

PLAN

1ère partie

Chapitre 2

Changements d'état

1 Généralités

1.1 Notion de phase

1.2 Passages d'un état à l'autre

1.3 Equilibre entre les phases

1.4 Chaleur latente de changement d'état

2 Fusion-solidification

2.1 Fusion franche – fusion pâteuse

2.2 Solidification

2.3 Influence de la pression

3 Transformation liquide-gaz ; gaz-liquide

3.1 Transformation par échange d'énergie mécanique

4 Sublimation – Condensation

5 Déplacement de l'équilibre

6 Théorie moléculaire des changements d'état

Chapitre 3

Les forces de liaisons

Structure de l'eau. Propriétés particulières

Physico-Chimie

1^{ère} Partie

Chapitre 2

Changements d'état

Chapitre 2

Changements d'état

1. Généralités

1.1 Notion de phase

- **Toute partie homogène d'un système**
- **Notion complexe**
- **3 phases : solide
 liquide
 gaz**

**Etat donné d'un corps
(par simplification)**

On peut passer d'un état à l'autre.

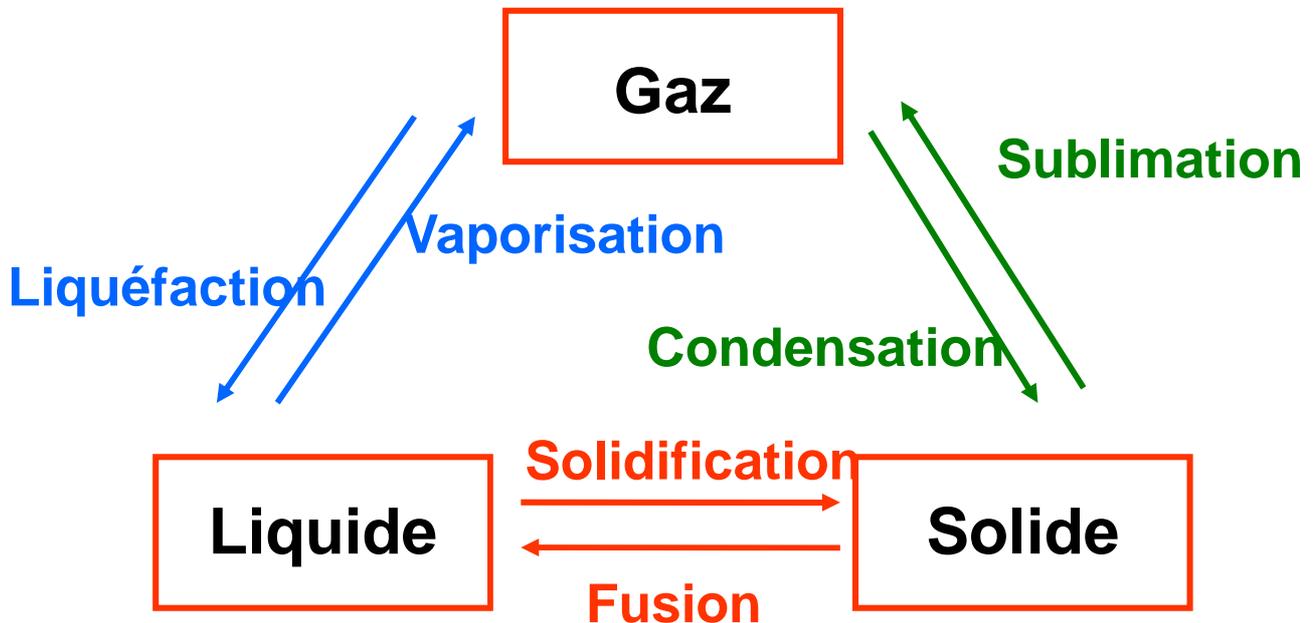
Pour changer l'état d'un corps, il faut lui apporter (ou lui extraire) de l'énergie.

Cette énergie peut être apportée sous forme de chaleur, expression macroscopique de l'agitation moléculaire.

