

# C3 – Atomes

## Noyau et cortège électronique

« L'azote dans notre ADN, le calcium de nos dents, le fer dans le sang, le carbone dans nos tartes aux pommes ont été faits à l'intérieur d'étoiles qui se sont effondrées. Nous sommes faits de poussières d'étoiles »

Carl Sagan, *Cosmos*, 1981

Livre p. 76  
TP C8 - Classification

## I. Structure des atomes

### 1. Brève histoire des atomes

Démocrite d'Abdère disciple de Leucippe (vers 460-370 av. J.-C.) puis Épicure conçoivent un univers uniquement fait d'atomes et de vide. Les atomes (du grec *ατομος*, atomos, indivisible) sont des particules insécables, constituants fondamentaux de la matière.



Les atomes reviennent au devant de la scène au XIX<sup>ème</sup> siècle, Dimitri Mendeleïev (1834-1907) répertorie et classe les éléments chimiques, autrement dit les différents types d'atomes. Puis en 1904 Thomson découvre une première particule fondamentale de l'atome : l'électron.

Aujourd'hui, les atomes sont indispensables à notre compréhension des phénomènes naturels (réactions chimiques, température, pression, interactions lumière-matière...).

### 2. Écriture scientifique

#### Rappel sur les puissances de 10

$$10^a \times 10^b = 10^{a+b} \quad \frac{10^a}{10^b} = 10^{a-b} \quad 10^{-a} = \frac{1}{10^a} \quad 10^1 = 10 \quad 10^0 = 1$$

#### Multiple et sous multiple du mètre

Giga	Mega	kilo	hecto	déca		déci	centi	milli	micro	nano
<b>Gm</b>	<b>Mm</b>	<b>km</b>	<b>hm</b>	<b>dam</b>	<b>m</b>	<b>dm</b>	<b>cm</b>	<b>mm</b>	$\mu\text{m}$	<b>nm</b>
$10^9$	$10^6$	$10^3$	$10^2$	$10^1$	1	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$

En écriture scientifique un nombre s'écrit sous la forme :

$$a \times 10^n \text{ avec } 1 \leq |a| < 10$$

#### Exemples

$2,604 \times 10^3$  est une écriture scientifique car  $1 \leq 2,604 < 10$   
 $-9,1 \times 10^{-10}$  est une écriture scientifique car  $1 \leq |-9,1| < 10$

#### Contre-exemples

$0,26046 \times 10^4$  n'est pas une écriture scientifique car  $0,2604 < 1$ .  
 $26,046 \times 10^2$  n'est pas une écriture scientifique car  $26,04 > 10$ .

#### Ordre de grandeur

L'ordre de grandeur d'un nombre  $N$  est la puissance de dix la plus proche de ce nombre.

Soit  $N = a \times 10^n$  l'écriture scientifique de  $N$  :

- Si  $a < 5$  alors l'ordre de grandeur de  $N$  est  $10^n$ .
- Si  $a > 5$  alors l'ordre de grandeur de  $N$  est  $10^{n+1}$ .

#### Exemples

L'ordre de grandeur de  $2,56 \times 10^3$  est  $10^3$ .

L'ordre de grandeur de  $6,2 \times 10^{-5}$  est  $10^{-4}$ .

**a.** Convertir les longueurs suivantes en utilisant les puissances de 10.

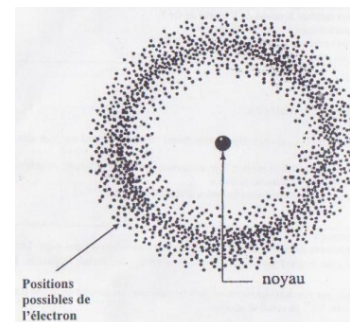
- 1,7 cm en mètre
- 0,48 km en mètre
- 49 mm en mètre
- 35 m en centimètre
- 63 km en mètre
- 568 Mm en kilomètre

**b.** Écrire les longueurs ainsi converties en utilisant la notation scientifique.

- a.**  $1,7 \times 10^{-2}$  m  
 $0,48 \times 10^3$  m  
 $49 \times 10^{-3}$  m  
 $35 \times 10^2$  cm  
 $63 \times 10^3$  m  
 $568 \times 10^6$  m =  $568 \times 10^3$  km

