

DESCRIPTION DES SYSTÈMES PHYSICO-CHIMIQUES

cours ET1 – J. Joubert, Z. Chen

► 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

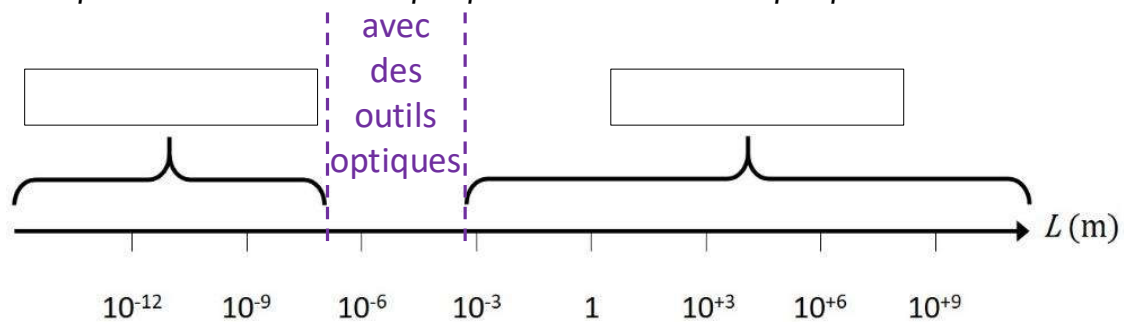
- 3.1. Constituants
- 3.2. Corps purs
- 3.3. Description des mélanges

► Compétences spécifiques

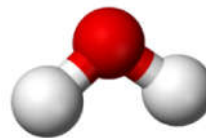
- Reconnaître la nature d'une transformation
- Déterminer l'état physique d'une espèce chimique pour des conditions expérimentales données (T , P)
- Faire la liste des constituants physico-chimiques d'un système
- Déterminer la composition d'un système par des grandeurs physiques pertinentes

1. États de la matière

1.1. Descriptions macroscopique et microscopique



Eau :
description



Eau :
description

1.1. Descriptions macroscopique et microscopique (suite)

À l'échelle macroscopique, on peut définir une phase

Définition : une phase est une zone de l'espace où les
 sont

► Différentes phases

-
-
-



Définition : un plasma est un

1.2. Gaz

Définition : un **gaz** (ou une) **est** un **ensemble** de **particules** . Les **particules** entre elles.

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

Ordonné/désordonnée



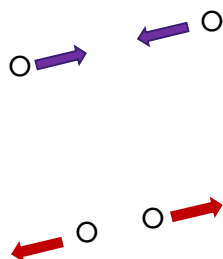
COURS ET1 – 1. ÉTATS DE LA MATIÈRE

5

1.2. Gaz (suite)

Mobile/immobile :

Interaction (**interagir**) :



Exemples :

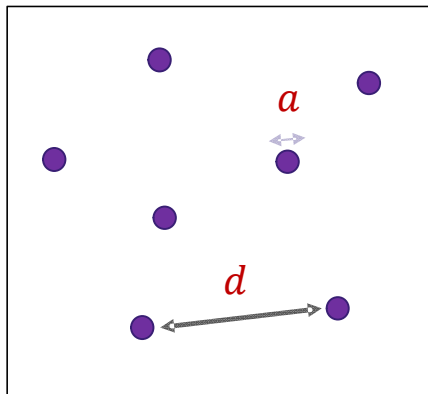
- **interaction** gravitationnelle
- **Interaction** électrostatique

COURS ET1 – 1. ÉTATS DE LA MATIÈRE

6

1.2. Gaz (suite)

Description microscopique:



a : taille des particules

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

d : distance entre les particules

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

Propriété : $d \gg a$

Propriété : un gaz occupe

Propriété : un gaz est

COURS ET1 – 1. ÉTATS DE LA MATIÈRE

7

1.2. Gaz (suite)

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 : _____

COURS ET1 – 1. ÉTATS DE LA MATIÈRE

8

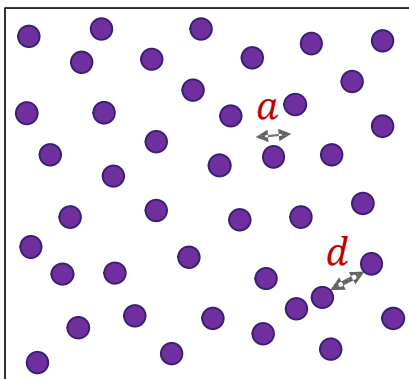
1.2. Gaz (suite)

