

## TP N.02

### Calorimétrie: Chaleurs Latentes de changement d'état de l'eau

#### Objectifs :

- Se familiariser avec le matériel calorimétrique.
- Mesurer les grandeurs usuelles en calorimétrie.
- Déterminer la chaleur latente de vaporisation de l'eau.
- Déterminer la chaleur latente de fusion de la glace.

## 1 Définitions :

### ► Chaleur sensible :

Si on met un corps chaud au contact d'un corps froid, il se produit un transfert thermique ; ce transfert s'arrête quand l'équilibre est atteint. Dans ce cas, la quantité de chaleur prise par le corps froid au corps chaud est égale à celle cédée par le corps chaud au corps froid. Si on opère à  $P_{ext} = Cte$ , la variation d'enthalpie du système constitué par les deux corps est nulle (en l'absence de pertes thermiques).

Quand la température d'un corps passe de  $T$  à  $T + dT$ , à pression constante, sa variation d'enthalpie est :

$$dH = m.c.dT = \delta Q$$

$c$  étant sa capacité thermique massique à pression constante et  $\delta Q$  étant le transfert thermique (ou la quantité de chaleur) échangée avec l'extérieur. Si  $c = Cte$ ,

$$\Delta H = mc.(T_2 - T_1)$$

pour l'eau :  $c = 4,18 kJ.kg^{-1}K^{-1}$ .

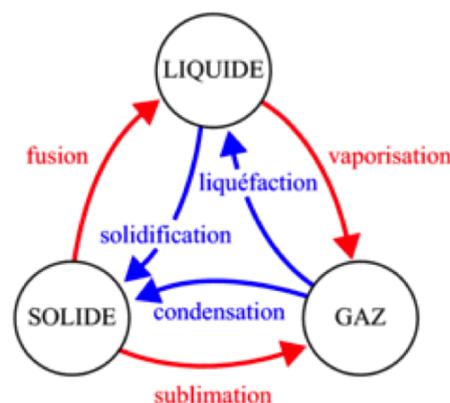
### ► Chaleur latente :

Pour fondre un solide, ou pour vaporiser un liquide, il faut fournir à l'unité de masse d'un corps à température et pression constantes, une quantité de chaleur  $L$  appelée chaleur latente de changement d'état (respectivement de fusion :  $L_f$  ; de vaporisation :  $L_v$ ). Cette chaleur est donnée par la relation :

$$Q = mL$$

Où :  $L$  est la chaleur latente de changement d'état et elle s'exprime  $J.Kg^{-1}$ .

**Remarque :** Les changements d'état sont des **transformations réversibles**. Et donc La chaleur absorbée par un solide, à température et pression constantes, pour passer de l'état solide à l'état liquide (fusion) sera entièrement restituée au cours de la transformation inverse (solidification).



## 2 Le calorimètre :

Il existe plusieurs types de calorimètre (à glace, à résistance ...). Celui utilisé dans le TP sera le calorimètre adiabatique de Berthelot.



Un calorimètre est un dispositif destiné à mesurer les échanges de chaleur (calor = chaleur/mètre = mesure). Il isole thermiquement le système de l'extérieur, et est en général constitué d'un simple isolant, par exemple du polystyrène (bouteille thermos), ou mieux, de vide. Si le calorimètre est parfait, on peut supposer qu'il n'y a aucun transfert thermique avec l'extérieur : les transformations y sont adiabatiques. On y place un thermomètre pour suivre l'évolution de la température du système, et on suppose que la pression est toujours égale à la pression atmosphérique extérieure.

En tant que solide, le calorimètre est capable de capter et de stocker de l'énergie. On appellera  $\mu$  la valeur en eau du calorimètre. La capacité thermique du calorimètre est donc  $C_{\text{calorimètre}} = \mu c_e$ , avec  $c_e = 4.18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , la capacité thermique massique de l'eau.

## 3 Détermination de la valeur en eau du calorimètre :

**Bien agiter les mélanges et bien fermer le calorimètre pour de meilleurs résultats.**

### 3.1 Manipulation :

**Objectif :** Déterminer la capacité thermique  $C$  du calorimètre en  $\text{J} \cdot \text{C}^{-1}$  (on utilisera cette valeur dans la suite du TP).