- b.**  $1,7 \times 10^{-2}$  m  
 $4,8 \times 10^{-1} \times 10^3$  m =  $4,8 \times 10^2$  m  
 $4,9 \times 10^1 \times 10^{-3}$  m =  $4,9 \times 10^{-2}$  m  
 $3,5 \times 10^1 \times 10^2$  m =  $3,5 \times 10^3$  cm  
 $6,3 \times 10^1 \times 10^3$  m =  $6,3 \times 10^4$  m  
 $5,68 \times 10^2 \times 10^3$  m =  $5,68 \times 10^5$  km

### 3. Composition des atomes



#### Forme

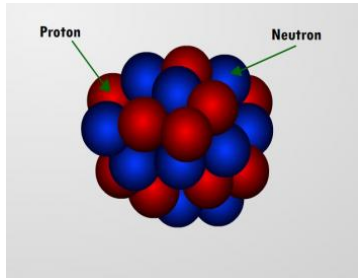
- petit :  $d_{\text{atome}} \simeq 10^{-10}$  m
- plutôt sphérique
- essentiellement vide

#### Composition

- noyau : contient  $Z$  charges élémentaires positives ( $+Ze$ )
- nuage électronique : contient  $Z$  électrons ( $-Ze$ )
- atome : électriquement neutre

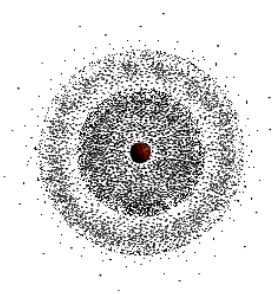
## Charge électrique

1 charge électrique élémentaire =  $1 e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$  (Coulomb)



### Le noyau

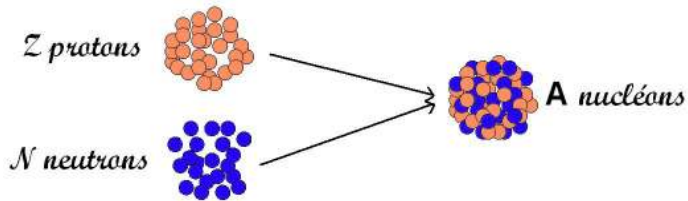
- très petit :  $d_{\text{noyau}} \simeq 10^{-15} \text{ m} \simeq \frac{d_{\text{atome}}}{100000}$
- très lourd :  $m_{\text{atome}} \simeq m_{\text{noyau}}$
- composé de 2 types de particules appelés nucléons :
  - proton : chargé positivement (+1 e)
  - neutron : électriquement neutre



### Les électrons et le nuage électronique

- très petits (pas de taille définie)
- très légers :  $m_{\text{electron}} < \frac{m_{\text{nucléon}}}{1000}$
- chargés négativement (-1 e)
- répartis en couches et sous-couches autour du noyau

## 4. Notation symbolique du noyau



- X : Symbole chimique
- Z : numéro atomique (nombre de protons)
- N : nombre de neutrons
- $A = Z + N$  : nombre de masse (nombre de nucléons)

### Exemple

Le noyau de l'oxygène  $16, \text{}^1_8\text{O}$  contient 16 nucléons, 8 protons, et donc  $16-8=8$  neutrons.

## Isotopes

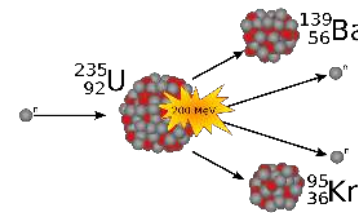
Les isotopes d'un élément chimique sont des atomes ayant même nombre de protons (Z), mais un nombre de neutrons différent (N).

Exemple : 3 isotopes du carbone

- $^{12}_6\text{C}$  : carbone 12, 6 protons, 6 neutrons (99 % du carbone terrestre).
- $^{13}_6\text{C}$  : carbone 13, 6 protons, 7 neutrons (1 %).
- $^{14}_6\text{C}$  : carbone 14, 6 protons, 8 neutrons ( $\ll 1\%$ , instable, datation).

