

Pr. Ahmed AIT HOU

**Cours :**  
**Structure et Etats de la Matière**

**Module C121**

**Parcours: MIP (Section 2)**

**Année universitaire : 2019-2020**

**COPYRIGHT**

**Ce cours est destiné aux étudiants.**

**Toute autre utilisation, SANS l'autorisation de l'auteur, n'est pas permise.**

## PARTIE II:

*Cours de*

# Atomistique

Parcours: MIP (section 2)

Pr. Ahmed AIT HOU

Année universitaire : 2019-2020

**COPYRIGHT**

Ce cours est destiné aux étudiants.

Toute autre utilisation, SANS l'autorisation de l'auteur, n'est pas permise.

**CHAPITRE IV**

**LA CLASSIFICATION  
PERIODIQUE DES ELEMENTS**

# INTRODUCTION :

La classification périodique des éléments représente pour le chimiste une véritable référence permanente. Elle a été construite à partir d'observations expérimentales, bien avant que la structure des atomes soit connue.

Un élément chimique est caractérisé par la valeur du numéro atomique  $Z$  commun à l'ensemble des isotopes qui le constituent. Le critère de classement des éléments n'est plus la masse atomique, mais le numéro atomique  $Z$ .

# Tableau périodique

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Période 1	1 H																	2 He
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	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Uun	111 Uuu	112 Uub		114 Uuq		116 Uuh		118 Uuo

○ Non métalliques	● Gaz rares
● Métaux alcalins	● Métalloïde
● Métaux alcalino-terreux	● Halogènes
● Métaux de transition	○ Autres métaux
● Terres rares	

*Lanthanides	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
**Actinides	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

# I-Classification périodique et configuration électronique

## I-1 Périodes, Colonnes

### a Les périodes :

Les lignes horizontales du tableau périodique s'appellent : les périodes, elles sont numérotées de 1 à 7. Le numéro d'une période correspond au nombre quantique  $n$  de la couche de valence de ses éléments. Chaque période commence par la mise en place d'un  $n$  électron sur une sous couche S externe et se termine par un élément ayant la couche externe caractérisée par une configuration  $ns^2np^6$

### b Les colonnes:

Les éléments de la même colonne possèdent la même structure pour les électrons de valence avec des valeurs différentes pour  $n$ . Les éléments de la même colonne possèdent donc les mêmes propriétés chimiques

# LA CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS

## Principe de construction

\* Les éléments sont classés par « Z » croissant

Le numéro du groupe correspond au nombre d'électrons de valence.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Première période	1,0 1 H (K) <sup>1</sup>	Familles 2 et 6 = groupes						4,0 2 He (K) <sup>2</sup>
Deuxième période	6,9 3 Li (K) <sup>2</sup> (L) <sup>1</sup>	9,0 4 Be (K) <sup>2</sup> (L) <sup>2</sup>	10,8 5 B (K) <sup>2</sup> (L) <sup>3</sup>	12,0 6 C (K) <sup>2</sup> (L) <sup>4</sup>	14,0 7 N (K) <sup>2</sup> (L) <sup>5</sup>	16,0 8 O (K) <sup>2</sup> (L) <sup>6</sup>	19,0 9 F (K) <sup>2</sup> (L) <sup>7</sup>	20,2 10 Ne (K) <sup>2</sup> (L) <sup>8</sup>
Troisième période	23,0 11 Na (K) <sup>2</sup> (L) <sup>8</sup> (M) <sup>1</sup>	24,3 12 Mg (K) <sup>2</sup> (L) <sup>8</sup> (M) <sup>2</sup>	27,0 13 Al (K) <sup>2</sup> (L) <sup>8</sup> (M) <sup>3</sup>	28,1 14 Si (K) <sup>2</sup> (L) <sup>8</sup> (M) <sup>4</sup>	31,0 15 P (K) <sup>2</sup> (L) <sup>8</sup> (M) <sup>5</sup>	32,1 16 S (K) <sup>2</sup> (L) <sup>8</sup> (M) <sup>6</sup>	35,5 17 Cl (K) <sup>2</sup> (L) <sup>8</sup> (M) <sup>7</sup>	39,9 18 Ar (K) <sup>2</sup> (L) <sup>8</sup> (M) <sup>8</sup>

\* Les 7 lignes du tableau périodique sont nommées « périodes » et sont identifiées par le nombre quantique principal « n » tous les éléments d'une même période ont même configuration de cœur.

\* Les 18 colonnes de ce tableau regroupent les éléments de même configuration externe et forment les « familles d'éléments ».

# Tableau périodique

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Période 1	1 H																	2 He
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	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Uun	111 Uuu	112 Uub		114 Uuq		116 Uuh		118 Uuo

○ Non métalliques	● Gaz rares
● Métaux alcalins	● Métalloïde
● Métaux alcalino-terreux	● Halogènes
● Métaux de transition	○ Autres métaux
● Terres rares	

*Lanthanides	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
**Actinides	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

## C- Les Blocs s, p, d et f:

Le tableau périodique est divisé en 4 blocs que l'on nomme d'après la sous couche de remplissage. Il s'agit des blocs s, p, d et f. grâce à ceci, on peut facilement préciser la configuration électronique d'un élément quand on connaît sa ligne et sa colonne.

EXEMPLE :  ${}_{15}\text{P}$  appartient au bloc p, période 3, colonne 15

- Bloc p,  $\Rightarrow$  c'est la sous couche p, qui se remplit
- Période 3,  $\Rightarrow n=3$
- Colonne 15,  $\Rightarrow 3^{\text{e}}$  sur la couche p, d'où  $3p^3$

La configuration électronique de  ${}_{15}\text{P}$  est donc :



# Les différents blocs de la Classification Périodique

## Bloc s

H	
Li	Be
Na	Mg
K	Ca
Rb	Sr
Cs	Ba
Fr	Ra

## Bloc d

Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Y	Sr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd
La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg
Ac									

## Bloc p

					He
B	C	N	O	F	Ne
Al	Si	P	S	Cl	Ar
Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
In	Sb	Se	Te	I	Xe
Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Em	Md	No	Lr

## Bloc f

**Cas de l'Hélium** : Bien qu'appartenant au bloc **S** ( $1s^2$ ), celui-ci est placé dans le bloc **p** (groupe des gaz rares).

14

Pour des raisons de commodité (manque de place) les sous-couches **f** sont placées en bas et à droite du tableau périodique.



Group\*\*

Period

**Bloc p** : il contient tous les éléments ayant une sous couche p en cours de remplissage. La configuration électronique de leurs couches de valence est de type :  $ns^2 np^x$  ( $n \geq 2$  et  $1 \leq x \leq 6$ ).

On distingue particulièrement :

- Le groupe des **halogènes** ( $ns^2 np^5$ ) : F, Cl, Br, I et At
- Le groupe de **gaz rare** ( $ns^2 np^6$ ) : He ( $1s^2$ ), Ne, Ar, Kr, Xe et Rn.

