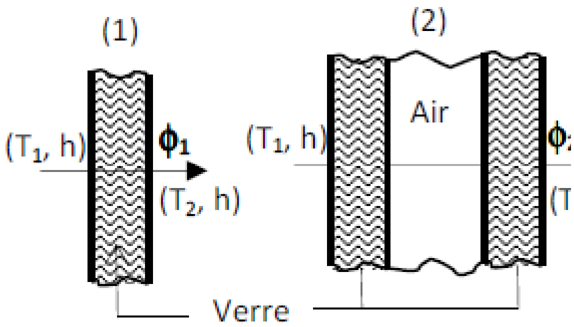
Fiche TD N=1

Exercice 1

La densité de flux thermique à travers un mur plan d'épaisseur 50mm est 70 w/m^2.
Calculez la différence de température aux surfaces du mur et les valeur numérique du gradient de température dans celui –ci si ce mur est en (a) en laiton (k = 100 w /mK), (b) granit (k = 2.5 w /mK) (c) en bois (k = 0.23 w /mK).

Exercice 2

Donner le schéma électrique équivalent et déterminer les déperditions thermiques (f) au travers d'une surface vitrée de $1m^2$ dans les deux cas suivants:
1. Vitrage simple d'épaisseur, e=3mm;
2. Vitrage double, composé de deux couches de verre d'épaisseur (e=3mm) et d'une couche d'air intermédiaire de 5mm d'épaisseur. On néglige les effets de la convection dans la lame d'air.



On donne: k_{verre}=1,2 W/m.°C, k_{air}=0,024 W/m.°C, h=12 W/m2.°C, T_1=20°C et T_2=0°C.

Exercice 3

Le mur d'un four est composé de trois couches : la première couche est réfractaire avec une épaisseur de 150 mm et une conductivité thermique $\lambda_1 = 0,81$ W/mK ; la deuxième couche est faite en diatomite avec une épaisseur de 95 mm et $\lambda_2 = 0,3$ W/mK et la troisième couche est faite en brique rouge avec une épaisseur de 250 mm et $\lambda_3 = 0,7$ W/mK.
La température du gaz à l'intérieur du four est de 1200°C et la température de l'air à l'intérieur de la halle est de 30°C. Les coefficients de transfert thermique superficiel sont $h_1 = 35$ W/m2K et $h_2 = 12$ W/m^{2}K.
On demande :
a) la résistance thermique totale ;
b) le coefficient de transfert thermique global ;
c) le flux surfacique transféré ;
d) les températures des surfaces limitatrices du mur et dans le plan de contact entre les couches ;
e)
l'épaisseur que le mur doit avoir, s'il était construit seulement en brique rouge.

Exercice 4

Une conduite de vapeur ayant un diamètre 160 × 5 mm et une conductivité thermique $\lambda_1 = 50$ W/mK est couverte par une couche d'isolation thermique ayant une épaisseur $\delta_2 = 100$ mm et une conductivité thermique $\lambda_2 = 0,08$ W/mK. On connaît les températures sur la surface intérieure de la conduite $\theta_1 = 400$°C et celle sur la surface de l'isolation θ_3=50°C.
On demande :
a) le flux thermique linéaire ;
b) la température dans la surface de contact entre la conduite et l'isolation.

Solution de fiche TD N 1

Exercice N=1

Solution

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

$$\varphi = \frac{\phi}{S} = \frac{k}{e}\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{\varphi.e}{k} = \frac{66.5\ W/m^2.0{,}06m}{115W/m.K} = 0{,}0347K;$$

$$\left|\overrightarrow{GradT}\right| = \left|\frac{dT}{dx}\right| = \frac{\Delta T}{e} = \frac{0{,}0347K}{0{,}06m} = 0{,}578\ K/m;$$

2. Mur en Granit (k=3,5 W/m.K)

$$\varphi = \frac{\phi}{S} = \frac{k}{e}\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{\varphi.e}{k} = \frac{66.5\ W/m^2.0{,}06m}{3{,}5W/m.K} = 1{,}14K;$$

$$\left|\overrightarrow{GradT}\right| = \left|\frac{dT}{dx}\right| = \frac{\Delta T}{e} = \frac{1{,}14K}{0{,}06m} = 19\ K/m;$$

