

# Transferts thermiques

## Exercice 1

Pour mesurer la conductivité thermique d'un matériau, on place deux échantillons plans de  $25\text{ mm}$  d'épaisseur de part et d'autre d'une résistance électrique plane elle aussi. Des thermocouples permettent de mesurer la température des surfaces intérieures et extérieures des échantillons. Les échantillons sont de forme carrée et le côté mesure  $15\text{ cm}$ . Lorsque le wattmètre mesure une puissance dissipée dans la résistance de  $7\text{ W}$ , les thermocouples indiquent  $t_i = 49^\circ\text{C}$  et  $t_e = 27^\circ\text{C}$

Calculez la conductivité thermique du matériau constituant l'échantillon.

## Exercice 2

Un mur de briques pleines d'épaisseur  $20\text{ cm}$  sépare l'intérieur de l'extérieur d'une maison. En plein hiver, la température intérieure est maintenue constante dans la maison à l'aide d'un chauffage. La température de la surface intérieure du mur est alors de  $18^\circ\text{C}$  tandis que le froid extérieur impose une température de  $-2^\circ\text{C}$  sur la surface extérieure du mur. La conductivité thermique de la brique est de  $0,52\text{ W/mK}$ .

1. Calculer le flux de chaleur par unité de surface à travers le mur.
2. On estime à  $200\text{ m}^2$  la surface de mur entourant la maison. Quelle doit être la puissance du chauffage dans la maison? (Remarque : on néglige la chaleur perdue par le sol et le plafond)

## Exercice 3

Le flux de chaleur passant à travers un mur est de  $1000\text{ W}$ . La surface du mur est de  $50\text{ m}^2$ .

On mesure la température de l'air intérieur soit  $20^\circ\text{C}$ . Le coefficient d'échange de chaleur par convection est évalué à  $10\text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ . Remarque : En hiver, la température de l'air extérieur est plus basse que celle de l'air intérieur, ce qui permet de fixer le sens du flux de chaleur.

1. Quelle est alors la température de la surface du mur du côté intérieur?
2. Quelle est la température du mur du côté extérieur sachant que la conductivité du matériau constituant le mur (béton) est de  $0,85\text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  et que son épaisseur est de  $20\text{ cm}$ ?
3. Quelle est la température extérieure sachant que le coefficient d'échange par convection est de  $15\text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ ?

## Exercice 4 : Profil de température

On considère un mur de béton d'épaisseur  $20\text{ cm}$ . La température de surface intérieure est de  $18^\circ\text{C}$  et la température extérieure est de  $-5^\circ\text{C}$ . On désire connaître la température à l'intérieur du mur à  $4\text{ cm}$  de profondeur du côté extérieur. (On veut savoir si un tuyau

d'eau placé à cette profondeur risque de geler). Pour ce faire il faut calculer le profil de température dans le mur c'est à dire la fonction  $T(x)$  qui donne la température en fonction de la position.

Indice : On partira de la loi de Fourier et on supposera que le flux de chaleur est le même dans chaque tranche du mur ce qui est vérifié lorsqu'on a un régime permanent. En effet, si ça n'était pas le cas, la température pourrait changer (par rapport au temps) dans une tranche du mur où le flux entrant serait différent du flux sortant.

## Exercice 5. Mur composite

On considère une paroi isolante séparant une chambre froide du milieu ambiant de surface totale  $20 m^2$ . Elle est constituée de 2 couches de matériaux distincts : une couche de béton d'épaisseur  $e_1 = 20 cm$  et une couche d'isolant d'épaisseur  $e_2 = 12 cm$ . La couche d'isolant est située à l'extérieur. La température sur la surface extérieure du mur est de  $T_1 = 20^\circ C$ . Les valeurs des conductivités de l'isolant et du béton sont respectivement  $\lambda_1 = 1,2 Wm^{-1}K^{-1}$  et  $\lambda_2 = 0,04 Wm^{-1}K^{-1}$ . On estime le flux traversant la paroi à  $125 W$ . On note  $T_2$  la température à l'interface entre les 2 couches et  $T_3$  la température à sur la face intérieure de la paroi.

1. Exprimer  $T_2 - T_1$  littéralement en fonction des données disponibles. En déduire la température à l'interface.
2. Exprimer  $T_3 - T_2$  littéralement en fonction des données disponibles. En déduire la température  $T_3$ .
3. Montrer que  $T_3 - T_1$  peut s'exprimer sous la forme  $\Phi(R_{T1} + R_{T2})$ . Donner les expressions de  $R_{T1}$  et  $R_{T2}$  en fonction des données disponibles. Ces grandeurs seront appelées résistances thermiques. Ce nom est-il bien choisi selon vous ? Pourquoi ?
4. Supposons maintenant que la température soit abaissée dans la chambre froide de telle sorte que la température de la paroi interne devienne  $-30^\circ C$ . Calculer le flux de chaleur dans ces nouvelles conditions.
5. On rajoute une troisième couche d'épaisseur  $5 cm$  et de conductivité thermique  $\lambda_3 = 0,1 Wm^{-1}K^{-1}$ . Donner une formule permettant de calculer directement le flux de chaleur à travers le mur et faire le calcul avec une température de paroi intérieure égale à celle calculée en 2°
6. Peut-on tirer des conclusions générales de cet exercice ?

## Exercice 6

On considère la paroi isolante d'un four industriel dont la surface est de  $2m^2$ . Elle est composée de 3 couches dont les caractéristiques suivent :

couche 1 : brique réfractaire de conductivité  $1,5 Wm^{-1}K^{-1}$  épaisseur  $20 cm$  :

couche 2 : isolant de conductivité  $0,05 Wm^{-1}K^{-1}$  épaisseur  $20 cm$

La température à l'extérieur est de  $20^\circ C$  tandis qu'à l'intérieur du four, la température est de  $500^\circ C$

Les coefficients d'échange par convection sont de  $10 Wm^{-2}K^{-1}$  et de  $18 Wm^{-2}K^{-1}$  respectivement du côté extérieur et intérieur.

En vous inspirant des exercices 3 et 5, vous donnerez une formule permettant de calculer le flux de chaleur à travers cette paroi composite puis vous ferez le calcul.