

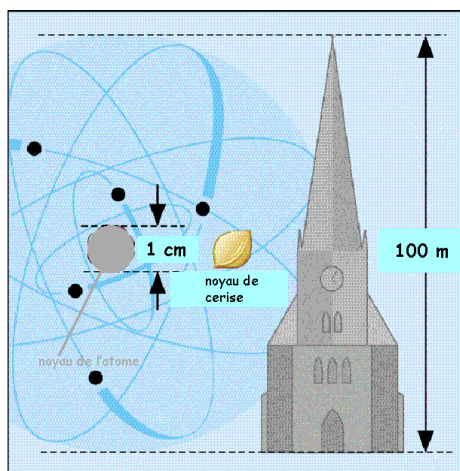


Noyau et nuage électronique

1 L'atome

1.1 Atome et noyau

La ➡ taille des atomes **varie autour de 100 pm** (1 picomètre = 10^{-12} m),
la ➡ taille des noyaux **correspondants est environ 10000 fois plus petite!!**



1.2 Particules élémentaires

Dans la première moitié du 20^e siècle, les physiciens ont trouvé, que le noyau n'est pas simple. Il est formé de protons et de neutrons. **L'atome est formé de trois particules "élémentaires"** :

Nom	Symbole	Charge	Charge abrégée	Masse
Proton	p^+	$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 1 \text{ e}$	+	$\frac{1}{6 \cdot 10^{23}} \text{ g} = 1 \text{ u.m.a}$
Neutron	n^0	0 C		$\frac{1}{6 \cdot 10^{23}} \text{ g} = 1 \text{ u.m.a}$
Électron	e^-	$-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = -1 \text{ e}$	-	$\frac{1}{1860 \cdot 6 \cdot 10^{23}} = \frac{1}{1860} \text{ u.m.a}$

- La charge s'exprime en Coulombs (C).
- La masse s'exprime souvent en unités de masse atomique (**1 u.m.a. \approx masse d'un proton \approx masse d'un neutron**).

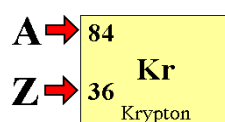


- **La masse de l'électron vaut environ la 1860^e partie de la masse du proton ou du neutron.** Elle est donc négligeable devant ces deux masses.
- Comme la chimie s'intéresse aux relations entre atomes, qui doivent nécessairement se faire par l'intermédiaire des électrons extérieurs, **ce sont les électrons qui sont responsables des propriétés chimiques des atomes.**

Atomes et ions

1.2.1 Notation

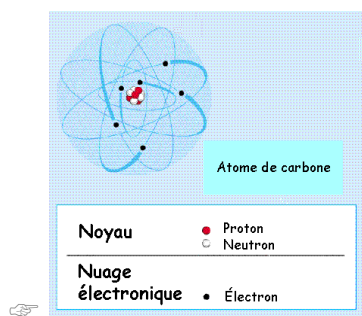
La notation suivante donne tous les renseignements au sujet d'un l'atome :



- **Z est le numéro atomique. C'est le nombre de protons dans le noyau.** Il détermine la place de l'atome dans le tableau périodique et son nom.
- **A est le nombre de masse. C'est la somme du nombre de protons et neutrons dans le noyau.** Il a un rapport avec la masse atomique que nous verrons après (isotopes).
- **Si l'atome est neutre, pour que les charges s'annulent, il a autant d'électrons dans le nuage électronique que de protons dans le noyau, donc Z.**
- **Si le nombre d'électrons dans le nuage électronique n'est pas égal au nombre de protons dans le noyau, alors l'atome n'est pas neutre. On dit que c'est un ion, un anion dans le cas où la charge globale est négative, un cation dans le cas où la charge globale est positive.**

1.2.2 Exemples

Pour les noms, voir le tableau périodique.



