

Des appareils de physique pour l'imagerie médicale

par D.W. Townsend, Hôpital cantonal universitaire de Genève

De Röntgen à Charpak

Le premier prix Nobel de physique fut attribué en 1901 à Wilhelm Röntgen pour sa découverte des rayons X en 1895. Ce prix et le plus récent, attribué à Georges Charpak l'année dernière pour sa mise au point de nouveaux détecteurs, constituent des jalons entre lesquels se sont succédé plusieurs générations de science appliquée.

Outre qu'elle a contribué à donner l'impulsion première à la physique atomique, la découverte de Röntgen a marqué l'émergence d'une science médicale - la radiographie - utilisant différents types de faisceaux pour visualiser ce qui serait sinon invisible. Depuis lors, physiciens et radiologues travaillent de concert pour améliorer les techniques d'imagerie et élargir leur champ d'applications médicales.

Depuis la découverte des rayons X par Röntgen en 1895, de nombreux travaux, utilisant pour la plupart le rayonnement électromagnétique et les ultrasons, ont été consacrés à l'imagerie du corps humain dans le but de pouvoir déceler les symptômes de maladies aussi tôt que possible.

Pour fournir des images d'organes internes, un rayonnement doit posséder une énergie suffisamment grande pour pénétrer dans les tissus du corps, mais pas au point de les traverser sans aucune absorption. Les structures internes sont alors rendues visibles grâce aux différences d'absorption révélées.

Les rayons X (de 70 à 100 keV) permettent de distinguer nettement les os des tissus mous qui les entourent sur l'image fixée sur le film. La radiologie médicale est une branche qui fut créée pour interpréter les effets souvent subtils de la radiographie. Cependant, même les experts trouvaient parfois difficile de travailler avec des images



sur lesquelles tous les tissus entre la source et le film étaient projetés sur un seul plan. De plus, ces images étaient purement anatomiques et ne fournissaient que peu de renseignements - quand elles en fournissaient - sur la dynamique des organes internes.

A la fin des années 40, une nouvelle technique fit son apparition, qui consistait à administrer au patient une substance radioactive (par voie orale ou intraveineuse) puis à suivre, de l'extérieur, sa diffusion dans le corps de celui-ci grâce au rayonnement émis. L'avantage de cette méthode sur la radiographie classique est qu'elle permet de sélectionner un organe particulier et d'observer son comportement. Ce procédé a évolué aujourd'hui, pour devenir une branche à part entière de la médecine, la médecine nucléaire, dotée de ses propres experts pour interpréter les images.

Le radioélément le plus utilisé en médecine nucléaire est un isomère du technétium, le ^{99m}Tc , qui décroît avec une demi-vie de 6 heures en émettant un photon de 140 keV. Les cristaux d'iodure de sodium (NaI) sont des détecteurs très efficaces de ces photons, et la gamma-caméra - un grand cristal d'iodure de sodium avec lecture par photomultiplicateur - inventée par Hal Anger à Berkeley, est l'appareil

Scanographe TEP assemblé au CERN et exploité à l'Hôpital cantonal universitaire de Genève depuis deux ans. Quelque 200 patients y ont subi une scanographie.

d'imagerie standard en médecine nucléaire depuis le milieu des années 50.

Pour obtenir une image, il faut d'abord placer un collimateur, une épaisse feuille de plomb comptant plusieurs milliers de petites perforations, entre le rayonnement incident et le cristal pour éliminer les photons d'incidence oblique. Idéalement, les trous ne laissent passer que le rayonnement incident perpendiculaire, mais en pratique il est impossible d'éviter la pénétration de quelques photons obliques. Le collimateur diminue beaucoup la sensibilité effective du cristal d'iodure de sodium. En fait, ce n'est qu'environ 0,02% du rayonnement provenant du patient qui contribue à la formation de l'image.

Comme les radiographies classiques, les images de la médecine nucléaire sont des projections d'une distribution tridimensionnelle sur une surface bidimensionnelle. L'indication de la profondeur faisant défaut, l'interprétation des images requiert des compétences spéciales, car l'effet produit par les structures avoisinantes prête souvent

Le scanographe utilisant la tomographie assistée par ordinateur fournit des images d'une coupe transversale du corps, perpendiculaire à l'axe de celui-ci et au plan d'une radiographie classique. En règle générale, la coupe a quelques millimètres d'épaisseur et est obtenue en mesurant non pas une seule projection, mais plusieurs, enregistrées sous des angles différents.

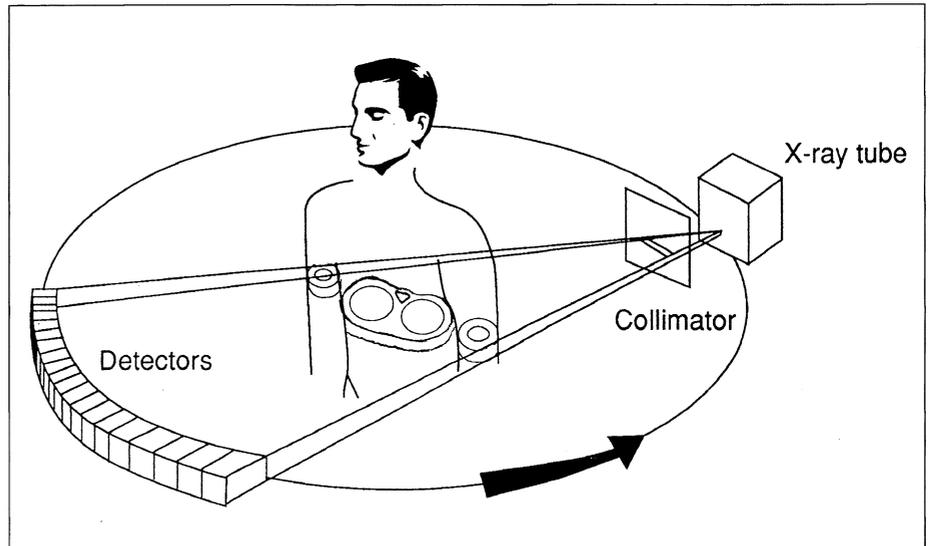
terriblement à confusion.

Ce problème trouve une solution spectaculaire en 1972 avec l'apparition du scanner - de la tomographie assistée par ordinateur (TAO) - dont l'inventeur est Godfrey Hounsfield (de la société EMI), qui partagera le prix Nobel de physiologie et de médecine avec Alan Cormack en 1979. Le tomodensitomètre (scanner) donne l'image d'une coupe transversale du corps, perpendiculaire à l'axe principal de celui-ci et au plan d'une radiographie classique. En règle générale, la coupe représente une épaisseur de quelques millimètres et s'obtient en mesurant non pas une seule projection, mais plusieurs, enregistrées sous des incidences différentes.

La source de rayons X, convenablement collimatée, produit un faisceau en éventail dans le plan de la coupe et tourne autour du patient; le faisceau transmis est capté du côté opposé par un arc de détecteurs remplis de xénon sous haute pression. A partir de l'ensemble des profils unidimensionnels obtenus par ces projections, on reconstitue une image bi-dimensionnelle d'une section transversale du corps.

