

## Détermination de la chaleur massique des corps solides

### Objectifs expérimentaux

- Mélange d'eau froide et de grenaille de cuivre, de plomb ou de billes de verre et mesure de la température du mélange.
- Détermination de la chaleur massique du cuivre, du plomb et du verre.

### Notions de base

La quantité de chaleur  $\Delta Q$  absorbée ou cédée lors du chauffage ou du refroidissement d'un corps est proportionnelle au changement de température  $\Delta\vartheta$  et à la masse  $m$  du corps:

$$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta \quad (I)$$

Le coefficient de proportionnalité  $c$ , la chaleur massique du corps, est une grandeur qui dépend du matériau.

Pour déterminer la chaleur massique du corps, on pèse au cours de l'expérience différentes matières sous forme de grenaille, on les chauffe avec de la vapeur d'eau pour les porter à la température  $\vartheta_1$  puis on les jette dans une quantité d'eau pesée de température  $\vartheta_2$ . Après une agitation minutieuse, la grenaille et l'eau atteignent la même température  $\vartheta_M$  par échange de chaleur. La quantité de chaleur cédée par la grenaille

$$\Delta Q_1 = c_1 \cdot m_1 \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_M) \quad (II)$$

$m_1$ : masse de la grenaille

$c_1$ : chaleur massique de la grenaille

est égale à la quantité de chaleur absorbée par l'eau

$$\Delta Q_2 = c_2 \cdot m_2 \cdot (\vartheta_M - \vartheta_2) \quad (III)$$

$m_2$ : masse de l'eau

La chaleur massique de l'eau  $c_2$  est supposée connue. La température  $\vartheta_1$  correspond à la température de la vapeur d'eau. C'est ainsi qu'on peut donc calculer la grandeur recherchée  $c_1$  d'après les grandeurs mesurées  $\vartheta_2$ ,  $\vartheta_M$ ,  $m_1$  et  $m_2$ :

$$c_1 = c_2 \cdot \frac{m_2 \cdot (\vartheta_M - \vartheta_2)}{m_1 \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_M)} \quad (IV)$$

Le vase calorimétrique absorbe lui aussi une partie de la chaleur cédée par la grenaille. La capacité thermique

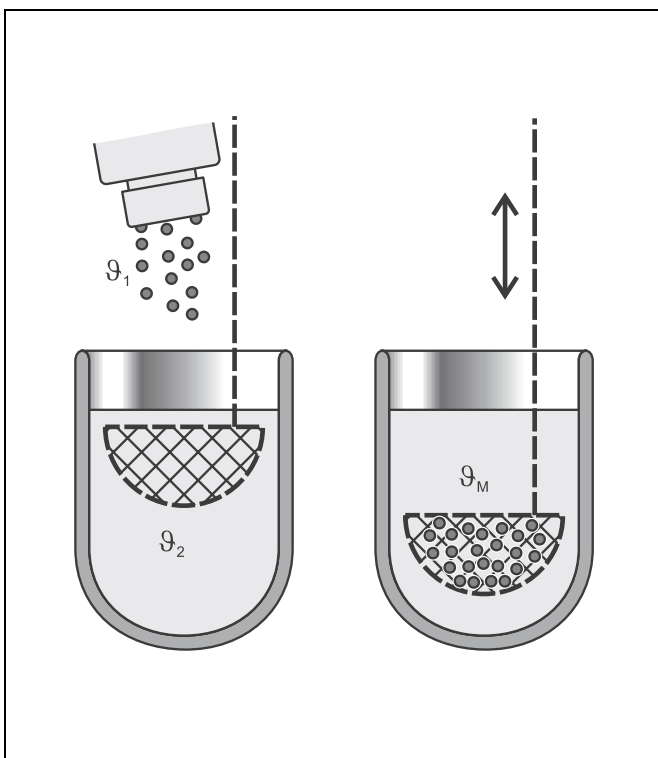
$$C_K = c_2 \cdot m_K \quad (V)$$

ou l'équivalent en eau  $m_K$  du vase calorimétrique doit donc aussi être pris en compte. La quantité de chaleur absorbée, calculée dans l'équation (III), est ainsi plus exactement

$$\Delta Q_2 = c_2 \cdot (m_2 + m_K) \cdot (\vartheta_M - \vartheta_2) \quad (VI)$$

et l'équation (IV) devient

$$c_1 = c_2 \cdot \frac{(m_2 + m_K) \cdot (\vartheta_M - \vartheta_2)}{m_1 \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_M)} \quad (VII).$$



