

## TP 17 Mesures calorimétriques

### 1) Le calorimètre

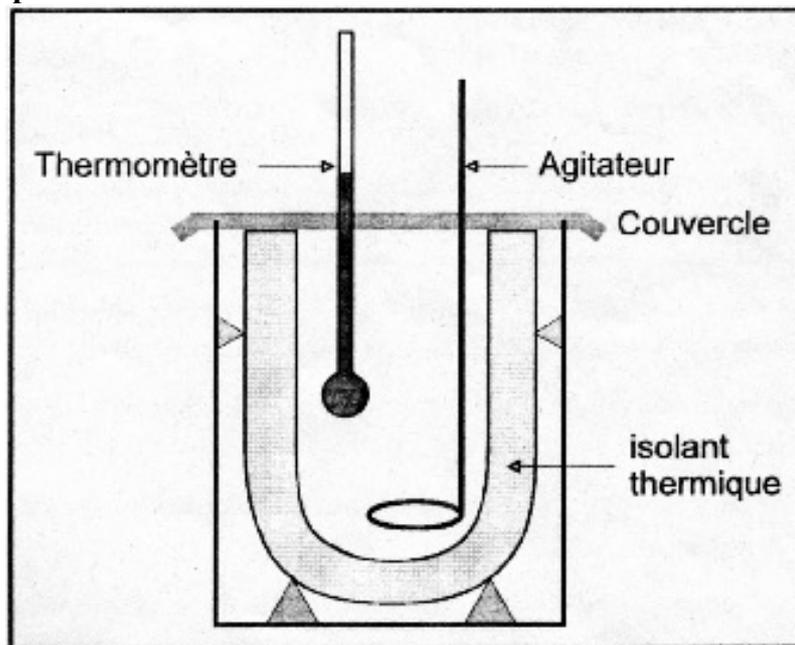
#### a) Échanges d'énergie thermique ou calorifique (chaleur). Précautions à prendre

Les mesures calorimétriques nécessitent des précautions particulières, car la principale source d'erreur expérimentale réside dans les fuites thermiques. Celles-ci interviennent lorsque la température du système étudié est différente de celle du milieu extérieur.

On s'emploie à limiter au mieux toute fuite thermique en utilisant un appareil spécialement conçu pour les mesures calorimétriques, le calorimètre, et en respectant quelques règles élémentaires de mode opératoire :

Les échanges d'énergie calorifique entre le système immergé dans le calorimètre et le milieu extérieur croissent avec l'écart de température et avec la durée de l'expérience. Il convient donc de limiter cet écart dans la mesure du possible, et d'opérer de manière rapide.

#### b) Description du calorimètre



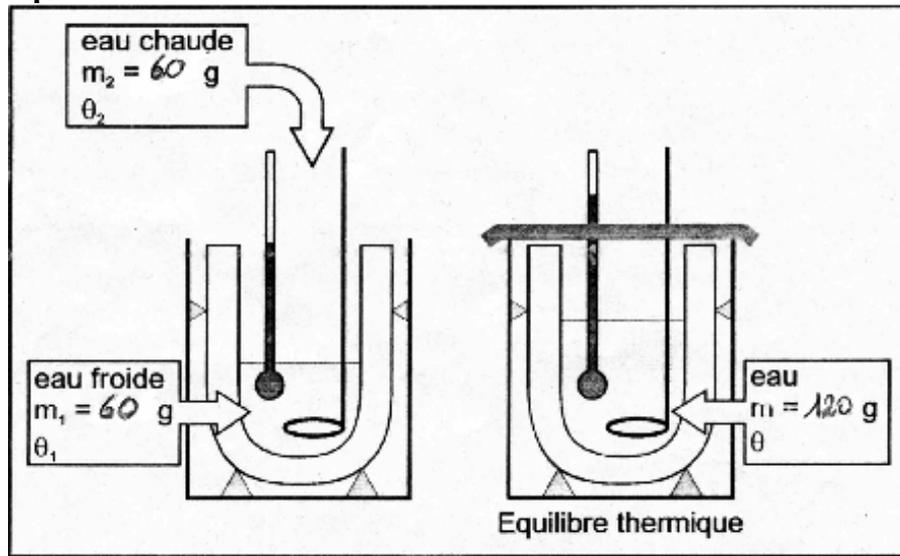
**Q1** : Explique comment dans un calorimètre, les fuites thermiques sont limitées au maximum (penser à la conduction, la convection et le rayonnement).

