SOLUTION DE PROBLEMES POUR DGD # 1

TRANSFERT DE CHALEUR, HIVER 2018
DGD est le 8 janvier 2018

PROBLÈME 1
Répondre aux questions courtes suivantes:

a) Quelle est la condition nécessaire afin qu'il y ait un transfert de chaleur ?

Une difference de temperature est la condition nécessaire afin qu'il y ait un transfert de chaleur.

b) Qu'est-ce que la couche limite thermale?

C'est la région adjacente à la surface où la plupart du changement de température entre la surface et le fluide s'effectue. Le transfert de chaleur dans cette région s'effectue principalement par un mouvement moléculaire aléatoire (diffusion) qui est similaire au transfert par conduction.

c) Pourquoi est-ce qu'une journée où il vente parait-elle plus froide qu'une journée calme si l'air est à la même température?

C'est le facteur vent. Le coefficient de transfert de chaleur par convection augmente avec la vitesse, ce qui résulte en un plus grand taux de transfert de chaleur pour une différence de température fixe.

d) Pourquoi est-il plus facile de se brûler en immergeant sa main dans de l'eau à 100oC que dans de l'air à 200oC?

C'est à cause du different coefficient de transfert de chaleur par convection qui est plus grand dans le cas de l'eau bouillante (liquide et changement de phase) que dans l'air (gaz). Cela implique donc un plus grand taux de transfert de chaleur malgré une différence de température plus petite.

e) **Quel est le gradient de température à l'intérieur d'un objet placé dans une pièce à température constante pour une longue période de temps?**

Le gradient de température dans l'objet approchera zéro.

f) Pourquoi est-il plus probable d'obtenir une transmission de chaleur par radiation en parallèle avec de la convection qu'avec de la conduction?

Le rayonnement se fait sans résistance dans le vide. Par contre, les radiations sont facilement bloquées par la présence d'objets (opacité). Ainsi, il est plus probable d'obtenir du transfert de chaleur par rayonnement en parallèle avec des fluides transparents (convection), car les solides (conduction) absorbent généralement les ondes.

g) Quelle serait la température (haute, intermédiaire, basse) de trois objets (noir, opaque et semi-transparent) exposés ensemble à la même lumière du soleil?

Plus l’émissivité de la surface est grande, plus sa température le sera. Les surfaces noires absorbent complètement les ondes, alors qu’une surface opaque en réfléchira une partie et l’objet semi-transparent en laissera certaines passer. Donc
Noir (absorption complète) – haute; Opaque - intermédiaire; Semi transparent – basse.

h) Quelle est la différence entre un système fermé et un système ouvert?

Dans un système ouvert, de la matière peut traverser les frontières, mais pas dans un système fermé.

i) **Quelle est la différence entre le stockage d’énergie dans un système en régime permanent et en régime transitoire**?

Le storage d’énergie dans un volume non-nul en régime permanent est zéro et différent de zéro dans un régime transitoire.

<u>PROBLEM 2</u>

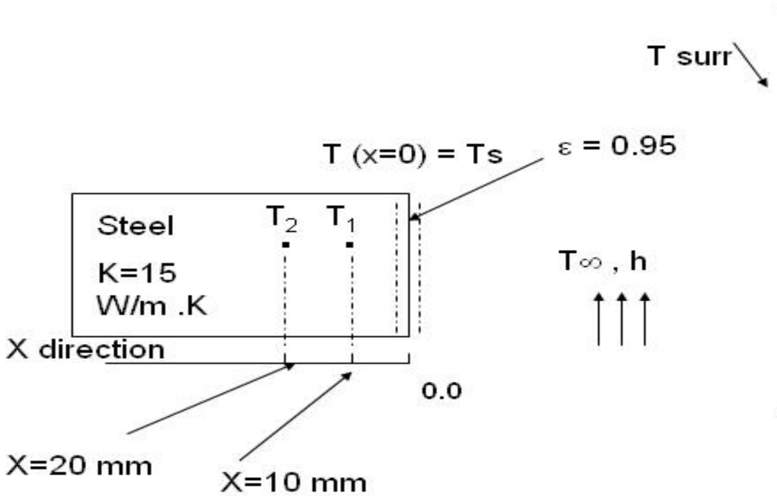
VARIABLES CONNUES

1) Températures dans la plaque à une distance de 10 et 20 mm de la surface.
2) L’air et l’environnement sont à 200°C.
3) La conductivité thermique et l’émissivité de l’acier (15 W/mK et 0.95).

