

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 | • Chronomètre |
| • 2 éprouvettes graduées de 250 mL et 500 mL | • Eau à température ambiante (grand récipient) |
| • Balance de précision | • Bain marie à 50°C et bouilloire |
| • Alimentation stabilisée | • Glaçons |
| • Fils de connexion | • Masses métalliques |
| • 2 multimètres | • Ordinateur |

RAPPELS THEORIQUES :

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

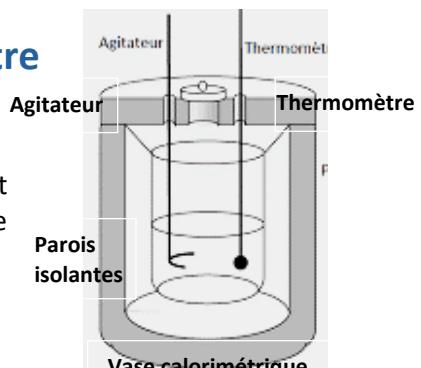
Pour une phase condensée, $\Delta H = C \Delta T = C \Delta \theta$

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 θ_1 et θ_2 , puis on mesure la température finale θ_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 θ_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 θ_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 $\mu_{eau} = m_{éq\ calo}$ qui aurait la même capacité thermique que le calorimètre :

$$m_{éq\ calo} c_0 = \mu_{eau} c_0 = C_{calo}$$

- ☛ 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.

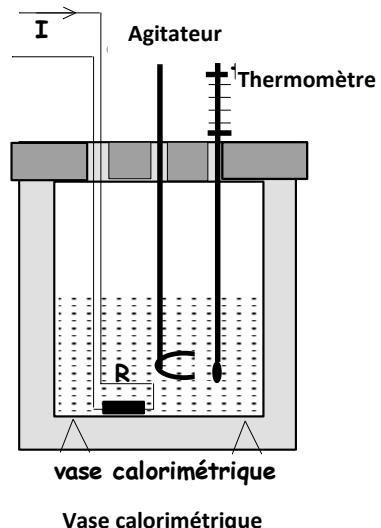
II) Détermination de la capacité massique de l'eau - Méthode électrique

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 θ_i . On fait passer un courant électrique dans la résistance pendant un certain temps Δt , 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 $m_{éq\ calo} = \mu$ 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 θ_i . A la date $t = 0$ on ferme le circuit et la résistance est parcourue par un courant continu I pendant une durée totale Δt , impliquant une dissipation d'énergie par effet Joule. On notera θ_f la température finale après Δt .

- ❖ 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 μ , 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 , μ , U et I .

C) Manipulation 2

■ Montage électrique

Dans le calorimètre se trouve une masse m d'eau (mesurer $m = 400 \text{ g}$) 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 θ_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°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°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°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 μ_{eau} mesurée au I) étant à température initiale $T_{i\ calo}$ ambiante, on mélange $m_{ieau} = 100$ g d'eau liquide à la température $T_{ieau} = 80^\circ\text{C}$ et un glaçon de masse $m_{iglace} = 20$ g à $T_{iglace} = -20^\circ\text{C}$. 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 : $L_f = 335 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$

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

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

C) Manipulation

■ Expérience

- ☛ Vider le calorimètre de toute eau et mesurer sa température $T_{i\ calo}$.
- ☛ Préparer $m_{ieau} = 100$ g (masse précise à mesurer) d'eau très chaude (autour de 90°C) ; sa température T_{ieau} sera mesurée juste avant mélange.
- ☛ Préparer un glaçon (température mesurée à $T_{iglace} = -20^\circ\text{C}$) et mesurer sa masse initiale m_{iglace} 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_{feau} et m_{iglace} .

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.