

Mr = Milona

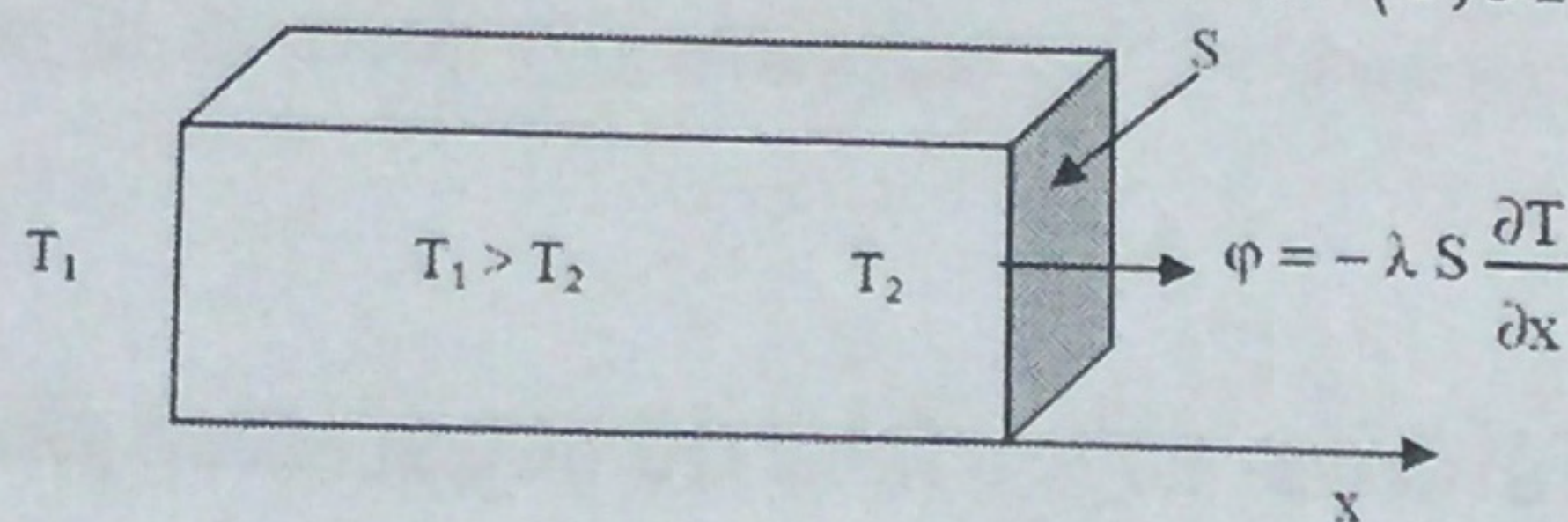
Corrigé type

Questions de cours (08Pts)

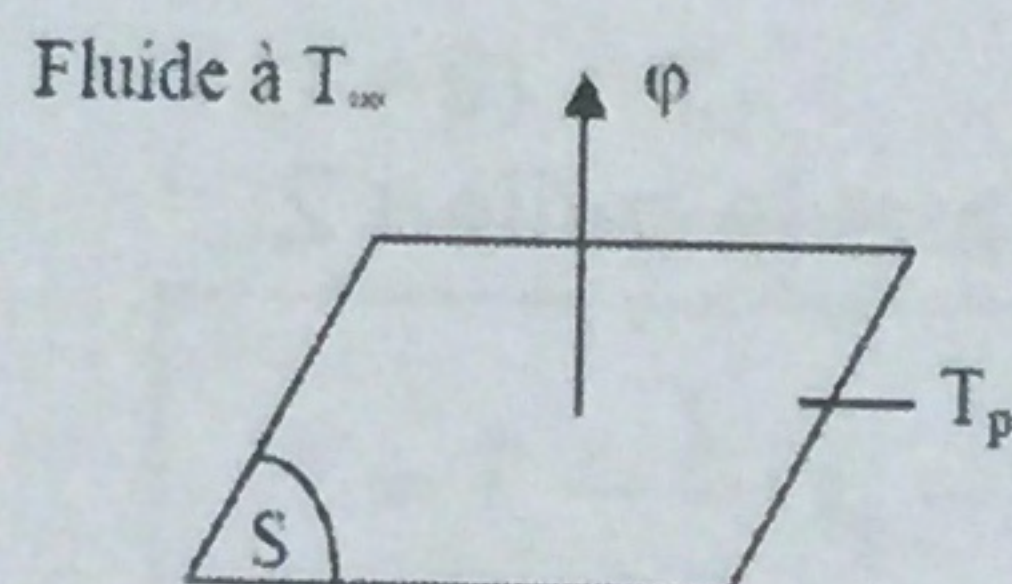
- 1- Quels sont les modes de transfert de chaleur (définitions et schémas) ;

