

## L'EXAMEN DE CONTROLE N°1 TRANSFERT DE CHALEUR

### Partie 01 : (8pts)

- 1- Quelle est la différence entre les deux modes de transfert de chaleur (conduction et convection)? (1pt)
- 2- La détermination de  $h$  dépend de nombreux paramètres, citer les ? (2,5pts)
- 3- Donner la signification du nombre de Reynolds  $Re$  ? (1,5pts)
- 4- Donner la signification du nombre de Nusselt  $Nu$  ? (1,5pts)
- 5- Citer Les différentes phases de calcul dans un transfert par convection? (1,5pts)

### Partie 02: (12pts)

#### Exercice 01 : (4pts)

Marc utilise deux plaques de mêmes dimensions, l'une en cuivre et l'autre en aluminium. Il maintient un écart de température constant et égal à  $5,0\text{ }^\circ\text{C}$  entre les deux faces planes et parallèles de la plaque de cuivre. Le transfert thermique, pendant une durée de 15min, entre les deux faces est  $Q_{Cu} = 4,4 \times 10^6 \text{ J}$ .

Ensuite, il procède de même avec la plaque d'aluminium dont la résistance thermique est  $R_{thAl} = 1,7 \times 10^2 \text{ K.W}$ .

1. Quel est le flux thermique qui traverse : a. la plaque de cuivre ? b. la plaque d'aluminium ?
2. Pour des dimensions identiques, quel est le matériau qui transfère le plus rapidement l'énergie thermique?

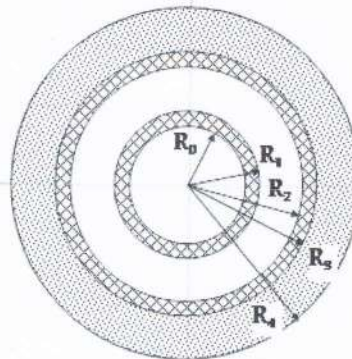
#### Exercice 02 : (8pts)

Le dispositif représenté par le schéma, supposé à symétrie sphérique, est destiné à isoler thermiquement de l'extérieur une cavité, initialement remplie d'azote liquide. La paroi  $r = R_0$  est donc maintenue à  $80 \text{ K}$ . Un petit évent, que l'on négligera, impose la pression atmosphérique dans la cavité.

La face externe de la première enceinte métallique  $R_0 < r < R_1$  et la face interne de la seconde  $R_2 < r < R_3$  sont polies, de telle façon que les échanges radiatifs soient négligeables. L'espace intermédiaire  $R_1 < r < R_2$  est rempli d'air.

La deuxième enceinte métallique est entourée d'une couche d'isolant thermique  $R_3 < r < R_4$ . La surface externe du dispositif  $r = R_4$  est baignée par l'air ambiant à la température  $T_{ex} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ . On ne considèrera qu'un transfert convectif avec une valeur constante  $h_c$  du coefficient de transfert.

- Calculer les pertes thermiques à travers l'enceinte.
- Calculer au bout de combien de temps la moitié de l'azote liquide sera vaporisée.



$R_0 = 0,146 \text{ m}$
$R_1 = 0,150 \text{ m}$
$R_2 = 0,200 \text{ m}$
$R_3 = 0,204 \text{ m}$
$R_4 = 0,300 \text{ m}$
$\lambda_{air} = 0,025$ $\text{W/m.}^\circ\text{C}$
$\lambda_{m\acute{e}tal} = 15$ $\text{W/m.}^\circ\text{C}$
$\lambda_{isolant} = 0,010$ $\text{W/m.}^\circ\text{C}$
$h_c = 10 \text{ W/m}^2.\text{ }^\circ\text{C}$

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

**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 hc ; (0,5)

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



**Partie 02: (12pts)**

**Exercice 01 : (4pts)**

(1)

1. a. Le flux thermique qui traverse la plaque de cuivre est:  $\varphi_{Cu} = \frac{Q_{Cu}}{\Delta t} = \frac{4,4 \times 10^6}{15 \times 60} = 4,9 \times 10^3 \text{ W}$  (1)

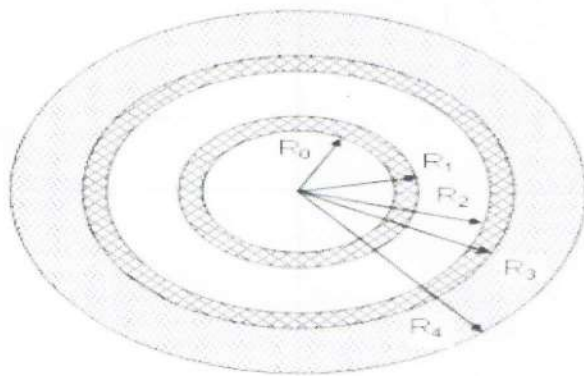
b. Le flux thermique qui traverse la plaque d'aluminium est:  $\varphi_{Al} = \frac{|\Delta T|}{R_{th,Al}} = \frac{5,0}{1,7 \times 10^{-2}} = 2,9 \times 10^2 \text{ W}$

