

Mesures Calorimétriques

Buts du TP

1. Détermination des quantités de chaleurs mises en jeu au cours de transformations
2. Application à la détermination de la chaleur massique d'un liquide par la méthode électrique
3. Application à la détermination de la chaleur latente de fusion de la glace par la méthode des mélanges

A - Mesure de la chaleur massique d'un liquide

A-1 Principe de la mesure

La méthode utilisée est la méthode électrique. Une résistance chauffante plonge dans le liquide dont on veut déterminer la chaleur massique. Un ampèremètre et un voltmètre permettent la mesure de l'intensité du courant et de la différence de potentiel aux bornes de la résistance. La résistance et le liquide se trouvent dans un calorimètre muni d'un couvercle isolé thermiquement.

L'énergie électrique fournie au calorimètre pendant le temps Δt peut s'écrire (V – tension, I – courant):

$$W = V \cdot I \cdot \Delta t$$

La quantité de chaleur emmagasinée par le calorimètre et son contenu pendant le passage du courant est :

$$Q = (Mc + \mu) \cdot \Delta\theta,$$

où M est la masse du liquide
 c la chaleur massique de ce liquide
 μ la capacité calorifique du calorimètre et des accessoires
 $\Delta\theta$ l'échauffement du calorimètre et de son contenu pendant Δt .

L'équation calorimétrique s'écrit :

$$V \cdot I \cdot \Delta t = (Mc + \mu) \cdot \Delta\theta$$

Si l'on connaît V , I , Δt , $\Delta\theta$, M et μ , on peut en déduire la valeur de c .

A-2 Montage expérimental

La manipulation se fait en courant continu.

Le montage comporte les éléments suivants :

- un générateur de tension continue permettant de disposer d'une tension continue,
- un calorimètre de Dewar muni d'un couvercle pouvant se fixer sur le vase,
- une résistance (à Dunkerque) ou deux résistances (à Calais) sur le couvercle monté(es) en série
- un ampèremètre A monté en série.
- un voltmètre V en dérivation aux bornes d'une ou des deux résistances.
- un thermomètre et un agitateur

- de la glace

A-3 Marche à suivre

Afin de limiter les pertes par convection, rayonnement et conduction, il faut travailler à une température assez voisine de la température ambiante.

Il faut que le liquide soit à une température de 3° environ inférieure à la température de la salle $\theta_i \approx \theta_a - 3^\circ$, avec la température ambiante θ_a . On atteint cette température en mélangeant de l'eau distillée à la température ambiante et de l'eau distillée provenant d'un mélange glace-eau en équilibre à la température 0°C . Le mieux est d'employer de l'eau distillée étant donné que la teneur en sels de l'eau courante peut donner lieu à des phénomènes indésirables d'électrolyse.

a) Mesure de la masse M d'eau

La quantité d'eau doit être comprise entre 200 et 300 g. Cette quantité d'eau sera exactement déterminée en pesant tout l'appareil avant et après le remplissage.

Quelques précautions à prendre :

- essuyer l'extérieur du vase calorimétrique.
- faire attention à ne pas casser le thermomètre en manipulant le couvercle du calorimètre.
- fixer le couvercle du calorimètre et vérifier en actionnant l'agitateur que la température reste constante.

b) Mesure des températures

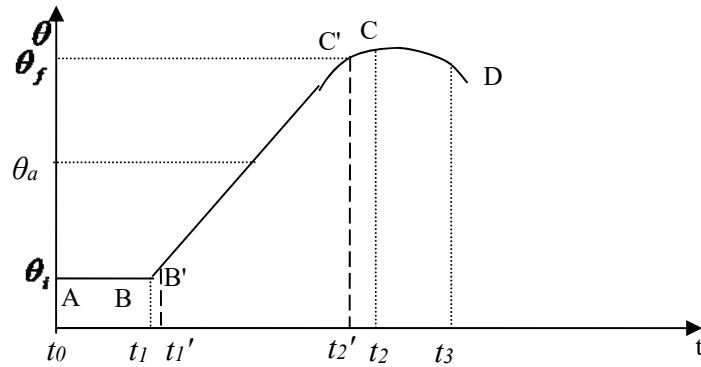
- On note la température et le temps toutes les minutes partir de $t_0=0$ pendant $t_1=5$ min à avant d'établir le courant électrique pour vérifier que la température (θ_i) est stable. Dans ce cas, il n'y a pas d'échange d'énergie entre l'eau à calorimètre et l'air d'extérieur.

