

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAÏD

FACULTE DE MEDECINE



جامعة أبو بكر بلقايد

كلية الطب

**Dr.M.Benaouda**

Cours de Biophysique Médicale

# Grandeurs physiques et Structure de la matière

# **Partie physico-chimique ( médecine moléculaire et cellulaire )**

- Notions générales sur les états de la matière (liquides, gaz, solutions)
- Généralités sur l'énergie et ses différentes formes, interactions interatomiques et intermoléculaires.
- 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> principe de la Thermodynamique, potentiel chimique
- Changement d'état, pression de vapeur.

-Propriétés générales des solutions micro et macro moléculaires : Propriétés colligatives, phénomène d'osmose (pression osmotique), cryoscopie, ébulliométrie. Propriétés électriques, propriétés optiques.

- Principe de régulation du milieu intérieur et des espaces hydriques (compartiments liquidiens)

- Transport passif, transport facilité et actif des solutés

( Diffusion en phase liquide (1ere Loi de Fick, 2eme loi de Fick))

## **Applications médicales des transports passifs à travers les membranes biologiques**

- Diffusion d'une molécule (médicament- traceur)
- Filtration et diffusion, Epuration extra- rénale

# Objectifs généraux

## Organisation des appareils et des systèmes

1. Comprendre les processus physiques à la base des différentes méthodes d'imagerie et d'exploration fonctionnelle.
2. Connaître les bases physiques et physiologiques utiles à la compréhension des échanges et au maintien des équilibres au sein de l'organisme

# **1. États de la matière et leur caractérisation**

- Liquides, gaz, solutions, Mécanique des fluides (statique des fluides)
  - Potentiel chimique
  - Changements d'état, pression de vapeur
  - Propriétés colligatives: osmose, cryométrie, ébulliométrie
- Régulation du milieu intérieur et des espaces hydriques et thermorégulation

**2.Méthodes d'étude en électrophysiologie (l'ECG,EMG,PEV ,PEA,...**

**3.Les très basses fréquences du spectre électromagnétique**

**4.Le domaine de l'optique**

**5.Rayons X et gamma**

# **LES ETATS DE LA MATIERE**

Interactions fondamentales

Etats de la matière et changements d'état

## **AGITATION THERMIQUE ET PROPAGATION DE LA CHALEUR**

- Notion de température et chaleur
- Propagation de la chaleur

## **EQUATIONS FONDAMENTALES ET THÉORIES ASSOCIÉES AU FLUIDES**

Equation fondamentale de la statique des fluides incompressibles

Théorie des gaz parfaits

# **PROPRIÉTÉS COLLIGATIVES**

- Solutions et propriétés colligatives: définitions
- Expressions des concentrations des solutions
- Compléments, exemples et applications

# Structure de la matière et les états de la matière

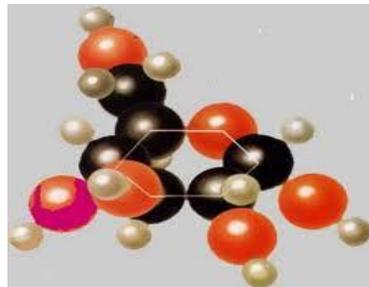
**I-Généralités**

**II-Grandeurs et unités physiques**

**III- Structure et caractéristiques de l'atome**

## I-Généralités

- Quelque soit son état, solide , liquide ou gazeux , il est reconnu que la matière est constituée de substances résultent de l'association de molécules , identiques pour le corps purs ou différentes pour les corps composés .
- Les molécules sont elles mêmes obtenues par la réunion de plusieurs **atomes**, identiques ou non.



L'atome représente la plus petite quantité d'un élément chimique ( entité indissociable).

