

Série n°3

Exercice 1 Pile à combustible

Le principe de fonctionnement est simple : la cellule de réaction est composée de deux électrodes séparées par un électrolyte (exemple : l'acide phosphorique H_3PO_4). Elle est alimentée en dihydrogène et en dioxygène en continu. Le fonctionnement de la pile repose sur une réaction d'oxydoréduction au niveau des électrodes.

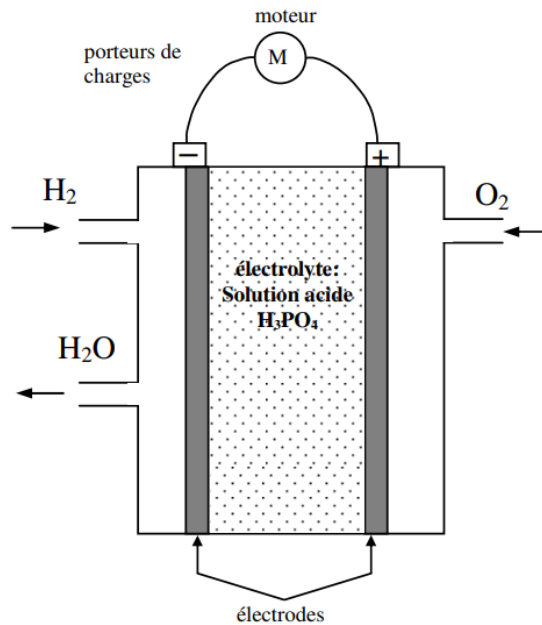


FIGURE 1 – Schéma de la pile à combustible

1. Quelle est la nature des porteurs de charges à l'extérieur de la pile ?
2. Légendez le schéma de la pile en indiquant le sens conventionnel de circulation du courant électrique I et le sens de circulation des porteurs de charges, à l'extérieur de la pile (en ajoutant des flèches bien orientées).
3. Écrivez les demi-équations électroniques pour chaque couple mis en jeu ($H_{(aq)}^+ / H_{2(g)}$) et ($O_{2(g)} / H_2O_{(l)}$), quand la pile débite.
4. En déduire l'équation de la réaction modélisant la transformation ayant lieu dans la cellule de réaction.
5. Précisez le nom de l'électrode où se produit la réduction. Cette électrode est-elle le pôle positif ou négatif de la pile ?
 Dans un véhicule motorisé fonctionnant grâce à une pile à combustible, on estime à 1,5 kg la masse de dihydrogène nécessaire pour parcourir 250 km.
6. Calculer la quantité de matière de dihydrogène $n(H_2)$ correspondant à cette masse, puis le volume de dihydrogène $V(H_2)$ en mètre-cube (m^3), dans les conditions où le volume molaire V_m est égal à $24 L.mol^{-1}$.
 Rappelons la loi des gaz parfaits : $P.V = n.R.T$
 Avec : P (pression du gaz); V (volume du gaz); n (quantité de matière de gaz); R (constante des gaz parfaits); T (température du gaz).
7. Proposer un moyen de réduire l'espace occupé par ce gaz, à température ambiante, pour la quantité de matière n de gaz calculée précédemment. Justifier la réponse à l'aide de la loi précédente.
 Dans une navette spatiale, les piles à combustibles débitent un courant d'intensité $I = 200 A$.
8. Calculer la charge électrique Q libérée en 24 heures.
9. En déduire la quantité de matière n_P des porteurs de charge, ayant circulé dans le circuit de la navette, pendant 24 heures et la quantité de matière $n(H_2)$ de dihydrogène consommée.

Exercice 2 Pile à combustible

Cette pile est un empilement de 170 cellules élémentaires identiques montées électriquement en série. L'électrolyte est constitué d'une membrane polymère échangeuse de protons H^+ .

Le dihydrogène est stocké à bord sous forme de gaz comprimé à la pression de 700 bars ; le volume du réservoir est $V = 15,0 L$.

Lorsque le réservoir de dihydrogène est plein, la masse du dihydrogène disponible est de 3,0 kg.

Dans certaines conditions d'utilisation, on peut considérer que le courant circulant dans les cellules élémentaires est constant, d'intensité $I = 120 A$.

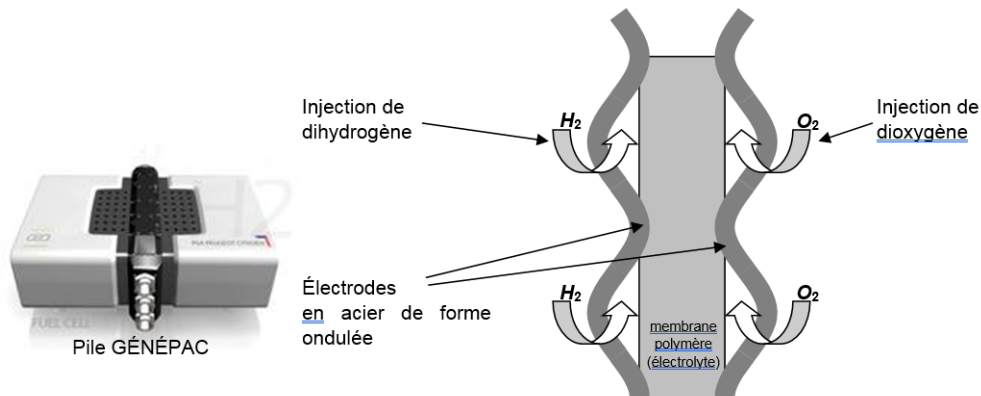


FIGURE 2 – Schéma d'une des 170 cellules élémentaires

1. Quantités de matière de dihydrogène

- En utilisant la masse de dihydrogène disponible dans le réservoir plein, calculer la quantité de matière de dihydrogène $n_R(H_2)$ correspondante. En considérant que le dihydrogène est un gaz parfait, déterminer le volume de dihydrogène V_0 , pris dans les conditions normales de pression et de température, qu'il a fallu compresser pour remplir le réservoir.
- On note $n_C(H_2)$ la quantité de matière de dihydrogène disponible pour chaque cellule élémentaire. Quelle est la relation entre $n_C(H_2)$ et $n_R(H_2)$?

2. Quantité d'électricité

On note Δt la durée de fonctionnement d'une cellule élémentaire.

- Donner l'expression de la quantité d'électricité Q échangée par une cellule élémentaire pendant une durée Δt .
- On note $n(e^-)$ la quantité de matière d'électrons échangés pendant cette durée Δt . Donner l'expression de Q en fonction de $n(e^-)$, N_A et e .
- Donner la relation entre la quantité de matière d'électrons échangés $n(e^-)$ et la quantité de matière $n_C(H_2)$. Justifier.

3. Durée d'autonomie de la pile

Par construction, la durée d'autonomie de la pile est égale à la durée de fonctionnement Δt d'une cellule élémentaire.

(a) Montrer que
$$\Delta t = \frac{2 \cdot n_C(H_2) \cdot N_A \cdot e}{I}$$

- (b) Calculer la durée théorique Δt de fonctionnement de la pile.

Données :

- Masses molaires atomiques $M(H) = 1 \text{ g/mol}$; $M(O) = 16 \text{ g/mol}$;
- Nombre d'Avogadro $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- Charge élémentaire $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$;
- Faraday $1F = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$;
- Constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$;
- Pression normale : $P_0 = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$;
- Température normale : $T_0 = 273 \text{ K}$.