

# ETATS de la MATIERE

La matière se présente sous **3** états (ou 3 *phases*).

- **état solide**
- **état liquide** (fluide)
- **état gazeux** (fluide)

Mais aussi :

- états mésomorphes (curieux intermédiaires entre état solide et état fluide...*cristaux liquides* ...)
- plasma (gaz formé de particules ionisées, de charges électriques...*intérieur des étoiles*...)
- gaz de neutrons ; etc.

## 1. ETAT SOLIDE

### 1A. définition

#### Etat condensé et ordonné

Particules, (**atomes**, **molécules**, électriquement neutres, ou **cations** et **anions**, ions positifs et ions négatifs), tassées (*incompressibilité, masse volumique importante*), presque\* immobiles (*forme propre, préhensible*), ordonnées (*empilement régulier, structure cristalline*).

(\*les particules vibrent légèrement autour d'une position d'équilibre)

### 1B. cristal métallique

(corps simples : *fer Fe, cuivre Cu*... corps composés : *silice SiO<sub>2</sub>*...)

Empilement d'atomes, en fait empilement de cations (ions positifs) qui auraient « perdu » les (1,2 ou 3) électrons périphériques (électrons libres) ; ces ions « baignent » dans un nuage électronique formé par ces électrons libres. Ces électrons libres assurent la cohésion en compensant les répulsions entre les cations. Ils sont responsables des conductivités électrique et thermique, de l'éclat métallique, de la malléabilité, de la ductilité...

### 1C. cristal ionique

(NaCl, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>...)

Empilement d'ions (*cations* : Na<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>... et d'*anions* : Cl<sup>-</sup>, O<sup>2-</sup>...), non conducteur.

Les forces électrostatiques considérables, d'origine électrique entre cations et anions, assure la cohésion.  
(*températures de fusion et de vaporisation élevées*).

### 1D. cristal moléculaire

(I<sub>2</sub>, S<sub>8</sub>... on écrit S...*soufre*... dans les équations chimiques,...)

Empilement de molécules, non conducteur.

Les fortes forces intermoléculaires (forces de *Van der Waals*... *physicien hollandais 1837-1923*) grâce aux protons *positifs* et aux électrons *négatifs* présents dans la molécule assurent la cohésion.  
(*température de fusion élevée*).

### 1E. cristal covalent

(C...*carbone*)

Macromolécule.

- *le diamant (pierre précieuse) est non conducteur, dur, précieux (éclat et joaillerie).*
- *le graphite (solide noir) est conducteur, doux...au toucher, mou, terne.*

(ils diffèrent par l'arrangement des atomes de carbone)

- (le *diamant* le *graphite* et le *coke* qui possède une structure amorphe dans laquelle les atomes n'ont pas de positions privilégiées, sont 3 variétés allotropiques de l'élément carbone).

Les liaisons covalentes entre atomes dans la macromolécule assurent des forces *bien plus fortes que les forces de Van der Waals*.

## 2. ETAT LIQUIDE

### 2A. définition

Etat condensé et désordonné...un liquide est un **FLUIDE**

**Molécules** (*édifices électriquement neutres, sans électrons libres, liquide non conducteur électrique*), tassées (*incompressibilité, masse volumique importante*), animées de mouvements désordonnés (*elles glissent les unes sur les autres à des vitesses de l'ordre de quelques centièmes de  $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$* ), en collisions entre elles et les parois (*pression*).

### 2B. forces intermoléculaires

Les forces intermoléculaires assurent la cohésion ; elles expliquent aussi les phénomènes :

- d'adhérence entre corps différents.
- de surface libre.
- de capillarité, de tension superficielle, des gouttes.
- de dilatation...
- de température de vaporisation, de chaleur latente...élevées.

Ces forces sont inversement proportionnelles à  $d^2$ , elles deviennent négligeables quand, la distance entre les molécules est au-delà de 10 nm.

## 3. ETAT GAZEUX

### 3A. définition

Etat dispersé et désordonné...un gaz est un **FLUIDE**

**CHAOS MOLECULAIRE**...mis en évidence par Robert Brown, botaniste écossais 1773-1858.

**Molécules** (*édifices électriquement neutre, gaz isolant électrique*), en mouvements rapides désordonnés et incessants *dans le vide*.

*Entre deux chocs, plusieurs milliards par seconde, vitesse uniforme de l'ordre de quelques centaines de  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  et vitesse moyenne de quelques  $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ .*

*Compressibilité, élasticité, expansibilité, isolant thermique...les molécules occupent environ 1/1000 du volume gazeux...faible masse volumique.*

En collisions élastiques entre elles et les parois (*pression*), très petites (*diffusion*).