1	1 IA 1A	2 IIA 2A											<b>Bloc p</b>					18 vIII A 8A
1	1 <u>H</u> 1.008	2 <u>He</u> 4.003											13 IIIA 3A	14 IVA 4A	15 VA 5A	16 VIA 6A	17 VIIA 7A	18 vIII A 8A
2	3 <u>Li</u> 6.941	4 <u>Be</u> 9.012											5 <u>B</u> 10.81	6 <u>C</u> 12.01	7 <u>N</u> 14.01	8 <u>O</u> 16.00	9 <u>F</u> 19.00	10 <u>Ne</u> 20.18
3	11 <u>Na</u> 22.99	12 <u>Mg</u> 24.31	3 IIIB 3B	4 IVB 4B	5 VB 5B	6 VIB 6B	7 VIIB 7B	8 ----- VIII ----- 8	9 ----- VIII ----- 8	10 ----- VIII ----- 8	11 IB 1B	12 IIB 2B	13 <u>Al</u> 26.98	14 <u>Si</u> 28.09	15 <u>P</u> 30.97	16 <u>S</u> 32.07	17 <u>Cl</u> 35.45	18 <u>Ar</u> 39.95
4	19 <u>K</u> 39.10	20 <u>Ca</u> 40.08	21 <u>Sc</u> 44.96	22 <u>Ti</u> 47.88	23 <u>V</u> 50.94	24 <u>Cr</u> 52.00	25 <u>Mn</u> 54.94	26 <u>Fe</u> 55.85	27 <u>Co</u> 58.47	28 <u>Ni</u> 58.69	29 <u>Cu</u> 63.55	30 <u>Zn</u> 65.39	31 <u>Ga</u> 69.72	32 <u>Ge</u> 72.59	33 <u>As</u> 74.92	34 <u>Se</u> 78.96	35 <u>Br</u> 79.90	36 <u>Kr</u> 83.80
5	37 <u>Rb</u> 85.47	38 <u>Sr</u> 87.62	39 <u>Y</u> 88.91	40 <u>Zr</u> 91.22	41 <u>Nb</u> 92.91	42 <u>Mo</u> 95.94	43 <u>Tc</u> (98)	44 <u>Ru</u> 101.1	45 <u>Rh</u> 102.9	46 <u>Pd</u> 106.4	47 <u>Ag</u> 107.9	48 <u>Cd</u> 112.4	49 <u>In</u> 114.8	50 <u>Sn</u> 118.7	51 <u>Sb</u> 121.8	52 <u>Te</u> 127.6	53 <u>I</u> 126.9	54 <u>Xe</u> 131.3
6	55 <u>Cs</u> 132.9	56 <u>Ba</u> 137.3	57 <u>La*</u> 138.9	72 <u>Hf</u> 178.5	73 <u>Ta</u> 180.9	74 <u>W</u> 183.9	75 <u>Re</u> 186.2	76 <u>Os</u> 190.2	77 <u>Ir</u> 190.2	78 <u>Pt</u> 195.1	79 <u>Au</u> 197.0	80 <u>Hg</u> 200.5	81 <u>Tl</u> 204.4	82 <u>Pb</u> 207.2	83 <u>Bi</u> 209.0	84 <u>Po</u> (210)	85 <u>At</u> (210)	86 <u>Rn</u> (222)
7	87 <u>Fr</u> (223)	88 <u>Ra</u> (226)	89 <u>Ac</u> ~ (227)	104 <u>Rf</u> (257)	105 <u>Db</u> (260)	106 <u>Sg</u> (263)	107 <u>Bh</u> (262)	108 <u>Hs</u> (265)	109 <u>Mt</u> (266)	110 --- 0	111 --- 0	112 --- 0	114 --- 0	116 --- 0	118 --- 0			

Lanthanide Series\*

58 <u>Ce</u> 140.1	59 <u>Pr</u> 140.9	60 <u>Nd</u> 144.2	61 <u>Pm</u> (147)	62 <u>Sm</u> 150.4	63 <u>Eu</u> 152.0	64 <u>Gd</u> 157.3	65 <u>Tb</u> 158.9	66 <u>Dy</u> 162.5	67 <u>Ho</u> 164.9	68 <u>Er</u> 167.3	69 <u>Tm</u> 168.9	70 <u>Yb</u> 173.0	71 <u>Lu</u> 175.0
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Actinide Series~

90 <u>Th</u> 232.0	91 <u>Pa</u> (231)	92 <u>U</u> (238)	93 <u>Np</u> (237)	94 <u>Pu</u> (242)	95 <u>Am</u> (243)	96 <u>Cm</u> (247)	97 <u>Bk</u> (247)	98 <u>Cf</u> (249)	99 <u>Es</u> (254)	100 <u>Fm</u> (253)	101 <u>Md</u> (256)	102 <u>No</u> (254)	103 <u>Lr</u> (257)
--------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

Group\*\*

Period

**Bloc d**

**Bloc d : Il contient tous les éléments ayant une sous couche d en cours de remplissage. Leur configuration électronique externe est de type :  $(n-1) d^x ns^2$  ( $n \geq 4$  et  $1 \leq x \leq 10$ ). Ce sont les éléments de transition.**

1	1 IA 1A	2 IIA 2A	<b>Bloc d</b>										13 IIIA 3A	14 IVA 4A	15 VA 5A	16 VIA 6A	17 VIIA 7A	18 VIII A 8A
1	1 <u>H</u> 1.008	2 <u>He</u> 4.003	<b>Bloc d</b>										13 <u>B</u> 10.81	14 <u>C</u> 12.01	15 <u>N</u> 14.01	16 <u>O</u> 16.00	17 <u>F</u> 19.00	18 <u>Ne</u> 20.18
2	3 <u>Li</u> 6.941	4 <u>Be</u> 9.012	<b>Bloc d</b>										5 <u>B</u> 10.81	6 <u>C</u> 12.01	7 <u>N</u> 14.01	8 <u>O</u> 16.00	9 <u>F</u> 19.00	10 <u>Ne</u> 20.18
3	11 <u>Na</u> 22.99	12 <u>Mg</u> 24.31	3 IIIB 3B	4 IVB 4B	5 VB 5B	6 VIB 6B	7 VIIB 7B	8 ----- VIII----- ----- 8-----	9	10	11 IB 1B	12 IIB 2B	13 <u>Al</u> 26.98	14 <u>Si</u> 28.09	15 <u>P</u> 30.97	16 <u>S</u> 32.07	17 <u>Cl</u> 35.45	18 <u>Ar</u> 39.95
4	19 <u>K</u> 39.10	20 <u>Ca</u> 40.08	21 <u>Sc</u> 44.96	22 <u>Ti</u> 47.88	23 <u>V</u> 50.94	24 <u>Cr</u> 52.00	25 <u>Mn</u> 54.94	26 <u>Fe</u> 55.85	27 <u>Co</u> 58.47	28 <u>Ni</u> 58.69	29 <u>Cu</u> 63.55	30 <u>Zn</u> 65.39	31 <u>Ga</u> 69.72	32 <u>Ge</u> 72.59	33 <u>As</u> 74.92	34 <u>Se</u> 78.96	35 <u>Br</u> 79.90	36 <u>Kr</u> 83.80
5	37 <u>Rb</u> 85.47	38 <u>Sr</u> 87.62	39 <u>Y</u> 88.91	40 <u>Zr</u> 91.22	41 <u>Nb</u> 92.91	42 <u>Mo</u> 95.94	43 <u>Tc</u> (98)	44 <u>Ru</u> 101.1	45 <u>Rh</u> 102.9	46 <u>Pd</u> 106.4	47 <u>Ag</u> 107.9	48 <u>Cd</u> 112.4	49 <u>In</u> 114.8	50 <u>Sn</u> 118.7	51 <u>Sb</u> 121.8	52 <u>Te</u> 127.6	53 <u>I</u> 126.9	54 <u>Xe</u> 131.3
6	55 <u>Cs</u> 132.9	56 <u>Ba</u> 137.3	<b>Bloc d</b>										81 <u>Tl</u> 204.4	82 <u>Pb</u> 207.2	83 <u>Bi</u> 209.0	84 <u>Po</u> (210)	85 <u>At</u> (210)	86 <u>Rn</u> (222)
7	87 <u>Fr</u> (223)	88 <u>Ra</u> (226)	<b>Bloc d</b>										110 ---	111 ---	112 ---	114 ---	116 ---	118 ---

Lanthanide Series\*

58 <u>Ce</u> 140.1	59 <u>Pr</u> 140.9	60 <u>Nd</u> 144.2	61 <u>Pm</u> (147)	62 <u>Sm</u> 150.4	63 <u>Eu</u> 152.0	64 <u>Gd</u> 157.3	65 <u>Tb</u> 158.9	66 <u>Dy</u> 162.5	67 <u>Ho</u> 164.9	68 <u>Er</u> 167.3	69 <u>Tm</u> 168.9	70 <u>Yb</u> 173.0	71 <u>Lu</u> 175.0
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Actinide Series~

90 <u>Th</u> 232.0	91 <u>Pa</u> (231)	92 <u>U</u> (238)	93 <u>Np</u> (237)	94 <u>Pu</u> (242)	95 <u>Am</u> (243)	96 <u>Cm</u> (247)	97 <u>Bk</u> (247)	98 <u>Cf</u> (249)	99 <u>Es</u> (254)	100 <u>Fm</u> (253)	101 <u>Md</u> (256)	102 <u>No</u> (254)	103 <u>Lr</u> (257)
--------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

Group\*\*

Pe  
ri  
od

1  
IA  
1A

1  
1  
H  
1.008

2  
2  
Li  
6.941

3  
3  
Na  
22.99

4  
4  
K  
39.10

5  
5  
Rb  
85.47

6  
6  
Cs  
132.9

7  
7  
Fr  
(223)

2  
IIA  
2A

2  
4  
Be  
9.012

3  
12  
Mg  
24.31

4  
20  
Ca  
40.08

5  
38  
Sr  
87.62

6  
56  
Ba  
137.3

7  
88  
Ra  
(226)

**Bloc f** : Il contient tous les éléments ayant une sous couche f en cours de remplissage. La configuration électronique de leurs couches de valence est de type :  $(n-2) f^x (n-1) d^{10} n s^2$  ( $n \geq 6$  et  $1 \leq x \leq 14$ ). Ils sont appelés les terres rares et forment deux séries d'éléments : Lanthanides ( $n=6$ ) et Actinides ( $n=7$ ).