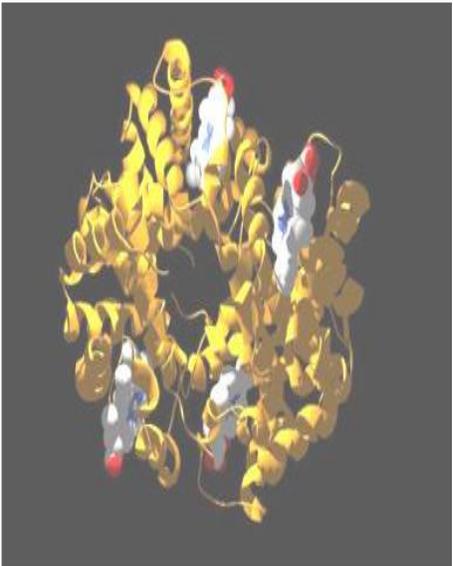
La structure atomique de la matière n'a été révélé qu'au début du 20 ème siècle par notamment

**Dalton (1803) , AVOGADRO (1811),FARADY (1833)**

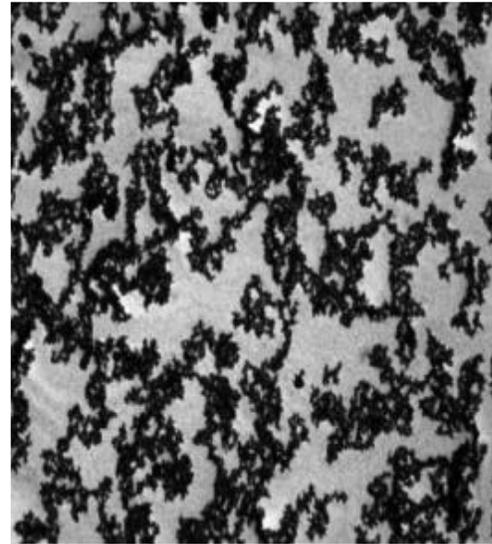
**RUTHERFORD (1911) ,BOHR (1913),SCHRODINGER (1925)**

# Les différents types des interactions

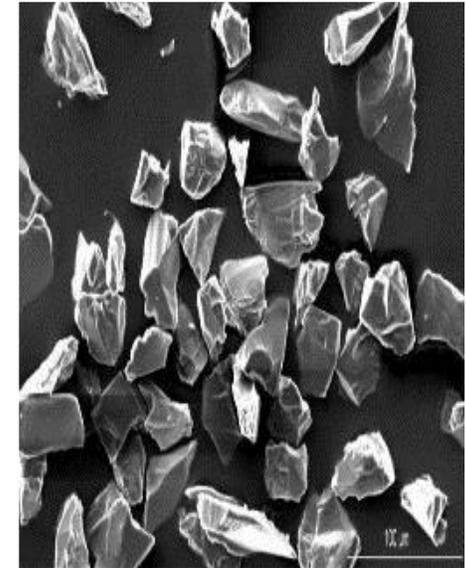
## Taille et échelle d'observation



Molécules ~ 0,1 nm -1 nm



Macromolécules ~ 1-10 nm



Colloïdes ~ 10 nm -1  $\mu$ m



Grains  $> 1 \mu\text{m}$



Être humain  $\sim 1 \text{ m}$



Galaxie

## Les différents types des interactions

## **II-Grandeurs et unités physiques en pratique médicale**

Le système de mesure est le système international définissent 07 unités de base :

mètre , Kg et le mole , le second, et l'ampère (courant électrique), le kelvin ( température thermodynamique) , candela (intensité lumineuse)

Unité de longueur est adapté aux dimensions de l'atome ; en effet le diamètre de l'atome est de l'ordre de  $10^{-10}\text{m}=1\text{A}^\circ$  (Angstrom)

Le diamètre de noyau est de  $10^{-15}\text{m}=1\text{Fermi}(\text{fm})$

.

	Nom	Symbole
<b>Longueur</b>	Mètre	M
	Micron	$\mu$
	Angstrom	$\text{A}^\circ$
	Fermi	fm
<b>Masse</b>	Kilogramme	Kg
<b>Temps</b>	Seconde	S
<b>Courant électrique</b>	Ampère	A

En pratique médicale , le paramètre de la taille occupe une grande place pour mesurer toute la matière de l'organisme par l'utilisation des moyens technologiques.

Par exemple sur une image scannographie ou échographique on mesure la taille d'une **métastase** au niveau d'un organe le foie par exemple , **formation nodulaire au niveau** de la glande thyroïdienne par mesure échographique , la taille **d'un fœtus** sur échographie gynécologique , échographie cardiaque mesurer la surface **des valves cardiaques**.

# Masse

La masse d'un corps désigne la quantité de matière.

