

Chapitre N°3 : Changements d'états et transferts thermiques

L'objectif de ce cours est de plonger au cœur de la matière afin de comprendre plus finement les changements d'état et les transferts thermiques associés.

1/ La matière dans tous ses états!

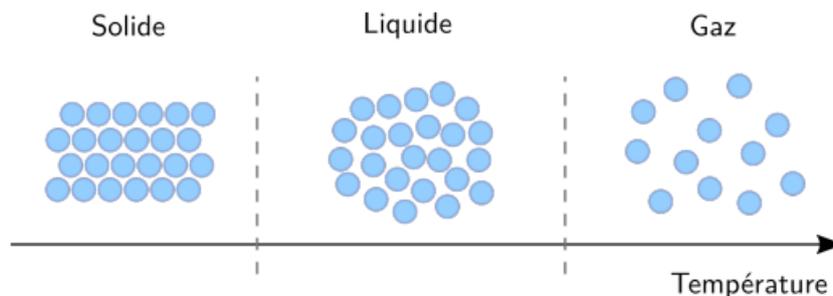
a/ Modélisation microscopique des états de la matière

On compte trois états physiques principaux de la matière dépendant de la température et de la pression du corps considéré : solide, liquide, gazeux.

Microscopiquement, les états de la matière correspondent à des agencements plus ou moins ordonnés de la matière :

- Etat solide :
-
-
- Etat liquide :
-
-
- Etat gazeux :
-
-

Le passage d'un état à l'autre peut être effectué en faisant varier la température. L'agencement microscopique évolue qualitativement de la manière suivante :



L'agencement des entités provient de l'existence d'interactions entre celles-ci : on parle de liaisons intermoléculaires.

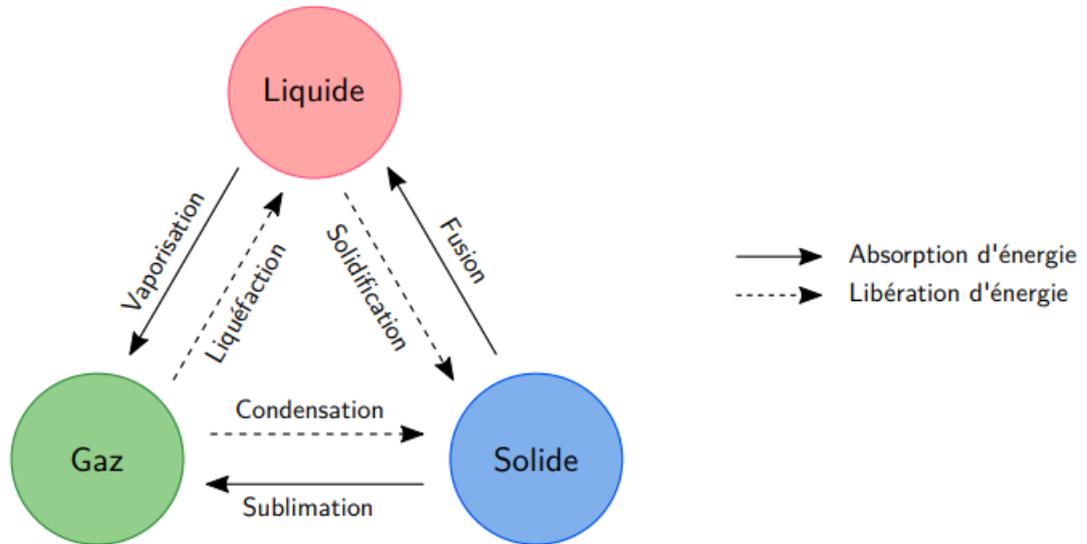
.....

.....

.....

b/ Une transformation physique singulière : le changement d'état

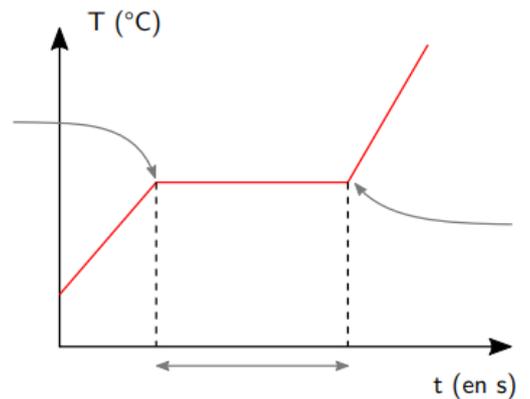
Le passage d'un état à l'autre correspond à un échange d'énergie avec un autre système et porte un nom spécifique. L'énergie libérée ou reçue par le système entraîne la formation ou la rupture de liaisons intermoléculaires.



