

L1 - CHIM 110 - “ATOMES ET MOLECULES”

Cours de Thierry BRIERE

PREMIERE PARTIES : LES ATOMES

Chapitre 4 : Classification périodique

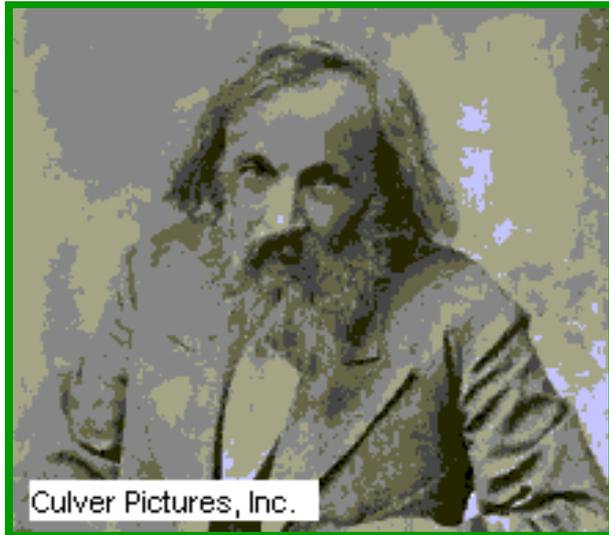


Cette page est mise à disposition sous un [contrat Creative Commons](#).

Vous pouvez l'utiliser à des fins pédagogiques et **NON COMMERCIALES**, sous certaines réserves dont la citation obligatoire du nom de son auteur et l'adresse <http://www2.univ-reunion/~briere> de son site d'origine pour que vos étudiants puissent y accéder. Merci par avance de respecter ces consignes. Voir contrat...

CHAPITRE 4

LA CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS



ou Classification de
MENDELEIEV

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

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

Historique

Au XIX^e siècle, seulement une soixantaine d'éléments étaient connus.

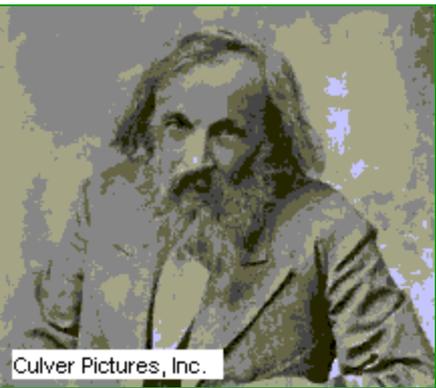
Les chimistes avaient constaté que certains éléments avaient des propriétés chimiques relativement semblables.

Ces éléments semblaient former des familles relativement homogènes.

Par exemple la famille des Halogènes (Fluor, Chlore, Brome et Iode) ou celles des métaux alcalins (Lithium, Sodium et Potassium).

On chercha donc à classer les éléments de manière à faire apparaître ces familles.

La classification périodique telle que nous la connaissons est essentiellement due à **MENDELEIEV**



En 1870 il publia une table dans laquelle les éléments étaient sensiblement classés par ordre de masse atomiques. D'autre part, les éléments ayant des propriétés semblables étaient classés sur la même colonne.

Pour que sa classification tienne compte des familles il n'hésita pas à inverser l'ordre de certains éléments et à laisser des cases vides.

Il pensait qu'on découvrirait plus tard les éléments manquants. Il décrivit par avance les propriétés que devraient avoir ces éléments.

Ces éléments furent bien découverts par la suite et ils présentaient bien les propriétés prévues.

La Classification périodique moderne

Le critère de classement des éléments n'est plus la masse atomique, mais le numéro atomique Z .

On classe donc les éléments par ordre croissant de Z en respectant de plus la règle de Klechkowski.

La place d'un élément dans la classification est donc directement reliée à sa configuration électronique.

Comme la couche de valence fixe les propriétés chimiques, les éléments ayant une couche de valence semblable auront des propriétés sensiblement identiques.

