

Contrôle  
Transfert thermique-L1 Mesures Physiques

**Exercice 1: (8pts)**

Un double vitrage est constitué de deux plaques de verre séparées par une couche d'air sec immobile. L'épaisseur de chaque vitre est de 3,5 mm et celle de la couche d'air est de 12 mm. La conductivité thermique du verre est égale à  $0,7 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  est celle de l'air est de  $0,024 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  sur le domaine de température étudié. Pour une chute de température de  $5^\circ\text{C}$  entre les deux faces externes du double vitrage,

- 1- Calculer les pertes thermiques pour une surface de  $1\text{m}^2$  ?
- 2- Comparer ces pertes thermiques à celles qui seraient obtenues avec une seule vitre d'épaisseur égale à 3,5 mm pour une même surface et une même différence de température ?
- 3- Calculer les températures des deux faces exposées à l'air du double vitrage si les températures externes du double vitrage sont respectivement  $10^\circ\text{C}$  et  $5^\circ\text{C}$  ?

**NB :** On néglige l'effet du coefficient de convection de part et d'autre de chaque vitre.

**Exercice 2: (6pts)**

La surface d'un disque placé dans le vide est normale au rayonnement solaire. La température ambiante est de  $40^\circ\text{C}$ . Considérons que les deux faces du disque noircies, l'une d'elle exposée au soleil reçoit  $4 \text{ cal/mn.cm}^2$  de chaleur rayonnée à partir du soleil.

La Constante de Stefan Boltzmann est :  $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

- 1- Calculer la température du disque?
- 2- On suppose que la face non exposée au rayonnement est parfaitement argentée ( $\epsilon$  négligeable), Calculer la nouvelle température?

**Exercice 3: (6pts)**

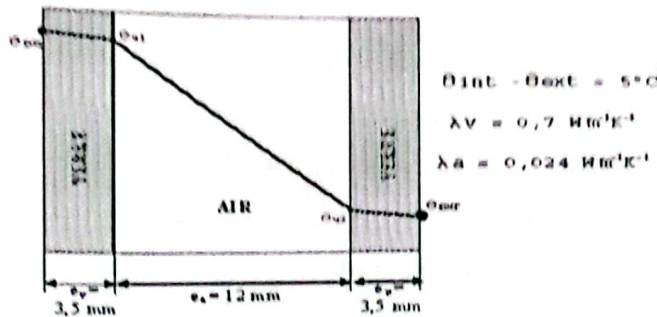
Un échangeur à tubes concentriques et écoulement contre-courant est conçu pour élever la température d'un écoulement d'eau à  $1.2 \text{ kg/s}$  de  $20^\circ\text{C}$  à  $80^\circ\text{C}$  par un écoulement d'eau provenant d'une source géothermale à  $160^\circ\text{C}$  à un débit massique de  $2 \text{ kg/s}$ . Le tube intérieur est une paroi très mince de  $1.5 \text{ cm}$  de diamètre. Si le coefficient  $h$  est de  $640 \text{ W/m}^2\text{C}$ , déterminer la longueur de l'échangeur de chaleur. Les chaleurs spécifique de l'eau et de la source géothermale sont respectivement  $C_{pe}=4.18 \text{ KJ/Kg }^\circ\text{C}$  et  $C_{pg}= 4.31 \text{ KJ/Kg }^\circ\text{C}$ .

**Bon courage**

**Corrigé type : Transfert thermique**  
**L1 Mesures physiques**

**Exercice 1: (8 pts)**

1- Calcul des pertes thermiques pour une surface de  $1\text{m}^2$ ?



Le double vitrage est constitué de trois résistances thermiques en série, le flux traversant ce double vitrage est donné par :

$$Q_{\text{double vitrage}} = \frac{T_{\text{ext1}} - T_{\text{ext2}}}{\sum R_i} = \frac{T_{\text{ext1}} - T_{\text{ext2}}}{R_v + R_a + R_v} = \frac{T_{\text{ext1}} - T_{\text{ext2}}}{\frac{e_v}{\lambda_v S} + \frac{e_a}{\lambda_a S} + \frac{e_v}{\lambda_v S}} = \frac{(T_{\text{ext1}} - T_{\text{ext2}}) \cdot S}{2 \frac{e_v}{\lambda_v} + \frac{e_a}{\lambda_a}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{double vitrage}} = \frac{5.1}{2 \frac{3,5 \cdot 10^{-3}}{0,7} + \frac{12 \cdot 10^{-3}}{0,024}} = 9,861\text{W} \quad (1)$$

