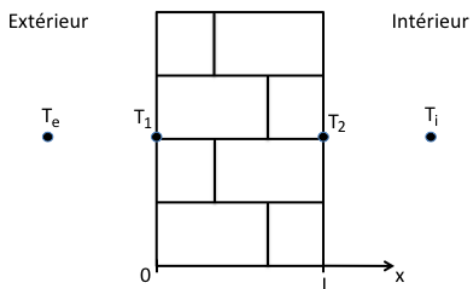


**Admissibilité – session 2022**  
**Epreuve de Physique**  
**Sujet de Transferts Thermiques**

**Aucun document autorisé. Chacune des parties peut être traitée de manière indépendante**

**1<sup>ère</sup> partie : Etude d'une brique de terre cuite.**

La terre cuite est un matériau traditionnel utilisé depuis plusieurs siècles dans la construction sous forme de tuiles ou de briques. Ce matériau est intéressant d'un point de vue énergétique aussi bien qu'environnemental. En effet, elle est majoritairement produite localement et nécessite un procédé de fabrication moins énergivore et nécessitant moins d'eau que des matériaux de construction dits classiques. Dans cette première partie, on cherche à caractériser le comportement thermique d'une paroi monocouche d'épaisseur  $L$  constituée de brique de terre cuite comme présentée sur le schéma ci-dessous :



Données du problème (uSI : unité du système international) :

$L = 22 \text{ cm}$

$\lambda_{tc} = 0,95 \text{ uSI}$

$T_e = 273 \text{ K}$

$T_i = 20^\circ\text{C}$

Coefficient d'échange superficiel extérieur :  $h_{se} = 25 \text{ uSI}$

Coefficient d'échange superficiel intérieur :  $h_{si} = 8 \text{ uSI}$

On rappelle ici que le coefficient d'échange global  $U$  d'une paroi composée de  $n$  couches s'exprime en fonction des résistances thermiques  $r_i$  de chaque couche  $i$  :

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{si}} + \frac{1}{h_{se}} + \sum_{i=1}^n r_i$$

1. Quelle est la signification physique des coefficients d'échange superficiel extérieur et intérieur ? Quels modes de transferts de chaleur représentent-ils ?
2. Quelles sont les unités de  $\lambda$ ,  $U$ ,  $r$ ,  $h_{si}$  et  $h_{se}$  ?

On se propose maintenant de retrouver l'expression de la résistance thermique d'un matériau. Pour cela, on rappelle la forme générale de l'équation de la chaleur, en considérant les propriétés des matériaux constantes :

$$\rho \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \cdot \Delta T + q$$

Avec  $q$  la source interne de chaleur.

Au sein du matériau considéré, la distribution de température est régie par l'équation de la chaleur simplifiée présentée ci-dessous associée à des conditions aux limites mixtes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2 T}{dx^2} = 0 \\ h_{si}(T_i - T(x=L)) = -\lambda \frac{dT}{dx} \Big|_{x=L} \\ -\lambda \frac{dT}{dx} \Big|_{x=0} = h_{se}(T(x=0) - T_e) \end{array} \right.$$

De plus la densité de flux conductif  $\varphi$  traversant la paroi est donné par l'équation de Fourier, qui ici s'exprime selon :

$$\vec{\varphi} = -\lambda \cdot \overrightarrow{\text{grad}}(T) \quad \text{soit} \quad j = -l \times \frac{dT}{dx}$$

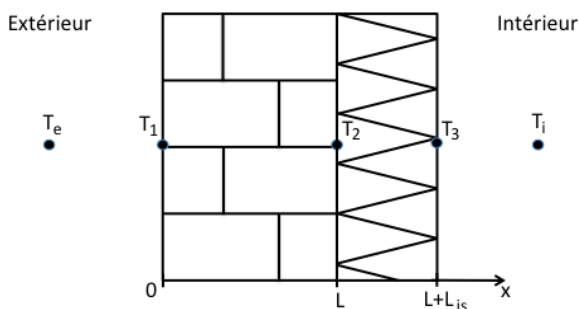
3. Proposer les hypothèses permettant d'aboutir à la forme simplifiée de l'équation de la chaleur proposée.
4. Par intégration de l'équation de la chaleur et par application des conditions limites, déterminer le profil de température  $T(x)$  dans le mur.
5. A partir de l'équation de Fourier, déterminer les résistances thermiques intervenant dans la définition de la densité de flux.

On s'intéresse maintenant à caractériser le comportement thermique de la paroi en régime permanent.

6. Calculer le coefficient d'échange global  $U$  du mur monocouche.
7. Calculer la densité de flux  $\varphi$  traversant ce mur.
8. En déduire la température de surface intérieure du mur  $T_2$ .

## 2<sup>ème</sup> partie : Performance d'un mur multicouche en régime permanent.

On cherche dans cette seconde partie à définir l'épaisseur d'isolant nécessaire à apporter au mur en brique pour réduire ses déperditions à 10 W/m<sup>2</sup>. Nous nous contenterons d'appliquer ici les résistances thermiques. Pour cela, on ajoute une couche d'isolant de conductivité  $\lambda_{is} = 0,034 \text{ kcal.h}^{-1}.\text{m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  comme présenté sur le schéma ci-dessous :



Données du problème (uSI : unité du système international) :

$$L = 22 \text{ cm}$$

$$\lambda_b = 0,95 \text{ uSI}$$

$$T_e = 273 \text{ K}$$

$$T_i = 20^\circ\text{C}$$

$$\text{Coefficient d'échange superficiel extérieur : } h_{se} = 25 \text{ uSI}$$

$$\text{Coefficient d'échange superficiel intérieur : } h_{si} = 8 \text{ uSI}$$

9. Convertir l'unité de  $\lambda_{is}$ . On rappelle que  $1 \text{ kcal} = 4180 \text{ J}$ .
10. Déterminer l'épaisseur d'isolant  $e_{is}$  à mettre en œuvre pour satisfaire à la condition de réduction des déperditions.
11. Déterminer l'épaisseur équivalente d'un mur monocouche en brique permettant d'obtenir la même déperdition que le mur isolé, soit 10 W/m<sup>2</sup>. Conclure.