

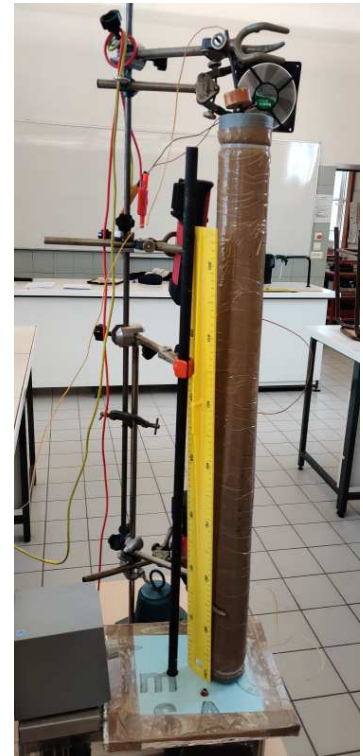
TP : Mesures de paramètres thermiques

1 Matériel

Le matériel utilisé est visible sur la photographie ci-contre. Il y a deux barres verticales en aluminium, l'une est laissée à l'air libre pour favoriser la convection, l'autre est calorifugée pour l'empêcher.

Un bain thermostaté, installé aux pieds des deux barres, permet d'imposer une température au bas de chaque barre d'environ 80 °C. La régulation thermique du bain permet d'atteindre après 10 – 15 minutes un régime indépendant du temps dans chaque barre.

La température le long de la barre non calorifugée sera mesurée en prenant une photo avec la caméra IR qui effectue en même temps la prise d'une photo dans le visible dans l'infrarouge. Grâce à la photographie dans le visible, on voit l'image de la règle graduée jaune qui va permettre d'avoir un repère de position le long de la barre. Grâce au logiciel de la caméra (*Flir Tools*), on va pouvoir pointer dans l'image et récupérer l'information de la température grâce à l'image prise en IR en lieu donné. On peut travailler avec du pointage point par point ou bien définir un segment le long de la barre et *Flir Tools* va échantillonner sur ce segment et nous donner des valeurs de $T(z)$ sur tout le segment. On est donc en capacité de mesurer $T(z)$ dans la barre.



Pour la barre calorifugée, on prend deux mesures de température en deux points assez éloignés l'un de l'autre. Ces deux mesures T_1 en bas de barre et T_2 en haut de barre permettent d'évaluer, en régime permanent, le flux thermique, c'est-à-dire la puissance thermique qui est transmise à travers la barre. En haut de la barre calorifugée, on note la présence d'un petit ventilateur qui fonctionnera en permanence au même régime. Il est destiné à s'assurer du régime permanent. De plus, on peut voir que la section supérieure de la barre présente un petit creux. Ce petit creux est destiné à recevoir une masse m_e d'eau correspondant à un volume d'eau de 1 mL. Une fois la barre en régime indépendant du temps, on mesurera au cours du temps la température $T_e(t)$ de l'eau tout de suite après l'avoir déposée dans le petit creux. Cette mesure de $T_e(t)$ sera enregistrée grâce à la carte d'acquisition *Sysam SP5* et *Latis Pro*.

On peut voir deux photographies supplémentaires du dispositif à la figure 1.

2 Aspects théoriques

2.1 Équation générale de la température de la barre

1. On s'attachera à montrer en prenant en compte la conduction thermique ainsi que la convection que la température de la barre $T(z, t)$ obéit à l'équation différentielle :

$$\mu c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - \frac{2h}{r}(T - T_{ext})$$

où μ est la masse volumique, c la capacité thermique massique, λ la conductivité thermique, h le coefficient conducto-convectif et r le rayon de barre. T_{ext} est la température ambiante supposée constante.

