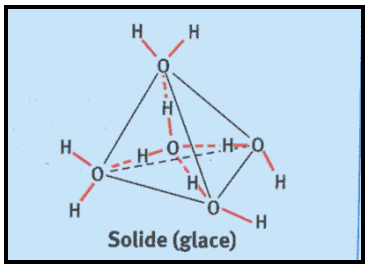
**Activité documentaire : aspects énergétiques d'une transformation physique.**

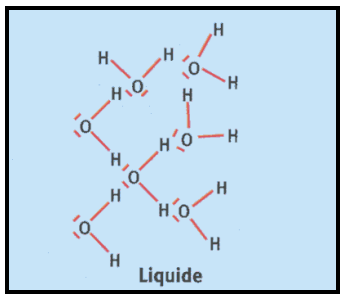
**Objectif : comprendre la signification de l'énergie de cohésion d'un état de la matière.**

## Document 1 : les états de la matière.

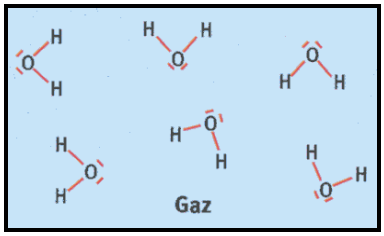
*Les différences entre les trois états principaux de la matière peuvent être comprises en recourant aux propriétés au niveau moléculaire.*
*Prenons l'exemple de l'eau. L'eau à l'état solide est un cristal, c'est-à-dire que les molécules d'eau occupent des positions bien précises dans l'espace, selon une structure de base qui se répète dans tout le solide.*
*La cohésion de la glace est essentiellement assurée par des liaisons intermoléculaires faibles par rapport aux liaisons covalentes intramoléculaires.*
*L'eau étant une molécule polaire et protique à la fois, les forces attractives en jeu sont les forces de Van der Waals et les liaisons hydrogène.*




*A l'état liquide, il n'y a plus de structure définie : les molécules se déplacent les unes par rapport aux autres, en restant néanmoins attirées les unes par les autres, ce qui explique qu'un liquide coule tout en gardant sa cohésion.*
*En général, l'état liquide de la matière est moins dense que l'état solide. A cet égard, l'eau fait figure d'exception, puisque la glace est moins dense que l'eau. Cela s'explique par des distances entres les molécules d'eau plus grandes dans la glace que dans l'eau liquide.*




*Enfin, à l'état gazeux, les molécules d'eau se déplacent très rapidement de façon désordonnée, il n'y a plus de cohésion d'ensemble. Cependant, des interactions entre les molécules d'eau demeurent, dues aux forces de Van der Waals. Ainsi, la vapeur d'eau ne peut pas être considérée comme un gaz parfait, contrairement à l'air.*
*Le fait que les molécules soient très éloignées les unes des autres explique la compressibilité des gaz, aussi bien que les propriétés des gaz d'occuper tout l'espace disponible (diffusion) et d'être miscibles entre eux.*




| **Questions :** | **Critères de réussite** |
|---|---|
| 1. Comment explique-t-on la différence entre les états de l'eau ? | *Vous raisonnerez en termes d'interactions entre molécules.* |
| 2. Comment expliquer que l'eau liquide soit plus dense que la glace ? | *Vous raisonnerez au niveau intermoléculaire.* |
| 3. Comment interprète-t-on la miscibilité des gaz au niveau moléculaire ? | |

## Document 2 : l'énergie thermique et l'énergie de cohésion d'un état de la matière.

*Lorsqu'on apporte de l'énergie à un solide ou un liquide, par exemple en le chauffant, on augmente l'agitation thermique mesurée par la température.*
*La relation entre l'énergie thermique apportée à un système et l'augmentation de sa température est :*

$$Q = m.c.\left(T_f - T_i\right)$$

*La capacité thermique « c » mesure l'énergie transférée à 1 kg de matière lorsque sa température augmente d'1 K.*
*A un moment donné, l'agitation ne peut plus augmenter, sans que le mouvement des molécules soit tel que la cohésion intermoléculaire ne soit rompue. La température de changement d'état est alors atteinte, et le changement d'état se produit lorsqu'une certaine quantité d'énergie, nécessaire pour briser la cohésion intermoléculaire, a été apportée.*
*On appelle énergie de cohésion d'un solide ou d'un liquide l'énergie à apporter à une mole de ce solide ou de ce liquide pour qu'il change d'état lorsque sa température de changement d'état est atteinte.*
*Dans les tables, on donne souvent l'énergie de cohésion en joules par kilogramme. Par exemple, l'énergie de cohésion de l'eau liquide est de 2263 $kJ.kg^{-1}$, et celle du cyclohexane liquide est de 358 $kJ.kg^{-1}$.*
*Cela signifie que, pour vaporiser un kilogramme d'eau liquide, il faut fournir une énergie de 2263 kJ. Dans le cas du cyclohexane, il faut fournir une énergie environ six fois moindre.*

| **Questions :** | **Critères de réussite** |
|---|---|
| 1. Rappeler ce que mesure la température. | *Vous utiliserez une description microscopique.* |
| 2. Comment peut-on expliquer que l'énergie de cohésion de l'eau liquide soit 6 fois plus grande que celle du cyclohexane liquide ? | *Vous raisonnerez en termes d'interactions entre molécules.* |
| 3. Pourquoi un gaz n'a-t-il pas d'énergie de cohésion ? | |

**Activité expérimentale : énergie de changement d'état**

Objectif : déterminer l'énergie de cohésion de la glace.

