



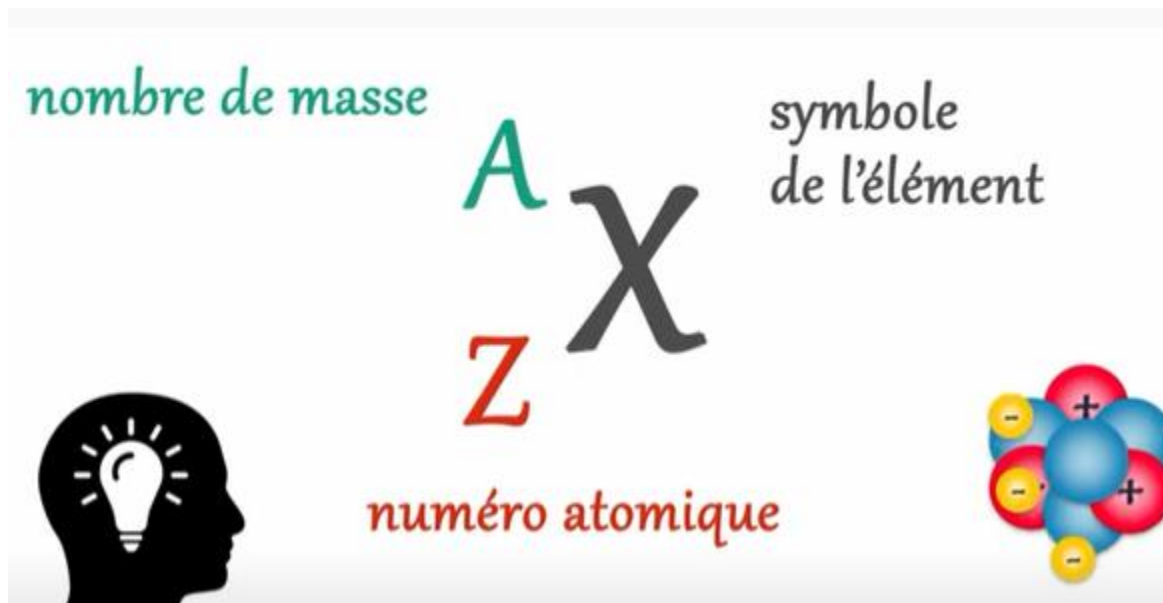
Composition chimique d'un système



I- Éléments chimiques

Chaque élément est caractérisé par un symbole où c'est indiqué :

- le nombre de masse ;
- le numéro atomique



I- Éléments chimiques

Le tableau périodique "Tableau de Mendeleïev" regroupe tous les éléments chimiques.

Le tableau périodique des éléments chimiques est présenté, regroupant tous les éléments connus. Les éléments sont classés par numéros atomiques (Z) et masses molaires atomiques (M). Les éléments sont colorés par groupes : métaux alcalins (rouge), métaux alcalino-terreux (orange), métaux de transition (bleu), métaux (vert), métalloïdes (jaune), non-métaux (vert clair), et gaz nobles (jaune). Les lanthanides et actinides sont placés en dessous du tableau principal.

Nombre de masse¹ → A
Numéro atomique → Z
Masse molaire atomique² (g·mol⁻¹) → M

Symbole de l'élément
Nom de l'élément

www.lupac.org

Nous connaissons aujourd'hui 118 éléments chimiques différents dont 94 existent à l'état naturel.

II- Masse atomique et masse molaire

Dimensions et électroneutralité de l'atome

Un atome est un édifice **électriquement neutre**. Il possède donc autant d'électrons dans son cortège électronique qu'il a de protons dans son noyau.

- ✓ Le noyau d'un atome peut être assimilé à une boule dense dont le rayon est de l'ordre de 1 femto ($1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$), constituée de nucléons.
- ✓ L'atome peut être assimilé à une sphère dont le rayon est d'environ $0,1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$. Autour du noyau, les électrons évoluent dans du vide.