Quelques années plus tard, les méthodes tomographiques sont également appliquées en médecine nucléaire. Une gamma-caméra pivotant autour du patient enregistre une série de projections bi-dimensionnelles sous des angles différents. En appliquant les techniques de reconstruction de la TAO, la distribution interne du marqueur radioactif peut être reconstituée simultanément pour des coupes transversales bi-dimensionnelles parallèles. Cette technique, appelée tomographie par émission monophotonique et assistée par ordinateur (SPECT), est particulièrement utile pour l'imagerie tridimensionnelle de la distribution de certains marqueurs dans le cerveau et le cœur.

Le ^{99m}Tc , avec ses photons de 140 keV, est certes le radioélément le plus communément utilisé en médecine nucléaire, mais il est loin d'être le seul possible. Des radionucléides émettant des photons de moindre énergie sont également utiles, le ^{201}Tl (80 keV) et le ^{178}Tl (55-65 keV) pour fournir des images du cœur, le ^{201}Tl pour visualiser les tumeurs et le ^{133}Xe (80 keV) pour les études de la ventilation pulmonaire.



Avec des photons de moindre énergie, d'autres détecteurs, tels que les chambres proportionnelles multifils, peuvent être utilisés. Des chambres à fils contenant du xénon sous pression ont été utilisées par le groupe de J. Lacy, de Houston (Texas), avec du ^{178}Tl pour fournir des images du cœur.

Le groupe de L.I. Shekhtman à Novosibirsk a étudié la possibilité de remplacer par des chambres à fils le film utilisé en radiographie classique. Parmi leurs avantages figurent des doses moindres de rayons X et la numérisation des images, avec une grande gamme dynamique et une haute définition. Comme la chambre à fils détecte plus efficacement les particules chargées, Jean Saudinos et Georges Charpak ont essayé à la fin des années 70 d'utiliser un faisceau de protons au lieu de rayons X. Malgré l'intérêt des résultats obtenus avec ce type de radiographie utilisant de faibles doses de protons, la nécessité d'employer un faisceau de protons de 500 à 1000 MeV en limite l'application.

Certains radionucléides utilisés en médecine nucléaire émettent des photons d'énergie supérieure à 140 keV, comme le ^{123}I (160 keV), le ^{131}I (360 keV), le ^{51}Cr (323 keV) et le ^{111}In (250 keV). En principe, on peut utiliser pour l'imagerie du corps humain des rayons X allant de quelques dizaines de keV à plusieurs centaines de keV.

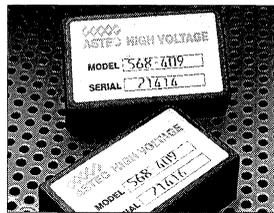
Cependant, aux plus hautes de ces énergies, le collimateur de la gamma-caméra doit être particulièrement épais pour minimiser la pénétration, d'où une baisse d'efficacité et une moins bonne résolution spatiale.

Le rayonnement de plus haute énergie utilisé actuellement pour l'imagerie médicale est de 511 keV; il s'agit de photons provenant de l'annihilation d'un positon avec un électron. Au début des années 50, des chercheurs en médecine comme E.R. Wrenn et ses collaborateurs ainsi que G. Brownell et W.M. Sweet à Boston se rendent compte que les radionucléides pauvres en neutrons et émettant des positons au lieu de photons uniques offrent certaines possibilités particulièrement intéressantes.

L'annihilation d'un positon avec un électron produit deux photons de 511 keV émis dos à dos; la détection de ces photons en coïncidence détermine immédiatement leur direction commune sans qu'il y ait besoin d'un collimateur (qui, à 511 keV, devrait être d'une épaisseur impraticable). Comme il n'y a pas de collimateur, les photons sont utilisables quelle que soit leur direction, ce qui augmente la sensibilité d'un facteur 20 (ou plus) par rapport à la SPECT.

Parmi les principaux éléments des tissus vivants, l'hydrogène est le seul à ne pas avoir d'isotope adéquat émettant

Low-cost tracking converters feature extended output to 6kV



With a power rating of 3W, Brandenburg's 568 DC converters are low-cost, fully isolated modules providing outputs to 6kV. Being tracking converters, these modules are adjustable between 30 and 100% of full output simply by altering the

supply between 4 and 15V.

Nine models cover full range outputs from 300V to 6kV. A feature of this tracking design is that output is floating and easily tied for negative or positive polarity. Combined with an input-to-output isolation of 3.5kV, this makes the 568 suitable for a very wide range of applications from photomultipliers, Penning gauges, radiation counters etc.

Output ripple is low, at 0.01% to 0.5%, and load regulation varies from +10% no load to -10% at full load. Dimensions and weight are 64 by 38 by 22 and 87g respectively.

HV lab source now offers RS232

Intended primarily for precision research and development work, Brandenburg Alpha III bench power supplies provide up to 30kV at 1.5mA with very low ripple and a drift figure of less than 20ppm over 15 minutes.

Three models in the range - all now available ex-stock - are the 3507 supplying 0 to 5kV at 10mA, the 3707 for 0 to 15kV at 3mA and the 3807 for 0 to 30kV output. Maximum ripple figures for the three are 0.5V, 1.5V and 3V respectively. Load regulation is 0.002% or less while line regulation is less than 0.001%.

Positive or negative outputs are selectable, as are two operating modes providing either constant voltage or constant current. An optional interface allows computer control via an RS232 interface.

An over current trip is provided in voltage mode. Local/or remote switch control is provided via a 0-10V analogue signal. A remote on/off TTL signal is available.

Compact 5W converters supply up to 10kV



Both 12 and 24V versions of Brandenburg's 590 series low-profile DC-to-DC converters provide up to 10kV at 5W yet measure only 19mm high. Fully regulated, these modules feature a ripple figure of less than 4V pk-pk and incorporate flashover and short-circuit protection.

Normally, output voltage is set by an internal potentiometer but is optionally programmable between 0 and 10kV via a 0 to 10V analogue signal. Both positive and negative output versions feature a temperature coefficient of typically 150ppm/°C.

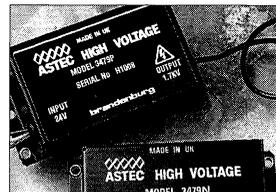
Compact, efficient and feedback regulated, 590 series modules have a 95 by 49 by 19mm footprint - including RFI screening. Weight is just 150g and having flying leads, they are suitable for PCB or chassis mounting.

High performance 1.7kV converters feature less than 0.02% ripple

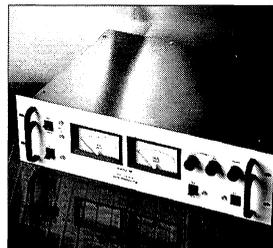
Designed for photomultipliers and low-noise applications, Brandenburg 3479 high-voltage DC converters feature very low ripple combined with excellent temperature stability and small size.

