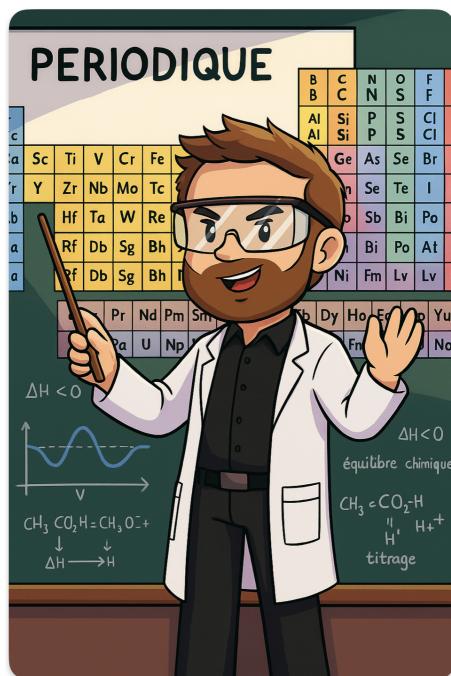


LA CLASSIFICATION PÉRIODIQUE  
DES ÉLÉMÉNTS

Cours

v1.1

Lycée de Cachan – 63 Avenue du Président Wilson 94230 Cachan - Académie de Créteil



## Compétences visées:

- Déterminer la position d'un élément dans la CP à partir de son numéro atomique et inversement
- Comparer les propriétés (électronégativité, rayon...) de deux éléments à partir de leur position dans la CP.

## Table des matières

<b>I Rappel de 2nd</b>	<b>3</b>
A Structure de l'atome . . . . .	3
B Convention et écriture symbolique . . . . .	3
<b>II Description du tableau périodique</b>	<b>4</b>
A Un peu d'histoire et de vocabulaire . . . . .	4
B L'élément chimique . . . . .	6
C Colonne et configuration électronique . . . . .	6
C-1 Configuration électronique . . . . .	6
D Les blocs du tableau périodique . . . . .	8
D-1 Bloc s . . . . .	8
D-2 Bloc p . . . . .	9
D-3 Bloc d . . . . .	9
D-4 Bloc f . . . . .	10
E Position d'un élément dans le tableau . . . . .	10
<b>III Évolution des propriétés au sein du tableau périodique</b>	<b>11</b>
A Évolution des rayons dans la classification . . . . .	11
B Electronégativité . . . . .	12
B-1 Pseudo-Définition . . . . .	12
B-2 Évolution dans la classification périodique . . . . .	13
B-3 Electronégativité et oxydo-réduction . . . . .	13

## I Rappel de 2nd

### A Structure de l'atome

#### ■ Définition : Atome

Un atome est constitué :

- d'un **noyau** contenant des nucléons : les **protons chargés positivement** et les **neutrons sans charge**.
- d'**électrons chargés négativement** en mouvement désordonné autour du noyau.

● Protons  
● Neutrons  
● Electrons

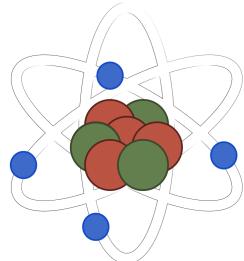


FIGURE 1 – Schéma de l'atome

#### ❖ Propriété : Charge de l'atome

La charge totale d'un atome est **neutre**. Les charges électriques positives et négatives **se compensent**.

#### 💡 Remarque

L'espace existant entre les électrons mais aussi entre les électrons et le noyau est vide. On dit que l'atome a une structure lacunaire.

### B Convention et écriture symbolique

#### ❖ Propriété : Écriture conventionnelle d'un atome

Afin de décrire le noyau d'un atome, l'ensemble de la communauté scientifique s'est accordé sur le modèle suivant :