3. Mur en Bois (k=0,20 W/m.K)

$$\varphi = \frac{\phi}{S} = \frac{k}{e}\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{\varphi.e}{k} = \frac{66.5\ W/m^2.0{,}06m}{0{,}20W/m.K} = 19{,}95K;$$

$$\left|\overrightarrow{GradT}\right| = \left|\frac{dT}{dx}\right| = \frac{\Delta T}{e} = \frac{19.95K}{0{,}06m} = 332{,}5\ K/m;$$

Interprétation

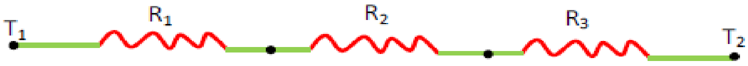
On remarque que le bois présente une grande capacité d'isolation suivi par le granit puis du Laiton. Ce dernier ne fait descendre la température que de (0,578 K) par mètre d'épaisseur, comparé aux (19K) et (332,5K) du granit et du bois respectivement. Donc, pratiquement, le bois est le plus utilisé comme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

Exercice N=2

Solution

1. Premier cas:

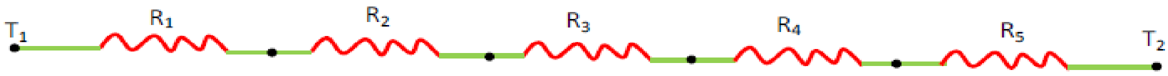
Schéma électrique équivalent:



$$\phi_1 = \frac{\Delta T}{\sum_1^3 R_i} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{h.S} + \frac{e}{k.S} + \frac{1}{h.S}} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{2}{h.S} + \frac{e}{k.S}} = \frac{(20-0)C}{\frac{2}{12\,W/m^2C.1m^2} + \frac{3.10^{-3}m}{1{,}2\,W/mC.1m^2}} = 118{,}2266W$$

2. Deuxième cas:

Schéma électrique équivalent:

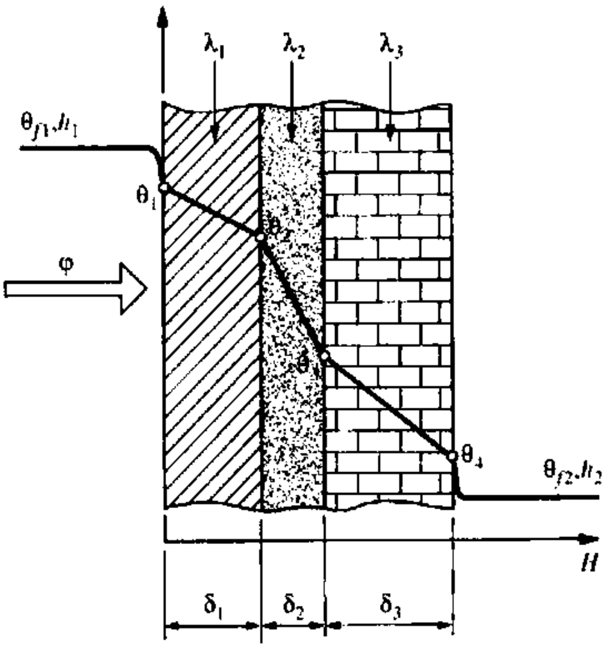


$$\phi_2 = \frac{\Delta T}{\sum_1^5 R_i} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{h.S} + \frac{e}{k.S} + \frac{e'}{k'.S} + \frac{e}{k.S} + \frac{1}{h.S}} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{2}{h.S} + \frac{e'}{k'.S} + \frac{2.e}{k.S}}$$

$$\phi_2 = \frac{(20-0)C}{\frac{2}{12\,W/m^2C.1m^2} + \frac{5.10^{-3}m}{0{,}024\,W/m^2C.\,1m^2} + \frac{2.3.10^{-3}m}{1{,}2\,W/mC.1m^2}} = 52{,}6315W$$