- Un édifice atomique possède 8 p^+ , 8 n^0 et 8 e^- . C'est l'atome d'oxygène $^{16}_8O$



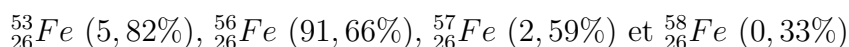
- Un édifice atomique possède 2 p^+ , 2 n^o et 1 e^- . C'est l'ion (cation) hélium ${}^4_2\text{He}^+$
- Un édifice atomique possède 17 p^+ , 18 n^o et 18 e^- . C'est l'ion (anion) chlorure ${}^{35}_{17}\text{Cl}^-$
- Un édifice atomique possède 4 p^+ , 5 n^o et 2 e^- . C'est l'ion (cation) béryllium ${}^9_4\text{Be}^{2+}$
- Un édifice atomique possède 8 p^+ , 8 n^o et 10 e^- . C'est l'ion (anion) oxyde ${}^{16}_8\text{O}^{2-}$

Les ions positifs possèdent le nom de l'élément précédé de "ion" ou "cation", les ions négatifs possèdent le nom bien connu du tableau des valences précédé de "ion" ou "anion".

1.2.3 Isotopes

On appelle isotopes deux atomes (ou ions) qui ont le même nombre de protons, mais un nombre de neutrons différent. Des isotopes ont donc le même numéro atomique Z (et le même symbole!), mais des nombres de masse A différents.

Il existe par exemple sur terre les isotopes suivants du fer:



Comme les isotopes possèdent le même nombre de protons, donc le même nombre d'électrons, et comme les électrons conditionnent les propriétés chimiques, on peut dire que deux isotopes ont des propriétés chimiques quasiment identiques.

- Deux isotopes ne se laissent donc pas séparer par des réactions chimiques.
- Il faudra redéfinir l'élément chimique: **Un élément chimique est l'ensemble des atomes qui possèdent le même numéro atomique.** (Un élément comporte donc tous les isotopes de même numéro atomique Z, donc tous les atomes possédant les mêmes propriétés chimiques et qui auront même symbole!)
- Au cours de l'histoire de la terre aucune réaction chimique n'a su faire de différence entre les isotopes d'un élément. Voilà pourquoi ces isotopes se trouveront distribués avec le même pourcentage partout sur la terre.
- Certains éléments qui interviennent normalement dans la biochimie de notre organisme (par exemple l'iode dans la glande thyroïde) possèdent des isotopes qui sont radioactifs et nuisibles pour l'organisme. Notre corps ne peut pas la différence entre isotope "normal" et isotope radioactif, il incorpore l'isotope nuisible avec l'isotope normal, s'il en a l'occasion.

☞ Lecture



1.2.4 Masse atomique

Masse d'une mole de nucléons (protons ou neutrons)

Comme la masse d'un p^+ ou d'un n^0 vaut environ $\frac{1}{6 \cdot 10^{23}}$ g, **une mole de p^+ ou n^0 a une masse approximative de $\frac{1}{6 \cdot 10^{23}} \cdot 6 \cdot 10^{23} = 1$ g**

Masse d'une mole d'atomes d'un isotope

Un isotope possède A (= son nombre de masse) nucléons, **une mole d'atomes d'un isotope a donc une masse de $A \cdot 1 = A$ g**. Une mole d'atomes de ${}_{26}^{53}\text{Fe}$ possède par exemple une masse de $53 \cdot 1 = 53$ g

Masse atomique d'un élément chimique (= masse d'une mole d'atomes de cet élément)

Comme l'élément chimique est formé souvent de plusieurs isotopes intervenant sur la terre avec des pourcentages différents, **la masse atomique d'un élément est la masse moyenne d'une mole de ses isotopes en tenant compte de leurs pourcentages respectifs**. Voici par exemple les isotopes du chlore qui existent sur terre:



On a:

Masse atomique du chlore =

$M(\text{Cl}) =$

Masse d'une mole d'atomes Cl =

Masse de $\frac{75,78}{100}$ mol ${}_{17}^{35}\text{Cl}$ + Masse de $\frac{24,22}{100}$ mol ${}_{17}^{37}\text{Cl} =$

$$\frac{75,78}{100} \cdot 35 + \frac{24,22}{100} \cdot 37 \approx 35,48 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

☞ Exercices




2 Le noyau

2.1 Introduction

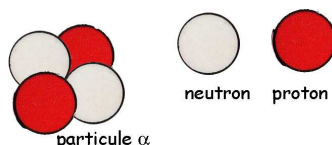
Dans ce chapitre, nous nous éloignons de la chimie. En effet, les phénomènes qui se déroulent dans les noyaux ne sont guère influencés par le nuage électronique, donc par la chimie!


D'autre part, nous négligeons ici les charges qui, pour ces phénomènes, ne jouent pas un rôle essentiel comme en chimie.

