

## TP Calorimétrie (Version 2)

Détermination de la capacité thermique de l'eau liquide

Détermination de la capacité thermique d'un solide

*Recherche de l'état final d'un système*

### OBJECTIFS DU TP

- Déterminer la capacité thermique d'un calorimètre et évaluer sa masse équivalente en eau à l'aide de la méthode des mélanges.
- Déterminer la capacité thermique massique de l'eau liquide à l'aide de la méthode électrique.
- Déterminer la capacité thermique massique d'un solide.
- Rechercher l'état final d'un système.

### MATERIEL DISPONIBLE

- Calorimètre avec résistances électriques, thermomètre, agitateur
- 2 éprouvettes graduées de 250 mL et 500 mL
- Balance de précision
- Alimentation stabilisée
- Fils de connexion
  - 2 multimètres
- Chronomètre
- Eau à température ambiante (grand récipient)
- Bain marie à 50°C et bouilloire
- Glaçons
- Masses métalliques
- Ordinateur

### RAPPELS THEORIQUES :

Pour un système qui évolue à pression extérieure constante avec équilibres initial et final :  $\Delta H = Q$

Pour une phase condensée,  $\Delta H = C \Delta T = C \Delta \theta$

où  $C = mc$  est la capacité calorifique du corps de masse  $m$  et de capacité thermique massique  $c$ .

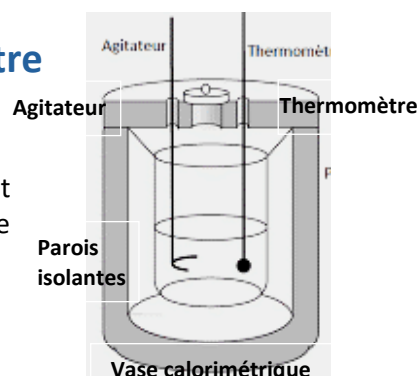
## I) Détermination de la capacité thermique du calorimètre

### A) Principe de la méthode des mélanges

On mélange dans un calorimètre deux masses  $m_1$  et  $m_2$  connues d'eau initialement à des températures différentes et connues  $\theta_1$  et  $\theta_2$ , puis on mesure la température finale  $\theta_f$  de l'ensemble une fois l'équilibre atteint.

### B) Manipulation 1

- ✎ Verser dans le calorimètre un volume  $V_1$  d'environ 200 mL d'eau à **température ambiante**, en mesurant avec précision sa masse  $m_1$ .
- ✎ Relever la température initiale  $\theta_1$  lorsqu'elle est stabilisée.



- ✎ Verser (rapidement) un volume  $V_2$  d'environ 200 mL d'eau chaude provenant d'une bouilloire, en mesurant sa masse  $m_2$ , ainsi que sa température  $\theta_2$  juste avant l'ajout.
- ✎ Fermer le calorimètre, agiter et noter la température d'équilibre de l'ensemble :  $\theta_{f,exp}$ .

## C) Détermination de la capacité calorifique du calorimètre

On désigne par  $C_{calo}$  la capacité thermique du calorimètre et de ses accessoires (sonde thermométrique, agitateur qui uniformise la température de l'eau, résistance).

### Valeur en eau du calorimètre :

C'est la quantité d'eau  $\mu_{eau} = m_{eq\ calo}$  qui aurait la même capacité thermique que le calorimètre :

$$m_{eq\ calo} c_0 = \mu_{eau} c_0 = C_{calo}.$$

- ✎ A partir d'un bilan enthalpique, exprimer dans le cadre de l'expérience précédente la valeur de la capacité thermique  $C_{calo}$  du calorimètre en fonction de la capacité thermique massique  $c_0$  de l'eau, des masses d'eau et des températures.
- ✎ Exprimer littéralement la valeur en eau du calorimètre, puis faire l'application numérique.

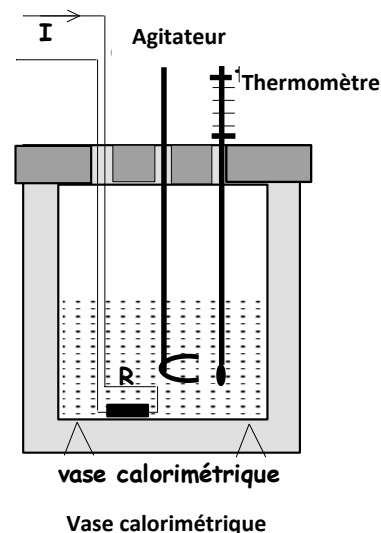
## II) Détermination de la capacité massique de l'eau - Méthode électrique

### A) Principe

On souhaite déterminer la capacité thermique massique  $c$  d'un liquide.

On place une masse  $m$  de ce liquide dans un calorimètre de capacité thermique  $C_{calo}$  dans lequel plonge une résistance électrique. L'ensemble est initialement à la température  $\theta_i$ . On fait passer un courant électrique dans la résistance pendant un certain temps  $\Delta t$ , il en résulte une élévation de température due à la puissance électrique dissipée par effet Joule par la résistance, l'élévation de température donnant accès à la capacité thermique massique du liquide.

Dans cette manipulation, on souhaite déterminer la capacité thermique massique  $c_0$  de l'eau, en tenant compte de la valeur en eau  $m_{eq\ calo} = \mu$  du calorimètre déterminée dans la première manipulation.



### B) Etude théorique

#### ■ Montage électrique

On souhaite déterminer avec précision la puissance dissipée par effet Joule dans la résistance, dont la valeur n'est pas précisément connue.

