

Admissibilité – session 2025
Epreuve de Physique
Sujet de Transferts Thermiques

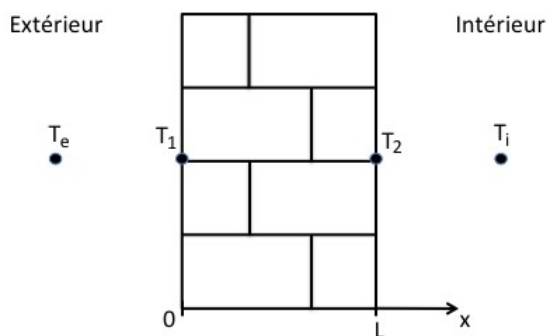
Aucun document autorisé

Performance thermique d'une paroi « paille »

Chacune des parties peut être traitée de manière indépendante.

1^{ère} partie : paroi monocouche en régime permanent.

Dans cette première partie, on cherche à caractériser le comportement thermique d'une paroi monocouche d'épaisseur e constituée de bois lourd (structure porteuse) de conductivité thermique λ_b ; comme présentée sur le schéma ci-dessous :



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

$e = 38 \text{ cm}$

$\lambda_b = 0,23 \text{ uSI}$

$T_e = -5^\circ\text{C}$

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

Résistance superficielle extérieure : $r_{se} = 0,04 \text{ uSI}$

Résistance superficielle intérieure : $r_{si} = 0,13 \text{ uSI}$

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 :

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

1. Reprendre le schéma de la paroi ci-dessus en précisant le sens du flux de chaleur la traversant. Identifier également sur ce schéma les différents phénomènes physiques intervenant dans le transfert de chaleur entre les deux ambiances (intérieure et extérieure).
2. Quelle est la signification physique des résistances superficielles extérieure et intérieure ?
3. Quelles sont les unités de λ , U , r_{si} et r_{se} ?

On se propose maintenant de retrouver l'expression de la résistance thermique d'une couche de matériau. Au sein de la paroi, la distribution de température est régie par l'équation de la chaleur associée à des conditions aux limites, ici, de températures :

$$\left| \begin{array}{l} \frac{d^2 T}{dx^2} = 0 \\ T(x=0) = T_1 \\ T(x=L) = T_2 \end{array} \right.$$

De plus, le flux conductif φ traversant la paroi est donné par l'équation de Fourier, qui ici s'exprime selon :

$$\bar{\varphi} = -\lambda \cdot \overline{\text{grad}}(T) \quad \text{soit} \quad \varphi = -\lambda \cdot \frac{dT}{dx}$$

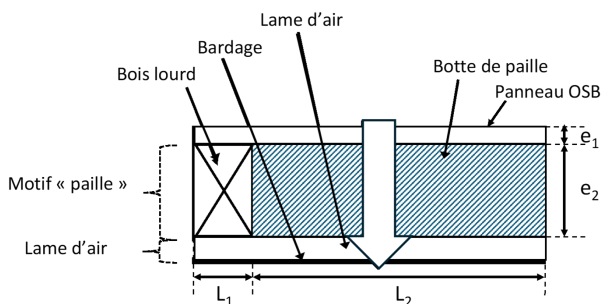
4. Par intégration de l'équation de la chaleur et par application des conditions aux limites, déterminer le profil de température $T(x)$ dans la paroi.
5. A partir de l'équation de Fourier, déterminer la résistance thermique conductive d'une couche.

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

6. Calculer la résistance conductive du bois puis le coefficient d'échange global U de la paroi.
7. En déduire la densité de flux φ traversant cette paroi.

2^{ème} partie : paroi composite en régime permanent.

On cherche dans cette seconde partie à évaluer la résistance thermique totale d'une paroi en construction « paille » comme présentée sur le schéma ci-dessous :



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

$e_1 = 15 \text{ mm} - \lambda_{OSB} = 0,13 \text{ uSI}$

$e_2 = 38 \text{ cm} - \lambda_b = 0,23 \text{ uSI}$ et $\lambda_{paille} = 0,05 \text{ uSI}$

$T_e = -5^\circ\text{C}$

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

Résistance lame d'air + bardage : $0,21 \text{ uSI}$

Résistance superficielle extérieure : $r_{se} = 0,04 \text{ uSI}$

Résistance superficielle intérieure : $r_{si} = 0,13 \text{ uSI}$

8. Fournir l'expression littérale de la résistance thermique équivalente du motif « paille ».
9. Fournir l'expression littérale de la résistance totale de la paroi composite.
10. Montrer que l'on peut relier la température T à la résistance thermique r par une relation de la forme :

$$T_n = T_i - \varphi \cdot r_n$$

11. Déterminer alors le profil de température dans le mur multicouche à partir des résistances thermiques. Commenter.
12. Cette paroi composite fait intervenir la notion de pont thermique. Donner une définition de ce terme, l'identifier sur le schéma ci-dessus et proposer une solution pour le traiter.