Measuring only 95 by 49 by 24mm, the 3479 provides an output of 50 to 1700 volts at 1mA with typically 30mV of ripple and noise over a 100kHz bandwidth. Short term drift is less than 15ppm per 15 minutes while temperature coefficient is 20ppm/°C. Output is user programmable via a 0 to 10V analogue signal.

There are 30 different output current/voltage modules in this range, with 12V and 24V input.



There are also positive or negative output polarity types, PCB mounting or fly-lead options. All weigh just 200g.



brandenburg

A Division of Astec Europe Limited
High Street, Wollaston, Stourbridge, West Midlands DY8 4PG
Telephone: 0384 393737 Fax: 0384 373511

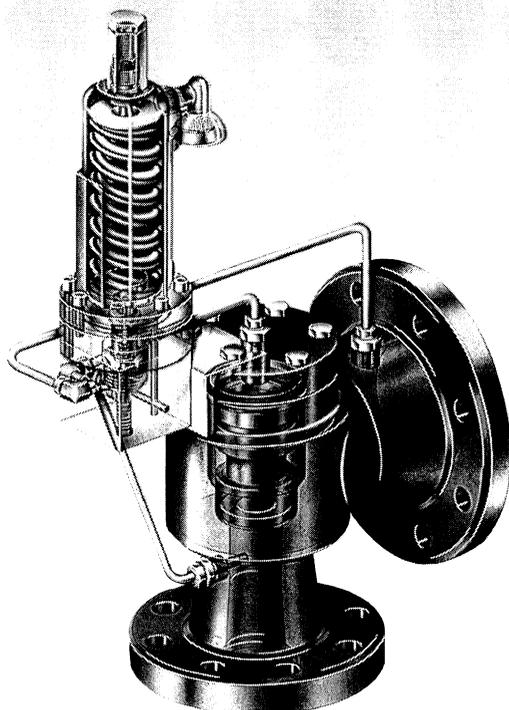
MADE IN ENGLAND BY
brandenburg
MODEL 590
SERIAL No. 828000



For information on the products above or for a copy of the catalogue, please circle the number on the enquiry card.

55 Circle advertisement number on reader service form

ALFA PIPING COMPONENTS



Get set!

With high precision from 7mbar up to 414 bar!

ALFA supplies AGCO pilot-operated safety relief valves for all pressure relief applications.

Their main features are

- high discharge capacity
- insensitivity to back pressure
- tight shut-off at up to 100 % of set pressure
- adjustable blowdown (difference between set and reseal pressures).

No compromising on safety!

ALFA REPLY SLIP

Please send me more information on AGCO pilot-operated safety relief valves.

Company _____

Name _____

Street _____

City/Postal Code _____

CCA

ALFA INGENIEURBÜRO AG · WEIDENWEG 16-17 · CH-4310 RHEINFELDEN
PIPING COMPONENTS DEPARTMENT · TEL. 061/831 58 58 · FAX 061/831 65 11

54 Circle advertisement number on reader service form



**LABORATORY HV SUPPLIES...
to 60 kV and 45 W**

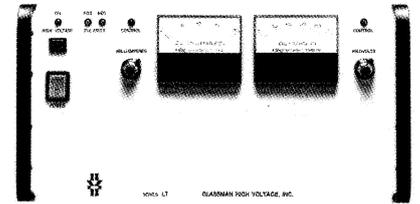
High performance and low cost DC high voltage are now available for the lab bench with the EL Series of tightly regulated, low ripple, and highly stable power supplies. Voltage ranges are 0 to 3 kV through 0 to 60 kV. Operating features include low stored energy for safety and an automatic crossover from constant-voltage to constant-current regulation for protection from overloads, arcs, and shorts. **Glassman High Voltage**



**100 W POWER SUPPLY TO 60 kV
3.5 in. and only 13 lbs.**

The EH Series offer 100 W high voltage power supplies of superior quality in a compact and low weight package and at an affordable price. Rack panel height is only 3.5 inches and weight 13 lbs. Standard features include local and remote control and monitoring, tight regulation, low ripple, and fast response. Voltage ranges are 0 to 1 kV through 0 to 60 kV. Positive, negative, or reversible polarity models are available. **Glassman High Voltage**

**2 kW HV SUPPLIES TO 125 kV...
only 8.75 in. and 47 lbs.**

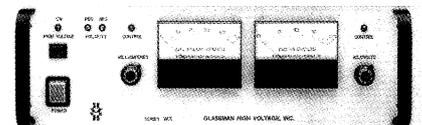


No longer does the combination of high DC voltage and high power mean a big, clumsy supply. The new LT Series from Glassman provides up to 2 kW of power with voltage ranges, depending on the model, from 0 to 1 kV through 0 to 125 kV in only a 8.75 inch high rack panel. Weight is less than 47 pounds. Line voltage is 220/240 V single-phase.

Voltage regulation is better than 0.005% for both load and line variations. Ripple is less than 0.03%. Automatic crossover from constant-voltage to constant-current regulation protects both the supply and load against shorts, arcs, or overloads. Current regulation is 0.05% from short circuit to rated voltage. The LT Series can be ordered with an optional current "trip" circuit that can be switch-selected to provide either current limiting or trip operation in the event of an overload.

All LT Series supplies feature full remote control capabilities including voltage/current program and monitoring terminals, TTL high voltage enable/disable, safety interlock terminals, and a +10 V reference source. Positive, negative, or reversible polarity models are available. Choice of dual analog or digital meters or a blank panel.

Glassman High Voltage



**HV TO 75 kV AND 1000 W
Rack panel height only 5.25 in.**

The WX Series of 1000 W regulated power supplies are available with DC outputs from 0 to 1 kV through 0 to 75 kV. Rack panel height is only 5.25 inches and weight less than 30 lbs. The Series WX is offered with a choice of dual analog voltage and current meters, dual digital meters, or with a blank panel for OEM/system applications. Positive, negative, or reversible polarity models are available. **Glassman High Voltage**

**TWO UNBEATABLE
HV MODULES...15 W/75 W**



Series MJ

Series MK

The 15 W Series MJ, with outputs from 0 to 3 kV through 0 to 30 kV, and the 75 W Series MK, 0 to 1 kV through 0 to 60 kV, both provide premium regulated and low-ripple power supply performance in a line-operated, compact, and lightweight package. Air insulation allows for easy serviceability, in contrast to wasteful "throw-away" modules.

- Constant voltage/constant current operation
- Low stored energy for safety
- Local and remote control
- Remote TTL enable/disable
- External interlock terminals
- Available with positive or negative polarity

Call for full information on the MJ and MK Series, or other Glassman supplies, 1 kV to 500 kV, 15 W to 15 kW.

Innovations in high voltage power supply technology.

GLASSMAN HIGH VOLTAGE INC.

Glassman High Voltage, PO Box 551, Whitehouse Station, NJ 08889, telephone (908) 534-9007. Also Glassman Europe, in the UK call (0256) 810808 and in Asia, Glassman Japan (044) 877-4546.

