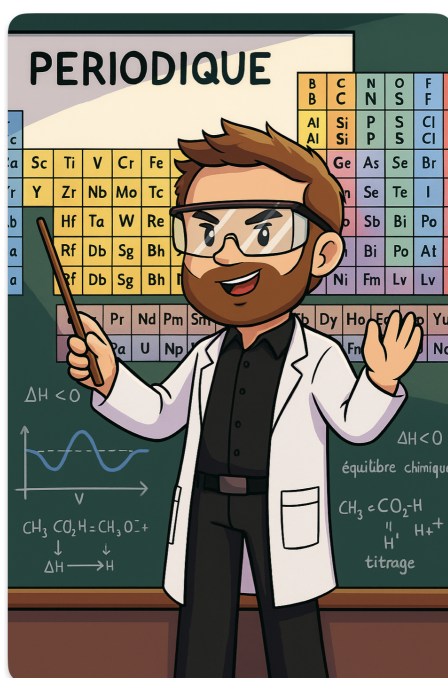


LA CLASSIFICATION PÉRIODIQUE
DES ÉLÉMENTS

Cours

v2.0

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



Compétences visées:

- Décrire la composition d'un atome en fonction de sa position dans le tableau périodique.
- 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.

Version Numérique :

Ce cours est disponible en **version numérique**.
Vous pouvez y accéder en scannant le **QR Code**
ci-contre :



Table des matières

I	Rappel de 2nd	3
A	Structure de l'atome	3
B	Convention et écriture symbolique	3
II	Description du tableau périodique	4
A	Un peu d'histoire et de vocabulaire	4
B	L'élément chimique	6
C	Colonne et configuration électronique	6
C-1	Configuration électronique	7
D	Les blocs du tableau périodique	8
D-1	Bloc s	9
D-2	Bloc p	9
D-3	Bloc d	10
D-4	Bloc f	10
E	Position d'un élément dans le tableau	10
III	Évolution des propriétés au sein du tableau périodique	12
A	Évolution des rayons dans la classification	12
B	Electronégativité	14
B-1	Pseudo-Définition	14
B-2	Évolution dans la classification périodique	15
B-3	Electronégativité et oxydo-réduction	15

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.

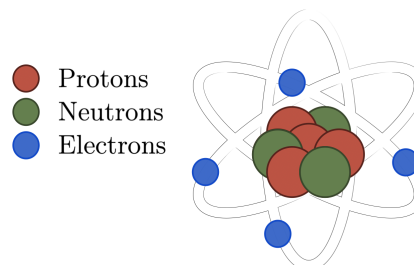


FIGURE 1 – Schéma de l'atome

🔗 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 c'est accordé sur le modèle suivant :

Nombre de masse :
Nombre de nucléons dans le noyau de l'atome.

Numéro Atomique :
Nombre de protons dans le noyau de l'atome.

