

UE1 : Chimie – Chimie physique

Chapitre 3 :

La classification périodique des éléments

Pierre-Alexis GAUCHARD

Agrégé de chimie, Docteur ès sciences

Année universitaire 2011/2012

Université Joseph Fourier de Grenoble - Tous droits réservés.

Chapitre 3.

La classification périodique

I. Présentation

II. Evolution des propriétés

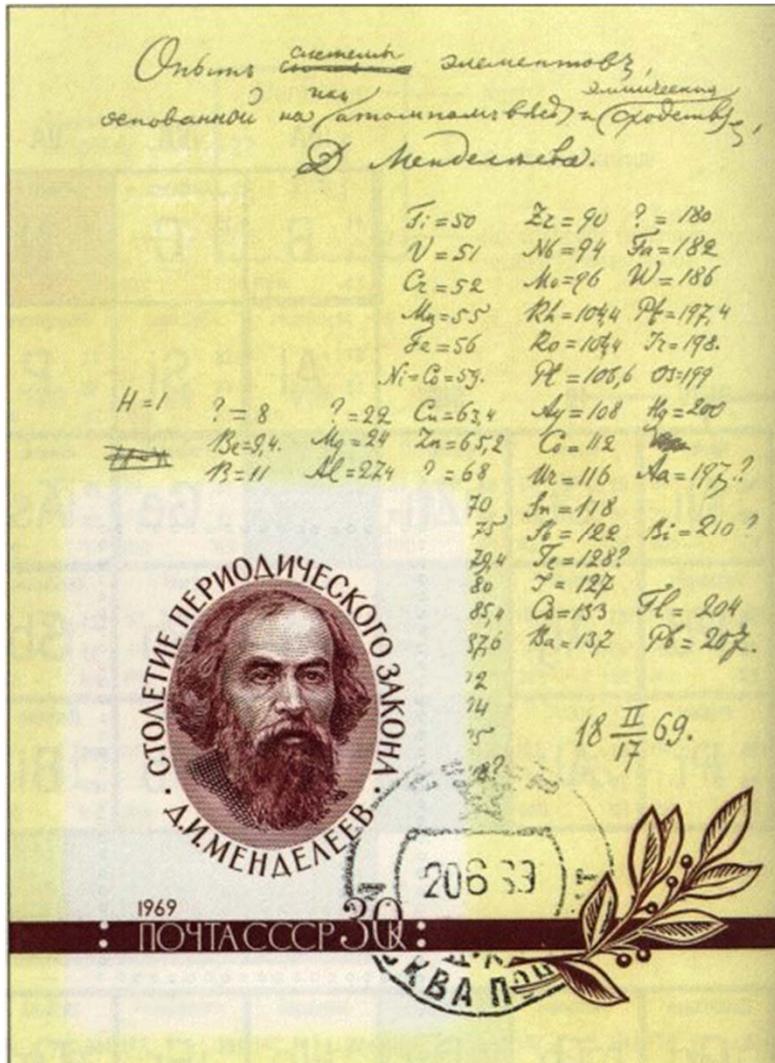
I. Présentation

I.1) Histoire de la classification des éléments

I.2) Classification périodique des éléments sous sa forme actuelle

I.3) Les principales familles

I.1) Histoire de la classification des éléments



Classification proposée par
Dimitri Ivanovitch **Mendeleïev**
(chimiste russe)
vers 1870

- Classement par masse atomique M croissante des 63 éléments connus.
- Inversion de quelques éléments de manière à placer en colonnes les éléments aux propriétés chimiques voisines (expl : Iode I et Tellure Te).
- Certaines cases vides, avec prédiction des propriétés que devraient avoir les éléments encore inconnus qui occuperaient ces cases.

I.2) Classification périodique des éléments sous sa forme actuelle

Chaque ligne (ou **période**) de la classification est associée à un nombre quantique n : la n -ième ligne débute par le remplissage de l'orbitale ns et se termine lorsque la sous-couche np est remplie.

Chaque colonne (ou **groupe**) de la classification rassemble les éléments de **même configuration électronique de valence**.

➤ 7 périodes

➤ 18 colonnes (bloc f à part pour ne pas avoir une classification à 32 colonnes)

