

# Notions abordées en cours de physique-chimie et situations de la vie courante

## II. Constitution de la matière

### 1- Des modèles simples de description de l'atome

Notion	Illustrations/Situations
<b>1.1- Un modèle de l'atome.</b> Noyau (nucléons, protons, neutrons), électron. Numéro atomique, Nombre de masse,... Electroneutralité de l'atome, charges électriques, charge élémentaire. Ordres de grandeur : masse atome et noyau. Dimensions relatives noyau/atome.	<a href="#">- Ordres de petitesse.</a> <a href="#">- Pourquoi la poussière se colle-t-elle si facilement sur un écran de télévision cathodique ? L'électron « polariseur » de poussière.</a> <a href="#">- Des charges pour photocopier, principe du photocopieur.</a> <a href="#">- Et si la nature avait vraiment horreur du vide..., Combien y a-t-il d'entités élémentaires aériennes dans une bouteille d'un litre d'air ? dans « l'ultravide » ?</a> <a href="#">- Une matière pleine de... vide.</a>
<b>1.2- L'élément chimique.</b> Isotopes. Ions monoatomiques. Caractérisation de l'élément par son numéro atomique et son symbole. Conservation lors des transformations chimiques : (Cycle naturel du carbone, de l'azote,...) et non conservation lors des réactions nucléaires (dans le soleil, les étoiles). Le nombre d'éléments chimiques dans l'univers est-il illimité ? Abondance relative : univers, Soleil, Terre, homme, végétal.	<a href="#">- Traceurs isotopiques.</a> <a href="#">- De l'ozone, formation et utilisation.</a> <a href="#">- Des ions dans l'eau minérale.</a> <a href="#">- Peut-on transmuter du mercure en or ?</a> <a href="#">- Carbone, football et nanotechnologies.</a>
<b>1.3- Un modèle de cortège électronique</b> Modèle en couche (historique ?)	<a href="#">- Représentations de l'atome.</a>

### 2- De l'atome aux édifices chimiques

Notion	Illustrations/Situations
<b>2.1- Les règles du duet et de l'octet.</b> Règles de stabilité des atomes des gaz nobles, inertie chimique. Applications : structure électronique des ions monoatomiques stables, et modèle de la liaison covalente. Représentation de Lewis de quelques molécules courantes. Doublets liants et non-liants. Notion d'isomérisation. Formules brutes, développées et semi-développées.	<a href="#">- Du conditionnement des oranges, à l'analogie avec le conditionnement des oranges dans des cageots.</a> <a href="#">- Rares, nobles ou inertes ?</a>
<b>2.2- Géométrie de quelques molécules simples, de la vie courante</b> Méthane, dioxyde de carbone,.....et exemple vues en SVT. Disposition relative des doublets d'électrons en fonction de leur nombre. Représentation de Cram.	<a href="#">- Comment une expérience amusante sur un filet d'eau renseigne sur la structure de sa molécule.</a>

### 3- La classification périodique des éléments

Notion	Illustrations/Situations
<b>3.1- Classification périodique des éléments.</b> Démarche de Mendeleïev. Les critères actuels. Aspect historique. Comparaison des volumes relatifs des atomes.	<a href="#">- La taxonomie élevée au niveau d'une science, rapport de Dmitri Mendéléïev.</a>
<b>3.2- Utilisation de la classification périodique. Famille chimique.</b> Formules des ions monoatomiques et des molécules simples.	<a href="#">- Les alcalins.</a> <a href="#">- Des lanthanides pas si rares que ça.</a>

# 1- Des modèles simples de description de l'atome

## 1.1- Un modèle de l'atome.

### Ordres de petitesse

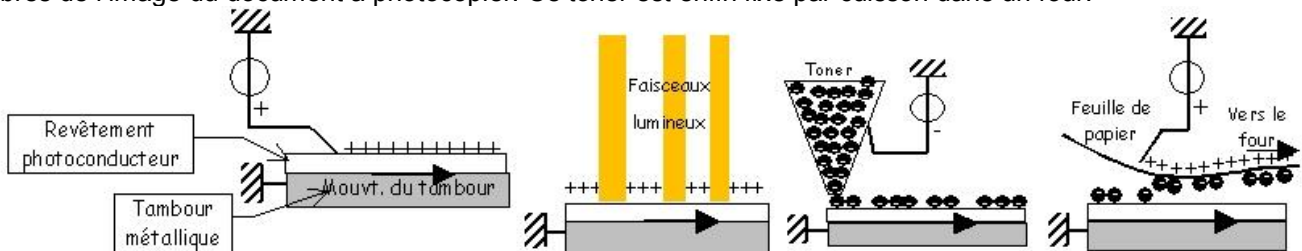
Si le proton — de rayon  $0,87 \cdot 10^{-15} \text{m}$  — d'un atome d'hydrogène — de rayon  $0,53 \cdot 10^{-10} \text{m}$  — était représenté par une balle de tennis de rayon 33 mm, ce qui représenterait l'électron gravitant autour d'elle occuperait une sphère d'environ 2 km de rayon. Et comme la balle de tennis a une masse de 57 g, ce qui représenterait l'électron — dont la masse est 1835 fois plus faible que celle du proton — serait une mouche obèse de 31 mg — la masse des mouches usuelles est d'environ 20 mg... Ce qui n'est finalement pas une si mauvaise représentation de l'atome — difficile de localiser parfaitement une mouche, même obèse, dans un tel volume.

Pourquoi la poussière se colle-t-elle si facilement sur un écran de télévision cathodique ? l'électron « polariseur » de poussière.

Les tubes cathodiques qui constituent le corps principal d'un poste de télévision usuel sont en dernier ressort des canons à électrons. En fonctionnement, l'écran est « bombardé » en permanence par des électrons qui le chargent ainsi négativement. Cette charge peut perdurer, même après avoir éteint le téléviseur — on s'en rend compte en passant le dos de la main devant l'écran, les poils se tendent vers celui-ci. L'effet collatéral de ce phénomène est que les poussières en suspension dans l'air sont attirées par l'écran et viennent s'y coller — les électrons de l'écran « polarisent » les grains de poussières électriquement neutres qui, en bons dipôles électriques, se réfugient dans les zones de fort champ électrique. C'est pourquoi les écrans de télévision sont souvent de véritables pièges à poussière.

