

## 1. LA MATIERE

### 11. LES CONSTITUANTS DE LA MATIERE

La matière est la substance qui compose tout corps ayant une réalité tangible.

Ses trois états les plus communs sont l'état solide, l'état liquide, l'état gazeux.

Elle occupe de l'espace et la quantité de matière se mesure à l'aide de la **masse**.

Lorsqu'il s'agit de compter des particules de matière, on utilise la mole.

particule	charge	masse
neutron	0	$1,675 \cdot 10^{-27}$ kg
proton	$+ e = 1,603 \cdot 10^{-19}$ C	$1,673 \cdot 10^{-27}$ kg
électron	$- e = - 1,603 \cdot 10^{-19}$ C	$9,109 \cdot 10^{-31}$ kg

e : charge élémentaire.

### 12. LES ATOMES

Un atome est la plus petite partie d'un corps simple pouvant se combiner chimiquement avec une autre.

Il est constitué d'un noyau composé de protons et de neutrons autour desquels orbitent des électrons.

Sa taille caractéristique est de l'ordre du dixième de nanomètre (nm), soit  $10^{-10}$  m.

#### 121. Le noyau

Ex : l'atome de chlore le plus abondant dans la nature possède un noyau central contenant  $Z = 17$  protons positifs et  $N = 18$  neutrons. Le nombre de nucléons est donc  $A = Z + N = 17 + 18 = 35$ . On symbolise ce noyau par  ${}_{17}^{35}\text{Cl}$ .  $Z = 17$  est également appelé le numéro atomique. C'est le numéro de la case du tableau périodique des éléments dans laquelle se trouve le chlore.

#### 122. Le nuage électronique

Loin du noyau se trouve le nuage électronique.

Un atome est électriquement neutre.

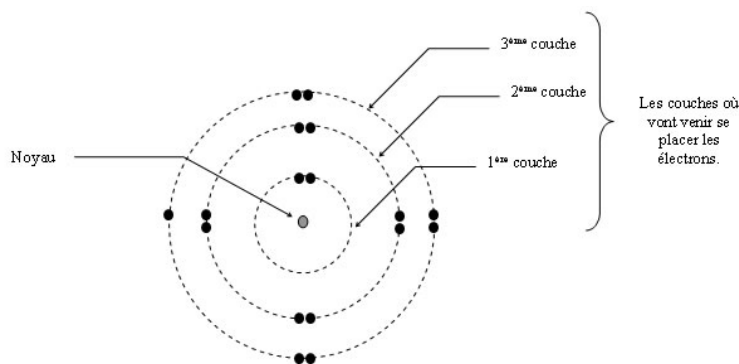
Il possédera autant d'électrons négatifs dans le nuage électronique que de protons positifs dans le noyau.

Le diamètre d'un noyau est de l'ordre de  $10^{-15}$  m. Le diamètre d'un atome est de l'ordre de  $10^{-10}$  m.

Ex : L'atome de chlore possédant 17 protons positifs dans le noyau aura donc 17 électrons négatif répartis sur trois couches : (K)<sup>2</sup>, (L)<sup>8</sup>, (M)<sup>7</sup>, loin du noyau.

Règle de répartition des électrons : La couche n (entier) contient au maximum  $2 \times n^2$  électrons.

La couche  $n = 1$  (K) contient au maximum :  $2 \times 1^2 = 2$  électrons.



La couche  $n = 2$  (L) contient au maximum :  $2 \times 22 = 8$  électrons.

La couche  $n = 3$  (M) contient au maximum :  $2 \times 32 = 18$  électrons.

### 123. Quelques atomes

Le modèle de Lewis d'un atome ne représente que la couche externe du nuage électronique.

