.4 Chromatographie liquide haute performance (HPLC)
- 3.5 Isolement et caractérisation d'un composé aromatisant.

4. Conclusion .

Notations.

P3234

Eaux florales et hydrolats - Obtention, composition, conservation et applications

Par *Xavier FERNANDEZ, Alexandre CASALE*

1. Définitions.

- 2. Notions de botaniques.
- 3. Méthodes d'obtention
- 4. Composition chimique.
- 5. Problème de conservation
- 6. Utilisation des eaux florales et des hydrolats.
- 7. Principales eaux florales et hydrolats et leurs applications.
- 8. Conclusion.
- 9. Glossaire et définitions .

J3300

Analyse des principes actifs et substances réglementées en cosmétique

Par *Xavier FERNANDEZ, Thomas MICHEL, Audrey Kerdudo*

- 1. Réglementation et contrôle qualité des cosmétiques
- 2. Contraintes et problèmes de l'analyse
- 3. Méthodes d'extraction et Préparation d'échantillon
- 4. Méthodes d'analyses
- 5. Conclusion.
- 6. Glossaire Définitions.

P3255

Analyse fonctionnelle Par colorimétrie et fluorimétrie

Par *Gwenola BURGOT, Fernand PELLERIN*

- 1. Présentation des techniques
- 2. Analyse fonctionnelle.
 - 2.1 Alcools
 - 2.2 Phénols.
 - 2.3 Composés carbonyles .
 - 2.4 Acides carboxyliques et dérivés.
 - 2.5 Groupements fonctionnels azotés .
- 3. Développements récents .
 - 3.1 Acide barbiturique.
 - 3.2 Malondialdéhyde .
 - 3.3 Mises au point de sondes colorimétriques pour la détection d'oses
 - 3.4 Test de cytotoxicité ou MTT



P3270**Chimie combinatoire**Par **Romuald BAUELLE**

- 1. Principe de la chimie combinatoire**
 - 2. Synthèse en mélange versus synthèse en parallèle.**
 - 2.1 Synthèse en mélange
 - 2.1.1 Principe
 - 2.1.2 Déconvolution .
 - 2.1.3 Désavantages des mélanges .
 - 2.2 Synthèse parallèle .
 - 3. Synthèse sur support solide versus synthèse en phase homogène.**
 - 3.1 Synthèse sur support solide .
 - 3.1.1 Principe
 - 3.1.2 Méthode D.C.R. (« Divide, Couple, Recombine »)
 - 3.1.3 Stratégie des « Tags » .
 - 3.1.4 Limitations de la synthèse sur support solide.
 - 3.2 Synthèse en phase homogène .
 - 4. Chimie .**
 - 4.1 Les différents types de chimiothèques
 - 4.1.1 Dimérisation
 - 4.1.2 Oligomérisation
 - 4.1.3 « Template ».
 - 4.1.4 Condensations de plusieurs monomères .
 - 4.2 Les différents types de réactions chimiques disponibles.
 - 4.2.1 Bilan technologique
 - 4.2.2 Bilan chimique.
 - 5. Analytique**
 - 6. Diversité**
 - 7. Processus de découverte d'un nouveau médicament .**
 - 8. Bilan biologique des techniques combinatoires**
 - 9. Autres domaines d'application**
 - 9.1 Biologie combinatoire .
 - 9.2 Applications aux matériaux
 - 10. Conclusion**
- Références bibliographiques .

P3280**Chimie médicinale - Structure et activité du médicament**Par **Serge KIRKIACHARIAN**

- 1. Étapes de la découverte médicamenteuse**
- 2. Méthodes d'étude qualitatives des relations entre la structure et l'activité (RSA)**
 - 2.1 Analogues structuraux .
 - 2.2 Isostérie .
 - 2.3 Bio-isostérie.
 - 2.4 Homologues et vinylogues
 - 2.5 Modélisation moléculaire.
- 3. Précurseurs et métabolites**
- 4. Recherches initiées Par les connaissances acquises sur les récepteurs**
- 5. Inhibiteurs d'enzymes**
 - 5.1 Inhibiteurs enzymatiques d'agents pathogènes chez l'homme
 - 5.2 Inhibiteurs d'enzymes humains.1
- 6. Médicaments agissant Par l'intermédiaire de canaux ioniques**
- 7. Relations quantitatives entre la structure et l'activité**
- 8. Stéréo-isomérisation et médicaments**



- 8.1 Généralités
- 8.2 Isométrie géométrique (cis - trans ou Z - E)
- 8.3 Énantiomérie (chiralité)
- 9. Modifications physico-chimiques d'un médicament**
- 10. Profils pharmacocinétiques .**
- 11. Conclusion**

PHA1010 *Pharmacométrie*

Par **Caroline BAZZOLI, Julie BERTRAND, Emmanuelle COMETS**

- 1. Données .**
 - 1.1 Données longitudinales
 - 1.2 Exemple de travail
- 2. Modèles non-linéaires à effets mixtes**
 - 2.1 Modèles PK/PD
 - 2.2 Modèles à effets mixtes .
- 3. Méthodes d'estimation**
 - 3.1 Méthodes fréquentistes
 - 3.2 Méthodes bayésiennes.
 - 3.3 Erreurs d'estimation .
 - 3.4 Estimation des *Paramètres* individuels.
 - 3.5 Logiciels d'estimation des *Paramètres* .
 - 3.6 Application à l'exemple
- 4. Construction et évaluation de modèles**
 - 4.1 Inférence
 - 4.2 Construction de modèles .
 - 4.3 Outils diagnostiques.
- 5. Protocoles .**
 - 5.1 Protocoles de prélèvements
 - 5.2 Calcul de la matrice d'information de Fischer (*MF*)
 - 5.3 Critères et algorithmes d'optimisation .
 - 5.4 Logiciels.
 - 5.5 Application à l'exemple
- 6. Conclusion et perspectives**

PHA1015 *Modélisation moléculaire et conception de nouveaux ligands d'intérêts biologiques*

Par **Ronan BUREAU**

- 1. Analyse conformationnelle**
 - 1.1 Champs de force (mécanique *versus* quantique).
 - 1.2 Espace conformationnel.
- 2. Interactions intermoléculaires : affinité biologique et variation d'énergie libre .**
 - 2.1 Principe physique de l'affinité
 - 2.2 Interactions de bases
 - 2.3 Modèle théorique de la variation d'énergie libre .
 - 2.4 Simplification du problème
- 3. Conception de nouveaux ligands**
 - 3.1 Chimie thérapeutique et modélisation moléculaire.
 - 3.2 Approche basée sur les ligands.
 - 3.3 Approche basée sur la structure de macromolécules .
- 4. Modélisation moléculaire et biologie systémique .**
 - 4.1 Voies de signalisation et dynamique des systèmes biologiques .
 - 4.2 Importance de la sélectivité .
 - 4.3 Ligand pour plusieurs récepteurs
- 5. Conclusion.**



P500**Réfractométrie et interférométrie en analyse chimique**Par **Claude VÉRET**

- 1. Rappels théoriques**
- 2. Métrologie des indices de réfraction .**
 - 2.1 Méthodes de réfraction.
 - 2.1.1 Lois de la réfraction
 - 2.1.2 Les réfractomètres
 - 2.2 Méthodes interférométriques.
 - 2.2.1 Propagation du rayonnement électromagnétique.
 - 2.2.2 Mesures interférométriques des indices de réfraction
- 3. Utilisation en analyse chimique**
 - 3.1 Substances analysables par réfractométrie
 - 3.2 Exemples de mise en œuvre de la réfractométrie
 - 3.2.1 Élaboration de matériaux solides transparents .
 - 3.2.2 Substances liquides et visqueuses .
 - 3.2.3 Milieux gazeux
 - 3.3 Principaux domaines d'application
 - 3.3.1 Industries chimiques et pharmaceutiques .
 - 3.3.2 Analyse médicale
 - 3.3.3 Industries pétrolières et produits pour l'automobile.
 - 3.3.4 Industries agroalimentaires .
 - 3.3.5 Laboratoires de contrôle d'environnement

P595**Caractérisation Par la détermination des masses moléculaires**Par **Claude STRAZIELLE**

- 1. Différents types de méthodes d'analyse .**
 - 1.1 Méthodes colligatives
 - 1.2 Ultracentrifugation .
 - 1.3 Méthodes Particulières
 - 1.4 Diffusion du rayonnement à angle nul.
 - 1.5 Méthodes indirectes.
 - 2. Cas des systèmes mal définis .**
 - 2.1 Systèmes hétérogènes.
 - 2.2 Systèmes présentant des phénomènes d'agrégation.
 - 2.3 Systèmes présentant une distribution de masses.
 - 3. Principales techniques de mesure.**
 - 3.1 Méthodes colligatives
 - 3.2 Ultracentrifugation .
 - 3.3 Méthodes de rayonnement à angle nul
 - 3.4 Méthodes hydrodynamiques
 - 3.5 Possibilités des principales méthodes
 - 4. Quelques problèmes spécifiques de caractérisation**
 - 4.1 Polyoléfines.
 - 4.2 Polydiènes.
 - 4.3 Copolymères.
 - 4.4 Polymères en mélanges de solvants et polymères hydrosolubles
- Index bibliographique.**



S4/24845 Méthodes électrochimiques**P1825****Séparations électrochimiques - Électrodialyse**Par **Rémy AUDINOS****1. Principes**

- 1.1 Description technique
- 1.2 Description électrocinétique
- 1.3 Phénomènes concomitants .
 - 1.3.1 Polarisation
 - 1.3.2 Ionolyse
 - 1.3.3 Électro-osmose
 - 1.3.4 Effet Joule
 - 1.3.5 Dénaturation des membranes

2. Performances.**3. Membranes .**

- 3.1 Membranes chargées.
 - 3.1.1 Caractéristiques des membranes.
 - 3.1.2 Membranes ioniques
- 3.2 Membranes neutres .
- 3.3 Choix des membranes .

4. Électrodialyse préparative statique.

- 4.1 Appareillage
 - 4.1.1 Appareil à une membrane. Applications.
 - 4.1.2 Appareils à deux membranes et plus
- 4.2 Conditions opératoires de l'appareil à deux membranes.
- 4.3 Domaines d'application de l'appareil à deux membranes .
 - 4.3.1 Utilisation de membranes neutres.
 - 4.3.2 Utilisation de membranes ioniques.

5. Électrodialyse préparative dynamique .

- 5.1 Description
- 5.2 Appareillage
- 5.3 Conditions opératoires.
- 5.4 Domaines d'application .
 - 5.4.1 Ajustement du milieu
 - 5.4.2 Purification préalable
 - 5.4.3 Concentration préparatoire
 - 5.4.4 Séparation préliminaire

6. Électrodialyse analytique .

- 6.1 Description
- 6.2 Appareillage. Conditions opératoires.
- 6.3 Domaine d'application.

P3365**Électrophorèse capillaire - Principe**Par **Myriam TAVERNA, Isabelle LE POTIER Philippe MORIN****1. Principe général et grandeurs fondamentales**

- 1.1 Électromigration
- 1.2 Electroosmose .
- 1.3 Efficacité .
- 1.4 Résolution

2. Principaux modes de l'électrophorèse capillaire

- 2.1 Électrophorèse capillaire libre ou de zone
 - 2.1.1 Principe
 - 2.1.2 Paramètres
- 2.2 Chromatographie électrocinétique micellaire (CEM) .
 - 2.2.1 Principe



- 2.2.2 Paramètres
- 2.3 Électrochromatographie capillaire .
 - 2.3.1 Principe
 - 2.3.2 Colonnes
 - 2.3.3 Paramètres
 - 2.3.4 Applications
- 2.4 Électrophorèse capillaire en gel (ECG)
 - 2.4.1 Principe
 - 2.4.2 Mécanismes
 - 2.4.3 Paramètres
 - 2.4.4 Applications à la séparation de protéines
- 2.5 Isoélectrofocalisation capillaire
 - 2.5.1 Principe
 - 2.5.2 Méthodes Particulières.
 - 2.5.3 Exemples de séparations .
- Références bibliographiques .

P3366**Électrophorèse capillaire - Appareillage***Par Agnès HAGÈGE, Thi Ngoc Suong HUYNH***1. Aperçu général.****2. Séparation .**

2.1 Supports de séparation

2.1.1 Capillaires .

2.1.2 Puces .

2.2 Générateurs de haute tension

2.3 Thermorégulation .

3. Injection .

3.1 Injection hydrodynamique .

3.2 Injection électrocinétique .

3.3 Pré concentration par *stacking***4. Détection .**

4.1 Détection optique

4.1.1 UV

4.1.2 Fluorescence.

4.2 Détection électrochimique .

4.2.1 Conductimétrie.

4.2.2 Ampérométrie

4.3 Spectrométrie de masse.

4.3.1 Spectrométrie de masse moléculaire.

4.3.2 Spectrométrie de masse élémentaire ICP-MS.

5. Conclusion.**P3367****Électrophorèse capillaire - Applications***Par Myriam TAVERNA, Isabelle LE POTIER, Philippe MORIN***1. Analyse des ions**

1.1 Cations inorganiques

1.2 Anions organiques et inorganiques.

2. Séparations chirales

2.1 Sélecteurs chiraux .

2.2 Principe.

2.3 Exemples de séparations

3. Acides aminés, peptides et (glyco)protéines .

3.1 Acides aminés

3.2 Peptides et (glyco)protéines .

4. Oligosaccharides et polysaccharides .

- 4.1 Oligosaccharides
- 4.2 Polysaccharides .
- Références bibliographiques .

P2125***Voltampérométrie sur électrode solide - Introduction****Par Fethi BEDIQUI*

- 1. Définitions
- 2. Situation de la méthode .
- 3. Notations et symboles

P2126***Voltampérométrie. Théorie et mise en œuvre expérimentale.****Par Fethi BEDIQUI*

- 1. **Caractéristiques courant-potential à une électrode solide .**
 - 1.1 Principe de la production des réactions électrochimiques
 - 1.2 Analyse du transfert électronique simple : loi de Butler-Volmer.
 - 1.3 Transfert électronique simple et intervention du transport de matière : lois de Fick
 - 1.4 Équation d'un voltampérogramme en régime de diffusion convective stationnaire pour un système simple $Ox + ne^- \rightleftharpoons Red$.
 - 1.5 Équation d'un voltampérogramme en régime de diffusion naturelle pure pour un système $Ox + ne^- \rightleftharpoons Red$.
 - 1.6 Équation d'un voltampérogramme cyclique (régime de diffusion pure) pour un système simple $Ox + ne^- \rightleftharpoons Red$
 - 1.7 Méthodes apparentées à la voltampérométrie : chronoampérométrie et chronopotentiométrie
- 2. **Mise en œuvre expérimentale des techniques voltampérométriques**
 - 2.1 Procédure de détermination des voltampérogrammes .
 - 2.2 Électrodes.
 - 2.3 Limitations
- Références bibliographiques .

P2127***Voltampérométrie - Phénomènes préalables ou couplés au transfert électronique****Par Fethi BEDIQUI, Sophie GRIVEAU*

- 1. **Méthodes expérimentales**
- 2. **Changement d'acidité du milieu, formation de complexes et de précipités solides.**
 - 2.1 Effet du changement de l'acidité du milieu : systèmes du type $Ox + mH^+ + ne^- \rightleftharpoons Red$.
 - 2.2 Effets de la formation de complexes
 - 2.3 Effet de la formation de précipités solides : cas des hydroxydes métalliques.
- 3. **Réactions chimiques couplées au transfert de charge et mise en évidence d'intermédiaires réactionnels**
 - 3.1 Étude en régime de diffusion convective stationnaire .
 - 3.2 Étude en régime de diffusion pure .
- 4. **Effets des phénomènes d'adsorption .**
 - 4.1 Cas général .
 - 4.2 Cas où seules les espèces Ox et Red adsorbées sont électroactives et la réaction de transfert de charge est rapide.
 - 4.3 Cas où l'espèce Ox adsorbée est réduite selon une réaction de transfert de charge lente



P2128***Voltampérométrie sur électrode solide Perfectionnement des performances****Par Fethi BEDIQUI, Sophie GRIVEAU***1. Voltampérométries dérivées et/ou à impulsions**

- 1.1 Origine du courant capacitif
- 1.2 Mesure du courant capacitif
- 1.3 Exemples

2. Voltampérométries Par redissolution .

- 2.1 Redissolution anodique
- 2.2 Dissolution cathodique

P2129***Voltampérométrie sur électrode solide - Diverses géométries d'électrode****Par Fethi BEDIQUI, Sophie GRIVEAU***1. Voltampérométrie en couche mince .****2. Voltampérométrie sur électrodes dites modifiées.**

- 2.1 Électrode modifiée Par dépôt d'une monocouche d'espèce électroactive .
- 2.2 Électrode modifiée Par un film polymère

3. Électrode à pâte de graphite à composé électro actif incorporé.

- 3.1 Différentes configurations d'électrode à pâte de graphite .
- 3.2 Allure des courbes volt ampérométriques .

4. Électrode tournante à disque et à anneau .

- 4.1 Description et principe de la méthode
- 4.2 Exemples de réponse de l'électrode anneau.

5. Ultra microélectrodes .

- 5.1 Réalisation d'ultra microélectrodes au laboratoire
- 5.2 Données fondamentales.
- 5.3 Voltampérométrie aux ultramicroélectrodes .
- 5.4 Applications des ultramicroélectrodes .
- 5.5 Instrumentation

P2132***Microscopie électrochimique****Par Fethi BEDIQUI, Sophie GRIVEAU, Alain PAILLERET***1. Principe de fonctionnement de la SECM.****2. Modes d'utilisation de la SECM .**

- 2.1 Mode feedback .
- 2.2 Mode génération/collecte
- 2.3 Mode pénétration.

3. Principales applications de la SECM

- 3.1 Imagerie de surface .
- 3.2 Études de cinétiques réactionnelles .
- 3.3 Études de corrosion .
- 3.4 Étude de systèmes biologiques
- 3.5 Modification localisée de surface (microstructuration)

4. Instrumentation

- 4.1 Appareillage de base .
- 4.2 Sondes SECM.
- 4.3 Positionnement de la sonde pour l'imagerie.



P2133***Couplages électrochimie- microscopies en champ proche****Par Alain PAILLERET, Sophie GRIVEAU, Fethi BEDIQUI*

1. Couplages.
2. Nanolithographie électrochimique en mode *current-sensing* de l'AFM (CS-AFM) .
 - 2.1 Principe de fonctionnement
 - 2.2 Applications du CS-AFM à la nanolithographie Par voie électrochimique
3. **Électrochimie et microscopie à force atomique (AFM).**
 - 3.1 Couplage AFM-sonde électrochimique
 - 3.2 Couplage AFM-contrôle électrochimique du substrat (EC-AFM).
4. **Électrochimie et microscopie à effet tunnel (STM)**
 - 4.1 Couplage STM-sonde électrochimique
 - 4.2 Couplage STM-contrôle électrochimique du substrat (EC-STM).
5. Conclusion

P2135***Polarographie - Techniques polarographiques en analyse****Par Didier HAUCHARD*

1. **Caractéristiques et présentation générale**
 - 1.1 Historique et perspectives : de Heyrovsky à nos jours .
 - 1.2 L'électrode de mercure
 - 1.2.1 Propriétés du mercure
 - 1.2.2 Électrodes à goutte de mercure.
 - 1.2.3 Électrodes à film de mercure .
 - 1.2.4 Manipulation, purification et recyclage du mercure
 - 1.3 Domaines d'électroactivité de l'électrode de mercure .
2. **Domaines d'utilisation des techniques polarographiques en analyse**
 - 2.1 Principe général du tracé des polarogrammes et appareillage .
 - 2.2 Cellule de mesure
 - 2.3 Choix de la technique polarographique en analyse
 - 2.4 Espèces électroactives.
 - 2.4.1 Cas des substances inorganiques .
 - 2.4.2 Cas des substances organiques.
 - 2.5 Électrolytes supports et interférences
3. **Théorie de la polarographie**
 - 3.1 Lois de diffusion appliquées à une électrode de mercure
 - 3.2 Expressions du courant .
 - 3.3 Influence des phénomènes interfaciaux
 - 3.3.1 Courbes électrocapillaires
 - 3.3.2 Courant résiduel et courant capacitif
 - 3.3.3 Maximums polarographiques

P2136***Polarographie - Principes d'application et mise en œuvre des techniques polarographiques****Par Didier HAUCHARD*

1. Conditions d'application des techniques polarographiques .
2. Polarographie classique .
3. Méthodes impulsionnelles en polarographie .
4. Techniques de redissolution en analyse polarographique .
5. Conclusion



P2115**Potentiométrie - Définitions et principes généraux**

Par Gérard DURAND

1. Définitions
2. Activités et concentrations.
3. Cellules électrochimiques
 - 3.1 Montage de la cellule.
 - 3.2 Fonctionnement de la cellule
4. Électrodes de référence
 - 4.1 Électrode à hydrogène.
 - 4.2 Électrode au calomel .
 - 4.3 Électrode argent-chlorure d'argent
5. Électrodes indicatrices .
 - 5.1 Mesure d'un potentiel d'oxydoréduction.
 - 5.2 Mesure d'un potentiel de membrane.
 - 5.3 Dispositifs électrochimiques Particuliers .
6. Mesures potentiométriques à courant nul ou imposé.
 - 6.1 Principe et conditions de mesure .
 - 6.2 Avantages et inconvénients

P2116**Potentiométrie - Mesure du pH ou d'une concentration**

Par Gérard DURAND

1. Mesure du pH.
 - 1.1 Généralités
 - 1.1.1 Définitions
 - 1.1.2 Mesure expérimentale du pH.
 - 1.2 Électrodes indicatrices de pH
 - 1.2.1 Électrode à hydrogène
 - 1.2.2 Électrodes indicatrices de pH du second genre .
 - 1.2.3 Électrode de verre .
 - 1.3 Solutions tampon.
 - 1.3.1 Définition .
 - 1.3.2 Caractéristiques.
 - 1.3.3 Exemples .
2. Mesure d'une concentration d'ion ou de molécule
 - 2.1 Électrodes indicatrices d'ions .
 - 2.1.1 Définitions
 - 2.1.2 Méthodologie
 - 2.2 Différentes électrodes indicatrices .
 - 2.2.1 Électrodes du premier genre
 - 2.2.2 Électrodes de deuxième et troisième genres .
 - 2.2.3 Électrodes à membrane
 - 2.2.4 Électrodes indicatrices de gaz

P2117**Potentiométrie - Dosages et titrages. Caractéristiques analytiques**

Par Gérard DURAND

1. Dosages potentiométriques
 - 1.1 Généralités
 - 1.2 Méthodes utilisables
 - 1.3 Mesures en continu .
2. Titrages potentiométriques.
 - 2.1 Généralités
 - 2.2 Allure des courbes de titrage



2.3 Localisation du point final de la réaction .

3. Caractéristiques analytiques des déterminations potentiométriques

3.1 Domaines d'application.

3.2 Sélectivité .

3.3 Sensibilité, limite de détection

3.4 Précision .

4. Matériels .

4.1 Électrodes pour mesures potentiométriques

4.2 Appareillages

P2175

Chronopotentiométrie

Par **Gérard PICARD, Fouad CHOUAIB, Sylvie SANCHEZ**

1. Bases théoriques

1.1 Signal d'excitation et réponse

1.2 Profils de concentration des espèces électroactives. Temps de transition. Équation de Sand.

1.3 Expressions analytiques des chronopotentiogrammes et critères de réversibilité .

2. Applications analytiques .

2.1 Principes. Généralités

2.2 Analyse chimique

2.3 Caractérisation d'une électrode

2.4 Caractérisation d'un dépôt

2.5 Propriétés thermodynamiques d'un alliage et coefficients d'interdiffusion.

2.6 Natures et stabilités de complexes en milieux réactionnels

2.7 Mécanismes réactionnels .

3. Acquisition et gestion des données .

3.1 Mesures et appareillages

3.2 Traitement informatique des données.

P2220

Microbalance à cristal de quartz.

Par **Thierry PAUPORTÉ, Daniel LINCOT**

1. Principes.

1.1 Généralités .

1.2 Principe de fonctionnement

1.3 Paramètres influençant la fréquence de résonance .

1.3.1 Dépôt de matière

1.3.2 Température

1.3.3 Solution .

1.3.4 Pression et contraintes.

1.4 Dispositifs de mesure

1.4.1 Résonateurs à cristal de quartz .

1.4.2 Montages

1.4.3 Microbalance à cristal de quartz électrochimique .

2. Applications de la MCQ .

2.1 Mesures de vitesse et de rendement faradique de dépôt

2.2 Étude de mécanismes de dépôt électrochimique.

2.3 Étude de phénomènes de dissolution .

2.4 Mesure de la viscosité d'une solution .

2.5 Transport de matière dans des films .

2.6 Mesure de contraintes dans des films.

2.7 Mesure d'angle de contact .

2.8 Étude de la formation de bulles .

2.9 Phénomènes d'adsorption et d'électroadsorption à la surface d'électrodes

2.10 Capteurs piézo-électriques .



3. Conclusions.

S4/24846 Méthodes nucléaires d'analyse**P2550****Détection et mesure des rayonnements nucléaires**Par **Pierre CHEVALLIER****1. Généralités.**

- 1.1 Passage des rayonnements dans la matière.
 - 1.1.1 Ralentissement des *Particules* chargées dans la matière .
 - 1.1.2 Absorption des *Particules* neutres
 - 1.1.3 Énergie moyenne d'ionisation.
- 1.2 Différents types de détecteurs
- 1.3 Utilisation des détecteurs en « courant » ou en « impulsion »
- 1.4 Spectre d'impulsion et spectre d'énergie
- 1.5 Définition et résolution
- 1.6 Efficacité d'un détecteur
- 1.7 Temps mort d'un détecteur.

2. Détecteurs de Particules

- 2.1 Détecteurs utilisés en spectroscopie alpha
 - 2.1.1 Chambre d'ionisation .
 - 2.1.2 Compteur proportionnel .
 - 2.1.3 Détecteurs à semiconducteurs
- 2.2 Détecteurs utilisés en spectroscopie β et X .
 - 2.2.1 Scintillateurs .
 - 2.2.2 Détecteurs à semiconducteurs
- 2.3 Détection des électrons.
 - 2.3.1 Compteur Geiger-Müller
 - 2.3.2 Scintillateurs organiques .
 - 2.3.3 Jonction Si(Li) .
- 2.4 Détection des neutrons .
 - 2.4.1 Détection des neutrons lents .
 - 2.4.2 Détection des neutrons rapides.

3. Électronique associée.

- 3.1 Liaison des différents modules
- 3.2 Préamplificateur.
- 3.3 Amplificateur
 - 3.3.1 Rôle de l'amplificateur .
 - 3.3.2 Mise en forme Par cellule CR-RC.
 - 3.3.3 Mise en forme Par ligne à retard.

4. Exemple d'application : analyse de la matière nucléaire .**5. Conclusion .****P2552****Mesures de radioactivité Par scintillation liquide**Par **Philippe CASSETTE****1. Du rayonnement ionisant à la lumière.**

- 1.1 Interaction rayonnement-matière
- 1.2 Transfert d'énergie dans le scintillateur
- 1.3 Quenching

2. Composition des scintillateurs

- 2.1 Solvant
- 2.2 Scintillateur primaire.
- 2.3 Scintillateur secondaire.
- 2.4 Surfactant.
- 2.5 Extractant .



- 2.6 Solvant secondaire
- 2.7 Produits quenchants
- 2.8 Sécurité et environnement .
- 3. Compteurs à scintillation liquide**
- 3.1 Photodétecteurs et chambre de mesure
- 3.2 Électronique de coïncidence, temps mort.
- 3.3 Spectroscopie
- 3.4 Mesure de Paramètres de quenching
- 3.5 Systèmes de réduction du bruit de fond .
- 3.6 Système de discrimination α/β
- 4. Mesure d'activité avec étalon**
- 4.1 Préparation des sources
- 4.2 Étalonnage du compteur.
- 4.3 Temps de comptage, seuil de décision et limite de détection.
- 4.4 Calcul de l'incertitude de mesure.
- 5. Métrologie d'activité.**
- 5.1 Méthode du rapport des coïncidences triples à doubles .
- 5.2 Méthode CIEMAT/NIST .
- 6. Contrôle des compteurs à scintillation liquide.**
- 6.1 Sources de constance .
- 6.2 Test de répétabilité et de reproductibilité
- 6.3 Test de linéarité
- 7. Développements futurs**
- Références bibliographiques .

P2557

Émission X induite Par Particules chargées (PIXE) : théorie

Par **Philippe MORETTO, Lucile BECK**

- 1. Notions de base**
- 1.1 Perte d'énergie des ions dans la matière.
- 1.1.1 Pouvoir d'arrêt
- 1.1.2 Lois d'échelle simples
- 2. L'atome fluorescent .**
- 2.1 Rendement de fluorescence .
- 2.2 Transitions radiatives permises
- 3. Sections efficaces**
- 3.1 Section efficace d'ionisation Par Particules chargées.
- 3.2 Section efficace totale de production X.
- 4. Bruit de fond continu**
- 5. Fluorescence secondaire .**
- Références bibliographiques .

P2558

Émission X induite Par Particules chargées (PIXE) : applications .

Par **Philippe MORETTO, Lucile BECK**

- 1. Instrumentation**
- 1.1 Production des faisceaux d'ions.
- 1.2 Dispositifs expérimentaux
- 1.3 Détection du rayonnement X
- 1.4 Filtres absorbants sélectifs .
- 1.5 Mesure du nombre de Particules incidentes.
- 2. Analyse multiélémentaire**
- 2.1 Choix des conditions d'analyse
- 2.2 Analyse qualitative



- 2.3 Analyse quantitative
- 3. Comparaison avec d'autres modes d'excitation .**
- 3.1 Utilisation des photons X (XRF et SXRF).
- 3.2 Utilisation des électrons
- 4. Analyse PIXE Par microsonde**
- 4.1 Microtomographie PIXE
- 5. Effets secondaires induits.**
- 5.1 Échantillons électriquement isolants .
- 5.2 Dommages dus à l'irradiation
- 6. Domaines d'application .**
- 6.1 Sciences de la vie
- 6.2 Environnement et botanique
- 6.3 Applications en microélectronique
- 6.4 Applications en archéologie .
- 6.5 Application aux sciences de la Terre

P2560

Spectrométrie de collisions élastiques et de réactions nucléaires Théorie

Par **Patrick TROCELLIER, Philippe TROUSLARD**

1. Généralités sur le passage des ions dans la matière.

- 1.1 Notions élémentaires
- 1.2 Instrumentation .
- 1.3 Cibles de référence. Endommagement des matériaux
- 1.4 Relations fondamentales

2. Collisions élastiques .

- 2.1 Généralités .
- 2.2 Rétrodiffusion élastique Rutherford.
- 2.3 Recul élastique.
- 2.4 Canalisation

3. Observation directe de réactions nucléaires .

- 3.1 Généralités .
- 3.2 Résonances
- 3.3 Réactions nucléaires induites *Par* des protons .
- 3.4 Réactions nucléaires induites *Par* des deutérons .
- 3.5 Réactions nucléaires induites *Par* des hélions-3.
- 3.6 Réactions nucléaires induites *Par* des hélions-4.
- 3.7 Diffusion élastique non-Rutherford
- 3.8 Réactions nucléaires induites *Par* des ions lourds .

