

T.S :

Interrogation écrite.

durée : 1h.

Ex 1

Madame Blandoeuf, dirigeante d'une société de dépannage à domicile, est soucieuse de l'impact que son entreprise peut avoir sur l'environnement. Afin de diminuer les émissions de gaz à effet de serre et ainsi améliorer le bilan carbone de son entreprise, elle envisage d'installer $S = 70 \text{ m}^2$ de panneaux solaires sur le toit de ses bâtiments et elle se demande si son installation solaire permettrait de générer l'électricité nécessaire au rechargement du véhicule à hydrogène de sa société qui parcourt en moyenne 20 000 km par an. Son installation sera-t-elle suffisante ?

Document 1 - Panneau photovoltaïque

Le rendement r de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique des cellules photovoltaïques est de l'ordre de 20 %. Le rendement r est égal au rapport de l'énergie électrique E_e fournie par l'énergie solaire E reçue. La puissance solaire surfacique P_s moyenne reçue par unité de surface de panneau est $P_s = 200 \text{ W.m}^{-2}$. L'énergie, la puissance et le temps sont reliés par la relation suivante : $E = P.t$

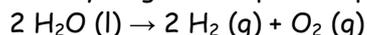


Document 2 - Une voiture à hydrogène Une voiture à hydrogène dispose d'un moteur électrique alimenté par une pile à combustible. Cette pile fonctionne grâce à une réaction d'oxydo-réduction. Le dihydrogène contenu dans le réservoir de la voiture réagit avec le dioxygène de l'air qui est insufflé par un compresseur placé dans le compartiment moteur. L'énergie électrique est produite par l'alternateur, et l'eau générée par la transformation est expulsée via le tuyau "d'échappement". Le dihydrogène nécessaire au fonctionnement de la pile est stocké à l'état gazeux sous une pression de 350 bars dans un réservoir de 110 L placé à l'arrière. Cette capacité de stockage confère au véhicule une autonomie de 200 km. Pour des raisons pratiques et

de sécurité, le constructeur a opté pour une solution dans laquelle le dihydrogène est directement produit dans le véhicule par électrolyse de l'eau. À l'intérieur du réservoir, le volume occupé par une mole de dihydrogène gazeux, appelé volume molaire, est égal à $V_m = 0,070 \text{ L.mol}^{-1}$ lorsque le réservoir est plein.

Document 3 - Production de dihydrogène par électrolyse

Le dihydrogène est produit par une électrolyse de l'eau dont l'équation est la suivante :



L'énergie chimique molaire $E_{\text{ch/mol}}$ à fournir pour former une mole de dihydrogène est $286 \times 10^3 \text{ J.mol}^{-1}$. Seuls 60 % de l'énergie électrique nécessaire à cette électrolyse sont transformés en énergie chimique utilisable pour la réaction chimique.

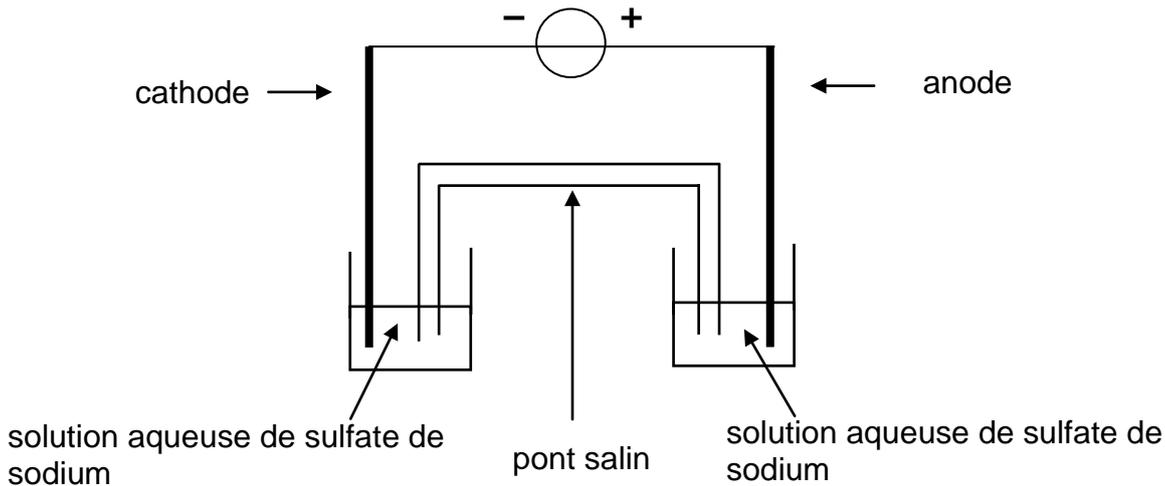
- 1) Donner l'expression littérale de la puissance solaire surfacique P_s en donnant l'unité de chaque terme de l'expression
- 2) Calculer l'énergie solaire E que produiraient les panneaux solaires sur les toits des bâtiments en $t = 1$ an (365 jours) . On considérera un ensoleillement moyen de 12 heures par jour.
- 3) En déduire l'énergie électrique E_e produite par les panneaux solaires.
- 4) Exprimer le rendement r' de l'électrolyseur en fonction de l'énergie chimique E_{ch} et de l'énergie électrique E_e
- 5) Calculer la quantité de matière $n(\text{H}_2)$ contenue dans le réservoir. En déduire la quantité de matière $n'(\text{H}_2)$ nécessaire au rechargement du véhicule à hydrogène de la société par an.
- 6) Calculer l'énergie électrique E'_e nécessaire pour faire fonctionner le véhicule (par an)
- 7) L'énergie électrique fournie par les panneaux solaires est-elle suffisante ? Expliquer
- 8) Envisagez 3 solutions (ne nuisant pas à l'environnement et possibles bien sur!) pour améliorer l'installation de Mme Blandoeuf (évitez les solutions du type 'elle remplace la voiture par un bœuf' ou 'elle va habiter dans le sud, il y a plus de soleil')

