

Leçon N4: SUIVI D'UNE TRANSFORMATION CHIMIQUE

I Transformation chimique—réaction chimique :

I.1 Transformation chimique

Au cours d'une transformation chimique des substances disparaissent et d'autres nouvelles substances apparaissent.

Une transformation chimique peut être modélisée par une réaction chimique :

- Les substances qui disparaissent sont appelées les réactifs.
- Les substances qui apparaissent sont appelées les produits.

On appelle système chimique l'ensemble des éléments chimiques existant dans le milieu réactionnel.

I.2 Etat initial et état final :

La transformation chimique représente le passage d'un système chimique d'un état initial à un état final

- On appelle état initial, l'état du système chimique avant la transformation.
- On appelle état de transformation, l'état du système chimique à instant donné au cours de la transformation.
- On appelle état final, l'état du système chimique après la transformation.

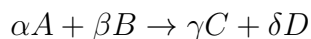
I.3 Modélisation des transformations chimiques:

On modélise une transformation chimique par un modèle simple qui peut décrire cette transformation qu'on appelle réaction chimique et qu'on représente par une équation chimique dans laquelle les réactifs et les produits sont représentés par leurs formules :

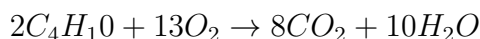
Les réactifs sont placés à gauche d'une flèche qui désigne le sens de la réaction et les produits à sa droite.
Réactifs→Produits

Au cours d'une transformation chimique, il y a conservation des éléments chimiques et de la charge électrique, l'équation doit donc être équilibrée par des nombres appelés : coefficients stœchiométriques. (par convention on n'écrit pas le coefficient stœchiométrique 1)

Généralisation : l'équation de la réaction peut être modélisée d'une manière générale de la façon suivante :



A et B sont les réactifs , α , β , γ , δ sont les coefficient stœchiométrique.
Exemple : l'équation de combustion du butane :



les coefficients stœchiométriques de cette réaction sont 2,13,8,10.

II Avancement de la réaction – Tableau d’avancement:

II.1 Avancement de la réaction :

Pour suivre l'évolution de la quantité de matière des espèces chimiques participant à la réaction chimique on utilise l'avancement de la réaction qu'on symbolise par x qui s'exprime en (mol) et qui représente la quantité de matière des réactifs disparus et quantités de matière des produits formés selon les coefficients stoechiométriques.

II.2 Tableau d'avancement :

Pour suivre l'évolution de la réaction on trace un tableau descriptif en utilisant l'avancement de la réaction qu'on appelle le tableau d'avancement de la réaction. Dans un tableau d'avancement donné on doit écrire l'équation de la réaction équilibrée puis on trace le tableau de la manière suivante :

Equation de la réaction		$\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma C + \delta D$			
états	avancement	quantité de Matière en mol			
Etat initial	0	$n_0(A)$	$n_0(B)$	0	0
Etat de transformation	x	$n_0(A) - \alpha x$	$n_0(B) - \beta x$	γx	δx
Etat final	x_{max}	$n_0(A) - \alpha x_{max}$	$n_0(B) - \beta x_{max}$	γx_{max}	δx_{max}

II.3 Le réactif limitant:

Le réactif limitant est le réactif qui met fin à la réaction, c'est le premier réactif qui est totalement consommé.

II.4 Avancement maximum :

L'avancement maximum x_{max} est l'avancement de la réaction qui correspond à la disparition totale du réactif limitant.

II.5 Exercices d'application :

II.5.1 Exercice 1 :

La combustion du fer Fe solide dans le dioxygène O_2 gazeux produit l'oxyde de fer magnétique Fe_3O_4 .

- 1) Ecrire puis équilibrer l'équation de la réaction.
- 2) Tracer le tableau d'avancement de la réaction pour un mélange initial constitué de 3mol de fer et 4mol de O_2 .

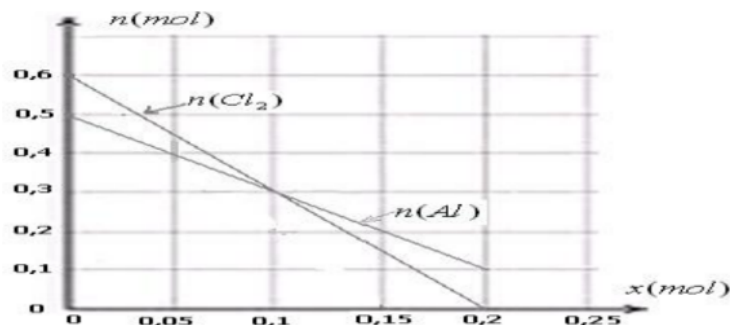
II.5.2 Exercice 2 :

Sachant que la combustion complète du pentane gazeux C_5H_{12} dans le dioxygène O_2 entraîne la production du dioxyde de carbone CO_2 et de l'eau.

