

11.0 EXERCICES ÉNERGIE SOLAIRE

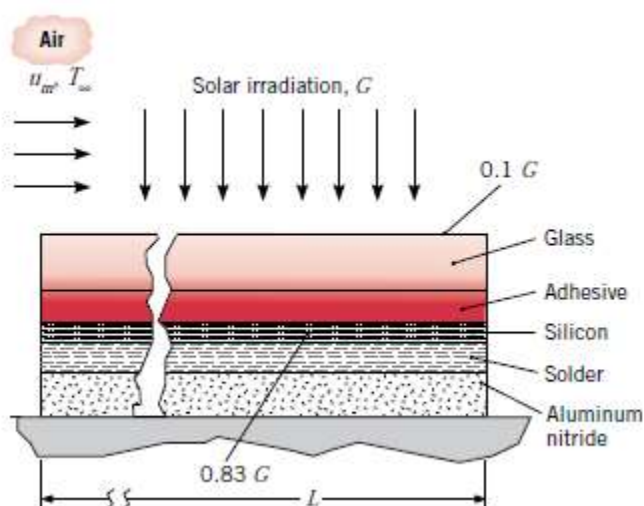
Exercice 11.4.e : Panneau photovoltaïque

Un panneau solaire photovoltaïque est constitué d'un sandwich de (de haut en bas) un verre de 3 mm d'épaisseur dopé au cérium (k_g 1,4 W/m K), un adhésif de qualité optique de 0,1 mm d'épaisseur (k_a 145 W/m K), un semi-conducteur en silicium très fin un matériau, une couche de soudure de 0,1 mm d'épaisseur (k_s 50 W/m K) et un substrat de nitrure d'aluminium de 2 mm d'épaisseur (k_{an} 120 W/m K).

Le rendement de conversion de l'énergie solaire en électricité dans le semi-conducteur dépend de la température du silicium, T_{si} , et est décrit par l'expression $\eta = 0,28 - 0,001 T_{si}$, où T_{si} est en °C, pour $25^\circ\text{C} \leq T_{si} \leq 250^\circ\text{C}$.

Dix pour cent de l'irradiation solaire est absorbée à la surface supérieure du verre, tandis que 83 % de l'irradiation transmise et absorbée par le silicium (les 7 % restants sont réfléchis hors de la cellule). Le verre a une émissivité de 0,90.

Pour calculer le nombre de Nusselt la corrélation à utiliser sera : $Nu_L = 0,037 * Re^{4/5} * Pr^{1/3}$. Les propriétés de l'air seront : $k = 0,0269$ W/m.K; $\nu = 1.669e-5$ m²/s; $Pr = 0,706$.



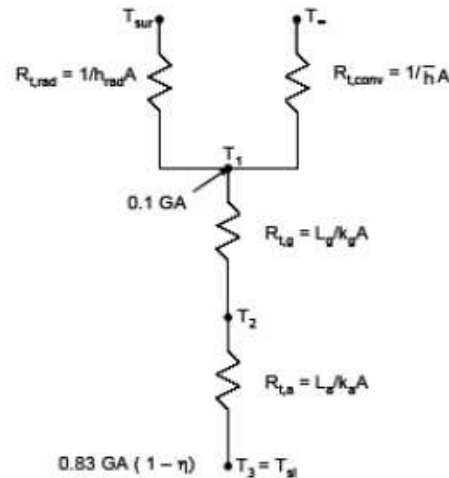
QUESTIONS

Question 1 : Imaginez une cellule solaire de $L=1$ m de long et $w=0,1$ m de large placée sur une surface isolée. Déterminez la température du silicium et l'énergie électrique produite par la cellule solaire pour une vitesse de l'air de 4 m/s parallèlement à la direction longitudinale, avec une température de l'air et de l'environnement de 25°C. L'irradiation solaire est de 700 W/m². La couche limite est soumise à des turbulences sur le bord avant du panneau.

Question 2 : Répétez la partie (a), sauf que maintenant le panneau est orienté avec son côté court parallèle au flux d'air, c'est-à-dire, $L = 0,1$ m et $w = 1$ m.

QUESTIONS

Question 1 : Imaginez une cellule solaire de $L=1$ m de long et $w=0,1$ m de large placée sur une surface isolée. Déterminez la température du silicium et l'énergie électrique produite par la cellule solaire pour une vitesse de l'air de 4 m/s parallèlement à la direction longitudinale, avec une température de l'air et de l'environnement de 25°C. L'irradiation solaire est de 700 W/m². La couche limite est soumise à des turbulences sur le bord avant du panneau.