Applications à la caractérisation des matériaux

Conclusion

P2561

Spectrométrie de collisions élastiques et de réactions nucléaires. Applications

Par **Patrick TROCELLIER, Philippe TROUSLARD**

1. Applications à la caractérisation des matériaux

- 1.1 Millifaisceau
- 1.2 Microfaisceau
- 1.3 Faisceau extrait
- 1.4 Installations disponibles en France

2. Conclusion .



P2563**Microsonde nucléaire - Principe et appareillage***Par Pascal BERGER, Gilles REVEL***1. Principales interactions utilisées**

- 1.1 Interactions ions-matière
- 1.2 Émission X induite par des Particules chargées .
- 1.3 Méthodes par diffusion élastique.
- 1.4 Observation directe des réactions nucléaires .
- 1.5 Méthodes non analytiques utilisables avec une microsonde nucléaire .

2. Appareillage

- 2.1 Accélérateur .
- 2.2 Lignes de faisceau .
- 2.3 Système de focalisation et de balayage
- 2.4 Chambre d'analyse
- 2.5 Électronique de pilotage et de mesure

P2564**Microsonde nucléaire - Applications***Par Pascal BERGER, Gilles REVEL***1. Comparaison avec quelques autres méthodes d'analyse locale****2. Limites d'emploi de la microsonde nucléaire**

- 2.1 Échauffement .
- 2.2 Érosion
- 2.3 Migration des éléments sous irradiation.
- 2.4 Conséquences pratiques.

3. Applications

- 3.1 Art et archéologie
- 3.2 Sciences du vivant.
- 3.3 Sciences de l'environnement .
- 3.4 Sciences des matériaux
 - 3.4.1 Applications analytiques
 - 3.4.2 Applications non analytiques
- 3.5 Microélectronique
- 3.6 Sciences de la Terre

P2565**Analyse Par activation***Par Gilles REVEL***1. Principes généraux**

- 1.1 But de l'irradiation et différents modes
- 1.2 Radioactivité induite Par l'irradiation .
- 1.3 Mesure des radioactivités induites .
- 1.4 Optimisation des conditions d'analyse
- 1.5 Risques d'irradiation. Radioprotection.

2. Analyse Par activation aux neutrons

- 2.1 Réactions nucléaires mises en jeu
- 2.2 Sources de neutrons
- 2.3 Analyse aux neutrons de réacteur
- 2.4 Utilisations Particulières

3. Analyse Par activation aux photons □.

- 3.1 Réactions nucléaires mises en jeu, sources de photons □□
- 3.2 Conditions d'analyse
- 3.3 Performances de la méthode
- 3.4 Comparaison avec les autres méthodes, domaines d'application.

4. Analyse Par activation aux Particules chargées

- 4.1 Réactions nucléaires utilisées .
- 4.2 Conditions d'analyse



- 4.3 Performances de la méthode
- 4.4 Comparaison avec les autres méthodes, domaines d'application.
- 5. Conclusion

P2567**Analyse Par activation - Limites de détection**Par **Gilles REVEL**

- 1. Données numériques et limites de détection
- 2. Activation aux neutrons de réacteur (tableau).
- 3. Activation aux neutrons de 4 MeV (tableau)
- 4. Activation aux photons γ (tableau)
- 5. Activation aux Particules chargées (tableau) .

P2570**Méthodes de datation radiométrique**Par **Bernard BOURDON**

- 1. Principes généraux
 - 1.1 Bases des méthodes de datation .
 - 1.2 Méthodes analytiques.
 - 1.3 Validation des résultats : incertitudes obtenues sur les âges
 - 2. Datations basées sur la radioactivité naturelle et leurs applications
 - 2.1 Isotopes périodes longues : Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb, Re-Os.
 - 2.2 Isotopes périodes longues : K-Ar (Ar-Ar).
 - 2.3 Isotopes périodes courtes : chaînes de l'uranium U-Th-Ra-210Pb, U-Pa.
 - 2.4 Isotopes cosmogéniques (^{14}C , ^{6}Cl , ^{10}Be).
 - 3. Datations basées sur la radioactivité artificielle et leurs applications
 - 4. Méthodes basées sur les dégâts d'irradiation.
 - 5. Conclusion. Tableaux récapitulatifs .
- Bibliographie

P2595**Méthodes d'analyses radiochimiques et isotopiques**Par **Gilles REVEL**

- 1. Utilisation des radioéléments préexistants
- 2. Ajout de radio-isotopes ou d'isotopes stables
- 3. Irradiation de la matière
- 4. Analyses radiochimiques et isotopiques. Applications

P2600**Spectrométrie Mössbauer**Par **Jean-Paul EYMERY, Jacques TEILLET**

- 1. Principe de la spectrométrie Mössbauer .
 - 1.1 Phénomène de résonance gamma nucléaire.
 - Facteur de Lamb-Mössbauer.
 - 1.2 Dispositif expérimental
 - 1.3 Interactions hyperfines
- 2. Mise en œuvre expérimentale.
 - 2.1 Effet Mössbauer en transmission .
 - 2.2 Spectrométrie Mössbauer d'électrons de conversion (technique CEMS).
 - 2.3 Autres techniques Mössbauer de réflexion .
 - 2.4 Analyse des spectres à l'ordinateur
- 3. Applications de l'effet Mössbauer.
 - 3.1 Applications chimiques
 - 3.2 Applications physiques
 - 3.3 Applications minéralogiques.



3.4 Autres applications : biologie, archéologie, beaux-arts

4. Conclusion

P2605

Diffusion nucléaire résonnante avec le rayonnement synchrotron

Par **Rudolf RÜFFER, Jacques TEILLET**

1. Principes.

1.1 Diffusion nucléaire résonnante et spectrométrie Mössbauer

1.2 Diffusion nucléaire résonnante vers l'avant

1.2.1 Battements dynamiques

1.2.2 Battements quantiques

1.3 Isotopes

2. Instrumentation

2.1 Rayonnement synchrotron .

2.1.1 Haute brillance

2.1.2 Structure temporelle

2.1.3 Polarisation et cohérence.

2.2 Optique des rayons X

2.2.1 Monochromateurs

2.2.2 Collimation et focalisation .

2.3 Systèmes de détection

2.4 Environnement de l'échantillon

2.5 Évaluation des données

3. Application à la spectroscopie hyperfine .

3.1 Mesures sous haute pression.

3.2 Matériaux nanostructurés.

3.2.1 Orientation des spins dans des îlots de fer sur W(110)

3.2.2 Magnétisme non colinéaire dans les films Fe cfc sur Co(100)

3.3 Chimie : complexes à transition de spin

4. Conclusion .

Bibliographie

P2610

Caractérisation de défauts lacunaires Par annihilation de positons

Par **Marie-France BARTHE, Catherine CORBEL, Gilbert BLONDIAUX**

1. Les positons : sondes de la matière

1.1 Annihilation de paires électron-positon

1.2 Caractéristiques d'annihilation.

1.3 Sources de positons

2. Interactions des positons dans les solides.

2.1 Profils d'implantation

2.2 États d'annihilation

2.3 Diffusion et piégeage

2.4 Spectre de temps de vie du positon : évolution avec la concentration de défauts.

3. Mesure des caractéristiques d'annihilation à deux photons gamma.

3.1 Spectrométrie de temps de vie avec l'isotope $\beta^{+22}\text{Na}$

3.2 Spectrométrie d'élargissement Doppler de la raie d'annihilation.

4. Détermination du volume libre des défauts à cœur ou en surface des matériaux

4.1 Signature de l'annihilation dans des défauts lacunaires .

4.2 Lacunes.

4.3 Amas lacunaires et cavités .

4.4 Nature des accepteurs dans les semi-conducteurs : ioniques ou lacunaires



- 4.5 Défauts aux interfaces.
- 4.6 Précipités dans les alliages .
- 5. Conclusions .
- Références bibliographiques .

P2700***Rayonnement synchrotron et applications****Par Jean DOUCET, José BARUCHEL*

- 1. Caractéristiques du rayonnement synchrotron
- 2. Techniques de caractérisation et d'analyse
- 3. Quelques exemples d'utilisation industrielle

S4/24847**Méthodes thermiques d'analyse****** Techniques et méthodes:****P1202*****Calorimétrie : principes, appareils et utilisation****Par Jean ROUQUEROL, Françoise ROUQUEROL, Phillip LLEWELLYN, Renaud DENOYEL*

- 1. Définition et origines de la calorimétrie.
 - 1.1 Définition de la calorimétrie.
 - 1.2 Particularité de l'analyse calorimétrique différentielle
 - 1.3 Histoire brève de la calorimétrie
- 2. Classification opérationnelle des calorimètres
 - 2.1 Bases d'une classification simple
 - 2.2 Calorimètres adiabatiques .
 - 2.3 Calorimètres diathermes
- 3. Utilisation et applications de la calorimétrie
 - 3.1 Étalonnage des calorimètres
 - 3.2 Performances et éléments de sélection des calorimètres .
 - 3.3 Applications de la calorimétrie adiabatique active
 - 3.4 Applications de la calorimétrie adiabatique passive (ou « quasi adiabatique »)
 - 3.5 Applications de la macrocalorimétrie diatherme à fluxmètre thermique
 - 3.6 Calorimétrie hybride : calorimètres de réaction.

P1205***Analyse calorimétrique différentielle à balayage (DSC) .****Par Jean GRENET, Bernard LEGENDRE*

- 1. DSC : principes, matériels, techniques expérimentales
- 2. Conduite des expériences
- 3. Applications.
- 4. Mesure de la capacité thermique massique isobare

P1206***Analyse calorimétrique différentielle à balayage à température modulée (DSC-TM)****Par Jean GRENET, Bernard LEGENDRE*

- 1. Principe .
- 2. Informations
- 3. Problèmes de méthode .
- 4. Avantages attendus.
- 5. Autres techniques modulées



P1260**Thermogravimétrie**Par **Emmanuel WIRTH, Fabien GUITTENY, Christophe MATHONAT**

1. Aperçu historique .
2. Applications de la TG.
3. Mesure et capteur.
 - 3.1 Balance
 - 3.2 Balances sous pression
 - 3.3 Microbalance à quartz
 - 3.4 Mesure et Paramètres associés.
4. Chauffage de l'échantillon .
5. Causes d'erreurs et limites du capteur.
 - 5.1 Erreurs dues à des forces Parasites
 - 5.2 Diverses autres erreurs
6. Étalonnage et méthodes de contrôle
 - 6.1 Généralités
 - 6.2 Contrôle de l'étalonnage en masse de la balance .
 - 6.3 Étalonnage en température .
7. Expérimentations types.
 - 7.1 Interprétation de différentes formes de courbes types .
 - 7.2 Pyrolyse, décomposition et combustion
 - 7.3 Atmosphère oxydante, réductrice.
 - 7.4 Lyophilisation
 - 7.5 Déshydratation
 - 7.6 Adsorption/désorption .
 - 7.7 Catalyse .
 - 7.8 Atmosphère humide (humidité contrôlée) .
8. Compatibilité entre matériaux et atmosphères .
9. Principaux modèles d'exploitation des données .
 - 9.1 Cinétique chimique.
 - 9.2 Thermodynamique chimique et physique
 - 9.3 Adsorption des gaz sur les solides
10. Techniques couplées
 - 10.1 TG/ATD ou TG/DSC.
 - 10.2 TG/spectrométrie de masse/chromatographie.
 - 10.3 TG/mesures magnétiques
11. Autres techniques.
 - 11.1 Thermogravimétrie à vitesse de perte de masse constante
 - 11.2 Thermogravimétrie à température modulée MTGA
 - 11.3 Analyse thermique pulsée .
12. Conclusion

P1097**Polymorphisme - Origine et méthodes d'étude**Par **Michel BAUER**

1. Définitions
 - 1.1 Polymorphisme et allotropie
 - 1.2 Hydrates/solvates (pseudopolymorphisme) .
 - 1.3 Habitus ou faciès d'une Particule solide
 - 1.4 Agglomération/agrégation
2. Éléments sommaires de cristallographie
3. Origine physique du polymorphisme
4. Éléments de thermodynamique .
 - 4.1 Étude du phénomène Par analyse calorimétrique différentielle .
 - 4.2 Règles de Burger et Ramberger .
 - 4.3 Représentation dans le diagramme (p, T)
5. Polymorphisme et réactivité physico-chimique d'une molécule à l'état solide.



6. Cas des solvates/hydrates (pseudopolymorphisme).

- 6.1 Considérations générales .
- 6.2 Classification des hydrates .
- 6.3 Quelques exemples.

7. Méthodes d'études du polymorphisme .

- 7.1 Principales techniques.
- 7.2 Commentaires

8. Cas des molécules contenant des carbones asymétriques .**9. Méthodes d'obtention (criblage polymorphique)**

Polymorphisme. Conséquences en pharmacie.

P1098**Polymorphisme - Conséquences en pharmacie**

Par **Michel BAUER**

1. Conséquences essentielles du polymorphisme dans le domaine pharmaceutique

- 1.1 Polymorphisme / cinétique de dissolution et biodisponibilité
- 1.2 Polymorphisme et profils de dissolution.
- 1.3 Polymorphisme et réactivité physico-chimique
- 1.4 Polymorphisme et fabrication des formes galéniques.
- 1.4.1 Influence des traitements sur la transformation des solides
- 1.4.2 Cas des traitements mécaniques
- 1.5 Exemple concernant une nouvelle molécule en développement .
- 1.6 Conséquences du faciès et des états d'agrégation.
- 1.7 Cas des excipients .

2. Quelques aspects réglementaires concernant le domaine pharmaceutique

- 2.1 Cas des génériques .
- 2.2 Polymorphisme et brevetabilité .

3. Autres domaines d'application

- 3.1 Industrie alimentaire .
- 3.1.1 Beurre de cacao
- 3.1.2 Margarine
- 3.2 Pigments et colorants
- 3.3 Photographie
- 3.4 Canons à grêle .

4. Conclusions générales**R2957****Mesure de l'effusivité thermique - Introduction**

Par **Jean-Claude KRAPEZ**

1. Définition de l'effusivité thermique .**2. Quelques manifestations de l'effusivité****3. Classification des méthodes de mesure de l'effusivité**

- 3.1 Périmètre des méthodes considérées
- 3.2 Influence de la géométrie .

4. Choix de la méthode .**5. Performances des méthodes**

- 5.1 Méthodes *Par* contact
- 5.2 Méthodes photothermiques .

6. Annexe. Algorithme de Stehfest**7. Annexe. Sensibilité et estimation des Paramètres .**

- 7.1 Sensibilité relative .
- 7.2 Effet d'un préconditionnement des thermogrammes
- 7.3 Estimation des Paramètres.
- 7.4 Identifiabilité. Réduction du nombre de Paramètres
- 7.5 Conception optimale de l'expérience

Références bibliographiques .



R2958**Mesure de l'effusivité thermique - Méthodes *Par contact****Par Jean-Claude KRAPEZ***1. Méthodes de mesure *Par mise en contact***

- 1.1 Sonde épaisse anisotherme .
- 1.2 Sonde isotherme (petit corps chaud).

2. Méthode du plan chaud

- 2.1 Principe général .
- 2.2 Modèle thermocinétique.
- 2.3 Sensibilité aux *Paramètres* .
- 2.4 Identification des *Paramètres*.
- 2.5 Précautions à prendre .
- 2.6 Montage asymétrique .

3. Méthodes dérivées du plan chaud.

- 3.1 Méthode de la source plane dynamique (Dynamic Plane-Source) .
- 3.2 Source plane dynamique étendue (Extended Dynamic Plane-Source)
- 3.3 Plan chaud avec source et capteur *séparés*.

4. Méthodes dérivées du fil chaud.

- 4.1 Fil chaud avec source et capteur *séparés*
- 4.2 Fil chaud asymétrique gardé

5. Méthode du ruban chaud.

- 5.1 Ruban chaud instationnaire sur matériau épais .
- 5.2 Ruban chaud instationnaire sur plaque mince et conductrice.
- 5.3 Méthode ω

6. Rectangle chaud, disque chaud (Hot Disk) .**7. Sonde sphérique active****R2959****Mesure de l'effusivité thermique - Méthodes photothermiques***Par Jean-Claude KRAPEZ*

Tableau de notations et symboles .

- 1. Contexte . R59
- 2. Radiométrie infrarouge en face avant .
- 3. Méthode photoacoustique
- 4. Méthode photopyroélectrique
- 5. Mesure de l'effusivité d'un revêtement.
- 6. Profil d'effusivité dans les matériaux à gradient de propriétés .

R2955**Mesure de la diffusivité thermique *Par la méthode flash****Par Bruno HAY, Jean-Rémy FILTZ, Jean-Christophe BATSALE***1. Théorie**

- 1.1 Définition de la diffusivité thermique
- 1.2 Principe de la méthode flash
- 1.3 Modélisation de divers cas expérimentaux. Méthode des quadripôles .
- 1.4 Méthodes d'estimation des *Paramètres*
- 1.5 Développements récents

2. Réalisation pratique

- 2.1 Banc de mesure de laboratoire classique
- 2.2 Applications en milieu industriel

3. Évaluation pratique des incertitudes de mesure

- 3.1 Moyens.
- 3.2 Matière et main-d'œuvre
- 3.3 Milieu



- 3.4 Méthode .
- 3.5 Incertitudes.
- 3.6 Matériaux de référence .

R2970**Détermination des capacités thermiques spécifiques en fonction de la température**Par **Bernard LEGENDRE****1. Définitions et unités.****2. Méthodes de mesure dynamiques .**

2.1 Méthode dynamique

2.1.1 DSC à flux de chaleur

2.1.2 DSC à compensation de puissance.

2.1.3 Mesures .

2.1.4 Étalonnage .

2.2 Calorimétrie

2.2.1 Microcalorimètres à flux .

2.2.2 Microcalorimètre C80

2.2.3 Exemples de mesure de capacités thermiques à l'aide du calorimètre C80

3. Méthodes statiques

3.1 Microcalorimètre Calvet HT (haute température) .

3.1.1 Description du calorimètre à flux et du montage calorimétrique

3.1.2 Contrôle de l'atmosphère d'essai .

3.2 Mise en œuvre de la méthode à chute

3.2.1 Étalonnage en température .

3.2.2 Étalonnage en énergie.

3.2.3 Procédures d'essais .

3.2.4 Détermination de la capacité thermique massique

3.3 Mesure de C_p Par chute à haute température ($\theta > 1000\text{ }^\circ\text{C}$) .

3.3.1 Calorimètre

3.3.2 Introducteur .

3.3.3 Étalonnage .

4. Méthode adiabatique .**5. Conclusions****** Applications:****P1270****Microcalorimétrie à balayage DSC - Application agroalimentaire**Par **Perla RELKIN****1. Comportement à la chaleur des produits alimentaires.****2. Principe de la DSC.**

2.1 Expression mathématique du signal calorimétrique

3. Mode opératoire.

3.1 Échantillonnage .

3.2 Réglages.

3.2.1 Ligne de base instrumentale .

3.2.2 Paramètres calorimétriques de fusion d'un corps pur

3.2.3 Étalonnage en température et en flux de chaleur

3.2.4 Autres Paramètres calorimétriques

4. Exemples d'application

4.1 Détermination de la capacité thermique .

4.2 Détermination du taux de réaction

5. Transformation des constituants alimentaires

- 5.1 Comportement thermique de l'eau
 - 5.1.1 Formation et fusion de la glace .
 - 5.1.2 Eau congelable
 - 5.1.3 Transition « vitreuse »
- 5.2 Comportement thermique des lipides .
 - 5.2.1 Matière grasse anhydre .
 - 5.2.2 Matière grasse émulsionnée .

6. Transformation des macromolécules en solution.

- 6.1 Dénaturation des protéines globulaires
- 6.2 Transition hélice-pelote des polysaccharides
- 6.3 Gélatinisation de l'amidon

7. Autres modes de microcalorimétrie utilisés

P1275

Utilisation de la DSC pour la caractérisation des émulsions

Par **Danièle CLAUSSE, Christine DALMAZZONE**

1. Méthode de caractérisation d'une émulsion

- 1.1 Principe .
- 1.2 Étude d'une émulsion
 - 1.2.1 Émulsion homogène monodisperse .
 - 1.2.2 Émulsion polydisperse .
 - 1.2.3 Émulsion hétérogène
- 1.3 Test DSC .
 - 1.3.1 Analyse calorimétrique différentielle (DSC) .
 - 1.3.2 Test DSC d'une émulsion .

2. Exemples d'applications.

- 2.1 Stabilité de différents types d'émulsion
 - 2.1.1 Émulsions h/e
 - 2.1.2 Émulsions e/h
 - 2.1.3 Émulsions mixtes
 - 2.1.4 Émulsions multiples .
- 2.2 Thermogravimétrie .

3. Conclusion

P1300

Thermoconductimétrie du solide

Par **Etienne KARMAZSIN**

1. Rappels

- 1.1 Conductivité électrique des matériaux
- 1.2 Conductivité électrique des métaux
- 1.3 Résistivité et résistance carrée .
- 1.4 Semi-conducteurs et isolants .
- 1.5 Évolution de la résistivité électrique en dehors de toute transformation physico-chimique.

2. Méthodes expérimentales et appareillages

- 2.1 Mesure des résistances volumiques faibles et moyennes (de 10^{-3} à $10^8 \Omega$).
- 2.2 Mesure des résistances volumiques faibles et très faibles (de 10^{-3} à $10^{-3} \Omega$).
- 2.3 Mesure des résistances élevées et très élevées (de 10^6 à $10^{16} \Omega$).

3. Utilisations de la thermoconductimétrie et principaux domaines d'application

- 3.1 Détermination des coefficients de température
- 3.2 Suivi des transformations à l'état solide .
- 3.3 Polymérisations et réactions de décomposition.
- 3.4 Suivi des phénomènes de surface : oxydation, adsorption, frittage.
- 3.5 Étude des défauts dans les solides

Références bibliographiques .



P3770**Caractérisation des polymères Par analyse thermique**Par **Gilbert TEYSSÈDRE, Colette LACABANNE****1. Analyse thermique différentielle et analyse enthalpique différentielle.**

1.1 Généralités

1.2 Caractérisation des polymères amorphes

1.2.1 Transition vitreuse.

1.2.2 Structure chimique

1.2.3 Masse molaire .

1.3 Caractérisation des polymères semi-cristallins .

1.3.1 Fusion et cristallisation .

1.3.2 Structure et ségrégation de phases .

1.4 Vieillessement physique .

1.4.1 Phase amorphe

1.4.2 Phase cristalline.

1.5 Adjuvants

2. Analyse thermomécanique

2.1 Principe

2.2 Caractérisation des polymères

3. Analyse dynamique mécanique

3.1 Principe

3.2 Caractérisation des polymères amorphes

3.3 Caractérisation des polymères semi-cristallins .

4. Analyse dynamique électrique

4.1 Principe

4.2 Caractérisation des polymères amorphes

4.3 Caractérisation des polymères semi-cristallins .

5. Analyse des courants thermostimulés .

5.1 Principe

5.2 Caractérisation des polymères amorphes

5.3 Caractérisation des polymères semi-cristallins .

P3775**Thermogravimétrie - Étude cinétique des réactions dans les systèmes solide-gaz**Par **Michèle PIJOLAT****1. Bases de la cinétique hétérogène**

1.1 Réactions dans les systèmes solide-gaz.

1.2 Régimes pseudo-stationnaires en cinétique hétérogène

1.3 Processus fondamentaux

1.4 Approximation de l'étape déterminante

1.5 Équation générale de la vitesse

1.6 Loi d'Arrhenius et modèles $f(\alpha)$.**2. Méthodes expérimentales**

2.1 Thermogravimétrie isotherme isobare.

2.2 Recommandations pour l'obtention de données cinétiques fiables

2.3 Méthode des décrochements

2.4 Conclusion

3. Glossaire**P3776****Thermogravimétrie - Modélisation cinétique et mécanismes des réactions solide-gaz**Par **Michèle PIJOLAT****1. Modélisation**

1.1 Modèles géométriques



- 1.2 Tests de validation des hypothèses de modélisation.
- 1.3 Confrontation modèle-expérience

2. Mécanismes réactionnels

- 2.1 Mécanismes de germination
- 2.2 Mécanismes de croissance .
- 2.3 Confrontation modèle-expérience

3. Cas des expériences non reproductibles.

4. Validation du modèle géométrique.

5. Conclusion .

6. Glossaire Définitions

R2930

Conductivité thermique des isolants

Par **Francesco DE PONTE** et **Sorin KLARSFELD**

1. Définitions et domaines d'application.

- 1.1 Définitions
- 1.2 Domaines d'application

2. Bases expérimentales et théoriques.

3. Classification des méthodes de mesure

4. Méthodes en régime stationnaire .

4.1 Méthode de la plaque chaude gardée .

- 4.1.1 Principe
- 4.1.2 Limites de la méthode
- 4.1.3 Évaluation des erreurs .
- 4.1.4 Préparation des échantillons .

4.2 Méthode fluxmétrique.

- 4.2.1 Principe
- 4.2.2 Fluxmètres.
- 4.2.3 Erreurs de mesure

4.3 Méthode à symétrie cylindrique.

- 4.3.1 Considérations générales. Définitions
- 4.3.2 Objectifs de la méthode .
- 4.3.3 Principe

4.3.4 Calcul des corrections, dans le cas où une conductivité thermique peut être définie

5. Méthodes en régime non stationnaire.

5.1 Méthode à deux fluxmètres

- 5.1.1 Principe
- 5.1.2 Exploitation de la méthode

5.2 Méthode du fil chaud

- 5.2.1 Principe
- 5.2.2 Exploitation de la méthode. Limitations.

5.3 Méthode flash

6. Échantillonnage

7. Performances des méthodes. Choix.

- 7.1 Performances des méthodes
- 7.2 Choix de la méthode de mesure

8. Matériaux de référence

9. Conductivité ou transmissivité thermiques de différents types d'isolants



S4/24848 Spectrométries**** Spectrométrie de masse:****P2645 Spectrométrie de masse organique - Principe, méthodes d'introduction et d'ionisation***Par David RONDEAU***1. Principes généraux .**

1.1 Éléments constitutifs d'un spectromètre de masse .

1.2 Technique du vide et spectrométrie de masse.

1.2.1 Conditions de vide dans un spectromètre de masse

1.2.2 Cas des interfaces à pression atmosphérique.

1.3 Nature des espèces formées dans un spectromètre de masse

1.4 Spectre de masse et amas isotopique

1.4.1 Spectre de masse.

1.4.2 Amas isotopique

1.5 Relations entre précision spectrale et composition élémentaire

1.5.1 Détermination de formules brutes à *Partir* de mesures de masse précises

1.5.2 Résolution d'un signal en spectrométrie de masse

2. Introduction des échantillons .

2.1 Introduction directe des échantillons

2.1.1 Admission des échantillons dans les sources d'ionisation sous vide

2.1.2 Présentation des échantillons devant l'entrée des sources à pression atmosphérique.

2.2 Couplage avec les techniques séparatives .

3. Caractéristiques des sources d'ions

3.1 Ionisation en phase gazeuse

3.1.1 Ionisation *Par* impact électronique EI (*Electronic Impact*) .3.1.2 Ionisation chimique CI (*Chemical Ionization*)3.1.3 Ionisation chimique à pression atmosphérique APCI (*Atmospheric Pressure Chemical Ionization*)3.1.4 Ionisation Penning ambiante DART (*Direct Analysis in Real Time*) .3.2 Ionisation *Par* électro-nébulisation pneumatiquement assistée.3.2.1 Ionisation electrospray ESI (*ElectroSpray Ionization*).3.2.2 Désorption ionisation electrospray DESI (*Desorption-ElectroSpray Ionization*) .3.3 Désorption/ionisation laser assistée *Par* matrice MALDI (*Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization*)**4. Conclusion.****5. Glossaire****P2646 Spectrométrie de masse - Applications***Par Guy BOUCHOUX, Michel SABLIER***1. Analyse organique et bio-organique structurale**

1.1 Masses moléculaires.

1.2 Motifs isotopiques.

1.3 Détermination de masses exactes .

1.4 Bibliothèques de spectres.

1.5 Impact électronique.

1.6 Ionisation chimique .

1.7 Ionisation-désorption et ionisation-nébulisation

1.8 Analyse organique quantitative .

2. Analyse isotopique

2.1 Analyse isotopique des gaz

2.2 Analyse isotopique des solides

3. Analyse élémentaire

- 3.1 Plasma induit Par haute fréquence (ICPMS) .
- 3.2 Thermo-ionisation .
- 3.3 Décharge lumineuse.
- 3.4 Spectrométrie de masse des ions secondaires (SIMS)
- 3.5 Spectrométrie de masse Par désorption laser

P2648***Techniques de piégeage d'ions****Par Jean-Pierre SCHERMANN, Michel VEDEL*

- 1. Présentation**
- 2. Principe des différentes techniques de confinement (autres que la technique ICR)**
 - 2.1 Piège statique.
 - 2.2 Piège de Penning .
 - 2.3 Comparaison des différentes techniques
- 3. Dispositif à piège de Paul**
 - 3.1 Création des ions.
 - 3.2 Piège à confinement électrodynamique
 - 3.3 Détection et éjection des ions.
 - 3.4 Limitations
- 4. Applications et réalisations industrielles .**
 - 4.1 Injection d'ions créés extérieurement
 - 4.2 Extension du domaine de confinement.
 - 4.3 Applications .
- 5. Conclusion .**

P2649***Spectrométrie de masse à décharge lumineuse GDMS****Par Frédéric CHARTIER, Michel TABARANT*

- 1. Décharge lumineuse utilisée en analyse**
 - 1.1 Introduction
 - 1.2 Description générale
 - 1.3 Modes de fonctionnement
 - 1.4 Pulvérisation cathodique, excitation, ionisation .
- 2. Instrumentation**
 - 2.1 Sources à décharge lumineuse
 - 2.2 Séparateurs de masse .
 - 2.3 Détecteurs.
- 3. Caractéristiques analytiques**
 - 3.1 Interférences.
 - 3.2 Stabilité de mesure
 - 3.3 Sensibilité, limites de détection
 - 3.4 Quantification .
- 4. Applications.**
 - 4.1 Analyse élémentaire
 - 4.2 Analyse isotopique
 - 4.3 Analyse de surface et analyse en profondeur .
 - 4.4 Échantillons radioactifs .
 - 4.5 Échantillons liquides et gazeux, spéciation .
- 5. Conclusions, perspectives**



P2720**ICP-MS : couplage plasma induit Par haute fréquence spectrométrie de masse***Par Hugues PAUCOT, Martine POTIN-GAUTIER***1. Intérêt du couplage ICP-MS****2. Instrumentation**

- 2.1 Générateur à haute fréquence et plasma d'argon
- 2.2 Torche à plasma.
- 2.3 Système d'introduction d'échantillon
- 2.4 Interface
- 2.5 Optique ionique
- 2.6 Spectromètre de masse.
- 2.7 Détecteur.

3. Spectres observés**4. Interférences**

- 4.1 Description des interférences .
- 4.2 Résolution des interférences.

5. Performances analytiques .

- 5.1 Capacité multiélémentaire
- 5.2 Limites de détection.

6. Optimisation**7. Applications.**

- 7.1 Analyses des teneurs totales
- 7.2 Couplage avec des techniques séparatives .

