

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

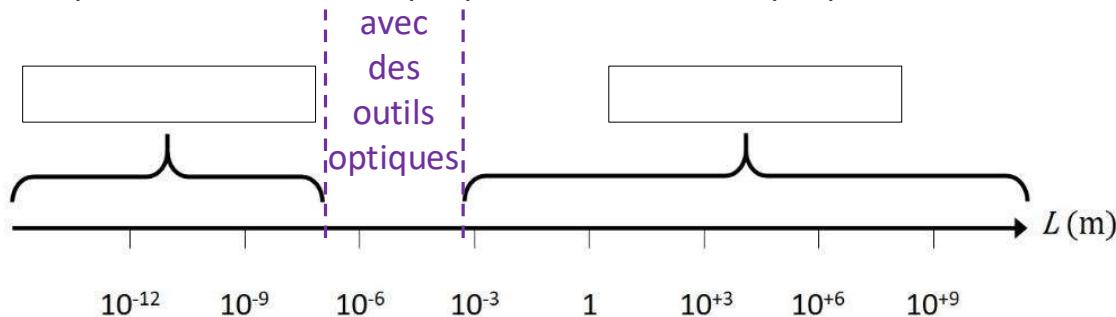
- 3.1. Constituants
- 3.2. Corps purs
- 3.3. Description des mélanges

► Compétences spécifiques

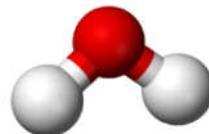
- Reconnaître la nature d'une transformation
- Déterminer l'état physique d'une espèce chimique pour des conditions expérimentales données (T, P)
- Faire la liste des constituants physico-chimiques d'un système
- Déterminer la composition d'un système par des grandeurs physiques pertinentes

1. États de la matière

1.1. Descriptions macroscopique et microscopique



Eau :
description



Eau :
description

COURS ET1 – 1. ÉTATS DE LA MATIÈRE

3

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

COURS ET1 – 1. ÉTATS DE LA MATIÈRE

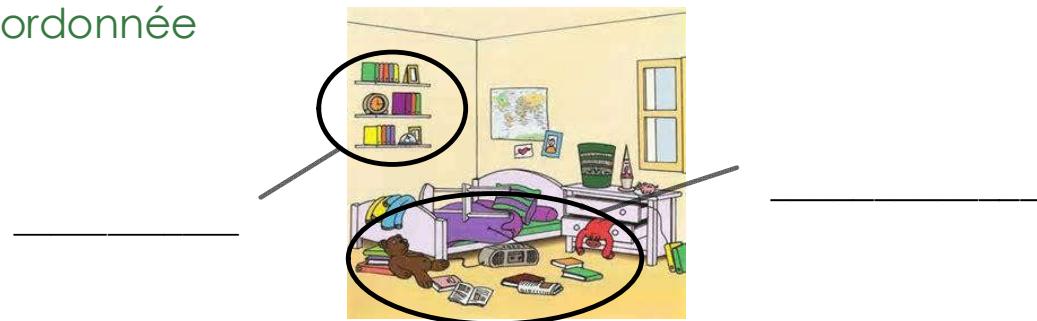
4

1.2. Gaz

Définition : un **gaz** (ou une) est un ensemble de 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 :

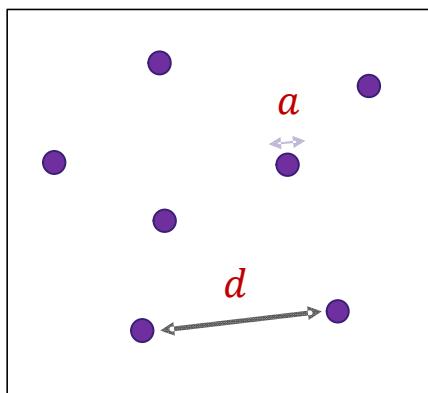
- ▶ interaction gravitationnelle
- ▶ Interaction électrostatique

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: $d \square a$

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

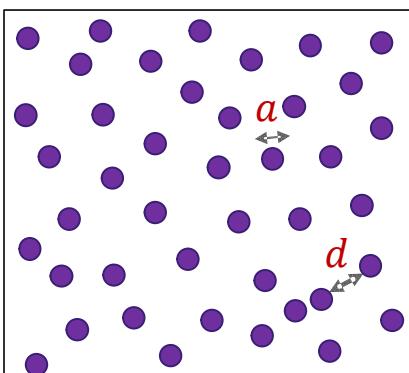
COURS ET1 – 1. ÉTATS DE LA MATIÈRE

9

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: $d \square a$

COURS ET1 – 1. ÉTATS DE LA MATIÈRE

10

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.