Le rayon d'un atome est 100 000 fois plus grand que celui de son noyau ($\frac{r_{\text{atome}}}{r_{\text{noyau}}} = \frac{10^{-10}}{10^{-15}} = 10^5 = 100\,000$). **L'atome est donc essentiellement constitué de vide (sa structure est dite lacunaire).**

II- Masse atomique et masse molaire

Masse atomique

Masse atomique peut être assimilée à celle des neutrons et protons (nucléons) qui le constitue (la masse des électrons est généralement négligée).

Exemple : cas de l'atome d'oxygène $^{16}_8\text{O}$

$$m(\text{O}) = 8 \cdot m_p + (16 - 8) \cdot m_n + 8 \cdot m_e$$

$$m(\text{O}) = 8 \cdot 1.673 \cdot 10^{-27} + (16 - 8) \cdot 1.675 \cdot 10^{-27} + 8 \cdot 9.109 \cdot 10^{-31}$$

$$m(\text{O}) = 2.7 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

II- Masse atomique et masse molaire

Application

Un atome de platine peut être représenté par $^{195}_{78}\text{Pt}$.

- 1- Donner sa composition
- 2- Calculer sa masse
- 3- Calculer la charge électrique de son noyau
- 4- Déduire la charge électrique de son cortège électronique.

Données

- Masse d'un nucléon : $m_{n-p} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$;
- Masse d'un électron : $m_e = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$;
- Charge élémentaire : $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$.

II- Masse atomique et masse molaire

Notion de mole

Qu'est-ce qu'une mole?

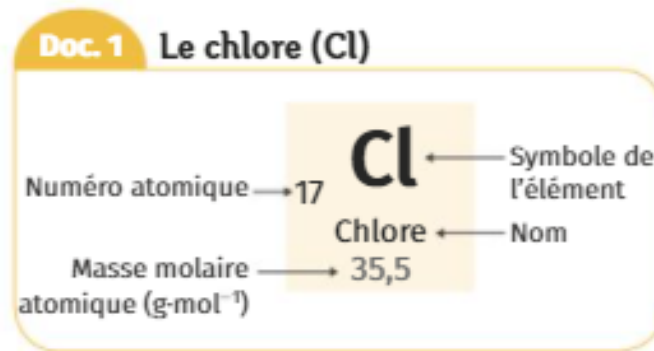
Une mole est un ensemble de $6,02 \cdot 10^{23}$ entités.

Exemple 1 : dans une mole d'atomes de Cuivre Cu il y a $6,02 \cdot 10^{23}$ atomes de Cuivre.

Exemple 2 : dans une mole de molécules d'Oxygène O_2 il y a $6,02 \cdot 10^{23}$ atomes de O_2 .

II- Masse atomique et masse molaire

Chaque élément chimique **naturel** ou **artificiel** possède une masse molaire moyenne disponible dans le tableau périodique des éléments.



La masse molaire est la masse d'une mole d'entités chimiques (atomes, ions ou molécules) identiques. Elle est notée ***M*** et a pour unité **g·mol⁻¹**.

$$\longrightarrow M = m_{\text{particule}} \cdot N_A \quad N_A : \text{Nombre d'avogadro}$$
$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

II- Masse atomique et masse molaire

Notion des isotopes

La masse molaire d'un élément chimique est calculée à partir de la répartition des isotopes de cet élément.

Exemple : le chlore est présent majoritairement sous deux formes isotopiques ^{35}Cl (75,8%) et ^{37}Cl (24,2%). La masse molaire de l'élément Cl est alors de $35,5 \text{ g.mol}^{-1}$. On a ainsi :

$$M(\text{Cl}) = 0,758 \times 35 + 0,242 \times 37 = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$$

II- Masse atomique et masse molaire

La masse molaire d'une entité chimique se détermine à partir des différents éléments chimiques qui la compose :

- ✓ Pour les espèces chimiques **monoatomiques** :
La masse molaire est directement celle de l'élément telle indiquée dans la tableau périodique.
- ✓ Pour les **espèces chimiques moléculaires** :
La masse molaire est égale à la somme des masses molaires des éléments constituant la molécules coefficientées par le nombre d'apparition de l'élément dans la molécule.
- ✓ pour **les ions** :
La masse molaire est la même que celle de l'espèce neutre associé. La masse des électrons gagnés ou perdus est négligeable.