Ex 2 : Principe de production du dihydrogène par électrolyse

Une pile à combustible, pendant les phases de production, doit être alimentée en continu par du combustible, la plupart du temps du dihydrogène, et en comburant, le plus souvent du dioxygène, présent à près de 20 % dans l'air ambiant. Le dihydrogène n'est pas une source d'énergie naturelle. Il faut produire du dihydrogène en émettant le moins de pollution possible. Plusieurs possibilités sont étudiées : à partir de carburants fossiles, de biomasse, d'algues vertes ou de bactéries, de l'électrolyse de l'eau. L'électrolyse peut se concevoir comme un moyen de production simple mais coûteux.

1. Au laboratoire on peut produire du dihydrogène en électrolysant une solution aqueuse de sulfate de sodium de concentration molaire en soluté apporté $c = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$. Pour obtenir cette solution, on dissout le sulfate de sodium $\text{Na}_2\text{SO}_4(s)$ dans de l'eau distillée. Le volume de solution obtenue est $V = 500 \text{ mL}$. Écrire l'équation de la réaction de dissolution du sulfate de sodium solide.

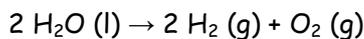
On réalise le montage schématisé ci-dessous :



Deux petits cristallisoirs sont remplis de la solution aqueuse de sulfate de sodium précédente. Ils sont reliés l'un et l'autre par un pont salin. Les deux électrodes, respectivement dans chacun des deux cristallisoirs, sont reliées à un générateur de tension. Les couples redox en solution sont $\text{O}_{2(g)} / \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ et $\text{H}^+_{(aq)} / \text{H}_{2(g)}$.

2) Sachant que dans le pont salin ce sont les ions de la solution qui se déplacent en assurant le passage du courant électrique, dessiner sur le schéma le sens de déplacement des ions, des électrons et du courant électrique.

3) En écrivant les $2 \frac{1}{2}$ équations se déroulant aux électrodes, démontrer que l'équation bilan de l'électrolyse de l'eau est la suivante :



4) Calculer le volume de dihydrogène fourni par l'électrolyse de la solution si l'intensité du courant est $i = 1,0 \text{ A}$ et que la durée de l'électrolyse est $\Delta t = 1,00 \text{ h}$.

On donne la constante d'Avogadro $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, la charge électrique élémentaire $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, le volume molaire vaut $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$.

Correction

Ex 1 (9,5 points)

1) (1 point) L'expression littérale de la puissance solaire surfacique est :

$$P_s \text{ (W.m}^{-2}\text{)} = P(W)/S(\text{m}^2)$$

2) (1 point) $E = P.t = P_s.S.t = 200 \times 70 \times 3600 \times 12 \times 365 = 2,2 \times 10^{11} \text{ J}$

3) (1 point) $r = E_e/E$ donc l'énergie électrique fournie vaut:

$$E_e = r.E = 0,20 \times 2,2 \times 10^{11} = 0,44 \times 10^{11} = 4,4 \times 10^{10} \text{ J}$$

4) (1 point) le rendement r' de l'électrolyseur vaut :

$$r' = E_{ch}/E_e = 0,60$$

5) (2 point) $V_m = V/n(\text{H}_2)$ donc $n(\text{H}_2) = V/V_m = 110/0,070 = 1,6 \times 10^3 \text{ mol}$

La quantité de matière $n'(\text{H}_2) = 100.n(\text{H}_2)$ car le véhicule doit parcourir 20000 km en moyenne par an.

$$n'(\text{H}_2) = 1,6 \times 10^5 \text{ mol.}$$

6) (1 point) $E_e = E_{ch}/r' = [n'(\text{H}_2).E_{ch/mol}]/r'$

$$E'_e = (1,6 \times 10^5 . 286 \times 10^3)/0,60 = 7,6 \times 10^{10} \text{ J}$$

7) (1 point) L'énergie nécessaire pour faire fonctionner le véhicule E'_e est supérieur à l'énergie électrique E_e produite par les panneaux solaires donc l'installation n'est pas viable !

