

**CAPACITE THERMIQUE MASSIQUE DES LIQUIDES
METHODE ELECTRIQUE**

I But de la manipulation

On se propose de mesurer la capacité thermique massique de l'eau. Elle sera notée c et exprimée en $J.K^{-1}.kg^{-1}$. Elle peut être considérée comme constante dans le domaine de température étudié.

II Principe de la mesure

1) Equation calorimétrique

A une masse M de liquide contenue dans un calorimètre de capacité thermique K , on fournit par voie électrique une énergie W au moyen d'une résistance chauffante soumise à une d.d.p. continue V et parcourue par un courant d'intensité I pendant une durée t . Cette énergie sert pour une part à élever la température du liquide et du calorimètre de θ_i à θ_f , pour l'autre part à alimenter les fuites thermiques q à travers les parois du calorimètre. Etablir l'équation calorimétrique :



$$V I t = (M c + K) (\theta_f - \theta_i) + q$$

2) Compensation des fuites thermiques

D'après la loi de Newton, le transfert thermique échangé par le calorimètre est proportionnel à la durée et à l'écart de température avec l'extérieur :

$$dq = k (\theta - \theta_e) dt$$

où θ est la température à l'intérieur du calorimètre à l'instant t , θ_e la température de l'extérieur et k une constante.

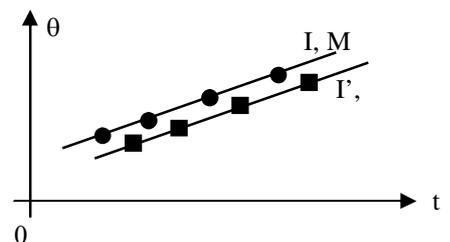
$$\rightarrow q = \int_0^t dq \quad \text{pour une expérience de durée } t.$$

Donc, si lors de deux expériences successives avec le même calorimètre (même constante k), on observe deux courbes de température très voisines et pratiquement confondues, on peut en conclure que les pertes auront été les mêmes pendant la même durée :

$$t = t' \text{ et } \theta_f - \theta_i = \theta'_f - \theta'_i \Rightarrow q = q'$$

Si une masse M de liquide chauffée avec une intensité I sous la d.d.p. V pendant une durée t , et une masse M' de liquide chauffée avec une intensité I' sous la d.d.p. V' pendant la même durée t suivent pratiquement la même courbe d'échauffement, en déduire, en utilisant l'équation calorimétrique du 1) pour chacun des deux cas, que l'on aura :

$$c = \frac{V'I' - VI}{M' - M} \frac{t}{\theta_f - \theta_i}$$



La manipulation consistera alors à choisir et à ajuster I' pour que la seconde courbe d'échauffement soit aussi voisine que possible de la première.

III Manipulation

On veillera à ne pas faire circuler de courant dans la résistance chauffante lorsqu'elle n'est pas immergée dans l'eau, c'est-à-dire lorsqu'elle est plongée dans l'air, sous peine de détériorer cette dernière.

* Peser à l'aide de la balance électronique une masse $M = 200$ g d'eau froide directement dans le vase calorimétrique en cuivre (on utilisera la tare automatique de la balance). En profiter pour relever l'incertitude sur la détermination de la masse compte tenu de la précision de l'affichage.

