

Solution

Chère Madame D.,

L'installation que vous envisagez va vous permettre de parcourir 11 000 km avec un bilan carbone neutre, en disposant d'un véhicule avec une autonomie de 250 km au maximum, et de 30 km au minimum, selon le stock de dihydrogène dont vous disposez à un instant t . Dans le cas où vous envisageriez d'éliminer totalement la consommation de carburant ordinaire, il faudrait hausser la surface de capteurs solaires à 130 m², et constituer un stock suffisant de dihydrogène pour palier à toute variation dans l'utilisation de votre véhicule ou dans la production de dihydrogène.

Ces chiffres ne tiennent pas compte du facteur météorologique, ni de l'orientation des panneaux, facteurs pour lesquels nous ne disposons pas d'éléments lors de cette étude préliminaire. Une seconde étude peut nous être commandée, qui tiendrait compte du nombre d'heures d'ensoleillement moyen pour chaque jour, basé sur les observations météorologiques passées, et sur l'orientation du toit de votre entreprise. En l'absence de données, nous nous sommes basés sur un cas idéal type d'une orientation idéale et d'un ensoleillement constant et régulier chaque jour de l'année.

J'attire aussi votre attention sur le coût de l'installation, coût financier et coût écologique, puisqu'il faut bien fabriquer et installer les panneaux solaires, à comparer aux 1 950 € de carburant fossile consommés par an par un véhicule dans l'usage envisagé. On peut estimer que l'installation a une durée de vie supérieure à une vingtaine ou une trentaine d'années, donc tout est une question de perspective.

Bien cordialement, l'élève de Spécialité physique-chimie lambda.

Détail des calculs

- Supposons pour simplifier que les panneaux solaires peuvent fonctionner 8 heures par jour, et qu'il fait beau plus de 230 jours par an (300 jours de beau temps dans les Alpes du Sud...). On a donc, avec ces données très optimistes :

$$t = 8 \text{ h}$$

- Le document 4 indique une puissance par unité de surface de 200 W · m⁻² donc pour une surface totale de $S = 70 \text{ m}^2$ la puissance reçue par l'ensemble de l'installation sera de :

$$P_{\text{reçue}} = 200 \times 70 = 14 \text{ kW}$$

- Le document 4 indique un rendement de $\eta_1 = 20\%$, donc la puissance électrique disponible sera de :

$$\eta_1 = \frac{P_{\text{élec}}}{P_{\text{reçue}}} \Leftrightarrow P_{\text{élec}} = \eta_1 \cdot P_{\text{reçue}}$$

$$\Rightarrow P_{\text{élec}} = 0,20 \times 14 = 2,8 \text{ kW}$$

- Finalement, l'énergie électrique disponible sur une journée entière de fonctionnement des panneaux solaires est de :

$$E_{\text{élec}} = P_{\text{élec}} \cdot t$$

$$E_{\text{élec}} = 2,8 \times 8 \times 3600 = 81 \text{ MJ}$$

- Cette énergie électrique est utilisée dans des électrolyseurs pour produire du dihydrogène. Tout autre mode de production serait contraire à l'objectif initialement fixé, car le document 2 indique que les autres sources possibles de dihydrogène sont basées sur des combustibles fossiles.
- Le document 2 indique que cette électrolyse a un rendement de $\eta_2 = 60\%$, donc il est possible de récupérer une énergie chimique de :

$$\eta_2 = \frac{E_{\text{chim}}}{E_{\text{élec}}} \Leftrightarrow E_{\text{chim}} = \eta_2 \cdot E_{\text{élec}}$$

$$\Rightarrow E_{\text{chim}} = 0,60 \times 81 = 49 \text{ MJ}$$

- Cette énergie chimique permet de produire une certaine quantité de dihydrogène chaque jour, notons la n , en moles (mol). Le document 2 indique que l'énergie nécessaire pour produire une mole de dihydrogène est de $286 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$, donc avec 49 MJ on peut produire chaque jour :

$$n = \frac{49 \times 10^6}{286 \times 10^3} = 1,7 \times 10^2 \text{ mol}$$

- La masse m_{dispo} de dihydrogène correspondante est facile à calculer :

$$n = \frac{m_{\text{dispo}}}{M} \Leftrightarrow m_{\text{dispo}} = n \cdot M$$

$$\Rightarrow m_{\text{dispo}} = 1,7 \times 10^2 \times 2,00$$

$$\Rightarrow m_{\text{dispo}} = 0,34 \text{ kg}$$

- La voiture de société doit parcourir 20 000 km par an, et le dihydrogène est produit et stocké toute l'année, donc seul le kilométrage moyen par jour est intéressant :

$$\frac{20\,000}{365,25} = 55 \text{ km}$$

- Le document 1 indique une consommation de dihydrogène de 1,14 kg au 100 km, donc pour 55 km la masse de dihydrogène nécessaire est de :

$$m_{\text{nécessaire}} = \frac{1,14}{100} \times 55 = 0,63 \text{ kg}$$

- On constate $m_{\text{nécessaire}} > m_{\text{dispo}}$, l'équipement initialement envisagé est sous-dimensionné, il faut une plus grande surface de panneaux solaires, que l'on peut calculer par proportionnalité :

$$S_{\text{nécessaire}} = \frac{m_{\text{nécessaire}}}{m_{\text{dispo}}} \cdot S$$

$$S_{\text{nécessaire}} = \frac{0,63}{0,34} \times 70 = 130 \text{ m}^2$$

Alternativement un autre calcul pertinent consiste à trouver combien de kilomètre le véhicule peut parcourir avec l'installation envisagée, par jour puis par an :

$$d_{\text{quotidien}} = \frac{0,34}{1,14} \times 100 = 30 \text{ km}$$

$$d_{\text{annuel}} = 30 \times 365,25 \simeq 11\,000 \text{ km}$$

- La voiture de société doit parcourir 20 000 km par an, en comptant 5 jours de travail par semaine et 52 semaines par an, et en soustrayant 6 semaines de congés, on arrive à un total de $(52 - 6) \times 5 = 230$ jours travaillés. Le kilométrage quotidien sera donc de :

$$\frac{20\,000}{230} = 87 \text{ km}$$

- Le document 3 indique un réservoir pour le véhicule de volume $V = 100 \text{ L}$, dans des conditions de pression et de température telles que le volume molaire du gaz vaut $V_m = 0,070 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$, donc le réservoir peut contenir une quantité de dihydrogène de :

$$n_{\text{réservoir}} = \frac{V}{V_m} = \frac{100}{0,070} = 1,4 \text{ kmol}$$

- La masse de dihydrogène correspondante et l'autonomie en kilomètre s'en déduisent facilement :

$$m_{\text{réservoir}} = n_{\text{réservoir}} \cdot M = 1,4 \times 2,00 = 2,8 \text{ kg}$$

$$\frac{2,8}{1,14} \times 100 = 246 \text{ km}$$

L'autonomie du véhicule réservoir plein est suffisante pour l'usage envisagé.

- Calculons pour terminer le coût en carburant fossile pour le véhicule présenté au document 1 : 6,5 L d'essence aux 100 km, 20 000 km par an, pour un carburant à 1,5 € environ :

$$6,5 \times \frac{20\,000}{100} \times 1,5 = 1\,950 \text{ €}$$

Ce coût relativement modeste nous permet d'étayer la discussion critique demandée.