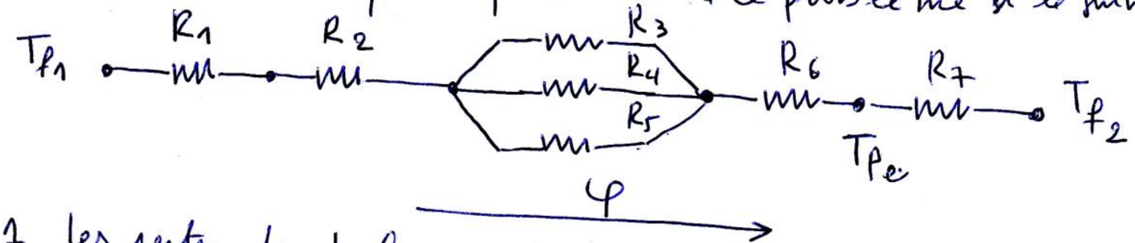
03/06/2018

Corrigé type de l'examen du Transfert T.A.P.T

Exercice 01 :

Le shéma électrique equivalent de ce problème et le suivant :



1

1- les pertes de chaleur à travers le mur s'expriment par :

$$\varphi = \frac{T_{f1} - T_{f2}}{R_{th\,equivalente}} \quad \text{avec} \quad R_{th\,equivalente} = R_1 + R_2 + \frac{1}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}} + R_6 + R_7$$

1

R_1 et R_7 sont des résistances convectives qui s'expriment par : $\frac{1}{hS}$

R_2 à R_6 " conductives " ; $\frac{e_i}{\lambda_i S_i}$

Alors :

$$R_{th\,equivalente} = \frac{1}{h_1 (B.L)} + \frac{e_1}{\lambda_1 (B.L)} + \frac{1}{\frac{1}{\frac{e_2}{\lambda_2 (b_1.L)}} + \frac{1}{\frac{e_2}{\lambda_1 (b_2.L)}} + \frac{1}{\frac{e_2}{\lambda_2 (b_3.L)}}} + \frac{e_1}{\lambda_1 (B.L)} + \frac{1}{h_2 .(B.L)}$$

2

avec $B = b_1 + b_2 + b_3$

A.N : $B.L = 3 \times 5 = 15\ m^2$

$$R_{th\,equivalente} = \frac{1}{10 \times 15} + \frac{0,1}{0,5 \times 15} + \frac{1}{\frac{1}{\frac{0,2}{2 \times 0,1 \times 5}} + \frac{1}{\frac{0,2}{0,5+0,5+5}} + \frac{1}{\frac{0,2}{2 \times 1,5 \times 5}}} + \frac{0,1}{0,5 \times 15} + \frac{1}{20 \times 15}$$

1,5

$R_{th\,equivalente} = 0,044\ \frac{K}{W}$ d'où $\varphi = \frac{20-5}{0,044} \Rightarrow \varphi = 341\ W$

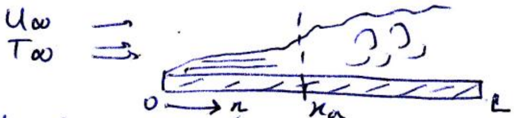
2- La température de la paroi du mur en contact avec la chambre 2 est donnée par :

$$\varphi = \frac{T_{pe} - T_{f2}}{R_7} \Rightarrow T_{pe} = R_7 . \varphi + T_{f2}$$

A.N : $T_{pe} = \frac{1}{20 \times 15} \times 341 + 5 \rightarrow T_{pe} = 6,14\ °C$

1,5

Exercice 02 :



La longueur critique à partir de laquelle l'écoulement devient turbulent se calcule par :

$$Re_{cr} = \frac{U_\infty \cdot x_{cr}}{\nu} \Rightarrow x_{cr} = \frac{Re_{cr} \cdot \nu}{U_\infty}$$

A.N : $x_{cr} = \dfrac{5 \cdot 10^5 \times 1,6 \cdot 10^{-5}}{\dfrac{100 \times 10^3}{3600}} = 0,288\ m$. 1

Alors : $$\bar{h}_L = \frac{1}{L}\int_0^L h_x(x)\,dx = \frac{1}{L}\left[\int_0^{x_{cr}} h_{lam}(x)\,dx + \int_{x_{cr}}^{L} h_{turb}(x)\,dx\right] \quad (*)$$

- Pour x variant de 0 à x_{cr}, on utilise la corrélation du régime laminaire

$$Nu_x(x) = 0,332 \cdot Re_x^{0,5} \cdot P_r^{0,33} \quad \text{avec } Nu_x(x) = \frac{h_{lam}(x) \cdot x}{\lambda} \text{ et } Re_x = \frac{U_\infty x}{\nu}$$