Unité de masse atomique (uma) a pour valeur le 12 ème de la masse de l'atome de carbone 12  
c'est-à-dire  $1 \text{ uma} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g}$

Comme une mole d'atome de carbone 12 a pour masse 12g

$N = 6,023 \cdot 10^{23}$  nombre d'atome ou de molécules contenues dans une mole ( nombre d'Avogadro).

La masse d'atome de carbone 12 est en conséquence exactement de 12uma. Tandis que celle d'hydrogène est de 1,007825 uma et celle d'oxygène 16 est de 15,99491uma

En pratique médicale: dosage des substances dans le sang et dans les liquides.

on utilise la balance pour prendre le poids des patients .

Indice de Masse Corporelle (IMC) est calculé en divisant le poids par la taille au carré . Il est défini par l'OMS ( organisation mondiale de la santé ) comme le standard permettant d'identifier les problèmes de poids. ne peut pas être utilisée pour les femmes enceintes , personnes musclées .

IMC (Kg/M2)	Interprétation d'après l'OMS
Moins de 16,5	Dénutrition
16,5-18,5	Maigreur
18,5-25	normal
25-30	surpoids
30-35	Obésité modérée
35-35	Obésité sévère
Plus de 40	Obésité morbide ou massive

# Force

Toute cause capable de déformer un corps ou de modifier son mouvement , sa vitesse et sa direction.

C'est le produit de la masse d'un corps par l'accélération qu'il subit.

$$\mathbf{F} = m\gamma$$

$$\text{Newton} = \text{Kg.m/s}^2$$

$\gamma$  : accélération

# Vitesse et le temps

Les particules peuvent atteindre des valeurs très élevées et approcher celle de la lumière dans le vide .

$$C=3.10^8\text{m/s}$$

Le temps ( seconde) exemples :

- les produits radioactifs ( phénomène de la désintégration nucléaire ).
- Filtration urinaire calcul de la concentration urinaire d'une substance par unité de temps.
- Nombre de battements de cœur par unité de temps .

# Charge et champ

La charge est la quantité d'électricité qui peut être positive ou négative .

Deux charges de signe contraire s'attirent alors qu'elles se repoussent

Lorsqu'elles sont de même signe .

Unité c' est le coulomb

Le champ est une région de l'espace ou se manifeste un système de forces , ces forces s'exercent selon des lignes .

Les lignes de forces sont des droites issues de la charge.

Champ électrostatique :

Une charge  $q_0$  immobile crée autour d'elle un champ électrique  $\vec{E}$  *qui est* un vecteur passant par la source et exerçant sur une autre charge électrique qu'une force :

$$\mathbf{F} = \pm q\mathbf{E}$$

Champ et induction magnétique :

Lorsqu'une charge électrique est animée d'une vitesse constante elle crée en plus de champ électrostatique un champ magnétostatique  $\vec{H}$  dont les forces sont orientées perpendiculairement à son déplacement et en vecteur  $\vec{E}$

Une charge électrique tournant sur elle-même engendre un champ magnétostatique dont les lignes de forces sont dirigées selon l'axe de rotation .

L'induction magnétique  $\vec{B}$  est la manifestation du champ magnétique dans un milieu déterminé, elle est proportionnelle à  $\vec{H}$  et à un coefficient caractéristique de la matière appelé coefficient de perméabilité magnétique ( $\mu$ ).

$$\vec{B} = \mu \cdot \vec{H}$$

L'induction magnétique s'exprime en Tesla et exerce sur un aimant (ou un autre champ magnétique).

## Champ gravitationnel

Deux masses sous la forme d'une force attractive dirigée selon la droite qui les relie , cette force s'exerce dans un espace qui définit la gravitation .

$$\vec{F} = m \vec{g}$$

$F = gm$   $g$  est une constante de pesanteur

Force attractive gravitationnelle

# Energie

L'énergie est un système capable de fournir un travail

Les unités utilisées : joule ou  $N/m^2$ , electro-volt , calorie...

