

T.P. N° 6 DETERMINATION DE CHALEURS SPECIFIQUES

OBJECTIFS

- Comprendre et mettre en œuvre une méthode calorimétrique
- Mesurer la chaleur spécifique d'un métal et de l'air dans des conditions thermodynamiques données

PARTIE 1. DETERMINATION DE LA CHALEUR SPECIFIQUE D' UN METAL À PRESSION CONSTANTE CP

1. PRINCIPE DE LA MESURE

- Un échantillon métallique, de masse $m_{\text{métal}}$ connue, est chauffé à l'aide d'eau bouillante, puis plongé dans de l'eau (m_{eau} connue) à température T_0 , contenue dans un calorimètre.
- Le calorimètre est un récipient en aluminium isolé par du polystyrène, muni d'un couvercle isolant et d'un agitateur permettant d'homogénéiser la température de l'eau.
- La qualité de l'isolation du calorimètre permet de négliger les fuites thermiques, donc de faire l'hypothèse que le calorimètre est quasi adiabatique. L'opération a lieu à pression atmosphérique supposée constante.
- L'équation calorimétrique permet de déduire le C_p du métal, si on connaît les différentes masses, les différentes températures, et la capacité thermique C du calorimètre :

- Le calorimètre est réchauffé par le métal : $Q_{\text{calo}} = C \cdot (T_{\text{finale}} - T_0)$

- L'eau est réchauffée par le métal : $Q_{\text{eau}} = C_{p \text{ eau}} \cdot (T_{\text{finale}} - T_0) \cdot m_{\text{eau}}$

- Le métal se refroidit : $Q_{\text{métal}} = C_{p \text{ métal}} \cdot (T_{\text{finale}} - T_{\text{métal}}) \cdot m_{\text{métal}}$

L'équation calorimétrique s'écrit :

$$Q_{\text{calo}} + Q_{\text{eau}} + Q_{\text{métal}} = 0$$

2. MATERIEL DISPONIBLE

- Un calorimètre et ses accessoires.
- Deux thermomètres
- Des échantillons métalliques

- Une balance
- Un stock d'eau à conserver à la température ambiante, loin d'une source de chaleur
- Un seau
- Un système de chauffage électrique
- Des béchers pour faire bouillir ou tiédir de l'eau

PRENDRE TOUTES PRECAUTIONS POUR NE PAS SE BRULER

3. PROCEDURES EXPERIMENTALES

3.1 Thermalisation du calorimètre à la température ambiante

Si le calorimètre est ouvert, sec, vide et loin d'une source de chaleur depuis plus de 10 minutes, alors sa température est la température ambiante.

Sinon, vider le calorimètre de l'eau qu'il contient éventuellement puis verser dans le calorimètre environ 200 ml d'eau thermalisée à l'ambiante et l'y laisser pendant 5 minutes. Après ce délai jeter l'eau.

- Pour thermaliser le **calorimètre vide** : **sécher le calorimètre** puis attendre un nouveau délai de 5 minutes, le calorimètre est alors thermalisé à l'ambiante.
- Pour thermaliser le **calorimètre et son eau** : **reverser** dans le calorimètre environ 200 ml d'eau thermalisée à l'ambiante. Après un nouveau délai de 5 minutes, le calorimètre et son eau sont thermalisés à l'ambiante.

3.2 Estimation de la chaleur spécifique d'un échantillon de métal

Choisir un des métaux proposés (éviter les alliages !).

Mode opératoire, à répéter DEUX FOIS :

- Peser le calorimètre et ses accessoires (couvercle, agitateur et thermomètre), noter la masse m_1
- Peser l'échantillon, noter $m_{\text{métal}}$.
- Thermaliser à la température ambiante le calorimètre contenant environ 200 mL d'eau. Noter T_0 .
- Dans le bécher contenant des billes de verre, faire bouillir de l'eau. Placer dans l'eau l'échantillon de métal, avec son fil à dépasser. Le métal ne doit pas toucher le verre.
- Laisser l'échantillon métallique au moins 5 minutes dans l'eau bouillante.

- Mesurer la pression atmosphérique du jour, soit **P₀ en hPa**. Déterminer la température d'ébullition de l'eau, qui sera aussi la température initiale du métal :

$$T_i = 100 + 0.0276 \times (P_0 - 1013) - 0.000017 \times (P_0 - 1013)^2$$

avec **P₀ en hPa**

- Très rapidement, déplacer le métal dans le calorimètre. Fermer et agiter doucement.
- Suivre l'évolution de la température et noter la température maximale assimilée à la température de mélange **T_{finale}**. Bien attendre la stabilisation de la température.
- Peser le calorimètre avec son eau, ses accessoires et le métal, noter la masse m₂.
- Calculer alors la masse d'eau utilisée m_{eau} = m₂ - m₁ - m_{métal}
- Vider l'eau et recommencer l'expérience.