Atome	Formule électronique	Modèle de Lewis
${}_1\text{H}$	$(\text{K})^1$	$\text{H}\cdot$
${}_6\text{C}$	$(\text{K})^2 (\text{L})^4$	$\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{C}}}\cdot$
${}_7\text{N}$	$(\text{K})^2 (\text{L})^5$	$\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{N}}}\cdot$ ou $\cdot\overset{\cdot}{\text{N}}\cdot$
${}_8\text{O}$	$(\text{K})^2 (\text{L})^6$	$\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{O}}}\cdot$ ou $\cdot\overset{\cdot}{\text{O}}\cdot$
${}_{17}\text{Cl}$	$(\text{K})^2 (\text{L})^8 (\text{M})^7$	$\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{Cl}}}\cdot$ ou $\cdot\overset{\cdot}{\text{Cl}}\cdot$

Un trait — représente 2 électrons (un doublet).

Tous les atomes de même numéro atomique  $Z$  ont le même nom et le même symbole : ils appartiennent au même élément. On les appelle des isotopes. C'est le cas des atomes  ${}^{35}_{17}\text{Cl}$  et  ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ .

Un élément est donc caractérisé par son symbole et son numéro atomique  $Z$ .

Tous les atomes existants sont recensés dans le tableau périodique.

- Un élément de la 3<sup>e</sup> ligne possède 3 couches d'électrons (K)2 (L)8 (M)...
- Un élément de la 7<sup>e</sup> colonne possède 7 électrons sur sa couche externe.

### 124. Classification périodique des éléments

Mendéléïev (1834-1907) eut l'idée de classer les éléments, connus à son époque, en colonnes et en lignes par ordre de masses molaires atomiques croissantes, de telle manière que les éléments figurant dans une même colonne présentent des propriétés chimiques semblables.

Cette classification comporte 7 lignes (ou périodes) et 18 colonnes. Cf p. 8

Critères de classement :

- Les éléments sont classés sur chaque par ordre croissant du numéro atomique  $Z$ .
- Sur une même ligne, les atomes des éléments ont la même couche externe :

Ligne 1 : Couche K // Ligne 2 : Couche L // Ligne 3 : Couche M

Un élément de la 3e ligne possède 3 couches d'électrons.

- Dans une même colonne, les atomes des éléments ont le même nombre d'électrons sur leur couche externe, qui correspond au numéro de la colonne (sauf pour He)

Un élément de la 7e colonne possède 7 électrons sur sa couche externe.

## 13. LES MOLECULES ET LES IONS

### 131. Stabilité des éléments

Les éléments de la dernière colonne constitue la famille des gaz rares (ou gaz inertes). Ils ont leur couche externe saturée.

He :  $(\text{K})^2$  ; Ne :  $(\text{K})^2 (\text{L})^8$  ...

Ces gaz nobles sont stables. Ils sont les seuls atomes pouvant exister isolés.

Lors de transformations chimiques, les atomes évoluent pour acquérir la structure électronique du gaz noble le plus proche d'eux dans le tableau périodique. Ils acquièrent ainsi une plus grande stabilité. Ils obéissent soit à la règle du duet, soit à la règle de l'octet.

Règle du duet : Les atomes proches de l'hélium évoluent pour acquérir deux électrons externes.

Règle de l'octet : Les autres atomes évoluent pour acquérir huit électrons sur leur couche externe.

Ces évolutions aboutissent à des molécules ou à des ions.

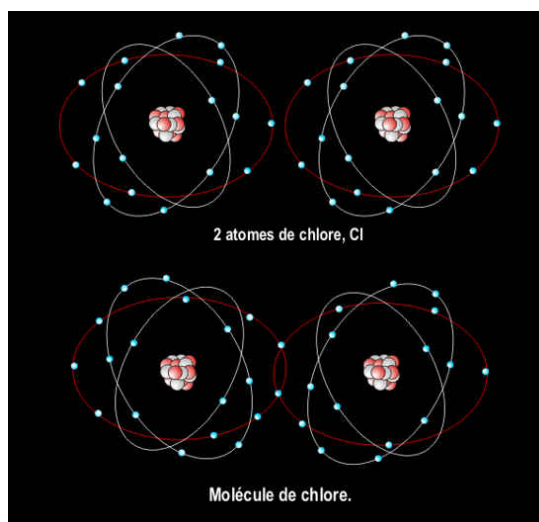
Ex :  ${}_{17}\text{Cl} : (\text{K})^2, (\text{L})^8, (\text{M})^7 =$  il manque 1 électron sur la couche externe.