Les formes de l'énergie :

Energie mécanique :c'est le travail defini par le produit d'une force par la longueur du déplacement de son point d'application :

$$\mathbf{W}=\mathbf{Fdl} \text{ ou selon un angle } \mathbf{\Theta}=\mathbf{Fdlcos}\mathbf{\Theta}$$

**Energie cinétique moléculaire ( liée à l'agitation thermique):**

$$W=1/2 mv^2$$

**Energie électrique** (potentielle) on appelle l'énergie potentielle électrique que possède une charge en fonction de sa position dans le champ électrique son unité est le volt

L'énergie électrique est celle qui est acquise par une charge électrique  $q$  soumise à une différence de potentiel  $U$ .

$$\mathbf{W=qU}$$

$U$ : différence de potentiel

$q$ : quantité d'électricité

**Un electrovolt (ev)** correspond à l'énergie cinétique acquise par un électron soumise à une différence de potentiel de 1 volt.

$$1\text{ev}=1,6\cdot 10^{-19}\text{joule}$$

$$\text{Le kiloelectrovolt (kev)} = 10^3\text{ev}$$

$$\text{Le mega.....(Mev)} = 10^6\text{ev}$$

$$\text{Le giga.....(Gev)} = 10^9\text{ ev}$$

Une autre forme d'énergie rayonnante non liée à la matière exemple :

Les rayonnements électromagnétiques .

Relation masse –énergie / d'Einstein

La relativité

La masse d'un corps est animée d'une vitesse  $v$  n'est pas une constante varie suivant l'expression

: 
$$\mathbf{m} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - B^2}}$$
  $m_0$ :masse de repos

$B = v/c$   $v$  : vitesse de la particule et  $C$  c'est la vitesse de la lumière .

A chaque fois il y a accélération ou décélération d'une particule c est à dire soumise à une force, il y a équivalence entre la variation d'énergie cinétique de la particule et sa variation de sa masse.

$$\Delta E_c = \Delta m c^2 \quad E_c = c^2 \int dm = (m - m_0) c^2$$

Donc 1uma correspond à 931,5Mev

### III- Structure et caractéristiques de l'atome

L'atome est une entité indissociable, est constitué par un noyau central chargé positivement de très petite dimension et un cortège électronique qui occupe un volume relativement beaucoup plus grand

L'atome est  $10^5$  fois plus grand que son noyau central

- ▶ Toute la masse de l'atome est concentrée au niveau du noyau
- ▶ L'atome est électriquement neutre (charges - = charges +)

Le noyau. Il contient lui même des grains toujours plus petits : les protons et les neutrons.

Les protons possèdent une charge électrique positive, les neutrons sont neutres électriquement, comme leur nom l'indique. Mais ce n'est pas fini : si on continue de zoomer sur ces grains, on trouve dedans d'autres grains encore plus petits : ce sont les fameux quarks.

- Jusqu'à présent, on pense que les quarks sont des particules dites élémentaires, c'est-à-dire qui ne peuvent pas être coupés en "grains plus petits".
- La théorie des quarks a été formulée par le physicien [Murray Gell-Mann](#), qui s'est vu attribuer le [prix Nobel de physique](#) en 1969.



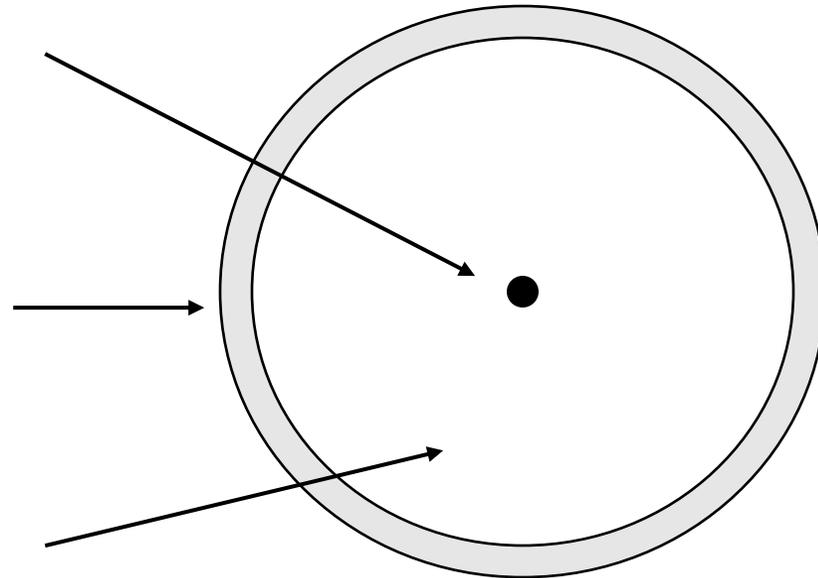
**L'interaction forte** est responsable du confinement des protons et des neutrons dans les noyaux atomiques.

