

Correction de L'EXAMEN DE CONTROLE N°1  
TRANSFERT DE CHALEUR

*2ème année*

**Partie 01 :** (8pts)

1- Quelle est la différence entre les deux modes de transfert de chaleur (conduction et convection)? (1pt)

**Lorsque le transfert de chaleur s'accompagne d'un transfert de masse, il est appelé transfert par convection.**

2- La détermination de  $h$  dépend de nombreux paramètres, citer les ? (2,5pts)

**$h$  dépend de :**

- caractéristiques du fluide (- masse volumique – chaleur spécifique – conductivité – viscosité ... ) (0,5)
- nature de l'écoulement, (0,5)
- vitesse de l'écoulement (0,5)
- la température, (0,5)
- la forme et la nature de la surface d'échange,... (0,5)

3- Donner la signification nombre de Reynolds  $Re$  ? (1,5pts)

**Le régime d'écoulement d'un fluide peut être laminaire ou turbulent. Le passage d'un régime à un autre est caractérisé par le nombre de Reynolds :**

4- Donner la signification nombre de Nusselt  $Nu$  ? (1,5pts)

**Le nombre de Nusselt caractérise l'importance de la convection par rapport à la conduction**

5- Citer Les différentes phases de calcul dans un transfert par convection? (1,5pts)

**Les différentes phases de calcul sont :**

1- Calculer  $Re$  et le comparer à  $Re_c$  (0,5)

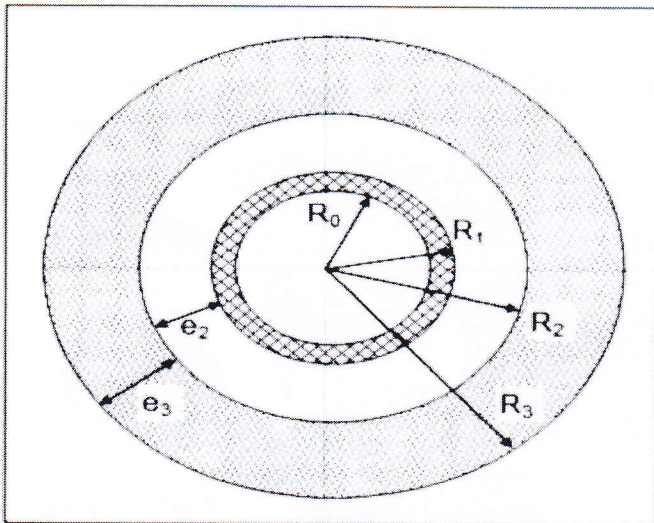
- Si  $Re < Re_c$  le régime est dit laminaire,
- $Re > Re_c$  le régime est dit turbulent ;

2- Utiliser l'une des formules empiriques données pour déterminer  $h_c$  ; (0,5)

3- Calculer  $\delta Q$  par la formule de Newton et intégrer pour avoir  $Q$ . (0,5)

**Partie 02:** (12pts)  
**Exercice 01 :** (6pts)

$L := 1\text{m}$



$$R_0 := \frac{53}{2} \cdot \text{mm}$$

$$R_1 := \frac{60}{2} \cdot \text{mm}$$

$$e_2 := 32 \cdot \text{mm}$$

$$e_3 := 65 \cdot \text{mm}$$

$$R_2 := R_1 + e_2$$

$$R_3 := R_2 + e_3$$

$$R_2 = 62 \cdot \text{mm}$$

$$R_3 = 127 \cdot \text{mm}$$

$$\lambda_1 := 40.4 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\lambda_2 := 0.101 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\lambda_3 := 0.072 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$T_{\text{ex}} := 30 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$T_0 := 482 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$T_3 := 50 \cdot ^\circ\text{C}$$

1°) Conduction

$$\Phi = \varphi \cdot S = -\lambda \cdot \frac{dT}{dr} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L$$

$$\int_{R_0}^{R_1} \frac{\Phi}{r} dr = - \int_{T_0}^{T_1} 2 \cdot \pi \cdot L \cdot \lambda_1 dT$$

$$\Phi \cdot \ln\left(\frac{R_1}{R_0}\right) = 2 \cdot \pi \cdot L \cdot \lambda_1 \cdot (T_0 - T_1)$$

$$\Phi = \frac{T_0 - T_1}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \lambda_1} \cdot \ln\left(\frac{R_1}{R_0}\right)} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \lambda_2} \cdot \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} = \frac{T_2 - T_3}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \lambda_3} \cdot \ln\left(\frac{R_3}{R_2}\right)}$$

$$\Phi = \frac{T_0 - T_3}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \lambda_1} \cdot \ln\left(\frac{R_1}{R_0}\right) + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \lambda_2} \cdot \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right) + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \lambda_3} \cdot \ln\left(\frac{R_3}{R_2}\right)}$$

$$\Phi = \frac{\Phi}{L}$$

$$\Phi := \frac{2 \cdot \pi \cdot (T_0 - T_3)}{\frac{1}{\lambda_1} \cdot \ln\left(\frac{R_1}{R_0}\right) + \frac{1}{\lambda_2} \cdot \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right) + \frac{1}{\lambda_3} \cdot \ln\left(\frac{R_3}{R_2}\right)}$$