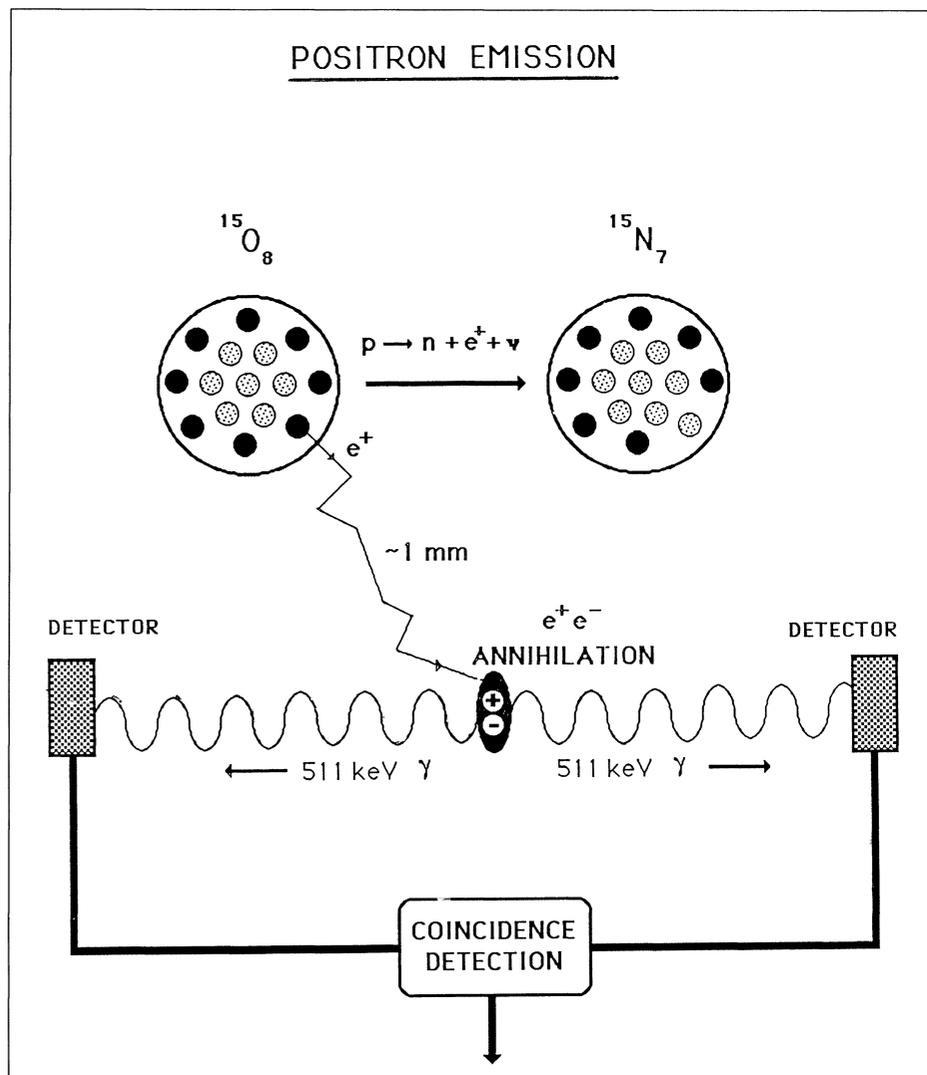


des positons. En fait, les seuls radioisotopes de l'oxygène, de l'azote et du carbone utilisables en imagerie médicale sont des émetteurs de positons ayant des périodes courtes, respectivement de 2, 10 et 20 minutes.

Malgré les atouts évidents de cette technique, presque trente ans passeront avant que soit commercialisé le premier scanner pour la tomographie par émission de positons (TEP), construit par EG & G ORTEC aux États-Unis, sur la base de travaux de Mike Phelps et Ed Hoffman à UCLA et de Michael Ter-Pogossian à Saint-Louis. Les raisons en sont essentiellement d'ordre technologique: problèmes inhérents à l'utilisation de cristaux de NaI pour la détection de photons de 511 keV, difficulté de reconstituer la distribution spatiale du marqueur à partir des données d'annihilation et nécessité d'avoir un cyclotron à proximité pour produire les isotopes à vie brève. Au cours des quarante ans écoulés depuis que l'idée de la TEP fut avancée pour la première fois, les deux premières difficultés ont été résolues dans une large mesure, mais la proximité d'un cyclotron reste une contrainte.

Pendant les années 70 et au début des années 80, les avantages présentés par les radioéléments émetteurs de positons ont aiguillonné la recherche sur des détecteurs optimisés pour les photons de 511 keV. Une fois encore, les chambres proportionnelles multifils ont joué un rôle en offrant des détecteurs de grande surface dotés d'une haute résolution spatiale et de coût modéré; Victor Perez-Mendez, de Berkeley, a fait oeuvre de pionnier dans ce domaine.

La difficulté est de rendre ces détecteurs sensibles aux photons de 511 keV et de localiser les photons incidents à 1 ou 2 mm près. Les solutions proposées pour réaliser les chambres proportionnelles de forte densité requises consistaient notamment à augmenter la pression du gaz dans la chambre, à introduire des convertisseurs constitués par de multiples feuilles de plomb (E. Bateman au Laboratoire Rutherford, Royaume-Uni), à employer d'épaisses piles de feuilles de plomb perforées (A. Jeavons au CERN) ou des tubes en verre au plomb fondu (A. Del Guerra à Pise). On obtint une bonne résolution



spatiale, mais non la sensibilité voulue: les chambres multifils n'ont connu qu'un succès relatif pour l'imagerie clinique en TEP.

Le cristal d'iodure de sodium, couramment utilisé, est loin d'être le détecteur idéal pour un rayonnement de haute énergie. Au départ, les essais de mise au point d'un scanner à base de cristaux pour la TEP ont porté essentiellement sur deux géométries: une configuration circulaire et hexagonale de petits cristaux d'iodure de sodium proposée par Lars Eriksson à Stockholm et Michael Ter-Pogossian et ses collègues à Saint-Louis, et deux gamma-caméras non collimatées utilisés en coïncidence, proposées par Gerd

En tomographie par émission de positon (TEP), l'annihilation d'un positon avec un électron produit deux photons de 511 keV émis dos à dos; leur détection permet de déterminer immédiatement leur direction commune.

Muehlechner et ses collaborateurs au Searle Radiographics de Chicago. Plus tard, à la fin des années 70, le premier scanner TEP utilisant des cristaux de germanate de bismuth (BGO) a été mis au point par Chris Thompson et ses collègues à l'Institut neurologique de Montréal (Canada), et depuis lors presque tous les scanners TEP commercialisés s'appuient sur les géométries d'anneaux multiples en BGO, construites par CTI Inc à Knoxville (Tennessee) et l'ancienne Scanditronix Co (aujourd'hui GE), à Uppsala (Suède).