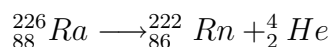
Au début du 20^e siècle, la découverte de la  **chambre à bulles de Wilson** permit aux physiciens de percer les mystères des réactions qui se passent au niveau des noyaux atomiques.

2.2 La radioactivité

La particule α est formée de 2 protons et deux neutrons. C'est un noyau de l'atome d'hélium ${}^4_2\text{He}$!



Quand un noyau se décompose par radioactivité α il éjecte violemment une particule α ,
 **par exemple :**




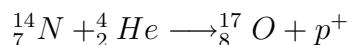
Nous avons vu dans le chapitre précédent qu'il y a d'autres formes de radioactivité (β = émission d'électrons et γ = émission de photons γ).

On ne peut pas prévoir quand exactement un noyau donné va se décomposer, mais on connaît le temps après lequel la moitié d'une population de noyaux de ce type se seront décomposés. C'est ce qu'on appelle la *période* de ces noyaux.

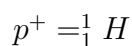
 **Vidéo**

2.3 La découverte du proton

Ernest Rutherford a eu l'idée de bombarder les noyaux des atomes pour voir s'il arrivait à les faire éclater. Pour cela, les électrons ont une masse trop faible (Un éléphant n'est pas renversé par une mouche!) : Par contre, les particules α issus de la radioactivité sont des projectiles puissants : Rutherford a trouvé en 1919 que les noyaux d'azote absorbent les particules α et puis éclatent en éjectant des protons : C'est de cette manière que  **le proton a été découvert :**



Le noyau de l'isotope courant de l'hydrogène est formé d'un seul proton :

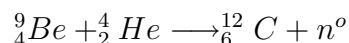




2.4 La découverte du neutron

James Chadwick a découvert en 1932 qu'en bombardant les noyaux des atomes de béryllium par des particules α , un phénomène étrange se produit : Les noyaux de béryllium absorbent les particules α et puis éclatent en éjectant des particules sans charge, les neutrons :

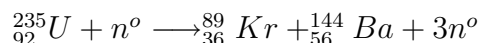
C'est de cette manière que ☞ le neutron a été découvert :



2.5 La fission nucléaire

Otto Hahn a découvert en 1938 un phénomène inouï en bombardant les noyaux de l'isotope 235 de l'uranium par des neutrons : N'étant pas chargés, ceux-ci pénètrent facilement dans les noyaux. Puis les noyaux éclatent en gros morceaux tout en produisant de nouveaux neutrons !

C'est de cette manière que ☞ la fission nucléaire a été découverte :



L'énergie produite par cette réaction nucléaire est énorme. D'autre part, la production de nouveaux neutrons permet de faire ☞ une réaction en chaîne illustrée par la belle animation que

☞ voici

☞ Vidéo.

En 1942, *Enrico Fermi*, en tirant profit de la réaction de fission, construisit le premier réacteur nucléaire aux États-Unis, à l'Université de Chicago.

Le 16 juillet 1945 la première, bombe atomique fut testée par *Robert Oppenheimer* dans le désert près d'Alamogordo dans l'état du Nouveau-Mexique.

L'humanité était entrée dans une nouvelle ère : L'ère atomique.



Centrale nucléaire de Cattenom

3 Le nuage électronique

3.1 Introduction

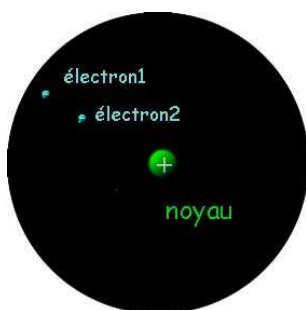
Le nuage électronique est le thème central de la chimie. En effet, c'est par le nuage électronique et surtout par sa région la plus extérieure que les atomes interagissent.

3.2 Travail



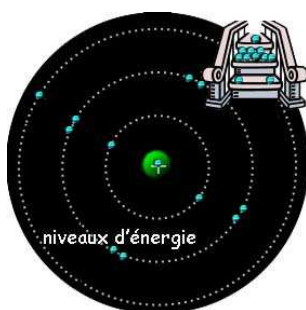
Un corps fait un travail sous l'influence d'une force, s'il se déplace en direction de cette force. L'électron (négatif) représenté fait un travail en se déplaçant sous l'influence de la force d'attraction que le noyau (positif) exerce sur lui.

