

Exercice Bac : acide formique pour stocker du dihydrogène (*Extrait de exercice 1 Bac 2022 Asie Jour 2*)

Le dihydrogène $H_{2(g)}$ est envisagé pour remplacer l'essence dans les moteurs à explosion, ou pour alimenter les piles à combustible, car son oxydation ne produit que de l'eau. Cependant, le dihydrogène pose certaines difficultés techniques : il est gazeux à température ambiante et hautement inflammable.

Une alternative consiste à « stocker » le dihydrogène en le faisant réagir avec du dioxyde de carbone pour former de l'acide formique, lequel est liquide et peu inflammable aux températures et pressions ambiantes.

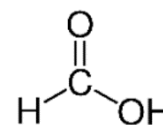
Pour récupérer le dihydrogène en vue de son utilisation, la transformation inverse est réalisée dont l'équation de réaction est : $HCOOH_{(l)} \rightarrow H_{2(g)} + CO_{2(g)}$

Dans cette perspective, des chercheurs de l'université de Rice (Etats-Unis) ont récemment trouvé un procédé catalytique permettant de produire de l'acide formique à bas coût.

Données :

- Loi des gaz parfaits : $P V = n R T$, où P est la pression du gaz en Pa, V son volume en m^3 , n sa quantité de matière en mol, T sa température en K et R la constante des gaz parfaits, $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$
- $1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L}$
- Conversion de température : $T(K) = \theta(^{\circ}C) + 273,15$
- Masse molaire moléculaire de l'acide formique : $M_1 = 46,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Masse molaire moléculaire du dihydrogène : $M_2 = 2,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Masse volumique de l'acide formique pur à $25^{\circ}C$: $\rho = 1,22 \text{ g mL}^{-1}$

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.

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

L'acide formique dans une solution aqueuse se trouve sous forme de deux ions : H_3O^+ et $HCOO^-$: $HCOOH + H_2O \rightarrow HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$ (réaction 1)

On met en œuvre une méthode conductimétrique pour contrôler rapidement la teneur en acide formique d'une solution aqueuse S_0 d'acide formique préparée par les chercheurs de l'université de Rice.

À cet effet :

- On dilue 100 fois la solution aqueuse S_0 d'acide formique préparée par les chercheurs. On obtient une solution fille S_1 de concentration C_1 .
- prélève un volume $V_1 = 1,00 \text{ L}$ de cette solution S_1 .
- On réalise une mesure de la conductivité de la solution S_1 .

Données :

- Conductivités molaires ioniques à $25^{\circ}C$:
 $\lambda(H_3O^+) = 35,0 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$; $\lambda(HCOO^-) = 5,46 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$

3. Exprimer la conductivité σ de la solution en fonction des concentrations et des conductivités molaires ioniques des ions oxonium H_3O^+ et des ions formiate $HCOO^-$.

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

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

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