Université Ziane Achour de Djelfa.
Faculté de science exacte et informatique.
Département physique

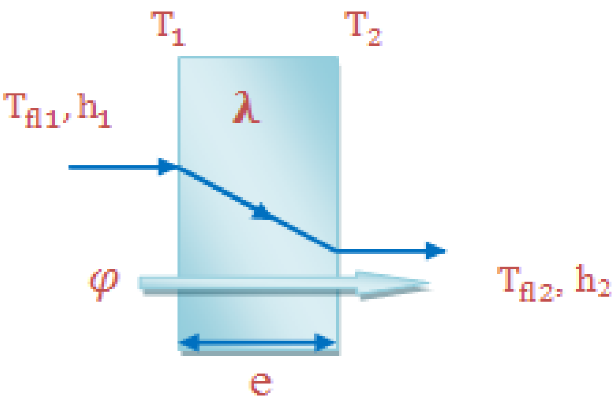
2019-2020
Module : TD.TRANSFERT DE CHALEUR

Solution TD2 Transfert de Chaleur

(SERIE02)

Solution 01:

Le problème est unidimensionnel,



Pour la résolution, nous utilisons la condition du flux constant. Car étant en régime stationnaire :

$$\Phi_{conv1} = \Phi_{cond} = \Phi_{\,conv2} = \Phi$$

Ou :

- A l'intérieur : $\emptyset$ flus thermique (par convection)

$$\varphi = \emptyset/S = h_{fl1}\,(T_{\infty 1} - T_1) \Longrightarrow (T_{fl1} - T_1) = \frac{\varphi}{h_1} \qquad (1)$$

- Parois $\emptyset$ flus thermique (par conduction)

$$\varphi = \emptyset/S = \frac{\lambda}{e}\,(T_1 - T_2) \Longrightarrow (T_1 - T_2) = \frac{\varphi}{\frac{\lambda}{e}} \qquad (2)$$

- A l'extérieur : $\emptyset$ flus thermique (par convection)

$$\varphi = \emptyset/S = h_{fl2}(T_2 - T_{\infty 2}) \Longrightarrow (T_2 - T_{fl2}) = \frac{\varphi}{h_2} \qquad (3)$$

(1) + (2) + (3) $\Longleftrightarrow$ $(T_{fl1} - T_{fl2}) = \varphi\left(\frac{1}{h_1} + \frac{1}{\frac{\lambda}{e}} + \frac{1}{h_2}\right)$

$$\varphi = \frac{(T_{fl1} - T_{fl2})}{\left(\frac{1}{h_1} + \frac{1}{\frac{\lambda}{e}} + \frac{1}{h_2}\right)}$$

1. Pour calculer les températures il faut calculer la densité du flux entre les deux fluides :

$$\varphi = \frac{(\mathrm{T_{fl1}} - \mathrm{T_{fl2}})}{\left(\frac{1}{\mathrm{h_1}} + \frac{\mathrm{e}}{\lambda} + \frac{1}{\mathrm{h_2}}\right)} = \frac{(40 - (-10))}{\left(\frac{1}{30} + \frac{0.004}{1.4} + \frac{1}{65}\right)} = 980.39[\mathrm{w/m^2}]$$

2. La densité du flux est constante à travers les différentes résistances thermiques :

$$\varphi = h_1(T_{fl1} - T_1) \rightarrow T_1 = T_{fl1} - \frac{\varphi}{h_1} = 40 - \frac{980.39}{30} = 7.4°\mathrm{C}$$

$$\varphi = h_1(T_2 - T_{fl2}) \rightarrow T_2 = \frac{\varphi}{h_2} - T_{fl2} = \frac{980.39}{65} - (-10) = 5°\mathrm{C}$$

Solution 02:

1. Mur en Laiton (k = 115 W/m. K):

$$\varphi = \frac{\emptyset}{S} = \frac{\lambda}{e}\Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{\varphi . e}{\lambda} = \frac{66.5\, W/m^2 . 0.06m}{115\, w/m.k} = 0.0347k$$

$$\left|\overrightarrow{gradT}\right| = \left|\frac{\mathrm{dT}}{\mathrm{dx}}\right| = \frac{\Delta \mathrm{T}}{\mathrm{e}} = \frac{0.0347\mathrm{k}}{0.06\mathrm{m}} = 0.578\ \mathrm{k/m}$$

