

# Chimie I: Chimie Générale



SCIENCES DE LA  
VIE ET DE LA TERRE



**Shop**



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



**Etudier**



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



**Emploi**



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

# *Chapitre 1*

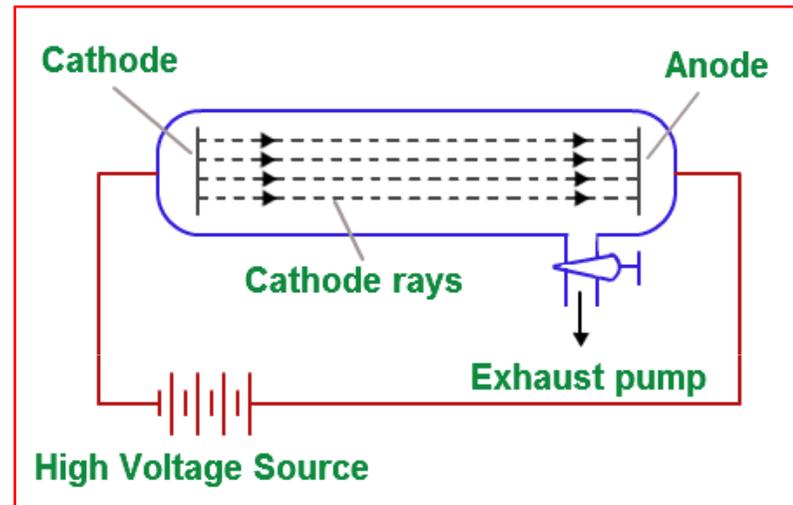
# ATOMISTIQUE

## *I- Découvertes des particules fondamentales*

- **Au IVème siècle avant J.C.:**  
Les grecs ont inventé le mot "a-tomos" qui signifie "indivisible".
- **1875 –1910 Thomson, Rutherford, ...** ont montré que l'atome n'est pas le dernier constituant de la matière, il est formé lui-même d'autres types de particules.

## J. Thomson (prix Nobel en 1906):

✓ Existence des électrons,



✓ valeur du **rapport charge/masse** de l'électron.

L'électron est une particule légère et porte  
une charge négative.

## Ernest Rutherford (prix Nobel en 1908):

Noyau contient deux types de particules:

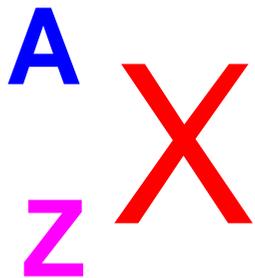
- **Le proton** : Porte une charge positive (+e), et une masse environ 1836 fois celle de l'électron.
- **Le neutron** : électriquement neutre avec une masse très voisine de celle du proton.

Les protons et les neutrons sont appelés **nucléons** et constituent le noyau de l'atome.

## Masse et charge électrique des proton, neutron et électron.

	<b>Proton</b>	<b>Neutron</b>	<b>Electron</b>
<b>Masse (Kg)</b>	$1,6724 \cdot 10^{-27}$	$1,6747 \cdot 10^{-27}$	$0,911 \cdot 10^{-30}$
<b>Charge (C) (Coulomb)</b>	$+1,60219 \cdot 10^{-19}$	0	$-1,60219 \cdot 10^{-19}$

Avec ces trois particules fondamentales : électron, proton et neutron, l'atome est représenté comme suit:



**X:** Symbole chimique (H, C, O, ...)

**Z:** Numéro atomique: c'est le nombre de charge élémentaire contenu dans le noyau (nombre de proton)

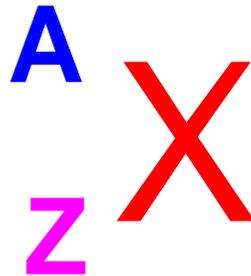
**A:** Nombre de masse: nombre de nucléons (protons + neutrons)

Z

N

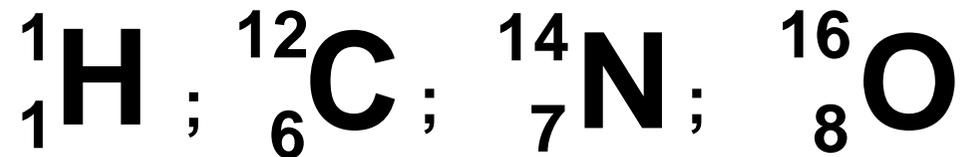
## L'atome est électriquement neutre

Un atome contenant Z protons contiendra donc Z électrons



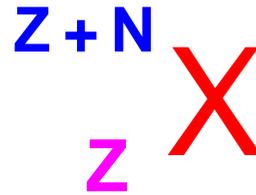
$$A = Z + N$$

Exemples :



## Nucléide:

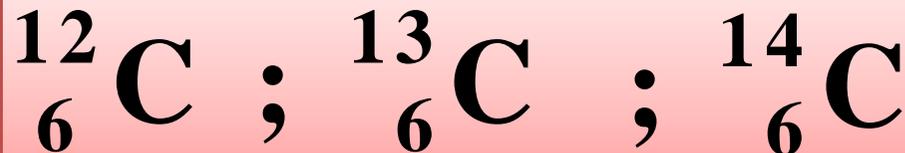
Atome caractérisé par : **Z** (*protons*) et **N** (*neutrons*).



## Isotopes:

Sont des nucléides avec même numéro atomique **Z** mais un nombre de neutrons N différent.

Exemple :



Les éléments naturels sont presque toujours des mélanges d'isotopes.

