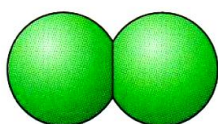


## TPN°7 : Cohésion de la matière à l'état solide (2<sup>ème</sup> partie)

But de la Manipulation :

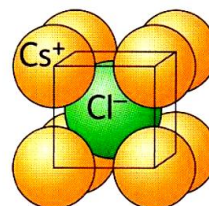
- Interpréter la cohésion des solides ioniques.
- Prévoir si une molécule est polaire.
- Interpréter la cohésion des solides moléculaires.
- Interpréter à l'échelle microscopique les aspects énergétiques d'une variation de température et d'un changement d'état.

### D) Changement d'état et interactions



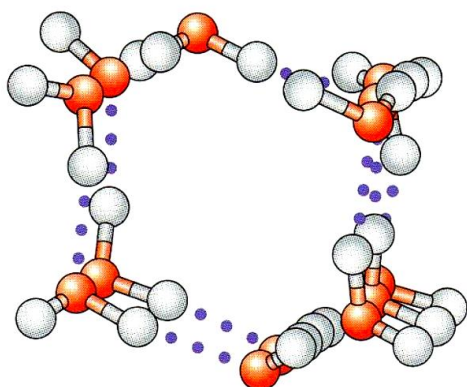
**a** Dichlore Cl<sub>2</sub>

$$\theta_{\text{fus}} = -101 \text{ }^{\circ}\text{C}; \theta_{\text{éb}} = -34 \text{ }^{\circ}\text{C}$$



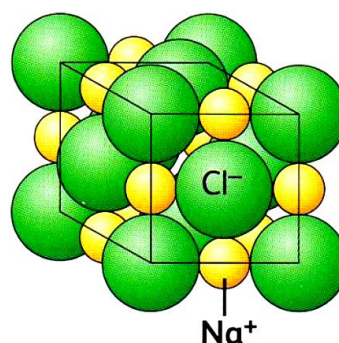
**b** Chlorure de césium CsCl

$$\theta_{\text{fus}} = 646 \text{ }^{\circ}\text{C}; \theta_{\text{éb}} = 1\,290 \text{ }^{\circ}\text{C}$$



**c** Eau H<sub>2</sub>O

$$\theta_{\text{fus}} = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}; \theta_{\text{éb}} = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$$



**d** Chlorure de sodium NaCl

$$\theta_{\text{fus}} = 801 \text{ }^{\circ}\text{C}; \theta_{\text{éb}} = 1\,413 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

*Structures cristallographiques et températures de changement d'état de quelques espèces sous la pression de 1bar.*

#### 1) Analyser le document

- Rappeler la définition de température de fusion et de température d'ébullition d'un corps pur.
- En analysant les températures de changement d'état du document ci-dessus, proposer un critère de classement de ces espèces chimiques en deux catégories.
- Les espèces chimiques du document 1 forment-elles des solides ioniques ou moléculaires ? Ce classement correspond-il à celui de la question précédente ?

#### 2) Raisonner

- Quel est l'ordre de grandeur de la distance entre les molécules ou les ions dans un liquide ou dans un solide ? Est-il plus grand ou plus petit dans le cas d'un gaz ?

- b. Les forces d'interactions entre molécules ou ions ont-elles des valeurs plus importantes dans un gaz ou en phase condensée (c'est-à-dire dans un liquide ou dans un solide) ?

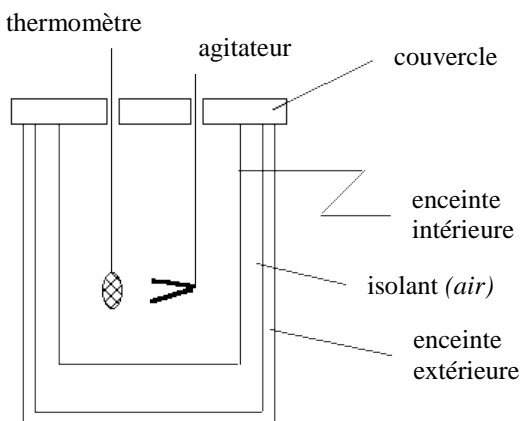
### 3) Conclure

On admet que les températures de changement d'état sont une mesure indirecte des valeurs des forces d'interaction entre les molécules ou les ions dans un solide. Plus elles sont élevées, plus les valeurs des forces sont grandes.

- a. Quelle est l'interaction existant entre les éléments constitutifs d'un solide ionique ?  
 b. Il existe aussi d'autres interactions dans les solides moléculaires. Sont-elles plus ou moins importantes que dans les solides ioniques ?

