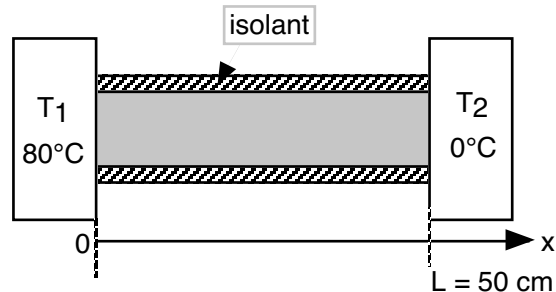


EXERCICE 1

1. On considère une tige en aluminium de longueur $L = 50 \text{ cm}$, de section $S = 2 \text{ cm}^2$ possédant une conductivité thermique $\lambda = 239 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ et une résistivité électrique de $2,65 \mu \Omega \cdot \text{cm}$. Cette tige, enrobée par un isolant supposé parfait, a ses extrémités maintenues respectivement à 80°C et 0°C .



- Déterminer la résistance électrique et thermique du dispositif.
- En régime permanent, déterminer le vecteur gradient de température (sens et norme) dans la tige.
- Le flux de chaleur en W.
- La température T_1 de la tige à 15 cm de son extrémité froide.

EXERCICE 2

En général, lorsqu'une substance échange de la chaleur avec son environnement, elle subit une variation de température. Toutefois dans certaines situations, l'échange de chaleur n'entraîne pas de variation de température. Cela se produit chaque fois que les propriétés physiques de la substance sont modifiées et passent d'une forme à une autre ; c'est ce que l'on nomme **le changement de phase**, dont les exemples les plus courants sont la transformation du solide en liquide (fusion), du liquide en gaz (vaporisation) et le changement d'un solide en une structure cristalline. Tous ces changements de phase se traduisent par une variation de l'énergie interne. L'énergie requise au cours du processus est appelée chaleur de transformation.

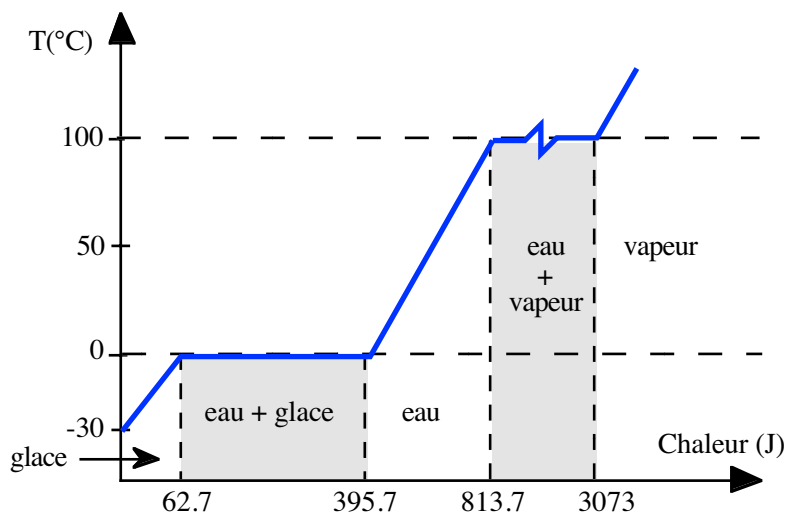
La quantité de chaleur nécessaire pour qu'une masse m de substance pure change de phase est donnée par : $Q = mL$.

L étant la chaleur latente (chaleur cachée) de la substance qui dépend du type de changement de phase et des propriétés de la substance en cause. Le terme chaleur latente de fusion, L_f , s'applique au **changement de la phase solide à la phase liquide** et la chaleur latente de vaporisation, L_v , est la chaleur latente correspondant au changement de la phase liquide à la phase gazeuse. On peut se représenter les changements de phase comme des réarrangements moléculaires attribuables à un apport ou à une perte de chaleur.

Considérons d'abord le passage de la phase liquide à la phase gazeuse. En phase liquide, les molécules sont rapprochées et leurs interactions sont plus fortes qu'en phase gazeuse, où elles sont éloignées les unes des autres. Il faut donc accomplir du travail sur le liquide pour surmonter l'attraction intermoléculaire et pour éloigner les molécules les unes des autres. Durant ce processus, l'énergie cinétique moyenne des molécules et la température ne varient pas.