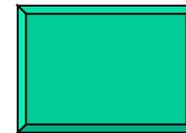
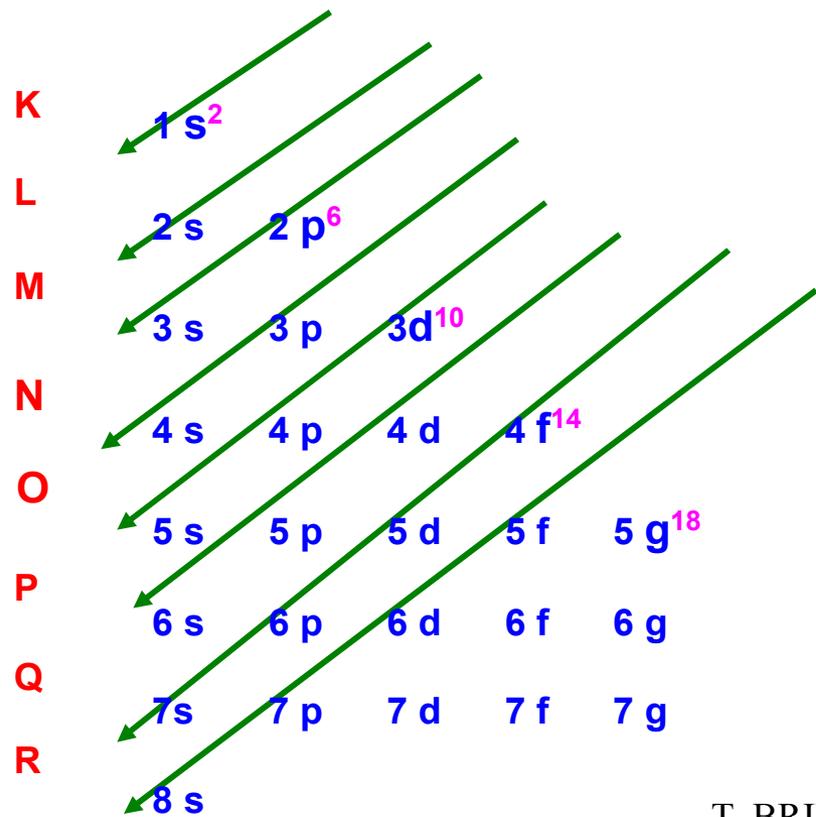
La notion de famille est ainsi simplement justifiée.

Principe de construction

A une ligne correspond sensiblement une valeur de n .

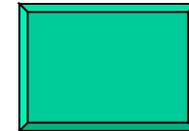
Les éléments ayant même configuration sont placés dans une même colonne.

On suit de plus strictement la règle de Klechkowski.



Dans les diapositives suivantes se trouvent des boutons d'action. Vous devrez cliquer dessus quand ceux-ci apparaîtront.

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



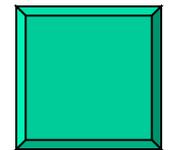
La deuxième ligne correspond au remplissage de la couche L ($n = 2$) et contient donc 8 éléments de configurations $2 s^1$, $2 s^2$, $2 p^1$, $2 p^2$, $2 p^3$, $2 p^4$, $2 p^5$ et $2 p^6$.



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 $5s$.

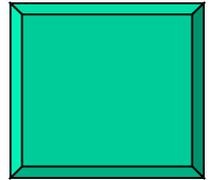
Pour cette raison le niveau $4d$ fera partie de la **cinquième** ligne et non de la **quatrième**.

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 :



La cinquième ligne devrait contenir les éléments correspondant au remplissage de la couche O ($n=5$) soit 50 au total : $5s^2$, $5p^6$, $5d^{10}$, $5f^{14}$ et ~~$5g^{18}$~~

(En fait les niveaux g n'existent pas pour les éléments connus actuellement et il n'y a pas lieu d'en tenir compte.)