## II. Transformations nucléaires

### 1. Fission



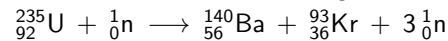
Contrairement aux réactions chimiques qui conservent les atomes, les réactions nucléaires modifient les atomes en modifiant leurs noyaux. La matière n'est pas conservée !

#### Définition

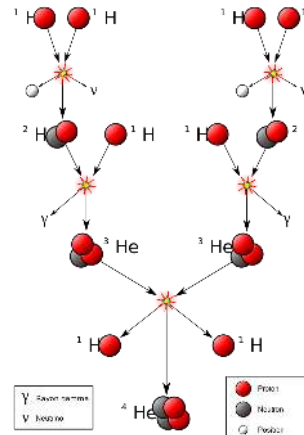
La fission est la désintégration d'un noyau lourd en deux noyaux plus légers et neutrons.

Exemple

La fission de l'uranium 235 ( $^{235}\text{U}$ ) est exploitée dans les centrales électriques nucléaires pour transformer la masse en énergie.



### 2. Fusion



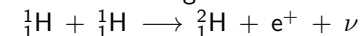
La fusion et la fission sont des réactions nucléaires qui libèrent beaucoup d'énergie.

#### Définition

La fusion est la réunion de deux noyaux légers pour former un noyau plus lourd.

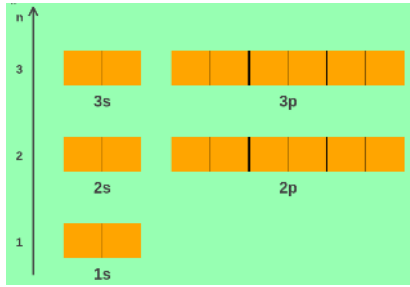
Exemple

La fusion de l'hydrogène (H) est la réaction nucléaire qui permet au cœur du soleil, et des étoiles en général, de produire leur énergie.



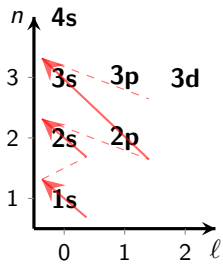
### III. Structure électronique

#### 1. Couches électroniques



Les électrons sont organisés  
 — en couches 1, 2, 3...  
 — en sous-couches s, p, d...

Les sous-couches  
 — s contiennent 2 électrons maximum,  
 — p contiennent 6 électrons maximum.



Pour les atomes de numéro atomique  $Z \leq 18$ ,  
 les sous-couches se remplissent dans l'ordre suivant :  
**1s, 2s, 2p, 3s, 3p**

La répartition des électrons est donnée dans la structure électronique où le nombre d'électrons dans une sous-couche est placé en exposant.

Exemples de structure électroniques

- Helium ( ${}^4_2\text{He}$ ) :  $1s^2$
- Fluor ( ${}^{19}_9\text{F}$ ) :  $1s^2 2s^2 2p^5$
- Magnésium ( ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ ) :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

Ex. 18 p. 86 – Na

#### 2. Électrons et couche de valence

La couche de valence est la dernière couche occupée (1, 2 ou 3).

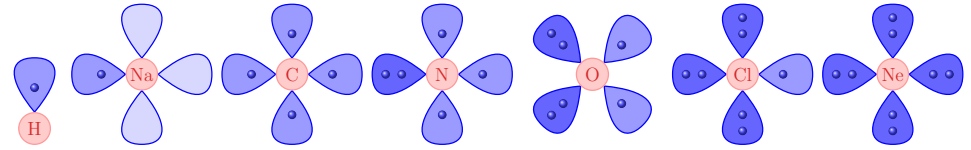
Les électrons de valence occupent la dernière couche.

Les atomes de numéro atomique  $Z \leq 18$ , comptent jusqu'à 8 électrons de valence.

