

---

## Les bases de la chimie

---

### La quantité de matière:

Il existe plusieurs méthodes pour déterminer la quantité de matière, la plus célèbre est celle d'où la définition du mole vient:

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

Où  $N$  est le nombre des particules, et  $N_A \approx 6,023 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$  la constante d'Avogadro, pour la définition du mole, c'est la quantité de matière contenant exactement un nombre des particules (atomes, molécules, ions...) identique au nombre d'Avogadro.

On peut calculer la quantité de matière en utilisant la relation suivante:

$$n = \frac{m}{M}$$

où  $m$  est la masse de l'échantillon en g, et  $M$  est la masse molaire de l'espèce chimique  $\text{g.mol}^{-1}$ . En utilisant la définition de la masse  $m = \rho \times V$ , où  $\rho$  est la masse volumique en  $\text{g/L}$  et  $V$  le volume en L, par suite on peut utiliser cette formule:

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

En outre, on peut utiliser la définition de la densité qui est le quotient de la masse volumique de l'échantillon sur la masse volumique de l'eau:

$$d = \frac{\rho}{\rho_{\text{eau}}}$$

La densité est une grandeur sans dimension, et la masse volumique de l'eau est  $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{g/mol}$ . Finalement la relation devient :

$$n = \frac{dV\rho_{\text{eau}}}{M}$$

Pour un gaz on peut utiliser son volume afin de déterminer sa quantité de matière:

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

Où  $V_m$  est le volume molaire, ce dernier varie selon la pression et la température, dans les conditions normales de température et pression c-à-d  $P = 101325 \text{ Pa}$  et  $T = 0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$  le volume molaire vaut  $V_m \approx 22,41 \text{L/mol}$ .

### Les gaz parfaits:

L'équation des gaz parfaits est donnée par la relation suivante:

$$P.V = n.R.T$$

Où  $P$  la pression en Pa,  $V$  le volume du gaz en  $\text{m}^3$ ,  $n$  est la quantité de matière en mol,  $T$  la température absolue en K et  $R$  est la constante universelle des gaz parfaits elle vaut  $R = 8,31 \text{J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

En chimie, on considère les gaz étudiés comme parfaits, donc on peut utiliser cette équation et calculer la quantité de matière du gaz:

$$n = \frac{PV}{RT}$$

## La concentration molaire:

### La solution aqueuse:

Une solution est un mélange homogène obtenue par la dissolution d'un soluté (solide, liquide ou gaz) dans un solvant (eau ou un autre liquide). Lorsque le solvant est l'eau, la solution est dite aqueuse.

### La concentration molaire:

La concentration molaire d'une espèce chimique est sa quantité de matière  $n$  rapportée au volume total du mélange qui contient cette espèce  $V$ .

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

Où  $C$  est la concentration molaire en  $\text{mol.L}^{-1}$ .

On peut donc déduire que :

$$n = C.V$$

Lorsque l'espèce chimique est ionique par exemple  $\text{Cl}^-$  alors sa concentration se note  $[\text{Cl}^-]$

### La concentration massique:

La concentration massique d'un soluté en solution, est le rapport de la masse de ce soluté  $m$  au volume total de solution contenant cette espèce  $V$ .

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

Avec  $C_m$  la concentration massique  $\text{g.mol}^{-1}$ .

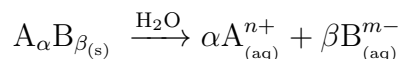
$$C_m = \frac{nM}{V} \leftrightarrow C_m = C.M$$

## Évolution des quantités de matière au cours d'une transformation chimique:

### Les équations chimiques:

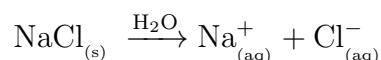
#### L'équation de dissolution:

Pour les solides ioniques leurs équation de dissolution s'écrit en respectant la neutralité de la solution :



L'équation est vraie si et seulement si  $xn = ym$ .