L'unité de chaleur est la **calorie : c'est par définition l'énergie nécessaire pour faire passer 1 g d'eau de 14,5 °C à 15,5 °C.**

1 calorie = 4,18 joules

1.2 Passages d'un état à l'autre



- **Tous les changements sont possibles**
- **l'état liquide peut être considéré (au sens FIM) comme un état intermédiaire entre solide et gazeux, il ne constitue pas une étape obligatoire**

Agitation thermique essentielle.

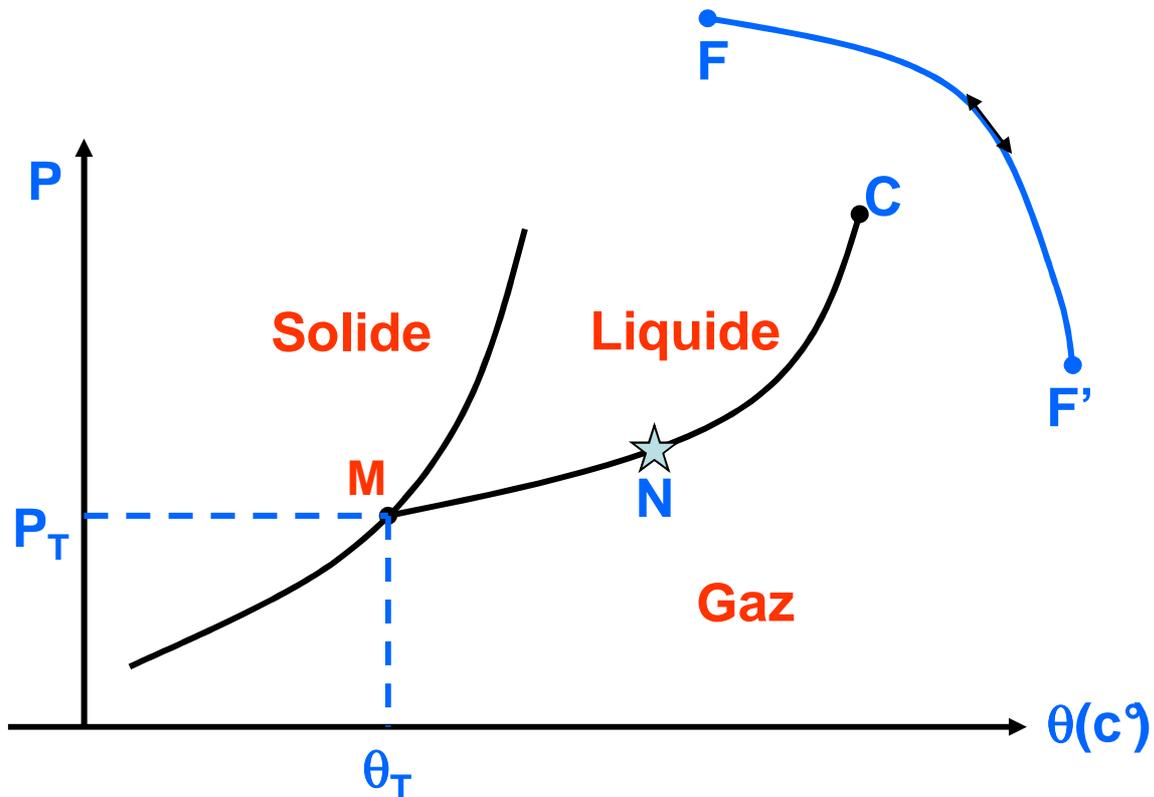
Equilibre entre les forces intermoléculaires qui tendent à assurer la cohésion des molécules et l'agitation moléculaire qui tend au contraire à les écarter les unes des autres et à les répartir au hasard.

GAZ : FIM très faibles. Si on les néglige → Gaz parfaits. Facilement compressible.

SOLIDES : FIM prépondérantes. L'agitation thermique se réduit à une vibration.

LIQUIDES : plus complexe. Etat intermédiaire. Atomes également en contact sont mobiles. Peu compressible. Forme susceptible de changer même sous l'effet de forces peu intenses.