Ordre de grandeur : Masse volumique du gaz → un calcul approximatif

1.3. Liquide

Définition : un liquide est un ensemble de particules
. Les particules entre elles.

Description microscopique:



a : taille des particules

d : distance entre les particules

Propriété : d a

1.3. Liquide (suite)

Propriété : un **liquide** prend la qui le **contient**. Il

Propriété : un **liquide** est

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 = { }

1.4. Solide

Définition : un **solide** est un **ensemble** de **particules**
. Les **particules**
entre **elles**.

Propriété : un **solide** a . Il

Propriété : un **solide** est

Ordre de grandeur : masse volumique

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

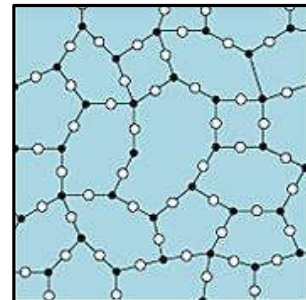
Remarque : = {liquide ; solide}

1.4. Solide (suite)

Description microscopique :

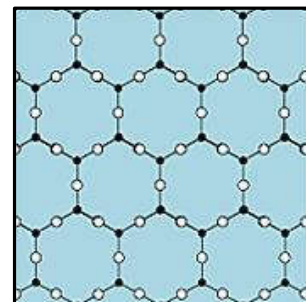
► État

Exemple : le verre (SiO_2)



► État

Exemple : le sel (NaCl), la silice cristalline (SiO_2)



1.5. Échelle d'énergie

► Énergie cinétique E_c

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Pour un gaz :

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

$$E_{c,m} = \frac{3}{2}RT \text{ (en J.mol}^{-1}\text{)}$$

Pour un état condensé :

1.5. Échelle d'énergie (suite)

► Énergie potentielle E_p

$$E_p = ?$$

Ordre de grandeur :

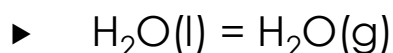
- Dans un **gaz réel** $E_{p,m} \sim 10^{-2} \text{ kJ.mol}^{-1}$
- Dans un **liquide** $E_{p,m} \sim 10 \text{ kJ.mol}^{-1}$
- Dans un **solide** $E_{p,m} \sim 10^2 \text{ kJ.mol}^{-1}$

Remarque : $E_{p,m}(\text{gaz parfait}) = \square$

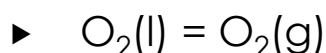
1.5. Échelle d'énergie (suite)

Exemple :

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



$E_{p,m}(\text{eau}_{(\text{l})}) \approx 10 \text{ kJ.mol}^{-1} > E_{c,m}(\text{eau}_{(\text{g})}) \Rightarrow \text{l'eau est } \square \text{ à } 298 \text{ K.}$



$E_{p,m}(\text{O}_{2(\text{l})}) \approx 0,1 - 1 \text{ kJ.mol}^{-1} < E_{c,m}(\text{O}_{2(\text{g})}) \Rightarrow \text{O}_2 \text{ est } \square \text{ à } 298 \text{ K.}$

2. Transformation de la matière

2.1. Transformations nucléaires

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

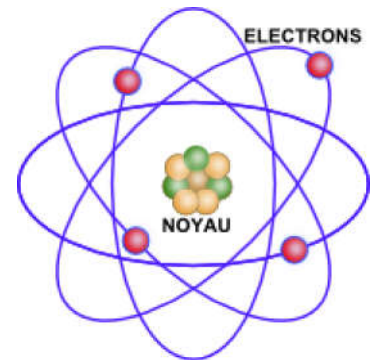
Noyau = =

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

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

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

$$q_{\text{neutron}} = 0 \text{ C}$$



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

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

2.1. Transformations nucléaires (suite)

Notation des **noyaux** :



