

MESURE D'UNE CAPACITÉ THERMIQUE - TP

1. Principe

1.1. Méthode des mélanges

- Dans un calorimètre de capacité thermique C_0 , on mélange un système connu de capacité thermique C_1 et un système inconnu de capacité thermique C_2 .

◊ remarque : pour connaître C_0 on peut au préalable procéder de façon analogue avec C_0 et C_1 seuls.

- Le système étant “isolé” (à pression constante ; mais cela importe peu pour des solides et des liquides) : $\Delta H = C_0 \Delta T_0 + C_1 \Delta T_1 + C_2 \Delta T_2 = 0$; on peut donc en déduire C_2 par mesure des variations de température. La capacité thermique massique est alors : $c_2 = \frac{C_2}{m_2}$.

1.2. Méthode du chauffage électrique

- Dans un calorimètre de capacité thermique C_0 , on place un système inconnu de capacité thermique C_2 et on lui fournit un travail électrique $W = UI \Delta t$.

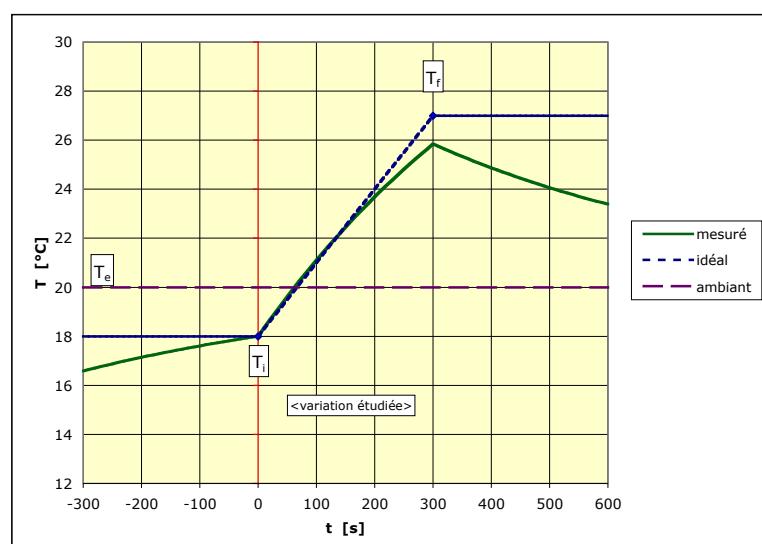
◊ remarque : pour connaître C_0 on peut au préalable procéder de façon analogue avec C_0 et C_1 connue, puis raisonner par différence.

- Le système étant thermiquement “isolé” (à pression constante) : $\Delta H = C_0 \Delta T_0 + C_2 \Delta T_2 = W$; on peut donc en déduire C_2 par mesure de U , de I et des variations de température. La capacité thermique massique est alors : $c_2 = \frac{C_2}{m_2}$.

1.3. Correction des transferts de chaleur parasites

- S'il y a des transferts de chaleur parasites, les variations de température l'allure ci-contre (l'exemple est celui du chauffage électrique, mais les autres cas sont analogues).

☞ remarque : si le calorimètre n'est pas isolé par un vase Dewar, les mesures **avant** et **après** le chauffage sont **indispensables** pour corriger les transferts thermiques parasites ; il est important de ne pas les négliger (ne serait-ce que pour vérifier la qualité de l'isolation thermique).