3  
IIIB  
3B

4  
IVB  
4B

5  
VB  
5B

6  
VIB  
6B

7  
VIIB  
7B

8  
----- VIII -----  
----- 8 -----

9  
----- VIII -----  
----- 8 -----

10  
----- VIII -----  
----- 8 -----

11  
IB  
1B

12  
IIB  
2B

13  
Al  
26.98

14  
Si  
28.09

15  
P  
30.97

16  
S  
32.07

17  
Cl  
35.45

18  
Ar  
39.95

21  
Sc  
44.96

22  
Ti  
47.88

23  
V  
50.94

24  
Cr  
52.00

25  
Mn  
54.94

26  
Fe  
55.85

27  
Co  
58.47

28  
Ni  
58.69

29  
Cu  
63.55

30  
Zn  
65.39

31  
Ga  
69.72

32  
Ge  
72.59

33  
As  
74.92

34  
Se  
78.96

35  
Br  
79.90

36  
Kr  
83.80

39  
Y  
88.91

40  
Zr  
91.22

41  
Nb  
92.91

42  
Mo  
95.94

43  
Tc  
(98)

44  
Ru  
101.1

45  
Rh  
102.9

46  
Pd  
106.4

47  
Ag  
107.9

48  
Cd  
112.4

49  
In  
114.8

50  
Sn  
118.7

51  
Sb  
121.8

52  
Te  
127.6

53  
I  
126.9

54  
Xe  
131.3

57  
La\*  
138.9

72  
Hf  
178.5

73  
Ta  
180.9

74  
W  
183.9

75  
Re  
186.2

76  
Os  
190.2

77  
Ir  
190.2

78  
Pt  
195.1

79  
Au  
197.0

80  
Hg  
200.5

81  
Tl  
204.4

82  
Pb  
207.2

83  
Bi  
209.0

84  
Po  
(210)

85  
At  
(210)

86  
Rn  
(222)

89  
Ac  
~  
(227)

104  
Rf  
(257)

105  
Db  
(260)

106  
Sg  
(263)

107  
Bh  
(262)

108  
Hs  
(265)

109  
Mt  
(266)

110  
---  
0

111  
---  
0

112  
---  
0

114  
---  
0

116  
---  
0

118  
---  
0

**Bloc f**

Lanthanide  
Series\*

58 <u>Ce</u> 140.1	59 <u>Pr</u> 140.9	60 <u>Nd</u> 144.2	61 <u>Pm</u> (147)	62 <u>Sm</u> 150.4	63 <u>Eu</u> 152.0	64 <u>Gd</u> 157.3	65 <u>Tb</u> 158.9	66 <u>Dy</u> 162.5	67 <u>Ho</u> 164.9	68 <u>Er</u> 167.3	69 <u>Tm</u> 168.9	70 <u>Yb</u> 173.0	71 <u>Lu</u> 175.0
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Actinide Series~

90 <u>Th</u> 232.0	91 <u>Pa</u> (231)	92 <u>U</u> (238)	93 <u>Np</u> (237)	94 <u>Pu</u> (242)	95 <u>Am</u> (243)	96 <u>Cm</u> (247)	97 <u>Bk</u> (247)	98 <u>Cf</u> (249)	99 <u>Es</u> (254)	100 <u>Fm</u> (253)	101 <u>Md</u> (256)	102 <u>No</u> (254)	103 <u>Lr</u> (257)
--------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

## I-2 Remplissage du tableau périodique

Nous avons vu que sur une même période, on passe d'un élément au suivant en ajoutant un proton, donc, en passant de  $Z$  à  $Z+1$

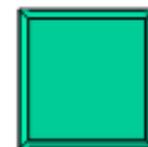
**La première ligne correspond au remplissage de la couche K ( $n = 1$ ) et contient donc 2 éléments de configurations  $1 s^1$  et  $1 s^2$**

**La deuxième ligne correspond au remplissage de la couche L ( $n = 2$ ) et contient donc 8 éléments de configurations  $2 s^1$ ,  $2 s^2$ ,  $2 p^1$ ,  $2 p^2$ ,  $2 p^3$ ,  $2 p^4$ ,  $2 p^5$  et  $2 p^6$ .**

La troisième ligne devrait contenir les éléments correspondant au remplissage de la couche M ( $n=3$ ) soit 18 au total :  $3s^2$ ,  $3p^6$  et  $3d^{10}$

Mais d'après Klechkowski, le niveau  $3d$  se remplit après le niveau  $4s$ .

Pour cette raison le niveau  $3d$  fera partie de la quatrième ligne et non de la troisième.



Enfin, finalement la troisième ligne contient 8 éléments de configuration :  $3s^2$ ,  $3p^6$

La quatrième ligne devrait contenir les éléments correspondant au remplissage de la couche N (n=4) soit 32 au total :  $4s^2$ ,  $4p^6$ ,  $4d^{10}$  et  $4f^{14}$

Mais d'après Klechkowski, le niveau  $4d$  se remplit après le niveau  $5s$ .

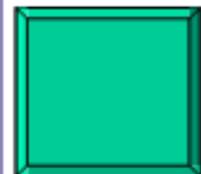
Pour cette raison le niveau  $4d$  fera partie de la **cinquième** ligne et non de la **quatrième**.

De même, le niveau  $4f$  se remplit après le niveau  $6s$ .

Pour cette raison le niveau  $4f$  fera partie de la **sixième** ligne et non de la **quatrième**.

Pour des raisons de commodité (manque de place) les sous-couches **f** sont placées en bas et à droite du tableau périodique.

Enfin, la quatrième ligne contiendra 18 éléments de configurations :

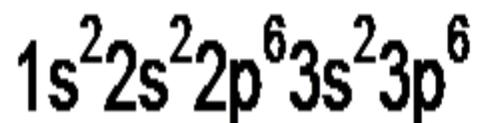




EXEMPLE :  ${}_{15}P$  appartient au bloc p, période 3, colonne 15

- Bloc p,  $\Rightarrow$  c'est la sous couche p, qui se remplit
- Période 3,  $\Rightarrow n=3$
- Colonne 15,  $\Rightarrow 3^e$  sur la couche p, d'où  $3p^3$

La configuration électronique de  ${}_{15}P$  est donc :



I-3

## Les familles ou Groupes du tableau périodique

### Les familles d'éléments:

Les familles d'éléments correspondent aux colonnes du tableau périodique. Les éléments d'une même famille ont les mêmes propriétés chimiques

les familles du tableau périodique sont désignés par un chiffre romain représentant le nombre d'électrons de valence suivie d'une lettre A ou B pour préciser la nature de l'orbitale contenant ces électrons:

**Groupe A** : les électrons de valence sont de type s ou s et p.

**Groupe B** : les électrons d font partie des électrons de valence

## Les familles d'éléments:

Les familles d'éléments correspondent aux colonnes du tableau périodique. Les éléments d'une même famille ont les mêmes propriétés chimiques

## Les Familles d'éléments

Certaines familles ont reçues des noms particuliers à connaître.