Exemples

- Hydrogène ( ${}^1_1\text{H}$ ) :  $1s^1 \rightarrow$  1 électron de valence dans la couche 1
- Carbone ( ${}^{12}_6\text{C}$ ) :  $1s^2 2s^2 2p^2 \rightarrow$  4 électrons de valence dans la couche 2
- Argon ( ${}^{40}_{18}\text{Ar}$ ) :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \rightarrow$  8 électrons de valence dans la couche 3

Dans la couche de valence toutes les « cases » sont d'abord emplies avec un électron avant d'être complétées avec deux électrons :



Ex. 14 p. 85 – Si

### IV. La classification périodique

#### 1. Les règles de classification

Le tableau de la classification périodique des éléments répertorie un peu plus d'une centaine d'éléments chimiques classés par

1	2	13	14	15	16	17	18
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

- numéro atomique croissant,
- nombre de couche occupées sur une même ligne,
- nombre d'électrons de valence sur une même colonne.

Les éléments d'une même colonne ont des propriétés chimiques communes, ils forment une famille chimique.

Ex. 7 p. 85 – Bore

#### 2. Les alcalins

La éléments de la famille des alcalins, lithium (Li), sodium (Na), potassium (K)...

- occupe la première colonne,
- possèdent 1 électron de valence,
- peuvent s'enflammer au contact de l'air,
- réagissent violemment avec l'eau.

#### 3. Les gaz rares ou gaz nobles

La éléments de la famille des gaz rare ou nobles, hélium (He), néon (Ne), argon (Ar)...

- occupe la dernière colonne ( $n^{\circ}18$ ),
- possèdent une couche de valence complète (2 ou 8 électrons),
- ne participent pas aux réactions chimiques et ne se transforment pas (ils sont chimiquement inertes).

## Exercices

### Ex. 8 p. 67

L'ordre de grandeur de la taille d'un atome est : ▶

- a.  $10^{-10}$  m.      b.  $10^{-15}$  m.      c.  $10^{10}$  m.

### Ex. 9 p. 67

Par rapport à la taille de son noyau, la taille d'un atome est :



- a.  $10^5$  fois plus petite.  
b. identique.  
c.  $10^5$  fois plus grande.

### Ex. 10 p. 67

Le noyau d'uranium  $^{235}\text{U}$  est constitué de 235 : ▶ S2

- a. protons.      b. neutrons.      c. nucléons.

### Ex. 11 p. 67

L'écriture conventionnelle  $^{58}_{28}\text{Ni}$  indique que ce noyau de nickel, de symbole Ni, est constitué de 28 : ▶ S2

- a. nucléons.      b. protons.      c. électrons.

### Ex. 12 p. 67

Un noyau d'azote, de symbole N, est constitué de 7 protons et 8 neutrons. Une écriture conventionnelle de ce noyau est :

- a.  $^7\text{N}$ .      b.  $^8\text{N}$ .      c.  $^{15}\text{N}$ .

### Ex. 13 p. 67

Un noyau d'argent, de symbole Ag, est constitué de 47 protons et 60 neutrons. Une écriture conventionnelle de ce noyau est :

- a.  $^{107}_{47}\text{Ag}$ .      b.  $^{47}_{60}\text{Ag}$ .      c.  $^{60}_{47}\text{Ag}$ .

### Ex. 15 p. 67

Un noyau de chrome est constitué de 24 protons et de 28 neutrons.  
Établir ses deux écritures conventionnelles à l'aide du tableau périodique (→ Rabat).

#### SOLUTION

L'élément chrome a pour symbole Cr. Ce noyau est composé de 52 (= 28 + 24) nucléons.  
Ses écritures conventionnelles sont :

$^{52}_{24}\text{Cr}$  et  $^{52}\text{Cr}$ .

#### APPLICATION - Sur le modèle de l'exercice résolu

Un noyau de magnésium est constitué de 12 protons et de 12 neutrons. Établir ses deux écritures conventionnelles à l'aide du tableau périodique

### Ex. 31 p. 69

Dans chaque cas ci-dessous, indiquer l'écriture scientifique du nombre écrit en italique.

