

Nom: Prénom: Classe: Date:

Changements d'état et transferts thermiques

Objectifs	Classe
<input type="checkbox"/> Écriture symbolique d'un changement d'état. Modélisation microscopique d'un changement d'état. Transformations physiques endothermiques et exothermiques. Énergie de changement d'état et applications.	2nde
<input type="checkbox"/> Exploiter la relation entre l'énergie transférée lors d'un changement d'état et l'énergie massique de changement d'état de l'espèce.	Durée
<input type="checkbox"/> Relier l'énergie échangée à la masse de l'espèce qui change d'état.	1,5 h

Sur la paillasse

- Un calorimètre,
- Un thermomètre,
- Deux glaçons,
- Une éprouvette graduée de 250 mL,
- Une balance de précisions (de 1500 g maximum).

1 Les états de la matière

Document 1: Solide, liquide ou gazeux ?

La matière existe sous trois états : solide, liquide ou gazeux. L'existence des trois états de la matière est conditionnée par un équilibre entre l'agitation thermique, qui a tendance à écarter les molécules les unes des autres et les forces entre les molécules qui assurent leur cohésion (= le fait qu'elles « collent » les unes aux autres).



- Cliquer sur l'animation suivante (depuis votre téléphone portable) et cocher les bons adjectifs décrivant les caractéristiques des molécules dans les trois états, puis cliquer sur vérifier (Ne pas s'occuper de la suite de la page internet)¹.
<http://phys.free.fr/etats.htm>

1. Compléter la ligne 2 du tableau en recopiant un adjectif par tiret parmi:

ordonnées	ou	désordonnées
rapprochées	ou	espacées
liées	ou	non liées
très agitées	ou	immobiles
	ou	peu liées
	ou	agitées

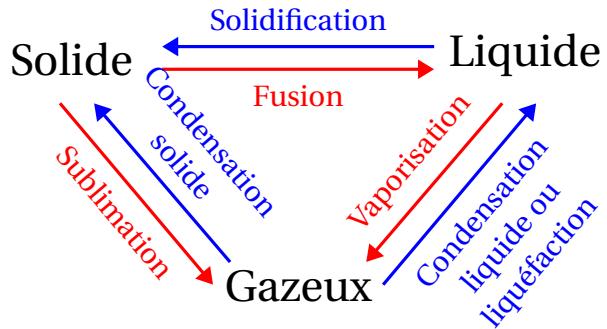
2. Compléter la ligne 3 en attribuant à chaque schéma, l'état physique correspondant.

	État 1	État 2	État 3
1			
2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ordonnées ▪ rapprochées (compact) ▪ liées ▪ immobiles 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ désordonnées ▪ rapprochées ▪ peu liées ▪ agitées 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ désordonnées ▪ espacées ▪ non liées ▪ très agitées
3	Solide	Liquide	Gazeux

¹Travail en partie basé sur le travail de Mme Fasseu du lycée Watteau.

2 Les changements d'état

3. Compléter les flèches ci-dessous en indiquant le nom des changements d'état (effectuer des recherches sur Internet si besoin):



3 Aspect énergétique d'un changement d'état

Lorsque l'on pose un glaçon sur une table, on constate que celui-ci va se réchauffer grâce à l'air ambiant, plus chaud, et va fondre.

Du point de vue microscopique, l'énergie prise à l'air ambiant pendant ce changement sert à « désimbriquer » les unes des autres les molécules ordonnées de la glace pour donner l'état liquide.

Comment déterminer l'énergie nécessaire à la fusion d'un glaçon ?

Les mesures

Les mesures d'énergie thermique s'effectuent dans un calorimètre. Un calorimètre est un récipient qui limite fortement tout échange de chaleur avec l'extérieur, comme une « thermos ».



- Peser le calorimètre vide avec son couvercle sans le thermomètre. Noter sa masse m_1 dans le tableau ci-dessous.
- Mesurer environ 250 mL d'eau du robinet à l'éprouvette graduée.
- Verser l'eau dans le calorimètre et peser l'ensemble (avec le couvercle). Noter cette masse m_2 dans le tableau.
- Placer le thermomètre et relever la température initiale notée θ_i de l'eau du robinet. Noter θ_i dans le tableau. Le thermomètre ne doit pas toucher le fond du calorimètre !
- Prendre deux glaçons, et les plonger délicatement dans le calorimètre (pas de projections !). Remettre le couvercle du calorimètre.
- Peser le calorimètre et son contenu (eau + glaçons). Noter cette masse m_3 dans le tableau.
- Si le calorimètre le permet, agiter doucement et attendre que les glaçons aient fondu.
- Quand les glaçons sont fondu, relever la température finale obtenue notée θ_f . Noter θ_f dans le tableau.

m_1 (g) Calorimètre	m_2 (g) Calorimètre + Eau	m_3 (g) Calorimètre + Eau + Glaçons	θ_i (°C)	θ_f (°C)	$m_2 - m_1$ (g)	$m_3 - m_2$ (g)
972	1213	1234	20,3	12,8	241,0	21,0

4. Calculer $m_2 - m_1$ et noter sa valeur dans le tableau. Quelle masse représente $m_2 - m_1$?

Solution: $m_2 - m_1$ représente la masse d'eau du robinet initialement présente dans le calorimètre (avant l'ajout des glaçons).

$$m_{eau} = m_2 - m_1 = 1213\text{ g} - 972\text{ g} = 241\text{ g} = 0,241\text{ kg}$$

5. Calculer $m_3 - m_2$ et noter sa valeur dans le tableau. Quelle masse représente $m_3 - m_2$?

Solution: $m_3 - m_2$ représente la masse des glaçons ajoutés dans le calorimètre.

