Propagation de la chaleur dans une barre non isolée

Objectif : Vérification expérimentale de la loi de variation de la température d'une barre non isolée.

Brancher le four dès le début de la séance sur le secteur (220 V) car le régime permanent n'est atteint, d'après le constructeur, qu'au bout d'une heure !

A - Étude théorique :

Soit une barre homogène, de section constante S, de longueur L, de conductibilité thermique λ, placée dans un milieu à la température θ_a constante (θ_a est la température ambiante ; c'est celle de la salle).

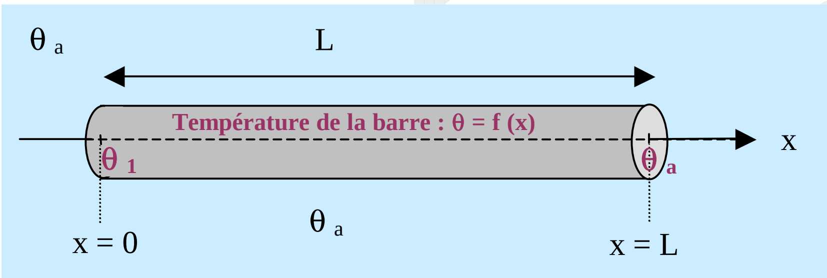
On porte l'une des extrémités de la barre à une forte température θ_1 constante à l'aide d'un four.

La chaleur « s'écoule » des zones chaudes vers les zones froides, par conduction à travers la barre. La barre perd également de la chaleur par convection et rayonnement par sa surface latérale.

Lorsque le régime permanent est atteint, déterminer la loi de variation de la température $\theta = f(x)$.

On fera, pour cela, les hypothèses suivantes :

- la barre est infiniment longue de sorte que la température, à son extrémité, est égale à la température ambiante : on admet que $x \to \infty$ quand on atteint $x = L$.
- le rayonnement de la barre est négligé.
- le coefficient de conducto-convection se note h.



On vérifiera (voir la partie théorique) que la loi de variation de la température s'écrit :

$$\boxed{\theta - \theta_a = A\,e^{\alpha x} + B\,e^{-\alpha x}}$$

A et B sont deux constantes que l'on déterminera.

Donner l'expression de α.

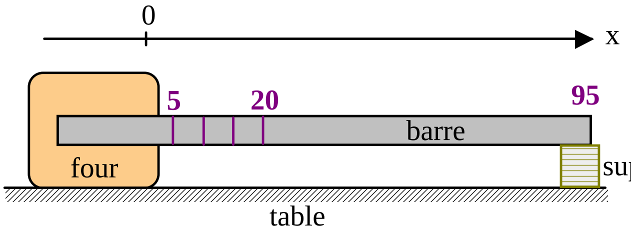
B - Description du dispositif :

Le montage comprend :

- un four alimenté en 220 V (**fig. 1**)
- une barre en acier de longueur $L = 1{,}20$ m et de diamètre $d = 2$ cm, non isolée et portant des encoches tous les 5 cm (**fig. 2**).
- deux sondes de température ; l'une est destinée à repérer la température du four (sonde de 0 °C à 150 °C) ; l'autre (sonde Hanna), est destinée à repérer la température en divers points de la barre.

Attention à bien choisir les sondes !

fig. 1



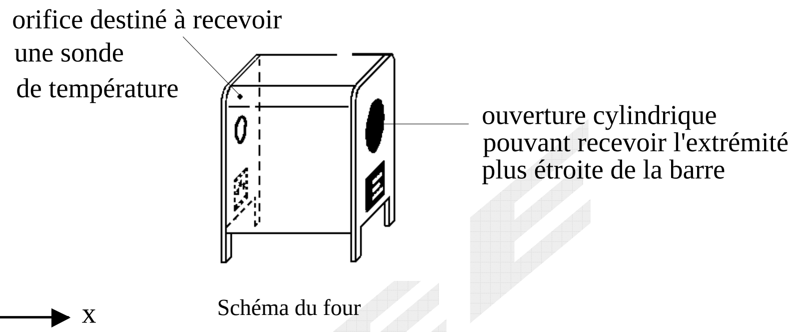


Schéma du four

fig. 2

C - Mesures :

1°) *Relevés :*

Placer la sonde de température, à la périphérie de la barre, à la distance $x = 5\text{ cm}$ (dans l'encoche correspondant à 5 cm).

Vérifier que la température ne varie quasiment plus avant de la relever.

En déplaçant la sonde de l'extrémité chaude vers l'extrémité froide, (x croît de 5 cm en 5 cm), relever la température $\theta = f(x)$ de la barre.

2°) *Exploitation :*

∗ Tracer le graphe $\theta - \theta_a = f(x)$. Le graphe obtenu est-il en accord avec le calcul théorique ?

∗ Tracer la courbe $\ln(\theta - \theta_a) = f(x)$.

a) Quelle est son allure ?

b) Que vaut l'ordonnée à l'origine ?

c) Calculer la température θ_1.

d) Quelle relation existe-t-il entre α^2 et le rapport $\dfrac{2\,h}{\lambda\, r}$ (h coefficient de conducto-convection) ?

e) On donne la conductivité thermique de l'acier : $\lambda = 50\ \text{W.m}^{-1}.°\text{C}^{-1}$. En déduire la valeur approchée du coefficient h.

Pour un cylindre horizontal, de diamètre $d = 2\text{ cm}$, porté à la température θ et soumis à la convection naturelle, on peut calculer h à l'aide de la formule empirique suivante :

$$\boxed{h = 1{,}32\left(\frac{\theta - \theta_a}{d}\right)^{0{,}25}}$$

Le résultat obtenu précédemment est-il concordant avec la valeur h calculée à l'aide de la relation empirique ?