



**Département de Médecine Dentaire**

# **COURS DE CHIMIE**

## **ATOMISTIQUE**

**1<sup>ERE</sup> ANNEE DE MEDECINE DENTAIRE  
ANNEE 2023 – 2024**

**D<sup>R</sup> MERABET. G**

## Chapitre I

### Structure de la matière

#### Objectifs

Comprendre de quoi et comment est composée la matière.

Physiquement, la matière se trouve sous trois états : solide, liquide, gaz. Or tout l'univers physique, y compris les organismes vivants, est constitué de matière. Celle-ci est caractérisée par sa masse et son énergie qui mesure sa capacité à produire du travail.

#### I-1 Structure de la matière

La matière est formée à partir de grains élémentaires, ce sont les atomes. L'atome est une quantité de matière infiniment petite de masse égale à environ  $10^{-27}$  Kg et de dimensions de quelques angströms (Å).

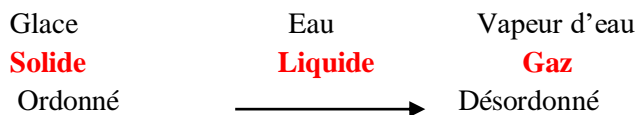
$$1\text{Å} = 10^{-10}\text{m} = 10^{-8}\text{cm}$$

112 atomes ou éléments ont été découverts et chacun d'eux est désigné par son nom et son symbole.

*Exemple* : Hydrogène: H ; Fer: Fe ; Oxygène : O ; Carbone : C

L'atome n'existe pas souvent à l'état libre, il s'associe avec d'autres atomes pour former des molécules. On a des molécules *monoatomiques* : gaz rares (He, Ne, Ar,...), *diatomiques* (H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, HCl,...) et des molécules *poly atomiques* (H<sub>2</sub>O, NaOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,...).

La matière se trouve sous trois états : solide, liquide et gaz. L'état le plus ordonné est l'état solide et l'état le plus désordonné est l'état de gaz



#### I-2 Mélanges et Corps purs

##### A- Mélanges

Un mélange est formé de molécules non identiques.

*Exemple* : Une solution de NaOH ; les composés présents sont : H<sub>2</sub>O, H<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>

Il existe deux types de mélange : homogène et hétérogène

- **Mélange homogène** : on est en présence d'une seule phase.  
*Exemple* : l'eau de mer
- **Mélange hétérogène** : on est en présence de plusieurs phases.  
*Exemple* : mélange de l'eau et de l'huile

**B- Corps purs** : un corps pur est formé de molécules identiques.

*Exemple* : le gaz oxygène O<sub>2</sub>.

Il existe deux types de corps purs : simple et composé.

- **Corps pur simple** : les atomes de la molécule sont identiques.  
*Exemple* : l'ozone O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Fe, Cu.....
- **Corps pur composé** : les atomes de la molécule sont différents.  
*Exemple* : le dioxyde de Carbone CO<sub>2</sub>, le méthane CH<sub>4</sub>

**Exercice n°1:** Donner les mélanges et les corps purs des éléments suivants : le cuivre, O<sub>2</sub>, eau+sucre, solution de NaOH, le sable, H<sub>2</sub>O, Zn.

**Solution :**

Corps purs simples	Corps purs composés	Mélanges homogènes	Mélanges hétérogènes
Cu	H <sub>2</sub> O	eau + sucre	le sable
O <sub>2</sub>		solution de NaOH	
Zn			

### I-3 Nombre d'Avogadro et notion de la mole

#### I-3-1 Nombre d'Avogadro N

C'est le nombre de molécules de gaz qui sont contenues dans un volume de 22,4l sous les conditions normales de température et de pression (t = 0°C et P=1 atm). Ce nombre noté N est égal à :

$$N = 6,023 \cdot 10^{23}$$

#### I-3-2 Notion de la mole

La mole est la quantité de matière d'un système qui contient N (le nombre d'Avogadro) entités élémentaires (molécules, atomes ou ions) on pose :

$$1 \text{ mole} = N \text{ (molécules ou atomes)}$$

**Exemple :**

1 mole de carbone  $\longrightarrow$  N atomes de carbone

1 mole de H<sub>2</sub>O  $\longrightarrow$  N molécules de H<sub>2</sub>O

#### I-3-3 Masse moléculaire et Masse atomique

La masse moléculaire est égale à la masse d'une mole de molécules et la masse atomique est égale à la masse d'une mole d'atomes.