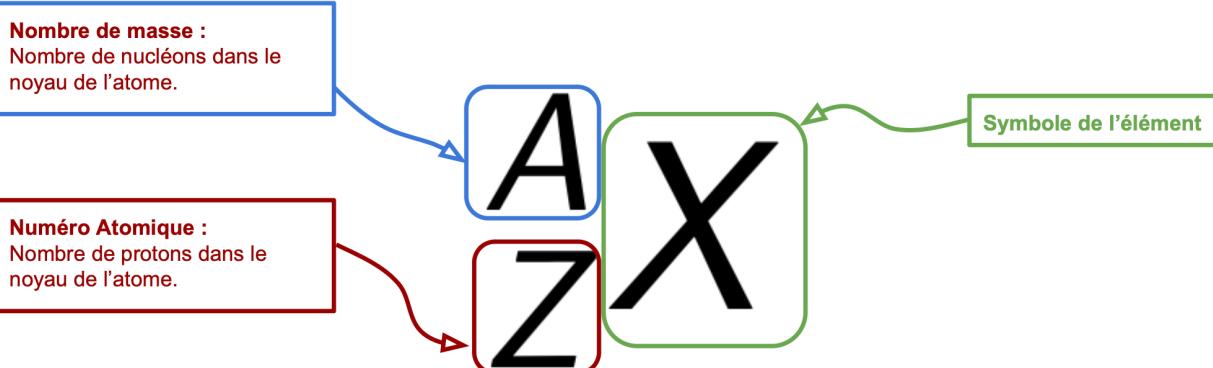
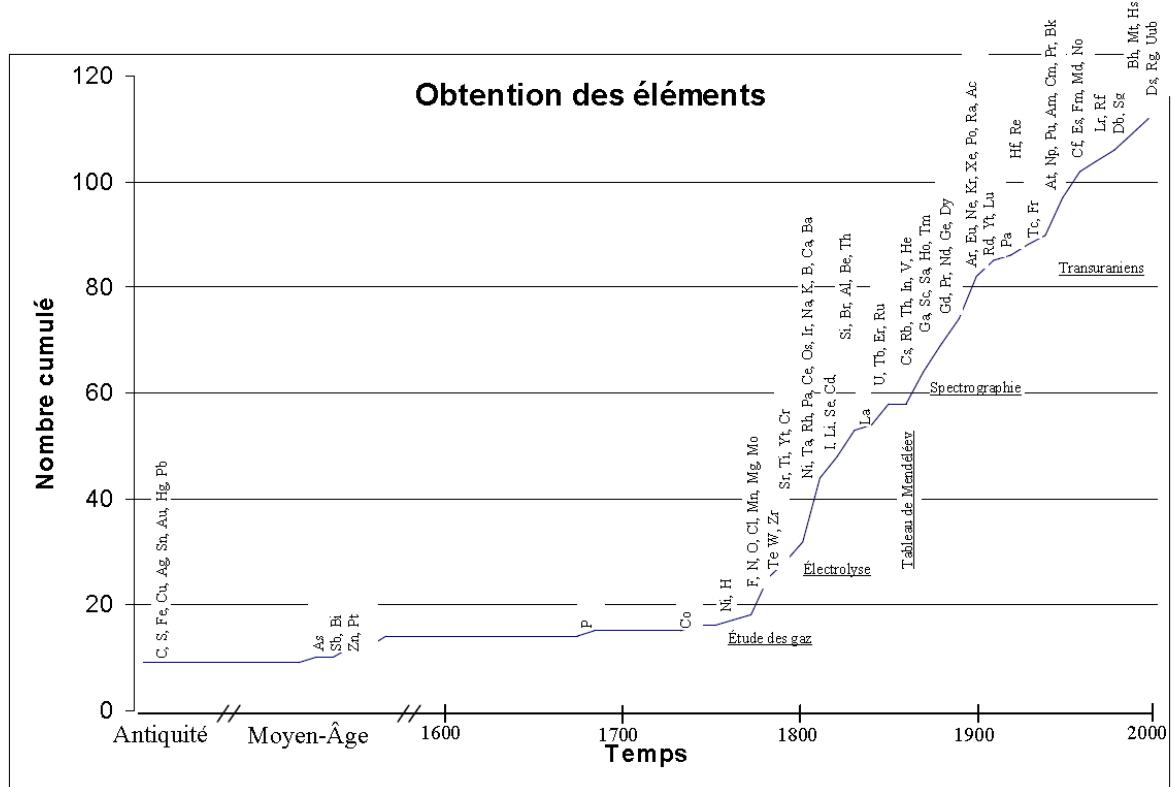