Il existe 6 sortes de quarks : ils portent les noms anglais "up", "down", "top", "bottom", "strange" et "charmed".

Les quarks possèdent trois caractéristiques : la charge électrique (qui est fractionnaire :  $1/3$  ou  $2/3$  de la charge d'un proton, ex.  $+2/3$  pour "up" et  $-1/3$  pour "down"), la "charge faible" ou "saveur" (rien à voir avec la saveur de la nourriture !) qui est responsable de l'interaction faible (une des 4 forces fondamentales de l'univers), Par ailleurs, il existe des quarks d'antimatière appelés "anti-quarks".

Quark	Nom	Fraction de charge électrique élémentaire
d	<u><i>Down</i></u> (Bas)	-1/3
u	<u><i>Up</i></u> (Haut)	+2/3
s	<u><i>Strange</i></u> (Étrange)	-1/3
c	<u><i>Charm</i></u> (Charme)	+2/3
b	<u><i>Bottom</i></u> (dessous), <i>Beauty</i> (Beauté)	-1/3
t	<u><i>Top</i></u> (dessus), <i>Truth</i> (Vérité)	+2/3

- **un noyau central** ( $10^{-15}$  m soit 100 000 fois plus petit que l'atome)
- **des électrons** répartis en couches autour du noyau ( $10^{-10}$  m)
- **du vide.** (la structure de la matière est essentiellement lacunaire)

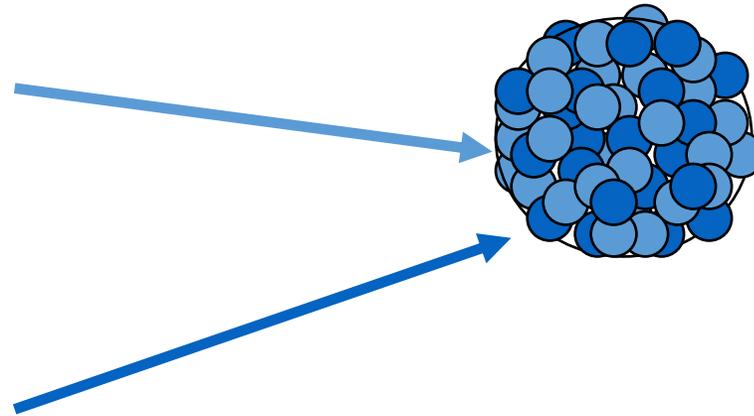


## II. Le noyau

### 1- Constitution.

- Le noyau est constitué

- de **protons**  
particules chargées  
positivement



- de **neutrons**  
Particules électriquement neutres.

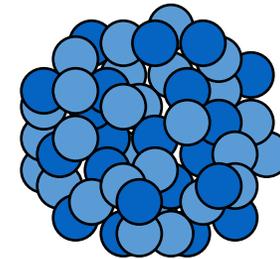
- Ces particules (protons et neutrons) sont appelées des **nucléons**.

## II. Le noyau

### 2 - Symbole du noyau.

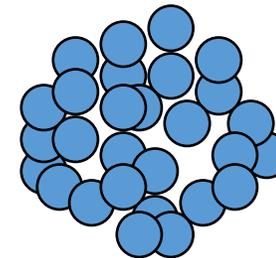
Le nombre de nucléons d'un noyau est représenté par la lettre **A**.

**A** est aussi appelé **nombre de masse**.



Le nombre de charges d'un atome ou le nombre de protons que contient le noyau est représenté par la lettre **Z**.

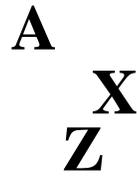
**Z** est aussi appelé **numéro atomique**.