$$\begin{aligned} \text{Masse moléculaire} &= \text{masse d'une mole molécules} = N \text{ molécules} \\ \text{Masse atomique} &= \text{masse d'une mole d'atomes} = N \text{ atomes} \end{aligned}$$

**Exemple :**

1 mole de NH<sub>3</sub>  $\longrightarrow$  N molécules de NH<sub>3</sub>  $\longrightarrow$  17g

1 mole de carbone  $\longrightarrow$  N atomes de C  $\longrightarrow$  12g

### I-4 Unité de masse atomique (uma)

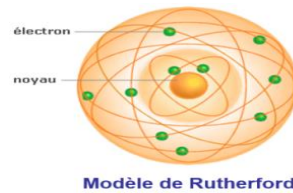
Les masses des atomes étant infiniment petites, on utilise une nouvelle unité de mesure pour la masse c'est l'unité de masse atomique (uma).

**Définition :**

L'unité de masse atomique l'uma représente le 1/12<sup>ème</sup> de la masse du carbone 12



- d- Le noyau :** Il a été découvert grâce à l'expérience de Rutherford. Il a déduit que toute la masse de l'atome est concentrée dans une région chargée positivement c'est : le noyau central. Les électrons négatifs gravitent autour du noyau comme les planètes autour du soleil.



- Le noyau est sphérique son volume sera calculé par la relation :  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$
- Le rayon de l'atome est 10000 fois plus grand que le rayon du noyau  $R_a = 10^4 R_n$

### En conclusion

- 1- L'atome est presque vide de matière et puisqu'il est le principal composant de la matière, donc la matière possède une structure lacunaire.
- 2- L'atome est composé d'électrons et d'un noyau qui contient les protons et les neutrons qu'on appelle : les nucléons.
- 3- Un atome est caractérisé par deux nombres entiers différents de zéro notés :

**A et Z**

L'atome sera représenté comme suit :



**Le numéro atomique Z :** il correspond au nombre de protons de l'élément et aussi au nombre des électrons car l'atome est neutre.

$$\mathbf{Z = nombre de protons = nombre des électrons}$$

**Le nombre de masse A :** il correspond à la somme des nombres de protons et des nombres de neutrons.

$$\mathbf{A = nombres de protons + nombre de neutrons \quad A = Z + N}$$

Les nombres A, Z, et N caractérisent un atome ou son noyau

**Exemple**  ${}^{23}_{11}\text{Na}$  protons = électrons = 11, les neutrons = 12

${}^{209}_{83}\text{Bi}$  protons = électrons = 83, les neutrons = 126

**Le rayon du noyau est calculé par la relation :  $R = R_0 A^{1/3}$**

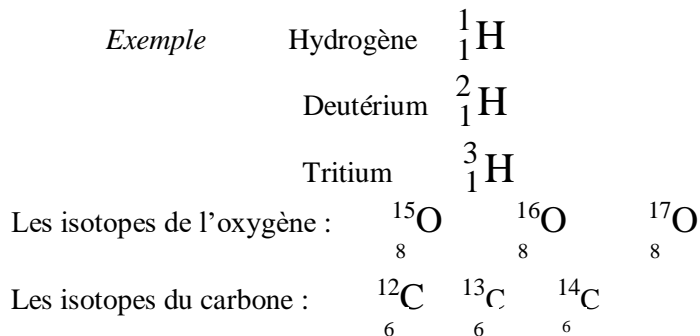
**A :** le nombre de masse et  $R_0 = \sqrt{2}$  fermis =  $1,414 \cdot 10^{-15}$  mètres

