

TP 17 : LA THERMODYNAMIQUE

I/ Comment varie l'énergie d'un corps en fonction de l'énergie reçue ?

A/ Comment varie la température d'une masse d'eau en fonction de l'énergie reçue ?

Matériel : On dispose :

- d'un calorimètre muni d'un thermoplongeur
- d'un thermomètre à affichage digital
- d'un joulemètre
- d'un générateur réglé à 12 V
- d'eau 400 mL

Un calorimètre est une enceinte fermée isolée du milieu extérieur.

Manipulation :

- Réaliser le montage en insérant un joulemètre dans le circuit reliant le générateur et le thermoplongeur (résistance 4 Ω).
- Relever la température initiale ϑ_i en $^{\circ}\text{C}$: $\vartheta_i = \dots\dots 29,8^{\circ}\text{C}$
- Mettre le générateur sous tension et déclencher le joulemètre.
- Toutes les 30 s, relever la température ϑ de l'eau et l'énergie Q (en J) reçue. Noter vos résultats dans le tableau ci-dessous.

Temps (s)	30	60	90	120	150	180	210	240	270
Energie reçue Q(J)	1248	2405	348	453	571	684	794	906	1020
Température ($^{\circ}\text{C}$)	29,8	30,0	30,1	30,3	30,5	30,7	30,8	31,1	31,9
Variation de température $\Delta\theta = \theta - \theta_i$ ($^{\circ}\text{C}$)	0	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,3	2,1

Exploitation :

- Compléter la dernière ligne du tableau.
- Saisir les valeurs de Q et de $\Delta\theta$ sous REGRESSI. Tracer le graphe représentant Q en fonction de $\Delta\theta$.
- Effectuer une modélisation. Imprimer le graphe et la modélisation.
- D'après les résultats précédents, peut-on dire que l'énergie reçue Q est proportionnelle à la variation de température $\Delta\theta$? Justifier votre réponse.

B/ Pour une même variation de température, l'énergie reçue dépend-elle de la masse d'eau ?

Matériel : On dispose du même matériel que pour le I/+ 1 balance et un bécher de 250 mL.

Manipulation : Le montage est le même !

- Vider le calorimètre de son eau.
- Peser le calorimètre vide (sans thermoplongeur ni thermomètre). Effectuer la tare.
- Verser 400 g (ou 500 g ou 600 g) d'eau dans le calorimètre.
- Refaire le montage de l'activité 1.
- Relever la température initiale : $\vartheta_i = \dots\dots 33,2^{\circ}\text{C}$
- Mettre le générateur sous tension et déclencher le joulemètre.
- Relever l'énergie Q lorsque la température s'est élevée de 5°C .

- Noter le résultat dans le tableau ci-dessous et compléter les valeurs obtenues par les autres groupes pour des masses différentes.

Masse d'eau (g)	400	500	600
Energie Q reçue (J)	$8,62 \cdot 10^3$	$11,67 \cdot 10^3$	$13,77 \cdot 10^3$
Rapport Q/m	21550	23340	22850

Exploitation :

- Calculer dans chaque cas le rapport Q/m et compléter la dernière ligne du tableau.
- Peut-on dire que l'énergie reçue est proportionnelle à la masse d'eau m ?

$$\frac{Q}{m} = \text{constante, donc } Q \text{ proportionnel à } m$$

Conclusion : Quel type de relation existe-t-il entre l'énergie reçue par un corps, sa masse et la variation de température ? On en déduit : $Q = m \cdot \Delta\theta$

II/ Détermination de la capacité thermique massique d'un calorimètre par la méthode des mélanges

Matériel : On dispose :

- d'un calorimètre
- d'un thermomètre à affichage digital
- d'un bécher de 250 mL
- d'une balance
- d'un bec électrique
- d'eau distillée
- d'un gant antichaleur

Manipulation :