I.2) Classification périodique des éléments sous sa forme actuelle

Bloc S		Bloc D										Bloc P																																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																														
ns^1	ns^2	$n'd^1$ ns^2	$n'd^2$ ns^2	$n'd^3$ ns^2	$n'd^4$ ns^2	$n'd^5$ ns^2	$n'd^6$ ns^2	$n'd^7$ ns^2	$n'd^8$ ns^2	$n'd^9$ ns^2	$n'd^{10}$ ns^2	ns^2 np^1	ns^2 np^2	ns^2 np^3	ns^2 np^4	ns^2 np^5	ns^2 np^6																														
1	${}_1\text{H}$	$n' = n - 1$																${}_2\text{He}$																													
2	${}_3\text{Li}$	${}_4\text{Be}$											${}_5\text{B}$	${}_6\text{C}$	${}_7\text{N}$	${}_8\text{O}$	${}_9\text{F}$	${}_{10}\text{Ne}$																													
3	${}_{11}\text{Na}$	${}_{12}\text{Mg}$											${}_{13}\text{Al}$	${}_{14}\text{Si}$	${}_{15}\text{P}$	${}_{16}\text{S}$	${}_{17}\text{Cl}$	${}_{18}\text{Ar}$																													
4	${}_{19}\text{K}$	${}_{20}\text{Ca}$	${}_{21}\text{Sc}$	${}_{22}\text{Ti}$	${}_{23}\text{V}$	${}_{24}\text{Cr}$	${}_{25}\text{Mn}$	${}_{26}\text{Fe}$	${}_{27}\text{Co}$	${}_{28}\text{Ni}$	${}_{29}\text{Cu}$	${}_{30}\text{Zn}$	${}_{31}\text{Ga}$	${}_{32}\text{Ge}$	${}_{33}\text{As}$	${}_{34}\text{Se}$	${}_{35}\text{Br}$	${}_{36}\text{Kr}$																													
5	${}_{37}\text{Rb}$	${}_{38}\text{Sr}$	${}_{39}\text{Y}$	${}_{40}\text{Zr}$	${}_{41}\text{Nb}$	${}_{42}\text{Mo}$	${}_{43}\text{Tc}$	${}_{44}\text{Ru}$	${}_{45}\text{Rh}$	${}_{46}\text{Pd}$	${}_{47}\text{Ag}$	${}_{48}\text{Cd}$	${}_{49}\text{In}$	${}_{50}\text{Sn}$	${}_{51}\text{Sb}$	${}_{52}\text{Te}$	${}_{53}\text{I}$	${}_{54}\text{Xe}$																													
6	${}_{55}\text{Cs}$	${}_{56}\text{Ba}$	${}_{57}\text{La}$	${}_{72}\text{Hf}$	${}_{73}\text{Ta}$	${}_{74}\text{W}$	${}_{75}\text{Re}$	${}_{76}\text{Os}$	${}_{77}\text{Ir}$	${}_{78}\text{Pt}$	${}_{79}\text{Au}$	${}_{80}\text{Hg}$	${}_{81}\text{Tl}$	${}_{82}\text{Pb}$	${}_{83}\text{Bi}$	${}_{84}\text{Po}$	${}_{85}\text{At}$	${}_{86}\text{Rn}$																													
7	${}_{87}\text{Fr}$	${}_{88}\text{Ra}$	${}_{89}\text{Ac}$																																												
			<table border="1" style="margin-left: 100px;"> <tr> <td>${}_{58}\text{Ce}$</td><td>${}_{59}\text{Pr}$</td><td>${}_{60}\text{Nd}$</td><td>${}_{61}\text{Pm}$</td><td>${}_{62}\text{Sm}$</td><td>${}_{63}\text{Eu}$</td><td>${}_{64}\text{Gd}$</td><td>${}_{65}\text{Tb}$</td><td>${}_{66}\text{Dy}$</td><td>${}_{67}\text{Ho}$</td><td>${}_{68}\text{Er}$</td><td>${}_{69}\text{Tm}$</td><td>${}_{70}\text{Yb}$</td><td>${}_{71}\text{Lu}$</td> </tr> <tr> <td>${}_{90}\text{Th}$</td><td>${}_{91}\text{Pa}$</td><td>${}_{92}\text{U}$</td><td>${}_{93}\text{Np}$</td><td>${}_{94}\text{Pu}$</td><td>${}_{95}\text{Am}$</td><td>${}_{96}\text{Cm}$</td><td>${}_{97}\text{Bk}$</td><td>${}_{98}\text{Cf}$</td><td>${}_{99}\text{Es}$</td><td>${}_{100}\text{Fm}$</td><td>${}_{101}\text{Md}$</td><td>${}_{102}\text{No}$</td><td>${}_{103}\text{Lr}$</td> </tr> </table>																	${}_{58}\text{Ce}$	${}_{59}\text{Pr}$	${}_{60}\text{Nd}$	${}_{61}\text{Pm}$	${}_{62}\text{Sm}$	${}_{63}\text{Eu}$	${}_{64}\text{Gd}$	${}_{65}\text{Tb}$	${}_{66}\text{Dy}$	${}_{67}\text{Ho}$	${}_{68}\text{Er}$	${}_{69}\text{Tm}$	${}_{70}\text{Yb}$	${}_{71}\text{Lu}$	${}_{90}\text{Th}$	${}_{91}\text{Pa}$	${}_{92}\text{U}$	${}_{93}\text{Np}$	${}_{94}\text{Pu}$	${}_{95}\text{Am}$	${}_{96}\text{Cm}$	${}_{97}\text{Bk}$	${}_{98}\text{Cf}$	${}_{99}\text{Es}$	${}_{100}\text{Fm}$	${}_{101}\text{Md}$	${}_{102}\text{No}$	${}_{103}\text{Lr}$
${}_{58}\text{Ce}$	${}_{59}\text{Pr}$	${}_{60}\text{Nd}$	${}_{61}\text{Pm}$	${}_{62}\text{Sm}$	${}_{63}\text{Eu}$	${}_{64}\text{Gd}$	${}_{65}\text{Tb}$	${}_{66}\text{Dy}$	${}_{67}\text{Ho}$	${}_{68}\text{Er}$	${}_{69}\text{Tm}$	${}_{70}\text{Yb}$	${}_{71}\text{Lu}$																																		
${}_{90}\text{Th}$	${}_{91}\text{Pa}$	${}_{92}\text{U}$	${}_{93}\text{Np}$	${}_{94}\text{Pu}$	${}_{95}\text{Am}$	${}_{96}\text{Cm}$	${}_{97}\text{Bk}$	${}_{98}\text{Cf}$	${}_{99}\text{Es}$	${}_{100}\text{Fm}$	${}_{101}\text{Md}$	${}_{102}\text{No}$	${}_{103}\text{Lr}$																																		
			<table border="1" style="margin-left: 100px;"> <tr> <td colspan="14" style="text-align: center;">Bloc F</td> </tr> </table>																	Bloc F																											
Bloc F																																															

