

# La composition d'un système

## I La quantité de matière

La quantité de matière est le nombre de moles, ou paquets, que contient un système. La notion de mole permet de définir la masse molaire atomique et moléculaire. Des relations permettent de calculer la quantité de matière à partir de la masse et le volume d'une espèce chimique (solide, liquide ou gaz).

### A La mole

Pour faciliter le décompte des entités chimiques, on les regroupe en « paquets » appelés moles. La quantité de matière d'un échantillon correspond alors au nombre de paquets d'entités qui le constituent.

#### Définition Quantité de matière

**La quantité de matière** notée  $n$ , est le nombre de moles, ou paquets, que contient un système. La mole (mol) est l'unité de quantité de matière.

#### Définition Constante d'Avogadro

**La constante d'Avogadro** est le nombre d'entités contenues dans une mole d'un système chimique. Sa valeur est :

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

#### Quantité de matière

La constante d'Avogadro permet de déterminer la quantité de matière  $n$  d'un système à partir du nombre  $N$  d'entités chimiques qui le composent :

$$n_{(\text{mol})} = \frac{N}{N_{A(\text{mol}^{-1})}}$$

## ■ Exemple

Un clou est constitué de  $9,0 \times 10^{22}$  atomes de fer. La quantité de matière correspondante est :

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$n = \frac{9,0 \times 10^{22}}{6,02 \times 10^{23}}$$

$$n = 0,15 \text{ mol}$$

Un clou constitué de  $9,0 \times 10^{22}$  atomes de fer contient 0,15 « paquets » de  $6,02 \times 10^{23}$  atomes.

## B

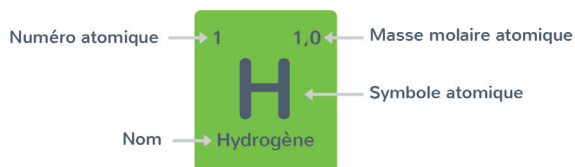
## La masse molaire atomique

Les atomes étant regroupés en moles, la plupart des calculs ne font pas intervenir la masse d'un seul atome, mais la masse d'une mole d'atomes.

## Définition

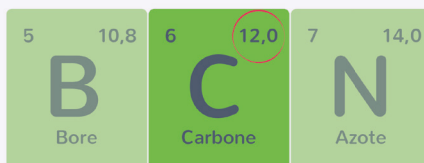
## Masse molaire atomique

La **masse molaire atomique**  $M$  est la masse d'une mole de l'atome considéré. Elle s'exprime en grammes par mole ( $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ). Elle est indiquée dans le tableau périodique des éléments.



## ■ Exemple

La masse molaire de l'atome de carbone  $^{12}_6\text{C}$  est de  $12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .



## Remarque

La définition de la mole fait qu'il y a une correspondance entre la masse molaire d'un atome et son nombre de nucléons.

En effet un atome est composé de  $Z$  électrons,  $Z$  protons et  $A - Z$  neutrons. La masse des électrons est négligeable devant la masse des nucléons. Par conséquent on peut considérer que la masse d'un atome est égale à la masse de ses  $A$  nucléons, soit :

$$m_{\text{atome}} = A \times m_{\text{nucléons}}$$

Or la masse molaire d'un atome est la masse d'une mole de cet atome, ce qui est vrai pour un atome est vrai pour un « paquet » d'atomes, donc :

$$M_{\text{atome}} = A \times M_{\text{nucléons}}$$

La masse molaire d'un nucléon est d'environ  $1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  donc la **masse molaire de l'atome** est :

$$M_{\text{atome}} = A \times 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

C'est-à-dire que la masse molaire de l'atome est environ égale à son nombre de nucléons  $A$ .

## C La masse molaire moléculaire

Comme pour les atomes, on considère la masse d'une mole de molécules plutôt que la masse d'une seule molécule.

### Définition Masse molaire moléculaire

**La masse molaire moléculaire  $M$**  est la masse d'une mole de la molécule considérée. Elle s'obtient en additionnant les masses molaires des atomes qui composent la molécule, selon sa formule brute et en conservant la même précision, généralement au dixième de  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

#### ■ Exemple

La masse molaire de la molécule d'éthanol, de formule brute  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  est :

$$M_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}} = 2 \times M_{\text{C}} + 6 \times M_{\text{H}} + M_{\text{O}}$$

$$M_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}} = 2 \times 12,0 + 6 \times 1,0 + 16,0$$

$$M_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}} = 46,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

## D Les relations entre la quantité de matière, la masse et le volume pour un solide et un liquide

La masse molaire permet de déterminer la quantité de matière contenue dans un échantillon de corps pur, solide ou liquide, à partir de sa masse ou de sa masse volumique.

### Formule

La quantité de matière  $n$  contenue dans un échantillon d'une espèce chimique de masse molaire  $M$  est liée à sa masse par la relation suivante :

$$n_{(\text{mol})} = \frac{m_{(\text{g})}}{M_{(\text{g}\cdot\text{mol}^{-1})}}$$

### Exemple

La masse molaire de l'atome de fer  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$  est de  $56,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , alors la quantité de matière contenue dans un clou en fer de  $8,4 \text{ g}$  est :

$$n_{\text{Fe}} = \frac{m_{\text{Fe}}}{M_{\text{Fe}}}$$

$$n_{\text{Fe}} = \frac{8,4}{56,0}$$

$$n_{\text{Fe}} = 0,15 \text{ mol}$$

### Remarque

Dans le cas d'un mélange, on traite **séparément** les calculs des quantités de matière.