Réponse-1)

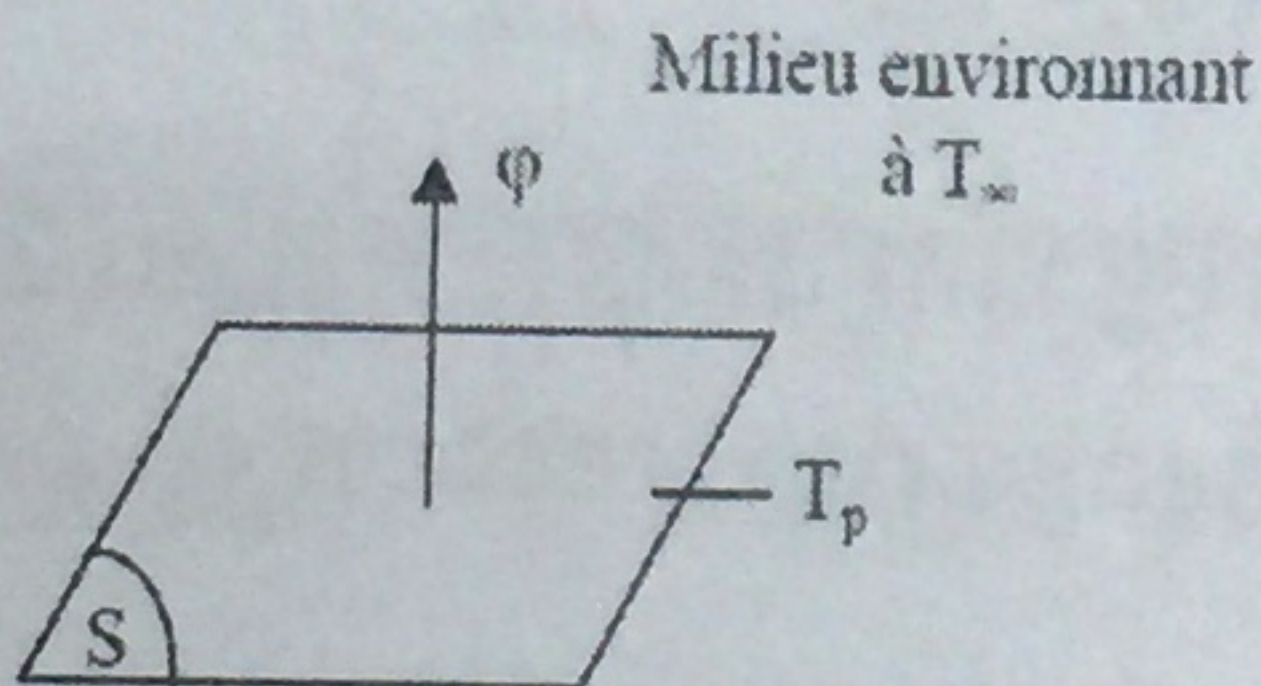
A- **Conduction** : C'est le transfert de chaleur au sein d'un milieu opaque, sans déplacement de matière, sous l'influence d'une différence de température. La propagation de la chaleur par conduction à l'intérieur d'un corps s'effectue selon deux mécanismes distincts : une transmission par les vibrations des atomes ou molécules et une transmission par les électrons libres. (1,5Pts)



B- **Convection** : C'est le transfert de chaleur entre un solide et un fluide, l'énergie étant transmise par déplacement du fluide. (1,5Pts)



C- **Rayonnement** : C'est un transfert d'énergie électromagnétique entre deux surfaces (même dans le vide). (1,5Pts)



- 2- On considère un matériau d'épaisseur e , de conductivité thermique λ et de grandes dimensions transversales dont les faces extrêmes sont à des températures T_1 et T_2 . (On se placera dans le cas où le transfert de chaleur est unidirectionnel et où il n'y a pas de génération ni de stockage d'énergie).

