

## Chapitre IV- La Classification périodique des éléments

### 1-Introduction :

En 1869 Mendeleïev avait classé les éléments selon leurs masses atomiques, le premier tableau périodique contenait 63 éléments. Le grand intérêt était de proposer une classification des éléments chimiques connus à l'époque en vue de signaler la périodicité de leurs propriétés chimiques.

En 1913 le classement du tableau périodique a été réalisé par **Henry Moseley** selon le nombre atomique croissant Z de la gauche vers la droite et du haut vers le bas.

La disposition moderne du tableau périodique est caractérisée par 7 rangées horizontales

appelées périodes et de 18 colonnes verticales (numérotées de 1 à 18) appelées familles réparties en 8 groupes (numérotés de I à VIII). Chaque groupe est constitué de deux sousgroupes A et B.

Les éléments d'une même période ont le même nombre quantique principal maximal n (même nombre de couches).

Le tableau périodique a connu de nombreux réajustements depuis lors jusqu'à prendre la forme que nous lui connaissons aujourd'hui. Il est devenu un référentiel universel auquel peuvent être rapportés tous les types de comportements physiques et chimiques des éléments. Depuis la mise à jour de l'**UICPA** (L'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée) du 28 novembre **2016**, sa forme standard comporte 118 éléments, allant de l'Hydrogène  ${}_1\text{H}$  à l'Oganesson  ${}_{118}\text{Og}$ .

