



TP PHYSIQUE II

Mesures calorimétriques

Adibul Islam, Elena Ignaczuk, Keve Kovacs

IPSA

A/ BUT

1. Déterminer la capacité thermique du calorimètre et en déduire sa valeur en eau
2. Déterminer la capacité calorifique d'un métal

B/ MATERIEL

Calorimètre de capacité 1200 mL

Générateur de tension et de courant (tension max 15 V)

Boitier d'acquisition Orphy

Capteur de température

Un métal

C/ PRINCIPE DE MESURE

$$Q1 = UIt = Ri^2t$$

$$Q2 = (m1 \times C_{eau} + C_{cal})(\theta_f - \theta_i)$$

On considère qu'il n'y a pas d'échange avec l'extérieur on peut donc noter :

$$Q1 = Q2$$

D/ PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Valeurs numériques obtenues :

- $m_1 = 0,500 \text{ kg}$ (D'eau dans le calorimètre).
- $I = 2,22 \text{ A}$ (Valeur fixe)
- $U = 10 \text{ V}$
- $c_{eau} = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Brancher le thermomètre sur *Orphy*,

Lancer *Orphylab* ; choisir une durée d'acquisition de 30 min,

On a alors une masse $m_1 = 0.500 \text{ kg}$ d'eau dans le calorimètre,

Lancez l'acquisition des données,

Pendant les cinq premières minutes, agiter le calorimètre sans allumer le générateur,

Puis après les cinq minutes, mettre sous tension le générateur et fixez la tension à $U = 10 \text{ V}$,

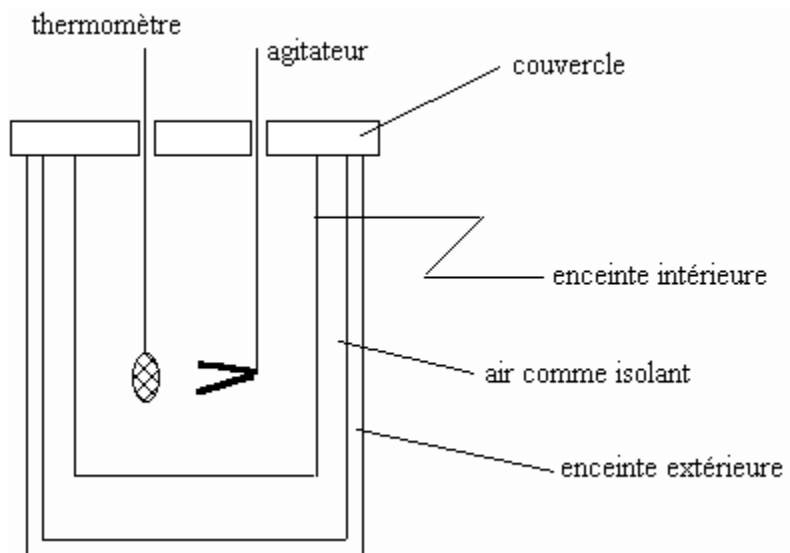
Durant le reste du temps, continuer d'agiter doucement le calorimètre,

A 25 mn de l'acquisition, éteindre le générateur tout en continuant d'agiter jusqu'à la trentième minute,