## II) Déterminer une énergie de changement d'état

### 1) Principe de la détermination : La méthode des mélanges



Les mesures d'énergie thermique s'effectuent dans un calorimètre thermiquement isolé, c'est-à-dire n'échangeant pas d'énergie avec le milieu extérieur.

Dans un calorimètre contenant une masse  $m_1$  d'eau à la température  $\Theta_i$  on introduit une masse  $m_2$  de glaçons à la



température  $\Theta_{fus}$ , et on laisse évoluer le mélange jusqu'à sa température finale d'équilibre

$\Theta_f$ . Le calorimètre et l'eau qu'il contient **fournissent respectivement les énergies**

**thermiques**  $\epsilon_{tha}$  et  $\epsilon_{thb}$ .

$$\epsilon_{tha} = C \cdot |\Theta_f - \Theta_i|$$

et

$$\epsilon_{thb} = m_1 \cdot c_{eau} \cdot |\Theta_f - \Theta_i|$$

où  $c_{eau}$  est la capacité thermique massique de l'eau liquide  $c_{eau} = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$  et  $C$  est la capacité thermique du calorimètre et de ses accessoires.

Au cours de cette manipulation, les glaçons fondent et l'eau liquide formée s'échauffe jusqu'à la température  $\Theta_f$ . **L'énergie thermique reçue par les glaçons et l'eau liquide formée**

valent respectivement :

$$\epsilon_{thc} = m_2 \cdot L_{fus}$$

et

$$\epsilon_{thd} = m_2 \cdot c_{eau} \cdot |\Theta_f - \Theta_{fus}|$$

où  $L_{fus}$  est l'énergie thermique massique (ou chaleur latente massique) de fusion de l'eau, grandeur que l'on souhaite déterminer.

<b>Énergie thermique fournie par la masse <math>m_1</math></b> d'eau : $\epsilon_{thb} = m_1 \cdot c_{eau} \cdot  \Theta_f - \Theta_i $	<b>Énergie thermique reçue par la masse <math>m_2</math> d'eau</b> formée : $\epsilon_{thd} = m_2 \cdot c_{eau} \cdot  \Theta_f - \Theta_{fus} $
<b>Énergie thermique fournie par le calorimètre :</b> $\epsilon_{tha} = C \cdot  \Theta_f - \Theta_i $	<b>Énergie thermique reçue par la masse <math>m_2</math> de glaçons</b> lors de la fusion : $\epsilon_{thc} = m_2 \cdot L_{fus}$
<b>Énergie thermique fournie = Énergie thermique reçue</b>	
$\epsilon_{tha} + \epsilon_{thb} = \epsilon_{thc} + \epsilon_{thd}$	

Comme le calorimètre est thermiquement isolé, on peut admettre que l'énergie reçue par les glaçons est égale à l'énergie fournie par le calorimètre et l'eau qu'il contient, soit :