Le nombre de neutrons  $N$  dans un noyau vaut donc

$$N = A - Z$$

Le noyau d'un atome de symbole chimique  $X$  est représenté  
par



## Application 1

- Compléter le tableau

<b>Nom</b>	<b>Symbole</b>	<b>Nombre de protons</b>	<b>Nombre de neutrons</b>	<b>Nombre de nucléons.</b>
<b>Zirconium</b>	${}_{40}^{91}\text{Zr}$			
<b>Hydrogène</b>	${}_{1}^{1}\text{H}$			
<b>Cobalt</b>	${}_{27}^{59}\text{Co}$			

## Application 1

- *Correction*

<b>Nom</b>	<b>Symbole</b>	<b>Nombre de protons</b>	<b>Nombre de neutrons</b>	<b>Nombre de nucléons.</b>
<b>Zirconium</b>	${}_{40}^{91}\text{Zr}$	40	51	91
<b>Hydrogène</b>	${}_{1}^{1}\text{H}$	1	0	1
<b>Cobalt</b>	${}_{27}^{59}\text{Co}$	27	32	59

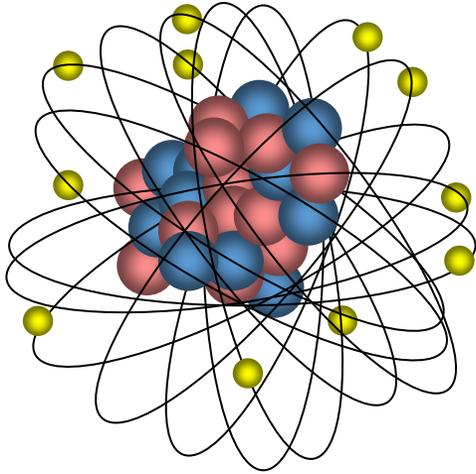
### III- Les électrons

1- Qu'est ce qu'un électron?

- L'électron est une particule **chargée d'électricité négative**.
- Sa charge électrique est la plus petite charge possible *qu'une particule peut posséder*. **On parle de la charge élémentaire notée  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$**  (C pour coulomb : unité de la charge électrique).  **$q$  (charge d'un électron) = - e**
- La masse d'un électron est extrêmement petite :

$$m_{e^-} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

Exemple de l'atome de SODIUM.



De combien de particules  
est-il constitué ?

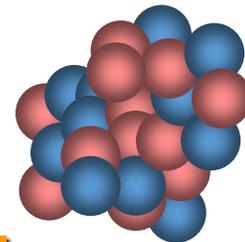
11 électrons

11 Protons

12 Neutrons

Total

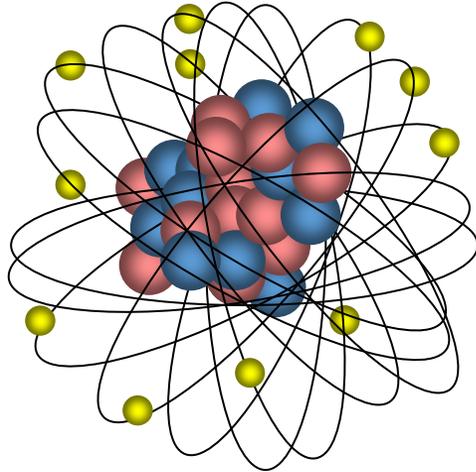
Noyau



:

**23**

# Comment peut-on résumer ces informations ?



L'atome de sodium

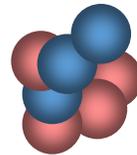
a pour symbole **Na** du latin natrium

**11 électrons**

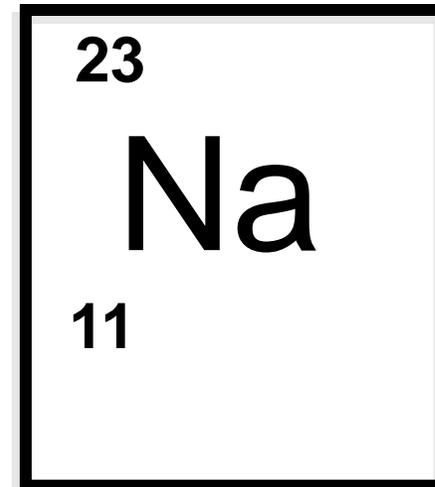
**11 Protons**

**12 Neutrons**

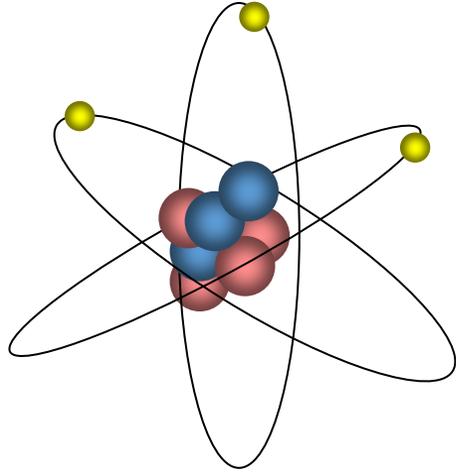
Noyau :