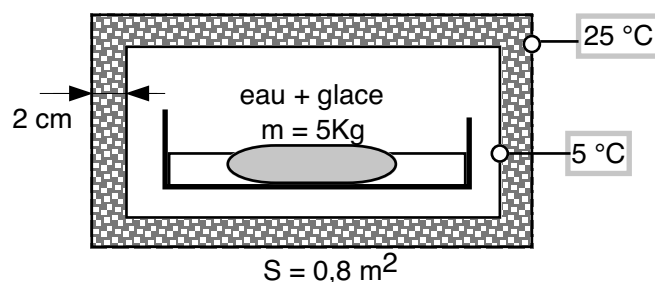
De même, au point de fusion d'un solide, nous pouvons imaginer que l'amplitude de la vibration des atomes autour de leur position d'équilibre suffit à surpasser les forces d'attractions qui les reliaient. L'énergie thermique nécessaire à la fusion complète d'une masse donnée d'un solide est égale à la quantité de travail qu'il faut accomplir pour rompre les liens intermoléculaires et pour transformer la masse d'une structure ordonnée (phase solide) à un état désordonné (phase liquide). La distance moyenne entre les atomes étant beaucoup plus grande en phase gazeuse qu'en phase liquide ou solide, la vaporisation d'une substance doit nécessiter plus de travail que la fusion.

La figure ci-dessous indique la quantité de chaleur nécessaire pour transformer 1g d'eau de -30°C à 120°C .



Graphique indiquant la quantité de chaleur absorbée en fonction de la température au cours de la transformation progressive de 1 g de glace de -30°C en vapeur à 120°C

2. En exploitant le graphique, déterminer la valeur de la chaleur latente de fusion L_f et de vaporisation L_v de l'eau.
3. **Application** : On considère une boîte de polystyrène a une aire de 0.8 m^2 et 2 cm d'épaisseur. On dispose à l'intérieur 5 Kg de glace qui met 8 heures pour fondre complètement. Le mélange eau glace reste à 0°C tant que toute la glace n'est pas fondue. Durant ce passage de l'état solide à l'état liquide, les faces internes de la boîte restent à 5°C et les faces externes à 25°C .



- a. Calculer la quantité de chaleur Q nécessaire pour faire fondre la glace.
- b. Quel est le flux de chaleur ϕ qui a traversé la boîte ?
- c. En déduire la conductivité λ du polystyrène.

EXERCICE 3

Afin de déterminer le coefficient de conductivité thermique λ d'une barre homogène ayant un rayon R de 1 cm et une longueur L de 10 cm, on réalise l'expérience de la figure 1 sous pression atmosphérique normale.

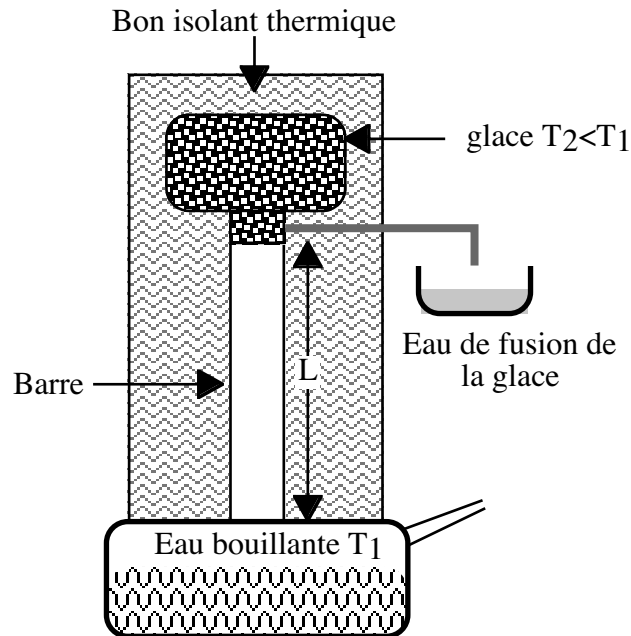


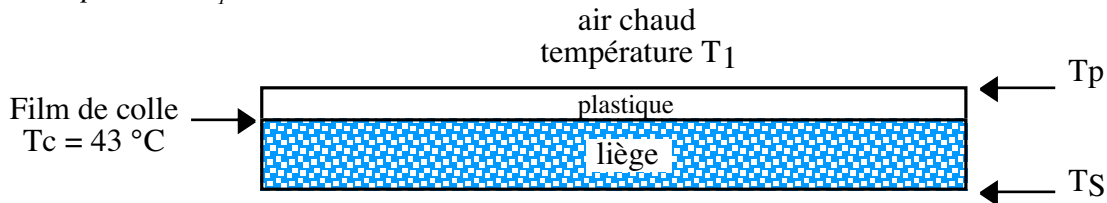
Figure 1

La barre, placée dans un milieu considéré comme un bon isolant thermique, garde sa partie inférieure en contact avec un réservoir de chaleur constitué par de l'eau maintenue en ébullition ($T_1 = 100\text{ °C}$). L'autre extrémité est en contact avec de la glace qui constitue un réservoir de température $T_2 = 0\text{ °C}$.