### Des charges pour photocopier, principe du photocopier.

La plupart des photocopieurs utilisent le principe d'électro-photographie (ou *xérogaphie*) suivant : un tambour métallique cylindrique est recouvert d'un matériau photoconducteur qui a la propriété d'être conducteur lorsqu'il est éclairé et fortement résistant en milieu obscur. La couche photoconductrice est dans un premier temps chargée positivement — dans les premiers photocopieurs, cette couche était en sélénium et était chargée négativement, ce qui ne change rien au principe de fonctionnement. Ensuite l'image du document à photocopier est formée sur le tambour, les parties claires rendant conductrice la couche photoconductrice et donc la déchargeant, les parties sombres restant chargées. Les grains de toner — à savoir une poudre constituée de fines particules de plastique ou de résine —, chargés négativement, sont ensuite déposés sur le tambour, se fixant sur les parties sombres. La feuille de photocopie, chargée positivement, passe alors devant le tambour et attire le toner, reproduisant les parties sombres de l'image du document à photocopier. Ce toner est enfin fixé par cuisson dans un four.



Les tensions mises en jeu pour générer les charges électriques sont élevées — de l'ordre du kilovolt —, ce qui a pour effet d'ozoniser l'air dans le photocopier —  $3\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{O}_3$  —, d'où l'odeur aigrette que l'on sent après un grand nombre de photocopies.

Les imprimantes à jet d'encre fonctionnent sur des principes similaires, le rôle du toner étant joué par de l'encre. Les imprimantes laser ont un principe inversé, le faisceau laser ionisant le tambour.

*Pour en savoir plus, en n'oubliant pas de croiser les informations proposées :*

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Photocopieur>

Et si la nature avait vraiment horreur du vide... Combien y a-t-il d'entités élémentaires aériennes dans une bouteille d'un litre d'air ? dans « l'ultravide » ?

Lorsqu'on dit qu'une bouteille de un litre est vide, elle est vide de liquide, mais pas d'air. Combien y a-t-il d'entités élémentaires aériennes dans cette bouteille ? L'air que nous respirons étant très proche du modèle du gaz parfait, nous avons à pression usuelle de 1 bar et à une température de  $20^\circ\text{C}$  :

$$pV = nRT \quad \Rightarrow \quad n = \frac{10^5 \cdot 10^{-3}}{8,314 \times 293} = 0,0041 \text{ mol}$$

Il y a donc  $6,02 \cdot 10^{23} \times 0,0041 \approx 2,5 \cdot 10^{22}$  entités élémentaires dans cette bouteille — et donc dans un seul millimètre cube,  $2,5 \cdot 10^{16}$ . Pour que l'ensemble des entités comprises dans ce millimètre cube emplit totalement cette même bouteille à même température, il faudrait y faire un « vide poussé » à 0,1 Pa, un tel « vide » pouvant descendre, par définition, jusqu'à  $10^{-5}$  Pa — où il y aurait 10.000 fois moins d'entités. Même le milieu interstellaire loin de toute étoile peut comporter quelques dizaines d'entités élémentaires par litre. Difficile donc, voire impossible, d'obtenir un vide de matière parfait. Notons au passage que l'absence de matière ne représente pas pour autant le néant, l'espace étant encore « plein » d'énergie électromagnétique. Et même sans cela, il y aurait les *fluctuations quantiques de l'énergie*

*du vide* — l'une des nombreuses implications des inégalités de Heisenberg — manifestées en particulier par *l'effet Casimir*. En effet, le physicien hollandais Hendrik Casimir (1909-2000) montra théoriquement en 1948 qu'une force attractive entre deux plaques conductrices parallèles devait résulter de ces fluctuations. Cet effet — qu'il faut extraire du « bruit » des autres effets énergétiques et ce n'est pas simple — ne fut clairement démontré expérimentalement qu'en 1978 par P.H.G.M. van Blokland et J.T.G. Overbeek — avec toutefois une incertitude expérimentale de 50 %. Actuellement, cet effet est établi avec une marge d'erreur de l'ordre de 1 %.

Il n'empêche que l'on sait réaliser aujourd'hui de l'« ultravide », en particulier dans les deux bras de 3 km de l'interféromètre *Virgo* près de Pise construit pour détecter des ondes gravitationnelles : la pression dans ces bras de 1,2 m de diamètre est de l'ordre de  $10^{-8}$  Pa à une température de 0,1 K. Il faut faire ce « vide » dans un volume total de  $2 \times 6800 \text{ m}^3$  — bras et installations —, ce qui représente une quantité de matière totale de... 0,16 millième de mole, soit environ 250 fois moins que la quantité de matière contenue dans notre bouteille de un litre d'air considérée initialement : il y a autant d'entités élémentaires dans les  $13600 \text{ m}^3$  de « vide » de *Virgo* que dans un dé à coudre d'air sous conditions usuelles !

Pour en savoir plus, en n'oubliant pas de croiser les informations proposées :

[http://www.ego-gw.it/virgodescription/francese/pag\\_5.html](http://www.ego-gw.it/virgodescription/francese/pag_5.html)

## Une matière pleine de... vide

On dit parfois que tous les noyaux atomiques du corps humain tiendraient dans un dé à coudre... C'est vrai, mais largement en dessous de la vérité puisque tous ces noyaux tiendraient en fait sur la tête de l'aiguille accompagnant le dé. En effet, s'ils remplissaient tout le quasi centimètre cube du dé, la densité de la matière nucléaire étant de  $2.10^{17} \text{ kg.m}^{-3}$ , le dé aurait une masse de  $2.10^{11} \text{ kg}$ ... ce qui fait lourd du corps humain. En fait, le volume du corps humain étant de l'ordre de  $0,1 \text{ m}^3$  et le rapport volume noyau/volume atome étant de l'ordre de  $10^{-5 \times 3}$ , tous les noyaux d'un corps humain occuperaient donc un volume de l'ordre de  $10^{-16} \text{ m}^3$  — on peut prendre  $5.10^{-15} \text{ m}^3$  pour avoir une masse de l'ordre de 100 kg. Les dimensions de ce volume sont donc de l'ordre de quelques dizaines de micromètres.