- Peser le calorimètre muni de ses accessoires (thermomètre + agitateur)

$$m_c = \dots 751 \text{ g} \dots$$

- Enlever le couvercle et les accessoires du calorimètre. Effectuer la tare avec le calorimètre vide. Y verser environ 250 mL d'eau. Relever la valeur de la masse d'eau.

$$m_1 = \dots 252 \text{ g} \dots$$

- Mesurer la température de l'eau introduite.

$$\theta_1 = \dots 27,3^\circ \text{C} \dots$$

- Peser le bécher vide et effectuer la tare. Y verser environ 250 mL d'eau. Déterminer par pesée la masse d'eau ainsi préparée.

$$m_2 = \dots 250 \text{ g} \dots$$

- Chauffer l'eau du bécher jusqu'à une température θ_2 d'environ 50°C . Relever la température avant la manipulation suivante :

$$\theta_2 = \dots 46,2^\circ \text{C} \dots$$

- Verser rapidement l'eau chaude dans le calorimètre. Fermer le calorimètre et agiter. La température évolue rapidement vers une valeur d'équilibre. Relever cette température θ_f .

$$\theta_f = \dots 36,7^\circ \text{C} \dots$$

Exploitation

1- Calculer l'énergie échangée par l'eau froide : $Q_1 = m_1 \times c_{\text{eau}} \times (\theta_f - \theta_1)$

Données : $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$

Quel est le signe de Q_1 ? L'eau froide gagne-t-elle ou perd-elle de l'énergie ?

2- Calculer l'énergie échangée par l'eau chaude : $Q_2 = m_2 \times c_{\text{eau}} \times (\theta_f - \theta_2)$

Quel est le signe de Q_2 ? L'eau chaude gagne-t-elle ou perd-elle de l'énergie ?

3- Comparer Q_1 et $|Q_2|$.

La différence d'énergie est fournie au calorimètre.

Dans une enceinte isolée, la somme des énergies échangées est nulle.

4- En notant Q_c , l'énergie reçue par le calorimètre, écrire la relation entre Q_1 , Q_2 et Q_c .

5- En déduire la valeur de Q_c .

6- Sachant que $Q_c = m_c \times c_{\text{calo}} \times (\theta_f - \theta_1)$ avec c_{calo} : capacité thermique massique du calorimètre, déterminer l'expression de c_{calo} puis sa valeur.

III/ Les échanges thermiques

Peser le vase du calorimètre en aluminium et noter la masse : $m = 21,8 \text{ g}$

Relever la température extérieure initiale T_{exti} : $T_{\text{exti}} = 21,1 \text{ °C}$

Chauffer environ 200 mL d'eau jusqu'à 50-60°C.

Placer cette eau dans un récipient métallique (le vase du calorimètre en aluminium), avec sonde de température.

Faire l'acquisition de la température en fonction du temps pendant 15 à 20 min.

Relever la température extérieure finale T_{extf}

Tracer et modéliser les courbes $T(t)$ et $\ln(T - T_{\text{ext}})$.

Calculer k à partir des données.

Commenter le résultat obtenu.

Données

1) L'évolution de la température T d'un système solide ou liquide non calorifugé, dont la puissance thermique perdue P_{th} est modélisée par la **loi de Newton** : $P_{\text{th}} = \alpha(T_{\text{ext}} - T)$ où T_{ext} est la température extérieure, α une constante, est donné par la fonction :

$$T(t) = (T_0 - T_{\text{ext}}) \cdot \exp\left(\frac{-\alpha}{k}t\right) + T_{\text{ext}}$$

2) On notera $T_{\text{ext}} = \frac{T_{\text{exti}} - T_{\text{extf}}}{2}$

3) $k = m_{\text{eau}} c_{\text{eau}} + m_{\text{récipient}} c_{\text{récipient}}$

4) $c_{\text{eau}} = 4185 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ et $c_{\text{aluminium}} = 897 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$