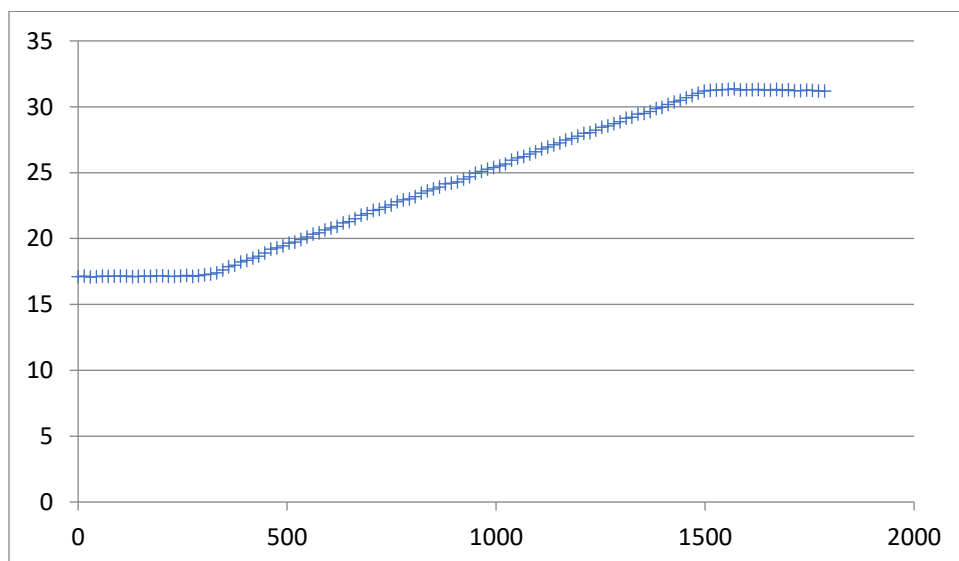
A la trentième minute, l'acquisition s'arrête automatiquement,

Sauvegarder les données,

Puis allez sur Excel et déterminer le coefficient directeur a .



Question 1) Donner la représentation graphique de l'évolution de la température en fonction du temps : courbe obtenue expérimentalement



TEMPERATURE (EN °C) EN FONCTION DU TEMPS (EN S), OBTENUE EXPERIMENTALEMENT

D'après l'énoncé, on a $a_1 = UI/(m_1 c_{\text{eau}} + c_{\text{cal}})$ et $a_2 = UI/(m_2 c_{\text{eau}} + c_{\text{cal}})$, a_1 et a_2 sont les coefficients directeurs des droites de températures. En prenant 2 valeurs calorimétriques de la première droite, en prenant une valeur de température initiale et une valeur de température finale, on obtient a_1 . On réalise pareillement pour la deuxième droite et on obtient a_2 . Il suffit alors de réaliser un système à deux inconnues et deux équations de la forme suivante :

$$\begin{aligned} a_1 &= UI/(m_1 c_{\text{eau}} + c_{\text{cal}}) \\ a_2 &= UI/(m_2 c_{\text{eau}} + c_{\text{cal}}) \end{aligned}$$

Ainsi avec seulement quatre mesures calorimétriques, on obtient les valeurs de c_{eau} et c_{cal} considérées comme les deux inconnues.

Question 2) En déduire alors la capacité calorifique massique de l'eau C_{eau} ainsi que la capacité calorifique du calorimètre C et représenter sur le même graphique l'évolution théorique de la température en fonction du temps

On utilise la formule suivante :

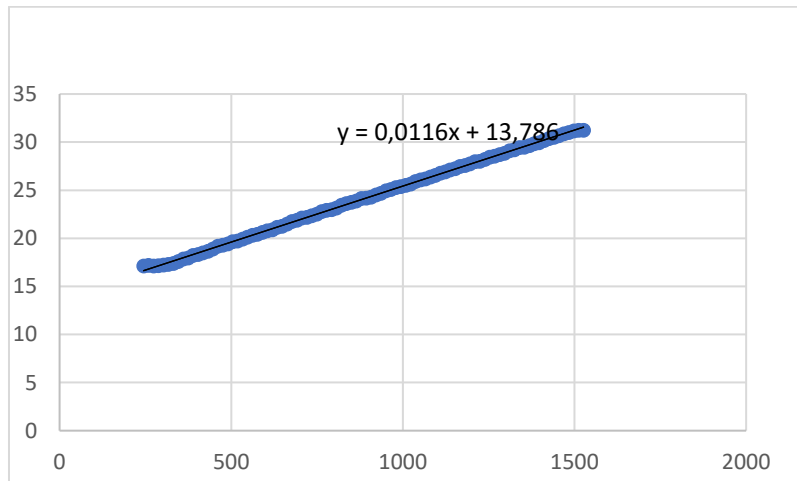
$$U * I * t = (m_1 * c_{\text{eau}} + C_{\text{cal}}) * (\theta_f - \theta_i)$$