X : _____

A : _____

Z : _____



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

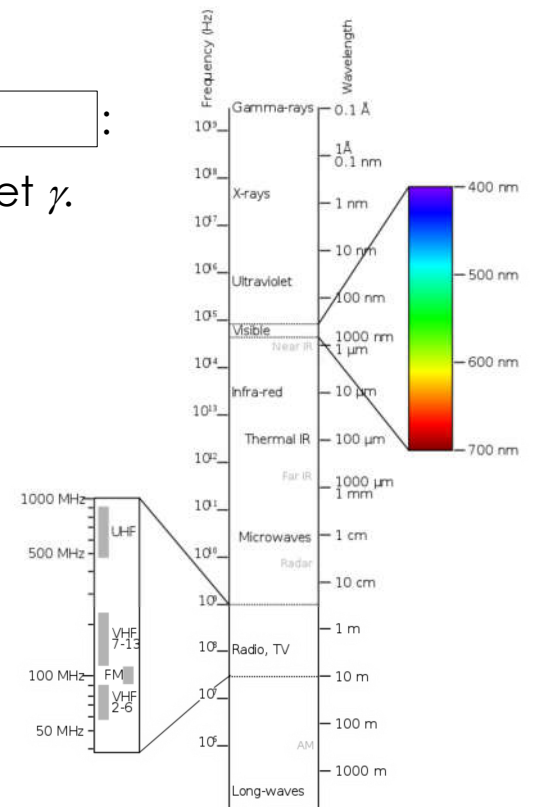
Trois types de **transformations nucléaires** :

- **Fusion** : “ Z **augment**”. $\forall i \in \{\text{réactifs}\}, \exists ! j \in \{\text{produits}\}, A_j > A_i \text{ et } Z_j > Z_i$
- **Fission** : “ Z **diminué**”. $\forall j \in \{\text{produits}\}, \exists ! i \in \{\text{réactifs}\}, A_j < A_i \text{ et } Z_j < Z_i$
- **Désintégration** : Z **augment** ou **diminué** et A **diminué** ou **constante**.

2.1. Transformations nucléaires (suite)

Les transformations nucléaires sont :
elles émettent des rayonnements α , β^+ , β^- et γ .

rayonnement	particule émise
α	<input type="text"/>
β^+	<input type="text"/>
β^-	<input type="text"/>
γ	<input type="text"/>



COURS ET1 – 2. TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE

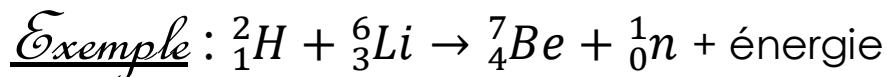
By Victor Blacus - SVG version of File:Electromagnetic-Spectrum.png, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22428451>

19

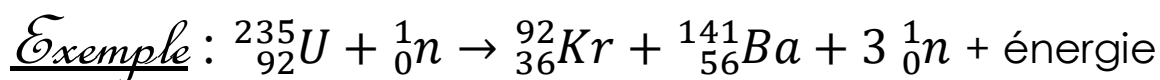
2.1. Transformations nucléaires (suite)

Deux principes : 1° conservation de la masse
2° conservation de la charge électrique

► Fusion :



► Fission :



COURS ET1 – 2. TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE

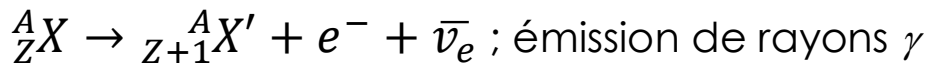
20

2.1. Transformations nucléaires (suite)

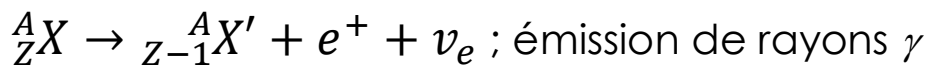
► Désintégration α :



► Désintégration β^- :



► Désintégration β^+ :



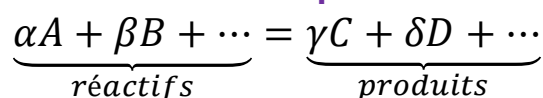
2.2. Transformations chimiques

Définition : une **transformation chimique** modifie les entre les **atomes** et/ou 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 .

