

Chapitre IV: Tableau périodique des éléments chimiques

1. Classification périodique

a. Classification périodique de D. Mendeleïev 1869

En 1869 Mendeleïev => Classification périodique des 63 éléments chimiques en fonction de leur masse atomique

Les atomes se répartissent en lignes et en colonnes de telle sorte que :

- Sur une ligne, de gauche à droite, la masse atomique augmente
- D'une ligne à l'autre « n » augmente et la masse atomique augmente aussi.
- Les éléments d'une même colonne ont des propriétés chimiques analogues.

↳ Cependant bien que la classification de Mendeleïev marquât un net progrès, elle contenait certaines anomalies dues aux erreurs de détermination de masse atomique de l'époque.

Tableau périodique des éléments chimiques de D. Mendeleïev (1869). Les éléments sont classés par lignes et colonnes, avec leurs masses atomiques indiquées. Les éléments manquants sont marqués par un point d'interrogation.

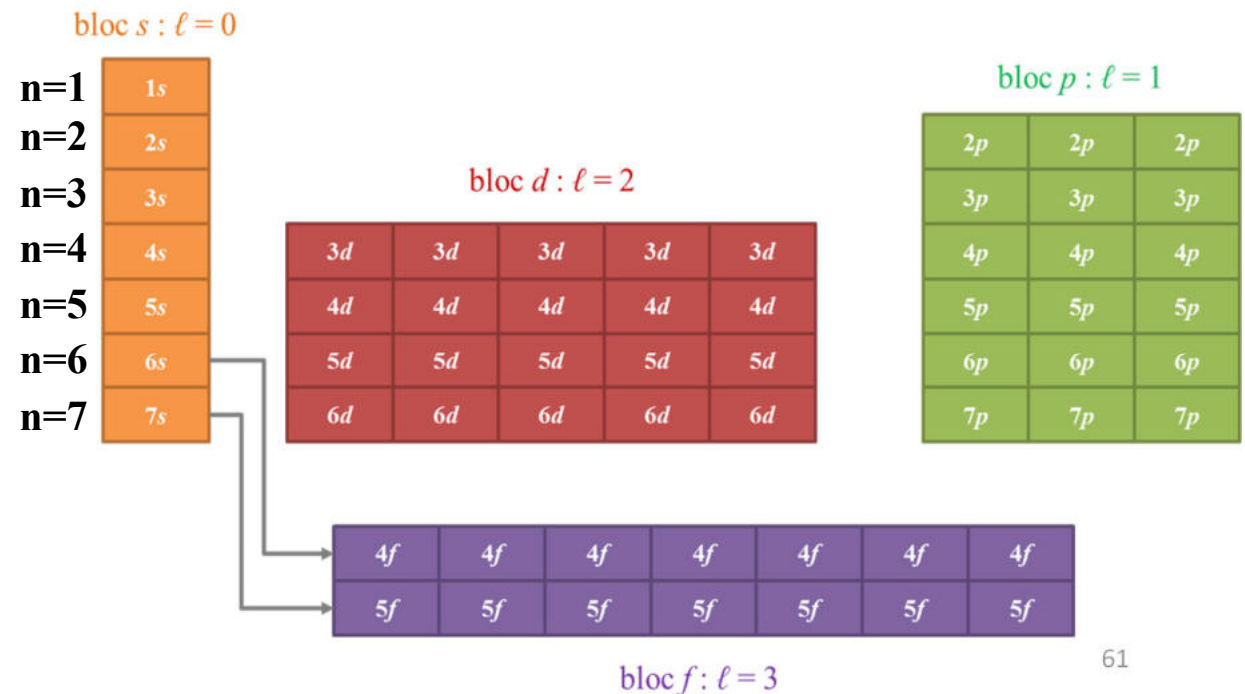
			Ti = 50	Zr = 90	? = 180.
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182.
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186.
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198.
			Ni = Co = 59	Pt = 106,6	Os = 199.
			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.
H = 1	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.
		? = 45	Ce = 92		
		? Er = 56	La = 94		
		? Yt = 60	Di = 95		
		? In = 75,6	Th = 118?		

Д. Менделѣев.

a. Classification périodique actuelle ou moderne

- ❑ Le classement des éléments se fait selon le numéro atomique Z croissant et prend en considération la structure électronique des atomes.
- ❑ Les éléments dont les atomes ont la même couche externe (même n) sont rangés dans une période(ligne).
- ❑ Les éléments de même structure électronique externe possèdent des propriétés chimiques similaires et de ce fait, ils sont rangés dans la même colonne.