8. Conclusion**P3740****Analyses isotopiques Par spectrométrie de masse - Méthodes et applications***Par Frédéric CHARTIER, Hélène ISNARD, Anthony NONELL***1. Isotopes et rapports isotopiques : rappels et définitions**

- 1.1 Isotopes et classification périodique des éléments
- 1.2 Abondances isotopiques : origines et variations

2. Analyse isotopique Par spectrométrie de masse

- 2.1 Interférences spectrales et non spectrales
- 2.2 Production, séparation et détection des ions
- 2.3 Principales techniques d'analyse .
- 2.4 Dilution isotopique

3. Grands domaines d'applications .

- 3.1 Géosciences et environnement
- 3.2 Nucléaire
- 3.3 Biologie et biochimie.
- 3.4 Agroalimentaire.
- 3.5 Données et constantes fondamentales

4. Conclusion perspectives.**** Spectrométries des rayonnements électromagnétiques:****P2655****Théorie des spectres atomiques***Par Alain PETIT***1. Les différents processus d'interaction rayonnement-matière****2. Notions de structure et de spectroscopie atomiques .**

- 2.1 Généralités .
- 2.2 Spectre de l'atome d'hydrogène
- 2.3 Théorie de Bohr de l'atome d'hydrogène



- 2.4 Moment cinétique et moment magnétique de l'atome
- 2.5 Intervention de la mécanique quantique.
- 2.6 Configurations électroniques .
- 2.7 Spectres optiques des systèmes atomiques.
- 2.8 Structure hyperfine
- 2.9 Déplacement isotopique .
- 2.10 Effet d'un champ magnétique extérieur
- 2.11 Effet d'un champ électrique extérieur
- 2.12 Spectres de rayons X

Références bibliographiques .

P2656

Théorie des spectres moléculaires

Par *Alain PETIT*

- 1. Potentiels interatomiques .**
- 2. Approximation de Born-Oppenheimer .**
- 3. Énergie électronique des molécules diatomiques**
 - 3.1 Construction des orbitales moléculaires .
 - 3.2 Configuration électronique, état moléculaire
- 4. Énergie vibrationnelle des molécules diatomiques .**
- 5. Énergie rotationnelle des molécules diatomiques .**
- 6. Cas de couplage .**
- 7. Spectres des molécules diatomiques.**
 - 7.1 Transitions rotationnelles .
 - 7.2 Transitions vibrationnelles
 - 7.3 Spectres rovibrationnels.
 - 7.4 Transitions électroniques. Principe de Franck-Condon
 - 7.5 Règles de sélection
- 8. Quelques compléments sur les molécules diatomiques.**
 - 8.1 Raies rotationnelles manquantes et alternance des intensités .
 - 8.2 Spectres impliquant un continuum
 - 8.3 Prédissociation.
- 9. Spectres des molécules polyatomiques**
 - 9.1 Spectres rotationnels
 - 9.2 Vibrations moléculaires
- 10. Fluorescence moléculaire et diffusion**
 - 10.1 Fluorescence moléculaire .
 - 10.2 Diffusion Raman et Rayleigh
 - 10.3 Spectre Raman.
 - 10.4 Diffusion Mie
 - 10.5 Comparaison entre différents processus d'émission et de diffusion

Références bibliographiques .

P2660

Systèmes dispersifs en spectrométrie atomique

Par *Jean-Michel MERMET*

- 1. Spectromètres : définitions et types**
- 2. Réseaux de diffraction .**
 - 2.1 Caractéristiques d'un réseau
 - 2.2 Formule des réseaux.
 - 2.3 Longueur d'onde maximale diffractée Par un réseau
 - 2.4 Ordres observés.
 - 2.5 Angle et longueur d'onde de miroitement
 - 2.6 Production des réseaux.
 - 2.7 Illumination d'un réseau .
- 3. Montage optique à réseau plan .**
 - 3.1 Réseau plan conventionnel.



- 3.2 Réseau échelle .
- 4. Montages optiques à réseau concave**
- 4.1 Polychromateur à réseau concave.
- 4.2 Monochromateur à réseau concave
- 5. Dispersion linéaire réciproque.**
- 6. Résolutions théorique et pratique**
- 6.1 Résolution théorique.
- 6.2 Bande passante et fentes résultantes
- 6.3 Aberrations optiques.
- 6.4 Résolution pratique .
- 6.5 Compromis résolution - domaine de longueur d'onde
- 6.6 Réglage des fentes
- 7. Mesure de l'intensité nette d'une raie d'analyse**
- 7.1 Polychromateur à fentes fixes
- 7.2 Monochromateur.
- 7.3 Étalonnage en longueur d'onde.
- 8. Conclusion .**

P2895***Détecteurs de photons en spectrométrie atomique****Par Jean-Michel MERMET*

- 1. Historique .**
- 2. Tubes photomultiplicateurs**
- 2.1 Fenêtre
- 2.2 Photocathode .
- 2.3 Multiplicateur d'électrons
- 2.4 Anode de collection .
- 2.5 Performances des tubes photomultiplicateurs
- 2.6 Conclusions sur les tubes photomultiplicateurs .
- 3. Détection multicanal.**
- 3.1 Différents principes de détection multicanal .
- 3.2 Caractéristiques d'une détection multicanal à transfert de charge .
- 3.3 Détecteurs intensifiés
- 3.4 Caméra
- 3.5 Intérêt des dispositifs à transfert de charge

P2719***ICP-OES : couplage plasma induit Par haute fréquence spectrométrie optique****Par Jérôme FRAYRET, Jean-Michel MERMET, Hugues PAUCOT*

- 1. Intérêt du couplage ICP-OES**
- 2. Spectrométrie d'émission optique : théorie spectrale .**
- 3. Instrumentation .**
- 4. Spectres observés.**
- 5. Interférences.**
- 6. Optimisation .**
- 7. Performances .**
- 8. Applications**
- 9. Conclusion.**

P2685***Spectrométries laser en analyse et caractérisation****Par Sylvain LAZARE, Éric MOTTAY*

- 1. Notions de base sur les lasers .**
- 1.1 Absorption, émission spontanée, émission stimulée et amplification.
- 1.2 Principe et propriétés du laser [3]



- 1.3 Modes d'une cavité laser et blocage des modes
- 1.4 Lasers impulsionnels, ns, ps, fs et as
- 1.5 Lasers accordables : choix de la longueur d'onde
- 2. Techniques de mise en œuvre des lasers**
- 2.1 Mise en forme des faisceaux. Lentilles de précision
- 2.2 Piégeage optique (*Particules*, etc.) .
- 2.3 Désorption et ablation (solides, liquides, gels, tissus) .
- 2.4 Nanoabsorption, nanoablation et nanoanalyse
- 2.5 Usinage de précision, microcanaux.
- 3. Techniques de spectroscopie laser .**
- 3.1 Techniques fondées sur la diffusion, Rayleigh, Mie, Raman
- 3.2 Émission de photons : spectroscopie de fluorescence
- 3.3 Ionisation et analyse des atomes (LIBS) et des ions (ICP-MS).
- 3.4 Analyse des protéines *Par* MALDI-SM.
- 3.5 Spectroscopie photoacoustique et caractérisation photothermique
- 3.6 Spectroscopie sub-Doppler à haute résolution.
- 3.7 Technique du mélange à quatre ondes
- 4. Applications en analyse dans l'environnement et le laboratoire**
- 4.1 Analyses de traces, analyses localisées, tomographie fs ICP-MS .
- 4.2 Spectrométrie Raman télescopique dans l'environnement (BTEX)
- 4.3 LIDAR TéraMobile [64] .
- 4.4 ImagerieD,D, OCT
- 4.5 Utilisation des lasers en usinage des microlaboratoires d'analyse sur puce
- 5. Conclusions .**
- Références bibliographiques .**

P2695***Spectrométrie d'émission des rayons X. Fluorescence X****Par Jacques DESPUJOLS***1. Principes de la spectrométrie d'émission X.**

- 1.1 Raies d'émission X
- 1.2 Différents types de spectromètres X
- 1.3 Procédés d'excitation des spectres X

2. Spectromètres de fluorescence X usuels .

- 2.1 Constitution des spectromètres à dispersion de longueur d'onde .
- 2.2 Constitution des spectromètres à dispersion d'énergie

3. Pratique de l'analyse.

- 3.1 Analyses qualitative, quantitative et semi-quantitative .
- 3.2 Préparation des échantillons
- 3.3 Étalonnage et corrections .
- 3.4 Opérations automatiques et manuelles.

4. Que peut-on attendre de la spectrométrie des rayons X ?.

- 4.1 Éléments envisageables, matrices, teneurs
- 4.2 Interférences possibles dues à la superposition de raies
- 4.3 Précision et sensibilité.
- 4.4 Durée et coût
- 4.5 Comparaison avec les autres méthodes

5. Exemples

- 5.1 Industrie minière et cimenteries.
- 5.2 Métallurgie .
- 5.3 Chimie et géologie.
- 5.4 Biologie et médecine.
- 5.5 Études de pollution
- 5.6 Analyses de surfaces et de couches minces .
- 5.7 Microscopie X analytique .

6. Conclusion

P2715**Spectrométrie de décharge lumineuse (GDOS et GDMS)**Par *Jean-Pierre LAUDE, Patrick CHAPON***1. Principe.**

- 1.1 Caractéristiques d'un tube à décharge
- 1.2 Effet de la pression sur les caractéristiques de la décharge

2. Appareillage

- 2.1 Lampe à décharge lumineuse
 - 2.1.1 Principe
 - 2.1.2 Géométrie de l'échantillon.
- 2.2 Alimentation électrique.
- 2.3 Spectromètres
 - 2.3.1 Spectromètres d'émission optique .
 - 2.3.2 Spectromètres de masse .
- 2.4 Système d'acquisition et de stockage des données en GDOS

3. Conduite d'une analyse. Quantification des résultats

- 3.1 Choix des Paramètres opératoires.
- 3.2 Quantification des signaux en GDOS
- 3.3 Aspects physiques et équations représentant les phénomènes .

4. Applications

- 4.1 Analyse en volume
- 4.2 Analyse de surface
 - 4.2.1 Considérations générales
 - 4.2.2 Domaines d'applications
- 4.3 Limites de la méthode.
 - 4.3.1 Complémentarité avec d'autres méthodes
 - 4.3.2 Limites dues au phénomène de pulvérisation sélective .
 - 4.3.3 Effet de la température.
 - 4.3.4 Limites de détection .

5. Perspectives

- 5.1 Quelques développements actuels en spectrométrie d'émission optique
 - 5.1.1 Normalisation .
 - 5.1.2 Amélioration du refroidissement
 - 5.1.3 Généralisation d'emploi de sources de radiofréquences
 - 5.1.4 Divers autres développements
- 5.2 Quelques développements actuels en spectrométrie de masse.
 - 5.2.1 Normalisation .
 - 5.2.2 Emploi de la GD-TOFMS

P2755**Spectrométrie d'émission optique à source étincelle (Partie)**Par *Raymond MEILLAND***1. Principes.**

- 1.1 Excitation et ionisation
 - 1.1.1 Influence des phénomènes majeurs dans l'espace interélectrode
 - 1.1.2 Extraction et excitation des Particules de la matière.
 - 1.1.3 Évolution temporelle des phénomènes d'extraction et d'excitation .
 - 1.1.4 Évolution du taux de vaporisation
 - 1.1.5 Excitation optimale.
- 1.2 Spectres d'émission

2. Appareillage

- 2.1 Statif d'étincelage
- 2.2 Sources d'excitation



- 2.2.1 Arc électrique
- 2.2.2 Étincelle pilotée
- 2.2.3 Analyse du signal d'émission
- 2.2.4 Sources d'excitation numériques
- 2.3 Système optique de mesure.
 - 2.3.1 Montages spectrométriques
 - 2.3.2 Montage Paschen-Runge .
 - 2.3.3 Montage Czerny-Turner
 - 2.3.4 Montages mixtes
 - 2.3.5 Ambiances sous vide et gazeuses.
- 2.4 Détection
 - 2.4.1 Photomultiplicateur
 - 2.4.2 Barrette de photodiodes
 - 2.4.3 Composants CCD
- 2.5 Mesure du signal détecté
 - 2.5.1 Intégrateur analogique.
 - 2.5.2 Mesures *Par* impulsions

P2756

Spectrométrie d'émission optique à source étincelle (Partie)

Par **Raymond MEILLAND**

1. Appareils commerciaux .

- 1.1 Appareils en poste fixe .
- 1.2 Spectromètres mobiles.

2. Performances des appareils actuels.

3. Caractéristiques de mesures

- 3.1 Échantillons
- 3.2 Analyse.
- 3.3 Robotisation de la méthode .
- 3.4 Traitement des données spectrales .
- 3.5 Spectrométrie d'émission optique avec classement des impulsions.
- 3.6 Résultats analytiques

4. Applications

5. Conclusion.

- 5.1 Méthodes concurrentes
- 5.2 Évolution

P2795

Spectrophotométrie d'absorption dans l'ultraviolet et le visible

Par **Dominique DI BENEDETTO, Philippe BREUIL**

1. Principes.

- 1.1 Absorption du rayonnement dans le domaine UV-VIS
- 1.2 Spectres obtenus, analyse qualitative .
- 1.3 Lois de l'absorption, analyse quantitative.

2. Instrumentation

- 2.1 Organisation des composants
- 2.2 Sources de rayonnement
- 2.3 Monochromateurs et spectrographes (polychromateurs) .
- 2.4 Cellules d'absorption.
- 2.5 Détecteurs
- 2.6 Traitement des données

3. Paramètres instrumentaux

- 3.1 Domaine spectral.
- 3.2 Résolution des spectrophotomètres



- 3.3 Lumière Parasite
- 3.4 Dynamique de mesure

4. Vérification des performances, validation des données, BPL.

- 4.1 Exactitude du réglage en longueur d'onde .
- 4.2 Exactitude photométrique
- 4.3 Lumière Parasite
- 4.4 Résolution spectrale
- 4.5 Bruit et rectitude de la ligne de base .

5. Conduite d'une analyse

- 5.1 Cas simple ou classique : utilisation d'une seule longueur d'onde
- 5.2 Cas des mélanges, spectres dérivés, analyse multivariable

6. Domaines d'application .

- 6.1 Quelques exemples.
- 6.2 Applications Particulières, couplages

7. Conclusion .

P2825

Spectrométrie d'absorption atomique

Par *Jacques VANDEGANS, Anne-Marie DE KERSABIEC, Michel HOENIG*

1. Lois fondamentales de la spectrométrie d'absorption atomique .

- 2. Appareillage .
- 3. Perturbations en SAA
- 4. Correction des perturbations
- 5. Étalonnage
- 6. Propriétés de la méthode .
- 7. Applications analytiques

P2850

Spectrométrie d'absorption dans l'infrarouge

Par *Bernard HUMBERT, Jean-Yves MEVELLEC, Jérôme GRAUSEM, Manuel DOSSOT, Cédric CARTERET*

1. Notions générales

- 1.1 Nature du rayonnement
- 1.2 Interaction matière-rayonnement et spectrométrie moléculaire .
- 1.3 Modes de vibration d'une molécule isolée à N atomes .
- 1.4 Notion de fréquence de groupe
- 1.5 Notion de fréquences fondamentales, harmoniques et de combinaison
- 1.6 Spectres de vibration-rotation
- 1.7 Notion de vibration dans les solides
- 1.8 Spectroscopie infrarouge et autres spectroscopies moléculaires : similitudes et différences

2. Spectromètres, du lointain au proche infrarouge.

- 2.1 Sources et détecteurs de rayonnement infrarouge
- 2.2 Dispositifs d'analyse du rayonnement infrarouge
- 2.3 Réalisation pratique .
- 2.4 Avantages de la spectrométrie à transformée de Fourier

3. Protocoles expérimentaux d'obtention du spectre IR .

- 3.1 Méthodes d'analyse des gaz et des liquides en transmission .
- 3.2 Milieux fortement absorbants : dispersion anormale
- 3.3 Réflexion totale atténuée.
- 3.4 Méthodes d'étude des solides
- 3.5 Microscopie Infrarouge .

4. Exploitation des données.

- 4.1 Informations qualitatives pour l'identification d'une propriété chimique ou physique



4.2 Analyse quantitative

5. Conclusion

P2865**Spectrométrie Raman***Par Jacques BARBILLAT, Daniel BOUGEARD, Guy BUNTINX, Michel DELHAYE, Paul DHAMELINCOURT et François FILLAUX***1. Rappels théoriques et principes**

- 1.1 Niveaux d'énergie moléculaires.
- 1.2 Niveaux d'énergie vibrationnels
- 1.3 Interaction rayonnement-matière
- 1.4 Différents effets Raman.

2. Instrumentation

- 2.1 Installation de spectroscopie
- 2.2 Macroanalyse et microanalyse.
- 2.3 Imagerie spectrale .
- 2.4 Spectrométrie Raman proche infrarouge
- 2.5 Analyse à distance Par fibres optiques
- 2.6 Perspectives .

3. Applications

- 3.1 Application au contrôle en industrie
- 3.2 Matériaux .
- 3.3 Catalyse
- 3.4 Environnement
- 3.5 Biologie et médecine.
- 3.6 Objets et œuvres d'art.
- 3.7 Géologie et gemmologie
- 3.8 Spectroscopie Raman résolue dans le temps.

Références bibliographiques .

IN164**Spectroscopie de diffusion Raman en conditions extrêmes***Par Aurélien CANIZARES, Patrick SIMON, Guillaume GUIMBRETIERE***Introduction****1 - Contexte****2 - Instrumentation raman : un état de l'art**

- 2.1 - Accès aux très bas nombres d'ondes
- 2.2 - Hautes températures
- 2.3 - Autres applications du Raman résolu en temps
- 2.4 - Cartographie et analyse statistique

3 - Exemple de l'alternation d'uo2 sous radiolyse

- 3.1 - Stockage du combustible usagé
- 3.2 - Dispositif expérimental
- 3.3 - Résultats obtenus

4 - Perspectives et évolutions**P2870****LIBS : spectrométrie d'émission optique de plasma induit Par laser***Par Daniel L'HERMITE, Jean-Baptiste SIRVEN***1. Principe, caractéristiques et positionnement.****2. Notions physiques****3. Paramètres expérimentaux****4. Configurations instrumentales .****5. Traitement des données**

- 6. Applications
- 7. Conclusion
- 8. Glossaire Définitions.

P2880**Résonance magnétique nucléaire - Aspects théoriques***Par Nicole PLATZER, Laurence DALLERY***1. Principe.**

- 1.1 Origine physique du phénomène.
- 1.2 Détection. Principe de résonance.
- 1.3 Relaxation : retour à l'équilibre de Boltzmann
- 1.4 Équations de Bloch

2. Paramètres de base de la RMN

- 2.1 Constante d'écran σ , déplacement chimique δ .
- 2.2 Couplage indirect ou scalaire .
- 2.3 Couplage dipolaire ou direct
- 2.4 Couplage quadripolaire.

3. Modes de détection.

- 3.1 Détection des signaux RMN en milieu homogène .
- 3.2 Détection des signaux RMN en milieu hétérogène

4. Mécanismes de relaxation.

- 4.1 Relaxation dipolaire.
- 4.2 Relaxation Par spin rotation
- 4.3 Relaxation Par anisotropie de déplacement chimique
- 4.4 Relaxation quadripolaire
- 4.5 Relaxation Par couplage scalaire
- 4.6 Relaxation Par des électrons non appariés
- 4.7 Cas concret : les atomes inclus dans une molécule classique

5. L'échange en RMN

- 5.1 Théorie : modèle mathématique
- 5.2 Étude cinétique

6. Effet Overhauser nucléaire

- 6.1 Systèmes homonucléaires
- 6.2 Systèmes hétéronucléaires.

7. Conclusion .

Tableau des notations et symboles .

P2890**Spectrométrie photoacoustique - Application à l'analyse de gaz***Par Virginie ZENINARI***1. Du photophone à la photoacoustique****2. Principe d'ensemble .**

- 2.1 Historique de la technique
- 2.1.1 Première renaissance avec l'invention du microphone
- 2.1.2 Seconde renaissance avec l'invention du laser .
- 2.2 Spectrométrie photoacoustique « moderne »

3. Détection de gaz

- 3.1 Signal photoacoustique
- 3.2 Bruits en détection photoacoustique
- 3.2.1 Bruit de fluctuation thermique
- 3.2.2 Bruit du microphone et bruit électronique
- 3.2.3 Bruit de fond .
- 3.3 Rapport signal sur bruit et concentration minimale détectable
- 3.4 Améliorations du signal photoacoustique
- 3.4.1 Facteur de qualité acoustique Q .



- 3.4.2 Réponse du microphone R_M .
- 3.4.3 Puissance absorbée $W\alpha$
- 3.4.4 Autres facteurs d'amélioration du signal PA .
- 4. Application à la détection du gaz méthane .**
- 4.1 À propos du méthane .
- 4.2 Détection de méthane Par spectrométrie photoacoustique
- 5. Détecteurs photoacoustiques multigaz dans l'air .**
- 5.1 Application à d'autres gaz que le méthane .
- 5.2 Mesures sur l'air ambiant .
- 5.3 Systèmes commerciaux .
- 6. Conclusion.**

** Recherche et innovation:

IN85

Microdétecteurs rotatifs en résonance magnétique nucléaire

Par Jacques-François JACQUINOT, Dimitris SAKELLARIOU

Introduction

- 1 - Technique de la résonance magnétique nucléaire**
- 2 - Bref rappel de la rmn**
- 2.1 - Détection Faraday de la RMN
- 2.2 - Sensibilité d'une bobine et principe de réciprocité
- 2.3 - Sonde : accord et adaptation de la bobine
- 2.4 - Couplage d'une (micro)bobine à une sonde préexistante
- 3 - Matière hétérogène et résonance magnétique nucléaire**
- 3.1 - Interactions anisotropes
- 3.2 - Rotation à l'angle magique : MAS
- 3.3 - Microdétecteurs rotatifs : Magic Angle Coil Spinning
- 3.4 - Améliorations
- 4 - Conclusion**

RE100

Spectromètre laser à Amplification Résonante d'Absorption. Applications à la mesure de trace de gaz

Par Samir KASSI, Daniele ROMANINI

Introduction

- 1 - Approfondir les méthodes optiques**
- 2 - Absorption de la lumière**
- 2.1 - Absorption : loi de Beer-Lambert
- 2.2 - De la cellule multipassages au résonateur optique
- 2.3 - CEAS simple avec balayage en fréquence laser : problèmes de bruit
- 2.4 - Repousser les limites : la rétroaction optique
- 2.5 - Quête de l'absolu : la calibration Par « ring down »
- 3 - L'instrument**
- 3.1 - Source laser et cartes de contrôle
- 3.2 - Cellule et circulation des gaz
- 3.3 - Châssis et informatique
- 4 - Performances et applications**
- 4.1 - Sensibilité et sélectivité
- 4.2 - Temps de réponse
- 4.3 - Robustesse
- 4.4 - Variété d'applications
- 5 - Conclusion**



RE139**Analyse de la mobilité et de la distribution du sel dans les produits alimentaires Par résonance magnétique nucléaire***Par Loïc FOUCAT, Sylvie CLERJON, Jean-Louis DAMEZ, Jean-Marie BONNY***Introduction****1 - Introduction****2 - Aspects scientifiques et technologiques****3 - Applications**

3.1 - Quantification de la teneur en sel et caractérisation de l'état de liaison des ions sodium Par spectroscopie RMN simple et double quanta

3.2 - Analyse de la teneur en sel et de la répartition du gras par imagerie RMN simple quanta

3.3 - Imagerie RMN double quanta du sel

4 - Conclusion**RE143****Spectro-imagerie térahertz - Voir autrement***Par Patrick MOUNAIX***Introduction****1 - Contexte****2 - Présentation du domaine térahertz**

2.1 - Pourquoi le rayon T

2.2 - Comment générer un tel rayonnement

3 - Imagerie térahertz

3.1 - Pourquoi imager avec le rayon THz

3.2 - Montages expérimentaux

3.3 - Métrologie du faisceau térahertz

4 - Résultats expérimentaux

4.1 - Procédure de formation des images

4.2 - Analyse de données

4.3 - Deux exemples marquants

5 - Conclusion et perspectives**RE144****Spectroscopie térahertz***Par Jean-Christophe DELAGNES, Patrick Mounaix***Introduction****1 - Contexte****2 - Sources térahertz**

2.1 - Sources térahertz non optiques

2.2 - Sources térahertz optiques

3 - Spectroscopie à l'équilibre

3.1 - Sources térahertz continues accordables

3.2 - Sources térahertz pulsées : THz-TDS

3.3 - Méthodes d'extraction et exemples

4 - Spectroscopie résolue en temps hors équilibre

4.1 - Principes de base de la spectroscopie pompe optique sonde THz

4.2 - Représentation et traitement des données

5 - Conclusion et perspectives

AF3255

Ondes électromagnétiques térahertz - Applications

Par Frédéric GARET, Jean-Louis COUTAZ

1. Instrumentation scientifique .

- 1.1 Spectroscopie FTIR, TDS et hétérodyne .
- 1.2 Application à la spectroscopie de matériaux
- 1.3 Application à l'astrophysique

2. Sécurité et domaine militaire

- 2.1 Principe de l'imagerie térahertz .
- 2.2 Caméras térahertz .
- 2.3 Sécurité

3. Contrôle industriel

- 3.1 Imagerie .
- 3.2 Spectroscopie, contrôle qualité .
- 3.3 Industrie alimentaire.
- 3.4 Industrie pharmacologique
- 3.5 Couches minces

4. Patrimoine.**5. Biologie et médecine**

- 5.1 Biologie
- 5.2 Médecine .
- 5.3 Dangerosité des ondes térahertz .

6. Environnement.**7. Télécommunications****8. Conclusion.**

AF3254

Ondes électromagnétiques térahertz - Principes et techniques

Par Frédéric GARET, Jean-Louis COUTAZ

1. Physique des ondes térahertz

- 1.1 Ondes électromagnétiques térahertz
- 1.2 Interaction ondes térahertz matière
 - 1.2.1 Signatures spectrales des molécules .
 - 1.2.2 Transparence et opacité des matériaux .
 - 1.2.3 Matériaux artificiels .

2. Techniques

- 2.1 Sources et détecteurs pour la lumière térahertz incohérente .
 - 2.1.1 Sources : corps noirs .
 - 2.1.2 Détecteurs : bolomètres, pyromètres, cellules de Golay, etc.
- 2.2 Sources et détecteurs pour la lumière térahertz cohérente
 - 2.2.1 Sources impulsives .
 - 2.2.2 Sources continues
 - 2.2.3 Détecteurs de rayonnement térahertz cohérent
- 2.3 Composants passifs
 - 2.3.1 Composants issus du domaine optique.
 - 2.3.2 Composants issus du domaine radiofréquence (RF)
 - 2.3.3 Autres dispositifs de mise en forme des faisceaux térahertz.
- 2.4 Systèmes et méthodes .
 - 2.4.1 Systèmes à transformée de Fourier .
 - 2.4.2 Systèmes temporels
 - 2.4.3 Systèmes hétérodynes
 - 2.4.4 Analyseur vectoriel de réseau dans le domaine THz
- 2.5 Polarimétrie et ellipsométrie



S4/24849 Techniques d'analyse *Par imagerie***P855** *Analyse d'images**Par Catherine SOUCHIER***1. Objectifs**

- 1.1 Formation, traitement et analyse d'images .
- 1.2 Analyse quantitative de structures .
- 1.3 Reconnaissance de formes
- 1.4 Conclusion

2. Méthodes.

- 2.1 Acquisition
- 2.2 Transformations d'images.
- 2.3 Mesures.
- 2.4 Traitement de l'information.
- 2.5 Systèmes d'analyse
- 2.6 Conclusion

P862 *Microscopie optique en champ proche. Principe**Par Jérôme SALVI, Daniel VAN LABEKE***1. Différentes configurations expérimentales.**

- 1.1 Microscopes fonctionnant *Par* transmission
- 1.2 Microscopes fonctionnant *Par* réflexion et microscopes sans ouverture.
- 1.3 Autres configurations .

2. Principe

- 2.1 Décomposition en spectre d'ondes planes.
- 2.2 Champ lointain et champ proche
- 2.3 Microscopie en champ lointain et microscopie en champ proche
- 2.4 Distance sonde-objet et résolution
- 2.5 Modèles théoriques
- 2.6 Remarques sur la résolution

3. Instrumentation .

- 3.1 Dispositif de balayage .
- 3.2 Filtrage des vibrations *Parasites*
- 3.3 Source de lumière.
- 3.4 Détection
- 3.5 Asservissement de la pointe
- 3.6 Sondes et pointes .
- 3.6.1 Types de sonde et fabrication.
- 3.6.2 Nano-antennes .
- 3.6.3 Autres types de pointes.

4. Conclusion.**P863** *Microscopie optique en champ proche. Applications**Par Jérôme SALVI, Daniel VAN LABEKE***1. Nanolithographie.****2. Biologie****3. Microscopie de fluorescence et détection de molécule unique.****4. Spectroscopie Raman****5. Photonique et nano-optique.**

- 5.1 Guides d'onde et SNOM interférométrique
- 5.2 Cavités et cristaux photoniques.
- 5.3 Plasmonique
- 5.3.1 Plasmons de surface PS et plasmons localisés.



- 5.3.2 Application spécifique du graphène.
 5.4 Métamatériaux et nanostructures métallo-diélectriques.
6. Conclusion.

R1402***Microscopie acoustique****Par Thomas MONNIER*

- 1. Avantages des ultrasons pour l'imagerie.**
- 2. Principe du microscope acoustique à balayage .**
- 3. Imagerie et signature acoustique**
 - 3.1 Modes de volume et modes de surface
 - 3.2 Microéchographie : une imagerie qualitative .
 - 3.3 Micro-interférométrie : une caractérisation quantitative locale des matériaux .
- 4. Systèmes de focalisation**
 - 4.1 Lentille de focalisation .
 - 4.2 Calottes et membranes sphériques : microscopie acoustique « basse fréquence » .
 - 4.3 Focalisation linéaire .
 - 4.4 Focalisation électronique : vers la microscopie tridimensionnelle
 - 4.5 Microscopie acoustique en champ proche
- 5. Applications.**
 - 5.1 Microélectronique
 - 5.2 Métallurgie .
 - 5.3 Polymères et composites .
 - 5.4 Matériaux poreux .
 - 5.5 Biomédical
 - 5.6 Agroalimentaire
- 6. Perspectives d'avenir.**

P865***Microscopie électronique à balayage - Principe et équipement****Par Jacky RUSTE*

- 1. Principe .**
- 2. Rappels sur les interactions électron-matière .**
 - 2.1 Émission électronique rétrodiffusée
 - 2.2 Émission électronique secondaire
 - 2.3 Émissions de rayons X et d'électrons Auger.
 - 2.4 Émission de cathodoluminescence
 - 2.5 Émissions et résolutions spatiales .
- 3. Instrument**
 - 3.1 Colonne électronique.
 - 3.2 Chambre « objet »
 - 3.3 Dispositif de visualisation .
 - 3.4 Grandissement en microscopie électronique à balayage
 - 3.5 Choix et réglages des Paramètres instrumentaux
- 4. Conclusion**

P866***Microscopie électronique à balayage - Images, applications et développements****Par Jacky RUSTE*

- 1. Images et contrastes .**
 - 1.1 Contraste topographique en émission électronique secondaire .
 - 1.2 Contrastes en émission électronique rétrodiffusée
 - 1.3 Autres contrastes électroniques
 - 1.4 Imageries complémentaires à Partir d'autres détecteurs.



2. Résolution spatiale et profondeur de champ .

- 2.1 Pouvoir Séparateur.
- 2.2 Grandissement .
- 2.3 MEB et métrologie .
- 2.4 Profondeur de champ

3. Préparation d'échantillon

- 3.1 Matériaux métalliques .
- 3.2 Matériaux non métalliques .
- 3.3 Échantillons biologiques .

4. Nouveaux développements en microscopie électronique à balayage.

- 4.1 Observation à basse tension.
- 4.2 Microscopes à pression variable et à chambre environnementale .
- 4.3 Microscopes à double colonne (FIB)
- 4.4 Microscopes « de table ».