Ligne = période

Colonne = famille (ou groupe)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																
H	Li	Na	K	Rb	Cs	Fr	Sc	Y	La	Ac	Ti	Zr	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	B	Al	Ga	In	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	He	Ne	Ar	Kr	Xe													
	Be	Mg	Ca	Sr	Ba	Ra	V	Nb	Ta		Cr	Mo	Cr	Mo	W	Mn	Tc	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	C	Si	Ge	Sn	Pb	N	P	As	Sb	Bi	Po	At	Rn	O	S	Se	Te	Po	At	Rn	F	Cl	Br	I	At	Rn

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Em	Md	No	Lr

Lanthanides  
Actinides

1 : Alcalins

2 : Alcalino-terreux

16 : Chalcogènes

17 : Halogènes

18 : Gaz Rares

Blocs d et f : éléments de transition

Bloc f = Terres  
rares

Alcalins

Alcalino-terreux

Terreux

Carbonides

Azotides

Sulfurides

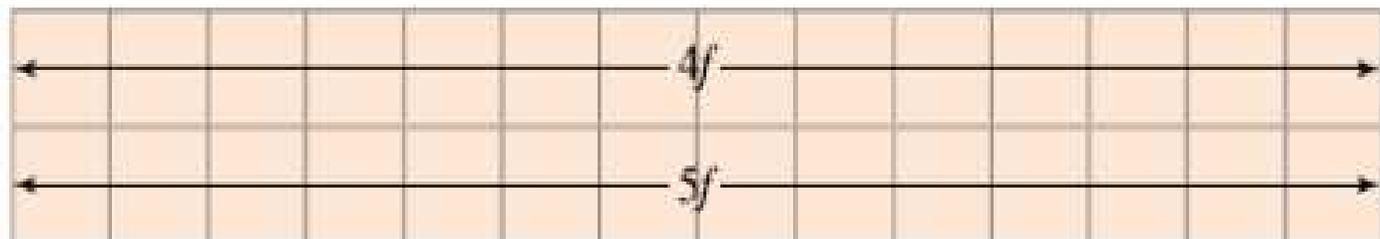
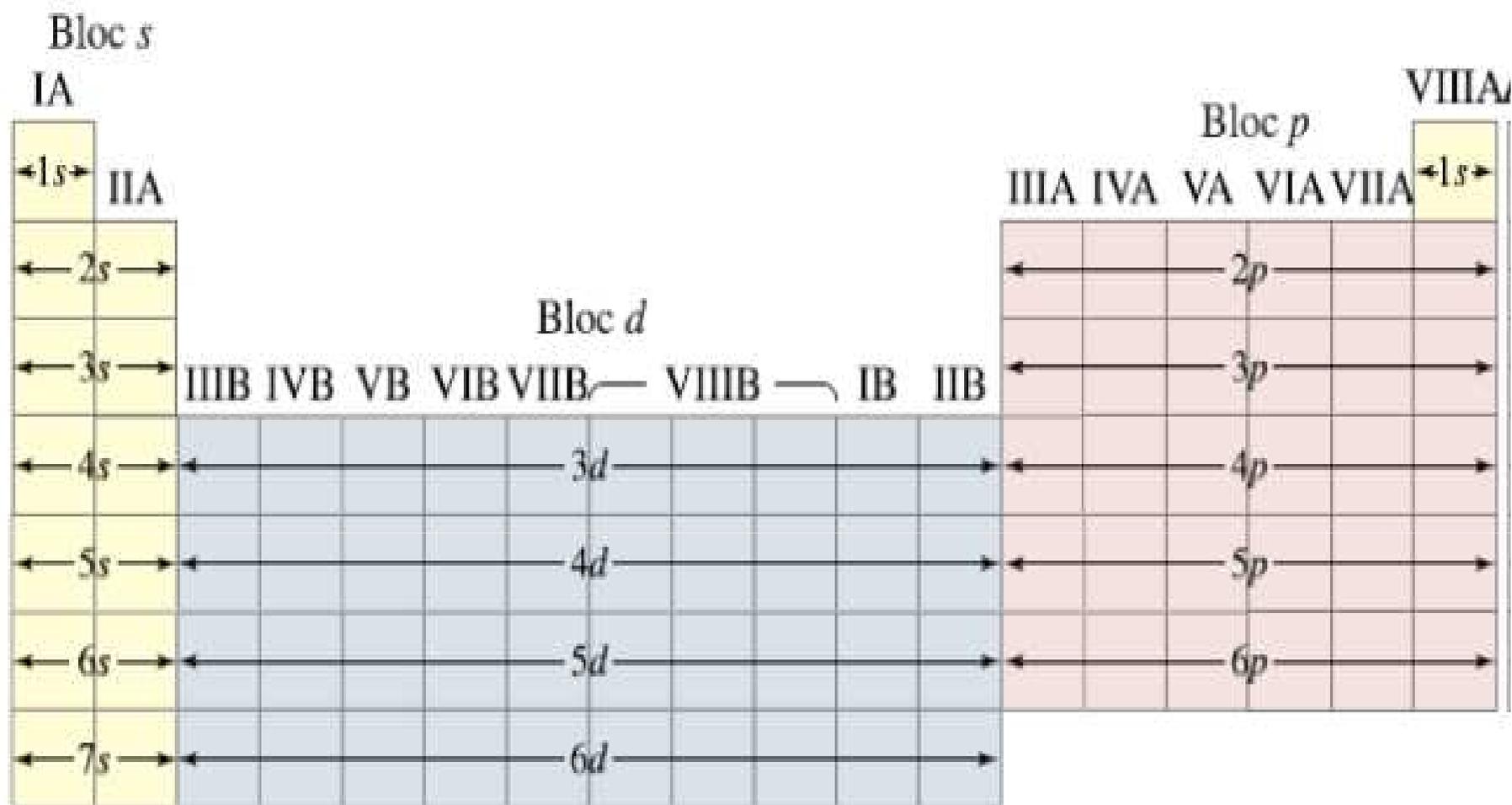
Halogènes

GAS rares

Métaux de transition

Plus d'infos en cliquant sur le nom des familles

1a																	VIIIa	2					
1 H																	IIIa	IIa	2 He				
3 LI	4 Be																	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	IIIb	IVb	Vb	VIIb	VIIIb		IXb	Xb	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar								
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						
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						
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						
87 Fr	88 Ra	89 Ac																					
		58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu								
		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								



## QUELQUES FAMILLES PARTICULIÈRES :

### - La famille des métaux alcalins (groupe I) :

Leur structure de valence s'écrit  $ns^1$  et les éléments sont ceux de la première colonne du tableau ( H, Li, Na, K, ... ) et ont tendance à donner des ions chargés une fois positivement (  $H^+$ ,  $Li^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ , .... )

### - La famille des métaux alcalinoterreux (groupe II):

Ses éléments sont ceux de la deuxième colonne du tableau ( Be , Mg, ... ) et ont tendance à donner des ions chargés deux fois positivement (  $Mg^{2+}$ ,  $Be^{2+}$ ,.... )

### - La famille des halogènes (Groupe VII) :

Ses éléments sont ceux de l'avant-dernière colonne du tableau ( F, Cl, Br, I, ... ) et ont tendance à donner des ions chargés une fois négativement (  $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ,... ).

### - La famille des gaz rares (groupe VIII) :

Elle est constituée par les éléments situés dans la dernière colonne ( He, Ne, Ar, Kr, ... ) et est caractérisée par des éléments particulièrement stables. Il faut comprendre par là, que ces éléments sont très peu réactifs (inertes).

**Tous les gaz rares ont leur couche externe saturée à huit électrons sauf l'hélium.**

## - Entre la 2<sup>ème</sup> et la 13<sup>ème</sup> colonne:

Les éléments situés entre la 2<sup>ème</sup> colonne et la 13<sup>ème</sup> colonne, s'appellent les **métaux de transition**. Ils tiennent leur nom de leur situation dans le tableau périodique, ils sont placés entre les éléments du bloc **s** et les éléments du bloc **p**.

Les éléments de transition appartiennent au bloc **d**.