- 1) Ecrire puis équilibrer l'équation de la réaction.
- 2) Tracer le tableau d'avancement de la réaction pour un mélange initial constitué de 10mol de pentane et 40mol de O_2 .
- 3) Tracer la représentation graphique représentant l'évolution des quantités de matière en fonction de l'avancement.

II.5.3 Exercice 3 :

Sachant que l'aluminium Al réagit avec le dichlore Cl_2 et le produit de cette réaction est le chlorure d'aluminium $AlCl_3$. On donne le graphe représentant l'évolution des quantités de matière en fonction de l'avancement.



- 1) Ecrire puis équilibrer l'équation de la réaction et tracer le tableau d'avancement correspondant.
- 2) Compléter le graphe en représentant la variation de la quantité de matière du chlorure d'aluminium en fonction de l'avancement et donner la composition finale du mélange.

III Détermination de la pression d'un gaz résultant d'une réaction chimique :

III.1 Expérience :

On introduit une masse $m = 32,7 \text{ mg}$ de zinc en poudre dans un flacon à la température $\theta = 20^{\text{circ}}\text{C}$ et sous la pression atmosphérique $P_{\text{atm}} = 1013 \text{ hPa}$ puis on verse dans le flacon de volume 500 mL un volume $V = 10 \text{ mL}$ d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration $c = 0,5 \text{ mol/L}$. On donne l'équation de réaction qui se produit dans le flacon : $\text{Zn}_{(s)} + 2\text{H}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)}$

III.2 Prévoir l'état final:

On peut prévoir la pression finale du gaz dihydrogène qui se produit à la fin de cette réaction par l'une des deux méthodes suivantes :

-Soit en utilisant un appareil de mesure de la pression.

-ou bien théoriquement en utilisant le tableau d'avancement de la réaction.

*1ère méthode : On détermine la valeur de la pression final P_f à la fin de la réaction à l'aide d'un capteur de pression, on trouve : $P_f = 1038 \text{ hPa}$

*2ème méthode : la quantité de matière de zinc initiale: $n_0(\text{Zn}) = \frac{m}{M} = \frac{32.7 \cdot 10^{-3}}{65.4} = 0.5 \text{ mmol}$
la quantité de matière de H^+ initiale: $n_0(\text{H}^+) = C \cdot V = 0.5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 5 \text{ mmol}$

Tableau d'avancement :

Equation de la réaction		$\text{Zn} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$			
états	avancement	quantité de Matière en mol			
Etat initial	0	0.5	5	0	0
Etat de transformation	x	$0.5 - x$	$5 - 2x$	x	x
Etat final	x_{max}	$0.5 - x_{\text{max}}$	$5 - 2x_{\text{max}}$	x_{max}	x_{max}

-supposons que Zn est le réactif limitant : $0.5 - x_{\text{max}} = 0 \rightarrow x_{\text{max}} = 0.5 \text{ mmol}$ -supposons que H^+ est le réactif limitant : $5 - 2x_{\text{max}} = 0 \rightarrow x_{\text{max}} = 2.5 \text{ mmol}$ On a $0.5 < 2.5$

On sait que le réactif limitant est celui utilisé par défaut, donc $x_{\text{max}} = 0.5 \text{ mmol}$ et c'est Zn qui est limitant.

A partir du tableau d'avancement on a : $n_{f(\text{H}_2)} = x_{\text{max}} = 0,5 \text{ mmol}$ En appliquant la relation des gaz parfaits au gaz dihydrogène qui occupe le volume restant du flacon : $V_{(\text{H}_2)} = 500 - 10 = 490 \text{ mL}$ donc $P_{(\text{H}_2)} \cdot V_{(\text{H}_2)} = n_{(\text{H}_2)} \cdot R \cdot T \rightarrow P_{(\text{H}_2)} = 2485.7 \text{ Pa} = 25 \text{ hPa}$

La pression finale du dihydrogène H_2 dans le flacon : $P_f = P_{(\text{H}_2)} + P_{\text{atm}} = 25 + 1013 = 1038 \text{ hPa}$