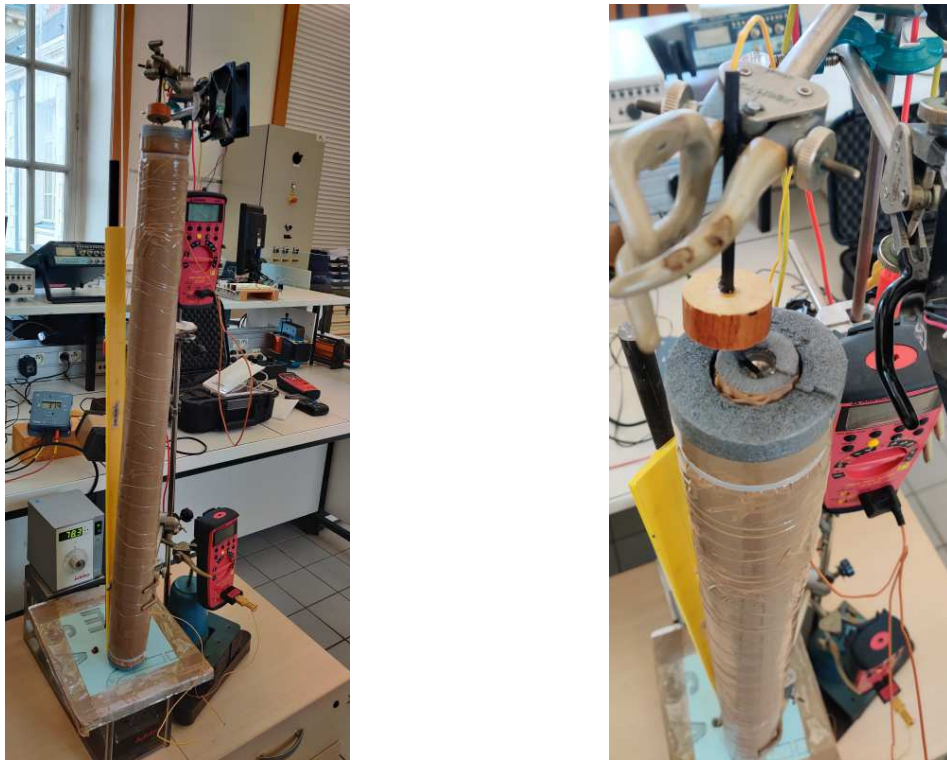


FIGURE 1 – Photographies du dispositif des deux barres

2.2 Barre non calorifugée en régime indépendant du temps

2. On montrera que l'équation différentielle s'écrit :

$$\frac{d^2T}{dz^2} - \frac{T}{\ell^2} = -\frac{T_{ext}}{\ell^2} \quad \text{avec} \quad \ell = \sqrt{\frac{\lambda r}{2h}}$$

et que la solution de cette équation est de la forme :

$$T(z) = T_{ext} + A \exp\left(-\frac{z}{\ell}\right) + B \exp\left(\frac{z}{\ell}\right)$$

2.3 Barre calorifugée en régime indépendant du temps

Il n'est pas difficile de montrer que l'équation d'évolution de la température est :

$$\frac{d^2T}{dz^2} = 0 \quad \text{donc} \quad T(z) = az + b$$

3. On montrera que si on prend deux points de température, distants de L , aux températures $T_1 > T_2$, la puissance constante qui traverse la barre est :

$$P_{\text{barre}} = \lambda \frac{T_1 - T_2}{L} \pi r^2$$

Cette expression fait apparaître l'expression classique de la résistance thermique de la portion de longueur L de la barre puisque $T_1 - T_2 = R_{th} P_{\text{barre}}$ à savoir :

$$R_{th} = \frac{1}{\lambda} \frac{L}{\pi r^2}$$

2.4 Un peu d'eau au bout de la barre

4. On a donc placé un volume de 1 mL d'eau à l'extrémité de la barre. On note m_e la masse d'eau, c_e la capacité thermique massique de l'eau, T_e sa température supposée définie donc homogène sur toute la goutte. On note h_e le coefficient de convection entre l'eau et son environnement et S_e la surface où s'effectue la convection. Montrer que l'équation différentielle d'évolution de la température $T_e(t)$ est :

$$m_e c_e \frac{dT_e}{dt} = P_{\text{barre}} - h_e S_e (T_e - T_{\text{ext}})$$

5. En résolvant cette équation différentielle, montrer que l'évolution de la température $T_e(t)$ est caractérisée par le temps τ_e et une valeur asymptotique T_∞ tels que :

$$\tau_e = \frac{m_e c_e}{h_e S_e} \quad \text{et} \quad T_\infty = T_{\text{ext}} + \frac{\tau_e}{m_e c_e} \frac{\lambda(T_1 - T_2)}{L} \pi r^2$$

3 Expériences

6. Faire une photographie IR-visible de la barre nue. Exploiter la photo pour obtenir $T(z)$.
7. En utilisant l'ordinateur, modéliser $T(z)$ par son expression obtenue dans la partie théorique. En déduire la valeur numérique de ℓ .
8. Mettre 1 mL d'eau en haut de la barre et enregistrer immédiatement l'évolution de la température.
9. Modéliser $T_e(t)$ conformément aux développements théoriques.
10. En utilisant les résultats des deux modélisations, déterminer la conductivité thermique de la barre λ ainsi que le coefficient de convection h de la barre nue avec l'air.