*Exemples :*

L'hydrogène naturel contient:

99,985 % de  ${}^1_1\text{H}$

0,015 % de  ${}^2_1\text{H}$  Deutérium

$1 \cdot 10^{-7}$  % de  ${}^3_1\text{H}$  Tritium

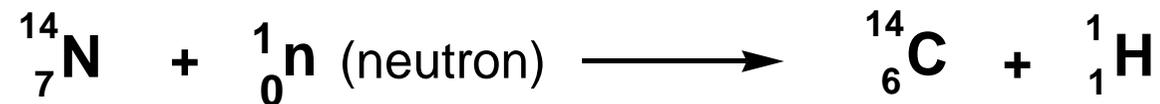
L'oxygène naturel contient:

99,76 % de  ${}^{16}_8\text{O}$  , 0,04 % de  ${}^{17}_8\text{O}$  Et 0,20 % de  ${}^{18}_8\text{O}$

**Certains isotopes naturels sont stables, d'autres sont radioactifs.**

*Il existe environ 300 nucléides (300 types d'atomes) naturels dans l'univers, et un millier ont été fabriqués artificiellement par des réactions nucléaires (qui ne sont pas des réactions chimiques).*

Exemple:



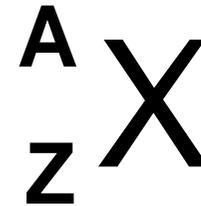
**On utilise les isotopes radioactifs dans diverses applications:**

- **datation des fossiles par le  ${}^{14}\text{C}$ ,**
- **Médecine, l'iode  ${}^{131}\text{I}$  dans la glande thyroïde...**

## Masse atomique

La masse réelle d'un atome est :

$$M = Zm_e + Zm_p + (A-Z)m_n$$



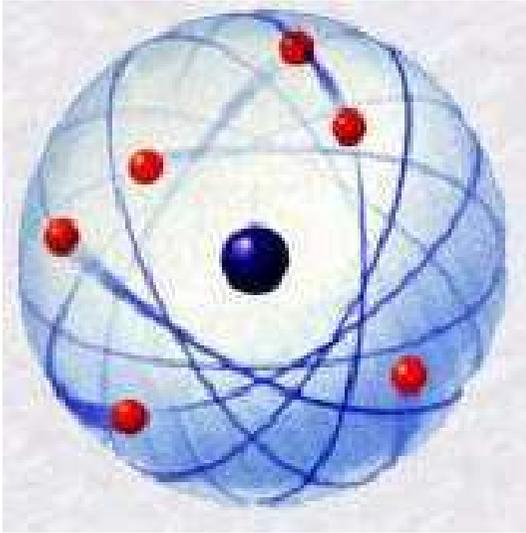
Mais cette masse est trop petite pour être utilisée de façon pratique:

✓ par convention, on attribue à l'isotope  $^{12}\text{C}$  la masse de 12g. C'est la masse de  $\mathcal{N}_A$  atomes de carbone ( $\mathcal{N}_A = 6,023 \cdot 10^{23}$  nombre d'Avogadro). On appelle cette unité arbitraire :

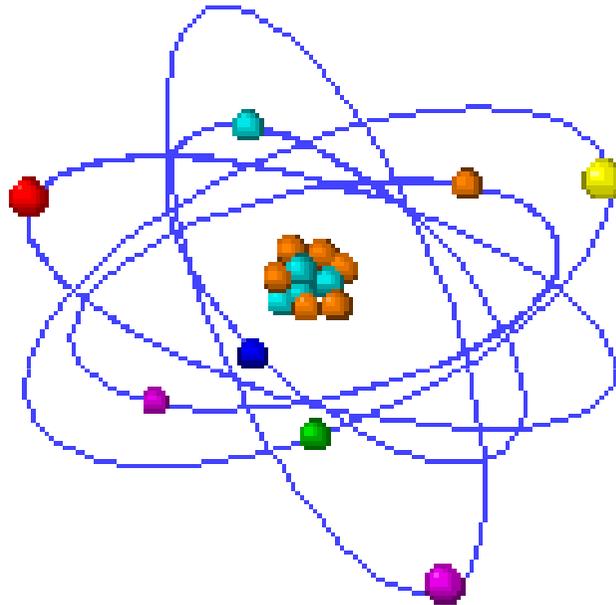
***l'unité de masse atomique (uma)***

## ***Quel est le but de l'atomistique ?***

- ✓ **Description de la répartition des électrons pour les éléments chimiques,**
- ✓ **Etude des conséquences de cette répartition sur les propriétés physico-chimiques des éléments.**

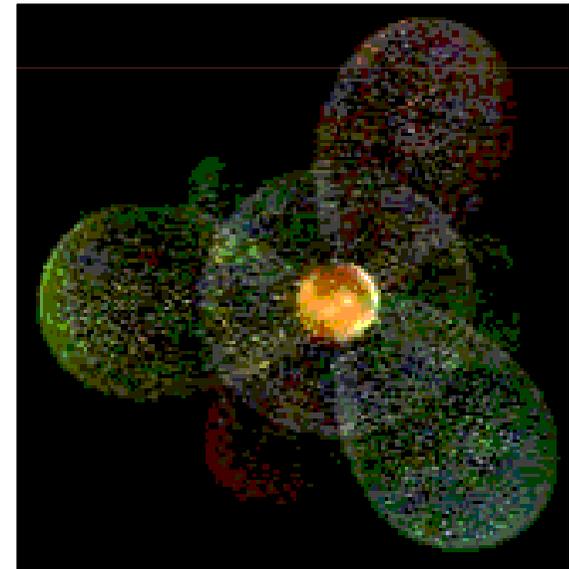


***Modèle de  
Rutherford  
1911***



***Modèle de  
Bohr 1913***

***Modèle  
Quantique 1924***



### **III- Modèle quantique (ondulatoire) de l'atome (1924)**

Louis De Broglie a émis le postulat:  
**dualité corpuscule-onde.**

*A toute particule est associée une onde plane.  
A toute onde est associée une particule en mouvement.*

