

EXERCICE 4 (6 points)

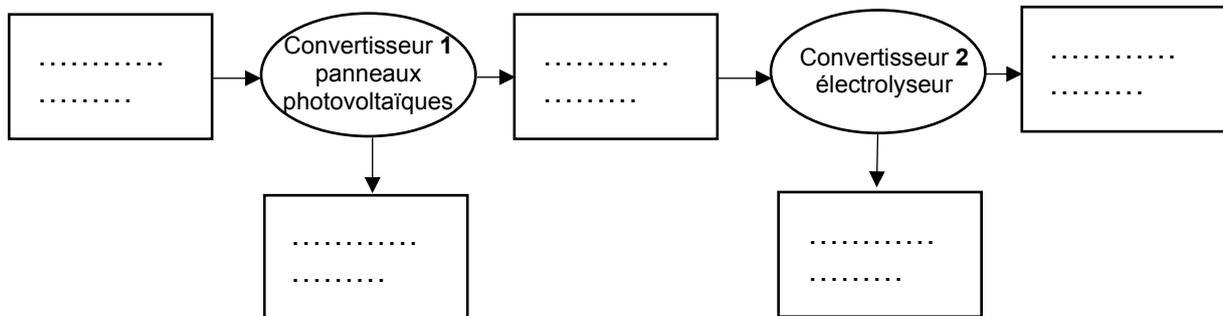
(Physique-Chimie)

Le bateau Energy-Observer est recouvert sur le maximum de sa surface par des panneaux photovoltaïques lui permettant de profiter de l'énergie solaire. Une partie importante de l'énergie électrique produite alimente un électrolyseur qui fabrique du dihydrogène gazeux à partir de l'eau de mer dessalinisée. Ce dihydrogène est alors stocké sous une pression de 350 bars dans des bonbonnes pour alimenter la pile à combustible qui assure les besoins en énergie électrique pour la propulsion du bateau et la vie à bord. Ce stockage du dihydrogène constitue une réserve d'énergie à long terme.

Produire de l'énergie avec les panneaux photovoltaïques

1. Recopier la chaîne énergétique ci-dessous et la compléter en précisant les formes d'énergie mises en jeu pour fabriquer le dihydrogène à bord du bateau à partir de l'énergie rayonnée par le Soleil.

Chaîne énergétique



La surface globale des panneaux photovoltaïques du bateau est de 168 m^2 .

Les panneaux utilisés sont de nouvelle génération et offrent un rendement de 22 %.

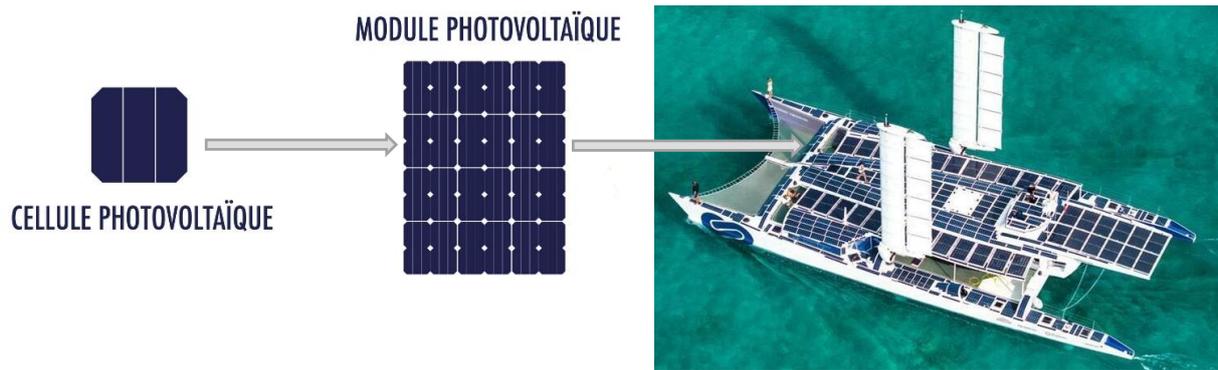
On considère que les panneaux solaires du bateau sont soumis à une irradiation moyenne de $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

2. Exploiter la valeur du rendement pour estimer la puissance électrique maximale fournie par l'ensemble des panneaux du bateau.

