

1878 – Le ballon captif d'Henri Giffard

Dans les conditions expérimentales du jour, quelle masse minimale de fer (ou de zinc) faudrait-il utiliser pour remplir le ballon de Giffard, avec l'ancienne méthode de production d'hydrogène pur ?

Partie I : Questions préliminaires :

Tableau d'avancement :

Equation de la réaction		$1 \text{ Mg (s)} + 2 \text{ H}^+ \text{ (aq)} \rightarrow 1 \text{ Mg}^{2+} \text{ (aq)} + 1 \text{ H}_2 \text{ (g)}$			
Etat du système	Avancement de la réaction (en mol)				
initial	$x=0$	n_1	n_2	0	0
final	x_f	0	excès	Sans intérêt	n_1

1/ Réaliser l'expérience (pendant la production de dihydrogène peu rapide, on peut répondre aux questions qui suivent...)

2/ Dans le tableau d'avancement, écrire l'équation de la réaction proposée dans le protocole.

On précisera le rôle des ions chlorure $\text{Cl}^- \text{ (aq)}$ lors de la réaction : **spectateur**

(Aide : on écrira d'abord les demi-équations électroniques)

3/ Calculer les quantités de matière initiales de chaque réactif.

Mg est à l'état (s) solide : $n_1 = m_1 / M_1 = 1,33 \times 10^{-2} / 24,3 = 5,47 \times 10^{-4} \text{ mol}$

En effet 1,0 cm de Magnésium correspond à $1,33 \times 10^{-2} \text{ g}$

L'ion H^+ est à l'état (aq) aqueux : $n_2 = C_2 \times V_2 = 0,50 \times 10 \times 10^{-3} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

4/ Comment expérimentalement prouver que le Magnésium est le réactif limitant ?

Déterminer l'avancement maximal x_{max}

Le Magnésium a totalement disparu à la fin de la réaction : il est donc le réactif limitant

On peut vérifier que l'ion H^+ est en excès :

On l'a introduit à peu près en quantité 10 fois supérieure au Mg.

Et on a donc : $n_2 / 2 > n_1 / 1$

5/ Compléter le tableau d'avancement

Lorsqu'on équilibre l'équation de réaction, on voit que le dihydrogène apparait en même quantité (de matière) que celle Magnésium ayant « disparu » : $1 \text{ Mg (s)} \rightarrow 1 \text{ H}_2 \text{ (g)}$

La quantité de matière d'ions magnésium ne nous intéresse pas, car la question porte sur le dihydrogène obtenu.

Partie II : Réponse à la problématique :

(Manip prof : on obtient expérimentalement 13 mL de gaz dans l'éprouvette)

On peut expérimentalement trouver une valeur assez différente, voir supérieure mais l'ordre de grandeur est correct

1,0 cm de Magnésium correspond à $1,33 \times 10^{-2} \text{ g}$ soit $n(\text{Mg}) = 1,33 \times 10^{-2} / 24,3 = 5,47 \times 10^{-4} \text{ mol}$

On mesure un volume de gaz dans l'éprouvette de **13 mL** (mélange de dihydrogène formé et d'air initialement contenu dans l'erenmeyer)

Le volume molaire du dihydrogène est donc : $V_m(\text{H}_2) = V(\text{H}_2) / n(\text{H}_2) = V(\text{H}_2)_{\text{fin}} / n(\text{Mg})_{\text{ini}}$ puisque le Magnésium est le réactif limitant – disparition de toutes traces du solide et que Mg est consommé dans les mêmes proportions que le dihydrogène produit.

$V_m(\text{H}_2) = 13 \times 10^{-3} / (5,47 \times 10^{-4}) = 23,8 \text{ L/mol}$

(... valeur trouvée expérimentalement à 2 reprises, pas loin de 24,4 L/mol ...)

On considère par la suite que 24 L est le volume occupé par 1 mol de gaz (n'importe lequel, s'il est parfait, ce qui est le cas du dihydrogène)

$24\ 000\ \text{L} = 24\ \text{m}^3$ volume occupé par $1000 = 10^3$ mol de gaz

$24\ 000\ \text{m}^3$ (ballon de 18 m de rayon, 36 m de diamètre sur la photo) volume occupé par 10^6 mol de gaz

Conclusion :

Vues que les équations de réaction avec le Fer et le Zinc sont analogues à celle avec le Magnésium, il est nécessaire d'utiliser approximativement (à 4% = 25/24 près) $n(\text{Mg}) = n(\text{Fe}) = n(\text{Zn}) = 10^6\ \text{mol}$

Soit $m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}) = 55,6 \cdot 10^6\ \text{g} = 55\ 600\ \text{kg}$

ou $m(\text{Zn}) = 65,4 \cdot 10^6\ \text{g} = 65\ 400\ \text{kg}$

Validation : ... plusieurs milliers de kilogrammes de copeaux de fer ou de zinc

MATERIEL PROF

- Solution d'acide chlorhydrique $C = 0.50\ \text{mol.L}^{-1}$
- Magnésium en ruban (On peut demander des morceaux préalablement découpés à 1,0 cm de longueur)

MATERIEL PAILLASSE

- Eprouvette 20 mL. Il vaudrait mieux être équipé de tube à essai gradué de 20 mL – On se retrouve confronté à un problème de remplissage de l'éprouvette afin de l'obtenir retournée pleine d'eau.
A cause du bec verseur, il est difficile de ne pas faire entrer un peu d'air.
- Eprouvette 10 mL (pour verser la solution aqueuse acide)
- Erlenmeyer de 100 mL
- Tube à dégagement (tuyau en plastique)
- Cristalliseur
- Becher
- Lunettes
- Eau distillée