INCONNUS

1) Le coefficient de convection, h, entre l’acier et l’air chaud.
2) La contribution de la convection et du rayonnement au transfert de chaleur avec la plaque d’acier.
3) La température mesurée par les thermocouples lorsque l’environnement tombe à 20°C plutôt que 200 °C, provoquant une chute du taux de transfert de chaleur en regime permanent de 13,3%.
4) La température mesurée par les thermocouples lorsque la plaque d’acier est isolée et que $T_\infty = T_{surr} = 200^oC$.
5) La température mesurée par les thermocouples lorsque la plaque d’acier est isolée et que $T_\infty = 100$ °C $T_{surr} = 20$ ^oC.

DIAGRAM



HYPOTHÈSE

1) Régime permanent
2) Conductivité unidimensionnelle dans l'axe des X
3) Propriétés thermiques constante
4) Aucune generation d'énergiedans la plaque

ANALYSEET SOLUTION

a) *T_1 = 50 °C. T_2 = 40 °C. $T_\infty = T_{surr}$ = 200°C.*
Un bilan d'énergie sur la surface.

$$\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = 0 \quad (1)$$

$$\dot{E}_{in} = q''_{conv} + q''_{rad} \qquad \text{And} \qquad \dot{E}_{out} = q''_{cond}$$

On combine dansEq(1):

$$q''_{conv} + q''_{rad} = q''_{cond} \quad (2)$$

Maintenant, on écrit l'équation appropriée pour le flux de chaleur pour chaque expression et on remplace dans l'équation 2:

$$q''_{conv} = h(T_\infty - T_s)$$

$$q''_{rad} = \varepsilon\sigma(T_{surr}^4 - T_s^4)$$

$$q''_{cond} = -k\frac{dT}{dx}$$

Utilisantl'hypothèses 2 et 3:

$$q''_{cond} = -k\frac{dT}{dx} \quad becomes \ q''_{cond} = -k\frac{\Delta T}{\Delta x} = -k\frac{T_1 - T_2}{x_1 - x_2} = k\frac{T_1 - T_2}{x_2 - x_1}$$

$$h(T_\infty - T_s) + \varepsilon\sigma(T_{surr}^4 - T_s^4) = k\frac{T_1 - T_2}{x_2 - x_1} \qquad (3)$$

Remarquez qu'il y a deux inconnus dans cette equation, soit ***h* *etTs***. On commence donc par calculer le flux de chaleur par conduction, à la droite de l'équation.

$$k\frac{T_1 - T_2}{x_2 - x_1} = 15 \ W/m.K \times \frac{50-40 \ K}{0.02-0.01 \ m} = 1.5\times 10^4 W/m^2$$

Comme le taux de transfert de chaleurest constant dansl'acier (hypothèse 4), on peutcalculer la temperature de surface (X=0):

$$q''_{cond}(surface) = k\frac{T_s - T_1}{x_1 - 0} \Rightarrow T_s = \frac{1.5\times 10^4 W/m^2 \times 0.01m}{15W/mK} + 50^\circ C = 60^\circ C$$

Maintenant, on isole pour trouver ***h***:

$$h = \frac{q''_{cond} - \varepsilon\sigma(T_{surr}^4 - T_s^4)}{T_\infty - T}$$

$$= \frac{1.5\times 10^4 - 0.95\times 5.67\times 10^{-8}\left[(200+273.15)^4 - (60+273.15)^4\right]}{200-60}$$

$$= 92.6 \ W/m^2.K$$

b) On calcule la contribution de chaque mode:

$$q''_{rad} = \varepsilon\sigma(T_{surr}^4 - T_s^4) = 0.95\times 5.67\times 10^{-8}\left[(200+273.15)^4 - (60+273.15)^4\right]$$

$$= 2036 \ W/m^2$$

$$\% \quad radiation = \frac{2036}{1.5\times 10^4} = 0.136 = 13.6\%$$

$$q''_{conv} = 15000 - 2036 = 12964 \ W/m^2$$

$$\% \quad convection = \frac{12964}{1.5 \times 10^4} = 0.864 = 86.4\%$$

$$or \ q''_{conv} = h(T_\infty - T_s) = 92.6(200 - 60) = 12964 \ W/m^2$$

c) $T_{surr} = 20$ *°C and* $T_\infty = 200$ *°C.*

Le transfert de chaleur par conduction est réduit de 13.3 %. Conséquemment, le nouveau taux de transfert de chaleur = $(1.5\times 10^4 \times 0.867)$ W/m^2.