- * Placer le vase calorimétrique dans l'enceinte du calorimètre.
- * Immerger la résistance chauffante solidaire du couvercle du calorimètre, l'agitateur (en veillant à ce qu'on puisse le déplacer librement) et l'extrémité du thermomètre relié à la carte d'acquisition (se reporter à l'annexe en bas de la page suivante pour plus de détails sur le principe et l'utilisation de ce dernier).
- * Réaliser le circuit d'alimentation électrique en montage « courte dérivation » (se reporter au TP-cours « L'instrumentation électrique au laboratoire » au besoin) comportant l'alimentation stabilisée, un voltmètre et un ampèremètre. En effet, les indications affichées sur la façade du générateur ne sont qu'indicatives.
- * A l'aide de l'alimentation stabilisée, régler l'intensité du courant électrique à $I = 3 \text{ A}$ (en fait, on place le bouton limitant l'intensité au maximum et on règle ensuite la tension pour obtenir l'intensité souhaitée). Noter la valeur correspondante de la tension V . Agiter régulièrement mais doucement.
- * Lorsque la température atteint la valeur θ_i choisie arbitrairement, relever la température toutes les 30 secondes pendant 5 minutes tout en poursuivant l'agitation.
- * Vérifier que la courbe d'échauffement $\theta(t)$ est linéaire et relever son coefficient directeur en $^{\circ}\text{C}/\text{min}$.
- * Préparer une nouvelle expérience avec une masse $M' = 400 \text{ g}$ d'eau froide.
- * Choisir une nouvelle valeur I' de l'intensité (la valeur maximale que peut délivrer le générateur est de 5 A). Relever la température toutes les 30 secondes pendant un temps suffisant pour comparer la vitesse d'échauffement à la précédente. Modifier alors en conséquence la valeur de I' à la hausse ou à la baisse suivant que la nouvelle valeur de vitesse est inférieure ou supérieure à la précédente. Estimer à nouveau la vitesse d'échauffement. Recommencer l'ajustement de I' jusqu'à obtenir une valeur de vitesse aussi proche que possible de celle obtenue avec I . Relever alors la valeur de I' convenable ainsi que la valeur de la tension V' correspondante.

IV Exploitation des résultats

1) Calcul de la capacité thermique massique de l'eau liquide

A partir des valeurs de I , V , I' , V' , M , M' et de la vitesse d'échauffement $v = \frac{\theta_f - \theta_i}{t}$, calculer la valeur de c en $\text{J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$.

2) Calcul d'incertitude

On remarquera que $\Delta M = \Delta M'$, $\Delta I = \Delta I'$, $\Delta V = \Delta V'$.



On en déduira :

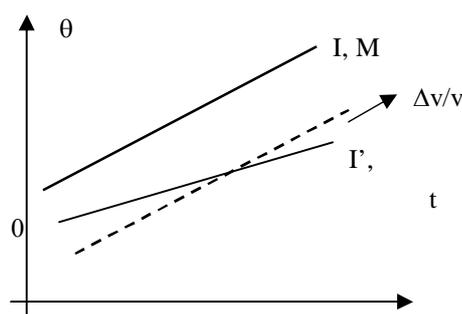
$$\frac{\Delta c}{c} = \frac{2\Delta M}{M' - M} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{(V' + V)\Delta I}{V' I' - V I} + \frac{(I' + I)\Delta V}{V' I' - V I}$$

On prendra pour ΔM , ΔI , ΔV les incertitudes résultant de l'affichage sur l'appareil de mesure.

Δv sera obtenue graphiquement à partir de l'écart de pente entre la droite résultant de la deuxième série de mesures et celle résultant de la première série.

Calculer numériquement $\frac{\Delta c}{c}$ et en déduire un encadrement de c .

Comparer à la valeur tabulée $c = 4180 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ (on veillera à ne pas confondre l'incertitude expérimentale Δc sur c avec l'écart entre la valeur expérimentale et la valeur tabulée).



ANNEXE : Principe et utilisation du thermomètre

Le thermomètre employé repose sur l'utilisation d'un circuit intégré « LM 335 » fixé à l'extrémité de la tige que l'on plonge dans l'eau. Ayant été préalablement étalonné à 25°C , ce composant délivre une tension proportionnelle à la température absolue à raison de 10 mV.K^{-1} entre -40°C et $+100^{\circ}\text{C}$ avec moins de 1% d'erreur. Il est mis sous tension à l'aide d'un interrupteur (contrôle à l'aide d'une diode électroluminescente).

Pour une mesure ponctuelle, il peut être directement branché en façade d'un voltmètre (type MX 579). A condition d'utiliser un calibre approprié (20 V en l'occurrence), il donne directement la température T au dixième de Kelvin (3,000 V pour 300K).

Pour une acquisition automatique, il peut être relié à l'entrée EA0 de la carte d'acquisition reliée à l'ordinateur (**attention à la**

polarité : borne + représentée par un point rouge sur le boîtier du thermomètre). Dans le logiciel Synchronie (Paramètres / Entrées), indiquer +/- 5 V pour le *Calibre*, *Ampli* 100 et *Décal* -273. On obtient ainsi une température θ directement en °C. On adaptera les échelles aux plages de mesure. On peut atténuer les inévitables parasites en effectuant un lissage de la courbe obtenue (menu "Traitement") avec un coefficient de 20.

Eteindre le thermomètre après utilisation.