

# TP26 - Mesures de capacités thermiques

## Objectifs :

- Déterminer la capacité thermique d'un calorimètre.
- Utiliser la méthode des mélanges pour déterminer la chaleur massique de différents métaux.
- Se familiariser avec une méthode de corrections de fuites thermiques.

## Valeurs de référence :

Matériau	Eau liquide	Plomb	Cuivre	Fer	Aluminium
Capacité thermique massique ( $\text{J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ )	4185	129	385	444	897

## 1 Contexte

### 1.1 Calorie et Calorimètre

La calorie (symbole cal) est une ancienne unité de mesure exprimant une quantité d'énergie thermique (anciennement appelée chaleur, mot qui vient lui-même de *calor* en latin). Elle est définie comme étant la quantité d'énergie que l'on doit fournir à un gramme d'eau pour que sa température passe de  $15^{\circ}\text{C}$  à  $16^{\circ}\text{C}$ , à pression atmosphérique (1013 hPa).

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

- Un calorimètre (ci-contre) est un récipient à doubles parois de verre entre lesquelles on a fait un vide poussé.
- La surface de la paroi intérieure est argentée pour limiter les pertes par rayonnement thermique.
- Le calorimètre est fermé par un couvercle permettant d'introduire un agitateur, un thermomètre, une résistance chauffante.



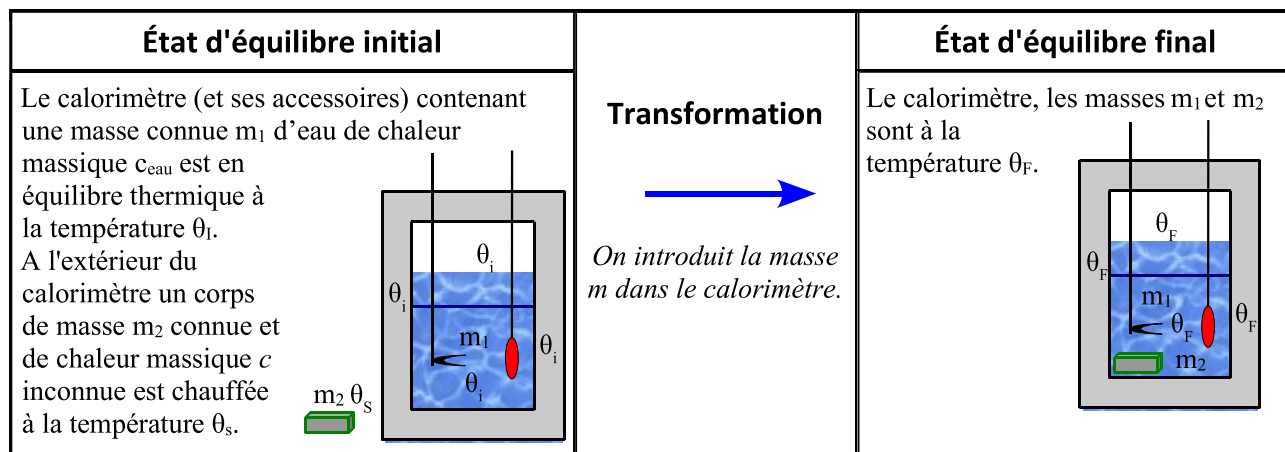
- Pour réaliser les expériences on introduit dans le calorimètre, soit un vase en aluminium, soit un vase en verre.
- Le système est relativement bien isolé et les échanges thermiques avec l'extérieur sont très réduits.
- Le calorimètre est caractérisé par sa capacité thermique  $K$  (parois intérieures + instruments) ou par sa valeur en eau  $\mu$  correspondant à la masse d'eau qui aurait la même capacité thermique que le calorimètre. On a ainsi  $K = \mu c_{\text{eau}}$ , avec  $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$  est la capacité thermique massique (chaleur massique) de l'eau liquide.

La notice du calorimètre indique que la capacité thermique du calorimètre, **hors vase aluminium**, vaut  $K_1 = 14,7 \text{ cal.K}^{-1}$ .

1. Mesurer la masse  $m_{\text{Al}}$  du vase en aluminium que l'on rajoute au Calorimètre.
2. En déduire la valeur en eau  $\mu$  du calorimètre **avec le vase en aluminium**.