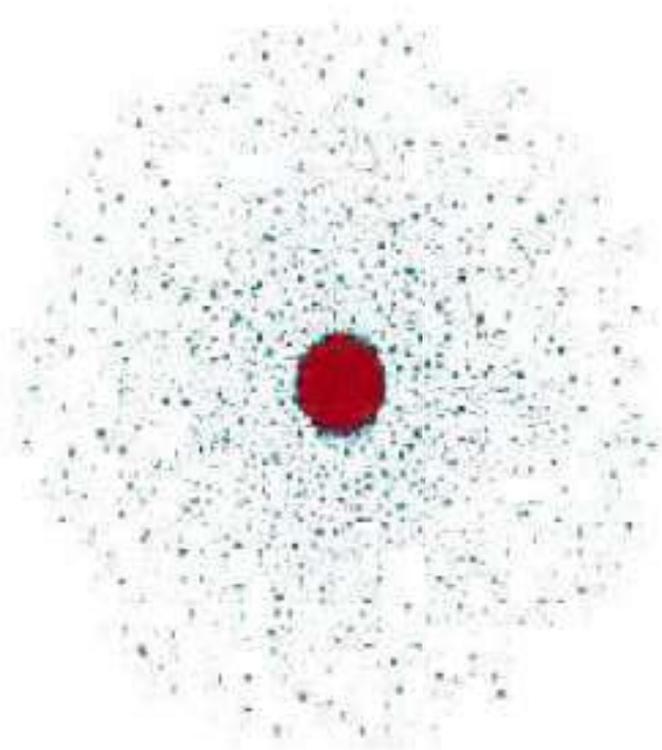
L'électron n'est plus considéré comme une particule mais comme une onde associé à UNE  
FONCTION D'ONDE  $\Psi(x,y,z,t)$ .

# Equation de Schrödinger

## 1- Fonction d'onde :

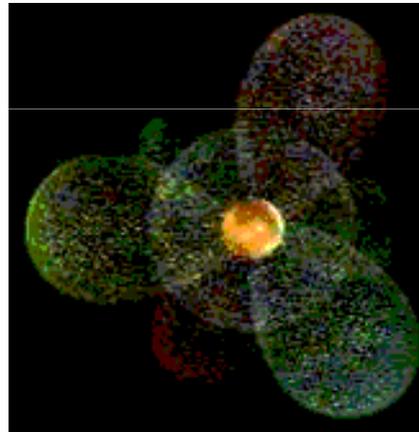
- ✓ Les fonctions d'ondes  $\Psi(x,y,z,t)$  *associées aux électrons*, ne sont pas déterminées par expérience, mais par calculs mathématiques.
- ✓ Ce sont les solutions d'une équation différentielle, appelée Equation de Schrödinger ( $H\Psi = E\Psi$ ).
- ✓ le carré de son module  $||\Psi||^2$  représente la probabilité de présence de la particule dans un volume d'espace donné.
- ✓ La fonction d'onde définit ainsi la région de l'espace où évolue l'électron autour du noyau (**Orbitale Atomique**).

la notion de trajectoire (orbite) est donc remplacée par l'**ORBITALE ATOMIQUE (OA)**.



## Définition de l'Orbitale Atomique (OA) :

*C'est la région de l'espace, définie par la fonction mathématique  $\Psi$ , où la probabilité de présence de l'électron est très grande.*



- ✓ L'électron dans l'atome n'est donc plus une boule mais un « Nuage électronique » qui entoure le noyau.
- ✓ Ce modèle, contrairement aux autres est stable car l'électron ne perd pas d'énergie.

## 2-Nombres quantiques

$$H\Psi = E\Psi$$

Les valeurs propres de l'énergie s'expriment comme suit:

$$E_n = -13,6/n^2 \text{ eV}$$

*n est le nombre quantique principal, entier positif.*

- ✓ Si l'on donne à l'énergie une valeur propre  $E_n$ , l'équation est résolue.
- ✓ Si l'on trouve plusieurs états (fonctions d'ondes) correspondants il y a dégénérescence: **plusieurs orbitales ont le même nombre quantique principal  $n$ .**

Schrödinger a montré qu'une fonction d'onde est caractérisée par trois nombres quantiques :  **$n$ ,  $l$  et  $m$ .**

$$\Psi_{n,l,m}(x,y,z,t)$$

$n$  : nombre quantique principal: (**entier positif non nul**).

Il définit le niveau d'énergie de la couche électronique.

Ces couches sont désignées par les lettres: **K, L, M, N, ...**,

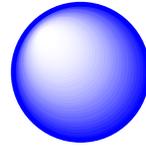
pour les valeurs respectives de  $n$ : **1, 2, 3, 4 ...**

$l$  : nombre quantique secondaire ou azimutal: (**nombre**

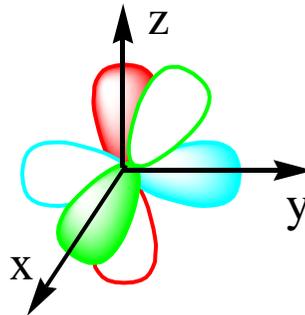
**entier  $0 \leq l \leq n - 1$** ). Il définit la sous couche

électronique et la symétrie de cette sous couche.

