

TP 27 : Transferts thermiques-Mesures calorimétriques

Correction

Évaluation par compétences	Compétences évaluées	Indicateurs de réussite	A	B	C	D
	S'approprier	Savoir utiliser les informations fournies dans les différents documents pour écrire l'expression littérale et numérique, l'équation calorimétrique modélisant la situation proposée dans la problématique.				
	Analyser	Savoir analyser les équations calorimétriques afin d'expliquer la nature et le sens des transferts thermiques.				
	Réaliser	Savoir effectuer une série de mesures de manière organisée et rigoureuse. Savoir utiliser le logiciel Regressi pour tracer les graphiques. Savoir réaliser les calculs pour déterminer les capacités thermiques et la chaleur latente.				
	Valider	Savoir justifier la date correspondant à la stabilisation de la température à partir des courbes $\theta = f(t)$ (asymptote).				
	Communiquer	Rédiger avec rigueur et clarté le compte-rendu. Présenter des tableaux de valeurs et des graphiques avec clarté. Les résultats sont présentés avec leurs unités.				
			Note (en point entier)	/ 20 points		

TP 27 : Transferts thermiques-Mesures calorimétriques

Correction

Évaluation par compétences	Compétences évaluées	Indicateurs de réussite	A	B	C	D
	S'approprier	Savoir utiliser les informations fournies dans les différents documents pour écrire l'expression littérale et numérique, l'équation calorimétrique modélisant la situation proposée dans la problématique.				
	Analyser	Savoir analyser les équations calorimétriques afin d'expliquer la nature et le sens des transferts thermiques.				
	Réaliser	Savoir effectuer une série de mesures de manière organisée et rigoureuse. Savoir utiliser le logiciel Regressi pour tracer les graphiques. Savoir réaliser les calculs pour déterminer les capacités thermiques et la chaleur latente.				
	Valider	Savoir justifier la date correspondant à la stabilisation de la température à partir des courbes $\theta = f(t)$ (asymptote).				
	Communiquer	Rédiger avec rigueur et clarté le compte-rendu. Présenter des tableaux de valeurs et des graphiques avec clarté. Les résultats sont présentés avec leurs unités.				
			Note (en point entier)	/ 20 points		

Correction détaillée page suivante.



Expérience 1 : Capacité thermique d'un vase calorimétrique par la méthode des mélanges.

Objectif : Déterminer la capacité thermique C ($J.K^{-1}$) du calorimètre.

Données :

L'équation calorimétrique s'écrit : $m_a \cdot c_{eau} (\theta_f - \theta_a) + m_b \cdot c_{eau} (\theta_f - \theta_b) + C (\theta_f - \theta_a) = 0$ pour un système adiabatique.

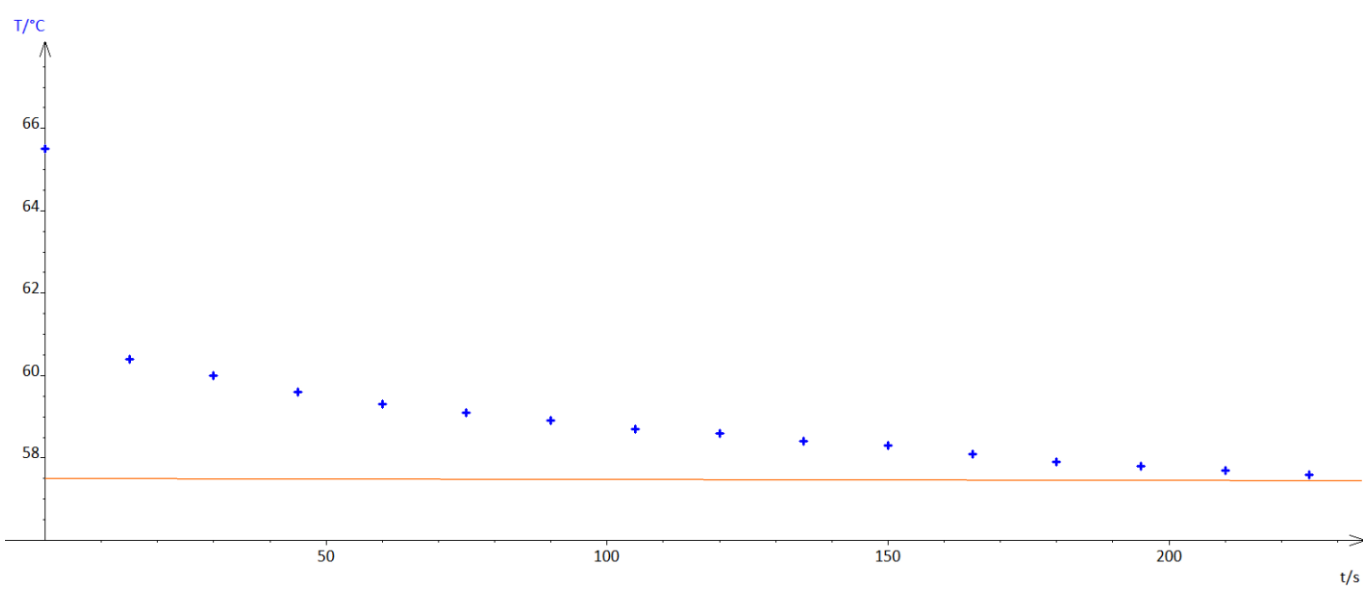
Adiabatique : Se dit d'une transformation au cours de laquelle un système de corps n'échange pas de chaleur avec le milieu environnant ; relatif à une telle transformation.