Or on veut chercher C_{cal} , donc :

$$\frac{U * I * t}{\theta_f - \theta_i} - m_1 * c_{\text{eau}} = C_{\text{cal}}$$

Avec $\theta_f - \theta_i = 31,17676 - 17,08984 = 14,08692^\circ\text{C}$ on a donc :

$$C_{\text{cal}} = \frac{10 * 2,22 * (30 * 60)}{\theta_f - \theta_i} - 0,5 * 4180 = 746,09 \text{ J. K}^{-1}$$



DROITE LINEAIRE DE LA TEMPERATURE EN DU TEMPS AVEC LE COEFFICIENT DE CORRELATION

Question 3)

Masse de l'eau m (kg)	Capacité calorifique totale : $m_{\text{eau}} + C_{\text{cal}} = UI/a$
0.400	
0.600	
0.800	
1.000	

Question 5) Donner la valeur en eau du calorimètre

Pour calculer la capacité calorifique en eau, il faut utiliser la formule suivante :

$$\mu = \frac{C_{\text{cal}}}{c_{\text{eau}}}$$

Calcul numérique :

$$\mu = \frac{746,09}{4180} = 0,1785 \text{ kg}$$

Soit 178g.

E/ CAPACITÉ THERMIQUE D'UN MÉTAL

Valeur numérique données :

- Pour le bloc en aluminium : Chaleur spécifique J/(kg*K) : 896

$$m = 1,016 \text{ kg}$$

- Pour le bloc en cuivre : Chaleur spécifique J/(kg*K) : 385

$$m = 0,991 \text{ kg}$$

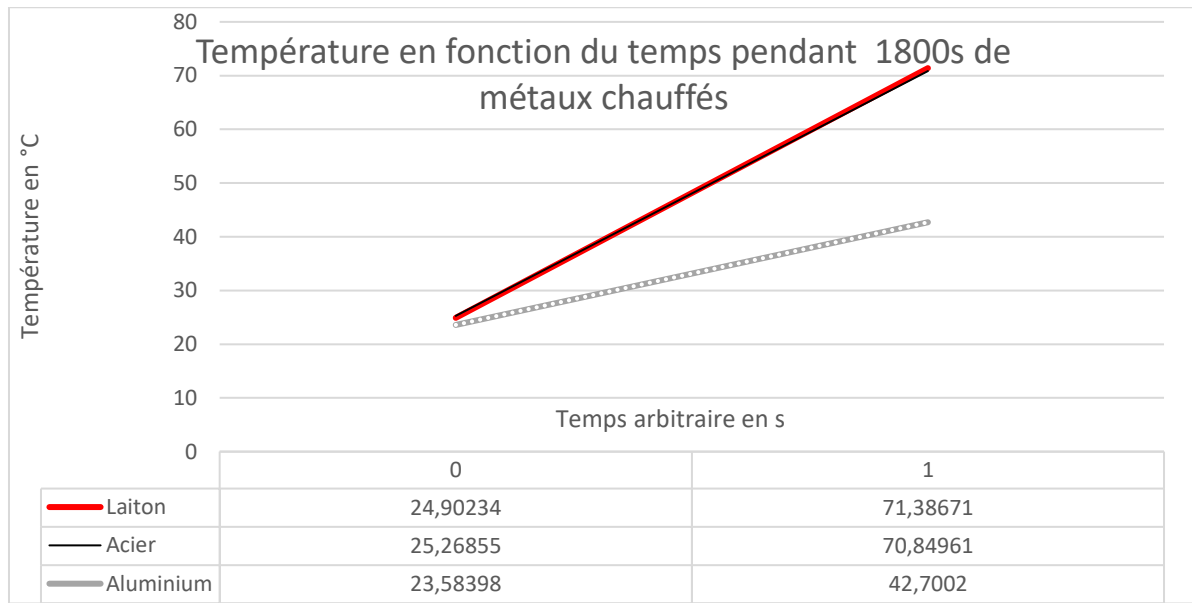
- Pour le bloc en acier (**métal utilisé**) : Chaleur spécifique J/(kg*K) : 470