3.3 Énergie



Un corps possède autant d'énergie qu'il peut faire de travail. L'électron extérieur 1 possède plus d'énergie que l'électron intérieur 2 parce qu'il peut faire plus de travail en étant attiré par le noyau. (distance plus grande vers le noyau!).

3.4 Niveaux d'énergie

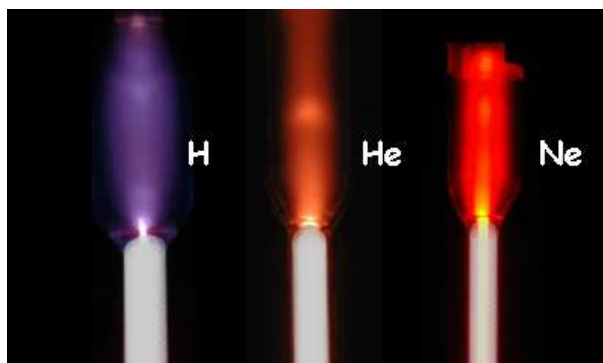


Dans chaque atome il existe des niveaux d'énergie. Chaque niveau ne peut tenir qu'un maximum bien déterminé d'électrons. Les électrons remplissent l'atome à partir des niveaux inférieurs. Il ne peuvent en aucun cas avoir une énergie située entre ces niveaux. (Comparaison : Les marches d'un escalier ne peuvent tenir qu'un nombre limité de billes. Aucune bille n'est suspendue en l'air entre deux marches!).

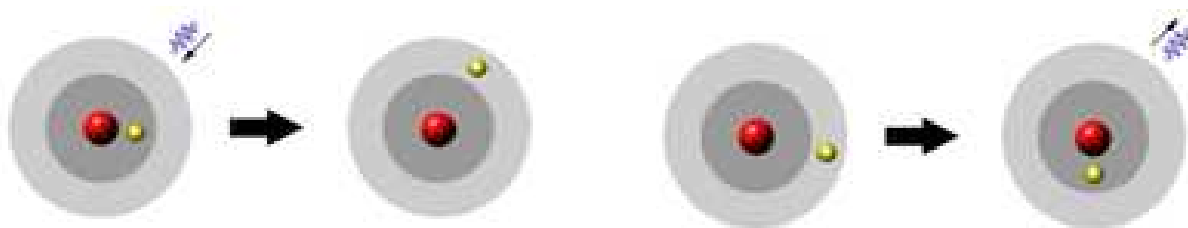


3.5 Les couleurs des flammes

Suivant l'élément chimique porté à haute température dans une flamme, la couleur de cette flamme peut être fort différente. (Feux d'artifice!)



3.6 Excitation et désexcitation

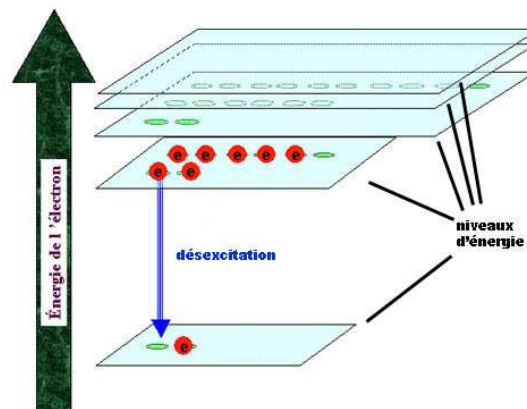
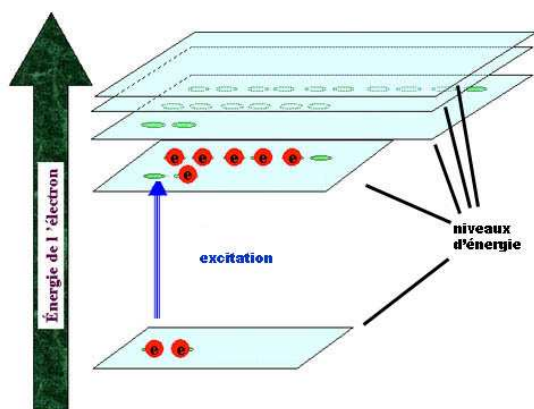


Excitation

Désexcitation

Quand un atome est excité par la chaleur ou la lumière, des électrons passent dans des niveaux énergétiques (couches) extérieurs non occupés.

