

Pr. Ahmed AIT HOU

**Cours :**  
**Structure et Etats de la Matière**

**Module C121**

**Parcours: MIP (Section 2)**

**Année universitaire : 2019-2020**

**COPYRIGHT**

**Ce cours est destiné aux étudiants.**

**Toute autre utilisation, SANS l'autorisation de l'auteur, n'est pas permise.**

## PARTIE II:

*Cours de*

# Atomistique

Parcours: MIP (section 2)

Pr. Ahmed AIT HOU

Année universitaire : 2019-2020

**COPYRIGHT**

Ce cours est destiné aux étudiants.

Toute autre utilisation, SANS l'autorisation de l'auteur, n'est pas permise.

# INTRODUCTION



L'eau, l'air, les roches, la végétation, notre corps, tous les objets qui nous entourent sont constitués de matière.


De quoi la matière est-elle constituée ?

### **La matière**

La matière est la substance qui compose toute chose qui nous entoure. Pour que l'on considère une substance comme étant de la matière, elle doit à la fois occuper un espace et posséder une masse .

### **Les états de la matière**

Dans la nature, la matière existe sous différentes formes. Ces formes sont appelées les états (ou phases) physique de la matière. Les trois états de la matière les plus connus sont les états gazeux, solide et liquide.



## Les changements de phase et Nomenclature

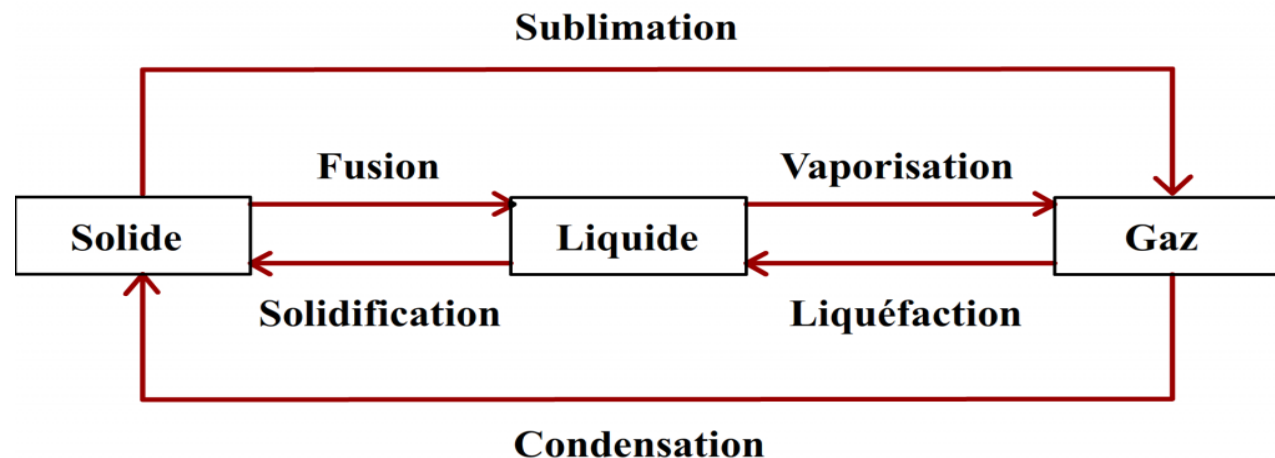
La matière existe sous trois formes : solide, liquide et gaz.

Une substance peut changer de phase, et ce, en fonction de la température et de la pression. Il est également possible d'avoir deux ou plusieurs phases en même temps à certaines températures et pressions.

Le passage de la matière:

- ✓ de l'état solide à l'état liquide se fait par fusion,
- ✓ de l'état liquide à l'état gazeux par vaporisation
- ✓ et de l'état solide à l'état gazeux par sublimation.

Ces transformations sont illustrées par la figure ci-dessous :



La **chimie** a pour objet de décrire cette matière, ses propriétés et notamment ses transformations (passage d'une substance à une autre par l'intermédiaire d'une réaction chimique)

## L'Atomistique

**Est un domaine de la chimie consacré à l'étude:**

- Descriptive de la structure interne de l'atome
- De ses propriétés
- Des échanges d'énergies en son sein

