

TP T1 – Mesures calorimétriques

Objectif : mesurer par calorimétrie la capacité thermique d'un matériau

Quelques valeurs tabulées :

Matériau	Capacité thermique massique (J.K ⁻¹ .kg ⁻¹)
Eau liquide (CNTP)	4,18.10 ³
glace	2,06.10 ³
Bois	≈ 2,5.10 ³
PVC	1046
laiton	377
acier	470
aluminium	897

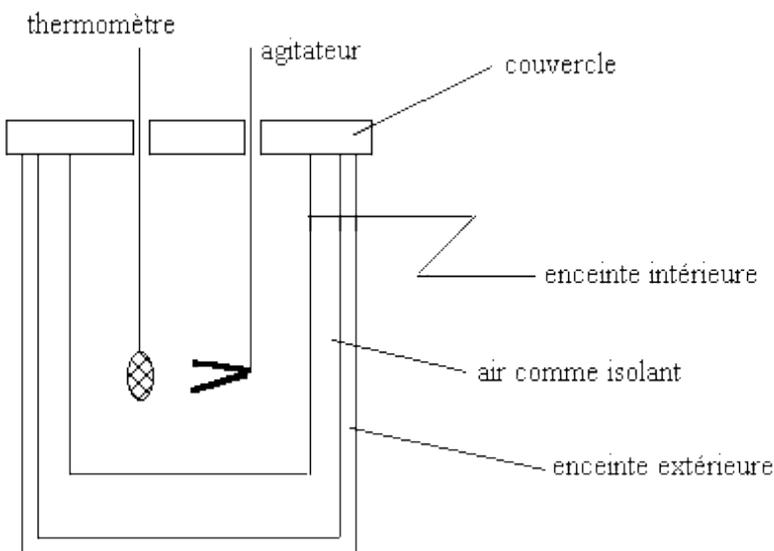
Enthalpie massique de vaporisation de l'eau sous P_{atm} : 2257 kJ/kg

Enthalpie massique de fusion de la glace sous P_{atm} : 333 kJ/kg

1. Principe d'une mesure calorimétrique et étalonnage du calorimètre

1.a 1^{er} principe appliqué au calorimètre

Schéma du calorimètre :



Le couvercle du calorimètre n'étant pas étanche, l'intérieur du calorimètre est toujours en équilibre mécanique avec l'atmosphère. On peut donc considérer que les transformations ayant lieu dans le calorimètre sont isobares.

Montrer alors que pour le système {calorimètre + accessoires + intérieur du calorimètre}, et en supposant le calorimètre parfait, on a :

$$\Delta H = 0$$

Quelles précautions expérimentales doit-on prendre pour se rapprocher au mieux du calorimètre parfait ?

1.b Principe général d'une mesure calorimétrique

La fonction d'état enthalpie étant extensive, de $\Delta H = 0$ on déduit que

$$\Delta H_{\text{calorimètre+accessoires}} + \Delta H_{\text{intérieur du calorimètre}} = 0 .$$

La grandeur que l'on cherche à mesurer est incluse dans le terme $\Delta H_{\text{intérieur du calorimètre}}$. Il peut s'agir d'une capacité thermique massique, d'une enthalpie massique de changement d'état...

1.c Étalonnage du calorimètre

L'étalonnage du calorimètre permet de connaître le terme $\Delta H_{\text{calorimètre+accessoires}}$.

En notant C la capacité thermique du calorimètre et de ses accessoires, on a $\Delta H_{\text{calorimètre+accessoires}} = C \Delta T$.

Protocole d'étalonnage :

Rq : pensez à utiliser la tare de la balance afin de ne peser que l'eau contenue dans le bécher (ce qui évite d'avoir à soustraire la masse du bécher si on a pesé l'ensemble)

- Introduire une masse m_0 connue précisément (environ 100g) d'eau froide dans le calorimètre. Attendre quelques instants que l'équilibre thermique entre l'eau, le calorimètre et les accessoires soit atteint. Relever la température T_0 de l'ensemble.
- Introduire une masse m_1 connue précisément (environ 100g) d'eau chaude à la température T_1 (penser à relever T_1 au préalable) dans le calorimètre. Attendre l'équilibre thermique (pas trop longtemps pour limiter les fuites). Relever la température finale T_f de l'ensemble.

Exploitation :

Le système est ici {calorimètre + accessoires + masse m_0 d'eau + masse m_1 d'eau}. On a donc :

$$\Delta H_{\text{calorimètre+accessoires}} + \Delta H_{\text{masse } m_0 \text{ d'eau}} + \Delta H_{\text{masse } m_1 \text{ d'eau}} = 0$$

soit $C(T_f - T_0) + m_0 c_e (T_f - T_0) + m_1 c_e (T_f - T_1) = 0$ avec $c_e = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

La seule inconnue est la capacité thermique C , que l'on peut ainsi déterminer. Une fois C connue, le calorimètre est étalonné. Son influence dans les mesures suivantes est donc quantifiable.

- Procéder à l'étalonnage du calorimètre et estimer l'incertitude-type $u(C)$.

2. Mesure de la capacité thermique massique d'un matériau

2.a Protocole

- Choisir un cylindre dans un des matériaux proposés
- Préparer de l'eau bouillante permettant de porter à 100°C le cylindre choisi
- Introduire une masse connue précisément d'eau froide dans le calorimètre. Attendre quelques instants que l'équilibre thermique entre l'eau, le calorimètre et les accessoires soit atteint. Relever la température de l'ensemble.
- Transférer rapidement le cylindre dans l'eau du calorimètre. Accélérer l'échange thermique par une légère agitation. Relever la température maximale atteinte par le système.

2.b Exploitation

Selon la méthode générale donnée en 1.b et en s'appuyant sur l'exemple de l'étalonnage, exprimer la capacité thermique massique du matériau choisi.

- Effectuer la mesure et en déduire la capacité thermique du matériau choisi ainsi que l'incertitude-type associée. Comparer à la valeur tabulée en calculant le z_{score} .

2.c Optimisation du protocole

Selon le matériau choisi et la quantité d'eau utilisée, l'élévation de température peut s'avérer assez faible, ce qui limite la précision de la mesure.

Quelles solutions mettre en place ?

S'il reste du temps en fin de séance, refaire plus soigneusement la mesure en essayant de s'approcher la valeur tabulée.