FIGURE 2 – Écriture conventionnelle de l'atome

**Exercice 1****Tirer des informations de l'écriture conventionnelle (★)****Q1** Compléter le tableau suivant.

Écriture	Nombre de nucléons	Nombre de neutrons	Nombre de protons
$^{40}_{20}\text{Ca}$			
$^{235}_{92}\text{U}$			
$^{65}_{30}\text{Zn}$			
$^{56}_{26}\text{Fe}$			
$^{207}_{82}\text{Pb}$			
$^{205}_{81}\text{Tl}$			

TABLE 1 – Composition nucléaire de quelques éléments

**II Description du tableau périodique****A Un peu d'histoire et de vocabulaire**FIGURE 3 – Graphique historique des obtentions - *Wikipédia*

### 💡 Remarque

À la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, 33 éléments chimiques étaient connus. Les chimistes ont rapidement remarqué des régularités dans leurs propriétés : Döbereiner propose en 1817 les **triades**, puis Newlands en 1865 la **loi des octaves**.

En 1869, **Mendeleïev** publie une version du tableau périodique en laissant des **trous pour les éléments non découverts**, anticipant leur existence. Ce classement, d'abord empirique, sera plus tard confirmé par la théorie atomique.

### ▣ Définition : Tableau périodique des éléments

Le tableau périodique **aujourd'hui** recense l'ensemble de tous les éléments connus, organisés par **numéro atomique croissants**.

Le tableau périodique des éléments est un tableau à 18 colonnes et 8 périodes. Les éléments sont classés par numéro atomique croissant. Les colonnes sont colorées en fonction de leur groupe : les groupes 13 à 18 sont en bleu, les groupes 1 à 12 sont en vert, et le groupe 17 est en orange. Les éléments sont organisés en périodes horizontales, où les éléments de la même période ont un numéro atomique qui diffère de 1 à 8. Les éléments de la dernière période (la 8e) sont les éléments radioactifs.

FIGURE 4 – Tableau Périodique des Éléments - *Google*

### 💡 Remarque

Il fallait choisir entre classer selon les protons, les neutrons ou les électrons. Comme les électrons peuvent facilement être arrachés ou ajoutés, il sont trop versatiles pour pouvoir servir de référence. Au contraire, les neutrons et les protons sont tous les deux de bons candidats. Cependant, les neutrons influent trop peu sur la chimie pour finalement permettre de voir des différences. On a donc classé selon les protons.

### ▣ Définition : Lignes ou périodes

On appelle **période** une ligne du tableau périodique.

### ■ Définition : Famille chimique

Une famille chimique est l'ensemble des éléments dans la même colonne du tableau périodique. Les éléments d'une famille sont nommés ainsi car ils possèdent globalement les mêmes propriétés chimiques.

## B L'élément chimique

### ■ Définition : Élément chimique

On appelle **élément chimique** l'ensemble des entités possédant le **même nombre de protons** dans le noyau.

### ❖ Propriété : Isotopes et ions

**Le nombre d'électrons ou de neutrons peut donc varier.** Dans une case du tableau périodique, il n'y a qu'un seul élément chimique, comprenant tous les **isotopes** et **ions** possibles.

#### ⌚ Rappel

- Deux isotopes sont deux éléments chimiques qui n'ont pas le même nombre de neutrons.
- Un ion est un atome ayant perdu ou gagné un ou plusieurs électrons.

#### ✍ Exercice 2 Les isotopes et l'ion du fluor (★)

L'élément **fluor** a pour numéro atomique  $Z = 9$ . L'atome de fluor gagne 1 électron pour former l'anion **fluorure**. Il existe plusieurs isotopes du fluor, notamment l'isotope comportant 10 neutrons, qui est l'isotope stable (que l'on trouve dans la nature). En imagerie médicale, les physiciens appauvrisent cet isotope stable en lui soustrayant un neutron.

**Q1** Écrire la formule conventionnelle de l'ion fluorure.

**Q2** Écrire les formules conventionnelles des deux isotopes du Fluor.

## C Colonne et configuration électronique

### C-1 Configuration électronique

### ■ Définition : Cortège électronique

Les électrons du cortège électronique d'un atome sont répartis dans des couches numérotées à partir de 1 jusqu'à 7 et des sous-couches notées s, p, d et f.