valeurs de n

I.2) Classification périodique des éléments sous sa forme actuelle

Bloc S		Bloc D										Bloc P					
ns^1	ns^2	$n'd^1$ ns^2	$n'd^2$ ns^2	$n'd^3$ ns^2	$n'd^4$ ns^2	$n'd^5$ ns^2	$n'd^6$ ns^2	$n'd^7$ ns^2	$n'd^8$ ns^2	$n'd^9$ ns^2	$n'd^{10}$ ns^2	ns^2 np^1	ns^2 np^2	ns^2 np^3	ns^2 np^4	ns^2 np^5	ns^2 np^6
$_1\text{H}$																	$_2\text{He}$
$_3\text{Li}$	$_4\text{Be}$											$_5\text{B}$	$_6\text{C}$	$_7\text{N}$	$_8\text{O}$	$_9\text{F}$	$_{10}\text{Ne}$
$_{11}\text{Na}$	$_{12}\text{Mg}$											$_{13}\text{Al}$	$_{14}\text{Si}$	$_{15}\text{P}$	$_{16}\text{S}$	$_{17}\text{Cl}$	$_{18}\text{Ar}$
$_{19}\text{K}$	$_{20}\text{Ca}$	$_{21}\text{Sc}$	$_{22}\text{Ti}$	$_{23}\text{V}$	$_{24}\text{Cr}$	$_{25}\text{Mn}$	$_{26}\text{Fe}$	$_{27}\text{Co}$	$_{28}\text{Ni}$	$_{29}\text{Cu}$	$_{30}\text{Zn}$	$_{31}\text{Ga}$	$_{32}\text{Ge}$	$_{33}\text{As}$	$_{34}\text{Se}$	$_{35}\text{Br}$	$_{36}\text{Kr}$
$_{37}\text{Rb}$	$_{38}\text{Sr}$	$_{39}\text{Y}$	$_{40}\text{Zr}$	$_{41}\text{Nb}$	$_{42}\text{Mo}$	$_{43}\text{Tc}$	$_{44}\text{Ru}$	$_{45}\text{Rh}$	$_{46}\text{Pd}$	$_{47}\text{Ag}$	$_{48}\text{Cd}$	$_{49}\text{In}$	$_{50}\text{Sn}$	$_{51}\text{Sb}$	$_{52}\text{Te}$	$_{53}\text{I}$	$_{54}\text{Xe}$
$_{55}\text{Cs}$	$_{56}\text{Ba}$	$_{57}\text{La}$	$_{72}\text{Hf}$	$_{73}\text{Ta}$	$_{74}\text{W}$	$_{75}\text{Re}$	$_{76}\text{Os}$	$_{77}\text{Ir}$	$_{78}\text{Pt}$	$_{79}\text{Au}$	$_{80}\text{Hg}$	$_{81}\text{Tl}$	$_{82}\text{Pb}$	$_{83}\text{Bi}$	$_{84}\text{Po}$	$_{85}\text{At}$	$_{86}\text{Rn}$
$_{87}\text{Fr}$	$_{88}\text{Ra}$	$_{89}\text{Ac}$															

Fer $_{26}\text{Fe}$

✓ 4^{ème} période : $n = 4$

✓ 8^{ème} colonne : électrons de valence en $n'd^6 ns^2$ avec $n = 4$ et $n' = n - 1 = 3$

→ Configuration de valence en $3d^6 4s^2$

→ Configuration électronique : $[_{18}\text{Ar}] 3d^6 4s^2$

I.2) Classification périodique des éléments sous sa forme actuelle

1H																	2He
3Li	4Be											5B	6C	7N	8O	9F	10Ne
11Na	12Mg											13Al	14Si	15P	16S	17Cl	18Ar
19K	20Ca	21Sc	22Ti	23V	24Cr	25Mn	26Fe	27Co	28Ni	29Cu	30Zn	31Ga	32Ge	33As	34Se	35Br	36Kr
37Rb	38Sr	39Y	40Zr	41Nb	42Mo	43Tc	44Ru	45Rh	46Pd	47Ag	48Cd	49In	50Sn	51Sb	52Te	53I	54Xe
55Cs	56Ba	57La	72Hf	73Ta	74W	75Re	76Os	77Ir	78Pt	79Au	80Hg	81Tl	82Pb	83Bi	84Po	85At	86Rn
87Fr	88Ra	89Ac															

Pas d'évolution prévisible des propriétés avec Z .

$Z=9$, fluor \rightarrow extrêmement réactif

$Z=10$, néon \rightarrow inerte

Propriétés chimiques analogues dans une colonne (cf. historique, aluminium $_{13}\text{Al}$ et gallium $_{31}\text{Ga}$); provient du fait que dans une colonne la configuration de valence est la même.

Remarque sur l'hélium \rightarrow appartient au bloc s ; classé dans bloc p du fait de propriétés chimiques analogues aux éléments de la dernière colonne.

I.2) Classification périodique des éléments sous sa forme actuelle

H ₂																		He
Li	Be											B	C	N ₂	O ₂	F ₂	Ne	
Na	Mg											Al	Si	P ₄	S ₈	Cl ₂	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br ₂	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I ₂	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At ₂	Rn	
Fr	Ra	Ac																

Corps simples associés aux éléments chimiques peuvent être

- Monoatomiques (exemples : le fer Fe, l'hélium He)
- di-atomiques (di-hydrogène H₂, di-oxygène O₂, di-azote N₂, di-fluor F₂)
- ou plus (ozone O₃, phosphore P₄, soufre S₈).

Ils peuvent être

- solides (majorité des cas : l'ensemble des métaux (sauf le mercure), carbone C, silicium Si, di-iode I₂, ...)
- gazeux (H₂, O₂, N₂, F₂, di-chlore Cl₂, hélium He, néon Ne, argon Ar, ...)
- liquides (seulement deux cas : le mercure Hg et le di-brome Br₂).

