

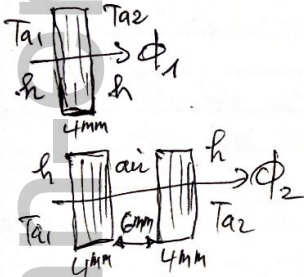
Devoir = Phénomènes de transfert (16/2017)

I) questions de cours

- 1) Quelle est la condition nécessaire et suffisante pour l'étude de la conduction en régime variable
- 2) En régime permanent, quelles sont les conditions à remplir pour étudier la conduction dans un solide ?
- 3) Définir les notions de luminance et d'éclairement d'une source
- 4) Définir les notions d'Angle solide et de surface apparente.

II) Exercices

EX01 :



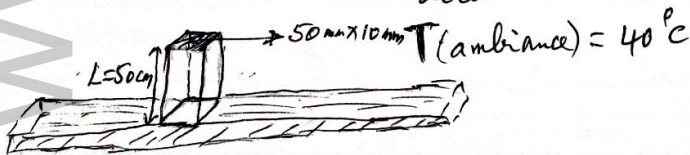
1) Déterminer les déperditions thermiques d'une surface vitrée de 1 m^2 dans les cas suivants :

- a) vitrage simple d'épaisseur $e = 4\text{ mm}$
- b) vitrage double de 4 mm d'épaisseur, séparé par une lame d'air de 6 mm d'épaisseur

Données : $\lambda_{\text{verre}} = 1,2\text{ W/m}^\circ\text{C}$ $\lambda_{\text{air}} = 0,024\text{ W/m}^\circ\text{C}$
 $h = 12\text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ $T_{a1} = 20^\circ\text{C}$ $T_{a2} = 0^\circ\text{C}$

- 2) Calculez les températures des parois internes et externe du double vitrage ainsi que celle du milieu de la lame d'air
- 3) Quels commentaires vous inspire ϕ_1 et ϕ_2

EX02 = Une canalisation en acier de température extérieure égale à 160°C est suspendue à un plafond par une ailette de scellement en acier de section $50\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ et de longueur 50 cm . En admettant que l'extrémité, côté maçonnerie est isolée, évaluez le flux dissipé par "cette ailette", son effet η et son efficacité ϵ .
 On donne : $\lambda_{\text{acier}} = 46\text{ W/m}^\circ\text{C}$ $h = 15\text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$



NOM : Tadjani Boukari

PRENOM : Attaher

FEUILLE D'EXAMEN

Numéro d'inscription du candidat

19/20

2.

Epreuve de Transferts thermiques

1.

3.

Feuille N° 1

Ne rien inscrire dans les cases 2 et 3

Epreuve de Transferts thermiques

Ne rien inscrire dans la marge

Cours = 8/8
Exo = 11/12

I) Questions de cours

1) Condition nécessaire et suffisante pour l'étude de la conduction en régime variable :

- * à chaque instant, la température de tous les points du corps considérés doit être la même. la variation de cette température ne doit alors dépendre que du temps ; $\frac{\partial T}{\partial t} \neq 0$

* $\text{grad } T(x, y, z) = 0$
 $\Rightarrow \Delta T = 0$, d'où l'équation suivante, partant de ces hypothèses :

$\frac{\bar{w}}{\lambda} = \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t}$ * enfin $Bi < 0,1$
 nombre de Biot

2) Pour étudier la conduction dans un solide en régime permanent il faut que

- * $\text{grad } T(x, y, z) \neq 0$: donc différence de température ;
- * la conductivité λ du matériau (solide), sa surface S et sa longueur L doivent être connus.

On a alors $\Delta T + \frac{\bar{w}}{\lambda} = 0$

2

2

$\frac{\partial T}{\partial t} = 0$

Sans source interne $\bar{w} = 0$, $\Delta T = 0$

avec source interne $\bar{w} \neq 0$, $\Delta T + \frac{\bar{w}}{\lambda} = 0$

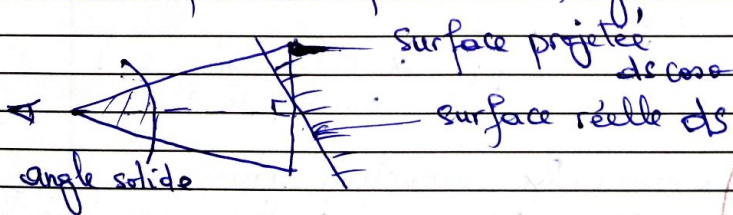
3) Luminance: flux émis par unité d'angle solide et par unité de surface apparente

$$L = \frac{d^2\phi}{ds \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

Eclairement: flux reçu par unité de surface réceptrice

$$E = \frac{d\phi}{ds}$$

4) Angle solide: surface découpée sur le cône d'observation par une sphère de rayon unité.



La surface apparente (surface projetée $ds \cos\theta$) est la projection de la surface observée sur la direction perpendiculaire à l'observation (voir figure ci-haut).