2. Mur en Granit (k = 3.5W/m. K):

$$\varphi = \frac{\emptyset}{S} = \frac{\lambda}{e}\Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{\varphi . e}{\lambda} = \frac{66.5\, W/m^2 . 0.06m}{3.5\, w/m.k} = 1.14\ k$$

$$\left|\overrightarrow{gradT}\right| = \left|\frac{\mathrm{dT}}{\mathrm{dx}}\right| = \frac{\Delta \mathrm{T}}{\mathrm{e}} = \frac{1.14\ \mathrm{k}}{0.06\ \mathrm{m}} = 19\ \mathrm{k/m}$$

3. Mur en Bois (k = 0.20 W/m. K):

$$\varphi = \frac{\emptyset}{S} = \frac{\lambda}{e}\Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{\varphi . e}{\lambda} = \frac{66.5\, W/m^2 . 0.06m}{0.20\, w/m.k} = 19.95\ k$$

$$\left|\overrightarrow{gradt}\right| = \left|\frac{\mathrm{dT}}{\mathrm{dx}}\right| = \frac{\Delta \mathrm{T}}{\mathrm{e}} = \frac{19.95\ \mathrm{k}}{0.06\ \mathrm{m}} = 332.5\ \mathrm{k/m}$$

Interprétation:

On remarque que le bois présente une grande capacité d'isolation suivi par le granit puis du Laiton.

Ce dernier ne fait descendre la température que de (0,578 K) par mètre d'épaisseur, comparé aux (19K) et (332,5K) du granit et du bois respectivement. Donc, pratiquement, le bois est le plus utilisé comme isolant thermique dans tous les domaines construction bâtiment, outils et appareils électroménagers...etc.

Solution 03:

- Calcule le coefficient de conductivité thermique moyenne:

$$\lambda_m = \lambda_0 \left[1 + \frac{b}{2}(T_1 + T_2)\right] = 0.4\left[1 + \frac{1.1 \times 10^{-3}}{2}(800 + 50)\right] = 0.587\ W/m.°C$$

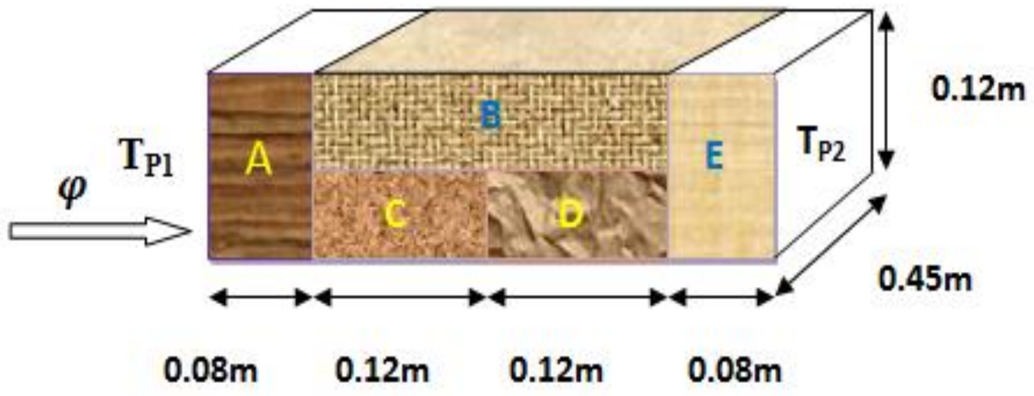
- Calculer la densité du flux thermique perdue à travers la paroi d'un four traditionnel : D'après la loi de Fourier :

$$\varphi = -\lambda \overrightarrow{gradT} = -\lambda \frac{dT}{dx} = -\lambda \frac{(T_1 - T_2)}{e}$$

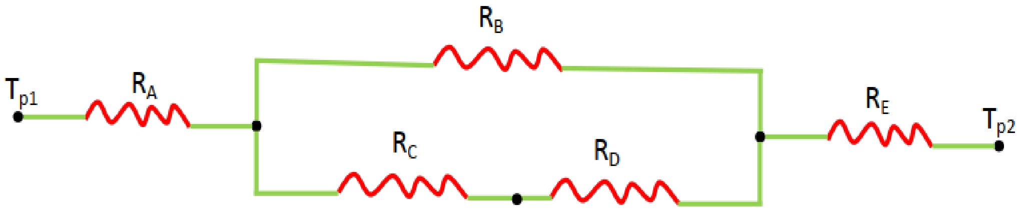
Donc :

$$\varphi = \frac{\lambda_m}{e}(T_1 - T_2) = \frac{0.587}{0.36}(800 - 50) = 1222.5 W/m^2$$