Le BGO, quoique sa résolution en énergie soit moins bonne, a un meilleur pouvoir d'arrêt que le NaI. D'autres

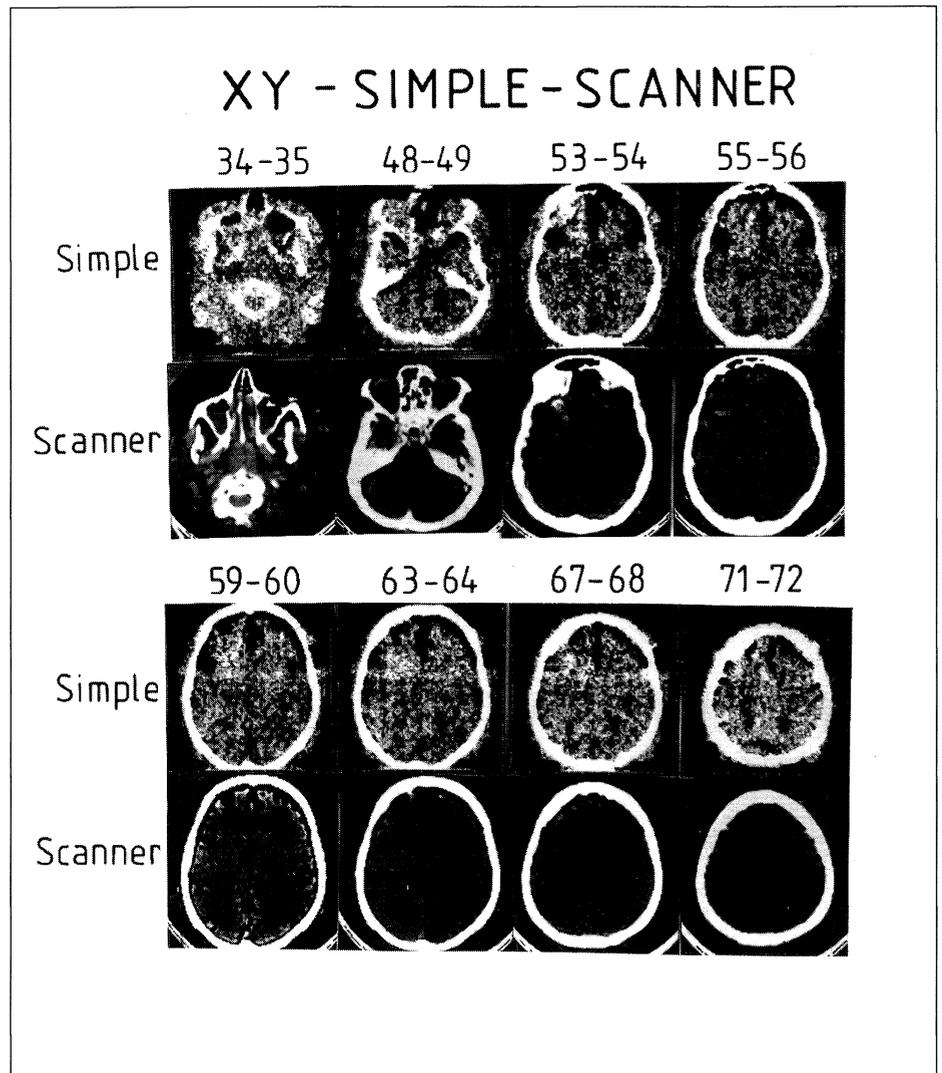
Comme la chambre à fils est plus efficace pour la détection de particules chargées, Jean Saudinos et Georges Charpak ont ouvert la voie à la radiographie utilisant un faisceau de protons au lieu de rayons X à la fin des années 70. Leurs résultats ('Simple') sont comparés ici avec ceux d'un scanographe de l'époque.

cristaux possibles, tels que les scintillateurs rapides BaF_2 et CsF suggérés par R. Allemand et ses collègues au LETI à Grenoble et par Michael Ter-Pogossian à Saint-Louis, sont intéressants car ils peuvent mesurer l'écart entre les temps d'arrivée des deux photons, bien qu'ils soient intrinsèquement moins efficaces que le BGO pour arrêter un rayonnement de 511 keV. Des recherches visant à trouver le matériau idéal pour les détecteurs - rapide, très lumineux et avec un gros noyau (Z élevé) - ont été menées ces dernières années par Steve Derenzo de Berkeley; on compte parmi les candidats récents le fluorure de cérium, le carbonate de plomb et l'orthosilicate de lutécium.

Des scintillateurs liquides ont également été proposés. Une idée suggérée à la fin des années 80 a permis à nouveau d'envisager l'utilisation de chambres multifils pour la TEP. Conscients que les cristaux rapides à Z élevé offrent le meilleur rendement, Charpak au CERN et Bateman au Laboratoire Rutherford ont examiné une configuration hybride de cristaux de BaF_2 placés dans une chambre à fils, afin d'obtenir à la fois un bon rendement et une haute définition à un coût raisonnable et sans complexité excessive.

Ces dernières années, la tomographie par positons est devenue un outil important de recherche et de diagnostic. Malgré les coûts et la complexité de la technologie qui l'accompagne, son potentiel est considérable, non seulement en recherche médicale, mais aussi pour des applications plus routinières. La mesure aussi bien du débit sanguin que du métabolisme des organes internes, l'identification des médiateurs chimiques du cerveau, la cinétique des médicaments contre le cancer, ainsi que la localisation de tumeurs et des foyers de l'épilepsie dans le cerveau ne sont que quelques-unes des applications qui poussent les chercheurs à réduire les coûts et à trouver une technologie plus simple.

Un scanner TEP moins coûteux utilisant du BGO a été conçu en collaboration avec Siemens/CTI et assemblé au CERN par Martin Wensveen (avec l'appui financier de la Commission suisse pour l'encouragement de la recherche scientifique - CERS - à Berne); il est en service à l'Hôpital

