

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 Rec (0,5)

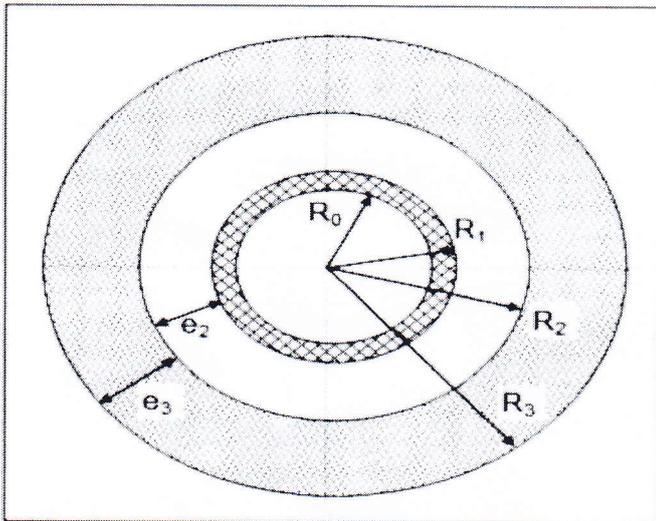
- Si $Re < Rec$ le régime est dit laminaire,
- $Re > Rec$ le régime est dit turbulent ;

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

3- Calculer δQ 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

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

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

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

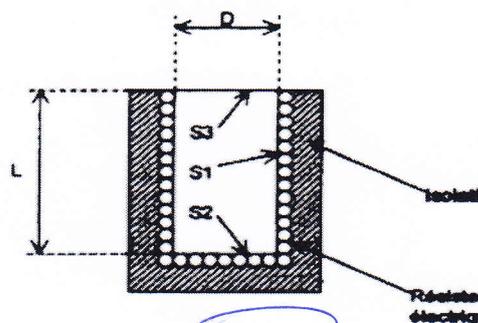
Exercice 01 : (6pts)

$$TK = 273.15 \cdot K$$

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

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

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



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

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

$$F_{23} = 0.056$$

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

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

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

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

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

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