**23**



:

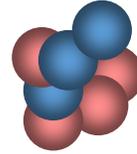


3 électrons

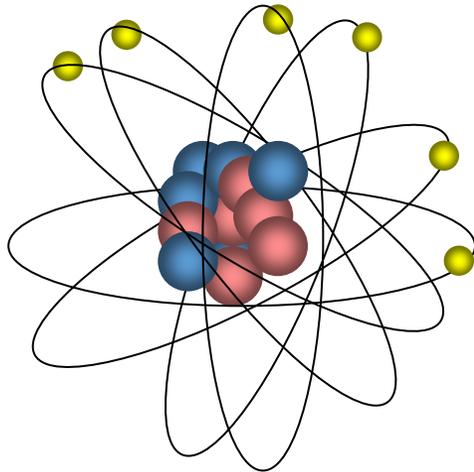
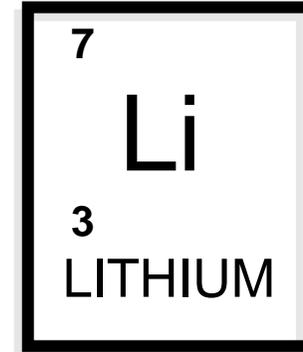
3 Protons

4 Neutrons

Noyau :



7



6 électrons

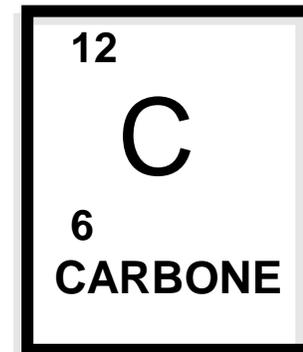
6 Protons

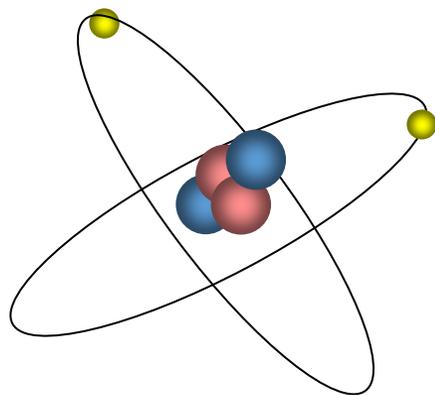
6 Neutrons

Noyau :



12



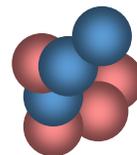


2 électrons

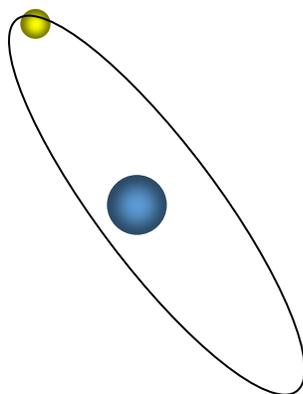
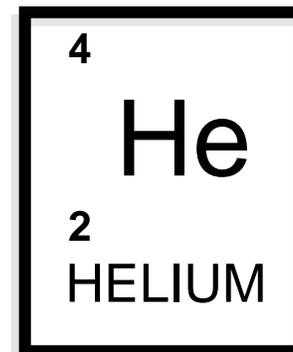
2 Protons

2 Neutrons

Noyau :



4



1 électrons

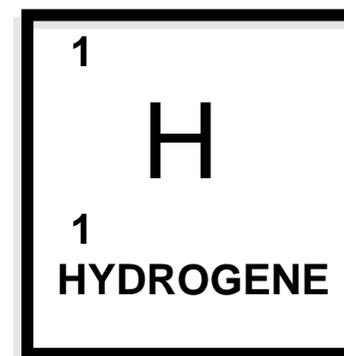
1 Protons

0 Neutrons

Noyau :