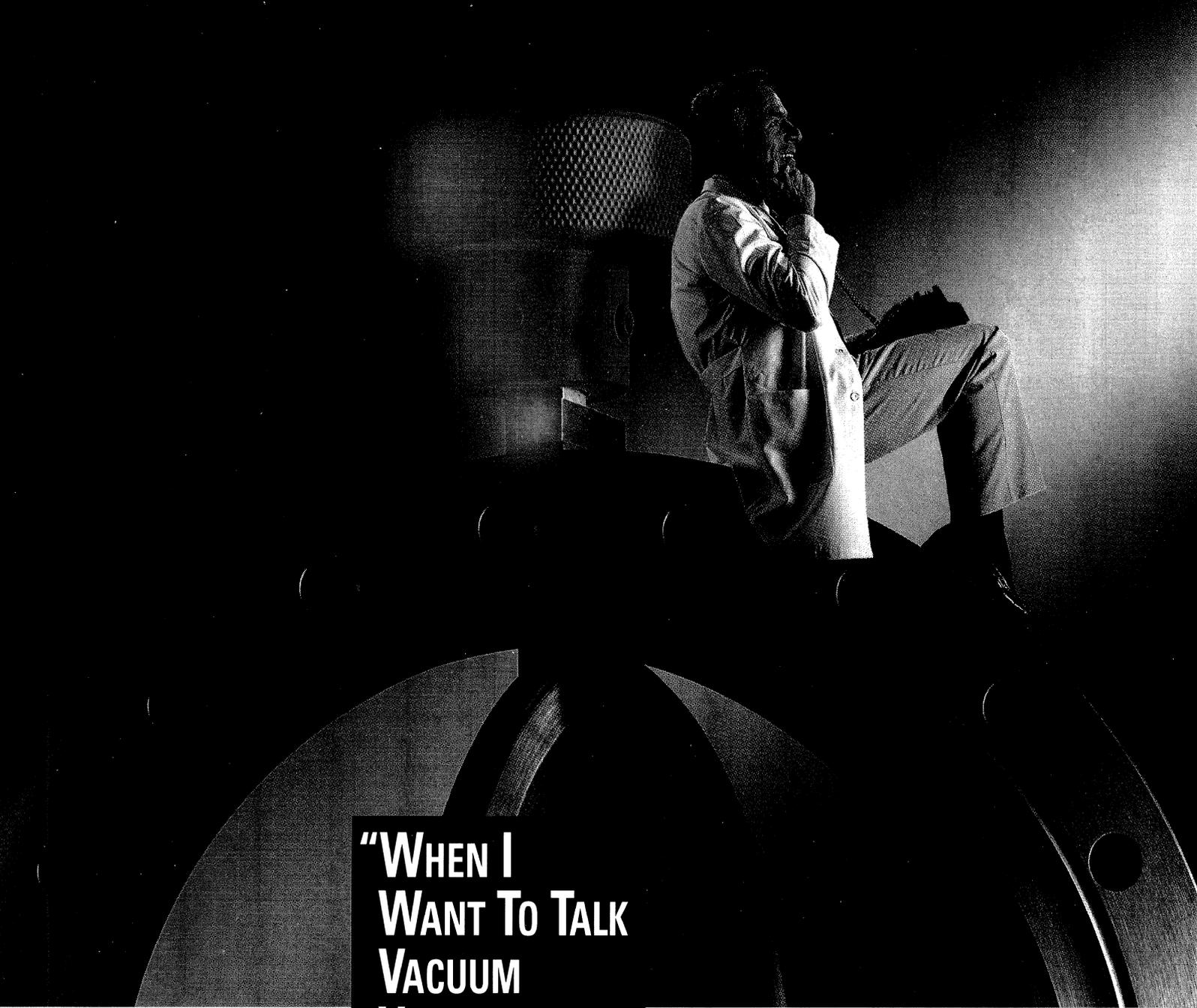


cantonal de Genève depuis deux ans. On peut espérer que cette évolution donnera accès aux études cliniques par TEP à davantage de personnes du domaine médical.

Quelques groupes ont utilisé la TEP pour étudier le comportement normal du cerveau. Comprendre le fonctionnement - et le dysfonctionnement - du cerveau humain reste l'un des plus grands défis pour l'être humain. Des modifications subtiles du flux sanguin peuvent être détectées par la TEP et mises en relation avec des zones répondant à des stimuli particuliers. Les centres du langage, de la vision, de la motricité, de

la couleur, de la mémoire et même de la douleur ont été déterminés dans un certain nombre d'instituts, notamment par Richard Frackowiak et son groupe à la MRC Cyclotron Unit de Londres et par Marcus Raichle et ses collègues à Saint-Louis (Etats-Unis). Auparavant, ce type de cartographie n'était possible que sur les animaux en utilisant des techniques invasives.

Avant d'utiliser un nouveau marqueur radioactif chez l'homme, il a souvent été nécessaire d'éprouver son comportement chez l'animal et de mettre au point un modèle biologique adéquat. La technique habituelle est l'autoradiographie,



**"WHEN I
WANT TO TALK
VACUUM
VALVES,
I TALK TO
HUNTINGTON."**

**More valves.
Better design.
First-class tech support.**

Whether you need butterfly or gate valves. Pneumatic or manual. Bakeable or elastomer-sealed. Right-angle, in-line or straight-through – Huntington is the place . . .

Broader selection and better designs. Like their unique conical seats, for tighter seals. Or their patented butterfly floating shaft, for perfect flapper centering. Or their solid construction, with less welding for better integrity . . .

And when you call Huntington, you get intelligent

answers. Because their engineers *know* valves. And how to solve vacuum problems.

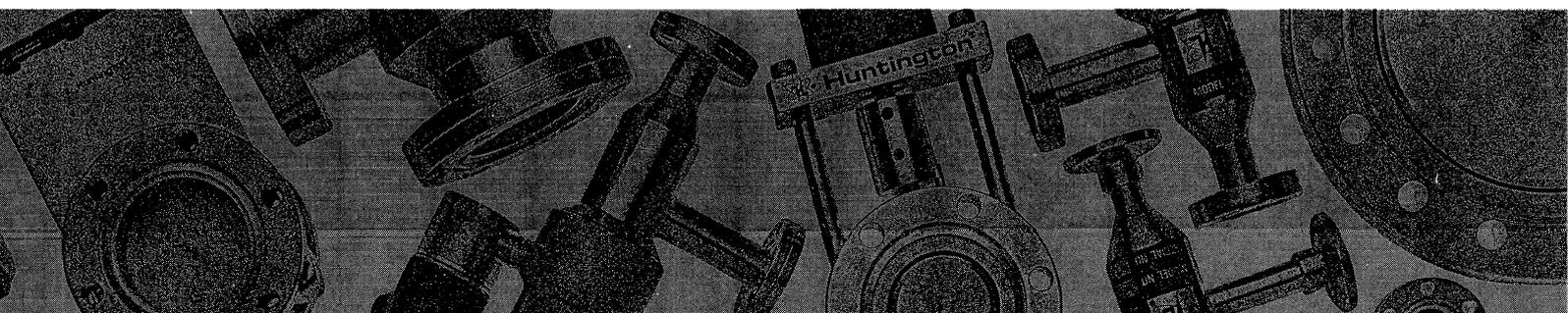
Plus, they've got a lot more than valves . . .

It's all in the free catalog.