Dans la suite, et plus particulièrement pour les échanges d'énergie thermique, que nous allons réaliser dans le calorimètre, nous admettons que les fuites puissent être négligées.

Par contre lorsque la température à l'intérieur du calorimètre varie, la paroi intérieure du calorimètre, le thermomètre et l'agitateur participent aux échanges d'énergie calorifique. Il faut donc tenir compte de leur capacité thermique. Nous l'appellerons capacité thermique du calorimètre et nous la notons  $\mu$ .

## 2) Mesure de la capacité thermique $m$ du calorimètre

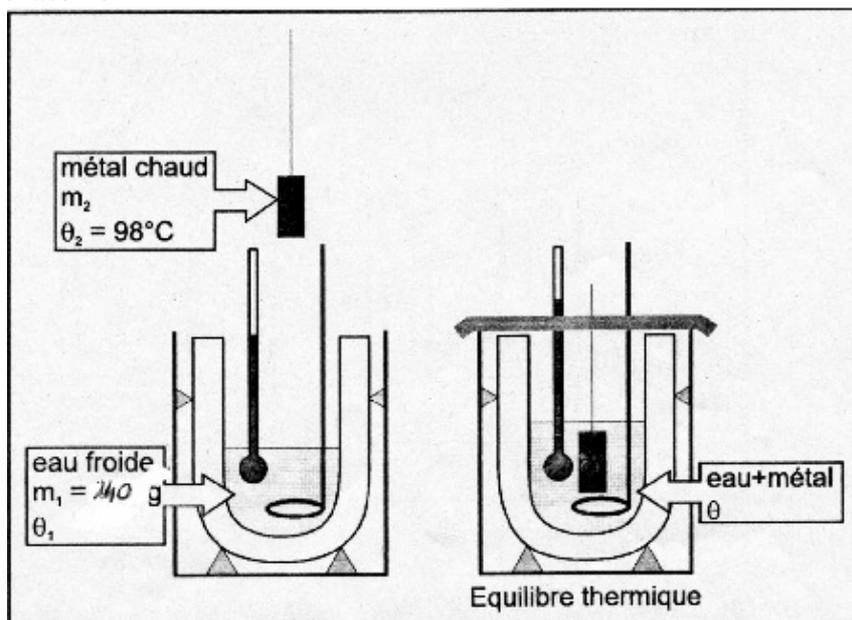
### Mode opératoire



- Introduire une masse  $m_1 = 60\text{ g}$  d'eau froide dans le calorimètre. Agiter et déterminer sa température  $\theta_1$  ( $\theta_1$  est aux alentours de  $20^\circ\text{C}$ ).
- Ajouter rapidement une masse  $m_2 = 60\text{ g}$  d'eau tiède à la température  $\theta_2$  ( $\theta_2$  est aux alentours de  $40^\circ\text{C}$ ).
- Agiter et noter la température d'équilibre thermique  $\theta$  (température atteinte par le mélange).
- Écrire l'équation traduisant la conservation de l'énergie à l'intérieur du calorimètre et en déduire la capacité calorifique  $\mu$  du calorimètre. La chaleur massique ou capacité thermique massique de l'eau vaut  $4185\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