### Propriété : Règles de Klechkowski

Les électrons se répartissent sur les couches et sous-couches en suivant des règles précises :

- Chaque sous-couche contient un nombre maximal d'électrons.
- 2 électrons pour la sous-couche s
- 6 électrons pour la sous-couche p
- 10 électrons pour la sous-couche d
- 14 électrons pour la sous-couche f

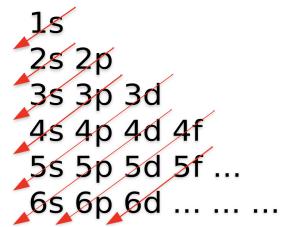


FIGURE 5 – Règle de remplissage des sous-couches électroniques - *Wikipédia*

### Exercice 3 Configurations électroniques (★)

**Q1** Compléter, pour chacun des éléments suivants, la **configuration électronique** :

- En notation spectroscopique complète :  $1s^2 2s^2 2p^6 \dots$
- En notation abrégée (utiliser le symbole du gaz noble précédent).

Éléments	Z	Configuration électronique (complète et abrégée)
Oxygène	8	
Calcium	20	
Gallium	31	
Sélénum	34	
Xénon	54	
Néodyme	60	
Curium	96	

TABLE 2 – Configurations électroniques (notation complète et abrégée)

### Définition : Electrons de valence

Les **électrons de valence** sont les électrons de la dernière **couche** remplie.

### Exercice 4 Electrons de valence (★)

**Q1** Pour les éléments du tableau de l'exercice 3, indiquer nombre d'électrons de valences.

## D Les blocs du tableau périodique

### ❖ Propriété : Répartition des éléments en blocs

Le tableau périodique est constitué de quatre blocs, définis selon la sous-couche électronique qui se remplit en dernier :

Soit  $n$  le numéro de la période (ligne) d'un élément du tableau périodique :

- **Bloc  $s$**  : constitué des deux premières colonnes du tableau. Les éléments de ce bloc terminent par une configuration de type  $ns^*$ .
- **Bloc  $p$**  : constitué des six dernières colonnes. Les éléments terminent par une configuration de type  $np^*$ .
- **Bloc  $d$**  : constitué des dix colonnes centrales. Les éléments de ce bloc ont pour configuration finale  $(n-1)d^*$ .
- **Bloc  $f$**  : constitué des quatorze éléments placés en dessous du tableau principal. Leur configuration électronique se termine par  $(n-2)f^*$ .

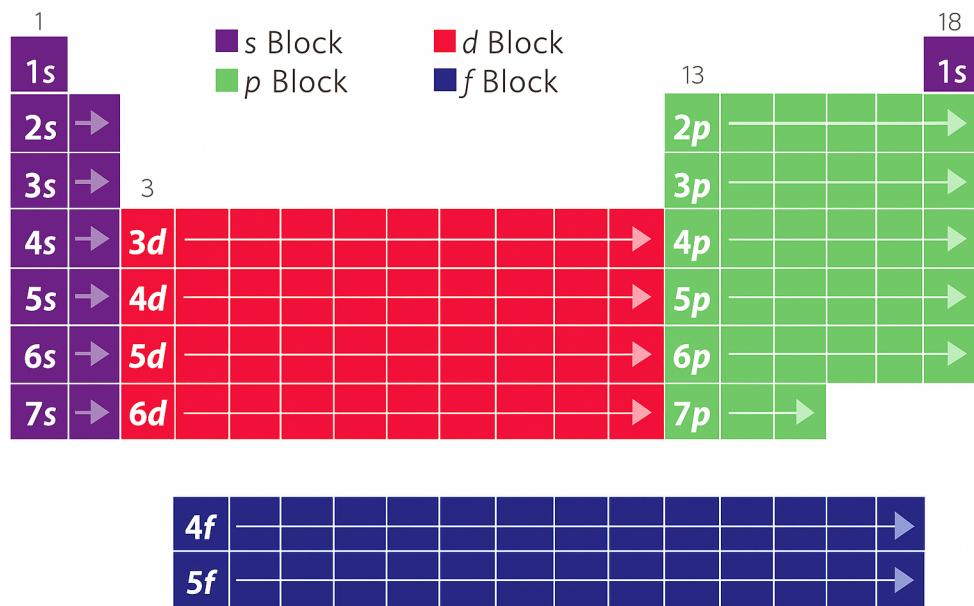


FIGURE 6 – Répartition en blocs du tableau périodique - C. ROIZARD (amélioré à l'IA).