5. Applications.

- 5.1 Génie des matériaux
- 5.2 Génie électronique.
- 5.3 Génie biologique

6. Conclusions**7. Perspectives.****P885****Microanalyse X Par sonde électronique - Principe et instrumentation***Par Jacky RUSTE***1. Aspects théoriques : interactions rayonnement matière**

- 1.1 Diffusion élastique .
- 1.2 Interactions inélastiques
- 1.3 Absorption photoélectrique
- 1.4 Émissions et résolutions spatiales .

2. Aspects technologiques .

- 2.1 Colonne électronique.
- 2.2 Spectrométrie de rayons X à dispersion de longueur d'onde (WDS) .
- 2.2.1 Spectromètre.
- 2.2.2 Cristal monochromateur
- 2.2.3 Compteur proportionnel à flux gazeux .
- 2.2.4 Spectromètre Parfaitement focalisant.
- 2.2.5 Chaîne de traitement monocanale
- 2.3 Spectrométrie de rayons X à sélection d'énergie (EDS).
- 2.3.1 Diode semi-conductrice Si(Li)
- 2.3.2 Rendement de détection
- 2.3.3 Résolution énergétique
- 2.3.4 Chaîne de traitement du signal
- 2.4 Nouveau venu : le SDD (*Silicon drift detector*)
- 2.5 Microcalorimètre

P886**Microanalyse X Par sonde électronique - Applications et développements***Par Jacky RUSTE***1. Préparation des échantillons et conditions opératoires****2. Analyse qualitative**

- 2.1 Spectre d'émission X.
- 2.2 Cas des rayonnements de faible énergie.
- 2.3 Profils d'intensité X et de concentration

3. Cartographie X

- 3.1 Cartographie numérique .
- 3.2 Cartographie quantitative
- 4. Analyse quantitative et calculs de correction .**
- 4.1 Émission X d'une cible massive .
- 4.2 Méthode ZAF
- 4.3 Méthodes PhiRoz .
- 4.4 Procédure de quantification
- 4.5 Limite de détection
- 5. Analyse d'échantillons stratifiés .**
- 6. Microanalyse en mode « pression contrôlée » ou en chambre environnementale.**
- 7. Microanalyse en STEM**
- 8. Applications, quelques exemples**
- 8.1 Matériaux durs .
- 8.2 Matière molle .
- 9. Perspectives : l'analyse sub-micronique .**

P895**Microscopie à sonde locale***Par Frank SALVAN, Franck THIBAUDAU***1. Principe du microscope en champ proche.****2. Le microscope à effet tunnel.**

- 2.1 Introduction.
- 2.2 Effet tunnel entre deux électrodes métalliques planes .
- 2.3 Fonctionnement en mode courant tunnel constant
- 2.4 Théorie et interprétation des images
- 2.5 Spectroscopie locale *Par* effet tunnel .
- 2.6 Émission de photons dans la microscopie *Par* effet tunnel
- 2.7 Domaines d'application .

3. Le microscope à force atomique et les microscopies de force.

- 3.1 Principes
- 3.2 Mode contact
- 3.3 Mode de contact intermittent (tapping mode TM) .
- 3.4 Mode non-contact vibrant .
- 3.5 Mode lift TM.
- 3.6 Récapitulatif
- 3.7 Applications

4. Microscopie optique en champ proche et effet tunnel de photons

- 4.1 Généralités
- 4.2 Champ proche optique (SNOM)
- 4.3 Effet tunnel de photons (PSTM ou STOM) .
- 4.4 Applications

5. Instrumentation.

- 5.1 Problèmes généraux
 - 5.1.1 Système de déplacement fin
 - 5.1.2 Vibrations .
 - 5.1.3 Approche de la sonde .
 - 5.1.4 Contrôle et régulation du microscope .
- 5.2 Sonde et levier
 - 5.2.1 Microscopie *Par* effet tunnel.
 - 5.2.2 AFM

6. Conclusion

P950**Tomographie à rayons X***Par Christian THIERY***1. Principes physiques et mathématiques.**

- 1.1 Atténuation des rayons X Par la matière.
- 1.2 Production et détection du rayonnement X .
- 1.3 Principes mathématiques de la reconstruction.

2. Outil tomographique.

- 2.1 Architecture générale
- 2.2 Performances en matière de résolution
- 2.3 Extension aux domaines extrêmes : très haute énergie et haute résolution.

3. Évolution de la tomographie**4. Applications**

- 4.1 Applications .
- 4.2 Applications aux sciences du vivant
- 4.3 Perspectives d'avenir

5. Tomographie Par autres rayonnements

- 5.1 Gamma tomographie
- 5.2 Tomographie à courants de Foucault
- 5.3 Résonance magnétique nucléaire RMN
- 5.4 Tomographie Par neutrons.
- 5.5 Tomographie Compton.
- 5.6 Tomographie à ultrasons : échographie
- 5.7 Tomographie à émission de positrons
- 5.8 Laminographie calculée à rayonnement rétrodiffusé
- 5.9 Tomographie sismique et tomographie radar
- 5.10 Tomographies de procédés

6. Comparaison avec les autres méthodes de CND**7. Conclusion .****P1000****Imagerie RMN - Applications non médicales***Par Richard A. KOMOROSKI***1. Caractéristiques de l'IRMN non médicale .**

- 1.1 Généralités
- 1.2 Information et contraste
- 1.3 Considérations spécifiques aux matériaux
- 1.4 Domaines d'application .

2. Applications aux matériaux.

- 2.1 Structure des polymères et des composites
- 2.2 Diffusion des solvants dans les polymères
- 2.3 Céramiques et roches

3. Applications chimiques**4. Applications diverses**

- 4.1 Détection de défauts
- 4.2 Imagerie spectroscopique et spectroscopie locale
- 4.3 Évaluation non destructive

Bibliographie

RE34

Imagerie proche infrarouge : analyse de l'alimentation animale

Par Vincent BAETEN, Juan Antonio FERNANDEZ PIERNA, Antoine MICHOTTE RENIER, Pierre DARDENNE

Introduction

- 1 - L'alimentation animale, un monde en pleine évolution
- 2 - Intérêts de la spectroscopie proche infrarouge
- 3 - De la spectroscopie proche infrarouge à la microscopie proche infrarouge
- 4 - L'imagerie proche infrarouge, une technique d'avenir
 - 4.1 - Instrumentation
 - 4.2 - Potentiel de la technique
 - 4.3 - Avantages et limitations
- 5 - Conclusion et perspectives

RE143

Spectro-imagerie térahertz - Voir autrement

Par Patrick MOUNAIX

Introduction

- 1 - Contexte
- 2 - Présentation du domaine térahertz
 - 2.1 - Pourquoi le rayon T
 - 2.2 - Comment générer un tel rayonnement
- 3 - Imagerie térahertz
 - 3.1 - Pourquoi imager avec le rayon THz
 - 3.2 - Montages expérimentaux
 - 3.3 - Métrologie du faisceau térahertz
- 4 - Résultats expérimentaux
 - 4.1 - Procédure de formation des images
 - 4.2 - Analyse de données
 - 4.3 - Deux exemples marquants
- 5 - Conclusion et perspectives

MED890

Développement logiciel en traitement d'images médicales - Bonnes pratiques et méthodologie

Par Frédéric BANEAS

- 1. Enjeux de l'imagerie médicale
- 2. Enjeux techniques et scientifiques de l'image médicale
- 3. Enjeux industriels.
- 4. Approche et méthode .
 - 4.1 Avec qui et comment.
 - 4.1.1 Démarrage .
 - 4.1.2 Progression
 - 4.2 Définition du besoin.
 - 4.2.1 Mise en contexte .
 - 4.2.2 Identification de la finalité
 - 4.3 Définition des critères de succès
 - 4.3.1 Catégorie des critères de succès .
 - 4.3.2 Typologie des critères de succès.
 - 4.3.3 Points de vigilance
 - 4.4 Résolution du problème
 - 4.4.1 Technologie(s) disponible(s)
 - 4.4.2 Évaluation des technologies
- 5. Synthèse .
- 6. Conclusion



“Ti382

Réseaux

Télécommunications”

TECHNOLOGIES
DE
L'INFORMATION



TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR



S4/24850

Administration de réseaux applications et mises en

S4/24851

Internet des objets

S4/24852

Réseau internet : protocoles multicast routage MPLS et mobilité

S4/24853

Réseaux cellulaires et téléphonie

S4/24854

Réseaux et télécoms : innovations et tendances technologiques

S4/24855

Réseaux locaux

S4/24856

Techniques et systèmes de transmission en réseaux et télécoms

Technologies de l'information

Ti630 Réseaux Télécommunications

S4/24850 Administration de réseaux applications et mises en œuvre**** Administration de réseaux:****H2860 Administration des systèmes d'information**par **Madeleine CHEVASSUS****1. Fonctions d'administration nécessaires à l'entreprise et métiers associés**

- 1.1 Enjeux pour les entreprises et les administrations
- 1.2 Help desk
- 1.3 Gestion de parc matériel et logiciels, gestion d'infrastructures

2. Outils de base de l'administration de système .

- 2.1 Buts
- 2.2 Mécanismes avec agents
- 2.3 Un serveur de management : OpenMaster d'Evidian
- 2.4 Solutions d'administration de système

3. Gestion des systèmes.

- 3.1 Performances
- 3.2 Opérations à distance
- 3.3 Surveillance des bases de données relationnelles
- 3.4 Supervision et performances des applications
- 3.5 Ordonnancement
- 3.6 Gestion des sauvegardes et des restaurations

4. Qualité de service, Service Level Management

- 4.1 Qualité de service
- 4.2 Notion d'ASP.
- 4.3 Service Level Agreement
- 4.4 Service Level Management

5. Tendances dans le domaine du management

- 5.1 WBEM et CIM: nouveau standard de management et de modélisation de données
- 5.2 Oracle 9i, une base de données autoadministrée
- 5.3 Serveurs autoadministrés

H2840 Administration de réseaux informatiques: protocole SNMPpar **Olivier WILLM****1. Mise en œuvre.**

- 1.1 Outils
- 1.2 Organisation.
- 1.3 Facteur humain

2. SNMP

- 2.1 Modèle simplifié
- 2.2 Management Information Base
- 2.3 Description des objets : SMI
- 2.4 Protocoles SNMPv1 et SNMPv2.
- 2.5 SNMPv3.

3. Perspectives

- 3.1 SNMP.
- 3.2 Plates-formes et outils.
- 3.3 CIM et WBEM

4. Conclusion

TE7608***SDN: promesses et enjeux - Analyse de l'ingénierie d'exploitation de réseaux***par **Mohamed BOUCADAIR, Christian JACQUENET****1. Quelques rappels.**

- 1.1 Vers des réseaux dynamiquement adaptatifs
- 1.2 Au-delà du buzz SDN

2. Environnement SDN.

- 2.1 De la souscription à l'exploitation d'un service .
- 2.2 Définition de SDN

3. Enjeux de l'approche SDN

- 3.1 Simplicité et adaptabilité
- 3.2 Intelligence flexible
- 3.3 Performance et facteur d'échelle.
- 3.4 Techniques standardisées
- 3.5 Défis de l'automatisation

4. Pratique raisonnée des techniques SDN

- 4.1 Retenir les leçons du passé
- 4.2 Rester pragmatique
- 4.3 Confronter l'expérience à la théorie
- 4.4 Déployer progressivement
- 4.5 OpenFlow, un outil parmi d'autres de la boîte SDN
- 4.6 Ne pas se tromper d'objectifs.

5. Quelques cas d'usage

- 5.1 Production automatisée d'un RPV .
- 5.2 Ingénierie de trafic offline

6. Défis encore à relever**7. Conclusion****TE7609*****Software-Defined Network - Principes, architectures et mise en œuvre – partie 1***Par **Stéphane LITKOWSKI****1. Évolution des réseaux IP et des usages**

- 1.1 Protocole IP et Internet
- 1.2 Évolution des routeurs .
- 1.3 Évolution des usages du réseau .
- 1.4 Impact des usages sur les réseaux IP.

2. Rendre le réseau programmable

- 2.1 Vision de bout en bout
- 2.2 SDN : Software-Defined Networking

3. SDN dans les réseaux

- 3.1 Automatiser la configuration des équipements
- 3.2 SDN pour un accès au réseau par le client optimisé

4. Conclusion .**5. Glossaire****TE7611*****Software-Defined Network - Principes, architectures et mise en œuvre – partie 2***Par **Stéphane LITKOWSKI****1. SDN pour l'optimisation du transport IP**

- 1.1 Le transport IP aujourd'hui
- 1.2 Amélioration des capacités d'ingénierie de trafic par le SDN.



2. SDN pour l'attachement de services au réseau

- 2.1 Utilisation d'un contrôleur SDN pour attacher une machine virtuelle au réseau
- 2.2 Notion de réseau, d'underlay et d'overlay
- 2.3 Technologies d'overlay
- 2.4 Contrôleurs SDN et technologies d'overlay.
- 2.5 Architectures de passerelles réseau
- 2.6 Solutions de vswitch/vrouter
- 2.7 Chaînage de service.
- 2.8 Standardisation
- 2.9 Architecture de déploiement du cas d'usage NFV

3. Contrôleurs SDN du marché

- 3.1 OpenContrail .
- 3.2 OpenDaylight.
- 3.3 Positionnement des contrôleurs SDN .
- 3.4 Modèles de prix

4. Conclusion**5. Glossaire****TE7612****Contrôle dynamique de ressources Internet - Atouts du protocole PCP***Par Mohamed BOUCADAI, Christian JACQUENET*

1. Contexte d'ensemble
2. Éléments fonctionnels PCP
3. Transmission des messages PCP.
4. Opérations et options PCP
5. Fonctions avancées
6. Exemples d'échanges PCP
7. Scénarios de déploiement
8. Voix sur IP
9. Réseaux mobiles
10. Continuité de service IPv4 : cas « Lightweight IPv4 over IPv6 »
11. Problèmes que PCP n'est pas censé résoudre
12. Perspectives.

TE7605**Métriologie des réseaux - Mesure de la qualité de service***Par Géraldine TEXIER*

1. Fonctions de la mesure
 - 1.1 Caractériser l'utilisation du réseau.
 - 1.2 Métriologie pour le dimensionnement et l'ingénierie de trafic
2. Mesures à effectuer
 - 2.1 Mesure de délais
 - 2.2 Mesure de pertes
 - 2.3 Mesure de la bande passante
3. Architectures de mesure
 - 3.1 Plan de contrôle
 - 3.2 Plan de données
 - 3.3 Architectures de mesure
 - 3.4 Quelques limites .
4. Conclusion



TE7607**Structuration dynamique de services - Introduction au chaînage de fonctions service (SFC)***Par Mohamed BOUCADAIR, David BINET*

1. Motivations et objectifs
2. Cas d'usages
3. Expression de besoins
4. Architecture du SFC
5. Implémentations techniques
6. Découverte de fonction service
7. Diagnostic de chaîne de fonctions service
8. Conclusion et perspectives

**** Mise en œuvre:****TE7702****Mise en œuvre d'un pare-feu gratuit à base d'IP Filter** *Par Laurent LEVIER***1. Définitions**

- 1.1 Périmètre
- 1.2 Pare-feu
- 1.3 Logiciel libre

2. Pare-feu IP Filter .

- 2.1 Présentation .
 - 2.1.1 Fonctionnalités
 - 2.1.2 Présentation
 - 2.1.3 Traitement d'un paquet .
- 2.2 Règles de filtrage
 - 2.2.1 Syntaxe .
 - 2.2.2 Exemples de configuration.
- 2.3 Règles de translation
 - 2.3.1 Translation d'adresses toutes en une ou plusieurs
 - 2.3.2 NAT 1:1
 - 2.3.3 Redirection de port
- 2.4 Commandes .
 - 2.4.1 Contrôle des règles de filtrage
 - 2.4.2 Contrôle des translations d'adresses et des redirections de ports.
 - 2.4.3 Traces .

3. Étude de cas

- 3.1 Détails de l'architecture
- 3.2 Jeu de règles de translation d'IP Filter
- 3.3 Jeu de règles de filtrage d'IP Filter .

4. Conclusion**TE7704****Mise en œuvre d'un serveur de noms de type DNS***Par Laurent LEVIER***1. Le service de noms .****2. Mise en œuvre d'un service de noms**

- 2.1 Principe de configuration.
- 2.2 Options générales de configuration .
 - 2.2.1 Définition des fichiers
 - 2.2.2 Comportement réseau
 - 2.2.3 Sécurité
- 2.3 Mise en place d'un serveur relais
 - 2.3.1 Configuration d'un relais basique



- 2.3.2 Configuration d'un serveur relais cache .
- 2.4 Mise en place d'un serveur de zone
 - 2.4.1 Redondance
 - 2.4.2 Déclaration dans « named.conf ».
 - 2.4.3 Fichier(s) de zone
- 2.5 Format d'un enregistrement
 - 2.5.1 Différents types d'enregistrement
 - 2.5.2 Déclaration de la zone
- 2.6 Déléguer une zone
- 2.7 Mettre à jour une zone
 - 2.7.1 Mise à jour simple
 - 2.7.2 Mise à jour sécurisée par DNSSEC

3. Conclusion

Références

TE7706

Mise en œuvre d'un proxy - Installation

Par **Laurent LEVIER**

1. Concept de relais applicatif.

- 1.1 Le relais applicatif HTTP .
- 1.2 Squid
- 1.3 Architectures de proxy .
 - 1.3.1 Proxy défini dans le navigateur
 - 1.3.2 Redirection transparente

2. Installation du proxy

- 2.1 Démarrage de Squid .
- 2.2 Configuration réseau du proxy
- 2.3 Définition du langage du relais
- 2.4 Définition de la mémoire du logiciel et du cache
 - 2.4.1 Définition de la mémoire du logiciel .
 - 2.4.2 Définition et initialisation du cache
- 2.5 Sécurité.
- 2.6 Contrôle d'accès
 - 2.6.1 ACL externes
 - 2.6.2 ACL internes.
 - 2.6.3 Définition de l'autorisation
- 2.7 Rapports – Gestion des traces
 - 2.7.1 Format de traces par défaut
 - 2.7.2 Format de traces personnalisé.
 - 2.7.3 Rotation des traces

3. Exemple de fichier Squid.conf .

4. Conclusion.

TE7707

Mise en œuvre d'un proxy - Fonctions avancées

Par **Laurent LEVIER**

1. Fonctions avancées de cache

- 1.1 Changer le fonctionnement du cache
 - 1.1.1 Interdire le cache d'objets spécifiques
 - 1.1.2 Contrôler le rafraîchissement du cache .
- 1.2 Accès au gestionnaire de cache

2. Architecture avancée : la redirection transparente.

- 2.1 Redirection transparente par Firewall
- 2.2 Le protocole WCCP

3. Gestion de l'authentification

- 3.1 ACL externes



- 3.2 Authentification des utilisateurs avec Squid
- 3.3 Authentification de l'utilisation de Squid par LDAP

4. Filtrage antivirus

- 4.1 ICAP
- 4.2 Hiérarchie de cache avec Squid

5. Filtrage d'URL

- 5.1 Installation de SquidGuard .
- 5.2 Mise en relation avec Squid

6. Rapports d'utilisation .

- 6.1 SQstat .
- 6.2 Calamaris
- 6.3 SARG

7. Conclusion

TE7710

Communiquer sur des chemins multiples - Atouts du protocole MPTCP

Par **Mohamed BOUCADAIR, Christian JACQUENET**

1. Plusieurs motivations et un objectif principal

- 1.1 De l'importance grandissante des terminaux multi-interfaces
- 1.2 De la mobilité des utilisateurs
- 1.3 Un objet rationnel.

2. Exemples d'application du protocole MPTCP .

3. Protocole MPTCP

- 3.1 Principes
- 3.2 Fonctionnement

4. Implémentations existantes

5. Perspectives d'évolution .

- 5.1 Optimiser l'ingénierie MPTCP
- 5.2 Sécuriser l'ingénierie MPTCP
- 5.3 Évolutions fonctionnelles .
- 5.4 Évolution des spécifications MPTCP.

6. Conclusion

**** Sécurité des réseaux:**

TE7708

Messagerie avec antispam - Mise en œuvre

Par **Laurent LEVIER**

1. SPAM en quelques mots .

- 1.1 Règles du message publicitaire
- 1.2 Techniques de lutte contre le SPAM
 - 1.2.1 DNSBL
 - 1.2.2 Grey listing
 - 1.2.3 Black/White listing
 - 1.2.4 Filtre bayésien .
 - 1.2.5 Confirmation explicite .
 - 1.2.6 DKIM (DomainKeys Identified Mail)

2. Solution de relais de messagerie avec protection anti-spam

- 2.1 Éléments de la solution
- 2.2 Architecture
- 2.3 Mise en œuvre
 - 2.3.1 Configuration de Postfix
 - 2.3.2 Configuration de Postgrey
 - 2.3.3 Configuration de MailScanner .



2.3.4 Configuration de ClamAV

2.3.5 Dernières retouches.

2.3.6 Zones de quarantaine

3. Conclusion

TE7545

Suite de protocoles IPsec au service des VPN et de la mobilité

Par *Maryline LAURENT-MAKNAVICIUS*

1. Problématique de sécurité et premiers éléments de réponse.

2. Caractéristiques et fonctionnement général de la suite de protocoles IPsec

3. Politique de sécurité : les associations de sécurité

3.1 Contenu d'une association de sécurité

3.2 Choix de l'association de sécurité

3.3 Bases de données SPD et SAD

3.4 Traitement des paquets dans le sens sortant

3.5 Traitement des paquets dans le sens entrant

4. En-tête d'authentification AH

4.1 Deux modes de protection

4.2 Contenu

4.3 Calcul de l'authentificateur

5. En-tête ESP.

5.1 Deux modes

5.2 Contenu

5.3 Construction de l'en-tête ESP

5.4 Extraction de l'en-tête ESP

6. Protocole IKE de gestion dynamique des associations de sécurité

6.1 Protocole IKE (IKEv1)

6.2 Protocole IKEv2

6.3 Distribution de clés publiques .

7. IPsec appliqué au protocole IPv6

8. Pour une meilleure compatibilité entre IPsec et NAT

8.1 Problèmes de compatibilité .

8.2 Solutions préconisées

9. Usage de IPsec dans la construction de VPN .

9.1 VPN – interconnexion de réseaux privés distants

9.2 VPN – accès distant depuis un terminal nomade.

10. Positionnement des VPN IPsec par rapport aux VPN SSL et SSH.

11. IPsec au service de la mobilité IPv6 .

12. Conclusion

TE7550

Pare-feu- Couteau suisse de la sécurité informatique

Par *Maryline LAURENT*

1. Introduction au pare-feu .

2. Vue d'ensemble des fonctions hébergées dans un pare-feu

3. Politique de sécurité du système d'information (PSSI)

4. Filtrage dans ses grandes lignes

5. Filtre de paquets avec et sans état

6. Passerelle de niveau applicatif (proxy et reverse-proxy)

7. Passerelle de niveau circuit

8. Inspection de paquets avec état ou en profondeur

(SPI et DPI) .



9. IDS et IPS pour détecter et réagir aux intrusions
10. Pare-feu personnels
11. Autres fonctions indissociables des pare-feu.
12. Choix d'une architecture : essentiel pour une protection efficace
13. Limitations .
14. Matériels et logiciels
15. Conclusion
16. Sigles

TE7553**Extensions de sécurité DNS (DNSSEC)**Par **Gilles GUETTE****1. DNS : principes et fonctionnement**

- 1.1 Domaines et zones
- 1.2 Délégation d'autorité
- 1.3 Architecture du DNS
 - 1.3.1 Serveurs de noms autoritaires
 - 1.3.2 Serveurs caches récursifs
 - 1.3.3 Résolveurs
- 1.4 Résolution de noms.

2. Faiblesses du DNS

- 2.1 Attaque par oracle (*man in the middle*)
- 2.2 Attaque grâce au paradoxe de l'anniversaire .
- 2.3 Pollution d'un serveur cache
- 2.4 Corruption de mise à jour dynamique et de transfert de zone
- 2.5 Attaques utilisant un serveur de noms

3. Extensions de sécurité du DNS (DNSSEC)

- 3.1 Signature du fichier de zone : principes et fonctionnement
- 3.2 Nouveaux enregistrements de ressource
 - 3.2.1 Enregistrement DNSKEY.
 - 3.2.2 Enregistrement RRSIG.
 - 3.2.3 Enregistrement NSEC
- 3.3 Chaîne de confiance et authentification de clés en cascade
 - 3.3.1 Enregistrement DS
 - 3.3.2 Deux types de clés, ZSK et KSK
 - 3.3.3 Authentification de clés en cascade
- 3.4 Résolution de noms DNSSEC
 - 3.4.1 Algorithme Top-Down
 - 3.4.2 Algorithme Bottom-Up
 - 3.4.3 Bit Authenticated Date (AD)
 - 3.4.4 Bit Checking Disabled (CD) .
- 3.5 Taille des messages DNSSEC et l'extension EDNSO
 - 3.5.1 TSIG .
 - 3.5.2 SIG(0)

4. Conclusion .

Références bibliographiques

TE7377**Sécurité dans les réseaux 802.11**Par **Maryline LAURENT, Aymen BOUDGUIGA**

1. Introduction aux réseaux 802.11
2. Vue d'ensemble de la sécurité des réseaux sans fil
3. Authentification
 - 3.1 Authentification Pré-RSNA (historique)



- 3.2 Port contrôlé dans 802.1X .
- 3.3 Authentification basée sur une clé prépartagée (PSK) .
- 3.4 EAP dans IEEE 802.1X
- 4. Gestion des clés et des associations de sécurité**
- 4.1 Principes de gestion des clés et des associations de sécurité
- 4.2 Session sécurisée STA-AP (*4-Way Handshake*)
- 4.3 Session sécurisée STA-STA (*SMK Handshake* et *4-Way Handshake*)
- 4.4 Session diffusée – Gestion des clés de groupe (*Group Key Handshake*)
- 5. Protection des échanges de données sur un lien radio .**
- 5.1 WEP (*Wired Equivalent Privacy*)
- 5.2 TKIP (*Temporal Key Integrity Protocol*)
- 5.3 CCMP (*CTR with CBC-MAC Protocol*)
- 6. Réseaux mesh sans fil et sécurité**
- 6.1 Réseaux mesh
- 6.2 Sécurité des réseaux mesh
- 7. Conclusions.**

TE7506**Sécurité IPv6 - Adressage et auto-configuration**Par **Jean-Michel COMBES****1. Classes d'adresses IPv6**

- 1.1 Unicast .
- 1.2 Multicast
- 1.3 Anycast

2. Génération et sécurité d'adresse unicast IPv6

- 2.1 EUI-64 modifié
- 2.2 Aléatoire
- 2.3 Aléatoire et stable
- 2.4 Cryptographiques
- 2.5 Cryptographiques et locales

3. Protocole ND .

- 3.1 Principe
- 3.2 Router Discovery

4. Auto-configuration des adresses IPv6 .

- 4.1 Adresses lien-local et globale
- 4.2 Duplicate Address Detection
- 4.3 Optimistic DAD.
- 4.4 Neighbor Discovery Proxy (ND Proxy).

5. Attaques sur le protocole ND

- 5.1 Attaques externes
- 5.2 Attaques internes .

6. Solutions de protection palliatives du protocole ND

- 6.1 Protection du Neighbor Cache.
- 6.2 Préfixe en /127
- 6.3 Mécanisme RA Guard

7. Solution de protection avancée du protocole ND .

- 7.1 Sécurisation des échanges entre 2 nœuds
- 7.2 Sécurisation de la découverte d'un routeur
- 7.3 Limitations de SEND

8. Conclusion

**** Réseaux militaires:****TE7490 Réseaux de télécommunication militaires***Par Pierre LAGOUTTE***1. Segmentation des télécommunications militaires**

- 1.1 Réseaux d'infrastructure
- 1.2 Réseaux de théâtre d'opérations.

2. Technologies et méthodologies civiles dans les réseaux militaires.

- 2.1 Développement plus rapide des technologies et des équipements
- 2.2 Réalisation des programmes en coopération multinationale

3. Technologies spécifiquement militaires

- 3.1 Utilisation du milieu libre hertzien
- 3.2 Usage de faibles débits d'information.
- 3.3 « Hypermobilité »
- 3.4 Sécurité des télécommunications
- 3.5 Résistance à l'environnement .

4. Avenir des télécommunications militaires

- 4.1 Équipements et services mobiles sur le théâtre d'opérations.
- 4.2 Nouveaux moyens de télécommunication par satellite
- 4.3 Internet généralisé « sans couture »

5. Conclusion .**TE7496 Télécommunications militaires navales embarquées***Par Laurent ENEL, Michel DELATTRE, François-Xavier ARQUES***1. Contexte opérationnel.**

- 1.1 Notion de système
- 1.2 Télécommunications et missions du bâtiment

2. Spécificités des télécommunications internes des bâtiments

- 2.1 Contraintes d'interopérabilité, de sécurité et d'environnement
- 2.2 Dispositions à prendre en vue de la tenue aux conditions d'environnement
- 2.3 Choix de techniques d'autocicatrisation des réseaux .