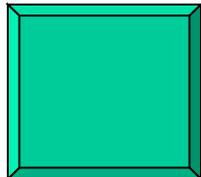
Mais d'après Klechkowski, le niveau $5d$ se remplit après le niveau $6s$.

Pour cette raison le niveau $5d$ fera partie de la **sixième** ligne et non de la **cinquième**.

De même, le niveau $5f$ se remplit après le niveau $7s$.

Pour cette raison le niveau $5f$ fera partie de la **septième** ligne et non de la **cinquième**.

Finalement, la cinquième ligne contiendra 18 éléments de configurations : $5s^2$, $4d^{10}$, $5p^6$



La sixième ligne devrait contenir les éléments correspondant au remplissage de la couche P (n=6) soit 72 au total :

~~$6s^2$, $6p^6$, $6d^{10}$, $6f^{14}$, $6g^{18}$, $6h^{22}$~~

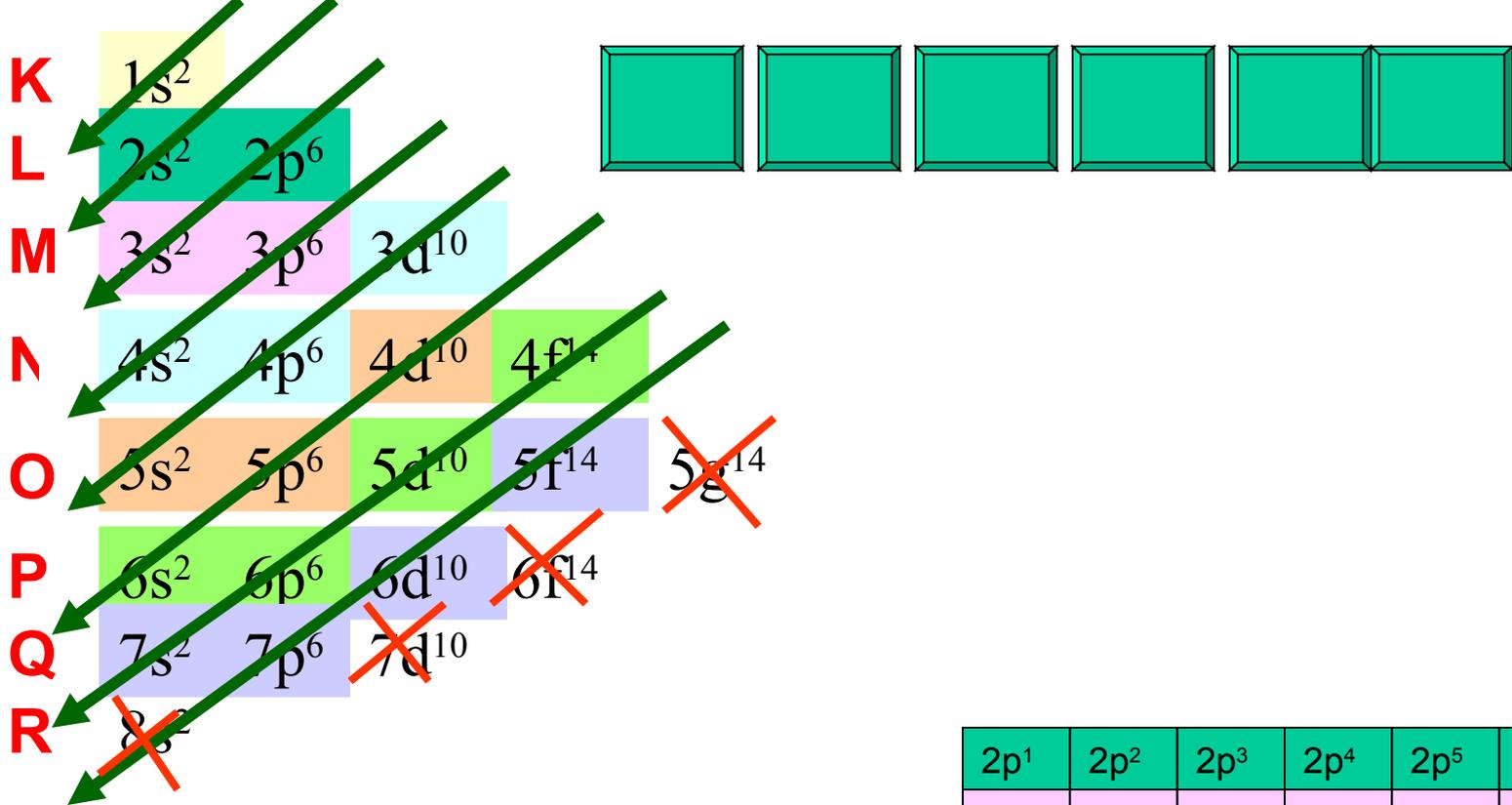
Les niveaux 6f , 6g et 6h ne sont de toute manière jamais utilisés pour les éléments connus à l'heure actuelle