### 132. Les molécules - liaison covalente

Molécule : Ensemble d'atomes unis les uns aux autres par des liaisons chimiques. C'est un assemblage chimique électriquement neutre, qui peut exister à l'état libre, et qui représente la plus petite quantité de matière possédant les propriétés caractéristiques de la substance considérée.

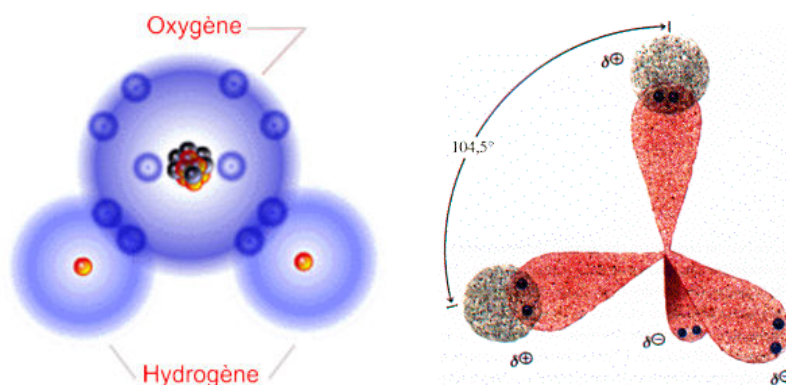
Liaison covalente : Liaison entre deux atomes, résultant de la mise en commun de deux électrons.

Ex :  ${}_{17}\text{Cl} : (\text{K})^2, (\text{L})^8, (\text{M})^7 =$  Il manque 1 électron sur la couche externe à chaque atome : chacun peut mettre un électron en commun, la molécule de  $\text{Cl}_2$  est stable.



### 133. La molécule d'eau $\text{H}_2\text{O}$

${}^1\text{H} : (\text{K})^1$  et  ${}^8\text{O} : (\text{K})^2, (\text{L})^6$



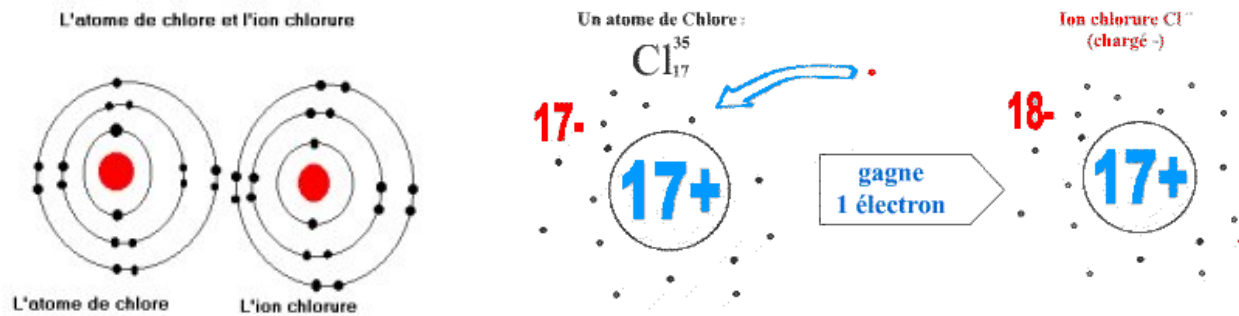
### 134. Les ions

Ion : Atome, ou groupement d'atomes chargés :

Négativement = anions (excès d'électrons)

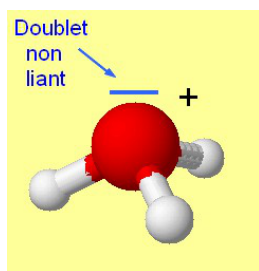
positivement = cations (déficit en électrons)

Ex :  ${}_{17}\text{Cl} : (\text{K})^2, (\text{L})^8, (\text{M})^7 =$  il manque 1 électron sur la couche externe. L'ion  $\text{Cl}^-$  est stable.