À ces différentes familles, il faudra ajouter les éléments du bloc **f** qu'on appelle **les terres rares**. Les éléments de  $Z=57$  à  $Z=71$  s'appellent les **LANTHANIDES** et les éléments de  $Z=89$  à  $Z=103$  s'appellent **les ACTINIDES**

## I-4

# METAUX ET NON METAUX

Le tableau périodique permet d'établir la limite entre les métaux et les non métaux. Sur la gauche et au centre du tableau périodique, on trouve les métaux, ils sont :

- Tous solides à température ambiante, sauf **Hg**
- Ils conduisent l'électricité

Sur la droite, on trouve les non métaux, certains sont solides (S, P, I), d'autres gazeux (N, Cl), un seul liquide (**Br**), ils sont isolants

**Les métaux donnent des Cations, leurs oxydes sont basiques.**

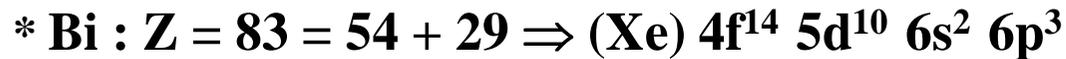
Exemple :  $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+}$  et  $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2$

**Les non-métaux donnent des Anions, leurs oxydes sont acides.**

Exemple :  $\text{S} \rightarrow \text{S}^{2-}$  et  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$

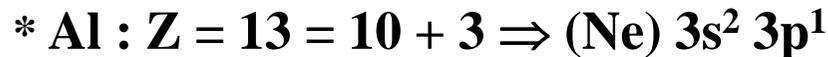
## Règle de Sanderson :

Un élément est métallique si le nombre d'électrons de sa couche de  $n$  le plus élevé est inférieur ou égal au numéro de sa période. (sauf H et Ge)



**5 électrons sur  $n=6$  et appartient à la période 6**

**$5 < 6 \Rightarrow$  Bi est un métal**



**3 électrons sur  $n=3$  et appartient à la période 3**

**$3 = 3 \Rightarrow$  Al est un métal**

# Classification périodique des éléments

Gaz nobles

	I											Non métaux					VIII	
1	<b>H</b>																<b>He</b>	
2	Li	Be											III	IV	V	VI	VII	2
3	Na	Mg											B	C	N	O	F	Ne
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	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	Lw	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uom	Uuu	Uub						

Métaux

Semi conducteurs

Lanthanides et actinides

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102

## **II-Périodicité de propriétés des éléments**

II

## Periodicité des propriétés des éléments

Nous avons vu dans le paragraphe précédent que la configuration électronique des atomes présente une périodicité qui apparaît clairement dans le tableau périodique (l'existence de familles). Cette périodicité va induire également une périodicité au niveau des propriétés physiques et chimiques.

II.1

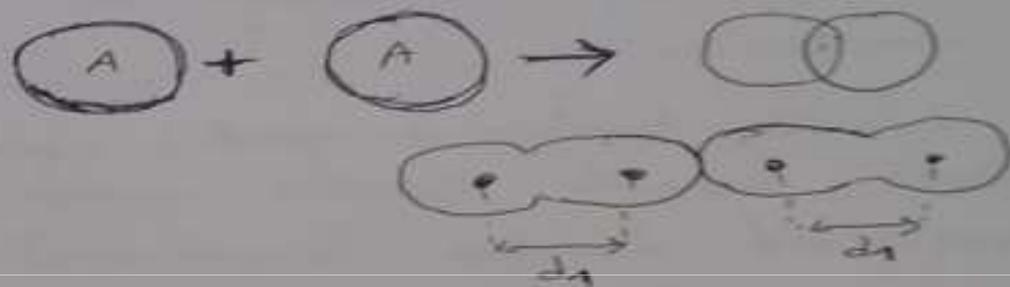
### Les rayons atomiques :

Lorsqu'on discute de la « grosseur » des atomes, on admet qu'ils ont une forme sphérique. Leur grosseur est donc définie par la valeur de leur rayon. En effet, l'expérience montre que les atomes se comportent comme des sphères compactes.

a-

### Le rayon de Covalence :

Lorsque deux atomes se lient entre eux pour former une molécule, leurs couches électroniques externes s'interpénètrent. On appelle le rayon de covalence d'un élément, la moitié de la distance entre les noyaux de deux atomes de cet élément, liés dans la molécule du corps simple.



$$\text{le Rayon de Covalence} = \frac{d_1}{2}$$

Le tableau suivant donne le rayon de covalence de certains éléments :

élément	H	C	N	F	I	Cl
rayon de covalence en nm	0,037	0,077	0,07	0,064	0,133	0,099

### b- La longueur de liaison :

La longueur d'une liaison correspond à la distance entre les noyaux de deux atomes unis par une liaison chimique.

Dans le cas des liaisons reliant deux mêmes atomes, la longueur est égale au double du rayon de Covalence. Dans le cas des liaisons mixtes entre deux atomes différents, on fait la somme des rayons de Covalence.

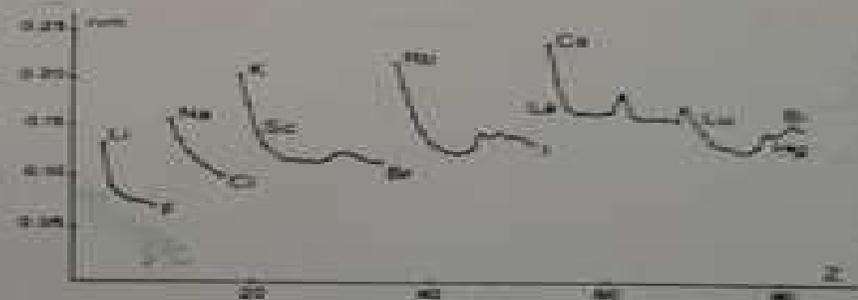
Ex : HCl  $\Rightarrow r = 0,037 + 0,099 = 0,136 \text{ nm}$

### C. Variation du rayon atomique avec le numéro atomique

Le rayon atomique (rayon de Covalence) diminue du premier au dernier élément dans une même période. Ensuite, il augmente brusquement au début de la ligne suivante.

Ceci vient du fait que la force attractive exercée par le noyau sur les-

• en une même période  $\Rightarrow$  il y a le même nombre de couches  $\Rightarrow$  plus les sont nombreuses, plus la force est forte  $\Rightarrow r \downarrow$



• la période suivante, une autre couche se remplit  $\Rightarrow$  le rayon  $r$  avant de diminuer de la même façon qu'auparavant.

L'interaction d'une même colonne, le rayon atomique augmente avec  $Z$ , ce qui s'explique par le fait que le nombre de couches électroniques augmente, les  $e^-$  évoluent donc plus loin du noyau  $\Rightarrow r \uparrow$

### I - Le rayon ionique

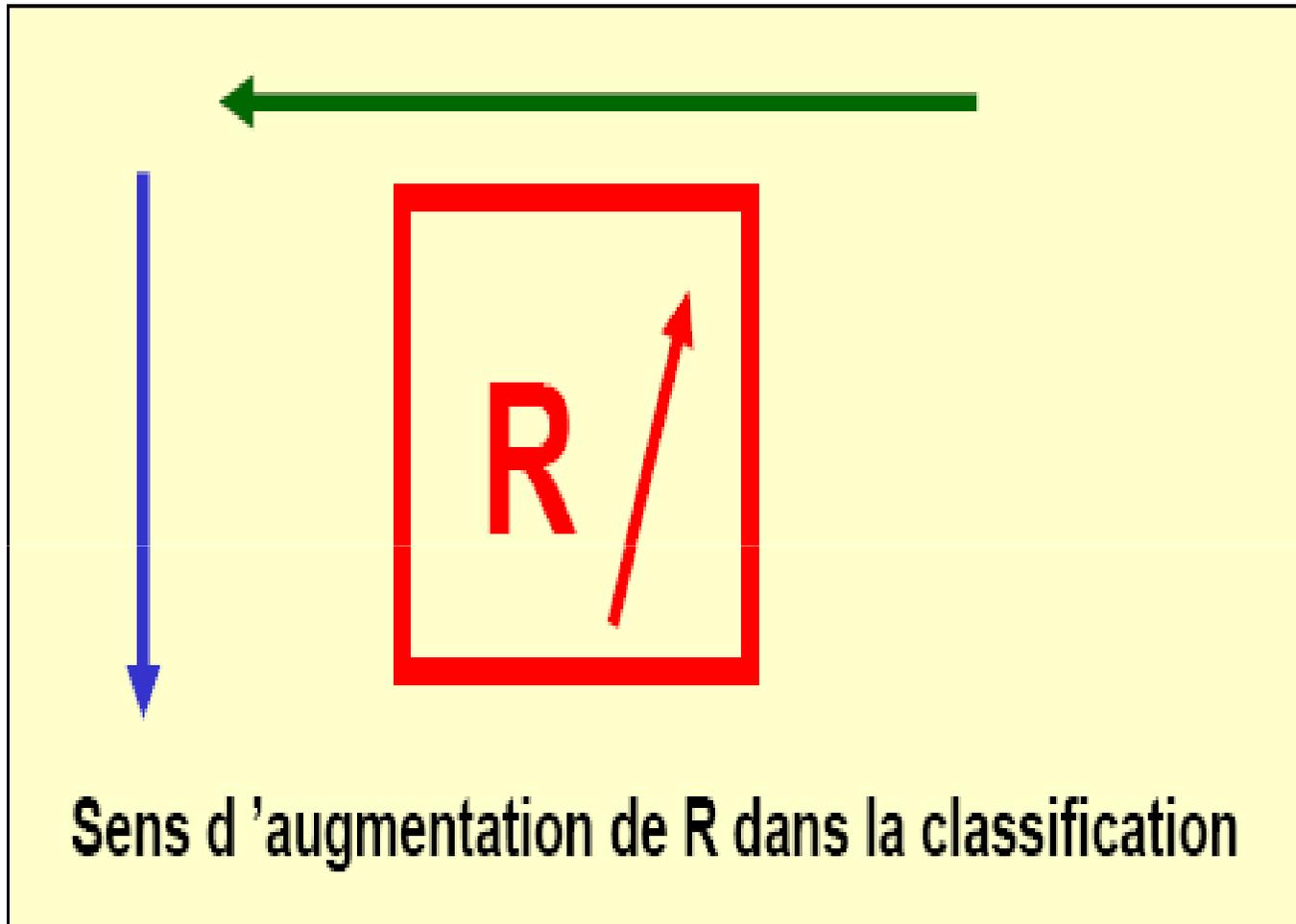
La variation du volume d'un élément lorsqu'on passe d'un atome à d'un correspondant est très grande. Les cations sont moins volumineux, alors les anions sont au contraire plus volumineux.