2. Pour des dimensions identiques, le flux thermique qui traverse une plaque d'aluminium est moins important que celui qui traverse une plaque de cuivre. Un flux thermique est l'énergie transférée à travers une surface par unité de temps. Le cuivre est donc le métal qui transfère le plus rapidement l'énergie thermique. (1)

**Exercice 02 : (8pts)**

**Problème à symétrie sphérique**

TK = 273.15-K



- $R_0 := 0.146\text{-m}$        $\lambda_{air} := 0.025\text{-W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- $R_1 := 0.150\text{-m}$        $\lambda_{m\acute{e}tal} := 15\text{-W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- $R_2 := 0.200\text{-m}$        $\lambda_{isolant} := 0.010\text{-W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- $R_3 := 0.204\text{-m}$        $h_{ex} := 10\text{-W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
- $R_4 := 0.300\text{-m}$        $T_0 := 80\text{-K}$
- $\lambda_1 := \lambda_{m\acute{e}tal}$        $T_{ex} := 25\text{-K} + \text{TK}$
- $\lambda_2 := \lambda_{air}$        $T_{ex} = 298.15\text{ K}$
- $\lambda_3 := \lambda_{m\acute{e}tal}$        $\rho_{azote} := 808\text{-kg}\cdot\text{m}^{-3}$
- $\lambda_4 := \lambda_{isolant}$        $L_v := 2\cdot 10^5\text{-J}\cdot\text{kg}^{-1}$

• (1) On calcule la résistance au transfert

**Conduction**

$$\Phi = \varphi \cdot S = \left( -\lambda \cdot \frac{dT}{dr} \right) \cdot (4 \cdot \pi \cdot r^2) \quad (0,5)$$

$j := 1..4$

$$\int_{R_{j-1}}^{R_j} \frac{\Phi}{r^2} dr = - \int_{T_{j-1}}^{T_j} 4 \cdot \pi \cdot \lambda_j dT \quad \Phi = \frac{T_{j-1} - T_j}{\frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \lambda_j} \left( \frac{1}{R_{j-1}} - \frac{1}{R_j} \right)} \quad (0,5)$$

**Convection**

$$\Phi = h_{ex} \cdot S \cdot \Delta T = h_{ex} \cdot (4 \cdot \pi \cdot R_4^2) \cdot (T_4 - T_{ex}) \quad (0,5) \quad \Phi = \frac{T_4 - T_{ex}}{\frac{1}{4 \cdot \pi \cdot h_{ex} \cdot (R_4)^2}} \quad (0,5)$$

$$\Phi := \sum_j \left[ \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \lambda_j} \left( \frac{1}{R_{j-1}} - \frac{1}{R_j} \right) \right] + \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot h_{ex} \cdot (R_4)^2} \quad (1) \quad \Phi = -12.202 \text{ W} \quad (0,5)$$

$$\frac{1}{15} \cdot \left( \frac{1}{.146} - \frac{1}{.150} \right) + \frac{1}{.025} \cdot \left( \frac{1}{.150} - \frac{1}{.200} \right) + \frac{1}{15} \cdot \left( \frac{1}{.200} - \frac{1}{.204} \right) + \frac{1}{.01} \cdot \left( \frac{1}{.204} - \frac{1}{.300} \right) + \frac{1}{10 \cdot (.3)^2} = -12.202 \quad (0,5)$$

• (2) On calcule la quantité d'énergie nécessaire pour vaporiser la moitié de l'azote liquide. On en déduit le temps nécessaire. (0,5)

$$V_0 := \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (R_0)^3 = 13.036 \text{ L} \quad m_0 := \rho_{azote} \cdot V_0 = 10.533 \text{ kg} \quad Q_{1/2} := L_v \cdot \frac{m_0}{2} = -1.053 \times 10^6 \text{ J} \quad (0,5)$$

$$Q_{1/2} = - \left[ \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot (R_0)^3 \cdot \rho_{azote} \cdot L_v \right] \quad (0,5) \quad - \left( \frac{2}{3} \right) \cdot \pi \times 0.146^3 \times 808 \times 2 \times 10^5 = -1.053 \times 10^6 \quad (0,5)$$

$$t_{1/2} := \frac{Q_{1/2}}{\Phi} \quad (1) \quad t_{1/2} = 86321 \text{ s} \quad t_{1/2} = 24\text{-h} \quad (0,5)$$