**Exercice n°2 :** Calculer le rayon du noyau d'azote  ${}^{14}\text{N}$

$$R = \sqrt{2} \cdot 10^{-15} (14)^{1/3} \quad R = 3,40 \cdot 10^{-15} \text{ m} \quad \mathbf{R = 3,4 \cdot 10^{-5} \text{ \AA}}$$

## II-2 Isotopes

**Définition:** Les isotopes sont des atomes qui possèdent le même numéro atomique  $Z$  et des nombres de masses  $A$  différents, donc des nombres de neutrons différents.



La plupart des éléments existent à l'état naturel sous forme d'un mélange d'isotopes, dont l'abondance (%) de chacun est différente dans la nature, on définit alors :

✓ **Masse moyenne d'un atome ( $\overline{M}$ ) :**

C'est la moyenne des masses isotopiques pondérées par leurs abondances (%) relatives.

$$\overline{M} = \sum X_i M_i$$

$X_i$  = % de l'isotope  
 $M_i$  = masse de l'isotope  
 $\sum X_i = 100$

Cette masse est appelée aussi masse naturelle, masse du mélange isotopique ou encore masse réelle.

**Exercice n°3 :** le magnésium Mg se présente comme un mélange trois isotopes  ${}^{24}\text{Mg}$ ,  ${}^{25}\text{Mg}$  et  ${}^{26}\text{Mg}$  dans les pourcentages respectifs : 78,60%, 10,11% et 11,29%. Trouver la masse moyenne de Mg

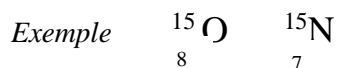
**Solution :**

$$\overline{M} = x_1 m_1 + x_2 m_2 + x_3 m_3 / 100 = 78,60 \times 24 + 10,11 \times 25 + 11,29 \times 26 / 100$$

$$\overline{M} = 24,32 \text{ g}$$

**Remarque :**

**Les isobares :** Ce sont des éléments qui ont le même nombre de masse  $A$  et des numéros atomiques  $Z$  différents.



**Les isotones :** Ce sont des éléments qui ont le même nombre de neutrons



Les isotopes instables se décomposent plus ou moins vite en donnant d'autres noyaux et en libérant de l'énergie. Ce phénomène est appelé **radioactivité naturelle ou artificielle**

### Intérêts des isotopes stables

La médecine utilise ces isotopes pour l'imagerie médicale. Les radio-isotopes sont de plus en plus employés dans le cadre médical, en tant qu'analgésiques et traitement contre le cancer. Le rayonnement émis tue les agents pathogènes.

#### Quelques exemples d'imagerie médicale

- Oncologie et cardiologie: technétium-99m

### II-3 Défaut de masse - Energie de liaison – Stabilité d'un noyau

a) **Défaut de masse** : La formation d'un noyau s'accompagne toujours d'une perte de masse appelée : le défaut de masse et notée ( $\Delta m$ )

$\Delta m = \text{la masse théorique} - \text{la masse réelle ou expérimentale}$

$\Delta m = [ Z (\text{masse proton}) + (A-Z) (\text{masse neutron}) ] - [ \text{la masse expérimentale} ]$

$\Delta m > 0$

Cette perte de masse se transforme spontanément en énergie, cette énergie est alors absorbée par les nucléons (les protons et les neutrons) du noyau. Cette énergie s'appelle **Energie de liaison** ou de **Cohésion** du noyau, elle est donnée par la relation d'Einstein qui relie la masse et l'énergie.

$$\Delta E = \Delta m C^2$$

C : la célérité ou la vitesse de la lumière dans le vide =  $3 \cdot 10^8$  mètres /s

#### Remarque

On définit l'électron volt comme l'énergie gagnée par l'électron quand il traverse une différence de potentiel (ddp) de 1 volt dans le vide.