A

Z

X

Symbole de l'élément

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

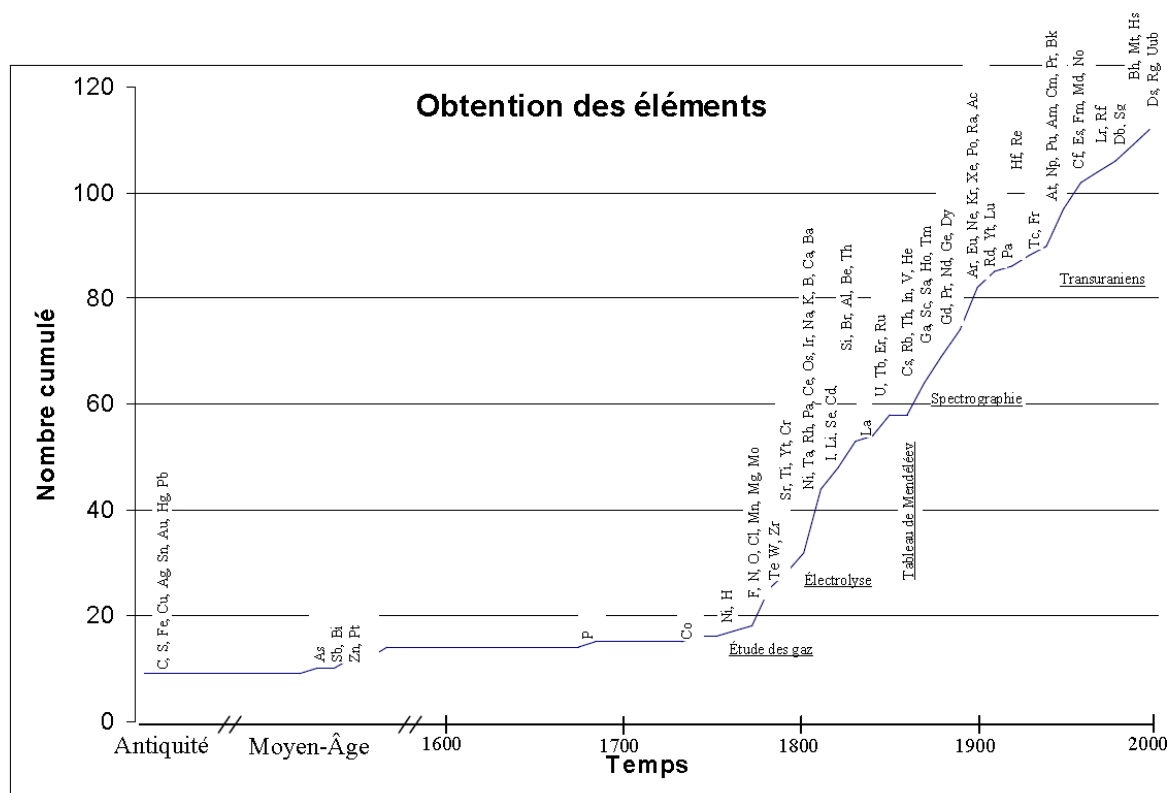


FIGURE 3 – Graphique historique des obtentions - Wikipédia

Remarque

À la fin du XVIII^e 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**.

1 H Hydrogène...																	2 He Hélium																												
3 Li Lithium	4 Be Béryllium																	5 B Bore	6 C Carbone	7 N Azote	8 O Oxygène	9 F Fluor	10 Ne Néon																						
11 Na Sodium	12 Mg Magnésium...																	13 Al Aluminium	14 Si Silicium	15 P Phosphore	16 S Soufre	17 Cl Chlore	18 Ar Argon																						
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titane	23 V Vanadium	24 Cr Chrome	25 Mn Mangan...	26 Fe Fer	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Cuivre	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium...	33 As Arsenic	34 Se Sélénium	35 Br Brome	36 Kr Krypton																												
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdène...	43 Tc Technétium...	44 Ru Ruthénium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Argent	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Étain	51 Sb Antimoine	52 Te Tellure	53 I Iode	54 Xe Xénon																												
55 Cs Césium	56 Ba Baryum	57 La Lanthane	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantale	74 W Tungstène	75 Re Rhénium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platine	79 Au Or	80 Hg Mercure	81 Tl Thallium	82 Pb Plomb	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astate	86 Rn Radon																												
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89 Ac Actinium	104 Rf Rutherfordium...	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium...	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium...	110 Ds Darmstadtium...	111 Rg Roentgenium...	112 Cn Copernicium...	113 Nh Nihonium	114 Fl Flerovium	115 Mc Moscovium...	116 Lv Livermorium...	117 Ts Tennessé	118 Og Oganesson...																												
<table><tr><td>58 Ce Cérium</td><td>59 Pr Praséodim...</td><td>60 Nd Néodyme</td><td>61 Pm Prométhée...</td><td>62 Sm Samarium</td><td>63 Eu Europium</td><td>64 Gd Gadolinium...</td><td>65 Tb Terbium</td><td>66 Dy Dyspros...</td><td>67 Ho Holmium</td><td>68 Er Erbium</td><td>69 Tm Thulium</td><td>70 Yb Ytterbium</td><td>71 Lu Lutécium</td></tr><tr><td>90 Th Thorium</td><td>91 Pa Protactini...</td><td>92 U Uranium</td><td>93 Np Neptunium...</td><td>94 Pu Plutonium</td><td>95 Am Américium</td><td>96 Cm Curium</td><td>97 Bk Berkélium</td><td>98 Cf Californi...</td><td>99 Es Einstein...</td><td>100 Fm Fermium</td><td>101 Md Mendéléev...</td><td>102 No Nobélium</td><td>103 Lr Lawrenc...</td></tr></table>																		58 Ce Cérium	59 Pr Praséodim...	60 Nd Néodyme	61 Pm Prométhée...	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium...	65 Tb Terbium	66 Dy Dyspros...	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutécium	90 Th Thorium	91 Pa Protactini...	92 U Uranium	93 Np Neptunium...	94 Pu Plutonium	95 Am Américium	96 Cm Curium	97 Bk Berkélium	98 Cf Californi...	99 Es Einstein...	100 Fm Fermium	101 Md Mendéléev...	102 No Nobélium	103 Lr Lawrenc...
58 Ce Cérium	59 Pr Praséodim...	60 Nd Néodyme	61 Pm Prométhée...	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium...	65 Tb Terbium	66 Dy Dyspros...	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutécium																																
90 Th Thorium	91 Pa Protactini...	92 U Uranium	93 Np Neptunium...	94 Pu Plutonium	95 Am Américium	96 Cm Curium	97 Bk Berkélium	98 Cf Californi...	99 Es Einstein...	100 Fm Fermium	101 Md Mendéléev...	102 No Nobélium	103 Lr Lawrenc...																																