Proposer un montage électrique permettant d'accéder à cette puissance dissipée avec précision. **Le faire valider avant de le réaliser.**

#### ■ Expression théorique de la capacité thermique massique de l'eau

A l'instant initial, le calorimètre contenant l'eau et la résistance sont à la température  $\theta_i$ . A la date  $t = 0$  on ferme le circuit et la résistance est parcourue par un courant continu  $I$  pendant une durée totale  $\Delta t$ , impliquant une dissipation d'énergie par effet Joule. On notera  $\theta_f$  la température finale après  $\Delta t$ .

- ◊ Montrer que la courbe  $\theta(t)$  représentant les variations de la température de l'eau en fonction du temps est une portion de droite, dont on déterminera le coefficient directeur  $a$  en fonction des masses  $m$  et  $\mu$ , de la capacité thermique massique  $c_0$  de l'eau et de  $P$  (puissance électrique).
- ◊ En déduire l'expression théorique de  $c_0$  en fonction de  $a$ ,  $m$ ,  $\mu$ ,  $U$  et  $I$ .

## C) Manipulation 2

### ■ Montage électrique

Dans le calorimètre se trouve une masse  $m$  d'eau (mesurer  $m = 400$  g) à **température ambiante**.

- ✎ Brancher le montage et régler l'alimentation stabilisée (**éteinte !**) sur **12 V continu** ; la puissance délivrée dans la résistance immergée est **de l'ordre de 30 W**.

### ■ Expérience

- ✎ Agiter l'eau présente dans le calorimètre, puis fermer ce dernier.
- ✎ Noter la température initiale  $\theta_i$  de l'ensemble {eau froide, calorimètre}.
- ✎ Allumer l'alimentation et déclencher le chronomètre **simultanément**, en notant les valeurs de la tension et de l'intensité.
- ✎ Relever la température **toutes les 30 à 60 s** (noter soigneusement les temps associés, et vérifier que la tension et l'intensité restent constants) **pendant au moins 10 minutes** et pour une élévation de température finale d'au moins  $10^\circ\text{C}$ , en agitant régulièrement.
- ✎ Vider le calorimètre et le laisser ouvert.

## D) détermination de $c_0$

- ◊ En déduire la capacité calorifique massique de l'eau ; effectuer les applications numériques (attention ! si la puissance délivrée a subi des fluctuations, se limiter à un intervalle de temps où elle était approximativement constante).
- ◊ La valeur de la capacité thermique massique de l'eau trouvée dans les tables est de  **$4,18 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$**  à  $25^\circ\text{C}$  et 1013 hPa. Commenter.

## III) Détermination de la capacité massique d'un solide

Vous disposez d'une pièce de métal plongée dans un bain marie à  $50^\circ\text{C}$ , de d'une masse d'eau froide contenue dans le calorimètre.

- ✎ Proposer un protocole expérimental permettant de déterminer la capacité thermique massique du métal.
- ✎ Réaliser l'expérience et les mesures.
- ✎ En déduire la capacité thermique massique du métal et le type de métal.

On donne un extrait de tables :





Métal	Capacité thermique massique ( $\text{J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ )
Acier	435
Cuivre	385
Aluminium	897
Plomb	129

## IV) Recherche de l'état final d'un système

### A) Principe

Dans un calorimètre de valeur en eau  $\mu_{eau}$  mesurée au l) étant à température initiale  $T_{i\text{ calo}}$  ambiante, on mélange  $m_{i\text{ eau}} = 100\text{ g}$  d'eau liquide à la température  $T_{i\text{ eau}} = 80^\circ\text{C}$  et un glaçon de masse  $m_{i\text{ glace}} = 20\text{ g}$  à  $T_{i\text{ glace}} = -20^\circ\text{C}$ . On s'intéresse à l'état final.

### B) Etude théorique

-  Faire un schéma de l'état initial et de l'état final.
-  Faire une hypothèse sur l'état final du système.
-  Quelle est l'inconnue (à mesurer) sur le système final ?
-  Ecrire le bilan enthalpique et déterminer l'expression littérale puis numérique de l'inconnue à mesurer.

Données :






Enthalpie de fusion ou chaleur latente de fusion de la glace :  $L_f = 335\text{ kJ.kg}^{-1}$

Capacité thermique massique de l'eau liquide :  $c_l = 4,2\text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$




Capacité thermique massique de la glace :  $c_g = 2,1\text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

### C) Manipulation

#### ■ Expérience

-  Vider le calorimètre de toute eau et mesurer sa température  $T_{i\text{ calo}}$ .
-  Préparer  $m_{i\text{ eau}} = 100\text{ g}$  (masse précise à mesurer) d'eau très chaude (autour de  $90^\circ\text{C}$ ) ; sa température  $T_{i\text{ eau}}$  sera mesurée juste avant mélange.
-  Préparer un glaçon (température mesurée à  $T_{i\text{ glace}} = -20^\circ\text{C}$ ) et mesurer sa masse initiale  $m_{i\text{ glace}}$  juste avant mélange.
-  Mélanger, mesurer la température du mélange après agitation et ce toutes les minutes, pendant 5 minutes.
-  Ouvrir le calorimètre, mesurer les masses finales  $m_{f\text{ eau}}$  et  $m_{i\text{ glace}}$ .

### D) Validation de l'hypothèse

-  Comparer l'état final observé et mesuré à l'état final théorique estimé au B).
-  Valider ou invalider l'hypothèse.
-  Reprendre la question B) dans le cas où l'hypothèse n'a pas été validée par l'expérience.