8) (1,5 point) Améliorations possibles :

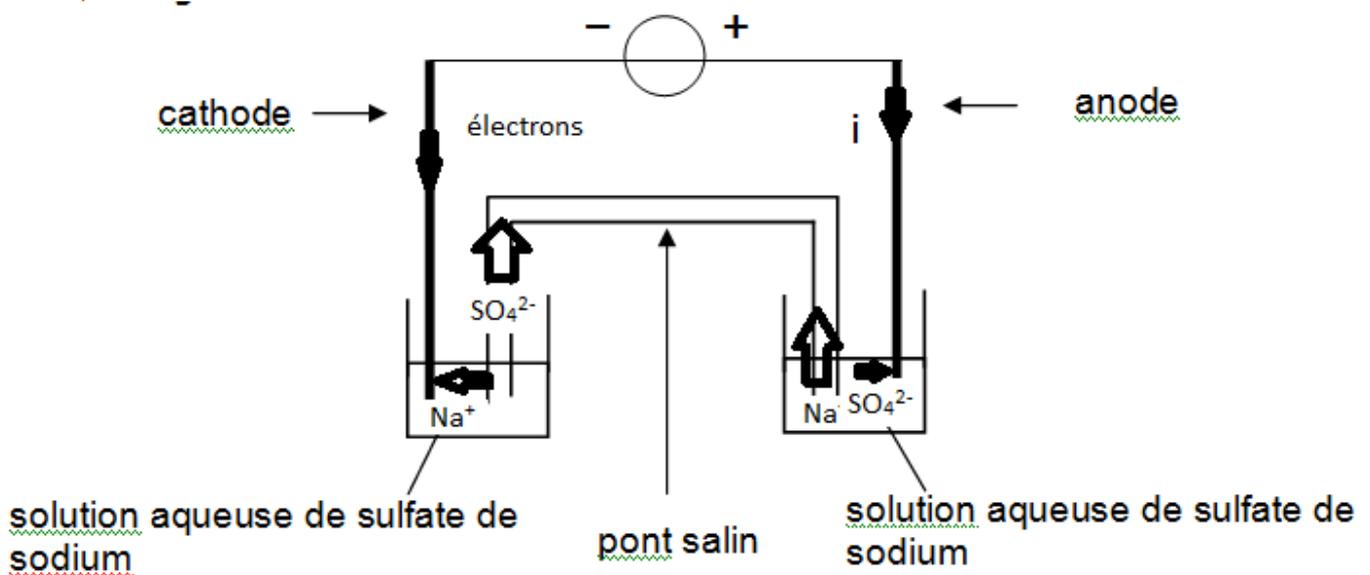
- améliorer le rendement des panneaux solaires et de l'électrolyseur
- acheter d'avantage de panneaux solaires
- si la voiture va moins vite, la consommation est inférieure

Ex 2 (5,5 points)

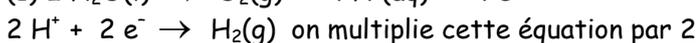
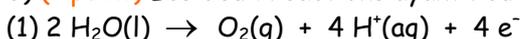
1) (1 point) Réaction de dissolution :

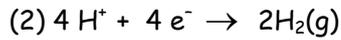


2) (1,5 point) -

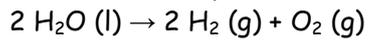


3) (1 point) Les deux réactions ayant lieu aux électrodes ont pour équations :





(1)+(2) donne l'équation bilan de l'électrolyse de l'eau



4) (2 points) D'après l'équation bilan $n(\text{e}^-) = 4x_{\text{max}} = 2.n(\text{H}_2)_{\text{produit}}$

$$n(\text{e}^-) = \frac{N}{Na} = \frac{Q}{e} \cdot \frac{1}{Na} = \frac{i.\Delta t}{e.Na} = 2.n(\text{H}_2)$$

$$\text{or } n(\text{H}_2) = \frac{i.\Delta t}{e.Na.2} = \frac{V(\text{H}_2)}{Vm}$$

$$V(\text{H}_2) = \frac{i.\Delta t.Vm}{2.e.Na} = \frac{1,0 \times 3600 \times 24}{2 \times 1,6 \times 10^{-19} \cdot 6,02 \times 10^{23}} = 0,45 \text{L}$$