Données expérimentales à relever pendant l'expérience :

Masse d'eau chaude initialement présente dans le calorimètre	$m_a = 199,6$ g
Température initiale "stabilisée"	$\theta_a = 65,5$ °C
Masse d'eau froide que l'on introduira dans le calorimètre	$m_b = 150,5$ g
Température initiale de l'eau froide.	$\theta_b = 23,7$ °C
Température finale "stabilisée" du système	$\theta_f = 48,9$ °C
Capacité thermique massique de l'eau	$c_{eau} = 4\,186$ J.K ⁻¹ .kg ⁻¹

Temps (min s)	0	15 s	30 s	45 s	1 min	1 min 15 s	1 min 30 s	1 min 45
θ (°C)	65,5	60,4	60,0	59,6	59,3	59,1	58,9	58,7
Temps (min s)	2 min	2 min 15 s	2 min 30 s	2 min 45 s	3 min	3 min 15 s	3 min 30 s	3 min 45 s
θ (°C)	58,6	58,4	58,3	58,1	57,9	57,8	57,7	57,6

- Graphique $\theta = f(t)$



Le tracé de l'asymptote indique que la température stabilisée est égale à $\theta_f = 57,5$ °C

- Equation calorimétrique :

$$m_a \cdot c_{eau} (\theta_f - \theta_a) + m_b \cdot c_{eau} (\theta_f - \theta_b) + C (\theta_f - \theta_a) = 0$$

- Capacité thermique du calorimètre :

$$C = - \frac{[m_a \cdot c_{eau} (\theta_f - \theta_a) + m_b \cdot c_{eau} (\theta_f - \theta_b)]}{(\theta_f - \theta_a)}$$

$$C = - \frac{199,6 \times 10^{-3} \times 4186 \times (57,5 - 65,5) + 150,5 \times 10^{-3} \times 4186 \times (57,5 - 23,7)}{(57,5 - 65,5)}$$

$$C = 1,83 \times 10^3 \text{ J.K}^{-1}$$

Expérience 2 : Capacité thermique massique d'un solide par la méthode des mélanges.

Objectif : Déterminer la capacité thermique massique c_m ($J.K^{-1}.kg^{-1}$) du métal.

Données :

L'équation calorimétrique s'écrit : $m_a.C_{eau} (\theta - \theta_b) + m_b.C_m (\theta - \theta_a) + C (\theta - \theta_a) = 0$ pour un système adiabatique.

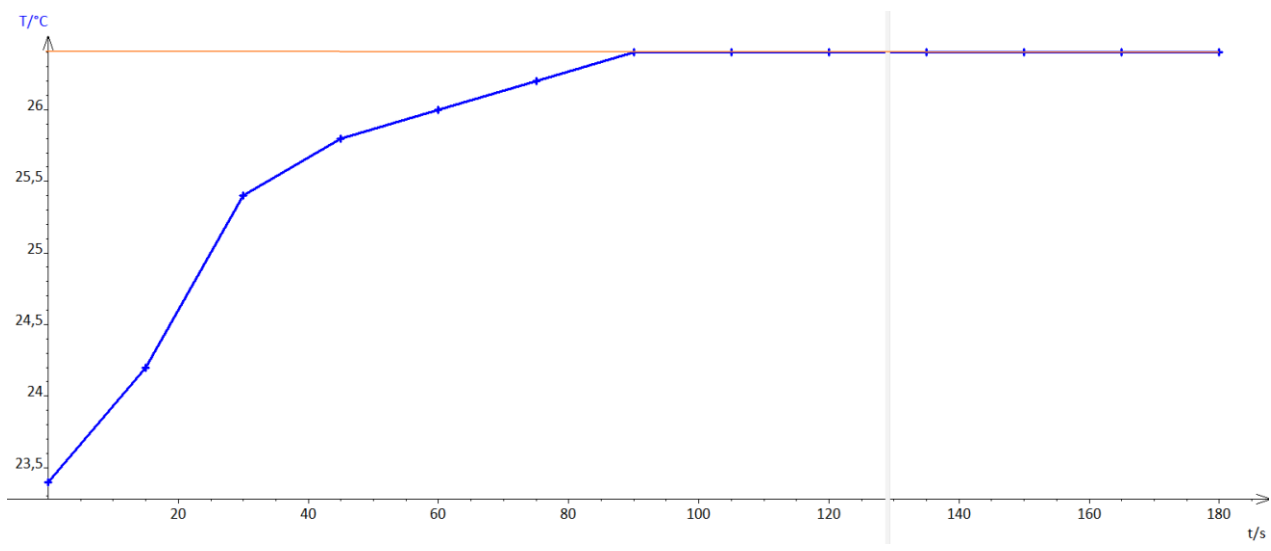
Adiabatique : Se dit d'une transformation au cours de laquelle un système de corps n'échange pas de chaleur avec le milieu environnant ; relatif à une telle transformation.

