

## Modélisation des transformations chimiques Bilan de la matière

### I- Modélisation des transformations chimiques :

#### I-1- Système chimique :

*Un système chimique est un mélange d'espèces chimiques.*

*Pour décrire l'état d'un système chimique à l'échelle macroscopique, il faut indiquer :*

- *La nature et la quantité des espèces chimiques qui le composent.*
- *Les paramètres physiques : la pression  $P$ , la température  $\theta$ .*
- *L'état physico-chimique des espèces chimiques (solide, liquide, gazeux, ions en solution).*

#### I-2- Transformation chimique :

*Lorsque l'évolution d'un système chimique s'accompagne de l'apparition de nouvelles espèces chimiques, le passage de son état initial à son état final est une transformation chimique.*

*Au cours d'une transformation chimique :*

- *les espèces chimiques qui disparaissent sont appelées les réactifs*
- *les espèces chimiques qui apparaissent sont appelées les produits.*

*Remarques :*

*On appelle **État Initial (E.I)** du système chimique, l'état de ce système avant la transformation chimique.*

*On appelle **État Final (E.F)** du système chimique, l'état de ce système lorsque la transformation chimique est terminée.*

*La transformation chimique permet le passage de l'état initial à l'état final.*

#### I-2-Réaction chimiques :

*La transformation chimique qui fait intervenir les réactifs et les produits s'appelle la réaction chimique. Elle modélise la transformation chimique subie par un système chimique.*

*On écrit : la solution de sulfate de cuivre **II** réagit avec la solution de soude pour donner de l'hydroxyde de cuivre **II**.*

*On peut écrire plus simplement : les ions cuivre **II** réagissent avec les ions hydroxyde pour donner de l'hydroxyde de cuivre **II**.*

*Les ions sodium et les ions sulfate ne participent pas à la réaction mais ils font partie du système chimique : Ce sont des ions spectateurs ou des espèces chimiques spectatrices.*

### I-3-Bilan de matière d'un système chimique :

Réaliser le bilan de matière du système consiste à déterminer les quantités de matière de toutes les espèces présentes.

On peut donc avoir besoin d'un bilan de matière dans l'état initial, dans l'état final, mais aussi dans un état intermédiaire.

Le réactif limitant est le réactif qui a été introduit par défaut et qui disparaît totalement au cours de la réaction.

### II- Avancement de la transformation chimique :

Pour suivre l'évolution du système entre l'état initial et l'état final, on définit une nouvelle grandeur : l'avancement chimique.

L'avancement chimique d'une réaction est une quantité de matière variable, notée  $x$ , qui permet de déterminer les quantités de matière de tous les réactifs et les produits à n'importe quel moment de la réaction.

Remarque : l'avancement  $x$  est une quantité de matière. Elle s'exprime en mol.

- Dans l'état initial,  $x = 0$ ,
- À l'état final :  $x = x_{\max}$  (avancement maximal de la réaction).
- Au cours de la transformation,  $0 \leq x \leq x_{\max}$

Pour simplifier, on présente généralement tous ces éléments sous la forme d'un tableau d'avancement .

### III- Le tableau d'avancement :

| EQUATION DE LA REACTION       |            | $\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma C + \delta D$ |                      |                   |                   |
|-------------------------------|------------|--|----------------------|-------------------|-------------------|
| État du système               | Avancement | Quantités de matières en mol                         |                      |                   |                   |
| État initial                  | $x = 0$    | $a$  | $b$                  | $0$               | $0$               |
| Au cours de la transformation | $x$        | $a - \alpha x$                                       | $b - \beta x$        | $\gamma x$        | $\delta x$        |
| État final                    | $x_{\max}$ | $a - \alpha x_{\max}$                                | $b - \beta x_{\max}$ | $\gamma x_{\max}$ | $\delta x_{\max}$ |

Au cours de la transformation :

- La quantité de matière formée d'un produit est le produit de l'avancement  $x$  par le nombre stœchiométrique de ce produit.
- La quantité de matière disparue d'un réactif vaut le produit de l'avancement  $x$  par le nombre stœchiométrique de ce réactif.

Remarques : toutes les quantités figurant dans ce tableau sont des quantités de matière ; si les données sont sous une autre forme (masse, volume, concentration, etc.), il faut d'abord calculer les quantités de matière correspondantes ;

## IV- Détermination de l'avancement maximal et l'état final

### 1-Réactif limitant :

La réaction chimique s'arrête dès qu'un des réactifs est épuisé : le système est alors dans son état final, et l'avancement a atteint sa valeur maximale  $x_{\max}$ .

Le réactif qui s'épuise le premier est appelé « réactif limitant » ; pour calculer  $x_{\max}$ , il faut donc tout d'abord déterminer quel est le réactif limitant.

Pour cela, on effectue pour chaque réactif l'hypothèse « ce réactif est limitant » et on calcule la valeur de  $x_{\max}$  correspondante. On peut alors déterminer quel réactif est réellement limitant : c'est celui pour lequel la valeur de  $x_{\max}$  est la plus petite (ce qui signifie bien que ce réactif arrête la réaction avant les autres).

### 2-Proportions stœchiométriques :

▪ Lorsque les quantités de matière initiales des réactifs sont proportionnelles aux coefficients stœchiométriques de l'équation bilan, on dit que les réactifs sont dans les proportions stœchiométriques, ou que la réaction a lieu dans les conditions stœchiométriques.