$$\text{fluide} = \{ \quad \}$$

COURS ET1 – 1. ÉTATS DE LA MATIÈRE

11

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}

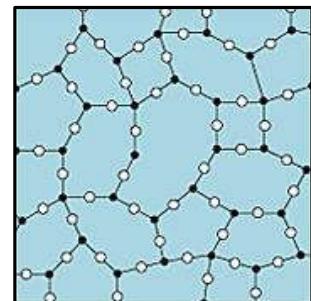
COURS ET1 – 1. ÉTATS DE LA MATIÈRE

12

1.4. Solide (suite)

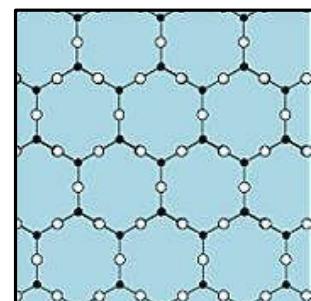
Description microscopique :

► État



Exemple: le verre (SiO_2)

► État



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

COURS ET1 – 1. ÉTATS DE LA MATIÈRE

13

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** :

COURS ET1 – 1. ÉTATS DE LA MATIÈRE

14

1.5. Échelle d'énergie (suite)

► Énergie potentielle E_p

$$E_p = ?$$

Ordre de grandeur :

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

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

COURS ET1 – 1. ÉTATS DE LA MATIÈRE

15

1.5. Échelle d'énergie (suite)

Exemple :

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

► $\text{H}_2\text{O(l)} = \text{H}_2\text{O(g)}$

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

► $\text{O}_2(\text{l}) = \text{O}_2(\text{g})$

$E_{p,m}$ ($\text{O}_2(\text{l})$) $\approx 0,1 - 1$ kJ.mol $^{-1}$ $< E_{c,m}$ ($\text{O}_2(\text{g})$) \Rightarrow O_2 est à 298 K.

COURS ET1 – 1. ÉTATS DE LA MATIÈRE

16

2. Transformation de la matière

2.1. Transformations nucléaires

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

Noyau = {_____} = {_____}

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

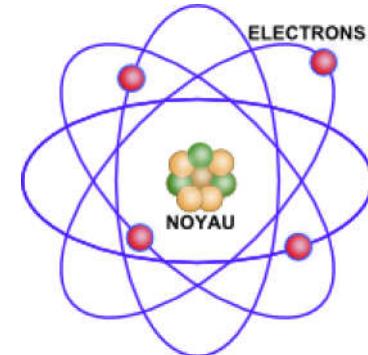
$$m_{\text{neutron}} \simeq 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

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

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

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

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



COURS ET1 – 2. TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE

17

2.1. Transformations nucléaires (suite)

Notation des noyaux :



X :

A :

Z :



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

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.

COURS ET1 – 2. TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE

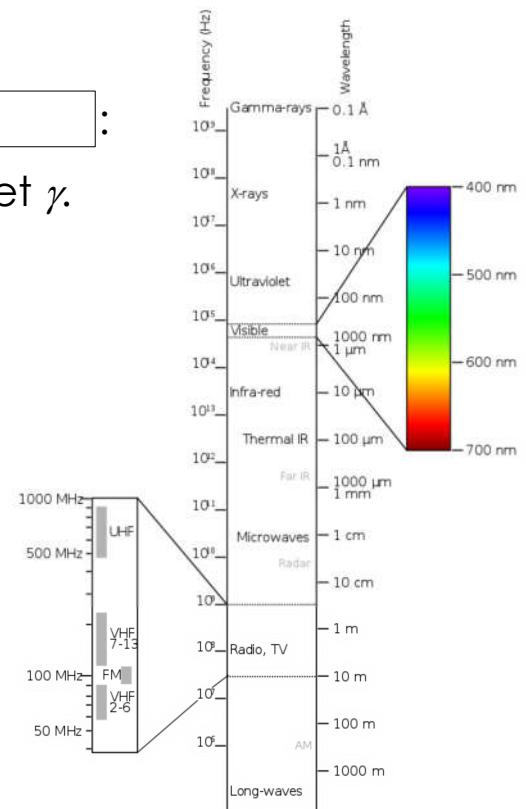
18

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



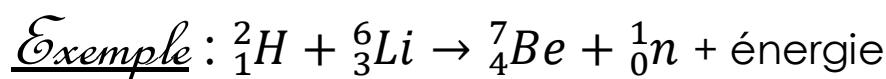
By Victor Blacus - SVG version of File:Electromagnetic-Spectrum.png, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22428451>