- Le tableau périodique comporte environ 118 éléments y compris les éléments artificiels, et se compose de 4 blocs (s, p, d et f).
- Il comporte 7 périodes (lignes horizontales) et 18 colonnes (lignes verticales).



2. Périodes

- ❑ Le tableau périodique contient **7 périodes** (7 lignes horizontales)
- ❑ Le numéro de la période correspond aux **nombre de couches électroniques occupées**.

7 périodes

1	1	Ia	2	IIa																	10	VIIa	18	He	VIIIa											
2	3	Li	4	Be																	5	B	6	C	7	N	8	O	9	F	10	Ne				
3	11	Na	12	Mg	13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar																				
4	19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
5	37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
6	55	Cs	56	Ba	57	La	72	Hf	73	Ta	74	W	75	Re	76	Os	77	Ir	78	Pt	79	Au	80	Hg	81	Tl	82	Pb	83	Bi	84	Po	85	At	86	Rn
7	87	Fr	88	Ra	89	Ac	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr		

3. Groupes d'éléments

Groupes

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
IA	Groupe B										IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA		
1 Hydrogène H 1s ¹ 1,008 2,2													2 Hélium He 1s ² 4,003					
3 Lithium Li 1s ² 2s ¹ 6,941 1,0	4 Béryllium Be 1s ² 2s ² 9,012 1,6											5 Bore B 1s ² 2s ² 2p ¹ 10,810 2,0	6 Carbone C 1s ² 2s ² 2p ² 12,011 2,5	7 Azote N 1s ² 2s ² 2p ³ 14,007 3,0	8 Oxygène O 1s ² 2s ² 2p ⁴ 15,999 3,5	9 Fluor F 1s ² 2s ² 2p ⁵ 18,998 4,0	10 Néon Ne 1s ² 2s ² 2p ⁶ 20,179	
11 Sodium Na (Ne) 3s ¹ 22,990 0,9	12 Magnésium Mg (Ne) 3s ² 24,305 1,3											13 Aluminium Al (Ne) 3s ² 3p ¹ 26,982 1,6	14 Silicium Si (Ne) 3s ² 3p ² 28,086 1,9	15 Phosphore P (Ne) 3s ² 3p ³ 30,974 2,2	16 Soufre S (Ne) 3s ² 3p ⁴ 32,066 2,6	17 Chlore Cl (Ne) 3s ² 3p ⁵ 35,453 3,2	18 Argon Ar (Ne) 3s ² 3p ⁶ 39,948	
19 Potassium K (Ar) 4s ¹ 39,098 0,8	20 Calcium Ca (Ar) 4s ² 40,080 1,0	21 Scandium Sc (Ar) 3d ¹ 4s ² 44,956 1,4	22 Titane Ti (Ar) 3d ² 4s ² 47,880 1,5	23 Vanadium V (Ar) 3d ³ 4s ² 50,942 1,6	24 Chrome Cr (Ar) 3d ⁵ 4s ¹ 51,996 1,6	25 Manganèse Mn (Ar) 3d ⁵ 4s ² 54,938 1,6	26 Fer Fe (Ar) 3d ⁶ 4s ² 55,847 1,8	27 Cobalt Co (Ar) 3d ⁷ 4s ² 58,933 1,9	28 Nickel Ni (Ar) 3d ⁸ 4s ² 58,340 1,8	29 Cuivre Cu (Ar) 3d ¹⁰ 4s ¹ 63,540 1,9	30 Zinc Zn (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 65,390 1,6	31 Gallium Ga (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹ 69,720 1,8	32 Germanium Ge (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ² 72,680 2,0	33 Arsenic As (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ³ 74,922 2,2	34 Sélénium Se (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴ 78,960 2,5	35 Brome Br (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵ 79,904 3,0	36 Krypton Kr (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶ 83,800	
37 Rubidium Rb (Kr) 5s ¹ 85,470 0,8	38 Strontium Sr (Kr) 5s ² 87,620 1,0	39 Yttrium Y (Kr) 4d ¹ 5s ² 88,905 1,2	40 Zirconium Zr (Kr) 4d ² 5s ² 91,220 1,3	41 Niobium Nb (Kr) 4d ⁴ 5s ¹ 92,906 1,6	42 Molybdène Mo (Kr) 4d ⁵ 5s ¹ 95,940 2,2	43 Technétium Tc (Kr) 4d ⁵ 5s ² 97 1,9	44 Ruthénium Ru (Kr) 4d ⁷ 5s ¹ 101,070 2,2	45 Rhodium Rh (Kr) 4d ⁸ 5s ¹ 102,905 2,3	46 Palladium Pd (Kr) 4d ¹⁰ 5s ⁰ 106,400 2,2	47 Argent Ag (Kr) 4d ¹⁰ 5s ¹ 107,870 1,9	48 Cadmium Cd (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 112,410 1,7	49 Indium In (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹ 114,820 1,8	50 Etain Sn (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ² 118,710 1,8	51 Antimoine Sb (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ³ 121,750 2,0	52 Tellure Te (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴ 127,600 2,1	53 Iode I (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵ 126,904 2,7	54 Xénon Xe (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶ 131,290	
55 Césium Cs (Xe) 6s ¹ 132,905 0,8	56 Baryum Ba (Xe) 6s ² 137,330 0,9	57 Lutétium Lu (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ² 174,980 1,3	58 Hafnium Hf (Xe) 4f ¹⁴ 5d ² 6s ² 178,490 1,3	73 Tantale Ta (Xe) 4f ¹⁴ 5d ³ 6s ² 180,948 1,5	74 Tungstène W (Xe) 4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ² 183,840 2,4	75 Rhénium Re (Xe) 4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ² 186,200 1,9	76 Osmium Os (Xe) 4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ² 190,200 2,2	77 Iridium Ir (Xe) 4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ² 192,220 2,2	78 Platine Pt (Xe) 4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹ 195,080 2,3	79 Or Au (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹ 196,967 2,5	80 Mercure Hg (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 200,590 2,0	81 Thallium Tl (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹ 204,380 1,6	82 Plomb Pb (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ² 207,200 1,8	83 Bismuth Bi (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³ 208,980 2,0	84 Polonium Po (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴ 209 2,0	85 Astate At (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵ 210 2,2	86 Radon Rn (Xe) 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶ 222	
87 Francium Fr (Rn) 7s ¹ 223 0,7	88 Radium Ra (Rn) 7s ² 226,020 0,9	103 Lawrencium Lw (Rn) 5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ² 260 ?											I. U. T. - Département de Chimie – Cours & Travaux Dirigés de Chimie Générale (11CG2) - Première année.					
57 Lanthane La (Xe) 4f ⁵ 5d ¹ 6s ² 138,900 1,1	58 Cérium Ce (Xe) 4f ⁵ 5d ¹ 6s ² 140,120 1,1	59 Praséodyme Pr (Xe) 4f ⁵ 5d ⁰ 6s ² 140,907 1,1	60 Néodyme Nd (Xe) 4f ⁵ 5d ⁰ 6s ² 144,240 1,1	61 Prométhium Pm (Xe) 4f ⁵ 5d ⁰ 6s ² 145 ?	62 Samarium Sm (Xe) 4f ⁶ 5d ⁰ 6s ² 150,360 1,2	63 Europium Eu (Xe) 4f ⁷ 5d ⁰ 6s ² 151,960 ?	64 Gadolinium Gd (Xe) 4f ⁷ 5d ¹ 6s ² 157,250 1,2	65 Terbium Tb (Xe) 4f ⁹ 5d ⁰ 6s ² 158,925	66 Dysprosium Dy (Xe) 4f ⁹ 5d ⁰ 6s ² 162,500 1,2	67 Holmium Ho (Xe) 4f ¹¹ 5d ⁰ 6s ² 164,930 1,2	68 Erbium Er (Xe) 4f ¹² 5d ⁰ 6s ² 167,260 1,2	69 Thulium Tm (Xe) 4f ¹³ 5d ⁰ 6s ² 168,934 1,2	70 Ytterbium Yb (Xe) 4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ² 173,040 1,1					
89 Actinium Ac (Rn) 4f ⁶ 6d ¹ 7s ² 227,03 1,1	90 Thorium Th (Rn) 5f ⁶ 6d ² 7s ² 232,038 1,3	91 Protactinium Pa (Rn) 5f ⁶ 6d ¹ 7s ² 231,030 1,5	92 Uranium U (Rn) 5f ⁶ 6d ¹ 7s ² 238,030 1,4	93 Neptunium Np (Rn) 5f ⁶ 6d ¹ 7s ² 237,050 1,3	94 Plutonium Pu (Rn) 5f ⁶ 6d ⁰ 7s ² 244 1,4	95 Américium Am (Rn) 5f ⁷ 6d ⁰ 7s ² 243 1,3	96 Curium Cm (Rn) 5f ⁷ 6d ¹ 7s ² 247 1,3	97 Berkélium Bk (Rn) 5f ⁷ 6d ⁰ 7s ² 247 1,3	98 Californium Cf (Rn) 5f ⁸ 6d ⁰ 7s ² 251 1,3	99 Einsteinium Es (Rn) 5f ⁸ 6d ⁰ 7s ² 254 1,3	100 Fermium Fm (Rn) 5f ⁸ 6d ⁰ 7s ² 257 1,3	101 Mendélévium Md (Rn) 5f ⁹ 6d ⁰ 7s ² 258 1,3	102 Nobélium No (Rn) 5f ¹⁰ 6d ⁰ 7s ² 259 1,3					

