

Activités : bilan de la matière

ACTIVITE 1: Réactif limitant

➤ Expérience 1 :

Dans une bouteille en plastique, on fait réagir 20 mL de vinaigre à 6 ° (10 mL de vinaigre à 6 ° contiennent 0,010 mol d'acide éthanóïque) avec 5,04 g d'hydrogénocarbonate de sodium NaHCO_3

Observations :

- Il se produit une effervescence lorsque l'on mélange les réactifs.
- Il reste du solide en fin de réaction et la bouteille est peu gonflée.

Quantité de matière de chacun des réactifs :

- Quantité de matière d'hydrogénocarbonate de sodium :

$$n(\text{NaHCO}_3) = \frac{m(\text{NaHCO}_3)}{M(\text{NaHCO}_3)} \quad (1)$$
$$n(\text{NaHCO}_3) = \frac{5,04}{84}$$

$$n(\text{NaHCO}_3) \approx 6,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- Quantité de matière d'acide éthanóïque : $n_A \approx 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$

Étude quantitative :

- L'hydrogénocarbonate de sodium a été introduit en excès et l'acide éthanóïque en défaut.
- La réaction chimique s'arrête lorsque tout l'acide éthanóïque a réagit.
- L'acide éthanóïque est le réactif limitant.

➤ Expérience 2 :

On fait réagir cette fois 80 mL de vinaigre à 6 ° avec 5,04 g d'hydrogénocarbonate de sodium.

Observations :

En fin de réaction, le solide a totalement disparu et la bouteille est plus gonflée.

Quantité de matière de chacun des réactifs :

- Quantité de matière d'hydrogénocarbonate de sodium :

$$n(\text{NaHCO}_3) \approx 6,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- Quantité de matière d'acide éthanoïque : $n_A \approx 8,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$

Étude quantitative :

- L'hydrogénocarbonate de sodium a été introduit en défaut et l'acide éthanoïque en excès.
- La réaction s'arrête lorsque tout l'hydrogénocarbonate de sodium a réagit.
- L'hydrogénocarbonate de sodium est le réactif limitant dans ce cas.

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

ACTIVITE 2 : Avancement d'une réaction chimique

- a)- On présente l'état initial sous forme de tableau :

Équation	$\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} + \text{NaHCO}_{3(s)} \rightarrow \text{CO}_{2(aq)} + \text{NaCH}_3\text{COO}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$				
État initial (mol)	0,080	0,060	0	0	-

Remarque : on n'indique aucune valeur pour l'eau (le solvant) car on utilise une solution aqueuse d'acide éthanoïque.

- b)- Au cours de la transformation.

Lorsque l'on mélange les réactifs, la transformation chimique s'effectue et il se forme du dioxyde de carbone au fur et à mesure. On dit que la réaction avance.

On note x la quantité de matière de dioxyde de carbone produite par la réaction.

L'équation bilan et les nombres stœchiométriques indiquent que s'il s'est formé x mol de CO_2 , alors :

- Il s'est également formé x mol de $\text{NaCH}_3\text{COO}_{(aq)}$.
- Simultanément, il a disparu x mol de NaHCO_3 et x mol d'acide $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$.
- Bien sur, il se forme aussi x mol d'eau. Mais comme l'eau est le solvant, il est en large excès.

On peut compléter le tableau précédent :

Équation	$CH_3COOH_{(aq)} + NaHCO_{3(s)} \rightarrow CO_{2(aq)} + NaCH_3COO_{(aq)} + H_2O_{(l)}$				
État initial (mol)	0,080	0,060		0	0
Au cours de la transformation	0,080 - x	0,060 - x		x	x

c)- État final et bilan de matière.

Lorsque la transformation chimique s'effectue, x croît de zéro à une valeur maximale x_{max} .

Cette valeur maximale correspond à l'achèvement de la réaction, elle correspond à la disparition du réactif limitant.

Comment peut-on déterminer la valeur maximale de x : x_{max} ?

En fin de réaction, la quantité de matière de chaque réactif est soit positive, soit nulle.