1.3 Equilibre entre les phases



N = Equilibre entre deux phases

M = Point triple : (équilibre entre 3 phases)

C = Point critique (d liq = d gaz)

1.4 Chaleur latente de changement d'état

quantité de chaleur qu'il faut fournir à l'unité de masse d'un corps pour le faire changer passer d'une phase de basse énergie à une phase de plus haute énergie

T et P cste



ΔV



Coefficient de dilatation

Remarque :

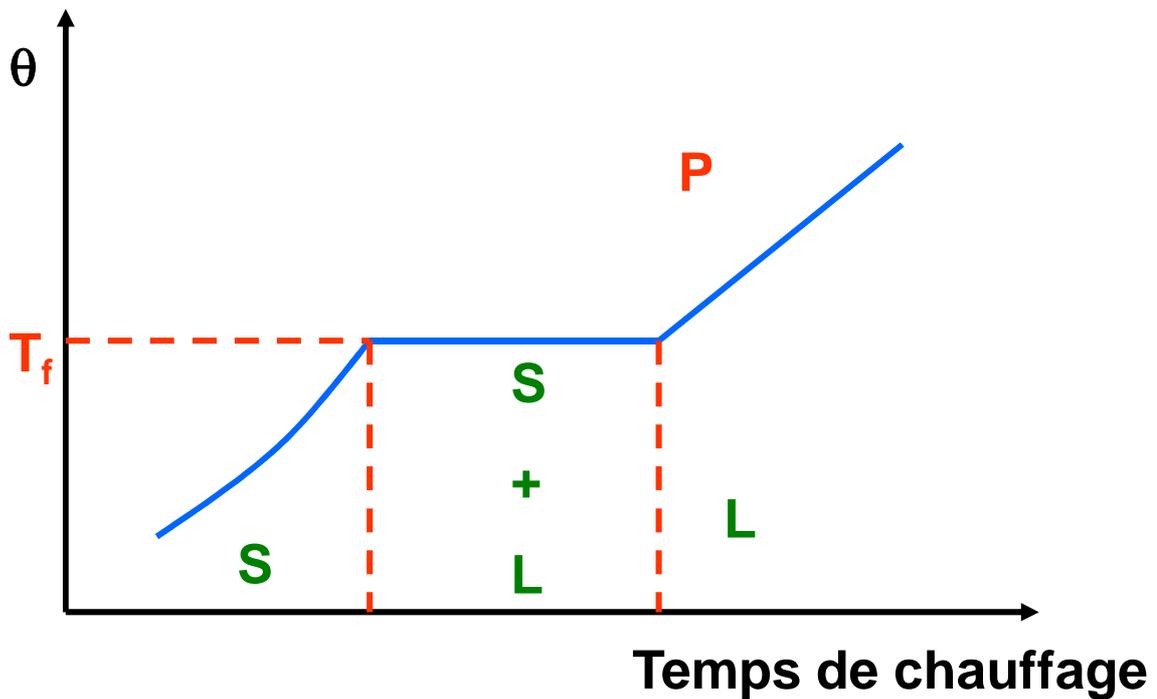
3 Ch.Lat. : de fusion, de vaporisation et sublimation : L_f ; L_v ; L_s en J.Kg-1

Les transformations inverses s'effectuent avec un dégagement de chaleur égal, pour une masse unité à la Ch.Lat. correspondante.

2. Fusion-solidification

2.1 Fusion franche – fusion pâteuse

- **Fusion pâteuse → progressive (verre)**
- **Fusion franche (glace)**
 - **Brusque**
 - **S'effectue à la même température pour une pression donnée**
 - **Température invariante pendant le changement d'état**