### D-1 Bloc $s$

#### ❖ Définition : Famille des alcalins, première colonne

La première famille du tableau périodique est appelée la **famille des alcalins**. La configuration électronique de ces éléments se termine par  $ns^1$ , où  $n$  est le numéro de la **couche de valence**.

- Ces éléments tendent à **perdre un électron** pour former des ions  $X^+$  (par exemple  $\text{Li}^+$ ).
- Les alcalins sont des **métaux très réducteurs** qui réagissent violemment avec l'eau.
- Ils sont globalement **de petit rayon** et fortement **électropositifs**.

### ■ Définition : Famille des alcalino-terreux, deuxième colonne

La deuxième famille du tableau périodique est appelée la **famille des alcalino-terreux**. La configuration électronique de ces éléments se termine par  $ns^2$ , où  $n$  est le numéro de la **couche de valence**.

- Ces éléments tendent à **perdre deux électrons** pour former des ions  $X^{2+}$ .
- Ce sont également des **métaux réducteurs**.

## D-2 Bloc p

### ■ Définition : Famille des halogènes, 17e colonne

La septième famille du tableau périodique est appelée la **famille des halogènes**. La configuration électronique de ces éléments se termine par  $ns^2np^5$ , où  $n$  est le numéro de la **couche de valence**.

- Ces éléments tendent à **gagner un électron** pour former des ions  $X^-$ .
- Ce sont des **éléments oxydants**.
- Tous ces éléments sont **toxiques à mortels** sous leur forme pure.
- Les quatre premiers (**fluor, chlore, brome, iodé**) sont très utilisés.
- Les deux derniers ont une **durée de vie trop courte** pour être exploitables.

### ■ Définition : Famille des gaz nobles, dernière colonne

La huitième famille du tableau périodique est appelée la **famille des gaz nobles**. La configuration électronique de ces éléments se termine par  $ns^2np^6$ , ce qui correspond à une **couche de valence saturée**.

- Ces éléments sont donc **parfaitement stables** dans cet état.
- On les qualifie d'éléments **inertes**.
- Leur **réactivité extrêmement faible** explique leur **découverte tardive**.

## D-3 Bloc d

### ❖ Propriété : Les métaux de transition

A l'exception de la colonne du zinc, les éléments du bloc d sont des métaux de transitions. Ils sont très utilisés en chimie pour leurs propriétés versatiles. En particulier, on les utilise beaucoup comme catalyseurs de réactions chimiques. Certains de ces métaux sont stables (par exemple l'or) et on parle de métaux nobles. Les autres s'oxydent à l'air, comme le fer qui rouille. De nombreux de ces métaux sont présents dans le corps humain et indispensables à son bon fonctionnement, s'ils sont régulés.

#### ❖ Exemple

Un exemple connu de dérèglement est la maladie d'Alzheimer causée par un excès de zinc dans des zones à proximité des neurones.

## D-4 Bloc f

**💡 Remarque**

Le bloc f est composé des **lanthanides (4f)** et des **actinides (5f)**. Il s'agit de métaux. En particulier, ils sont utiles pour générer certaines couleurs des télévisions ou encore ils servent d'agent de contraste pour les IRM.

## E Position d'un élément dans le tableau

**💡 Méthode : Trouver la position d'un élément dans le tableau**

Pour déterminer la position d'un élément à partir de sa **configuration électronique** :

1. Écrire la configuration électronique de l'élément.
2. **Période** (ligne) — Le numéro de la sous-couche s de valence donne la période (= ligne).
3. **Colonne** — La sous-couche en cours de remplissage donne le bloc (s,p,d,f) et le nombre d'électron dans cette sous-couche donne le numéro de colonne dans le bloc.

**✍ Exercice 5 Position à partir du numéro atomique (★ ★)**

**Q1** Déterminer les coordonnées (période, colonne) ainsi que le bloc d'appartenance dans le tableau périodique des éléments suivants :

Fe (Z=26), Na (Z=11), Ga (Z=31), Cd (Z=48), Br (Z=35)

**💡 Remarque**

Même si leur configuration électronique se termine par 1s, l'hydrogène et l'hélium occupent des positions particulières dans le tableau périodique.

- **Hélium** : pour maintenir la cohérence de la *famille des gaz nobles*, caractérisée par une couche externe saturée et une grande inertie chimique, l'hélium est placé en tête de la colonne 18 plutôt qu'au-dessus du bloc s.
- **Hydrogène** : ni véritable alcalin, ni véritable halogène, l'hydrogène ne s'intègre parfaitement dans aucune colonne. Par convention, on le place au sommet de la colonne 1, tout en sachant qu'il déroge à plusieurs règles.

