

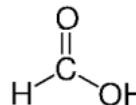
EXERCICE A–L'ACIDE FORMIQUE POUR STOCKER LE DIHYDROGÈNE ? (5 points)

Mots-clés : quantité de matière, conductivité, constante d'équilibre

Partie A - Intérêt de l'acide formique pour le stockage du dihydrogène

L'objectif de cette partie A est d'étudier l'intérêt de l'acide formique pour le stockage du dihydrogène par rapport au stockage du gaz sous pression.

1. La formule semi-développée de l'acide formique est donnée ci-contre.



Justifier que cet acide se nomme acide méthanoïque dans la nomenclature officielle.

La molécule contient le groupe caractéristique carboxyle COOH donc elle appartient à la famille des acides carboxyliques. Son nom est de la forme acide ...oïque.

Et la molécule contient un seul atome de carbone alors le préfixe est méth.

C'est bien de l'acide méthanoïque.

Remarque : il s'appelle aussi acide formique car c'est l'acide avec lequel les fourmis piquent leurs ennemis.

2. Vérifier qu'un litre de dihydrogène à la pression $P = 350$ bar et à la température $\theta = 25$ °C contient une masse $m = 28$ g de dihydrogène. On supposera que ce gaz obéit à l'équation des gaz parfaits dans ces conditions de température et de pression.

D'après la loi des gaz parfaits $P.V = n.R.T$ ainsi $n = \frac{P.V}{R.T}$

et $m = n.M_2$ donc $m = \frac{P.V}{R.T}.M_2$

$$m = \frac{350 \times 10^5 \text{ Pa} \times 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8,314 \text{ J.K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times (25 + 273,15) \text{ K}} \times 2,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 28 \text{ g}$$

$$\frac{350 \text{E}5 * 1 \text{E}^{-3}}{8,314 * (25 + 273,15)} * 2 = 2,823925312 \text{E}1$$

Pour récupérer le dihydrogène à partir de l'acide formique, on réalise une transformation dont l'équation de réaction est : $\text{HCOOH} (\text{l}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g})$

Cette transformation est considérée comme totale.

3. Vérifier qu'un litre d'acide formique permet de produire 53 g de dihydrogène, comme indiqué dans le document 1.

Il faut d'abord déterminer la quantité de matière d'acide formique dans 1 L de solution.

Le document 2 indique $C = 7,0$ mol.L⁻¹, $C = \frac{n}{V}$ donc $n = C.V$

$n = 7,0 \times 1,0 = 7,0$ mol d'acide formique.

D'après l'équation de la réaction, une mole d'acide formique conduit à la formation d'une mole de gaz dihydrogène H₂.

On obtiendrait donc 7 mol de H₂ et $m = n.M_2$ donc $m = 7,0 \times 2,0 = 14$ g de H₂.

Ce résultat n'est pas en accord avec les 53 g annoncés.

Il faut alors supposer que l'acide formique est pur, ce qui était visible grâce à l'équation de la réaction qui indique (l) comme liquide pour HCOOH. Sinon on aurait eu HCOOH (aq).

Déterminons à nouveau la quantité de matière d'acide formique dans 1 L de solution.

$n = \frac{m}{M_1}$ et $\rho = \frac{m}{V}$ soit $m = \rho.V$ alors $n = \frac{\rho.V}{M_1}$

$$n = \frac{1,22 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1} \times 1000 \text{ mL}}{46,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 26,5 \text{ mol de HCOOH}$$

$$\frac{1,22 * 1000}{46} = 2,652173913 \text{E}1$$

D'après l'équation de la réaction, une mole d'acide formique conduit à la formation d'une mole de gaz dihydrogène H₂.

On obtiendrait donc 26,5 mol de H₂ et $m = n.M_2$ donc $m = 26,5 \times 2,0 = 53$ g de H₂.

Ce résultat est en accord avec les 53 g annoncés.

4. Citer deux avantages de l'acide formique pour le stockage du dihydrogène par rapport au stockage du gaz sous pression.

L'acide formique est un liquide ce qui est plus facile à stocker que du dihydrogène qui est gazeux.

L'acide formique est peu inflammable alors que le dihydrogène est hautement inflammable.

5. Exprimer la conductivité σ de la solution en fonction des concentrations et des conductivités molaires ioniques des ions oxonium et des ions formiate.

D'après la loi de Kohlrausch, $\sigma = \sum \lambda_i \cdot [X_i]$

$$\sigma = \lambda(H_3O^+) \cdot [H_3O^+] + \lambda(HCOO^-) \cdot [HCOO^-]$$

6. En déduire une relation entre σ , $\lambda(H_3O^+)$, $\lambda(HCOO^-)$, V_1 et l'avancement x_f en fin de réaction pour la réaction 1 (x_f en mol).

$$\sigma = \lambda(H_3O^+) \cdot [H_3O^+] + \lambda(HCOO^-) \cdot [HCOO^-]$$

$$\sigma = \lambda(H_3O^+) \cdot \frac{x_f}{V_1} + \lambda(HCOO^-) \cdot \frac{x_f}{V_1}$$

$$\sigma = \frac{x_f}{V_1} \cdot (\lambda(H_3O^+) + \lambda(HCOO^-))$$

La mesure de la conductivité de la solution S_1 donne : $\sigma = 144 \text{ mS.m}^{-1}$.

7. Montrer que l'avancement en fin de réaction a pour valeur : $x_f = 3,56 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$$\sigma = \frac{x_f}{V_1} \cdot (\lambda(H_3O^+) + \lambda(HCOO^-))$$

$$x_f = \frac{\sigma}{(\lambda(H_3O^+) + \lambda(HCOO^-))} \cdot V_1$$

$$x_f = \frac{144 \text{ mS.m}^{-1}}{(35,0 + 5,46) \text{ mS.m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}} \times 1,00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Attention volume en m³

$$x_f = 3,56 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\frac{144}{35+5.46} * 1E-3$$
$$3.559070687E-3$$

On admet que la constante d'équilibre K_A peut s'écrire en fonction de l'avancement en fin de réaction x_f (x_f en mol) sous la forme approchée : $K_A = \left(\frac{x_f}{V_1}\right)^2 \times \frac{1}{c^0 \times C_1}$.

8. Déterminer la valeur de la concentration molaire C_1 de la solution S_1 .

$$C_1 = \left(\frac{x_f}{V_1}\right)^2 \times \frac{1}{c^0 \times K_A}$$

$$3.559070687E-3^2 / 1.77E-4$$
$$7.156488223E-2$$

$$C_1 = \left(\frac{3,56 \times 10^{-3}}{1,0}\right)^2 \times \frac{1}{1,00 \times 1,77 \times 10^{-4}} = 7,16 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

9. En déduire la concentration molaire C_0 de la solution S_0 . Comparer qualitativement la concentration obtenue à la teneur en acide formique annoncée dans l'article du document 2.

La solution S_0 a été diluée 100 fois pour obtenir la solution S_1 , donc $C_0 = 100 \cdot C_1$.

$$C_0 = 7,16 \text{ mol.L}^{-1}$$

Le document 2 indiquait une concentration d'environ $7,0 \text{ mol.L}^{-1}$.

On a obtenu une concentration légèrement supérieure à celle annoncée mais cela reste tout à fait en accord car il est dit environ $7,0 \text{ mol.L}^{-1}$.