1. Déterminer l'expression de la puissance calorifique P véhiculée par la barre.
2. Durant un intervalle de temps t_1 de 5 minutes, on recueille dans le récipient une masse d'eau m de 110.5 g. Sachant que pour faire fondre 1 g de glace, il faut apporter une énergie E de 333.2 Joules, en déduire la valeur du coefficient de conductivité thermique λ de la barre sans oublier son unité

EXERCICE 4

Dans une P.M.E. fabriquant des panneaux isolants, une grande feuille de plastique (figure 2) ayant une épaisseur $e_1 = 12,5$ cm doit être collée à une feuille de liège aggloméré d'épaisseur $e_2 = 25$ cm. A cet effet la surface de la feuille de plastique est soumise à un courant d'air chaud maintenu à une température T_1 constante.



$T_{amb} = 21^\circ\text{C}$

Figure 2

Pour exécuter un bon collage, le mince film de colle doit être maintenu à la température T_c de 43°C pendant une durée de temps notable.

- La température T_{amb} de la salle, côté liège est de 21°C .
- La face liège, exposée à la température ambiante, a un coefficient d'échange de chaleur par effet convectif tel que : $h = 11,2 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$.
- La résistance thermique du film de colle peut-être négligée.

On donne de plus :

- Conductivité thermique du plastique : $\lambda_p = 2,24 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- Conductivité thermique du liège : $\lambda_l = 0,29 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$

1. Déterminer par unité de surface, la valeur de la résistance thermique des matériaux et celle qui est due au phénomène de convection.
2. Dessiner le schéma thermique du dispositif. On rappelle qu'il n'y a pas de phénomène convectif entre la feuille de plastique et le courant d'air chaud.
3. Calculer la densité de flux de chaleur (W/m^2) qui traverse le dispositif ainsi que sa direction.
4. En déduire la température T_1 de l'air chaud qui doit être envoyé sur la feuille de plastique afin d'assurer un collage convenable.

CORRECTION

EXERCICE 1

1.

a. Résistance électrique : $R_e = \frac{1}{\sigma} \frac{L}{S} = \rho \frac{L}{S} = 66,25 \mu\Omega$.

Résistance thermique : $R_{th} = \frac{1}{\lambda} \frac{L}{S} = 10,46 \text{ }^\circ\text{C/W}$

b. Le vecteur gradient constant est orienté des basses températures vers les hautes températures.

Norme : $\left\| \frac{dT}{dx} \right\| = 160 \text{ }^\circ\text{C/m}$

c. Le flux de chaleur est donné par la loi de Fourier :

$$\Phi(W) = G_{th}(T_1 - T_2) = \frac{(T_1 - T_2)}{R_{th}} = 7,65W$$

d. $T_1 = 24^\circ\text{C}$.

EXERCICE 2

2. Chaleur latente de fusion : $L_f = 333 \text{ J/g}$ Chaleur latente de vaporisation : $L_v = 2259,3 \text{ J/g}$.

3.

a. $Q = M.L_f = 1,665 \cdot 10^6 \text{ J}$.

b. Flux de chaleur : $\Phi = \frac{Q}{\text{temps}} = 57,8W$.

c. On détermine la conductance de la boîte : $G_{th} = \frac{\Phi}{\Delta T} = 2,89W / ^\circ\text{C}$. Sachant que

$$G_{th} = \lambda \frac{S}{L}, \text{ on en déduit : } \lambda = 72,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}.$$

EXERCICE 3

1. Utilisons la loi de Fourier : $P(W) = -\lambda S \frac{dT}{dx}$ où $\frac{dT}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{L}$

$$P(W) = \lambda S \frac{T_1 - T_2}{L}$$

2. Calculons la puissance P nécessaire pour faire fondre la masse m de glace :

$$P(W) = \frac{mE}{t_1} = 122,7W$$

On obtient alors avec la relation de la question précédente : $\lambda = 390,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

EXERCICE 4

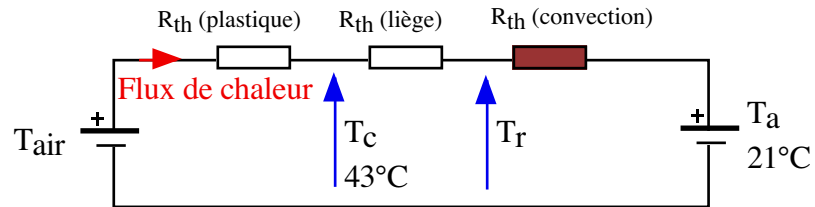
1. Résistances thermiques des matériaux :

$$R_{th}(\text{liège}) = 0,862 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}/\text{m}^2$$

$$R_{th}(\text{plastique}) = 55,8 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}/\text{m}^2$$

$$R_{th}(\text{convection}) = 89,3 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}/\text{m}^2$$

2. Schéma thermique du dispositif.



3. Flux de chaleur :
$$\varphi = \frac{T_c - T_a}{R_{th}(\text{liège}) + R_{th}(\text{convection})} = 23,13 \text{ W } m^{-2}$$
4. température T_1 de l'air chaud : $T_1 = \varphi R_{th}(\text{plastique}) + T_c = 44,3^\circ\text{C}$