Pour  $l = 0$  c'est la sous couche s (sharp, symétrie sphérique)



Pour  $l = 1$  c'est la sous couche p (principal, symétrie axiale)



Pour  $l = 2$  c'est la sous couche d (diffuse)

Pour  $l = 3$  c'est la sous couche f (fundamental)

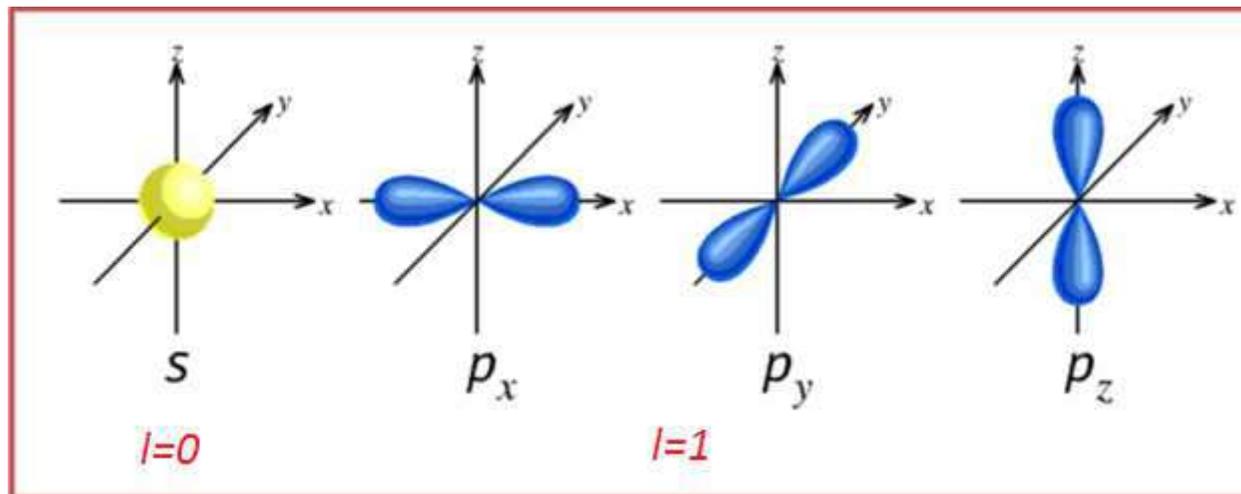
$m$  : nombre quantique magnétique: il définit l'orbitale atomique ou la case quantique. C'est un entier:  $(-l \leq m \leq +l)$ : soit  $(2l+1)$  valeurs différentes.

Chaque sous couche électronique définie par  $l$ , contient  $(2l+1)$  OA.

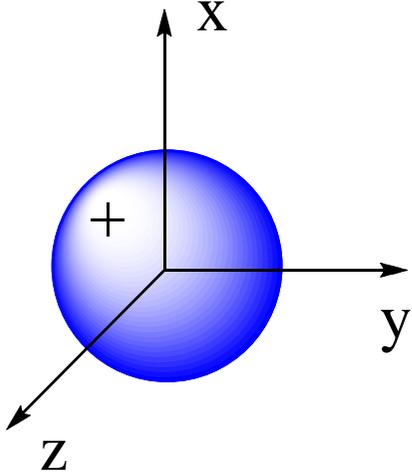
Pour  $l = 0$                        $m = 0$       1 OA

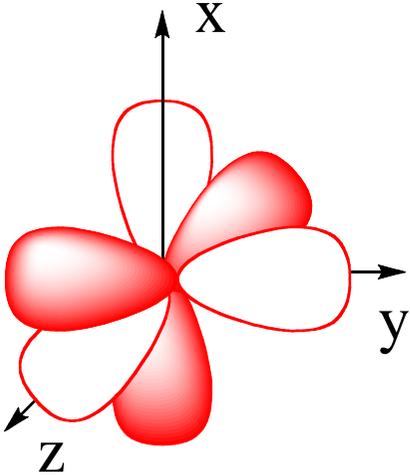
Pour  $l = 1$                        $m = -1, 0, 1$       3 OA

Pour  $l = 2$                        $m = -2, -1, 0, 1, 2$       5 OA



### 3- Organisation du nuage électronique en couche, sous couche et OA

n	l	m	notation	Case quantique	Représentation graphique
1 (K)	0 (s)	0	1s		

$n$	$l$	$m$	Notation	Case quantique	Représentation graphique
2 (L)	0(s)	0	2s		
	1(p)	-1	$2p_x$		
		0	$2p_y$		
		+1	$2p_z$		

$n$	$l$	$m$	Notation	Case quantique	Représentation graphique
<b>3 (M)</b>	<b>0 (s)</b>	<b>0</b>	<b>3s</b>	<input type="checkbox"/>	
	<b>1 (p)</b>	<b>-1</b>	<b>3p<sub>x</sub></b>	<input type="checkbox"/>	
		<b>0</b>	<b>3p<sub>y</sub></b>		
		<b>+1</b>	<b>3p<sub>z</sub></b>		
	<b>2 (d)</b>	<b>-2</b>	<b>3d<sub>xy</sub></b>	<input type="checkbox"/>	
		<b>-1</b>	<b>3d<sub>yz</sub></b>		
		<b>0</b>	<b>3d<sub>xz</sub></b>		
		<b>+1</b>	<b>3d<sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub></b>		
		<b>+2</b>	<b>3d<sub>z<sup>2</sup></sub></b>		

## Nombre quantique de spin

$n$ ,  $l$  et  $m$  suffisent pour décrire une OA.

A ces trois valeurs, il s'ajoute un quatrième nombre appelé nombre quantique de spin ( $m_s$  ou  $s$ ).

$s$  ne peut prendre que deux valeurs  $+1/2$  ou  $-1/2$

*Schématiquement* : l'électron tourne autour de lui-même:

- dans un sens  $\uparrow$  ( $+1/2$ ),
- dans le sens inverse  $\downarrow$  ( $-1/2$ ).

