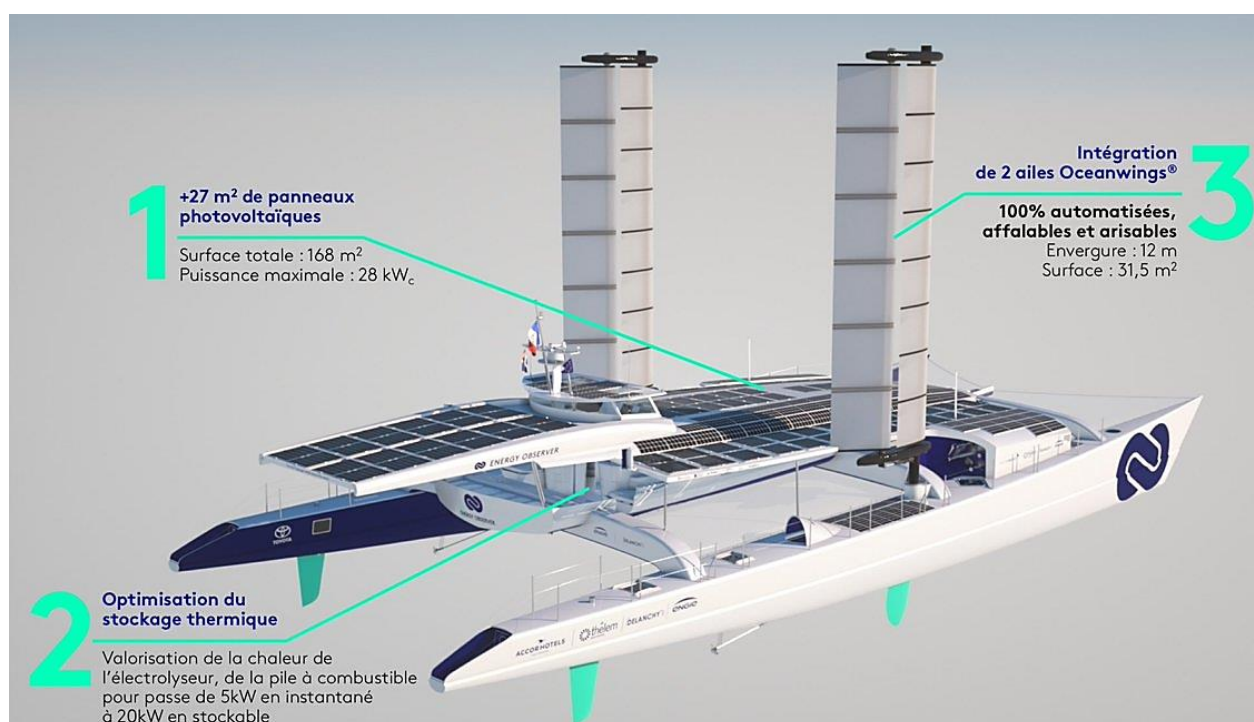


## EXERCICE 2 commun à tous les candidats (6 points)

(physique-chimie)

Energy Observer est le premier navire à hydrogène autonome en énergie, sans émission de gaz à effet de serre ou de particules fines. Ce navire du futur à propulsion fonctionne avec trois sources d'énergie renouvelables (solaire, éolien et hydrien) et deux formes de stockage d'énergie (batteries pour le court terme et dihydrogène pour le long terme). Durant la journée, la propulsion du bateau est assurée grâce à l'énergie solaire. Dès que la nuit tombe et que les batteries atteignent environ 20 % de leur capacité, la pile à combustible démarre automatiquement afin de remonter leur niveau de charge. Cette opération peut être réalisée en moins de deux heures. Ainsi, la vitesse peut être maintenue et les pics de consommation nocturnes respectés (repas, vie à bord, envois de données, eau chaude produite avec la chaleur de la pile).

Huit réservoirs de 332 L permettent de stocker un total de 63 kg de dihydrogène, soit l'équivalent en énergie de 230 L d'essence. Ce volume total représente une énergie nette stockée de 1,0 MWh.