Ne rien inscrire dans la marge

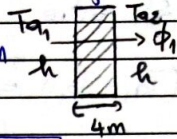
Le Candidat ne doit pas faire figurer son nom sur la copie

II) Exercices:

Exo 1:

1) Déperditions thermiques par unité de surface:

a) Vitrage simple d'épaisseur $e = 4 \text{ mm}$

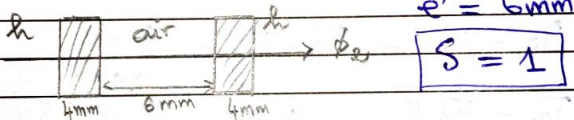


$$\phi_1 = \frac{\Delta T}{\sum R_{th}} = \frac{T_{a1} - T_{a2}}{\frac{1}{h} + \frac{e}{\lambda_{verre}} + \frac{1}{h}} \quad S = 1$$

AN: $\phi_1 = \frac{20^\circ - 0^\circ}{\frac{1}{12} + \frac{4 \cdot 10^{-3}}{1,2} + \frac{1}{12}} = \frac{20}{\frac{2}{12} + \frac{4 \cdot 10^{-2}}{12}} = \frac{20}{0,17}$

$\phi_1 = 117,64 \text{ W/m}^2$

b) Double vitrage de 4mm d'épaisseur, séparé par une lame d'air de 6mm d'épaisseur



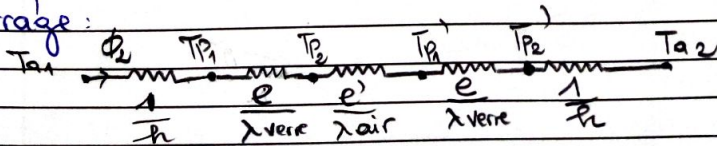
$$\phi_2 = \frac{\Delta T}{\sum R_{th}} = \frac{T_{a1} - T_{a2}}{\frac{1}{h} + \frac{e}{\lambda_{verre}} + \frac{e'}{\lambda_{air}} + \frac{1}{h} + \frac{e}{\lambda_{verre}}}$$

$$= \frac{T_{a1} - T_{a2}}{\frac{2}{h} + \frac{2e}{\lambda_{verre}} + \frac{e'}{\lambda_{air}}} = \frac{20}{\frac{2}{12} + \frac{4 \cdot 10^{-2} \times 2}{12} + \frac{6 \cdot 10^{-3}}{0,24}}$$

$\phi_2 = \frac{20}{0,423} = 47,28$

$\phi_2 = 47,28 \text{ W/m}^2$

2) Températures internes et externes du double vitrage:



Il s'agit de calculer les températures T_{P_1} et T_{P_2} de la 1^{ère} vitre et les températures T_{P_1}' et T_{P_2}' de la 2^{ème} vitre. Connaissant le flux, on a :

Ne rien inscrire dans la marge

Le Candidat ne doit pas faire figurer son nom sur la copie

$$\phi_2 = h(T_{a_1} - T_{P_1}) \Rightarrow T_{a_1} - T_{P_1} = \frac{\phi_2}{h}$$

$$\Rightarrow T_{P_1} = T_{a_1} - \frac{\phi_2}{h} = 20 - \frac{47,28}{12} = 16,06$$

$$T_{P_1} = 16,06^\circ\text{C}$$

$$\phi_2 = \lambda_{\text{verre}} \frac{(T_{P_1} - T_{P_2})}{e} \Rightarrow T_{P_1} - T_{P_2} = \frac{\phi_2 \times e}{\lambda_{\text{verre}}}$$

$$\Rightarrow T_{P_2} = T_{P_1} - \frac{\phi_2 \times e}{\lambda_{\text{verre}}} = 16,06 - \left(\frac{47,28 \times 4 \cdot 10^{-3}}{1,2} \right) = 15,90$$

$$T_{P_2} = 15,90^\circ\text{C}$$

$$\phi_2 = \frac{\lambda_{\text{air}}}{e'} (T_{P_2} - T_{P_1}') \Rightarrow T_{P_2} - T_{P_1}' = \frac{\phi_2 \times e'}{\lambda_{\text{air}}}$$

$$\Rightarrow T_{P_1}' = T_{P_2} - \frac{\phi_2 \times e'}{\lambda_{\text{air}}} = 15,90 - \left(\frac{47,28 \times 6 \cdot 10^{-3}}{0,024} \right) = 4,08 \Rightarrow T_{P_1}' = 4,08^\circ\text{C}$$