$$1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ joules (J)}$$

$$1 \text{ Méga eV} = 1 \text{ M eV} = 10^6 \text{ eV} \quad 1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Joules}$$

c) **Stabilité du noyau (a)**:

Elle est caractérisée par l'énergie de liaison par nucléons notée (a) et donnée par la relation :

$$a = \text{Energie de liaison/ Nombre de masse}$$

$$a = \Delta E/A \quad (\text{MeV/nucléons})$$

**Remarque** : la stabilité du noyau est d'autant plus grande que (a) est grande.

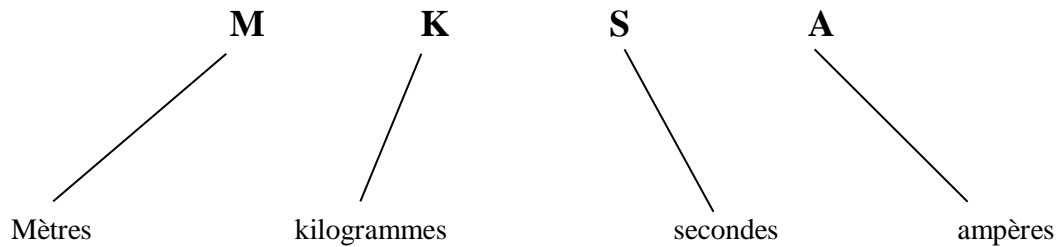
**Références bibliographiques (Bibliothèque du campus)**

<b>Titre du livre</b>	<b>Auteurs</b>	<b>Edition</b>
<b>Concours PCEM1 Chimie générale (cour et exercices)</b>	Frederick Ravomanana	Science
<b>QCM Chimie générale 2<sup>ème</sup> édition</b>	Ayadim	De boeck
<b>Exercices de chimie générale</b>	Christos Comninelli	3 <sup>ème</sup> édition
<b>Chimie générale</b>	S.D.Bresnick	Pradel
<b>Chimie générale</b>	R Ouahes	OPU
<b>Chimie générale PCEM</b>	Marie Gruia	Ellipses
<b>100 QCM corrigés</b>	M. Troupel	Malone
<b>Chimie générale</b>	Christian Bellec	Vuibert
<b>Chimie générale</b>	John W. Hill	ERPI
<b>PCEM La chimie en 1001</b>	Julien Bonin	Ellipses
<b>Abrégé de Nomenclature pour la chimie organique</b>	Michel Duteil	Ellipses
<b>Chimie organique 120 QCM et exercices</b>	H. Galons	Masson
<b>Titre du livre</b>	<b>Auteurs</b>	<b>Edition</b>
<b>Concours PCEM1 Chimie générale (cour et exercices)</b>	Frederick Ravomanana	Science
<b>QCM Chimie générale 2<sup>ème</sup> édition</b>	Ayadim	De boeck
<b>Exercices de chimie générale</b>	Christos Comninelli	3 <sup>ème</sup> édition
<b>Chimie générale</b>	S.D.Bresnick	Pradel
<b>Chimie générale</b>	R Ouahes	OPU
<b>Chimie générale PCEM</b>	Marie Gruia	Ellipses
<b>100 QCM corrigés</b>	M. Troupel	Malone
<b>Chimie générale</b>	Christian Bellec	Vuibert
<b>Chimie générale</b>	John W. Hill	ERPI
<b>PCEM La chimie en 1001</b>	Julien Bonin	Ellipses
<b>Abrégé de Nomenclature pour la chimie organique</b>	Michel Duteil	Ellipses
<b>Chimie organique 120 QCM et exercices</b>	H. Galons	Masson