$$m_1 = 0,989 \text{ kg}$$

- Pour le bloc en Laiton : Chaleur spécifique J/(kg*K) : 377

$$m = 1,003 \text{ kg}$$

Question 1) Donner la représentation graphique de l'évolution de la température en fonction du temps pour tous les métaux, sur le même graphique



Question 2) Établir l'équation mathématique qui permet de déterminer la capacité calorifique du métal et représenter sur le même graphique l'évolution de la température théorique en fonction du temps pour tous les métaux. Déterminer la capacité calorifique des métaux en fonction de la courbe de tendance.

On utilise les formules données dans le TD sur Q1 et Q2 :

$$Q1 = U * I * t$$

Et

$$Q2 = m_{\text{métal}} * c_{\text{métal}} * (\theta_f - \theta_i)$$

Sachant que $Q1 = Q2$, donc :

$$U * I * t = m_{\text{métal}} * c_{\text{métal}} * (\theta_f - \theta_i)$$

$$c_{\text{métal}} = \frac{U * I * t}{m_{\text{métal}} * (\theta_f - \theta_i)}$$

U, t et I (U=8V, I=2.74 A, t=1800 s) sont fixe donc nous avons

$$c_{\text{m\u00e9tal}} = \frac{8 * 2.74 * 1800}{m_{\text{m\u00e9tal}} * (\theta_f - \theta_i)}$$

Nous n'avons pas les valeurs pour calculer la capacit\u00e9 calorifique du cuivre.

Pour l'aluminium :

$$c_{\text{aluminium}} = \frac{8 * 2.74 * 1800}{1,016 * (42,7002 - 23,58398)} = 2031 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Pour l'acier :

$$c_{\text{acier}} = \frac{8 * 2.74 * 1800}{0.991 * (70,84961 - 25.26855)} = 883 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Pour le laiton :

$$c_{\text{laiton}} = \frac{8 * 2.74 * 1800}{1,003 * (71,3867 - 24,90234)} = 846 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

D'apr\u00e8s l'\u00e9quation dans de TD (dans le cas d'un m\u00e9tal) :

$$a_1 = \frac{U * I}{(m_1 * c_{\text{m\u00e9tal}})}$$

$$c_{\text{m\u00e9tal}} = \frac{U * I}{(m_1 * a_1)}$$

Pour l'aluminium :

$$c_{\text{aluminium}} = \frac{8 * 2,74}{(1,016 * 0,0106)}$$

$$c_{\text{aluminium}} = 2097 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

Pour l'acier :

$$c_{\text{acier}} = \frac{8 * 2,74}{(0,989 * 0,02531)}$$

$$c_{\text{acier}} = 856,4 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

Pour le laiton :

$$c_{\text{laiton}} = \frac{8 * 2,74}{(1,003 * 0,02582)}$$

$$c_{\text{laiton}} = 851,3 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

Question 3)

Type de métal	$c_{\text{expérimental}}$ (J. kg ⁻¹ K ⁻¹)	$c_{\text{théorique}}$ (J. kg ⁻¹ K ⁻¹)	Écart relatif
Cuivre			
Acier	856,4	470	0,82
Laiton	846	377	1,2
Aluminium	2031	896	1,3

Conclusion

Les valeurs expérimentales sont très éloignées des valeurs théoriques, cela peut être dû à la précision du matériel, une erreur de manipulation, la simplification des données environnantes.