

EXERCICE 2 (6 points)

(Physique-chimie)

Étude du fonctionnement d'une pile PEMFC

La pile à combustible à membrane échangeuse de protons (PEMFC) est un empilement de cellules élémentaires identiques, constituées chacune de deux électrodes séparées par un électrolyte.

L'électrolyte est une membrane polymère conductrice d'ions hydrogène (ou protons) H^+ :

- les ions H^+ peuvent migrer à travers l'électrolyte d'une électrode à l'autre ;
- les électrons sont bloqués par cette membrane.

Le fonctionnement de chaque cellule élémentaire repose sur le principe d'une réaction d'oxydo-réduction se réalisant aux deux électrodes, en utilisant du dihydrogène H_2 et du dioxygène O_2 comme réactifs.

L'objectif de cet exercice est d'étudier certaines caractéristiques physico-chimiques d'une pile PEMFC.

Données :

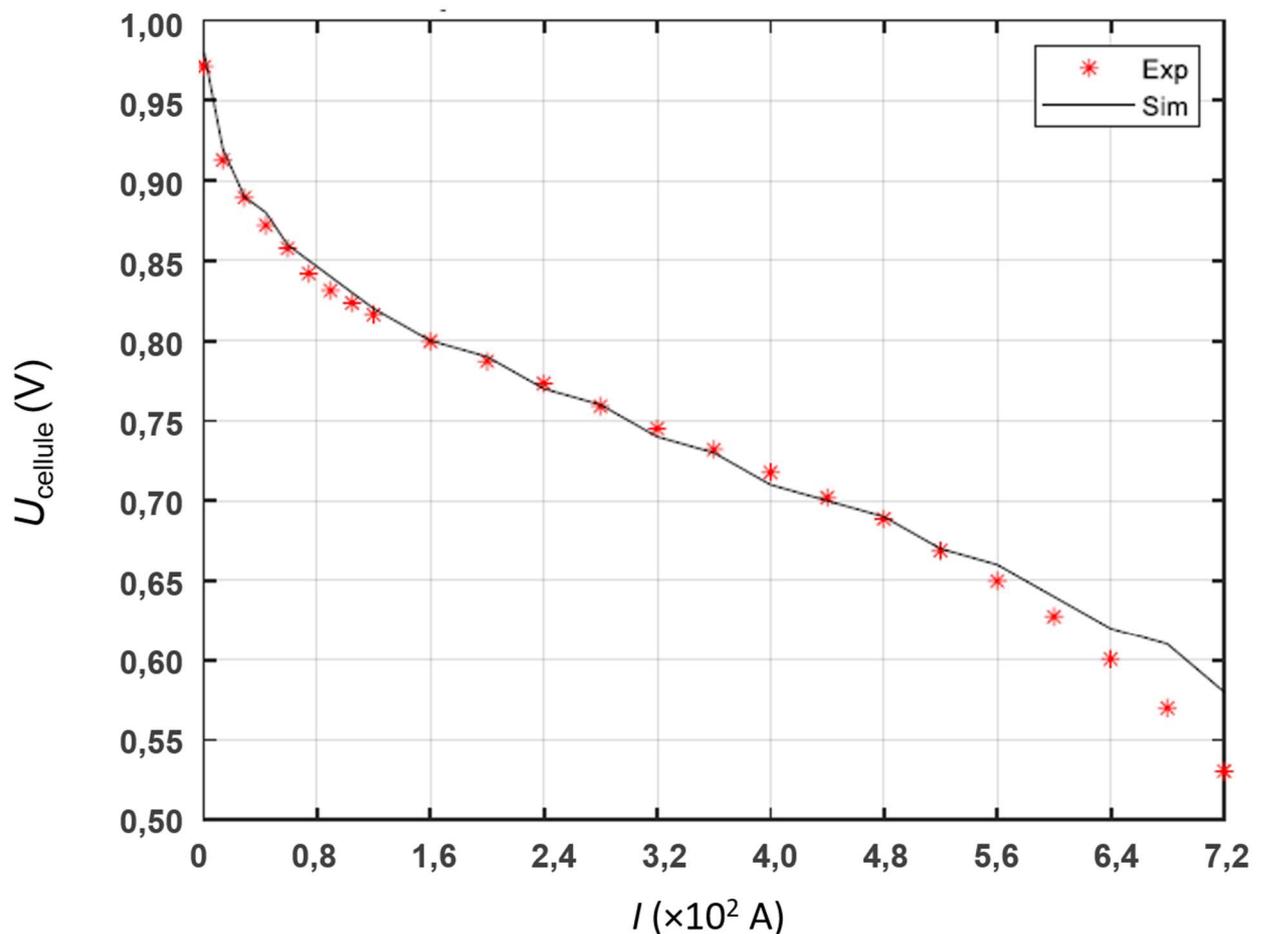
- couples mis en jeu : $H^+/H_2(g)$; $O_2(g)/H_2O(\ell)$;
- masses molaires : $M(H) = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(O) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- constante de Faraday : $F = 96\,500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$.