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, ils 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 médecins appauvrissent 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

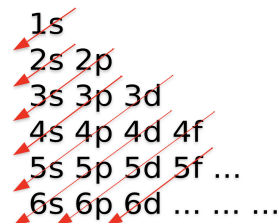


FIGURE 5 – Règle de remplissage des sous-couches électroniques - Wikipédia

📖 Définition : Electrons de valence

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

✏ 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	
Sélénium	34	
Xénon	54	
Néodyme	60	
Curium	96	

TABLE 2 – Configurations électroniques (notation complète et abrégée)

✎ 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 $(n-2)f^*$.

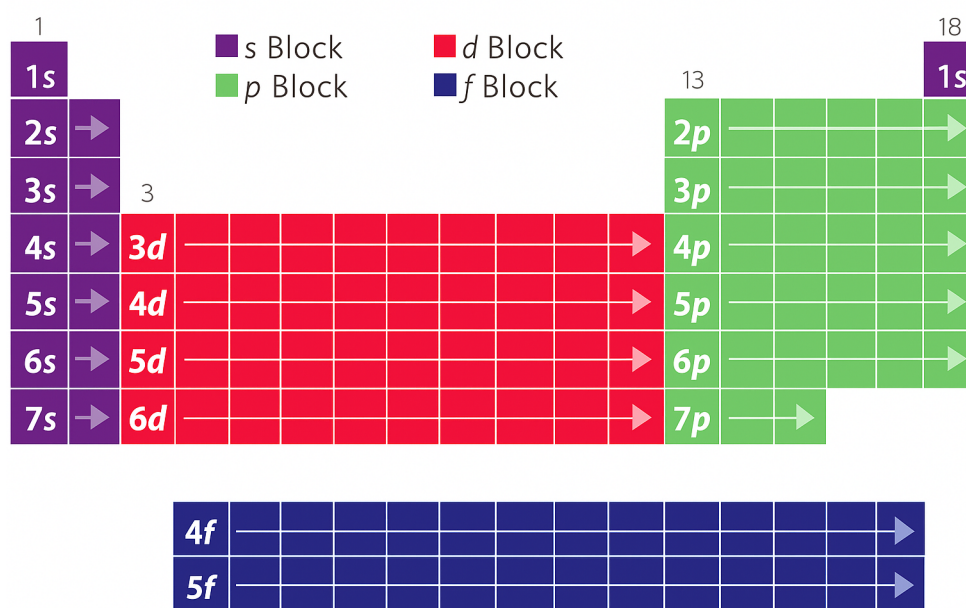


FIGURE 6 – Répartition en blocs du tableau périodique - C. ROIZARD (amélioré à l'IA).

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 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, iode**) 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

Methode : Trouver la position d'un élément dans le tableau

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

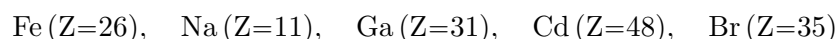
1. Écrire la configuration électronique de l'élément.
2. **Période** (ligne) — Le numéro de la sous-couche s de valence donne la période (= ligne).
3. **Colonne** — La sous-couche en cours de remplissage donne le bloc (s,p,d,f) et le nombre d'électron dans cette sous-couche donne le numéro de colonne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



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 ℓ 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.

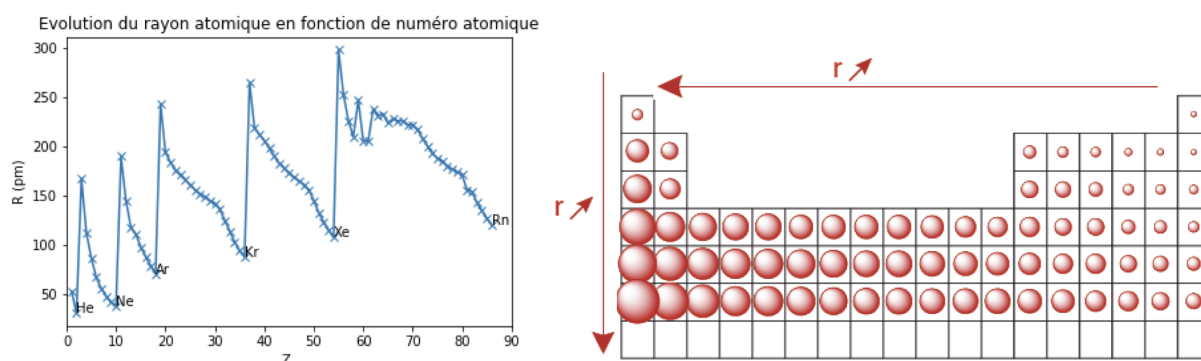


FIGURE 7 – Evolution du rayon atomique dans le tableau périodique - *Cahier de prépa*

💡 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.

- a) S, Se
- b) C, N
- c) Fe^{2+} , Fe^{3+}
- d) S^{2-} , Cl^-
- e) Mg, Mg^{2+}
- f) Al^{3+} , Mg^{2+}

B Electronégativité

B-1 Pseudo-Définition

**Définition : Electronégativité, χ**

- L'**électronégativité** 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**.

Q2 A quel bloc appartient le Strontium ?

Q3 Quelle est sa sous-couche de valence ?

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