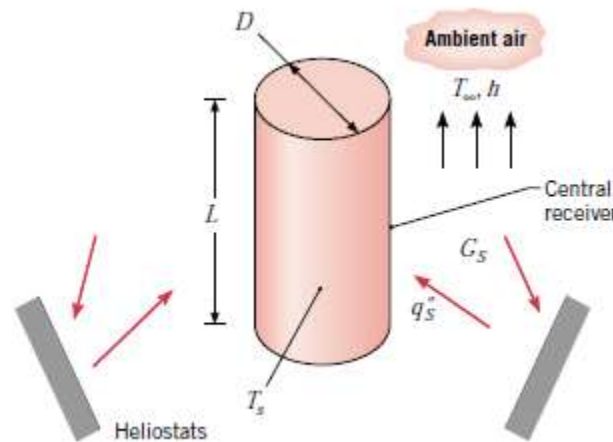


11.0 EXERCICES ÉNERGIE SOLAIRE

Exercice n° 11.4.h : Héliostats d'une centrale solaire

Dans le concept de récepteur central d'une centrale solaire, de nombreux héliostats au niveau du sol sont utilisés pour diriger un flux solaire q_s'' concentré vers le récepteur, qui est placé au sommet d'une tour. Cependant, même avec l'absorption de tout le flux solaire par la surface extérieure du récepteur, les pertes dues à la convection libre et au rayonnement réduisent l'efficacité de la collecte en dessous de la valeur maximale possible de 100 %. Considérons un récepteur cylindrique de diamètre $D = 7$ m, de longueur $L = 12$ m, et d'émissivité $\epsilon = 0,20$.



L'air ambiant est au repos à une température de $T_s = 300$ K, et l'irradiation provenant de l'environnement peut être négligée.

Un air avec les propriétés suivantes sera utilisé : $k = 0.0439$ W/m.K, $\nu = 45.6 \cdot 10^{-6}$ m²/s, $\alpha = 66.7 \cdot 10^{-6}$ m²/s, $Pr = 0.683$, $\beta = 1.82 \cdot 10^{-3}$ K⁻¹

La corrélation suivante sera utilisée pour le calcul du coefficient de convection :

$$\bar{h} = \frac{k}{L} \left(0.825 + \frac{0.387 Ra_L^{1/6}}{(1 + (0.492/Pr)^{9/16})^{8/27}} \right)^2$$

QUESTIONS

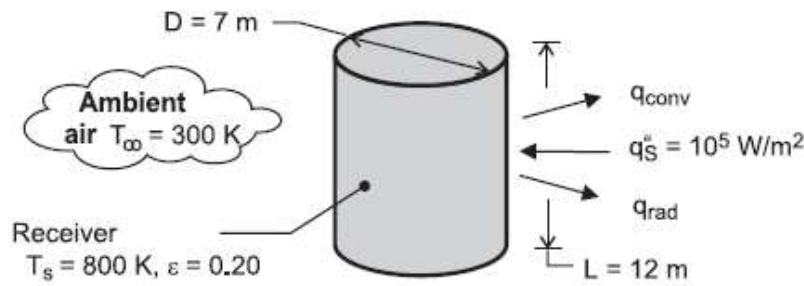
Question 1 : Si tout le flux solaire est absorbé par le récepteur et qu'une température de surface de $T_s = 800$ K est maintenue, quel est le taux de perte de chaleur du récepteur ?

Question 2 : Si la valeur correspondante du flux solaire est de $q_s'' = 10^5$ W/m², quel est le rendement du capteur ?

REponses

Question 1 : Si tout le flux solaire est absorbé par le récepteur et qu'une température de surface de $T_s = 800 \text{ K}$ est maintenue, quel est le taux de perte de chaleur du récepteur ?

Question 2 : Si la valeur correspondante du flux solaire est de $q_s'' = 10^5 \text{ W/m}^2$, quel est le rendement du capteur ?



ASSUMPTIONS: (1) Steady-state, (2) Ambient air is quiescent, (3) Incident solar flux is uniformly distributed over receiver surface, (4) All of the incident solar flux is absorbed by the receiver, (5) Negligible irradiation from the surroundings, (6) Uniform receiver surface temperature, (7) Curvature of cylinder has a negligible effect on boundary layer development, (8) Constant properties.

PROPERTIES: Table A-4, air ($T_f = 550 \text{ K}$): $k = 0.0439 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, $\nu = 45.6 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $\alpha = 66.7 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $\text{Pr} = 0.683$, $\beta = 1.82 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

ANALYSIS: (a) The total heat loss is

$$q = q_{\text{rad}} + q_{\text{conv}} = A_s \varepsilon \sigma T_s^4 + \bar{h} A_s (T_s - T_\infty)$$

With $\text{Ra}_L = g\beta(T_s - T_\infty)L^3 / \nu\alpha = 9.8 \text{ m/s}^2 (1.82 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}) 500\text{K} (12\text{m})^3 / (45.6 \times 66.7 \times 10^{-12} \text{ m}^4/\text{s}^2) = 5.07 \times 10^{12}$, Eq. 9.26 yields

$$\bar{h} = \frac{k}{L} \left\{ 0.825 + \frac{0.387 \text{Ra}_L^{1/6}}{\left[1 + (0.492/\text{Pr})^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 = \frac{0.0439 \text{ W/m}\cdot\text{K}}{12\text{m}} \{0.825 + 42.4\}^2 = 6.83 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Hence, with $A_s = \pi DL = 264 \text{ m}^2$

$$q = 264 \text{ m}^2 \times 0.2 \times 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4 (800\text{K})^4 + 264 \text{ m}^2 \times 6.83 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} (500\text{K})$$

$$q = q_{\text{rad}} + q_{\text{conv}} = 1.23 \times 10^6 \text{ W} + 9.01 \times 10^5 \text{ W} = 2.13 \times 10^6 \text{ W} <$$

With $A_s q_s'' = 2.64 \times 10^7 \text{ W}$, the collector efficiency is

$$\eta = \left(\frac{A_s q_s'' - q}{A_s q_s''} \right) 100 = \frac{(2.64 \times 10^7 - 2.13 \times 10^6) \text{ W}}{2.64 \times 10^7 \text{ W}} (100) = 91.9\% <$$