1



# On classe les atomes dans un tableau appelé Tableau Périodique des Eléments

I												III						IV	V	VI	VII	VIII			
1 <b>H</b> 1 Hydrogène 1,01																			4 <b>He</b> 2 Hélium 4						
7 <b>Li</b> 3 Lithium 6,94	9 <b>Be</b> 4 Béryllium 9,01																			11 <b>B</b> 5 Bore 10,8	12 <b>C</b> 6 Carbone 12	14 <b>N</b> 7 Azote 14	16 <b>O</b> 8 Oxygène 16	19 <b>F</b> 9 Fluor 19,0	20 <b>Ne</b> 10 Néon 20,2
23 <b>Na</b> 11 Sodium 23	24 <b>Mg</b> 12 Magnésium 24,3																			27 <b>Al</b> 13 Aluminium 27	28 <b>Si</b> 14 Silicium 28,1	31 <b>P</b> 15 Potassium 31	32 <b>S</b> 16 Soufre 32,1	35 <b>Cl</b> 17 Chlore 35,5	40 <b>Ar</b> 18 Argon 39,9
39 <b>K</b> 19 Potassium 39,1	40 <b>Ca</b> 20 Calcium 40,1	45 <b>Sc</b> 21 Scandium 45	48 <b>Ti</b> 22 Titane 47,9	51 <b>V</b> 23 Vanadium 50,9	52 <b>Cr</b> 24 Chrome 52	55 <b>Mn</b> 25 Manganèse 54,9	56 <b>Fe</b> 26 Fer 55,8	59 <b>Co</b> 27 Cobalt 58,9	58 <b>Ni</b> 28 Nickel 58,7	63 <b>Cu</b> 29 Cuivre 63,5	64 <b>Zn</b> 30 Zinc 9,01	69 <b>Ga</b> 31 Gallium 69,7	74 <b>Ge</b> 32 Germanium 72,6	75 <b>As</b> 33 Arsenic 74,9	80 <b>Se</b> 34 Sélénium 79	79 <b>Br</b> 35 Brome 79,9	84 <b>Kr</b> 36 Krypton 83,6								
85 <b>Rb</b> 37 Rubidium 85,5	88 <b>Sr</b> 38 Strontium 87,6	89 <b>Y</b> 39 Yttrium 88,9	90 <b>Zr</b> 40 Zirconium 91,2	93 <b>Nb</b> 41 Niobium 92,9	98 <b>Mo</b> 42 Molybdène 95,9	99 <b>Tc</b> 43 Technétium 95,9	102 <b>Ru</b> 44 Ruthénium 101,1	103 <b>Rh</b> 45 Rhodium 101,1	106 <b>Pd</b> 46 Palladium 106,4	107 <b>Ag</b> 47 Argent 107,9	114 <b>Cd</b> 48 Cadmium 112,4	115 <b>In</b> 49 Indium 114,8	120 <b>Sn</b> 50 Etain 118,7	121 <b>Sb</b> 51 Antimoine 121,8	130 <b>Te</b> 52 Tellure 127,6	127 <b>I</b> 53 Iode 126,9	129 <b>Xe</b> 54 Xénon 131,3								

Nombre de masse : **A** → A  
 Symbole → **X**  
 Numéro atomique : **Z** → Z  
**M** ← M : Masse molaire (g/mol)

# CLASSIFICATION PÉRIODIQUE SIMPLIFIÉE

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Hydrogène ${}^1_1H$							Hélium ${}^4_2He$
Lithium ${}^7_3Li$	Béryllium ${}^9_4Be$	Bore ${}^{11}_5B$	Carbone ${}^{12}_6C$	Azote ${}^{14}_7N$	Oxygène ${}^{16}_8O$	Fluor ${}^{19}_9F$	Néon ${}^{20}_{10}Ne$
Sodium ${}^{23}_{11}Na$	Magnésium ${}^{24}_{12}Mg$	Aluminium ${}^{27}_{13}Al$	Silicium ${}^{28}_{14}Si$	Phosphore ${}^{31}_{16}P$	Soufre ${}^{32}_{16}S$	Chlore ${}^{35}_{17}Cl$	Argon ${}^{40}_{18}Ar$
Potassium ${}^{39}_{19}K$	Calcium ${}^{40}_{20}Ca$						