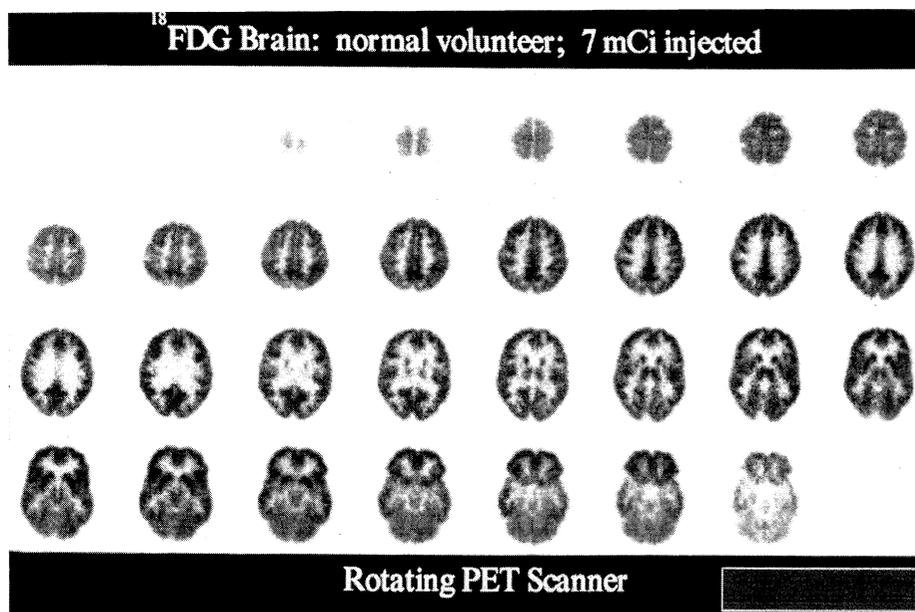
Everything. From positioners to connectors to full custom chambers. To get the catalog, just call: Huntington Laboratories, 1040 L'Avenida, Mountain View, CA 94043. (800) 227-8059 or (415) 964-3323.



 **Huntington**
Better-Built Vacuum Components



Visualisation de la consommation de glucose dans le cerveau par le scanographe TEP utilisant du BGO à l'Hôpital cantonal universitaire de Genève.



qui consiste à injecter le marqueur, puis, au moment voulu, à tuer l'animal, le congeler et le couper en sections. Chaque coupe est alors appliquée sur un film photographique et exposée, souvent plusieurs jours. Ce procédé donne une image haute résolution de la biodistribution du marqueur, mais doit être répété (avec un autre animal) pour suivre l'ensemble du processus biologique.

Les détecteurs gazeux ont récemment eu une influence importante sur la technique autoradiographique. Deux appareils, un système s'appuyant sur une chambre à fils mis au point par Alan Jeavons - aujourd'hui à l'Oxford Positron Systems d'Oxford - et une chambre à avalanche avec lecture optique conçue par Georges Charpak à Genève, sont capables de produire des images de bonne qualité et numérisées en quelques heures, et non plus en quelques jours ou semaines. Ces appareils sont aussi utilisés avec succès pour l'imagerie de séquences d'ADN et des plaques d'électrophorèse.

Les progrès technologiques récents en TEP ont également une influence sur l'autoradiographie classique. Deux groupes, l'un sous la direction de Terry Jones au Medical Research Council's Cyclotron Unit de Londres et l'autre

sous celle de Stefan Tavernier à l'Université libre de Bruxelles, mettent actuellement au point des petits scanographe pour animaux utilisant respectivement un petit anneau de cristaux de BGO et une paire de détecteurs hybrides chambre à fils - BaF₂. L'excellente définition obtenue permettra de suivre la biodistribution de nouveaux marqueurs dans un petit animal qui survivra à l'expérience. La TEP appliquée aux êtres humains est appelée autoradiographie *in vivo*, et il est à espérer qu'elle pourra également s'appliquer aux animaux à un coût supportable grâce à ces nouveaux développements de détecteurs.

Des photons de 80-100 keV d'énergie sont utilisés pour l'imagerie radiologique (rayons X), alors que des énergies légèrement plus élevées (140-200 keV) sont communes pour l'imagerie par radioéléments, le rayonnement d'annihilation de la TEP fixant une limite supérieure de 511 keV. En dessous de quelques dizaines de keV, à mesure qu'on approche de la région de la lumière visible, le corps humain devient de plus en plus opaque (origine de tout le problème!).

L'infrarouge et les micro-ondes peuvent pénétrer sur une courte distance dans les tissus humains et l'imagerie

par infrarouge de structures de basse densité telles que la poitrine est actuellement un domaine de recherche. Ensuite, de façon assez surprenante, une autre fenêtre s'ouvre avec la résonance magnétique (RM), qui utilise une énergie très basse et un rayonnement non ionisant de 10^{-10} keV. Depuis le début des années 80, cette technique connaît un grand retentissement, après de premiers développements notamment par Paul Lauterbur à Stony Brook et Peter Mansfield à Nottingham (Angleterre).

Un champ magnétique externe oriente tout d'abord les spins des noyaux d'hydrogène dans une coupe du corps. Des ondes radio sont alors utilisées pour agir sur ces spins et les ondes radiofréquence émises lorsque les noyaux reviennent à leur état d'origine peuvent être captées par une antenne proche du patient. Des gradients de champ magnétique supplémentaires sont utilisés pour reconstituer la distribution spatiale de l'hydrogène (de l'eau) dans la coupe du corps étudiée.

La résonance permet de garantir que suffisamment de noyaux émettent ensemble (en phase) pour qu'un signal soit détectable, même si l'énergie de chaque photon individuel n'est que de 10^{-7} eV. Pour l'hydrogène du moins la densité nucléaire est suffisante (environ 10^{23} par cm³) pour qu'un signal détectable puisse être obtenu à partir d'un petit volume. Des informations supplémentaires sur l'état chimique des tissus du corps sont données par les caractéristiques de la relaxation du signal de résonance nucléaire.

Ces images d'excellente qualité, obtenues sans rayonnement ionisant, assurent à la résonance magnétique une place importante en imagerie médicale clinique. Dans le domaine de la recherche, des applications récentes - dues à Jack Belliveau et ses collègues au Massachusetts General Hospital et à l'université de Harvard - de séquences d'excitations rapides et répétitives des noyaux dans une coupe du cerveau ont étendu l'IRM aux études d'activité, domaine autrefois réservé à la TEP.

Pour les études d'activité comme pour d'autres, l'IRM offre une meilleure résolution temporelle et spatiale que la TEP.

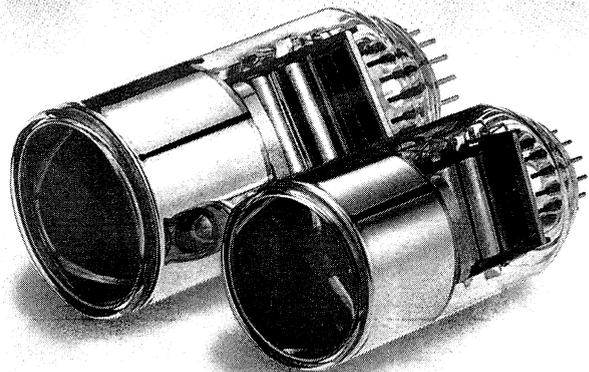
HAMAMATSU

For futuristic SCIFI calorimeters,
Hamamatsu's Green-Extended
PMTs are the key.

5 million

5 Million PMTs in service.

Hamamatsu's Green-Extended PMTs for SCIFI calorimeters and wavelength shifters address SCIFI needs current and future. Our experience, quality and name in high-energy applications are reflected far and wide. Over five million Hamamatsu PMTs have been specified worldwide for a variety of applications. For more information on Green-Extended PMTs, just contact Hamamatsu Photonics at the office nearest you.