Ce sont les valeurs des rayons ioniques qui déterminent la structure géométrique des cristaux tels que  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KBr}$

rayon atomique	$\text{Li}^+$ 0,123	$\text{F}^-$ 0,136	$\text{S}^{2-}$ 0,184
rayon ionique	$\text{Li}^+$ 0,06	$\text{F}^-$ 0,136	$\text{S}^{2-}$ 0,184

### III Formation des ions :

La transformation des atomes en ions (cations et anions) joue un rôle important dans les



formation des composés et dans les réactions chimiques. Dans ce paragraphe, nous parlerons de trois notions importantes : Énergie d'ionisation, affinité électronique et électronégativité. Ce sont des caractéristiques essentielles qui interviennent dans les modes de liaison entre les atomes et dans les propriétés des liaisons.

1. L'énergie d'ionisation :

Lorsqu'un atome perd un ou plusieurs électrons, il acquiert une charge positive et devient un cation. L'énergie nécessaire s'appelle : Énergie d'ionisation ou potentiel d'ionisation.

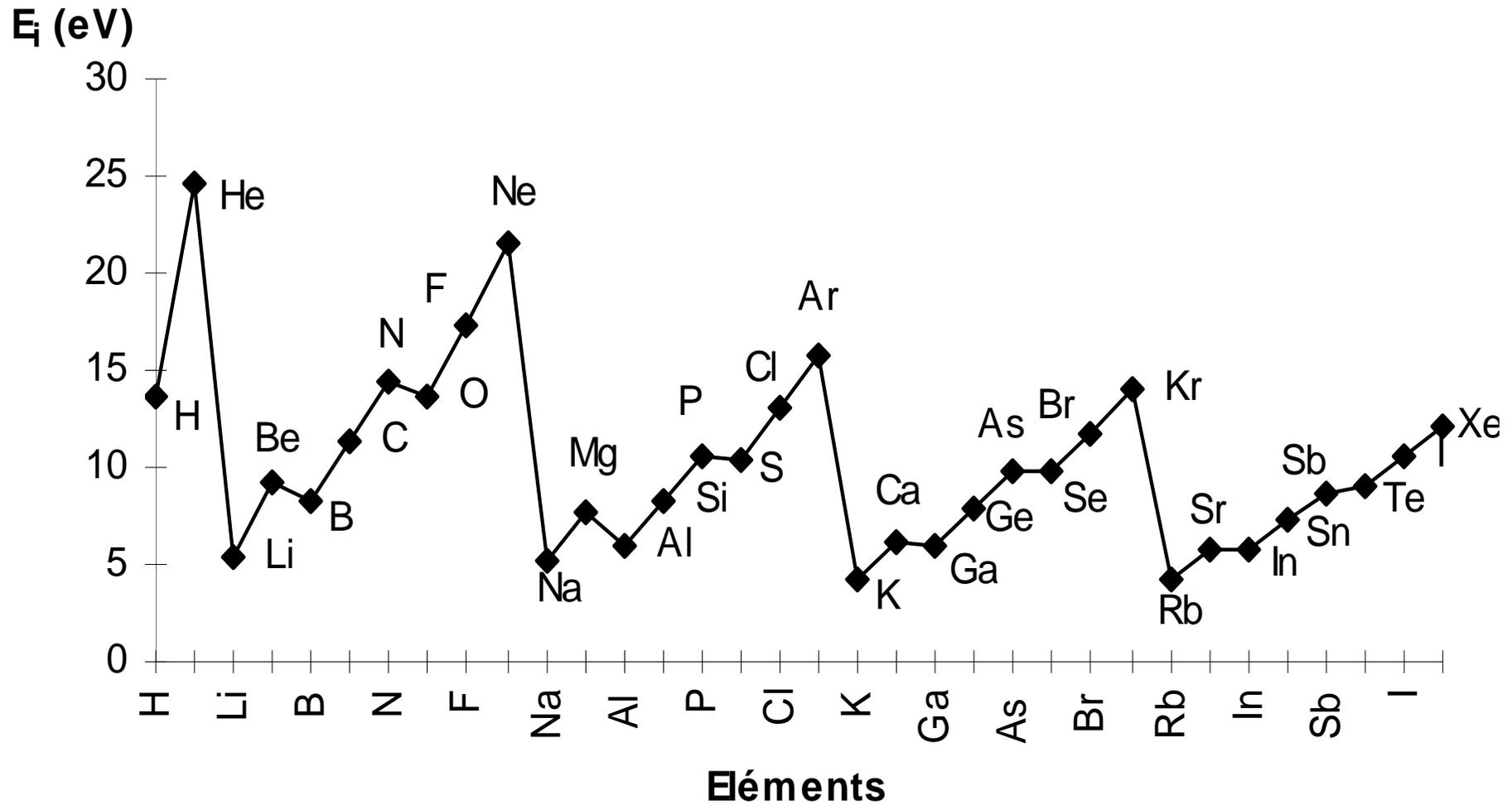
a. Énergie de 1<sup>ère</sup> ionisation :

