

TP Calorimétrie

Détermination de la capacité thermique de l'eau liquide Détermination de la capacité thermique d'un solide

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.

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
- Chiffon
- 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 .

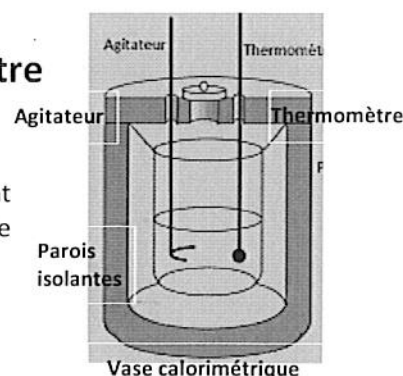
I) Détermination de la capacité thermique du calorimètre

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 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 déterminant 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 $\mu_{eau} = m_{\acute{e}q\ calo}$ qui aurait la même capacité thermique que le calorimètre :

$$m_{\acute{e}q\ calo}c_0 = \mu_{eau}c_0 = C_{calo}$$

✎ 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.

$$\Delta H = m_1c_0(\theta_f - \theta_1) + \underbrace{\mu}_{C_{calo}}c_0(\theta_f - \theta_1) + m_2c_0(\theta_f - \theta_2) = 0$$

$$\mu c_0(\theta_f - \theta_1) = -m_1c_0(\theta_f - \theta_1) - m_2c_0(\theta_f - \theta_2)$$

$$\mu = \frac{-m_1(\theta_f - \theta_1) - m_2(\theta_f - \theta_2)}{\theta_f - \theta_1}$$

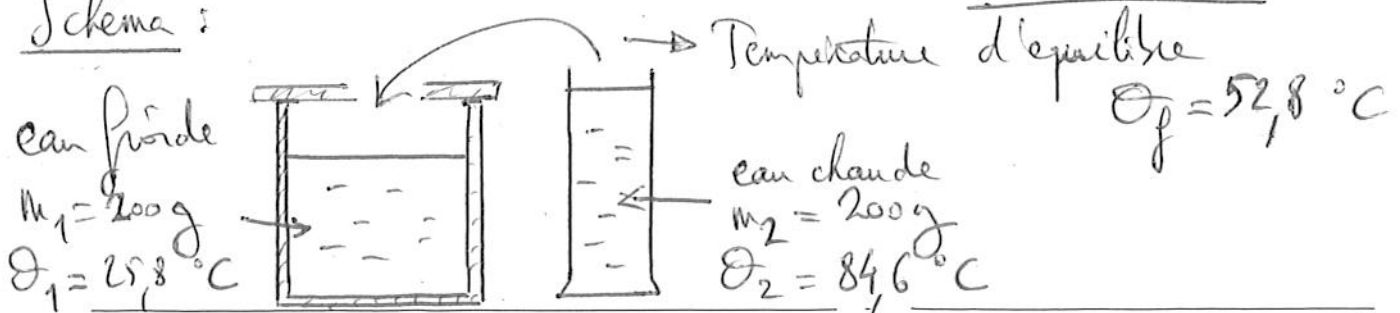
$$\begin{array}{l} \theta_1 = 25,8^\circ\text{C} \\ \theta_2 = 84,6^\circ\text{C} \\ \theta_f = 52,8^\circ\text{C} \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} \text{(valeur A. Casquette)} \end{array} \right.$$

$$\mu = \frac{-200(52,8 - 25,8) - 200(52,8 - 84,6)}{(52,8 - 25,8)}$$

$$\mu = 35\text{g}$$

$$C_{calo} = \mu \times c_0 = 35 \cdot 10^{-3} \times 4180 = 146 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

Schema :



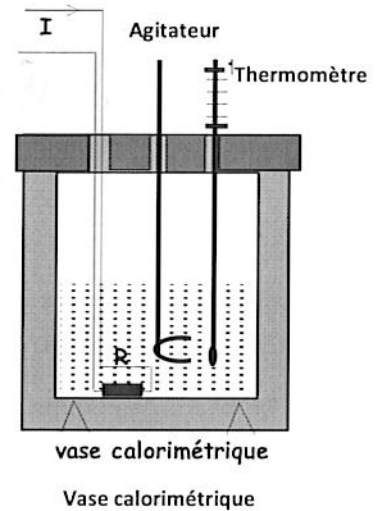
II) Détermination de la capacité massique de l'eau - Méthode électrique

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 $m_{\text{eq } calo} = \mu$ du calorimètre déterminée dans la première manipulation.

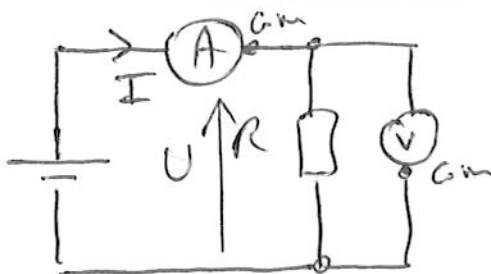


B) Etude théorique

■ 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.



$$P = UI$$

■ 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 .

