


OBJECTIF

Mesurer la conduction thermique dans des barres métalliques

EXERCICES

- Mesurer la courbe de température le long de barres métalliques chauffées d'un côté et refroidies de l'autre, à l'état non stationnaire et stationnaire.
- Mesurer le courant thermique à l'état stationnaire.
- Déterminer la conductivité thermique du matériau de la barre.

RESUME

En conduction thermique, de la chaleur est transférée d'une zone chaude vers une zone froide par l'interaction entre les atomes ou molécules voisins, sans que ceux-ci ne soient eux-mêmes transportés. Dans une barre cylindrique en métal, dont les extrémités sont maintenues à différentes températures, un gradient de température se stabilise après un certain temps le long de la barre, de sorte que la température diminue régulièrement vers l'extrémité froide et que le courant thermique qui s'écoule est constant. La transition de l'état non stationnaire à l'état stationnaire est relevée au moyen de plusieurs séries de mesures, au cours desquelles la température est déterminée à chaque fois aux points de mesure. Les barres métalliques sont chauffées électriquement, aussi le courant thermique à l'état stationnaire peut-il être déterminé à partir de la puissance électrique.

DISPOSITIFS NECESSAIRES

| Nombre | Appareil | Référence |
|--------|---|------------|
| 1 | Kit d'appareils sur la conduction thermique | 1017329 |
| 1 | Barre conductrice de chaleur (Al) | 1017331 |
| 1 | Barre conductrice de chaleur (Cu) | 1017330 |
| 1 | Alimentation CC 0 – 20 V, 0 – 5 A (230 V, 50/60 Hz) | 1003312 ou |
| | Alimentation CC 0 – 20 V, 0 – 5 A (115 V, 50/60 Hz) | 1003311 |
| 1 | Thermomètre de poche numérique ultra-rapide | 1002803 |
| 1 | Sonde à immersion NiCr-Ni type K, - 65°C – 550°C | 1002804 |
| 1 | Paire de cordons de sécurité, 75cm, rouge/bleu | 1017718 |
| 1 | Jeu de 10 béchers, forme basse | 1002872 |

1

GENERALITES

La chaleur peut être transmise d'une zone chaude à une zone froide par conduction thermique, rayonnement thermique et convection. En conduction thermique, ce transport d'énergie s'effectue par l'interaction entre les atomes ou molécules voisins, sans que ceux-ci ne soient eux-mêmes transportés. En cas de réchauffement par ex. d'une barre métallique, les atomes situés à l'extrémité chaude oscillent plus fortement, c'est-à-dire avec plus d'énergie, qu'à l'extrémité froide. L'énergie est cédée aux atomes voisins par des chocs avec ceux-ci et transmise ainsi à travers la barre. Les métaux sont des conducteurs thermiques particulièrement bons, car ils profitent en plus des chocs entre des électrons libres et les atomes.

Dans une barre cylindrique de section de surface A , dont les extrémités sont maintenues à différentes températures, un gradient de température se stabilise après un certain temps le long de la barre, de sorte que la température T diminue régulièrement vers l'extrémité froide. Pendant un temps dt , une quantité d'énergie dQ traverse la section de la barre et il se forme un courant thermique constant P_Q :

$$(1) \quad P_Q = \frac{dQ}{dt} = \lambda \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

 P_Q : courant thermique (mesuré en watts)

 A : surface de section de la barre

 λ : conductivité thermique du matériau de la barre

 T : température, x : coordonnées le long de la barre

Avant que le gradient de température constant ne soit atteint, la barre, au moment t , présente une répartition thermique $T(x,t)$, qui s'approche progressivement de l'état stationnaire. L'équation différentielle est appliquée :

$$(2) \quad \lambda \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}(x,t) - c \cdot \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial t}(x,t) = 0$$

 c : chaleur spécifique et ρ : densité du matériau de la barre

Dans le cas stationnaire, il y a concordance avec l'équation (1)

$$(3) \quad \frac{\partial T}{\partial t}(x,t) = 0 \quad \text{et} \quad \lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x}(x,t) = \text{const.} = \frac{P_Q}{A}$$

Dans l'expérience, la barre est chauffée électriquement à une extrémité. Une source de chaleur à régulation électronique alimente la barre de conduction avec un courant thermique qui peut être déterminé comme puissance électrique

$$(4) \quad P_{el} = U \cdot I$$

par la mesure de la tension de chauffage U et du courant de chauffage I . La régulation électronique du courant garantit que l'extrémité de la barre atteint très rapidement une température d'environ 90 °C, qui sera ensuite maintenue constante.

La chaleur à l'autre extrémité de la barre est évacuée via les lamelles de refroidissement dans de l'eau glacée ou tout simplement dans de l'eau à température ambiante. La puissance thermique cédée peut donc être déterminée par voie calorimétrique.

Une manchette isolante réduit le dégagement de chaleur de la barre de conduction à l'environnement et améliore la linéarité du profil de température à l'état stationnaire. Un thermomètre électronique ultrarapide mesure les températures aux points de mesure prévus le long de la barre. Vous disposez d'une barre en cuivre et d'une barre en aluminium.

EVALUATION

La puissance thermique P_Q correspond à la puissance électrique P_{el} , déduction faite d'une faible perte de puissance P_1 : $P_Q = P_{el} - P_1$

$$\text{Par conséquent :} \quad \lambda = \frac{P_{el} - P_1}{A} \cdot \frac{L}{T(0) - T(L)}$$

(L : écart entre les points de mesure de température choisis)

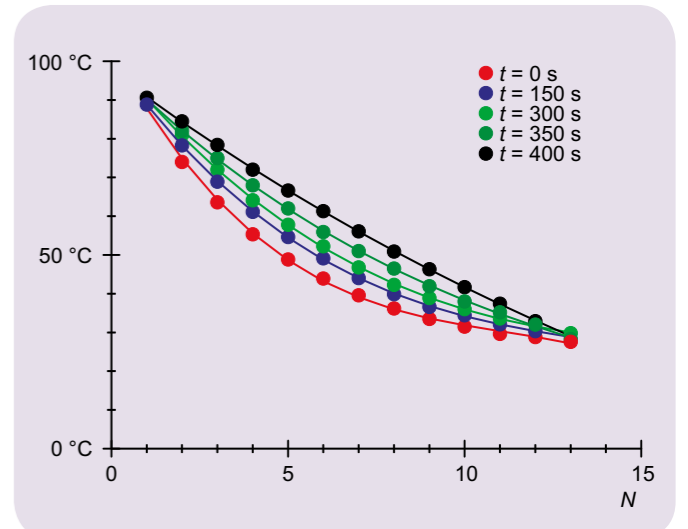


Fig. 1 Températures le long de la barre en aluminium dans cinq séries de mesures effectuées dans un écart de 150 s