3. Organisation actuelle et exemples d'architectures

- 3.1 Notion de réseau fédérateur
- 3.2 Exemple du porte-avions Charles-de-Gaulle
 - 3.2.1 Caractéristiques générales et sécurisation
 - 3.2.2 Caractéristiques techniques
- 3.3 Exemple du BPC
 - 3.3.1 Introduction.
 - 3.3.2 Descriptif de la solution envisagée
- 3.4 Exemples des sous-marins américains classe Virginia

4. Applicatifs embarqués**5. Conception des systèmes**

- 5.1 Intérêt des modélisations.
- 5.2 Critères de performance
- 5.3 Support physique
- 5.4 Modélisation des flux de données

6. Conclusion .**Références bibliographiques**

S4/24851 Internet des objets

** Architectures, protocoles et technologies:

TE8000 Objets connectés : enjeu de la 5G - Évolution des réseaux M2M () et IoT

Par Marie-Paule ODINI

1. Problématique des objets connectés au réseau télécom.
2. M2M et réseaux de communication .
3. Croissance du trafic M2M/IoT et virtualisation
4. Impact des architectures *cloud* et *edge* sur le M2M .
5. Autres technologies de communication réseau.
6. Évolution vers la 5G .
7. Conclusion .
8. Glossaire.
9. Sigles

TE8008 IP pour les objets intelligents - Vision, technologies et solutions

Par Cédric CHAUVENET

1. L'internet des objets
 - 1.1 Vision générale
 - 1.2 De nouvelles contraintes
 - 1.2.1 Énergie
 - 1.2.2 Autonomie
 - 1.2.3 Contraintes matérielles
 - 1.2.4 Coût
 - 1.2.5 Passage à l'échelle
 - 1.3 Besoin de nouveaux standards.
 - 1.4 Acteurs
 - 1.5 Applications
2. Technologies répondant à ce nouveau besoin.
 - 2.1 Réponses aux contraintes .
 - 2.1.1 Énergie
 - 2.1.2 Autonomie
 - 2.1.3 Contraintes matérielles
 - 2.1.4 Coût
 - 2.1.5 Passage à l'échelle
 - 2.2 Architecture générique d'un objet communicant .
 - 2.3 Principaux standards de l'Internet des objets
 - 2.3.1 Couches physiques
 - 2.3.2 Couches réseaux
 - 2.3.3 Couches applicatives
 - 2.4 Alliances industrielles
3. Exemple de solution
 - 3.1 Capteurs.
 - 3.2 Passerelle
 - 3.3 Services
4. Conclusion



TE8002**6LoWPAN - IPv6 dans les réseaux personnels sans fil à faible puissance**

Par Ana MINABURO, Laurent TOUTAIN

1. De l'Internet des Objets à l'IETF .

2. Protocole IEEE 802.15.4

2.1 Couche physique .

2.2 Couche MAC.

3. Protocole 6LoWPAN

3.1 Fragmentation

3.2 Compression des en-têtes

3.2.1 Exemples de compression

3.2.2 Dispatch mesh-under

3.2.3 Dispatch de niveau supérieur

4. Neighbor Discovery

5. Conclusion

6. Glossaire

7. Sigles

TE7516**Protocole de routage RPL**

Par Tanguy ROPITAUT

1. De la nécessité d'un nouveau protocole de routage pour les LLN.

2. Environnement RPL

2.1 Définition

2.2 Organisation de la topologie dans RPL

2.3 Vue d'ensemble du fonctionnement de RPL .

3. Construction de la topologie

3.1 Formation des routes montantes : message DODAG Information Object (DIO)

3.2 Formation des routes descendantes : message Destination Advertisement Object (DAO)

4. Maintien de la topologie

4.1 Réparation Globale

4.2 Réparation locale

4.3 Détection des boucles de routage

5. Temporalité de RPL

5.1 DIO : algorithme Trickle

5.2 DAO : intervalle DelayDAO

5.3 Exemple de construction de topologie au démarrage de RPL

6. Métriques RPL.

7. Précisions sur le rang

8. Objective Functions

8.1 Objective Function Zero (OF0)

8.2 Minimum Rank with Hysteresis Objective Function (MRHOF)

9. RPL et multi-chemin

10. Sécurité dans RPL

11. Implémentation de RPL .

12. Conclusion

13. Glossaire



TE7567

Object Name Service (ONS) - Un service de nommage pour les objets de l'Internet

Par **Antonio KIN-FOO**

1. Nommage des objets

1.1 Principe

1.1.1 Conversion en nom de domaine .

1.1.2 Correspondance FQDN et URI final .

1.2 Usages et services

1.2.1 Informations produit pour le consommateur

1.2.2 Traçabilité

2. Défis et perspectives

2.1 Gouvernance

2.1.1 Modèle avec racine ONS unique .

2.1.2 Modèle avec une fédération de racines ONS

2.2 Aspects sécurité

3. Conclusion

H8500

Réseaux de capteurs

Par **Khaldoun AL AGHA**

1. Comment se définit un réseau de capteurs ?

2. Contraintes dans la conception d'un réseau de capteurs

2.1 Contraintes liées à l'application

2.2 Contrainte énergétique

2.3 Contraintes liées aux déterminismes

2.4 Contraintes de passage à l'échelle

2.5 Contraintes liées à la qualité de service

2.6 Contraintes liées à la protection de l'information

2.7 Contraintes liées à l'environnement

2.8 Contraintes de simplicité

3. Applications

4. Protocoles de communication

4.1 IEEE802.15

4.2 IEEE802.11 ou Wi-Fi

5. Routage dynamique

5.1 Protocole DSDV

5.2 Protocole DSR

5.3 Protocole AODV

5.4 Protocole OLSR

6. Évolution des réseaux de capteurs

S7511

Réseaux de capteurs autonomes - Couche physique et architectures matérielles

Par **Laurent CLAVIER, Christophe LOYEZ**

1. Solutions actuelles

1.1 Panorama des télécommunications

1.2 Canal radio .

1.3 Impact du canal et étalement du spectre (couche Phy)

1.3.1 Nécessité d'étaler le spectre .

1.3.2 Techniques d'étalement .

1.3.3 Diversités

1.4 Accès à la ressource (MAC)

1.4.1 Choix d'une méthode aléatoire .



- 1.4.2 Problématique spécifique du canal radio
- 1.4.3 Topologie du réseau .
- 1.4.4 Accès au canal : avec ou sans « balise »
- 1.5 Limites actuelles
- 2. Architectures matérielles**
- 2.1 Solutions à faible consommation énergétique
- 2.1.1 Généralités
- 2.1.2 Topologies actuelles .
- 2.2 Systèmes ultra large bande pour réseaux de capteurs
- 2.2.1 Contexte
- 2.2.2 Architecture d'un système ULB à impulsions
- 2.2.3 Techniques de synchronisation à faible consommation énergétique pour système ULB
- 2.3 Systèmes radio fréquences millimétriques à faible consommation pour réseaux de capteurs
- 2.3.1 Analyse du bilan de liaison d'un système millimétrique
- 2.3.2 Système impulsif radio à 60 GHz
- 2.3.3 Architecture de récepteurs classiques
- 2.3.4 Avantages des récepteurs à super-régénération
- 3. Interférences et coopération**
- 3.1 Interférences externes .
- 3.2 Interférences internes .
- 3.3 Prise de décision .
- 3.4 Coopération
- 3.4.1 Avantages de la coopération.
- 3.4.2 Relais
- 3.4.3 Difficultés de la coopération .
- 4. Conclusion**

TE7508

Technologie ZigBee / 802.15.4 - Protocoles, topologies et domaines d'application

Par **Thierry VAL, Eric CAMPO, Adrien VAN DEN BOSSCHE**

1. Présentation générale

- 1.1 Le projet ZigBee
- 1.2 Objectifs et domaines d'application.
- 1.3 Consommation énergétique
- 1.4 Implémentations
- 1.5 Topologies
- 1.6 Adressage.
- 1.7 Valeurs typiques

2. Étude protocolaire de ZigBee / 802.15.4.

- 2.1 Une pile protocolaire en couches
- 2.2 La couche physique PHY de 802.15.4
- 2.2.1 Bandes de fréquences et canaux.
- 2.2.2 Modulations et étalement de spectre
- 2.2.3 Portée, puissance d'émission et sensibilité du récepteur
- 2.3 La couche liaison LNK de 802.15.4
- 2.3.1 Format de trame
- 2.3.2 La sous-couche MAC
- 2.3.3 La sous-couche LLC .
- 2.4 La couche réseau NWK de ZigBee
- 2.4.1 Éléments de la topologie du réseau
- 2.4.2 Adressage
- 2.4.3 Principes de base du routage ZigBee



2.5 La couche applicative APL et les profils de ZigBee

3. Bilan et perspectives

TE7509

Technologie sans fil 802.15.4 - Son héritage protocolaire et ses applications

Par *Adrien VAN DEN BOSSCHE, Thierry VAL, Éric CAMPO*

1. Présentation de la norme IEEE 802.15.4 .

1.1 Norme initiale (IEEE 802.15.4-2003)

1.2 Évolutions de la norme.

2. Protocoles basés sur 802.15.4

2.1 SynkroRF et RF4CE

2.2 ISA100.11.a

2.3 WirelessHart .

2.4 6LoWPAN

2.5 Pistes d'évolution.

3. Domaines d'applications.

3.1 Certifications.

3.2 Environnements applicatifs

4. Bilan

TE7410

Technologie Bluetooth

Par *Xavier LAGRANGE et Laurence ROUILLE*

1. Contexte de normalisation.

2. Architecture générale du système

2.1 Concept de piconet

2.2 Identification

2.3 Modèle architectural

3. Couche physique

3.1 Gammes de fréquences

3.2 Modulation

3.3 Caractéristiques radio : puissance et sensibilité

3.4 Principe général de transmission

4. Principes de transmission sur un lien établi

4.1 Liens physiques

4.2 Format général des paquets

4.3 Chaîne de transmission

4.4 Format détaillé d'un paquet.

4.5 Mécanismes protocolaires

4.6 Exemples de débits .

5. Mécanismes de découverte et d'établissement de lien

5.1 Établissement d'un piconet .

5.2 État connecté et ses différents modes .

5.3 Diagramme d'état d'une station Bluetooth .

5.4 Connexion d'une station à un piconet existant

5.5 Scatternet .

6. Couche gestion des liens

7. L2CAP.

8. Mécanismes de sécurité

8.1 Modes de sécurité

8.2 Gestion des clés

8.3 Authentification

8.4 Chiffrement

Références bibliographiques



E1470**Systemes et techniques RFID**Par **Claude TETELIN**

- 1. Principes généraux de la RFID**
- 2. Familles de systèmes RFID et caractéristiques .**
 - 2.1 RFID active ou passive.
 - 2.2 Champ proche ou champ lointain
 - 2.3 Lecture seule ou lecture/écriture
 - 2.4 Protocole ITF ou TTF
- 3. Téléalimentation des étiquettes RFID .**
 - 3.1 Téléalimentation en HF, couplage magnétique
 - 3.2 Téléalimentation en UHF, équation de Friis
 - 3.3 Adaptations d'impédance interrogateur et étiquette
- 4. Communication et codage des informations.**
 - 4.1 Modulations en RFID
 - 4.2 Codes utilisés en RFID .
 - 4.2.1 Codes dans la communication « uplink »
 - 4.2.2 Codes dans la communication « downlink »
- 5. Protocoles d'anticollision**
 - 5.1 Algorithmes déterministes
 - 5.2 Algorithmes aléatoires
- 6. Normes et réglementations**
 - 6.1 Régulations
 - 6.2 RFID et santé publique.
 - 6.3 Normes techniques.
- 7. Conclusion.**
- 8. Glossaire**

H5325**Systemes et techniques RFID - Risques et solutions de sécurité**Par **Ethmane EL MOUSTAINE, Maryline LAURENT**

- 1. À retenir**
 - 1.1 Contexte et cadre techniques
 - 1.2 Bénéfices et risques .
- 2. Architecture des RFID et technologie**
 - 2.1 Étiquettes RFID .
 - 2.2 Antennes
 - 2.3 Lecteur RFID .
 - 2.4 Intergiciel
- 3. Standard EPCGlobal .**
 - 3.1 Système de codification EPC
 - 3.2 Classification des étiquettes RFID
 - 3.3 Réseau EPCGlobal
 - 3.4 Standard EPC de seconde génération (EPC Gen2)
- 4. Usages des RFID**
- 5. Risques et besoins en technologie RFID**
 - 5.1 Atteinte à la vie privée
 - 5.2 Problèmes de sécurité
 - 5.3 Besoins de services de sécurité
- 6. Verrous technologiques**
- 7. État des lieux des solutions de sécurité**
 - 7.1 Standard EPCGen2
 - 7.2 Solutions symétriques légères
 - 7.3 Solutions asymétriques
 - 7.4 Analyse et synthèse .



8. Conclusions et perspectives

RE165**État de l'art en recherche européenne sur l'Internet des Objets et la RFID***Par Patrick GUILLEMIN***Introduction**

- 1 - Contexte
- 2 - Recherche rfid et iot en europe
- 3 - Projets de recherche concernant la sécurité et ses résultats
- 4 - Aspect international
- 5 - Conclusion

S8650**La Technologie NFC - Principes de fonctionnement et applications***Par Ali BENFATTOUM***1. Les principes et normes du NFC**

- 1.1 Origine du concept de NFC.
- 1.2 De la RFID à la technologie NFC
- 1.3 Principe de fonctionnement d'une communication en champ proche .
- 1.4 Normes de communication et de tests
- 1.5 Interopérabilité technologies propriétaires

2. Focus sur le NFC

- 2.1 Le NFC Forum.
- 2.2 NFC Forum Device et NFC Forum Tag .
- 2.3 Les trois modes du NFC
- 2.4 Les spécifications techniques du NFC Forum
- 2.5 Applications et services

3. Intégration du NFC dans le téléphone mobile

- 3.1 Architecture d'un mobile NFC .
- 3.2 Le Secure Element
- 3.3 Les architectures Mobile-Centric et Sim-Centric
- 3.4 Architecture Sim-Centric .

4. Marchés et écosystème

- 4.1 Les acteurs et leurs rôles
- 4.2 Le rôle du TSM

5. Cas d'usages NFC.

- 5.1 Exemple d'un Smart Poster
- 5.2 Exemple d'un handover NFC-Bluetooth

6. Conclusion**H3580****Sécurité du paiement mobile NFC***Par Bertrand PLADEAU, Ahmad SAIF***1. Contexte des usages**

- 1.1 Cadre du mobile NFC
- 1.2 Usages du mobile NFC .
- 1.3 Différents moyens de paiements *via* mobile

2. Besoins de sécurité des différents acteurs

- 2.1 Émetteur du moyen de paiement
- 2.2 Distributeur
- 2.3 Accepteur
- 2.4 Acquéreur .



2.5 Utilisateur .

3. Typologies du paiement sans contact

3.1 Modèle technique des opérateurs Telecom

3.2 Modèle des nouveaux distributeurs.

3.3 Modèles alternatifs

4. Transaction et composants de l'architecture mobile

4.1 « Élément de sécurité » et certification

4.2 Plate-forme mobile et mécanismes de contrôle, IHM

4.3 Application de paiement – Rôle des divers réseaux

4.4 Gestion des risques .

5. Attaques et parades .

5.1 Cas du Google Wallet

5.2 Incident GIE CB sur carte sans contact.

6. Conclusion

IN132

Routage dynamique et réseaux de capteurs - Bénéfice d'utiliser IPv6 dans les environnements contraints

Par **Christian JACQUENET**

Introduction

1 - Contexte

2 - Caractéristiques et contraintes des réseaux de capteurs

2.1 - Réseaux de capteurs en environnement domestique

2.2 - Réseaux de capteurs en environnement urbain

2.3 - Réseaux de capteurs en environnement industriel

3 - IPV6, protocole fédérateur

4 - Effort de standardisation très actif

H1595

Programmation de capteurs sur dispositifs mobiles - Sous Google Android

Par **Frédéric LEMOINE**

1. Découverte des possibilités de mesure offertes par le matériel

H 1 595 - 2

2. Utilisation des capteurs

3. Interaction avec les capteurs.

4. Batterie

5. Géolocalisation .

6. Cartes géographiques (Google Maps)

7. Appareil photo numérique

8. Android Native Development Kit

9. Évolutions

10. Conclusion

**** Applications:**

IN9

Habitats Intelligents pour la Santé : des environnements "pervasifs" témoins de notre vie quotidienne

Par **Norbert NOURY**

Introduction

1 - Contexte

2 - Les activités quotidiennes à la maison



- 2.1 - État de l'art en matière de Health Smart Home
- 3 - Détection des activités avec de simples détecteurs de présence**
- 3.1 - Principe des détecteurs de présence
- 3.2 - Exemple du HIS de Grenoble
- 4 - Ambulatogrammes**
- 5 - Rythmes circadiens d'activités**
- 6 - Alternance jour et nuit**
- 7 - Inactivités de la vie quotidienne**
- 8 - Reconnaissance des activités de la vie quotidienne**
- 8.1 - Activités de la vie quotidienne
- 8.2 - Détection automatique des ADL
- 8.3 - Instrumentation minimalement intrusive pour l'évaluation des ADL et de l'état de bien-être
- 9 - Discussion**
- 10 - Conclusion**

TR670

Traçabilité des bagages dans le transport aérien - Déploiement de la technologie RFID

Par *Jean-Noël LEFEBVRE*

- 1. Contexte du RFID dans l'aérien.**
- 1.1 Rappels sur le traitement des bagages
- 1.2 Rôle de la traçabilité dans le transport aérien
- 1.3 Défis de la traçabilité dans le transport aérien
- 2. Présentation du RFID**
- 2.1 Présentation générale de la technologie.
- 2.2 Principes physiques de la technologie
- 2.3 Les normes RFID .
- 2.4 Architecture RFID type.
- 3. Cas d'utilisation du RFID dans l'aérien**
- 3.1 Applications en boucles fermées
- 3.2 Conditions du déploiement du RFID en boucles ouvertes .
- 3.3 Déploiements du RFID bagages
- 3.4 Retour d'expérience technique : ce qu'il est possible de faire avec le RFID.
- 3.5 Synthèse des avantages du RFID par rapport à d'autres technologies
- 4. Retour sur investissement du RFID.**
- 4.1 Principaux éléments de coût et de gains
- 4.2 Facteurs-clé de succès.
- 4.3 Méthodologie recommandée
- 5. Conclusion**

S4/24852 Réseau internet : protocoles multicast routage MPLS et mobilité

**** Protocoles:**

TE7505

IPv6, la nouvelle génération du protocole IP

Par *Patrick COCQUET*

- 1. Pourquoi une nouvelle version du protocole IP.**
- 1.1 Translation d'adresse
- 1.2 Sécurité applicative pour les applications *peer-to-peer*
- 1.3 Configuration des terminaux



1.4 Mobilité des terminaux

2. Protocole IPv6

2.1 Capacité d'adressage d'IPv4

2.2 Paquet IPv6

2.3 Représentation des adresses IPv6

2.4 Allocation des adresses IPv6

2.5 Types d'adresses IPv6

2.6 Mécanismes de configuration d'adresses

2.7 Routage avec IPv6

3. Fonctions associées à IPv6

3.1 Sécurité

3.2 Mobilité

3.3 Traitement de la QoS

3.4 Résumé des principaux avantages d'IPv6 par rapport à IPv4

4. Intégration d'IPv4 et d'IPv6

4.1 Enjeux

4.2 Principaux mécanismes d'intégration .

5. IPv6, un enjeu industriel.

5.1 IPv6, un choix indispensable

5.2 De nouvelles sources de revenus

5.3 Un enjeu industriel mondial

TE7506

Sécurité IPv6 - Adressage et auto-configuration

Par *Jean-Michel COMBES*

1. Classes d'adresses IPv6

1.1 *Unicast* .

1.2 *Multicast*

1.3 *Anycast*

2. Génération et sécurité d'adresse *unicast IPv6*

2.1 EUI-64 modifié

2.2 Aléatoire

2.3 Aléatoire et stable

2.4 Cryptographiques

2.5 Cryptographiques et locales

3. Protocole *ND* .

3.1 Principe

3.2 *Router Discovery*

4. Auto-configuration des adresses IPv6 .

4.1 Adresses lien-local et globale

4.2 *Duplicate Address Detection*

4.3 *Optimistic DAD*.

4.4 *Neighbor Discovery Proxy (ND Proxy)*.

5. Attaques sur le protocole *ND*

5.1 Attaques externes

5.2 Attaques internes .

6. Solutions de protection palliatives du protocole *ND*

6.1 Protection du *Neighbor Cache*.

6.2 Préfixe en /127

6.3 Mécanisme *RA Guard*

7. Solution de protection avancée du protocole *ND* .

7.1 Sécurisation des échanges entre 2 nœuds

7.2 Sécurisation de la découverte d'un routeur

7.3 Limitations de *SEND*

8. Conclusion



TE7507**Transition IPv6 - Outils et stratégies de migration***Par Mohamed BOUCADAIR, David BINET, Christian JACQUENET*

1. Définitions
2. Épuisement des adresses IPv4
3. Contraintes et challenges
4. Mécanismes d'activation IPv6
5. Mécanismes d'interconnexion IPv4-IPv6.
6. Scénarios de migration IPv6
7. Conclusions et perspectives

TE7560**Mécanismes de compression d'en-têtes***Par Ana MINABURO*

1. Principes généraux
 - 1.1 Contexte
 - 1.2 Classification des en-têtes
 2. Mécanismes de compression.
 - 2.1 Compression des en-têtes TCP/IP
 - 2.2 CTCP et CRTP
 - 2.3 ROHC
 - 2.3.1 Caractéristiques du protocole
 - 2.3.2 Contexte
 - 2.3.3 Profils
 - 2.3.4 Négociation .
 - 2.3.5 Compresseur
 - 2.3.6 Paramètres de compression et de décompression.
 - 2.3.7 Format des paquets ROHC
 - 2.3.8 Décompresseur
 - 2.3.9 Modes de transition.
 3. Conclusion .
- Références bibliographiques

TE7565**La différenciation de services***Par Octavio MEDINA et Géraldine TEXIER*

1. Vers la différenciation de services
 - 1.1 Modèle IntServ.
 - 1.2 Origines du groupe DiffServ à l'IETF
 - 1.3 Ancienne approche : le champ ToS
2. Mécanismes élémentaires.
 - 2.1 Identification d'un flux IP
 - 2.2 Caractérisation d'un flux IP : le seuil à jetons³
 - 2.3 Mécanismes d'ordonnancement
 - 2.3.1 Algorithmes à file unique : Fair Queueing.
 - 2.3.2 Algorithmes à files multiples : Round Robin, Strict Priority Queueing⁵
 - 2.4 Mécanismes de gestion de file d'attente
 - 2.4.1 Random Early Discard.
 - 2.4.2 Weighted RED .
 - 2.4.3 RED with In and Out
3. Modèle DiffServ
 - 3.1 Caractéristiques
 - 3.2 Fonctionnement
 - 3.3 Routeur d'entrée
 - 3.3.1 Classification
 - 3.3.2 Vérification
 - 3.3.3 Actions de mise en conformité



- 3.3.4 Étiquetage
- 3.4 Routeurs de cœur du réseau
- 3.5 Comportements standardisés .
 - 3.5.1 Sélecteurs de classe
 - 3.5.2 Comportement expédié
 - 3.5.3 Comportement assuré.
- 3.6 Comportements expérimentaux.
 - 3.6.1 Less than Best Effort
 - 3.6.2 Alternative Best Effort.
- 3.7 Services

4. Conclusion .

Références bibliographiques

TE7567

Object Name Service (ONS) - Un service de nommage pour les objets de l'Internet

Par **Antonio KIN-FOO**

1. Nommage des objets

- 1.1 Principe
 - 1.1.1 Conversion en nom de domaine .
 - 1.1.2 Correspondance FQDN et URI final .
- 1.2 Usages et services
 - 1.2.1 Informations produit pour le consommateur
 - 1.2.2 Traçabilité

2. Défis et perspectives

- 2.1 Gouvernance
 - 2.1.1 Modèle avec racine ONS unique .
 - 2.1.2 Modèle avec une fédération de racines ONS
- 2.2 Aspects sécurité

3. Conclusion

TE7570

Protocole de transport TCP

Par **David ROS**

1. Normalisation

2. Caractéristiques du protocole

- 2.1 Segments TCP
- 2.2 Numéros de port
- 2.3 Numéros de séquence et d'acquittement
- 2.4 Acquittement : mécanisme de base
- 2.5 Signalisation .
 - 2.5.1 Ouverture de connexion
 - 2.5.2 Fermeture de connexion
 - 2.5.3 Interruption d'une connexion
- 2.6 Options.

3. Transport de données

- 3.1 Contrôle de flux
- 3.2 TCP et les applications interactives
 - 3.2.1 Acquittements retardés
 - 3.2.2 Algorithme de Nagle

4. Fiabilité et contrôle d'erreurs : retransmission des données

- 4.1 Stratégie de retransmission .
- 4.2 Calcul de *RTO*
- 4.3 Algorithme de Karn

5. Contrôle de congestion : les versions de TCP.

- 5.1 *Slow start* et *congestion avoidance*



- 5.1.1 *Slow start*
- 5.1.2 *Congestion avoidance*
- 5.2 Réaction face aux pertes
- 5.3 *Fast retransmit* et *fast recovery*
- 5.4 TCP Reno
- 5.5 TCP NewReno : *fast retransmit* amélioré .
- 5.6 Évolution de la fenêtre de congestion

TE7572***TCP : performance et évolution du protocole***Par **David ROS**

- 1. Normalisation**
- 2. Contrôle de congestion**
 - 2.1 Performance des versions Reno et NewReno.
 - 2.1.1 Une seule perte par fenêtre
 - 2.1.2 Pertes multiples
 - 2.2 *Limited transmit* .
- 3. Acquittements et évolution de la fenêtre dans le temps.**
 - 3.1 Compensation des effets négatifs des acquittements retardés
 - 3.1.1 Prise en compte des octets acquittés
 - 3.1.2 Augmentation de la valeur initiale de la fenêtre.
 - 3.2 Mise à jour de la fenêtre et *Silly Window Syndrome*
 - 3.3 RTT et équité entre connexions
- 4. Acquittements sélectifs : SACK**
- 5. ECN : contrôle de congestion « proactif »**
- 6. Évolution de TCP .**

TE7573***TCP- Impact des caractéristiques des liaisons***Par **David ROS**

- 1. Normalisation**
- 2. Impact des délais et des capacités de transmission**
 - 2.1 Produit capacité-délai (BDP)
 - 2.2 Réseaux à très haut BDP
 - 2.2.1 Options TCP pour les réseaux à très haut BDP
 - 2.2.2 Contrôle de congestion adapté aux réseaux à très haut BDP.
- 3. Asymétrie dans la capacité des liaisons .**
 - 3.1 Dégradation des performances de TCP due à l'asymétrie
 - 3.2 Adaptation aux réseaux asymétriques
- 4. Liaisons radio**
 - 4.1 Adaptation aux réseaux sans fil
 - 4.2 Déclenchement erroné du temporisateur RTO (ou le *spurious timeout*)

TE7576***Nouvelles techniques de transport du multimédia : le protocole DCCP***Par **David ROS**

- 1. Contexte et motivation**
- 2. Normalisation**
- 3. Description du protocole**
 - 3.1 Principes de base .
 - 3.2 Format des paquets .
 - 3.3 Numéros de séquence et acquittements .
 - 3.4 Mesure des temps d'aller-retour .
 - 3.5 Connexion DCCP



- 3.6 Options.
- 3.7 Négociation de fonctionnalités
- 4. Contrôle de congestion avec DCCP**
 - 4.1 Contrôle de débit « à la TCP »
 - 4.2 Contrôle de débit *TCP-Friendly* (TFRC)
- 5. Applications basées sur DCCP et déploiement du protocole**
 - 5.1 Applications
 - 5.2 Mises en œuvre et déploiement de DCCP
 - 5.3 Rapport entre RTP et DCCP

TE7600**Transport Internet : TCP plus performant, plus robuste, plus fiable**Par **Mohamed BOUCADAIR, Christian JACQUENET**

- 1. Prolifération des protocoles de transport**
- 2. Quelques rappels sur le protocole TCP**
- 3. Évolutions TCP**
- 4. Faciliter l'évolution de TCP pour l'Internet du Futur**
- 5. Améliorer la qualité d'expérience**
- 6. Améliorer les performances**
- 7. Une version sécurisée du protocole TCP : « TCP Encryption Negotiation Option » (TCP-ENO)**
- 8. Conclusion et perspectives .**
- 9. Glossaire**

TE7579**Protocole L2TP**Par **Étienne GALLET DE SANTERRE**

- 1. Historique**
 - 1.1 *Point-to-Point Tunnel Protocol* : PPTP
 - 1.1.1 Protocole .
 - 1.1.2 Établissement du tunnel et des sessions
 - 1.2 *Layer 2 Forwarding* : L2F
 - 1.2.1 Protocole .
 - 1.2.2 Établissement du tunnel et des sessions
- 2. Terminologie**
 - 2.1 *L2TP Access Concentrator* (concentrateur d'accès L2TP)
 - 2.2 LNS : *L2TP Network Server* (serveur réseau L2TP) .
 - 2.3 Tunnel L2TP
 - 2.4 Session L2TP
 - 2.5 Connexion de contrôle.
 - 2.6 AVP : *Attribute Value Pair* (paire attribut-valeur)
- 3. Description du protocole**
 - 3.1 Messages de données
 - 3.2 Messages de contrôle
 - 3.2.1 Paires attribut/valeur (AVP).
 - 3.2.2 Différents messages de contrôle.
- 4. Signalisation**
 - 4.1 Établissement de la connexion de contrôle
 - 4.2 Établissement de la session L2TP
 - 4.3 Fermeture de la session L2TP
 - 4.4 Fermeture de la connexion de contrôle
- 5. Qualité de Service**
 - 5.1 Numéro de séquence
 - 5.2 Message de contrôle de type Hello



- 5.3 AVP *Differentiated Services* .
- 5.4 Bit de priorité (bit P)
- 6. Sécurité dans L2TP**
- 6.1 AVPs.
- 6.2 L2TP et RADIUS
- 6.3 L2TP et IPsec
- 7. Utilisations de L2TP sur les protocoles de niveau 2.**
- 7.1 L2TP *over ATM Adaptation Layer 5 (AAL5)* .
- 7.2 L2TP *over Frame Relay*.
- 7.3 L2TP sur IP/UDP
- 8. Conclusion .**
- 9. Annexe : les différentes paires valeur/attribut (AVP)**

** Multicast:

TE7527

Le multicast IP : principes et protocoles

Par **Sébastien LOYE**

- 1. Architecture d'un réseau multicast**
- 2. Adressage en multicast**
 - 2.1 Concept de groupe multicast
 - 2.2 Adresses multicast IP
 - 2.2.1 Adresses multicast IPv4
 - 2.2.2 Adresses multicast IPv6
 - 2.3 Adresses multicast de niveau 2
 - 2.3.1 Correspondance entre adresse IPv4 multicast et adresse Ethernet
 - 2.3.2 Correspondance entre adresse IPv6 multicast et adresse Ethernet
- 3. Protocoles de souscription/résiliation à un groupe multicast**
 - 3.1 Contexte
 - 3.2 Protocole IGMP
 - 3.2.1 Protocole IGMPv1
 - 3.2.2 Protocole IGMPv2
 - 3.2.3 Protocole IGMPv3
 - 3.3 Protocole MLD .
 - 3.3.1 Protocole MLD version 1.
 - 3.3.2 Protocole MLD version 2.
 - 3.4 Proxy IGMP/MLD .
 - 3.5 Aiguillage des flux multicast au niveau 2
 - 3.5.1 Contexte
 - 3.5.2 *Snooping* IGMP/MLD
 - 3.5.3 Protocole GMRP
 - 3.5.4 Protocole CGMP
- 4. Principes fondamentaux du mode de transmission multicast**
 - 4.1 Modèles de diffusion multicast
 - 4.2 Mode dense ou épars des protocoles de routage multicast
 - 4.3 Mode d'adhésion implicite ou explicite
 - 4.4 Arbres partagés et arbres spécifiques à une source
 - 4.4.1 Arbres spécifiques à une source .
 - 4.4.2 Arbres partagés
 - 4.5 Transmission en fonction du Reverse Path Forwarding
 - 4.6 Indépendance/dépendance vis-à-vis du protocole de routage unicast
 - 4.7 Contrôle de la portée de diffusion
 - 4.7.1 En fonction de champ TTL
 - 4.7.2 Par administration des adresses multicast



TE7529**Protocoles de routage IP multicast**Par **Sébastien LOYE****1. Routage multicast intradomaine**

- 1.1 Caractéristiques générales
- 1.2 Protocole PIM
 - 1.2.1 PIM Sparse Mode
 - 1.2.2 PIM Dense Mode
 - 1.2.3 PIM-BIDIR
 - 1.2.4 PIM-SSM
 - 1.2.5 Mécanismes de découverte du RP
 - 1.2.6 Cohabitation entre les modes PIM-SM, PIM-DM, PIM-BIDIR et PIM-SSM .
- 1.3 Protocole DVMRP
- 1.4 Protocole MOSPF.

2. Routage multicast interdomaine

- 2.1 Protocole MSDP
 - 2.1.1 Vue générale
 - 2.1.2 Fonctionnement
 - 2.1.3 Problèmes existant avec MSDP
- 2.2 Protocole BGMP
 - 2.2.1 Vue générale
 - 2.2.2 Fonctionnement
- 2.3 Utilisation de PIM-SSM en interdomaine
- 2.4 Utilisation d'adresses multicast de type Embedded-RP

3. Conclusion .**TE7578****Le multicast MPLS**Par **Jean-Louis LE ROUX****1. Généralités .****2. Plan de transfert Multicast MPLS .**

- 2.1 Arbre MPLS multicast
- 2.2 Opérations sur le LSR racine
- 2.3 Opérations sur un LSR branche
- 2.4 Opérations sur un LSR feuille

3. Plan de commande multicast MPLS .

- 3.1 Multicast LDP (MLDP)
 - 3.1.1 Principes
 - 3.1.2 Identification d'un arbre MLDP
 - 3.1.3 Procédures MLDP.
- 3.2 Multicast MPLS-TE
 - 3.2.1 Opérations multicast MPLS-TE
 - 3.2.2 Calcul de l'arbre
 - 3.2.3 Signalisation de l'arbre : protocole P2MP RSVP-TE
 - 3.2.4 Ajout/suppression de feuilles P2MP MPLS-TE
 - 3.2.5 Réoptimisation P2MP MPLS-TE
 - 3.2.6 Restauration P2MP MPLS-TE
 - 3.2.7 Fast Reroute P2MP MPLS-TE
 - 3.2.8 Protection de lien P2MP MPLS-TE
 - 3.2.9 Protection de nœud P2MP MPLS-TE

4. Application au transport du multicast IP

- 4.1 Interconnexion P2MP MPLS-TE statique .
- 4.2 Interconnexion P2MP MPLS-TE dynamique

5. Conclusions et perspective**Références bibliographiques**

**** Routage:****H1428****Routage dans les réseaux Internet**Par **Gerardo RUBINO**et **Laurent TOUTAIN****1. Définitions et principes****2. Adressage IP**

2.1 Fonction d'une adresse

2.2 Format d'une adresse

2.3 Adressage avec classe .

2.3.1 Découpage en sous-réseaux

2.3.2 Limites

2.4 Adressage sans classe .

2.5 Adressage privé

2.5.1 Proxy

2.5.2 Traduction d'adresses .

2.6 Équipements terminaux et intermédiaires

2.7 Configuration automatique des équipements terminaux

3. Protocole IP

3.1 ICMP.

3.2 Routage par la source

4. Structuration de l'Internet .**5. Protocoles de routage interne**

5.1 RIP

5.2 OSPF

5.3 IS-IS

5.4 MPLS

6. Routage externe

6.1 Asymétrie des routes

6.2 Instabilité des annonces

7. Évolutions de l'Internet. Protocole IPv6 .**TE7520****Routage dans les réseaux ad hoc**Par **Paul MÜHLETHALER****1. Routage dans les réseaux ad hoc**

1.1 Groupe MANET

1.2 Routage au niveau IP et classification des protocoles

2. Protocoles proactifs.2.1 Protocole OLSR (*Optimized Link State Routing*) .2.2 Protocole FSR (*Fisheye State Routing*)**3. Protocoles réactifs**3.1 Protocole AODV (*Ad Hoc On demand Distance Vector Routing*).

3.1.1 Création d'une route

3.1.2 Entretien des routes

3.2 Protocole DSR (*Dynamic Source Routing*)

3.2.1 Création des routes .

3.2.2 Entretien des routes

4. Protocoles hybrides4.1 Protocole ZRP (*Zone Routing Protocol*)

4.2 Protocole CBRP

5. Routage géographique**6. Autres problèmes techniques rencontrés dans les réseaux ad hoc**

TE7540**LDP et CR-LDP***Par Jean-Marie BONNIN***1. LDP Label Distribution Protocol**

- 1.1 Présentation .
- 1.2 Classes d'équivalence
- 1.3 Fonctionnement
- 1.4 Attribution des labels
- 1.5 Conservation des labels et réaction aux changements de routage.
- 1.6 Conclusion

2. CR-LDP Constraint-based Routing LDP

- 2.1 Principes de fonctionnement
- 2.2 Routage explicite strict et lâche
- 2.3 Description de la qualité de service .
- 2.4 Épinglage de route
- 2.5 Notion de classe de ressource.
- 2.6 Notion de préemption
- 2.7 Modification d'un CR-LSP
- 2.8 Conclusion

3. Conclusion générale.**TE7525****Protocole de routage BGP-IV***Par Christian JACQUENET***1. Quelques rappels élémentaires**

- 1.1 Des réseaux IP en général et des routeurs en particulier
- 1.2 De l'utilité des protocoles de routage dynamique dans les réseaux IP
- 1.3 De l'inadéquation des IGP aux besoins de communication entre systèmes autonomes

2. Protocole BGP-IV

- 2.1 Généralités
- 2.2 Formalisme du protocole BGP-IV

3. Ingénierie de réseaux BGP-IV

- 3.1 Typologie des systèmes autonomes
- 3.2 Volumétrie du trafic BGP
- 3.3 Politiques de routage BGP
- 3.4 Contraintes d'échelle
- 3.5 Politiques de redistribution

4. Évolutions du protocole BGP-IV.

- 4.1 Attribut COMMUNITIES (code 8).
- 4.2 Extensions multiprotocoles .
- 4.3 Services de sécurité.

5. Conclusion .**TE7528****Protocole de routage BGP, évolution et extensions***Par Bruno DECRAENE***1. BGP Multi-Protocol**

- 1.1 Extension protocolaire
- 1.2 Applications

2. Scalabilité

- 2.1 Introduction
- 2.2 4 octets AS
- 2.3 Route Refresh
- 2.4 Outbound Route Filtering (ORF)
- 2.5 Route Target Constraint



3. Disponibilité

- 3.1 Disponibilité des sessions BGP
- 3.2 Disponibilité des routes alternatives

4. Manageabilité

- 4.1 Annonce des capacités (*Capabilities*)
- 4.2 Communautés étendues (*extended communities*)
- 4.3 *Flow specification*
- 4.4 *BGP advisory message*.

5. Conclusion**TE7531****Sécurité du protocole BGP et des interconnexions IP sur l'Internet.**Par **Sarah NATAF****1. Aperçu du protocole BGP et ses applications.**

- 1.1 Concepts principaux autour du protocole BGP
- 1.2 Modèles d'interconnexions BGP

2. Risques portant sur les interconnexions BGP .

- 2.1 Erreur sur le paquet BGP
- 2.2 Usurpation d'AS
- 2.3 Usurpation de préfixe
- 2.4 Usurpation de chemin
- 2.5 Risque sur la session BGP

3. Sécurité de la session eBGP

- 3.1 Sécurité protocolaire
- 3.2 Optimisation de la disponibilité d'une session BGP

4. Filtrage des annonces de routage

- 4.1 Filtres sur le chemin d'AS
- 4.2 Filtres sur les valeurs des préfixes
- 4.3 Filtres sur le nombre de routes reçues

5. Lutte contre le détournement de préfixes

- 5.1 Définition de RPKI
- 5.2 Domaine d'application .
- 5.3 Politique d'implémentation possible de RPKI
- 5.4 Lutte contre l'usurpation de chemin

6. Conclusion**7. Glossaire****8. Sigles****TE7575****Protocole de routage IS-IS**Par **Benoît FONDEVIOLE****1. Éléments de base .**

- 1.1 Principes d'acheminement
- 1.2 Alimentation de la table d'acheminement

2. Protocoles de routage de type *Link State*

- 2.1 Modélisation du système.
- 2.2 Problématique des plus courts chemins
- 2.3 Découpage en tâches
- 2.4 Construction et maintenance de la base topologique.
- 2.5 Traitement de la base topologique
- 2.6 Découpage en aires.

3. Protocole IS-IS

- 3.1 Modèle CLNS
- 3.2 Modèle IS-IS.
- 3.3 Identification des nœuds



- 3.4 Bases de données mises en jeu et leurs relations
- 3.5 Apprentissage de la topologie du réseau
- 3.6 Traitement des bases topologiques .
- 3.7 Quelques spécificités d'IS-IS
- 3.8 Extensions pour améliorer la disponibilité des réseaux IP.
- 3.9 Extensions (hors ingénierie de trafic)
- 3.10 Quelques règles d'ingénierie

4. Conclusion .

Références bibliographiques

TE7585

Haute disponibilité dans les réseaux IP

Par **Sarah NATAF** et **Bruno DECRAENE**

1. Contexte et définitions

- 1.1 Définition de la disponibilité
- 1.2 Comment améliorer la disponibilité ?
- 1.3 Taxonomie des pannes

2. Diminution du MTTR : reroutage

- 2.1 Architecture fonctionnelle d'un routeur
- 2.2 Temps de convergence du routage
- 2.3 Détection rapide
- 2.4 Convergence « rapide »
- 2.5 Protection locale

3. Augmentation du MTTF – Haute disponibilité

- 3.1 Contraintes de haute disponibilité au niveau du plan de transfert et *Non Stop Forwarding*
- 3.2 Contraintes de haute disponibilité au niveau du plan de commande
- 3.3 Capacité NSR ou *Non Stop Routing*
- 3.4 Extensions GR ou *Graceful Restart* .
- 3.5 Protocoles multicast

4. Opérations de maintenance dans les réseaux IP

- 4.1 Maintenances logicielles avec continuité de service
- 4.2 Maintenances matérielles avec interruption de service

5. Conclusion

TE7586

Vers un Internet plus performant ? - Une introduction au protocole LISP (Locator/ID Separation Protocol)

Par **Mohamed BOUCADAIR**, **Christian JACQUENET**

1. Internet : une architecture, plusieurs problèmes

2. Familles de solutions

- 2.1 Bref rappel des contraintes
- 2.2 CEE (*Core Edge Elimination*)
- 2.3 CES (*Core Edge Separation*)

3. Architecture LISP

- 3.1 Principe de fonctionnement.
- 3.2 Quelques règles élémentaires .

4. Fonctionnement de LISP.

- 4.1 Acheminement de trafic dans un réseau LISP .
- 4.2 Plan de contrôle LISP
- 4.3 Arborescence DDT
- 4.4 Traitement du trafic multicast

5. Exemples d'application du protocole LISP

- 5.1 Migration vers IPv6



- 5.2 Ingénierie de trafic
- 5.3 Mobilité.
- 5.4 *Cloud*
- 5.5 SDN
- 6. Améliorer, fiabiliser et automatiser les opérations LISP .**
- 6.1 Découverte de domaines LISP à grande échelle
- 6.2 Découverte dynamique des éléments Map-Server et Map-Resolver
- 6.3 Souscription LISP.
- 6.4 Rapatriement d'associations LISP par blocs
- 6.5 Acheminement assisté par un système de *Mapping*
- 7. Perspectives de déploiement**
- 8. Glossaire.**

**** MPLS:**

TE7535

MPLS

Par **Jean-Marie BONNIN**

1. Principes de la commutation de labels

- 1.1 Commutation de labels
- 1.2 Construction des chemins
- 1.3 Quelques problèmes nouveaux
- 1.4 Groupe de travail MPLS de l'IETF

2. MultiProtocol Label Switching

- 2.1 Labels et chemins
- 2.2 Classes d'équivalence
- 2.3 Routage hiérarchique
- 2.4 Encapsulation
- 2.5 Gestion du TTL .
- 2.6 Gestion du MTU

3. Distribution de labels

- 3.1 LDP
- 3.2 MBGP
- 3.3 CR-LDP.
- 3.4 RSVP-TE

4. Aspects avancés et applications

- 4.1 Ingénierie de trafic
- 4.2 Qualité de service
- 4.3 Réseaux privés virtuels

5. Conclusion .

TE7577

MPLS : applications à l'ingénierie de trafic et à la sécurisation

Par **Jean-Louis LE ROUX**

1. Mécanismes MPLS-TE

- 1.1 MPLS pour l'ingénierie de trafic
 - 1.1.1 Ingénierie de trafic
 - 1.1.2 Limitations du routage IP en terme d'ingénierie de trafic
 - 1.1.3 Solution MPLS-TE
- 1.2 Architecture MPLS-TE
 - 1.2.1 Notion de topologie TE
 - 1.2.2 Notion de tunnel MPLS-TE .
 - 1.2.3 Routage par contrainte MPLS-TE
 - 1.2.4 Extensions IGP pour MPLS-TE



- 1.2.5 Calcul de route MPLS-TE
- 1.2.6 Signalisation des tunnels : protocole RSVP-TE
- 1.3 Fonctions d'adaptation MPLS-TE
- 1.4 Utilisation des tunnels MPLS-TE pour le routage IP/MPLS.
- 1.5 Applications de MPLS-TE.
 - 1.5.1 Optimisation des ressources avec MPLS-TE : modes *online* et *offline*
 - 1.5.2 MPLS-TE et QoS
- 2. Fast Reroute MPLS-TE .**
 - 2.1 Mécanismes de sécurisation MPLS-TE
 - 2.2 MPLS Fast Reroute
 - 2.2.1 Principe
 - 2.2.2 Fonctionnement
 - 2.2.3 Performances
 - 2.3 Chemin des tunnels de secours FRR. Notion de SRLG
 - 2.4 Protection de la bande passante .
- 3. Conclusions et perspectives**

TE7582**VPLS (Virtual Private LAN Service) - Émulation d'un LAN Ethernet par un réseau IP/MPLS :**Par **David JACQUET**

- 1. L2VPN.**
 - 1.1 Modèles L2VPN
 - 1.2 Fonctions de bases Ethernet
 - 1.3 VPLS et fonctions Ethernet
- 2 Transfert et commande**
 - 2.1 Plan de transfert
 - 2.2 Plan de commande
- 3 Architectures.**
 - 3.1 Connectivité hub&spoke
 - 3.2 HVPLS
 - 3.3 PBB-VLPS
- 4 Fonctions avancées**
 - 4.1 Résilience de pseudowires
 - 4.2 Fonctions de détection et de supervision
 - 4.3 Sécurité
 - 4.4 Inter AS et Inter domaine .
 - 4.5 VPLS et IPv6 : les impacts
- 5 Conclusions et perspectives**

TE7590**VPN MPLS IPv6**Par **Sarah NATAF**

- 1. Introduction d'IPv6 dans les réseaux IP/MPLS**
 - 1.1 Principes génériques de routage dans les réseaux IP/MPLS
 - 1.2 Nouvelle version du protocole IP : IPv6
 - 1.3 Présentation de l'architecture VPN BGP/MPLS pour l'IPv6 .
- 2. Relation PE-CE dans les VPN MPLS IPv6**
 - 2.1 Protocole de routage IPv6 PE-CE .
 - 2.2 Cas des VRF dual-stack.
- 3. L3VPN IPv6 sur un cœur MPLS IPv4**
 - 3.1 Signalisation des routes IPv6 des VPN BGP/MPLS
 - 3.2 Commutation du trafic VPN IPv6 .
 - 3.3 Options avancées.



4. Autres méthodes d'encapsulation pour les VPN BGP/MPLS IPv6

- 4.1 Signalisation MP-BGP pour d'autres solutions d'encapsulation .
- 4.2 Déploiement et impacts sur les réseaux
- 4.3 Évolution des mécanismes de transition .

5. VPN BGP/MPLS IPv6 Inter-AS

- 5.1 Option « a »
- 5.2 Option « b »
- 5.3 Option « c »

6. Conclusion

TE7580

VPWS () - Technologie ou circuit virtuel

Par **Frédéric JOUNAY**

1. Notion de réseau privé virtuel (VPN *Virtual Private Network*)

2. L2VPN et *Pseudowire*

- 2.1 Modèle de référence d'un *Pseudowire*
- 2.2 Principales exigences/recommandations d'un *Pseudowire*
- 2.3 Encapsulation L2VPN MPLS.
- 2.4 Rôle du *Control Word*
- 2.5 Couche de transport sous-jacente
- 2.6 Mode de transfert des données L2VPN

3. Encapsulations PW

- 3.1 PW ATM [RFC4717]
- 3.2 PW Ethernet [RFC4448].
- 3.3 Traitement de la QoS d'un PW

4. Signalisation du *Pseudowire* [RFC4447]

- 4.1 Protocole *Targeted-LDP*
- 4.2 Identifiant du *Pseudowire* (FEC128) .
- 4.3 Phases pour l'établissement d'un service VPWS .
- 4.4 Paramètres d'interface

5. Outils de supervision

- 5.1 Besoins de supervision d'un service VPWS
- 5.2 Tester la connectivité et détecter un défaut sur le PW : canal VCCV (*Virtual Channel Connectivity Verification*) .
- 5.3 Notifier le défaut au PE distant
- 5.4 Conclusion

6. Architectures de résilience

7. Architecture *multisegment* – *Pseudowire* (MS-PW)

- 7.1 Problèmes liés au *Single Segment PW* (SS-PW)
- 7.2 Concept du *multisegment PW* et ses avantages
- 7.3 Établissement statique du MS-PW
- 7.4 Établissement dynamique du MS-PW

8. Conclusion générale.

TE7581

Modèles d'interconnexion d'AS pour le service L3VPN MPLS

Par **David JACQUET**

1. Contexte inter AS VPN

- 1.1 L3VPN MPLS
- 1.2 Cas d'usage .

2. Différents mécanismes

- 2.1 Option A
- 2.2 Option B



- 2.3 Option C
- 2.4 Option D
- 3. Choix d'un modèle**
 - 3.1 Critères de choix .
 - 3.2 Bilan des différents modèles
- 4. Conclusion**
- 5. Glossaire**

** Mobilité:

TE7515

IP Mobile

Par **Thomas NOËL**

- 1. Mécanismes d'allocation d'adresses IP**
- 2. Mobilité IP**
 - 2.1 Acteurs.
 - 2.2 Mobilité IPv4
 - 2.3 Mobilité IPv6
- 3. IP Cellulaire**
- 4. Conclusion .**
- Références bibliographiques**

TE7555

Gestion du roaming par AAA pour les services PPP et Mobile P

Par **Maryline LAURENT-MAKNAVICIUS**

- 1. Problématique**
- 2. Protocole de base de Diameter**
 - 2.1 Format de l'en-tête Diameter
 - 2.2 Format des AVP
 - 2.3 Extensions de Diameter
 - 2.4 Protocole de transport sélectionné
 - 2.5 Problèmes non résolus de Diameter
- 3. AAA et la connexion à distance via le réseau commuté**
 - 3.1 Authentification de l'utilisateur
 - 3.2 RADIUS
 - 3.3 Extension NASREQ de Diameter.
- 4. AAA et la mobilité IPv4**
 - 4.1 Mobilité IPv4
 - 4.2 Architecture
 - 4.3 Prérequis sur les associations de sécurité
 - 4.4 Fonctionnement du roaming
 - 4.4.1 Affectation dynamique d'un agent mère
 - 4.4.2 Associations de sécurité .
 - 4.4.3 Mobile IPv4 et la réauthentification
 - 4.5 Nouveaux messages et AVP liés à l'extension de mobilité IPv4 .
 - 4.6 Traitement du handover
- 5. Diameter dans les réseaux cellulaires de troisième génération**
- 6. D'autres utilisations possibles**
- 7. Perspectives de standardisation**
 - 7.1 Protocole PANA
 - 7.2 Extension Mobile IPv6 de Diameter.
- 8. Conclusions sur les perspectives d'exploitation de Diameter**
- Bibliographie**



S4/24853 Réseaux cellulaires et téléphonie**** Réseaux analogiques:****TE7470 Réseau numérique à intégration de services (RNIS)***Par Roger FREY*

1. Numérisation.
2. Définition
3. Normalisation
4. Raccordement des usagers
5. Modélisation
6. Services
7. Applications
8. Aspects réseau .
9. Protocoles d'accès
10. Installations d'usagers
11. Équipements terminaux
12. Évolutions du RNIS en France
13. Conclusion .

Références bibliographiques

TE7320 Réseau intelligent*Par Simon ZNATY*

1. Modèle conceptuel
2. Plan service de l'ensemble CS-1
3. Plan fonctionnel global de l'ensemble CS-1
 - 3.1 Structure d'un SIB
 - 3.2 SIB de l'ensemble CS-1
 - 3.3 POI de l'ensemble CS-1
 - 3.4 POR de l'ensemble CS-1
4. Plan fonctionnel réparti
 - 4.1 Entités fonctionnelles de l'ensemble CS-1
 - 4.2 Relations entre entités fonctionnelles
 - 4.3 Structure de l'entité SSF/CCF
 - 4.4 Représentation des SIB
5. Plan physique
 - 5.1 Entités physiques.
 - 5.2 Protocole INAP.
6. Évolutions
 - 6.1 De l'ensemble CS-1 à l'ensemble CS-2
 - 6.2 Interconnexion RI/Internet : PINT
 - 6.3 RI et GSM : CAMEL

TE7380 Architecture de réseau d'information des télécommunications TINA*Par Simon ZNATY*

1. Architecture TINA
2. Architecture de traitement
 - 2.1 Concepts de modélisation d'information
 - 2.2 Concepts de modélisation de traitement.
 - 2.2.1 Objet de traitement
 - 2.2.2 Interface opération
 - 2.2.3 Interface flot



- 2.2.4 Spécification des objets de traitement et de leurs interfaces .
- 2.3 Concepts de modélisation d'ingénierie
- 2.4 Services du TINA DPE
- 3. Architecture de service**
- 3.1 Objectifs
- 3.2 Session
- 3.2.1 Session d'accès
- 3.2.2 Session de service
- 3.2.3 Session de communication
- 4. Architecture de ressource**
- 4.1 Modélisation des ressources gérées : modèle générique de ressource de réseau TINA (NRIM)
- 4.1.1 Réseau en couche
- 4.1.2 Connectivité dans la couche
- 4.1.3 Subdivision par rapport à la topologie
- 4.1.4 Subdivision par rapport à la connectivité
- 4.1.5 Relations entre couches adjacentes et adaptation .
- 4.1.6 Structure du modèle NRIM .
- 4.2 Gestion des connexions TINA .
- 4.2.1 Fragment de graphe de connexions
- 4.3 Spécification des interfaces.
- 5. Conclusion**

E7580

Commutation téléphonique - Autocommutateurs des réseaux publics

Par **Jean-Baptiste JACOB** et **Corentin PENN**

- 1. Réseau de commutation téléphonique**
- 1.1 Bref historique. Avènement de la commutation temporelle
- 1.2 Mutation des réseaux téléphoniques
- 2. Organisation générale d'un réseau téléphonique**
- 2.1 Structure d'une chaîne de communication .
- 2.2 Organisation administrative. Hiérarchisation des centres
- 2.3 Plan de numérotage. Taxation.
- 3. Services offerts par le réseau téléphonique commuté.**
- 3.1 Services offerts aux exploitants de réseau
- 3.2 Services offerts aux abonnés
- 3.3 Services offerts aux installations privées
- 3.4 Radiotéléphone
- 4. Trafic. Performances d'un autocommutateur.**
- 4.1 Notions de trafic téléphonique
- 4.2 Performances d'écoulement du trafic
- 4.3 Performances en sûreté de fonctionnement
- 4.4 Extension et modification en fonctionnement
- 5. Signalisation**
- 5.1 Principes généraux
- 5.2 Signalisation d'abonné
- 5.3 Signalisation réseau
- 6. Architecture d'un autocommutateur téléphonique**
- 6.1 Architecture d'un autocommutateur numérique.
- 6.2 Sous-système de raccordement d'abonnés
- 6.3 Sous-système de raccordement de circuits
- 6.4 Réseau de connexion central
- 6.5 Architecture logicielle
- 7. Présentation de quelques systèmes.**
- 7.1 Système



7.2 Système ESS no

7.3 Système AXE

8. Considérations technico-économiques

8.1 Modularité matérielle

8.2 Exploitation technique .

8.3 Coût de développement des matériels et des logiciels

8.4 Génération des données d'un site

9. Évolution des architectures et des techniques de commutation

9.1 Réseaux intelligents

9.2 Communication personnelle

9.3 Technique de transfert asynchrone (ATM)

Références bibliographiques

TE7630

Installations téléphoniques privées

Par *Jean-Louis PERNIN*

1. Généralités

1.1 Définition et régime juridique

1.2 Signalisation .

1.3 Modes d'exploitation et services offerts

1.4 Convergence de la téléphonie et de l'informatique (CTI)

2. Services offerts.

2.1 Services de communication personne à personne .

2.2 Services de réseaux .

2.3 Terminaux et services d'interaction avec les usagers

2.4 Services de communication médiatisés

2.5 Services de mobilité.

2.6 Services auxiliaires

3. Description fonctionnelle

3.1 Architecture générale

3.2 Fonctions de raccordement

3.3 Fonctions de commutation

3.4 Fonctions de signalisation

3.5 Fonctions de commande

3.6 Fiabilité et redondance

3.7 Exemples d'architectures réelles

4. Réalisation d'une installation.

4.1 Dispositions réglementaires générales

4.2 Dimensionnement

4.3 Conditions d'installation

4.4 Entretien et maintenance

TE7650

Télécopie

Par *Bernard REVILLET* et *Gérard BOULAY, Jean-Paul DICK, Jérôme CUDELOU*

1. Présentation de la télécopie

2. Services sur réseau téléphonique commuté (RTC)

3. Services sur réseau IP .

4. Services sur réseau mobile

5. Services sur réseau numérique à intégration de services (RNIS)

6. Aspects techniques

7. Codages

8. Mires et documents de référence .

9. Aspect juridiques.

10. Confidentialité et sécurité



11. Évolution de la télécopie Glossaire.

** Architecture des réseaux cellulaires:

TE7364 Réseaux cellulaires - Du système GSM au système GPRS

Par Jean CELLMER

1. Contexte .

- 1.1 Origines
- 1.2 Déploiement des réseaux GPRS
- 1.3 Contraintes dues au système GSM
- 1.4 Premières caractéristiques fonctionnelles
- 1.5 Applications rendues possibles
- 1.6 Tarification

2. Architecture

- 2.1 GGSN
- 2.2 SGSN
- 2.3 Communications entre les divers éléments du réseau

3. Services

- 3.1 Services point à point
- 3.2 Services point à multipoint
- 3.3 Simultanéité de l'utilisation des services

4. Interface radio

- 4.1 Canaux physiques GPRS : PDCH.
- 4.2 Canaux logiques GPRS
- 4.3 Répartition des canaux logiques sur les canaux physiques

5. Protocoles de contrôle

- 5.1 RLC/MAC : protocole de contrôle de la liaison radio et de l'accès au moyen de transmission
- 5.2 LLC : protocole de contrôle de liaison logique
- 5.3 BSSGP : protocole sous-système radio GPRS
- 5.4 SNDCP : protocole de convergence des sous-réseaux
- 5.5 GTP : protocole « tunnel GPRS ».
- 5.6 PLL : sous-niveau liaison physique

6. Gestion de la mobilité .

- 6.1 Aires de localisation et de routage
- 6.2 Procédures de la gestion de mobilité

7. Gestion des sessions GPRS

- 7.1 Interfonctionnement avec les réseaux IP.
- 7.2 États de la gestion de sessions
- 7.3 Procédures de gestion de sessions

8. Gestion de la qualité de service

- 8.1 Paramètres
- 8.2 Profils

9. Mobiles GPRS

10. Évolution vers EDGE

- 10.1 Modulation 8PSK.
- 10.2 Conséquences du passage à un réseau EDGE
- 10.3 Réseau d'accès EDGE : GERAN
- 10.4 Marché des réseaux EDGE



E7366**Réseaux cellulaires - Système CDMA**Par Jean **CELLMER**

1. Étalement du spectre
2. Canaux CDMA
 - 2.1 Canaux de trafic
 - 2.2 Canaux de contrôle
3. Synchronisation d'un système CDMA
4. Transfert intercellulaire « en douceur »
5. Contrôle de puissance
6. Équilibre entre capacité, couverture et qualité
7. Suppression de la planification cellulaire
8. Codage de la parole
9. Diversité
 - 9.1 Diversité de fréquence
 - 9.2 Chemins divers.
 - 9.3 Diversité temporelle.
10. Bande à la demande
11. Architecture d'un réseau CDMA

TE7368**Réseaux cellulaires - Système UMTS**Par Jean **CELLMER**

1. Évolution du GSM à l'UMTS
2. Processus de normalisation
3. Défis
4. Déploiement des réseaux
5. Services offerts
6. Interface radio W-CDMA.
7. Planification du réseau radio.
8. Architecture d'un réseau
9. Modèle des protocoles
10. Canaux de transport.
11. Canaux de transport et canaux physiques
12. Mode TDD

TE7372**Principe de la transmission OFDM - Utilisation dans les systèmes cellulaires**Par Xavier **LAGRANGE**

1. **OFDM en un mot**
2. **Principes de base de l'OFDM**
 - 2.1 Principes des transmissions en parallèle
 - 2.2 Vocabulaire de base de l'OFDM
 - 2.3 Principe général de mise en œuvre OFDM
3. **Intérêt et limites de l'OFDM**
 - 3.1 Orthogonalité des sous-porteuses
 - 3.2 Introduction du préfixe cyclique
 - 3.3 Phénomène d'évanouissement et contre-mesures possibles
 - 3.4 Intérêt de l'OFDM pour la transmission simultanée de signaux
 - 3.5 Enveloppe du signal OFDM et problème du PAPR
4. **Utilisation de l'OFDM comme technique d'accès**
5. **Exemples d'utilisation d'OFDM**
6. **Principe du SC-FDMA**
7. **Transformée de Fourier discrète. Principes**
 - 7.1 Rappel sur la transformée de Fourier



7.2 Définition de la transformée de Fourier discrète

8. Propriété des matrices circulantes

** Convergence IP:

TE7369 Réseaux cellulaires - Évolutions du système UMTS

Par Jérôme PONS

1. Ouverture commerciale du service UMTS

- 1.1 Marché de l'UMTS en France
- 1.2 Lancement du haut débit mobile

2. Évolution de la norme UMTS.

- 2.1 Versions
- 2.2 Rappels sur les canaux radio et protocoles des Release 99 et 4 .
- 2.3 De l'ATM à l'IP dans le réseau d'accès UMTS .

3. Nouveaux services multimédias

- 3.1 Services en mode circuit
- 3.2 Services en mode paquet
- 3.3 Services basés sur la localisation

4. Nouvelles interfaces radio pour le HSDPA et le HSUPA

- 4.1 Évolution de l'interface radio
- 4.2 Interface radio de HSDPA.
- 4.3 Interface radio de HSUPA
- 4.4 Nouvelles bandes de fréquence

5. Évolution de l'architecture vers le NGN, l'IMS et le MBMS

- 5.1 Architecture en Release 99
- 5.2 Réseau cœur circuit de nouvelle génération : NGN
- 5.3 Évolution du transcodage : TFO et TrFO
- 5.4 Support des services multimédias basés sur IP : IMS.
- 5.5 Taxation et qualité de service de bout en bout : impacts sur l'architecture IMS
- 5.6 Support des services de diffusion : MBMS .

6. Évolutions vers l'« après 3G »

- 6.1 Évolution du HSPA en Release 7 .
- 6.2 Évolution à long terme du réseau d'accès de l'UMTS (LTE) en Release 8
- 6.3 Évolution des services et de l'architecture du système UMTS (SAE) .

TE7370 Réseaux cellulaires - Évolution du système UMTS vers HSPA+

Par Jérôme PONS

1. Lancement commercial des évolutions du système UMTS

- 1.1 Marché de l'UMTS en France
- 1.2 Nouvelles fréquences pour le très haut débit mobile

2. Système UMTS : de la Release 99 à la Release 6

- 2.1 Rappels sur les différentes versions de la norme UMTS
- 2.2 Limites du système UMTS

3. Migration du système UMTS vers HSPA+

- 3.1 Évolutions en Release 7 (UMTS Release 7) .
- 3.2 Évolutions en Release 8 (UMTS Release 8) .
- 3.3 Aperçu des évolutions en Release 9 et 10 (UMTS Release 9 et 10).



TE7371**Réseaux cellulaires - Évolution du système UMTS vers le système EPS**Par **Jérôme PONS****1. Migration du système UMTS vers le système EPS**

- 1.1 Travaux de normalisation
- 1.2 Système EPS en Release 8 (EPS Release 8).
- 1.3 Aperçu des évolutions en Release 9 et 10 (EPS Release 9 et 10).