En conséquence, on peut écrire deux inéquations :

$$n(NaHCO_3) = 0,060 - x \geq 0 \quad \text{soit} \quad 0 \leq x \leq 0,060 \text{ mol} \quad (1)$$

$$n(A) = 0,080 - x \geq 0 \quad \text{soit} \quad 0 \leq x \leq 0,080 \text{ mol} \quad (2)$$

Pour satisfaire ces deux inéquations, il faut que : $0 \leq x \leq 0,060 \text{ mol}$

Donc cette valeur de x_{max} est : $x_{max} = 0,060 \text{ mol}$

On peut compléter le tableau précédent :

Équation	$CH_3COOH_{(aq)}$	$NaHCO_{3(s)}$	$\rightarrow$	$CO_{2(aq)}$	$NaCH_3COO_{(aq)}$	$H_2O_{(l)}$
État initial (mol)	0,080	0,060		0	0	-
Au cours de la transformation	0,080 - x	0,060 - x		x	x	-
État final (mol)	$0,080 - x_{max}$	$0,060 - x_{max} = 0$		$x_{max} = 0,060$	$x_{max} = 0,060$	-
	0,020	0		0,060	0,060	-

ACTIVITE 3 : Avancement d'une réaction chimique et bilan de matière

Un bilan de matière permet de prévoir ou de valider l'état d'un système. A partir de l'équation de réaction et des quantités de matière initiales, il est possible de décrire l'évolution d'un système chimique et de déterminer le réactif limitant.

Mode opératoire

- Mesurer une masse $m_1 = 0,6$ g de carbone et $m_2 = 1,6$ g d'oxyde de cuivre, mélanger les deux poudres intimement et les introduire dans un tube à essai.
- Réaliser un dispositif permettant de montrer que, lors du chauffage de l'ensemble, le gaz émis est du dioxyde de carbone.
- Observer régulièrement l'évolution de l'aspect du solide dans le tube à essai.
- Mesurer régulièrement la masse m restant dans le tube à essai. Cesser de chauffer quand cette masse ne varie plus.

Observations expérimentales

Le test au dioxyde de carbone est positif. Un solide rouge apparaît dans le tube à essai. La masse de solide obtenue quand cette dernière ne varie plus est $m = 1,8$ g.

Questions

1. Décrire l'état initial du système. Faire un schéma de l'expérience.
2. Quelles espèces nouvelles apparaissent ? Quelles sont celles qui se transforment ? En déduire l'équation chimique de la réaction associée à la transformation observée.
3. Établir le tableau descriptif de l'évolution du système au cours de la transformation.
4. Tracer l'évolution des quantités de matière de réactifs et de produits en fonction de l'avancement x . (pour cela, il faut utiliser la deuxième ligne du tableau d'avancement, celle qui donne toutes les quantités de matière en fonction de l'avancement)
5. En déduire l'état final du système et la masse m finale attendue dans le tube à essai. La mesure obtenue expérimentalement est-elle en accord avec les prévisions ? Dans le cas contraire, proposer une explication.

Données

Atome	H	C	O	Cu
Masse molaire atomique en g.mol^{-1}	1	12	16	63,5

Éléments de correction

1. État initial : $p = 1$ atm, $T = 298$ K, $n_c = 5,0 \cdot 10^{-2}$ mol et $n_{\text{CuO}} = 2,0 \cdot 10^{-2}$ mol. Masse initiale du mélange $m = 2,2$ g.

3. Espèces nouvelles : dioxyde de carbone et métal cuivre.

Équation de réaction : $2\text{CuO} + \text{C} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{Cu}$

4. Tableau descriptif de l'évolution du système :

Equation de la réaction	$2\text{CuO} + \text{C} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{Cu}$			
Quantité de matière dans l'état initial (mol)	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	0	0
Quantité de matière en cours de la transformation (mol)	$2,0 \cdot 10^{-2} - 2.x$	$5,0 \cdot 10^{-2} - x$	x	$2.x$
Quantité de matière dans l'état final (mol)	0	$4,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$

Réactif limitant CuO, $x_{\max} = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

5. Nous avons deux hypothèses à faire :

- Soit CuO est réactif limitant. Dans ce cas, à l'état final, nous avons : $0,02 - 2.x_{\max} = 0$, donc $x_{\max} = 0,01 \text{ mol}$
- Soit C est réactif limitant. Dans ce cas, nous avons : $0,05 - x_{\max} = 0$, donc $x_{\max} = 0,05 \text{ mol}$

On choisit la plus petite valeur de l'avancement $x_{\max} = 0,01 \text{ mol}$ et le réactif limitant est donc l'oxyde de cuivre.