**Matériel :** Calorimètre, agitateur, thermomètre, Eau chaude, eau froide, éprouvette graduée de 200 mL, plaque chauffante, bécher en Pyrex

- Faire chauffer de l'eau dans un bécher en Pyrex (attendre l'ébullition). Introduire une masse  $m_2 = 160 \text{ g}$  de cette eau très chaude dans le calorimètre. Introduire le volume correspondant avec l'éprouvette graduée. Attendre l'équilibre thermique et relever la température  $\theta_2$ .
- Préparer une masse  $m_1 \simeq 140 \text{ g}$  d'eau froide. Relever la température initiale  $\theta_1$  de l'eau froide.
- Verser rapidement l'eau froide dans le calorimètre. Agiter légèrement pour mélanger. Relever la température finale  $\theta_e$  lorsque l'équilibre thermique final est atteint.

**Homogénéiser le mélange en l'agitant.**

### 3.2 Exploitation :

1. Quel est l'intérêt que la face intérieure du **calorimètre**, soit métallisée alors que les métaux sont plutôt de bons conducteurs de chaleur ? Pour répondre, faire intervenir les modes de transfert de chaleur : voir cours.
2. Définir chaque système étudié c'est à dire les **objets** qui vont dégager ou absorber de la chaleur pendant l'expérience ?

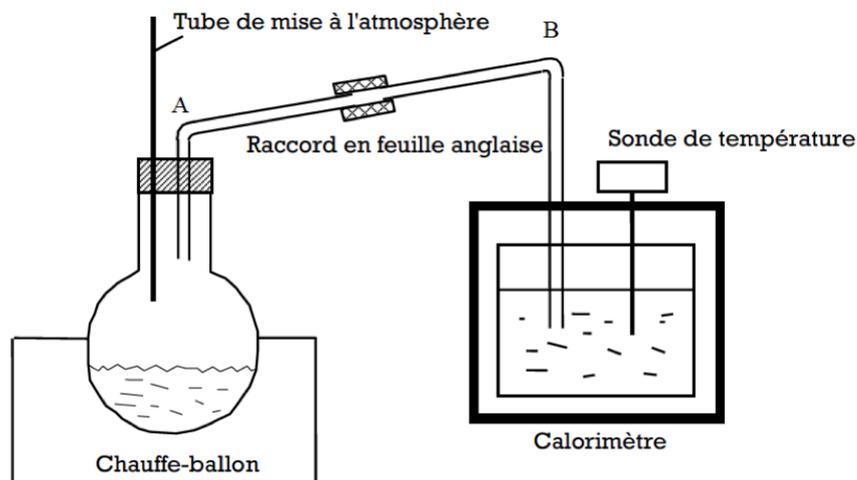
3. Donner l'expression de la quantité de chaleur dégagée ou absorbée par chacun de ces objets.
4. Déterminer la variation d'énergie interne du système lorsque l'état final d'équilibre du système (température finale, masse des différents corps présents dans le calorimètre). Ecrire l'équation calorimétrique (relation existant entre les quantités de chaleur échangées à l'intérieur du calorimètre), le système étant isolé thermiquement.
5. En déduire la capacité thermique  $C$  du calorimètre en  $J.C^{-1}$  (on utilisera cette valeur dans la suite du TP).

**Données :** Capacité thermique massique de l'eau :  $c_e = 4,18.10^3 J.kg^{-1}.K^{-1}$ ,  $\rho_{eau} = 1000 kg.m^{-3}$ .

## 4 Chaleur latente de vaporisation de l'eau :

### 4.1 Modes opératoires :

- ▶ Mesurer  $T_a$ , la température ambiante de la salle.
- ▶ Remplir le générateur de vapeur au trois quart d'eau à température ambiante.
- ▶ Fermer le générateur de vapeur à l'aide du bouchon en caoutchouc muni de deux sorties. L'une des sorties est fermée à l'aide d'un petit tube souple muni d'une pince.



