Exercice N°04 :

a) La température moyenne est :

$$T_m = (T_h + T_s)/2 = (80 + 120)/2 = 100\ °\text{C}.$$

On utilise donc les propriétés données dans l'énoncé.
L'écoulement de la couche limite est laminaire sur la distance :

$$x_{x_{cr}} = \frac{\nu_h \text{Re}_{x_{cr}}}{u} = \frac{0{,}203 \times 10^{-4} \times 5 \times 10^5}{1} = 10{,}15\ \text{m}$$

b) Le coefficient d'échange pour cette distance est déduit de la corrélation [3.37] :

$$\text{Nu}_{x_{cr}} = 0{,}664\ \text{Re}_{x_{cr}}^{0,5}\text{Pr}_h^{0,33} = 0{,}664\ \left(5 \times 10^5\right)^{0,5}\ 315^{0,33} = 3\ 134$$

Soit :

$$h_{x_{cr}} = 3\ 134 \frac{\lambda_h}{x_{cr}} = 3\ 134 \frac{0{,}126}{10{,}15} = 38{,}91\ \text{W m}^{-2}\ \text{K}^{-1}$$

Exercice N°05 :

En convection naturelle un tel échange se calcule par une corrélation expérimentale de type [3.53] :

$$\text{Nu} = C\ (\text{Gr Pr})^n$$

Le nombre de Grashof est :

$$\text{Gr}_L = \frac{\beta\ g\ \Delta T\ \rho_{air}^2 L^3}{\mu_{air}^2}$$

Avec : $\beta_{air} = 1/(273 + 30) = 0{,}0029\ \text{K}^{-1}$, $g = 9{,}81\ \text{m s}^{-2}$, $\Delta T = 20$ K, $\rho_{air} = 1{,}149\ \text{kg m}^{-3}$, $\mu_{air} = 18{,}4 \times 10^{-6}$ Pa s, $L = 6$ m, on obtient :

$$\text{Gr}_L = \frac{0{,}0033 \times 9{,}81 \times 20\,(1{,}149)^2\,(6)^3}{\left(18{,}4 \times 10^{-6}\right)^2} = 5{,}45 \times 10^{11}$$

Le nombre de Prandtl est :

$$\text{Pr} = \frac{\mu_{air}\ C_{p,air}}{\lambda_{air}} = \frac{18{,}4 \times 10^6 \times 1\ 006}{0{,}0258} = 0{,}718$$

On calcule alors le produit $\text{Gr}_L\ \text{Pr} = \text{Ra}_L$ qui détermine le régime de convection naturelle (laminaire ou turbulente), la valeur critique étant de 10^9 :

$$\text{Gr}_L\ \text{Pr} = \text{Ra}_L = 5{,}45 \times 10^{11} \times 0{,}718 = 3{,}91 \times 10^{11}$$

On est donc en régime de convection naturelle turbulente et on utilise les coefficients $C = 0{,}10$ et $n = 1/3$ (tableau 3.3, ligne 1) dans la corrélation précédente. On en déduit la valeur du nombre de Nusselt :

$$\text{Nu}_L = \frac{h\ L}{\lambda_{air}} = C\ (\text{Gr}_L\ \text{Pr})^n = 0{,}10\ \left(3{,}91 \times 10^{11}\right)^{1/3} = 731$$

Ainsi, le coefficient d'échange convectif h est :

$$h = \frac{\lambda_{air}\ \text{Nu}}{L} = \frac{0{,}0258 \times 731}{6} = 3{,}14\ \text{W m}^{-2}\ \text{K}^{-1}$$

Donc le flux de chaleur échangé sur toute la surface S est :

$$\phi = h\ S\ (T_m - T_{air})$$

Soit :

$$\phi = 3{,}14 \times 6 \times 10\,(40 - 20) = 3\ 768\ \text{W}$$