# Tableau périodique des éléments



scienceomusanle.net  
wiki+forum  
chimie physique biologie

1																	18	
1	<b>H</b> Hydrogène 1,008 1s <sup>1</sup>																	2
2	<b>Li</b> Lithium 6,94 [He] 2s <sup>1</sup>	<b>Be</b> Béryllium 9,012 [He] 2s <sup>2</sup>																
3	<b>Na</b> Sodium 22,99 [Ne] 3s <sup>1</sup>	<b>Mg</b> Magnésium 24,31 [Ne] 3s <sup>2</sup>																
4	<b>K</b> Potassium 39,10 [Ar] 4s <sup>1</sup>	<b>Ca</b> Calcium 40,08 [Ar] 4s <sup>2</sup>	<b>Sc</b> Scandium 44,96 [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>1</sup>	<b>Ti</b> Titane 47,87 [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>2</sup>	<b>V</b> Vanadium 50,94 [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>3</sup>	<b>Cr</b> Chrome 52,00 [Ar] 4s <sup>1</sup> 3d <sup>5</sup>	<b>Mn</b> Manganèse 54,94 [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>5</sup>	<b>Fe</b> Fer 55,85 [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>6</sup>	<b>Co</b> Cobalt 58,93 [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>7</sup>	<b>Ni</b> Nickel 58,69 [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>8</sup>	<b>Cu</b> Cuivre 63,55 [Ar] 4s <sup>1</sup> 3d <sup>10</sup>	<b>Zn</b> Zinc 65,38 [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup>	<b>Ga</b> Gallium 69,72 [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>1</sup>	<b>Ge</b> Germanium 72,63 [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>2</sup>	<b>As</b> Arsenic 74,92 [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>3</sup>	<b>Se</b> Sélénium 78,96 [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>4</sup>	<b>Br</b> Brome 79,90 [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>5</sup>	<b>Kr</b> Krypton 83,80 [Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup> 4p <sup>6</sup>
5	<b>Rb</b> Rubidium 85,47 [Kr] 5s <sup>1</sup>	<b>Sr</b> Strontium 87,62 [Kr] 5s <sup>2</sup>	<b>Y</b> Yttrium 88,91 [Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>1</sup>	<b>Zr</b> Zirconium 91,22 [Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>2</sup>	<b>Nb</b> Niobium 92,91 [Kr] 5s <sup>1</sup> 4d <sup>4</sup>	<b>Mo</b> Molybdène 95,96 [Kr] 5s <sup>1</sup> 4d <sup>5</sup>	<b>Tc</b> Technétium [98] [Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>5</sup>	<b>Ru</b> Ruthénium 101,07 [Kr] 5s <sup>1</sup> 4d <sup>6</sup>	<b>Rh</b> Rhodium 102,91 [Kr] 5s <sup>1</sup> 4d <sup>8</sup>	<b>Pd</b> Palladium 106,42 [Kr] 5s <sup>0</sup> 4d <sup>10</sup>	<b>Ag</b> Argent 107,87 [Kr] 5s <sup>1</sup> 4d <sup>10</sup>	<b>Cd</b> Cadmium 112,41 [Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup>	<b>In</b> Indium 114,82 [Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>1</sup>	<b>Sn</b> Étain 118,71 [Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>2</sup>	<b>Sb</b> Antimoine 121,76 [Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>3</sup>	<b>Te</b> Tellure 127,60 [Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>4</sup>	<b>I</b> Iode 126,90 [Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>5</sup>	<b>Xe</b> Xénon 131,29 [Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>6</sup>
6	<b>Cs</b> Césium 132,91 [Xe] 6s <sup>1</sup>	<b>Ba</b> Baryum 137,33 [Xe] 6s <sup>2</sup>	<b>71 à 72</b>	<b>Hf</b> Hafnium 178,49 [Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup>	<b>Ta</b> Tantale 180,95 [Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>3</sup>	<b>W</b> Tungstène 183,84 [Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup>	<b>Re</b> Rhenium 186,21 [Xe] 6s <sup>1</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup>	<b>Os</b> Osmium 190,23 [Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>6</sup>	<b>Ir</b> Iridium 192,22 [Xe] 6s <sup>1</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>7</sup>	<b>Pt</b> Platine 195,08 [Xe] 6s <sup>1</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>9</sup>	<b>Au</b> Or 196,97 [Xe] 6s <sup>1</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup>	<b>Hg</b> Mercure 200,59 [Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup>	<b>Tl</b> Thallium 204,38 [Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>1</sup>	<b>Pb</b> Plomb 207,2 [Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>2</sup>	<b>Bi</b> Bismuth 208,98 [Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>3</sup>	<b>Po</b> Polonium [209] [Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>4</sup>	<b>At</b> Astate [210] [Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>5</sup>	<b>Rn</b> Radon [222] [Xe] 6s <sup>2</sup> 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6p <sup>6</sup>
7	<b>Fr</b> Francium [223] [Rn] 7s <sup>1</sup>	<b>Ra</b> Radium [226] [Rn] 7s <sup>2</sup>	<b>89 à 103</b>	<b>Rf</b> Rutherfordium [261] [Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>2</sup>	<b>Db</b> Dubnium [268] [Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>3</sup>	<b>Sg</b> Seaborgium [271] [Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>4</sup>	<b>Bh</b> Bohrium [272] [Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>5</sup>	<b>Hs</b> Hassium [277] [Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>6</sup>	<b>Mt</b> Meitnerium [276] [Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>7</sup>	<b>Ds</b> Darmstadtium [281] [Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>8</sup>	<b>Rg</b> Roentgenium [286] [Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>9</sup>	<b>Cn</b> Copernicium [285] [Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup>	<b>Uut</b> Ununtrium [284] [Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7p <sup>1</sup>	<b>Fl</b> Flerovium [289] [Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7p <sup>2</sup>	<b>Uup</b> Ununpentium [288] [Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7p <sup>3</sup>	<b>Lv</b> Livermorium [293] [Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7p <sup>4</sup>	<b>Uus</b> Ununseptium [294] [Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7p <sup>5</sup>	<b>Uuo</b> Ununoctium [294] [Rn] 7s <sup>2</sup> 5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7p <sup>6</sup>

**Numéro atomique** → 80

**Nom de l'élément** → Mercure

**Symbole de l'élément (en gris : aucun isotope stable)** → Hg

**Électronégativité (échelle de Pauling)** → 2,0

**Configuration électronique (en rouge : exception à la règle de Klechkovski)** → [Xe] 4f<sup>14</sup> 5d<sup>10</sup> 6s<sup>2</sup>

**Énergie de première ionisation (eV)** → 10,42

**Principaux nombres d'oxydation (le plus fréquent en gras)** → +1, +2

Masses atomiques, basées sur <sup>12</sup>C  
[ ] : nombre de masse de l'isotope le plus stable \*

\* Pure Appl. Chem., Vol. 78, No. 11, pp. 2051–2066, 2006. Actualisé en 2013 selon recommandations de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée.