- Si une correction est nécessaire, on peut considérer en bonne approximation que les transferts parasites avec l'extérieur sont décrits par un "flux thermique" de la forme : $\frac{dQ}{dt} = A + B.(T - T_e)$ où T_e est la température extérieure :

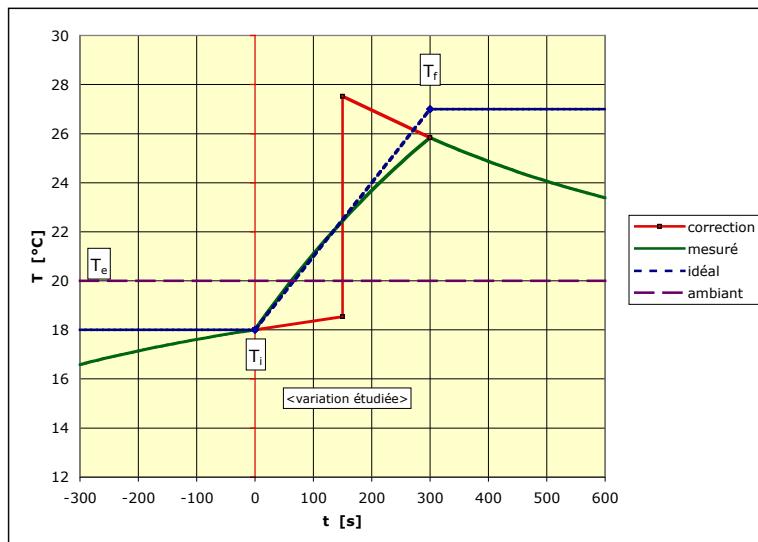
◊ le terme $B.(T - T_e)$ décrit l'ensemble des fuites qui vérifient la loi de Fourier : proportionnelles à l'écart de température entre l'extérieur et la partie du système au contact de l'extérieur ;

◊ le terme A constant décrit les contributions des fuites à flux constant (évaporation, agitation...).

- Vérifier que, si la température varie de façon affine : $T = T_i + \alpha t$, alors le transfert de chaleur parasite est théoriquement : $Q_e = \Delta t \frac{1}{2}[A + B.(T_i - T_e) + A + B.(T_f - T_e)]$. Ceci correspond à la moyenne algébrique des flux thermiques parasites avant et après la variation étudiée : $Q_e = \Delta t \frac{P(T_i) + P(T_f)}{2} = \Delta t P\left(\frac{T_i + T_f}{2}\right)$.

◊ remarque : en particulier, Q_e est plus faible si T_i et T_f sont de part et d'autre de T_e .

- Vérifier que la correction théorique à apporter à la température finale est : $\Delta\theta \approx \frac{Q_e}{C}$ où C est la capacité thermique totale du système. Si nécessaire, la correction expérimentale s'effectue alors par extrapolation :



2. Manipulation

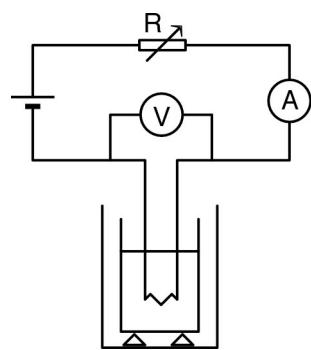
2.1. Capacité thermique de l'eau et méthode du chauffage électrique

- Pour un calorimètre contenant une masse m_2 d'eau, tracer la variation de température en fonction du temps, lors d'un échauffement à tension et courant connus (par exemple $U \approx 6$ à 12 V et $I \approx 1$ à 2 A pour $R \approx 6 \Omega$).

En déduire la capacité thermique du système.

◊ remarque : agiter pendant la manipulation, pour "uniformiser" la température (mais en isolant la partie de l'agitateur au contact des doigts).

◊ remarque : la valeurs de m_2 doit être assez grande pour que la résistance trempe dans l'eau (faute de quoi, non seulement le chauffage est inefficace, mais la résistance risque d'être endommagée !), mais assez petite pour que l'échauffement ne soit ni trop faible, ni trop lent (m_2 entre 150 g et 250 g est souvent acceptable, mais cela dépend du calorimètre utilisé).