Ainsi, la première période se compose de deux éléments qui constituent, chacun à leur manière, des exceptions.

**✍ Exercice 6 Qui suis-je ? (★ ★)**

On considère l'élément de numéro atomique Z=33.

**Q1** Donner la configuration électronique de l'atome. Préciser les électrons de cœur et de valence.

**Q2** Donner la position de l'atome dans la classification périodique.

**Q3** A quel bloc correspond-il ?

**Q4** De quel atome s'agit-il ?

**Q5** Faites de même pour l'élément de numéro atomique  $Z=44$ .

### III Évolution des propriétés au sein du tableau périodique

#### A Évolution des rayons dans la classification

##### ♥ Formule : Le rayon atomique

Soit  $\ell$  la distance entre deux atomes  $A$  et  $B$  dans une molécule. On définit les rayons  $R_A$  et  $R_B$  de la manière suivante :

$$\ell = R_A + R_B$$

##### ♣ Propriété : Evolution dans le tableau périodique

Globalement, tous les rayons, atomique et ioniques, évoluent de la même manière dans le tableau périodique :

- Le rayon atomique augmente de droite à gauche dans une période.
- Le rayon atomique augmente de haut en bas dans une colonne.

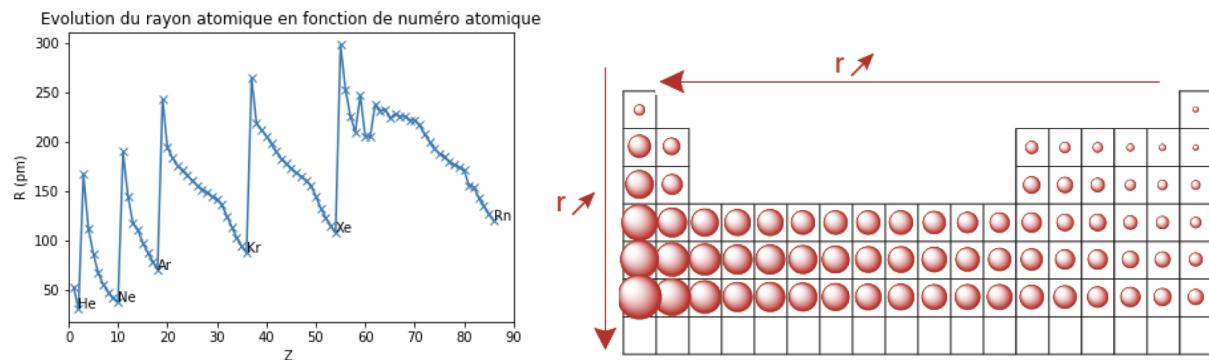


FIGURE 7 – Evolution du rayon atomique dans le tableau périodique - *Cahier de prépa*

##### 💡 Remarque

Sur une même **période** (ligne du tableau périodique), les électrons de valence occupent la même **couche électronique**. Lorsqu'on se déplace vers la **droite**, la **charge nucléaire** augmente, ce qui renforce l'**attraction** exercée sur les électrons. Ceux-ci sont alors plus fortement attirés vers le noyau, ce qui se traduit par une **diminution du rayon atomique**.

En revanche, lorsqu'on descend dans une même **colonne** (famille), une nouvelle **couche électronique** est ajoutée. Les électrons de valence se trouvent donc plus éloignés du noyau et subissent une **attraction électrostatique** moins intense. Il en résulte une **augmentation du rayon atomique**.

 **Exercice 7** Les rayons covalents (★)

Les rayons covalents de H et F sont respectivement égaux à  $0,037\text{ nm}$  et  $0,064\text{ nm}$ .

**Q1** Calculer la longueur théorique de la liaison HF, exprimée en  $pm$ .

**Q2** La longueur de la liaison HCl est  $0,136\text{ nm}$ . En déduire la valeur théorique du rayon covalent de Cl.

**Q3** Comparer les dimensions du Chlore avec celle de l'hydrogène. Est-ce cohérent avec ce qui est attendu ?

 **Exercice 8** Le magnésium et l'aluminium (★)

**Q1** Ecrire la configuration électronique du magnésium, Mg ( $Z = 12$ ) et de l'aluminium, Al ( $Z = 13$ ) dans leur état fondamental.

