

Ch.14. TRANSFERTS MACROSCOPIQUES D'ENERGIE.**EXERCICES CORRIGES p : 367 n°24.****N°24 p : 367. Mesure d'une résistance thermique Compétences : Calculer ; estimer une incertitude**

Pour déterminer la résistance thermique d'un échantillon, on le place entre deux plaques d'aluminium de résistances thermiques négligeables. En serrant l'échantillon, on obtient une température homogène sur chaque face de l'échantillon. En réglant la puissance électrique d'un conducteur ohmique chauffant, on maintient :

- la face supérieure de l'échantillon à la température ambiante T_1 ;
- la face inférieure de l'échantillon à une température T_2 , inférieure à la température T_1 .
- La puissance électrique du conducteur ohmique chauffant est égale au flux thermique.

On souhaite mesurer la résistance thermique d'une surface plane de polystyrène.

On impose sur la face inférieure de la plaque de polystyrène une température $T_2 = 8,0$ °C. La face supérieure est maintenue à la température ambiante $T_1 = 20,0$ °C. Le flux affiché par l'appareil de mesure est $\varphi = 0,100$ W.

1. Calculer la résistance thermique R_{th} de la plaque de polystyrène.
2. Le flux thermique mesuré par l'appareil est celui qui traverse la plaque supérieure d'aluminium, le polystyrène et la plaque inférieure d'aluminium.
 - a. Pourquoi la résistance thermique des plaques d'aluminium doit-elle être faible ?
 - b. On évalue la résistance thermique de chaque plaque d'aluminium à $R_{th} = 3,2 \times 10^{-3} \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$. Est-elle négligeable comme l'indique la notice ?
3. L'appareil mesure les températures T_1 et T_2 à deux dixièmes de degré près. On estime à 6 % l'incertitude relative sur la mesure du flux thermique.
 - a. Quelle est l'incertitude de mesure sur le flux thermique φ traversant la plaque ? Donner un encadrement de φ .
 - b. L'incertitude de mesure $U(\Delta T)$ sur l'écart de température $\Delta T = T_1 - T_2$ a pour expression : $U(\Delta T) = \sqrt{U(T_1)^2 + U(T_2)^2}$
Évaluer cette incertitude et donner un encadrement de ΔT .

c. Lorsqu'une grandeur A a pour expression $A = \frac{B}{C}$, l'incertitude de mesure U(A) sur A peut être évaluée par : $U(A) = A \cdot \sqrt{\left(\frac{U(B)}{B}\right)^2 + \left(\frac{U(C)}{C}\right)^2}$

U(B) et U(C) étant respectivement les incertitudes sur B et C.

Donner l'expression de l'incertitude $U(R_{th})$ sur la valeur de la résistance thermique de la plaque.

Donner un encadrement de R_{th} et écrire sa valeur associée à son incertitude.

Donnée: Le flux thermique s'écrit $\varphi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{|T_1 - T_2|}{R_{th}}$

1. Calcul de la résistance thermique R_{th} de la plaque de polystyrène.

La résistance thermique se calcule à partir de l'expression du flux thermique $R_{th} = \frac{|T_1 - T_2|}{\varphi} = \frac{20,0 - 8,0}{0,100} = 120 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$.

La résistance thermique de cette plaque de polystyrène est $R_{th} = 120 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$.

2. a. Pourquoi la résistance thermique des plaques d'aluminium doit-elle être faible ?

La résistance thermique de l'appareil est la résistance de la plaque de polystyrène plus celle des deux plaques d'aluminium : $R_{th,tot} = R_{th} + 2 R'_{th}$. La résistance thermique des plaques d'aluminium doit être faible devant celle du polystyrène pour que la valeur mesurée soit identifiable à la résistance thermique du polystyrène.

b. Résistance thermique de chaque plaque d'aluminium $R_{th} = 3,2 \times 10^{-3} \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$. Est-elle négligeable comme l'indique la notice ?

On vérifie que $2 R'_{th} \ll R_{th}$; la résistance thermique de l'aluminium est négligeable devant celle du polystyrène.

$2 R'_{th} = 2 * 3,2 \times 10^{-3} = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$ alors que pour le polystyrène : $R_{th} = 120 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$.

3. a. Quelle est l'incertitude de mesure sur le flux thermique φ traversant la plaque ? Donner un encadrement de φ .

$U(\varphi) = 0,06 \times 0,100 = 0,006 \text{ W}$. Or $\varphi = 0,100 \text{ W}$. Donc $\varphi = (0,100 \pm 0,006) \text{ W}$

La valeur du flux thermique a une valeur encadrée par : $0,094 \text{ W} < \varphi < 0,106 \text{ W}$

b. L'incertitude de mesure $U(\Delta T) = \sqrt{U(T_1)^2 + U(T_2)^2}$. Évaluons cette incertitude et donnons un encadrement de ΔT .

$U(\Delta T) = \sqrt{U(T_1)^2 + U(T_2)^2} = \sqrt{0,2^2 + 0,2^2} = 0,3 \text{ °C}$ avec $|\Delta T| = 12,0 \text{ °C}$ Donc $\Delta T = (12,0 \pm 0,3) \text{ °C}$
d'où $11,7 \text{ °C} < \Delta T < 12,3 \text{ °C}$.

c. À partir de la formule de calcul d'incertitude du texte et de $R = \frac{|\Delta T|}{\varphi}$, on déduit :

$U(R_{th}) = R_{th} \cdot \sqrt{\left(\frac{U(\Delta T)}{\Delta T}\right)^2 + \left(\frac{U(\varphi)}{\varphi}\right)^2}$ A.N. : $U(R_{th}) = 120 * \sqrt{\left(\frac{0,3}{12}\right)^2 + \left(\frac{0,006}{0,100}\right)^2} = 8 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$.

On avait déterminé au 1. : $R_{th} = 120 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$.

On a donc : $R_{th} = 120 \pm 8 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$ d'où $112 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1} < R_{th} < 128 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$.