



T.P : T.S.

Calorimétrie.

(D'après un TP de Mr Daini site labotp.org)

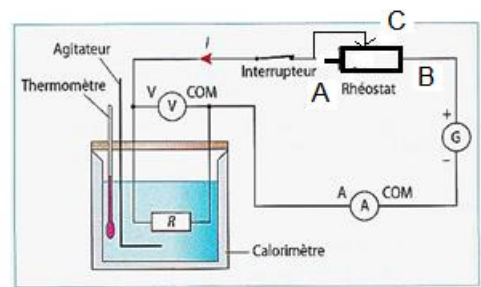
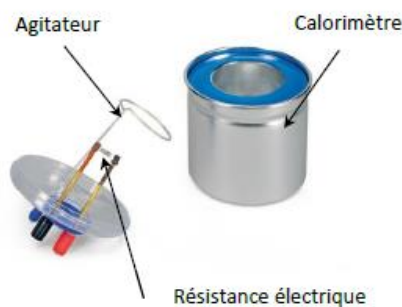
L'eau liquide est une phase condensée. Lorsqu'elle reçoit un transfert thermique, sa température augmente et donc son énergie interne augmente aussi. **Comment relier la variation d'énergie interne de l'eau à sa variation de température ?**

I – EXPERIENCE

Pour mesurer les transferts thermiques mis en jeu au cours d'échanges thermiques ou de transformations chimiques, on peut utiliser un **calorimètre**. Il s'agit d'une enceinte thermiquement isolée du milieu extérieur. Un calorimètre comprend généralement un système d'agitation et un thermomètre.

Un calorimètre est dit idéal si son contenu n'échange pas d'énergie thermique avec l'extérieur. On se placera dans ce cas.

Peser précisément une masse m_{eau} d'eau distillée à température ambiante correspondant à un volume d'environ 140 mL. La verser dans un calorimètre contenant une résistance chauffante à immersion (thermoplougeur), un agitateur et un thermomètre.



Réaliser le circuit représenté sur le schéma précédent en réglant le générateur de tension à 6 V . Régler l'ampèremètre sur le plus fort calibre (10 A continu). **Attention** le rhéostat présente 2 bornes noires A et B tel que la résistance $R_{AB} = R_{\text{max}} = 100 \Omega$. Elle comporte également une borne rouge C reliée à un curseur. La résistance entre la borne C et B est comprise entre : $0 \Omega < R_{BC} < R_{AB} = 100 \Omega$ suivant la position du curseur. En reliant le circuit entre les bornes R et C et en déplaçant le curseur on peut donc faire varier la résistance dans le circuit et par conséquent l'intensité qui le traverse. **Faire vérifier le montage.**

* Fermer l'interrupteur, déplacer ensuite le curseur de manière à régler l'intensité du courant à une valeur d'intensité $i = 2 \text{ A}$. Noter la valeur de l'intensité exacte du courant sur votre compte rendu. Ouvrir l'interrupteur. Mesurer la température initiale θ_0 de l'eau. Fermer l'interrupteur en déclenchant simultanément le chronomètre. Mesurer et noter la tension U aux bornes de la résistance.

* **En agitant l'eau en permanence**, relever la température θ de l'eau toutes les minutes (pendant 15 minutes environ) et consigner les résultats dans le tableau suivant :

$\Delta t(\text{s})$																			
$\theta(^{\circ}\text{C})$																			
$\Delta\theta = \theta - \theta_0$																			

Eteindre les appareils de manière à économiser les piles : l'environnement vous remercie !!!!!!!!

II – EXPLOITATION DES RESULTATS

Info : la variation d'énergie interne ΔU_S d'un système macroscopique fermé S, qui échange avec le milieu extérieur du travail W et du transfert thermique Q est égale à : $\Delta U_S = W_S + Q_S$.

W_S et Q_S sont comptés **positivement** s'ils sont **reçus** par le système S du milieu extérieur.

W_S et Q_S sont comptés **négativement** s'ils sont **cédés** par le système S au milieu extérieur.

Info : Soit U la tension aux bornes d'une résistance et I l'intensité qui la traverse. La puissance électrique P consommée par une résistance est $P = U.I$. Le travail électrique reçu par la résistance pendant la durée Δt est

$W = P. \Delta t.$

1. On considère le système {résistance} : schématiser les échanges énergétiques entre ce système et l'extérieur en indiquant la nature et le signe des transferts d'énergies.

2. Exprimer le travail électrique W_{res} reçu par la résistance en fonction de U , I et de la durée Δt .
3. On admet que tout le travail électrique W_{res} reçu par la résistance est intégralement transformé en énergie thermique Q_{res} : que vaut alors la variation d'énergie interne de la résistance notée ΔU_{res} ?
4. Soit le système {eau + calorimètre} : ce système reçoit le transfert thermique cédé par la résistance.
 - a. Schématiser les échanges énergétiques entre ce système et l'extérieur.
 - b. En déduire une relation entre la variation d'énergie interne $\Delta U_{\text{eau+cal}}$ du système et Δt .
5. Dans un tableau, faire calculer les valeurs de $\Delta U_{\text{eau+cal}}$ à partir des valeurs du tableau.
6. Dans le tableau, tracer le graphe $\Delta U_{\text{eau+cal}}$ en fonction de $\Delta \Theta$. Commenter l'allure du graphe.
7. Déterminer la valeur et l'unité du coefficient directeur k du graphe précédent.