© 2013, Clovis Darigan - Anima-Science / www.darigan.net - www.anima-science.fr

Lanthanides 6	<b>57 La</b> Lanthane 138,91 [Xe] 5d <sup>1</sup> 4f <sup>7</sup>	<b>58 Ce</b> Cérium 140,12 [Xe] 5d <sup>1</sup> 4f <sup>7</sup>	<b>59 Pr</b> Praséodyme 140,91 [Xe] 5d <sup>1</sup> 4f <sup>6</sup>	<b>60 Nd</b> Néodyme 144,24 [Xe] 5d <sup>1</sup> 4f <sup>6</sup>	<b>61 Pm</b> Prométhium [145] [Xe] 5d <sup>1</sup> 4f <sup>5</sup>	<b>62 Sm</b> Samarium 150,36 [Xe] 5d <sup>1</sup> 4f <sup>6</sup>	<b>63 Eu</b> Europium 151,96 [Xe] 5d <sup>1</sup> 4f <sup>7</sup>	<b>64 Gd</b> Gadolinium 157,25 [Xe] 5d <sup>1</sup> 4f <sup>7</sup>	<b>65 Tb</b> Terbium 158,93 [Xe] 5d <sup>1</sup> 4f <sup>7</sup>	<b>66 Dy</b> Dysprosium 162,50 [Xe] 5d <sup>1</sup> 4f <sup>9</sup>	<b>67 Ho</b> Holmium 164,93 [Xe] 5d <sup>1</sup> 4f <sup>9</sup>	<b>68 Er</b> Erbium 167,26 [Xe] 5d <sup>1</sup> 4f <sup>9</sup>	<b>69 Tm</b> Thulium 168,93 [Xe] 5d <sup>1</sup> 4f <sup>9</sup>	<b>70 Yb</b> Ytterbium 173,05 [Xe] 5d <sup>1</sup> 4f <sup>13</sup>	<b>71 Lu</b> Lutétiun 174,97 [Xe] 5d <sup>1</sup> 4f <sup>13</sup>
Actinides 7	<b>89 Ac</b> Actinium [227] [Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>	<b>90 Th</b> Thorium 232,04 [Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>2</sup>	<b>91 Pa</b> Protactinium 231,04 [Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>	<b>92 U</b> Uranium 238,03 [Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>	<b>93 Np</b> Neptunium [237] [Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>	<b>94 Pu</b> Plutonium [244] [Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>	<b>95 Am</b> Américium [243] [Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>	<b>96 Cm</b> Curium [247] [Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>	<b>97 Bk</b> Berkélium [247] [Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>	<b>98 Cf</b> Californium [251] [Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>	<b>99 Es</b> Einsteinium [252] [Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>	<b>100 Fm</b> Fermium [257] [Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>	<b>101 Md</b> Mendélévium [258] [Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>	<b>102 No</b> Nobélium [259] [Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>	<b>103 Lr</b> Lawrencium [262] [Rn] 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>







# **CHAPITRE I**

## **LA CONSTITUTION DE L'ATOME**



**1-Définition d'un atome**

**2- Caractéristiques d'un atome**

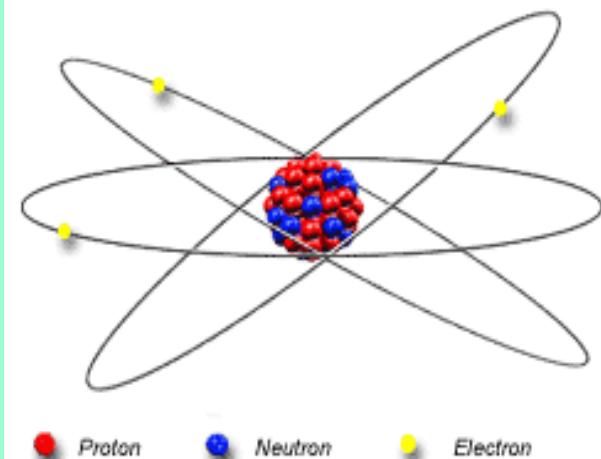
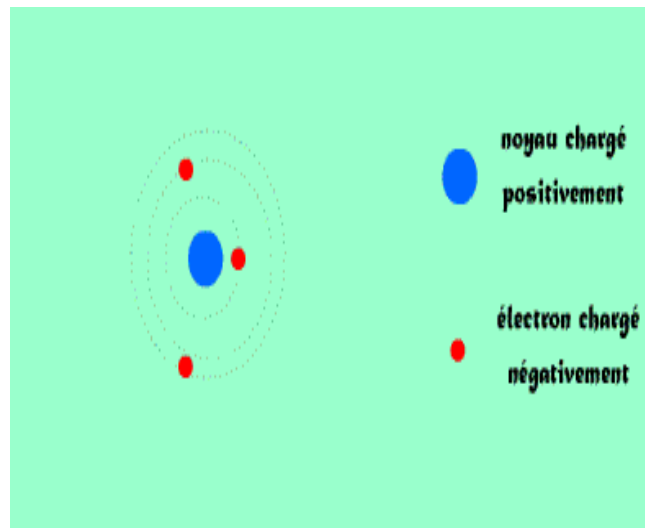
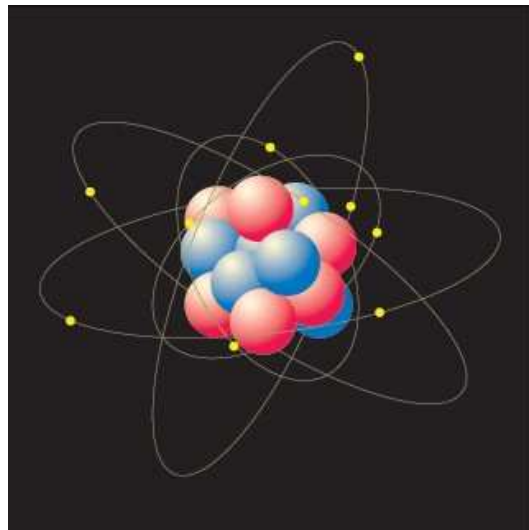
**3- Identification d'un atome**



# 1. Définition d'un atome

**Un atome** (du grec ατομος, atomos, « que l'on ne peut diviser ») est la plus petite partie d'un corps simple pouvant se combiner chimiquement avec une autre.

Un atome est constitué d'un **noyau** composé de **protons** et de **neutrons** autour desquels gravitent des **électrons**.



La matière est formée à partir de grains élémentaires: **les atomes**.

**Au total 118 atomes ou éléments** ont été observés à ce jour et chacun d'eux est désigné par son **nom** et son **symbole**. (en **2011**, ont été découverts des éléments rangés ans les cases 114 et 116. En **2016**, ont été découvert des éléments , cases 113, 115, 117 et 118.

**Exemple : Carbone : C ; Azote : N.**

Les atomes diffèrent par leurs **structures électronique** et leurs **masses**, et sont eux même fragmentés en petites particules : **les électrons, les protons et les neutrons**.