**Matériel**

1 vase de Dewar . . . . .	386 48
1 couvercle pour vase de Dewar . . . . .	384 161
1 grenaille de cuivre, 200 g . . . . .	384 35
1 billes de verre, 100 g . . . . .	348 36
1 grenaille de plomb, 200 g . . . . .	315 76
1 balance d'enseignement et de laboratoire 610 Tara, 610 g . . . . .	315 23
1 thermomètre, -10 °C à +110 °C . . . . .	382 34
ou	
1 sonde de température NiCr-Ni . . . . .	666 193
1 thermomètre numérique . . . . .	666 190
1 générateur de vapeur, 550 W / 220 V . . . . .	303 281
1 étuve . . . . .	384 34
1 bécher, 400 ml . . . . .	664 104
1 pied en V, petit modèle . . . . .	300 02
1 tige, 47 cm . . . . .	300 42
1 noix Leybold . . . . .	301 01
1 pince universelle, 0 à 80 mm . . . . .	666 555
1 tuyau en silicone, $\varnothing$ int. 7 x 1,5 mm, 1 m . . . . .	667 194
1 paire de gants de protection antichaleur . . . . .	667 614

**Montage et réalisation**

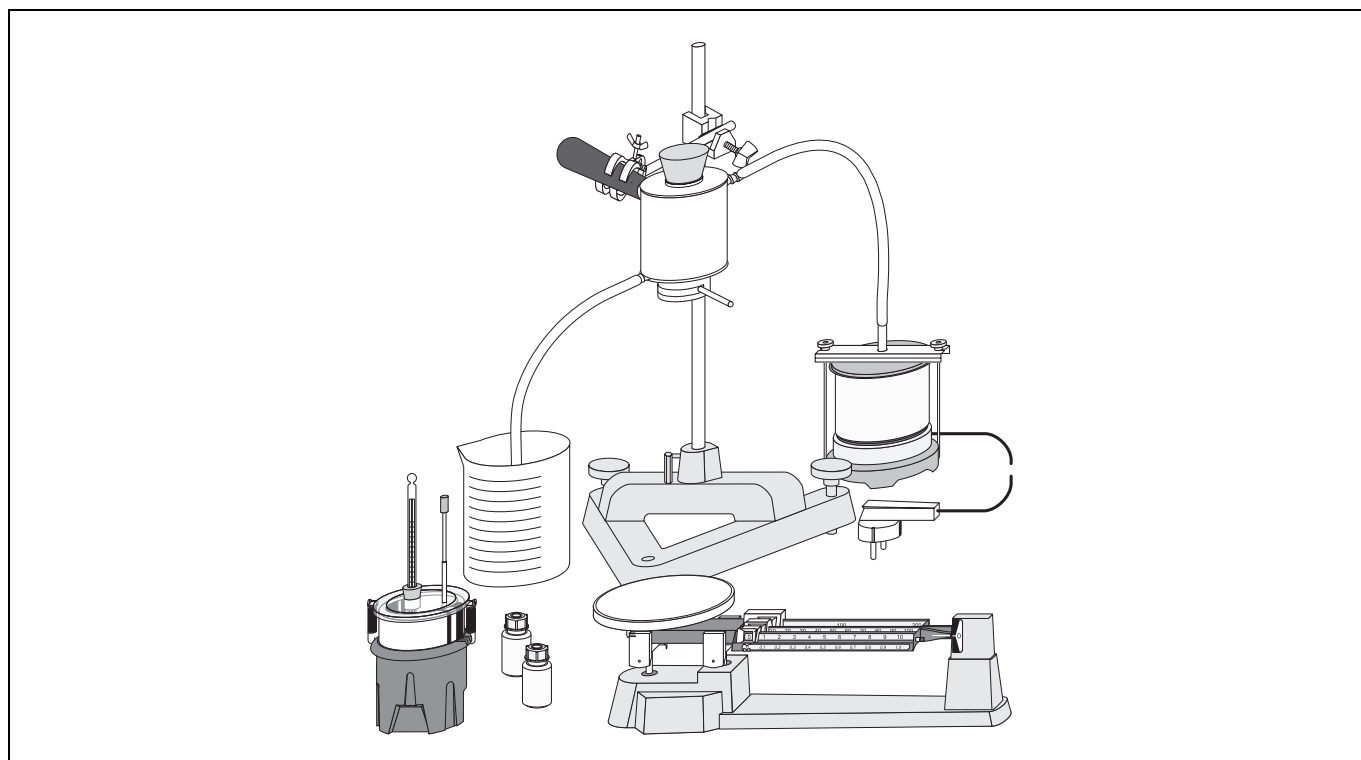
Le montage expérimental est représenté sur la fig. 1.