**Q2** En déduire le nombre d'électrons de valence du magnésium et de l'aluminium.

**Q3** Préciser la place du magnésium et de l'aluminium dans la classification périodique. A quels blocs appartiennent-ils ?

**Q4** Qui du magnésium ou de l'aluminium a le rayon atomique le plus grand ? Justifier.

 **Exercice 9** Comparaison de rayons atomiques et ioniques (★★★)

**Q1** Désigner, dans chacun des couples suivants, l'entité dont le rayon est le plus grand.

On pourra s'aider de la classification périodique au besoin.

- S, Se
- C, N
- $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$
- $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{Cl}^{-}$
- Mg,  $\text{Mg}^{2+}$
- $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$

## B Electronégativité

### B-1 Pseudo-Définition

 **Définition : Electronégativité,  $\chi$**

- L'**electronégativité** est une grandeur **adimensionnée** associée à un élément chimique. Elle est comprise entre **0** et **5** environ. Elle représente la **capacité d'un atome à attirer à lui les électrons**.
- Un atome est très **électronégatif** lorsqu'il possède une **grande électronégativité**. Il attire **fortement les électrons**.
- Un atome est très **électropositif** (ou **peu électronégatif**) lorsqu'il possède une **faible électronégativité**. Il attire **peu les électrons**.

## B-2 Évolution dans la classification périodique

- Dans une période, l'électronégativité augmente de gauche à droite.
  - Dans une colonne, l'électronégativité diminue de haut en bas.

Période		Groupe →																					
		18																					
1		He																					
1	H 2,20	1	Li 0,98	Be 1,57	2	Na 0,93	Mg 1,31	3	Ti 1,54	V 1,63	Cr 1,66	Mn 1,55	Fe 1,83	Co 1,88	Ni 1,91	Cu 1,90	Zn 1,65	Ga 1,81	Ge 2,01	As 2,18	Se 2,55	Br 2,96	Kr 3,00
2	Rb 0,82	Sr 0,95	Y 1,22	Zr 1,33	Nb 1,6	Mo 2,16	Tc 1,9	Ru 2,2	Rh 2,28	Pd 2,20	Ag 1,93	Cd 1,69	In 1,78	Sn 1,96	Sb 2,05	Te 2,1	I 2,66	Xe 2,60					
3	Cs 0,79	Ba 0,89	La 1,1	Hf 1,3	Ta 1,5	W 2,36	Re 1,9	Os 2,2	Ir 2,20	Pt 2,28	Au 2,54	Hg 2,00	Tl 1,62	Pb 1,87	Bi 2,02	Po 2,0	At 2,2	Rn 2,2					
4	Fr 0,7	Ra 0,9	Ac 1,1	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og					
*		Ce 1,12	Pr 1,13	Nd 1,14	Pm 1,13	Sm 1,17	Eu 1,2	Gd 1,2	Tb 1,1	Dy 1,22	Ho 1,23	Er 1,24	Tm 1,25	Yb 1,1	Lu 1,27								
**		Th 1,3	Pa 1,5	U 1,38	Np 1,36	Pu 1,28	Am 1,13	Cm 1,28	Bk 1,3	Cf 1,3	Es 1,3	Fm 1,3	Md 1,3	No 1,3	Lr 1,3								

FIGURE 8 – Evolution de  $\chi$  - [www.nagwa.com](http://www.nagwa.com)

## Remarque

L'électronégativité évolue en sens opposé au rayon atomique. En effet, plus les électrons sont éloignés, moins ils sont liés au noyau et donc moins ils sont attirés.

### B-3 Electronégativité et oxydo-réduction

Plus un atome est électronégatif plus il est oxydant. Plus un atome est électropositif, plus il est réducteur.

## Exercice 10 Le Strontium (★ ★)

Le Strontium se trouve sur la colonne 2 et la période 5 du tableau périodique.

- Q1** Donner le numéro atomique du Strontium, ainsi que sa configuration électronique (sans utiliser le tableau périodique).

**Q2** A quel bloc appartient le Strontium ?

**Q3** Quelle est sa sous-couche de valence ?

**Q4** Décrire les caractéristiques du Strontium (dimension, oxydant/réducteur).