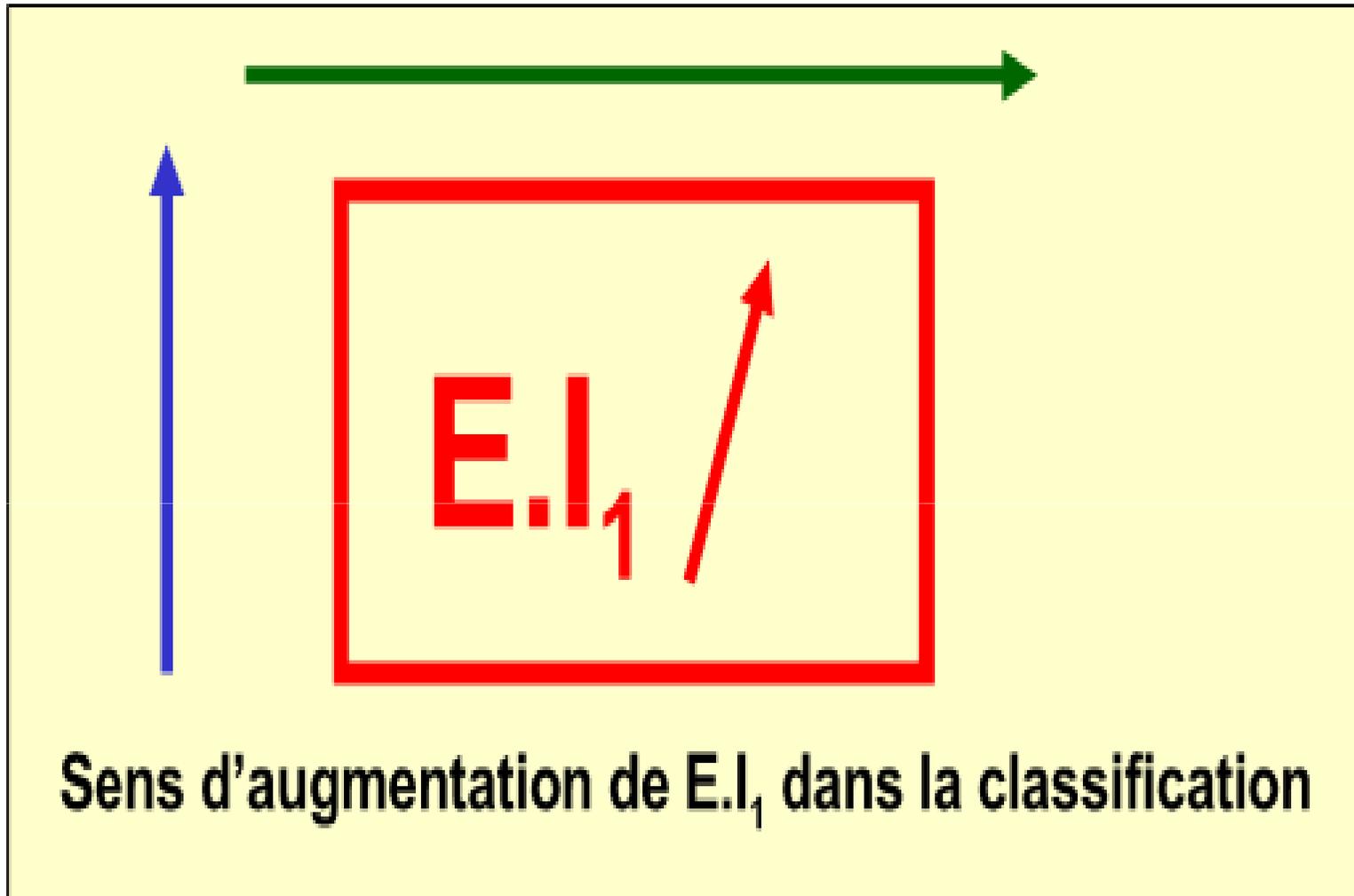
L'énergie de première ionisation d'un atome est la plus petite énergie nécessaire à l'arrachement d'un  $e^-$  de l'atome A qui devient un ion positif.



L'énergie de première ionisation augmente dans l'ensemble dans une période, puis diminue brusquement lors du passage à la période suivante.

# Energies de première ionisation des éléments principaux

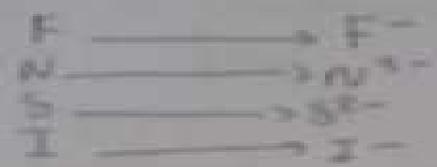




**Sens d'augmentation de  $E.I._1$  dans la classification**



\* Les éléments possédant 5, 6 ou 7 électrons ont tendance à gagner 3, 2 ou 1 électron pour donner la structure de gaz rare suivant



\* Les éléments de la 14<sup>ème</sup> colonne ont une tendance à donner des ions (plutôt un lien covalent) exemple : C

\* Les éléments du bloc d ont tendance à donner des ions positifs en perdant les e<sup>-</sup> les plus proches, c'est plus sûr que son le plus probable.

### 2- L'affinité électronique :

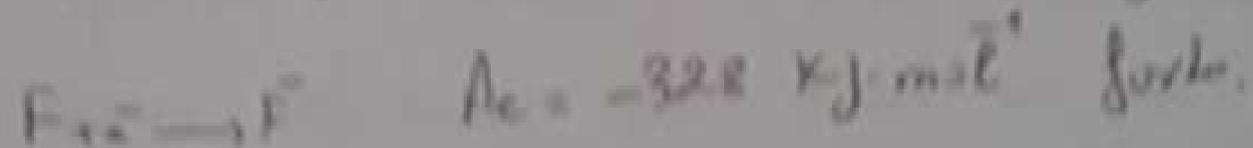
au lieu de perdre des électrons, les atomes peuvent aussi gagner, ils donnent alors des ions négatifs ou anions.



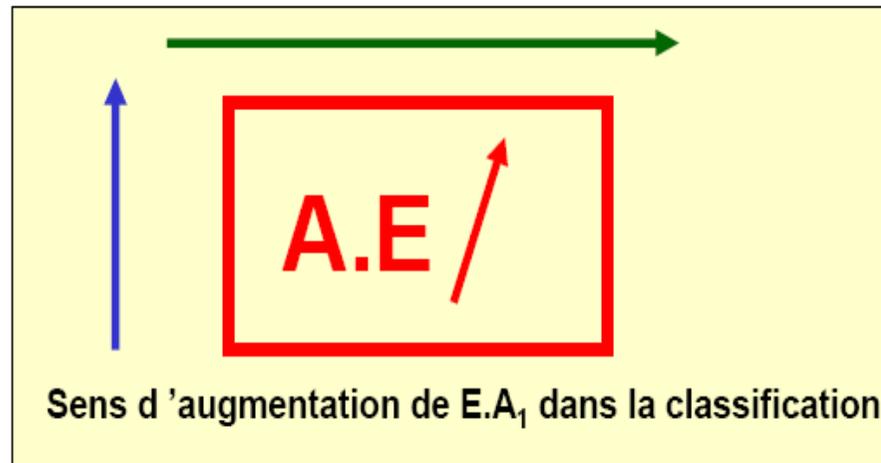
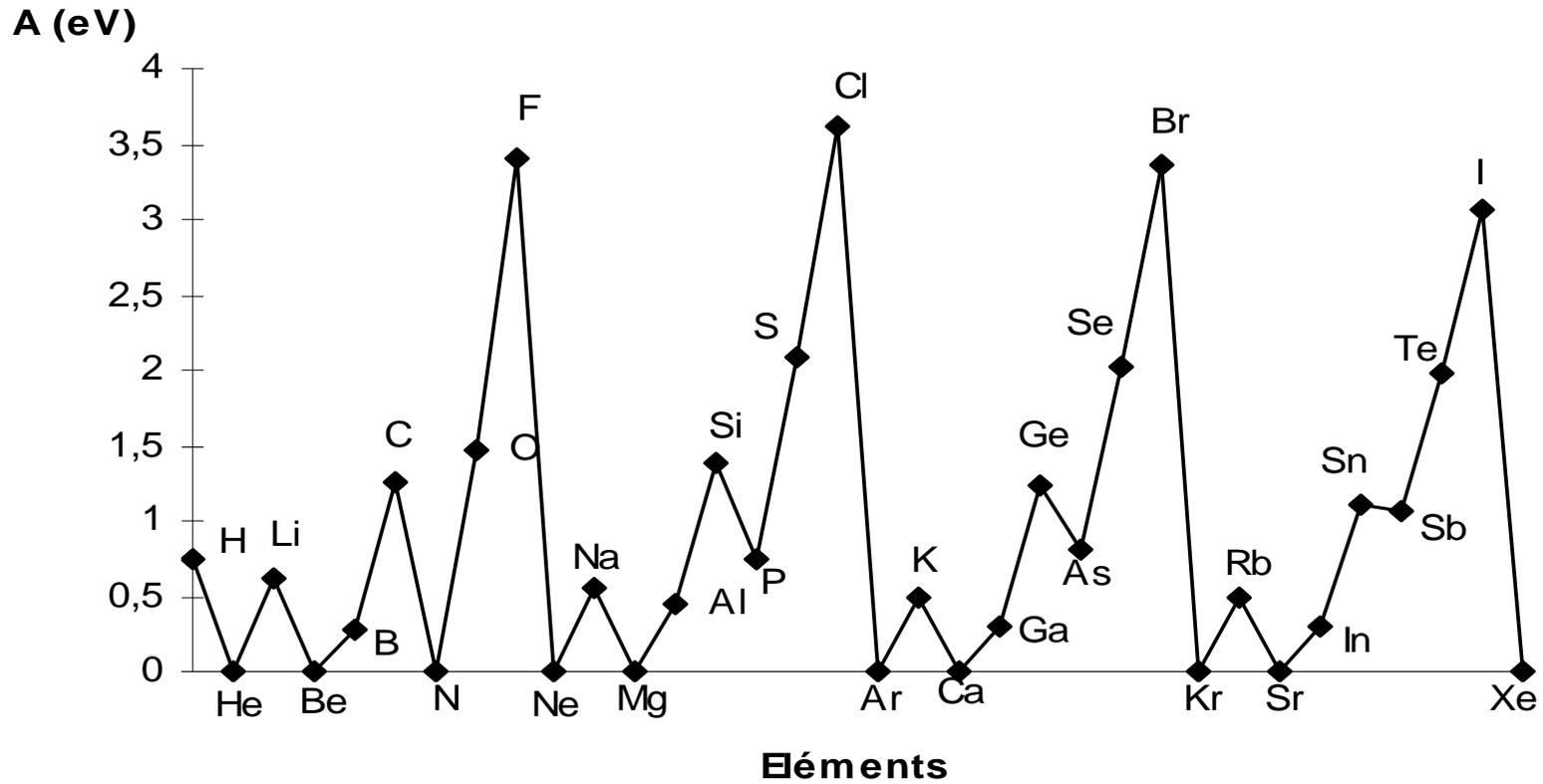
l'énergie libérée lorsqu'un atome gagne un ou plusieurs e<sup>-</sup> est appelé : affinité électronique.



