

Travaux dirigés N°3

Transfert thermique par convection

Exercice 01

Dans un cylindre de **2,8 cm** de diamètre et de **3 m** de longueur circule de l'air à la température de **195 °C**. Le cylindre maintenu à la température de **25 °C**, reçoit un flux de chaleur égal à **5500W**.

1. Déterminer le coefficient de l'échange de chaleur par convection (h).
2. Déduire le nombre de Nusselt de l'écoulement sachant que : $\lambda = 0,026 \text{ W / m} \cdot \text{°C}$.
3. Calculer le nombre de Reynolds de l'écoulement en admettant que le nombre de Prandtl est égal à **0,73**.

Exercice 02

Une plaque mince d'une longueur de **3m** et d'une largeur de **1,5m** est sous l'effet d'un écoulement d'air à la vitesse de **2 m/s** et de température de **20°C**, dans la direction longitudinale.

La température des surfaces de la plaque est de **84°C**. Calculer:

1. Le coefficient d'échange de la chaleur par convection suivant la longueur (**Pr=0,71**);
2. Le flux de chaleur transmis par la plaque à l'air.

Les caractéristiques de l'air à **20°C** sont:

$$\rho=1,175 \text{ kg/m}^3 \quad \mu=1,8 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m.s}$$

$$\lambda=0,026 \text{ W/m.K} \quad C_p=1006 \text{ J/kg.K.}$$

Exercice 03

Calculer la quantité de chaleur transmise par le passage d'une eau qui se déplace d'une manière forcée dans un serpentin constitué d'un tube de **20mm** de diamètre. Le débit de l'eau est de **0,28 kg/s** et sa température est de **120°C**. La température de la paroi interne de la conduite dont la longueur est de **4 m** est considérée constante et égale à **95°C**.

Les caractéristiques de l'eau à **120°C** sont:

- $\rho = 945,3 \text{ kg/m}^3 \quad \mu=2,34 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m.s}$
- $\lambda=0,68 \text{ W/m.K} \quad C_p=4250 \text{ J/kg.K.}$

I. Corrélations en convention forcée sans changement d'état:

1. Ecoulement à l'intérieur d'un tube.

a. Régime turbulent

- **Colburn :** $N_u = 0,023 \cdot P_r^{1/3} \cdot R_e^{0.8}$ (régime permanent)
- **Colburn corrigée :** $N_u = 0,023 \cdot P_r^{1/3} \cdot R_e^{0.8} \cdot [1 + (d/x)^{0.7}]$ (régime transitoire)

b. Régime laminaire :

- **Leveque :** $N_u = 3,66$ pour $A > 0,1$

$$N_u = 1,077 \cdot A^{-1/3} \text{ pour } A < 0,1$$

Avec $A = x / (R_e \cdot P_r \cdot r)$

2. Ecoulement autour d'un tube.

- Cas d'un gaz : Hilpert $N_u = C \cdot R_e^m$
- Cas d'un liquide : $N_u = 1,11 \cdot C \cdot R_e^m \cdot P_r^{1/3}$

R_e	A	m
$1 < R_e < 4$	0.891	0.33
$4 < R_e < 40$	0.821	0.385
$40 < R_e < 4000$	0.615	0.466
$4 \cdot 10^3 < R_e < 4 \cdot 10^4$	0.174	0.618
$4 \cdot 10^4 < R_e < 4 \cdot 10^5$	0.024	0.805

3. Ecoulement autour d'un faisceau de tubes :

- $N_u = 0,26 \cdot R_e^{0.6} \cdot P_r^{0.33}$ (faisceau aligné)
- $N_u = 0,33 \cdot R_e^{0.6} \cdot P_r^{0.33}$ (faisceau en quinconce)

4. Ecoulement le long d'une plaque plane parallèle :

a. Régime turbulent

- $(N_{uL})_{\text{moy}} = 0,036 \cdot P_r^{1/3} \cdot R_{eL}^{0.8}$

b. Régime laminaire :

- $(N_{uL})_{\text{moy}} = (2/3) \cdot P_r^{1/3} \cdot R_{eL}^{0.5}$

II. Corrélations en convention naturelle sans changement d'état :

$$N_u = C \cdot (R_a)^n$$

$n = 1/4$ (régime laminaire) $n = 1/3$ (régime turbulent)

Géométrie	L	C	
		R. laminaire	R. turbulent
plaque verticale	hauteur	0.59	0.13
cylindre horizontal	diamètre extérieur	0.53	0.10
plaque horizontale chauffant vers le haut	largeur	0.54	0.14
plaque horizontale chauffant vers le bas	largeur	0.27	0.07