Spécialité : Utilisation d'une installation couplant voiture à hydrogène et panneaux photovoltaïques

Bac S 2013 Nouvelle-Calédonie (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

P Rédiger un rapport argumenté et critique (20 lignes au plus) : 70 m² de panneaux solaires suffisent-ils à produire l'électricité nécessaire au rechargement du véhicule à hydrogène, qui parcourt 20 000 km par an ? Présenter les calculs à la suite.

Données utiles surface $S = 70\ \text{m}^2$; puissance solaire surfacique moyenne $p = 200\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; rendement des cellules $\eta_1 = 20\ \%$; réservoir $V = 110$ L, autonomie 200 km ; $V_m = 0{,}070\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$; $E_m = 286 \times 10^3\ \text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$; rendement de l'électrolyse $\eta_2 = 60\ \%$

Rapport.

Madame,

Vous souhaitez savoir si 70 m² de panneaux photovoltaïques produiraient l'électricité nécessaire pour recharger en dihydrogène votre véhicule, qui roule 20 000 km par an.

D'après les calculs présentés ci-dessous, parcourir cette distance demande 100 pleins du réservoir. Produire le dihydrogène correspondant par électrolyse de l'eau consomme environ $7{,}5 \times 10^{10}$ J d'énergie électrique par an. Vos panneaux en fourniraient environ $8{,}8 \times 10^{10}$ J par an. Sur l'année, l'installation couvre donc le besoin, avec une marge d'un peu moins de 20 %.

Cette conclusion appelle plusieurs réserves :

- la marge est faible, alors que le rendement des cellules n'est donné qu'en ordre de grandeur et que la puissance solaire est une moyenne : orientation du toit, ombres, salissures ou vieillissement des panneaux peuvent la faire disparaître ;
- la production est nulle la nuit, réduite en hiver et par temps couvert, alors que le véhicule doit être rechargé toute l'année ; de plus il roule le jour, au moment où les panneaux produisent. Il faut donc stocker l'électricité ou rester raccordé au réseau, auquel on cède les excédents ;
- le calcul ne compte pas l'énergie nécessaire pour comprimer le dihydrogène à 350 bar ;
- le bilan carbone doit inclure la fabrication des panneaux, et le coût de l'installation reste à étudier.

Le projet est donc réalisable en moyenne annuelle, à condition de conserver un raccordement au réseau ou de prévoir un stockage.

Calculs.

1. Énergie électrique nécessaire au véhicule pendant un an.

Nombre de pleins : $N = \dfrac{20\,000}{200} = 100$.

Quantité de dihydrogène dans un réservoir plein :

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{110}{0{,}070} = 1{,}6 \times 10^3\ \text{mol}$$

Énergie chimique à fournir pour un plein : $E_{\text{ch}} = n \times E_m$.

Seuls 60 % de l'énergie électrique sont convertis en énergie chimique : $\eta_2 = \dfrac{E_{\text{ch}}}{E_{\text{él}}}$, donc $E_{\text{él}} = \dfrac{n \times E_m}{\eta_2}$.

Pour un an :

PIÈGE
Inverser les rendements. L'électrolyse consomme plus qu'elle ne restitue : on divise par 0,60. Le panneau ne convertit qu'une partie de l'énergie reçue : on multiplie par 0,20.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme V_m et les rendements. Le volume molaire de $0{,}070\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ est très inférieur aux 24 L·mol⁻¹ habituels car le gaz est comprimé à 350 bar.

MÉTHODE
Résolution de problème : écrire le critère (énergie fournie comparée à l'énergie nécessaire, sur la même durée), calculer chaque terme en littéral avant l'application numérique, puis conclure et critiquer les hypothèses.

$$E_{\text{besoin}} = \frac{N \times V \times E_m}{\eta_2 \times V_m} = \frac{100 \times 110 \times 286 \times 10^3}{0{,}60 \times 0{,}070} = 7{,}5 \times 10^{10}\ \text{J}$$

2. Énergie électrique fournie par les panneaux en un an.

Puissance électrique moyenne : $P_{\text{él}} = \eta_1 \times p \times S = 0{,}20 \times 200 \times 70 = 2{,}8 \times 10^3$ W.

La puissance donnée est une moyenne, qui tient déjà compte des nuits : la durée est l'année entière, $\Delta t = 365 \times 24 \times 3600 = 3{,}15 \times 10^7$ s.

$$E_{\text{fournie}} = P_{\text{él}} \times \Delta t = 2{,}8 \times 10^3 \times 3{,}15 \times 10^7 = 8{,}8 \times 10^{10}\ \text{J}$$

3. Comparaison.

$$\frac{E_{\text{fournie}}}{E_{\text{besoin}}} = \frac{8{,}8 \times 10^{10}}{7{,}5 \times 10^{10}} = 1{,}2$$

$E_{\text{fournie}} = 8{,}8 \times 10^{10}\ \text{J} > E_{\text{besoin}} = 7{,}5 \times 10^{10}\ \text{J}$: en moyenne sur l'année, les 70 m² de panneaux suffisent, avec une marge inférieure à 20 %.

À LA CALCULATRICE