$$m_{glaçons} = 1234\text{ g} - 1213\text{ g} = 21,0\text{ g} = 0,0210\text{ kg}$$

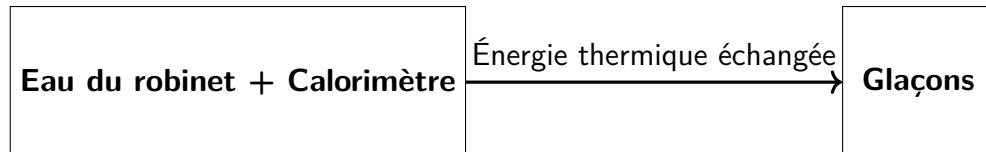
Exploitation des mesures pour calculer l'énergie massique de fusion L_{fusion}

Document 2: Les échanges de chaleur dans un calorimètre

L'expérience est réalisée dans un calorimètre. On peut considérer que tous les échanges d'énergie se produisant à l'intérieur du calorimètre se font sans aucune perte : c'est ce que l'on appelle le **principe de la conservation de l'énergie**.

Cela signifie que l'énergie thermique cédée par les corps chauds (qui se refroidissent) est reçue par les corps froids (qui se réchauffent). L'énergie échangée par un corps se note Q et se mesure en **Joule (J)**.

- Le **corps chaud** est constitué de l'eau du robinet et du calorimètre qui se refroidissent.
- Le **corps froid** est constitué par les glaçons qui se réchauffent (et fondent).



Formulaire:

Système	Sens des échanges de chaleur	Formule
Eau du robinet	Énergie cédée par l'eau du robinet qui se refroidit	$Q_1 = m_{eau} \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_i)$
Calorimètre	Énergie cédée par le calorimètre qui se refroidi	$Q_2 = C \times (\theta_f - \theta_i)$
Glaçons	Énergie reçue par l'eau obtenue des glaçons pour se réchauffer	$Q_3 = m_{glaçons} \times c_{eau} \times \theta_f$
Glaçons	Énergie reçue par les glaçons pour fondre	$Q_4 = m_{glaçons} \times L_{fusion}$

- Énergie Q en J,
- Masse en kg,
- Température en °C,
- c_{eau} : capacité calorifique massique de l'eau : $c_{eau} = 4185 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$,
- C : capacité calorifique du calorimètre : $C = 100 \text{ J} \cdot \text{°C}^{-1}$,
- L_{fusion} : énergie massique de fusion de la glace en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$.

6. Calculer Q_1 soit l'énergie cédée par l'eau du robinet qui se refroidit.

Solution:

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= m_{eau} \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_i) \\
 Q_1 &= 241,0 \text{ g} \times 4185 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} \times (12,8 \text{ °C} - 20,3 \text{ °C}) \\
 Q_1 &= 0,2410 \text{ kg} \times 4185 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} \times (-7,50 \text{ °C}) \\
 Q_1 &= -7560 \text{ J}
 \end{aligned}$$

7. Calculer Q_2 soit l'énergie cédée par le calorimètre qui se refroidit.

Solution:

$$Q_2 = C \times (\theta_f - \theta_i)$$

$$Q_2 = 100 \text{ J} \cdot \text{C}^{-1} \times (12,8^\circ\text{C} - 20,3^\circ\text{C})$$

$$Q_2 = 100 \text{ J} \cdot \text{C}^{-1} \times (-7,50^\circ\text{C})$$

$$Q_2 = -750 \text{ J}$$

8. Calculer Q_3 soit l'énergie reçue par l'eau obtenue des glaçons pour se réchauffer.

Solution:

$$Q_3 = m_{\text{glaçons}} \times c_{\text{eau}} \times \theta_f$$

$$Q_3 = 0,0210 \text{ kg} \times 4185 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{C}^{-1} \times 12,8^\circ\text{C}$$

$$Q_3 = 1120 \text{ J}$$

Si plusieurs corps sont placés dans une enceinte isolée de l'extérieur (dans le calorimètre), les énergies qu'ils échangent dans cette enceinte, vérifient le principe de conservation de l'énergie : $Q_{\text{cédée}} + Q_{\text{reçue}} = 0$.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0 \quad (1)$$

9. En utilisant ce principe de conservation de l'énergie, calculer Q_4 .

Solution:

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

$$Q_4 = -(Q_1 + Q_2 + Q_3)$$

$$Q_4 = -(-7560 \text{ J} + -750 \text{ J} + 1120 \text{ J})$$

$$Q_4 = -(-7190 \text{ J})$$

$$Q_4 = 7190 \text{ J}$$

10. À partir de la formule de Q_4 , donner l'expression de L_{fusion} , puis calculer L_{fusion} .

Solution:

$$Q_4 = m_{glaçons} \times L_{fusion}$$

$$L_{fusion} = \frac{Q_4}{m_{glaçons}}$$

$$L_{fusion} = \frac{7190 \text{ J}}{0,021 \text{ kg}}$$

$L_{fusion} = 342\,000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$

11. Calculer le pourcentage d'erreur relative par rapport à la valeur officielle : $L_{fusion}^{ref} = 333\,000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$. On rappelle que l'erreur relative se calcule selon $\epsilon = \left| \frac{\text{valeur de référence} - \text{valeur mesurée}}{\text{valeur de référence}} \right|$

Solution:

$$\epsilon = \left| \frac{L_{fusion}^{ref} - L_{fusion}}{L_{fusion}^{ref}} \right|$$

$$\epsilon = \left| \frac{333\,000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} - 342\,000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}}{333\,000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}} \right|$$

$$\epsilon = 0,0270$$

$\epsilon = 2,70 \%$

Cette erreur, quoique relativement faible, peut s'expliquer par les pertes thermiques vers l'extérieur ou l'imprécision des mesures de masse.