### 3B. forces intermoléculaires

Les forces intermoléculaires sont très faibles (*molécules très éloignées les unes des autres*).

Quand ces *interactions* sont considérées comme *nulles* on a un **gaz parfait** :

$$P.V = n.R.T$$

**P** pression du gaz en pascals Pa

**V** volume du gaz en mètre cube  $\text{m}^3$

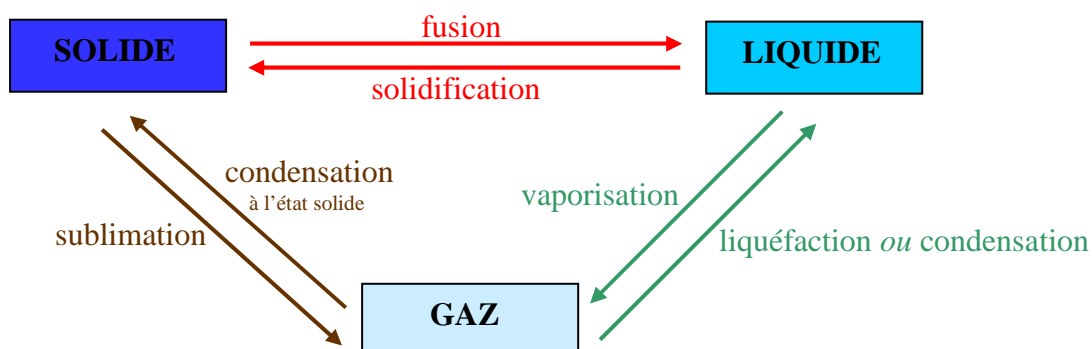
**T** température en kelvins K

**n** quantité de matière en moles mol

**R** constante des gaz parfaits ( $R = 8,314 \text{ SI}$ )

## 4. CHANGEMENTS d'ETAT

### 4A. mise en évidence



### 4B. propriétés

La **fusion** c'est l'apparition du désordre.

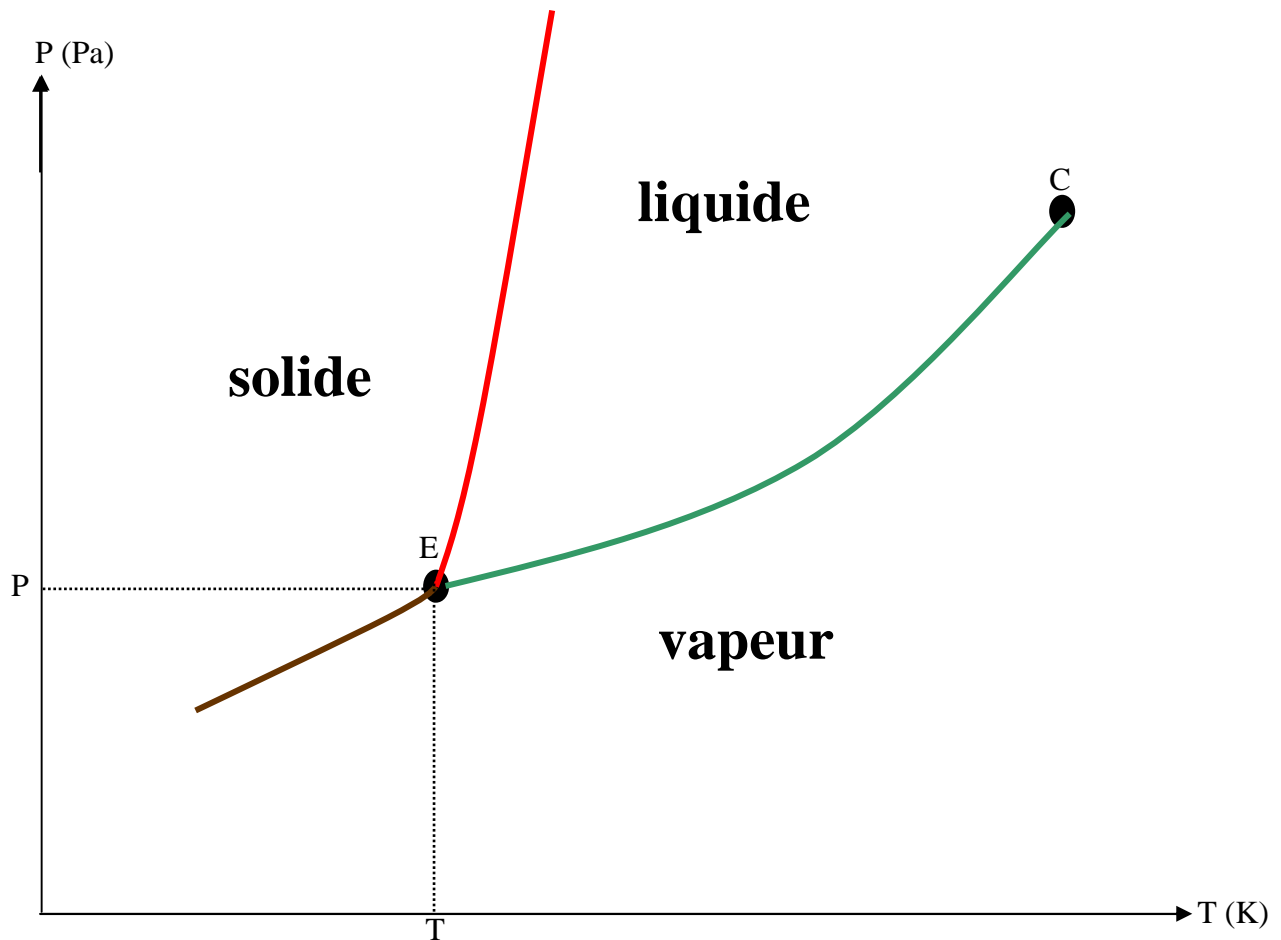
Les particules légèrement en vibration dans le **solide**, se mettent à vibrer de plus de plus autour de la position d'équilibre.