T_f = température de fusion à la pression P

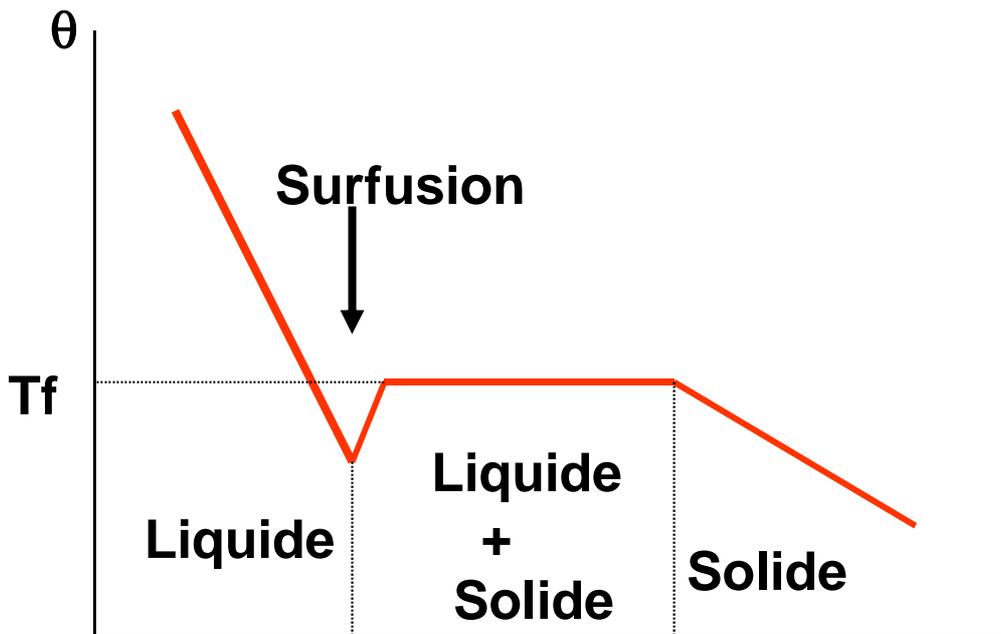
L_f = chaleur de fusion

Eau $L_f = 80 \text{ cal/1g}$

Le même nombre de calories se libère quand l'eau se congèle.

2.2 Solidification

■ Phénomène inverse



Temps de refroidissement

■ Surfusion

Lorsque la température décroît et passe en dessous de la T_f , rien ne se produit, puis brusquement apparaît du solide, la température remonte jusqu'à la T_f .

Liquide en état de surfusion

▪ $L_s =$ pour l'eau 80 cal/g, (chal.lat.de fus.)
« 80 cal sont libérées lorsque 1 g d'eau se congèle »

2.3 Influence de la pression

Habituellement, les corps se dilatent en se réchauffant et la T_f croît avec la pression.

Pour l'eau, dont le volume spécifique du liquide est plus petit que celui du solide, la T_f décroît avec la pression.

Donc, on peut passer de l'état solide à l'état liquide soit en augmentant la T . à P cste, soit en diminuant la P . à T cste.

Généralement : $P \nearrow \Rightarrow T_f \nearrow$

cas de l'eau $P \nearrow \Rightarrow T_f \searrow$ car le volume spécifique est plus petit que celui du solide.

Lorsqu'on comprime la glace, elle fond.

3. Transformation liquide-gaz gaz-liquide

▪ Vaporisation

▪ Liquéfaction

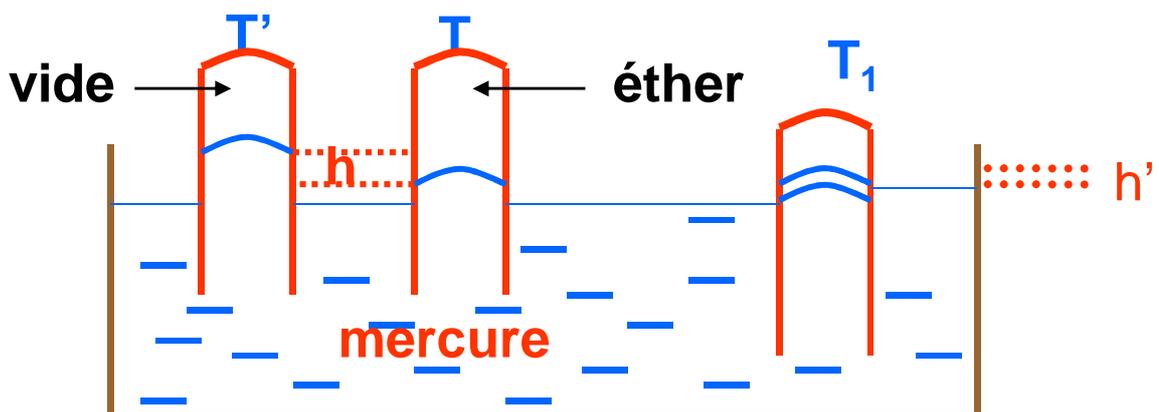
- Vaporisation en atmosphère gazeuse

→ évaporation

- Ebullition

Bulles à l'intérieur du liquide. Ce n'est plus un phénomène d'interface

3.1 Transformation par échange d'énergie mécanique



① $T' =$ Pression atmosphérique $P_a = 760 \text{ mmHg}$

② $T =$ vapeur d'éther introduite (Pression # h)