$$\Delta H = P \cdot \Delta t = U I \cdot \Delta t = (m + \mu) c_0 (\theta_f - \theta_i)$$

$$P(t_f - t_i) = (m + \mu) c_0 (\theta_f - \theta_i)$$

$$\theta_f - \theta_i = \frac{P(t_f - t_i)}{(m + \mu) c_0}$$

$$\theta_f = \underbrace{\frac{P}{(m + \mu) c_0}}_a t_f - \underbrace{\frac{P}{(m + \mu) c_0} t_i + \theta_i}_{\text{constante}}$$

$$a = \frac{P}{(m + \mu) c_0}$$

$$d'où : c_0 = \frac{P}{(m + \mu) a}$$

C) Manipulation 2

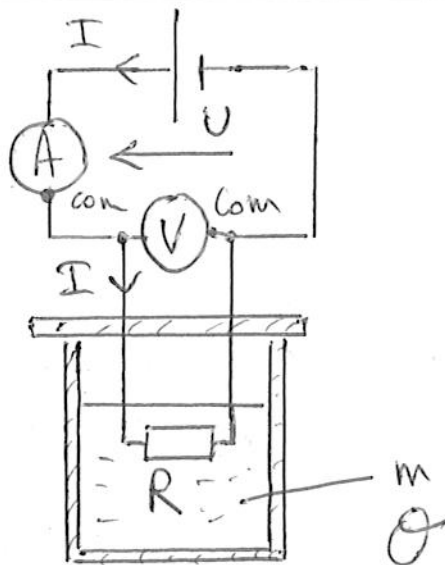
■ Montage électrique

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 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.

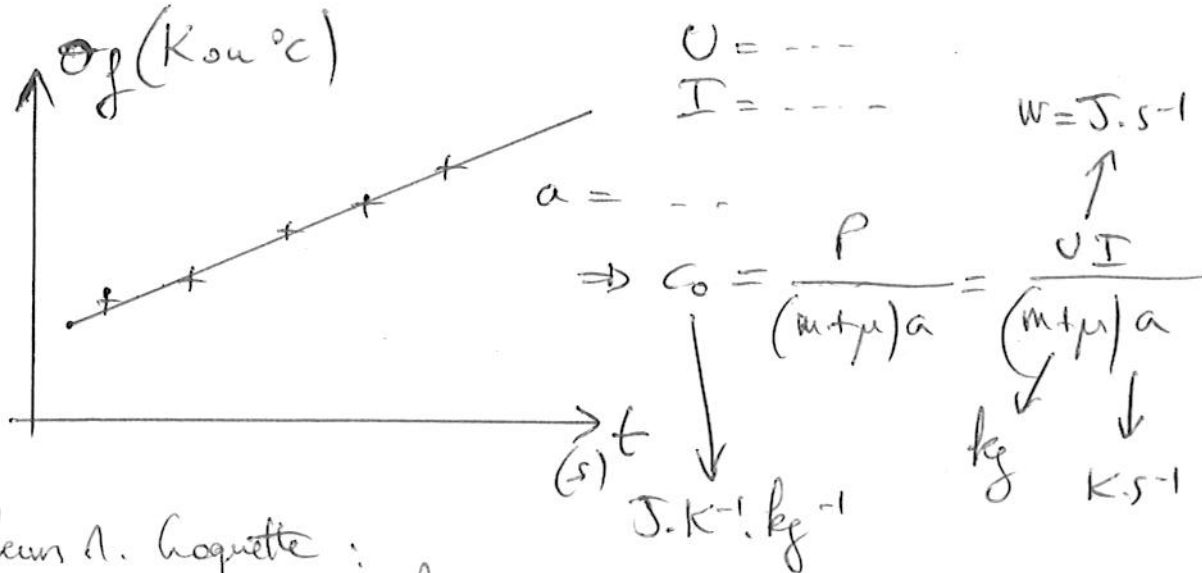


Schéma

t (s)	θ 600
U (V)	
I (A)	
θ ($^\circ\text{C}$)	

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.



Valeurs A. Coquette :

$m = 0,400 \text{ kg}$
 $\mu = 0,035 \text{ kg}$
 $U = 12,25 \text{ V}$
 $I = 2,46 \text{ A}$

Regress. linéaire $\Rightarrow a = 16,99.10^{-3} \text{ K.s}^{-1}$
 d'où :

$$c_0 = \frac{12,25 \times 2,46}{(0,400 + 0,035) \times 16,99.10^{-3}} = 4,1.10^3 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$$

$$c_0 = 4,1 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$$

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 (J.K ⁻¹ .kg ⁻¹)
Acier	435
Cuivre	385
Aluminium	897
Plomb	129

$$m_1 = 200 \text{ g (eau)} \quad \mu = 35 \text{ g}$$

$$m_2 = \dots \text{ g}$$

$$\theta_1 = \dots$$

$$\theta_2 = \dots$$

$$\Delta H = (m_1 + \mu)c_0(\theta_f - \theta_1) + m_2 c_2(\theta_f - \theta_2) = 0$$

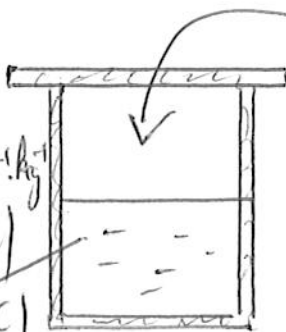
$$c_2 = - \frac{(m_1 + \mu)(\theta_f - \theta_1)}{m_2(\theta_f - \theta_2)} c_0$$

→ Equilibre : $\theta_f = \dots$ (°C)

$$c_0 = 4180 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$$

$$m_1 = \dots \text{ (kg)}$$

$$\theta_1 = \dots \text{ (°C)}$$



$$m_2 = \dots \text{ (kg)}$$

$$\theta_2 = \dots \text{ (°C)}$$

$$c_2 \text{ inconnue (J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1})$$