



2.4 EXERCICES ÉNERGIE THERMIQUE

Exercice n° 2.4.f : Le toit de la voiture

Le toit d'une voiture dans un parking absorbe un flux de rayonnement solaire de 800 W/m^2 , tandis que le dessous est parfaitement isolé. Le coefficient de convection entre le toit et l'air ambiant est de $12 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

QUESTIONS

Question 1 : En négligeant l'échange de rayonnement avec l'environnement, calculez la température du toit dans des conditions stables si la température de l'air ambiant est de $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

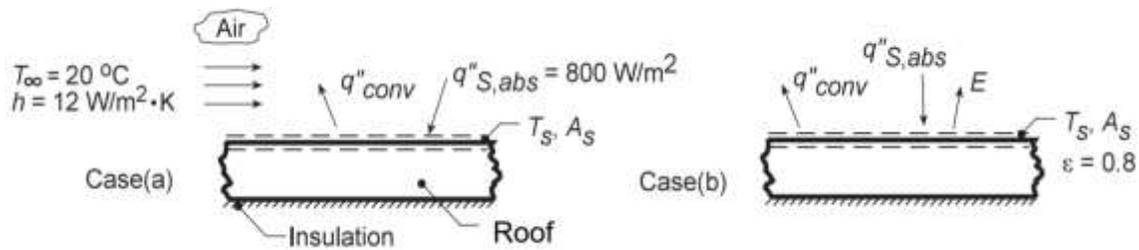
Question 2 : Pour la même température de l'air ambiant, calculez la température du toit si son émissivité de surface est de $0,8$.

Question 3 : Le coefficient de convection dépend des conditions de circulation d'air sur le toit, augmentant avec l'augmentation de la vitesse de l'air. Calculez et tracez la température du toit comme une fonction de h pour $2 \leq h \leq 200 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.



REPONSES

Schéma



Hypothèse : (1) Conditions d'état d'équilibre, (2) Transfert de chaleur négligeable vers l'intérieur de l'automobile, (3) Rayonnement négligeable de l'atmosphère.

Question 1 : En négligeant l'échange de rayonnement avec l'environnement, calculez la température du toit dans des conditions stables si la température de l'air ambiant est de 20 °C.

On applique un bilan énergétique aux surfaces de contrôle indiquées sur le schéma. Pendant un instant, $\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = 0$. En négligeant l'émission de rayonnement, les processus pertinents sont la convection entre la plaque et l'air, q''_{conv} , et le flux solaire absorbé, $q''_{S,abs}$. Considérant que le toit a une surface A_S ,

$$q''_{S,abs}A_S - hA_S(T_S - T_\infty) = 0$$

$$T_S = T_\infty + \frac{q''_{S,abs}}{h}$$

$$T_S = 20^\circ\text{C} + \frac{800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{12 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}} = 20^\circ\text{C} + 66,7^\circ\text{C} = 86,7^\circ\text{C}$$

Question 2 : Pour la même température de l'air ambiant, calculer la température du toit si son émissivité de surface est de 0,8.

Avec l'émission de rayonnement de la surface, le bilan énergétique à la forme suivante :

$$q''_{S,abs}A_S - q_{conv} - EA_S = 0$$

$$q''_{S,abs}A_S - hA_S(T_S - T_\infty) - \varepsilon A_S \sigma T_S^4 = 0$$

$$800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} - 12 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} (T_S - 293\text{K}) - 0,8 * 5,67 * 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4} T_S^4 = 0$$

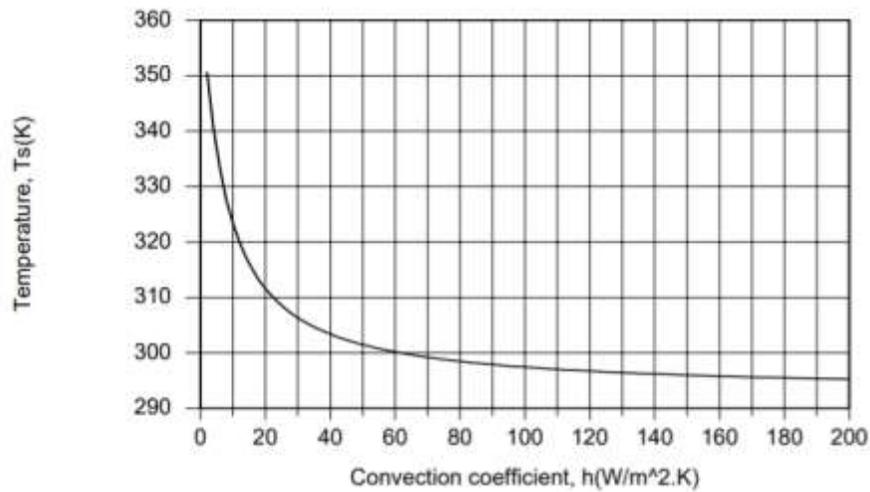
$$12T_S + 4,536 * 10^{-8} T_S^4 = 4316$$

Donc $T_S = 320\text{K} = 47^\circ\text{C}$

Question 3 : Le coefficient de convection dépend des conditions de circulation d'air sur le toit, augmentant avec l'augmentation de la vitesse de l'air. Calculer et tracer la température du toit comme une fonction de h pour $2 \leq h \leq 200 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Des calculs paramétriques ont été effectués à l'aide du modèle IHT de première loi pour un mur plan isotherme. Comme indiqué ci-dessous, la température du toit dépend fortement de la vitesse de l'air ambiant par rapport à l'automobile.

Pour un coefficient de convection de $h = 40 \frac{W}{m^2.K}$, ce qui serait typique pour une vitesse de 55 mph, la température du toit dépasserait la température ambiante de moins de 10 °C.



Commentaires : En considérant l'émission de rayonnement, T_S diminue, comme prévu. Notez la manière dont q'' est formulé en utilisant la loi de Newton du refroidissement ; comme q''_{conv} est montré quittant la surface de contrôle, l'équation de vitesse doit être $h(T_S - T_\infty)$ et non $h(T_\infty - T_S)$.