### 1.2 Méthode des mélanges

La méthode présentée ci-dessous permet de déterminer une capacité thermique (chaleur) massique  $c$  inconnue d'un matériau solide, grâce à un bilan enthalpique sur la transformation suivante :



3. On considère le système {intérieur calorimètre,  $m_1$ ,  $m_2$ }. Montrer que  $\Delta H_{\text{sys}} = 0$ .

4. En déduire une expression de  $c$  en fonction de  $m_1, m_2, \mu, c_{\text{eau}}, \theta_i, \theta_s$  et  $\theta_F$ .

## 2 Mesures directes

On souhaite utiliser la méthode des mélanges pour mesurer les capacités thermiques massiques de différents solides.

- Proposer un protocole expérimental utilisant la méthode des mélanges pour mesurer les capacités thermiques massiques  $c$  du plomb, du cuivre, du fer et de l'aluminium.
- Réaliser l'expérience correspondant au protocole proposé. Attention à se placer dans des conditions expérimentales pour lequel l'écart de température  $\theta_F - \theta_i$  est important. Par ailleurs, durant la mesure agitez régulièrement afin de conserver une température homogène.
- Confronter vos résultats de mesures aux valeurs de référence fournies en début de sujet.

## 3 Mesures avec corrections calorimétriques

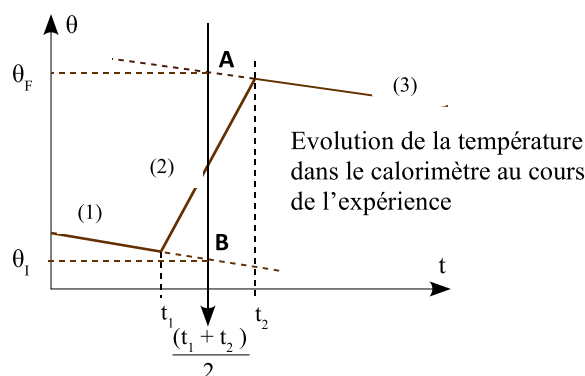
### 3.1 Méthode de Regnault

Aucune transformation n'est rigoureusement adiabatique. Des échanges de chaleur parasites entre le calorimètre et le milieu extérieur ont lieu. Ils suivent en première approximation la loi de Newton :

$$\delta Q = kS(\theta_{\text{calo}} - \theta_{\text{ext}})dt$$

Il existe plusieurs méthodes pour tenter de corriger l'erreur systématique due à ces échanges de chaleur. La correction la plus courante est celle de Regnault.

- On met un capteur de température dans le calorimètre afin de mesurer la température à intervalles de temps réguliers au cours. L'évolution de la température modélisée par des droites est représentée ci-contre. Pour obtenir une telle courbe, *il faut commencer les mesures environ 5 min avant l'introduction du corps chauffé dans le calorimètre et continuer environ 10 min après l'instant à partir duquel la température décroît.*
- On modélise les points par 3 portions de droites (1), (2), (3), qui définissent les instants  $t_1$  et  $t_2$ .
- On trace ensuite la droite verticale d'équation  $t = (t_1 + t_2)/2$  dont l'intersection avec les droites (1) et (3) donne les points A et B d'ordonnées  $\theta_F$  et  $\theta_i$ .
- $\theta_F - \theta_i$  représente la véritable variation de température du calorimètre à utiliser dans le bilan enthalpique adiabatique.



### 3.2 Mesures avec LatisPro

Le tracé de la courbe d'évolution de la température dans le calorimètre  $\theta = f(t)$  se fait automatiquement par l'intermédiaire d'une sonde de température reliée à l'interface **Sysam** de l'ordinateur et au logiciel **LatisPro**. Le réglage est le suivant :

- Mode : température.
  - Durée d'acquisition : 900 s.
  - Nombre de points : 100.
8. Oter le thermomètre du calorimètre et le remplacer par la sonde thermique reliée à la carte d'acquisition Sysam.
  9. Adapter le protocole expérimental précédent utilisant la méthode des mélanges pour mesurer les capacités thermiques massiques  $c$  du plomb, du cuivre, du fer et de l'aluminium, **en utilisant la méthode de Regnault pour tenir compte des pertes thermiques.**
  10. Confronter vos résultats de mesures aux valeurs de référence fournies en début de sujet.