Info : la variation d'énergie interne d'une phase condensée X (solide ou liquide) ΔU_X de masse m_X et de capacité thermique massique C_X dont la température varie de $\Delta \Theta$ s'écrit : $\Delta U_X = m_X \cdot C_X \cdot \Delta \Theta$

8. On note respectivement c_{Al} et c_{eau} les capacités thermiques massique du calorimètre (en aluminium) et de l'eau (en $\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$). Exprimer, littéralement, les transferts thermiques Q_{cal} et Q_{eau} reçus par le calorimètre, (de masse m_{cal}) et l'eau. En déduire l'expression de $\Delta U_{\text{eau+cal}}$.
9. Montrer alors que $k = m_{\text{cal}} \cdot c_{\text{Al}} + m_{\text{eau}} \cdot c_{\text{eau}}$. En déduire une valeur expérimentale de c_{eau} . (Donnée : $c_{\text{Al}} = 0,897 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$).
10. Les tables donnent $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$. Comparer la valeur expérimentale obtenue à celle des tables. Comment expliquer une éventuelle différence entre les deux valeurs ?
11. Rassembler les résultats de tous les groupes et calculer une valeur moyenne ainsi que l'écart-type σ_{n-1} .

L'incertitude de répétabilité sur c_{eau} est donnée par la relation : $U(c_{\text{eau}}) = k \cdot \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$ où n est le nombre de mesures de c_{eau} et k le coefficient de Student donné dans le tableau ci-dessous.

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$k_{95\%}$	12,7	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26	2,23	2,20	2,18	2,16	2,15	2,13
$k_{99\%}$	63,7	9,93	5,84	4,60	4,03	3,71	3,50	3,36	3,25	3,17	3,11	3,06	3,01	2,98	2,95

En considérant un niveau de confiance de 99 % exprimer c_{eau} sous la forme : $c_{\text{eau}} = c_{\text{eau} \cdot \text{moy}} \pm U(c_{\text{eau}})$.

T.P : n°.

Calorimétrie.

-Calorimètre

- Balance

-éprouvette graduée 150 mL

- Thermomètre

-multimètre

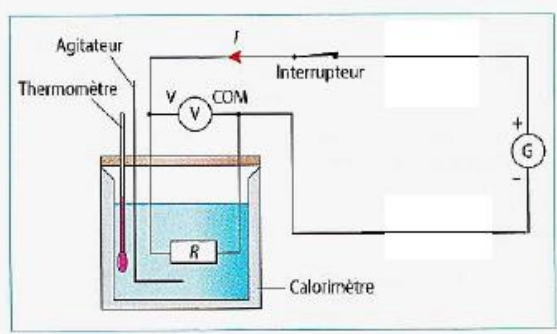
-générateur 6V/12V

-Interrupteur

-Chronomètre

Correction.

I – EXPERIENCE



Δt (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
θ (°C)	20,4	20,6	22,6	24,0	25,3	26,5	27,8	28,9	30,1	31,3	32,4	33,4	34,5	35,7	36,8	37,9
$\Delta\theta = \theta - \theta_0$ (°C)	0	0,2	2,2	3,6	4,9	6,1	7,4	8,5	9,7	10,9	12,0	13,0	14,1	15,3	16,4	17,5

$$U = 5,36 \text{ V ;}$$

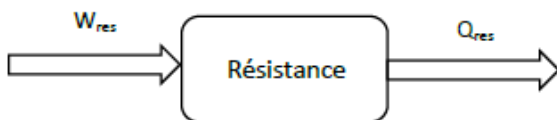
$$I = 2,54 \text{ A.}$$

$$m_{\text{eau}} = 143,1 \text{ g.}$$



II – EXPLOITATION DES RESULTATS

1. On considère le système {résistance} : la résistance reçoit le travail électrique W_{res} et cède de l'énergie thermique Q_{res} , d'où le schéma du bilan énergétique :

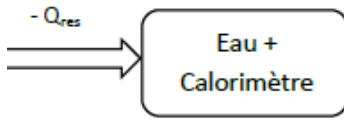


Avec $W_{\text{res}} > 0$ et $Q_{\text{res}} < 0$.

2. Le travail électrique W_{res} reçu par la résistance est : $W_{\text{res}} = U \times I \times \Delta t$.

3. On admet que tout le travail électrique W_{res} reçu par la résistance est intégralement transformé en énergie thermique Q_{res} : dans ce cas $W_{\text{res}} = - Q_{\text{res}}$ et $\Delta U_{\text{résistance}} = W_{\text{res}} + Q_{\text{res}} = 0$. La variation d'énergie interne de la résistance est nulle.