5. Énergie d'ionisation

Cette énergie correspond à l'énergie minimale à fournir pour arracher un électron à l'atome à l'état gazeux dans son état fondamental.



Si on arrache un électron à l'espèce \mathbf{A}^+ on parlera d'énergie de deuxième ionisation.

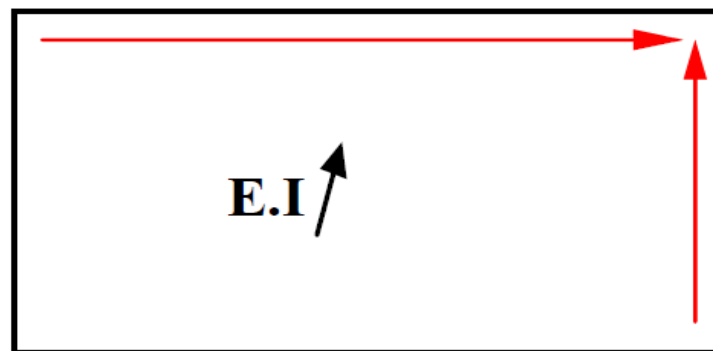


Ces énergies sont toujours positives car il faut fournir de l'énergie pour arracher l'électron à l'attraction du noyau.

D'une manière générale **E.I** Augmente de gauche à droite Et de bas en haut dans le tableau périodique.

Remarque : Il y'a des exceptions a cette tendance générale.

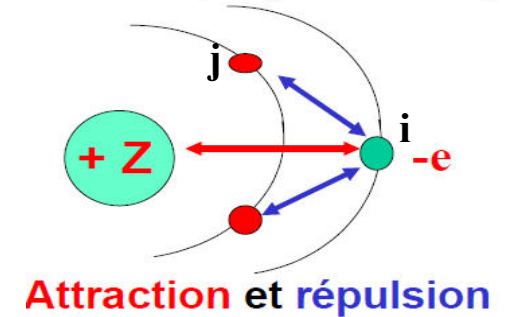
Par exemple : $EI(\text{B}) < EI(\text{Be})$ ainsi que $EI(\text{O}) < EI(\text{N})$



Calcul de l'énergie d'ionisation par le Modèle de Slater

L'énergie de l'électron dans un atome à plusieurs électrons peut être déterminée en tenant compte de l'effet d'écran de type électrostatique dû à la présence des autres électrons dans l'espace noyau-électron considéré.

Atome polyélectronique



Pour l'électron i , on suppose que le noyau n'a qu'un nombre de charge effectif. Cette charge se trouve diminuée par comparaison à la charge du noyau (Z).

$$Z^* = Z - \sum \sigma \quad \sigma = \text{constante d'écran}$$

Les expressions des niveaux d'énergie et du rayons devient :

$$\boxed{E_{\text{niveau}} = E_1 \times \frac{Z^{*2}}{n^2}} \quad \boxed{r = a_0 \times \frac{n^2}{Z^*}} \quad Z^* = Z_{\text{eff}} \text{ est la charge effective.}$$

L'énergie d'ionisation est :

$$EI = E_T(X^+) - E_T(X) \quad \text{Avec : } E_T(X) = \sum E_{\text{niveau}}$$

REGLES de SLATER (calcul de la charge effective Z^*)

Ecrire la configuration électronique de l'élément en utilisant les groupes suivants et dans l'ordre suivant :

Groupes de Slater : [1s] ; [2s , 2p] ; [3s , 3p] [3d] ; [4s , 4p] [4d] [4f] ; [5s , 5p] [5d] ; [5f]...