En résumé :

Chaque électron sera caractérisé par quatre nombres quantiques  $n$ ,  $l$ ,  $m$  et  $m_s$

Symbole	Nom Nombre quantique	Valeur
$n$	Principal	Entier positif non nul
$l$	Secondaire	$0 \leq l \leq n - 1$
$m$	Magnétique	$-l \leq m \leq +l$
$m_s$	Magnétique de spin	$-1/2, +1/2$

## 4- Configuration électronique

*La configuration électronique d'un atome  ${}_zX$ ,  
c'est la manière de répartir les  $z$  électrons  
dans les différentes OA.*

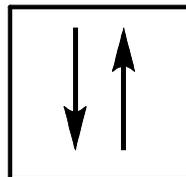
**Le remplissage des cases quantiques obéit  
obligatoirement aux règles suivantes :**

## **1<sup>e</sup> règle: Principe d'exclusion de Pauli**

**Dans un atome, deux électrons ne peuvent pas avoir leurs quatre nombres quantiques identiques.**

**si deux électrons, dans le même atome, ont les trois nombres quantiques  $n$ ,  $l$  et  $m$  identiques, leurs spins sont obligatoirement opposés (si un a  $-1/2$  l'autre aura  $+1/2$ ).**

**Une OA ou une case quantique peut accueillir deux électrons au maximum avec des spins opposés:**



## ***2<sup>e</sup> règle: de Klechkowski***

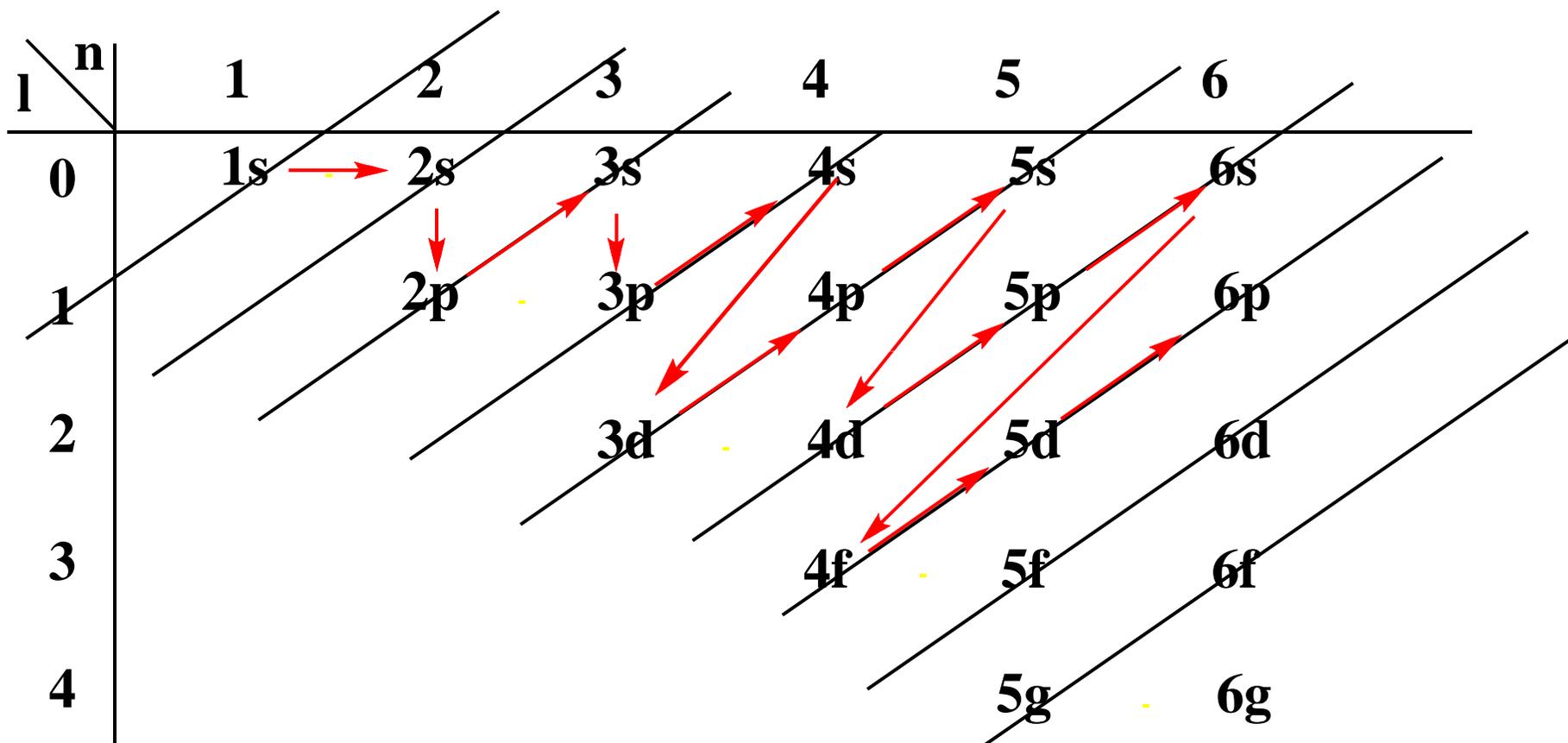
***Les électrons remplissent les couches électroniques dans l'ordre croissant de  $(n + l)$ .***

***Le remplissage commence d'abord par les niveaux d'énergies les plus bas ( $n$  plus petits).***

**Il existe un moyen mnémotechnique pour appliquer la règle de Klechkowski :**

Ordre **croissant** de  $(n+l) \uparrow$

Si  $(n+l)$  est la **même**, on remplit d'abord celle qui a  $n$  plus **petit**.



**1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p 5s 4d 5p 6s 4f 5d 6p**

## Exceptions de la règle de Klechkowski :

Élément	Configuration Klechkowski	Configuration réelle
$_{24}\text{Cr}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^2$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$
$_{29}\text{Cu}$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9 4s^2$	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$
$_{57}\text{La}$	$(\text{Xe}) 4f^1 5d^0 6s^2$	$(\text{Xe}) 4f^0 5d^1 6s^2$

Une sous couche, *totale* ou *à moitié* remplie donne à l'atome une grande stabilité (*énergie électronique plus faible*).