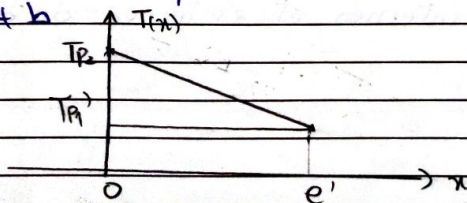
$$\phi_2 = \frac{\lambda_{\text{verre}}}{e} (T_{P_1}' - T_{P_2}') \Rightarrow T_{P_1}' - T_{P_2}' = \frac{e \phi_2}{\lambda_{\text{verre}}}$$

$$\Rightarrow T_{P_2}' = T_{P_1}' - \frac{e \phi_2}{\lambda_{\text{verre}}} = 4,08 - \left(\frac{4 \cdot 10^{-3} \times 47,28}{1,2} \right) = 4,06$$

$$T_{P_2}' = 4,06^\circ\text{C}$$

Température du milieu de la lame d'air :
 Au milieu de la lame d'air, la température est à peu près une courbe linéaire décroissante en fonction de l'épaisseur e' :

$$T(x) = ax + b$$



NOM : Tidjani Bou Bari
PRENOM : Attaher

FEUILLE D'EXAMEN

Numéro d'inscription du candidat

2.

Epreuve de Transferts thermiques

1.

3.

Ne rien inscrire dans les cases 2 et 3

Epreuve de Transferts thermiques

Feuille N° 2

Ne rien inscrire dans la marge

$$T(0) = b = T_{p2}; T(e') = T_{p1} = ae' + b$$

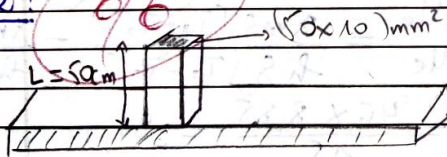
$$\Rightarrow T_{p1} = ae' + T_{p2} \text{ d'où } a = \frac{T_{p1} - T_{p2}}{e'}$$

$$a = \frac{408 - 15,90}{6 \cdot 10^{-3}} = -1970$$

ce qui donne $T(x) = -1970x + 15,90$ en °C

2) $\phi_2 \ll \phi_1 \Rightarrow$ l'interposition de la deuxième vitre a diminué considérablement les échanges de chaleur. Pour réduire de la chaleur dans un système, il faut augmenter la surface de contact avec l'air.

Exo 2:



$T_{tip} = 160^\circ\text{C}$
 $a = 10\text{ mm}$
 $b = 50\text{ mm}$
 $L = 50\text{ cm}$

Pour une ailette $T(x) = T_a + (T_0 - T_a)e^{-mx}$
avec $T(x)$ la température suivant l'abscisse x ,
 T_a la température ambiante, $T_0 = T(x=0)$
la température initiale (abscisse nulle) et m
un coefficient donné par $m^2 = \frac{hP}{\lambda S}$

le flux $\phi = -\lambda S \text{ grad}(T(x))$
 $\Rightarrow \phi = -\lambda_{\text{acier}} S \cdot \text{grad} [T_a + (T_0 - T_a)e^{-mx}]$

$\text{grad} [T_a + (T_0 - T_a)e^{-mx}] = -m (T_0 - T_a)e^{-mx}$

$\Rightarrow \phi = -\lambda_{\text{acier}} \cdot S \cdot (-m) \cdot (T_0 - T_a) e^{-mx}$
 $= \lambda_{\text{acier}} S m (T_0 - T_a) e^{-mx}$

$S = a \times b = (10 \cdot 10^{-3}) \times (50 \cdot 10^{-3}) = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$m = \frac{hP}{\lambda_{\text{acier}} \cdot S} = \frac{15 \times (2 \times 60 \cdot 10^{-3})}{46 \times 5 \cdot 10^{-4}} = \frac{1,8}{46 \times 5 \cdot 10^{-4}} = 78,26$

$\Rightarrow m = \sqrt{78,26} = 8,846 \approx 8,85$

$T_0 = T_{\text{ext}} = 160^\circ$ d'où $\phi = 46 \times 5 \cdot 10^{-4} \times 8,85 (160 - 40) e^{-8,85x}$

$\phi = 24,42 e^{-8,85x}$ en W

fait le calcul en $x=0 \rightarrow \phi = 24,4 \text{ W}$

• Effet $\eta = \frac{\phi \text{ avec ailette}}{\phi \text{ sans ailette}} = \frac{\lambda m S (T_0 - T_a)}{h S (T_0 - T_a)} = \frac{\lambda m}{h}$

$\eta = \frac{\lambda m}{h} = \frac{\lambda_{\text{acier}} \times m}{h} = \frac{46 \times 8,85}{15} = 27,14$

$\eta = 27,14$

• Efficacité ε : $\varepsilon = \frac{\phi_{\text{real}}}{\phi_{\text{max}}} = \frac{\lambda m S (T_0 - T_a)}{h P L (T_0 - T_a)} = \frac{\lambda_{\text{acier}} m S}{h P L}$
 $\varepsilon = \frac{46 \times 8,85 \times 5 \cdot 10^{-4}}{15 \times (2 \times 60 \cdot 10^{-3}) \times 50 \cdot 10^{-2}} = 0,226 = 22,6\%$

$\varepsilon = 22,6\%$

Ne rien inscrire dans la marge
 Le Candidat ne doit pas faire figurer son nom sur la copie