TP Diffusion thermique

Précautions expérimentales Les expériences de thermodynamique sont longues, veillez à être efficaces. Pendant les manipulations, vous pouvez répondre aux questions qui sont en partie II.

I. Profil de température dans une barre

1 - Mise en route

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 CAN Sysam PCI et Latispro.

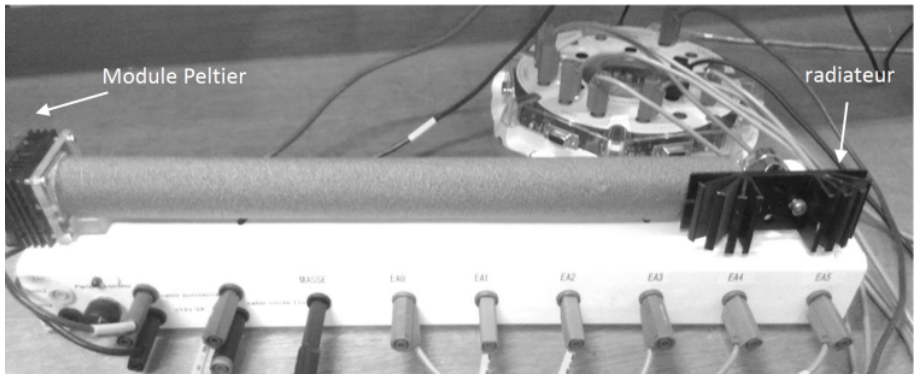

FIGURE 1 – Expérience de diffusion thermique dans une barre.

Expérience 1

- ✔ Relier chaque thermomètre aux entrées correspondantes de la carte d'acquisiion ;
- ✔ alimenter en 12V les capteurs avec l'alimentation fournier par la carte d'acquisition ;
- ✔ alimenter le système de chauffage par l'alimentation continue de puissance présente sur la paillasse. La tension sera réglée sur 8V maximum.
- ✔ régler la durée de l'acquisition sur 30 min et la déclencher
- ✔ mesurer les positions x_n des différents thermomètres.

2 - Pendant l'acquisition...

Pendant que l'expérience suit son cours, les questions suivantes sont à rédiger. Vous pourrez utiliser les données disponibles en fin d'énoncé.

À rédiger

☐ **Q 1 -** Calculer la diffusivité thermique associée à la barre en aluminium

☐ **Q 2 -** En déduire que le temps d'acquisition pour obtenir le régime stationnaire est compatible avec le temps d'établissement du régime stationnaire.

☐ **Q 3 -** Justifier l'intérêt d'utiliser un manchon sur la barre métallique.

☐ **Q 4 -** Pour une barre isolée, démontrer que la température au sein de la barre $\mathrm{T}(x,t)$ est solution de l'équation de diffusion thermique :

$$\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial t} = \mathrm{D}_{th}\frac{\partial^2 \mathrm{T}}{\partial x^2}$$

☐ **Q 5 -** En déduire le profil $\mathrm{T}(x)$ en régime stationnaire.

3 - Exploitation

Une fois l'acquisition terminée (si une erreur est survenue, utiliser les courbes d'un autre groupe), imprimer le réseau de courbes T($x = x_n$,t).

À rédiger

☐ **Q 6 -** Justifier que l'allure des courbes T(x_n,t) permette de valider le régime stationnaire.

☐ **Q 7 -** En régime stationnaire, représenter le profil de température $T = f(x_n)$ où x_n est la position le long de la barre.

☐ **Q 8 -** Justifier en superposant une modélisation pertinente que le modèle d'une barre calorifugée n'est pas valide.

Appel Professeur, à l'oral

Proposer une modélisation plus réaliste et indiquer le profil de température attendu.

II. Evolution de température dans une boîte isolée ou non

1 - Principe

Vous disposez de deux boites en fer dont l'intérieur peut être chauffé par effet Joule grâce à une ampoule. L'une des deux boites est isolée par une couche de Dépron de 6mm d'épaisseur l'autre non.

Un thermomètre numérique peut être reliés au CAN de l'ordinateur (galette Sysam-PCI).

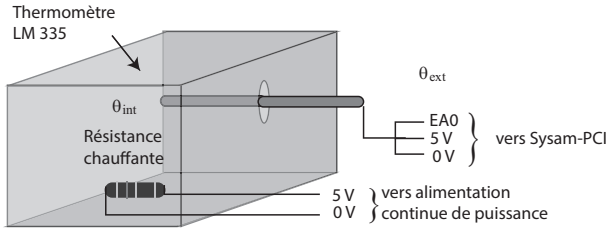

FIGURE 2 – Schéma de principe

Précautions expérimentales 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 1 A.

Expérience 2

- ✔ Répartissez vous avec un autre groupe une boîte isolé et une autre non isoler. Vous partagerez vos valeurs.
- ✔ Placer un thermométre 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.
- ✔ relever la valeur de la tension de l'intensité fournie à la résistance de chauffage.

2 - Pendant les acquisitions ...