2.2. Transformations chimiques (suite)

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 (diazote) et H_2 (dihydrogène) en NH_3 (ammoniac)

2.3. Transformations physiques

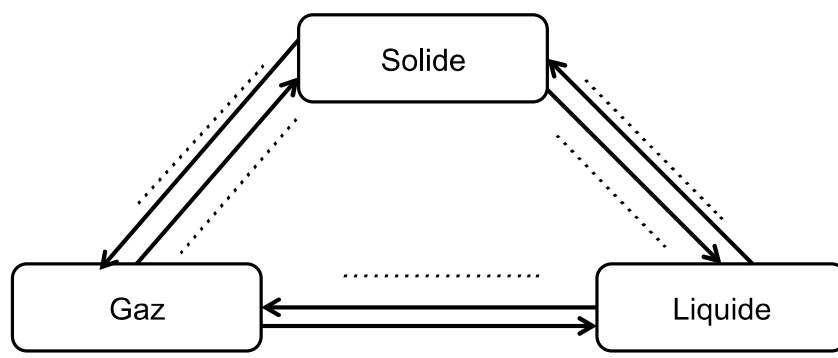
Définition : une **transformation physique** est un

Propriété : La **transformation physique** **modifie**
des **particules**. Elle **modifie** entre les
particules.

Remarques : Lors d'une **transformation physique**,

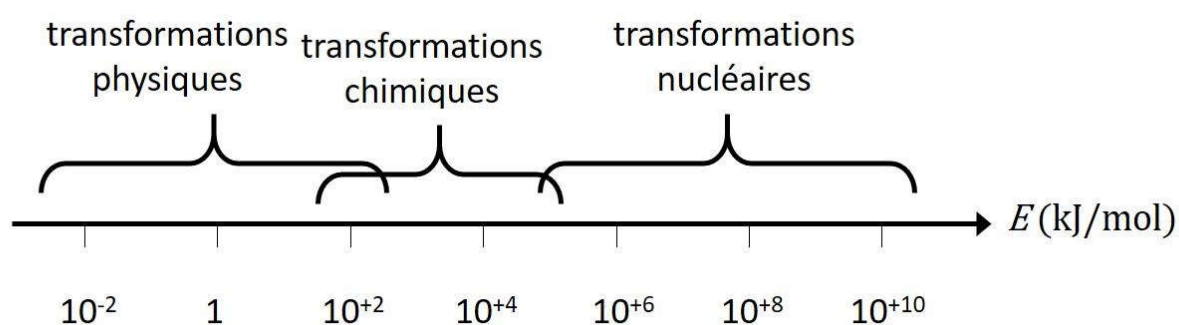
- ▶ on **ne change pas** la **nature chimique** des **constituants** ;
- ▶ on **ne change pas** la **nature des noyaux**.

2.3. Transformations physiques



- 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 .

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 .

Exemples :

Définition : un **corps pur simple** est constitué
. Un **corps pur composé** est formé .

Exemples :

3.2. Corps purs

Changement d'état des corps purs :

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



Diagramme T-t

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

3.2. Corps purs (suite)

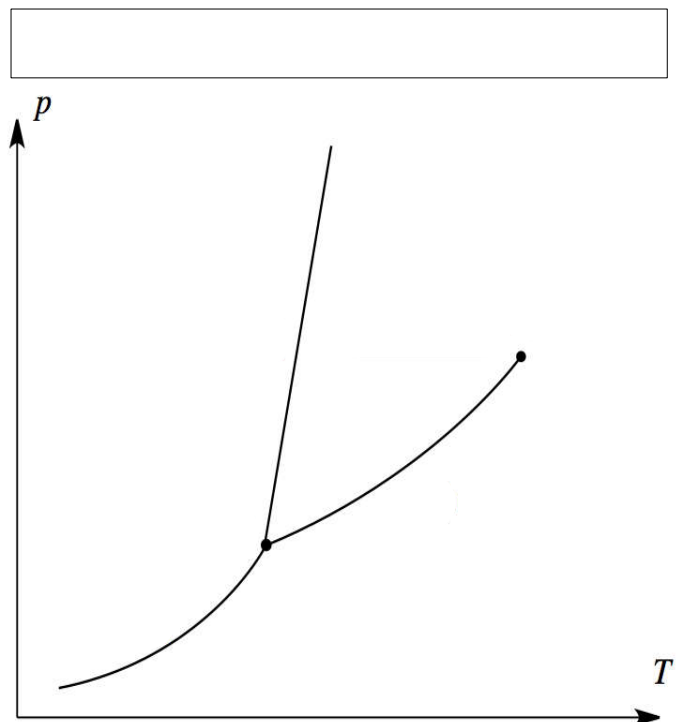
point T : _____

point C : _____

courbe (S) :

courbe (F) :

courbe (V) :



3.2. Corps purs (suite)

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

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

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

Pour $T > T_c$ et $p > p_c$, le **corps pur** **est** dans une .

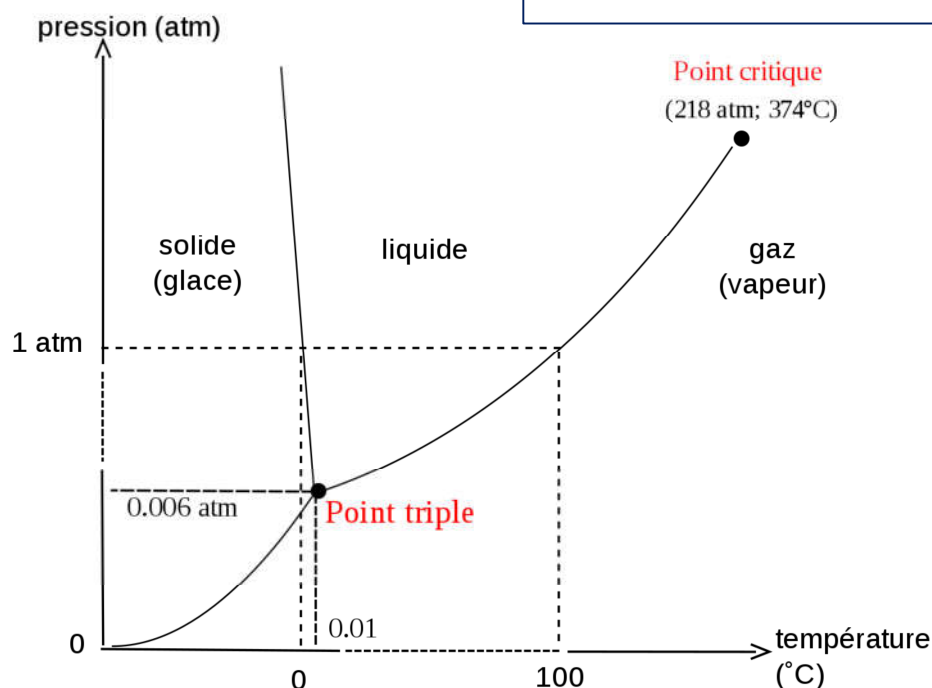
Diagramme de phase (p-T)

Redessiner l'allure de courbe.

