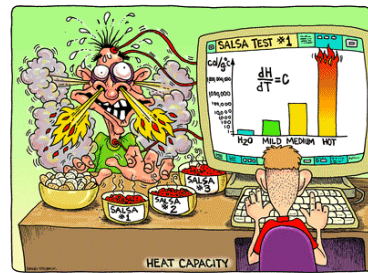


$$Q = cm\Delta T$$

heat added specific heat mass change in temperature

CAPACITES THERMIQUES



OBJECTIFS

- ✓ Savoir utiliser un calorimètre et un capteur de température.
- ✓ Déterminer expérimentalement la capacité thermique du calorimètre.
- ✓ Déterminer expérimentalement des capacités thermiques par la méthode électrique et par la méthode électrique.

MATERIEL

- ✓ Calorimètre
- ✓ Masse et étuve chauffante
- ✓ Résistance chauffante, rhéostat, générateur, multimètres

- ✓ Capteur de température (Latis-Pro et Eurosmart)



- ✓ Balance de précision

1. PRINCIPES DE LA CALORIMETRIE

La calorie est une ancienne unité d'énergie (encore utilisée dans l'alimentation). La calorimétrie est la partie de la thermodynamique qui consiste à mesurer les échanges de chaleur.

Les expériences sont réalisées sous **pression extérieure constante** (égale à la pression atmosphérique). Le transfert thermique reçu par le système au cours des transformations que l'on réalisera dans ce TP est donc égal à la **variation d'enthalpie** de ce système (voir cours de thermodynamique).

Les capacités thermiques des corps étudiés sont supposées constantes dans l'intervalle de température considéré.

Nous étudions successivement:

- ✓ **La méthode électrique**: Le transfert thermique dégagé par effet Joule par une résistance produit un échauffement du corps étudié.
- ✓ **La méthode des mélanges**: Le transfert thermique à mesurer échauffe une masse d'eau déterminée.

1 LA SONDE THERMOMETRIQUE

Nous allons utiliser un capteur de température relié à l'interface Eurosmart (elle-même reliée à l'ordinateur) et le logiciel d'acquisition et de traitement des données Latis-Pro (voir la notice d'utilisation si nécessaire).

2. LE CALORIMETRE

Les expériences ont lieu dans une enceinte suffisamment isolée pour éviter (pendant un laps de temps raisonnable) les échanges de chaleur avec l'extérieur. Cette enceinte est appelée un calorimètre. Les Américains emploient le terme « coffee-cup calorimeter » par analogie avec les mugs en carton avec couvercle dans lesquels ils boivent le café (si vous avez été dans une célèbre chaîne de café américaine, vous avez du boire dans de tels mugs, voir figure ci-dessous).

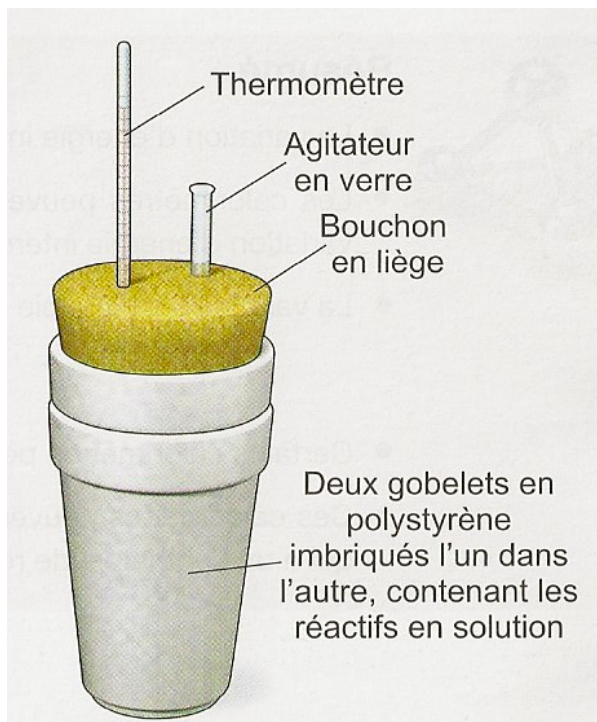


Figure 14.15 Un simple gobelet en plastique peut servir de calorimètre. La mousse polystyrène joue le rôle d'isolant et stoppe les échanges de chaleur entre le contenu et l'environnement. Une version plus aboutie utilise un Dewar.

L'enceinte intérieure et les accessoires du calorimètre (agitateur et thermomètre) interviennent dans les échanges thermiques, puisque leur température varie de la valeur initiale à la valeur finale.

On définit la **valeur en eau** μ du calorimètre comme la masse d'eau fictive qu'il faudrait ajouter en début d'expérience pour ne pas avoir à tenir compte du calorimètre dans l'équation calorimétrique. Si C_{cal} est la capacité thermique totale en $J.K^{-1}$ du calorimètre et c_{eau} la capacité thermique massique de l'eau en $J.K^{-1}.kg^{-1}$, alors:

$$C_{cal} = \mu c_{eau} \text{ avec } \mu \approx 50 - 100 \text{ g},$$

3. DETERMINATION DE LA CAPACITE THERMIQUE DU CALORIMETRE

1) 

- ✓ Mesurer précisément les masses d'eau en utilisant l'enceinte intérieure comme récipient.
- ✓ Verser $m_1 = 150 \text{ g}$ environ d'eau froide dans le calorimètre. Déclencher l'acquisition et mesurer la température T_1 du calorimètre et de l'eau après équilibre thermique (on atteint alors un palier sur l'acquisition).

2) 

- ✓ Ajouter rapidement une masse $m_2 = 150 \text{ g}$ environ d'eau chaude (prise au laboratoire de physique) dont il faudra mesurer au préalable la température T_2 .
- ✓ Noter la nouvelle température d'équilibre T_3 .



