

1 La voiture à pile à combustible à dihydrogène

Le transport est devenu l'une des premières sources de pollution.

Parmi les problèmes environnementaux posés, on peut citer la production de gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone, qui n'a pas de toxicité directe mais qui est partiellement responsable du réchauffement climatique à l'échelle planétaire. Ce réchauffement laisse craindre, à moyen terme, une catastrophe écologique de très grande ampleur.

L'utilisation de véhicules fonctionnant avec une pile à combustible consommant du dihydrogène constitue donc une alternative intéressante (figure 1).



FIG. 2 – Un véhicule utilisant une pile à combustible.



FIG. 1 – La Honda FCX Clarity, première voiture commercialisée avec une pile à combustible.

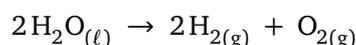
Ainsi, de nombreux constructeurs automobiles développent actuellement des véhicules à pile à combustible (figure 2). Mercedes par exemple réalise des essais avec sa « Classe B », qui affiche une consommation de 1,14 kg de dihydrogène aux 100 km, contre 6,5 L d'essence aux 100 km pour une voiture à motorisation classique.

2 Les sources de dihydrogène

La plupart des voitures actuelles consomment de l'essence. Celle-ci est principalement constituée d'octane, alcane liquide de formule C_8H_{18} . La réaction de combustion de l'octane se déroule dans le moteur. Si celui-ci est correctement réglé, la combustion avec le dioxygène de l'air produit du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau. Avec une voiture possédant une pile à combustible utilisant du dihydrogène, le seul rejet est de l'eau.

Seulement, le dihydrogène n'existant pas à l'état naturel sur Terre, utiliser ce gaz comme carburant implique donc de le produire. Actuellement, 96 % de la production de dihydrogène est réalisée à partir de carburants fossiles (gaz naturel, pétrole, charbon, voir la figure 3) et cette production libère du CO_2 .

Le dihydrogène peut être produit par électrolyse de l'eau, dont l'équation est la suivante :



L'énergie chimique à fournir pour former une mole de dihydrogène est $286 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$. Cette électrolyse nécessite de l'énergie électrique, et seuls 60 % de l'énergie électrique nécessaire à cette électrolyse sont transformés en énergie chimique, utilisable par la réaction chimique.

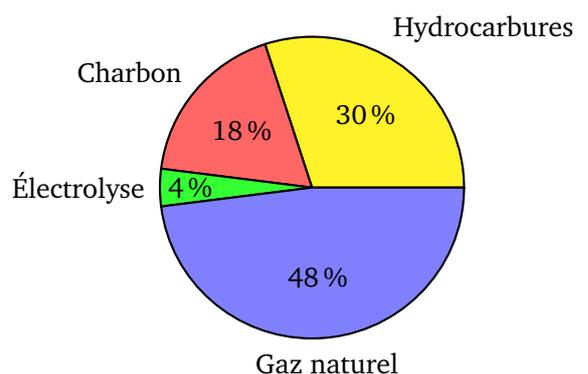


FIG. 3 – Origine du dihydrogène produit.

3 Le stockage du dihydrogène dans le véhicule

Un problème épineux concerne le stockage du dihydrogène dans le véhicule. Chez Mercedes, le dihydrogène est stocké à l'état gazeux sous une pression de 350 bar dans un réservoir de 100 L placé à l'arrière du véhicule (figure 4). Cette capacité de stockage confère au véhicule une autonomie qui n'est pas précisée.

À l'intérieur du réservoir, le volume occupé par une mole de dihydrogène gazeux, appelé volume molaire, est égal à $V_m = 0,070 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ lorsque le réservoir est plein.



FIG. 4 – Réservoir de dihydrogène sous pression à l'arrière du véhicule.

4 Les panneaux photovoltaïques pour produire l'énergie électrique



FIG. 5 – Panneaux photovoltaïques sur un toit.

Le rendement de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique des cellules photovoltaïques (figure 5) est de l'ordre de 20 %.

La puissance solaire moyenne reçue par unité de surface de panneau est $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

L'énergie E en joule (J), la puissance P en watt (W) et le temps t en seconde (s) sont reliés par la relation suivante :

$$E = P \cdot t$$

5 Problème à résoudre

Madame D., 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 70 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.

Vous rédigerez un rapport argumenté et critique répondant à l'interrogation de Madame D. (20 lignes maximum).

L'ensemble des calculs nécessaires sera présenté séparément, à la suite du rapport.

Grille DS4 Spé

Discussion critique

.../8

- Idée 1 : il faut utiliser l'électrolyse pour un bilan carbone neutre
- Idée 2 : possibilité de 11 000 km avec 70 m²
- Idée 3 : avec 130 m² au lieu de 70 m² indépendance énergétique
- Idée 4 : stock dihydrogène quotidien de 30 km
- Idée 5 : réservoir du véhicule qui permet 246 km
- Critique 1 : ensoleillement moyen inconnu
- Critique 2 : orientation des panneaux inconnue
- Critique 3 : coût financier et écologique

Calculs

.../12

- Ensoleillement $t = 8$ h
- Panneaux photovoltaïques $P_{reçue} = 14$ kW
- $\eta_{panneaux} = P_{elec}/P_{reçue}$
- Panneaux photovoltaïques $P_{elec} = 2,8$ kW
- Panneaux photovoltaïques $E = 81$ MJ
- $\eta_{electrolyseur} = E_{chim}/E_{elec}$
- Électrolyseur $E_{chim} = 49$ MJ par jour
- $n_{electrolyseur} = E_{chim}/\Delta_r G$
- $m = n \cdot M = 0,34$ kg de H₂ par jour
- Possible 30 km ou 11 000 km, besoin moyen 55 km ou 20 000 km
- $n_{réservoir} = V/V_m = 1,4$ kmol
- Autonomie maximale 246 km

Grille DS4 Spé

Discussion critique

.../8

- Idée 1 : il faut utiliser l'électrolyse pour un bilan carbone neutre
- Idée 2 : possibilité de 11 000 km avec 70 m²
- Idée 3 : avec 130 m² au lieu de 70 m² indépendance énergétique
- Idée 4 : stock dihydrogène quotidien de 30 km
- Idée 5 : réservoir du véhicule qui permet 246 km
- Critique 1 : ensoleillement moyen inconnu
- Critique 2 : orientation des panneaux inconnue
- Critique 3 : coût financier et écologique

Calculs

.../12

- Ensoleillement $t = 8$ h
- Panneaux photovoltaïques $P_{reçue} = 14$ kW
- $\eta_{panneaux} = P_{elec}/P_{reçue}$
- Panneaux photovoltaïques $P_{elec} = 2,8$ kW
- Panneaux photovoltaïques $E = 81$ MJ
- $\eta_{electrolyseur} = E_{chim}/E_{elec}$
- Électrolyseur $E_{chim} = 49$ MJ par jour
- $n_{electrolyseur} = E_{chim}/\Delta_r G$
- $m = n \cdot M = 0,34$ kg de H₂ par jour
- Possible 30 km ou 11 000 km, besoin moyen 55 km ou 20 000 km
- $n_{réservoir} = V/V_m = 1,4$ kmol
- Autonomie maximale 246 km