Exercice N=3

Solution:



a) La résistance thermique totale du mur est:

$$R_{tt} = \frac{1}{h_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{h_2} = \frac{1}{35} + \frac{0,15}{0,81} + \frac{0,095}{0,3} + \frac{0,25}{0,7} + \frac{1}{12} = 0,9708 \text{ m}^2\text{K/W}$$

b) Le coefficient de transfert thermique global est:

$$h_g = \frac{1}{R_{tt}} = \frac{1}{0,9708} = 1,03 \text{ W/m}^2\text{K}$$

c) Le flux surfacique à travers le mur est:

$$\varphi = h_g \cdot (\theta_{f1} - \theta_{f2}) = 1,03 \cdot (1200 - 30) = 1205,1 \text{ W/m}^2$$

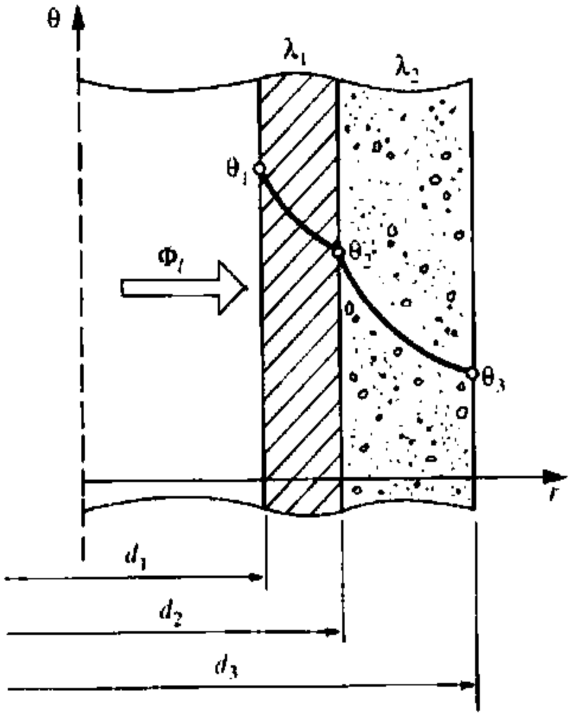
d) On peut ainsi écrire le flux surfacique:

$$\varphi = h_1 \cdot (\theta_{f1} - \theta_1) \quad \Rightarrow \quad \theta_1 = \theta_{f1} - \frac{\varphi}{h_1} = 1165,5\ ^\circ\text{C}$$

$$\varphi = h_2 \cdot (\theta_4 - \theta_{f4}) \quad \Rightarrow \quad \theta_4 = \theta_{f4} + \frac{\varphi}{h_2} = 130,42\ ^\circ\text{C}$$

Exercice N 4

Solution



a) $$\Phi_l = \frac{\pi\cdot(\theta_1-\theta_3)}{\frac{1}{2\cdot\lambda_1}\cdot\ln\frac{d_2}{d_1}+\frac{1}{2\cdot\lambda_2}\cdot\ln\frac{d_3}{d_2}} = \frac{\pi\cdot(400-50)}{\frac{1}{2\cdot 50}\cdot\ln\frac{160}{150}+\frac{1}{2\cdot 0{,}08}\cdot\ln\frac{360}{160}} = 217\,\frac{\text{W}}{\text{m}}$$

b) En vue de déterminer la température θ_2, on peut écrire le flux thermique comme suit:

$$\Phi_l = \frac{\pi\cdot(\theta_1-\theta_2)}{\frac{1}{2\cdot\lambda_1}\cdot\ln\frac{d_2}{d_1}} \quad\Rightarrow\quad \theta_2 = \theta_1 - \frac{\Phi_l\cdot\ln\frac{d_2}{d_1}}{2\cdot\pi\cdot\lambda_1} = 400 - \frac{217\cdot\ln\frac{160}{150}}{2\cdot\pi\cdot 50} = 399{,}9\ ^{\circ}\text{C}$$

D'une manière analogue à la relation (2.63), on peut définir pour ce cas aussi un *coefficient global de transfert thermique linéaire* sous la forme:

$$h_{gl} = \frac{1}{\frac{1}{\pi d_1 h_1}+\frac{1}{2\pi\lambda}\ln\frac{d_2}{d_1}+\frac{1}{\pi d_2 h_2}} \quad [\text{W/(mK)}] \qquad (2.86)$$