3) L'écriture du premier principe conservation de l'énergie) donne:

$$(C_{cal} + m_1 c_{eau})(T_3 - T_1) + m_2 c_{eau}(T_3 - T_2) = 0$$

En déduire C_{cal} (capacité totale en $J.K^{-1}$) sachant que $c_{eau} = 4180 J.K^{-1}.kg^{-1}$ est la capacité thermique massique de l'eau liquide (environ égale à celle de la glace).



4) On parle souvent de **la valeur en eau du calorimètre**. Cela revient à assimiler, d'un point de vu thermique (en terme d'absorption ou de restitution d'énergie), le calorimètre à une **masse fictive μ d'eau liquide** pour pouvoir écrire $C_{cal} = \mu c_{eau}$.

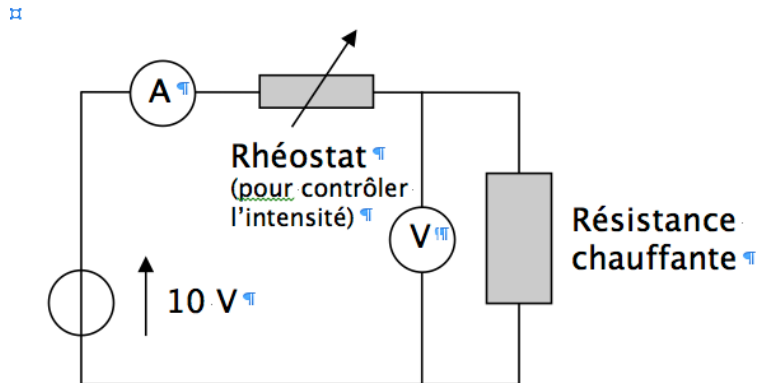
En déduire μ en gramme.

4. METHODE ELECTRIQUE : MESURE DE LA CAPACITE THERMIQUE DE L'EAU

On souhaite déterminer la capacité thermique massique c_{eau} de l'eau. Le calorimètre contient une masse m d'eau. Une résistance chauffante, parcourue pendant un temps t par un courant d'intensité I sous la tension U , plonge dans cette eau. La température de l'eau passe alors de T_i à T_f .

Le premier principe de la thermodynamique donne :

$$(m + \mu)c_{eau}(T_f - T_i) = UIt$$



1)

- ✓ Mesurer la masse m d'eau (environ 300 cm^3) en utilisant le calorimètre comme récipient. Réaliser
- ✓ le montage de la figure ci-dessus. S'assurer rapidement, avant de mettre la résistance dans le calorimètre, que le courant passe dans le circuit (entre 5–10 A).



2)

- ✓ Mettre la résistance dans le calorimètre sans allumer le générateur pour l'instant. Déclencher l'acquisition et attendre l'équilibre thermique (palier de température)
 - ✓ Allumer ensuite le générateur et laisser faire jusqu'à ce que la température est augmentée de l'ordre de 2 à 3 °C. Eteindre ensuite le générateur et attendre jusqu'à atteindre le nouvelle équilibre thermique.
- Il faut bien penser à chronométrer la durée de fonctionnement du générateur (le temps de fonctionnement de la résistance chauffante).**
- ✓ Exporter la courbe $T(t)$ dans Latis-Pro.



3)

A partir des résultats obtenus, déterminer c_{eau} .

5. METHODE DES MELANGES : MESURE DE LA CAPACITE THERMIQUE DE SOLIDES

On plonge dans le calorimètre, contenant une masse m d'eau à la température initiale T_0 , un cylindre métallique de masse M et de température initiale T_i . La température finale de l'ensemble est T_f . Le premier principe donne:

$$(m + \mu)c_{\text{eau}}(T_f - T_0) + Mc_{\text{masse}}(T_f - T_i) = 0$$

c_{masse} est la capacité thermique massique du métal que l'on cherche à mesurer.

1)  Mesurer la masse m d'eau, nécessaire pour recouvrir le cylindre métallique.

2) 
✓ Déclencher l'acquisition. Quand l'équilibre thermique est atteint, retirer le cylindre de l'étuve chauffante et le plonger rapidement dans le calorimètre (**sans le placer contre la sonde thermométrique !**).

✓ Quand le nouvel équilibre thermique est atteint, exporter la courbe $T(t)$ dans Latis-Pro.

3)  Déterminer la capacité thermique massique c_{masse} du métal et comparer aux valeurs tabulées :

$c(\text{Pb}) = 130$, $c(\text{Al}) = 890$, $c(\text{Fer}) = 460$, $c(\text{Cu}) = 380$ (en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), grandeurs mesurées à température ambiante.

Table 11 Specific Heats and Heat Capacities for Some Common Substances at 25 °C

Substance	Specific Heat ($\text{J/g} \cdot \text{K}$)	Molar Heat Capacity ($\text{J/mol} \cdot \text{K}$)
Al(s)	0.897	24.2
Ca(s)	0.646	25.9
Cu(s)	0.385	24.5
Fe(s)	0.449	25.1
Hg(l)	0.140	28.0
H ₂ O(s), ice	2.06	37.1
H ₂ O(l), water	4.184	75.4
H ₂ O(g), steam	1.86	33.6
C ₆ H ₆ (l), benzene	1.74	136
C ₆ H ₆ (g), benzene	1.06	82.4
C ₂ H ₅ OH(l), ethanol	2.44	112.3
C ₂ H ₅ OH(g), ethanol	1.41	65.4
(C ₂ H ₅) ₂ O(l), diethyl ether	2.33	172.6
(C ₂ H ₅) ₂ O(g), diethyl ether	1.61	119.5