$$P = h\rho g$$

(h) Vapeur sèche

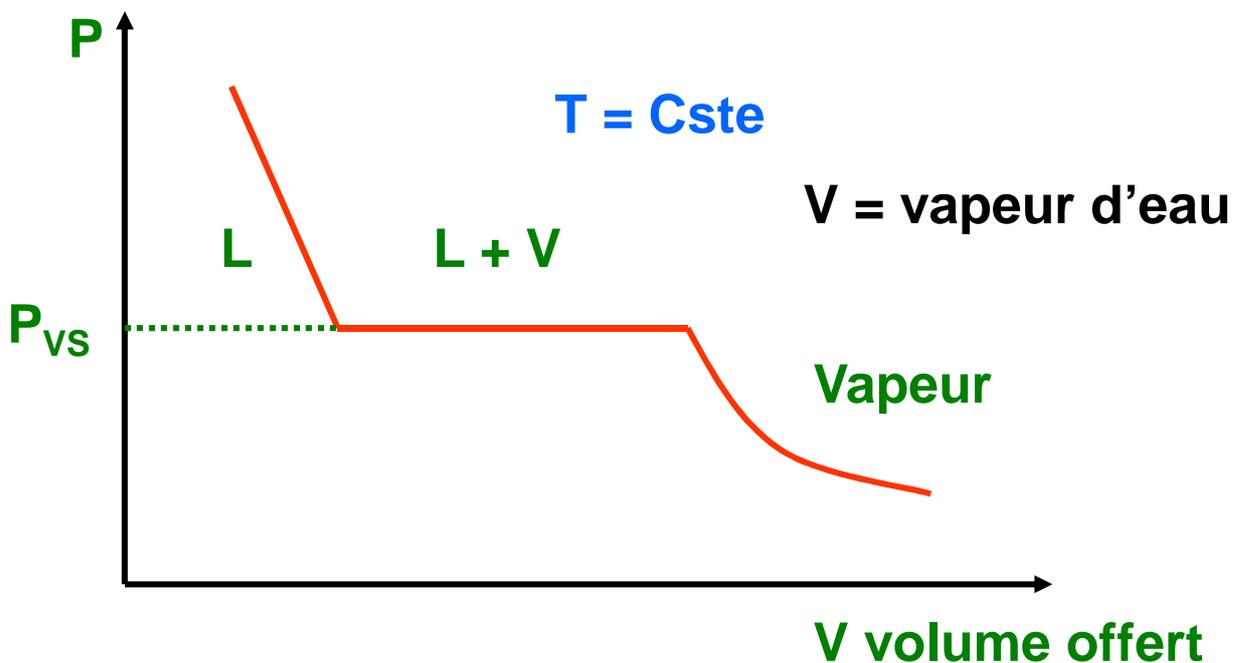
③ On enfonce le tube $\rightarrow T_1$ (volume réduit)

$$P \nearrow = h' \rho g \quad PV = nRT$$

Il apparaît de l'éther liquide

$$P_{vs} + h' \rho g$$

Gaz \rightarrow Liquide avec $P \nearrow$ ou $T \searrow$



3.2 Transformation par échange thermique

Evaporation

- Apport de chaleur à un liquide surmonté de vide ou de gaz inerte

- ↗ agitation thermique, molécules quittent la phase liquide jusqu'à ce que la P_p (de l'eau dans l'air) soit égale à la P_{vs} à la T° donnée
 - **Vitesse d'évaporation est proportionnelle à $P_{vs} - P_p$**
 - **$L_V (37^\circ) = 580 \text{ cal g}^{-1}$
Eau**
- ✓ Seul mécanisme de refroidissement du corps humain
- ✓ Lorsque $\frac{P_p}{P_{vs}} = 1$ l'air est saturé en eau, il n'y a plus d'évaporation (ex: pays tropicaux)
- ✓ **Déssiccation** **S** surface d'échange
- $$v_e = \frac{dm}{dt} \equiv K S \frac{P_{vs} - P_p}{P_p} \quad \text{K constante}$$