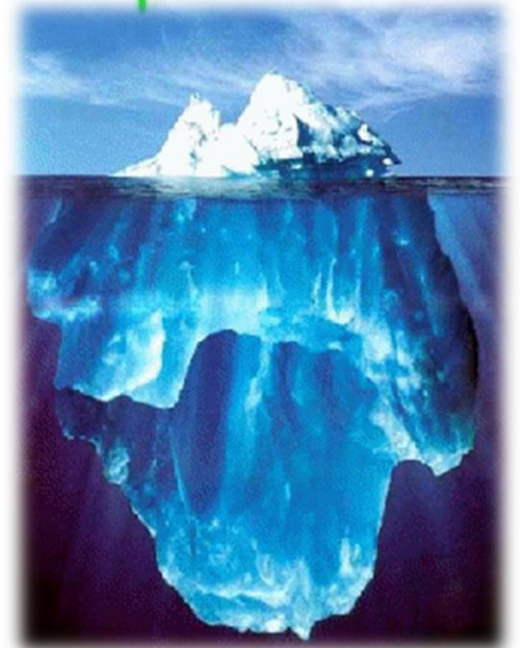
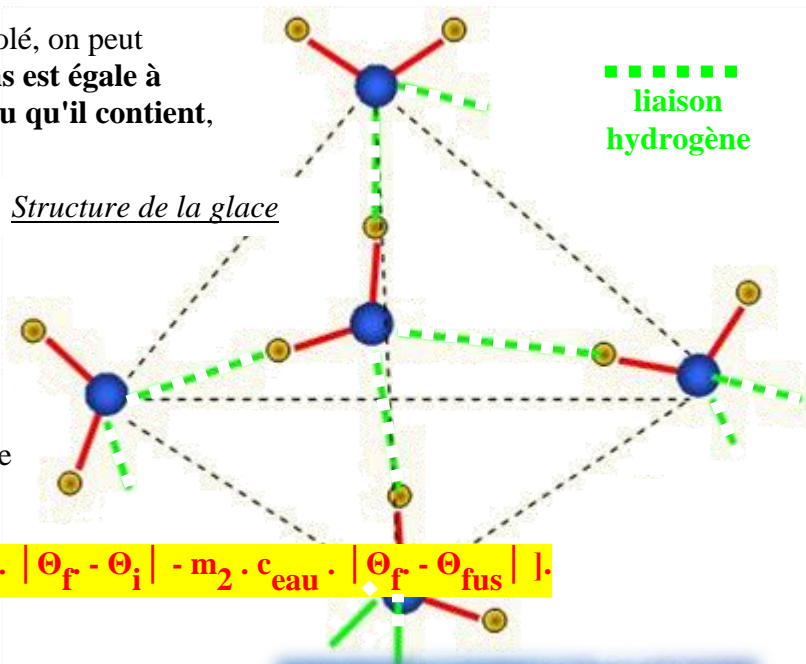
$$\begin{aligned} \epsilon_{tha} + \epsilon_{thb} &= \epsilon_{thc} + \epsilon_{thd} \\ C \cdot |\Theta_f - \Theta_i| + m_1 \cdot c_{eau} \cdot |\Theta_f - \Theta_i| &= m_2 \cdot L_{fus} + m_2 \cdot c_{eau} \cdot |\Theta_f - \Theta_{fus}| \end{aligned}$$

La valeur de l'énergie thermique massique de fusion de l'eau,  $L_{fus}$  s'en déduit :

$$L_{fus} = 1/m_2 [ C \cdot |\Theta_f - \Theta_i| + m_1 \cdot c_{eau} \cdot |\Theta_f - \Theta_i| - m_2 \cdot c_{eau} \cdot |\Theta_f - \Theta_{fus}| ]$$

## 2) Manipulations

- Peser le calorimètre et ses accessoires (agitateur + thermomètre). On note  $m$  la masse obtenue.
- Verser dans le calorimètre un volume  $V_1 = 80$  mL d'eau à température ambiante, peser l'ensemble. On notera  $m'$  la masse obtenue. En déduire une valeur précise de la masse  $m_1$  d'eau froide. Agiter quelques instants et laisser la température du calorimètre et de l'eau froide prendre une valeur constante  $\Theta_i$ .
- Prélever quatre glaçons initialement à  $\Theta_{fus} = 0$  °C, les sécher avec du papier absorbant et les introduire rapidement dans le calorimètre. Agiter, laisser fondre les glaçons, puis relever la température finale  $\Theta_f$ . Peser à nouveau l'ensemble, on notera  $m''$  cette masse. En déduire une valeur précise de la masse  $m_2$  des glaçons.



À l'aide des valeurs expérimentales obtenues et de la valeur de la capacité thermique du calorimètre  $C$  fournie par le professeur, déterminer la valeur de  $L_{fus}$  exprimée en  $J \cdot g^{-1}$ .

