Spécialité : Autonomie électrique d'une maison passive

Bac S 2015 Liban (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

Q Question préalable. Évaluer la puissance de crête d'un panneau photovoltaïque de surface $12\ \text{m}^2$, puis déterminer son rendement lorsque la puissance lumineuse reçue par unité de surface est de $600\ \text{W/m}^2$.

Données utiles $P = U \times I$; caractéristiques intensité-tension du panneau ; $S_p = 12\ \text{m}^2$; puissance lumineuse surfacique $p = 600\ \text{W/m}^2$

Puissance de crête. Sur la caractéristique tracée pour $600\ \text{W/m}^2$, le point de fonctionnement optimal a pour coordonnées, par lecture graphique :

$U_{\text{opt}} \approx 124\ \text{V}$ $\quad$ $I_{\text{opt}} \approx 7{,}8\ \text{A}$

La puissance de crête est la puissance électrique délivrée en ce point :

$$P_c = U_{\text{opt}} \times I_{\text{opt}} = 124 \times 7{,}8 = 9{,}7 \times 10^2\ \text{W}$$

Rendement. Puissance lumineuse reçue par tout le panneau : $P_{\text{lum}} = p \times S_p = 600 \times 12 = 7{,}2 \times 10^3\ \text{W}$.

$$\eta = \frac{P_c}{P_{\text{lum}}} = \frac{9{,}7 \times 10^2}{7{,}2 \times 10^3} = 0{,}13$$

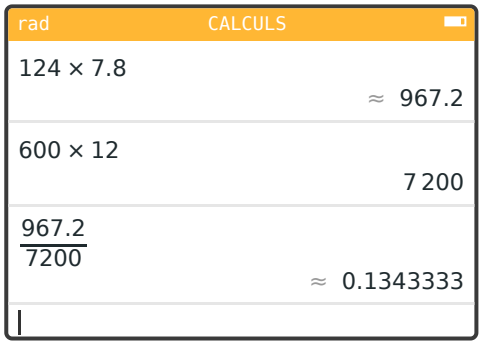
$P_c \approx 9{,}7 \times 10^2\ \text{W}$ et $\eta \approx 0{,}13$, soit $13\ \%$.

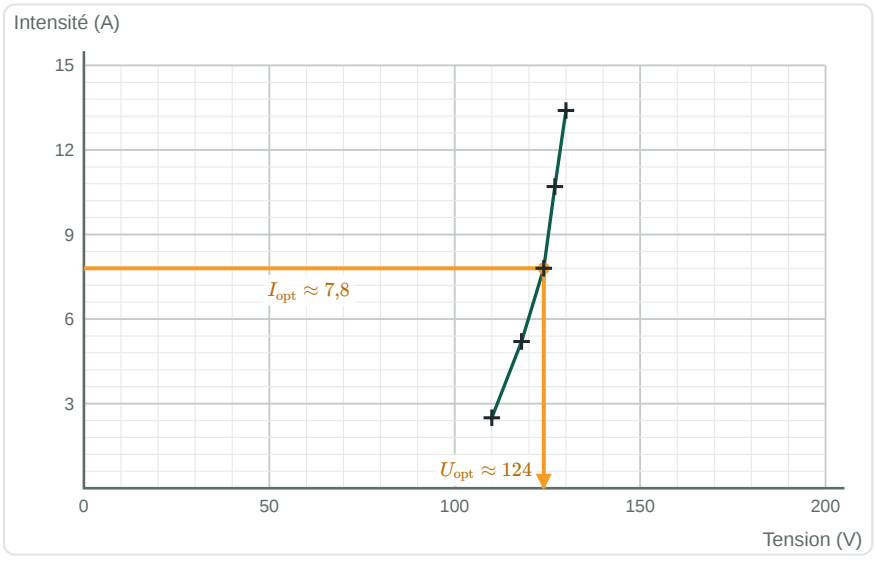
PIÈGE
Diviser la puissance de crête par 600 : c'est une puissance par mètre carré. Le panneau mesure $12\ \text{m}^2$, il reçoit donc 600×12 watts.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs seulement : I_{opt} est lue sur le graphique à environ $0{,}2$ A près. Une lecture légèrement différente (123 V, 7,9 A) conduit au même rendement de $13\ \%$.

MÉTHODE
Un rendement est toujours le rapport de la puissance utile sur la puissance reçue, toutes deux dans la même unité. Il est sans unité et inférieur à 1.

À LA CALCULATRICE





Q · Points de fonctionnement optimal du panneau (un par éclairement) et lecture pour 600 W/m²

P Problème. Une maison passive en construction à Brest a une toiture de $100\ \text{m}^2$ et des besoins en énergie évalués à 8400 kWh par an. L'installation de panneaux photovoltaïques sur le toit permettrait-elle de couvrir ces besoins ?