Tous les noyaux de l'eau du lac de Lacanau (environ  $20 \text{ km}^2$  sur une profondeur maximum de 8 m) n'arriveraient même pas à remplir un dé à coudre ! Il n'en reste pas moins qu'une telle éventualité est difficilement concevable du fait des répulsions électrostatiques entre noyaux : il faudrait *fusionner* ceux-ci, et là les niveaux d'énergie mis en jeu sont colossaux.

## 1.2- L'élément chimique.

### Traceurs isotopiques

Dans la technique du traçage isotopique, des atomes sont remplacés par un de leur isotope — souvent radioactif — dans des molécules intervenant dans des réactions chimiques ou biologiques. L'isotope ayant le même nombre d'électrons que l'atome auquel il se substitue, il ne perturbe pas le « fonctionnement » chimique de la molécule — du moins en général. En revanche, ayant des propriétés physiques différentes, il peut être détecté soit par sa masse, soit par son rayonnement radioactif.

Ainsi les isotopes radioactifs  $^{131}\text{I}$  ou  $^{123}\text{I}$  de l'iode sont utilisés en *scintigraphie* et en *imagerie médicale* comme traceurs dans le corps humain pour suivre des réactions métaboliques (*scintigraphie de la thyroïde* par exemple). L'oxygène  $^{18}\text{O}$  est un traceur naturel de l'eau, utilisé par exemple en paléoclimatologie.

### De l'ozone, formation et utilisation.

Sous l'action de rayons ultra-violetes ou d'un champ électrique intense, les molécules de dioxygène  $\text{O}_2$  de l'air peuvent se dissocier pour se recombiner ensuite en  $\text{O}_3$ . Cette réaction est d'un intérêt majeur pour la vie sur Terre en ce qu'elle ne se manifeste pas un effet d'écran aux ultra-violetes astronomiques : toute déchirure dans cette couche se traduit par une augmentation du rayonnement UV sur Terre, rayonnement aux effets biologiques nocifs.

L'ozone, en tant qu'oxydant, est ainsi utilisé pour purifier l'eau — des piscines ou des stations d'épuration —, pour le blanchissement — du papier ou des tissus —, comme désinfectant de piscine préféré au chlore pour des raisons évidentes,...

Pour en savoir plus, en n'oubliant pas de croiser les informations proposées :

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Ozone>

### Des ions dans l'eau minérale

Ce qui distingue les eaux minérales, c'est essentiellement leur teneur en différents ions salins. Ainsi, en considérant à titre d'exemple la *Contrex*®, la *Vittel*® et l'*Evian*® :

Ions minéraux	Teneur en mg/L		
	Contrex®	Vittel®	Evian®
Calcium $\text{Ca}^{2+}$	486	202	78
Magnésium $\text{Mg}^{2+}$	84	43	24
Sodium $\text{Na}^+$	9,1	4,7	5
Potassium $\text{K}^+$	3,2	2	1
Sulfate $\text{SO}_4^{2-}$	1187	336	10
Hydrogénocarbonate $\text{HCO}_3^-$	403		
Bicarbonate $\text{CO}_3^{2-}$		402	387

Chlorure Cl <sup>-</sup>	10	8	4,5
Silice SiO <sub>2</sub>			13,5
Fluor	0,33	0,28	0,12
Nitrate NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,7		

Pour en savoir plus, en n'oubliant pas de croiser les informations proposées :

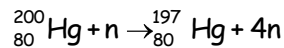
[http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau\\_min%C3%A9rale](http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_min%C3%A9rale)

<http://www.doctissimo.fr/> ( taper le nom de l'eau minérale voulue dans le moteur de recherche)

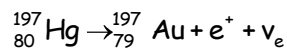
## Peut-on transmuter du mercure en or ?

La réponse à cette question est : oui ! Le vieux rêve des alchimistes serait-il donc réalisable ? Oui, mais pas par des moyens chimiques comme ils le croyaient — les énergies mises en jeu dans les réactions chimiques sont dérisoires devant les niveaux d'énergie nucléaire nécessaires. Reste à savoir si ça vaut le coup de transformer du mercure en or...

D'abord pourquoi prendre du mercure ? Parce que cet élément est juste à côté de l'or dans la table de Mendeleïev — le plomb étant l'élément 82, il y a trois protons de différence, ce qui ne facilite pas les choses. Pour transmuter du mercure en or  ${}_{79}^{197}\text{Au}$  — le seul isotope stable, donc intéressant, de l'or —, il faudrait bombarder une cible en mercure constituée par exemple de  ${}_{80}^{200}\text{Hg}$  — le mercure possède plusieurs isotopes stables, est celui-ci n'est pas le plus abondant — à l'aide d'un flux neutronique intense. Sur certains noyaux de mercure se réaliserait alors la réaction suivante :



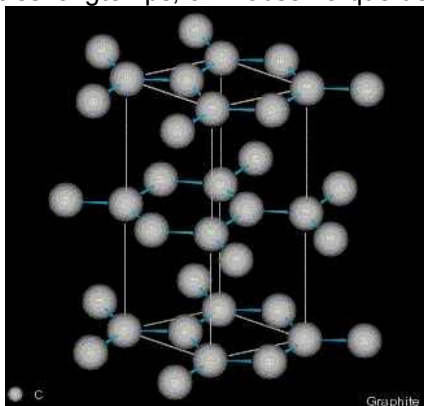
Or le mercure 197 est radioactif suivant la réaction —  $e^+$  représentant un positon et  $\nu_e$  le neutrino électronique :