IA		IIA				Métal				Non-métal				VIII		
1	H	Atomic Symbol	C	Solide		Métal		Métal		Non-métal		Gaz noble				
2	Li	Lithium 6.94	Be	Béryllium 9.022		Métal terreux		Métal alkalin-		Lanthanide						
3	Na	Natrium 22.99	Mg	Magnesium 24.31		Métal alkalin-		Métal alkalin-		Actinide		Transition				
4	K	Kalium 39.098	Ca	Calcium 40.078		Métal alkalin-		Métal alkalin-		Métal de		Métal pauvre				
5	Rb	Rubidium 85.468	Sc	Scandium 44.954	21	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Zn	Ga	He	
6	Cs	Césium 112.911	Y	Yttrium 88.905	22	Scandium 50.942	Vanadium 51.996	Chrome 54.938	Manganate 54.938	Fer 54.933	Cobalt 58.933	Nickel 58.933	Cuivre 63.944	Zinc 65.38	Argon 40.026	
7	Fr	Francium 223	Ra	Radium 226	23	Titane 47.867	41	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Ne	
					24	Zirconium 91.224	42	43	Technetium 98	Ruthénium 101.07	Rhodium 102.91	Palladium 104.42	Argent 107.87	Cadmium 115.41	Oxygène 16.999	
					25	44	45	46	47	48	49	50	51	52	F	
					26	46	47	48	49	50	51	52	53	54	Neon 20.180	
					27	48	49	50	51	52	53	54	55	56		
					28	50	51	52	53	54	55	56	57	58		
					29	52	53	54	55	56	57	58	59	59		
					30	54	55	56	57	58	59	60	61	62		
					31	56	57	58	59	60	61	62	63	64		
					32	58	59	60	61	62	63	64	65	66		
					33	60	61	62	63	64	65	66	67	68		
					34	62	63	64	65	66	67	68	69	70		
					35	64	65	66	67	68	69	70	71	72		
					36	66	67	68	69	70	71	72	73	74		
					37	68	69	70	71	72	73	74	75	76		
					38	70	71	72	73	74	75	76	77	78		
					39	72	73	74	75	76	77	78	79	80		
					40	74	75	76	77	78	79	80	81	82		
					41	76	77	78	79	80	81	82	83	84		
					42	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
					43	80	81	82	83	84	85	86	87	88		
					44	82	83	84	85	86	87	88	89	90		
					45	84	85	86	87	88	89	90	91	92		
					46	86	87	88	89	90	91	92	93	94		
					47	88	89	90	91	92	93	94	95	96		
					48	90	91	92	93	94	95	96	97	98		
					49	92	93	94	95	96	97	98	99	100		
					50	94	95	96	97	98	99	100	101	102		
					51	96	97	98	99	100	101	102	103	104		
					52	98	99	100	101	102	103	104	105	106		
					53	100	101	102	103	104	105	106	107	108		
					54	102	103	104	105	106	107	108	109	110		
					55	104	105	106	107	108	109	110	111	112		
					56	106	107	108	109	110	111	112	113	114		
					57	108	109	110	111	112	113	114	115	116		
					58	110	111	112	113	114	115	116	117	118		
					59	112	113	114	115	116	117	118	119	120		
					60	114	115	116	117	118	119	120	121	122		
					61	116	117	118	119	120	121	122	123	124		
					62	118	119	120	121	122	123	124	125	126		
					63	120	121	122	123	124	125	126	127	128		
					64	122	123	124	125	126	127	128	129	130		
					65	124	125	126	127	128	129	130	131	132		
					66	126	127	128	129	130	131	132	133	134		
					67	128	129	130	131	132	133	134	135	136		
					68	130	131	132	133	134	135	136	137	138		
					69	132	133	134	135	136	137	138	139	140		
					70	134	135	136	137	138	139	140	141	142		
					71	136	137	138	139	140	141	142	143	144		
					72	138	139	140	141	142	143	144	145	146		
					73	140	141	142	143	144	145	146	147	148		
					74	142	143	144	145	146	147	148	149	150		
					75	144	145	146	147	148	149	150	151	152		
					76	146	147	148	149	150	151	152	153	154		
					77	148	149	150	151	152	153	154	155	156		
					78	150	151	152	153	154	155	156	157	158		
					79	152	153	154	155	156	157	158	159	160		
					80	154	155	156	157	158	159	160	161	162		
					81	156	157	158	159	160	161	162	163	164		
					82	158	159	160	161	162	163	164	165	166		
					83	160	161	162	163	164	165	166	167	168		
					84	162	163	164	165	166	167	168	169	170		
					85	164	165	166	167	168	169	170	171	172		
					86	166	167	168	169	170	171	172	173	174		
					87	168	169	170	171	172	173	174	175	176		
					88	170	171	172	173	174	175	176	177	178		
					89	172	173	174	175	176	177	178	179	180		
					90	174	175	176	177	178	179	180	181	182		
					91	176	177	178	179	180	181	182	183	184		
					92	178	179	180	181	182	183	184	185	186		
					93	180	181	182	183	184	185	186	187	188		
					94	182	183	184	185	186	187	188	189	190		
					95	184	185	186	187	188	189	190	191	192		
					96	186	187	188	189	190	191	192	193	194		
					97	188	189	190	191	192	193	194	195	196		
					98	190	191	192	193	194	195	196	197	198		
					99	192	193	194	195	196	197	198	199	200		
					100	194	195	196	197	198	199	200	201	202		
					101	196	197	198	199	200	201	202	203	204		
					102	198	199	200	201	202	203	204	205	206		
					103	200	201	202	203	204	205	206	207	208		
					104	202	203	204	205	206	207	208	209	210		
					105	204	205	206	207	208	209	210	211	212		
					106	206	207	208	209	210	211	212	213	214		
					107	208	209	210	211	212	213	214	215	216		
					108	210	211	212	213	214	215	216	217	218		
					109	212	213	214	215	216	217	218				

## Chapitre IV- La Classification périodique des éléments

### 1.1- Informations dans chaque case

Chaque case du tableau contient des informations sur un élément, notamment :

**Symbol** : Une lettre ou deux qui représente l'élément (par exemple, H pour l'hydrogène).

**Numéro atomique** : Le nombre de protons dans le noyau de l'atome, qui augmente de 1 à chaque case.

**Masse atomique** : La masse des protons et des neutrons dans l'atome, qui augmente également dans le tableau.

**Nom complet** : Le nom de l'élément.

### 1.3- Structure du Tableau Périodique

#### A. Les Périodes (Lignes horizontales - 7 au total)

Une période correspond au nombre de couches électroniques occupées (niveau principal d'énergie n).