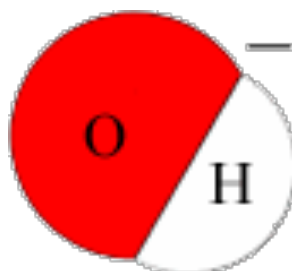


### 135. Quelques ions

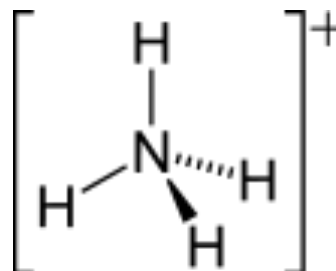
$1\text{H} : (\text{K})^1$  ;  $7\text{N} : (\text{K})^2, (\text{L})^5$  et  $8\text{O} : (\text{K})^2, (\text{L})^6$



ion oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$



ion hydroxyde  $\text{HO}^-$



ion ammonium  $\text{NH}_4^+$

## 2. MESURER LA MATIERE : MASSE ET QUANTITE DE MATIERE

### 21. LA MOLE, UNITE DE QUANTITE DE MATIERE $n$

Quantité = nombre  $n$

La mole (unité : mol) = quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 12 grammes de carbone 12.

Une mole d'atomes contient environ  $6,022 \times 10^{23}$  atomes. Ce nombre est appelé nombre d'Avogadro, son symbole est  $N_A$ .

La mole est une unité de comptage au même titre que la centaine, la vingtaine ou la douzaine, sauf que cette unité de comptage est immense (environ 602 200 milliards de milliards d'unités).

### 22. MASSE MOLAIRE $M$

La masse molaire  $M$  est la masse d'une mole d'une substance (un corps simple, un composé chimique). Elle s'exprime en grammes par mole ( $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ).

Masse molaire atomique d'un isotope :  $M({}_{17}^{35}\text{Cl}) = 35 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M({}_{17}^{37}\text{Cl}) = 37 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Masse molaire d'un élément : masse d'une mole d'atomes pris dans les proportions isotopiques naturelles.

Ex : le chlore est un mélange de deux isotopes, 75 % de  ${}_{17}^{35}\text{Cl}$  et 25 % de  ${}_{17}^{37}\text{Cl}$  :

$$M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

Masse molaire moléculaire : somme des masses molaires des éléments (tableau périodique).

Masse molaire d'un composé ionique : la masse des électrons est négligeable par rapport à la masse des nucléons présents dans les noyaux.

### 23. MASSE $m$ ET QUANTITE DE MATIERE $n$

$m$  : masse du soluté (g) ;  $n$  : quantité de matière du soluté (mol) ;  $V$  : volume (L) ;  $M$  : masse molaire du soluté ( $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ )

$$n = \frac{m}{M}$$

### 24. MASSE VOLUMIQUE $\rho$ ET DENSITE $d$

Ex : masse volumique de l'eau :  $\rho_{\text{eau}} = 1 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1} = 1000 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1} = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{n \times M}{V}$$

La densité d'un liquide est numériquement égale à sa masse volumique en  $\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$  ou en  $\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ .

$$d = \frac{\rho}{\rho_{\text{eau}}}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{\rho V}{M} = \frac{d \rho_{\text{eau}} V}{M}$$

### 3. MESURER LA MATIERE EN SOLUTION : CONCENTRATIONS

#### 31. SOLUTION - CONCENTRATION

Solution : mélange homogène d'au moins deux substances

Solvant : substance en plus grande quantité

Soluté : substance en plus faible quantité, dissoute dans le solvant.

