

## **LA MATIÈRE**

*Afin d'adapter cette brochure numérique à tous les navigateurs, nous en avons figé les thèmes en sept rubriques : la matière (R-1), la radioactivité (R-2), la radioactivité dans la nature (R-3), les effets des rayonnements et leurs applications (R-4), l'énergie nucléaire et les réacteurs nucléaires (R-5), le cycle du combustible nucléaire (R-6), la radioactivité : une découverte française (R-7).*

**Qu'est-ce que la matière ?**

**Le jeu de construction**

**Le jeu de construction : la classification périodique**

**Atomes et molécules**

**Stabilité et instabilité de la matière**

**Isotopes**

**$E = mc^2$**

**Nom et symbole des éléments**

**Classification périodique**

**Le nombre d'Avogadro**

**Sous-multiples et multiples couramment utilisés**

## QU'EST-CE QUE LA MATIÈRE ?

La matière, celle dont nous sommes constitués, comme celle qui nous entoure, que nous puissions la toucher ou qu'elle se trouve à des millions d'années-lumière d'ici, est organisée comme un jeu de construction. La brique de ce jeu de construction est l'**atome**, constitué d'un **noyau** autour duquel gravitent des **électrons**.

Le **noyau atomique** est lui-même constitué de deux particules qui ont des masses identiques : les nucléons. L'une, chargée d'électricité positive, est le proton. La seconde, électriquement neutre, est le neutron. Les **électrons** qui gravitent autour du noyau ont une charge électrique négative.

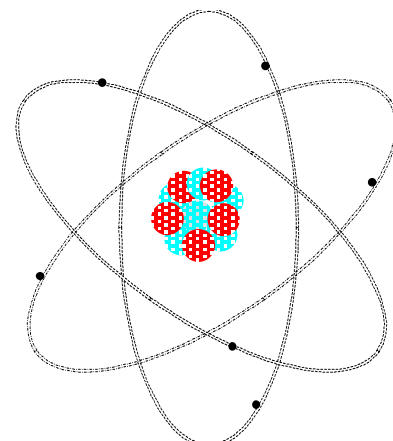
L'électron est très léger, 1830 fois plus léger qu'un nucléon. Il est tellement petit que ses dimensions ne sont toujours pas connues. En quantité, sa charge électrique est égale à celle du proton.

L'atome est électriquement neutre. Cela signifie qu'il possède autant d'électrons (négatifs) que de protons (positifs).

*Les atomes sont extrêmement petits : dans une tête d'épingle se trouvent 60 milliards de milliards d'atomes ! Si on désirait dénombrer les atomes contenus dans cette tête d'épingle, il faudrait près de 2 milliards d'années à condition de compter 1 000 atomes par seconde !*

Déjà, il y a vingt-quatre siècles, Démocrite avait eu l'intuition de cette constitution de la matière, en écrivant :

"Le doux et l'amer, le chaud et le froid, les couleurs ne sont que des apparences. En réalité, il n'y a que les atomes et le vide. Tout ce qui existe résulte des chocs et des combinaisons qui ont lieu entre d'infimes corpuscules insécables, tous faits de la même matière et doués de mouvement, les atomes... Ces atomes sont invisibles".



## LE JEU DE CONSTRUCTION

Les atomes formant les éléments que l'on rencontre dans la nature (le fer, l'aluminium, le chlore, l'hydrogène, l'azote, l'oxygène, l'uranium etc.) se différencient par le nombre de leurs protons (et donc leur nombre d'électrons).

- |                     |                   |                                       |
|---------------------|-------------------|---------------------------------------|
|                     | 7 protons ?       | c'est de l'azote                      |
| 1 proton de moins ? | c'est du carbone. | 1 proton de plus ? c'est de l'oxygène |
|                     | 13 protons ?      | c'est de l'aluminium                  |
|                     | 26 protons ?      | c'est du fer etc..                    |

L'élément le plus léger est l'hydrogène (1 proton) ; l'élément naturel le plus lourd est l'uranium (92 protons).

L'homme a, depuis 80 ans, synthétisé d'autres éléments dont certains ont pu exister, à une certaine époque, sur notre planète mais ont disparu car leur durée de vie était trop courte pour subsister jusqu'à nos jours. En ce début du XXI<sup>e</sup> siècle, on connaît 118 éléments au total. L'annexe I mentionne leur nom et leur symbole chimique (leur "numéro d'ordre" indique en fait le nombre de protons que contient leur noyau). Quatre d'entre eux parmi les derniers éléments (113, 115, 117, 118) ne portent pas de nom car ils n'ont été synthétisés qu'au cours de la dernière décennie.