19

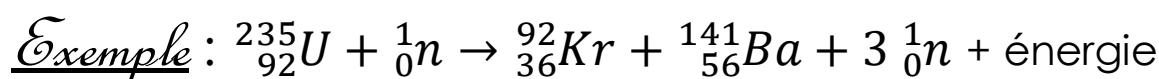
2.1. Transformations nucléaires (suite)

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

► Fusion :



► Fission :



COURS ET1 – 2. TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE

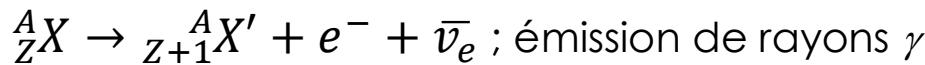
20

2.1. Transformations nucléaires (suite)

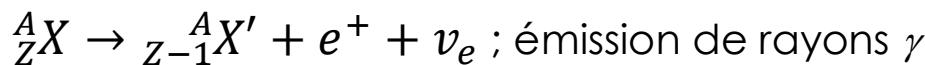
- Désintégration α :



- Désintégration β^- :



- Désintégration β^+ :



COURS ET1 – 2. TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE

21

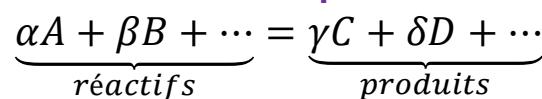
2.2. Transformations chimiques

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 .

COURS ET1 – 2. TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE

22

2.2. Transformations chimiques (suite)

Autre écriture possible des **équations de réaction** :

$$0 = \sum_k v_k A_k$$

$v_k < 0$ _____

$v_k > 0$ _____

Exemple : transformation de N₂(diazote) et H₂(dihydrogène) en NH₃ (ammoniac)

COURS ET1 – 2. TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE

23

2.3. Transformations physiques

Définition : une **transformation physique** est un

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

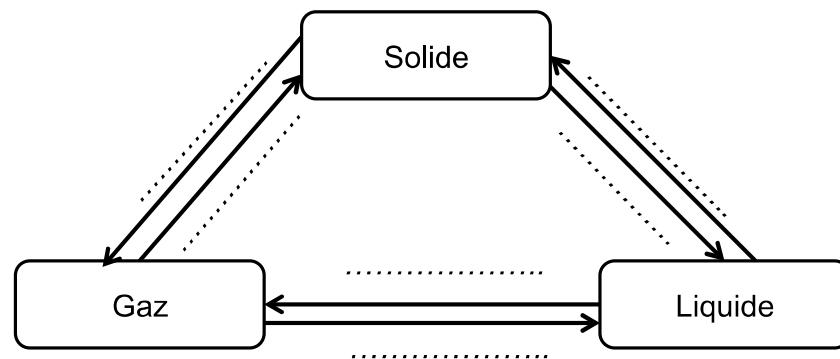
Remarques : Lors d'une transformation physique,

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

COURS ET1 – 2. TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE

24

2.3. Transformations physiques

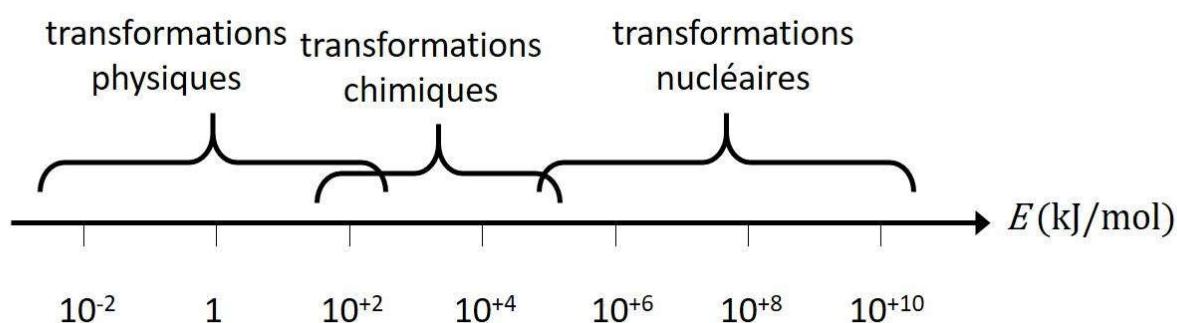


- ① _____
- ② _____
- ③ _____
- ④ _____
- ⑤ _____
- ⑥ _____

COURS ET1 – 2. TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE

25

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.