L'agitation devient telle, que les particules se séparent de leurs voisines, les forces intermoléculaires s'affaiblissent, l'état **fluide** apparaît ; ces forces dans le **liquide** ne sont pas assez intenses pour lutter contre l'agitation thermique et maintenir les particules dans des positions fixes.

*(La fusion d'un solide moléculaire est plus facile à effectuer qu'un solide atomique ou ionique).*

Lors de l'**ébullition**, l'apport d'énergie accroît l'agitation particulaire, celles-ci s'éloignent les unes des autres, les forces intermoléculaires deviennent négligeables et le liquide se transforme en **gaz**

## 5. Diagramme d'équilibre d'un corps pur



Les trois courbes... (..de fusion<sup>(1)</sup>, de vaporisation<sup>(2)</sup>, de sublimation), définissent les domaines de coexistence simultanées de plusieurs **phases**.

<sup>(1)</sup> La plupart des corps augmentent de volume en fondant, la densité du liquide est donc plus faible que celle du solide correspondant... sauf pour l'eau, la fonte.....

<sup>(1)</sup> La surfusion d'un liquide ( $\theta < \theta_f$ ) est un état instable, car la solidification peut se produire en bloc en agitant ou en introduisant un grain solide...

*l'eau refroidit lentement maintenue jusqu'à  $-10^\circ\text{C}$  à l'état solide.*

<sup>(2)</sup> La vapeur est...saturante, en équilibre avec son liquide, elle ne dépend que de la température, elle n'obéit pas à la loi des gaz parfaits, alors que la vapeur sèche n'est pas en équilibre avec son liquide, elle obéit à la loi.

Elles déterminent les frontières des domaines d'existence de chaque phase seule.

**E : point triple**, les trois phases sont en équilibre.

**C : point critique**, plus de discontinuité entre les phases liquides et gazeuses, c'est le plus haut point d'ébullition. (En dessous de  $C$  un gaz est appelé vapeur, habituellement le terme vapeur désigne l'état gazeux d'un corps solide ou liquide à  $20^\circ\text{C}$  à la pression atmosphérique)

corps	$\theta_{\text{triple}} (^\circ\text{C})$	$P_{\text{triple}} (\text{atm})$	$\theta_{\text{critique}} (^\circ\text{C})$
Dioxygène : $\text{O}_2$	-218	0,0026	-118,8 <sup>(2)</sup>
dioxyde de carbone : $\text{CO}_2$	-56,1 <sup>(1)</sup>	5,1	+31,1
eau <sup>(3)</sup> : $\text{H}_2\text{O}$	+0,01	0,006	+374,15

<sup>(1)</sup>  $\text{CO}_2$  se sublime à la pression atmosphérique

<sup>(2)</sup> impossible de liquéfier  $O_2$  à la température ordinaire

(3) la courbe de fusion de l'eau présente une exception, elle est négative...  $\theta_f = -0,13^\circ C$  à  $P = 17 \text{ atm}$ .

Remarques :

- un corps pur a des constantes physiques ( $d$ ,  $\theta_f$ ,  $\theta_v$ ...)
- un mélange n'a pas de constantes physiques, on sépare les constituants d'un mélange par des procédés d'analyse immédiate :
  - *décantation*
  - *filtration*
  - *distillation*
  - *congélation*