

DEVOIR DE SCIENCES - PHYSIQUES N°3

A. VOITURE À HYDROGÈNE ET PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES (/10)

Madame Daumier,

vous désirez savoir si une surface de 70m^2 de panneaux solaires fournirait assez d'énergie électrique pour faire parcourir à une voiture à hydrogène une distance de 20000km par an.

J'ai effectué des calculs, fournis ci-après, afin de vous répondre.

Compte-tenu du rendement des panneaux et de la puissance solaire moyenne reçue, on disposerait en un an d'une énergie électrique égale à $8,8 \cdot 10^{10}\text{J}$. Cette énergie permettrait à votre véhicule de parcourir une distance de l'ordre de 23500km environ ce qui remplit a priori le cahier des charges.

Ainsi il semble que l'on dispose d'une énergie suffisante avec 70m^2 de panneaux photovoltaïques.

J'attire cependant votre attention sur un inconvénient de l'énergie électrique d'origine solaire : la production peut être très variable en fonction de la météorologie et de la saison.

Le stockage de cette énergie, accumulée par beau temps, posera quelques problèmes.

Il faudra étudier :

- le coût de l'achat de batteries pour la stocker,
- et/ou le rachat de l'excédent par EDF.

Parallèlement, en hiver et par mauvais temps, il pourra être nécessaire d'acheter de l'électricité pour palier à un ensoleillement plus faible.

Au regard de ces éléments, vous pourrez juger de la suite à donner à votre projet.

Je me tiens à votre disposition pour toute information complémentaire.

Bien cordialement.

① Énergie électrique produite par les panneaux en une année :

La puissance solaire reçue par les 70m^2 de panneaux photovoltaïques est égale à : $P_s = 200 \times 70 = 1,4 \cdot 10^4\text{W}$

L'énergie solaire annuelle reçue est alors égale à : $E_s = P_s \cdot \Delta t$ avec $\Delta t =$ une année

Il faut tenir compte du rendement de conversion (20%) pour obtenir l'énergie électrique :

$$E_{el} = E_s \times 0,20 = (P_s \cdot \Delta t) \times 0,20 = 1,4 \cdot 10^4 \times \underbrace{365,25 \times 24 \times 3600}_{\text{une année en s}} \times 0,20 = \underline{8,8 \cdot 10^{10}\text{J}}$$

② Énergie chimique produite par l'électrolyseur en une année :

Le rendement de l'électrolyseur étant de 60% : $E_{ch} = E_{el} \times 0,60 = \underline{5,3 \cdot 10^{10}\text{J}}$

③ Quantité de matière de dihydrogène produite en une année :

Il faut $286 \cdot 10^3\text{J}$ pour produire 1 mole de H_2 .

$$\text{Donc, si on dispose de } 5,3 \cdot 10^{10}\text{J} \text{ on pourra produire annuellement : } n(\text{H}_2)_{\text{annuelle}} = \frac{5,3 \cdot 10^{10}}{286 \cdot 10^3} = \underline{1,9 \cdot 10^5 \text{ mol}}$$

④ Distance annuelle théorique :

$$\text{Le réservoir du véhicule contient : } n(\text{H}_2)_{\text{réservoir}} = \frac{V_{\text{réservoir}}}{V_m} = \frac{110}{0,070} = \underline{1,6 \cdot 10^3 \text{ mol}}$$

ce qui confère au véhicule une autonomie de 200km .

La distance annuelle théorique D que pourra parcourir le véhicule est donc :

$$1,6 \cdot 10^3 \text{ mol} \leftrightarrow 200\text{km}$$

$$1,9 \cdot 10^5 \text{ mol} \leftrightarrow D = \frac{1,9 \cdot 10^5 \times 200}{1,6 \cdot 10^3} = \underline{23500\text{km}} > 20000\text{km}$$

B. RÉNOVATION D'UN AMPHITHÉÂTRE (/10)

1. Aire équivalente de l'amphithéâtre :

1^{ère} méthode :