Le constructeur des panneaux annonce que l'installation photovoltaïque sur ce bateau est capable de produire une puissance électrique maximale de 28 kW.

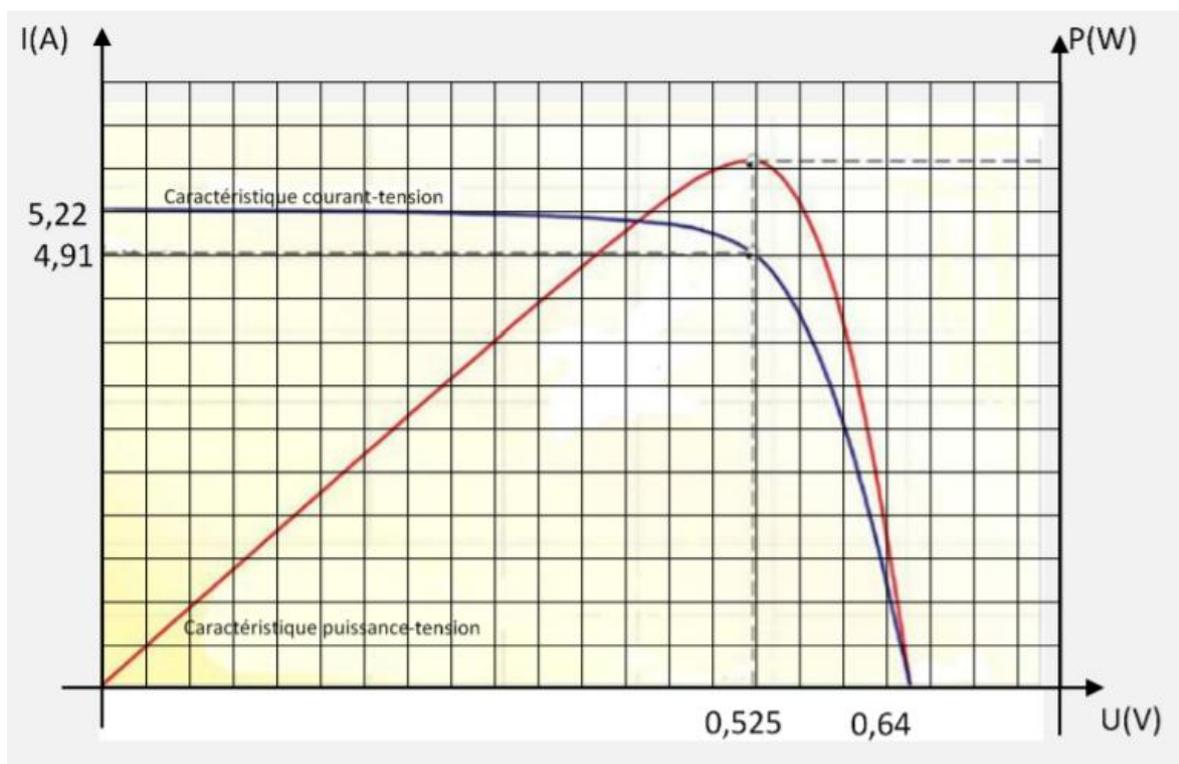
3. Comparer le résultat précédent avec la valeur de la puissance électrique maximale annoncée par le constructeur, puis commenter.

Les panneaux photovoltaïques sont constitués de cellules identiques montées en série, comme illustré ci-dessous :



Considérons une cellule photovoltaïque soumise à une irradiation solaire de $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ et à une température de $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Dans ces conditions, les caractéristiques électriques d'une cellule photovoltaïque sont données par le graphique suivant :



**Caractéristiques électriques d'une cellule photovoltaïque
(conditions du test : irradiation $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, $T = 20^\circ\text{C}$)**

D'après spcl.ac-montpellier.fr

Ce graphique indique notamment les valeurs de la tension U et de l'intensité I lorsque la puissance fournie par la cellule est maximale.

4. Montrer que, dans ces conditions, la valeur de la puissance électrique maximale délivrée par une cellule est voisine de 2,6 W.
5. Déterminer le nombre de cellules nécessaires pour atteindre la valeur de la puissance maximale annoncée par le constructeur.
6. Montrer que l'énergie électrique maximale produite par l'installation photovoltaïque au cours d'une semaine est de l'ordre de 1600 kWh si les conditions sont satisfaites pendant huit heures par jour (unités d'énergie : 1 Wh = 3600 J).