2. Vers la quatrième génération (4G) de systèmes de radiocommunications mobiles .

- 2.1 Cahier des charges de l'ITU-R pour la 4G : *IMT-Advanced* .
- 2.2 Candidats pour la 4G : *LTE-Advanced* et *WirelessMan-Advanced*

TE7374**Principes de fonctionnement de l'interface radio LTE**Par **Xavier LAGRANGE****1. Architecture d'un réseau LTE-EPC**

- 1.1 Objectifs de *LTE*
- 1.2 Éléments et interfaces d'un réseau *LTE*
- 1.3 Architecture en couches

2. Principes généraux de *LTE* .

- 2.1 Principe de base de l'*OFDM* .
- 2.2 Bloc de ressources
- 2.3 Principe de la transmission par paquets

3. Caractéristiques du signal *LTE*

- 3.1 Bande de fréquences et duplexage
- 3.2 Paramétrage *OFDM* .
- 3.3 Modulations
- 3.4 Systèmes à antennes multiples
- 3.5 Utilisation des séquences de Zadoff-Chu
- 3.6 Signaux de référence

4. Multiplexage temporel.

- 4.1 Trames et sous-trames .
- 4.2 Duplexage.
- 4.3 Synchronisation et avance en temps

5. Canaux physiques *LTE* .

- 5.1 Voie balise
- 5.2 Mécanisme d'allocation sur *PDCCH* .
- 5.3 Accès au canal sur *PRACH*
- 5.4 Transmission de données descendante sur *PDSCH*
- 5.5 Transmission de données montante sur *PUSCH* .
- 5.6 Canal en diffusion *PMCH*

6. Chaîne de transmission

- 6.1 Canaux de transport
- 6.2 Code correcteur et code détecteur
- 6.3 Gestion des formats de transport

7. Couche MAC et protocole *HARQ*

- 7.1 Canaux logiques
- 7.2 Protocole *HARQ*

8. Couche *RLC***9. Couche *PDCP*****10. Exemple de transmission multi-services .****11. Construction des séquences de Zadoff-Chu**

TE7360**Réseaux cellulaires de cinquième génération ou 5G**Par **Loutfi NUAYMI**

1. Générations de réseaux cellulaires, pourquoi en faut-il une nouvelle ?
2. Normalisation et standards.
3. Technologies envisagées .
4. Efforts de recherche sur le 5G
5. Approche METIS
6. Conclusion et perspectives .
7. Tableau d'acronymes

TE7602**ETSI TISPAN - Standardisation du NGN IMS pour les réseaux fixes**Par **Denis MISCHLER, Bastien LAMER**

1. **TISPAN, organisation, méthodes et définitions.**
 - 1.1 Organisation du comité TISPAN, plan de travail et méthodes
 - 1.2 Définition des architectures NGN et IMS .
2. **Release 2 de TISPAN**
 - 2.1 Motivations pour l'introduction de l'IMS et de TISPAN
 - 2.2 Synthèse du contenu technique et références utiles
 - 2.3 Architecture globale.
 - 2.4 Sujets phares : services conversationnels et IPTV
 - 2.5 Réseau domestique .
3. **Conclusion**
 - 3.1 TISPAN dans l'industrie, état des déploiements, problèmes et prévisions .
 - 3.2 À plus long terme.

TE7512**Domaine IP multimédia - Architecture, fonctionnalités et procédures essentielles de l'IMS**Par **Sandrine LATASTE**

1. **Pourquoi l'IP multimédia**
2. **Architecture IMS**
 - 2.1 Principes d'architecture
 - 2.2 Architecture IMS
 - 2.3 Souscriptions IMS et identification de l'utilisateur
3. **Procédures réseau dans l'IMS (en Rel-5/Rel-6)**
 - 3.1 Vue générale des procédures
 - 3.2 Support du roaming dans l'IMS
 - 3.3 Découverte du point d'entrée dans l'IMS
 - 3.4 Enregistrement dans l'IMS
 - 3.5 Établissement de session multimédia .
 - 3.6 Modification de session multimédia
 - 3.7 Relâche de session multimédia
 - 3.8 Fin d'enregistrement
 - 3.9 Gestion de la QoS dans l'IMS
4. **Sécurité dans l'IMS**
 - 4.1 Authentification
 - 4.2 Tunnel IPSec entre terminal et P-CSCF
 - 4.3 Passerelles de sécurité .
 - 4.4 Fonction I-CSCF(THIG)
5. **Conclusion .**



TE7513**Domaine IP multimédia - Interfonctionnement, exemples de services et facturation dans l'IMS**Par **Sandrine LATASTE****1. Interfonctionnement pour l'IMS**

1.1 Interfonctionnement IMS – domaine circuit

1.2 Interfonctionnement IMS – non 3GPP SIP

2. Opportunités de services

2.1 Architecture et principes pour la mise en œuvre des services

2.2 Exemples de services

3. Facturation.

3.1 Principes généraux de facturation

3.2 Facturation post-utilisation

3.3 Facturation en ligne .

4. Conclusion**** Téléphonie IP et applications:****TE7510****Téléphonie Internet**Par **François TOUTAIN****1. Normes de l'ITU-T**

1.1 Recommandation H.323

1.2 Protocoles H.323

1.3 Fonctionnement d'un système H.323

1.4 Services avancés offerts par H.323

1.5 H.323 (large scale)

1.6 H.235 (sécurité)

2. Approche Internet

2.1 SIP

2.2 SDP

2.3 RTSP

2.4 MEGACO & IPTEL

3. Comparaison H. 323/SIP .

3.1 Philosophie des deux approches.

3.2 Points de comparaison.

3.3 Services

4. Enjeux de la téléphonie Internet**TE7415****Du téléphone à SIP - Présentation et évolution des architectures et des protocoles**Par **Philippe MARTINS****1. Héritages du réseau téléphonique.****2. Voix sur IP et évolutions vers les NGN****3. Classification des approches VoIP**

3.1 Introduction

3.2 Protocole H.323

3.3 Protocole SIP

4. Description de SIP

4.1 Historique et évolution des standards .

4.2 Architecture des réseaux basés sur SIP

4.3 Présentation du protocole SIP .

4.3.1 Introduction .

4.3.2 Structure des messages SIP



- 4.3.3 Requêtes mises en œuvre lors d'un établissement d'appel vocal SIP
- 4.3.4 Présentation des familles de réponses SIP
- 5. Exemple d'appel entre un téléphone VoIP et un téléphone classique**
- 5.1 Enregistrement d'un utilisateur
- 5.2 Établissement de session SIP

TE7530**Protocole SIP**Par **François TOUTAIN****1. Principe**

- 1.1 Composants SIP
- 1.2 Adressage et nommage
- 1.3 Localisation

2. Messages SIP

- 2.1 Requêtes
- 2.2 Réponses
- 2.3 Champs d'en-têtes
- 2.4 Exemples

2.4.1 Requête INVITE

2.4.2 Réponse 200 OK

3. Fonctionnement d'un système SIP

- 3.1 Appel simple
- 3.2 Appel avec redirection .
- 3.3 Robustesse aux erreurs

4. Services avancés offerts par SIP**5. Sécurité dans le cadre SIP .****TE7532****Voix sur IP : Internet, fixe et mobile - État de l'art, enjeux et perspectives**Par **Jérôme PONS****1. Évolution du système téléphonique**

- 1.1 Téléphonie sur circuit et voix sur IP .
- 1.1.1 Téléphonie sur circuit
- 1.1.2 Voix sur IP
- 1.2 Accès fixe et mobile à la téléphonie et à Internet
- 1.2.1 Accès à la téléphonie fixe sur circuit
- 1.2.2 Accès bas-débit (56K) à Internet
- 1.2.3 Accès haut-débit (ADSL) à Internet .
- 1.2.4 Accès à la téléphonie mobile
- 1.2.5 Accès à l'Internet mobile .

1.3 Migration vers la voix sur IP

- 1.3.1 Enjeux de la migration.
- 1.3.2 Interopérabilité
- 1.3.3 Qualité de service.
- 1.3.4 Sécurité

1.3.5 Continuité de service liée à la mobilité

2. Place de la voix sur IP dans les nouvelles architectures convergentes .

- 2.1 Réseau de nouvelle génération (NGN).
- 2.2 Convergence fixe-mobile (CFM) et continuité des appels
- 2.2.1 I-WLAN (UMTS Release 6)
- 2.2.2 UMA/GAN (UMTS Release 6)



- 2.2.3 VCC (UMTS Release 7)
- 2.3 Remplacement des réseaux de transport circuit
- 2.3.1 TISPAAN Release 1.
- 2.3.2 LTE/SAE (UMTS Release 8) .

3. Conclusion

4. Glossaire (tableau 2).

TE7533

Voix sur IP : Internet, fixe et mobile - Principales normes

Par **Jérôme PONS**

1. Principales normes

- 1.1 Contrôle d'appel et signalisation associée
 - 1.1.1 Contrôle d'appel H.323 et SIP V1 .
 - 1.1.2 Contrôle d'appel MGCP et Megaco/H.248
 - 1.1.3 Contrôle d'appel SIP V2/IMS
- 1.2 Codage de sources et codecs audio .
- 1.3 Protocoles de transmission
 - 1.3.1 RTP et RTCP.
 - 1.3.2 TCP, UDP et UDP-Lite
 - 1.3.3 IPv4 et IPv6
- 1.4 Mécanismes de compression
 - 1.4.1 Compression d'en-têtes
 - 1.4.2 Compression de la signalisation
 - 1.4.3 Compression des données utilisateur.
- 1.5 Protocoles de sécurité
 - 1.5.1 Sécurisation du contrôle d'appel.
 - 1.5.2 Sécurisation des communications
 - 1.5.3 Authentification des clients.
 - 1.5.4 Problématiques liées à l'adressage IP.
- 1.6 Qualité de service.

2. Conclusion

TE7534

Voix sur IP : Internet, fixe et mobile - Mise en œuvre

Par **Jérôme PONS**

1. Mise en œuvre de la voix sur IP .

- 1.1 Téléphonie Internet
 - 1.1.1 Description générale
 - 1.1.2 Boîtier de conversion VoIP
 - 1.1.3 Passerelle résidentielle (RG)
 - 1.1.4 Téléphone logiciel (*softphone*) pour ordinateur.
- 1.2 Téléphonie sur IP .
 - 1.2.1 Description générale
 - 1.2.2 Téléphone IP
 - 1.2.3 PABX IP et plates-formes VoIP.
 - 1.2.4 Passerelle de téléphonie Internet (ITG)
- 1.3 Voix sur IP mobile
 - 1.3.1 Description générale
 - 1.3.2 Téléphonie mobile Internet .
 - 1.3.3 Téléphone logiciel (*softphone*) pour téléphone mobile
 - 1.3.4 Téléphonie mobile sur IP.

2. Conclusion



TE7522**Réseaux de transport par paquets pour les systèmes radio-mobiles**

Par Jérôme BROUET, Arnaud CAUVIN, François DUTHILLEUL

1. Évolution des réseaux mobiles vers le tout-IP
2. Évolution du réseau de transport vers les technologies paquets
3. Principaux protocoles impliqués
4. Standardisation et interopérabilité
5. Conclusion
6. Remerciements .

TE7514**Introduction d'IPv6 dans les réseaux mobiles - Impacts sur la sécurité**

Par David BINET

1. À propos d'IPv6 dans les réseaux mobiles

- 1.1 Présentation de l'architecture de réseau mobile
- 1.2 Fonctions des réseaux mobiles
- 1.3 Architecture des réseaux mobiles .
- 1.4 Adressage IP dans les réseaux mobiles
- 1.5 Intégration d'IPv6 dans les réseaux mobiles
- 1.6 Stratégie d'introduction d'IPv6 .
- 1.7 Cas spécifique de *roaming*
- 1.8 Déploiements en cours

2. Sécurisation des architectures mobiles

- 2.1 Vulnérabilités des réseaux
 - 2.2 Principales menaces
 - 2.3 Quelques statistiques
 - 2.4 Protection des architectures IPv4
 - 2.5 Particularités des réseaux mobiles
- 3. Protocole IPv6 : ses vulnérabilités.**
- 3.1 Adresses IPv6
 - 3.2 Extensions d'en-tête
 - 3.3 Protocole *Neighbor Discovery*
 - 3.4 Protocole *ICMPv6*
 - 3.5 Fragmentation

4. Sécurité liée aux solutions de transition en environnements mobiles.

- 4.1 Stratégie double pile
- 4.2 Stratégie *IPv6-only*

5. Recommandations en terme de sécurité

- 5.1 Monitoring/analyse de trafic .
- 5.2 Analyse des menaces
- 5.3 Mise à jour des infrastructures et formation
- 5.4 Nouveaux services, enjeux et impacts (4G, M2M, Convergence)

6. Conclusions et perspectives

S4/24854 Réseaux et télécoms : innovations et tendances technologiques

**** Tendances technologiques - Études sectorielles:**

IN32 Réseaux ad hoc : du concept aux applications

Par Nazim AGOULMINE et Jean-Michel CORNU

Introduction

1 - Contexte

2 - Infrastructure, mesh et ad hoc

2.1 - Communiquer dans la zone de couverture de points d'accès

2.2 - Réseaux de réseaux ad hoc

3 - Intérêt des réseaux ad hoc

4 - Applications publiques, commerciales et industrielles

4.1 - Extension de la portée des hotspots Internet

4.2 - Réseaux de diffusion d'informations sur les autoroutes

4.3 - Réseaux de secours

4.4 - Étiquettes intelligentes et réseaux de capteurs

4.5 - Jeux

5 - Enjeux techniques

5.1 - Interface radio

5.2 - Autoadressage IP

5.3 - Routage des communications

5.4 - Énergie

5.5 - Découverte des services

5.6 - Sécurité

5.7 - Qualité de service

6 - Perspectives

IN77 Les réseaux sans fil et la sécurité

Par Hakima CHAOUCHI et Maryline LAURENT-MAKNAVICIUS

Introduction

1 - WPAN (wireless personal area network)

2 - WLAN (wireless local area network)

2.1 - IEEE 802.11a, b, g

2.2 - IEEE 802.11e et f

2.3 - IEEE 802.11k

2.4 - IEEE 802.11i

2.5 - IEEE 802.11n

2.6 - Fonctions de sécurité

2.7 - Mise en pratique

3 - WMAN (wireless metropolitan area network)

3.1 - IEEE 802.16

3.2 - IEEE 802.20 et IEEE 802.21

3.3 - IEEE 802.22

3.4 - Sécurité

4 - Réseaux mesh/ad hoc

5 - Réseaux de capteurs

6 - Conclusion



IN97

La 4 génération de téléphonie mobile. Vers un Internet mobile omniprésent

Par Jean-Michel CORNU

Introduction

1 - Contexte

2 - Haut débit pour la téléphonie mobile

2.1 - Approche européenne

2.2 - Approche américaine

3 - Réseaux informatiques sans fil mobiles

3.1 - WiMAX mobile : concurrent des réseaux de la téléphonie mobile

3.2 - Déploiement du WiMAX mobile

4 - Le monde de la 4e génération

4.1 - Arrivée sur le marché de la 4G

4.2 - Optimisation de l'utilisation du spectre de fréquences

4.3 - Cohabitation des réseaux

5 - Usages de l'internet mobile

6 - Conclusions : implication de l'utilisateur dans l'invention de l'internet mobile

TE7511

Technologie LiFi (Light Fidelity)

Par Luc CHASSAGNE

1. Principe de la technologie LiFi

1.1 Principe de fonctionnement

1.2 Avantages, inconvénients

1.3 Normes actuelles et usages

1.4 Détails sur les éléments constituant la chaîne

1.5 Performances et limites actuelles

2. Exemples d'applications .

3. Conclusion et perspectives .

4. Glossaire

RE165

État de l'art en recherche européenne sur l'Internet des Objets et la RFID

Par Patrick GUILLEMIN

Introduction

1 - Contexte

2 - Recherche rfid et iot en europe

3 - Projets de recherche concernant la sécurité et ses résultats

4 - Aspect international

5 - Conclusion

TE7574

Diffusion MPLS - Le meilleur du multicast IP et de l'ingénierie de trafic

Par Christian JACQUENET

1. Contexte technique

1.1 Limites du mode de transmission multicast IP

1.2 Arborescences MPLS Point-à-Multipoints (P2MP)

2. Approche globale .

2.1 Évolution de la signalisation RSVP

2.2 Format des messages RSVP_PATH

2.3 Format des messages RSVP_RESV



3. Protection et robustesse.
4. Application aux *VPN* multicast
5. Perspectives d'évolution.
 - 5.1 Vers un contrôle d'accès multicast
 - 5.2 Arborescences *MPLS* optimisées
6. Conclusion

TE7600

Transport Internet : TCP plus performant, plus robuste, plus fiable - Quelques évolutions récentes du protocole TCP

Par **Mohamed BOUCADAIR, Christian JACQUENET**

1. Prolifération des protocoles de transport
2. Quelques rappels sur le protocole TCP
3. Évolutions TCP
4. Faciliter l'évolution de TCP pour l'Internet du Futur
5. Améliorer la qualité d'expérience
6. Améliorer les performances
7. Une version sécurisée du protocole TCP : « *TCP Encryption Negotiation Option* » (TCP-ENO)
8. Conclusion et perspectives .
9. Glossaire

**** Projets - Réalisations:**

IN64

EnSuite, une plate-forme libre de configuration de réseau

Par **Vincent CRIDLIG, Radu STATE et Olivier FESTOR**

Introduction

- 1 - Généralités
- 2 - Protocole de configuration netconf
 - 2.1 - Introduction
 - 2.2 - Architecture de Netconf
 - 2.3 - Bref aperçu des détails protocolaires de Netconf
- 3 - Ensuite : une plate-forme open source de gestion basée sur netconf
 - 3.1 - Architecture du logiciel
 - 3.2 - YencaP (agent) et YencaPManager (manager)
 - 3.3 - Extensions de sécurité
- 4 - Modèle de données extensible
 - 4.1 - Routages inter et intra-domaines : module BGP
 - 4.2 - Routage : module RIP
 - 4.3 - Logiciel de voix sur IP : module Asterisk
- 5 - Conclusion

IN130

SecSIP : un environnement de protection pour la voix sur IP

Par **Adelkader LAHMADI, Olivier FESTOR**

Introduction

- 1 - Voix sur ip, vulnérabilités et attaques
 - 1.1 - Protocole SIP et vulnérabilités associées
 - 2 - Système de protection pour le protocole sip



2.1 - Règles de spécification des protections

3 - Mise en œuvre de secsip

3.1 - Couche d'entrées/sorties

3.2 - Analyseur des messages SIP

3.3 - Contrôleur d'événements

3.4 - Moteur d'inspection

4 - Conclusion

IN131

RSA : la fin des clés de 768 bits

Par **Pierrick GAUDRY, Emmanuel THOMÉ, Paul ZIMMERMANN.**

Introduction

1 - Cryptographie, rsa et factorisation

2 - Algorithme utilisé

3 - Factorisation de rsa-768

4 - Conséquences pour les clés rsa

IN132

Routage dynamique et réseaux de capteurs - Bénéfice d'utiliser IPv6 dans les environnements contraints

Par **Christian JACQUENET**

Introduction

1 - Contexte

2 - Caractéristiques et contraintes des réseaux de capteurs

2.1 - Réseaux de capteurs en environnement domestique

2.2 - Réseaux de capteurs en environnement urbain

2.3 - Réseaux de capteurs en environnement industriel

3 - IPV6, protocole fédérateur

4 - Effort de standardisation très actif

5 - Quel protocole de routage ?

6 - Routage efficace au sein des réseaux de capteurs

6.1 - Arbres de collecte

6.2 - Protocole RPL

6.3 - Quelles métriques ?

6.4 - Nouveau message ICMPv6

6.5 - Traitement des boucles de routage

7 - Prochaines étapes

IN141

Réseaux à petites cellules économes en énergie

Par **Jakob HOYDIS, Romain COUILLET, Mérouane DEBBAH**

Introduction

1 - Contexte

2 - Réseaux à petites cellules : économes en énergie, flexibles et peu coûteux

3 - Défis

4 - Outils

5 - Conclusion

IN147

Virtualisation des réseaux locaux - Switch, hyperviseur et pare-feu

Par **Fabrice BRUEL**

Introduction

1 - Contexte



- 2 - Ethernet : du protocole « à diffusion » à la virtualisation
- 3 - Virtualisation des réseaux locaux dans les pare-feux
- 4 - Virtualisation des réseaux locaux dans les hyperviseurs
- 5 - Agrégation de switches
- 6 - Perspectives et évolutions

TE7604

Respiration de cellules dans les réseaux cellulaires green .

Par **Loufti NUAYMI, Luis Alberto SUAREZ RIVERA**

- 1. Contexte
- 2. Différentes approches
- 3. Respiration de cellules
- 4. Conclusion

RE94

Worldsens : outil de simulation pour la conception d'applications de réseaux de capteurs

Par **Guillaume CHELIUS, Antoine FRABOULET**

Introduction

- 1 - Contexte
- 2 - État de l'art
 - 2.1 - Simulation de réseau
 - 2.2 - Simulation de nœud
- 3 - **Worldsens**
 - 3.1 - Outils de simulation
 - 3.2 - Environnement
 - 3.3 - Processus de développement
- 4 - **WSNET : simulateur de réseaux sans fil**
 - 4.1 - Boucle de simulation
 - 4.2 - Type, module et librairie
 - 4.3 - Modélisation d'un capteur communicant
 - 4.4 - Modélisation de l'environnement
 - 4.5 - Modélisation du canal radio
 - 4.6 - Traitement d'un paquet
 - 4.7 - Implémentation et configuration
- 5 - **WSIM : simulateur matériel précis à l'instruction**
 - 5.1 - Simulation précise à l'instruction
 - 5.2 - Débogage des applications
 - 5.3 - Évaluation de performances des nœuds
- 6 - **Simulation mixte**
- 7 - Conclusion

RE95

Vérifier automatiquement les protocoles de sécurité

Par **Yohan BOICHUT, Pierre-Cyrille HÉAM, Olga KOUCHNARENKO**

Introduction

- 1 - Les protocoles de sécurité, applications et enjeux
- 2 - Un peu de cryptographie
- 3 - Les protocoles et leurs failles
 - 3.1 - Contexte
 - 3.2 - Exemple du protocole de Needham-Shroeder
- 4 - Vérification de protocoles : la plate-forme avispa
- 5 - TA4SP
- 6 - Conclusion



7 - Organismes, programme de recherche

RE122

5 gigabits/s de débit utile pour un turbo-décodeur

Par **Patrick ADDE, Christophe JEGO, Camille LEROUX, Gérald LEMESTRE, Michel JEZEQUEL**

Introduction

- 1 - Historique des turbocodes
- 2 - Codage et décodage des turbocodes produits
- 3 - Architectures parallèles de turbo-décodeur
- 4 - Implantation d'un turbo-décodeur rs à 5 GBIT/S
- 5 - Conclusion

RE124

Signalisation pour la QOS de bout en bout dans les réseaux NGN

Par **Ana MINABURO, Jean-Charles POINT**

Introduction

- 1 - Introduction
- 2 - Modèles de signalisation
- 3 - Spécifications pour la signalisation de la qualité de service
 - 3.1 - Spécifications de l'ITU
 - 3.2 - ETSI, TISPA
 - 3.3 - IETF, NSIS (Next Steps in Signaling)
 - 3.4 - Autres Groupes
- 4 - Différences entre les solutions
- 5 - Architecture QOS pour les NGN
- 6 - Gestion de bande passante dans le cœur du réseau
- 7 - SIP (session initiation protocol) pour la réservation de ressources dans les NGN
- 8 - Scénario
- 9 - Conclusions

RE176

Analyse de solutions opérationnelles d'applications DDS sur réseaux distants

Par **Akram HAKIRI, Pascal BERTHOU, Slim ABDELLATIF, Michel DIAZ, Thierry GAYRAUD**

Introduction

- 1 - Contexte
- 2 - Analyse des solutions basées sur le pont-fédéré
- 3 - Proxy DDS
 - 3.1 - Contexte
 - 3.2 - Services offerts par le proxy DDS
 - 3.3 - Principe de fonctionnement du proxy DDS
- 4 - Étude de cas
 - 4.1 - Plate-forme de test
 - 4.2 - Évaluation du pont-fédéré
- 5 - Conclusion



S4/24855 Réseaux locaux**** Réseaux fixes:****TE7000 Réseaux locaux***Par Samer LAHOUD*

1. Classification des réseaux
2. Utilisation des réseaux
3. Modèle de référence (IEEE 802) .
4. Adressage
5. Techniques de câblage
6. IEEE 802.3/Ethernet
7. Réseaux sans-fil IEEE 802.11 .
8. LLC/SNAP
9. Mécanismes d'interconnexion
10. Conclusion

E7180 Réseaux ATM*Par Jean-Pierre COUDREUSE*

1. Quelques repères
 - 1.1 Origines d'un concept de multiplexage
 - 1.2 De l'expérience de laboratoire à la norme internationale
2. **Multiplexage et commutation : concepts préliminaires**
 - 2.1 Techniques spatiales et techniques temporelles
 - 2.2 Techniques temporelles : multiplexage par position et par étiquette
 - 2.3 Mode circuit et mode paquet
 - 2.4 Multiplexage déterministe et multiplexage statistique
 - 2.5 Techniques temporelles synchrones et asynchrones
 - 2.6 Cahier des charges d'une technique de multiplexage et de commutation
3. **ATM**
 - 3.1 Principes fondamentaux
 - 3.2 Multiplexage et transmission
 - 3.3 Commutation
 - 3.4 De l'ATM à l'application : fonctions de la couche d'adaptation AAL
 - 3.5 Contrôle de trafic et de congestion, gestion des ressources : contrat de trafic en ATM.
4. **Modèle de protocole, architecture fonctionnelle, réseau et interfaces**
 - 4.1 Modèle de référence de protocole
 - 4.2 Architecture fonctionnelle d'un nœud ATM.
 - 4.3 Architecture de réseau
 - 4.4 Interfaces
5. **Architecture de réseau et stratégies de déploiement**
 - 5.1 Réseau d'infrastructure et réseaux de services superposés
 - 5.2 Stratégies de déploiement de l'ATM
 - 5.3 Chances de l'ATM.
6. **Quel avenir à l'ATM ?**
 - 6.1 Ce que l'on peut tenir pour acquis
 - 6.2 Ce qu'il faudra d'efforts à l'IP
 - 6.3 Ce qu'il faudra de bon sens à l'ATM .
 - 6.4 Ce que l'on peut en penser
 - 6.5 Un regard vers le futur



IP1600**Technologie HomePNA***Par François DUTHILLEUL et Tu-Anh NGUYEN***1. Technologies des réseaux domestiques**

- 1.1 Technologies filaires
- 1.2 Technologies sans-fil

2. Technologie HomePNA

- 2.1 Architecture d'un réseau domestique HomePNA
- 2.2 Spécification HomePNA 1.0 .
- 2.3 Spécification HomePNA 2.0.
- 2.4 Spécification HomePNA 3.0.
- 2.5 Normalisation
- 2.6 La voix sur HomePNA
- 2.7 Passerelle résidentielle.
- 2.8 Perspectives .

TE7220**Technologies CPL (Courants Porteurs en Ligne)***Par Xavier CARCELLE, Thomas BOURGEAU***1. Principales technologies CPL**

- 1.1 Historique des CPL
- 1.2 Plusieurs types de technologies CPL
- 1.3 Normalisations .
- 1.4 Plusieurs types d'équipements CPL .
- 1.5 Performances des technologies CPL « Indoor » et « Outdoor »
- 1.5.1 Technologies CPL « Indoor »
- 1.5.2 Technologies CPL « Outdoor »
- 1.5.3 Classification des technologies CPL par le débit.

2. Principes généraux des CPL

- 2.1 Différents modes de réseaux
- 2.2 Principes généraux de la couche physique .
- 2.3 Principes généraux de la couche liaison de données
- 2.4 Trames .
- 2.5 Atténuation et interférences.
- 2.6 Sécurité

TE7222**Technologies CPL Indoor***Par Xavier CARCELLE, Thomas BOURGEAU***1. Description des technologies CPL Indoor**

- 1.1 Principes généraux des technologies CPL « Indoor »
- 1.2 Technologies « haut débit » .
- 1.2.1 Description du standard HomePlug 1.0
- 1.2.2 Fonctionnalités des réseaux *HomePlug* 1.0.
- 1.3 Description du standard HomePlug AV.
- 1.3.1 Couche Physique du standard HomePlug AV .
- 1.3.2 Couche liaison de donnée du standard HomePlug AV
- 1.3.3 Gestion d'un réseau HomePlug AV .
- 1.4 Sécurité des CPL

2. Positionnement technologique

- 2.1 Performances CPL Indoor.
- 2.2 Place des CPL dans les réseaux locaux domestiques



TE2224**Protocole Ethernet - Mise en œuvre pour les services opérateurs**Par **Sylvain DESBUREAUX****1. D'Ethernet au Carrier Ethernet**

1.1 Protocole Ethernet

1.1.1 Norme Ethernet couche 1 IEEE 802.3

1.1.2 Couche fédératrice Ethernet niveau 2 : IEEE 802.1

1.2 Carrier Ethernet

1.2.1 Supervision et mesure de performance de services

1.2.2 Mécanismes de protection de service.

2. Attributs d'un service Carrier Ethernet

2.1 Interfaces d'entrées d'un service Ethernet

2.1.1 Interfaces utilisateurs (UNI)

2.1.2 Interfaces entre réseaux (E-NNI).

2.2 Topologies de services .

2.2.1 EVC point à point .

2.2.2 EVC multipoints à multipoints .

2.2.3 EVC point à multipoints

2.3 Attributs de services

2.3.1 Gestion des différents types de trames

2.3.2 Préservation du tag VLAN

2.3.3 Classes de service

2.3.4 Profils de bande passante

2.3.5 Attributs de performance de service

3. Services standards Carrier Ethernet.

3.1 Services à destination de clients finaux

3.1.1 Gestion des trames de contrôle de protocole .

3.1.2 Services E-Line

3.1.3 Services E-LAN

3.1.4 Services E-Tree

3.2 Services spécifiques

3.2.1 Offres de collecte pour service fixe .

3.2.2 Offres de collecte pour le service mobile

4. Conclusion**** Réseaux sans fil:****TE7375****Standard pour réseaux sans fil : IEEE 802.11**Par **Daniel TREZENTOS****1. Standard 802.11****2. Architectures réseaux .**2.1 Architecture *ad hoc* .

2.2 Architecture basée sur une infrastructure

2.2.1 Points d'accès .

2.2.2 Système de distribution

3. Couche MAC

3.1 Format des trames MAC

3.1.1 Format général d'une trame de données

3.1.2 Trame d'acquiescement .

3.1.3 Trames RTS et CTS

3.2 Mécanismes d'accès au médium

3.3 Protection contre les stations cachées.

3.4 Mécanismes divers

4. Couche physique

- 4.1 Transmission par ondes infrarouges
- 4.2 Transmission par ondes radio .
- 4.3 Bande ISM
- 4.3.1 Technique d'étalement de spectre à séquence directe
- 4.3.2 Technique d'étalement de spectre par saut de fréquence
- 4.4 Couche physique 802.11b
- 5. Administration et sécurité .**
- 5.1 Synchronisation
- 5.2 Authentification, association et réassociation
- 5.3 Sécurité
- 5.4 Gestion de l'énergie
- 5.5 Mécanismes divers
- 6. Évolutions du standard**
- 7. Conclusion .**
- Références bibliographiques

TE7376

Évolution du standard pour réseau sans fil : IEEE 802.11

Par **Isabelle GUÉRIN LASSOUS**

1 Historique du standard IEEE 802.11 .

- 1.1 IEEE 802.11-1997 et IEEE 802.11-1999
- 1.2 Standard IEEE 802.11-2007

2 Principaux amendements d'IEEE 802.11 .

- 2.1 IEEE 802.11b : vers un débit de 11 Mbit/s
- 2.2 IEEE 802.11a : vers un débit de 54 Mbit/s dans la bande de fréquence des 5 GHz
- 2.3 IEEE 802.11g : vers un débit de 54 Mbit/s dans la bande de fréquence des 2,4 GHz
- 2.4 IEEE 802.11e : mise en place de la qualité de service
- 2.5 Quelques mots sur les autres amendements

3 Quelques sous-groupes de travail IEEE 802.11 en cours

- 3.1 IEEE 802.11k : gestion de la ressource radio
- 3.2 IEEE 802.11n : vers des débits encore plus élevés
- 3.3 IEEE 802.11p : environnements véhiculaires
- 3.4 IEEE 802.11r : pour un changement rapide de point d'accès
- 3.5 IEEE 802.11s : réseaux maillés .