Mais d'après Klechkowski, le niveau 6d se remplit après le niveau 7s.

Pour cette raison le niveau 6d fera partie de la septième ligne et non de la sixième.

Enfin, la sixième ligne contiendra 32 éléments de configurations :

$6s^2$, $5d^{10}$, $6p^6$, $4 f^{14}$



$1s^1$	$1s^2$
$2s^1$	$2s^2$
$3s^1$	$3s^2$

$2p^1$	$2p^2$	$2p^3$	$2p^4$	$2p^5$	$2p^6$
$3p^1$	$3p^2$	$3p^3$	$3p^4$	$3p^5$	$3p^6$
$4p^1$	$4p^2$	$4p^3$	$4p^4$	$4p^5$	$4p^6$
$5p^1$	$5p^2$	$5p^3$	$5p^4$	$5p^5$	$5p^6$
$6p^1$	$6p^2$	$6p^3$	$6p^4$	$6p^5$	$6p^6$
$7p^1$	$7p^2$	$7p^3$	$7p^4$	$7p^5$	$7p^6$

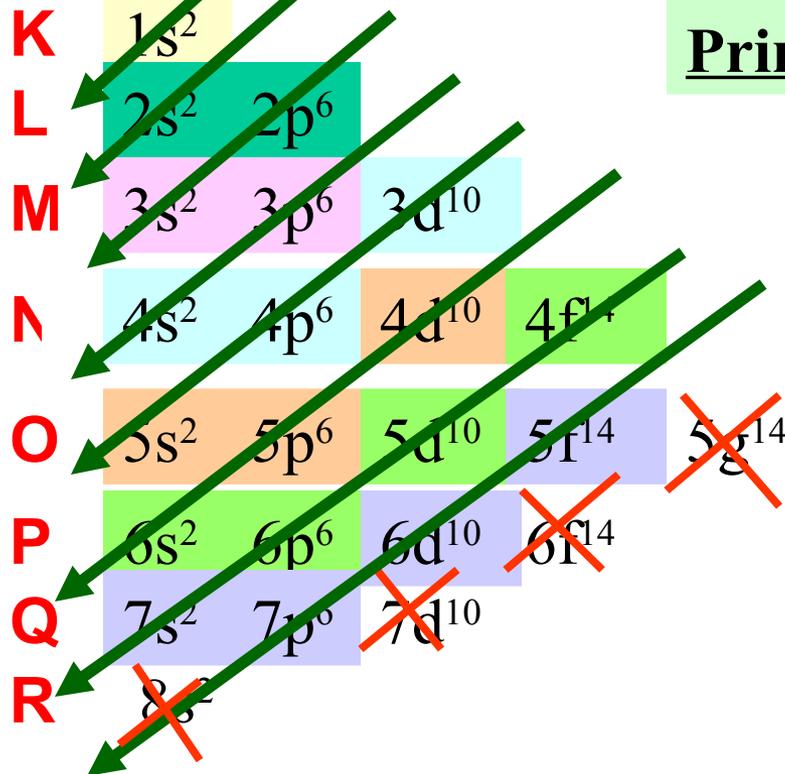
$4s^1$	$4s^2$	$3d^1$	$3d^2$	$3d^3$	$3d^4$	$3d^5$	$3d^6$	$3d^7$	$3d^8$	$3d^9$	$3d^{10}$
$5s^1$	$5s^2$	$4d^1$	$4d^2$	$4d^3$	$4d^4$	$4d^5$	$4d^6$	$4d^7$	$4d^8$	$4d^9$	$4d^{10}$
$6s^1$	$6s^2$	$5d^1$	$5d^2$	$5d^3$	$5d^4$	$5d^5$	$5d^6$	$5d^7$	$5d^8$	$5d^9$	$5d^{10}$
$7s^1$	$7s^2$	$6d^1$	$6d^2$	$6d^3$	$6d^4$	$6d^5$	$6d^6$	$6d^7$	$6d^8$	$6d^9$	$6d^{10}$

$4f^1$	$4f^2$	$4f^3$	$4f^4$	$4f^5$	$4f^6$	$4f^7$	$4f^8$	$4f^9$	$4f^{10}$	$4f^{11}$	$4f^{12}$	$4f^{13}$	$4f^{14}$
$5f^1$	$5f^2$	$5f^3$	$5f^4$	$5f^5$	$5f^6$	$5f^7$	$5f^8$	$5f^9$	$5f^{10}$	$5f^{11}$	$5f^{12}$	$5f^{13}$	$5f^{14}$

Principe de Construction

Une ligne se commence toujours avec s et se finit toujours avec p.

On suit strictement la règle de Klechkowski



$1s^1$	$1s^2$
$2s^1$	$2s^2$
$3s^1$	$3s^2$

$2p^1$	$2p^2$	$2p^3$	$2p^4$	$2p^5$	$2p^6$
$3p^1$	$3p^2$	$3p^3$	$3p^4$	$3p^5$	$3p^6$
$4p^1$	$4p^2$	$4p^3$	$4p^4$	$4p^5$	$4p^6$
$5p^1$	$5p^2$	$5p^3$	$5p^4$	$5p^5$	$5p^6$
$6p^1$	$6p^2$	$6p^3$	$6p^4$	$6p^5$	$6p^6$
$7p^1$	$7p^2$	$7p^3$	$7p^4$	$7p^5$	$7p^6$

$4s^1$	$4s^2$	$3d^1$	$3d^2$	$3d^3$	$3d^4$	$3d^5$	$3d^6$	$3d^7$	$3d^8$	$3d^9$	$3d^{10}$
$5s^1$	$5s^2$	$4d^1$	$4d^2$	$4d^3$	$4d^4$	$4d^5$	$4d^6$	$4d^7$	$4d^8$	$4d^9$	$4d^{10}$
$6s^1$	$6s^2$	$5d^1$	$5d^2$	$5d^3$	$5d^4$	$5d^5$	$5d^6$	$5d^7$	$5d^8$	$5d^9$	$5d^{10}$
$7s^1$	$7s^2$	$6d^1$	$6d^2$	$6d^3$	$6d^4$	$6d^5$	$6d^6$	$6d^7$	$6d^8$	$6d^9$	$6d^{10}$

$4f^1$	$4f^2$	$4f^3$	$4f^4$	$4f^5$	$4f^6$	$4f^7$	$4f^8$	$4f^9$	$4f^{10}$	$4f^{11}$	$4f^{12}$	$4f^{13}$	$4f^{14}$
$5f^1$	$5f^2$	$5f^3$	$5f^4$	$5f^5$	$5f^6$	$5f^7$	$5f^8$	$5f^9$	$5f^{10}$	$5f^{11}$	$5f^{12}$	$5f^{13}$	$5f^{14}$

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	Zr	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	Di	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).