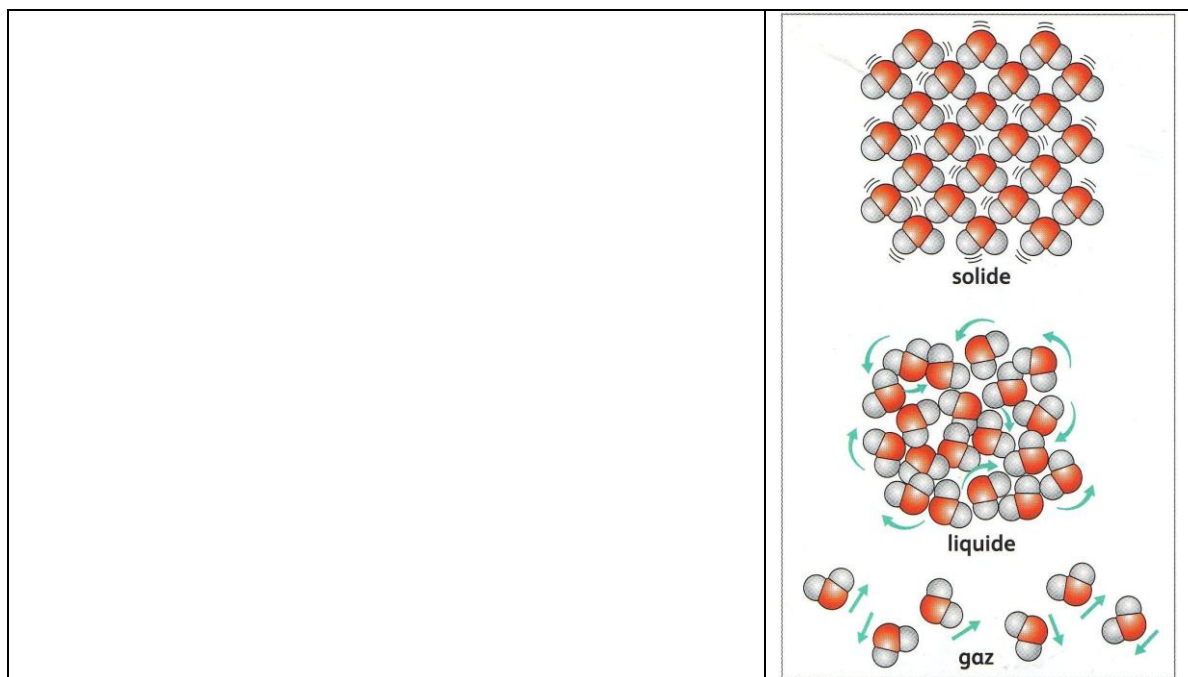
### 3) Bilan

Décrire les différents effets, à l'échelle macroscopique et éventuellement à l'échelle microscopique, d'un apport thermique à un corps pur solide.