Valeurs des constantes d'écran

Électrons du même groupe : $\sigma = 0,35$ (sauf pour 1s ou $\sigma = 0,3$)

Electron d'un groupe plus externe

(situé à droite du groupe étudié) : $\sigma = 0$

Electrons d'un groupe plus interne

(situé à gauche du groupe étudié)

a) l'électron étudié appartient à un groupe [ns ; np]

Deux cas à distinguer :

-Les électrons du groupe immédiatement inférieur (n-1)

ont un effet d'écran de $\sigma = 0,85$

-Les électrons des groupes plus internes (n-2) ; (n-3) etc....

ont un effet d'écran $\sigma = 1$

b) l'électron étudié appartient à un groupe [n d] ou [n f]

- Les électrons de tous les groupes plus internes (n-2) ; (n-3)

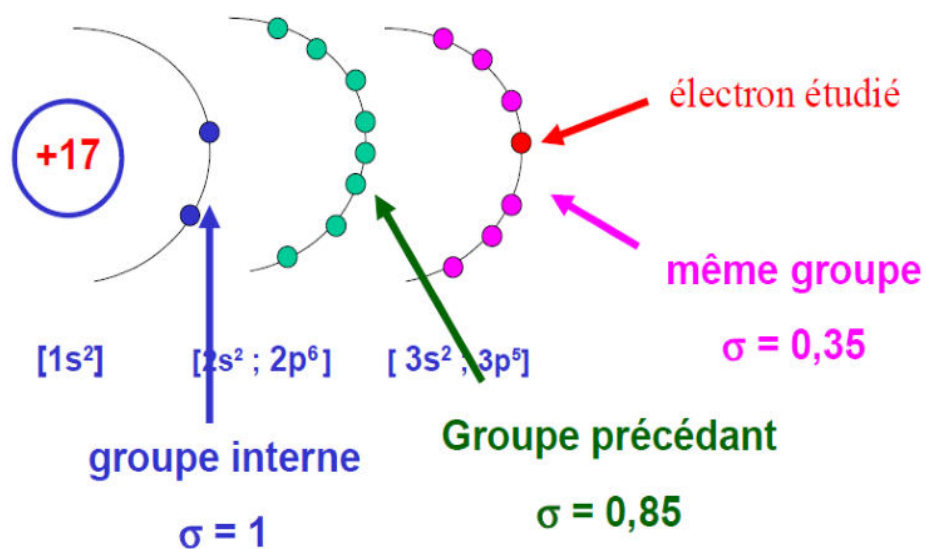
etc.... ont un effet d'écran $\sigma = 1$

électron i/électron j	1s	2s 2p	3s 3p	3d	4s 4p
1s	0.31	0	0	0	0
2s 2p	0.85	0.35	0	0	0
3s 3p	1	0.85	0.35	0	0
3d	1	1	1	0.35	0
4s 4p	1	1	0.85	0.85	0.35

Exemples :

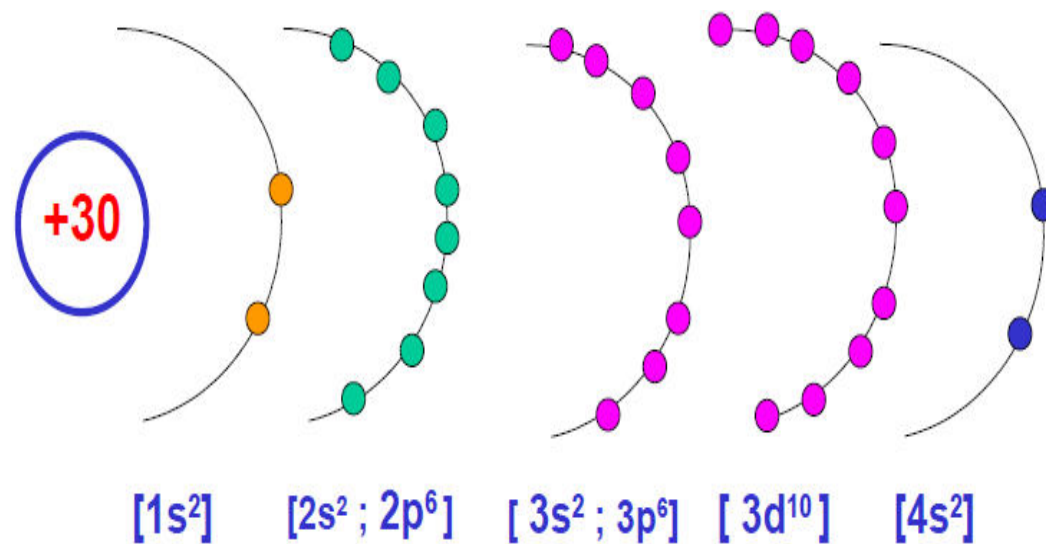
électron i/électron j	1s	2s 2p	3s 3p	3d	4s 4p
1s	0.31	0	0	0	0
2s 2p	0.85	0.35	0	0	0
3s 3p	1	0.85	0.35	0	0
3d	1	1	1	0.35	0
4s 4p	1	1	0.85	0.85	0.35