Exemple : Période 2 (du Li au Ne) → Les électrons occupent les couches K (n=1) et L (n=2).

Les propriétés changent progressivement le long d'une période (du métal au non-métal).

#### B. Les Groupes ou Familles (Colonnes verticales - 18 au total)

Les éléments d'un même groupe ont le même nombre d'électrons de valence (électrons sur la couche externe), ce qui leur confère des propriétés chimiques similaires.

Groupes principaux (Groupes 1, 2, et 13 à 18) :

Groupe 1 (IA) : **Métaux alcalins** (Li, Na, K...). Très réactifs, 1 électron de valence.

Groupe 2 (IIA) : **Métaux alcalino-terreux** (Be, Mg, Ca...). Réactifs, 2 électrons de valence.

Groupe 17 (VIIA) : **Halogènes** (F, Cl, Br, I...). Non-métaux très réactifs, 7 électrons de valence.

Groupe 18 (VIIIA ou 0) : **Gaz nobles** (He, Ne, Ar...). Inertes (très stables), couche externe saturée (8 électrons de valence, sauf He qui a 2).

Groupes des métaux de transition (Groupes IIB 3 à IIB 12 ) : Métaux, souvent colorés, formant des ions complexes.

#### C. Les Blocs (s, p, d, f)

## Chapitre IV- La Classification périodique des éléments

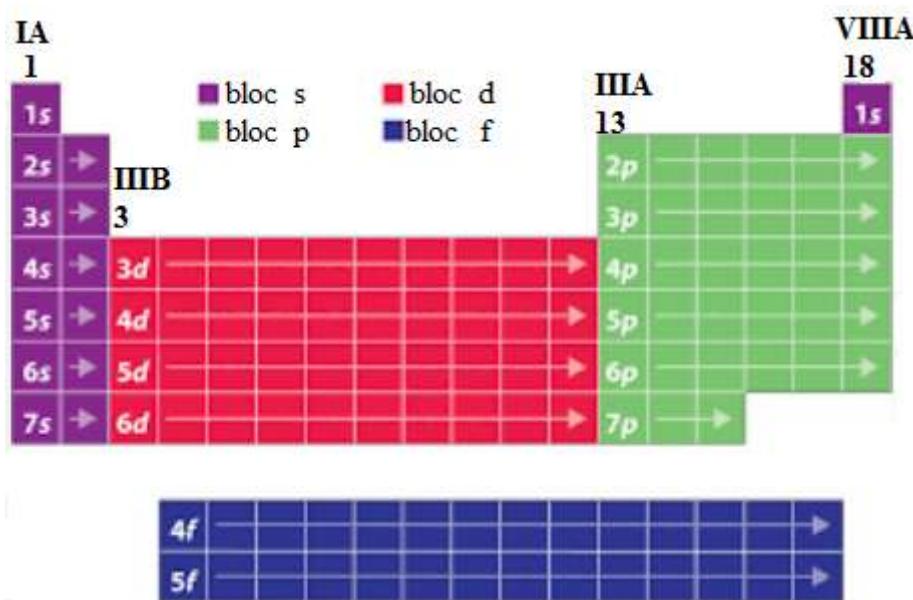
Ils sont définis par la sous-couche électronique la plus externe en cours de remplissage.

**Bloc s** (Groupes 1, 2 + Hélium) : Remplissage de la sous-couche s.

**Bloc p** (Groupes 13 à 18) : Remplissage de la sous-couche p.

**Bloc d** (Métaux de transition) : Remplissage de la sous-couche d.

**Bloc f** (Lanthanides et Actinides) : Remplissage de la sous-couche f.



### 2- Localiser un élément dans le tableau périodique par la Configuration Électronique.

C'est la méthode déductive qui explique pourquoi l'élément est où il est.

- 1- Écrivez la configuration électronique fondamentale de l'élément (ex: pour le Soufre  ${}_{16}S$  :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ ).
- 2- Identifiez la dernière couche occupée (**n**) : **C'est le numéro de la période.**

**Exemple :** avec S La couche la plus externe est  $n=3$  (il y a des électrons en  $3s^2$  et  $3p^4$ ). Donc S est en Période 3.