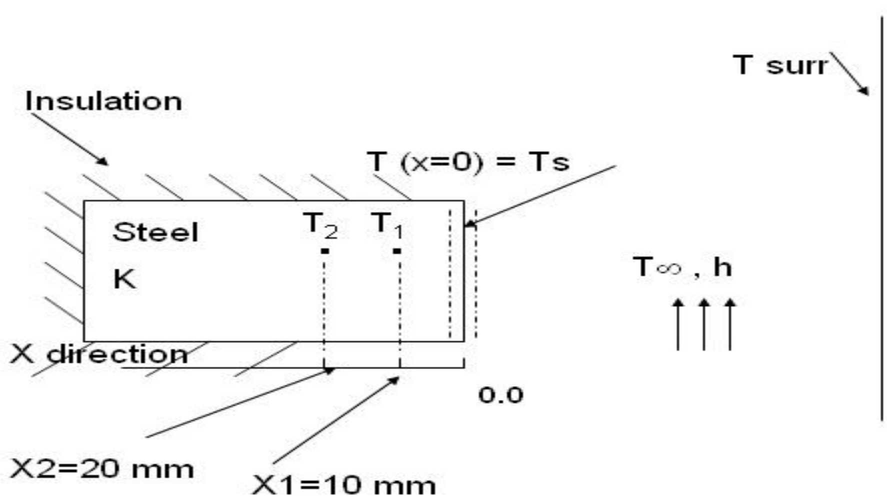
$$h\left(T_\infty - T_s\right) + \varepsilon\sigma\left(T_{surr}^4 - T_s^4\right) = 1.5\times10^4 \times 0.867$$

Dans l'équation ci-dessus, $T_\infty = 200$ *°C and* $T_{surr} = 20$ *°C.* $\boldsymbol{T_s}$est le seul inconnu. Résoudre l'équation (par Excel, iteration ou autre) résulte en$\boldsymbol{T_s = 57}$ ***°C.***Une fois que ceci est connu, on calcule la température mesurée par les thermocouples:

$$q''_{cond}(surface) = k\frac{T_s - T_1}{x} = 15\frac{57 - T_1}{0.01} \Rightarrow T_1 = 48.3^oC \ for \ x = 0.01 \ m$$

$$And \ for \ x = 0.02 \ m, T_2 = 39.7^oC$$

d) On presume maintenant que la plaque d'acier est parfaitement isolée sur tous ses côtés sauf celui où se trouve les thermocouples.



i) Après une période suffisament longue, le système atteindra un équilibre thermique et $T_1 = T_2 = 200^o$C.

ii) T_∞ = 100°C *and* T_{surr} = 20°C and h = *92.6* W/m^2.K, Parce que la plaque est isolée, on impose queT_1 = T_2après une période suffisament longue, mais ils ne seront pas égal àT_∞, parce que $T_\infty \neq T_{surr}$.La conduction sera égal à 0, l'équation 3 devientdonc:

$$h\left(T_\infty - T\right)_s + \varepsilon\sigma\left(T_{surr}^4 - T_s^4\right) = 0$$

AvecT_∞ = *100 °C and* T_{surr}= *20 °C,* = *92.6* W/m^2.K*,* on trouve que:

$$h(T_\infty - T_s) + \varepsilon\sigma(T_{surr}^4 - T_s^4) = 0$$

$$92.6(373.15 - T_s) + 0.95 \times 5.67 \times 10^{-8}(293.15^4 - T_s{}^4) = 0$$

Solving the equation above gives a value of $\boldsymbol{T_s = 366.9\ K = 93.8}$ *°C*