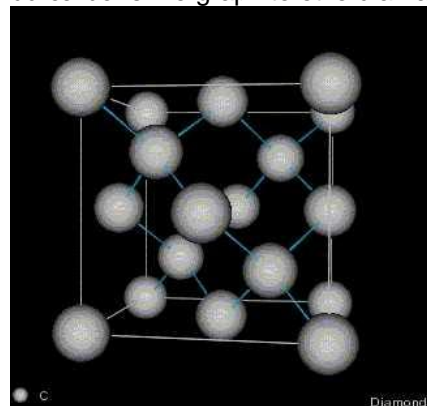
Donc il est possible de transmuter du mercure en or. Mais à quel prix ? En prenant une cible circulaire de 10 cm de diamètre et d'épaisseur 1 mm, il serait possible de transmuter  $8,2 \cdot 10^{15}$  noyaux de mercure en noyaux d'or avec un bombardement de  $10^{19}$  neutrons par seconde sur la cible... Ce qui correspond à une masse de  $8,2 \cdot 10^{15} \cdot 197 / 6,02 \cdot 10^{23} = 2,7$  microgrammes par seconde. Pour obtenir un seul gramme d'or, il faudrait donc faire fonctionner le réacteur émetteur de neutrons pendant plus de quatre jours ! Et si l'on voulait transformer tous les noyaux de mercure en or, il faudrait pour cela le faire fonctionner pendant 58 jours ! Quand on connaît le coût de fonctionnement de tels réacteurs, coût auquel il faut ajouter celui de la séparation isotopique du  ${}_{80}^{200}\text{Hg}$  — dérisoire ici par rapport au coût précédent —, les orpailleurs du dimanche n'ont pas de souci à se faire : il est bien plus rentable de tamiser le sable des rivières. Et puis, à quoi servirait de fabriquer de l'or à moindre coup... sinon à dévaluer fortement ce matériau ? On notera que, si les alchimistes rêvaient de transmuter du plomb en or, il s'avère que c'est plutôt le plutonium 240, le plutonium 239 et l'Uranium 238 qui se transmutent naturellement — et très lentement — en respectivement Plomb 208, Plomb 207 et Plomb 206.

## Carbone, football et nanotechnologie

Pendant très longtemps, on n'observa que deux formes cristallines du carbone : le graphite et le diamant.



Graphite : structure hexagonale  
de paramètre  $a=0,246$  nm et  $c=0,670$  nm

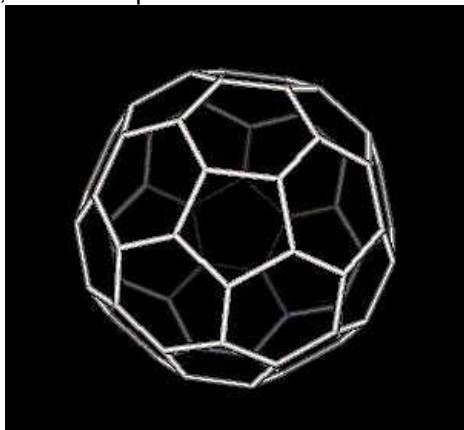


Diamant : structure cubique à faces centrées  
de paramètre  $a=0,353$  nm

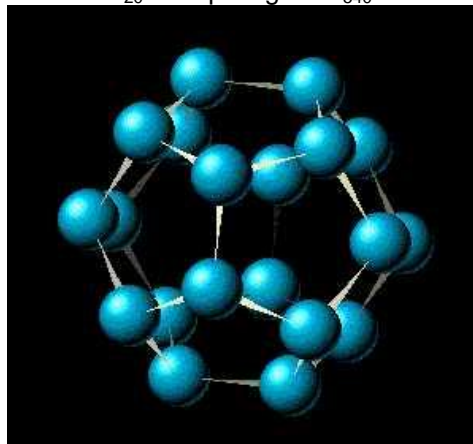
Document provenant du site Chimie de l'Université du Mans

Mais en 1985, afin de préciser le mécanisme de formation des longues chaînes carbonées dans l'espace interstellaire, l'anglais Harold Kroto et les américains Robert Curl et Richard Smalley (entre autres) observèrent la formation d'agrégats de carbone très stables en vaporisant du graphite par ablation laser : ils découvrirent ainsi le C<sub>60</sub>, structure comportant 60 atomes de carbones reliés en 12 pentagones et 20 hexagones et ressemblant de ce fait à un ballon de football, d'où le premier nom qu'on lui donna : *footballène*. Peut-être cela ne faisait-il pas suffisamment sérieux et on lui préféra le nom de *Buckminsterfullerène* en hommage à l'architecte américain Richard Buckminster

Fuller (1895-1983) inventeur du concept de *dôme géodésique* où l'on retrouve les mêmes figures contigües du  $C_{60}$ . Cette découverte valut à Kroto, Curl et Smalley le prix Nobel de chimie de 1996. Depuis, on a fabriqué de nombreux autres fullerènes, le plus petit étant  $C_{20}$  et le plus gros  $C_{540}$ .