| ***Compétence travaillée*** | | | |
|---|---|---|---|
| ***Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour résoudre un problème.*** | | | |
| Lire le protocole en entier pour en comprendre les manipulations. | | Utiliser un calorimètre pour isoler un système. | |
| Suivre les étapes du protocole. | | Mesurer précisément des masses et des volumes. | |
| Organiser sa paillasse de façon efficace. | | Utiliser la relation entre la variation de température et le transfert thermique. | |
| Manipuler debout en se concentrant sur ses gestes. | | Déterminer une capacité thermique. | |
| Manipuler le matériel de façon adaptée. | | Exploiter le principe de conservation de l'énergie. | |

*Pour déterminer l'énergie de cohésion de la glace d'eau, vous allez calculer l'énergie transférée à une certaine quantité d'eau liquide lors de la fusion d'un glaçon.*
*On utilise pour cela un dispositif appelé calorimètre.*
*Le calorimètre est constitué de deux parois d'aluminium séparées par de l'air. Il empêche les transferts thermiques (par conduction et convection) ainsi que le transfert d'énergie par rayonnement à travers ses parois. Ainsi, le système constitué par l'ensemble {eau liquide – glaçon –calorimètre} est isolé de l'extérieur.*
*En revanche, l'ensemble eau et glaçon peut transférer de l'énergie au calorimètre : il faudra d'abord déterminer la capacité thermique du calorimètre, qui mesure l'énergie transférée au calorimètre par kg lorsque sa température augmente de 1°C .*

Manipulation n°1 : détermination de la capacité thermique du calorimètre

- Placer le calorimètre et ses instruments sur la balance et mesurer sa masse.
- Introduire 100 mL d'eau dans le calorimètre.
- Mesurer précisément la masse d'eau introduite.
- Agiter et relever au bout de quelques instants la température d'équilibre $\theta_0$ de l'ensemble.
- Faire chauffer dans un bécher 100 mL d'eau tout en agitant.
- Lorsque la température atteint 50 °C, verser sans tarder l'eau dans le calorimètre.
- Agiter doucement le contenu du calorimètre tout en suivant l'évolution de la température.
- Relever la température d'équilibre de l'ensemble lorsqu'elle est atteinte.

| **Questions :** | **Critères de réussite** |
|---|---|
| 1. Exprimer la quantité d'énergie thermique $Q_0$ transférée par le calorimètre entre l'instant où l'on y introduit l'eau chaude et l'instant où l'équilibre thermique final est atteint. | *Vous utiliserez l'information fournie dans les documents.* |
| 2. Exprimer entre ces deux mêmes instants la quantité d'énergie thermique $Q_1$ transférée par l'eau froide. | *Les états initiaux et finaux seront bien identifiés.* |
| 3. Exprimer de la même façon la quantité d'énergie thermique $Q_2$ transférée par l'eau chaude. | |
| 4. Ecrire la relation existant entre $Q_0$, $Q_1$ et $Q_2$. | *Vous utiliserez le principe de conservation de l'énergie.* |
| 5. En déduire l'expression littérale de la capacité thermique $c_{cal}$ du calorimètre. | *Le calcul algébrique sera rigoureux.* |
| 6. Faire l'application numérique. | *Vous serez vigilants sur les signes.* |

Manipulation n°2 : détermination de l'énergie de cohésion de la glace d'eau.

- Introduire 100 mL d'eau dans le calorimètre.
- Mesurer précisément la masse $m_1$ d'eau introduite.
- Agiter et relever au bout de quelques instants la température d'équilibre $\theta_1$ de l'ensemble.
- Prendre un glaçon et le placer dans un bécher avec une feuille de papier absorbant.
- Mesurer la masse de l'ensemble.
- Essuyer le glaçon avec la feuille de papier absorbant et l'introduire immédiatement dans le calorimètre.
- Peser le bécher avec le papier mouillé. En déduire avec précision la masse $m_2$ de glace ayant été introduite dans le calorimètre.
- Agiter doucement le contenu du calorimètre tout en suivant l'évolution de la température.
- Relever la température d'équilibre $\theta_2$ de l'ensemble lorsqu'elle est atteinte.

| **Questions :** | **Critères de réussite** |
|---|---|
| 7. Exprimer la quantité d'énergie thermique $Q'_0$ transférée par le calorimètre entre l'instant où l'on introduit le glaçon dans l'eau et celui où le glaçon a entièrement fondu. | *Les états initiaux et finaux seront bien identifiés.* |
| 8. Exprimer entre ces deux mêmes instants la quantité d'énergie thermique $Q'_1$ transférée par l'eau liquide contenue dans le calorimètre. | |
| 9. Quelle température peut-on raisonnablement attribuer au glaçon ? | *Vous raisonnerez sur les températures de changement d'état.* |
| 10. Exprimer la quantité d'énergie thermique $Q'_2$ transférée par l'eau de fusion de la température de 0°C à la température $\theta_2$. | *L'état solide et l'état liquide de l'eau issue du glaçon seront distingués.* |
| 11. En déduire l'expression littérale de la quantité d'énergie thermique $Q_{fusion}$ nécessaire à la fusion du glaçon. | *Vous utiliserez la conservation de l'énergie.* |
| 12. Faire l'application numérique. | *Les chiffres significatifs seront respectés.* |
| 13. Déterminer l'énergie de cohésion par kilogramme de glace d'eau. | *Le document sera bien exploité.* |
| 14. En déduire l'énergie de cohésion par mole de glace d'eau. | |