Cl : $Z = 17$: $[1s^2]$; $[2s^2 ; 2p^6]$; $[3s^2 ; 3p^5]$



$$Z^*_{3s\ 3p} = 17 - (6 * 0,35) - (8 * 0,85) - (2 * 1) = 6,1$$

Zn : $Z = 30$: $[1s^2]$; $[2s^2 ; 2p^6]$; $[3s^2 ; 3p^6]$; $[3d^{10}]$; $[4s^2]$



$$Z^*_{4s} = 30 - (1 * 0,35) - (18 * 0,85) - (10 * 1) = 4,35$$

$$Z^*_{3d} = 30 - (9 * 0,35) - (18 * 1) = 8,85$$

$$Z^*_{3s\ 3p} = 30 - (7 * 0,35) - (8 * 0,85) - (2 * 1) = 18,75$$

6. Affinité électronique

L'affinité électronique est l'énergie dégagée lorsqu'un électron est capté par un atome initialement non chargé, pris à l'état gazeux.



$$\text{AE} = E(\text{X}) - E(\text{X}^-)$$

$\text{AE} > 0$ (X^- plus stable que X) et est exprimée en eV

Cette propriété des atomes est aussi appelée : énergie de fixation électronique. Ces énergies correspondent le plus souvent à des processus exothermique. Elles sont plus difficiles à mesurer que les énergies d'ionisation et sont en général déduites indirectement à partir des mesures spectroscopiques ou thermodynamiques.

7. Électronégativité

C'est la mesure de l'aptitude d'un atome engagé dans une molécule à attirer le doublet de la liaison. C'est une grandeur qui ne peut être déterminée sur un atome isolé.

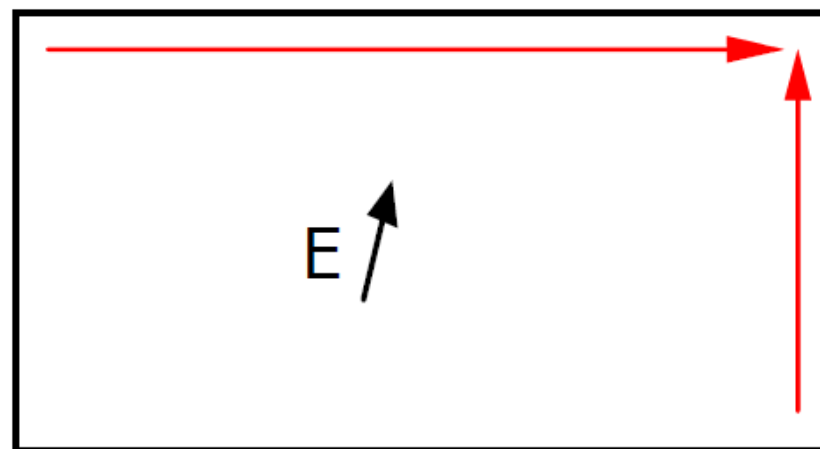
- **Pour Mulliken** : l'indice d'électronégativité χ d'un élément entrant dans une liaison chimique est donnée par définition:
$$\chi = \frac{1}{2}(EI + AE)$$

EI: l'énergie d'ionisation et **AE**: l'affinité électronique.

- **Pour Pauling** : il a relié l'électronégativité de deux atomes **A** et **B**, engagés dans la liaison à leurs énergie de dissociation.

$$\Delta(\chi) = E_{AB} - \sqrt{E_{AA} \times E_{BB}}$$

E_{AB} , E_{AA} , E_{BB} sont les énergies des liaisons **A-B**, **A-A** et **B-B** exprimée en eV



χ ou (**E**): augmente en traversant une période de gauche à droite et diminue en descendant un groupe du tableau périodique.⁷⁰