

## TITRE DE LA LEÇON : Description et étude quantitative d'une réaction chimique

Discipline : Sciences physiques

Sous-discipline : chimie

Cycle : Lycée - Niveaux : Seconde

### I- Résumé du cours

#### 1) Notion de réaction chimique

a) **Définition** : une **réaction chimique** est un processus caractérisé par une transformation de la matière, au cours de laquelle une ou plusieurs espèces chimiques (réactifs) donnent lieu à une ou plusieurs autres espèces chimiques (produits).

#### b) Équation chimique

C'est une modélisation de la réaction chimique dans laquelle les espèces chimiques sont représentées par leurs formules brutes. Les réactifs sont placés au 1<sup>er</sup> membre de l'équation (à gauche de la flèche), et les produits au 2<sup>e</sup> membre (à droite de la flèche).

Pour équilibrer une équation, on multiplie chaque formule brute par un nombre approprié, de façon à ce qu'il y ait pour chaque élément chimique le même nombre d'atomes dans les deux membres de l'équation. Ces nombres sont appelés **coefficients stœchiométriques**. Ex. : équation la réaction entre le fer et le dioxygène :  $3\text{Fe} + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$

2) **Loi de LAVOISIER** : la somme des masses des réactifs est égale à la somme des masses des produits.

#### 3) Réaction stœchiométrique et réaction avec un réactif en excès

Lorsque les quantités de matière des réactifs respectent les proportions stœchiométriques, la réaction est dite stœchiométrique. Une telle réaction peut évoluer jusqu'à la disparition des réactifs. Dans le cas contraire, un des réactifs est **en excès** et subsiste à la fin de la transformation, et l'autre est appelé **réactif limitant**.

Comment vérifier si une réaction est stœchiométrique ou non ? Soit A et B les réactifs, et a et b leurs coefficients stœchiométriques respectifs. Désignons par  $n_A^i$  et  $n_B^i$  respectivement la quantité de matière initiale du réactif A et celle du réactif B. Si  $\frac{n_A^i}{a} = \frac{n_B^i}{b}$ , la réaction est stœchiométrique. Si  $\frac{n_A^i}{a} > \frac{n_B^i}{b}$ , le réactif A est en excès. Dans le cas contraire, c'est le réactif B qui est en excès.

#### 4) Réactions totales et réactions limitées

Une réaction est dite **totale** si elle évolue jusqu'à la disparition totale du réactif limitant (ou des deux réactifs si la réaction est stœchiométrique). Elle est dite **limitée** si le réactif limitant subsiste à la fin de la transformation.

#### 5) Avancement et tableau d'avancement

Pour une réaction d'équation  $aA + bB \rightarrow cC + dD$ , l'avancement, noté  $x$ , est donné par la relation :

$$x = \frac{n_A^i - n_A}{a} = \frac{n_B^i - n_B}{b} = \frac{n_C}{c} = \frac{n_D}{d}$$

où  $n_A^i$  et  $n_B^i$  sont respectivement la quantité de matière initiale du réactif A et celle du réactif B,  $n_A$  et  $n_B$  la quantité de matière restante de A et celle de B,  $n_C$  et  $n_D$  la quantité de matière formée du produit C et celle de D. L'avancement s'exprime en mole (mol).

Le tableau d'avancement est un outil qui permet de trouver les relations entre les quantités de matière des espèces chimiques intervenant dans la réaction, pendant ou à la fin de la transformation.

• **Exercice résolu** : on a fait réagir 5,4 g d'aluminium (Al) et 2,4 L de dioxygène (O<sub>2</sub>). Écris l'équation de la réaction et détermine la masse du produit formé. On donne : volume molaire dans les conditions de l'expérience :  $V_m = 24 \text{ L/mol}$  ; masses molaires atomiques :  $M_{\text{Al}} = 27 \text{ g/mol}$  ;  $M_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$ .