Utilisation de la loi de Sabine :

$$A = 0,16 \cdot \frac{V}{T_R}$$

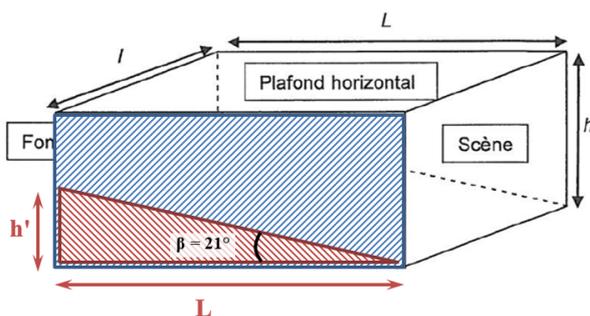
Il est donc nécessaire de calculer le volume V de la salle :

$$V = V_{(\text{parallélépipède base rectangle})} - V_{(\text{parallélépipède base triangle})}$$

$$V = L \cdot \ell \cdot h - \frac{L \cdot h'}{2} \cdot \ell \quad \text{avec } h' = L \cdot \tan(\beta)$$

$$V = 15,0 \times 11,0 \times 8,5 - \frac{15,0 \times 11,0 \times 15,0 \times \tan(21^\circ)}{2}$$

$$V = 9,3 \cdot 10^2 \text{ m}^3 \quad \text{d'où } A = 0,16 \cdot \frac{9,3 \cdot 10^2}{1,7} = 87 \text{ m}^2$$



2^{ème} méthode :

Déterminons l'aire équivalente :

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i$$

- aire équivalente du plafond :

$$\alpha_P \cdot S_P = \alpha_P \cdot L \cdot \ell = 0,050 \times 15,0 \times 11,0 = 8,3 \text{ m}^2$$

- aire équivalente du sol et des murs :

La surface du sol et des murs est égale à la surface totale moins celle du plafond soit :

$$S_{SM} = 634 - 165 = 469 \text{ m}^2$$

d'où l'aire équivalente du sol et des murs :

$$\alpha_{SM} \cdot S_{SM} = 0,17 \times 469 = 80 \text{ m}^2$$

⇒ aire équivalente de la salle : $A = 88 \text{ m}^2$

Et on détermine le volume de la salle dont on aura besoin à la question suivante avec la loi de Sabine :

$$V = \frac{A \cdot T_R}{0,16} = \frac{88 \times 1,7}{0,16} = 9,3 \cdot 10^2 \text{ m}^3$$

2. Le volume de la salle étant de $9,3 \cdot 10^2 \text{ m}^3$, le graphique permet de déterminer le temps de réverbération optimal de cet amphithéâtre pour permettre la tenue de conférences :

$$T_R = 0,81 \text{ s}$$

Le temps de réverbération avant rénovation étant de 1,7s, il faut diminuer celui-ci en posant un matériau plus absorbant au plafond que le béton :

si A augmente, T_R diminue d'après la loi de Sabine. Soit du bois, de la moquette ou de la mousse.

① Déterminons l'expression de l'aire équivalente :

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i$$

- aire équivalente du plafond : $\alpha_P \cdot S_P = \alpha_P \cdot L \cdot \ell = \alpha_P \times 15,0 \times 11,0 = 165 \cdot \alpha_P$

- aire équivalente du sol et des murs :

La surface du sol et des murs est égale à la surface totale moins celle du plafond soit : $S_{SM} = 634 - 165 = 469 \text{ m}^2$

d'où l'aire équivalente du sol et des murs : $\alpha_{SM} \cdot S_{SM} = 0,17 \times 469 = 80 \text{ m}^2$

⇒ aire équivalente de la salle : $A = 165 \cdot \alpha_P + 80$

② Déterminons le temps de réverbération avec les différents matériaux :

$$\Rightarrow \text{bois } (\alpha_P = 0,10) : T_R = \frac{0,16 \times 9,3 \cdot 10^2}{0,10 \times 165 + 80} = 1,5 \text{ s} > 0,81 \text{ s}$$

$$\Rightarrow \text{moquette } (\alpha_P = 0,26) : T_R = \frac{0,16 \times 9,3 \cdot 10^2}{0,26 \times 165 + 80} = 1,2 \text{ s} > 0,81 \text{ s}$$

$$\Rightarrow \text{mousse } (\alpha_P = 0,60) : T_R = \frac{0,16 \times 9,3 \cdot 10^2}{0,60 \times 165 + 80} = 0,82 \text{ s} \approx 0,81 \text{ s}$$

Conclusion :

En recouvrant le plafond avec le matériau le plus absorbant à notre disposition, nous avons réussi à atteindre un temps de réverbération très proche de celui attendu. On peut penser que si l'on prenait en compte l'absorption par les fauteuils, alors le temps de réverbération serait tout à fait acceptable.

