

Corrigé Travaux dirigés N°2

Exercice 01

Un tuyau de diamètre 40mm transporte un débit de 1l/s d'eau à 50°C.

C'est un écoulement à l'intérieur d'un tube.

$$\text{Calcul de la vitesse d'écoulement : } U = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D^2}{4}\right)} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot \frac{(0,04)^2}{4}} = 0,795$$

$$\text{Calcul du nombre de Reynolds: } R_e = \frac{\rho \cdot U \cdot D}{\mu} = \frac{988 \cdot 0,795 \cdot 0,04}{0,55 \cdot 10^{-3}} = 57124,36$$

$R_e = 57124,36$ Donc le régime est Turbulent

$$\text{Calcul du nombre de Prandtl: } P_r = \frac{\mu C}{\lambda} = \frac{0,55 \cdot 10^{-3} \cdot 4184}{0,639} = 3,6$$

Le régime est turbulent et permanent, alors la corrélation expérimentale à appliquer :

$$\text{Corrélation de Colburn : } N_u = 0,023 \cdot P_r^{\frac{1}{3}} \cdot R_e^{0,8}$$

Calcul du nombre de Nusselt :

$$N_u = 0,023 \cdot (3,6)^{\frac{1}{3}} \cdot (57124,36)^{0,8} = 224,27$$

$$\text{Calcul du coefficient h : } N_u = \frac{h \cdot D}{\lambda} \Rightarrow h = \frac{N_u \cdot \lambda}{D} = 3582,66 \frac{W}{m^2} \cdot ^\circ C$$

Calcul du flux thermique convectif par mètre linéaire :

$$d\Phi = h \cdot (T_m - T_p) dS = h \cdot (T_m - T_p) \cdot \pi \cdot D \cdot dx \Rightarrow$$

$$\frac{d\Phi}{dx} = h \cdot (T_m - T_p) \cdot \pi \cdot D = 3582,66 \cdot (50 - 15) \cdot \pi \cdot 0,04 = 15,75 KW/m$$

Exercice 02

C'est le cas de l'écoulement autour d'un tube.

$$\text{Calcul du nombre de Reynolds: } R_e = \frac{\rho \cdot U \cdot D}{\mu} = \frac{0,65 \cdot 54 \cdot 0,01}{8,5 \cdot 10^{-6}} = 41294$$

C'est le cas d'un gaz :

$$\text{Calcul du nombre de Nusselt : } N_u = A \cdot R_e^m \text{ Avec : } A=0,024 \quad m=0,805$$

$$N_u = 0,024 \cdot 41294^{0,805} = 124,74$$

$$\text{Calcul du coefficient } h : \mathbf{h} = \frac{N_u \cdot \lambda}{D} = \frac{124,74 \cdot 0,06}{0,01} = \mathbf{748,44 \frac{W}{m^2} \cdot K}$$

Calcul du flux thermique convectif :

$$\Phi = h \cdot (T_m - T_p) S = h \cdot (T_m - T_p) \left(2 \cdot \pi \frac{D^2}{4} + 2 \cdot \pi \cdot \frac{D}{2} L \right)$$

$$\Phi = 748,44 \cdot (80 - 77) \left(2\pi \frac{(0,01)^2}{4} + 2 \cdot \pi \cdot \frac{0,01}{2} \cdot 0,1 \right) = \mathbf{7,4 W}$$

Calcul de la masse du cuivre :

$$\mathbf{m} = \rho \cdot V = \rho \cdot \pi \frac{D^2}{4} \cdot L = 8920 \cdot \pi \frac{0,01^2}{4} \cdot 0,1 = \mathbf{0,07 kg = 70 g}$$

$$\text{Calcul de la chaleur en W/g : } \frac{\Phi}{m} = \mathbf{0,1 W/g}$$

Exercice 03

C'est le cas d'une convection naturelle sans changement d'état entre l'air et une plaque verticale.

$$\text{La corrélation expérimentale : } N_u = C \cdot (R_a)^n = C \cdot (G_r \cdot P_r)^n$$

Toutes grandeurs sont calculées à la température moyenne.

$$\alpha = \frac{1}{T_{moy}} = \frac{1}{30 + 273,15} = \mathbf{0,003 K^{-1}}$$

Calcul du nombre de Grashof:

$$G_r = \frac{\alpha \cdot g \cdot \Delta T \cdot \rho^2 \cdot L^3}{\mu^2} = \frac{0,003 \cdot 10 \cdot (40-20) \cdot 1,149^2 \cdot 6^3}{(18,4 \cdot 10^{-6})^2} = \mathbf{5,05 \cdot 10^{11}}$$

$$\text{Calcul du nombre de Prandtl: } P_r = \frac{\mu C}{\lambda} = \mathbf{0,717}$$

$$\text{Calcul du nombre de Rayleigh : } R_a = 3,62 \cdot 10^{11} \gg 10^9$$

$$\text{Alors la convection est turbulente : } C = \mathbf{0,13} \quad n = 1/3$$

Calcul du nombre de Nusselt :

$$N_u = C \cdot (R_a)^n = 0,13 \cdot (3,62 \cdot 10^{11})^{1/3} = \mathbf{847,84}$$

$$\text{Calcul du coefficient } h : \mathbf{h} = \frac{N_u \cdot \lambda}{D} = \mathbf{3,64 \frac{W}{m^2} \cdot K}$$

Calcul de la puissance échangée par convection :

$$\Phi = h \cdot (T_m - T_p) S = 3,64 \cdot (40 - 20) 60 = \mathbf{4368 W}$$