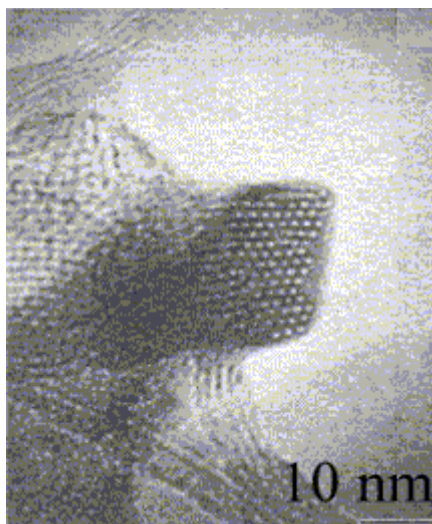
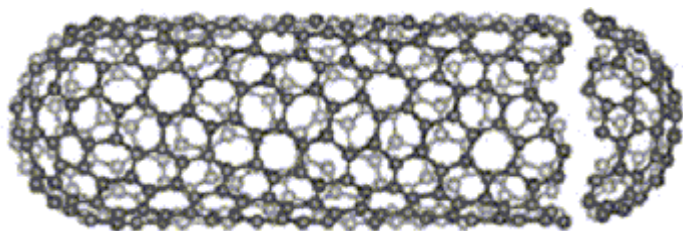
Buckminsterfullerène  $C_{60}$



Le plus petit fullerène :  $C_{20}$

*Document provenant du site Chimie de l'Université du Mans*

Mais surtout, on a développé à partir de là une nouvelle technologie opérant avec des objets de l'ordre du nanomètre : la *nanotechnologie*. Ainsi ont pu être réalisés des « cages », des « tubes », des « oignons »... nanométriques.



Exemples de nanotubes

*Repris sur le site de Jérôme Giraudet*

Pour en savoir plus, en n'oubliant pas de croiser les informations proposées :

<http://www.univ-lemans.fr/enseignements/chimie/01/theme0.html>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Fuller%C3%A8ne>

<http://jerome.giraudet.free.fr/recherchenanotube.htm#1.%20D%E9finition>.

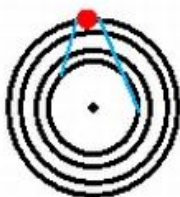
### 1.3- Un modèle de cortège électronique

#### Représentations de l'atome

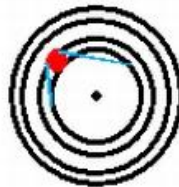
Comment se représenter l'atome ? En utilisant la règle du « *tout se passe comme si...* ». Ainsi, il n'est pas totalement aberrant de se représenter l'atome d'hydrogène de la façon suivante. Imaginons l'électron comme une petite boule roulant sur un rail circulaire et fixé d'une manière ou d'une autre par un élastique à ce rail : cette représentation traduit l'état stable de l'atome. Sous l'action d'une perturbation extérieure (électrique, lumineuse, choc,...), la petite boule passe de ce rail sur un autre rail, toujours retenue par l'élastique. Elle peut ainsi y rester un certain laps de temps : nous avons là la représentation de l'atome *excité*. Mais, sous l'action de l'élastique, la petite boule revient sur son rail initial en perdant de l'énergie de rappel élastique au profit d'une énergie cinétique : c'est le retour à l'état stable. Si la perturbation est très forte, l'élastique peut se rompre et la boule se libérer : nous avons là une idée du phénomène d'*ionisation*.



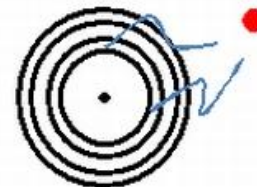
Etat stable



Etat excité



Retour à l'état stable



Ionisation

L'intérêt de cette représentation est qu'elle est si manifestement éloignée de la « réalité » qu'il n'y a pas risque de croire que ça se passe comme ça. La règle du « *tout se passe comme si...* » doit en effet toujours avoir pour corolaire « *...mais ça ne se passe pas comme ça* ».

Il n'en reste pas moins que jeter l'opprobre sur le modèle planétaire n'est pas justifié. Ce modèle joua un rôle historique de grande importance et nous pouvons en profiter pour rappeler que celui qui fut le premier à l'introduire en 1901 est le français Jean Perrin (1870-1942), prix Nobel de physique 1926. Ensuite, le physicien japonais Hantaro Nagaoka (1865-1950) développa un modèle *saturnien* de l'atome en 1904. Enfin, Ernest Rutherford (1871-1937, prix Nobel de chimie 1908) proposa en 1911 un modèle planétaire classique qui ne pouvait être qu'instable (« catastrophe ultraviolette ») et que Niels Bohr (1885-1962, prix Nobel de physique 1922) « stabilisa » en 1913 de manière *ad hoc* en le quantifiant.

Voir par ailleurs le bon article de *Wikipedia* sur la question : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Atome>

## 2- De l'atome aux édifices chimiques

### 2.1- Les règles du duet et de l'octet.

Du conditionnement des oranges à l'analogie avec le conditionnement des oranges dans des cageots.

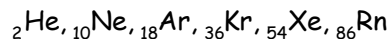


Prenons un cageot d'oranges. Si le cageot est plein, c'est-à-dire s'il n'y a aucune lacune plus grande que le volume d'une orange dans ce cageot, il n'est pas possible d'y faire entrer une nouvelle orange et difficile d'en faire sortir si les oranges sont bien coincées dans le cageot. On peut même imaginer que les vendeurs d'oranges conditionnent les oranges de la manière suivante : barquettes de 2 ou 10 oranges, mini cageotte de  $2 \times 3 \times 3 = 18$  ou  $4 \times 3 \times 3 = 36$  oranges, cageot de  $6 \times 3 \times 3 = 54$  oranges et pyramide tronquée de  $36 + 25 + 16 + 9 = 86$  oranges.

Si dans de tels cageots il y a une, deux ou trois oranges « en trop », elles le quitteront facilement. Pour faire quoi ? Soit pour se perdre au loin du cageot sous l'action d'un choc violent lors de son transport (ionisation). Soit pour aller dans un cageot où il manque une, deux ou trois oranges : il faut que les deux cageots soient alors proches l'un de l'autre, l'ensemble des deux cageots présentant une stabilité au transport plus grande que s'ils étaient séparés (liaison covalente).

### Rares, nobles ou inertes ?

Les gaz dits *rare*s sont aujourd'hui au nombre de six :



A cette liste, il faudrait ajouter l'Ununoctium  ${}_{118}\text{Uuo}$  découvert sans ambiguïté le 10 octobre 2006 en Russie. Cependant il est encore prématuré de parler de *gaz* dans la mesure où le jour de cette découverte, seulement 3 noyaux — trois ! — ont été synthétisés par collision d'atomes de Californium  ${}_{98}\text{Cf}$  et de Calcium  ${}_{20}\text{Ca}$  — on laisse imaginer le travail de reconnaissance de ces « aiguilles » atomiques dans la botte de foin des noyaux en collision.

