Université Constantine 1
Département de Génie Climatique

Examen de transfert de chaleur (durée 1h30)
Le 16 Juin 2015

Questions de cours (2 points)

- Donner les expressions des nombres sans dimensions suivants : Nusselt, Grashof, Prandtl et Reynolds.
- Quelle est la différence entre la convection forcée et la convection naturelle.

Exercice 1 (6 points) : Une tige fine de longueur L a ses deux extrémités attachées à deux murs parallèles dont les températures sont T_1 et T_2. La température de l'ambiance est T_0. En supposant que la transmission de chaleur est monodimensionnelle et que le régime est permanent.

- Trouver l'expression de l'équation de l'ailette.
- Donner la solution correspondant à cette équation ainsi que les conditions aux limites.

Exercice 2 (6 points) : Un fil électrique (une résistance de chauffage), de diamètre d = 2 mm, est parcouru par un courant d'intensité I = 150 A.

a. Trouver l'expression de la distribution de la température à travers le cylindre en régime permanent.

b. Trouver la valeur de la température au centre (r = 0).

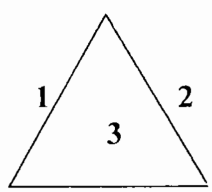
A.N : La résistivité électrique du matériau est $\rho = 8\ 10^{-7}\ \Omega$ m

La conductivité thermique du matériau k = 19 W/mK

Exercice 3 (6 points) :

A. - Donner les définitions de : Pouvoir émissif, corps noir, facteur de forme, corps gris.

- Trouver les valeurs des facteurs de formes dans le cas de trois surfaces constituant un triangle équilatéral (voir figure) ;



B. Soit deux surfaces grises, infinies et parallèles. Les températures et les émissivités de ces deux surfaces sont respectivement $T_1 = 300$ K, $T_2 = 400$ K, $\varepsilon_1 = 0.75$, $\varepsilon_2 = 0.65$.

a. Déterminer le flux échangé entre ces deux surfaces par rayonnement et par unité de surface.

b. Que devient la valeur du flux dans le cas où les surfaces sont noires.

$\sigma = 5.68\ 10^{-8}$ W/m^{2}K^4

Corrigé Type - Transfert Thermique Chim.

Questions de Cours

- $Nu = \frac{\bar{h} L}{k_f}$ (0,25), $Gr = \frac{\rho^2 g \beta \Delta T L^3}{\mu^2} = \frac{g \beta \Delta T L^3}{\nu^2}$ (0,25)

$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$. (0,25) $Re = \frac{v L}{\nu}$. (0,25)

- Convection naturelle due à un ~~action~~ différence de Température (0,5)

Convection forcée due à une action extérieure (0,5)

Exercice 1

- Expression de l'équation de l'ailette

$q_x = q_c + q_{x+dx}$ (1) $-kS\frac{dT}{dx} = \bar{h} S (T - T_f) - kS\frac{dT(x+dx)}{dx}$

$\Rightarrow \frac{d^2T}{dx^2} - m^2(T - T_f) = 0$ (1) $m^2 = \frac{hP}{kS}$ (0,5)

- $T - T_f = C_1 e^{mx} + C_2 e^{-mx}$ (1,5)

Condition aux limites

pour $x = 0$ $T = T_1$ (0,5)

pour $x = L$ $T = T_L$ (0,5)

Exercice 2

$q_s = \frac{R I^2}{(\pi r_s^2) L}$ (1) $R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{L}{\pi r_s^2}$ (1,0) r_s est le rayon du fil $r_s = \frac{d}{2}$.

$q_s = \frac{\rho I^2}{(\pi r_s^2)^2}$ (0,5) $= \frac{(150)^2 \times 8.10^{-7}}{\pi^2 \times (1 \times 10^{-3})^4} = 1{,}7.10^9 \ W/m^3$ (1)

$T - T_s = \frac{r_s^2 q_s}{4k}\left[1 - \left(\frac{r}{r_s}\right)^2\right]$ (1) $= \frac{(10^{-3})^2 \times 1{,}2.10^9}{4 \times 19}\left[1 - \left(\frac{r}{10^{-3}}\right)^2\right]$ (0,5)

La température est maximale au centre

pour $r = 0$ $\Rightarrow T - T_s = 23{,}22 \ K$

Exercice 3

A - pouvoir émissif $E_n = \sigma T^4$

Corps noir $\alpha = 1$ $\varepsilon = 1$

Corps gris $\alpha < 1$ $\varepsilon < 1$

facteur de forme : fraction d'énergie émise par un corps et absorbée par un autre corps

(1)

$\cancel{F_{11}} + F_{12} + F_{13} = 1$

$F_{21} + \cancel{F_{22}} + F_{23} = 1$ (0,5)

$F_{31} + F_{32} + \cancel{F_{33}} = 1$

$S_1 F_{12} = S_2 F_{21}$

$\boxed{F_{12} = F_{21}}$

$S_1 F_{13} = S_3 F_{31}$

$\boxed{F_{13} = F_{31}}$ (0,5)

$S_2 F_{23} = S_3 F_{32}$

$\boxed{F_{23} = F_{32}}$

$S_1 = S_2 = S_3$

$\boxed{F_{11} = F_{22} = F_{33} = 0}$ (0,5)

$F_{12} + F_{13} = 1$

$F_{21} + F_{23} = 1$ (0,5)

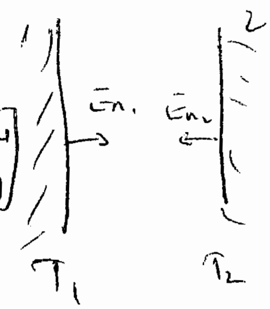
$F_{31} + F_{32} = 1$

Après substitution

$\Rightarrow F_{12} = F_{21} = F_{13} = F_{31} = F_{23} = F_{32} =$ (1)

B a. $$\frac{q_{12}}{S} = \frac{\sigma\,(T_2^4 - T_1^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} = \frac{5.68.10^{-8}\left[(400)^4 - (300)^4\right]}{\frac{1}{0,75} + \frac{1}{0,55} - 1}$$ (1)

b si les deux surfaces sont noirs



$$\frac{q_{12}}{S} = \sigma\,(T_2^4 - T_1^4) = 5.68.10^{-8}\left[(400)^4 - (300)^4\right] =$$ (1)

puisque $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 1$