Solution 04:



Le schéma électrique équivalent de mur considéré est présenté dans le schéma suivant:



Le flux de chaleur est donné par :

$$\emptyset = \frac{(T_{P1} - T_{P2})}{R_A + R_{eq} + R_E}$$

Tels que;

$$\begin{cases} R_A = \frac{L_A}{K_A S_A} = \frac{0.08\text{m}}{70\frac{\text{w}}{\text{mk}}0.12\text{m}.0.45\text{m}} = 0.02116\frac{\text{k}}{\text{w}} \\ R_B = \frac{L_B}{K_B S_B} = \frac{0.24\text{m}}{60\frac{\text{w}}{\text{mk}}0.06\text{m}.0.45\text{m}} = 0.1481\frac{\text{k}}{\text{w}} \\ R_C = \frac{L_C}{K_C S_C} = \frac{0.12\text{m}}{40\frac{\text{w}}{\text{mk}}0.06\text{m}.0.45\text{m}} = 0.1111\frac{\text{k}}{\text{w}} \\ R_D = \frac{L_D}{K_D S_D} = \frac{0.12\text{m}}{30\frac{\text{w}}{\text{mk}}0.06\text{m}.0.45\text{m}} = 0.1481\frac{\text{k}}{\text{w}} \\ R_E = \frac{L_E}{K_E S_E} = \frac{0.08\text{ m}}{20\frac{\text{w}}{\text{mk}}0.12\text{m}.0.45\text{m}} = 0.0740\frac{\text{k}}{\text{w}} \end{cases}$$

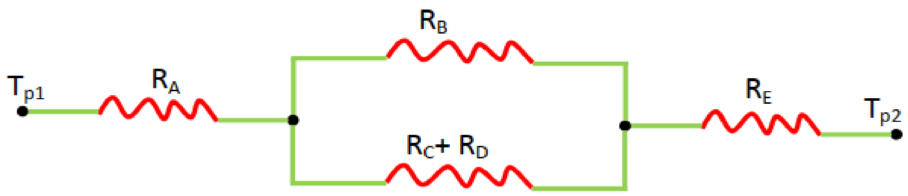
Pour les résistances en série :

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$$

Pour les résistances en parallèles :

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

$\Longrightarrow$ Le schéma équivalent :



$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C + R_D} = \frac{R_B + R_C + R_D}{R_B\,.(R_C + R_D)} \rightarrow R_{eq} = \frac{R_B + R_C + R_D}{R_B\,.(R_C + R_D)}$$

$$R_{eq} = \frac{0.1481(0.1111 + 0.1481)}{0.1481 + 0.1111 + 0.1481} = 0.09425\text{K/W}$$

$$\emptyset = \frac{(T_{P1} - T_{P2})}{R_A + R_{eq} + R_E} = \frac{(200 - 50)K}{(0.02116 + 0.09425 + 0.074)K/W} = 791.94W$$

Solution05:

$$\emptyset = \frac{\Delta T}{R_{eq}} = \frac{T_i - T_e}{\sum R_i} = \frac{T_i - T_e}{R_{ac} + R_{am} + R_{vap}}$$

1. Resistance thermique du tube d'acier :

$$R_{ac} = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi.\, k_{ac}.\, L}$$

2. Resistance thermique du l'isolant d'amiante :

$$R_{am} = \frac{\ln \frac{r_3}{r_2}}{2\pi.\, k_{am}.\, L}$$

3. Resistance thermique du la vapeur d'eau :

$$R_{vap} = 0.2 \frac{°C.\, m}{\frac{kcal}{h}} \quad \text{(par unité de longueur)}$$

$$\frac{\emptyset}{L} = \frac{T_i - T_e}{\frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi.\, k_{ac}.\, L} + \frac{\ln \frac{r_3}{r_2}}{2\pi.\, k_{am}.\, L} + R_{vap}}$$

$$\frac{\emptyset}{L} = \frac{(145 - 21)°C}{\frac{\ln \frac{28}{24}}{2\pi \times 38 \times 1.16 \frac{W}{°C.\, m}} + \frac{\ln \frac{37.5}{28}}{2\pi \times 0.15 \times 1.16 \frac{W}{°C.\, m}} + \frac{0.2}{1.16} \frac{°C.\, m}{W}} = 281.7183 \frac{W}{m}$$