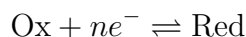
#### Exemple:



### Réaction d'oxydo-réduction:

Une réaction d'oxydo-réduction est une réaction caractérisée par un transfert d'électrons entre deux réactifs: Oxydant et Réducteur.

L'oxydant et celui qui gagne les électrons, et le réducteur est celui qui cède les électrons. Un tel couple est nommé couple Ox/Red et leur demi équation est:



Et pour une équation complète on considère deux couples, leurs demi-équations chimiques sont respectivement:



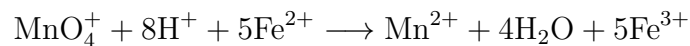
L'équation de la réaction d'oxydo-réduction s'écrit alors comme suit:



**Exemples:** Écrivons les demis équations de  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  et celle de  $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$  :

On a :  $\text{Fe}^{3+} + e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$

Pour la deuxième demi-équation il faut suivre des étapes, premièrement on équilibre les réactifs avec les produit, puis on équilibre l'oxygène en ajoutant  $\text{H}_2\text{O}$ , et on équilibre l'hydrogène en ajoutant  $\text{H}^+$ , et finalement les charges  $e^-$ , la demi-équation qui modélise ce couple est la suivante:  $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ , par suite l'équation est :



### Réaction Acido-basiques:

Une réaction acido-basique est une réaction caractérisée par un transfert du proton  $\text{H}^+$  entre deux réactifs: Acide et Base.

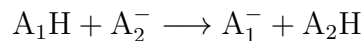
L'acide est une entité chimique capable de libérer un proton  $\text{H}^+$ , alors qu'une base capte ce dernier. Un tel couple est nommé Acidobasique  $\text{AH}/\text{A}^-$  et leur demi équation est :



Et pour une équation complète on considère deux couples, leurs demi-équation chimiques sont respectivement:

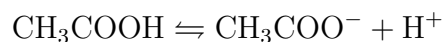


L'équation de la réaction acidobasique s'écrit alors comme suit:



**Exemples:** Écrivons les demis équations de  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$  et celle de  $\text{H}_2\text{O}/\text{OH}^-$  :

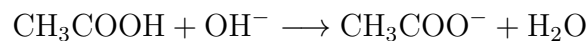
On a:



Et:



Par suite l'équation modélisant cette réaction est :



### Tableau d'avancement:

Équation chimique		$\alpha\text{A} + \beta\text{B} \longrightarrow \gamma\text{C} + \delta\text{D}$			
État	Avancement	Quantité de matière			
État initial	0	$n_i(\text{A})$	$n_i(\text{B})$	0	0
État en cours	$x$	$n_i(\text{A}) - \alpha x$	$n_i(\text{B}) - \beta x$	$\gamma x$	$\delta x$
État final	$x_{\max}$	$n_i(\text{A}) - \alpha x_{\max}$	$n_i(\text{B}) - \beta x_{\max}$	$\gamma x_{\max}$	$\delta x_{\max}$

## Le réactif limitant et l'avancement maximal:

Les réactions généralement s'arrêtent lorsque au moins un des réactifs est totalement consommé. Ce réactif est appelé le réactif limitant, et les autres réactifs sont en excès. Ce réactif limitant est celui qui possède l'avancement maximal  $x_{\max}$ .

On détermine  $x_{\max}$  en posant des hypothèses, pour notre réaction ici on pose 2 hypothèses :

$$\begin{cases} n_i(\text{A}) - \alpha x_{\max} = 0 \\ n_i(\text{B}) - \beta x_{\max} = 0 \end{cases} \iff \begin{cases} x_{\max} = \frac{n_i(\text{A})}{\alpha} \\ x_{\max} = \frac{n_i(\text{B})}{\beta} \end{cases} \iff x_{\max} = \min\left(\frac{n_i(\text{A})}{\alpha}; \frac{n_i(\text{B})}{\beta}\right)$$

L'avancement maximal est utilisé pour calculer les quantités de matières finales, c'est-à-dire, déterminer le bilan des quantités de matières finales.