Les Familles d'éléments

Certaines familles ont reçues des noms particuliers à connaître.

Ligne = période

Colonne = famille (ou groupe)

1	2																		18	
H																				He
Li	Be																			Ne
Na	Mg																			Ar
K	Ca																			Kr
Rb	Sr																			Xe
Cs	Ba																			Rn
Fr	Ra																			

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

Bloc f = Terres
rares

1 : Alcalins

2 : Alcalino-terreux

16 : Chalcogènes

17 : Halogènes

18 : Gaz Rares

Blocs d et f : éléments de transition

MÉTAUX ET NON MÉTAUX

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

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

Critères de reconnaissance chimique

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 $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$

La « frontière » n'est pas nettement tranchée : les semi-métaux (semi-conducteurs) utilisés en électronique (**Si, Ge, As, Sb**) sont intermédiaires entre métaux et métalloïdes.

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

Exemples



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

$2 < 3 \Rightarrow \text{Mg}$ est un métal



3 électrons sur $n=4$ et appartient à la période 4

$3 < 4 \Rightarrow \text{Ga}$ est un métal

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

Règle de Sanderson : Un élément est métallique si le nombre d'électron 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

$5 < 6 \Rightarrow \text{Bi}$ est un métal



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

$3 = 3 \Rightarrow \text{Al}$ est un métal

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

Classification avec symboles et numéros atomiques

1 H												2 He					
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											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				

Attention : le Bloc f s'intercale entre les colonnes 3 et 4

Classification périodique simplifiée

1							18
H	2	13	14	15	16	17	He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra						

Seuls les blocs s et p y figurent.

Les éléments qu'il faut impérativement connaître sont les suivants :

Halogènes : Fluor **F** - Chlore **Cl** - Brome **Br** - Iode **I**

Gaz rares : Hélium **He** - Néon **Ne** - Argon **Ar** - Krypton **Kr** - Xenon **Xe** - Radon **Rn**

Alcalins : Lithium **Li** - Sodium **Na** - Potassium **K** - Rubidium **Rb** - Cesium **Cs** - Francium **Fr**

Période 2 : Li - Be - B - C - N - O - F - Ne

Période 3 : Na - Mg - Al - Si - P - S - Cl - Ar

Quelques trucs mnémotechniques

Période 2 :

Lithium **Li** - Berylium **Be** - Bore **B** - Carbone **C** - Azote **N** -
Oxygène **O** - Fluor **F** - Néon **Ne**

Lili Becha **Be**aucoup **C**hez **N**otre **O**ncle **F**erdinand **N**estor

Période 3 :

Sodium **Na** - Magnésium **Mg** - Aluminium **Al** -

Silicium **Si** - Phosphore **P** - Soufre **S** - Chlore **Cl** - Argon **Ar**

Napoléon Mangea **A**llégrement **S**ix **P**oulets **S**ans **C**laquer d'**A**rgent

Alcalins : Liste de prénoms

Li : Lili - **Na** : Napoléon - **K** : Karl - **Rb** : Robert -

Cs : César - **Fr** Francis

Quatrième Ligne :

K – Ca – Sc – Ti – V - Cr - Mn - Fe- Co - Ni - Cu - Zn - Ga - Ge - As - Se – Br - Kr

Karl Capitaine Scandinave Tira Vivement sa Carabine, Menaçant de son Feu : Coréens, Nippons et Communistes Zens. Il Gardait Généralement l'Assassinat Secret de ces Brutes Kriminelles.

Cinquième Ligne :

Rb – Sr – Y – Zr - Nb - Mo - Tc- Ru - Rh - Pd - Ag - Cd – In –Sn – Sb –Te – In - Xe

Le Robert cite Sir Ygor, ce Zorro Nobelisable, qui, Modeste Technicien Russe, Recherchant Prudemment , Argent et Cadeaux Inventa, Son Sublime Téléviseur à Ionisation du Xenon.