## LE JEU DE CONSTRUCTION : LA CLASSIFICATION PÉRIODIQUE

Depuis 150 ans, les chimistes ont regroupé les éléments en familles : c'est la *classification périodique*. Les familles se "lisent" en colonnes : par exemple les **halogènes** (famille du fluor F). Les deux lignes horizontales du bas rassemblent chacune 15 éléments : les **lanthanides** (ou **terres rares** : de 57 à 71) et les **actinides** (de 89 à 103). La dernière colonne à droite regroupe les **gaz rares** ; on y retrouve en effet les gaz présents dans l'atmosphère en très petite quantité : l'hélium, le néon, l'argon, le krypton, le xénon.

H 1 élément possédant des isotopes stable(s) et radioactif(s)																He 2																															
Fr 87 élément ne possédant que des isotopes radioactifs																																															
Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10																														
Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18																														
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36																														
Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54																														
Cs 55	Ba 56	<sup>57</sup> La	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86																														
Fr 87	Ra 88	<sup>89</sup> La	Rf 104	Df 105	Sg 106	Bh 107	Hs 108	Mt 109	Ds 110	Rg 111	Cn 112	? 113	Fh 114	? 115	Lv 116	? 117	? 118																														
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td>La 57</td><td>Ce 58</td><td>Pr 59</td><td>Nd 60</td><td>Pm 61</td><td>Sm 62</td><td>Eu 63</td><td>Gd 64</td><td>Tb 65</td><td>Dy 66</td><td>Ho 67</td><td>Er 68</td><td>Tm 69</td><td>Yb 70</td><td>Lu 71</td> </tr> <tr> <td>Ac 89</td><td>Th 90</td><td>Pa 91</td><td>U 92</td><td>Np 93</td><td>Pu 94</td><td>Am 95</td><td>Cm 96</td><td>Bk 97</td><td>Cf 98</td><td>Es 99</td><td>Fm 100</td><td>Md 101</td><td>No 102</td><td>Lr 103</td> </tr> </table>																		La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71	Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103
La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71																																	
Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103																																	

Le **radon** (Rn) est aussi un **gaz rare**, émis par le sol. Il possède la particularité d'être radioactif, ce qui ne l'empêche pas d'être naturel.

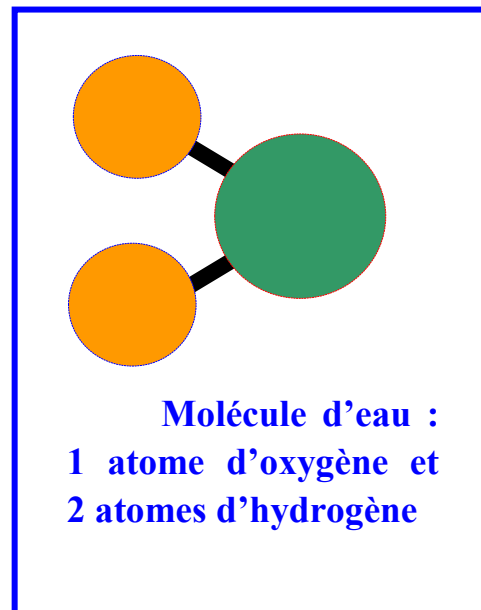
Ces **118 éléments** regroupent les 2 800 atomes différents, stables ou radioactifs, connus à ce jour. Parmi eux, **81 éléments** regroupent des atomes (appelés aussi *isotopes*) **stables et radioactifs**. Les autres (**37 éléments**), *en bleu sur la classification périodique*, ne possèdent que des isotopes radioactifs.

## ATOMES ET MOLÉCULES

Les atomes se combinent entre eux pour former des molécules. Certaines sont simples comme **la molécule d'eau**, composée de trois atomes. D'autres sont très complexes, comme **la molécule d'ADN** composée de milliards d'atomes.

L'étude de tous les échanges possibles entre ces milliers de molécules fait l'objet d'une science : la chimie. Ces échanges ne concernent que les électrons. En aucun cas, une réaction chimique ne perturbe les noyaux des atomes concernés dans ces échanges.