I.3) Les principales familles

i) Familles du bloc p

Gaz nobles (anciennement gaz rares): *colonne 18*

- Position remarquable de He : $1s^2$
- Corps simples : gaz monoatomiques
- **Très peu réactifs**

Bloc P					
13	14	15	16	17	18
ns^2 np^1	ns^2 np^2	ns^2 np^3	ns^2 np^4	ns^2 np^5	ns^2 np^6
					${}_2\text{He}$
${}_5\text{B}$	${}_6\text{C}$	${}_7\text{N}$	${}_8\text{O}$	${}_9\text{F}$	${}_{10}\text{Ne}$
${}_{13}\text{Al}$	${}_{14}\text{Si}$	${}_{15}\text{P}$	${}_{16}\text{S}$	${}_{17}\text{Cl}$	${}_{18}\text{Ar}$
${}_{31}\text{Ga}$	${}_{32}\text{Ge}$	${}_{33}\text{As}$	${}_{34}\text{Se}$	${}_{35}\text{Br}$	${}_{36}\text{Kr}$
${}_{49}\text{In}$	${}_{50}\text{Sn}$	${}_{51}\text{Sb}$	${}_{52}\text{Te}$	${}_{53}\text{I}$	${}_{54}\text{Xe}$
${}_{81}\text{Tl}$	${}_{82}\text{Pb}$	${}_{83}\text{Bi}$	${}_{84}\text{Po}$	${}_{85}\text{At}$	${}_{86}\text{Rn}$

I.3) Les principales familles

i) Familles du bloc p

Gaz nobles (anciennement gaz rares): *colonne 18*

- Position remarquable de He : $1s^2$
- Corps simples : gaz monoatomiques
- Très peu réactifs

Halogènes : *colonne 17*

- Corps simples : molécules diatomiques : F_2 , Cl_2 (gaz), Br_2 (liquide), I_2 (solide)
- Oxydants : donnent des anions : F^- , Cl^- , Br^- , I^-

Bloc P					
13	14	15	16	17	18
ns^2 np^1	ns^2 np^2	ns^2 np^3	ns^2 np^4	ns^2 np^5	ns^2 np^6
					2He
5B	6C	7N	8O	9F	${}^{10}Ne$
${}^{13}Al$	${}^{14}Si$	${}^{15}P$	${}^{16}S$	${}^{17}Cl$	${}^{18}Ar$
${}^{31}Ga$	${}^{32}Ge$	${}^{33}As$	${}^{34}Se$	${}^{35}Br$	${}^{36}Kr$
${}^{49}In$	${}^{50}Sn$	${}^{51}Sb$	${}^{52}Te$	${}^{53}I$	${}^{54}Xe$
${}^{81}Tl$	${}^{82}Pb$	${}^{83}Bi$	${}^{84}Po$	${}^{85}At$	${}^{86}Rn$

I.3) Les principales familles

ii) Familles du bloc s

Bloc S

1	2
---	---

Hydrogène : cas particulier

ns^1	ns^2
--------	--------

1	${}_1\text{H}$	
2	${}_3\text{Li}$	${}_4\text{Be}$
3	${}_{11}\text{Na}$	${}_{12}\text{Mg}$
4	${}_{19}\text{K}$	${}_{20}\text{Ca}$
5	${}_{37}\text{Rb}$	${}_{38}\text{Sr}$
6	${}_{55}\text{Cs}$	${}_{56}\text{Ba}$
7	${}_{87}\text{Fr}$	${}_{88}\text{Ra}$

I.3) Les principales familles

ii) Familles du bloc s

Bloc S

1

2

ns^1

ns^2

1

${}_1\text{H}$

2

${}_3\text{Li}$

${}_4\text{Be}$

3

${}_{11}\text{Na}$

${}_{12}\text{Mg}$

4

${}_{19}\text{K}$

${}_{20}\text{Ca}$

5

${}_{37}\text{Rb}$

${}_{38}\text{Sr}$

6

${}_{55}\text{Cs}$

${}_{56}\text{Ba}$

7

${}_{87}\text{Fr}$

${}_{88}\text{Ra}$

Hydrogène : cas particulier

Métaux alcalins : *colonne 1 (sauf hydrogène)*

- Corps simples : métaux (monoatomiques)
- Réducteurs : donne des cations : Na^+ , K^+ ...

I.3) Les principales familles

ii) Familles du bloc s

Bloc S	
1	2
ns^1	ns^2
1 ${}_1\text{H}$	
2 ${}_3\text{Li}$	${}_4\text{Be}$
3 ${}_{11}\text{Na}$	${}_{12}\text{Mg}$
4 ${}_{19}\text{K}$	${}_{20}\text{Ca}$
5 ${}_{37}\text{Rb}$	${}_{38}\text{Sr}$
6 ${}_{55}\text{Cs}$	${}_{56}\text{Ba}$
7 ${}_{87}\text{Fr}$	${}_{88}\text{Ra}$

Hydrogène : cas particulier

Métaux alcalins : *colonne 1 (sauf hydrogène)*

- Corps simples : métaux (monoatomiques)
- Réducteurs : donne des cations : Na^+ , K^+ ...

Métaux alcalino-terreux : *colonne 2*

- Corps simples : métaux (monoatomiques)
- Réducteurs : donne des cations « 2+ » : Ca^{2+} , Mg^{2+} ...

I.3) Les principales familles

iii) Les éléments de transition

Éléments des blocs d (et f)

- Corps simples : métaux
- Réducteurs : donnent des cations.

Grande variété dans les cations formés : +, 2+, 3+, 4+

Chaque élément peut conduire à plusieurs cations stables.

Moins réducteurs que les métaux alcalins et alcalino-terreux.

- Grande importance biologique.

Certains sont des oligoéléments essentiels.

Entrent dans la composition de molécules biochimiques (enzymes, pigments).