Revenons maintenant à l'équation de la dissolution et dressons son tableau d'avancement:

Équation chimique	$\text{A}_\alpha\text{B}_{\beta(\text{s})}$	$\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$	$\alpha\text{A}_{(\text{aq})}^{n+}$	+	$\beta\text{B}_{(\text{aq})}^{m-}$
État initial	$n_i(\text{A}_\alpha\text{B}_\beta)$		0		0
État en cours	$n_i(\text{A}_\alpha\text{B}_\beta) - x$		$\alpha x$		$\beta x$
État final	$n_i(\text{A}_\alpha\text{B}_\beta) - x_{\max}$		$\alpha x_{\max}$		$\beta x_{\max}$

On a  $x_{\max} = n_i(\text{A}_\alpha\text{B}_\beta)$ .

Et on a:

$$\begin{aligned} [A^{n+}] &= \frac{n}{V} \\ &= \frac{\alpha x_{\max}}{V} \\ &= \frac{\alpha \cdot C \cdot V}{V} \\ &= \alpha C \end{aligned}$$

Le même pour la concentration de  $[B^{m-}] = \beta \cdot C$

## La conductivité et la conduction:

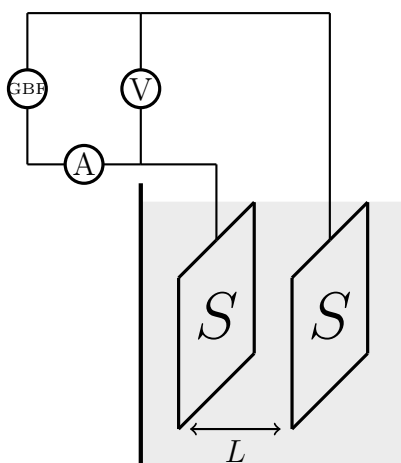


Figure 1: Montage expérimentale

La conductance notée  $G$  d'une portion d'une solution comprise entre deux électrodes, est l'inverse de sa résistance  $R$ , c'est-à-dire :

$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U}$$

Où,  $G$  en Siemens S,  $R$  en Ohm  $\Omega$ ,  $I$  l'intensité en Ampère A et  $U$  la tension en Volt V.  
On peut aussi utiliser la relation suivante:

$$G = \sigma \cdot \frac{S}{L}$$

Avec,  $\sigma$  la conductivité en  $S.m^{-1}$ ,  $S$  L'aire d'un face des électrodes en  $m^2$ , et  $L$  la distance entre les deux électrodes en m.

La conductivité s'exprime aussi par la relation suivante:

$$\sigma = \sum_{i=0}^n \lambda_i \cdot [X_i]$$

Cette solution contient  $n$  ions, pour chaque ions  $X_i$  il existe  $\lambda_i$  sa conductivité molaire en  $S.m^2.mol^{-1}$ . Ici  $[X_i]$  correspond à la concentration de l'ion  $X_i$ .

**Exemple:** On dispose d'une solution d'acide nitrique  $H_{aq}^+ + NO_{3aq}^-$  de conductivité  $\sigma = 0.21 S.m^{-1}$ , calculons la concentration de cette solution, sachant que  $\lambda_{H^+} = 34,97.10^{-3} S.m^2.mol^{-1}$  et  $\lambda_{NO_3^-} = 7,142.10^{-3} S.m^2.mol^{-1}$ .

On a:

$$\sigma = \lambda_{NO_3^-} [NO_3^-] + \lambda_{H^+} [H^+]$$

Dans la solution, on a  $[H^+] = [NO_3^-] = C$

Elle devient alors:

$$\sigma = (\lambda_{NO_3^-} + \lambda_{H^+}) \cdot C$$

Par suite:

$$C = \frac{\sigma}{\lambda_{NO_3^-} + \lambda_{H^+}}$$

Application numérique:

$$C = \frac{0.21}{(34,97 + 7,142) \cdot 10^{-3}} = 5 \text{ mol.m}^{-3} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

Fin.