The thermal resistances are

$$R_{t,g} = L_g/k_g A = 3 \times 10^{-3} \text{ m} / (1.4 \text{ W/m} \cdot \text{K} \times 1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m}) = 21.43 \times 10^{-3} \text{ K/W}$$

$$R_{t,a} = L_a/k_a A = 0.1 \times 10^{-3} \text{ m} / (145 \text{ W/m} \cdot \text{K} \times 1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m}) = 6.897 \times 10^{-6} \text{ K/W}$$

$$h_{\text{rad}} = \epsilon_g \sigma (T_1 + T_{\text{sur}})(T_1^2 + T_{\text{sur}}^2)$$

$$R_{t,\text{rad}} = \frac{1}{0.9 \times 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4 \times (T_1 + 298 \text{ K}) \times (T_1^2 + (298 \text{ K})^2) \times 1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m}} \quad (1)$$

For the tripped boundary layer,

$$Re_L = \frac{u_m L}{\nu} = \frac{4 \text{ m/s} \times 1 \text{ m}}{1.669 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}} = 239.7 \times 10^3$$

From Equation 7.38

$$\overline{Nu}_L = 0.037 Re_L^{4/5} Pr^{1/3} = 0.037 \times [239.7 \times 10^3]^{0.8} \times 0.706^{1/3} = 662.8$$

$$\bar{h} = \overline{Nu}_L k / L = 662.8 \times 0.0269 \text{ W/m} \cdot \text{K} / 1 \text{ m} = 17.82 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$



$$R_{t,conv} = 1/\bar{h}A = \frac{1}{17.82 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m}} = 561.2 \times 10^{-3} \text{ K/W}$$

From the thermal circuit,

$$0.83GA(1-\eta) = (T_3 - T_1)/(R_{t,g} + R_{t,a}) \text{ or } T_3 - T_1 = (R_{t,g} + R_{t,a}) 0.83GA(1-\eta)$$

$$T_3 - T_1 = (21.43 \times 10^{-3} \text{ K/W} + 6.897 \times 10^{-6} \text{ K/W}) \times 0.83 \times 700 \text{ W/m}^2 \times 1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m} \times (1-\eta)$$

$$T_3 - T_1 = 1.245(1-\eta) \tag{2}$$

We also note from the thermal circuit,

$$0.83GA(1-\eta) + 0.1GA = (T_1 - T_{sur})/R_{t,rad} + (T_1 - T_{\infty})/R_{t,conv}$$

Since $T_{\infty} = T_{sur}$

$$0.83GA(1-\eta) + 0.1GA = (T_1 - T_{sur}) \left[\frac{1}{R_{t,rad}} + \frac{1}{R_{t,conv}} \right]$$

$$T_1 - T_{sur} = \frac{0.83GA(1-\eta) + 0.1GA}{\left[\frac{1}{R_{t,rad}} + \frac{1}{R_{t,conv}} \right]}$$

$$T_1 - T_{sur} = \frac{0.83 \times 700 \text{ W/m}^2 \times 1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m} \times (1-\eta) + 0.1 \times 700 \text{ W/m}^2 \times 1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m}}{\left[\frac{1}{R_{t,rad}} + 1.7819 \text{ W/K} \right]}$$

$$T_1 - T_{sur} = \frac{58.1 \text{ W}(1-\eta) + 7 \text{ W}}{\left[\frac{1}{R_{t,rad}} + 1.7819 \text{ W/K} \right]} \tag{3}$$

$$\text{where } \eta = 0.28 - 0.001^\circ\text{C}^{-1} \times (T_3 - 273)^\circ\text{C} \tag{4}$$

Equations (1) – (4) may be solved simultaneously to yield

$$\eta = 0.2324, T_3 = T_{si} = 47.6^\circ\text{C}, T_1 = 46.6^\circ\text{C}, R_{t,rad} = 1.661 \text{ K/W} <$$

$$\text{The electric power is } P = 0.83GA\eta = 0.83 \times 700 \text{ W/m}^2 \times 1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m} \times 0.2324 = 13.50 \text{ W} <$$

Question 2 : Répétez la partie (a), sauf que maintenant le panneau est orienté avec son côté court parallèle au flux d'air, c'est-à-dire, $L = 0,1 \text{ m}$ et $w = 1 \text{ m}$.

(b) For the tripped boundary layer

$$Re_L = \frac{u_m L}{\nu} = \frac{4 \text{ m/s} \times 0.1 \text{ m}}{1.669 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}} = 239.7 \times 10^2$$

From Equation 7.38

$$\overline{Nu}_L = 0.037 Re^{4/5} Pr^{1/3} = 0.037 \times [239.7 \times 10^2]^{0.8} \times 0.706^{1/3} = 105$$

$$\bar{h} = \overline{Nu}_L k / L = 105 \times 0.0269 \text{ W/m} \cdot \text{K} / 1 \text{ m} = 28.25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$R_{t,conv} = 1/\bar{h}A = \frac{1}{28.25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \times 1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m}} = 354.0 \times 10^{-3} \text{ K/W}$$

Proceeding as in Part (a) we find

$$\eta = 0.239, T_3 = T_{si} = 40.98^\circ\text{C}, T_1 = 40^\circ\text{C}, R_{t,rad} = 1.717 \text{ K/W}, P = 13.89 \text{ W}$$

<