### Solution

J'écris l'équation de la réaction et je l'équilibre :  $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Les quantités de matières initiales des réactifs sont :  $n_{\text{Al}}^i = \frac{m_{\text{Al}}}{M_{\text{Al}}} = \frac{5,4}{27} = 0,20 \text{ mol}$  ;  $n_{\text{O}_2}^i = \frac{V_{\text{O}_2}}{V_m} = \frac{2,4}{24} = 0,10 \text{ mol}$ . Ainsi  $\frac{n_{\text{Al}}^i}{4} = 0,050$  et  $\frac{n_{\text{O}_2}^i}{3} = 0,033$ . On constate que  $\frac{n_{\text{Al}}^i}{4} > \frac{n_{\text{O}_2}^i}{3}$  ; l'aluminium est donc le réactif en excès.

Tableau d'avancement :

Équation	$4\text{Al} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$		
Espèces chimiques	Al	O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Coefficients stœchiométriques	4	3	2
Quantité à l'instant initial	0,20 mol	0,10 mol	0
Quantité à un instant donné	0,20 - 4x	0,10 - 3x	2x
Quantité à l'instant final	0,20 - 4x <sub>f</sub>	0,10 - 3x <sub>f</sub> = 0*	2x <sub>f</sub>

\*Le réactif limitant réagit totalement ; sa quantité de matière finale est donc nulle. Ce qui explique la relation,  $10 - 3x_f = 0$ , à partir de laquelle on obtient la valeur de  $x_f$  :  $x_f = \frac{0,10}{3} = 0,033 \text{ mol}$ . D'où les quantités de matière finale des autres espèces :  $n_{\text{Al}} = 0,20 - 4x_f = 0,067 \text{ mol}$  ;  $n_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 2x_f = 0,066 \text{ mol}$ .

#### • Exercice résolu

On a fait réagir 5,6 g de fer à l'état de poudre (limaille de fer) avec 2,24 L de dioxygène (volume mesuré dans les conditions normales de température et de pression) ; il se forme de l'oxyde de fer III (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

- 1) Écris l'équation de la réaction.
- 2) Calcule la quantité de matière initiale de chaque réactif et montre que la réaction n'est pas stœchiométrique.
- 3) Détermine la masse du produit formé ;

Données : volume molaire :  $V_m = 22,4 \text{ L}$  ;  $M_{\text{Fe}} = 56 \text{ g/mol}$  ;  $M_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$ .

#### Solution :

1) Équation de la réaction :  $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$

2) Quantité de matière initiale de chaque réactif :  $n_{\text{Fe}}^i = \frac{m_{\text{Fe}}}{M_{\text{Fe}}} = \frac{5,6}{56} = 0,10 \text{ mol}$  ;  $n_{\text{O}_2}^i = \frac{V}{V_m} = \frac{2,24}{22,4} = 0,100 \text{ mol}$

Posant  $k_{\text{Fe}} = \frac{n_{\text{Fe}}^i}{4}$  et  $k_{\text{O}_2} = \frac{n_{\text{O}_2}^i}{3}$ . Si  $k_{\text{Fe}} = k_{\text{O}_2}$ , la réaction est stœchiométrique ; si  $k_{\text{Fe}} > k_{\text{O}_2}$ , le fer est en excès ; dans le cas contraire le dioxygène est en excès. On a :  $k_{\text{Fe}} = 0,025$  et  $k_{\text{O}_2} = 0,0330$  ;  $k_{\text{O}_2} > k_{\text{Fe}}$  ; la réaction n'est pas stœchiométrique ; le dioxygène est en excès.

3) Masse du produit formé

Tableau d'avancement

Équation	$4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$		
Espèces chimiques	Fe	O <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Coefficients stœchiométriques	4	3	2
Quantité à l'instant initial (en mol)	0,10	0,100	0
Quantité à un instant donné	0,10 - 4x	0,100 - 3x	2x
Quantité à l'instant final	0,10 - 4x <sub>f</sub>	0,10 - 3x <sub>f</sub> = 0	3x <sub>f</sub>

$0,10 - 3x_f = 0 \Rightarrow x_f = \frac{0,10}{3} = 0,033 \text{ mol}$ . Ainsi  $n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = x_f = 0,10 \text{ mol}$ .

D'où la masse  $m_{\text{Al}_2\text{O}_3} = n_{\text{Al}_2\text{O}_3} \cdot M_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 10,2 \text{ g}$ .