## 3) Mesure de la chaleur massique ou capacité thermique massique $c$ d'un métal

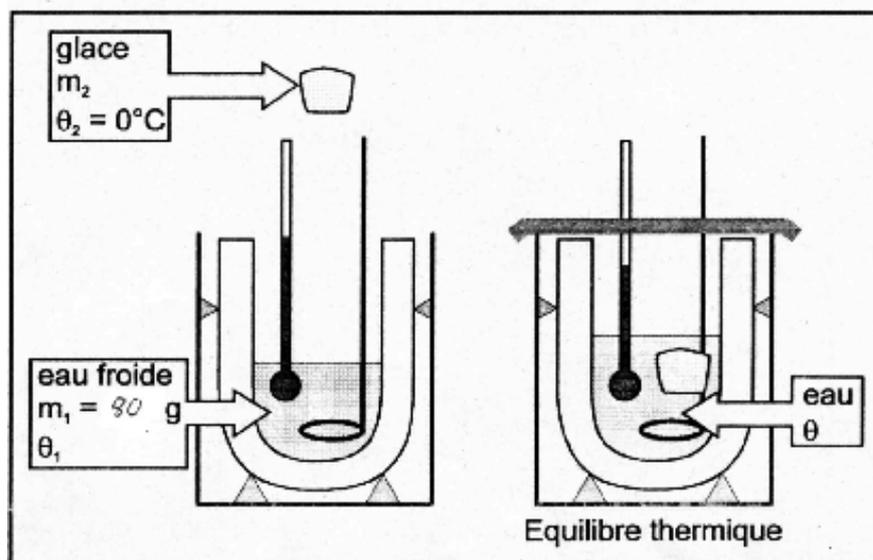
### Mode opératoire



- Introduire une masse  $m_1 = 140\text{g}$  d'eau froide dans le calorimètre. Agiter et déterminer sa température  $\theta_1$  ( $\theta_1$  est aux alentours de  $20^\circ\text{C}$ ).
- Ajouter rapidement un métal chauffé dans de l'eau bouillante ( $\theta_2$  est aux alentours de  $100^\circ\text{C}$ ), de masse  $m_2$ , déterminé à l'aide d'une balance électronique à la fin de la manipulation.
- Agiter et noter la température d'équilibre thermique  $\theta$  (température atteinte par le mélange).
- Écrire l'équation traduisant la conservation de l'énergie à l'intérieur du calorimètre et en déduire la chaleur massique  $c$  du métal. Utiliser dans ce calcul la valeur calculée précédemment pour la capacité calorifique  $\mu$  du calorimètre.
- Comparer à la valeur théorique et conclure.

#### 4) Mesure de la chaleur latente de fusion $L_f$ de la glace

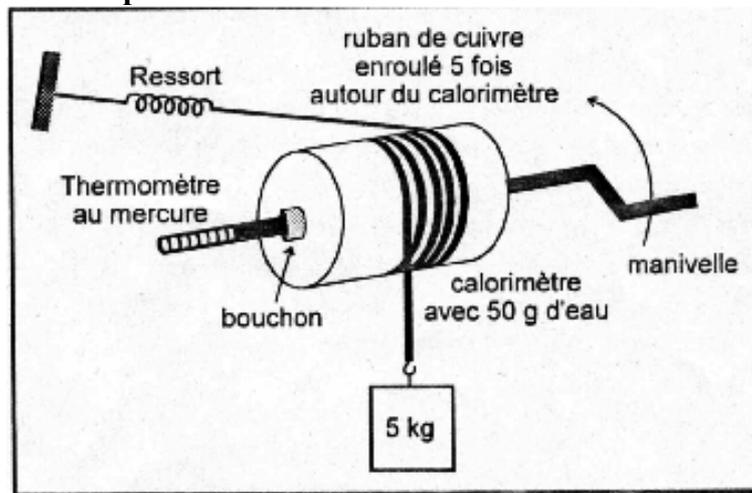
Mode opératoire :