4. a. On considère le système {eau + calorimètre} : le système reçoit le transfert thermique $- Q_{\text{res}}$ de la part de la résistance d'où :

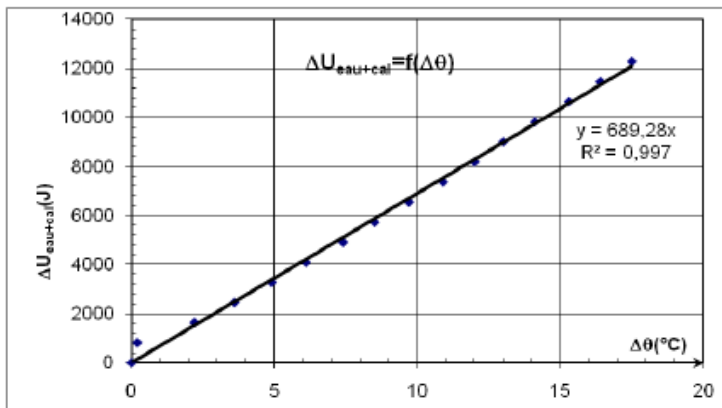


b. $\Delta U_{\text{eau+cal}} = - Q_{\text{res}} = W_{\text{res}}$ soit $\Delta U_{\text{eau}} = U \times I \times \Delta t$.

5. En convertissant Δt en s on calcule avec les valeurs de U et I les valeurs de ΔU_{eau} :

Δt (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
θ (°C)	20,4	20,6	22,6	24,0	25,3	26,5	27,8	28,9	30,1	31,3	32,4	33,4	34,5	35,7	36,8	37,9
$\Delta \theta = \theta - \theta_0$ (°C)	0	0,2	2,2	3,6	4,9	6,1	7,4	8,5	9,7	10,9	12,0	13,0	14,1	15,3	16,4	17,5
$\Delta U_{\text{eau}} (J)$	0	819	1634	2450	3627	4084	4901	5718	6535	7352	8169	8985	9802	10619	11436	12253

6. Tracé du graphe $\Delta U_{\text{eau+cal}} = f(\Delta \theta)$.



Le graphe est une droite passant par l'origine donc $\Delta U_{\text{eau+cal}}$ est proportionnel à $\Delta \theta$.

7. En modélisant avec Excel® le graphe par une fonction linéaire, le coefficient directeur k vaut $689 \text{ J} \cdot \text{°C}^{-1}$.

8. On a : $Q_{\text{eau}} = m_{\text{eau}} \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta \theta$ et $Q_{\text{cal}} = m_{\text{cal}} \cdot c_{\text{Al}} \cdot \Delta \theta$

Donc $\Delta U_{\text{eau+cal}} = Q_{\text{eau}} + Q_{\text{cal}} = (m_{\text{eau}} \cdot c_{\text{eau}} + m_{\text{cal}} \cdot c_{\text{Al}}) \cdot \Delta \theta$

9. La modélisation du graphe donne : $\Delta U_{\text{eau+cal}} = k \cdot \Delta \theta$.

Par identification avec l'expression : $\Delta U_{\text{eau+cal}} = (m_{\text{eau}} \cdot c_{\text{eau}} + m_{\text{cal}} \cdot c_{\text{Al}}) \cdot \Delta \theta$

on a : $k = m_{\text{Cal}} \cdot c_{\text{Al}} + m_{\text{eau}} \cdot c_{\text{eau}}$

On mesure $m_{\text{Cal}} = 31,3 \text{ g}$.

$$c_{\text{eau}} = \frac{k - C_{\text{cal}}}{m_{\text{eau}}} = \frac{689 - 31,3 \times 0,897}{143,1} = 4,62 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$$

10. Les tables donnent $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$ ce qui donne un écart relatif de 10,5 %.

Cet écart relatif peut s'expliquer par les hypothèses faites qui ne sont pas parfaitement réalisées :

- $\Delta U_{\text{res}} = W_{\text{res}} + Q_{\text{res}} = 0$: tout le travail électrique reçu par la résistance n'est pas intégralement transformé en transfert thermique

- $\Delta U_{\text{eau+cal}} = - Q_{\text{res}}$: tout le travail électrique reçu par la résistance ne sert pas intégralement à faire augmenter l'énergie interne de l'eau et du calorimètre ;

- Calorimètre parfaitement isolé.

11. Résultats des mesures des élèves pour c_{eau} en $\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$.

5,1 ; 5,06 ; 4,23 ; 4,57 ; 4,57 ; 4,35 ; 4,71 ; 4,10 ; 4,62 ;

Moyenne : $c_{\text{eau, moy}} = 4,59 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$.

Ecart-type : $\sigma = 0,36 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$.

Incertitude : $U = 0,45 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$.

Donc : $c_{\text{eau}} = 4,59 \pm 0,45 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$ soit $4,14 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} < c_{\text{eau}} < 5,04 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$.

La valeur donnée dans les tables $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$ est comprise dans l'intervalle précédent.