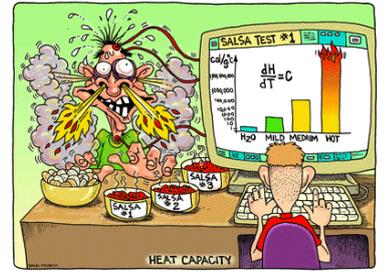


$$Q = cm\Delta T$$

heat added      specific mass      change in  
added      heat      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 couplé à GTS II
- ✓ 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).

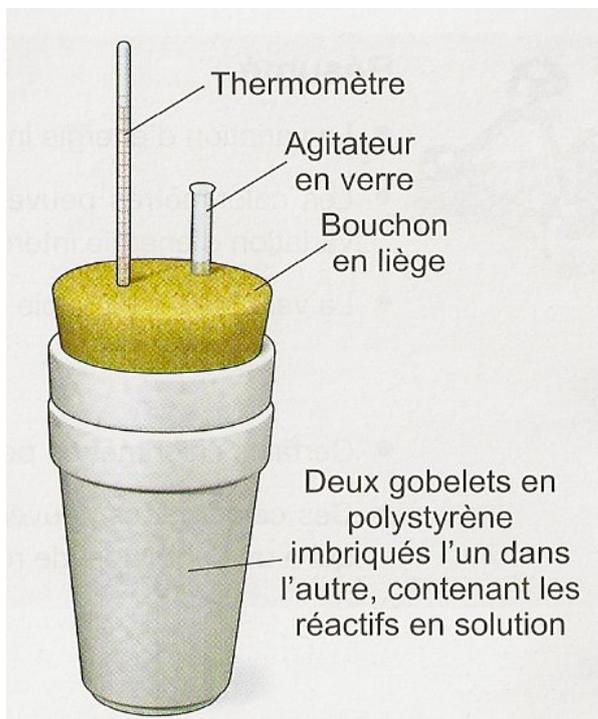
Les capacités thermiques des corps étudiés sont supposées constantes dans l'intervalle de température considéré.

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.

## 2. LE CALORIMETRE

Les expériences ont lieu dans une enceinte suffisamment isolé 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**  $\mu$  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:

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

demander à vos camarades qui font la mesure de la valeur en eau du calorimètre.

### 3. LA SONDE THERMOMETRIQUE

Elle est reliée par l'interface ORPHY GTI à l'ordinateur.

Réglages :

- ✓ Mode : temporel et abscisse : temps.
- ✓ Synchronisation : clavier ; cela permet de démarrer l'acquisition.
- ✓ Balayage : durée = 20 min environ (à vous de voir), nombre = 120,  $\delta t = 10$  s ; cocher durée approximative.
- ✓ Grandeur mesurée dans fenêtre en bas à droite de l'écran : capteur température 0 - 100°C EA6 prise C
- ✓ Etalonner ORPHY : étalonnage non interactif.

	Tension (volt)	température ° C
1	0	0
2	1	100

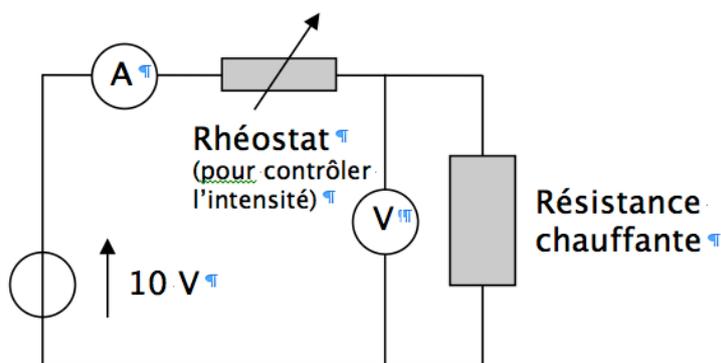
### 4. METHODE ELECTRIQUE

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  $300 \text{ cm}^3$ ) 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 Regressi.

3)



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

## 5. METHODE DES MELANGES

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:

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

$c_{masse}$  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 nouveau équilibre thermique est atteint, exporter la courbe  $T(t)$  dans Regressi.

3)  Déterminer la capacité thermique massique  $c_{masse}$  du métal et comparer aux valeurs tabulées :  
 $c(Pb) = 130$ ,  $c(Al) = 890$ ,  $c(Fer) = 460$ ,  $c(Cu) = 380$  (en  $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ ), grandeurs mesurées à température ambiante.

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

Substance	Specific Heat ( $J/g \cdot K$ )	Molar Heat Capacity ( $J/mol \cdot K$ )
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 <sub>2</sub> O(s), ice	2.06	37.1
H <sub>2</sub> O(l), water	4.184	75.4
H <sub>2</sub> O(g), steam	1.86	33.6
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (l), benzene	1.74	136
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (g), benzene	1.06	82.4
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH(l), ethanol	2.44	112.3
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH(g), ethanol	1.41	65.4
(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O(l), diethyl ether	2.33	172.6
(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O(g), diethyl ether	1.61	119.5