## 3<sup>e</sup> règle: Règle de Hund

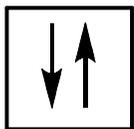
Sur des orbitales (cases quantiques) de même énergie (même sous couche), les électrons se répartissent pour occuper le maximum de cases **différentes** avec des spins **parallèles**.

*Ce qui donne la configuration la plus stable.*

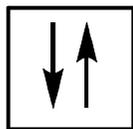
Exemples:

**${}_6\text{C}$  : 6 é à répartir dans les sous couches :**

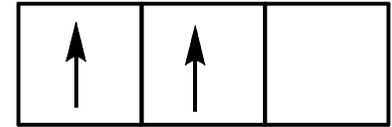
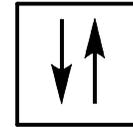
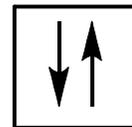
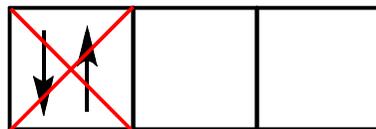
**1s<sup>2</sup>**



**2s<sup>2</sup>**



**2p<sup>2</sup>**



**${}_7N$  : 7 é à répartir dans les sous couches:**

**$1s^2$     $2s^2$     $2p^3$**



**${}_8O$  : 8 é à répartir dans les sous couches:**

**$1s^2$     $2s^2$     $2p^4$**



## *Couche de valence*

C'est la dernière couche électronique partiellement remplie. Elle est caractérisée par le **nombre quantique principal le plus élevé**.

Souvent la **couche de valence** est l'ensemble des dernières orbitales occupées de **même n**.  $1s^2 2s^2 2p^3$

Dans le cas des éléments de transition la couche de valence est  $(n+1)s + nd$ .

*La couche de valence détermine les propriétés chimiques des éléments.*

## II- Classification périodique des éléments

Le tableau périodique des éléments, appelé **table de Mendeleïev**, représente tous les éléments chimiques:

- ✓ Rangés par numéro atomique croissant,
- ✓ Organisés en fonction de leur configuration électronique, donc selon leurs propriétés chimiques.



# Description du tableau périodique

## 1- Règles de constitution du tableau périodique

La classification périodique des éléments obéit à trois règles:

- Les éléments sont rangés en ligne (**PÉRIODE**) par ordre croissant du numéro atomique.
- Les éléments d'une même colonne (**FAMILLE**) ont la même configuration électronique de la couche externe,
- Les éléments du tableau périodique sont regroupés en Bloc.

## **Bloc s:**

Éléments ayant une sous couche s en cours de remplissage: éléments de type  $ns^x$  .

### **Exemples:**

$x=1$  ( $ns^1$ ): famille des alcalins (Li, Na, K, Rb, Cs et Fr)

$x=2$  ( $ns^2$ ): famille des alcalino-terreux (Be, Mg, Ca, Sr,  
Ba, et Ra)

## Bloc p:

Éléments ayant une sous couche p en cours de remplissage. Leur configuration électronique est:  $ns^2 np^x$ .

### Exemples:

$x = 5$  ( $ns^2 np^5$ ): famille des halogènes (F, Cl, Br, I et At)

$x = 6$  ( $ns^2 np^6$ ): famille des gaz nobles (He  $2s^2$ , Ne, Ar, Kr, Xe, et Rn)

## Bloc d:

Éléments ayant une sous couche d en cours de remplissage.

Éléments de type  $(n-1) d^x ns^2$

*On les appelle éléments de transition.*

## Bloc f :

Éléments ayant une sous couche f en cours de remplissage.

Éléments de type  $(n-2) f^x (n-1) d^{10} ns^2$

*On les appelle les terres rares et forment deux séries d'éléments:*

Les Lanthanides:  $(n=6)$ ,

Les Actinides:  $(n=7)$ .

**Bloc s**

	s1	s2	f	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	p1	p2	p3	p4	p5	p6
1	H	He																	
2	Li	Be		<b>Bloc d</b>										B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg												Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca		Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr		Y	Zr	Nd	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	*	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	*	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn						

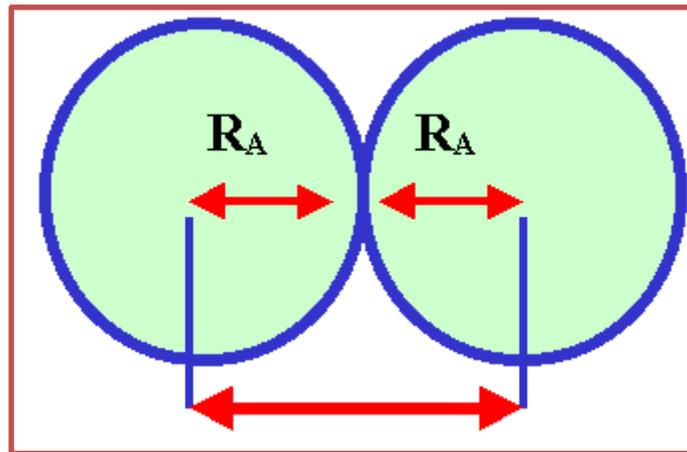


- |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
|   | f1 | f2 | f3 | f4 | f5 | f6 | f7 | f8 | f9 | f10 | f11 | f12 | f13 | f14 |
| * | La | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy  | Ho  | Er  | Tm  | Yb  |
| * | Ac | Th | Pa | U  | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf  | Es  | Fm  | Md  | No  |