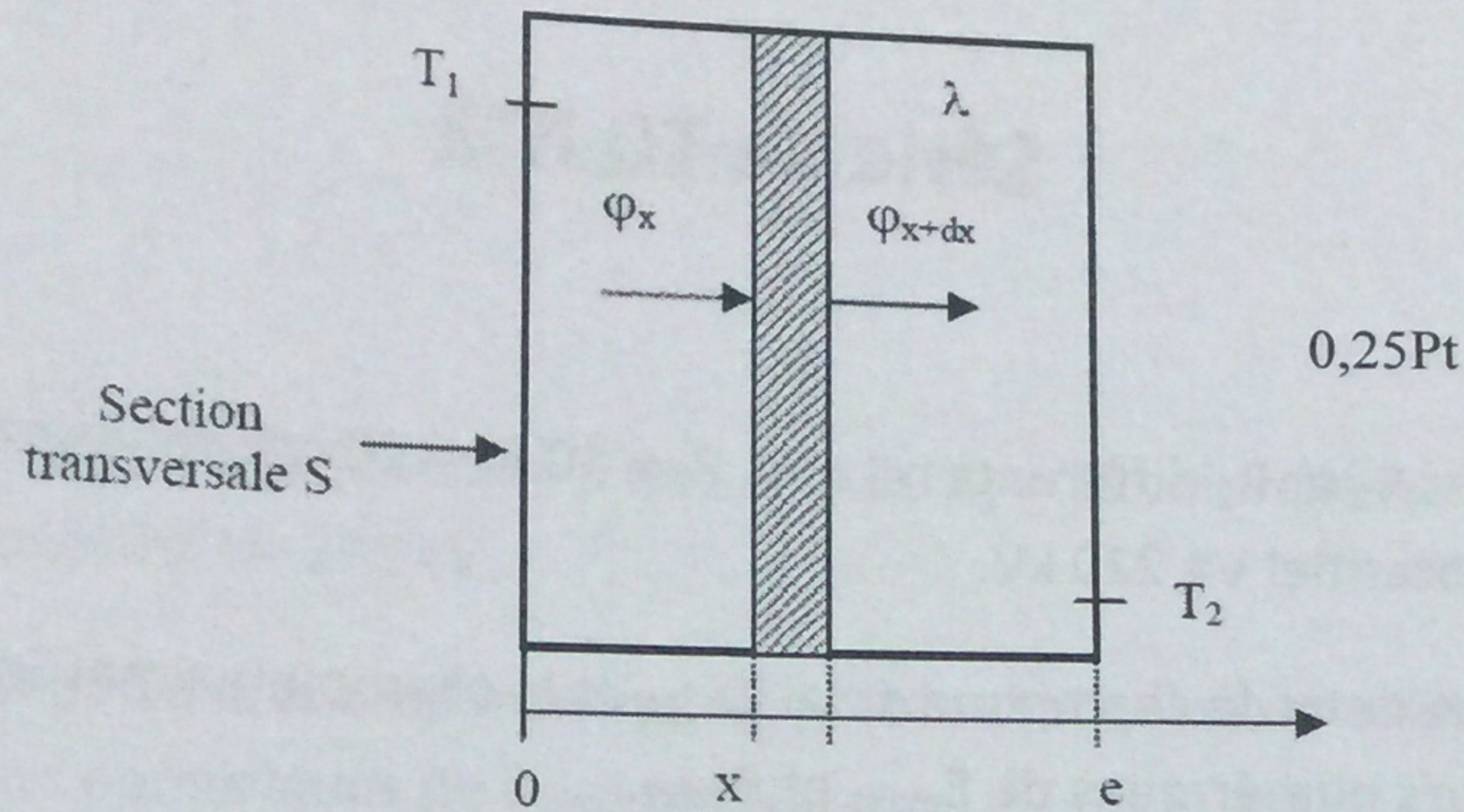
En effectuant un bilan thermique sur le système constitué par une tranche du matériau comprise entre les abscisses x et $(x + dx)$:

Montrez que la densité de flux thermique peut se mettre sous la forme suivante :

$$\varphi = \frac{T_1 - T_2}{\frac{e}{\lambda \cdot S}}$$

Réponse-2)

On se placera dans le cas où l'écoulement est unidirectionnel et où il n'y a pas de génération ni de stockage d'énergie.
 On considère un mur d'épaisseur e , de conductivité thermique λ , et de grandes dimensions transversales dont les faces extrêmes sont à des températures T_1 et T_2 :



Bilan thermique élémentaire sur un mur simple

En effectuant un bilan thermique sur le système (S) constitué par la tranche de mur comprise entre les abscisses x et $x + dx$ il vient :

$$\phi_x = \phi_{x+dx} \Rightarrow -\lambda S \left(\frac{dT}{dx} \right)_x = -\lambda S \left(\frac{dT}{dx} \right)_{x+dx}$$

D'où $\frac{dT}{dx} = A$ et $T(x) = Ax + B$ 0,5Pt

Avec les conditions aux limites : $T(x=0) = T_1$ et $T(x=e) = T_2$

D'où :

$$T = T_1 - \frac{x}{e} (T_1 - T_2) \quad (1) \quad 0,5Pt$$

Le profil de température est donc linéaire. La densité de flux de chaleur traversant le mur s'en déduit par la relation : $\phi = -\lambda \frac{dT}{dx}$, d'où :

$$\phi = \frac{\lambda (T_1 - T_2)}{e} \quad (2) \quad 0,75Pt$$

La relation (2) peut également se mettre sous la forme : $\phi = \frac{(T_1 - T_2)}{\frac{e}{\lambda S}}$

3- Quel est la différence entre une convection libre et forcée.

Réponse-3) La différence réside dans l'origine des forces exercées sur le fluide au cours de l'échange thermique avec un solide. (01Pt)

4- Comment faire la distinction entre un régime d'écoulement laminaire et turbulent dans le cas d'un transfert de chaleur par convection libre et forcée.

Réponse-4) La distinction se fait par le calcul du nombre de Reynolds (Re) dans le cas d'une convection forcée et par le nombre de Grashof (Gr) dans le cas d'une convection libre. (02Pts)

Exercice 01 (07 Pts)

Calculer le flux traversant la façade de 100 m² d'une maison. Le mur est constitué de briques de 30 cm d'épaisseur. La façade est percée de 4 vitres de 2 m² de surface et 3,5 mm d'épaisseur et d'une porte en bois de 2m² et de 42 mm d'épaisseur. On suppose que la température de paroi interne est égale à 10°C pour tous les matériaux constituant la façade, de même, la température de paroi externe est de 5°C.

Conductivité thermique du verre : $\lambda_v = 0,7 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, Conductivité thermique des briques : $\lambda_b = 0,52 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, Conductivité thermique du bois : $\lambda_{\text{bois}} = 0,21 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Solution Exercice 01 :

La façade peut être assimilée à **3 résistances en parallèle**, celle des vitres, celle de la porte et celle du mur de briques. On calcule donc chacune de ces résistances pour en déduire la résistance équivalente et pour calculer finalement le flux traversant la façade.

- **Résistance thermique des vitres : (01Pt)**

$$R_{\text{vitres}} = \frac{e_{\text{vitre}}}{\lambda_v \cdot S_{\text{vitres}}} = \frac{3,5 \cdot 10^{-3}}{0,7 \cdot 4 \cdot 2}$$

$$R_{\text{vitre}} = 0,625 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$$

- **Résistance thermique de la porte : (01Pt)**

$$R_{\text{porte}} = \frac{e_{\text{porte}}}{\lambda_p \cdot S_{\text{porte}}} = \frac{0,042}{0,21 \cdot 2}$$

$$R_{\text{porte}} = 0,1 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$$

- **Résistance thermique du mur : (01Pt)**

$$R_{\text{mur}} = \frac{e_{\text{mur}}}{\lambda_b \cdot S_{\text{mur}}} = \frac{0,3}{0,52 \cdot [100 - (4 \cdot 2) - 2]}$$

$$R_{\text{mur}} = 0,00641 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$$