II- Masse atomique et masse molaire

Exemples : Calcul de la masse molaire

✓ $M(\text{Al}) = 27,0 \text{ g.mol}^{-1}$. La masse molaire est celle indiquée dans le tableau périodique.

✓ La molécule de dioxyde de carbone (CO_2) comporte 1 atome de carbone et 2 atomes d'oxygène :

$$M(\text{CO}_2) = M(\text{C}) + 2M(\text{O}) = 12,0 + 2 \times 16,0 = 44,0 \text{ g.mol}^{-1}.$$

✓ $M(\text{Na}^+) = M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g.mol}^{-1}$. La masse molaire d'un ion monoatomique est égale à la masse molaire de l'élément.

$$\begin{aligned} \checkmark M(\text{SO}_4^{2-}) &= M(\text{SO}_4) = M(\text{S}) + 4M(\text{O}) = 32,1 + 4 \times 16,0 \\ &= 96,1 \text{ g.mol}^{-1}. \end{aligned}$$

III- Quantité de matière

La **quantité de matière** n d'une espèce donnée dans un échantillon est le nombre de moles de cette espèce que contient l'échantillon.



A À partir de la masse (tous les états)

➤ La quantité de matière et la masse d'une même entité chimique X sont proportionnelles entre elles, suivant la relation :

$$n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}$$

- avec :
- la quantité de matière $n(X)$ en mol ;
 - la masse $m(X)$ en g ;
 - la masse molaire $M(X)$ en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

III- Quantité de matière

B À partir du volume (corps pur liquide)

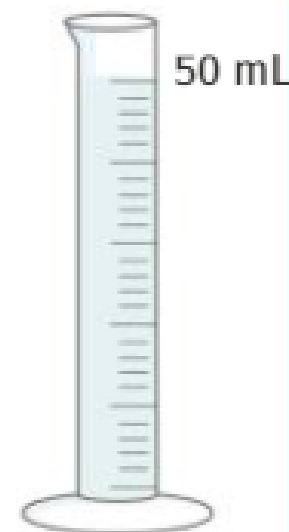
➤ Pour les liquides, dans le cas des corps purs, il peut être plus facile de mesurer un volume. Dans ce cas, on utilise la masse volumique du liquide. La masse d'un liquide est alors le résultat du produit $m(X) = \rho(X) \cdot V(X)$.

➤ En remplaçant dans la formule précédente, on obtient :

$$n(X) = \rho(X) \cdot \frac{V(X)}{M(X)}$$

avec :

- la quantité de matière $n(X)$ en mol ;
- la masse volumique $\rho(X)$ en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$;
- le volume de corps pur liquide $V(X)$ en L ;
- la masse molaire $M(X)$ en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.



III- Quantité de matière

C À partir du volume (corps pur gazeux)

➤ Dans les mêmes conditions de température et de pression, une mole de gaz occupe un volume précis qui ne dépend pas de la nature du gaz considéré. Ce même volume molaire se note V_m et s'exprime en $\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$. La relation est alors :

$$n(X) = \frac{V(X)}{V_m} \quad \text{avec :}$$

- la quantité de matière $n(X)$ en mol ;
- le volume de gaz $V(X)$ en L ;
- le volume molaire V_m en $\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Pas de malentendu

- Attention à la rigueur dans l'écriture : distinguer clairement ***n*** et ***m*** ainsi que ***m*** et ***M***.
- Bien différencier la constante d'Avogadro ***N_A*** et le nombre d'entités ***N(a)*** pour une espèce a.

Bilan

Principales notions

Il est nécessaire d'utiliser une unité qui détermine le nombre de particules pour expliquer la constitution et l'évolution d'un système chimique : **la quantité de matière n (en mol)**.

1 mole d'une entité chimique correspond à environ $6,02 \times 10^{23}$ entités chimiques.

