

Chapitre 12 : Transformation physique

Cours

1. Modélisation des transformations physiques

a. Changement d'état physique

Sur la figure 1 les trois états de la matière solide, liquide et gazeux ainsi que les transformations possibles entre ces états.

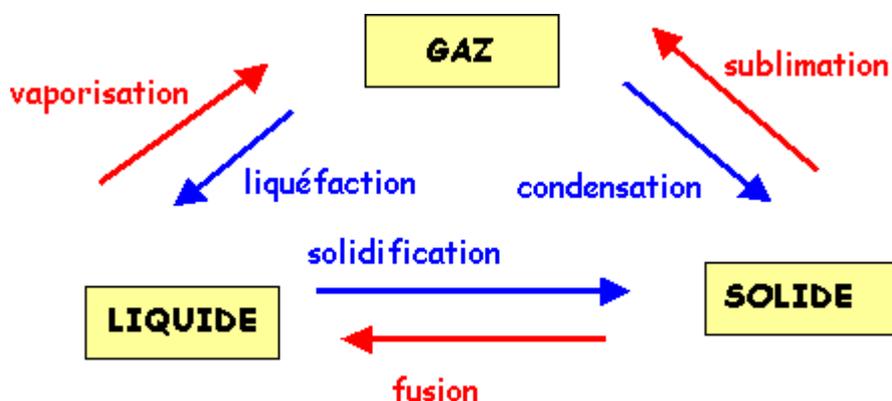


Figure 1

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

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

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).

Exemple

Voir la figure 2 pour la fusion d'un glaçon :

Eau_(solide) → Eau_(liquide)



Figure 2

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).

c. Modélisation microscopique d'un changement d'état

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 3 on observe la structure microscopique de l'eau pour les états solide, liquide et gazeux.

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 faibles :

- Les molécules d'eau n'occupent pas de position fixe dans l'eau liquide ;
- A cause de l'agitation thermique elles peuvent bouger davantage que dans un solide.

Etat gazeux

Les molécules sont libres.

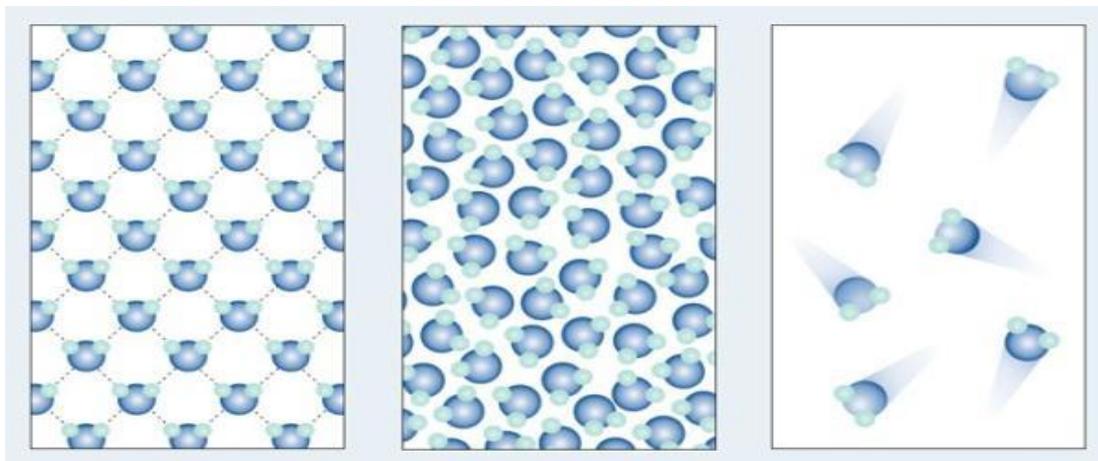


Figure 3

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

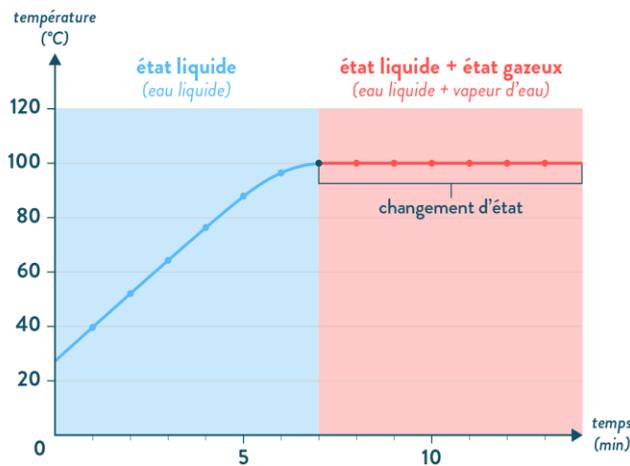


Figure 4

Sur la figure 5 le passage solide → liquide → gaz ; Les changements d'état solide → liquide et liquide → gaz se font à température constante.

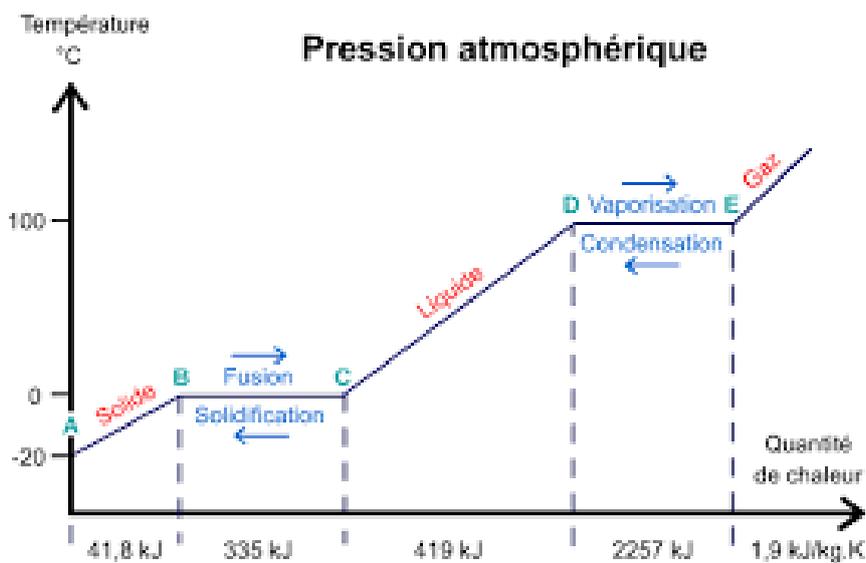


Figure 5

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 cal = 4,18 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.

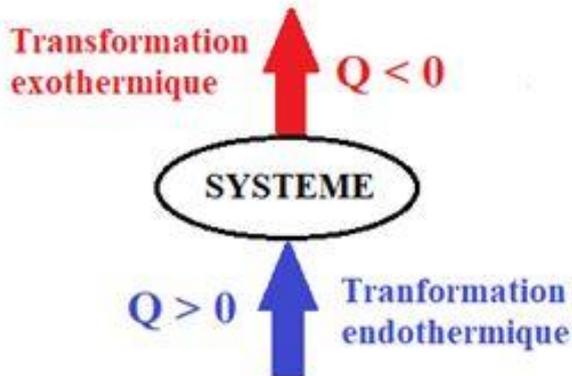


Figure 6

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 ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Exemples

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

Remarques

La grandeur L possède le signe de 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 $L_{\text{liquéfaction}} = - L_{\text{vaporisation}}$.

Application 1

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

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

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

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

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 .

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

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

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

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

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