- 3- Identifiez les électrons de valence : Ce sont les électrons de la dernière couche (**n**) plus ceux des sous-couches **d** ou **f** non saturées des couches inférieures pour les métaux de transition.
- A-** Pour les Groupes Principaux (**blocs s et p**) : Si la configuration électronique se termine par l'orbitale **s** ou **p**, l'élément appartient au groupe **A** et le chiffre romain correspond au nombre d'électrons de valence.

## Chapitre IV- La Classification périodique des éléments

**Exemple avec S :** Dernière couche :  $3s^2 3p^4 \rightarrow$  Total = 6 électrons de valence.

Le nombre d'électrons de valence = Le numéro du groupe (pour les groupes principaux).

Donc S, avec 6 e<sup>-</sup> de valence, est dans le Groupe **VIA**.

- B-** Pour les Groupes Principaux (blocs d) : Si la configuration électronique se termine par l'orbitale **d**, l'élément appartient au groupe **B** et le chiffre romain correspond au nombre d'électrons dans les sous-couches **(n-1)d et ns**.
- i. Si la somme des nombre d'électrons dans les sous-couches **(n-1)d et ns** est égale à 3, 4, 5, 6 ou 7 ce qui correspond respectivement aux chiffres romains IIIB, IVB, VB, VIB, VIIIB.
  - Ex:** Le Titane (<sub>22</sub>Ti) a pour configuration <sub>18</sub>[Ar] 4s<sup>2</sup> 3d<sup>2</sup>. Il est en Groupe **IVB** (2+2=4 électrons "de valence").
  - ii. Si la somme est égale à 8, 9 ou 10, ce qui correspond au groupe VIIIB.
  - iii. Si la somme est égale à 10, ou 11, ce qui correspond au groupe IB ou IIB.
- C-** Si la configuration électronique se termine par l'orbitale 4f, l'élément appartient au groupe des lanthanides, et si l'orbitale 5f correspond au groupe des actinides, qui appartient également au groupe **III B**.

**Cas particuliers :**

Hélium (He) : Configuration 1s<sup>2</sup>. Il a 2 e<sup>-</sup> de valence mais est placé dans le Groupe **VIIIA** (gaz nobles) car sa couche est saturée, ce qui le rend chimiquement inerte comme les autres gaz nobles (octet).

Métaux de transition (bloc **d**) : Le groupe est lié au nombre d'électrons

Hydrogène (H) : Unique, en haut à gauche (Groupe 1 car 1 e<sup>-</sup> de valence) mais ce n'est pas un métal alcalin.

### 3- Évolution des Propriétés Périodiques

#### 3.1- Introduction : Le Principe Fondamental

Les propriétés des éléments ne sont pas aléatoires. Elles varient de manière prévisible (périodique) en fonction du numéro atomique (Z). Cette périodicité est la conséquence directe de la structure électronique des atomes et de deux forces en compétition :

- 1- L'attraction du noyau (charge positive +Z).
- 2- La répulsion entre électrons et l'effet d'écran.

#### 3.2- Le Rayon Atomique (ou Rayon de Covalence)

## Chapitre IV- La Classification périodique des éléments

Définition : Distance moyenne entre le noyau et le nuage électronique externe. En pratique, c'est la moitié de la distance entre deux noyaux d'atomes identiques liés par une liaison covalente.

Unité : Picomètre (pm) ou Angström ( $\text{\AA}$ ).

Évolution dans le Tableau :

**a) Sur une Période** (de gauche → à droite) :

Le rayon atomique DIMINUE.

Explication : En se déplaçant vers la droite sur une même période, on ajoute des protons au noyau ( $Z$  augmente) et des électrons sur la même couche électronique principale ( $n$  constant).

La charge nucléaire attractive augmente.

Les électrons externes sont davantage attirés vers le noyau.

L'effet d'écran des électrons de cœur reste à peu près constant.