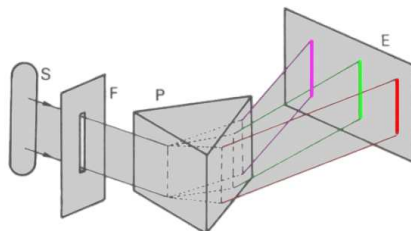
En retombant sur des couches inférieures non occupées, les électrons perdent de l'énergie. Cette énergie est émise sous forme de lumière.




La couleur de la lumière émise dépend de la différence d'énergie entre les couches. Si cette différence est faible, la lumière est rouge ou jaune, si elle est élevée, la lumière est bleue ou violette.

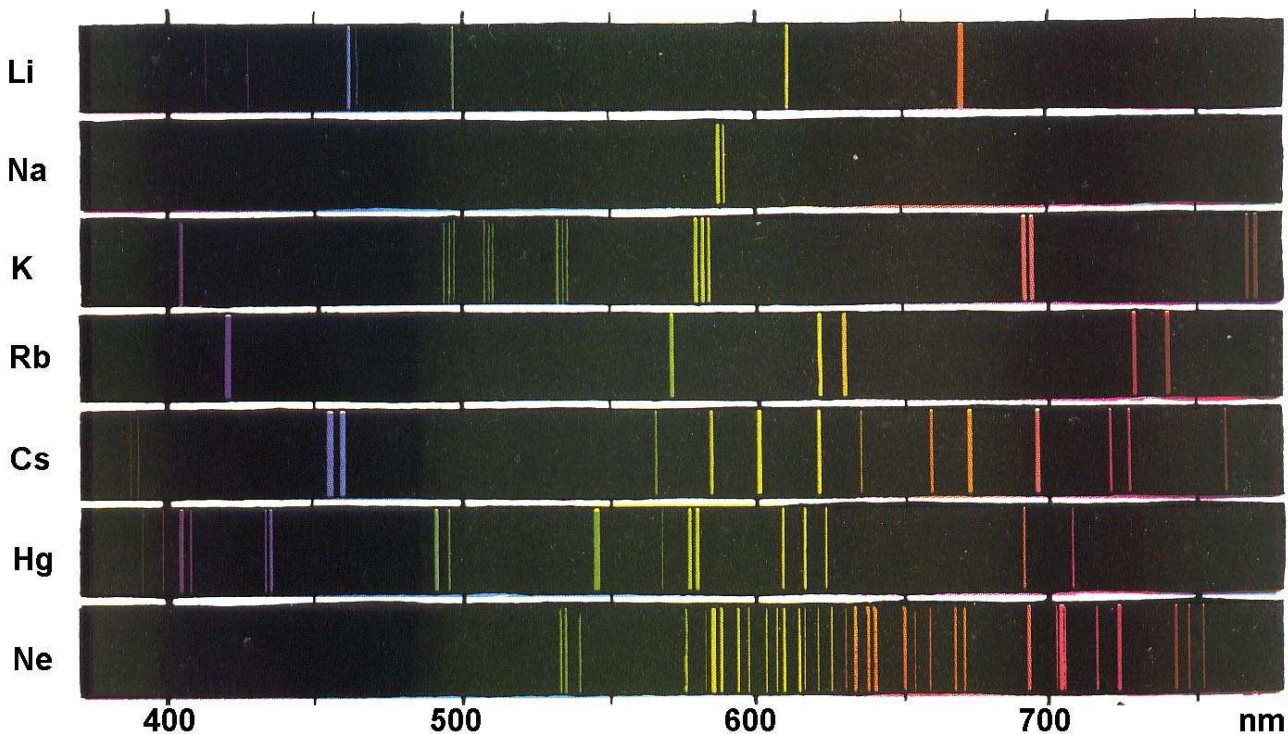



3.7 Décomposition de la lumière



Le  **prisme de verre** permet de séparer les différentes raies de lumière. Les raies à grande longueur d'onde (rouges, jaunes..) sont moins déviées que les raies à faible longueur d'onde (bleues, violettes..)

3.8 Spectres atomiques



Voici les  **spectres** obtenus à partir de quelques éléments. Les longueurs d'ondes des raies observées permettent de calculer les différences d'énergie entre les couches électroniques.