2- Pertes thermiques obtenues avec une seule vitre d'épaisseur égale à 3,5 mm pour une même surface et une même différence de température :

$$Q_{\text{un seul vitrage}} = \frac{T_{\text{ext1}} - T_{\text{ext2}}}{R_v} = \frac{T_{\text{ext1}} - T_{\text{ext2}}}{\frac{e_v}{\lambda_v S}} = \frac{(T_{\text{ext1}} - T_{\text{ext2}}) \cdot S}{\frac{e_v}{\lambda_v}} = \frac{(T_{\text{ext1}} - T_{\text{ext2}}) \cdot S}{\frac{e_v}{\lambda_v}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{un seul vitrage}} = \frac{5.1}{\frac{3,5 \cdot 10^{-3}}{0,7}} = 1000\text{W} \quad (1)$$

3- Calcul des températures des deux faces internes :

$$Q_{\text{double vitrage}} = \frac{T_{\text{ext1}} - T_1}{R_v} = \frac{T_{\text{ext1}} - T_1}{\frac{e_v}{\lambda_v S}} \quad (1)$$

$$T_1 = T_{\text{ext1}} - Q_{\text{double vitrage}} \cdot \left( \frac{e_v}{\lambda_v S} \right) = 10 - 9,861 \left( \frac{3,5 \cdot 10^{-3}}{0,7 \cdot 1} \right) = 9,95^\circ\text{C} \quad (1)$$

$$Q_{\text{double vitrage}} = \frac{T_2 - T_{\text{ext2}}}{R_v} = \frac{T_2 - T_{\text{ext2}}}{\frac{e_v}{\lambda_v S}} \quad (1)$$

$$T_2 = T_{\text{ext2}} + Q_{\text{double vitrage}} \cdot \left( \frac{e_v}{\lambda_v S} \right) = 5 + 9,861 \left( \frac{3,5 \cdot 10^{-3}}{0,7 \cdot 1} \right) = 5,05^\circ\text{C} \quad (1)$$

**Exercice 2: (6 pts)**

1- La température du disque :  $Q = 4 \text{ cal/mn.cm}^2 = 4.4,18/60 \cdot 10^{-4} = 2786.666 \text{ W/m}^2$  (2)

Le disque rayonne par ses deux faces, nous avons à l'équilibre thermique :

$$(1) \quad Q = 2 \cdot \sigma \cdot T^4 \text{ d'où } T = \sqrt[4]{\frac{Q}{2 \cdot \sigma}} = \sqrt[4]{\frac{2786.666}{2 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}}} = 395.929 \text{ K} \quad (1)$$

2- La nouvelle température, Si la face opposée avait au contraire, un facteur d'émission très petit, le disque ne rayonnerait que par l'autre face donc:

$$Q = \sigma \cdot T^4 \text{ d'où } T = \sqrt[4]{\frac{Q}{\sigma}} = \sqrt[4]{\frac{2786.666}{5.67 \cdot 10^{-8}}} = 470.842 \text{ K} \quad (1)$$

Exercice 3: (6pts) (0.5)

Pour l'eau :  $Q = \dot{m}_1 c_{p1} (T_{1s} - T_{1e}) = 1,2 \cdot 4,18 (80 - 20) = 301 \text{ kW}$  (0.5)

Pour la source géothermale :  $Q = \dot{m}_2 c_{p2} (T_{2e} - T_{2s})$

$$T_{2s} = T_{2e} - \frac{Q}{\dot{m}_2 c_{p2}} = 160 - \frac{301}{2 \cdot 4.31} = 125^\circ\text{C} \quad (0.5)$$

$$\Delta T_e = T_{1e} - T_{2s} = 160 - 80 = 80^\circ\text{C} \quad (0.5)$$

$$\Delta T_s = T_{1s} - T_{2e} = 125 - 20 = 105^\circ\text{C} \quad (0.5)$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)} = \frac{80 - 105}{\ln\left(\frac{80}{105}\right)} = 92^\circ\text{C} \quad (0.5)$$

$$Q = h \cdot S \cdot \Delta T_m \text{ d'où } S = \frac{Q}{h \cdot \Delta T_m} = \frac{301}{640.92} = 5.11 \text{ m}^2 \quad (0.5)$$

$$S = \pi \cdot D \cdot L \text{ d'où } L = S / \pi \cdot D = 5.11 / 3.14 \cdot 1.5 = 108 \text{ m} \quad (0.5)$$