## 2- Propriétés des éléments

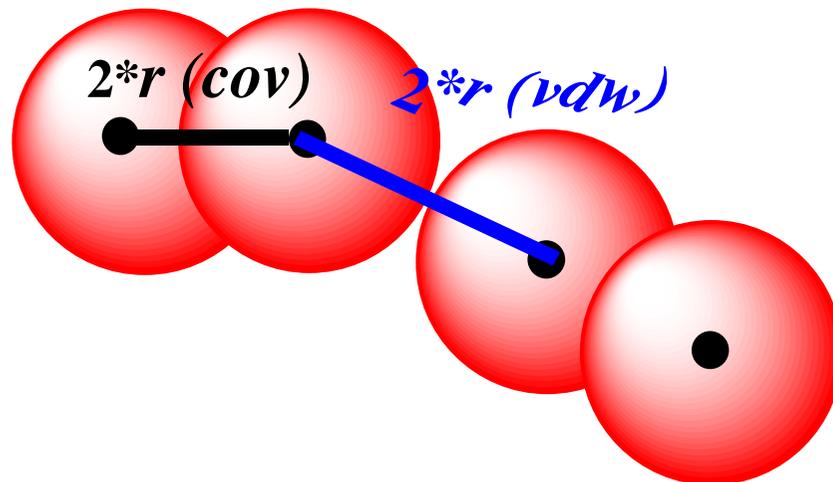
### a- Rayon atomique

Par convention, le rayon atomique est la mi-distance entre les noyaux des deux atomes.



Il existe plusieurs types de rayons. On en citera deux :

- Le rayon de covalence : moitié de la distance entre les noyaux du corps simple correspondant.
- Le rayon de Van Der Waals : moitié de la distance entre deux noyaux de molécules différentes :



## Variation du Rayon atomique dans le tableau périodique :

- ✓ Le long **d'une période**, le rayon atomique décroît (**diminue**) quand Z augmente :

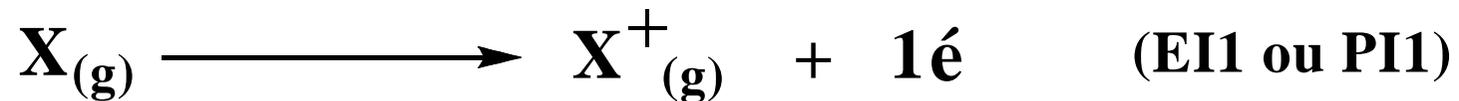
*la charge du noyau augmente avec Z et l'attraction "noyau-électron" augmente.*

- ✓ Dans **une même colonne**, Le rayon atomique augmente avec Z :

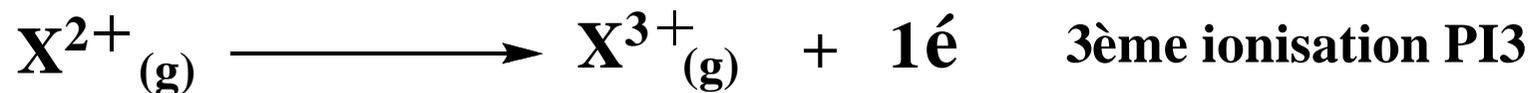
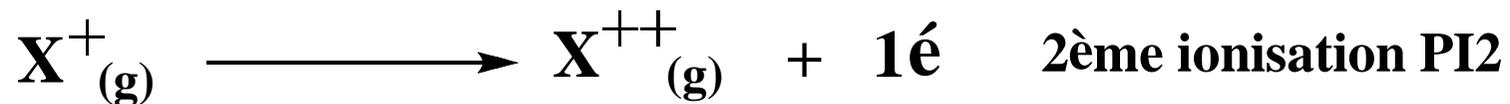
*n croît (on ajoute une couche supplémentaire), les électrons s'éloignent du noyau, l'attraction devient faible, et par conséquent le rayon augmente.*

## b- Energie d'Ionisation (EI)

L'énergie de 1<sup>e</sup> Ionisation (EI1), ou Potentiel de 1<sup>e</sup> Ionisation (PI1), est l'énergie nécessaire pour arracher un électron à un atome.



On peut définir aussi le potentiel de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> ionisation :

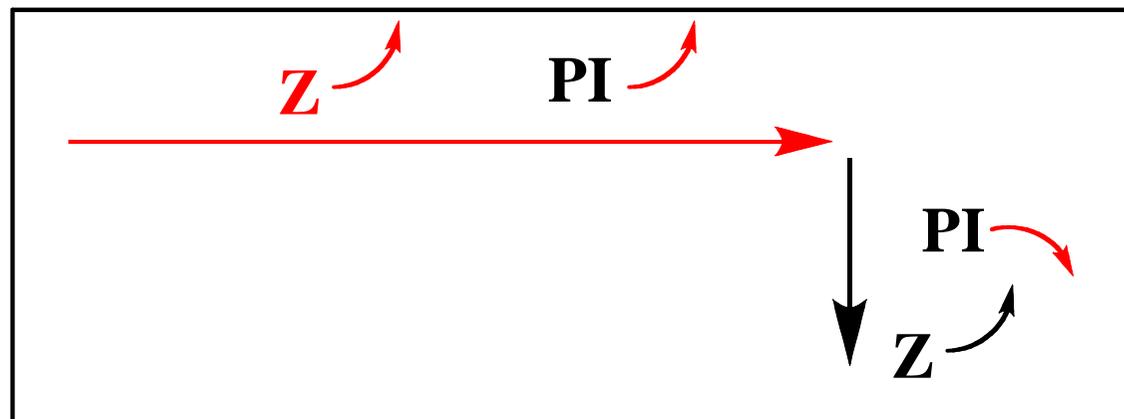


## Variation du PI dans la tableau périodique :

- Le long d'une période, le PI augmente quand Z augmente.
- Dans une même colonne, d'une manière générale le PI diminue quand Z augmente.