Données utiles carte : ensoleillement annuel à Brest $E = 1310\ \text{kWh/m}^2$; durée d'ensoleillement à Brest $\Delta t = 1530$ h ; panneau de $S_p = 12\ \text{m}^2$; besoins $E_b = 8400$ kWh par an

1. Puissance lumineuse reçue à Brest. La carte place Brest sur la ligne $1310\ \text{kWh/m}^2$: c'est l'énergie lumineuse reçue en un an par mètre carré. Elle est reçue pendant $\Delta t = 1530$ h de soleil, d'où la puissance surfacique moyenne :

$$p = \frac{E}{\Delta t} = \frac{1310}{1530} = 0{,}856\ \text{kW/m}^2 = 856\ \text{W/m}^2$$

PIÈGE
Utiliser $1390\ \text{kWh/m}^2$: c'est la moyenne française. Pour Brest, la valeur se lit sur la carte (1310). Autre erreur : compter les $100\ \text{m}^2$ de toiture entiers, alors qu'un pan orienté au nord produit très peu.

2. Rendement des panneaux dans ces conditions. La caractéristique la plus proche est celle de $800\ \text{W/m}^2$. On y lit $U_{\text{opt}} \approx 127\ \text{V}$ et $I_{\text{opt}} \approx 10{,}7\ \text{A}$, et ce panneau reçoit alors $P_{\text{lum}} = 800 \times 12\ \text{W}$:

$$P_c = 127 \times 10{,}7 = 1{,}36 \times 10^3\ \text{W} \qquad \eta = \frac{P_c}{P_{\text{lum}}} = \frac{1{,}36 \times 10^3}{800 \times 12} = 0{,}14$$

Le rendement est voisin de celui de la question préalable : on retient $\eta \approx 0{,}14$.

3. Énergie électrique produite par mètre carré de panneau. Le rendement s'applique aussi aux énergies :

$$E_{\text{él}} = \eta \times E = 0{,}14 \times 1310 = 183\ \text{kWh/m}^2\ \text{par an}$$

4. Surface de panneaux nécessaire.

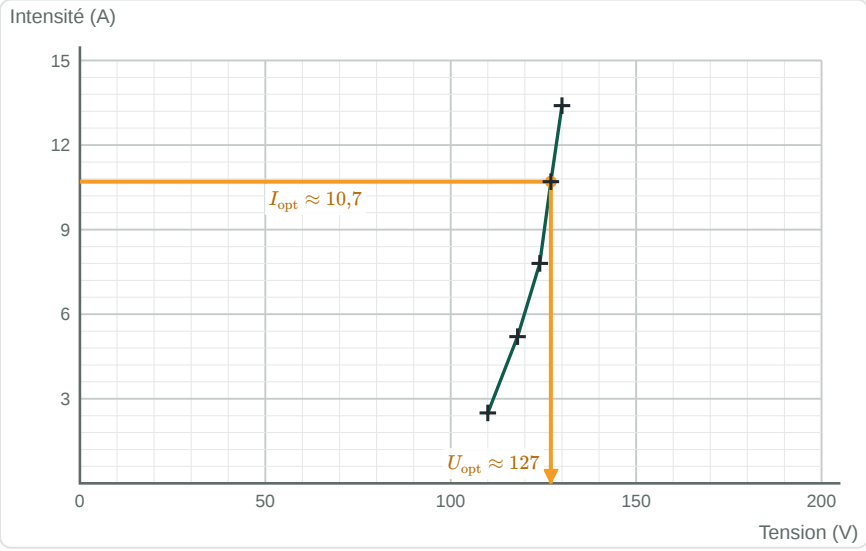
$$S = \frac{E_b}{E_{\text{él}}} = \frac{8400}{183} = 46\ \text{m}^2$$

Il faut donc 4 panneaux de $12\ \text{m}^2$, soit $48\ \text{m}^2$, qui produiraient $48 \times 183 = 8{,}8 \times 10^3$ kWh par an.

5. Comparaison avec la toiture. Les panneaux doivent être orientés au sud. Hypothèse : le toit a deux pans, dont un seul est tourné vers le sud, soit environ $50\ \text{m}^2$ utilisables. Les $48\ \text{m}^2$ nécessaires y tiennent, de justesse.

Regard critique. La marge est faible : environ $5\ \%$ au-dessus des besoins, alors que le rendement n'est connu qu'à deux chiffres significatifs (avec $\eta = 0{,}13$, la production tombe à $8{,}2 \times 10^3$ kWh). Le calcul suppose en outre une inclinaison idéale, des panneaux toujours à leur point optimal et un onduleur sans pertes. Enfin, la production est forte en été et faible en hiver : le bilan est annuel, la maison doit rester reliée au réseau ou stocker l'énergie.

Oui, en couvrant le pan sud du toit : 4 panneaux ($48\ \text{m}^2$) produisent environ $8{,}8 \times 10^3$ kWh par an pour 8400 kWh de besoins, mais sans réelle marge.



P · Lecture du point de fonctionnement optimal pour 800 W/m²

COMPRENDRE
Une énergie est une puissance multipliée par une durée : des kWh divisés par des heures donnent des kW. Le rendement, rapport de deux puissances sur la même durée, est aussi le rapport des deux énergies.

MÉTHODE
Résolution de problème : annoncer chaque étape par un titre, écrire les hypothèses (ici l'orientation du toit), conclure par une phrase qui répond à la question, puis critiquer le résultat.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{1310}{1530}$ ≈ 0.8562092

127×10.7 ≈ 1358.9

$\frac{1358.9}{800 \times 12}$ ≈ 0.1415521

0.14×1310 ≈ 183.4

$\frac{8400}{183}$ ≈ 45.90164

48×183 8 784

$48 \times 0.13 \times 1310$ ≈ 8174.4