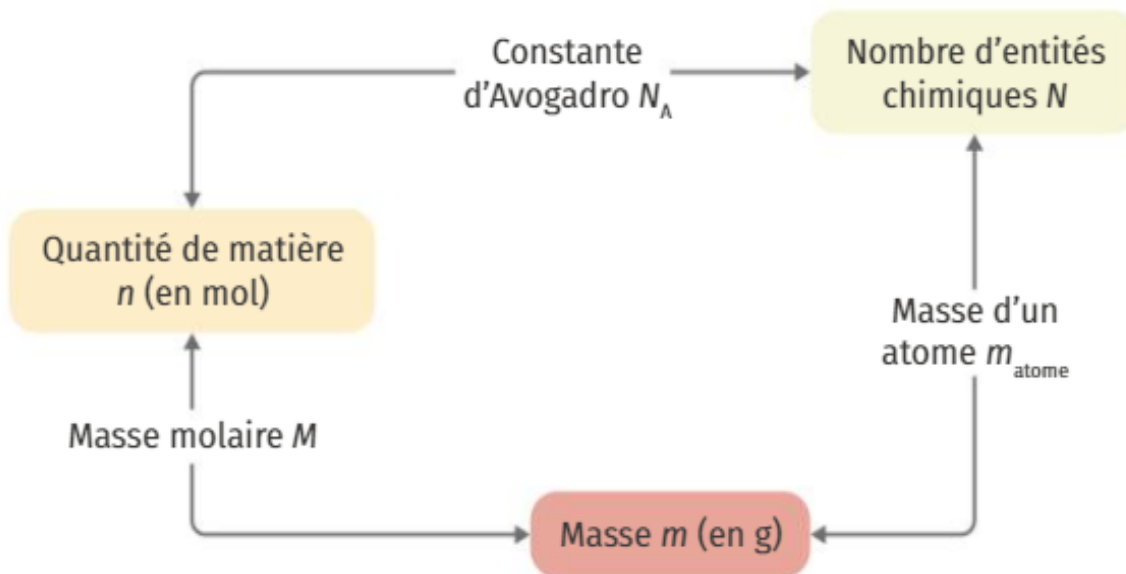
La quantité de matière est liée à d'autres grandeurs physico-chimiques :

Pour tous les états	Pour les corps purs liquides	Pour l'état gazeux
$n = \frac{m}{M}$ m : masse de l'échantillon en g M : masse molaire en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$	$n = \rho \cdot \frac{V}{M}$ ρ : masse volumique en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ V : volume du liquide en L M : masse molaire en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$	$n = \frac{V}{V_m}$ V : volume du gaz en L V_m : volume molaire en $\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$

Bilan

Les éléments essentiels de la modélisation

Dans toutes les situations



Cas particuliers des volumes

1. Volume des liquides : utilisation de la masse volumique ρ .
2. Volume des gaz : utilisation du volume molaire V_m .

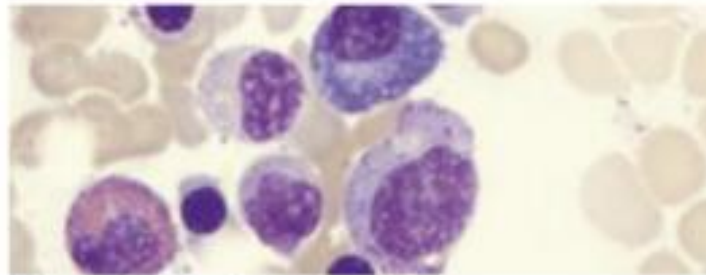
Applications

15 Le plasma sanguin

✓ APP : Extraire l'information utile sur supports variés

Les ions K^+ , $H_2PO_4^-$ et HCO_3^- sont présents dans le plasma sanguin.

- Déterminer les masses molaires de ces ions.



Plasma sanguin vu au microscope optique.

16 Juste un morceau de sucre

✓ RAI/MOD : La quantité de matière

Un morceau de sucre en forme de cube pèse 3 g. Le sucre est un corps pur : le saccharose $C_{12}H_{22}O_{11}$.