Résultat : Le nuage électronique se contracte. L'atome devient plus petit.

**b) Dans un Groupe** (de haut en bas ↓) :

Le rayon atomique AUGMENTE.

Explication : En descendant dans un groupe, on passe à une nouvelle période.

On ajoute une nouvelle couche électronique ( $n$  augmente).

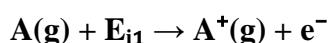
Les électrons de valence sont de plus en plus éloignés du noyau.

Bien que  $Z$  augmente aussi, l'effet d'ajout d'une nouvelle couche (répulsion, distance) l'emporte largement sur l'augmentation de l'attraction nucléaire.

Résultat : L'atome devient plus gros.

### 3.3- L'Énergie d'Ionisation ( $E_{i1}$ )

Définition : Énergie minimale requise pour arracher l'électron le plus faiblement lié à un atome gazeux isolé dans son état fondamental, et ainsi former un cation.



Unité : Kilojoule par mole (kJ/mol) ou électronvolt (eV).

## Chapitre IV- La Classification périodique des éléments

Signification : Mesure de la difficulté à perdre un électron. Une  $E_i$  élevée = un atome stable, peu enclin à former des cations.

Évolution dans le Tableau :

(L'évolution est inverse à celle du rayon atomique)

a) Sur une **PÉRIODE** ( $\rightarrow$ ) :

L'énergie d'Ionisation AUGMENTE.

Explication : Le rayon diminue, l'électron à enlever est plus proche du noyau et plus fortement attiré (charge nucléaire effective plus grande). Il est donc plus difficile à arracher.

b) Dans un **GROUPE** ( $\downarrow$ ) :

L'énergie d'Ionisation diminue.

Explication : Le rayon augmente, l'électron de valence est plus loin du noyau, moins fortement attiré (il est "écranté" par plus de couches internes). Il est donc plus facile à arracher.

**Conséquences importantes :**

Les métaux alcalins (Groupe 1) ont les  $E_i$  les plus basses  $\rightarrow$  très réactifs, forment facilement des ions  $M^+$ .

Les gaz nobles (Groupe VIIIA) ont les  $E_i$  les plus élevées  $\rightarrow$  extrêmement stables, inertes chimiquement.

### 3.4- . L'Affinité Électronique (A)

Définition : Énergie dégagée (généralement) lorsqu'un atome gazeux isolé dans son état fondamental capture un électron pour former un anion.

$A(g) + e^- \rightarrow A^-(g) + A$  (**A** est souvent exprimée comme une valeur positive si de l'énergie est libérée).

Unité : kJ/mol.

Signification : Mesure de la tendance à gagner un électron. Une **A** fortement positive (beaucoup d'énergie libérée) = un atome a une forte affinité pour l'électron.

Évolution dans le Tableau :

## Chapitre IV- La Classification périodique des éléments

(Similaire à celle de l'énergie d'ionisation, mais avec plus d'exceptions)

### 3.5- . L' électronégativité ( $\chi$ )

L'électronégativité est la mesure de la capacité d'un atome, dans une liaison chimique, à attirer vers lui les électrons partagés avec un autre atome ; elle est sans dimension et varie dans le tableau périodique

Dans le tableau périodique, le gradient d'électronégativité augmente de gauche à droite dans une période (car plus de protons attirent plus fort) et de bas en haut dans un groupe (car les électrons sont plus proches du noyau), plaçant le Fluor (F) en haut à droite comme l'élément le plus électronégatif et le Francium (Fr) en bas à gauche comme le moins électronégatif.

#### Tendances principales

**Dans une période** (ligne) : L'électronégativité augmente de gauche à droite.

**Raison :** Le nombre de protons dans le noyau augmente, créant une charge nucléaire plus forte qui attire plus les électrons de liaison.

**Dans un groupe** (colonne) : L'électronégativité diminue de haut en bas.

**Raison :** Les couches électroniques supplémentaires éloignent les électrons de liaison du noyau, affaiblissant l'attraction.

## **Chapitre IV- La Classification périodique des éléments**