Exploitation des mesures

- Ecrire l'équation calorimétrique (voir au I, principe de la mesure)
- Dédire l'expression littérale de C_{P métal} en fonction de m_{eau}, C, T_{finale}, T₀, m_{métal} et T_i.
- La capacité thermique du calorimètre est donnée par le fabricant : C = 70 J/K
- Présenter les résultats des mesures et les calculs dans un tableau
- Calculer C_{P métal} moyen.

3.3 Comparaison avec les données disponibles

- A partir des données disponibles (classeur de labo.), tracer la courbe C_{P métal} = f(T).
- Placer votre résultat C_{P métal} sur ce graphe
- Commenter, conclure.
- La loi de Dulong et Petit indique que la chaleur spécifique **molaire** d'un métal est de l'ordre de 25 J.mol⁻¹.K⁻¹. Cette loi est-elle vérifiée ?

4. CONCLUSION

- Commenter les procédures suivies
- Faire une analyse des causes d'erreur éventuelles et proposer des améliorations de procédure souhaitables.

PARTIE 2. DETERMINATION DE LA CHALEUR SPECIFIQUE DE L'AIR À PRESSION CONSTANTE - CP - AVEC LE BANC DE CLIMATISATION DELTALAB A660

1. PRINCIPE DE LA MESURE

- Dans une veine fluidique, une masse de gaz est préalablement chauffée électriquement pendant un laps de temps.
- L'augmentation de température du gaz aura pour conséquence une variation de son enthalpie.
- La chaleur spécifique à pression constante (C_p) est calculée à partir de l'équation de la conservation de l'énergie du gaz, à condition que son débit et les conditions hygrométriques (teneur en eau) soient stabilisés

Schéma en salle de TP

2. TRAVAIL PREPARATOIRE AU TP

Pré requis

- 1^{er} principe de la thermodynamique
- Chaleur spécifique, chaleur spécifique molaire, capacité thermique.

3. MATERIEL DISPONIBLE

- se reporter aux TP N° 1 et TP N° 2

4. PROCEDURES EXPERIMENTALES

Le compresseur **doit être à l'arrêt**

- 4.1 - Ramener le niveau du liquide du manomètre incliné à zéro.
- 4.2 - Noter la tension d'alimentation du banc U_{alim} .
- 4.3 - Appliquer une tension de 100 V aux bornes du ventilateur, d'où un certain débit défini par la pression différentielle ΔP en mmH₂O lue sur le manomètre incliné.
- 4.4 - Alimenter les résistances de préchauffage, sous U_{alim} .
- 4.5 – Attendre la stabilité du système.

5. TRAVAIL EXPERIMENTAL DEMANDE

Lorsque l'équilibre thermique est atteint, on relèvera les paramètres suivants :

- les températures T_1 et T_3 .
- les températures T_7 et l'humidité relative en sortie de veine, avec l'hygromètre, pour déterminer v en sortie de veine.
- la pression différentielle: ΔP en mmH₂O
- la tension d'alimentation du banc : U_{alim} en V
- la tension d'alimentation du ventilateur : U_v en V
- la pression atmosphérique : P_0 mbar

Calcul de la chaleur spécifique à pression constante de l'air :

Le calcul de la chaleur spécifique du gaz est déterminé par l'équation de la conservation de l'énergie suivante (par unité de temps), soit :

$$(P_{\text{ventilo}}) + (P_{\text{préch}}) = (P_{\text{reçue par le gaz}}) = \dot{m}/dt C_p \Delta T$$

avec :

$$\dot{m}_{\text{air}} = 0,0517 \sqrt{\frac{\Delta P}{\nu}} \quad \text{en (kg d'air sec/s)}$$

P_{ventilo} : puissance fournie par le ventilateur

La variation de cette puissance en fonction de la tension appliquée au ventilateur est la suivante : $P(U_v) = -210^{-5} U_v^3 + 75 \cdot 10^{-4} U_v^2 + 0,3929 U_v$

$P_{\text{préch}}$: puissance fournie aux résistances de préchauffage. Elle dépend de la tension d'alimentation du banc et des valeurs des résistances considérées.

$P_{\text{reçue par le gaz}}$: elle dépend du débit massique du gaz, de sa chaleur spécifique à pression constante et de la variation de sa température.

On calculera la chaleur spécifique à pression constante (en $\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$) du gaz pour la section AB.

Répéter l'opération en augmentant la tension aux bornes du ventilateur. **Récapituler mesures et calculs dans un tableau unique.** En déduire la valeur moyenne du C_p (unité), et comparer à la valeur théorique que l'on calculera à partir des données ci-dessous.

Substance	C_p ($\text{J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$)
Oxygène	29,4
Azote	29,1