1. Calculer la masse molaire du saccharose.
2. En déduire la quantité de matière de saccharose dans ce morceau de sucre.

Données :

$$M(H) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M(C) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M(O) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M(P) = 31,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M(K) = 39,1 \text{ g.mol}^{-1}$$

Applications

Soit un échantillon de 10 g du composé majoritaire de l'huile de colza, dont la formule brute est $C_{57}H_{104}O_6$.

1- Calculer sa masse moléculaire.

2- Calculer sa masse molaire.

3- Calculer sa quantité de matière.

4- Déduire N le nombre d'entités chimiques contenu dans l'échantillon.

5- Retrouver la valeur de N en utilisant le nombre d'Avogadro $\mathcal{N}_A$.

Données

Différentes masses d'atomes :

- $m(H) = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$;
- $m(C) = 1,99 \times 10^{-26} \text{ kg}$;
- $m(O) = 2,66 \times 10^{-26} \text{ kg}$.

Applications

QCM :

Identifier la bonne réponse pour chaque question.

1. Un patient réalise deux analyses de sang : pour 1 L de sang, la première indique 8,5 mg de créatinine $C_4H_7N_3O$ et la seconde $4,42 \times 10^{-5}$ mol de créatinine.
 - a. résultat (analyse 1) < résultat (analyse 2).
 - b. résultat (analyse 1) = résultat (analyse 2).
 - c. résultat (analyse 1) > résultat (analyse 2).
2. 0,1 mol de gaz 1 et 3,0 L de gaz 2 avec un volume molaire $V_m = 24,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$, dans les mêmes conditions.
 - a. $n(\text{gaz 1}) < n(\text{gaz 2})$.
 - b. $n(\text{gaz 1}) = n(\text{gaz 2})$.
 - c. $n(\text{gaz 1}) > n(\text{gaz 2})$.

Applications

Donnée

• À $T = 20\text{ °C}$ et $P = 15\text{ bar}$, $V_m = 1,62\text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Le protoxyde d'azote, de formule brute N_2O , est un gaz utilisé en cuisine pour les siphons. Il est vendu en cartouche de 0,30 L pour 15 bar de pression à 20 °C .

1. Rappeler la formule reliant le volume V , le volume molaire V_m et la quantité de matière n .
2. Calculer la quantité de gaz dans la cartouche.
3. Calculer la masse molaire du protoxyde d'azote.
4. En déduire la masse de gaz dans la cartouche.



Applications

DONNÉE

• Formule brute du lactose : $C_{12}H_{22}O_{11}$

Énoncé

Un étudiant en nutrition souhaite déterminer si le lait contient un plus grand nombre d'ions calcium ou de molécules de lactose. Pour ses calculs, il se base sur le volume d'un verre de lait de 250 mL.

1. Calculer les masses de calcium et de lactose dans un verre de lait.
2. Calculer les masses molaires de l'ion calcium et de la molécule de lactose.
3. En déduire les quantités de ces deux espèces chimiques dans un verre de lait.
4. Comparer et conclure sur l'espèce chimique la plus abondante.

Valeurs nutritionnelles pour 100 mL de lait de vache UHT demi-écrémé

Eau	89,6 g
Glucides	4,82 g
<i>dont lactose</i>	4,77 g
Protéines	3,28 g
Lipides	1,57 g
<i>dont cholestérol</i>	5,87 mg
Calcium	116 mg
Magnésium	12,0 mg
Zinc	0,39 mg

Applications

Aspartame et soda

L'aspartame $C_{14}H_{18}O_5N_2$ est un édulcorant, une molécule au goût 200 fois plus sucré que le sucre alimentaire (saccharose). La réglementation impose une dose journalière admissible (DJA) de 40 mg/kg de masse corporelle de l'individu. Un adolescent diabétique de 55 kg en consomme régulièrement dans des sodas qui indiquent une masse de 500 mg pour 1,0 L de boisson.

1. Déterminer la quantité de matière d'aspartame contenue dans 1,0 L de soda.
2. Quel volume de soda l'adolescent peut-il ingérer quotidiennement sans dépasser la dose d'aspartame conseillée ?