HAMAMATSU

HAMAMATSU PHOTONICS KK., Electron Tube Center
314-5, Shimokanzo, Toyooka-village, Iwata-gun, Shizuoka-ken, 438-01 Japan.
TEL: 81-539-62-5248 FAX: 81-539-62-2205 TLX: 4289-625

U.S.A.: Hamamatsu Corporation. TEL: 1-908-231-0960 FAX: 1-908-231-1218
Germany: Hamamatsu Photonics Deutschland GmbH. TEL: 49-8152-3750 FAX: 49-8152-2658
France: Hamamatsu Photonics France S.A.R.L. TEL: 33-(1) 49 75 56 80 FAX: 33-(1) 49 75 56 87
United Kingdom: Hamamatsu Photonics UK Limited. TEL: 44-81-367-3560 FAX: 44-81-367-6384

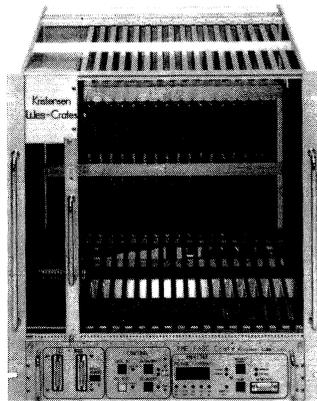
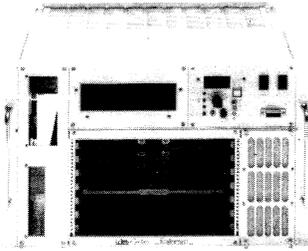
North Europe: Hamamatsu Photonics Norden AB. TEL: 46-8-59032190 FAX: 46-8-59094567
Italy: Hamamatsu Photonics Italia S.R.L. TEL: 39-(02) 935 81 733 FAX: 39-(02) 935 81741
Spain: Hamamatsu Photonics Espana S.L. TEL: 34-3 699 65 53 FAX: 34-3 588 19 66

Powered Crates

Further to all our CERN approved CERN-Spec Crates NIM-, CAMAC-, FAST BUS-, VMEbus 422/430 Wes-Crates supplies other Crates based on our Systems Some of this Crates are shown here:

VMEbus-Crates

6u height, 7 slot with cooling. Insert modules for disk/drive. Backplane: J1, J2 (like Spec V-422) or J1, J2 and JAUX (like Spec V-430) Contrl./monitoring like Spec V-425. Interchangeable system to our CERN-Spec power supplies for CERN-Spec Crates V-422 / v-430

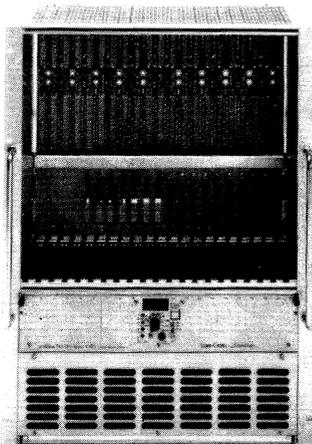


VMEbus-Crates

11u height, 21 slot for VME modules 366,7 mm height, 340/400/460 mm depth. Backplane: J1, J2, ("J0" custom) or J1, J2, JAUX, ("J0" custom). Fan unit with contrl./monitoring like CERN Spec V-425 or with IEC-488. Interchangeable system to our CERN-Spec power supplies system for FAST BUS-, and VMEbus Crates. The picture shows this crate for VMEbus FADC-Crate for DESY, H1.

VMEbus-Crates

14u height, 21 slot for VME modules 366,7 mm height, 220 mm depth. Air intake from the front, out on the back. High volume fan cooling. Backplane: J1, J2, ("J0" custom) or J1, J2, JAUX, ("J0" custom). Contrl./monitoring like Spec-425. Interchangeable system to our CERN-Spec. power supplies for CERN-Spec Crates V-422/V-430.



NEW - NEW - NEW - VXibus-Crates

Size C and D, using the same design standards as our other crates and power supplies.

Custom Crates and Power Supplies

WES-Crates is flexible because of our modular systems for crates and power supplies.

WES-Crates

Wes-Crates GmbH
Pattburger Bogen 33
D-2398 Harrislee/Flensburg
Germany

Telefon 0461 / 77 41 77
Telefax 0461 / 77 41 41
International +49 461 /

Your contact in Geneva: HiTech Systems Sa, Avenue Wendt 16, 1203 Geneva, Tel.: 022 / 3 44 77 88, Fax: 022 / 3 45 65 51

Your contact at PSI and ETH Zürich: Dipl.-Ing. Kramert AG, Villigerstr. 370, CH-5236 Remigen, Tel.: 056 / 44 15 55, Fax: 44 50 55

Siège Social et Usine: Sainte-Marie-de-Frugie,
24450 LA COQUILLE
Téléphone: 33/53 52 88 93
Télécopieur: 33/53 52 04 83

Luziesa

France

Contrôle non Destructif DEFAUTS ARTIFICIELS

Réalisation à façon de défauts artificiels par

- Usinages conventionnels
- Electro-érosion
- Ultrasons
- Laser
- Soudure par diffusion moléculaire

Autres réalisations

- I.Q.I. hexagonaux - à gradins - à fils
- Etalons de corrosion
- Eprouvettes de ressuage
- Stenopes
- Usinage par électro-érosion de cavités internes

Toutes prestations de services relevant de ces techniques

Fabrication de machines spécifiques pour

- Micro-usinages par électro-érosion
- Fabrication de défauts artificiels

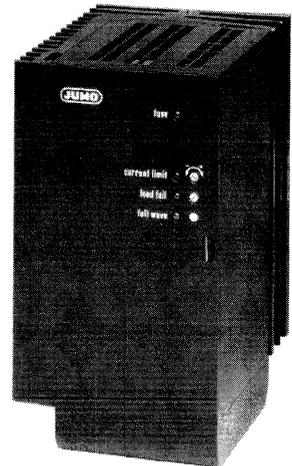
52 Circle advertisement number on reader service form

JUMO⁹⁸⁰⁴

Régulateur de puissance à thyristor

pour montage sur paroi ou sur rail
dimensions: 110 x 195 x 152 mm

- réglage continu
- pour charges ohmiques et inductives
- exploitation par coupe ou par train d'impulsions
- signalisation d'interruption de charge partielle et de défaut du coupe-circuit par affichage DEL et contact à relais
- Softstart progressif et limitation de courant pour l'exploitation par coupe
- verrouillage de l'impulsion de déclenchement
- courants de charge: 25, 50, 63, 100 et 150 A
- tensions de charge: 115, 230 ou 400 V
- réglage U^2 , I^2 et P



Mess- und Regeltechnik AG, Seestr. 67, CH-8712 Stäfa
Tél 01/928 21 42 - Telefax 01/926 67 65