En fait, l'atome n'existe pas souvent à l'état libre, il s'associe avec d'autres pour former des molécules. On a des molécules:

- **monoatomiques : ( He, Ne, Ar,...),**
- **diatomiques (H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NaCl,.....)**
- **polyatomiques (H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,.....).**

Entre **1875 et 1910**, diverses expériences ont révélées  
que les atomes ne sont pas les constituants ultimes de  
la matière , mais qu'ils sont eux-mêmes formés de  
**plusieurs types de particules**



## 1.1. Electron

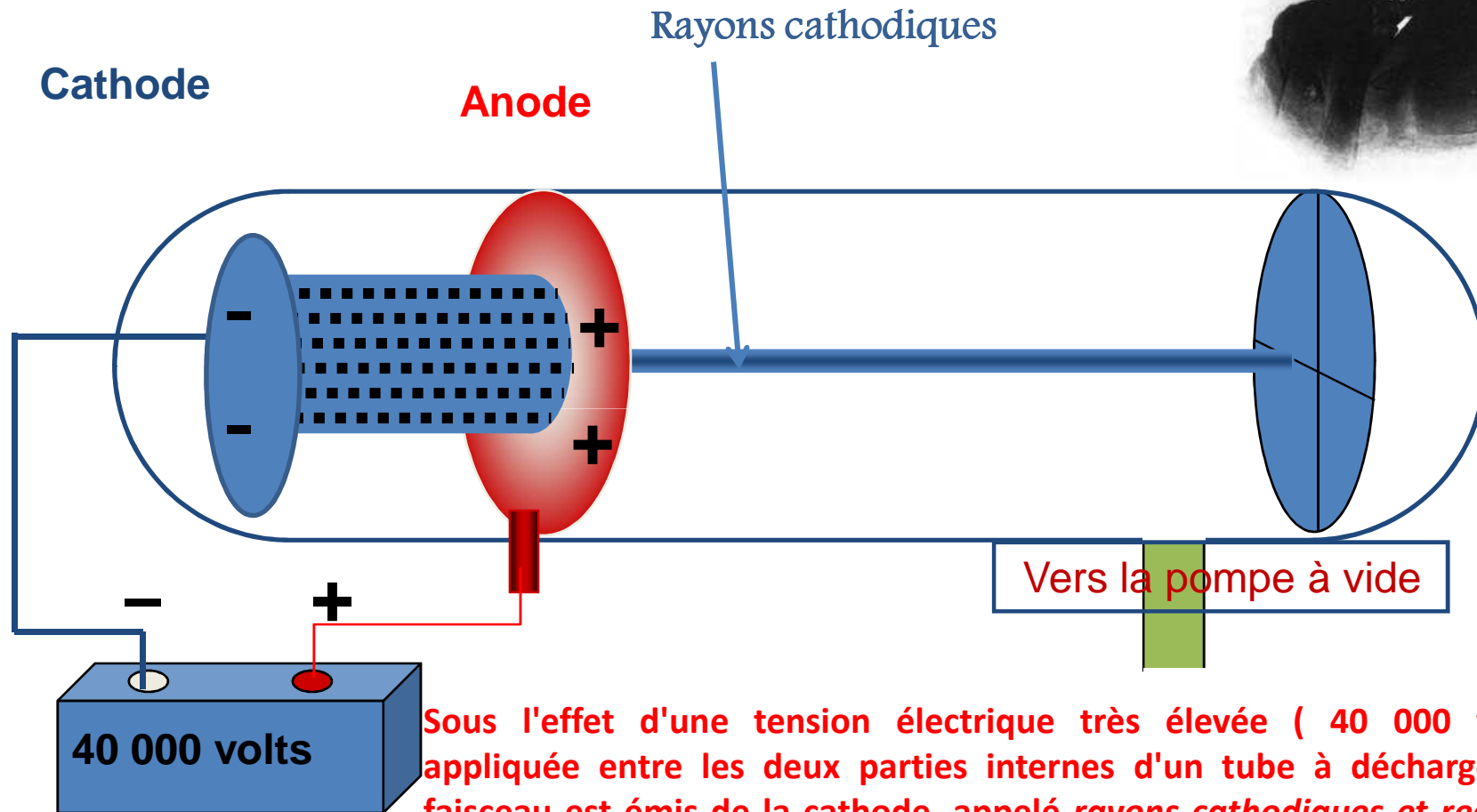
### Mise en évidence : Expérience de J.J. Thomson