Dans la suite, nous n'allons nous intéresser qu'au noyau de l'atome, entrer ainsi dans le **domaine nucléaire**.

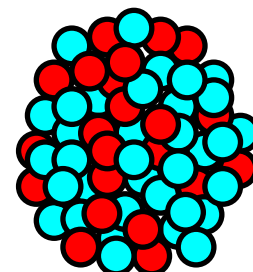


## STABILITÉ ET INSTABILITÉ DE LA MATIÈRE

Les physiciens s'accordent aujourd'hui pour penser que l'univers a été créé, il y a environ 15 milliards d'années, à la suite d'une gigantesque explosion d'énergie. Cette explosion s'appelle le

**Big Bang.**

Une partie de cette fantastique énergie s'est transformée en matière, produisant nucléons et électrons. Les neutrons et protons se sont assemblés pour former les noyaux.



Tous les assemblages de nucléons étaient alors possibles mais...

**la nature ne permet pas de faire n'importe quoi !**

C'est ainsi que sur les 2 800 noyaux connus aujourd'hui, **seuls 264 sont stables**. Les autres (appelés **radioéléments** ou **isotopes radioactifs**) vont revenir vers la stabilité en modifiant leur structure interne (*l'inverse : se transformer pour devenir plus instable est, de façon naturelle, impossible*).

## ISOTOPES

Un noyau, symbolisé par X, stable ou non,

s'écrit ainsi :  $\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} X$

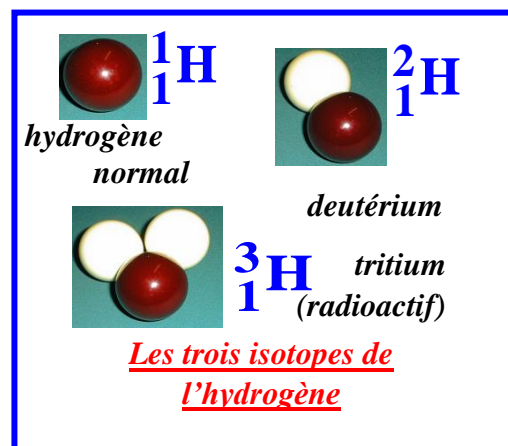
Z : nombre de protons

A : nombre total de nucléons

(neutrons + protons)



+



Les isotopes sont des noyaux qui possèdent un même nombre de protons (**même Z**) mais un nombre de neutrons différent (donc A différent).

Exemple :  ${}^{238}_{92}\text{U}$  (**uranium-238**), possède 92 protons et 146 neutrons, son isotope  ${}^{235}_{92}\text{U}$  (**uranium-235**) possède 92 protons (puisque c'est de l'uranium !) et 143 neutrons. Ils ont les mêmes **propriétés chimiques** (même nombre d'**électrons**) mais pas les mêmes propriétés nucléaires : **sous l'impact d'un neutron, l'isotope 235 fissionne facilement mais pas le 238.**

## $E = mc^2$

Cette relation due à Albert Einstein (1905), est appelée « **relation masse-énergie** ». Elle traduit en effet l'équivalence entre la masse (**m**) et l'énergie (**E**) par l'intermédiaire du carré de la vitesse (**c<sup>2</sup>**) de la lumière dans le vide soit **300 millions de mètres par seconde**.

Ainsi, de la **masse** peut se transformer en **énergie**, de l'**énergie** se transformer en **masse** (nous avons les preuves expérimentales de ces transformations dans les deux sens). Compte tenu de la valeur très élevée de **c<sup>2</sup>** (**90 millions de milliards**) une **infime** quantité de masse correspond à une **grande** quantité d'énergie.

Par exemple, une masse de **1 gramme** a pour équivalent énergétique **90 000 milliards de joules** (*le joule est l'unité officielle dans laquelle s'exprime la quantité d'énergie*). Comme un kilowattheure (kWh) vaut 3 600 000 joules, **une masse de 1 gramme correspond à une énergie de 25 millions de kWh** (soit la consommation électrique annuelle d'une ville de 15 000 habitants).