Le qualificatif de *rare* convient-il à ces gaz ? S'il est vrai qu'ils sont relativement peu abondants dans l'atmosphère — et encore, près de 1 % d'argon (du grec *argos* signifiant *inactif*) dans l'atmosphère terrestre, ça fait beaucoup —, il ne faut pas oublier que l'hélium est le deuxième composant après l'hydrogène en abondance dans l'univers — beaucoup d'hélium (du grec *helios* signifiant *Soleil*, lieu où il fut découvert la première fois par spectroscopie) dans les étoiles. Il n'est donc pas justifié de qualifier ces gaz de *rare*s. Sont-ils *inertes* ? L'ingestion de radon, gaz radioactif, par les êtres vivants leur est souvent fatale, ce gaz étant hautement radiotoxique : il serait la deuxième cause de décès par cancer du poumon après le tabac. Le qualificatif sans précision *d'inerte* n'est donc pas des plus heureux pour ce gaz.

Il faut en effet préciser que ces gaz ne sont inertes que *chimiquement*. En ce sens, le qualificatif de *noble* — voire de *stable* — peut leur convenir dans la mesure où ils ne frayent pas avec la valetaille chimique. Pourquoi ? Parce qu'ils sont la parfaite illustration de la règle de l'octet : ayant leur couche périphérique saturée par 2 électrons pour l'hélium et 8 électrons pour les autres gaz nobles, ces derniers n'ont aucune tendance naturelle à entrer en réaction chimique. Cette propriété est évidemment utilisée dans les ampoules électriques à filament ou pour la soudure à l'arc afin d'éviter des réactions parasites favorisées par les très hautes températures mises en jeu. L'hélium, malgré son coût, remplace aussi avantageusement l'hydrogène dans les ballons, le premier étant inactif, le second ayant la fâcheuse tendance à brûler dans l'air : les concepteurs du dirigeable géant *Hindenburg* qui s'enflamma le 6 mai 1937 en ont fait la triste expérience.

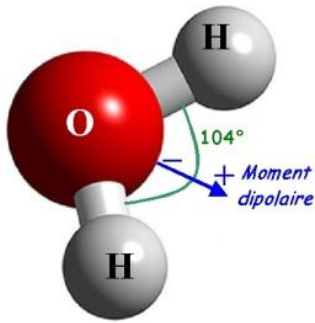
Pour en savoir plus, en n'oubliant pas de croiser les informations proposées :

<http://www.sfc.fr/Donnees/mine/gazrar/texgrar.htm>

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Gaz\\_noble](http://fr.wikipedia.org/wiki/Gaz_noble)

## 2.2- Géométrie de quelques molécules simples, de la vie courante

Comment une expérience amusante sur un filet d'eau renseigne sur la structure de sa molécule  
Prenez une règle plate en plexiglas, frottez-la vigoureusement avec un linge de laine — votre pull par exemple — et approchez le tranchant de cette règle d'un mince filet d'eau issu d'un robinet : vous constaterez que le filet est dévié, et même parfois fortement selon la qualité de la règle ou du pull. Dans cette expérience, on utilise l'« effet de pointe » du tranchant de la règle permettant d'obtenir un champ électrique important — les lignes de champ convergent fortement sur le tranchant et la conservation du flux électrique dans le cas présent conduit à des valeurs de champ notables au niveau de celui-ci.



Par ailleurs, cette expérience montre que la molécule d'eau H-O-H — évidemment électriquement neutre — ne peut être linéaire. En effet, si tel était le cas, elle serait symétrique électriquement et la polarisation induite dans la molécule ne pourrait expliquer l'importance du phénomène macroscopique observé. Les liaisons O-H doivent donc faire entre elles un certain angle — 104° — et, dans cette configuration, le barycentre des charges négatives de la molécule ne coïncide pas avec le barycentre des charges positives : la molécule d'eau est dite *polaire* dans la mesure où il est possible de la décrire électriquement par un dipôle électrique. Quand ces deux barycentres se trouvent dans un champ électrique, il y a orientation de la molécule parallèlement au champ et surtout l'ensemble est attiré vers les zones de fort champ — tout comme en magnétisme une boussole est attirée par le pôle d'un aimant. D'où la déviation du filet d'eau observée.

## 3- La classification périodique des éléments

### 3.1- Classification périodique des éléments.

La taxonomie élevée au niveau d'une science, rapport de Dmitri Mendéléïev.

Le 6 mars 1869, un rapport de Dmitri Mendéléïev (1834-1907) intitulé « Relation entre les propriétés et le poids atomique des éléments » est présenté devant la société chimique russe. En voici les conclusions :

« 1° Les éléments disposés d'après la grandeur de leur poids atomique présentent une périodicité manifeste de leurs propriétés.

2° Les éléments qui se ressemblent par leurs fonctions chimiques présentent des poids atomiques soit voisins (comme Pt, Ir, Os), soit régulièrement et uniformément croissants (comme K, Rb, Cs). L'uniformité de cet accroissement dans les différents groupes a échappé aux observateurs précédents parce qu'ils n'ont pas utilisé dans leurs comparaisons les conclusions de Gerhardt, Regnault, Cannizzaro, etc., qui ont établi la vraie grandeur du poids atomique des éléments.

3° La disposition des éléments ou de leurs groupes d'après la grandeur du poids atomique correspond à leur atomocité [valence] et, jusqu'à un certain point, à leurs différences au point de vue chimique, ce qui apparaît clairement dans la série Li, Be, B, C, N, O, F, et que l'on retrouve dans les autres séries.

4° Les corps simples les plus répandus dans la nature ont un poids atomique faible, et tous les éléments de poids atomique faible sont caractérisés par des propriétés bien tranchées. Pour cette raison, ce sont des éléments typiques. L'hydrogène, en tant qu'élément le plus léger, est choisi à juste titre comme le plus typique.