- En reprenant la même expérience pour différentes valeurs de m_2 (au moins trois valeurs, avec le même calorimètre ou des calorimètres quasi-identiques), vérifier que la capacité thermique varie de façon affine : $C = C_0 + c_2 m_2$ et en déduire la capacité thermique massique c_2 de l'eau.
- Si le calorimètre est un vase Dewar sans cuve interne en aluminium, la capacité thermique C_0 est généralement négligeable (rapidement vérifiable par la méthode des mélanges) ; si le calorimètre comporte une cuve d'aluminium, mesurer la masse m_0 de ce réservoir (plus l'agitateur éventuel), puis en déduire la capacité thermique massique c_0 de l'aluminium (ainsi que sa capacité thermique molaire, pour vérifier la loi de Dulong et Petit).

◊ remarque : mesurer la température T_e extérieure pour estimer les transferts de chaleur parasites.

2.2. Capacité thermique des métaux et méthode des mélanges

- Préparer un bloc de métal de masse m_2 à une température élevée (le placer dans un four thermostaté ou dans un bain d'eau chaude à température connue). Préparer un calorimètre contenant une masse m_1 d'eau assez grande pour y plonger le solide, mais assez petite pour obtenir une grande variation de température.

◊ remarque : si le calorimètre est un vase Dewar (en verre !), il faut faire TRÈS ATTENTION à ses "interactions brutales" avec le bloc de métal (chocs mécaniques et chocs thermiques) !...

- Tracer la courbe de variation de la température de l'eau du calorimètre en fonction du temps :

- ◊ **avant** l'échauffement causé par l'ajout du bloc de métal,
- ◊ pendant l'échauffement (mais c'est difficile car l'échauffement est rapide),
- ◊ **après** l'échauffement.

◊ remarque : ne pas oublier d'agiter pendant la manipulation, pour "uniformiser" la température de l'eau (mais en isolant la partie de l'agitateur au contact des doigts) ; prendre soin en outre d'éviter le contact entre le thermomètre et le bloc de métal (c'est la température de l'eau qui est mesurée).

- Si le calorimètre est un vase Dewar sans cuve interne en aluminium, la capacité thermique C_0 est généralement négligeable ; si le calorimètre comporte une cuve d'aluminium, mesurer la masse m_0 de ce réservoir (plus l'agitateur éventuel), puis en déduire la capacité thermique C_0 . Calculer la capacité thermique de C_1 de l'eau.

- Calculer la capacité thermique du système, puis en déduire la capacité thermique C_2 du bloc de métal.

Calculer la capacité thermique massique c_2 du métal, puis sa capacité thermique molaire C_{m2} , et vérifier la loi de Dulong et Petit.

- Reprendre éventuellement la manipulation pour plusieurs masses du même métal afin de vérifier que la capacité thermique C_2 est proportionnelle à m_2 .

Reprendre éventuellement la manipulation pour d'autre métaux.

MESURE D'UNE CAPACITÉ THERMIQUE - TP

Matériel

Pour chaque groupe

1 éponge et 1 chiffon
 1 calorimètre (Dewar si possible)
 1 agitateur
 1 chronomètre
 1 four thermostatisé, ou 1 bec Bunsen + support
 (vérifier que les fours ne surchargent pas le disjoncteur)
 1 bêcher \approx 250 mL

Pour chaque groupe “chauffage électrique” (4 ou 5 groupes)

1 générateur continu (\approx 6/12 V ; 2 A)
 2 contrôleurs électroniques
 1 résistance chauffante (\approx 5 Ω)
 1 thermomètre électronique
 (adapter les trous des couvercles des calorimètres pour utiliser les thermomètres électroniques)

Pour chaque groupe “mélanges” (4 ou 5 groupes)

2 ou 3 blocs de métaux (avec crochet et fil)
 2 thermomètres électroniques
 (adapter les trous des couvercles des calorimètres pour utiliser les thermomètres électroniques)

Au bureau

1 balance à lecture directe
 3 thermomètres de précision à mercure (\approx 0 °C jusqu'à au moins 50 °C ; 100 °C si possible)
 2 bêchers 250 mL
 \approx 500 g de glaçons
 bouilloire électrique éventuelle (ou chauffe-eau) pour gagner du temps sur le chauffage