II. Evolution des propriétés

II.1) Charge effective

II.2) Propriétés énergétiques

II.3) Electronégativité

II.4) Rayons atomiques et ioniques

**II.5) Polarisation, pouvoir polarisant,
polarisabilité**

II.1) charge effective

Évolution dans la classification de σ et Z^* pour un électron de valence

	$Z^* \nearrow$							
	${}^1_1\text{H}$ $\sigma = 0$ $Z^* = 1$							${}^2_2\text{He}$ $\sigma = 0,30$ $Z^* = 1,7$
	${}^3_3\text{Li}$ $\sigma = 1,7$ $Z^* = 1,3$	${}^4_4\text{Be}$ $\sigma = 2,05$ $Z^* = 1,95$	${}^5_5\text{B}$ $\sigma = 2,4$ $Z^* = 2,6$	${}^6_6\text{C}$ $\sigma = 2,75$ $Z^* = 3,25$	${}^7_7\text{N}$ $\sigma = 3,1$ $Z^* = 3,9$	${}^8_8\text{O}$ $\sigma = 3,45$ $Z^* = 4,55$	${}^9_9\text{F}$ $\sigma = 3,8$ $Z^* = 5,2$	${}^{10}_{10}\text{Ne}$ $\sigma = 4,15$ $Z^* = 5,85$
$Z^* \searrow$	${}^{11}_{11}\text{Na}$ $\sigma = 8,8$ $Z^* = 2,2$	${}^{12}_{12}\text{Mg}$ $\sigma = 9,15$ $Z^* = 2,85$	${}^{13}_{13}\text{Al}$ $\sigma = 9,5$ $Z^* = 3,5$	${}^{14}_{14}\text{Si}$ $\sigma = 9,85$ $Z^* = 4,15$	${}^{15}_{15}\text{P}$ $\sigma = 10,2$ $Z^* = 4,8$	${}^{16}_{16}\text{S}$ $\sigma = 10,55$ $Z^* = 5,45$	${}^{17}_{17}\text{Cl}$ $\sigma = 10,9$ $Z^* = 6,1$	${}^{18}_{18}\text{Ar}$ $\sigma = 11,25$ $Z^* = 6,75$
	${}^{19}_{19}\text{K}$ $\sigma = 16,8$ $Z^* = 2,2$	${}^{20}_{20}\text{Ca}$ $\sigma = 17,15$ $Z^* = 2,85$	${}^{31}_{31}\text{Ga}$ $\sigma = 26$ $Z^* = 5$	${}^{32}_{32}\text{Ge}$ $\sigma = 26,35$ $Z^* = 5,65$	${}^{33}_{33}\text{As}$ $\sigma = 26,7$ $Z^* = 6,3$	${}^{34}_{34}\text{Se}$ $\sigma = 27,05$ $Z^* = 6,95$	${}^{35}_{35}\text{Br}$ $\sigma = 27,4$ $Z^* = 7,6$	${}^{36}_{36}\text{Kr}$ $\sigma = 27,75$ $Z^* = 8,25$

pour les métaux alcalins, l'unique électron de valence ns^1 est fortement écranté par les électrons $(n-1)s^2(n-1)p^6$
 → rupture lorsque l'on passe d'un gaz noble à l'élément suivant

II.2) Propriétés énergétiques

i) Énergie des orbitales de valence

$$E = -13,6 \frac{Z^{*2}}{n^2} \text{ (en eV)}$$

${}^1\text{H}$ 1s - 13,6 eV	$E \nearrow$						${}^2\text{He}$ 1s - 39,3 eV
${}^3\text{Li}$ 2s - 5,7 eV	${}^4\text{Be}$ 2s - 12,9 eV	${}^5\text{B}$ 2p - 23 eV	${}^6\text{C}$ 2p - 35,9 eV	${}^7\text{N}$ 2p - 51,7 eV	${}^8\text{O}$ 2p - 70,4 eV	${}^9\text{F}$ 2p - 91,9 eV	${}^{10}\text{Ne}$ 2p - 116,4 eV
${}^{11}\text{Na}$ 3s - 7,3 eV	${}^{12}\text{Mg}$ 3s - 12,3 eV	${}^{13}\text{Al}$ 3p - 18,5 eV	${}^{14}\text{Si}$ 3p - 26 eV	${}^{15}\text{P}$ 3p - 34,8 eV	${}^{16}\text{S}$ 3p - 44,9 eV	${}^{17}\text{Cl}$ 3p - 56,2 eV	${}^{18}\text{Ar}$ 3p - 68,9 eV
${}^{19}\text{K}$ 4s - 4,1 eV	${}^{20}\text{Ca}$ 4s - 6,9 eV	${}^{31}\text{Ga}$ 4p - 21,3 eV	${}^{32}\text{Ge}$ 4p - 27,1 eV	${}^{33}\text{As}$ 4p - 33,7 eV	${}^{34}\text{Se}$ 4p - 41,1 eV	${}^{35}\text{Br}$ 4p - 49,1 eV	${}^{36}\text{Kr}$ 4p - 57,9 eV

II.2) Propriétés énergétiques

ii) Énergie d'ionisation

L'énergie d'ionisation **EI** (ou potentiel d'ionisation) est l'énergie minimale à fournir pour arracher un électron à l'atome à l'état gazeux dans son état fondamental.



Plus l'énergie des OA de valence est basse,
plus l'énergie d'ionisation est grande.