- Introduire une masse  $m_1 = 80\text{g}$  d'eau froide dans le calorimètre. Agiter et déterminer sa température  $\theta_1$  ( $\theta_1$  est aux alentours de  $20^\circ\text{C}$ ).
- Ajouter rapidement 3 glaçons (environ  $25\text{g}$ ) préalablement en équilibre thermique avec de l'eau liquide ( $\theta_2$  est donc égale à  $0^\circ\text{C}$ ), de masse  $m_2$ , déterminé à l'aide d'une balance électronique à la fin de la manipulation. Ne pas oublier de sécher les glaçons avant de les introduire.
- Agiter jusqu'à ce que toute la glace a fondu et noter la température d'équilibre thermique  $\theta$  (température atteinte par le mélange).
- Écrire l'équation traduisant la conservation de l'énergie à l'intérieur du calorimètre et en déduire la chaleur latente de fusion  $L_f$  de la glace. Utiliser dans ce calcul la valeur calculée précédemment pour la capacité calorifique  $\mu$  du calorimètre.
- Comparer à la valeur théorique et conclure.

## 5) Transformation d'énergie mécanique en énergie calorifique : L'équivalent thermique

### a) Description de l'expérience



Lorsqu'on tourne la manivelle, le ruban frotte contre la paroi extérieure du calorimètre en cuivre contenant de l'eau. On effectuera  $n$  tours avec la manivelle. Comme l'échauffement du calorimètre est lent, l'eau a la même température que le calorimètre. Un thermomètre à mercure permet de relever cette température.

### b) Etude des échanges d'énergie

L'opérateur effectue un travail moteur  $W_{op}$  sur la manivelle. Comme le dispositif tourne à vitesse constante, la force motrice de l'opérateur a la même intensité que la force de frottement (même direction mais sens opposé) :  $F_{op} = F_{frott}$

L'énergie mécanique  $E$ , reçue par le dispositif est égal au travail effectué par l'opérateur:

$$E = W_{op}$$

$$E = F_{op} \cdot \text{déplacement de la force}$$

$$E = F_{frott} \cdot n \cdot 2\pi \cdot r$$

où  $n$  = nombre de tours et  
 $r$  = rayon du calorimètre

Le frottement provoque la transformation de l'énergie mécanique en énergie thermique  $Q$ , reçue par le calorimètre en cuivre, l'eau et le thermomètre :

$$Q = Q_{\text{calorimètre}} + Q_{\text{eau}} + Q_{\text{thermomètre}}$$

$$Q = m_{Cu} \cdot c_{Cu} \cdot \Delta\theta + m_{\text{eau}} \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta\theta + \mu_{\text{thermomètre}} \cdot \Delta\theta$$

où  $\Delta\theta = \theta_{\text{finale}} - \theta_{\text{initiale}}$  = variation de température du calorimètre, de l'eau et du thermomètre

$m_{Cu}$  = masse du calorimètre vide

$c_{Cu}$  = chaleur massique (capacité therm. massique) du cuivre

$m_{\text{eau}}$  = masse de l'eau dans le calorimètre

$c_{\text{eau}}$  = chaleur massique (capacité therm. massique) de l'eau

$\mu_{\text{thermomètre}}$  = capacité thermique du thermomètre = 3,34 J/kg  
(donnée par le constructeur)

Sans pertes thermiques vers l'environnement (cas idéalisé), nous pouvons écrire :

$$E = Q$$

Cette égalité permet de déterminer expérimentalement la capacité calorifique massique (chaleur massique) de l'eau.

### **c) Marche opératoire**

- Mesurer la masse de cuivre du calorimètre avec une balance électronique (avec bouchon).
- Remplir environ 50 g d'eau dans le calorimètre.
- Introduire le thermomètre à travers le bouchon et fermer le calorimètre à l'aide du bouchon.
- Fixer le calorimètre à la manivelle.
- Enrouler le ruban 3 à 5 fois autour du calorimètre et attacher une masse de 5 kg.
- Lire la température initiale du calorimètre et de l'eau.
- Tourner la manivelle 200 fois.
- Lire la température finale du calorimètre et de l'eau.
- Déterminer la capacité calorifique massique (chaleur massique) de l'eau
- Comparer à la valeur théorique et conclure.