D'où : $$h_{lam}(x) = 0,332 \cdot P_r^{0,33} \cdot \left(\frac{U_\infty \cdot x}{\nu}\right)^{0,5} \cdot \frac{\lambda}{x} = \underbrace{0,332 \cdot P_r^{0,33} \cdot \lambda \left(\frac{U_\infty}{\nu}\right)^{0,5}}_{A} \times \frac{x^{0,5}}{x}$$ 1

$$\Rightarrow h_{lam}(x) = \frac{A}{x^{0,5}} \quad (**)$$

- Pour x supérieur à x_{cr}, on utilise la corrélation du régime turbulent

$$Nu_x(x) = 0,0296\, Re_x^{0,8} \cdot P_r^{0,33}$$ ce qui donne : $$h_{tur}(x) = 0,0296 \cdot P_r^{0,33} \cdot \left(\frac{U_\infty \cdot x}{\nu}\right)^{0,8} \cdot \frac{\lambda}{x}$$

D'où : $$h_{tur}(x) = \underbrace{0,0296 \cdot P_r^{0,33} \cdot \lambda \cdot \left(\frac{U_\infty}{\nu}\right)^{0,8}}_{B} \cdot \frac{x^{0,8}}{x}$$ 1

$$\Rightarrow h_{tur}(x) = \frac{B}{x^{0,2}} \quad (***)$$

En remplaçant (**) et (***) dans (*) on obtient :

$$\bar{h}_L = \frac{1}{L}\left[A\int_0^{x_{cr}} \frac{1}{x^{0,5}}\,dx + B\int_{x_{cr}}^{L} \frac{1}{x^{0,2}}\,dx\right] = \frac{1}{L}\left[A\int_0^{x_{cr}} x^{-0,5}\,dx + B\int_{x_{cr}}^{L} x^{-0,2}\,dx\right]$$ 1

$$\bar{h}_L = \frac{1}{L}\left[A \left.\frac{x^{-0,5+1}}{-0,5+1}\right|_0^{x_{cr}} + B \cdot \left.\frac{x^{-0,2+1}}{-0,2+1}\right|_{x_{cr}}^{L}\right] = \frac{1}{L}\left[A \left.\frac{x_{cr}^{0,5}}{0,5}\right|_0^{x_{cr}} + B \left.\frac{x^{0,8}}{0,8}\right|_{x_{cr}}^{L}\right]$$

$$\bar{h}_L = \frac{1}{L}\left[A\,\frac{x_{cr}^{0,5}}{0,5} + \frac{B}{0,8}\left(L^{0,8} - x_{cr}^{0,8}\right)\right]$$ 1

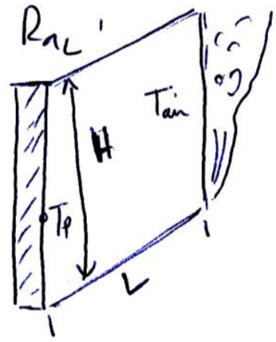
A.N : 1

$A = 10,38$; $B = 68,92$ et $$\bar{h}_L = \frac{1}{2}\left[\frac{10,38}{0,5} \cdot (0,288)^{0,5} + \frac{68,92}{0,8}\left(2^{0,8} - (0,288)^{0,8}\right)\right]$$ 1

$\bar{h}_L = 64,62\ W/m^2.K$ 2/3

Exercice 03 :

Il s'agit d'une convection naturelle externe ; pour savoir si elle est laminaire ou turbulente, on doit calculer le nombre de Rayleigh. Ra_L :



$$Ra_L = Gr_L \cdot Pr = \frac{\beta \cdot g \cdot \Delta T \cdot \rho^2 \cdot H^3}{\mu^2} \cdot Pr \quad \text{avec } \beta = \frac{1}{T_m} \; ; \; T_m = \frac{T_p + T_{air}}{2}$$ 1

A.N : $$Ra_L = \frac{\frac{1}{30+273} \times 9,81 \times 20 \times (1,149)^2 \times 6^3}{(1,84 \cdot 10^{-5})^2}$$ 1

$Ra_L = 3,91 \cdot 10^{11}$ ce qui correspond à une convection libre turbulente ; alors :

$Nu_L = 0,1 \cdot Ra_L^{1/3}$ A.N : $Nu_L = 0,1 \cdot (3,91 \cdot 10^{11})^{\frac{1}{3}} \Rightarrow Nu_L = 731$ 1

Ainsi le coefficient d'échange convectif moyen est :

$\bar{h}_L = \frac{Nu_L \cdot \lambda}{H}$ A.N : $\bar{h}_L = \frac{731 \cdot 0,0258}{6} \Rightarrow \bar{h}_L = 3,14 \frac{W}{m^2.K}$ 1

Les pertes thermiques entre le mur et l'air se calculent par :

$\varphi = \bar{h}_L \cdot S \cdot (T_p - T_{air})$ 1

A.N : $\varphi = 3,14 \times (6 \times 10) \times (40 - 20)$ 1

$\varphi = 3768$ W

Dr. G. MEBARKI