II.2) Propriétés énergétiques

ii) Énergie d'ionisation

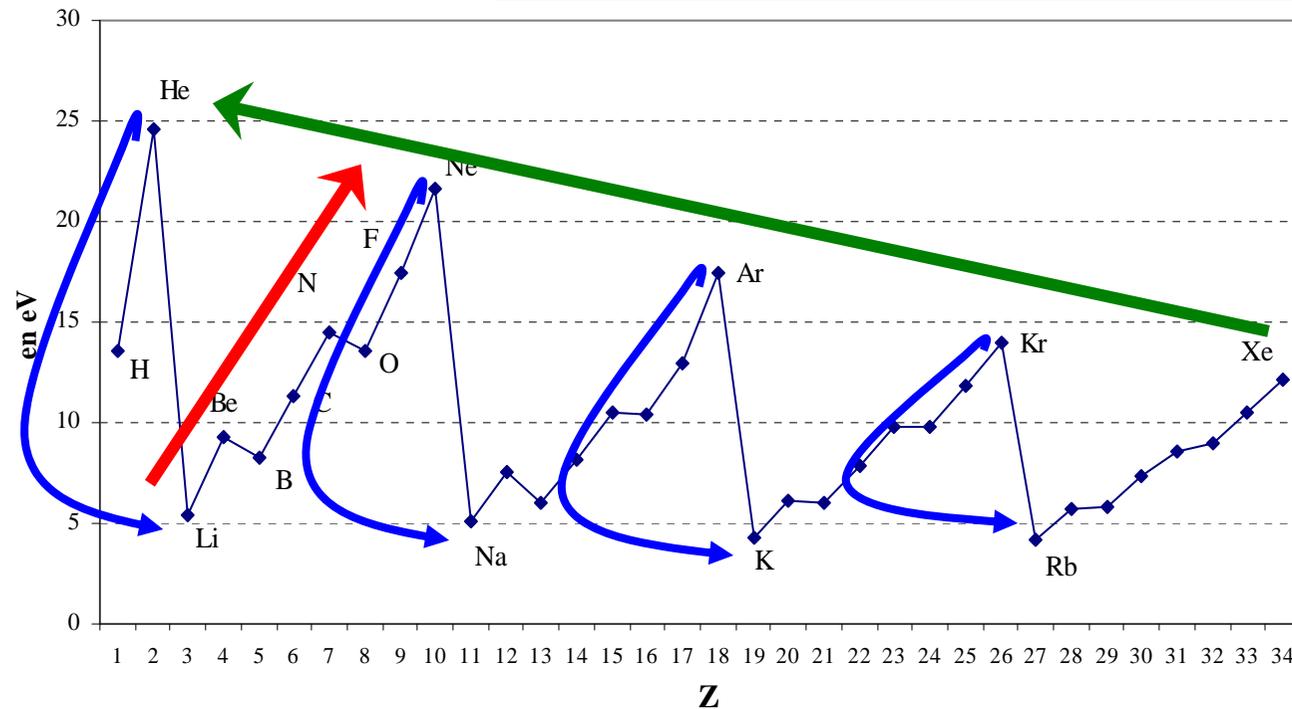
EI ↗



EI ↗



${}^1_1\text{H}$ 13,6 eV								${}^2_2\text{He}$ 24,6 eV
${}^3_3\text{Li}$ 5,4 eV	${}^4_4\text{Be}$ 9,3 eV	${}^5_5\text{B}$ 8,3 eV	${}^6_6\text{C}$ 11,3 eV	${}^7_7\text{N}$ 14,5 eV	${}^8_8\text{O}$ 13,6 eV	${}^9_9\text{F}$ 17,4 eV	${}^{10}_{10}\text{Ne}$ 21,6 eV	
${}^{11}_{11}\text{Na}$ 5,1 eV	${}^{12}_{12}\text{Mg}$ 7,6 eV	${}^{13}_{13}\text{Al}$ 6,0 eV	${}^{14}_{14}\text{Si}$ 8,2 eV	${}^{15}_{15}\text{P}$ 10,5 eV	${}^{16}_{16}\text{S}$ 10,4 eV	${}^{17}_{17}\text{Cl}$ 13,0 eV	${}^{18}_{18}\text{Ar}$ 15,8 eV	
${}^{19}_{19}\text{K}$ 4,2 eV	${}^{20}_{20}\text{Ca}$ 6,1 eV	${}^{31}_{31}\text{Ga}$ 6,0 eV	${}^{32}_{32}\text{Ge}$ 7,9 eV	${}^{33}_{33}\text{As}$ 9,8 eV	${}^{34}_{34}\text{Se}$ 9,8 eV	${}^{35}_{35}\text{Br}$ 11,8 eV	${}^{36}_{36}\text{Kr}$ 14,0 eV	



II.2) Propriétés énergétiques

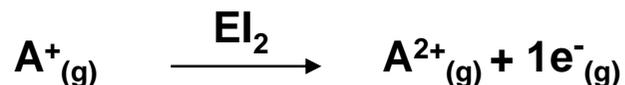
ii) Énergie d'ionisation

On parle parfois d'énergie de 1^{ère} ionisation car on définit également des énergies de deuxième, troisième, etc. ionisation.

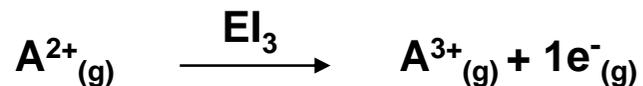
Énergie de première ionisation.



Énergie de deuxième ionisation.



Énergie de troisième ionisation.



