Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen
Faculté de Technologie
Département de Génie Mécanique
Mercredi 10 Mars 2021

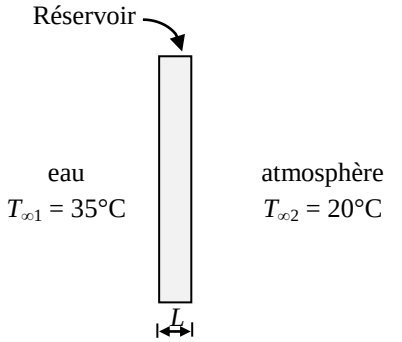
Année : 3ème année licence L3
Option : Energétique
Matière : Transfert de Chaleur I (MS514)
Durée : 1h

Examen Final

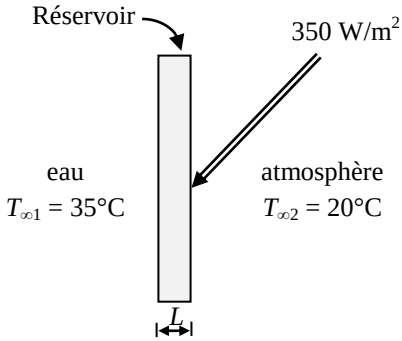
Exercice N°1

Un réservoir en acier doux dont les parois possèdent une épaisseur L = 10 mm contient de l'eau à 35 °C. La conductivité thermique de l'acier doux est de 50 W/m°C et le coefficient de convection à l'intérieur est 2800 W/m^2°C. A l'extérieur, la température de l'atmosphère atteint 20°C avec un coefficient de convection de 11 W/m^2°C. Présenter le schéma électrique équivalent et calculer

a) les différentes résistances thermiques du système
b) la chaleur perdue par m^2 de surface du réservoir.
c) la température de la surface extérieure du réservoir.



Lors d'une journée ensoleillée, un rayonnement solaire de 350 W/m^2 frappe la surface extérieure du réservoir. Présenter le nouveau schéma électrique équivalent et calculer la nouvelle température de la surface extérieure du réservoir.



Exercice N°2

Un fil de résistance électrique de 6 m de long développe une puissance de 2 kW. Le fil est en acier inoxydable de conductivité thermique 15,1 W/m°C et de diamètre 0,2 cm. La résistance électrique fonctionne dans une ambiance de température T_∞ = 30 °C avec un coefficient de convection de 140 W/m^2°C à la surface extérieure. Déterminer

a) la température de la surface extérieure du fil
b) la loi de la répartition radiale de la température $T(r)$
c) en déduire la température à l'axe central.

Bonne chance

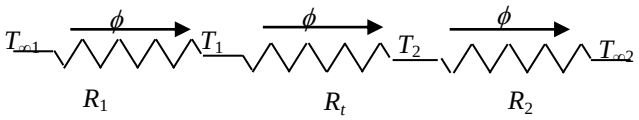
Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen
Faculté de Technologie
Département de Génie Mécanique
Mercredi 10 Mars 2021

Année : 3ème année licence L3
Option : Energétique
Matière : Transfert de Chaleur I (MS514)
Durée : 1h

Corrigé d'examen Final

Exercice N°1 10 pts

a) Schéma électrique 0,5 pt



b) Résistances thermiques du système 1,5 pts

$$R_1 = \frac{1}{h_1 S} = \frac{1}{2800 \times 1} = 0.00036 \ \frac{\text{m}^2\,^{\text{o}}\text{C}}{\text{W}}$$

$$R_t = \frac{L_t}{\lambda_t} = \frac{0.01}{50 \times 1} = 0.0002 \frac{\text{m}^2\,^{\text{o}}\text{C}}{\text{W}}$$

$$R_2 = \frac{1}{h_2 S} = \frac{1}{11 \times 1} = 0.091 \ \frac{\text{m}^2\,^{\text{o}}\text{C}}{\text{W}}$$