-



# Joseph John Thomson (1856-1940)

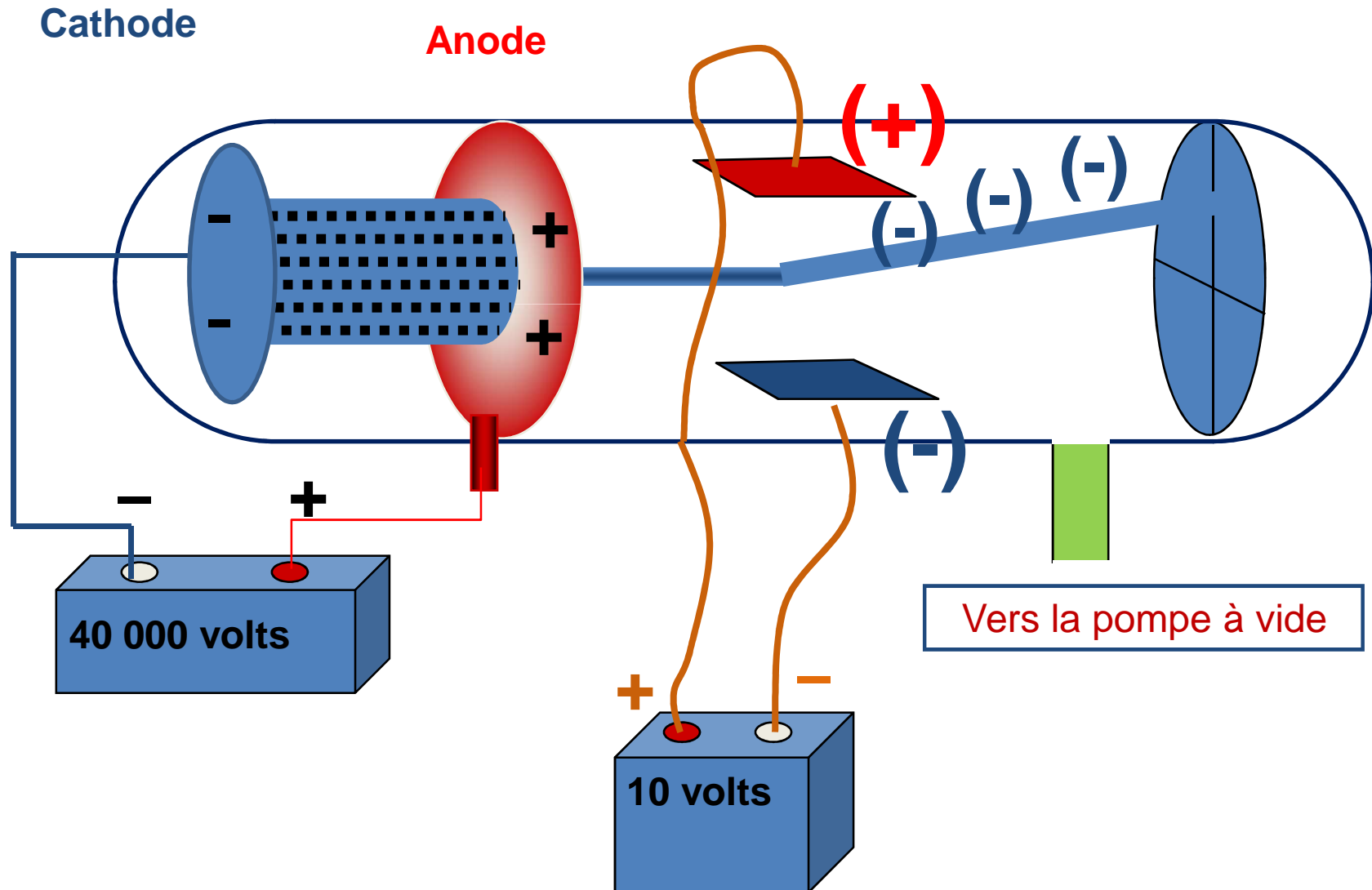
## *Découverte des électrons*



Sous l'effet d'une tension électrique très élevée ( 40 000 volts) appliquée entre les deux parties internes d'un tube à décharge, un faisceau est émis de la cathode, appelé *rayons cathodiques* et recueilli par l'anode.

- Les faisceaux de charges électriques, qui voyagent de la cathode à l'anode, sont appelés **rayons cathodiques**.
- La trajectoire des rayons est rectiligne, et est perpendiculaire à la surface de la cathode.

# *Découverte des électrons*



### Propriétés des rayons cathodiques :

- Se propagent de façon *rectiligne et perpendiculaire à la cathode*.
- Ils sont constitués de particules qui transportent de *l'énergie*.
- Ils sont déviés par un champ électrique vers le pôle positif, ce qui indique que les particules constituant ces rayons sont **chargées négativement... LES ELECTRONS**

**Les électrons sont un constituant universel de la matière**

Plus tard, Les expériences de Thomson et Millikan, nous ont permis de déterminer la charge **e** et la masse **m<sub>e</sub>** de l'électron :

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb ou C}$$

$$m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$



## 1.2. Le noyau

Dans la mesure où les électrons sont des particules très légères et chargées négativement, on peut se poser deux questions:

1- où réside la masse de l'atome?

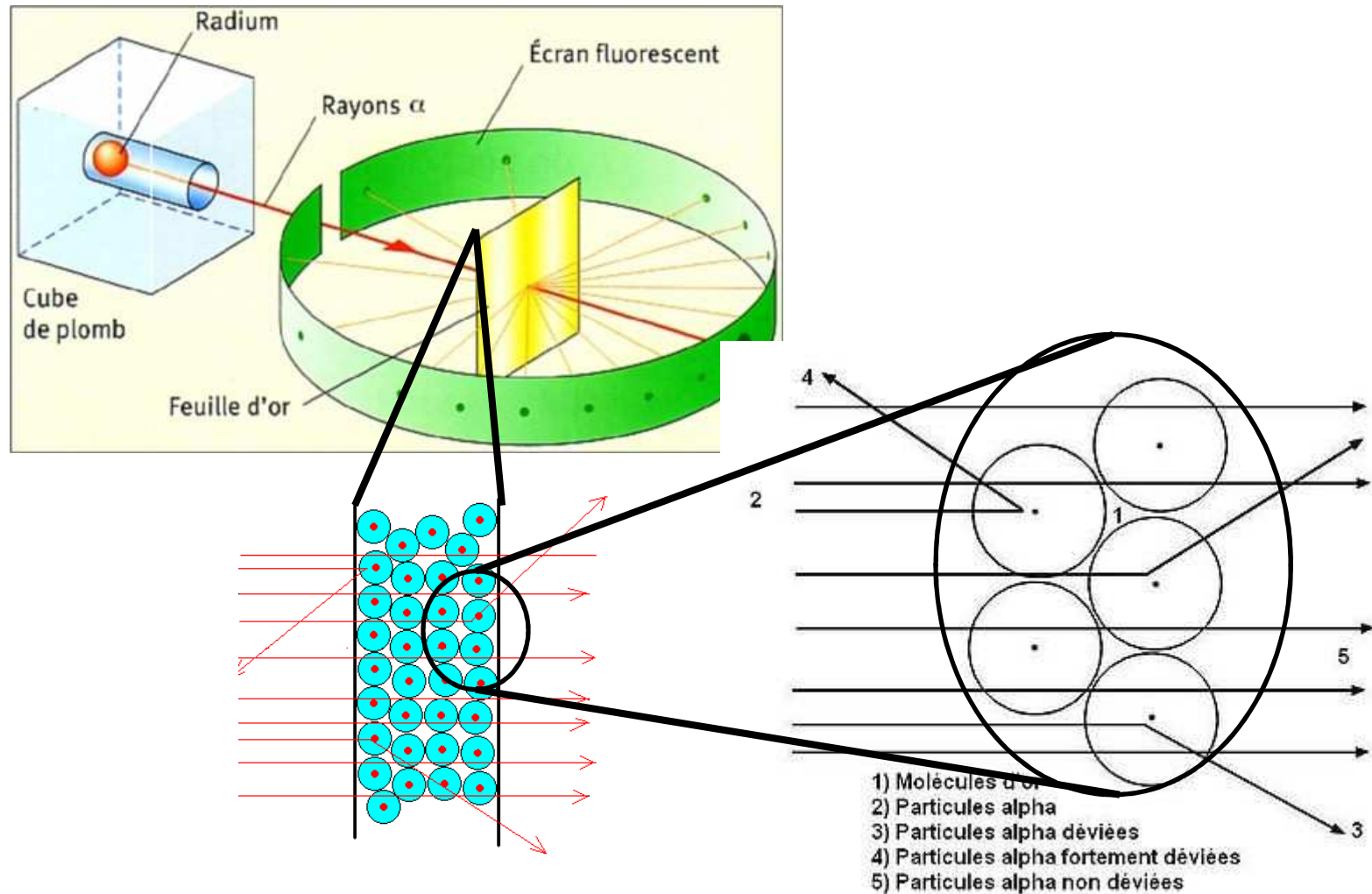
2- la matière étant globalement neutre, quelle est la contrepartie de la charge négative des électrons?