Si les réactifs sont dans les proportions stœchiométriques, alors ils s'épuiseront en même temps.

▪ Si on considère une réaction quelconque, d'équation :  $a A + b B \rightarrow c C + d D$   
où A et B sont les formules chimiques des réactifs, C et D celles des produits, et a, b, c et d leurs coefficients stœchiométriques, alors A et B sont dans les proportions stœchiométriques si leurs quantités de matière initiales  $n(A)_i$  et  $n(B)_i$  sont proportionnelles aux coefficients stœchiométriques de l'équation bilan, on dit que les réactifs vérifient la relation :

$$\frac{n(A)_i}{a} = \frac{n(B)_i}{b}$$

Dans ce cas, l'avancement maximal vaut :  $x_{\max} = \frac{n(A)_i}{a} = \frac{n(B)_i}{b}$

et les réactifs s'épuiseront en même temps.

Les quantités de matière finales sont :

$$n(A)_f = n(B)_f = 0 ;$$

$$n(C)_f = c \cdot x_{\max} ;$$

$$n(D)_f = d \cdot x_{\max} .$$

#### À retenir

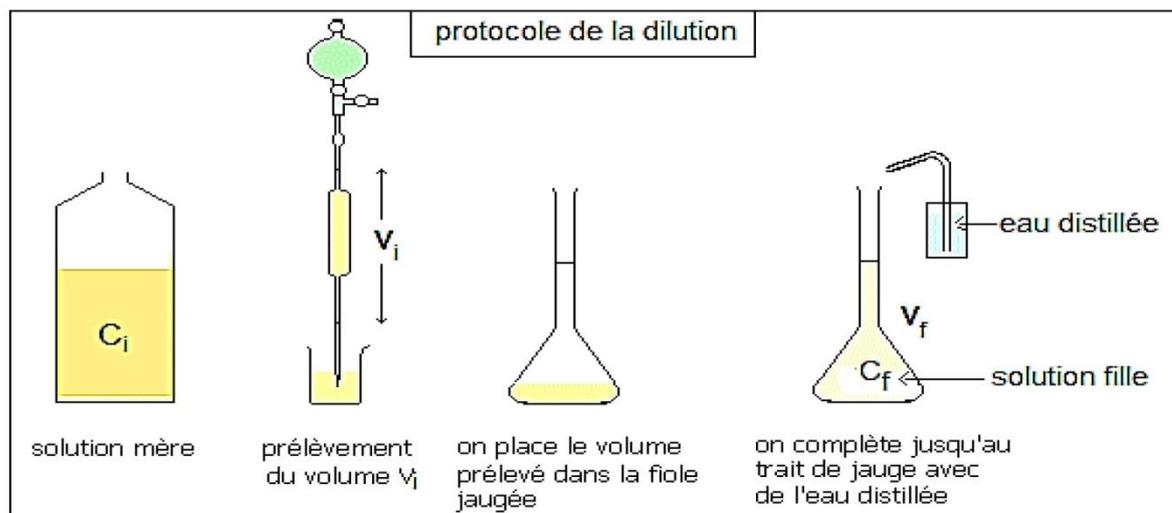
▪ Lorsque les quantités de matière des espèces chimiques d'un système évoluent, on dit que ce système subit une transformation chimique. On modélise cette transformation par une équation chimique.

L'équation chimique doit respecter la conservation des atomes et des charges.

▪ L'avancement chimique d'une réaction est une quantité de matière variable, notée x, qui permet de déterminer les quantités de matière de tous les réactifs et produits à n'importe quel moment de la réaction.

▪ La réaction chimique s'arrête dès qu'un des réactifs, appelé « réactif limitant », est épuisé : le système est alors dans son état final et l'avancement a atteint sa valeur maximale  $x_{\max}$ .

Lorsque les réactifs sont dans les proportions stœchiométriques, alors ils s'épuisent en même temps.



### Exercice d'application :

On dispose d'une solution mère de sulfate de cuivre II de concentration  $C = 4.10^{-2} \text{ mol/L}$ .

1- Quel volume doit-on prélever pour obtenir un volume  $V' = 100 \text{ mL}$  de solution fille de concentration  $C' = 1.10^{-2} \text{ mol/L}$ .

2- Quel volume de solvant doit-on ajouter ? En déduire le facteur de dilution.

3- Citer les verreries utilisées pour préparer cette dilution.

### Solution :

1- La relation de la dilution s'écrit :  $C.V = C'.V'$

Le volume prélevé est :  $V = \frac{C'.V'}{C}$

A.N :  $V = \frac{1.10^{-2} \times 100.10^{-3}}{4.10^{-2}} = 0,025L = 25 \text{ mL}$

2- Le volume d'eau ajouté est le volume d'eau qui il faut ajouter au volume  $V$  pour obtenir  $100 \text{ mL}$  de la solution fille.

$$V' = V + V_e \Rightarrow V_e = V' - V \Rightarrow V' = 100 - 25 = 75 \text{ mL}$$

Le facteur de dilution est donné par la relation :

$$F = \frac{V'}{V} = \frac{100}{25} = 4$$

C'est-à-dire que la solution mère a été diluée 4 fois.

3- Le volume initial doit être mesuré par une pipette graduée ou jaugée de 25 mL.

Le volume final doit être mesuré par une fiole jaugée de 100 mL.