- On établit le courant (on dépasse pas 2.5A). On note la température toutes les $dt=30$ secondes et on coupe le courant lorsque la température a dépassé de 3° la température ambiante, $\theta_f \approx \theta_a + 3^\circ$ (jusqu'a le moment t_2). Même pendant les mesures, et surtout avant de relever la température, actionner l'agitateur plusieurs fois.

- Le courant étant coupé, on continue à lire la température toutes les minutes pendant 5 min (jusqu'a le moment t_3). Qu'est ce qui se passe avec la température durant ce période?

On prendra soin de conserver la masse M d'eau contenue dans le calorimètre pour réaliser l'expérience suivante (Mesure de la chaleur latente de fusion de la glace) décrite dans la partie B.

- 1) À partir des données mesurées, tracer la courbe $\theta = f(t)$ donnant la température en fonction du temps. θ_a est la température ambiante.



La portion BC présente une légère courbure dans sa partie supérieure. Ce sont les déperditions calorifiques qui deviennent appréciables. On se limitera à la portion rectiligne B'C'.

On obtient alors facilement : $(t_2' - t_1') = \Delta t$ et $(\theta_f' - \theta_i') = \Delta \theta$

c) Calcul et précision

2) À partir des résultats précédents, déterminer la chaleur massique de l'eau. Faire le calcul d'incertitude sur cette mesure. Cette valeur correspond-elle à la valeur tabulée ?

On donne : $\mu = (70 \pm 3.5) \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ à Dunkerque et $\mu = (40 \pm 2) \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ à Calais.

B - Mesure de la chaleur latente de fusion de la glace

B-1 Principe de la mesure

La méthode utilisée est la méthode des mélanges. Une masse m de glace à la température de $\theta_0 = 0^\circ\text{C} = 273^\circ\text{K}$ est introduite dans le vase calorimétrique contenant la masse M d'eau à la température θ_i supérieure à la température ambiante θ_a .

Soit θ_f (en degrés Celsius) la température du calorimètre à la fin de l'expérience, lorsque toute la glace est fondue. L'équation calorimétrique s'écrit :

$$(Mc + \mu) \cdot (\theta_f - \theta_i) + m (L_F + c [\theta_f - \theta_0]) = 0 \quad (1)$$

où L_F est la chaleur latente de fusion de la glace à la température constante de 0°C .

B-2 Marche à suivre

Chauffer la masse M d'eau contenue dans le calorimètre à une température θ_i voisine de $\theta_a + 3^\circ\text{C}$. Noter cette température.

a) Introduction de la glace

Nous arrêtons le chauffage de l'eau avant l'introduction de la glace. Les morceaux de glace utilisés sont retirés d'un mélange de glace et d'eau en équilibre et doivent être essuyés avec du papier absorbant. Expliquer pourquoi la quantité de glace doit être "assez petite".

b) Mesure des températures

3) Dès l'introduction de la glace dans le calorimètre, noter la température toutes les 15 secondes au moins jusqu'à complète disparition de la glace. Mélanger régulièrement la glace et l'eau à l'aide de l'agitateur.

c) Mesure de la masse m de glace

La masse m de glace introduite dans le calorimètre est déterminée par pesée du calorimètre après mesure des températures.

d) Calcul et précision

4) Dédurre l'expression de l'équation calorimétrique (1) en utilisant la loi de conservation d'énergie.

5) À partir de résultats précédents, déterminer la chaleur latente de fusion de la glace. Faire le calcul d'incertitude sur cette mesure par la méthode de propagation des erreurs. Comparer avec la valeur tabulée. Quelles erreurs faut-il prendre en considération ?

Conclusion du TP

6) Comparer les chaleurs massique de l'eau (pour le changement de la température par 1°K) et latente de fusion de la glace. Comment expliquez-vous cette différence ?

Référence : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau>