

# DESCRIPTION DES SYSTÈMES PHYSICO-CHIMIQUES

cours ET1 – J. Joubert



## ► Compétences spécifiques

- Reconnaître la nature d'une transformation
- Déterminer l'état physique d'une espèce chimique pour des conditions expérimentales données ( $T$ ,  $P$ )
- Faire la liste des constituants physico-chimiques d'un système
- Déterminer la composition d'un système par des grandeurs physiques pertinentes

## ► Plan du cours

### 1. États de la matière

- 1.1. Descriptions macroscopique et microscopique
- 1.2. Gaz
- 1.3. Liquide
- 1.4. Solide
- 1.5. Échelle d'énergie

### 2. Transformations de la matière

- 2.1. Transformations nucléaires
- 2.2. Transformations chimiques
- 2.3. Transformations physiques
- 2.4. Échelle d'énergie

### 3. Constituants physico-chimiques

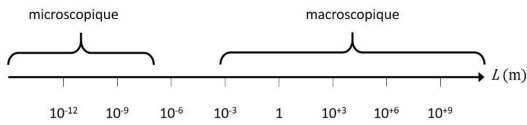
- 3.1. Constituants
- 3.2. Corps purs
- 3.3. Description des mélanges

J. JOUBERT – COURS ET1 – PLAN DU COURS

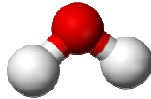


# 1. États de la matière

## 1.1. Descriptions macroscopique et microscopique



Eau : description



Eau : description

À l'échelle macroscopique, on peut définir une **phase**

Définition : une **phase** est une zone de l'espace où les grandeurs physiques sont continues

### ► Différentes phases

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_



Définition : un **plasma** est un gaz formé d'ions

## 1.2. Gaz

Définition : un **gaz** (ou une **vapeur**) est un ensemble de particules mobiles désordonnées. Les particules interagissent peu entre elles.

Définition : une **particule** est un morceau de matière microscopique

Ordonné/désordonnée



Mobile/immobile :

---



---



---

Interaction (interagir) :




---



---



---



---



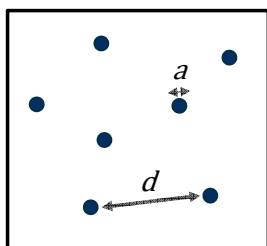
---

Exemples :

- interaction gravitationnelle
- Interaction électrostatique

### 1.2. Gaz (suite)

Description microscopique:



$a$  : \_\_\_\_\_

$d$  : \_\_\_\_\_

Propriété :  $d \gg a$

Propriété : un gaz occupe tout le volume disponible.

Propriété : un gaz est **compressible**

**Modèle** du gaz parfait :

► Aucune interaction entre les particules, sauf les **chocs**.

► Le volume des particules tend vers 0.

► Équation d'état :  $PV = nRT$

$P$  : \_\_\_\_\_

$V$  : \_\_\_\_\_

$n$  : \_\_\_\_\_

$R$  : \_\_\_\_\_

$T$  : \_\_\_\_\_

Ordre de grandeur : masse volumique

\_\_\_\_\_

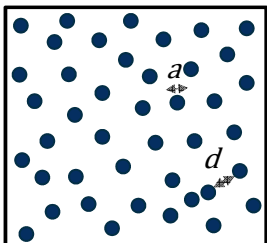
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### 1.3. Liquide

Définition : un **liquide** est un ensemble de particules mobiles désordonnées. Les particules interagissent entre elles.

Description microscopique:



$a$  : \_\_\_\_\_

$d$  : \_\_\_\_\_

Propriété :  $d \approx a$

Propriété : un liquide prend la forme du récipient qui le contient. Il peut s'écouler

Propriété : un liquide est peu compressible

Ordre de grandeur : masse volumique

$$\rho \sim 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$$

Définition : un fluide est un état de la matière qui peut s'écouler.

fluide = {gaz ; liquide}

#### 1.4. Solide

Définition : un **solide** est un ensemble de particules immobiles ordonnées ou désordonnées. Les particules interagissent fortement entre elles.

Propriété : un solide a sa propre forme. Il ne s'écoule pas.

Propriété : un solide est peu compressible

Ordre de grandeur : masse volumique

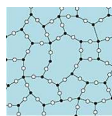
$$\rho \sim 10^3 - 10^4 \text{ kg.m}^{-3}$$

Remarque : état condensé = {liquide ; solide}

J. JOUBERT – COURS ET1 – 1. ÉTATS DE LA MATIÈRE

Description microscopique :

► État amorphe



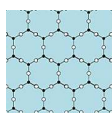
---

---

---

Exemple : le verre ( $\text{SiO}_2$ )

► État cristallin



---

---

---

Exemple : le sel ( $\text{NaCl}$ ), la silice cristalline ( $\text{SiO}_2$ )

#### 1.5. Échelle d'énergie

► Énergie cinétique  $E_c = \frac{1}{2}mv^2$

$E_c$  est lié à la température  $T$ . Quand  $T$  augmente, le mouvement des particules s'accroît.

Pour un gaz :  $E_c = \frac{3}{2}RT$  (en  $\text{J.mol}^{-1}$ )

► Énergie potentielle  $E_p = ?$

Ordre de grandeur :

- Dans un gaz réel  $E_p \sim 10^{-2} \text{ kJ.mol}^{-1}$
- Dans un liquide  $E_p \sim 10 \text{ kJ.mol}^{-1}$
- Dans un solide  $E_p \sim 10^2 \text{ kJ.mol}^{-1}$

Remarque :  $E_p(\text{gaz parfait}) = 0$

Exemple :

À  $T = 298 \text{ K}$  ( $25^\circ\text{C}$ ),  $E_c(\text{gaz}) \approx 3,7 \text{ kJ.mol}^{-1}$

$$E_p(\text{eau}_{(l)}) \approx 10 \text{ kJ.mol}^{-1} > E_c(\text{eau}_{(g)})$$

$\Rightarrow$  l'eau est liquide à  $298 \text{ K}$

---

---

---

$$E_p(\text{O}_{2(l)}) \approx 0,1 - 1 \text{ kJ.mol}^{-1} < E_c(\text{O}_{2(g)})$$

$\Rightarrow \text{O}_2$  est gazeux à  $298 \text{ K}$

---

---

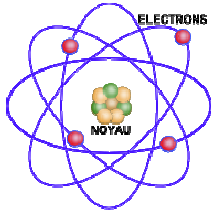
---

J. JOUBERT – COURS ET1 – 1. ÉTATS DE LA MATIÈRE

## 2. Transformation de la matière

### 2.1. Transformations nucléaires

Définition : Une **transformation nucléaire** modifie les noyaux des atomes contenus dans la matière.



Noyau = {protons ; neutrons}

$$m_{\text{proton}} \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \quad m_{\text{neutron}} \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$q_{\text{proton}} \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} (= +e) \quad q_{\text{neutron}} = 0 \text{ C}$$

Électron :  $m_{\text{électron}} \approx 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

$$q_{\text{électron}} \approx -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} (= -e)$$

Notation des noyaux :



$X$  : \_\_\_\_\_

$A$  : \_\_\_\_\_

$Z$  : \_\_\_\_\_

Exemple :  ${}^1_1 H$  hydrogène,  ${}^2_1 H$  deutérium,  ${}^3_1 H$  tritium  
 ${}^{16}_8 O$ ,  ${}^{18}_8 O$

Trois types de transformations nucléaires :

► Fusion : \_\_\_\_\_

► Fission : \_\_\_\_\_

► Désintégration : \_\_\_\_\_

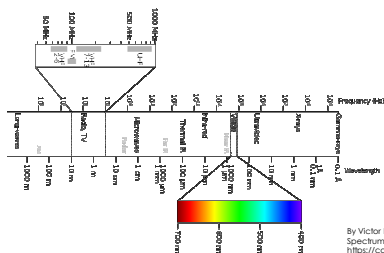
J. JOUBERT – COURS ET1 – 2. TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE

9

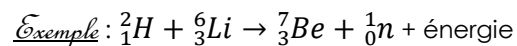
### 2.1. Transformations nucléaires (suite)

Les transformations nucléaires sont **radioactives** : elles émettent des rayonnements  $\alpha$ ,  $\beta^+$ ,  $\beta^-$  et  $\gamma$ .

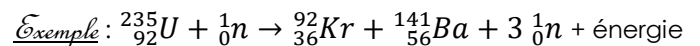
rayonnement	particule émise
$\alpha$	${}^4_2 \text{He}$
$\beta^+$	Positron
$\beta^-$	électron
$\gamma$	photon



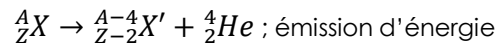
► Fusion :



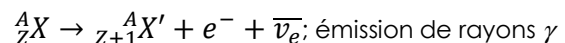
► Fission :



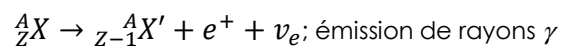
► Désintégration  $\alpha$  :



► Désintégration  $\beta^-$  :



► Désintégration  $\beta^+$  :



J. JOUBERT – COURS ET1 – 2. TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE

10

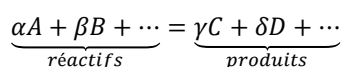
## 2.2. Transformations chimiques

Définition : une **transformation chimique** modifie les **liaisons** entre les atomes et/ou la répartition des électrons entre les atomes.

Remarques :

- les noyaux ne sont pas modifiés
- La nature chimique des constituants est modifiée

La transformation chimique peut être modélisée par une ou plusieurs **réactions chimiques**. La réaction chimique est décrite par une équation :



$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \dots$  sont les **nombre stoechiométriques**.

Autre écriture possible des équations de réaction :

$$0 = \sum_k \nu_k A_k$$

$\nu_k < 0$  \_\_\_\_\_

$\nu_k > 0$  \_\_\_\_\_

Exemple : transformation de  $N_2$  et  $H_2$  en  $NH_3$

---

---

---

---

---

---

---

---

## 2.3. Transformations physiques

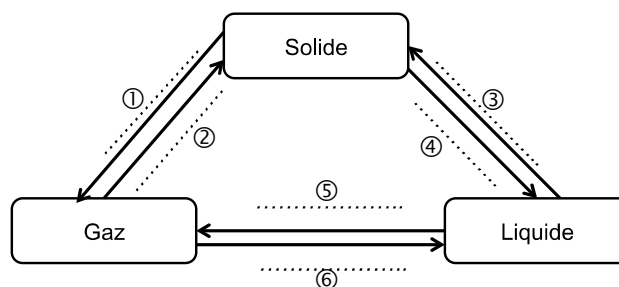
Définition : une **transformation physique** est un changement d'état.

Propriété : La transformation physique modifie l'ordre et la mobilité des particules. Elle modifie l'énergie d'interaction entre les particules.

Remarques :

Lors d'une transformation physique,

- on ne change pas la nature chimique des constituants ;
- on ne change pas la nature des noyaux.



① \_\_\_\_\_

② \_\_\_\_\_

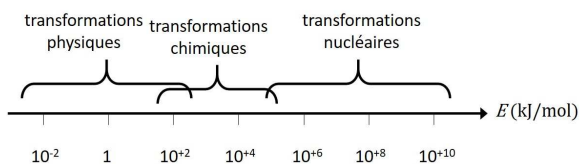
③ \_\_\_\_\_

④ \_\_\_\_\_

⑤ \_\_\_\_\_

⑥ \_\_\_\_\_

## 2.4. Échelle d'énergie



Les énergies à fournir pour effectuer les transformations dépendent des énergies d'interaction entre les particules que l'on lie ou que l'on dissocie.

## 3. Constituants physico-chimiques

### 3.1. Constituants

Définition : un **constituant chimique** est un objet microscopique défini par sa formule chimique.

Définition : un **constituant physico-chimique** est un constituant chimique associé à une phase.

Exemples :

---

---

---

---

---

---

---

### 3.2. Corps purs

Définition : un **corps pur** est un ensemble macroscopique regroupant dans une zone d'espace les particules d'un constituant chimique unique.

Exemples : \_\_\_\_\_

---

Définition : un **corps pur simple** est constitué d'un seul type d'atome. Un **corps pur composé** est formé d'atomes différents.

Exemples : \_\_\_\_\_

---

---

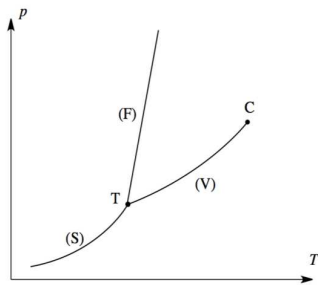
Changement d'état des corps purs :

Évolution de la température lorsqu'on chauffe de l'eau pure liquide à pression constante :



Propriété : à pression fixée, la température de changement d'état d'un corps pur est unique (et inversement)

### 3.2. Corps purs (suite)



courbe (S) : \_\_\_\_\_

courbe (F) : \_\_\_\_\_

courbe (V) : \_\_\_\_\_

point T : \_\_\_\_\_

point C : \_\_\_\_\_

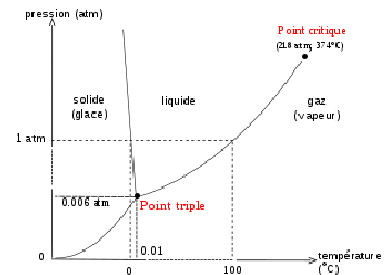
Sur les courbes de changement d'état, deux phases sont en **équilibre** (elles coexistent).

Définition : à l'équilibre liquide/gaz, la pression est appelée **pression de vapeur saturante**.

La donnée de  $(T, p)$  permet d'identifier la phase du corps pur.

Pour  $T > T_C$  et  $p > p_C$ , le corps pur est dans une phase **fluide supercritique**.

Cas particulier de l'eau :



J. JOUBERT – COURS ET1 – 3. CONSTITUANTS PHYSICO-CHIMIQUES

15

### 3.3. Description des mélanges

Définition : un **mélange** est un ensemble macroscopique regroupant dans une zone d'espace les particules de plusieurs constituants chimiques différents.

Exemples : \_\_\_\_\_

Pour décrire un mélange, la donnée de  $(T, p)$  est insuffisante : il faut préciser la **composition**.

Définition : **fraction molaire** d'un constituant physico-chimique dans une phase

$$x_k = \frac{n_k}{\sum_i n_i}$$

Définition : **fraction massique** d'un constituant physico-chimique dans une phase

$$w_k = \frac{m_k}{\sum_i m_i}$$

Définition : **concentration molaire** d'un constituant physico-chimique dans une phase

$$c_k = \frac{n_k}{V_{\text{phase}}}$$

Définition : **concentration massique** d'un constituant physico-chimique dans une phase

$$c_k = \frac{m_k}{V_{\text{phase}}}$$

Définition : **pression partielle** d'un constituant physico-chimique dans un gaz

$$P_k = x_k \cdot p$$

J. JOUBERT – COURS ET1 – 3. CONSTITUANTS PHYSICO-CHIMIQUES

16



### 3.3. Description des mélanges

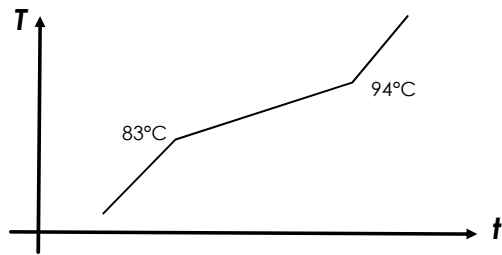
Propriété : loi de Dalton

$$p = \sum_k P_k$$

Changements d'état des mélanges :

En général, à pression constante, la température varie lors du changement d'état d'un mélange.

Exemple : mélange eau-éthanol,  $p = 1$  bar,  $x_{eau} = 0,8$



J. JOUBERT – COURS ET1 – 3. CONSTITUANTS PHYSICO-CHIMIQUES

Les grandeurs indépendantes de la taille du système sont **intensives**.

Exemples :

---



---



---



---

Les grandeurs qui dépendent de la taille du système sont **extensives**.

Exemples :

---



---



---



---

