Spécialité : Pompage solaire dans le désert du Sahel

Bac S 2016 Métropole (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 On souhaite un matériau dont la longueur d'onde de coupure est $\lambda_C = 1110$ nm. Proposer un type de cellule utilisable en précisant le ou les critères de choix retenus.

Données utiles $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J · s ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} (valeur à connaître) ; $1\ \text{eV} = 1{,}60 \times 10^{-19}$ J ; tableau des caractéristiques des cellules.

Un photon n'est absorbé que si son énergie $\dfrac{h\,c}{\lambda}$ est au moins égale au gap E_g. La longueur d'onde de coupure correspond au cas limite :

$$E_g = \frac{h\,c}{\lambda_C} = \frac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{1110 \times 10^{-9}} = 1{,}79 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

En électronvolts : $E_g = \dfrac{1{,}79 \times 10^{-19}}{1{,}60 \times 10^{-19}} = 1{,}12\ \text{eV}$.

D'après le tableau, c'est le gap du silicium cristallin, monocristallin ou polycristallin ; le silicium amorphe (1,77 eV) est écarté.

Entre les deux, le monocristallin a un coût très élevé. Le polycristallin offre un bon rendement, une longue durée de vie et un bon rapport qualité / prix ; son défaut, un rendement faible sous faible éclairement, ne gêne pas au Sahel, où l'ensoleillement est fort.

$E_g = 1{,}12$ eV : on retient la cellule en **silicium polycristallin** (critères : gap, puis coût et ensoleillement).

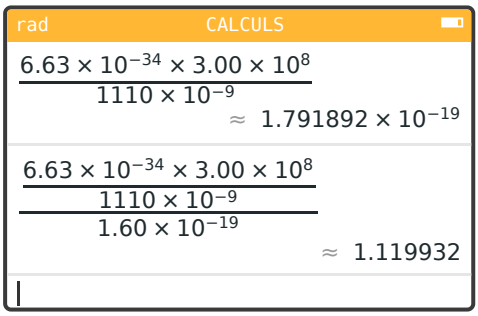
PIÈGE

Laisser λ_C en nanomètres : il faut 1110×10^{-9} m. Et s'arrêter au calcul du gap : la question demande un choix argumenté entre les deux cellules qui conviennent.

COMPRENDRE

Trois chiffres significatifs, comme h et la conversion en eV. Bandes d'énergie et gap d'un semi-conducteur relevaient de l'ancien programme ; l'énergie d'un photon $E = \dfrac{h\,c}{\lambda}$ et la cellule photovoltaïque restent au programme actuel.

À LA CALCULATRICE



2 Calculer l'énergie nécessaire pour élever $1{,}0\ \text{m}^3$ d'eau d'une hauteur de 50 m. Puis **Problème** : estimer la surface totale des panneaux solaires permettant de satisfaire aux besoins en eau au cours d'un mois de l'année où ces besoins sont importants au Sahel malien.

Données utiles $\rho = 1{,}0 \times 10^3\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $g = 9{,}8\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$; $H = 50$ m ; volume quotidien $V = 35\ \text{m}^3$ élevé en 6 h ; rendement global $r = 5{,}2\ \%$ (silicium polycristallin, question 1) ; $P_{\text{reçu}} = P_{\text{surf}} \times S$; graphiques des précipitations et de la puissance surfacique.

Énergie pour $1{,}0\ \text{m}^3$. Il faut fournir à l'eau, de masse $m = \rho V_1$ avec $V_1 = 1{,}0\ \text{m}^3$, l'énergie potentielle de pesanteur qu'elle gagne en montant de H :

$$E_1 = m\,g\,H = \rho V_1\,g\,H = 1{,}0 \times 10^3 \times 1{,}0 \times 9{,}8 \times 50$$

$$\boxed{E_1 = 4{,}9 \times 10^5\ \text{J}}$$

Problème.

Mois retenu. Les besoins sont importants quand il ne pleut pas : de novembre à avril. Parmi les dates fournies pour cette période, c'est le 15 janvier que le rayonnement est le plus faible. On dimensionne l'installation pour janvier : elle suffira alors les autres mois secs.