**AB doit être incliné vers la chaudière !**

- ▶ A l'aide du tube souple relier la seconde sortie du générateur de vapeur au vase d'expansion. (Le vase d'expansion doit être surélevé par rapport au calorimètre)
- ▶ Insérer le tube souple muni d'un prolongateur en verre sur la seconde buse du vase d'expansion.
- ▶ Mettre en marche le générateur de vapeur.
- ▶ Déterminer  $M_{cal}$ , la masse du calorimètre vide. Le remplir à moitié d'eau froide (de température inférieure de  $10^\circ$  environs à la température ambiante  $T_a$ ).
- ▶ Mesurer  $T_i$  et  $M_{cal+eau}$ , la température de l'eau froide et la masse du calorimètre rempli d'eau.
- ▶ Quand la vapeur commence à apparaître, attendre que la buée dans le vase d'expansion disparaisse et introduire le prolongateur en verre dans le calorimètre à travers l'orifice du couvercle de celui-ci.
- ▶ Agiter continuellement le calorimètre en surveillant le thermomètre. Lorsque la température de l'eau du calorimètre voisine à la température ambiante initiale, retirer le prolongateur.
- ▶ Continuer à agiter l'eau avec le thermomètre et noter la température d'équilibre ( $T_f$ ) de l'eau dans le calorimètre.
- ▶ Repeser le calorimètre et noter sa nouvelle masse ( $M_f$ ).

- ▶ Déterminer la masse initiale  $M_{eau}$  de l'eau et la masse de la vapeur condensée  $M_c$ .
- ▶ Consigner vos mesures dans le tableau suivant :

$M_{cal}()$	$M_{cal+eau}()$	$M_f()$	$M_{eau}()$	$M_c()$	$T_a()$	$T_i()$	$T_f()$

## 4.2 Exploitation :

1. Ecrire le bilan des énergies thermiques mises en jeu et déterminer la chaleur latente de vaporisation de l'eau  $L_v$ .
2. La chaleur latente de vaporisation de l'eau est en réalité  $L_v = 2260kJ/kg$  :
  - (a) Quel est le pourcentage d'incertitude de votre résultat par rapport à la valeur théorique ?
  - (b) Essayer d'expliquer les raisons de cet écart.

## 5 Chaleur latente de fusion de la glace :

### 5.1 Modes opératoires :

- ▶ Mesurer  $T_a$ , la **température ambiante** de la salle.
- ▶ Déterminer  $M_{cal}$ , la masse du calorimètre vide.
- ▶ Remplir le calorimètre à moitié avec de l'eau à température supérieure à la température ambiante d'environ  $15^\circ\text{C}$ .
- ▶ Mesurer  $T_i$  la **température initiale** de l'eau.
- ▶ Déterminer la masse  $M_{cal+eau}$ , la masse du calorimètre rempli d'eau.
- ▶ Prendre des petits glaçons non mouillés (placés sur une éponge ou du papier absorbant) et les mettre un par un dans l'eau du calorimètre en agitant continuellement et en surveillant la température de l'eau.
- ▶ Relever la température à l'équilibre thermique  $T_f$ , la **température finale** : la glace doit être entièrement fondue et la température ne doit plus varier beaucoup.
- ▶ Immédiatement après avoir mesuré la température finale, peser de nouveau le calorimètre pour déterminer le poids final ( $M_f$ ).
- ▶ Déterminer  $M_g$  la masse de la glace ainsi que  $M_{eau}$  la masse initiale de l'eau.
- ▶ Consigner vos mesures dans le tableau suivant :

$M_{cal}()$	$M_{cal+eau}()$	$M_f()$	$M_{eau}()$	$M_g()$	$T_a()$	$T_i()$	$T_f()$

### 5.2 Exploitation :

1. Ecrire le bilan des énergies thermiques mises en jeu et déterminer la chaleur latente de fusion de la glace  $L_f$ .
2. La chaleur latente de fusion de la glace est en réalité  $L_f = 334kJ/kg$  :
  - (a) Quel est le pourcentage d'incertitude de votre résultat par rapport à la valeur théorique ?
  - (b) Essayer d'expliquer les raisons de cet écart.