

Correction du TP

✂ Capacités exigibles

- ◇ Mettre en œuvre un protocole expérimental de mesure d'une grandeur thermodynamique énergétique

🎯 Objectifs

- ◇ Déterminer l'enthalpie de fusion de l'eau.

I S'approprier

On appelle enthalpie massique de fusion de l'eau, notée ℓ_F , l'enthalpie massique de changement d'état lorsqu'une unité de masse d'eau passe de l'état solide à l'état liquide, à pression et température constantes.

Données

- Pour une pression de 1 bar :
- ◇ $c_{\text{eau,L}} = 4,18 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$;
 - ◇ $c_{\text{eau,S}} = 2,10 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$;
 - ◇ $c_{\text{alu,S}} = 0,897 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$;
 - ◇ $C_{\text{calo}} = 61,8 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ (sans le vase en aluminium) ;
 - ◇ $\rho_{\text{eau,L}} = 1,00 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Matériel

- ◇ Calorimètre avec vase en aluminium et agitateur ;
- ◇ Thermomètre à alcool et sonde de température interfaçable avec l'ordinateur ;
- ◇ Balance de précision ;
- ◇ Éprouvette graduée ;
- ◇ Glaçons sortis du congélateur et stockés dans une glacière ;
- ◇ Eau liquide du robinet.

II Analyser

- Proposer un protocole expérimental permettant la mesure de l'enthalpie massique de fusion de l'eau, notée ℓ_F . En particulier, vous prendrez soin de réfléchir aux points suivants :
 - ◇ Comment préparer simplement de la glace à une température connue ?
 - ◇ Quelle quantité d'eau liquide est-il raisonnable de mettre dans le calorimètre ? À quelle température ?
 - ◇ Quelle quantité de glace est-il raisonnable de prendre ? Comment mesurer sa masse ?

Pensez à faire un schéma de la transformation et présenter le calcul à effectuer.

Réponse

On place une masse $m_0 \approx 40 \text{ g}$ de glaçons à $T_0 = 0^\circ\text{C}$ dans une masse $m_1 \approx 200 \text{ g}$ d'eau à $T_1 = 20^\circ\text{C}$ dans un vase de capacité $C_{\text{vase}} = m_{\text{vase}}c_{\text{alu}}$ à l'intérieur d'un calorimètre de capacité C_{calo} . Notre but est que **toute la glace ait fondu** à la fin de l'expérience ; en **mesurant** T_f **on déduit** ℓ_F : la baisse de température de l'eau provient de la chaleur latente de fusion de la glace.

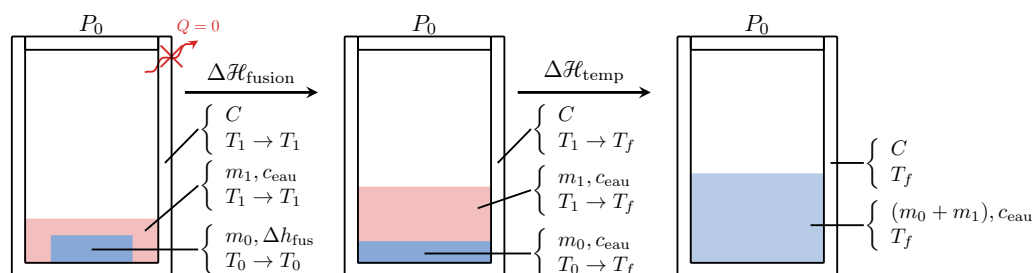


FIGURE TP28.1 – Schéma de la transformation pour fonte complète.

IsoP, isolé, additif $\Delta\mathcal{H} = \mathcal{Q} = 0 = \Delta\mathcal{H}_{\text{calo}}^{\text{tot}} + \Delta\mathcal{H}_{\text{eau}} + \Delta\mathcal{H}_{\text{glace}}$

$$\Leftrightarrow 0 = (C_{\text{calo}} + m_{\text{vase}}c_{\text{alu}} + m_1c_{\text{eau,L}})(T_f - T_1) + \underbrace{m_0\ell_F}_{\text{fonte}} + \underbrace{m_0c_{\text{eau,L}}(T_f - T_0)}_{\text{réchauffage de l'eau}}$$

$$\Leftrightarrow \ell_F = \frac{(C_{\text{calo}} + m_{\text{vase}}c_{\text{alu}} + m_1c_{\text{eau,L}})(T_1 - T_f)}{m_0} + c_{\text{eau,L}}(T_0 - T_f)$$

- ◇ Pour préparer de la glace à 0 °C, il suffit qu'elle soit en train de fondre (sous une pression de 1 bar). On peut donc préparer un mélange eau-glace en équilibre.
- ◇▷ On utilise une masse d'eau liquide (par exemple, [100 ; 200] g) suffisante pour recouvrir la glace et assurer une mesure précise, mais pas trop grande pour éviter de diluer l'effet thermique.
 - ▷ On utilise de l'eau à une température supérieure à 0 °C mais inférieure à 40 °C (par exemple, 25 °C), mesurée précisément avec un thermomètre, également pour éviter de diluer l'effet thermique.
- ◇ On ajuste la quantité de glace à la quantité d'eau. Il faut par contre la **peser précisément** ; on peut pour cela **peser le système avec l'eau avant d'introduire la glace, puis peser à nouveau après l'expérience**, une fois la glace fondue, pour en déduire la masse de glace introduite. Pour plus de précision, il faut utiliser un papier absorbant pour retirer l'eau de surface.
- ◇ On mesure régulièrement la température pour s'assurer d'avoir le moment de stabilité de la température finale T_f .

III Réaliser

- 2 Réaliser le protocole précédent. Comparer votre résultat de mesure de ℓ_F à la valeur attendue de 334 kJ·kg⁻¹.

Réponse

C'est ok.

- 3 (bonus) Adapter le protocole précédent pour un glaçon prélevé directement dans le congélateur du laboratoire.

Réponse

On doit prendre en compte le réchauffage de la glace de sa température initiale (typiquement, $T_i = -18$ °C) à la température de fusion. On trouve alors :

$$\Delta\mathcal{H} = \mathcal{Q} = 0 = \Delta\mathcal{H}_{\text{calo}}^{\text{tot}} + \Delta\mathcal{H}_{\text{eau}} + \Delta\mathcal{H}_{\text{glace}}$$

$$\Leftrightarrow 0 = (C_{\text{calo}} + m_{\text{vase}}c_{\text{alu}} + m_1c_{\text{eau,L}})(T_f - T_1) + \underbrace{m_0c_{\text{eau,S}}(T_0 - T_i)}_{\text{réchauffage de la glace}} + \underbrace{m_0\ell_F}_{\text{fonte}} + \underbrace{m_0c_{\text{eau,L}}(T_f - T_0)}_{\text{réchauffage de l'eau}}$$

$$\Leftrightarrow \ell_F = \frac{(C_{\text{calo}} + m_{\text{vase}}c_{\text{alu}} + m_1c_{\text{eau,L}})(T_1 - T_f)}{m_0} + c_{\text{eau,L}}(T_0 - T_f) + c_{\text{eau,S}}(T_i - T_0)$$