Données expérimentales à relever pendant l'expérience :

Capacité thermique du calorimètre (consulter le groupe de l'expérience 1).	$C = 1\,830\, J.K^{-1}$
Masse d'eau froide initialement présente dans le calorimètre	$m_a = 250\, g$
Température initiale "stabilisée" de l'eau froide.	$\theta_a = 23,1\, ^\circ C$
Masse du solide que l'on introduira dans le calorimètre.	$m_b = 102,1\, g$
Température initiale du solide chauffé.	$\theta_b = 100\, ^\circ C$
Température finale "stabilisée" du système.	$\theta = 26,4\, ^\circ C$
Capacité thermique massique de l'eau	$C_{eau} = 4\,186\, J.K^{-1}.kg^{-1}$

Temps (min s)	0	15 s	30 s	45 s	1 min	1 min 15 s	1 min 30 s	1 min 45
θ (°C)	23,4	24,2	25,4	25,8	26,0	26,2	26,4	26,4
Temps (min s)	2 min	2 min 15 s	2 min 30 s	2 min 45 s	3 min			
θ (°C)	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4			

- Tracer le graphique $\theta = f(t)$



Le tracé de l'asymptote indique que la température stabilisée est égale à $\theta = 26,4\, ^\circ C$

- Equation calorimétrique :
 $m_a.C_{eau} (\theta - \theta_b) + m_b.C_m (\theta - \theta_a) + C (\theta - \theta_a) = 0$

- Capacité thermique massique du métal :

$$c_m = - \frac{[m_a.C_{eau}(\theta_f - \theta_b) + C \cdot (\theta_f - \theta_a)]}{m_b \cdot (\theta_f - \theta_a)}$$

$$c_m = - \frac{250 \times 10^{-3} \times 4186 \times (26,4 - 100) + 1830 \times (26,4 - 23,1)}{102,2 \times 10^{-3} \times (26,4 - 23,1)}$$

$$c_m = 2,10 \times 10^5\, J.K^{-1}.kg^{-1}$$
 (valeur élevée par rapport à la valeur théorique).

Expérience 3 : Chaleur latente de vaporisation par la méthode des mélanges.

Objectif : Déterminer la chaleur latente de vaporisation (ou de liquéfaction dans ce cas) L_{liq} ($J.kg^{-1}$) de l'eau.

$L_{liq} = -L_v$

Données :

L'équation calorimétrique s'écrit : $m_a.C_{eau} (\theta_f - \theta_a) + m_e.L_{liq} + C (\theta_f - \theta_a) = 0$ pour un système adiabatique.

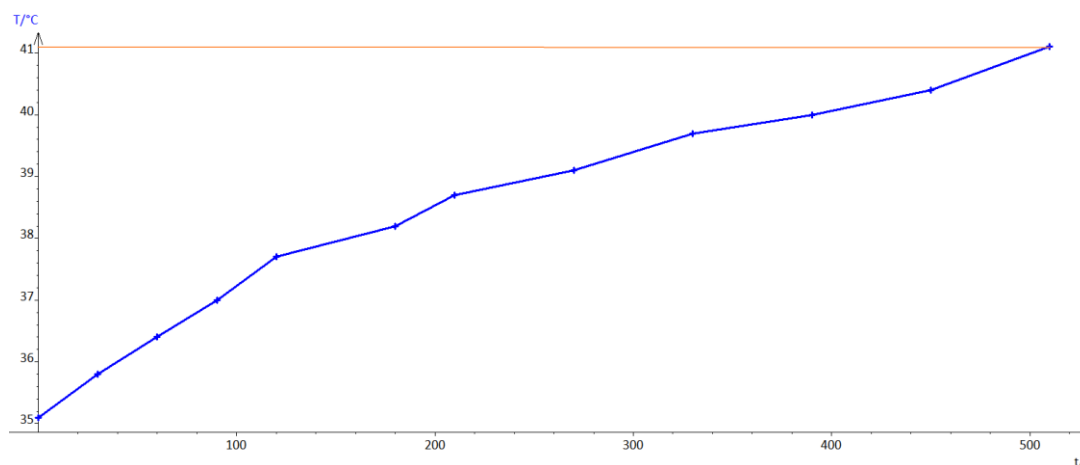
Données expérimentales à relever pendant l'expérience :