À rédiger

☐ **Q 9 -** Estimer (un seul chiffre significatif est attendu) la résistance thermique équivalente à la boite en fer en évaluant sa surface.

☐ **Q 10 -** Estimer la résistance thermique équivalente à convection autour de la boite.

☐ **Q 11 -** Proposer un modèle équivalent simplifié.

☐ **Q 12 -** Estimer grossièrement la capacité thermique de la boite et de son contenue C_{th} en évaluant sa masse. En déduire le temps caractéristique d'évolution de la température.

Les exploitations nécessiteront l'utilisation des courbes pour les boites isolées et non-isolées.

3 - Confrontation expérimentale

À rédiger

☐ **Q 13 -** Déterminer la puissance de chauffage.

☐ **Q 14 -** À partir de la température maximale atteinte à l'intérieure, déterminer la résistance thermique totale de votre dispositif et de celui de l'autre groupe.

☐ **Q 15 -** En déduire la résistance thermique du Dépron et sa conductivité. Comparer à la valeur tabulée.

☐ **Q 16 -** À partir du régime transitoire, Estimer la capacité thermique de l'ensemble.

☐ **Q 17 -** Valider les estimations faites pendant la durée de l'acquisition.

Données

- Epaisseur du métal : $e = 0{,}25mm$
- Conductivité thermique du fer : $\lambda_{Fe} = 80\,\mathrm{W\cdot K^{-1}\cdot m^{-1}}$
- Conductivité thermique du dépron : $\lambda_{Dep} = 30\cdot 10^{-3}\,\mathrm{W\cdot K^{-1}\cdot m^{-1}}$
- Conductivité thermique de l'aluminium : $\lambda_{Al} = 230\,\mathrm{W\cdot K^{-1}\cdot m^{-1}}$
- Capacité thermique massique du fer : $c_{Fe} = 440\,\mathrm{J\cdot K^{-1}\cdot kg^{-1}}$
- Capacité thermique massique de l'air à 293 K : $c_{air} = 1{,}0\cdot 10^{3}\,\mathrm{J\cdot K^{-1}\cdot kg^{-1}}$
- Capacité thermique massique de l'aluminium : $c_{Al} = 0{,}9\cdot 10^{3}\,\mathrm{J\cdot K^{-1}\cdot kg^{-1}}$
- Masse volumique de l'aluminium : $\rho_{Al} = 2{,}7\cdot 10^{3}\,\mathrm{kg\cdot m^{-3}}$
- Coefficient conducto-convectif pour l'air en convection libre : $h_{air} = 10\,\mathrm{W\cdot m^{-2}\cdot K^{-1}}$.

Exercice 1 Une boite rectangulaire de surface totale S dont les parois ont une épaisseur négligeable est chauffée par une résistance chauffante.

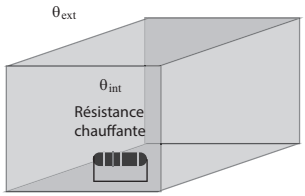

FIGURE 3 – Boite chauffée

On note $\mathcal{P}$ la puissance de chauffe, C la capacité thermique de la boîte et h le coefficient conducto-convectif.

☐ **Q 1 -** Définir la résistance thermique associée à la convection.

☐ **Q 2 -** Déterminer l'équation différentielle régissant l'évolution de la température $\theta_{int}(t)$ à l'intérieur de la boite.

☐ **Q 3 -** Représenter la courbe θ_{int} et y faire figurer les grandeurs caractéristiques τ et θ_{max}

☐ **Q 4 -** Proposer un schéma électrique équivalent en utilisant un générateur idéal de tension, un condensateur et une résistance.

☐ **Q 5 -** On place un isolant autour de la boite. On note R_{iso} sa résistance thermique. Exprimer les nouvelles valeurs de τ et θ_{max} en présence d'un isolant.

Exercice 2 Une boite rectangulaire de surface totale S dont les parois ont une épaisseur négligeable est chauffée par une résistance chauffante.

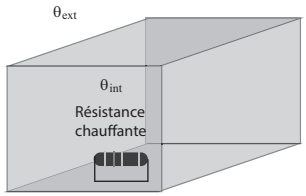

FIGURE 4 – Boite chauffée

On note $\mathcal{P}$ la puissance de chauffe, C la capacité thermique de la boîte et h le coefficient conducto-convectif.

☐ **Q 1 -** Définir la résistance thermique associée à la convection.

☐ **Q 2 -** Déterminer l'équation différentielle régissant l'évolution de la température $\theta_{int}(t)$ à l'intérieur de la boite.

☐ **Q 3 -** Représenter la courbe θ_{int} et y faire figurer les grandeurs caractéristiques τ et θ_{max}

☐ **Q 4 -** Proposer un schéma électrique équivalent en utilisant un générateur idéal de tension, un condensateur et une résistance.

☐ **Q 5 -** On place un isolant autour de la boite. On note R_{iso} sa résistance thermique. Exprimer les nouvelles valeurs de τ et θ_{max} en présence d'un isolant.