Si le système libère de l'énergie lors du changement d'état, on dira que la transformation est Microscopiquement il y a création de liaisons intermoléculaires.
 Si le système absorbe de l'énergie lors du changement d'état, on dira que la transformation est Microscopiquement il y a rupture de liaisons intermoléculaires.

Remarque importante :

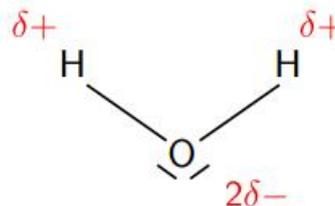
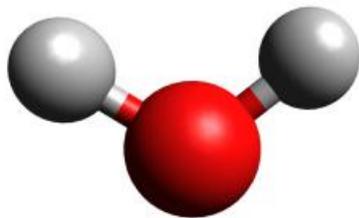
Lors d'un changement d'état, la température du système ne varie pas. Prenons une casserole d'eau à 20°C que l'on met sur une plaque de cuisson. On relève la température au cours du temps et on obtient la courbe ci-contre :



2/ Le cas particulier de l'eau

a/ La molécule d'eau

Dans la molécule d'eau (électriquement neutre), les liaisons O-H sont polarisées. L'oxygène étant plus électronégatif que l'hydrogène, il attire vers lui les électrons de la liaison formée avec l'hydrogène.

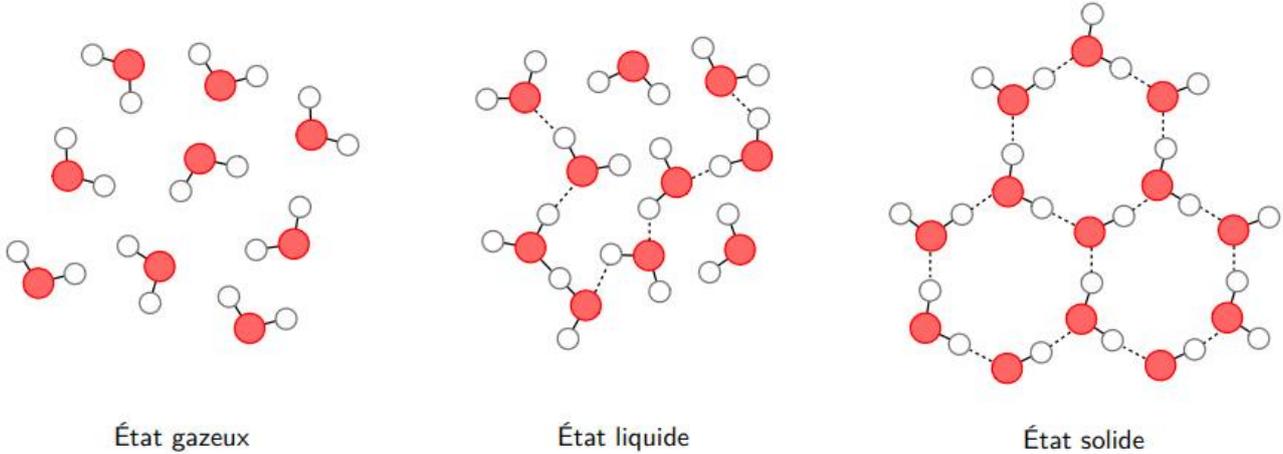


L'hydrogène est alors en déficit partiel d'électrons. On lui associe une charge partielle $\delta+$ ($+0,33.e = 5,3.10^{-20}$ C). À l'inverse, l'oxygène possède un surplus partiel d'électrons. On lui associe donc une charge partielle $2\delta-$ ($-0,66.e = -1,06.10^{-19}$ C).

b/ La liaison hydrogène

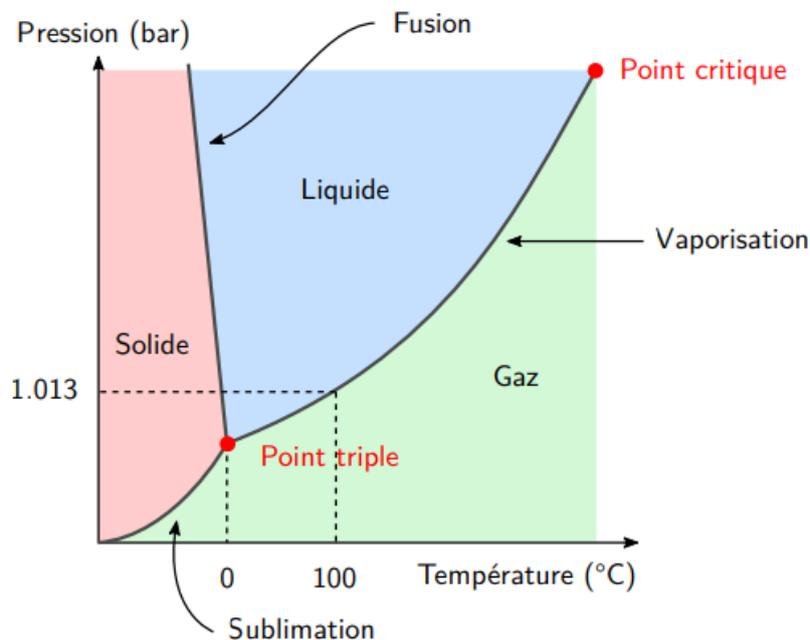
Afin de stabiliser les charges partielles, les molécules d'eau vont former des liaisons intermoléculaires appelées