## NOM ET SYMBOLE DES ÉLÉMENTS

1	H	Hydrogène	41	Nb	Niobium	81	Tl	Thallium
2	He	Hélium	42	Mo	Molybdène	82	Pb	Plomb
3	Li	Lithium	43	Tc	Technétium	83	Bi	Bismuth
4	Be	Béryllium	44	Ru	Ruthénium	84	Po	Polonium
5	B	Bore	45	Rh	Rhodium	85	At	Astate
6	C	Carbone	46	Pd	Palladium	86	Rn	Radon
7	N	Azote	47	Ag	Argent	87	Fr	Francium
8	O	Oxygène	48	Cd	Cadmium	88	Ra	Radium
9	F	Fluor	49	In	Indium	89	Ac	Actinium
10	Ne	Néon	50	Sn	Étain	90	Th	Thorium
11	Na	Sodium	51	Sb	Antimoine	91	Pa	Protactinium
12	Mg	Magnésium	52	Te	Tellure	92	U	Uranium
13	Al	Aluminium	53	I	Iode	93	Np	Neptunium
14	Si	Silicium	54	Xe	Xénon	94	Pu	Plutonium
15	P	Phosphore	55	Cs	Césium	95	Am	Américium
16	S	Soufre	56	Ba	Baryum	96	Cm	Curium
17	Cl	Chlore	57	La	Lanthane	97	Bk	Berkélium
18	Ar	Argon	58	Ce	Cérium	98	Cf	Californium
19	K	Potassium	59	Pr	Praséodyme	99	Es	Einsteinium
20	Ca	Calcium	60	Nd	Néodyme	100	Fm	Fermium
21	Sc	Scandium	61	Pm	Prométhéum	101	Md	Mendélévium
22	Ti	Titane	62	Sm	Samarium	102	No	Nobélium
23	V	Vanadium	63	Eu	Europium	103	Lr	Lawrencium
24	Cr	Chrome	64	Gd	Gadolinium	104	Rf	Rutherfordium
25	Mn	Manganèse	65	Tb	Terbium	105	Db	Dubnium
26	Fe	Fer	66	Dy	Dysprosium	106	Sg	Seaborgium
27	Co	Cobalt	67	Ho	Holmium	107	Bh	Bohrium
28	Ni	Nickel	68	Er	Erbium	108	Hs	Hassium
29	Cu	Cuivre	69	Tm	Thulium	109	Mt	Meitnerium
30	Zn	Zinc	70	Yb	Ytterbium	110	Ds	Darmstadtium
31	Ga	Gallium	71	Lu	Lutécium	111	Rg	Röntgenium
32	Ge	Germanium	72	Hf	Hafnium	112	Cn	Copernicium
33	As	Arsenic	73	Ta	Tantale	113		
34	Se	Sélénium	74	W	Tungstène	114	Fl	Flerovium
35	Br	Brome	75	Re	Rhénium	115		
36	Kr	Krypton	76	Os	Osmium	116	Lv	Livermorium
37	Rb	Rubidium	77	Ir	Iridium	117		
38	Sr	Strontium	78	Pt	Platine	118		
39	Y	Yttrium	79	Au	Or			
40	Zr	Zirconium	80	Hg	Mercure			

# CLASSIFICATION PÉRIODIQUE

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">H 1</div> <div>élément possédant des isotopes stable(s) et radioactif(s)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">He 2</div> </div>																	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Fr 87</div> <div>élément ne possédant que des isotopes radioactifs</div> </div>																	
Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
Cs 55	Ba 56	<sup>57</sup> <sub>a</sub> 71	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
Fr 87	Ra 88	<sup>89</sup> <sub>a</sub> 103	Rf 104	Db 105	Sg 106	Bh 107	Hs 108	Mt 109	Ds 110	Rg 111	Cn 112	? 113	Fl 114	? 115	Lv 116	? 117	? 118
La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71			
Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103			

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">H 1</div> <div>élément possédant des isotopes stable(s) et radioactif(s)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">He 2</div> </div>																	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Fr 87</div> <div>élément ne possédant que des isotopes radioactifs</div> </div>																	
Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
Cs 55	Ba 56	<sup>57</sup> <sub>a</sub> 71	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
Fr 87	Ra 88	<sup>89</sup> <sub>a</sub> 103	Rf 104	Db 105	Sg 106	Bh 107	Hs 108	Mt 109	Ds 110	Rg 111	Cn 112	? 113	Fl 114	? 115	Lv 116	? 117	? 118
La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71			
Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103			

