



2.4 EXERCICES ÉNERGIE THERMIQUE

Exercice n° 2.4.k : Le toit métallique

Une irradiation solaire de $1100 \frac{W}{m^2}$ est incidente sur un grand toit métallique plat et horizontal un jour où le vent qui souffle sur le toit provoque un coefficient de transfert de chaleur par convection de $25 \frac{W}{m^2.K}$. La température de l'air extérieur est de $27^{\circ}C$, l'absorptivité de la surface métallique pour le rayonnement solaire incident est de 0,60, l'émissivité de la surface métallique est de 0,20 et le toit est bien isolé par le bas.

QUESTIONS

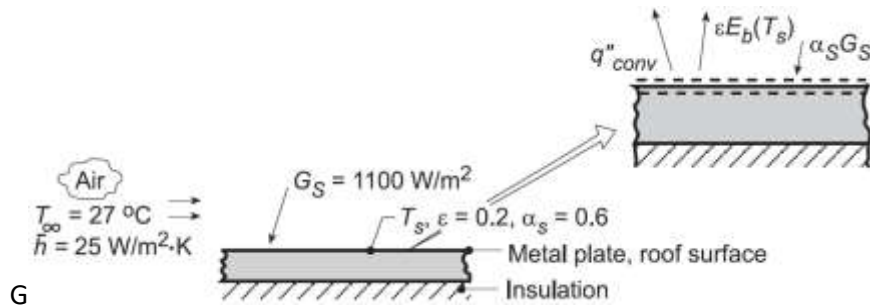
Question 1 : Estimer la température du toit dans des conditions de régime permanent.

Question 2 : Explorer l'effet des changements de l'absorptivité, de l'émissivité et du coefficient de convection sur la température à l'état stationnaire.



REPNSES

Schéma



Hypothèses : (1) Conditions stationnaires, (2) L'arrière de la plaque est parfaitement isolé, (3) Irradiation négligeable de la plaque par l'émission atmosphérique (ciel)

Question 1 : Estimer la température du toit dans des conditions de régime permanent.

Effectuer un bilan énergétique de surface sur le côté exposé de la plaque,

$$\alpha_S G_S - q''_{conv} - \epsilon E_b(T_S) = 0$$

$$\alpha_S G_S - \bar{h}(T_S - T_{\infty}) - \epsilon \sigma T_S^4 = 0$$

Substitution de valeurs numériques et utilisation de températures absolues,

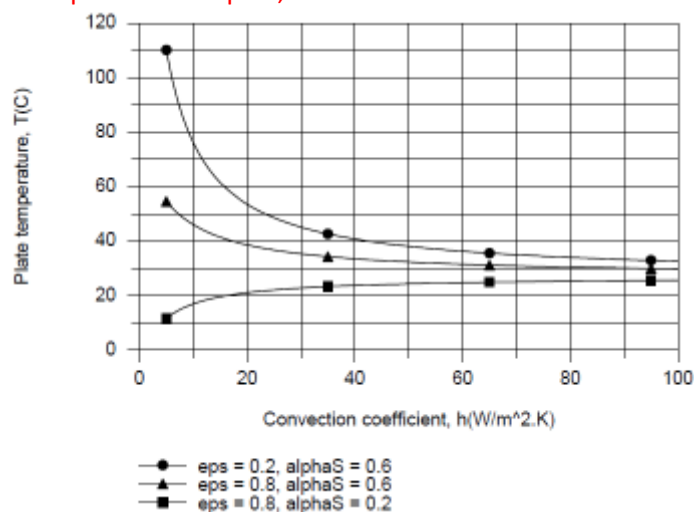
$$0,6 \times 1100 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} - 25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} (T_S - 300)\text{K} - 0,2 \left(5,67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4} \right) T_S^4 = 0$$

Regroupement, $8160 = 25T_S + 1,1340 \times 10^{-8} T_S^4$, et exécution d'une solution d'essai et d'erreur,

$$T_S = 321,5\text{K} = 48,5^{\circ}\text{C}$$

Question 2 : Explorer l'effet des changements de l'absorptivité, de l'émissivité et du coefficient de convection sur la température à l'état stationnaire.

En utilisant le modèle IHT First Law pour un mur plan, les résultats suivants ont été obtenus :



Indépendamment de la valeur de \bar{h} , T diminue avec l'augmentation de ε (en raison de l'augmentation des émissions) et la diminution de α_s (en raison de l'absorption réduite de l'énergie solaire). Pour α_s modéré à grand et / ou petit ε (transfert de rayonnement net vers la surface), T diminue avec l'augmentation de \bar{h} en raison d'un refroidissement amélioré par convection. Cependant, pour un α_s petit et un ε grand, l'émission dépasse l'absorption, dictant le transfert de chaleur par convection vers la surface et donc $T < T_\infty$. Lorsque \bar{h} augmente, $T \rightarrow T_\infty$, quelles que soient les valeurs de α_s et ε .

Commentaires : Pour minimiser la température du toit, la valeur de $\frac{\varepsilon}{\alpha_s}$ doit être maximisée.