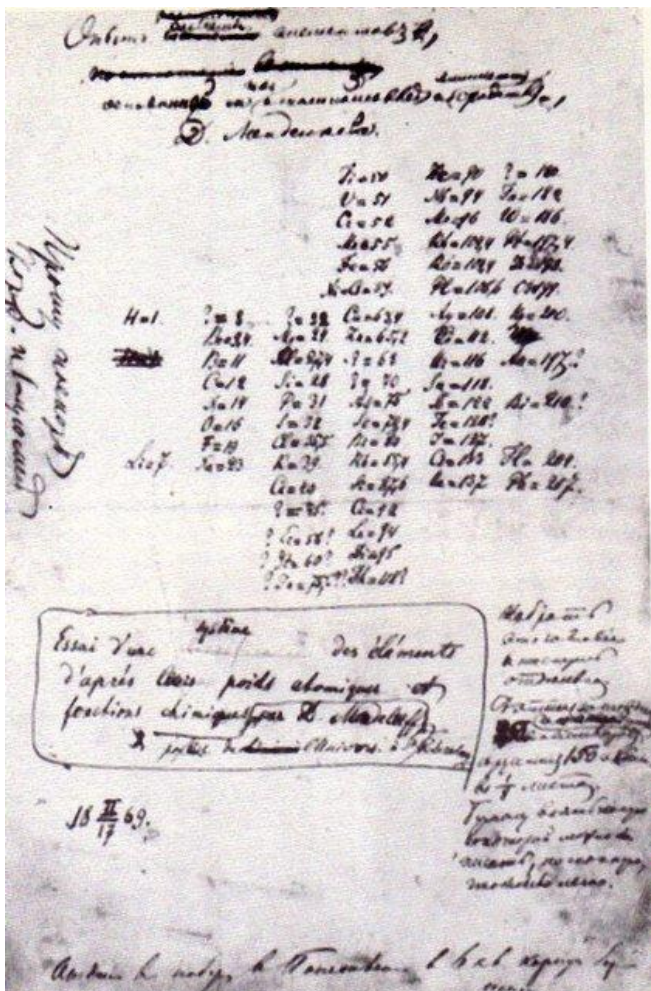
5° La grandeur du poids atomique détermine le caractère de l'élément, car la grandeur de la particule [molécule] détermine les propriétés d'un corps composé et, de ce fait, lorsqu'on étudie les combinaisons, il faut prêter attention non seulement aux propriétés et au nombre des éléments, non seulement à leur action réciproque, mais aussi au poids de leur atome. C'est ainsi, par exemple, que les combinaisons de S et Te, Cl et I, etc., présentent malgré leur similitude des différences très accusées.

6° Il faut s'attendre à la découverte de nombreux corps simples inconnus ressemblant, par exemple, à Al et Si, et ayant un poids atomique compris entre 65 et 75. [Ce sera le Ga de masse atomique 70 g/mol et le Ge de masse atomique 73 g/mol]

7° La grandeur du poids atomique d'un élément peut quelquefois être corrigée, si l'on connaît ces analogies. Ainsi, celui de Te doit être, non pas 128, mais 123-126. [Là, il se trompait]

8° Certaines analogies des éléments apparaissent en considérant le poids de leur atome. Ainsi, l'uranium apparaît comme l'analogue du bore et de l'aluminium, ce qui est justifié par la comparaison de leurs composés.

Le but de mon article serait entièrement atteint si je parvenais à attirer l'attention des chercheurs sur les relations entre la grandeur des poids atomiques des éléments dissemblables, lesquelles n'ont jusqu'à présent, pour autant que je sache, suscité que très peu d'intérêt. Considérant que dans cet ordre de problèmes gît la solution d'une des questions essentielles de notre science, j'ai l'intention, dès que j'en aurai le loisir, d'entreprendre personnellement l'étude comparative du lithium, du béryllium et du bore. »



Manuscrit de la première classification de Mendéléïev (17 février 1869)

Le texte de Mendéléïev et le manuscrit proviennent de Dmitri Mendéléïev et la loi périodique de Paul Kolodkine, Paris-Seghers, 1963.

### 3.2- Utilisation de la classification périodique. Famille chimique.

#### Les alcalins.

Les métaux alcalins, occupant la première colonne de la classification de Mendéléïev, tirent leur nom générique de l'arabe *al-gâly* signifiant *la soude*. Compte tenu de la règle de l'octet, ils ont tous une prédisposition à perdre un électron pour donner un ion mono-positif. Ils réagissent donc très facilement avec les halogènes pour donner des *sels ioniques* — comme le sel de nos cuisines ou le chlorure de potassium des perfusions, *halogène* ayant pour étymologie « *qui donne des sels* » — et très violemment avec l'eau pour donner des *hydroxydes* — la réaction de synthèse de la soude avec le sodium en est un exemple frappant. Ces métaux trouvent par ailleurs de nombreuses applications.

Ainsi le *lithium* Li de numéro atomique 3 (qui tire son nom de *lithos* grec signifiant *Pierre* eu égard à son aspect, découvert en 1817) est utilisé sous forme de sels en pharmacologie, comme antidépresseur et régulateur des troubles de l'humeur, mais aussi en électrochimie (batterie au lithium utilisée dans les voitures électriques).

Ainsi le *sodium* Na 11 (tirant son nom de la *soude* et son symbole du *natron*, un carbonate de sodium hydraté, isolé par le chimiste anglais Humphry Davy (1778-1829) par voie électrolytique en 1807) est utilisé sous forme métallique comme fluide caloporteur dans l'industrie nucléaire (réacteurs à neutrons rapides), en métallurgie pour améliorer les performances d'alliages et sous forme vapeur dans les lampes d'éclairage urbain. A cela s'ajoutent évidemment le chlorure de sodium, la soude et l'eau de Javel contenant de l'hypochlorite de sodium.