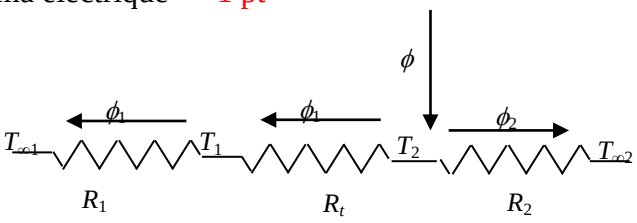
c) Chaleur perdue par m^2 de surface du réservoir. 2 pts

$$\varphi = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_1 + R_r + R_2} = \frac{35 - 20}{0.00036 + 0.0002 + 0.091} = 163{,}83 \ \text{W/m}^2$$

d) Température de la surface extérieure du réservoir. 2 pts

$$\varphi = \frac{T_2 - T_{\infty 2}}{R_2} \rightarrow T_2 = T_{\infty 2} + \varphi R_2 = 20 + 163{,}83 \times 0.091 = 34.91 \ ^{\circ}\text{C}$$

e) Nouveau schéma électrique 1 pt



f) Nouvelle température de la surface extérieure du réservoir. 3 pts

$$\varphi_{ray} = \varphi_2 + \varphi_1$$

$$\varphi_{ray} = \frac{T_2 - T_{\infty 2}}{R_2} + \frac{T_2 - T_{\infty 1}}{R_r + R_1}$$

$$\varphi_{ray} = T_2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_r + R_1} \right) - \frac{T_{\infty 2}}{R_2} - \frac{T_{\infty 1}}{R_r + R_1}$$

$$T_2 = \frac{\varphi_{ray} + \dfrac{T_{\infty 2}}{R_2} + \dfrac{T_{\infty 1}}{R_r + R_1}}{\dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_r + R_1}} = \frac{350 + \dfrac{20}{0.091} + \dfrac{35}{0.0002 + 0.00036}}{\dfrac{1}{0.091} + \dfrac{1}{0.0002 + 0.00036}} = \frac{63069{,}78}{1796{,}70} = 35.1 ^{\circ}\text{C}$$

Exercice N°2 10 pts

a) Température de la surface extérieure du fil 2 pts

$$\phi_g = \phi_{conv} = hS(T_L - T_\infty) \Rightarrow T_L = T_\infty + \frac{\phi_g}{hS} = T_\infty + \frac{\phi_g}{h\pi DL}$$

$$T_L = 30 + \frac{2000}{140 \times \pi \times 0,002 \times 6} = 409.13\ °C$$

b) Loi de la répartition radiale de la température $T(r)$ 4 pts

$$\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\lambda\frac{dT}{dr}\right) + \dot{\phi}_g = 0 \rightarrow d\left(r\lambda\frac{dT}{dr}\right) = -\dot{\phi}_g r dr$$

$$\rightarrow r\lambda\frac{dT}{dr} = -\dot{\phi}_g\frac{r^2}{2} + C_1$$

$$T(r) = -\frac{\dot{\phi}_g}{4\lambda}r^2 + C_1 ln(r) + C_2$$

Condition à l'axe

$$r = 0 \rightarrow \left.\frac{dT}{dr}\right|_{r=0} = 0 \rightarrow C_1 = 0$$

Condition à la surface

$$r = R \rightarrow T(R) = -\frac{\dot{\phi}_g}{4\lambda}R^2 + C_2 = T_s \rightarrow C_2 = T_s + \frac{\dot{\phi}_g}{4\lambda}R^2$$

Ainsi,

$$T(r) = -\frac{\dot{\phi}_g}{4\lambda}r^2 + T_s + \frac{\dot{\phi}_g}{4\lambda}R^2$$

$$T(r) = \frac{\dot{\phi}_g}{4\lambda}\left(R^2 - r^2\right) + T_s$$

c) Température à l'axe central.

$$\dot{\phi}_g = \frac{\phi_g}{V} = \frac{\phi_g}{\pi R^2 L} = \frac{2000}{\pi(0.001)^2 6} = 1,06 \times 10^8\ \text{W/m}^3$$ 2 pts

$$T(r=0) = \frac{\dot{\phi}_g}{4\lambda}R^2 + T_s = \frac{1,06 \times 10^8}{4 \times 15,1}(0,001)^2 + 409.13 = 410,88\ °C$$ 2 pts