**Actinides**

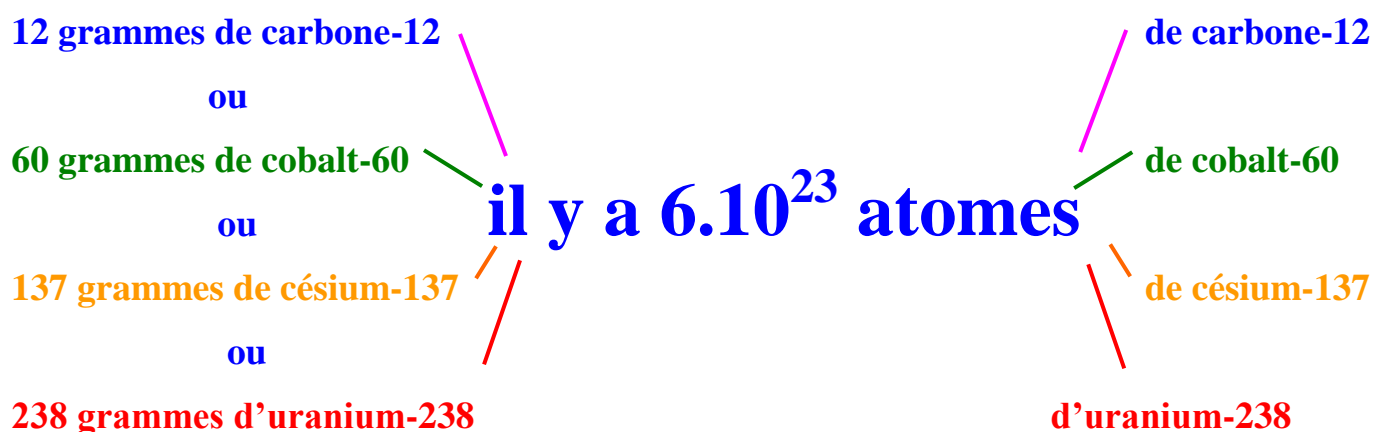
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">H 1</div> <div>élément possédant des isotopes stable(s) et radioactif(s)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">He 2</div> </div>																	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Fr 87</div> <div>élément ne possédant que des isotopes radioactifs</div> </div>																	
Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
Cs 55	Ba 56	<sup>57</sup> <sub>a</sub> 71	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
Fr 87	Ra 88	<sup>89</sup> <sub>a</sub> 103	Rf 104	Db 105	Sg 106	Bh 107	Hs 108	Mt 109	Ds 110	Rg 111	Cn 112	? 113	Fl 114	? 115	Lv 116	? 117	? 118
La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71			
Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103			

**gaz rares**

## LE NOMBRE D'AVOGADRO

Il existe un lien entre l'échelle atomique, infiniment petite et le monde qui nous entoure, que nous pouvons estimer, mesurer, peser... . Ce lien est  $N$  appelé le **nombre d'Avogadro** (Amadeo Avogadro 1776 – 1856).

Ce nombre  $N$  vaut  $6.10^{23}$  c'est-à-dire 6 suivi de 23 zéros ! ou encore 600 000 milliards de milliards ! Ainsi dans :



C'est un nombre considérable. Pour dénombrer  $6.10^{23}$  atomes, supposant qu'il soit possible d'en compter **1 milliard** par seconde, il faut près de **20 millions** d'années.

## SOUS-MULTIPLES ET MULTIPLES COURAMMENT UTILISÉS

### Sous-multiples

milli-	1 millième	$10^{-3}$	(symbole m-)
micro-	1 millionième	$10^{-6}$	(symbole $\mu$ -)
nano-	1 milliardième	$10^{-9}$	(symbole n-)

exemples : 1 nanocurie (nCi), 1 microsievert ( $\mu$ Sv),  
1 milligray (mGy)

### Multiples

kilo-	mille	$10^3$	(symbole k-)
méga-	million	$10^6$	(symbole M-)
giga-	milliard	$10^9$	(symbole G-)
téra-	mille milliards	$10^{12}$	(symbole T-)

exemples : 1 térabecquerel (1 TBq) vaut 27 curies

1 curie correspond à 37 gigabecquerels (37 GBq)

Un réacteur nucléaire de Paluel a une puissance électrique de 1 300 mégawatts (1 300 MW ou encore 1 300 MWe).