Spécialité : Des routes qui génèrent de l'électricité

Bac S 2017 Asie (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Indiquer pourquoi des panneaux photovoltaïques fixés sur les routes bénéficieront a priori d'un éclairement moindre que ceux fixés sur les toits d'habitation.

Deux raisons se cumulent.

- **L'inclinaison.** Un toit est incliné et peut être orienté vers le sud ; la route est horizontale. D'après le document 3, une surface horizontale reçoit environ 20 % d'énergie solaire en moins.
- **Les ombres.** Les véhicules qui circulent ou stationnent masquent les dalles : selon l'hypothèse de travail, une route à trafic moyen n'est éclairée que 90 % du temps. S'y ajoutent l'ombre des bâtiments et des arbres, et les salissures de la chaussée.

Route horizontale ($-20\ \%$) et en partie masquée par le trafic (éclairée 90 % du temps) : l'éclairement reçu est plus faible que sur un toit.

MÉTHODE

« Selon vous » ne dispense pas de justifier : chaque argument s'appuie sur une information de l'énoncé (ici le document 3 et l'hypothèse de travail), que l'on cite.

2 Calculer la longueur d'onde maximale λ_{max} au-delà de laquelle les photons absorbés ne peuvent plus générer d'électricité. À quel domaine des ondes électromagnétiques appartient-elle ?

Données utiles $E_g = 1{,}12$ eV ; $h = 6{,}626 \times 10^{-34}$ J · s ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; 1 eV $= 1{,}602 \times 10^{-19}$ J

Un photon de longueur d'onde λ transporte l'énergie $E = \dfrac{h\,c}{\lambda}$.

D'après le document 2, il ne fait passer un électron dans la bande de conduction que si $E \geqslant E_g$, c'est-à-dire $\dfrac{h\,c}{\lambda} \geqslant E_g$, soit $\lambda \leqslant \dfrac{h\,c}{E_g}$. Donc :

$$\lambda_{max} = \frac{h\,c}{E_g} = \frac{6{,}626 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{1{,}12 \times 1{,}602 \times 10^{-19}} = 1{,}11 \times 10^{-6}\ \text{m}$$

Cette longueur d'onde est supérieure à 800 nm, limite du visible du côté du rouge.

$\lambda_{max} = 1{,}11 \times 10^{-6}\ \text{m} = 1{,}11 \times 10^{3}\ \text{nm}$: domaine de l'**infrarouge**.

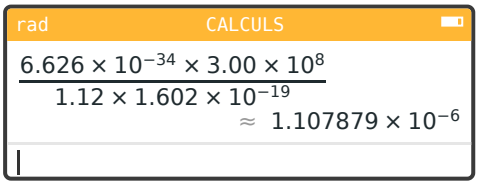
PIÈGE

Laisser E_g en électronvolts : il faut des joules pour obtenir des mètres. Autre erreur : inverser l'inégalité. Une énergie minimale correspond à une longueur d'onde maximale, car E et λ varient en sens inverse.

COMPRENDRE

Trois chiffres significatifs, comme E_g et c. Les infrarouges au-delà de $1{,}11\ \mu\text{m}$ sont perdus pour la cellule, et l'excédent d'énergie des photons plus énergétiques aussi : d'où un rendement modeste.

À LA CALCULATRICE



3 Évaluer la surface de bitume à équiper de revêtement photovoltaïque pour couvrir la totalité des besoins du pays en électricité. Dire si un tel objectif semble réalisable.

Données utiles production photovoltaïque 2015 : $6{,}7 \times 10^9$ kWh, soit 1,4 % de la consommation ; rendement $R = 15\ \%$; carte du document 3, à minorer de 20 % à l'horizontale ; éclairement 90 % du temps ; routes et parkings : $17\,000\ \text{km}^2$

Besoins annuels du pays. $6{,}7 \times 10^9$ kWh représentent 1,4 % de la consommation :

$$E_{tot} = \frac{6{,}7 \times 10^9}{0{,}014} = 4{,}8 \times 10^{11}\ \text{kWh}$$

Énergie solaire reçue par la route. Sur la carte, les valeurs vont de 3,0 (nord) à 5,2 (sud-est) ; la plus grande partie du territoire se situe entre 3,4 et 4,2. On retient la valeur moyenne $3{,}8\ \text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jour}^{-1}$.

- Surface horizontale : $0{,}80 \times 3{,}8 = 3{,}0\ \text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jour}^{-1}$.
- Trafic moyen : $0{,}90 \times 3{,}0 = 2{,}7\ \text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jour}^{-1}$.

Énergie électrique produite. Avec le rendement $R = 15\ \%$: $E_{élec} = 0{,}15 \times 2{,}7 = 0{,}41\ \text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jour}^{-1}$.

Sur une année : $E_{an} = 0{,}41 \times 365 = 1{,}5 \times 10^2\ \text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$.

Surface nécessaire.

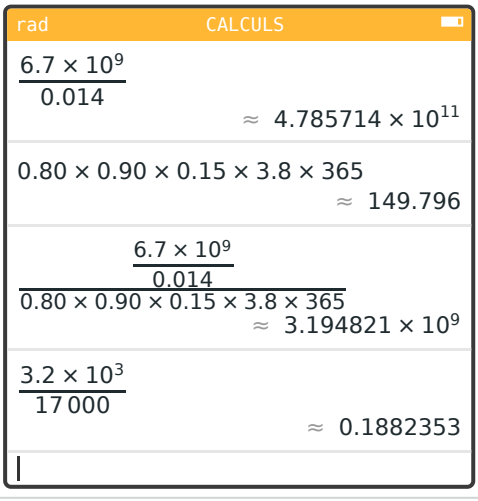
$$S = \frac{E_{tot}}{E_{an}} = \frac{4{,}8 \times 10^{11}}{1{,}5 \times 10^2} = 3{,}2 \times 10^9\ \text{m}^2 = 3{,}2 \times 10^3\ \text{km}^2$$

Regard critique. Cette surface représente $\dfrac{3{,}2 \times 10^3}{17\,000} \approx 0{,}19$, soit environ 19 % des routes et parkings du pays : la place ne manque pas. L'objectif reste pourtant peu réaliste :

- le chantier serait immense : les 1000 km de routes annoncés, pour une largeur de quelques mètres, ne font que quelques km^2, près de mille fois moins ;
- la production est intermittente (nulle la nuit, faible en hiver, quand la demande est forte) : il faudrait stocker l'énergie ;
- le coût, le raccordement au réseau et l'usure des dalles ne sont pas pris en compte.

$S \approx 3 \times 10^3\ \text{km}^2$, soit environ 19 % des $17\,000\ \text{km}^2$ de routes et parkings : possible en surface, peu réaliste en pratique (ampleur du chantier, intermittence, coût).

À LA CALCULATRICE



PIÈGE

Diviser une énergie annuelle par une énergie journalière : la carte est en kWh par m^2 et par jour, il faut multiplier par 365. Pour la conversion, $1\ \text{km}^2 = 10^6\ \text{m}^2$, et non 10^3.

COMPRENDRE

La valeur lue sur la carte est une estimation : avec 3,5 ou 4,0 on trouve entre $3{,}0 \times 10^3$ et $3{,}5 \times 10^3\ \text{km}^2$. Seul l'ordre de grandeur compte, et la conclusion ne change pas.

COMPRENDRE

Ce type de résolution de problème n'existe plus sous cette forme à l'épreuve actuelle ; l'énergie du photon et le rendement d'une cellule photovoltaïque restent au programme de spécialité.