**C'est RUTHERFORD qui a porté la réponse en découvrant le noyau atomique.**



## 1.2.1 Mise en évidence: Expérience de Rutherford

L'expérience consiste à bombarder une très mince feuille de métal (Or) par le rayonnement constitué de RAYONS  $\alpha$ .

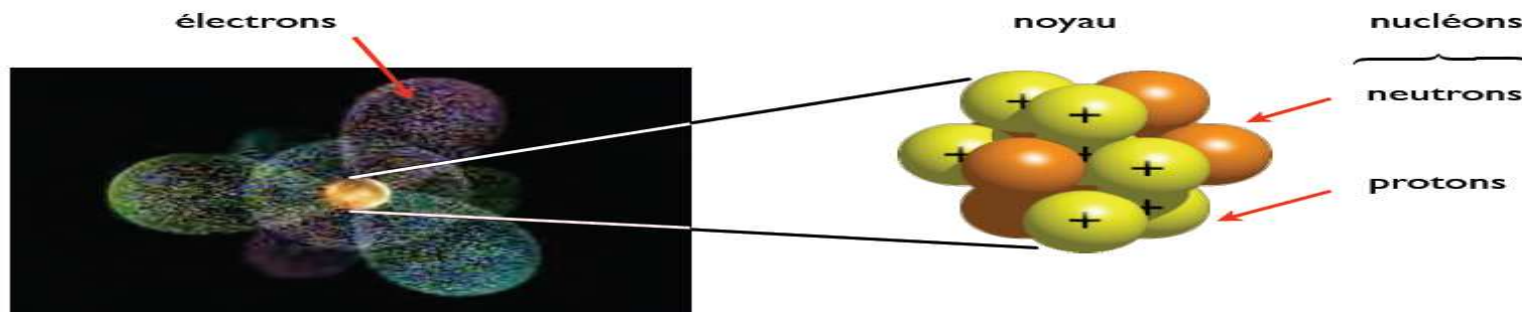


## INTERPRETATION

Rutherford observe que la plupart des particules traversent la feuille d'or sans être déviés et qu'un petit nombre d'entre elles étaient soit fortement déviées en la traversant, soit renvoyées en arrière.

## INTERPRETATION

La matière de la feuille d'or est constituée essentiellement du vide. Sa masse se trouve donc concentrée en certains points. Les particules passent dans leur grande majorité, entre ces points de matière condensée que sont les **noyaux atomiques**.





PLUS tard, on s'est aperçu que les noyaux atomiques sont eux-mêmes constitués de deux particules: **les PROTONS** et **les NEUTRONS**, appelés les **NUCLEONS**

## 2. Caractéristiques de l'atome

	ELECTRON ( <b>e</b> )	PROTON ( <b>p</b> )	NEUTRON ( <b>n</b> )
CHARGE ELECTRIQUE	$q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$q = + 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$q = 0$
MASSE	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$	$m_p = 1,6724 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$	$m_n = 1,6747 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$

$$\begin{array}{l}
 m_p = 1,6724 \cdot 10^{-27} \text{ Kg} = 1836 m_e \\
 m_n = 1,6747 \cdot 10^{-27} \text{ Kg} = 1839 m_e
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} m_p \\ m_n \end{array}} \right\} \longrightarrow m_p \# m_n$$

La masse de l'électron est très faible. Elle est 1840 fois plus petite que celle du plus léger des atomes, celui de l'hydrogène

**Conclusion : Toute la masse de l'atome est concentrée dans le noyau.**

**Si tu casse l'atome .....**

**.....tu trouveras un soleil à son cœur**

### 3. Identification d'un atome

A chaque élément chimique, on a associé un symbole. Il s'écrit toujours avec une majuscule, éventuellement suivie d'une minuscule

**Exemple :** le Carbone est symbolisé par **C** ; le Fluor est symbolisé par **F**

Au cas où deux éléments ont la même lettre initiale, un des deux est symbolisé par la première lettre en majuscule et la deuxième en minuscule :

**Exemples :** Le Cobalt symbolisé par **Co**; Le Fer symbolisé par **Fe**

**Un atome est représenté de la façon suivante**

**X** est l'élément considéré ou Un **NUCLÉIDE** est une espèce atomique symbolisée par:



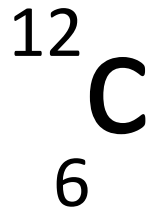
**Z** est le **nombre de proton** que possède la noyau d'un atome = **Numéro atomique**

**A** = Nombre de masse, , désigne le nombre de nucléons (protons + neutrons) qui constitue le noyau de l'atome. ( Z + nombre de neutron **N**)

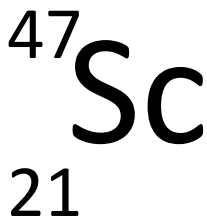
**q** = nombre de charge

$$\underline{\underline{A = Z + N}}$$

## Exemples



Le carbone possède:  
**6 protons,**  
**6 électrons**  
**et (12-6) = 6 neutrons**



Le Scandium possède :  
**21 protons,**  
**21 électrons,**  
**et (47-21) = 26 neutrons**

## Notion d'anions et de cations

Un atome peut capter ou perdre un ou plusieurs électrons pour devenir chargé négativement ou positivement. Quand l'élément X porte une charge q, on le note :



Si la charge q est positive, l'atome a perdu un électron, on parle de cation :



si la charge q est négative, l'atome a gagné un électron, on parle d'anion:

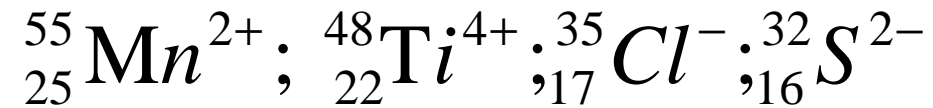


Lorsque la charge q est nulle alors l'élément est neutre et noté  ${}^A_ZX$  et Z correspond à la fois au nombre d'électrons et de protons.