4 Conclusion

TE7379

Protocole IEEE 802.11 - Qualité de service

Par **Claude CHAUDET**

1. Communications sans fil

2. Qualité de service

3. Standard IEEE 802.11

- 3.1 Mode de fonctionnement centralisé
- 3.2 Mode de fonctionnement distribué

4. Extension IEEE 802.11e pour la qualité de service

- 4.1 Classes de trafic
- 4.2 Fonctionnement centralisé
- 4.3 Fonctionnement distribué
 - 4.3.1 Différenciation sur le temps d'attente fixe
 - 4.3.2 Différenciation sur les fenêtres de contention
 - 4.3.3 Différenciation sur l'opportunité de transmission maximale et transmissions en rafale



4.3.4 Combinaison de différentes méthodes

5. Performances, problématiques et autres stratégies.

6. Conclusion .

TE7381

Étude prospective de performances des réseaux Wi-Fi

Par Isabelle GUÉRIN LASSOUS

1. Mode DCF de 802.11

1.1 Format des trames 802.11

1.2 Accès au médium radio

1.3 Mécanisme de RTS – CTS

2. Réseaux radio multisauf .

3. Performances sur des réseaux complets

3.1 Débit effectif.

3.2 Partage du canal radio .

3.3 Portée de transmission

3.4 Présence de différents débits

4. Performances sur des réseaux étendus

4.1 Partage du médium étendu .

4.2 Inégalité à long terme

4.2.1 Un autre effet des stations cachées

4.2.2 Une inégalité dans l'accès au médium radio

4.3 Inégalité à court terme .

5. Utilisation de 802.11 dans des réseaux multisauf

5.1 La chaîne de communication

5.2 La zone grise

6. Conclusion.

Références bibliographiques

TE7508

Technologie ZigBee / 802.15.4 - Protocoles, topologies et domaines d'application

Par Thierry VAL, Eric CAMPO, Adrien VAN DEN BOSSCHE

1. Présentation générale

1.1 Le projet ZigBee

1.2 Objectifs et domaines d'application.

1.3 Consommation énergétique

1.4 Implémentations

1.5 Topologies

1.6 Adressage.

1.7 Valeurs typiques

2. Étude protocolaire de ZigBee / 802.15.4.

2.1 Une pile protocolaire en couches

2.2 La couche physique PHY de 802.15.4

2.2.1 Bandes de fréquences et canaux.

2.2.2 Modulations et étalement de spectre

2.2.3 Portée, puissance d'émission et sensibilité du récepteur

2.3 La couche liaison LNK de 802.15.4

2.3.1 Format de trame

2.3.2 La sous-couche MAC

2.3.3 La sous-couche LLC .

2.4 La couche réseau NWK de ZigBee

2.4.1 Éléments de la topologie du réseau

2.4.2 Adressage

2.4.3 Principes de base du routage ZigBee



2.5 La couche applicative APL et les profils de ZigBee

3. Bilan et perspectives

TE7509

Technologie sans fil 802.15.4 - Son héritage protocolaire et ses applications

Par *Adrien VAN DEN BOSSCHE, Thierry VAL, Éric CAMPO*

1. Présentation de la norme IEEE 802.15.4 .

1.1 Norme initiale (IEEE 802.15.4-2003)

1.2 Évolutions de la norme.

2. Protocoles basés sur 802.15.4

2.1 SynkroRF et RF4CE

2.2 ISA100.11.a

2.3 WirelessHart .

2.4 6LoWPAN

2.5 Pistes d'évolution.

3. Domaines d'applications.

3.1 Certifications.

3.2 Environnements applicatifs

4. Bilan

TE7410

Technologie Bluetooth

Par *Xavier LAGRANGE et Laurence ROUILLE*

1. Contexte de normalisation.

2. Architecture générale du système

2.1 Concept de piconet

2.2 Identification

2.3 Modèle architectural

3. Couche physique

3.1 Gammes de fréquences

3.2 Modulation

3.3 Caractéristiques radio : puissance et sensibilité

3.4 Principe général de transmission

4. Principes de transmission sur un lien établi

4.1 Liens physiques

4.2 Format général des paquets

4.3 Chaîne de transmission

4.4 Format détaillé d'un paquet.

4.5 Mécanismes protocolaires

4.6 Exemples de débits .

5. Mécanismes de découverte et d'établissement de lien

5.1 Établissement d'un piconet .

5.2 État connecté et ses différents modes .

5.3 Diagramme d'état d'une station Bluetooth .

5.4 Connexion d'une station à un piconet existant

5.5 Scatternet .

6. Couche gestion des liens

7. L2CAP.

8. Mécanismes de sécurité

8.1 Modes de sécurité

8.2 Gestion des clés

8.3 Authentification

8.4 Chiffrement

Références bibliographiques



H5325**Systèmes et techniques RFID - Risques et solutions de sécurité***Par Ethmane EL MOUSTAINE, Maryline LAURENT***1. À retenir**

- 1.1 Contexte et cadre techniques
- 1.2 Bénéfices et risques .

2. Architecture des RFID et technologie

- 2.1 Étiquettes RFID .
- 2.2 Antennes
- 2.3 Lecteur RFID .
- 2.4 Intergiciel

3. Standard EPCGlobal .

- 3.1 Système de codification EPC
- 3.2 Classification des étiquettes RFID
- 3.3 Réseau EPCGlobal
- 3.4 Standard EPC de seconde génération (EPC Gen2)

4. Usages des RFID**5. Risques et besoins en technologie RFID**

- 5.1 Atteinte à la vie privée
- 5.2 Problèmes de sécurité
- 5.3 Besoins de services de sécurité

6. Verrous technologiques**7. État des lieux des solutions de sécurité**

- 7.1 Standard EPCGen2
- 7.2 Solutions symétriques légères
- 7.3 Solutions asymétriques
- 7.4 Analyse et synthèse .

8. Conclusions et perspectives**S8650****La Technologie NFC - Principes de fonctionnement et applications.***Par Ali BENFATTOUM***1. Les principes et normes du NFC**

- 1.1 Origine du concept de NFC.
- 1.2 De la RFID à la technologie NFC
- 1.3 Principe de fonctionnement d'une communication en champ proche .
- 1.4 Normes de communication et de tests
- 1.5 Interopérabilité technologies propriétaires

2. Focus sur le NFC

- 2.1 Le NFC Forum.
- 2.2 NFC Forum Device et NFC Forum Tag .
- 2.3 Les trois modes du NFC
- 2.4 Les spécifications techniques du NFC Forum
- 2.5 Applications et services

3. Intégration du NFC dans le téléphone mobile

- 3.1 Architecture d'un mobile NFC .
- 3.2 Le Secure Element
- 3.3 Les architectures Mobile-Centric et Sim-Centric
- 3.4 Architecture Sim-Centric .

4. Marchés et écosystème

- 4.1 Les acteurs et leurs rôles
- 4.2 Le rôle du TSM



5. Cas d'usages NFC.
- 5.1 Exemple d'un Smart Poster
- 5.2 Exemple d'un handover NFC-Bluetooth
6. Conclusion

S4/24856 Techniques et systèmes de transmission en réseaux et télécoms

**** Normalisation et réglementation:**

TE7020 Normalisation des télécommunications et des TIC

Par **Daniel BATTU**

1. Normalisation

- 1.1 Contexte
- 1.2 Organisation de la normalisation
- 1.3 Évolution du cadre des télécommunications
- 1.4 Concurrence normative
- 1.5 Certification et accréditation
- 1.6 Normalisation de fait ou de droit
- 1.7 Normes et domaine réglementaire.
- 1.8 Norme et brevet

2. Entités de normalisation

- 2.1 Entités de normalisation internationales
- 2.2 Entités européennes de normalisation
- 2.3 Normalisation mondiale .
- 2.4 Monde internet
- 2.5 Protocole « Enum » .
- 2.6 Coordination des domaines filaires et radioélectriques.
- 2.7 Extension aux applications multimédia
- 2.8 Association avec les *SDO*
- 2.9 Logiciel libre et *Open Source* .

3. Pratique de la normalisation .

- 3.1 Fabrication d'une norme.
- 3.2 Influences culturelles
- 3.3 Réseaux et TIC
- 3.4 Exemples de structures normatives

4. Nouveaux thèmes de normalisation

- 4.1 Accessibilité
- 4.2 Réduction de la consommation électrique.
- 4.3 Substances dangereuses et informatique verte .
- 4.4 Santé et bien-être
- 4.5 TIC et transport automobile
- 4.6 Internet des objets (IdO)
- 4.7 Formation en ligne
- 4.8 Informatique en nuage (*Cloud Computing*)

5. Réglementation des communications électroniques

- 5.1 Réglementation mondiale
- 5.2 Réglementation européenne
- 5.3 Réglementation en France

6. Problématique de la normalisation

- 6.1 Complexité de l'association des TIC au monde des réseaux
- 6.2 Non-respect du « modèle » OSI
- 6.3 Absence de coordination des normes
- 6.4 Le silence européen.



- 6.5 Monde des logiciels face aux normes
- 6.6 Problématique de la normalisation.
- 7. Conclusion

TE7070

Réglementation des produits de cryptologie en télécommunications

Par **Nicolas MAGNIN**

1. Usages intra-UE depuis un état de l'Union européenne.

- 1.1 Produits dans fil avec fonctions de cryptologie
- 1.2 Régime de liberté
- 1.3 Moyens et prestations de cryptologie contrôlés
- 1.4 Procédure de déclaration des produits sans fil .
- 1.5 Procédure de déclaration de prestations de cryptologie
- 1.6 Sanctions
- 1.7 Perspectives d'évolution

2. Réglementation sur l'export des produits sans fil

- 2.1 Textes applicables.
- 2.2 Applications du contrôle export des produits sans fil
- 2.3 Régime de déclaration préalable
- 2.4 Régime d'autorisation et de licence préalable à l'exportation
- 2.5 Sanctions
- 2.6 Contrôle de l'exportation des produits sans fil en Amérique du Nord
- 2.7 Perspectives d'évolution

3. Tour du monde des contrôles – Réglementation par État .

- 3.1 Voyager à l'intérieur de l'UE .
- 3.2 Quitter l'UE
- 3.3 Importer et utiliser dans un pays hors de l'UE

4. Conclusion

TE7040

Fréquences radioélectriques - Gestion du spectre

Par **Jean-Claude GUIGUET**

1. Utilisation du spectre radioélectrique.

- 1.1 Services radioélectriques.
- 1.2 Emploi des bandes de fréquences

2. Organisation de la gestion du spectre au plan mondial

- 2.1 Union Internationale des Télécommunications (UIT)
- 2.2 Règlement des Radiocommunications (RR)
- 2.3 Conférence Mondiale des Radiocommunications (CMR)
- 2.4 Comité du Règlement des Radiocommunications (RRB)

3. Organisation de la gestion du spectre au plan européen.

- 3.1 Union Européenne et Commission Européenne (UE et CE)
- 3.2 Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications (CEPT)

4. Organisation de la gestion du spectre au plan français

- 4.1 Organisation générale – Principes de base .
- 4.2 Autorité de Régulation des Télécommunications (ART)
- 4.3 Agence nationale des fréquences (ANFR)
- 4.4 Tableau national de répartition des bandes de fréquences (TNRBF)
- 4.5 Fonds de réaménagement du spectre .



E1303**Rôle de l'Agence nationale des fréquences***Par Jean-Benoît AGNANI, Vincent MALECKI***1. Gestion des bandes de fréquences et prospective**

- 1.1 Négociations multilatérales
- 1.2 Répartition nationale des bandes de fréquences et fonds de réaménagement du spectre
- 1.3 Études et prospective

2. Assignations des fréquences et gestion des sites

- 2.1 Fichier national des fréquences
- 2.2 Coordination aux frontières
- 2.3 Instruction des demandes d'assignation aux systèmes satellitaires
- 2.4 Sites et servitudes
- 2.5 Exposition du public aux champs électromagnétiques

3. Gestion de fréquences pour le compte des affectataires

- 3.1 Réseaux indépendants (ARCEP)
- 3.2 Licences et certificats radiomaritimes (ministre chargé de la mer)
- 3.3 Gestion des fréquences pour le compte des hauts-commissariats de la République (HCR)
- 3.4 Autres conventions (Industrie, Intérieur)
- 3.5 Ordonnancement des taxes et redevances.

4. Contrôle

- 4.1 Contrôles et mesures préventifs.
- 4.2 Protection de la réception TNT
- 4.3 Surveillance du marché
- 4.4 Instruction des brouillages

5. Conclusion.**TE6890****Radiorveillance du spectre - Rôle et tendances***Par François DELAVEAU, Yvon LIVRAN***1. Objectifs du contrôle du spectre civil****2. Missions du contrôle du spectre civil**

- 2.1 Bandes de fréquences considérées
- 2.2 Contrôles préventifs.
- 2.3 Traitement des plaintes en brouillage
- 2.4 Exposition du public aux rayonnements électromagnétiques.
- 2.5 Surveillance du marché

3. Parallèle avec la radiorveillance militaire**4. Réglementation du contrôle du spectre civil**

- 4.1 Harmonisation mondiale
- 4.2 Harmonisation régionale

5. Systèmes de contrôle du spectre

- 5.1 Exemple de moyens de contrôle
- 5.2 Gestion et contrôle automatisés du spectre
- 5.3 Exemple de processus automatisé

6. Historique et tendances de la radiorveillance

- 6.1 Complexification des systèmes
- 6.2 Évolution du contrôle du spectre.
- 6.3 Évolution des radiocommunications militaires
- 6.4 Standardisation des radiocommunications civiles
- 6.5 Bases de données de caractéristiques de signaux

7. Notions de radio-transmission

- 7.1 Propagation des signaux
- 7.2 Nature des signaux



**** Concepts de base:****H2284****Architecture en couches des protocoles : concepts de base***Par Guy PUJOLLE***1. Architecture en couches des protocoles**

- 1.1 Notion de service.
- 1.2 Unités de données
- 1.3 Primitives de service
- 1.4 Point d'accès et adressage

2. Éléments de fonctionnement

- 2.1 Mode de fonctionnement.
 - 2.1.1 Mode avec connexion .
 - 2.1.2 Mode sans connexion .
 - 2.1.3 Multipoint
- 2.2 Fonctions réalisées dans les couches de protocole.
 - 2.2.1 Multiplexage/éclatement.
 - 2.2.2 Segmentation/réassemblage
 - 2.2.3 Groupage/dégroupage
 - 2.2.4 Concaténation/séparation

H2285**Principaux protocoles de transmission de données***Par Guy PUJOLLE***1. Modèle de référence**

- 1.1 Niveaux du modèle de référence
- 1.2 Niveaux des architectures

2. Principales architectures de niveau physique**3. Principales architectures de niveau trame****4. Principales architectures de niveau paquet**

- 4.1 Protocoles du modèle IP
- 4.2 Protocoles du modèle X.25

5. Protocole de contrôle

- 5.1 Protocoles de signalisation de MPLS
- 5.2 Protocoles de gestion de la qualité de service
 - 5.2.1 Contrôle IntServ
 - 5.2.2 Services différenciés (DiffServ)
- 5.3 Contrôle par politique

6. Protocoles de gestion et de sécurité

- 6.1 Protocoles de gestion
- 6.2 Protocoles de sécurité
- 6.3 VPN (*Virtual Private Network*) .

7. Conclusion .

Sigles H 2 284

H2288**Architecture TCP/IP***Par Guy PUJOLLE***1. Adressage IPv4.****2. ARP, RARP : les protocoles de résolution des adresses****3. IPv4 : Internet Protocol version 4.****4. IPv6 : Internet Protocol version 6.****5. Routage IP**

- 5.1 RIP (*Routing Information Protocol*)
- 5.2 OSPF (*Open Shortest Path First*) .
- 5.3 IGRP (*Interior Gateway Routing Protocol*)



- 5.4 EGP (*Exterior Gateway Protocol*)
- 5.5 BGP (*Border Gateway Protocol*)
- 5.6 Routage IDRIP (*Interdomain Routing Protocol*)
- 6. ICMP : messages de Contrôle et d'erreur
- 7. IGMP : adressage multipoint .
- 8. UDP : service de transport non fiable
- 9. TCP : service de transport fiable
- 10. RSVP (*Reservation Protocol*)
- 11. RTP (*Real Time Protocol*)
- 12. Extensions diverses.
- 13. Sécurité .

E7100**Transmission des signaux numériques**

Par Hikmet SARI

1. Transmission en bande de base .

- 1.1 Généralités
- 1.2 Codes en ligne .
- 1.3 Modulation d'amplitude en bande de base.
- 1.4 Canal de transmission
- 1.5 Filtrage adapté .
- 1.6 Détection d'un signal binaire
- 1.7 Transmission à bande limitée
- 1.8 Canal symétrique binaire .

2. Techniques de modulation .

- 2.1 Modulation à déplacement d'amplitude (MDA)
- 2.2 Modulation à déplacement de phase (MDP)
- 2.3 Modulation d'amplitude de deux porteuses en quadrature (MAQ)
- 2.4 Modulation à déplacement de fréquence (MDF) .
- 2.5 Modulations à enveloppe constante

3. Codage de canal

- 3.1 Objet et principe du codage.
- 3.2 Codes en blocs.
- 3.3 Codes convolutifs
- 3.4 Modulations codées en treillis (MCT)
- 3.5 MCT multidimensionnelles
- 3.6 Modulations codées en blocs (MCB)

4. Égalisation du canal.

- 4.1 Modèle du canal
- 4.2 Récepteur optimal
- 4.3 Égaliseurs linéaires
- 4.4 Égaliseur à retour de décisions
- 4.5 Algorithmes d'adaptation
- 4.6 Égaliseurs à suréchantillonnage .

5. Synchronisation

- 5.1 Synchronisation de la porteuse
- 5.2 Synchronisation du rythme .
- 5.3 Boucles à verrouillage de phase (PLL).

6. Applications

- 6.1 Modems téléphoniques
- 6.2 Faisceaux hertziens .
- 6.3 Transmissions par satellite
- 6.4 Transmissions sur fibres optiques
- 6.5 Radiocommunications avec les mobiles .
- 6.6 Autres applications

Références bibliographiques

E7150**Protocoles de transmission de données**Par **Guy PUJOLLE****1. Architecture en couches des protocoles : concepts de base .**

- 1.1 Notion de service.
- 1.2 Unités de données
- 1.3 Primitives de service
- 1.4 Point d'accès et adressage

2. Éléments de fonctionnement

- 2.1 Mode de fonctionnement.
 - 2.1.1 Mode avec connexion .
 - 2.1.2 Mode sans connexion .
 - 2.1.3 Multipoint
- 2.2 Fonctions réalisées dans les couches de protocole.
 - 2.2.1 Multiplexage. Éclatement
 - 2.2.2 Segmentation. Réassemblage.
 - 2.2.3 Groupage. Dégroupage
 - 2.2.4 Concaténation. Séparation .

3. Principaux protocoles de transmission de données.

- 3.1 Protocoles du modèle de référence de l'ISO
- 3.2 Protocoles du modèle TCP/IP
- 3.3 Modèle UIT-T pour l'ATM. Articulation avec les modèles précédents

4. Protocoles de gestion et de sécurité

- 4.1 Protocoles de gestion
- 4.2 Protocoles de sécurité

5. Protocoles de signalisation

- 5.1 Protocoles de base : LAP-D et CCITT no 7
- 5.2 Extensions des protocoles de signalisation

6. Conclusion .**E7500****Multiplexage numérique**Par **Jean-Claude FAYE et Pierre HERMET****1. Généralités.**

- 1.1 Multiplexage dans les réseaux d'accès
- 1.2 Multiplexage dans le réseau de transport haut débit

2. Différents types de multiplexage

- 2.1 Multiplexage bas débit.
 - 2.1.1 Canal à 64 kbit/s
 - 2.1.2 Adaptation de débit dans le canal à 64 kbit/s
 - 2.1.3 Multiplex à 2 048 et 1 544 kbit/s
 - 2.1.4 Accès de base au RNIS
 - 2.1.5 Liaisons spécialisées numériques
- 2.2 Multiplexage haut débit
 - 2.2.1 Hiérarchies plésiochrone et synchrone
 - 2.2.2 Multiplexage plésiochrone .
 - 2.2.3 Multiplexage synchrone

3. Fonctions de multiplexage.

- 3.1 Fonctions de multiplexage bas débit
 - 3.1.1 Présentation fonctionnelle des équipements de multiplexage et de brassage .
 - 3.1.2 Multiplexeur aiguilleur
 - 3.1.3 Multiplexeur flexible
 - 3.1.4 Brasseur d'IT
- 3.2 Fonctions de multiplexage haut débit .
 - 3.2.1 Organisation d'une station de transmission
 - 3.2.2 Multiplexage plésiochrone .



3.2.3 Multiplexage synchrone

4. Utilisation du multiplexage dans les réseaux.

4.1 Réseau d'accès.

4.1.1 Réseau Transmic

4.1.2 Évolution vers les réseaux multimédias.

4.2 Réseau de transport haut débit

4.2.1 Sécurisation réseau .

4.2.2 Synchronisation réseau

4.2.3 Exploitation réseau

4.2.4 Exemples .

5. Perspectives et évolutions.

** Fibres optiques:

TE7115 *Systèmes de transmission sur fibre optique*

Par *Michel JOINDOT, Irène JOINDOT*

1. Structure d'un système de transmission optique

2. Sources et modulateurs

2.1 Sources et bruit des sources.

2.2 Modulateurs

3. Détection.

3.1 Principe de base de la détection directe

3.2 Limite quantique

3.3 Calcul de la probabilité d'erreur en détection directe

3.4 Cas limite d'un récepteur sans bruit thermique

3.5 Réception cohérente (ou hétérodyne)

4. Amplification optique

4.1 Description générale de l'amplificateur optique à fibre

4.2 Mécanisme d'amplification

4.3 Gain

4.4 Saturation

4.5 Bruit

4.6 Dispositifs de contrôle

5. Qualité du signal dans les systèmes amplifiés

5.1 Systèmes amplifiés monocanal et multicanaux

5.2 Introduction des amplificateurs dans les systèmes

5.3 Limitations imposées par les phénomènes de propagation.

6. Systèmes utilisant les solitons

6.1 Qu'est-ce qu'un soliton ?

6.2 Phénomènes affectant la transmission des solitons

6.3 Traitement en ligne

6.3.4 Essais de transmission par solitons

7. Systèmes installés : construction et évolution des réseaux

7.1 Les premiers systèmes

7.2 Hégémonie des systèmes optiques dans les réseaux interurbains .

7.3 Explosion de la capacité des systèmes utilisant la technique de multiplexage en longueur d'onde

7.4 Systèmes sous-marins optiques

7.5 Systèmes d'accès

7.6 Introduction des fonctions de traitement du signal dans les systèmes optiques.

8. Conclusion



E7079**Communications optiques haut débit - Introduction et caractérisation**Par **Sébastien BIGO****1. Éléments constitutifs des systèmes de transmission optiques****2. Techniques de multiplexage**

2.1 Multiplexage temporel

2.2 Multiplexage en longueur d'onde .

2.3 Multiplexage en polarisation

2.4 Multiplexage de modes.

2.5 Diaphonie et densité spectrale d'information

3. Techniques d'amplification.

3.1 Amplification erbium.

3.2 Amplification Raman .

4. Techniques de détection

4.1 Détection directe

4.2 Détection cohérente

5. Évaluation de la qualité d'un composant ou du système optique complet

5.1 Diagramme de l'œil

5.2 Taux d'erreur et facteur de qualité

5.3 Diagramme de constellation.

5.4 Rapport signal sur bruit optique

5.5 Sensibilité et pénalité

6. Codes correcteurs d'erreurs**7. Loi de cumul du bruit dans une chaîne de tronçons amplifiés****8. Conclusion, perspectives.****E7081****Communications optiques haut débit - Conception et validation**Par **Sébastien BIGO****1. Sources linéaires de distorsions .**

1.1 Bruit des amplificateurs.

1.2 Dispersion chromatique

1.3 Dispersion modale de polarisation

2. Types de fibres**3. Sources non linéaires de distorsions.**

3.1 Effets non linéaires apparaissant lors la propagation d'un canal unique

3.2 Effets non linéaires apparaissant lors de la propagation simultanée de plusieurs canaux

4. Détermination des conditions de fonctionnement d'un système optique**5. Formats de modulation.**

5.1 Modulateur de Mach-Zehnder

5.2 Formats de modulation en intensité .

5.3 Formats de modulation en phase

5.4 Formats de modulation en amplitude et en phase

6. Des récepteurs cohérents aux systèmes de transmission cohérents

6.1 Quarante ans d'histoire des expériences de laboratoires

6.2 Expérimentation décryptée

7. Conclusion, perspectives .

E7110**Fibres optiques pour télécommunications**Par **Michel JOINDOT, Irène JOINDOT****1. La fibre et son utilisation**

- 1.1 Différents types de fibres .
- 1.2 Fibre dans une chaîne de transmission

2. Modes de propagation d'une fibre monomodale

- 2.1 Modes LP
- 2.2 Mode LP01.
- 2.3 Étude de l'affaiblissement
- 2.4 Deuxième mode

3. Propagation d'une impulsion dans une fibre monomodale .

- 3.1 Effets linéaires et non linéaires. Équation de Schrödinger non linéaire .
- 3.2 Distorsion d'une impulsion induite par les effets linéaires .
- 3.3 Distorsion induite par les effets non linéaires .

4. Effets combinés des distorsions linéaires et non linéaires : les solitons .

- 4.1 Phénomène de base
- 4.2 Génération de solitons .

5. Dispersion modale de polarisation**6. Les différents types de fibres rencontrées**

- 6.1 Compromis entre dispersion et effets non linéaires
- 6.2 Fibre à dispersion décalée
- 6.3 Fibre G 652 et famille G 655 .
- 6.4 Fibres à très grande aire effective

7. Transmission sur plusieurs modes

- 7.1 Multiplexage de modes dans une fibre standard.
- 7.2 Transmission sur fibres à plusieurs cœurs

8. Fibres à maintien de polarisation et fibres à compensation de dispersion

- 8.1 Fibres à maintien de polarisation
- 8.2 Fibres compensatrices

9. Fibres microstructurées

- 9.1 Apparition des fibres microstructurées
- 9.2 Les deux types de fibres microstructurées
- 9.3 Applications potentielles de ces fibres.

10. Conclusion**E7105****Câbles sous-marins de télécommunication à fibre optique**Par **Olivier GAUTHERON****1. Rapport signal à bruit et facteur Q**

- 2. Paramètres affectant la qualité de transmission
- 3. Capacité de transmission en fonction du type de fibre
- 4. Caractéristiques des câbles sous-marins.
- 5. Répéteur et unité de branchement en mer
- 6. Pose et réparation de câble
- 7. Liaisons sous-marines sans répéteur
- 8. Conclusion .
- 9. Glossaire.



**** Ethernet:****TE2224****Protocole Ethernet - Mise en œuvre pour les services opérateurs**Par **Sylvain DESBUREAUX****1. D'Ethernet au Carrier Ethernet**

1.1 Protocole Ethernet

1.1.1 Norme Ethernet couche 1 IEEE 802.3

1.1.2 Couche fédératrice Ethernet niveau 2 : IEEE 802.1

1.2 Carrier Ethernet

1.2.1 Supervision et mesure de performance de services

1.2.2 Mécanismes de protection de service.

2. Attributs d'un service Carrier Ethernet

2.1 Interfaces d'entrées d'un service Ethernet

2.1.1 Interfaces utilisateurs (UNI)

2.1.2 Interfaces entre réseaux (E-NNI).

2.2 Topologies de services .

2.2.1 EVC point à point .

2.2.2 EVC multipoints à multipoints .

2.2.3 EVC point à multipoints

2.3 Attributs de services

2.3.1 Gestion des différents types de trames

2.3.2 Préservation du tag VLAN

2.3.3 Classes de service

2.3.4 Profils de bande passante

2.3.5 Attributs de performance de service

3. Services standards Carrier Ethernet.

3.1 Services à destination de clients finaux

3.1.1 Gestion des trames de contrôle de protocole .

3.1.2 Services E-Line

3.1.3 Services E-LAN

3.1.4 Services E-Tree

3.2 Services spécifiques

3.2.1 Offres de collecte pour service fixe .

3.2.2 Offres de collecte pour le service mobile

4. Conclusion**** xDSL :****TE7598****DSL : le support physique et les techniques de modulation**Par **François DUTHILLEUL** et **Paul SPRUYT****1. La paire de cuivre torsadée**

1.1 Historique.

1.2 La paire de cuivre torsadée en pratique

1.3 Caractéristiques électriques.

1.4 Capacité de transmission.

1.5 Contraintes

1.5.1 Atténuation linéique

1.5.2 Diaphonie

1.5.3 Dérivation passive

1.5.4 Inadaptation d'impédance

1.5.5 Bobines de charge

1.5.6 Bruit impulsionnel



- 1.5.7 Bruit thermique
- 1.5.8 Captage radiofréquence
- 1.5.9 Conclusions.
- 2. Réseaux d'accès basés sur la paire de cuivre torsadée**
- 2.1 Le réseau d'accès téléphonique
- 2.2 Le réseau d'accès DSL
- 3. Les modulations dans le DSL**
- 3.1 Modulation en bande de base.
- 3.1.1 La modulation 2B1Q
- 3.1.2 La modulation TC-PAM
- 3.2 Modulations à porteuse unique (SCM) et à porteuses multiples (MCM)
- 3.2.1 Modulation à porteuse unique CAP/QAM
- 3.2.2 Modulation discrète à porteuses multiples (DMT)
- Références bibliographiques**

TE7599

Technologies DSL : passé, présent et futur

Par **François DUTHILLEUL** et **Paul SPRUYT**

- 1. Technologies DSL.**
- 1.1 Technologie HDSL
- 1.2 Technologie ADSL
- 1.3 Technologie VDSL
- 2. Avenir du DSL**
- 2.1 L'association de lignes DSL .
- 2.2 Gestion dynamique de spectre
- 2.3 Techniques d'annulation de diaphonie
- 3. Compatibilité spectrale**
- 3.1 Déploiement mixte depuis le central
- 3.2 Déploiement mixte depuis le central et un cabinet déporté

Abréviations



Catalogue

De Techniques de L'ingénieur

Les Techniques de l'ingénieur est une base documentaire mise à jour régulièrement qui propose des articles de synthèse, avec schémas, bibliographie («en savoir plus») dans les différents domaines des sciences exactes mais surtout de l'ingénierie.

Version papier

La bibliothèque dispose 94 livres de techniques d'ingénieur (environ 1870 articles) qu' on peut consulter sur place.

Version PDF

On peut consulter et telecharger les articles de Techniques de l'ingénieur au niveau de la bibliothèque centrale

UNIQUEMENT

Formulaire

On peut consulter le catalogue de Techniques de l'ingenieur sur le site de l'université et remplir un formulaire pour demander un article.



bibliothcentrale@univ-setif.dz



<http://biblio.univ-setif.dz/>



+213 36 44 47 19