#### ► Exemple

Un mélange a été préparé à partir de  $100 \text{ g}$  d'eau (de masse molaire  $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) et de  $2,5 \text{ g}$  de glucose (de masse molaire  $M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 180,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ).

Pour l'eau, la quantité de matière est :

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{100,0}{18,0}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 5,56 \text{ mol}$$

Pour le glucose, la quantité de matière est :

$$n_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = \frac{m_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}}{M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}}$$

$$n_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = \frac{2,5}{180,0}$$

$$n_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 1,4 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Les quantités de matière qui composent le mélange sont donc de 5,56 mol pour l'eau et de 0,014 mol pour le glucose.

### Formule

La quantité de matière  $n$  contenue dans un échantillon d'une espèce chimique de masse molaire  $M$  et de masse volumique  $\rho$  est liée à son volume par la relation suivante :

$$n_{(\text{mol})} = \frac{\rho_{(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})} \cdot V_{(\text{L})}}{M_{(\text{g}\cdot\text{mol}^{-1})}}$$

#### ■ Exemple

La quantité de matière contenue dans un volume de 15,0 mL de cyclohexane (de masse molaire  $84,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  et de masse volumique  $780 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) est :

$$n = \frac{\rho \times V}{M}$$

$$n = \frac{780 \times 15,0 \times 10^{-3}}{84,0}$$

$$n = 0,139 \text{ mol}$$

## E

### La quantité de matière et le volume molaire des gaz

Les gaz ont une masse, mais leur volume est plus facilement mesurable. Le volume molaire des gaz permet de déterminer la quantité de matière contenue dans un échantillon de n'importe quel gaz à partir de son volume.

#### Définition

#### Volume molaire

**Le volume molaire** des gaz, noté  $V_m$ , est le volume occupé par une mole de gaz. Il s'exprime en  $\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$  et ne dépend pas du gaz, mais de la pression et de la température. Ainsi, sous la pression atmosphérique de 1013 hPa et à la température de  $20^\circ\text{C}$ , le volume molaire des gaz est :

$$V_m = 24,0 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$$

**Formule**

La quantité de matière  $n$  contenue dans un échantillon d'un gaz est égale au rapport du volume qu'il occupe  $V$ , exprimé en litres (L), par le volume molaire des gaz  $V_m$ , exprimé en litres par mole ( $\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$ ):

$$n_{(\text{mol})} = \frac{V_{(\text{L})}}{V_{m(\text{L}\cdot\text{mol}^{-1})}}$$

**■ Exemple**

La quantité de matière contenue dans un volume de 100 mL de n'importe quel gaz est:

$$n = \frac{V}{V_m}$$

$$n = \frac{100 \times 10^{-3}}{24,0}$$

$$n = 4,17 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

**II La concentration d'une solution**

Une solution peut être caractérisée par deux types de concentration reliées l'une à l'autre : la concentration en masse et la concentration molaire.

**A La concentration en masse**

La concentration en masse d'une solution se détermine à partir de la masse de soluté dissous et de son volume.

**Concentration en masse**

La concentration en masse (ou concentration massique) d'une solution, notée  $C_m$ , indique la masse de soluté dissous par litre de solution. Elle est égale au rapport de la masse de soluté  $m_{\text{soluté}}$  par le volume de la solution  $V_{\text{solution}}$  et s'exprime en  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

$$C_m(\text{g}\cdot\text{L}^{-1}) = \frac{m_{\text{soluté}}(\text{g})}{V_{\text{solution}}(\text{L})}$$

### ■ Exemple

Une solution de chlorure de sodium NaCl de volume 250 mL est préparée en dissolvant 2,0 g de chlorure de sodium dans de l'eau. Donc sa concentration en masse en chlorure de sodium est :

$$C_m = \frac{m}{V}$$

$$C_m = \frac{2,0}{250 \cdot 10^{-3}}$$

$$C_m = 8,0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

## B La concentration molaire

La concentration molaire d'une solution se détermine à partir de la quantité de matière de soluté dissous et de son volume.

### Concentration molaire

La concentration molaire d'une solution, notée  $C$ , indique la quantité de matière de soluté dissous par litre de solution. Elle est égale au rapport de la quantité de matière du soluté  $n_{\text{soluté}}$  par le volume de la solution  $V_{\text{solution}}$  et s'exprime en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

$$C_{(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})} = \frac{n_{\text{soluté}} (\text{mol})}{V_{\text{solution}} (\text{L})}$$

### ■ Exemple

Une solution de glucose de volume 250 mL est préparée en dissolvant  $5,0 \cdot 10^{-2}$  mol de glucose dans de l'eau. Donc sa concentration est :

$$C = \frac{n_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}}$$

$$C = \frac{5,0 \cdot 10^{-2}}{250 \cdot 10^{-3}}$$

$$C = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

## C La relation entre la concentration en masse et la concentration molaire

Il existe une relation entre les deux concentrations d'une solution et la masse molaire du soluté.

### Relation entre la concentration en masse et molaire

La concentration en masse  $C_m$  d'un soluté dans une solution est égale au produit de sa concentration molaire  $C$  par sa masse molaire  $M$ .

$$C_{m(\text{g.L}^{-1})} = C_{(\text{mol.L}^{-1})} \cdot M_{(\text{g.mol}^{-1})}$$

#### ■ Exemple

La concentration molaire d'une solution de glucose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) est  $C = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ . Or, la masse molaire du glucose est  $M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 180,0 \text{ g.mol}^{-1}$ , alors la concentration en masse en glucose de cette solution est :

$$C_m = C \times M_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}$$

$$C_m = 2,0 \cdot 10^{-1} \times 180,0$$

$$C_m = 36 \text{ g.L}^{-1}$$