

## TP 3.3. Transferts thermiques

### Matériel expérience élève

- plaque chauffante
- deux thermomètres
- boîte calorifugé
- blocs métalliques avec trous lisses pour thermomètres
- carte d'acquisition
- pince en bois

### Mesure de conductivité thermique

Dans ce TP nous allons mesurer la conductivité thermique d'une plaquette isolante en bois. Pour cela vous allez devoir utiliser un chauffage, prenez la précaution suivante :

Afin de ne rien détériorer et de ne pas vous bruler,  
réglér les chauffages de 1 à 4 seulement.  
Vérifiez la température des objets que vous êtes en train de chauffer  
et évitez de faire chauffer du plastique.

### Étalonnage des thermomètres

Les thermomètres que vous utilisez peuvent afficher des températures différentes dues à des paramètres de fonctionnement différent, afin de pouvoir comparer les températures données par les deux thermomètres nous allons étalonner un thermomètre en fonction de l'autre.

#### Test

1. Brancher les thermomètres sur la carte eurosmart-sysam et tester s'ils affichent la même température pour une même mesure simultanée :
  - si oui, alors vous pouvez passer la partie étalonnage
  - si non, alors vous devez étalonner les deux thermomètres

#### Mesures

2. faites chauffer à la même température les deux blocs d'aluminium et placez les dans le même emplacement (sans isolant entre les deux) puis enregistrer le refroidissement des deux blocs.

## Exploitation

3. Afin d'établir une loi affine d'étalonnage, prenez un des deux thermomètres comme thermomètre de référence, et tracer la tension du thermomètre à étalonner en fonction de la tension du thermomètre de référence.
4. Modéliser la courbe obtenue par une droite affine, dont l'équation servira à convertir la tension du thermomètre à étalonner.

## Mesure de la conductivité thermique

Une fois les thermomètres étalonnés, on va mesurer l'évolution des températures de blocs initialement à des températures différentes.

## Mesures

1. Chauffer un seul des deux blocs, et enregistrer l'évolution des températures des deux blocs placés dans leur emplacement et séparé par une plaque en bois.
2. Si besoin convertir la tension du thermomètre étalonné à l'aide de l'équation affine trouvé plus haut, et tracer sur un même graphe les températures des deux blocs d'aluminium.

## Modèle

On modélise la situation comme deux blocs métalliques, séparés par une couche isolante entre eux et séparé de l'extérieur par une autre couche isolante.

3. Les coefficient de diffusion thermique du zinc et de l'aluminium sont  $D_z = 44.10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$  et  $D_a = 98,8.10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ . Établir la durée nécessaire pour que la température s'uniformise au sein des blocs métalliques. On donne  $\tau = \frac{L^2}{D}$ .

On en déduit que l'on considérera la température toujours uniforme dans les blocs.

La plaque en bois joue le rôle de résistance thermique entre les deux blocs, de même on considérera que le régime permanent est établi à l'intérieur de la plaque en bois car la durée de la diffusion thermique est courte comparée à la durée de l'expérience.

4. On définit la résistance thermique  $R_{th}$  de la plaque en bois comme  $R_{th} = \frac{T_1 - T_2}{\Phi_{\text{Bloc}_1 \rightarrow \text{Bloc}_2}}$  avec les températures  $T_1, T_2$  des deux blocs et  $\Phi_{\text{Bloc}_1 \rightarrow \text{Bloc}_2}$  le flux thermique entre les deux blocs.

La situation étant 1D cartésienne nous avons  $R_{th} = \frac{e}{\lambda S}$ .

Schématiser la situation expérimentale et repérer les grandeurs :  $T_1, T_2, \Phi_{\text{Bloc}_1 \rightarrow \text{Bloc}_2}, e, S, \lambda$ .

De même on définit aussi la résistance thermique  $R_{ext}$  de la boîte calorifugé entre chaque bloc et l'extérieur en fonction de  $T_{bloc}, T_{ext}, \Phi_{\text{Bloc} \rightarrow \text{ext}}$ , comme  $R_{ext} = \frac{T_{bloc} - T_{ext}}{\Phi_{\text{Bloc} \rightarrow \text{ext}}}$ .

5. En écrivant le premier principe sur le bloc 1 on fait un bilan d'énergie qui permet d'obtenir l'équation différentielle  $C \frac{dT_1}{dt} = -\frac{T_1 - T_2}{R_{th}} - \frac{T_1 - T_{ext}}{R_{ext}}$ , avec  $C$  la capacité calorifique du bloc.

De même pour le bloc 2 on établit  $C \frac{dT_2}{dt} = +\frac{T_1 - T_2}{R_{th}} - \frac{T_2 - T_{ext}}{R_{ext}}$

Pourquoi a-t-on choisit la même capacité calorifique  $C$  pour les deux équations ?

6. Pour éliminer la variable température extérieure du problème, on s'intéressera uniquement à la différence de température entre les deux blocs. Établir l'équation différentielle vérifiée par  $T_1 - T_2$  en soustrayant les deux équations différentielles.  
En supposant que  $R_{th} \ll R_{ext}$  que vaut la constante de temps  $\tau$  de l'équation différentielle obtenue ?
7. A l'aide de l'expression de  $\tau$  en fonction de  $R_{th}$ , établir l'expression de  $\lambda$  en fonction de  $e$ ,  $m$ ,  $C$ ,  $\tau$  et  $S$ .

### Exploitation

8. Calculer avec latis pro et tracer la différence de température entre les deux blocs en fonction du temps. Choisir le modèle adéquat et en déduire la valeur expérimentale de  $\tau$ .

Plusieurs paramètres caractérisent la situation :

la capacité thermique du bloc est donnée par  $C = mc$ , avec  $m$  masse du bloc et  $c$  capacité thermique massique. La conductivité thermique du bois est  $\lambda$ , l'épaisseur de la plaque de bois est  $e$ , la surface de la plaque de bois est  $S$ .

9. En déduire la valeur expérimentale de la conductivité thermique du bois, comparer à l'ordre de grandeur attendu et à des valeurs que vous trouverez sur internet.