- **Résistance équivalente de la façade : (02Pts)**

$$\frac{1}{R_{\text{mur}}} = \frac{1}{R_{\text{vitres}}} + \frac{1}{R_{\text{porte}}} + \frac{1}{R_{\text{mur}}} = \frac{1}{0,625 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,00641} = 1766 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$$

$$R_{\text{façade}} = 0,566 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$$

- **Donc le flux traversant la façade est : (02Pts)**

$$\Phi_{\text{façade}} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{façade}}} = \frac{5}{0,566 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Phi_{\text{façade}} = 8833,92 \text{ W}$$

Analyse des résultats : Bien que la surface totale des vitres (8m²) soit seulement de 1/5 de la surface de mur (40m²), le flux perdu par conduction par les vitres (fermées) est 10 fois plus important que celui perdu par le mur. Il est donc particulièrement important de réduire le flux perdu par les vitres grâce à un double vitrage

Exercice 02 (05 Pts)

Soit un tube d'acier 20/27 dont la température de la paroi interne est $T_1 = 124^\circ\text{C}$ et celle de la paroi externe $T_2 = 120,5^\circ\text{C}$. Conductivité thermique de l'acier : $\lambda = 46 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$.
Calculer :

- 1) La résistance thermique du tube pour une longueur de 1,5 m.
- 2) Le flux correspondant.

On suppose maintenant que l'intérieur du tube est entartré sur une épaisseur de 3 mm et que les températures intérieures et extérieures restent inchangées : Calculer dans ce cas :

- 3) La résistance thermique de la couche de tartre (pour une longueur de 1,5 m).
- 4) La résistance équivalente du tube entartré.
- 5) Le flux thermique correspondant. Conductivité thermique du tartre : $\lambda_c = 2,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$.

Solution Exercice 02 :

- 1) La **résistance thermique** du tube pour une longueur de 1,5 m est : **(01Pt)**

$$R_{\text{Tube}} = \frac{e}{\lambda \cdot S_{\text{Tube}}} = \frac{r_2 - r_1}{\lambda \cdot 2 \cdot \pi \cdot L \cdot \frac{(r_2 - r_1)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{\lambda \cdot 2 \cdot \pi \cdot L} = \frac{\ln\left(\frac{27}{20}\right)}{46 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1,5}$$

$$R_{\text{Tube}} = 6,922 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$$

- 2) Le flux traversant par conduction un tube de 1,5m de longueur est : **(01Pt)**

$$\Phi_{\text{Tube}} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{Tube}}} = \frac{3,5}{6,922 \cdot 10^{-4}}$$

$$\text{Donc, } \Phi = 5056,34 \text{ W}$$

- 3) La **résistance thermique** de la couche de tartre R_t pour une longueur de 1,5 m est : **(01Pt)**

$$R_{\text{Tarte}} = \frac{e_{\text{Tarte}}}{\lambda_{\text{Tarte}} \cdot S_{\text{Tarte}}} = \frac{\ln\left(\frac{r_1}{r_{\text{Tarte}}}\right)}{\lambda_{\text{Tarte}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot L} = \frac{\ln\left(\frac{27}{20}\right)}{46 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1,5}$$

Avec : $r_{\text{Tarte}} = r_1 - \text{épaisseur couche de tartre} = 10 - 3 = 7 \text{ mm}$

$$R_{\text{Tarte}} = \frac{\ln\left(\frac{10}{7}\right)}{2,2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1,5} = 0,0172 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$$

- 4) La **résistance équivalente du tube entartré** est la somme de la résistance de la couche de tartre et de la résistance du tube en acier calculée précédemment soit : **(01Pt)**

$$R_{\text{totale}} = R_{\text{tube acier}} + R_{\text{tartre}} = 0,6922 \cdot 10^{-3} + 17,2 \cdot 10^{-3} = 17,8922 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$$

5) Le flux traversant le tube entartré de 1m de longueur est : (01Pt)