Énergie utile par jour. Pour élever $V = 35\ \text{m}^3$:

$$E_u = \rho\,V\,g\,H = 1{,}0 \times 10^3 \times 35 \times 9{,}8 \times 50 = 1{,}7 \times 10^7\ \text{J}$$

Énergie solaire à recevoir. Avec les cellules en silicium polycristallin, $r = 5{,}2\ \%$:

$$E_{\text{reçue}} = \frac{E_u \times 100}{r} = \frac{1{,}7 \times 10^7 \times 100}{5{,}2} = 3{,}3 \times 10^8\ \text{J}$$

Puissance surfacique. La pompe fonctionne pendant les six heures les plus ensoleillées, de 9 h à 15 h (heure solaire), soit $\Delta t = 6 \times 3600 = 2{,}16 \times 10^4$ s. Le 15 janvier, P_{surf} varie de 790 à 900 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ sur cette durée : on prend la valeur moyenne $P_{\text{surf}} \approx 850\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$.

Surface. $E_{\text{reçue}} = P_{\text{reçu}}\,\Delta t = P_{\text{surf}}\,S\,\Delta t$, donc

$$S = \frac{E_{\text{reçue}}}{P_{\text{surf}}\,\Delta t} = \frac{100\,\rho\,V\,g\,H}{r\,P_{\text{surf}}\,\Delta t} = \frac{100 \times 1{,}0 \times 10^3 \times 35 \times 9{,}8 \times 50}{5{,}2 \times 850 \times 2{,}16 \times 10^4}$$

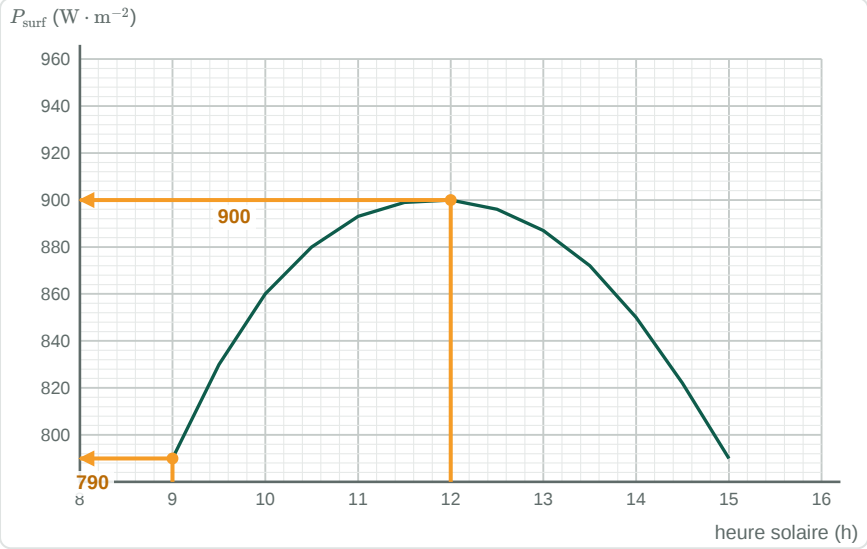
Regard critique. Une vingtaine de mètres carrés, soit un carré d'un peu plus de 4 m de côté : l'installation est réaliste pour un village.

$$\boxed{S \approx 18\ \text{m}^2 \text{ de panneaux en silicium polycristallin.}}$$

PIÈGE
Diviser par 5,2 sans le facteur 100, ou multiplier par le rendement : l'énergie reçue doit être environ vingt fois plus grande que l'énergie utile. Et laisser les 6 h en heures avec une puissance en watts.

COMPRENDRE
C'est une estimation : avec P_{surf} entre 790 et 900 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, on trouve entre 17 et 19 m^2. Deux chiffres significatifs suffisent, comme pour ρ, g, H et r.

MÉTHODE
Résolution de problème : partir du besoin (énergie utile), remonter par le rendement à l'énergie reçue, puis par $E = P\,\Delta t$ à la puissance et à la surface. Chaque valeur lue sur un document est citée et justifiée.



2 · Puissance surfacique le 15 janvier (allure relevée sur le graphique du sujet) : de 790 à 900 W·m^{-2} entre 9 h et 15 h

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1.0 \times 10^3 \times 1.0 \times 9.8 \times 50 \approx 490000$

$1.0 \times 10^3 \times 35 \times 9.8 \times 50 \approx 1.715 \times 10^7$

$\dfrac{1.0 \times 10^3 \times 35 \times 9.8 \times 50 \times 100}{5.2} \approx 3.298077 \times 10^8$

$\dfrac{100 \times 1.0 \times 10^3 \times 35 \times 9.8 \times 50}{5.2 \times 850 \times 2.16 \times 10^4} \approx 17.96338$