Solution aqueuse : solvant = eau, soluté = gaz ou liquide

Solution ionique : ions en solution dans de l'eau

Concentration : proportion, part d'une substance dans un mélange.

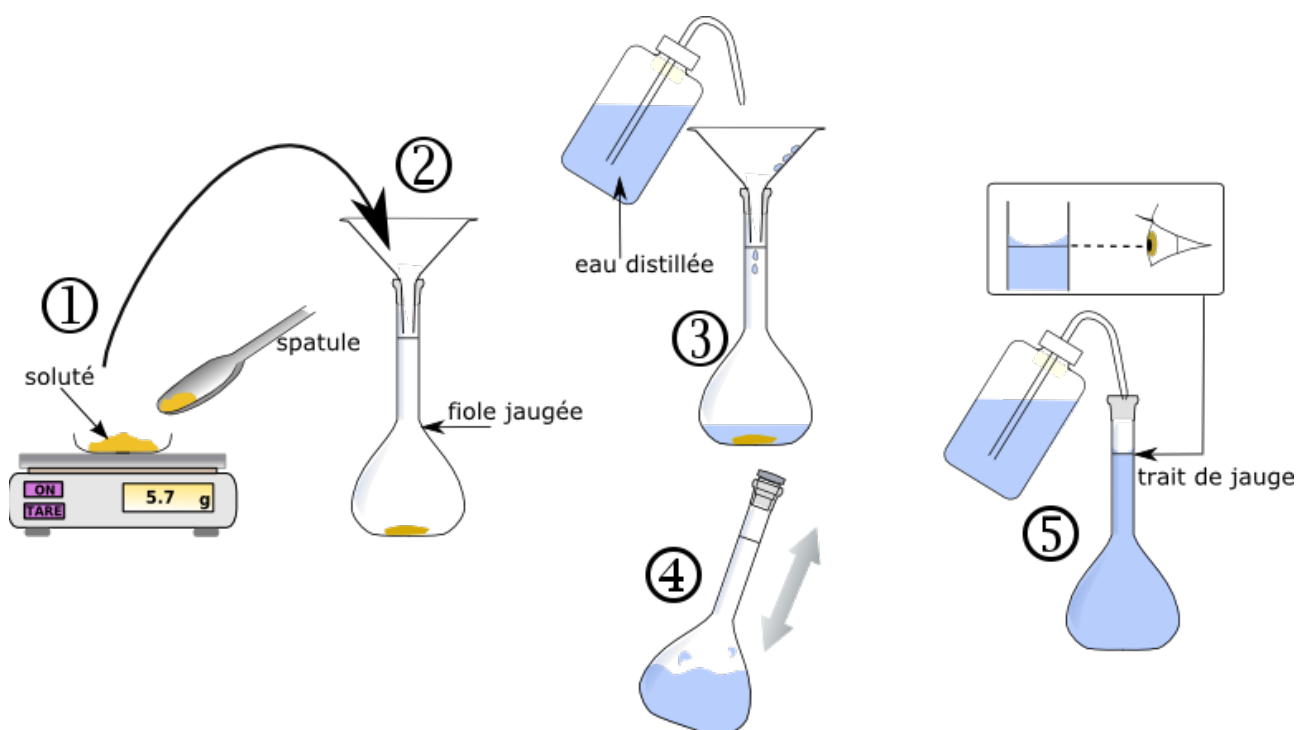
Concentration molaire  $C$  ( $\text{mol.L}^{-1}$ )

Concentration massique  $C_m = \text{titre massique } t$  ( $\text{g.L}^{-1}$ )

$$C = \frac{n_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}} \quad C_m = \frac{m_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}} \quad C_m = C \times M_{\text{soluté}}$$

