

TS3 - Physique-Chimie - Spécialité
Exercice d'entraînement
Proposition de correction

ALIMENTATION ÉLECTRIQUE D'UNE NAVETTE SPATIALE

DÉMARCHE DE RÉOLUTION DE PROBLÈME

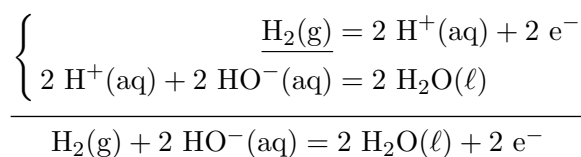
Les piles à combustible sont branchées en série au sein d'un module donc la tension aux bornes d'un module est égale à la somme des tensions existant aux bornes de chacune des 32 piles constituant le module : $U_m = 32 \times U = 32 \times 0,875 = 28,0 \text{ V}$

L'énergie électrique $\mathcal{E}$ délivrée par un module pendant la durée de 10 jours durant laquelle le module délivre un courant d'intensité moyenne 250 A vaut donc : $\mathcal{E} = U_m \cdot I \cdot \Delta t$ soit

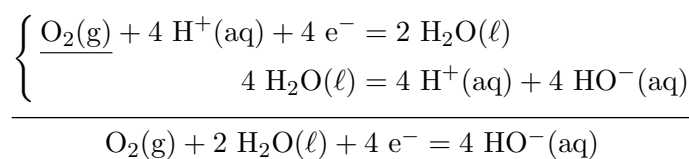
$$\mathcal{E} = 28,0 \times 250 \times (10 \times 24 \times 3600) = 6,0 \cdot 10^9 \text{ J}$$

Pour trouver le volume d'eau produit par le fonctionnement de ce module, il faut établir l'équation-bilan de fonctionnement des piles à combustible en milieu basique. Pour ce faire, on équilibre d'abord les demi-équations redox en milieu acide puis on les transforme selon la méthode habituelle pour faire apparaître des ions hydroxyde HO^- à la place des ions oxonium H_3O^+ .

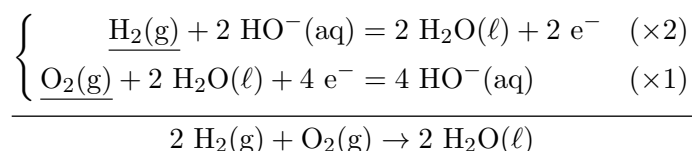
À l'anode a lieu l'oxydation du réducteur qui est ici le dihydrogène gazeux d'où la demi-équation de la réaction anodique :



À la cathode a lieu la réduction de l'oxydant qui est ici le dioxygène gazeux d'où la demi-équation de la réaction cathodique :



Pour le bilan, on obtient donc :



D'après cette équation-bilan, on peut voir que lorsque 4 moles d'électrons sont échangées, 2 moles d'eau sont produites. Il y a donc deux fois moins d'eau produite que d'électrons échangés. On peut donc estimer la quantité de matière d'eau produite par la relation suivante : $n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{n_{\text{e}^-}}{2}$

Or l'énergie produite est telle que $\mathcal{E} = U_m \cdot I \cdot \Delta t = U_m \cdot Q$ donc la quantité d'électricité mise en jeu pendant les 10 jours de fonctionnement du module s'exprime par $Q = \frac{\mathcal{E}}{U_m}$. En outre, la quantité d'électricité correspondant aux n_{e^-} moles d'électrons échangés est donnée par $Q = Q_m \cdot n_{e^-}$ d'où l'on déduit que $n_{e^-} = \frac{Q}{Q_m} = \frac{\mathcal{E}}{U_m \cdot Q_m}$ et finalement que :

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{n_{e^-}}{2} = \frac{\mathcal{E}}{2 \cdot U_m \cdot Q_m} = \frac{6,0 \cdot 10^9}{2 \times 28,0 \times 96,5 \cdot 10^3} = 1,1 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

On en déduit le volume d'eau formé pendant les 10 jours de fonctionnement par la définition de la masse volumique : $\mu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{V(\text{H}_2\text{O})}$ soit $V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{\mu_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O})}{\mu_{\text{H}_2\text{O}}}$ d'où

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1,1 \cdot 10^3 \times 18,0}{1,0 \cdot 10^3} = 20 \text{ L}$$

Si chaque astronaute consomme 2,0 L d'eau par jours, pendant 10 jours, pour un équipage de 5 astronautes, cela nécessite un volume d'eau de $V_{astro} = 2,0 \times 10 \times 5 = 100 \text{ L}$. **LE VOLUME D'EAU PRODUIT PAR LE MODULE HYDROX EST DONC INSUFFISANT.**

Éléments attendus	Barème	Points obtenus
Calcul de la tension aux bornes d'un module	2	/2
Calcul de l'énergie produite en 10 jours	2	/2
Réaction à l'anode en milieu basique	2	/2
Réaction à la cathode en milieu basique	2	/2
Équation-bilan de la réaction de fonctionnement	2	/2
Relation entre la quantité d'eau produite et celle des électrons échangés	2	/2
Calcul de la quantité de matière d'eau	2	/2
Calcul du volume d'eau produit en 10 jours	2	/2
Conclusion : l'eau produite n'est pas suffisante	2	/2
Soin et qualité apporté à la rédaction et à l'expression écrite	2	/2