### III) Synthèse

#### 1) États de la matière

- Etats solide, liquide, gazeux



- Solide ioniques et moléculaires

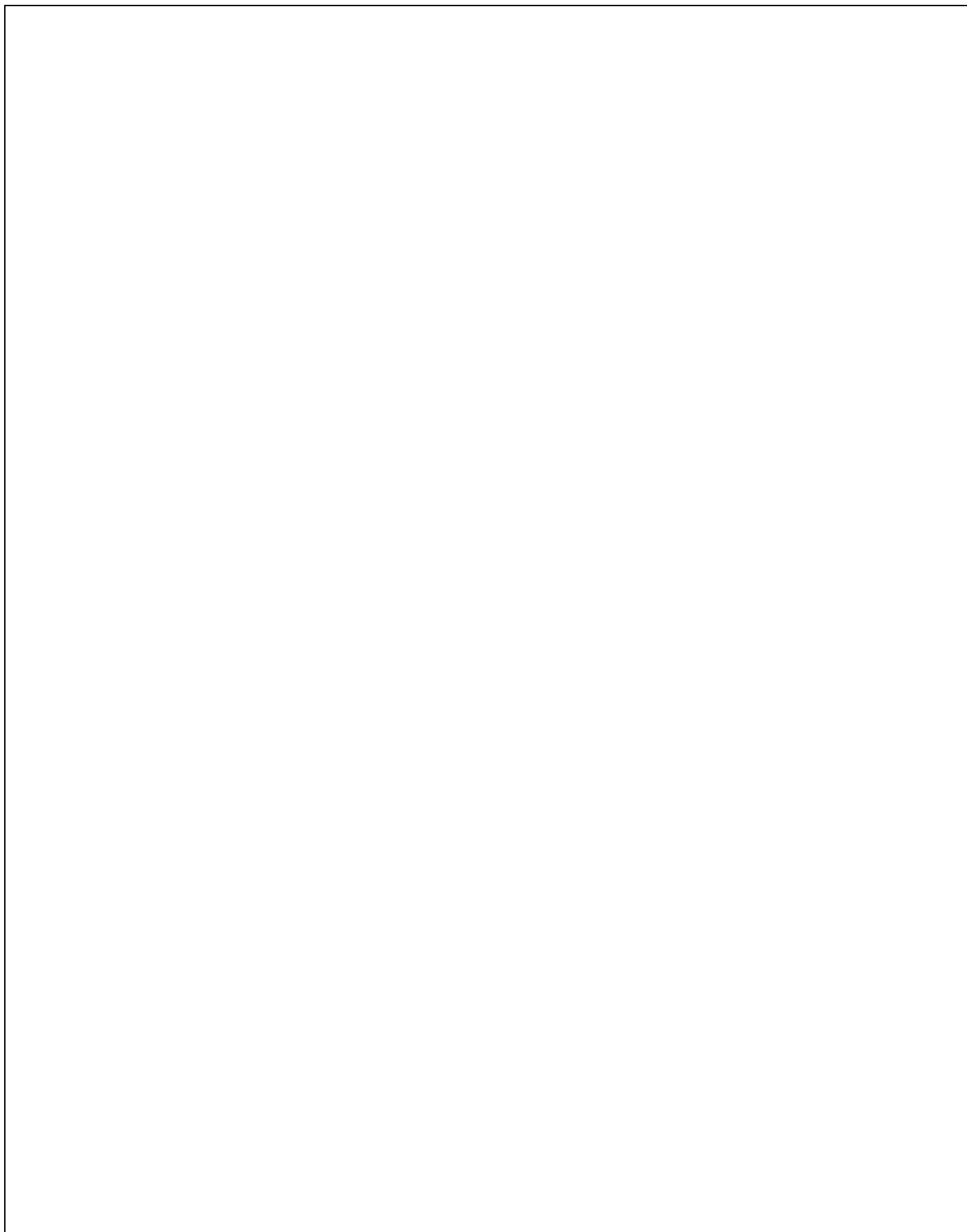
**Solide ioniques**

**Cohésion des solides ioniques**

**Solide moléculaires**

**Cohésion des solides moléculaires**

2) *Transferts thermiques*



La capacité thermique d'un corps est l'énergie thermique (ou chaleur) que doit recevoir ce corps pour que sa température s'élève de 1 °C (ou 1 K) ; on l'exprime en  $\text{J} \cdot \text{°C}^{-1}$  ou en  $\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$ .

La capacité thermique massique d'un corps est l'énergie thermique (ou chaleur) que doit recevoir une masse de ce corps égale à un kilogramme, pour que sa température s'élève de 1 °C (ou 1 K) ; on l'exprime en  $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$  ou en  $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

On utilise cependant très souvent comme unité le  $\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$  ou le  $\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  en s'intéressant à une masse égale à un gramme du corps considéré.

La chaleur latente massique de changement d'état est l'énergie thermique (ou chaleur) échangée avec le milieu extérieur par une masse de ce corps égale à un kilogramme, lorsque se produit un changement d'état, à la température de ce changement d'état ; on l'exprime en  $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

On utilise cependant très souvent comme unité le  $\text{J} \cdot \text{g}^{-1}$  en s'intéressant à une masse égale à un gramme du corps considéré.

On définit ainsi la chaleur latente massique de fusion, d'ébullition, de sublimation, etc.

### Manipulation

Il faut sécher les glaçons afin que la masse  $m_2$  déterminée en fin de manipulation corresponde exactement à la masse d'eau qui a fondu au cours de la manipulation.

*Remarques :* Pour le calcul de  $L_{\text{fus}}$ , il faut disposer de la capacité thermique du calorimètre et de ses accessoires (agitateur, thermomètre) ; celle-ci aura été déterminée au préalable au laboratoire par l'expérience classique des mélanges d'eau froide et d'eau chaude (voir ci-dessous). Afin d'assurer des résultats cohérents, il est souhaitable de déterminer cette capacité pour chaque calorimètre.

La valeur généralement donnée pour l'eau est  $L_{\text{fus}} = 330 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ .

À l'échelle microscopique, l'apport d'énergie thermique à un corps pur solide provoque une rupture des liaisons intermoléculaires, ce qui conduit à un accroissement de l'agitation des molécules (la température croît alors) ou non (lors des changements d'état, la température restant alors constante).

il faut décomposer le problème le système isolé = eau + glace + calorimètre

je suppose que la glace était à 0°C calculer ou exprimer

-la quantité de chaleur reçue par la glace pour la faire fondre

$Q_1 = m \cdot L$  m est connu mais L (chaleur latente) est inconnue.

-la quantité de chaleur reçue par m grammes d'eau (eau de fusion) pour que sa température passe de  $\Theta_i = 0^\circ\text{C}$  à  $\Theta_f = 19^\circ\text{C}$   $Q_2 = m \cdot 4180 (\Theta_f - \Theta_i)$

-La quantité de chaleur fournie au reste du système pour que la température du calorimètre et de l'eau passe de  $\Theta_i' = 54,7^\circ\text{C}$  à  $\Theta_f = 19^\circ\text{C}$   $Q_3 = m' \cdot 4180 (\Theta_f - \Theta_i')$   $m'$  = masse d'eau + valeur en eau du calorimètre = 63 + 68 g La somme des chaleurs échangées est nulle dans ce système isolé  $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$  on en déduit L dans les calculs m doit être en kg