Les différences macroscopiques entre les différents états de l'eau s'expliquent donc par le nombre et la durée de vie des liaisons hydrogènes. L'apport d'énergie tend à rompre les liaisons hydrogènes.



3/ Les diagrammes d'état (p,T)

L'état physique d'un corps peut être déterminé à l'aide d'un diagramme d'état (p,T). Celui-ci indique les différents domaines (solide, liquide, gaz) selon la pression et la température. Le diagramme d'état de l'eau pur est donné ci-dessous :



Les domaines sont délimités par des courbes de fusion, de vaporisation et de sublimation (on parcourt le diagramme pour des températures croissantes, de gauche à droite). Au niveau de ces frontières, on aura changement d'état et coexistence de plusieurs états.

On distinguera aussi deux points particuliers :

-
-

4/ Energie massique de changement d'état

a/ Rappel Chapitre N°2

Lorsqu'il n'y a pas changement d'état, la quantité d'énergie thermique Q transférée à un corps de masse m pour faire varier sa température d'une valeur T_i à T_f s'écrit :

$$Q = m \times c \times (T_f - T_i)$$

c étant la capacité thermique massique du corps étudié en $J.kg^{-1}.K^{-1}$.

b/ Energie massique de changement d'état

Lors des changements d'état, on estime les transferts thermiques à l'aide des énergies massiques de changement d'état noté L .

L'énergie thermique Q de changement d'état (en J) est l'énergie nécessaire pour faire changer d'état une masse m (en kg) d'un corps pur ayant une énergie massique de changement d'état L (en $J.kg^{-1}$).



avec Q en J, m en kg et L en $J.kg^{-1}$.

Le corps :

- cède de l'énergie lors du passage à un état plus compact et ordonné : solidification, liquéfaction ou condensation. $L < 0$.
- de l'énergie lors du passage à un état moins compact et ordonné : fusion, vaporisation ou sublimation. $L > 0$.

Exemples : pour l'eau : $L_{\text{fusion}} = 334 \text{ kJ.kg}^{-1}$ $L_{\text{solidification}} = - 334 \text{ kJ.kg}^{-1}$

c/ Réaliser un bilan énergétique

Lorsque l'on effectue un bilan énergétique, il faudra prendre en compte l'énergie liée à l'échauffement ou au refroidissement et l'énergie liée aux possibles changements d'état !

Exemple : Un four à micro-ondes de puissance 1000W est utilisé pour décongeler un potage, de masse 500 g, sorti du congélateur à -18°C . On souhaite déterminer le temps de décongélation pour amener cette préparation culinaire à l'état liquide à une température de 0°C . On suppose que le four fonctionne à pleine puissance lors de la décongélation rapide et que toute l'énergie qu'il fournit est absorbée par la préparation culinaire. (Données : $L_{\text{fus}}(\text{potage}) = 334 \text{ kJ.kg}^{-1}$; $c(\text{potage}) = 2,22 \text{ kJ.kg}^{-1}.^\circ\text{C}^{-1}$)

- Représenter qualitativement l'évolution de température de la préparation culinaire au cours de cette opération.

- Exprimer puis calculer l'énergie que reçoit la préparation culinaire dans la première, puis dans la deuxième partie de la courbe.

.....
.....
.....
.....

- En déduire le temps de l'opération de décongélation.

.....
.....
.....
.....

JE DOIS SAVOIR :



- Associer, dans le cas de l'eau, un changement d'état à l'établissement ou à la rupture de liaisons hydrogène entre molécules.
- Utiliser un diagramme d'état (p,T) pour déterminer l'état final d'un fluide lors d'une transformation physique d'un corps pur.
- Utiliser l'énergie massique de changement d'état et les capacités thermiques massiques pour calculer les énergies mises en jeu.