$$\Phi = \frac{2 \cdot \pi \cdot (482 - 50)}{\frac{1}{40.4} \cdot \ln\left(\frac{60}{53}\right) + \frac{1}{0.101} \cdot \ln\left(\frac{62}{30}\right) + \frac{1}{0.072} \cdot \ln\left(\frac{127}{62}\right)}$$

$$\Phi = 158.3 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

2°) Calcul de  $T_2$

$$T_2 := T_3 + \frac{\Phi}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_3} \cdot \ln\left(\frac{R_3}{R_2}\right)$$

$$T_2 = 300.9 \cdot ^\circ\text{C}$$

3°) Convection

$$\Phi = h \cdot S \cdot \Delta T = h_{\text{ex}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R_3 \cdot L \cdot (T_3 - T_{\text{ex}})$$

$$h_{\text{ex}} := \frac{\Phi}{2 \cdot \pi \cdot R_3 \cdot L \cdot (T_3 - T_{\text{ex}})}$$

$$h_{\text{ex}} = 9.917 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

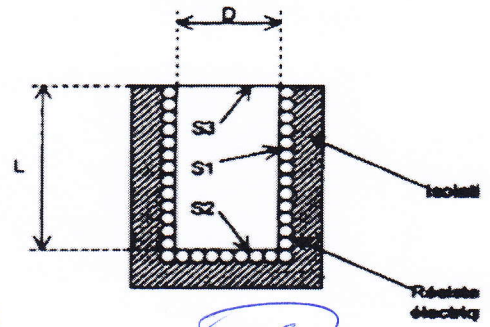
# Exercice 01 : (6pts)

$$TK = 273.15 \cdot K$$

$$T_1 := 1200 \text{ } ^\circ\text{C} = 1473.15 \text{ K} \quad L := 150 \cdot \text{cm}$$

$$T_2 := 1600 \text{ } ^\circ\text{C} = 1873.15 \text{ K} \quad D := 75 \cdot \text{cm}$$

$$T_3 := 20 \text{ } ^\circ\text{C} = 293.15 \text{ K} \quad \sigma := 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$$



## 1. Calcul des facteurs d'angle

Relations d'addition :

$$F_{11} + F_{12} + F_{13} = 1$$

$$F_{21} + F_{23} = 1$$

$$F_{31} + F_{32} = 1$$

Relations de réciprocité :

$$S_2 \cdot F_{23} = S_3 \cdot F_{32}$$

$$S_1 \cdot F_{12} = S_2 \cdot F_{21}$$

$$S_1 \cdot F_{13} = S_3 \cdot F_{31}$$

Évaluation de  $F_{23}$  et  $F_{32}$

$$r_2 := \frac{D}{2}$$

$$r_3 := \frac{D}{2}$$

$$\frac{L}{r_2} = 4$$

$$\frac{r_3}{L} = 0.25$$

En consultant l'abaque, on trouve :

$$F_{23} := 0.06$$

Disques parallèles et concentriques

$$F_{j,k}(r_j, r_k, L) := \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + \frac{\left(\frac{r_k}{r_j}\right)^2 + \left(\frac{L}{r_j}\right)^2}{4} - \sqrt{\left[ 1 + \frac{\left(\frac{r_k}{r_j}\right)^2 + \left(\frac{L}{r_j}\right)^2}{4} \right]^2 - 4 \cdot \left(\frac{r_k}{r_j}\right)^2} \right]$$

$$F_{23} = 0.056$$

or  $S_2 = S_3$  entraîne  $F_{32} := F_{23}$

$$F_{32} = 0.056$$

$$F_{23} = 0.056$$

On en déduit :

$$F_{21} := 1 - F_{23} = 0.944$$

$$F_{31} := 1 - F_{32} = 0.944$$

D'autre part, (réciprocité)

$$F_{12} = \frac{S_2}{S_1} \cdot F_{21}$$

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{\frac{\pi \cdot D^2}{4}}{\pi \cdot D \cdot L} = \frac{D}{4 \cdot L}$$

$$F_{12} := \frac{D}{4 \cdot L} \cdot F_{21} = 0.118$$

$$F_{13} = \frac{S_3}{S_1} \cdot F_{31}$$

$$\frac{S_3}{S_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{D}{4 \cdot L}$$

$$F_{13} := \frac{D}{4 \cdot L} \cdot F_{31} = 0.118$$

Enfin :

$$F_{11} := 1 - F_{12} - F_{13} = 0.$$

## 2. Calcul de la puissance

$$S_2 := \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 0.442 \text{ m}^2$$

$$S_1 := \pi \cdot D \cdot L = 3.534 \text{ m}^2$$

$$\Phi_1 := S_1 \cdot \sigma \cdot F_{13} \cdot (T_1^4 - T_3^4) = 111.2 \cdot \text{kW}$$

$$\Phi_2 := S_2 \cdot \sigma \cdot F_{23} \cdot (T_2^4 - T_3^4) = 17.3 \cdot \text{kW}$$

$$\Phi_1 + \Phi_2 = 128.5 \cdot \text{kW}$$