- a. Le quotient de la taille d'un noyau par la taille d'un atome est environ *0,00001*.  
b. La masse d'un électron est environ *deux mille* fois inférieure à celle d'un nucléon.  
c. La charge élémentaire *e* est égale à  $+160 \times 10^{-21}$  C.

### Ex. 33 p. 69

a. Le tableau ci-dessous regroupe la composition et le symbole de trois noyaux.

Établir l'écriture conventionnelle  $^A_Z\text{X}$  de chacun d'entre eux à l'aide du tableau périodique (→ Rabat).

Nom	Nombre de protons	Nombre de nucléons
Bore	5	11
Potassium	19	39
Radium	88	226

b. Établir l'écriture conventionnelle  $^A_Z\text{X}$  des noyaux dont les compositions sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Symbole	Nombre de protons	Nombre de neutrons
Li	3	4
Ge	32	42
Fr	87	136

## Ex. 34 p. 69

Donner la composition de chacun des noyaux suivants.

- a.  $^{16}_8\text{O}$ .                      b.  $^{55}_{25}\text{Mn}$ .                      c.  $^{153}_{63}\text{Eu}$ .

### Aide méthodologique

- ▶ Pour chaque noyau, relever la valeur de son numéro atomique et de son nombre de masse.
- ▶ Calculer ensuite le nombre de neutrons qui le composent.
- ▶ Conclure à l'aide d'une phrase ; par exemple : « Le noyau  $^{16}_8\text{O}$  est composé de ... nucléons, dont ... protons et ... neutrons. »

## Ex. 7 p. 85

Un atome de bore de configuration électronique  $(1s)^2(2s)^2(2p)^1$  appartient :

- a. à la première ligne du tableau périodique.
- b. à la deuxième ligne du tableau périodique.
- c. à la troisième ligne du tableau périodique.

## Ex. 8 p. 85

Les éléments d'une même colonne dans le tableau périodique ont des propriétés :

- a. chimiques différentes.
- b. chimiques communes.
- c. biologiques communes.

## Ex. 11 p. 85

Dans le tableau périodique, les éléments des gaz nobles sont situés dans la colonne :

- a. n° 8.
- b. n° 10.
- c. n° 18.

## Ex. 14 p. 85

À l'aide du tableau périodique (→ **Rabat**), déterminer le nombre d'électrons de valence de l'atome de silicium Si.

### SOLUTION

Le silicium est dans la 14<sup>e</sup> colonne du tableau périodique.  
Le chiffre des unités de 14 étant **4**, cet atome a quatre électrons de valence.

### APPLICATION - Sur le modèle de l'exercice résolu

À l'aide du tableau périodique, déterminer le nombre d'électrons de valence de l'atome d'oxygène O.

## Ex. 18 p. 86

L'atome de sodium possède 11 électrons. Parmi les configurations électroniques suivantes, identifier celle associée à l'atome de sodium à l'état fondamental.

- a.  $(1s)^2(2s)^2(2p)^5$ .
- b.  $(1s)^2(2s)^2(2p)^6$ .
- c.  $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^1$ .
- d.  $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2$ .

## Ex. 19 p. 86

L'atome de soufre a 6 électrons de valence.

Parmi les configurations électroniques suivantes, identifier celle associée à l'atome de soufre à l'état fondamental.

- a.  $(1s)^2(2s)^2(2p)^2$ .
- b.  $(1s)^2(2s)^2(2p)^6$ .
- c.  $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2(3p)^4$ .
- d.  $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2(3p)^6$ .

## Ex. 20 p. 86

L'atome de chlore possède 17 électrons.

1. Parmi les configurations électroniques suivantes, identifier celle associée à l'atome de chlore dans l'état fondamental.

- a.  $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2(3p)^3$ .
- b.  $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2(3p)^4$ .
- c.  $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2(3p)^5$ .
- d.  $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2(3p)^6$ .

2. Nommer les électrons de valence de l'atome de chlore.

## Ex. 24 p. 86

L'argon est positionné dans la dernière colonne du tableau périodique.

- a. Donner le nom de la famille chimique à laquelle appartient l'argon.
- b. Donner le nombre d'électrons de valence de l'atome d'argon.