Sixième Ligne :

Cs – Ba – La – Hf – Ta – W – Re – Os – Ir - Pt- Au – Hg - Tl- Pb- Bi-Po- At - Rn

César Battit Largement l'HorrifianTe armée des Wisigots. Résistant aux Ordres Irresponsables du Petit Aurélien ; Mercure Tailla dans le Plomb une Boitte Polie Artistiquement Ronde.

Lantanides :

Ce - Pr - Nd - Pr - Sm - Eu - Gd - Tb - Dy - Ho - Er - Tm - Yb - Lu

Ce Président **iNd**omptable **P**romet un **S**ommet **E**uropéen :
Grandiose , **T**errible, **D**ynamique, **H**orriblement **vE**rbeux ,
Terriblement **sY**mbolique et **L**uxueux.

Actinides :

Th - Pa - U - Np - Pu - Am - Cm - Bk - Cf - Es - Fm - Md - No - Lr

Thérésien **P**aladin **U**nique **N**e **P**ouvant **P**lus **A**imer **C**lamait
Beau**k**oup. Le **C**aliffe **E**ssayait **F**ermement de **M**odifier **N**os
Larmes.

LA REGLE DE L'OCTET

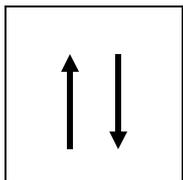
Les gaz rares présentent une grande inertie chimique, ils ne donnent pratiquement aucune réaction .

On les appelle parfois gaz nobles car ils refusent de se mêler aux autres éléments dans des composés chimiques.

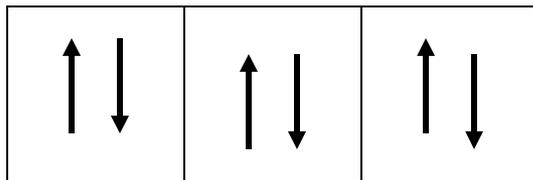
Ils semblent même répugner à s'unir entre atome du même élément puisqu'il s'agit de gaz monoatomiques.

Ils sont donc particulièrement stables.

Cette grande stabilité est due à leur configuration électronique qui fait apparaître une couche de valence saturée à 8 électrons.



$n s^2$



$n p^6$

Couche remplie = stabilité

Règle de l'octet :

Un atome ou un ion qui présente une structure électronique similaire à celle des gaz rares en $s^2 p^6$ (soit 8 électrons = octet sur sa couche de valence) présentera une stabilité particulièrement importante.

Les atomes ordinaires vont donc chercher à acquérir cette structure en $s^2 p^6$ afin de devenir plus stables.

Un atome cherche à acquérir la structure électronique du gaz rare le plus proche de lui dans la classification périodique.

Cette règle permet de prévoir facilement l'ion le plus stable des éléments des blocs s et p.

Pour les éléments trop éloignés de la structure des gaz rares (blocs d et f et colonne 14) cette règle ne s'applique pas aussi simplement.

IONS LES PLUS STABLES DES ELEMENTS **S** et **p**

1	2	13	14	15	16	17	18
s ¹	s ²	p ¹	p ²	p ³	p ⁴	p ⁵	p ⁶
H							He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra						
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
X ⁺	X ²⁺	X ³⁺	X ⁴⁺	X ³⁻	X ²⁻	X ⁻	
			X ⁴⁻				

Attention aux pièges : les métaux donnent des cations et pas des anions.

Les semi-métaux peuvent donner des anions et des cations (Sb par exemple)

CONCLUSION

La classification périodique est l'outil principal du chimiste

Elle contient un très grand nombre d'informations sous un « volume » très réduit.

Elle constitue en quelque sorte un « concentré » de la chimie

La variation de nombreuses propriétés atomiques pourront être prévues à partir de cette classification périodique des éléments.

Ce sera l'objet du prochain chapitre.

Pour un chimiste, il est indispensable de bien la connaître et de la maîtriser parfaitement.