### Remarque:

Il existe néanmoins des anomalies pour les sous couches à moitié ou totalement remplies.



## c- Affinité Electronique (AE)

L'affinité électronique AE traduit la quantité d'énergie mise en jeu lorsqu'un atome à l'état gazeux capte un électron (*souvent libérée, parfois reçue*).



## **Variation de AE dans le tableau périodique :**

**Les éléments situés à droite du tableau périodique ont une affinité électronique plus grande en valeur absolue que les éléments situés à gauche.**

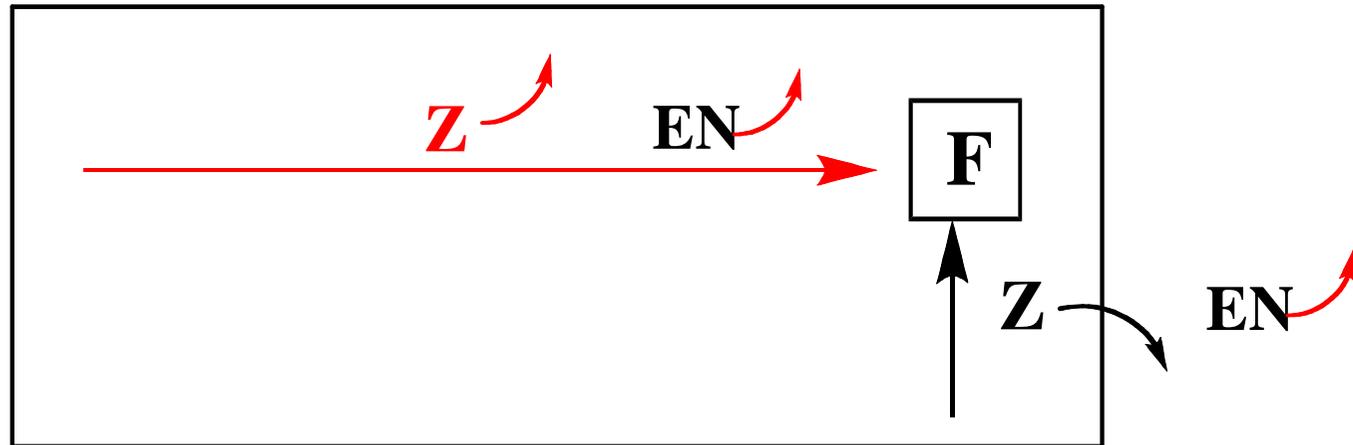
**Exemple: Les halogènes ont des AE plus élevées que les alcalins et les alcalinoterreux.**

## d- Electronégativité (EN)

- ✓ La tendance d'un élément à attirer les électrons de la liaison mise en commun avec un autre atome.
- ✓ L'électronégativité n'est pas une grandeur mesurable comme le PI et AE.
- ✓ Il y a plusieurs définitions de l'électronégativité, celle de Pauling, de Mulliken ou de Alfred-Rochow.
- ✓ La plus utilisée en chimie est celle de **Pauling**.
- ✓ L'élément le plus électronégatif c'est le fluor  ${}_9\text{F}$ : (**EN=4**) .

## Variation du EN dans la tableau périodique :

- L'EN augmente avec Z le long d'une période
- Dans une colonne, l'EN augmente quand Z diminue





Diminution du rayon atomique

Augmentation de l'Energie d'Ionisation

Augmentation de l'Affinité Electronique

→ Augmentation de l'Electronegativité

Colonne 13 : du BORE	Colonne 14 : du CARBONE	Colonne 15 : PNICTOGENES	Colonne 16 : CHALCOGENES	Colonne 17 : HALOGENES
5 10,81 Bore <b>B</b> 801 23 2349 2,04 4200	6 12,01 Carbone <b>C</b> 1086 122 3925(9) 2,55 --	7 14,01 Azote <b>N</b> 1402 0 63,3 3,04 77,3	8 16,00 Oxygène <b>O</b> 1314 141 54,7 3,44 90,2	9 19 Fluor <b>F</b> 1981 326 53,5 3,98 85
13 26,98 Aluminium <b>Al</b> 578 43 933 1,61 2740	14 28,09 Silicium <b>Si</b> 786 120 1683 1,93 2628	15 30,97 Phosphore <b>P</b> 1012 72 317 2,19 553	16 32,05 Soufre <b>S</b> 1000 201 386 2,58 718	17 35,45 Chlore <b>Cl</b> 1251 350 172 3,16 238
31 69,72 Gallium <b>Ga</b> 579 29 303 1,81 2676	32 72,59 Germanium <b>Ge</b> 762 119 1211 2,01 3103	33 74,92 Arsenic <b>As</b> 947 78 1090 2,18 886	34 78,96 Sélénium <b>Se</b> 941 196 490 2,55 958	35 79,9 Brome <b>Br</b> 1140 326 265 2,96 332
49 114,82 Indium <b>In</b> 558 29 430 1,78 2353	50 118,71 Etain <b>Sn</b> 709 108 505 1,80 2543	51 121,75 Antimoine <b>Sb</b> 834 104 904 2,05 2023	52 127,60 Tellure <b>Te</b> 869 191 723 2,09 1263	53 126,09 Iode <b>I</b> 1008 296 387 2,66 457
81 204,38 Thallium <b>Tl</b> 589 48 577 1,62 1730	82 207,19 Plomb <b>Pb</b> 716 35 600 1,87 2013	83 208,98 Bismuth <b>Bi</b> 703 92 544 2,02 1833	84 (209) Polonium <b>Po</b> 812 184 527 2,00 1235	85 (210) Astate <b>At</b> 890 - 575 2,2 610



EI ↗

AE ↗

EN ↗

R ↘

# Bon courage



## LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