Exemple de l'aluminium :

$$EI_1 = 580 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$EI_2 = 1815 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$EI_3 = 2740 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

L'ion Al^{3+} a la structure électronique
du néon (gaz noble)

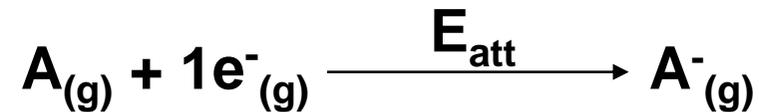
$$\rightarrow EI_4 = 11\,600 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$EI_1 < EI_2 < EI_3 < \dots$$

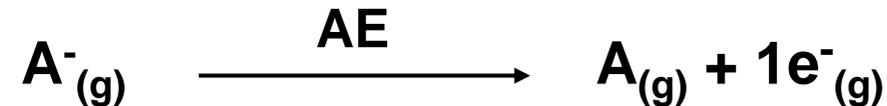
II.2) Propriétés énergétiques

iii) Energie d'attachement et affinité électroniques

L'énergie d'attachement électronique E_{att} est l'énergie libérée lors de l'addition d'un électron à un atome à l'état gazeux dans son état fondamental.



L'affinité électronique **AE** est l'opposée de l'énergie d'attachement électronique.



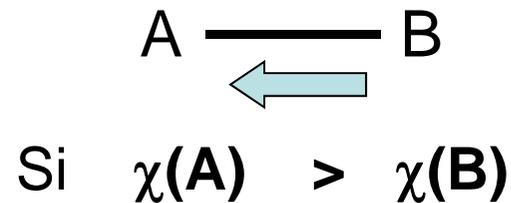
➤ $\text{AE} = - E_{\text{att}}$

➤ En général, $E_{\text{att}} < 0$ donc $\text{AE} > 0$

➤ Evolution dans la classification périodique plus difficile à interpréter. Retenir que globalement AE augmente de la gauche vers la droite.

II.3) Electronégativité

L'électronégativité χ est la capacité d'un atome à attirer vers lui les électrons des autres atomes avec lesquels il est engagé par des liaisons covalentes.



Différentes échelles :

- Échelle de Mulliken : χ est proportionnel à $(EI + AE)$.
- Échelle de Pauling : $[\chi(\text{A}) - \chi(\text{B})]$ dépend de l'énergie de liaison
origine conventionnelle : fluor : $\chi(\text{F}) = 4$

II.3) Electronégativité

EI ↗
 AE ↗
 χ ↗

Échelle de Mulliken Échelle de Pauling							
¹ H 2,2 2,2							² He
³ Li 0,94 1,0	⁴ Be 1,46 1,5	⁵ B 2,01 2,0	⁶ C 2,63 2,5	⁷ N 2,33 3,0	⁸ O 3,17 3,5	⁹ F 3,91 4,0	¹⁰ Ne
¹¹ Na 0,93 0,9	¹² Mg 1,32 1,2	¹³ Al 1,81 1,5	¹⁴ Si 2,44 1,8	¹⁵ P 1,81 2,2	¹⁶ S 2,41 2,5	¹⁷ Cl 3,00 3,2	¹⁸ Ar
¹⁹ K 0,81 0,8	²⁰ Ca / 1,0	³¹ Ga 1,95 1,6	³² Ge / 1,8	³³ As 1,75 2,0	³⁴ Se 2,23 2,4	³⁵ Br 2,76 2,8	³⁶ Kr

EI ↗
 χ ↗

F O N Cl Br S C H

F > O > Cl > N > Br > S > C > H

II.4) Rayons atomiques et ioniques

i) Rayon atomique

Par définition, le rayon atomique est le rayon de l'OA de valence
Il donne une estimation de la taille de l'atome.

$$\rho = a_0 \times \frac{n^2}{Z^*}$$

(avec $a_0 = 53 \text{ pm}$)

${}^1_1\text{H}$ 53 pm $Z^* = 1$	$\rho \nearrow$						${}^2_2\text{He}$ 31 pm $Z^* = 1,7$
${}^3_3\text{Li}$ 163 pm $Z^* = 1,3$	${}^4_4\text{Be}$ 109 pm $Z^* = 1,95$	${}^5_5\text{B}$ 82 pm $Z^* = 2,6$	${}^6_6\text{C}$ 65 pm $Z^* = 3,25$	${}^7_7\text{N}$ 55 pm $Z^* = 3,9$	${}^8_8\text{O}$ 45 pm $Z^* = 4,55$	${}^9_9\text{F}$ 41 pm $Z^* = 5,2$	${}^{10}_{10}\text{Ne}$ 36 pm $Z^* = 5,85$
${}^{11}_{11}\text{Na}$ 217 pm $Z^* = 2,2$	${}^{12}_{12}\text{Mg}$ 168 pm $Z^* = 2,85$	${}^{13}_{13}\text{Al}$ 137 pm $Z^* = 3,5$	${}^{14}_{14}\text{Si}$ 115 pm $Z^* = 4,15$	${}^{15}_{15}\text{P}$ 100 pm $Z^* = 4,8$	${}^{16}_{16}\text{S}$ 88 pm $Z^* = 5,45$	${}^{17}_{17}\text{Cl}$ 78 pm $Z^* = 6,1$	${}^{18}_{18}\text{Ar}$ 71 pm $Z^* = 6,75$
${}^{19}_{19}\text{K}$ 332 pm $Z^* = 2,2$	${}^{20}_{20}\text{Ca}$ 256 pm $Z^* = 2,85$	${}^{31}_{31}\text{Ga}$ 146 pm $Z^* = 5$	${}^{32}_{32}\text{Ge}$ 129 pm $Z^* = 5,65$	${}^{33}_{33}\text{As}$ 116 pm $Z^* = 6,3$	${}^{34}_{34}\text{Se}$ 105 pm $Z^* = 6,95$	${}^{35}_{35}\text{Br}$ 96 pm $Z^* = 7,6$	${}^{36}_{36}\text{Kr}$ 88 pm $Z^* = 8,25$

$\rho \nearrow$

Attention → penser qu'un atome qui possède plus d'électrons qu'un autre possède nécessairement un rayon plus grand est une idée fausse.