#### 32. PREPARATION D'UNE SOLUTION

##### 321. Par dissolution

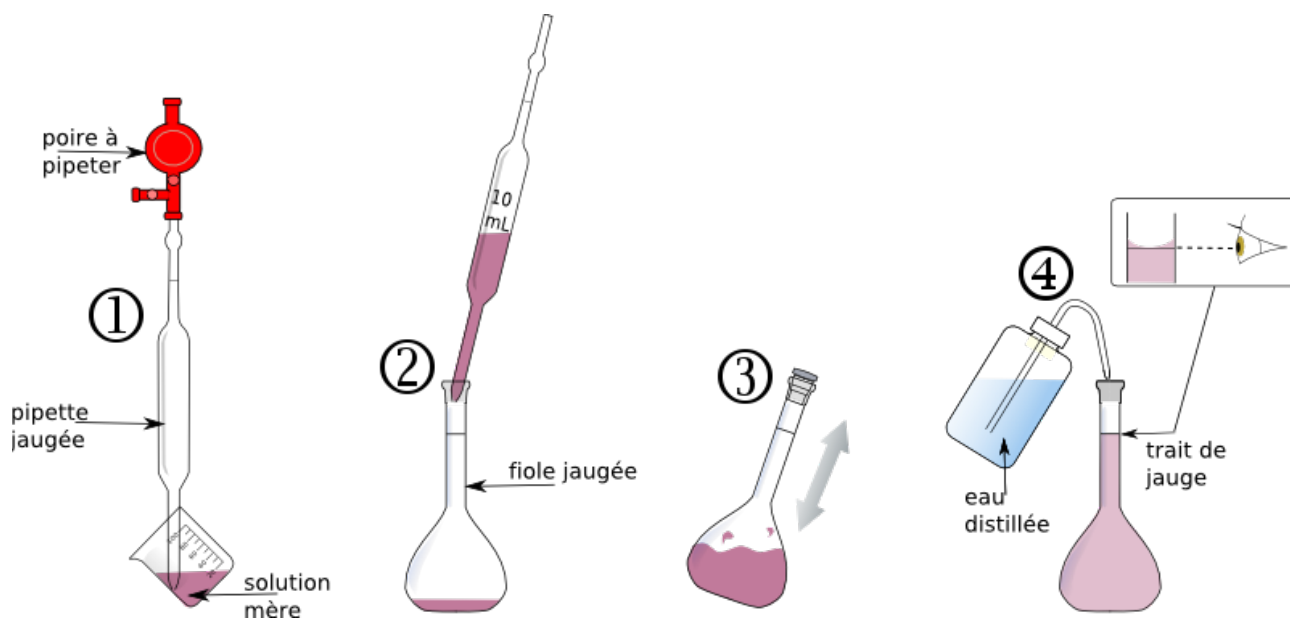


##### 322. Par dilution

Permet d'obtenir une solution finale (fille) de concentration inférieure à celle de départ (mère) par ajout de solvant pur.

La quantité de matière de solvant reste constante :  $n = C_f V_f = C_m V_m$

Rapport de dilution ( $x$  fois) :  $x = \frac{C_m}{C_f} = \frac{V_f}{V_m}$



### 33. UNITES SPECIFIQUES DE L'ANALYSE D'EAU

Electroneutralité : une solution est toujours neutre, il y a autant de charges positives que de charges négatives.

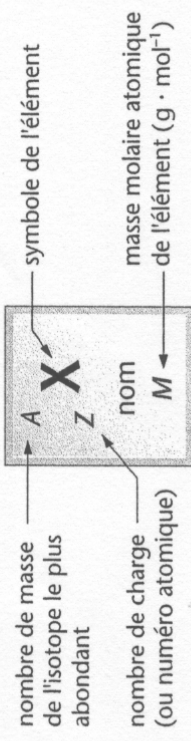
En analyse d'eau, on s'intéresse souvent uniquement aux charges portées par les ions en solution.

Milli-équivalent (mé) : 1 mé = 1 mmol de charges électriques élémentaires.