Lorsque la charge q est différente de 0 alors nous aurons: **Z** protons, **(Z - q)** électrons et **(A - Z)** neutrons.

**Exemple :**

Déterminer le nombre de neutrons, de protons et d'électrons présents dans chacun des nucléides suivants :



	${}_{25}^{55}\text{Mn}^{2+}$	${}_{16}^{32}\text{S}^{2-}$	${}_{17}^{35}\text{Cl}^{-}$	${}_{22}^{48}\text{Ti}^{4+}$
Protons (Z)	25	16	17	22
Neutrons (N)	30	16	18	26
Électrons (q)	23	18	18	18
	Cation (-2 électrons)	Anion (+ 2 électrons)	Anion (+ 1 électrons)	Cation (- 4 électrons)



# Notion D'isotopes, d'Isotone et d'Isobare

## Isotopes

**Ce sont des atomes de même numéro atomique  $Z$  et de nombre de masse  $A$  différent. Un élément peut avoir un ou plusieurs isotopes.**

Il existe 1200 isotopes. Les isotopes ont des propriétés chimiques identiques et des propriétés physiques différentes. Ils se distinguent surtout par une stabilité différente qui confère à certains isotopes un caractère radioactif.

Il n'est pas possible de les séparer par des réactions chimiques, par contre cela peut être réalisé en utilisant des techniques physiques notamment la spectroscopie de masse.

## Exemples:

## Notion D'isotopes, d'Isotone et d'Isobare

### Isobares

Des nucléides possédant le même nombre de masse A sont dits isobares.

### Isotones

Des nucléides possédant le même nombre de neutrons (A - Z) sont dits isotones.

### Exemples:

–  ${}^{32}_{15}\text{P}$  et  ${}^{32}_{16}\text{S}$  sont isobares par contre  ${}^{31}_{15}\text{P}$  et  ${}^{32}_{16}\text{S}$  sont isotones

## Masse atomique

La masse atomique d'un élément chimique est la masse d'une **mole d'atomes**, appelée **masse molaire atomique**

La masse réelle d'un atome est égale à la somme des masses des constituants de l'atome :

$$M_{\text{at}} = Z \cdot m_e + Z \cdot m_p + N \cdot m_n \text{ ( unité kg )}$$

*La masse des électrons est très faible par rapport à celle des neutrons ou des protons, nous pourrions donc la négliger.*

L'atome étant très petit on préfère utiliser **la masse molaire atomique** qui correspond bien sur **à la masse d'une mole d'atomes**.

### Exemple:

Calculez la masse d'un atome de l'isotope  $^{13}\text{C}$  de l'élément carbone à partir de la masse de chacun de ses constituants.

$$m_{\text{at}} = (6 \times 1,63 \cdot 10^{-27} + 7 \times 1,675 \cdot 10^{-27} + 6 \times 9,109 \cdot 10^{-31}) = 2,176 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

**La mole** est définie comme le nombre d'atome de carbone 12 contenu dans 12 g de carbone 12.  $^{12}_6\text{C}$

En pratique ce nombre N est appelé nombre d'Avogadro et vaut environ  $6,022 \cdot 10^{23}$ .

**Une mole d'atome correspond à  $\mathcal{N} = 6,02310^{23}$  atomes**

## Unité de Masse atomique uma

$$M_{\text{at}} = Z \cdot m_e + Z \cdot m_p + N \cdot m_n \quad (\text{unité kg})$$



Changement d'unité ( **uma** )

Cette unité n'appartient pas au système international (SI)  
et sa valeur est obtenue expérimentalement.

Elle est définie comme 1/12 de la masse d'un atome du nucléide  $^{12}\text{C}$  (carbone12), non lié, au repos, et dans son état fondamental

1 u.m.a = 1/12 de la masse d'un atome de carbone

$$1 \text{ u.m.a} = mc/12 \quad \longrightarrow \quad mc = 12 \text{ u.m.a}$$

En d'autres termes un atome de  $^{12}\text{C}$  a une masse de 12 uma et si on prend **N** atomes de  $^{12}\text{C}$  (càd une mole d'atome), on aura une masse de 12 g ;

$\mathcal{N}$  est le nombre d'Avogadro :  $\mathcal{N} = 6,023 \cdot 10^{23}$

$$\mathcal{N} \cdot mc = 12 \text{ g} \quad \longrightarrow \quad \mathcal{N} \cdot 12 \text{ u.m.a} = 12 \text{ g} \quad \longrightarrow \quad \text{u.m.a} = 12 \text{ g} / \mathcal{N} \cdot 12 = 10^{-3} \text{ kg} / \mathcal{N}$$

En conséquence :  $\text{uma} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$ .

## Masse des particules élémentaires en u.m.a

Les masses des particules élémentaires en u.m.a. sont :

$$m_p = 1.672410^{-27} \times 6.02310^{23} = 1.0073 \text{ u.m.a}$$

$$m_n = 1.674710^{-27} \times 6.02310^{23} = 1.00866 \text{ u.m.a}$$

$$m_e = 9.1110^{-31} \times 6.02310^{23} = 0.00055 \text{ u.m.a}$$

L'unité de masse atomique est utilisée uniquement pour simplifier les calculs.

Remarque : La masse d'un noyau contenant Z protons et N neutrons est :

$$M = 1,0073 * Z + 1,0087 * N \quad \approx \quad Z + N = A$$

La masse du noyau est environ égale au nombre de nucléons. C'est la raison pourquoi le nombre de nucléons est aussi appelé nombre de masse.

## Masse Molaire

La masse molaire est la masse d'une mole (soit  $6,022 \cdot 10^{23}$ , le nombre d'Avogadro) d'une espèce. Cette espèce peut être un atome, un ion, une molécule, un électron....

La masse molaire de l'atome est la masse d'une mole d'atomes.

La masse molaire d'une molécule est la somme des masses molaires des atomes qui constituent la molécule.