II.4) Rayons atomiques et ioniques

ii) Rayon ionique

- Les anions sont en général plus gros que les cations
- Le rayon d'un anion est plus gros que celui de l'atome neutre qui lui correspond
- Le rayon d'un cation est plus petit que celui de l'atome neutre qui lui correspond. Plus on enlève des électrons et plus le rayon est petit.

 59 Li ⁺	 31 Be ²⁺	 20 B ³⁺	 N ³⁻ 171	 O ²⁻ 140	 F ⁻ 133				
 99 Na ⁺	 65 Mg ²⁺	 50 Al ³⁺	 P ³⁻ 212	 S ²⁻ 184	 Cl ⁻ 181				
 K ⁺ 138	 99 Ca ²⁺ 138	 62 Ga ³⁺	 69 As ³⁺	 Se ²⁻ 198	 Br ⁻ 196				
 83 Sc ³⁺	 80 Ti ²⁺	 72 V ²⁺	 Cr ³⁺ 64	 91 Mn ²⁺	 Fe ³⁺ 67	 82 Co ³⁺ 64	 78 Ni ²⁺	 96 Cu ²⁺ 72	 83 Zn ²⁺

II.5) Polarisation, pouvoir polarisant, polarisabilité

Polarisation : déformation du nuage électronique sous l'action d'un champ électrique

Pouvoir polarisant : capacité d'une espèce à engendrer la polarisation d'autres espèces

Plus une espèce est petite et chargée, plus elle sera polarisante

Polarisabilité : capacité d'une espèce à subir une polarisation

Plus une espèce est grosse, plus elle sera polarisable

CQFR

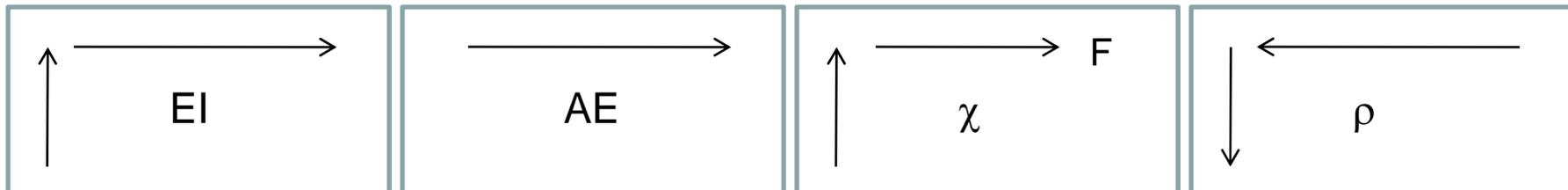
~~Historique~~

- I) Avoir en tête la structure de la classification, les principales familles
(ne pas apprendre la classification!!)
Savoir trouver place d'un élément à partir de sa configuration électronique.

Définitions et évolutions de EI, AE, χ .

Connaître les éléments les plus électronégatifs (F, O, Cl, N, Br).

- II) Evolution rayon atomique, comparaison ioniques entre eux et / rayon atomique.
Définitions pouvoir polarisant et de la polarisabilité



Exercices

On considère les éléments suivants (cf. exercices Ch2 pour leur configuration électronique, indispensables pour résoudre cet exercice):

soufre ${}_{16}\text{S}$
chlore ${}_{17}\text{Cl}$
calcium ${}_{20}\text{Ca}$
cobalt ${}_{27}\text{Co}$
rubidium ${}_{37}\text{Rb}$

Question 1. Quelle est leur bloc, leur période et leur colonne dans la classification périodique des éléments?

Question 2. Précisez lesquels sont des métaux, et lesquels appartiennent à l'une des familles suivantes : alcalins, alcalino-terreux, halogènes, gaz nobles, métal de transition.

Question 3. Quel est à votre avis l'ion le plus stable pour les éléments S, Cl et Ca et Rb?

Question 4. Comparer l'énergie d'ionisation, l'électronégativité et le rayon atomique des ces 5 éléments.

Exercices



Question 1. S (bloc p, 3^{ème} période, 16^{ème} colonne)

Cl (bloc p, 3^{ème} période, 17^{ème} colonne) // Ca (bloc s, 4^{ème} période, 2^{ème} colonne)

Co (bloc d, 4^{ème} période, 9^{ème} colonne) // Rb (bloc s, 5^{ème} période, 1^{ère} colonne)

Question 2. Rb est un métal alcalin (1^{ère} colonne), Ca est un métal alcalino-terreux (2^{ème} colonne) et Cl un halogène (non métallique) (17^{ème} colonne). Co est un métal de transition (bloc d). Pas de gaz noble (18^{ème} colonne). S n'est pas métallique (16^{ème} colonne).

Question 3. De manière à atteindre la configuration électronique du gaz noble le plus proche dans la classification périodique, ces éléments forment comme ion S^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} et Rb^+ (la question n'est pas posée pour Co, métal de transition qui forme plusieurs cations stables).

Question 4. $\text{EI}(\text{Rb}) < \text{EI}(\text{Ca}) < \text{EI}(\text{Co}) < \text{EI}(\text{S}) < \text{EI}(\text{Cl})$

$\chi(\text{Rb}) < \chi(\text{Ca}) < \chi(\text{Co}) < \chi(\text{S}) < \chi(\text{Cl})$

$\rho(\text{Rb}) > \rho(\text{Ca}) > \rho(\text{Co}) > \rho(\text{S}) > \rho(\text{Cl})$

Mentions légales

L'ensemble de cette œuvre relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle, littéraire et artistique ou toute autre loi applicable.

Tous les droits de reproduction, adaptation, transformation, transcription ou traduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Cette œuvre est interdite à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées à l'université Joseph Fourier (UJF) Grenoble 1 et ses affiliés.

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits à l'Université Joseph Fourier (UJF) Grenoble 1, et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.