

## TP TH : Mesures de grandeurs thermodynamiques

### Objectifs

L'objectif de ce TP est de mesurer des grandeurs thermodynamiques énergétiques : l'enthalpie massique de vaporisation  $h_{\text{vap}}$  de l'eau (paragraphe II), la capacité thermique massique de l'eau par une méthode électrique (paragraphe III) et l'enthalpie massique de fusion de la glace par la méthode des mélanges (paragraphe IV).

Même si l'isolation est forcément imparfaite, on négligera le transfert thermique de fuite reçu algébriquement par le calorimètre et son contenu du milieu extérieur. Cette approximation pourra être discutée en fin de TP.

À l'issue du TP, il s'agira de maîtriser les capacités suivantes :

- ★ *Mettre en oeuvre un capteur de température (thermomètre).*
- ★ *Mettre en oeuvre une technique de calorimétrie.*
- ★ *Mettre en oeuvre un protocole expérimental de mesure d'une grandeur thermodynamique énergétique (capacité thermique, enthalpie de fusion...).*

### I. Présentation du matériel

Le matériel utilisé pour ce TP est, par poste élève :

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> un calorimètre, de valeur en eau $\mu = 8,0 \text{ g}$ , | <input type="checkbox"/> un interrupteur ;                        |
| équipé d'un agitateur magnétique ;  | <input type="checkbox"/> un thermomètre ;                         |
| <input type="checkbox"/> une résistance chauffante de quelques ohms ;             | <input type="checkbox"/> un chronomètre ;                         |
| <input type="checkbox"/> une alimentation stabilisée ;                            | <input type="checkbox"/> de l'eau à température ambiante ;        |
|   | <input type="checkbox"/> des glaçons issus d'une machine à glace. |

### II. Tracé de la courbe d'équilibre liquide-vapeur dans le diagramme $P - T$

On souhaite tracer la courbe de vaporisation de l'eau pure dans le diagramme  $P - T$ .

On dispose, sur la paillasse du professeur d'un ballon tricol disposé sur un chauffe ballon et d'un bouchon rodé, d'une mesure de la pression et d'une mesure de la température à l'intérieur du ballon. On dispose de la pierre ponce au fond du ballon ainsi que 150 mL d'eau distillée.

Chauffer l'eau à ébullition bouchon ouvert. Attendre quelques minutes pour s'assurer que l'air présent dans le bouchon est saturé de vapeurs d'eau et boucher.

Maintenir tous les bouchons et retirer le chauffe ballon. Lancer alors l'acquisition à l'aide de Latis-Pro.

Remplacer le chauffe-ballon par un cristallisoir rempli d'eau froide et arrêter l'acquisition au bout de 15 minutes.

Pour exploiter la courbe obtenue expérimentalement, on propose de tracer la relation de Rankine

$$\ln \frac{P_{\text{sat}}}{p^\circ} = A - \frac{B}{T}$$

avec,  $B = \frac{h_{\text{vap}} M_{\text{eau}}}{R}$  et  $A = \frac{B}{T_0}$ ,  $M_{\text{eau}}$  la masse molaire de l'eau,  $R$  la constante des gaz parfaits,  $p^\circ$  la pression atmosphérique,  $h_{\text{vap}}$  est la chaleur latente de vaporisation, et  $T_0$  la température du changement d'état à température ambiante.

✎ En déduire une valeur de la chaleur latente de changement de vaporisation et de la température  $T_0$ .

### III. Mesure de la capacité thermique massique de l'eau liquide

#### 1. Principe de la mesure

Un calorimètre contient une masse  $m_1$  d'eau de capacité thermique massique  $c_e$  inconnue, à la température  $T_1$ . On note  $\mu$  la valeur en eau du calorimètre. Un conducteur ohmique plonge dans l'eau. Entre les instants  $t_1$  et  $t_2$ , il est alimenté par un courant d'intensité  $I$  et a une tension  $U$  à ses bornes. Soit  $\theta_2$  la température finale de l'eau.

✎ Déterminer l'expression de  $c_e$  en négligeant les fuites thermiques.

#### 2. Réalisation pratique

✎ Élaborer un protocole expérimental permettant de mesurer  $c_e$  (notations, schéma, théorie, étapes). On réfléchira en particulier au circuit électrique à réaliser, utilisant notamment un conducteur ohmique de quelques  $\Omega$  parcouru par un courant de 5 A environ.

**⚠ ne faire circuler du courant dans le conducteur ohmique que s'il est immergé dans de l'eau froide, il pourrait FONDRE !**

✎ Effectuer les mesures nécessaires.

✎ Récapituler les valeurs mesurées ainsi que leurs incertitudes dans un tableau. En déduire  $c_e$  et son incertitude. Écrire le résultat final en veillant à la cohérence des chiffres significatifs.

### IV. Mesure de l'enthalpie massique de fusion de l'eau

On souhaite mesurer, connaissant  $c_e$  et  $\mu$ , l'enthalpie massique de fusion de l'eau  $\Delta h_f$  en utilisant une méthode de mélanges.

✎ Élaborer un protocole expérimental permettant de mesurer  $\Delta h_f$  (notations, schéma, théorie, étapes).

✎ Effectuer les mesures nécessaires.

✎ Récapituler les valeurs mesurées ainsi que leurs incertitudes dans un tableau. On prendra pour  $c_e = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ , avec  $u(c_e)$  négligeable devant les autres incertitudes. En déduire  $\Delta h_f$  et son incertitude. Écrire le résultat final en veillant à la cohérence des chiffres significatifs.

## V. Ce qu'il faut retenir

Effectuer sur votre cahier de laboratoire un bilan de TP résumant :

- ★ *les propriétés physiques qui ont été mises en évidence,.*
- ★ *les lois physiques qui ont été démontrées ou utilisées,*
- ★ *les nouvelles fonctions des différents appareils auxquelles vous avez fait appel. Pour ces dernières, préciser leur rôle et les moyens de les activer.*