Capacité thermique du calorimètre (consulter le groupe de l'expérience 1).	$C = 1\ 830\ J.K^{-1}$
Masse d'eau froide initialement présente dans le calorimètre.	$m_a = 300\ g$
Température initiale "stabilisée" de l'eau froide.	$\theta_a = 22,7\ ^\circ C$
Température finale de l'eau contenue dans le calorimètre	$\theta_f = 41,1\ ^\circ C$
Masse de vapeur introduite dans le calorimètre.	$m_e = 24,7\ g$
Durée des mesures.	$t = 7\ min\ 30s$
Capacité thermique massique de l'eau.	$c_{eau} = 4\ 186\ J.K^{-1}.kg^{-1}$

Températures mesurées à partir du moment où l'on observe la première goutte de condensation.

Temps (min s)	0	30 s	1 min	1 min 30 s	2 min	2 min 30 s	3 min	3 min 30 s
θ (°C)	35,1	35,8	36,4	37,0	37,7	38,2	38,7	39,1
Temps (min s)	4 min	4 min 30 s	5 min	5 min 30 s	6 min	6 min 30 s	7 min	7 min 30 s
θ (°C)	39,7	40,0	40,4	41,1	40,9	41,0	41,1	41,1
Temps (min s)	8 min	8 min 30 s	9 min	9 min 30 s	10 min			
θ (°C)								

- Tracer le graphique $\theta = f(t)$



La température atteinte est égale à $\theta_f = 41,1\ ^\circ C$ pour une masse produite de vapeur (condensée) $m_b = 24,7\ g$.

- Equation calorimétrique :

$m_a.C_{eau} (\theta_f - \theta_a) + m_e.L_{liq} + C (\theta_f - \theta_a) = 0$

- Chaleur latente de liquéfaction de l'eau.

$$L_{liq} = - \frac{m_a.c_{eau}(\theta_f - \theta_a) + C(\theta_f - \theta_a)}{m_e}$$

$$L_{liq} = - \frac{300 \times 10^{-3} \cdot 4186 \cdot (41,1 - 22,7) + 1830 \cdot (41,1 - 22,7)}{44,7 \times 10^{-3}}$$

$$L_{liq} = - 2,65 \times 10^6\ J.kg^{-1}$$

$$L_v = 2,65 \times 10^6\ J.kg^{-1}$$
 (La valeur théorique à une pression de $10^5\ Pa$ est $L_v = 2,26 \times 10^6\ J.kg^{-1}$)

Bilan collaboratif

Synthèse d'une dizaine de lignes résumant les grandeurs à mesurer afin d'analyser le mélange d'un métal de température supérieure à 100°C dans de l'eau froide contenue dans un calorimètre.

Lors de la plongée du métal de température supérieure à 100 °C dans de l'eau froide contenue dans un calorimètre, plusieurs échanges thermiques ont lieu :

- Le métal perd de l'énergie thermique et diminue en température.
Cette énergie est notée Q_1 et a pour expression $Q_1 = m_b \cdot c_m (\theta - \theta_a)$
- L'eau se réchauffe en recevant de l'énergie thermique.
L'énergie reçue est notée Q_2 a pour expression $Q_2 = m_b \cdot c_{eau} (\theta - \theta_b)$
- Le métal vaporise une partie de l'eau. Il apporte l'énergie nécessaire au changement d'état de l'eau qui passe de l'état liquide à l'état gazeux. Cette énergie est notée $Q_3 = m_e \cdot L_v$
- Le calorimètre reçoit une partie de l'énergie thermique. Cette énergie est supposée être contenue dans l'enceinte du calorimètre car le système est supposé adiabatique.
Cette énergie est notée Q_4 et a pour expression $Q_4 = C (\theta - \theta_a)$

L'équation calorimétrique s'écrit alors :

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0$$

$$m_b \cdot c_m (\theta - \theta_a) + m_b \cdot c_{eau} (\theta - \theta_b) + m_e \cdot L_v + C (\theta - \theta_a) = 0$$

$$m_b \cdot 2,10 \times 10^5 (\theta - \theta_a) + m_b \cdot 4\,186 (\theta - \theta_b) + m_e \cdot 2,65 \times 10^6 + 1,83 \times 10^3 (\theta - \theta_a) = 0$$