### Exemple :

Calculer les masses moléculaires de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HNO}_3$  et de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Données :  $M(\text{H}) = 1,008 \text{ g/mol}$ ;  $M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$ ;  $M(\text{O}) = 15,999 \text{ g/mol}$ ;  
 $M(\text{N}) = 14,007 \text{ g/mol}$  et  $M(\text{Ca}) = 40,078 \text{ g/mol}$ .

### Réponse :

$$M(\text{CO}_2) = (1 \cdot 12) + 2 \cdot 15,999 = 43,998 \text{ g/mol (valeur arrondie : 44 g/mol)}$$

$$M(\text{HNO}_3) = 1,008 + 14,007 + 3 \cdot 15,999 = 63,012 \text{ g/mol (valeur arrondie: 63 g/mol)}$$

$$M(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 40,078 + 2 (15,999 + 1,008) = 74,092 \text{ g/mol (valeur arrondie: 74,1 g/mol)}$$

## Masse atomique moyenne d'un élément

C'est la masse de cet élément en u.m.a. en tenant compte de ses isotopes.

$$M(X) = \frac{\sum_i \tau_i M_i}{\sum_i \tau_i}$$

$\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$  : % des différents isotopes = (abondance des différents isotopes de l'élément X).

$M_1, M_2, \dots, M_n$  leurs masses atomiques respectives.

**Abondance naturelle:** pourcentage en masse de chacun des isotopes dans le mélange naturel d'un élément.

### Exemple:

1. le chlore naturel contient 75,4% de l'isotope  $^{35}\text{Cl}$  et 24,6 % de l'isotope  $^{37}\text{Cl}$ .

La masse atomique moyenne est :  $M = [(35 \times 75,4\%) + (37 \times 24,6\%)] = 35,492 \text{ uma}$ .

2. L'élément naturel fer est constitué de quatre isotopes:

$^{54}\text{Fe}$  (6,04 %),  $A = 53,953$ ;  $^{57}\text{Fe}$  (2,11 %),  $A = 56,960$ ;

$^{56}\text{Fe}$  (91,57 %),  $A = 55,948$  et  $^{58}\text{Fe}$  (0,28 %),  $A = 57,959$

Quelle masse atomique peut-on prévoir pour le fer naturel ?



## Exemples (suite):

$$\begin{aligned} M &= 53,953 (6,04/100) + 55,948 (91,57/100) + 56,960 (2,11/100) + 57,959 (0,28/100) \\ &= 55,854 \text{ uma} \end{aligned}$$

## Défaut de masse

On appelle défaut de masse d'un noyau la différence entre **la masse totale des A nucléons séparés** ( Z protons et N neutrons ) , au repos **et la masse du noyau formé** au repos.

La masse d'un noyau est toujours inférieure à la somme des masses des nucléons qui le constituent. Ce défaut de masse ( $\Delta m$ ) est transformé en énergie ( $\Delta E$ ) libérée au cours de la réaction :

Protons + neutrons  $\rightarrow$  Noyau +  $\Delta E$

$$\Delta m = Zm_p + N m_n - M_{\text{noyau}}$$

Ce défaut de masse  $\Delta m$  représente l'énergie de liaison ou l'énergie de cohésion dans le noyau .

**avec  $\Delta E = \Delta m c^2$  (relation d'Einstein)**

$\Delta E$  est appelée énergie de liaison. Elle définit l'énergie libérée lors de la formation d'un noyau à partir de particules élémentaires : protons et neutrons.

Cet énergie est exprimée en eV.

**$1\text{eV} = 1.602 \cdot 10^{-19}$  Joule et  $C =$  vitesse de la lumière  $= 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .**

**Exemple :** Considérons la synthèse du noyau d'hélium (He) selon la réaction:



Masse théorique (u.m.a)	Masse expérimentale (u.m.a)	$\Delta m$ (u.m.a)
$m_{th} = Z \cdot m_p + N \cdot m_n$	$m_{exp} = m_{noyau}$	$m_{noyau} - (2 \cdot 1,0073 + 2 \cdot 1,0087)$
$2 \cdot 1,0073 + 2 \cdot 1,0087 = 4,032$	4,00150	$(4,00150 - 4,03200) = - 0,03050$

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = - 0,03050 (1,66 \cdot 10^{-27}) (3 \cdot 10^8)^2 / 1,602 \cdot 10^{-19}$$

$$\Delta E = - 28,46 \text{ MeV}$$

Cela signifie que lors de sa formation, un noyau d'hélium libère 28,46 MeV.

### Energie de liaison et Energie de Cohésion des noyaux

Le défaut de masse  $\Delta m$  correspond à une libération d'énergie  $\Delta E$  absorbée par les nucléons eux-même, lors de la formation d'un noyau stable:  ${}^A_Z X$



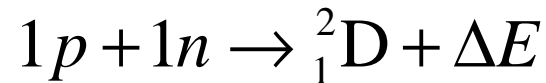
$\Delta E < 0$  est l'énergie de liaison. Elle définit l'énergie libérée lors de la formation d'un noyau à partir des protons et des neutrons.

$(- \Delta E)$  est l'énergie de cohésion et elle correspond à l'énergie qu'il faut fournir au noyau pour le décomposer en nucléons (protons + neutrons).

**Exemple:** Calcul de l'énergie de cohésion  $\Delta E$  du noyau de l'atome deutérium qui est un isotope de l'hydrogène.

Données : la masse du noyau  $m_{\text{noyau}} = 2,014102 \text{ uma}$

$m_p = 1,0073 \text{ uma}$  et  $m_n = 1,0087 \text{ uma}$



$$m_{\text{noyau}} - (1 \cdot 1,0073 + 1 \cdot 1,0087) = -0,00184 \text{ u.m.a} = -1,395 \cdot 10^{-29} \text{ kg}$$

L'énergie de liaison est:  $\Delta E = -2,7 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

L'énergie de cohésion est :  $-\Delta E = 2,7 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

### Energie de Cohésion des noyaux par nucléon

Afin de comparer les énergies de cohésion des divers noyaux; il est intéressant de calculer l'énergie de cohésion par nucléon qui est le rapport de l'énergie de cohésion du noyau par le nombre de nucléons:

$$\frac{-\Delta E}{A}$$

Plus ce rapport est grand plus le noyau est stable.

**FIN**