4. Sublimation – Condensation

- **Sublimation = transformation d'un solide en gaz sans passer par l'état liquide**
- **Exemple : Lyophilisation (biochimie)**
 - **Congélation d'une solution**
 - **Vide assez poussé**
 - **Sublimation du solvant**
 - ↳ **concentration du soluté**

La lyophilisation, ou séchage à froid, est un procédé qui permet de retirer l'eau contenu dans un aliment ou un produit afin de le rendre stable à la température ambiante et ainsi faciliter sa conservation.

La lyophilisation utilise la sublimation (passage d'un élément de l'état solide à l'état gazeux directement sans passer par l'état liquide).

Dans le cas de l'eau que l'on veut retirer des aliments, l'opération de lyophilisation consiste à:

Congeler les aliments pour que l'eau qu'ils contiennent soit sous forme de glace.

Ensuite sous l'effet du vide, sublimer la glace directement en vapeur d'eau.

Récupérer cette vapeur d'eau.

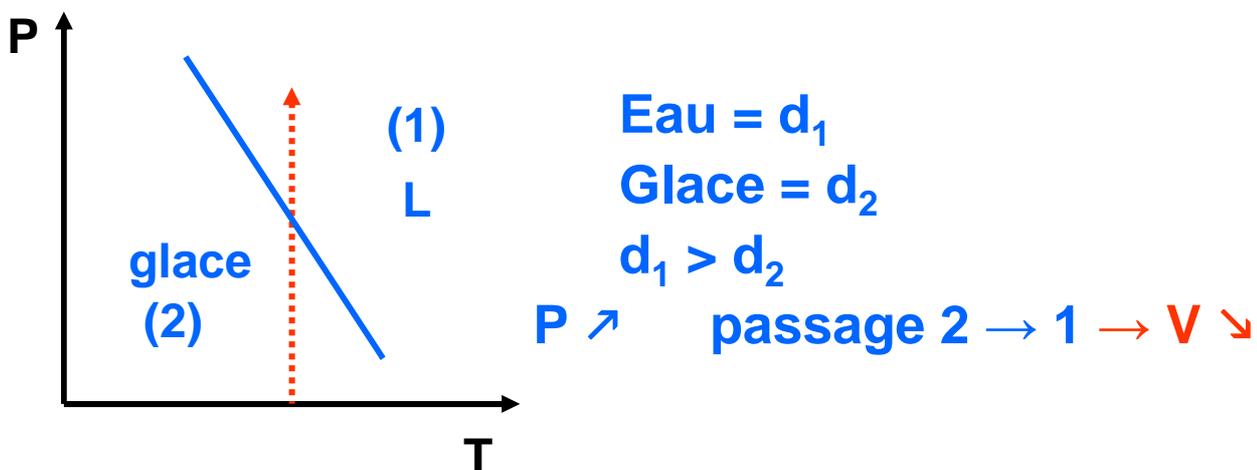
Une fois que toute la glace est sublimée, les aliments sont séchés à froid et on peut les retirer de l'appareil.

Condensation

Un solide peut coexister avec sa vapeur pour une température et une pression inférieures au point triple.

5. Déplacement de l'équilibre

- Les lois des changements d'états reflètent une loi tout à fait générale d'un déplacement d'un équilibre en physique et en chimie
- Si un système est en équilibre, la perturbation d'un des facteurs de l'équilibre déclenche une transformation, qui s'oppose à la variation du facteur perturbant et donne un nouvel équilibre
- Exemple : formation des glaciers



⇒ Fusion : les molécules d'eau se glissent à l'intérieur des cristaux de neige, $V \searrow$, la pression aussi \rightarrow l'eau gèle sous forme de glace