Par convention, cette énergie est négative.  
 L'Ac varie à l'intérieur du tableau périodique de la même façon que l'énergie d'ionisation. C'est logique car les atomes qui retiennent fortement leurs  $e^-$  ont une forte énergie d'ionisation et vont capturer facilement un ou plusieurs  $e^-$ , ils auront un fort Ac.



## Affinité électronique des éléments principaux



L'affinité électronique varie comme l'énergie d'ionisation.

### 3- L'électronégativité :

Certains atomes ont une forte énergie d'ionisation, ils n'ont pas tendance à perdre des  $e^-$  mais au contraire à en capter. D'autres pour des raisons inverses ont tendance à les perdre. La grandeur qui permet de caractériser ce qu'on appelle l'électronégativité. Plus l'E.N est forte, plus l'élément a tendance à conserver ses  $e^-$  et inversement.

**L'électronégativité caractérise la tendance qu'a un atome à attirer les électrons à lui.**

**C'est une notion intuitive très utilisée par les chimistes, pour prévoir certaines propriétés atomiques ou moléculaire.**

**Il n'existe pas de définition très précise de l'électronégativité.**

**deux échelles différentes sont utilisées pour mesurer cette tendance des atomes à attirer plus ou moins fortement les électrons.**

**L'électronégativité s'exprimera sans unité.**

Il y a plusieurs définitions de **l'électronégativité**, qui n'est pas une grandeur mesurable comme  $E_i$  et  $A_e$  : celle de Pauling et de Mulliken

La plus utilisée en chimie est celle de **Pauling**

Dans cette échelle, la différence d'électronégativité entre deux éléments est évaluée par la formule :

$$\chi_A - \chi_B = 0.102 \sqrt{E_{A-B} - \sqrt{E_{A-A} \times E_{B-B}}}$$

$E_{AB}$  ,  $E_{AA}$  et  $E_{BB}$  sont les énergies des liaisons A-B , A-A et B-B

Mais celle de **Mulliken** a une définition simple :

$$\chi = 0,317 \frac{E_i + A_e}{2}$$

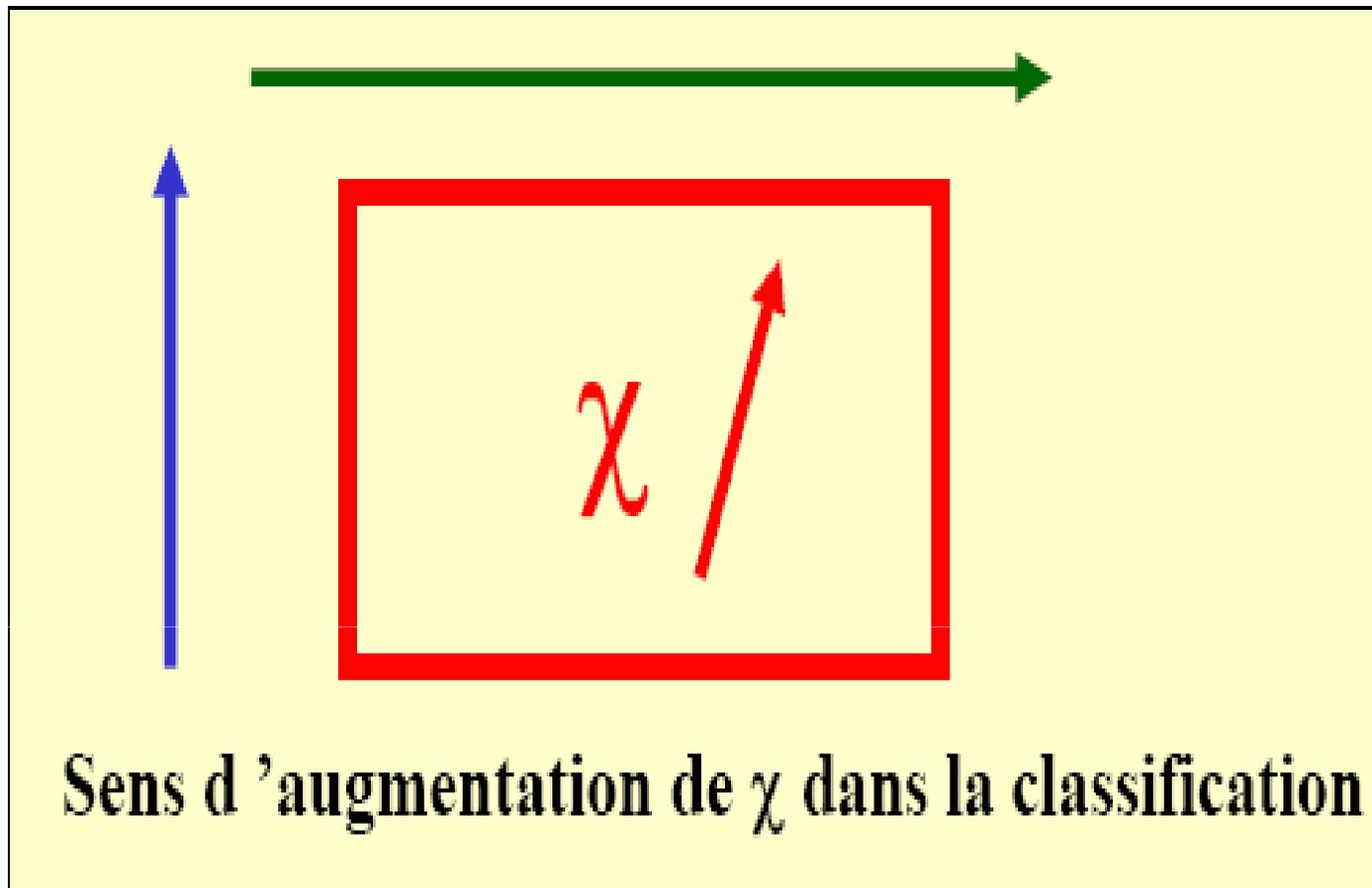
$E_i$  et  $A_e$  : énergie d'ionisation et affinité électronique

$\chi$  est d'autant plus forte que l'élément peut capturer un électron ( $A_e$  fort)

$\chi$  est d'autant plus faible que l'élément peut libérer un électron ( $E_i$  faible)

## Electronégativité

- 1)  $\chi$  augmente en traversant une période de gauche à droite et diminue en descendant un groupe du tableau périodique.
- 2) Les éléments en bas et à gauche du tableau périodique ont tendance à céder facilement leurs électrons de valence à un partenaire lors de la formation d'une liaison chimique. On dit qu'ils sont électropositifs.
- 3) Les éléments en haut et à droite du tableau périodique ont tendance à capter facilement les électrons de valence d'un partenaire lors de la formation d'une liaison chimique. On dit qu'ils sont électronégatifs.



L'électronégativité varie comme l'énergie d'ionisation en sens inverse du rayon atomique.

**FIN**