L'énergie ainsi produite sert à l'alimentation électrique des électrolyseurs qui réclament une énergie d'environ 2400 kWh pour faire le plein des réservoirs de dihydrogène.

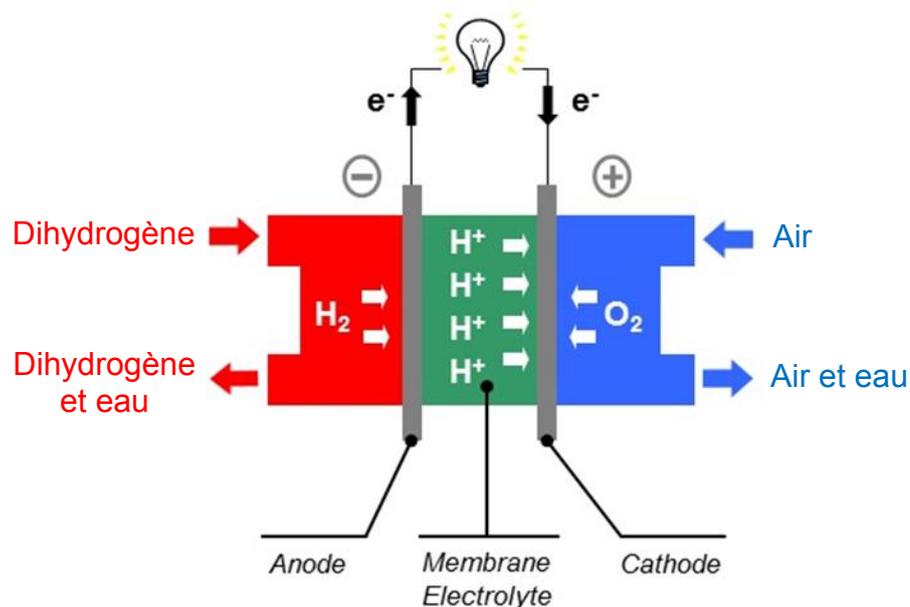
7. Estimer la durée nécessaire pour remplir pleinement les réservoirs en dihydrogène seulement par l'apport d'énergie des panneaux photovoltaïques. Commenter cette durée.

Le dihydrogène pour la pile à combustible

Le stockage du dihydrogène est réalisé dans huit réservoirs de 332 L, soit l'équivalent en énergie de 230 L d'essence. Ce volume représente une énergie globale nette stockée de 1000 kWh.

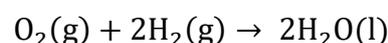
Source <https://www.energy-observer.org>

Cette pile à combustible est constituée de 400 cellules élémentaires dont le fonctionnement est décrit par le schéma ci-dessous :



Extrait du site internet d'EAS-HyMob_Région Normandie

Au cours de son fonctionnement, chaque cellule élémentaire consomme du dihydrogène $H_2(g)$ issu des huit réservoirs de stockage et du dioxygène $O_2(g)$ provenant de l'air ambiant. L'équation de la réaction modélisant le fonctionnement de la pile est la suivante :



Données :

- Couples d'oxydo-réduction : $O_2(g) / H_2O(l)$ et $H^+(aq) / H_2(g)$;
- masse molaire atomique : $M(H) = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- quantité d'électricité par mole d'électrons : $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$;

8. Écrire les équations des réactions électrochimiques modélisant les transformations chimiques se produisant à l'anode et à la cathode.

Le courant électrique circulant dans chaque cellule élémentaire a pour intensité :

$$I = 170 \text{ A}$$

Les réservoirs permettent de stocker un total de 62 kg de dihydrogène.

9. À l'aide des informations recueillies, montrer que la quantité de matière de $H_2(g)$ disponible pour chaque cellule élémentaire vaut 78 mol.

10. En déduire la quantité de matière $n(e^-)$ d'électrons échangés par une cellule.

La durée d'autonomie de la pile correspond à la durée de fonctionnement Δt d'une cellule qui s'exprime en secondes par la relation :

$$\Delta t = \frac{n(e^-) \times F}{I}$$

11. Déterminer la durée d'autonomie de la pile à combustible en secondes, puis en heures. Conclure sur l'intérêt de constituer une réserve de dihydrogène à bord.