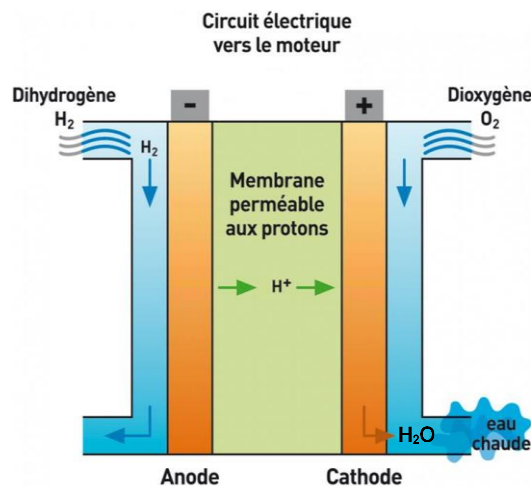


Source : d'après <https://www.energy-observer.org/fr/innovations/double-batteries-hydrogene>

Energy observer est équipé d'une pile à hydrogène. Une pile de ce type a été réalisée pour la première fois en laboratoire en 1839 par le britannique William Grove. Plus récemment, elle a été exploitée dans le cadre de la conquête spatiale (missions Apollo, etc.).

Il s'agit d'un générateur électrochimique permettant de transformer directement l'énergie chimique d'un combustible (le dihydrogène,  $H_2$ ) en énergie électrique.

La pile est constituée de deux électrodes (anode et cathode) séparées par une membrane qui bloque le passage des électrons mais laisse circuler les protons.



Source : d'après <https://www.reussir.fr/machinisme/la-pile-combustible-pour-sassurer-contre-les-microcoupures-deelectricite>

### Données :

- Couples oxydant-réducteur :  $H^+_{(aq)} / H_{2(g)}$  et  $O_{2(g)} / H_2O_{(l)}$ .
  - Énergie chimique libérée par une mole de dihydrogène lors du fonctionnement de la pile à hydrogène :  $E = 2,4 \times 10^5 \text{ J}$ .
  - Masse molaire atomique de l'hydrogène :  $1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
  - $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$ .
1. Compléter le schéma du **document réponse DR2 page 15, à rendre avec la copie**, en faisant figurer les formes d'énergie qui interviennent.
  2. Écrire les équations des réactions électrochimiques ayant lieu à chacune des électrodes. Préciser pour chacune d'elles s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction.
  3. En déduire l'équation de la réaction d'oxydo-réduction modélisant le fonctionnement de la pile à hydrogène.
  4. Expliquer en quoi cette pile est considérée comme non polluante.
  5. Calculer la quantité de matière de dihydrogène disponible sur Energy Observer lorsque les réservoirs sont pleins.
  6. En déduire l'énergie chimique disponible en J puis en Wh.
  7. Le rendement de la pile étant égal à 46 %, calculer la quantité d'énergie électrique disponible pour recharger les batteries. Montrer que ce résultat est cohérent avec les indications du **texte de présentation, page 4**.

Lors de la traversée Nassau (Bahamas) - Fort de France (Martinique) du 15 au 28 juillet 2020, la pile à hydrogène a fourni une puissance moyenne électrique de 30 kW. La durée totale d'utilisation de la pile au cours de la traversée a été de 24 h. L'énergie électrique totale pouvant être délivrée par cette pile était de 1,0 MWh.

On considèrera dans cette question la pile comme un générateur idéal de tension.

8. Définir ce qu'est un générateur idéal de tension.
9. Calculer l'énergie électrique délivrée par la pile au cours de la traversée.
10. Montrer que l'autonomie de la pile était suffisante pour cette traversée.

## Document réponse DR2 à rendre avec la copie

Compléter le schéma, en faisant figurer les formes d'énergie qui interviennent (énergie chimique, énergie électrique, énergie lumineuse, énergie thermique).

