

MESURES DE CAPACITES THERMIQUES

I But de la manipulation

On se propose de mesurer la capacité thermique massique de certains corps. Elle sera notée c , exprimée en $J.K^{-1}.kg^{-1}$ et peut être considérée comme constante dans le domaine de température étudié. La capacité thermique massique de l'eau liquide sera obtenue par une méthode électrique, et celles de métaux solides par la méthode des mélanges. On utilise pour ce faire un calorimètre (enceinte calorifugée), la calorimétrie étant la branche de la thermodynamique qui permet de mesurer des transferts thermiques.

II Détermination de la capacité thermique massique de l'eau liquide : méthode électrique

1) Principe de la mesure

La méthode électrique consiste à apporter un transfert thermique au corps étudié par l'effet Joule provoqué par le passage d'un courant électrique dans un résistor, et à mesurer l'augmentation de température qui en résulte.

2) Équation calorimétrique

À une masse m de liquide contenue dans un calorimètre de capacité thermique K , on fournit par voie électrique de l'énergie au moyen d'un résistor de chauffage dégageant une puissance constante par effet Joule pendant une durée Δt (elle est soumise à une d.d.p. continue U et parcourue par un courant d'intensité I). Cette énergie sert pour une part à élever la température de l'eau et du calorimètre de $\Delta\theta$, pour l'autre part à alimenter les fuites thermiques à travers les parois du calorimètre.

À l'aide du premier principe de la thermodynamique appliqué au volume intérieur du calorimètre et en négligeant les pertes à travers les parois de ce dernier, établir l'équation calorimétrique :



$$U.I.\Delta t = (m c_{\text{eau}} + K) \Delta\theta$$

3) Mise en œuvre

Une première estimation assez grossière de c pourra être obtenue en négligeant la capacité thermique du calorimètre devant celle de l'eau.



Donner alors l'expression de c_{eau} dans le cadre de ces hypothèses.

Une détermination plus précise consiste à prendre en compte la capacité thermique du calorimètre. Cette dernière sera écrite sous la forme $K = \mu.c_{\text{eau}}$, où c_{eau} est la capacité thermique massique de l'eau liquide, et μ la valeur en eau du calorimètre, masse d'eau fictive équivalente au calorimètre et qui aurait la même capacité thermique que lui.



Donner de même l'expression de c_{eau} dans ce cas.

4) Manipulation

* Peser à l'aide de la balance électronique une masse $m = 600$ g d'eau froide directement dans le vase calorimétrique en aluminium (on utilisera la tare automatique de la balance).

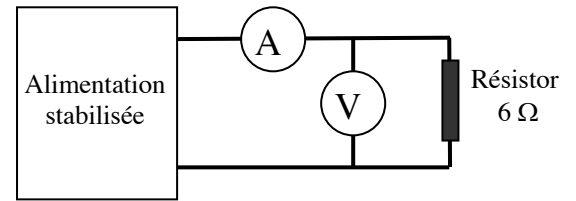
* Placer le vase calorimétrique dans l'enceinte du calorimètre.

* Immerger le résistor de chauffage, l'agitateur (en veillant à ce qu'on puisse le déplacer librement) et la sonde du thermomètre électronique.

* Compte tenu de la faible résistance du résistor de chauffage, réaliser le circuit d'alimentation électrique en montage « courte dérivation » (schéma ci-contre, voir TP « Point de fonctionnement pour les détails ») comportant l'alimentation stabilisée (continue), un voltmètre et un ampèremètre sur le calibre 10 A (en effet, les indications affichées sur la façade du générateur ne sont qu'indicatives et donc insuffisamment précises).

* Ajuster la puissance de chauffage à une valeur de l'ordre de 15 à 20 watt pour une résistance de 6Ω (on veillera à ne pas laisser chauffer le résistor dans l'air au risque de le détériorer).

* Agiter régulièrement, mais doucement, et relever la température θ à intervalle de temps t régulier.



5) Exploitation des résultats

On utilisera pour cela le fichier Python « Capacités thermiques II ».

Tracer le graphe $\Delta\theta(t)$ avec $\Delta\theta = \theta - \theta(t=0)$.

En déduire, avec les deux hypothèses précédentes (prise en compte ou non de la capacité thermique du calorimètre), la valeur de c_{eau} en $\text{J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ (le fabricant du calorimètre utilisé donne $K = 60 \text{ J.K}^{-1}$, soit encore $\mu = 14,4 \text{ g}$) ainsi que l'incertitude sur cette valeur. La droite $t(\Delta\theta)$ passant par l'origine, on rappelle qu'il s'agit alors de calculer les valeurs successives de la pente pour chacun des points de mesure, puis d'en prendre la moyenne et l'écart-type.

Comparer à la valeur tabulée en calculant l'écart normalisé. Conclure.

III Détermination de la capacité thermique massique de métaux : méthode des mélanges

1) Principe de la mesure

Le métal préalablement chauffé est plongé dans l'eau froide contenue dans le calorimètre. On mesure l'élévation de température de l'eau pour atteindre l'équilibre thermique.

2) Équation calorimétrique

À l'instant initial, le métal de masse M , de capacité thermique massique c , et de température θ_1 est plongé dans une masse m d'eau de température θ_2 contenue dans un calorimètre de valeur en eau μ . À l'équilibre thermique la température est θ_f .



Établir l'équation calorimétrique et en déduire l'expression de c .

3) Manipulation

* Les cylindres métalliques ont été préalablement mis à chauffer dans un bain thermostaté de température voisine de 90°C . Relever précisément cette température.

* Plonger alors rapidement le cylindre dans l'eau froide contenue dans le calorimètre (apporté à proximité du bain thermostaté) et dont on aura préalablement relevé la température. On veillera à prendre la quantité d'eau minimale permettant au cylindre d'être entièrement immergé de façon à maximiser l'élévation de température et donc la précision sur le résultat final.

* Attendre l'équilibre thermique et relever la température finale obtenue.

4) Exploitation des résultats

On utilisera pour cela le fichier Python « Capacités thermiques III ».

Calculer la valeur de c pour deux métaux différents et en donner un encadrement (algorithme de Monte Carlo).

Faire alors une proposition quant à la nature des métaux utilisés à partir des valeurs tabulées (en $\text{J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$) :

Cuivre : 385

Fer : 444

Aluminium : 897