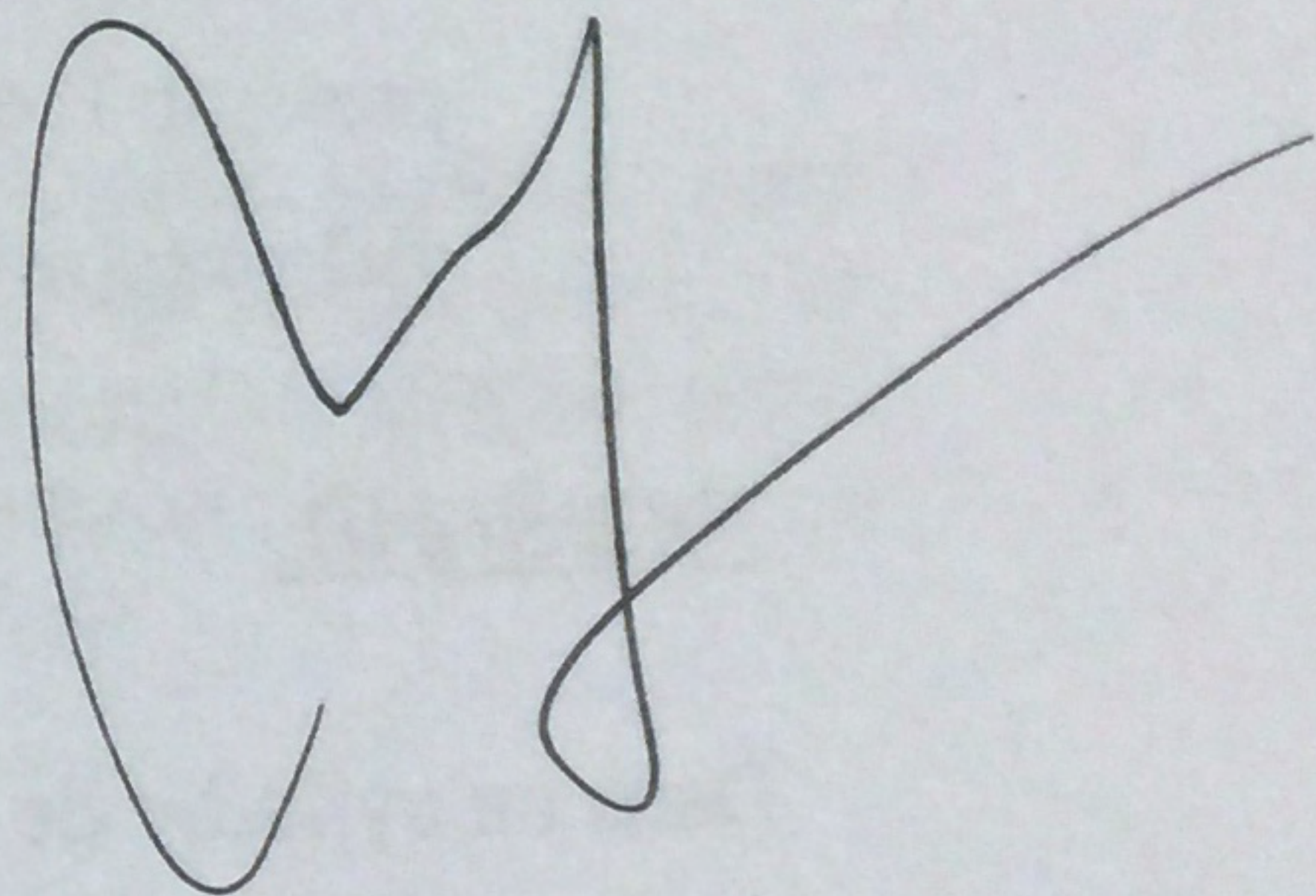
$$\Phi_{\text{Tube}} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{Totale}}} = \frac{3,5}{17,8922 \cdot 10^{-3}}$$

Donc, $\Phi = 195,62 \text{ W}$

Analyse des résultats :

La présence du tartre réduit le flux à 0,2 kW alors qu'en absence de tartre il était de 5 kW !

Responsable de la matière :
Dr Miloua farid



La consul italien ouvre lieu le Mardi
06/02/2015 à 9h:00 (SOL)
