

Chapitre 12 : Transformation physique

Cours

1. Modélisation des transformations physiques

a. Modélisation microscopique des trois états de la matière

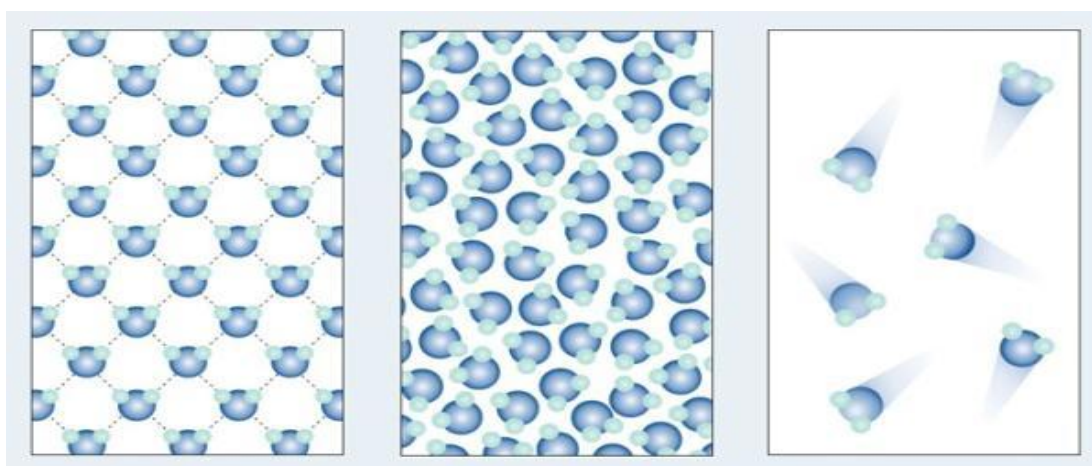


Figure 1

A l'échelle microscopique, les entités constituant la matière sont en perpétuel mouvement, c'est ce que l'on appelle l'agitation thermique. Sur la figure 1 on observe la structure microscopique de l'eau pour les états solide, liquide et gazeux (de gauche à droite).

Etat solide

Les interactions entre molécules voisines sont fortes :

- Les molécules d'eau occupent une position presque fixe dans la glace ;
- A cause de l'agitation thermique elles peuvent bouger un peu autour de ce point fixe.

Etat liquide

Les interactions entre molécules voisines sont plus faibles :

- Les molécules d'eau n'occupent pas de position fixe dans l'eau liquide ; Néanmoins elles ne s'éloignent pas trop d'une certaine position moyenne.
- A cause de l'agitation thermique elles peuvent bouger davantage que dans un solide.

Etat gazeux

Les molécules sont libres. Elles peuvent cependant entrer en collision entre elles et avec les parois du récipient. Ce dernier phénomène est à l'origine de la pression.

b. Diagramme des changements d'état physiques

Sur la figure 2 les trois états de la matière solide, liquide et gazeux ainsi que les transformations possibles entre ces états.

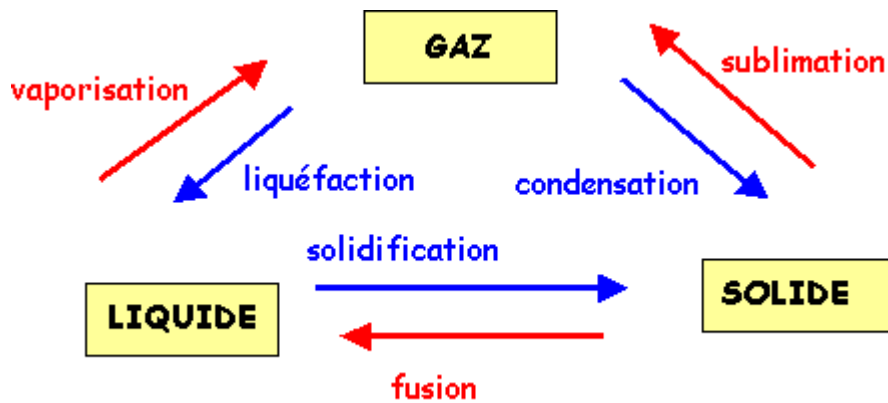


Figure 2

Transformation correspondant à un gain d'énergie du système (→)

Transformation correspondant à une perte d'énergie du système (→)

Remarque

La sublimation consiste à passer du solide au gaz sans passer par la phase liquide, cela nécessite de travailler sous faible pression.

b. Ecriture symbolique d'un changement d'état

Un corps peut passer d'un état physique à un autre au cours d'une transformation physique appelée « changement d'état ».

A une pression donnée, le changement d'état se fait à température constante.

On écrit le changement d'état d'un corps pur au moyen d'une équation du type :

Corps pur_(état1) → Corps pur_(état2).

Voir la figure 3 pour la fusion d'un glaçon :

Eau_(solide) → Eau_(liquide)



Figure 3

Remarque

Il ne faut pas confondre fusion et dissolution. Dans ce dernier cas un soluté est mis en solution dans un solvant : espèce_(s ou l ou g) → espèce_(aq).

Application

Traduire les changements d'états suivants par la transformation physique associée, sous forme Formule chimique (état initial) → Formule chimique (état final).

- Ebullition de l'eau.
- formation d'un glaçon.
- Fusion de l'or (Symbole chimique Au).
- Sublimation du diiode I₂.

Réponse :

- a. $\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(g)}$
- b. $\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(s)}$
- c. $\text{Au}_{(s)} \rightarrow \text{Au}_{(l)}$
- d. $\text{I}_{2(s)} \rightarrow \text{I}_{2(g)}$

c. Modélisation microscopique d'un changement d'état

Lors d'un transfert thermique sans changement d'état :

- Si un corps absorbe de l'énergie, l'agitation thermique de ce corps augmente, ainsi que sa température.
- Si un corps libère de l'énergie, l'agitation thermique de ce corps diminue ainsi que sa température.

Lors d'un transfert thermique avec changement d'état, l'énergie échangée permet de modifier l'arrangement des entités les unes par rapport aux autres.

Sur la figure 4 on indique la température en fonction du temps pour de l'eau liquide que l'on chauffe :

- Dans la première partie (en bleu) du graphique la température augmente, les molécules d'eau acquièrent de plus en plus d'énergie de mouvement.
- Dans la deuxième partie (en rouge) du graphique la température est constante, les molécules ont même énergie de mouvement et donc l'apport de chaleur sert seulement à casser les liaisons entre les molécules.

Stabilisation de la température de l'eau pure lors de l'évaporation

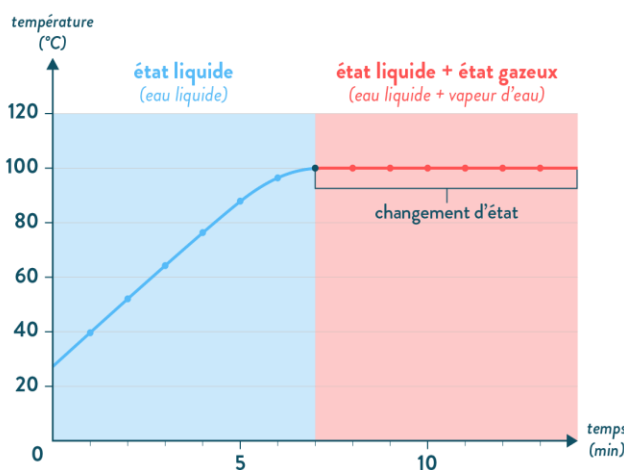


Figure 4

Sur la figure 5 on indique la température en fonction du temps pour le passage d'un solide en vapeur en passant par le liquide. Sur un palier horizontal on note la coexistence de deux phases.

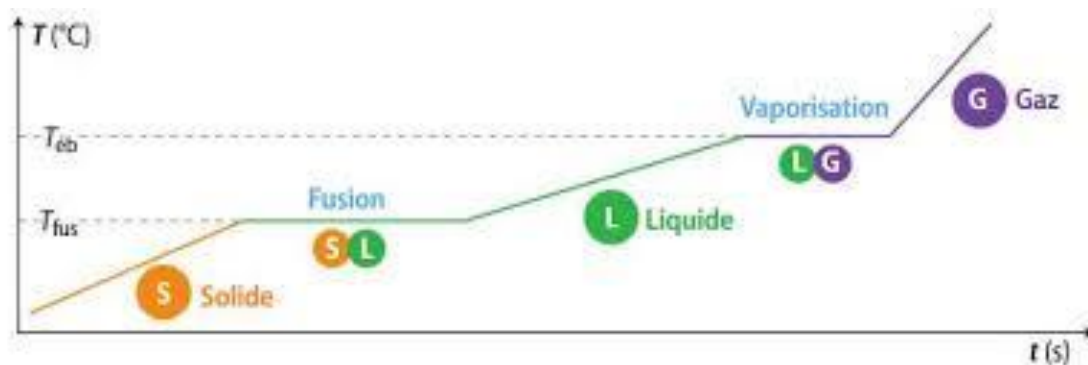


Figure 5

Application

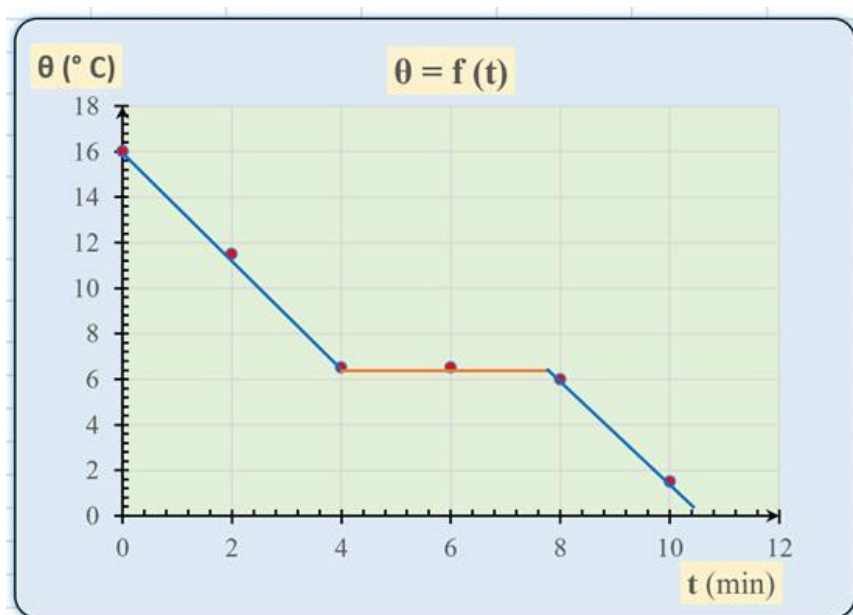
On a mesuré la température au cours du temps lors de la solidification du cyclohexane. Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant:

t(min)	0	2	4	6	8	10
θ (°C)	16,0	11,5	6,5	6,5	6,0	1,5

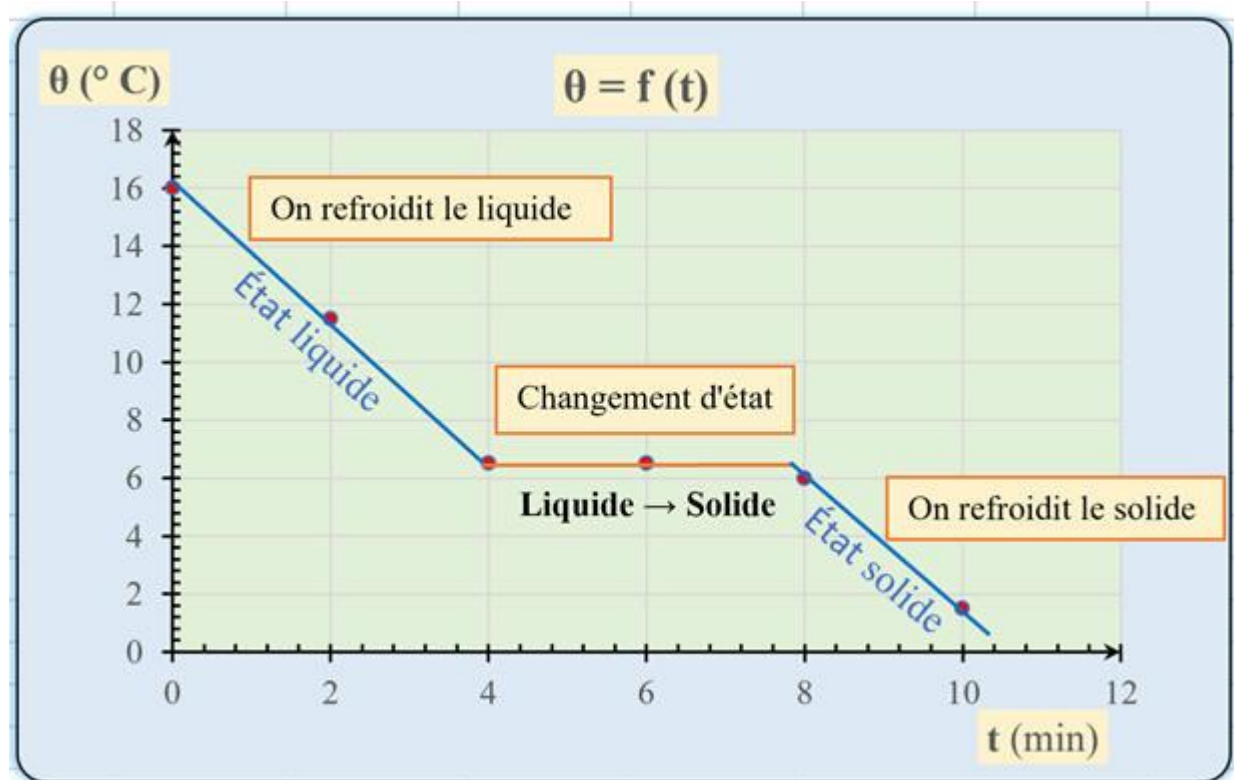
1. Tracer le graphique représentant l'évolution de la température au cours du temps.
2. Identifier les états physiques par lesquels passe le cyclohexane au cours du temps.

Réponse :

1. Graphique représentant l'évolution de la température au cours du temps.



2. États physiques par lesquels passe le cyclohexane au cours du temps ; Les différentes étapes.



$0 < t < 4$ min : Le liquide se refroidit, l'agitation thermique diminue mais la structure liquide ne change pas.

$4 < t < 8$ min : Une partie du liquide se transforme en solide, la température reste fixée à 6,5 °C. En $t = 4$ min il n'y a que du liquide et en $t = 8$ min il n'y a que du solide.

$t > 8$ min : Le solide se refroidit, l'agitation thermique diminue mais la structure solide ne change pas.

Une petite vidéo qui résume le paragraphe :

<https://youtu.be/NffgzCOLPag>

2. Les échanges d'énergie

a. Transformations physiques endothermiques et exothermiques

La chaleur Q est une énergie qui se mesure en joules (J).

$Q > 0$ signifie que le système physique reçoit de l'énergie.

$Q < 0$ signifie que le système physique fournit de l'énergie.

Remarques

-1 J correspond à l'énergie nécessaire pour faire monter une masse de 100 g de 1m.

-Il faut fournir 4,18 J pour élever la température d'1 g d'eau de 1°C ; Cette énergie particulière est connue sous le nom de calorie : $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$.

Lors du changement d'état d'un corps pur :

Si le système absorbe de l'énergie thermique, le changement d'état est endothermique. La chaleur Q échangée est positive. Le milieu extérieur se refroidit.

Si le système libère de l'énergie thermique, le changement d'état est exothermique. La chaleur Q échangée est négative. Le milieu extérieur se réchauffe.

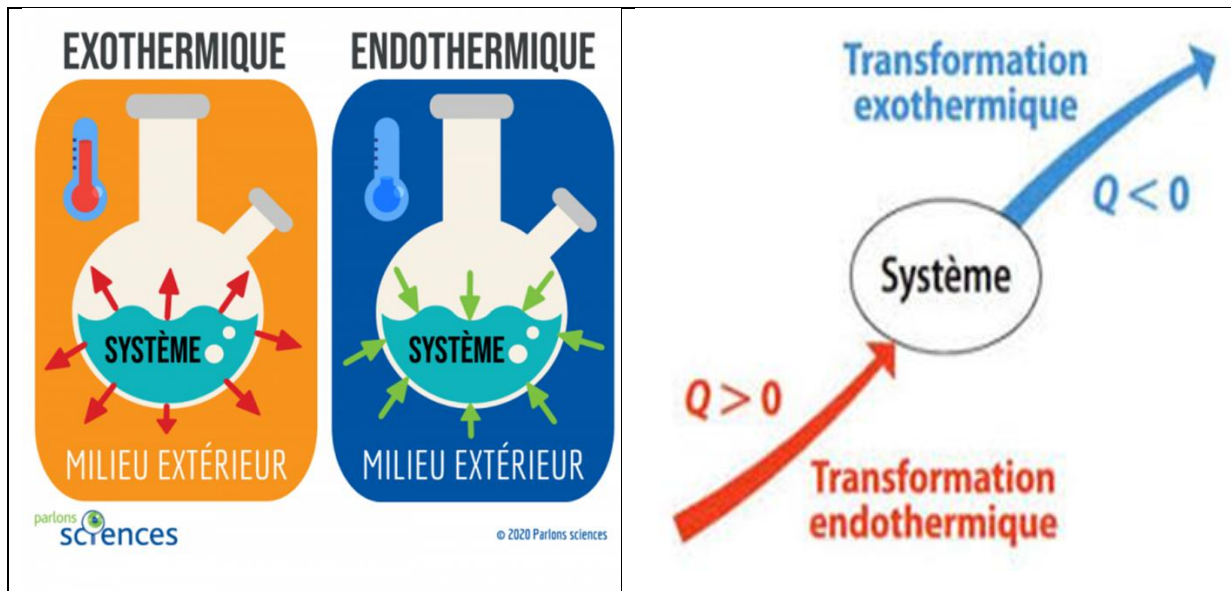


Figure 6

b. Energie de changement d'état

Lorsque la substance atteint sa température de changement d'état (palier horizontal), l'énergie transférée ne sert pas à modifier la température, mais à réaliser la transformation physique (rupture ou formation de liaisons).

L'énergie thermique transférée est proportionnelle à la masse de substance qui change d'état :

$$Q = m L$$

Q : énergie thermique en joules (J)

m : masse de substance changeant d'état en kilogramme (kg)

L : énergie thermique de changement d'état en joules par kilogramme (J.kg^{-1})

Exemples

Substance	L_{fusion} en kJ.kg^{-1}	$L_{\text{vaporisation}}$ en kJ.kg^{-1}
Ethanol	109	855
Eau	335	2265
Or	65	1644

Remarques

-La grandeur L possède le même signe que Q. Ainsi :

$L_{\text{fusion}} > 0$ et $L_{\text{solidification}} < 0$ avec $L_{\text{solidification}} = - L_{\text{fusion}}$;

$L_{\text{vaporisation}} > 0$ et $L_{\text{liquéfaction}} < 0$ avec $L_{\text{liquéfaction}} = - L_{\text{vaporisation}}$.

-Pour trouver le signe de L il faut faire appel au bon sens :

Q et L ont même signe car $Q = m L$ et $m > 0$;

Le signe est positif lorsque l'agitation thermique augmente (endothermique)

Le signe est négatif lorsque l'agitation thermique diminue (exothermique)

Application 1

Calculer l'énergie thermique nécessaire pour vaporiser 10,0 g d'eau.

$L_{\text{vaporisation}} = 2265 \text{ en kJ.kg}^{-1}$

$$\begin{aligned} Q &= m L_{\text{vaporisation}} \\ &= 10,0 \cdot 10^{-3} \times 2265 \end{aligned}$$

$$Q = \underline{22,7 \text{ kJ.}}$$

Le signe plus signifie que l'eau reçoit de la chaleur (positive) du milieu extérieur.

Application 2

Un bac à glaçons pèse à vide 133g. Rempli d'eau et mis au congélateur, il pèse à la sortie 410 g.

Calculer la valeur du transfert thermique nécessaire pour la fabrication des glaçons, l'eau étant prise à 0°C.

$L_{\text{solidification}} = - 335 \text{ kJ.kg}^{-1}$

$$\begin{aligned} Q &= m L_{\text{solidification}} \\ &= (410 - 133) \cdot 10^{-3} \times (-335) \end{aligned}$$

$$Q = \underline{- 92,8 \text{ kJ.}}$$

Le signe moins signifie que l'eau fournit de la chaleur (positive) au milieu extérieur.

Voici une petite vidéo sur un exercice complet sur le chapitre :

<https://youtu.be/W7IS4jdUFjM>

Exercices

N°	4	page	104
N°	6	page	104
N°	8	page	105
N°	10	page	105
N°	12	page	105
N°	14	page	105
N°	16	page	106
N°	18	page	106