Degré Français :  $1 \text{ mé.L}^{-1} = 5 \text{ }^\circ\text{F}$  ou  $1 \text{ }^\circ\text{F} = 0,2 \text{ mé.L}^{-1}$

Cette unité de concentration ne s'applique plus guère qu'aux «titres» tels que le titre alcalin, le titre hydrotimétrique.... (cf TP)

colonnes périodes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1 H hydrogène 1,0																	4 He hélium 4,0	
2	7 Li lithium 6,9	9 Be béryllium 9,0												12 C carbone 12,0	14 N azote 14,0	16 O oxygène 16,0	19 F fluor 19,0	20 Ne néon 20,2	
3	23 Na sodium 23,0	24 Mg magnésium 24,3												28 Si silicium 28,1	31 P phosphore 31,0	32 S soufre 32,1	35 Cl chlore 35,5	40 Ar argon 39,9	
4	39 K potassium 39,1	40 Ca calcium 40,1	45 Sc scandium 45,0	48 Ti titane 47,9	51 V vanadium 50,9	52 Cr chrome 52,0	55 Mn manganèse 54,9	56 Fe fer 55,8	59 Co cobalt 58,9	58 Ni nickel 58,3	63 Cu cuivre 63,5	64 Zn zinc 65,4	69 Ga gallium 69,7	74 Ge germanium 72,6	75 As arsenic 74,9	80 Se sélénium 79,0	79 Br brome 79,9	84 Kr krypton 83,8	
5	85 Rb rubidium 85,5	88 Sr strontium 87,6	89 Y yttrium 88,9	90 Zr zirconium 91,2	93 Nb niobium 92,9	98 Mo molybdène 95,9	102 Ru ruthénium 101,1	103 Rh rhodium 102,9	106 Pd palladium 106,4	107 Ag argent 107,9	114 Cd cadmium 112,4	115 In indium 114,8	120 Sn étain 118,7	121 Sb antimoine 121,7	127 I iode 126,9	130 Te tellure 127,6	129 Xe xénon 131,3	222 Rn radon (222)	
6	133 Cs césium 132,9	138 Ba baryum 137,3	L	180 Hf hafnium 178,5	181 Ta tantalé 180,9	184 W tungstène 183,8	192 Re rhenium 186,2	197 Os osmium 190,2	195 Pt platine 195,1	197 Au or 197,0	202 Hg mercure 200,6	208 Pb plomb 207,2	209 Bi bismuth 209,0	210 Po polonium (209)	210 At astate (210)				
7	223 Fr francium (223)	226 Ra radium (226)	A	261 Rf rutherfordium (261)	262 Db dubnium (262)	266 Sg seaborgium (266)	269 Bh bohrium (264)	269 Hs hassium (269)	269 Mt meitnerium (268)	269 Uun ununium (269)	272 Uuu ununium (272)	277 Uub ununium (277)							



L = Lanthanides : 57 à 71

139 La lanthane 138,9	140 Ce cérium 140,1	141 Pr praseodyme 140,9	142 Nd néodyme 144,2	146 Pm prométhium (145)	152 Sm samarium 150,4	158 Eu europium 152,0	164 Dy dysprosium 162,5	165 Ho holmium 164,9	166 Er erbium 167,3	169 Tm thulium 168,9	174 Yb ytterbium 173,0	175 Lu lutétium 175,0
--------------------------------	------------------------------	----------------------------------	-------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---------------------------------	--------------------------------

A = Actinides : 89 à 103

227 Ac actinium (227)	232 Th thorium 232,0	231 Pa protactinium 231,0	238 U uranium 238,0	237 Np néptunium (237)	244 Pu plutonium (244)	243 Am américium (243)	247 Cm curium (247)	247 Bk berkélium (247)	251 Cf californium (251)	254 Es einsteinium (254)	257 Fm fermium (257)	258 Md mendelevium (258)	259 No nobélium (259)	260 Lr lawrencium (260)
--------------------------------	-------------------------------	------------------------------------	------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------