COURS ET1 – 2. TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE

26

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 :

COURS ET1 – 3. CONSTITUANTS PHYSICO-CHIMIQUES

27

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 :

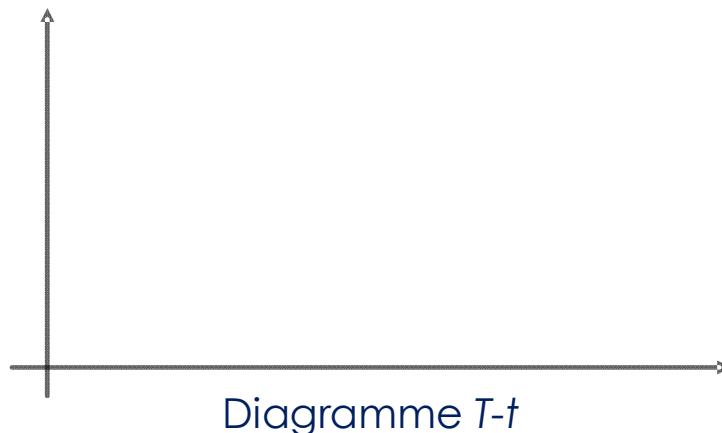
COURS ET1 – 3. CONSTITUANTS PHYSICO-CHIMIQUES

28

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 :



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

COURS ET1 – 3. CONSTITUANTS PHYSICO-CHIMIQUES

29

3.2. Corps purs (suite)

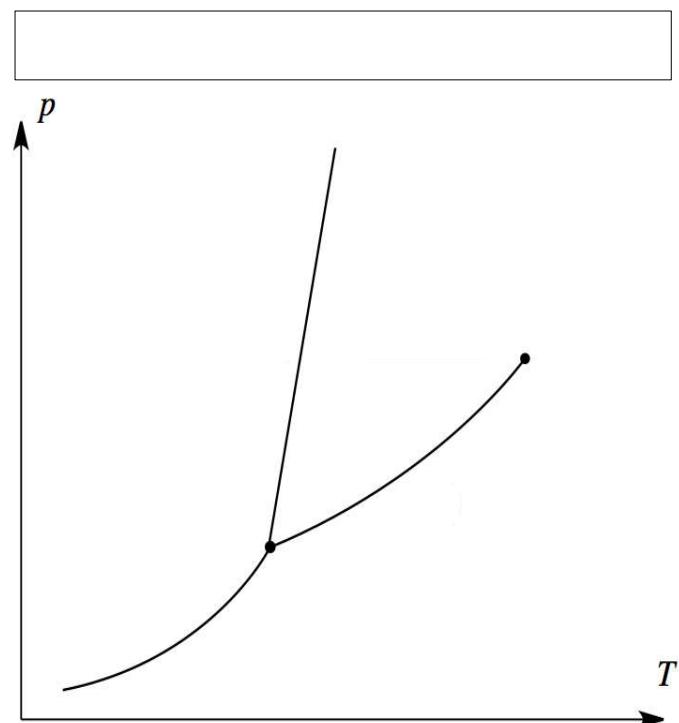
point T : _____

point C : _____

courbe (S) : _____

courbe (F) : _____

courbe (V) : _____



COURS ET1 – 3. CONSTITUANTS PHYSICO-CHIMIQUES

30

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.

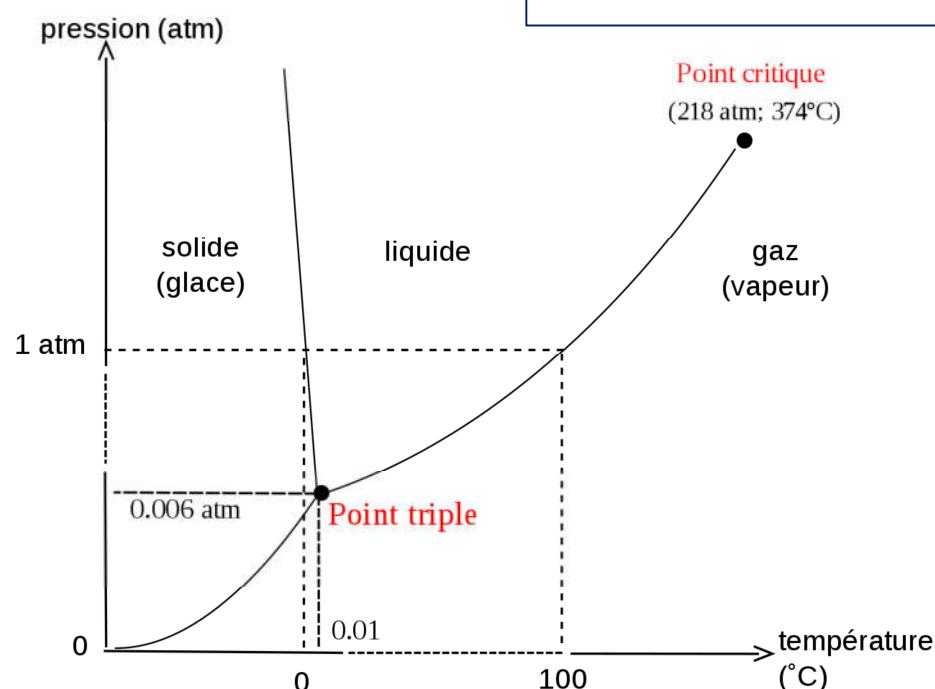
COURS ET1 – 3. CONSTITUANTS PHYSICO-CHIMIQUES