- Monter l'étuve dans le matériel support.
- Remplir le générateur de vapeur avec de l'eau, bien le fermer et à l'aide d'un tuyau en silicone, le raccorder au collier de serrage supérieur de l'étuve (admission de la vapeur).
- Mettre en place un tuyau en silicone sur le collier de serrage inférieur de l'étuve (sortie de la vapeur) et l'amener dans le bécher; s'assurer que les tuyaux en silicone sont bien en place.
- Remplir le compartiment échantillon de l'étuve avec le plus de grenaille de plomb possible et fermer ensuite avec le bouchon.
- Brancher le générateur de vapeur au réseau et chauffer la grenaille pendant environ 20 à 25 minutes dans l'étuve traversée par la vapeur.

**Entre-temps:**

- Déterminer la masse du vase de Dewar vide puis verser environ 180 g d'eau dans le vase.
- Monter le couvercle pour le vase de Dewar puis introduire le thermomètre ou la sonde de température.
- Mesurer la température de l'eau  $\vartheta_2$ .
- Ouvrir le couvercle pour le vase de Dewar et le basculer sur le côté; ce faisant, laisser la grille pour échantillon du couvercle dans le vase de Dewar.
- Faire tomber de la grenaille portée à 100 °C dans la grille pour échantillon, fermer le couvercle et bien mélanger l'eau avec la grenaille.
- Relever la température du mélange lorsque la température de l'eau a cessé d'augmenter.
- Déterminer la masse  $m$  de la grenaille qui a été rajoutée.
- Recommencer l'expérience avec de la grenaille de plomb et des billes de verre.

Fig. 1 Montage expérimental pour la détermination de la chaleur massique de corps solides.



**Exemple de mesure**Masse de l'eau:  $m_1 = 180 \text{ g}$ Température de la grenaille:  $\vartheta_2 = 100 \text{ °C}$ 

Tab. 1: Valeurs mesurées pour la détermination des chaleurs massiques

Matière	$\frac{m_2}{\text{kg}}$	$\vartheta_1$	$\vartheta_M$
Plomb	77	24,5 °C	25,4 °C
Cuivre	69	24,0 °C	26,2 °C
Verre	19	23,8 °C	24,9 °C

**Exploitation**Equivalent en eau du calorimètre:  $m_K = 23 \text{ g}$ Chaleur massique de l'eau:  $c_2 = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{K} \cdot \text{kg}}$ .

Tab. 2: Chaleurs massiques de matières solides déterminées expérimentalement et valeurs littéraires correspondantes

Matière	$\frac{c}{\frac{\text{kJ}}{\text{K} \cdot \text{kg}}}$	$\frac{c}{\frac{\text{kJ}}{\text{K} \cdot \text{kg}}}$
	Expérience	Littérature
Plomb	0,133	0,1295
Cuivre	0,367	0,385
Verre	0,656	0,746

Le tableau 2 récapitule les chaleurs massiques calculées selon l'équation (VII). La comparaison avec les valeurs littéraires également indiquées témoigne d'une coïncidence satisfaisante.

**Résultat**

Les chaleurs massiques des corps solides étudiés dépendent du matériau et sont nettement inférieures à la chaleur massique de l'eau.