3.2. Corps purs (suite)

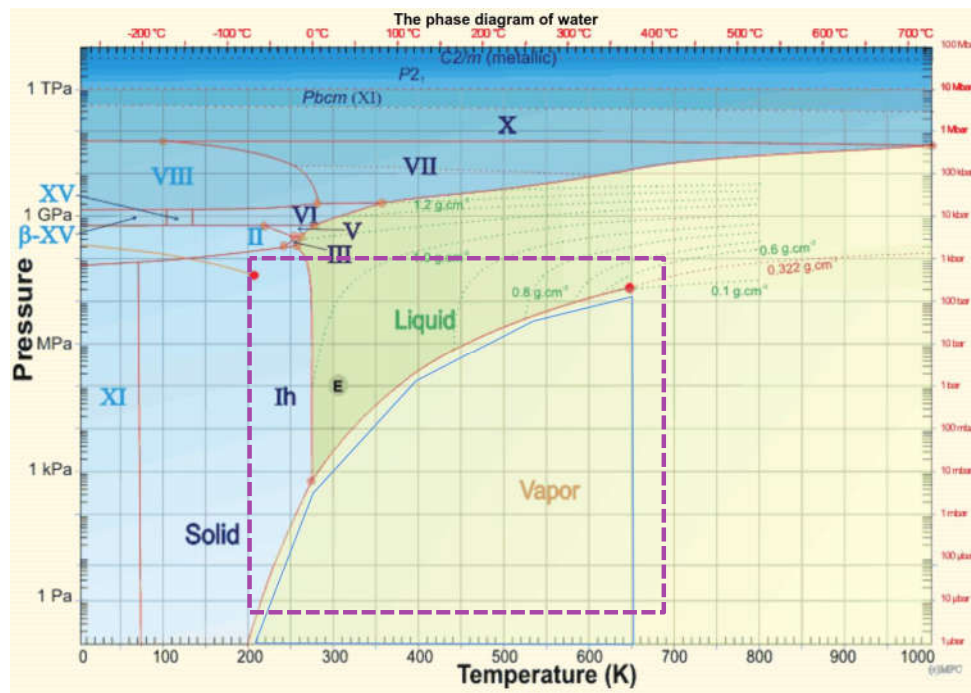
Cas particulier de l'eau :

2 exemples extraordinaires:



3.2. Corps purs (suite)

Cas particulier de l'eau :



COURS ET1 – 3. CONSTITUANTS PHYSICO-CHIMIQUES

33

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 (p,T) est : il faut préciser la

COURS ET1 – 3. CONSTITUANTS PHYSICO-CHIMIQUES

34

3.3. Description des mélanges

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

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

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

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

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

$$C_k = \frac{n_k}{V_{phase}}$$

3.3. Description des mélanges

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

$$C_k = \frac{m_k}{V_{phase}}$$

Définition : d'un constituant physico-chimique dans un gaz

$$P_k = x_k \cdot p$$

Propriété : loi de Dalton

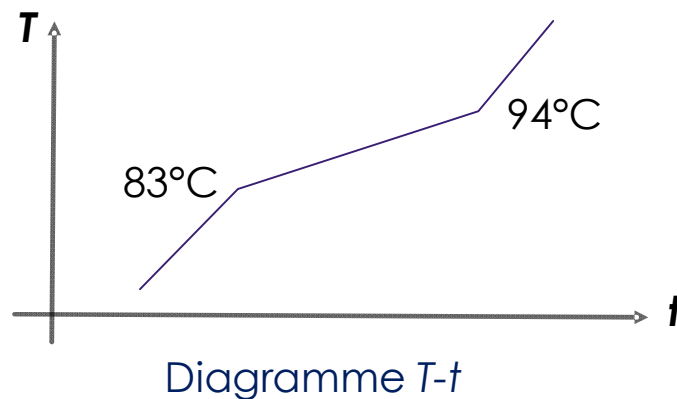
$$p = \sum_k P_k \quad \leftarrow \text{en déduire}$$

3.3. Description des mélanges

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, $p = 1 \text{ bar}$, $x_{\text{eau}} = 0,8$



COURS ET1 – 3. CONSTITUANTS PHYSICO-CHIMIQUES

37

3.3. Description des mélanges

Les grandeurs indépendantes de la taille du système sont .

Exemples :

Les grandeurs qui dépendent de la taille du système sont .

Exemples :

Propriété : Une peut exprimer par le quotient de deux .

COURS ET1 – 3. CONSTITUANTS PHYSICO-CHIMIQUES

38