

Activité expérimentale - Transferts thermiques

Capacités développées ou évaluées lors de ce TP

- Confronter des courbes caractéristiques de diffusion thermique à la théorie
- Modéliser une situation de transferts thermique par conducto-convection.
- Évaluer une incertitude statistique.

Le but de ce TP est d'étudier expérimentalement un phénomène de diffusion thermique.

I) Profil de température dans une barre

Une barre d'aluminium est chauffée à une extrémité par un module à effet Peltier et maintenue à température ambiante à l'autre extrémité grâce à un radiateur. 6 thermomètres sont répartis le long de la barre et l'acquisition s'effectue par le convertisseur analogique numérique de l'interface d'acquisition fournie.



Manipulons...

- Relier chaque thermomètre aux entrées correspondantes de la carte d'acquisition, et paramétrer chaque entrée sur le calibre +5V/-5V.
- Alimenter en 12V les capteurs avec l'alimentation fournie par la carte d'acquisition
- Alimenter le système de chauffage par l'alimentation continue présente sur la paillasse
- Régler la durée de l'acquisition à 30 minutes et la déclencher

- Mesurer précisément les positions x_n des différentes thermomètres

Une fois que ces opérations sont effectuées, l'extrémité de la barre commence à chauffer et l'énergie à se diffuser, mais le processus prend du temps. Vous devez donc continuer le TP et répondre aux questions suivantes tant que l'acquisition est en cours.

1. Justifier l'utilisation d'un manchon sur la barre métallique.
2. Démontrer que, sous une hypothèse à préciser, la température au sein de la barre $T(x, t)$ est solution de :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = D_{th} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

3. Calculer la valeur théorique du coefficient de diffusion D_{th} associé à l'aluminium.
4. En déduire par une analyse en ordre de grandeur que le temps d'acquisition choisi est suffisant pour observer un régime stationnaire dans la barre.
5. Établir qu'en régime stationnaire $T(x)$ est une fonction affine de x .

Une fois l'acquisition terminée, répondre aux questions suivantes :

6. En quoi les courbes obtenues permettant elle de s'assurer que le régime stationnaire est atteint ?
7. Représenter graphiquement le profil de température $T(x_n)$ en régime stationnaire.
8. Au vu de l'allure de la courbe, quelle hypothèse de travail doit-on remettre en cause ici ? Proposer une modélisation plus réaliste sans la développer.

II) Évolution de la température dans une boîte

1) Principe

Vous disposez de deux boîtes en fer dont l'intérieur peut être chauffé par effet Joule (grâce à une ampoule). Certaines boîtes sont isolées par une couche de Dépron de 6mm, les autres non.



Un thermomètre numérique peut être relié à l'interface d'acquisition de l'ordinateur.

Attention

La résistance chauffante est constituée d'une ampoule à filament ne devant pas être alimentée avec une tension supérieure à 6V et une intensité supérieure à 1A pour éviter de la détériorer.



Manipulons...

- Répartissez vous avec un autre groupe une boîte isolée et une autre non isolée.
- Placez un thermomètre à l'intérieur en veillant à ce qu'il ne soit pas en contact avec la résistance chauffante, sinon l'expérience sera faussée.
- Effectuer une acquisition de la température intérieure pour une durée de 20 min en présence de chauffage. On choisira le calibre +1V/-1V sur la voie d'entrée pour plus de précision.
- Relever les valeurs de la tension et de l'intensité fournies à la résistance de chauffage.

On modélise chaque boîte et son contenu par un système thermodynamique équivalent, de capacité thermique C et de résistance thermique équivalente (entre l'intérieur de la

boîte et l'extérieur) R_{th} . La puissance thermique apportée par la lampe à l'intérieur de la boîte est notée P .

Pendant les acquisitions, répondre aux questions suivantes :

9. Montrer que la température à l'intérieur de la boîte vérifie l'équation différentielle suivante :

$$\frac{dT}{dt} + \frac{T}{R_{th}C} = \frac{T_{ext}}{R_{th}C} + \frac{P}{C}$$

Définir le temps caractéristique d'évolution.

10. Quelle est la valeur de la puissance de chauffage dans la boîte ?
11. En négligeant la capacité thermique du Dépron devant celle du fer, montrer que l'on peut facilement exprimer le rapport entre les résistances thermiques de la boîte isolée par rapport à la boîte non isolée en utilisant les temps caractéristiques.

Une fois les acquisitions terminées :

12. A partir d'une modélisation de $T(x)$, déterminer les temps caractéristiques d'évolution.
13. En déduire la valeur du rapport $\frac{R_{iso}}{R_{brut}}$ entre la boîte isolée et non isolée.
14. A l'aide des valeurs fournies ci-dessous, comparer les valeurs théoriques et expérimentales pour τ .

Données numériques :

- Épaisseur du métal : $e = 0,25 \text{ mm}$
- Conductivité thermique du fer : $\lambda_{Fe} = 80 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Conductivité thermique du Dépron : $\lambda_{Dep} = 30 \times 10^{-3} \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Conductivité thermique de l'aluminium : $\lambda_{Al} = 230 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Capacité thermique massique du fer : $c_{Fe} = 440 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$
- Capacité thermique massique de l'aluminium : $c_{Al} = 900 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$
- Capacité thermique massique de l'air : $c_{air} = 1,0 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$
- Masse volumique de l'aluminium : $\rho_{Al} = 2,7 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
- Coefficient conducto-convectif pour l'air en convection libre $h_{air} = 10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

Compétences évaluées

Noms et prénoms du binôme :

—

—

Cette grille d'évaluation sert à vérifier que savez faire les étapes expérimentales importantes. Les compétences en **gras** sont évaluées pendant le TP : faites appel à votre professeur lorsque vous êtes prêts/prêtes à les valider.

Compétence travaillée	Points
Obtenir un réseau de courbes rendant compte de l'expérience	/1
Décrire le modèle d'un expérience (barre)	/2
Analyser les résultats de façons claire	/2
Obtenir une courbe rendant compte de l'expérience de la boîte	/2
Exploiter les résultats pour déterminer des paramètres expérimentaux d'un modèle (boîte)	/3
Note finale	/10

Remarques :

Matériel

MP/MPI Vendredi 8h/12h Pascal Bertin

- Interface d'acquisition SYSAM + Ordinateur et Latis Pro
- Barres de conduction thermique
- Boîte en fer isolées ou non avec ampoule intérieures
- Alimentations nécessaires au chauffage des dispositifs
- Thermomètre interfacé

A faire si possible : obtenir une formule ou droite d'étalonnage permettant d'obtenir la relation $T = f(U)$ (U : tension délivrée par les thermocouples, T : température réelle mesurée en °C) pour les thermocouples collés à la barre.