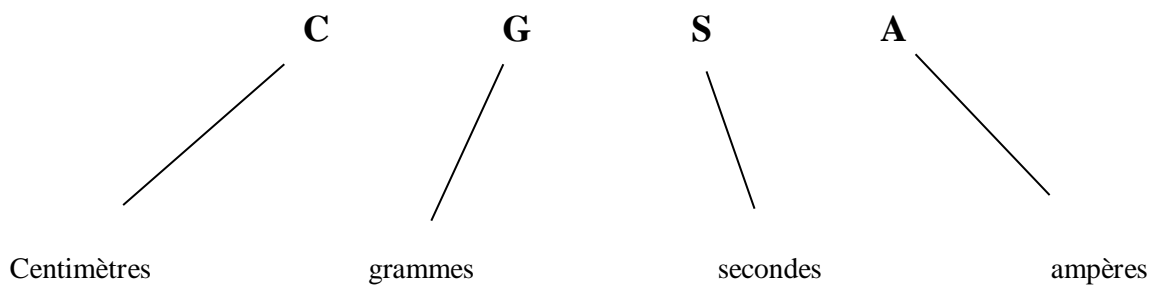
**REMARQUE IMPORTANTE**

Il existe deux grands systèmes internationaux de mesures

**Système SI**

**L'énergie est en joules**

$$1 \text{ e V} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ joules}$$

**Système SII**

**L'énergie est en erg**

$$1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ joules}$$

On rappelle que :

$$\Delta E \text{ (joules)} = \Delta m \text{ (Kg)} \quad C^2 \text{ (m/s)}^2 \qquad 1 \text{ uma} = 14,94 \cdot 10^{-11} \text{ joules}$$

$$\Delta E \text{ (joules)} = \Delta m \text{ (uma)} \quad 14,94 \cdot 10^{-11} \qquad 1 \text{ uma} = 931 \text{ MeV}$$

$$\Delta E \text{ (MeV)} = \Delta m \text{ (uma)} \quad 931$$

**Exercice 4**

Soit le noyau du lithium :  ${}^7_3\text{Li}$ . Calculer :

1. Son défaut de masse en uma
2. Son énergie de liaison (de cohésion) en joules et en MeV.
3. son énergie de liaison par nucléons
4. Si l'énergie de liaison par nucléons du Béryllium est 6,74 MeV/nuléons, quel sera alors le noyau le plus stable ?

**Données :**  $m_p = 1,007278 \text{ uma}$      $m_n = 1,008665 \text{ uma}$      $m_{\text{exp}} = 7,001503 \text{ uma}$

**Solution**

${}^7_3\text{Li}$  :  $p = e^- = 3$  et les neutrons  $n = 7 - 3 = 4$

1. Le défaut de masse :  $\Delta m = \text{masse théorique} - \text{masse réelle} = [Zm_p + (A - Z) m_n] - m_{\text{exp}}$

$$\Delta m = [3 \times 1,007278 + 4 \times 1,008665] - 7,001503 \quad \Delta m = \mathbf{0,054911 \text{ uma}}$$

2. énergie de cohésion :  $\Delta E \text{ (joules)} = \Delta m \text{ (Kg)} \cdot C^2 \text{ (m/s)}^2$

$$\Delta E = (0,054911 \times 1,66 \cdot 10^{-27}) (3 \cdot 10^8)^2 \quad \Delta E = \mathbf{8,203 \cdot 10^{-12} \text{ joules}}$$

Ou bien :  $\Delta E \text{ (joules)} = \Delta m \text{ (uma)} \cdot 14,94 \cdot 10^{-11}$

$$\Delta E = 0,054911 \times 14,94 \cdot 10^{-11} \quad \Delta E = \mathbf{8,203 \cdot 10^{-12} \text{ joules}}$$

$$\Delta E \text{ (Mev)} = \Delta m \text{ (uma)} \cdot 931 \quad \Delta E = 0,054911 \times 931 \quad \Delta E = \mathbf{51,122 \text{ Mev}}$$

3. L'énergie de liaison par nucléons (a) :

$$a = \Delta E / A \text{ (Mev/nuéons)} \quad a(\text{Li}) = 51,122 / 7 \quad a(\text{Li}) = \mathbf{7,303 \text{ Mev / nucléons}}$$

4. Puisque  $a(\text{Li}) > a(\text{Be})$  donc le noyau le plus stable est le lithium.