

Travaux dirigés N°2

Transfert thermique par convection

Exercice 01

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

Déterminer le flux thermique transmis par convection du fluide vers la paroi, par mètre linéaire de conduite.

Les hypothèses:

L'alimentation en eau est telle que la température de celle-ci reste constante.

La paroi du tube est mince et donc le phénomène de conduction est négligé.

La température extérieure du tube est de **15°C**.

L'écoulement est parfaitement établi (régime permanent dans un tube de grande longueur).

La masse volumique à **50°C** est de **988kg/m³**.

La viscosité dynamique à **50°C** est de **0,55.10⁻³ Pa.s**.

La conductivité thermique à **50°C** est de **0,639 W/(m.°C)**.

La capacité thermique massique à **50°C** est de **4184J/(kg.°C)**.

Exercice 02

Un barreau plein de cuivre de **1cm** de diamètre et de **10cm** de long est refroidit en le balayant par un courant d'Hélium, refroidit préalablement à **77K** et qui le frappe perpendiculairement avec une vitesse moyenne d'écoulement de **54m/s**. La température de paroi du barreau de cuivre s'établit alors à **80K**.

En déduire le dégagement de chaleur (**en W/g**) qui se produit dans le barreau de cuivre.

Les caractéristiques de l'Hélium, à la température considérée:

- $\rho = 0,65 \text{ kg/m}^3$
- $\mu = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ kg/(m.s)}$
- $\lambda = 0,06 \text{ W / (m.K)}$
- $C_p = 5300 \text{ J / (kg.K)}$

Exercice 03

Le mur d'un bâtiment a **6m** de hauteur et **10m** de longueur. Sous l'échauffement dû au soleil, sa température extérieure atteint **40°C**. La température ambiante étant de **20°C**.

Calculer la puissance thermique échangée par convection entre le mur et l'extérieur.

On donne les propriétés physiques suivantes de l'air, à la température de **30°C**

- $\rho = 1,149 \text{ kg / m}^3$
- $\mu = 18,4 \cdot 10^{-6} \text{ kg / (m.s)}$
- $\lambda = 0,0258 \text{ W / (m.K)}$
- $C_p = 1006 \text{ J / (kg.K)}$

I. Corrélations en convection 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 convection 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