31

3.2. Corps purs (suite)

Cas particulier de l'eau :

2 exemples extraordinaires:

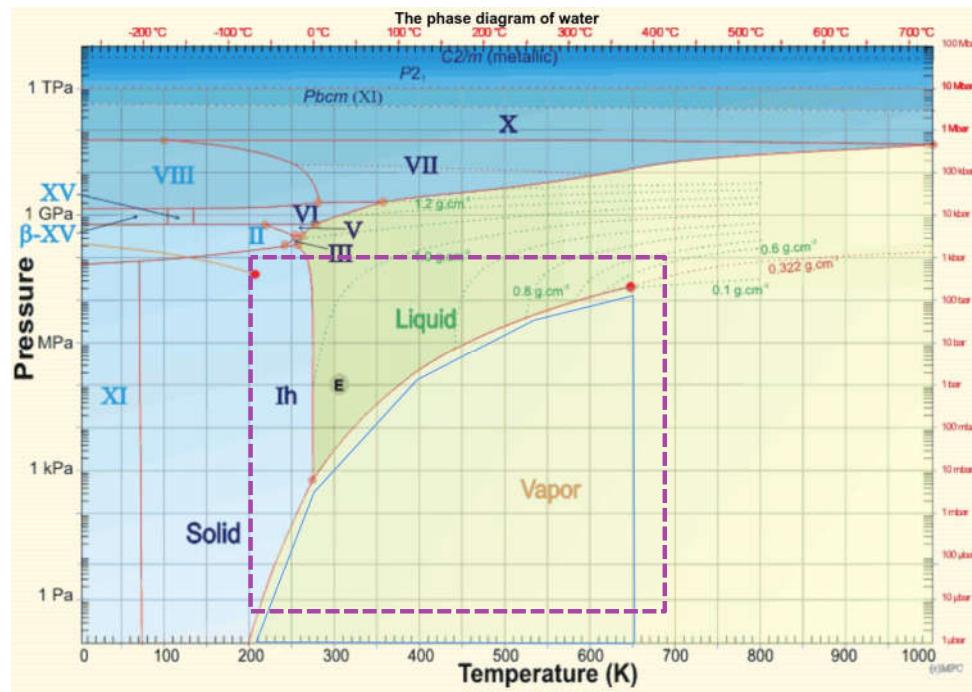


COURS ET1 – 3. CONSTITUANTS PHYSICO-CHIMIQUES

32

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

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

COURS ET1 – 3. CONSTITUANTS PHYSICO-CHIMIQUES

35

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

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

COURS ET1 – 3. CONSTITUANTS PHYSICO-CHIMIQUES

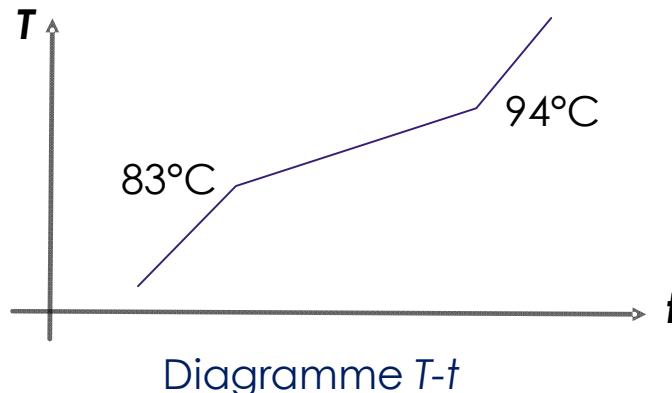
36

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, $p = 1$ 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