



TP T2 – MESURE DE LA CAPACITÉ THERMIQUE MASSIQUE DU FER

D.Malka – MPSI 2016-2017 – Lycée Saint-Exupéry

Capacités expérimentales	
Mettre en oeuvre un protocole expérimental de mesure d'une grandeur thermodynamique énergétique (capacité thermique, enthalpie de fusion ...).	✓
Mesurer une masse : utiliser une balance de précision.	✓
Mettre en oeuvre un capteur de température : thermomètre, thermistance, ou capteur infrarouge.	✓
Mettre en oeuvre une technique de calorimétrie.	✓

1 Aspects théoriques

1.1 La calorimétrie

La calorimétrie a pour objet la mesure des énergies thermiques échangées au cours de diverses transformations thermodynamiques. On peut ainsi mesurer des capacités thermiques, des enthalpies de transition de phase ou des enthalpies de réaction chimique. Au cours de ce TP, nous pratiquerons la calorimétrie adiabatique : le système est confiné dans une enceinte – le calorimètre adiabatique (fig.1) – dont les parois sont, sur un temps court, approximativement adiabatiques.

1.2 Méthode des mélanges

La méthode des mélanges consiste à mettre en contact thermique plusieurs systèmes à des températures initiales différentes dans un calorimètre adiabatique. Le système total étant quasi-isolé, on déduit de la mesure de la température d'équilibre la capacité thermique d'un système connaissant celles des autres.

1.2.1 Application à la mesure de la capacité thermique massique du fer

Dans un calorimètre adiabatique de capacité thermique C , on introduit une masse d'eau liquide m_{eau} à la température initiale θ_{eau}^i et un bloc de fer métallique de masse m_{Fe} et de température initiale θ_{Fe}^i . La température initiale du calorimètre vaut également θ_{eau}^i . La capacité thermique massique de l'eau liquide est connue et supposée indépendante de la température : $c_{eau,l} = 4,18 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$. A l'équilibre, la température du système {eau + fer + calorimètre} vaut θ_f . On cherche à déterminer la capacité thermique massique c_{Fe} du fer.

1. A l'aide du premier principe de la thermodynamique, exprimer la variation d'enthalpie du système entre l'état initial et l'état final.
2. En exploitant l'extensivité de l'enthalpie et le modèle de la phase condensée idéale, exprimer la variation d'enthalpie du système entre l'état initial et l'état final.
3. En déduire que la mesure de θ_f , θ_{eau}^i , θ_{Fe}^i , m_{Fe} , m_{eau} et C permet de déterminer la capacité thermique massique c_{Fe} du fer.

1.2.2 Application à la mesure de la capacité thermique du calorimètre

Préalablement à la mesure de c_{Fe} , il faut mesurer la capacité thermique C du calorimètre de travail. Dans ce calorimètre de température initiale θ_{cal}^i , on introduit une masse d'eau liquide m_{eau} à la température initiale θ_{eau}^i . La capacité thermique massique de l'eau liquide est connue et supposée indépendante de la température : $c_{eau,l} = 4,18 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$. A l'équilibre, la température du système {eau + calorimètre} vaut θ_f .

1. A l'aide du premier principe de la thermodynamique, exprimer la variation d'enthalpie du système entre l'état initial et l'état final.
2. En exploitant l'extensivité de l'enthalpie et le modèle de la phase condensée idéale, exprimer la variation d'enthalpie du système entre l'état initial et l'état final.

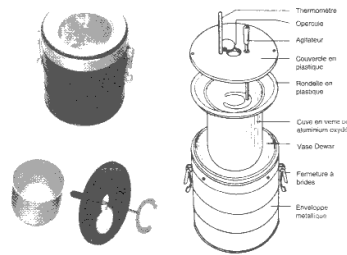


Figure C2 : constitution d'un calorimètre usuel

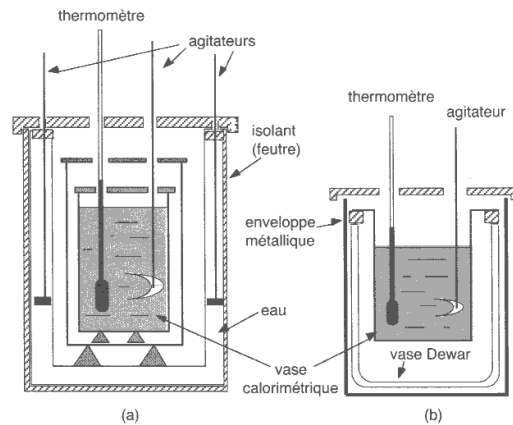


Figure C3 : (a) le calorimètre de Berthelot ; (b) schéma d'un calorimètre actuel

FIGURE 1 – Calorimètre adiabatique – *Extrait de Domini & Quaranta, Dictionnaire de Physique Expérimentale Tome II Thermodynamique et applications.*

- En déduire que la mesure de θ_f , θ_{eau}^i , θ_{cal}^i et m_{eau} permet de déterminer la capacité thermique C du calorimètre.

2 Mesure de la capacité thermique massique du fer

2.1 Mesure de la capacité thermique du calorimètre

Avant de procéder à l'expérience, on réfléchira aux grandeurs thermodynamiques

- Relever la température initiale θ_C^i du calorimètre et de ses accessoires.
- Poser la cuve en plastique du calorimètre sur une balance et introduire environ 150 g d'eau à θ_{eau}^i environ égale à 60°C .
- Rapidement**, refermer le calorimètre et introduire le thermomètre dans l'eau.
- Si on suppose que les transferts thermiques entre l'eau, le calorimètre et la sonde thermométrique sont bien plus rapides qu'avec l'air extérieur, alors la température d'équilibre θ_f entre les trois systèmes correspond au maximum de la température enregistrée. Relever la valeur de θ_f .
- A l'aide de la partie théorique, estimer la capacité thermique du calorimètre.

2.2 Mesure de la capacité thermique massique du fer métallique

On dispose de cubes de fer de masse m_{Fe} maintenus à une température d'environ 90°C dans une étuve. Avant de procéder à l'expérience, on réfléchira aux grandeurs thermodynamiques qu'il convient de mesurer avec précision.

- Placer la cuve en plastique sur la balance et introduire une masse m_{eau} (environ 150 g) d'eau liquide dans le calorimètre. Relever la valeur précise de m .
- Mesurer la température de l'eau en continu. Une fois qu'elle est stable, on peut considérer que l'eau et le calorimètre sont à l'équilibre thermique à la température θ_{eau}^i . Relever la valeur de θ_{eau}^i .
- Mesurer la température θ_e de l'étuve. On supposera que le cube de fer est resté suffisamment de temps dans l'étuve pour que sa température uniforme et égale à celle de l'étuve.
- Plonger le cube de fer dans l'eau du calorimètre en s'assurant qu'il soit entièrement immergé. Mesurer la température d'équilibre du système θ_f .
- Sécher le cube de fer et mesurer sa masse m_{Fe} .
- A l'aide de la partie théorique déterminer la capacité thermique massique du fer c_{Fe} .
- Comparer à la valeur tabulée ainsi qu'à la valeur théorique prédite pour un solide par la loi de Dulong et Petit : $c_{Fe} = \frac{3R}{M_{Fe}}$ avec $R = 8,314\text{ J.K}^{-1}.mol^{-1}$.