1. Compléter le **document réponse DR1 page 11 à rendre avec la copie** en indiquant le schéma de conversion énergétique d'une pile à combustible PEMFC.
2. Compléter le schéma de la pile PEMFC dans le **document réponse DR2 page 11 à rendre avec la copie** lorsqu'elle est en fonctionnement pour alimenter un récepteur électrique en indiquant :
 - la polarité de chaque électrode ;
 - le sens conventionnel de circulation du courant électrique à l'extérieur de la pile ;
 - le sens de déplacement des ions H^+ à travers l'électrolyte.
3. Déterminer les valeurs du nombre d'oxydation de l'élément oxygène dans les espèces chimiques du couple $O_2(g)/H_2O(\ell)$.
4. Lorsque la pile fonctionne, écrire les deux équations de demi-réaction se déroulant à chacune des deux électrodes 1 et 2. Identifier l'anode et la cathode.
5. Écrire l'équation de la réaction chimique modélisant le fonctionnement de la pile.

Les caractéristiques électriques d'une pile à combustible sont déterminées par le nombre de cellules élémentaires montées électriquement en série et la taille de la surface active des membranes. La pile étudiée ici est constituée de 100 cellules élémentaires en série. On donne ci-dessous, la caractéristique électrique d'une cellule élémentaire de la pile.

Il s'agit du tracé de la tension électrique de la cellule U_{cellule} , exprimée en volt, en fonction de l'intensité du courant I , exprimée en ampère.

Le graphique représente le nuage de points expérimentaux « Exp » et une modélisation notée « Sim ».



Courbe caractéristique d'une cellule élémentaire de la pile PEMFC
(d'après la thèse de doctorat d'Andrès Jacome, 2021)

6. Commenter la qualité de la modélisation du nuage de points expérimentaux.

Le fonctionnement de la cellule est optimal pour la valeur $I = 2,0 \times 10^2$ A.

7. Déterminer graphiquement la valeur de la tension électrique aux bornes de la cellule, notée U_{cellule} , lors de son fonctionnement optimal. En déduire la valeur de la tension notée U_{pile} , aux bornes de l'association de l'ensemble des cellules constituant la pile étudiée.

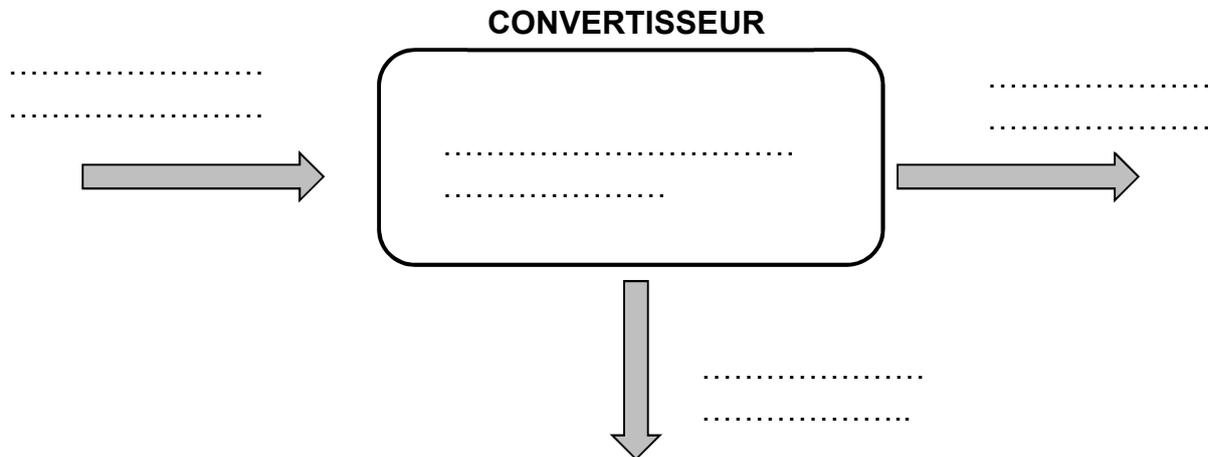
8. En utilisant la réponse à la question 4. et les données fournies, déterminer la valeur de la masse d'eau produite par une cellule élémentaire de la pile PEMC quand elle fonctionne normalement pendant une durée $\Delta t = 1,0$ h. On suppose que pendant Δt le courant électrique circulant dans une cellule a une valeur constante.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter correctement les différentes étapes de la démarche suivie.

DOCUMENT RÉPONSE
À RENDRE OBLIGATOIREMENT AVEC LA COPIE

Exercice 2 - Étude du fonctionnement d'une pile PEMFC

Document réponse DR1 : schéma de conversion énergétique d'une pile PEMFC.



Document réponse DR2 : schéma de principe d'une pile PEMFC en fonctionnement.