Ainsi le *potassium* K 19 (tirant son nom de la *potasse* et son symbole de *al kali*, également isolé par Davy en 1807) trouve des applications en pharmacologie et, en alliage avec le sodium, est utilisé comme conducteur thermique. Le potassium intervient également dans de nombreux sels (chlorure de potassium,...), évidemment dans la potasse KOH (importance dans les détergents et les engrais), dans le salpêtre KNO<sub>3</sub> utilisé pour fabriquer des explosifs,...

Ainsi le *rubidium* Rb 37 (du latin *ruber* signifiant rouge, eu égard à la couleur rouge de ses raies spectrales qui permirent de le mettre en évidence en 1861 lors de l'une des premières spectroscopies effectuées par Robert W. Bunsen (1811-1899) et Gustav Kirchhoff (1824-1887)) entre dans la réalisation de cellules photovoltaïques, des verres de sécurité, d'horloges atomiques, de feux d'artifice, de médicaments,...

Ainsi le *césium* Cs 55 (du latin *caesius* signifiant *bleu, gris vert* en référence à la couleur de ses raies spectrales, également découvert par spectroscopie en 1861 par Bunsen et Kirchhoff) est utilisé en médecine en tant que source de rayonnement (isotope radioactif <sup>137</sup><sub>55</sub>Cs), dans les photomultiplicateurs et les horloges atomiques.

[http://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9tal\\_alcalin](http://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9tal_alcalin)

Parmi les éléments encore inconnus à l'époque, Mendéléïev cite entre autres l'*ekaaluminium*, l'*ekabore*, et l'*ekasilicium* — le préfixe *eka* venant du mot sanscrit signifiant *un*.

L'*ekaaluminium* fut découvert six ans plus tard, en 1875, par le chimiste français Paul Emile Lecoq de Boisbaudran (1838-1912) et placé dans la colonne de l'aluminium, juste en dessous de ce dernier. En hommage à lui-même, le chimiste désigna cet élément *gallium* — *gallus* désignant le coq en latin.

L'*ekabore* fut découvert quant à lui en 1879 par le chimiste suédois Lars Frederik Nilson (1840-1899) qui, en hommage à son pays d'origine, l'appela *scandium* — *scandia*=*scandinavie* en latin.

Enfin l'*ekasilicium* fut découvert le 6 février 1886 par le chimiste allemand Clemens Winkler (1838-1904). Croyant que de Boisbaudran avait appelé le gallium en référence à la Gaule (*Gallia* en latin) et compte tenu des relations entre la France et l'Allemagne à cette époque, il l'appela *germanium* en l'honneur de sa mère patrie. Dans la table de Mendéléïev, le germanium est juste en dessous du silicium... et juste à côté du gallium.

Ces prédictions théoriques firent beaucoup pour la notoriété de la classification de Mendéléïev qui ne reçut pas pour autant le prix de Nobel de chimie mais donna son nom à l'élément 101, le *mendélévium* Md, hautement radioactif et identifié en 1955.

Cet élément n'existe pas à l'état naturel et est obtenu en bombardant une cible d'einsteinium par de l'hélium : seuls quelques noyaux à très courte durée de vie ont ainsi été synthétisés.



## Des lanthanides pas si rares que ça.

La série des *lanthanides* commence avec le *lanthane* de numéro 57 et finit avec le *lutécium* de numéro 71. Ces éléments sont aussi connus sous l'appellation *terres rares*, ce qui est encore moins justifié que pour les gaz du même qualificatif dans la mesure où ils sont relativement abondants dans l'écorce terrestre — à part le *prométhium* Pm 61, extrait des déchets de centrale nucléaire.

La rareté de ces lanthanides est également battue en brèche par le fait qu'ils envahissent notre quotidien, de façon *cachée* certes, ce qui leur va bien puisque le verbe grec *lanthanein* signifie justement *être caché*.

Ainsi le *lanthane* La 57 — son nom vient du fait qu'il resta longtemps caché dans l'oxyde de cérium, isolé en 1923 — est utilisé dans la fabrication des pierres à briquet, dans les verres optiques pour augmenter leur indice de réfraction et comme catalyseur pour moteur à essence.

Ainsi le *cérium* Ce 58 — en référence à la petite planète Cérés, isolé en 1825 — est utilisé dans les pots catalytiques ou dans les écrans couleur de tube cathodiques.

Ainsi le *praséodyme* Pr 59 — d'un composé grec signifiant *jumeau du poireau* à cause de la couleur verte de son nitrate, isolé en 1885 — intervient comme agent colorant des verres et dans la réalisation de puissants aimants permanents.

Ainsi le *néodyme* Ne 60 — du composé grec signifiant *nouveau jumeau* du fait de sa grande proximité avec le praséodyme, isolé de ce dernier en 1885 — entre dans la réalisation des écrans TV couleur et est utilisé comme élément amplificateur dans de nombreux types de lasers.

Ainsi le *samarium* Sm 62 — du nom de son minerai, la *samaraskite*, découvert en 1847 par le colonel Vasili Samarsky (1803-1870) dans une mine de l'Oural — sert également à fabriquer des aimants, mais aussi des filtres infrarouge ou des diélectriques pour condensateur.

Ainsi le *gadolinium* Gd 64 — du nom de son minerai, la *gadolinite*, isolé en 1886 — trouve des applications dans les alliages d'acier pour en augmenter la dureté et les alliages supraconducteurs.

La liste est ici loin d'être exhaustive — voir le lien *Wikipedia* pour en savoir plus. En conséquence, s'il n'y avait pas les lanthanides, force est de reconnaître que beaucoup d'applications high-tech n'existeraient pas. A noter au passage que le découvreur du gallium, Paul Emile Lecoq de Boisbaudran (1838-1912), mit en évidence nombre de ces lanthanides, à savoir le *samarium*, l'*europium* Eu 63, le *gadolinium* et le *dysprosium* Dy 66.

*Pour en savoir plus, en n'oubliant pas de croiser les informations proposées :*

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Lanthanide>