

Module de Biophysique

BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS

Pr. Boutheïna Boutabia-Chéraitia

Faculté de Médecine d'Annaba

1 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

A- LES ETATS DE LA MATIERE

Les états les plus classiques sont: {

- état liquide
- état solide
- état gazeux

On compte aussi -entre autres-, les états **intermédiaires** tels que les **cristaux liquides** (utilisés dans la téléphonie mobile), et qui combinent les propriétés d'un liquide conventionnel avec celles d'un solide cristallisé.

Un **plasma**, dit 4^{ème} état de la matière, est un **gaz ionisé**, constitué d'électrons, d'ions, d'atomes ou de molécules neutres.

1- L'ETAT LIQUIDE

- ↪ possède un volume propre
- ↪ épouse la forme du récipient qui le contient
- ↪ au repos, sa surface libre est toujours plane et horizontale

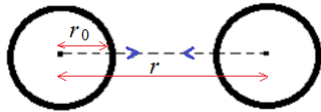


2 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

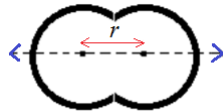
↪ **condensé**, et ses particules faiblement liées. En effet:

r : distance qui sépare deux atomes de rayon r_0 .

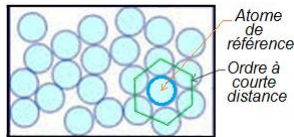
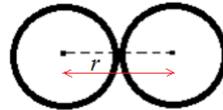
* Lorsque $r > 2r_0 \Rightarrow$ attraction.



* Lorsque $r < 2r_0 \Rightarrow$ répulsion.



* Lorsque $r = 2r_0 \Rightarrow$ les atomes se tassent les uns contre les autres, formant ce qu'on appelle l'**ordre à courte distance**.



2- L'ETAT GAZEUX

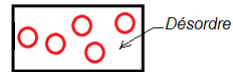
3 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

↪ ne possède ni forme propre, ni volume propre.

↪ tend à occuper tout le volume disponible.

↪ **dispersé**, complètement désorganisé, ses particules quasiment indépendantes.

↪ n'est constitué que d'atomes ou de molécules.



B- ENERGIE ET INTERACTIONS

1- L'ENERGIE

Propriété d'un système capable de **fournir** du travail. Elle s'exprime en:

↪ Joules (J) dans le $S.I (M.K.S.A)$

↪ Ergs (erg) dans le système ($C.G.S$) : $1erg = 10^{-7}J$

↪ Calories (cal) : $1cal = 4.184J$

↪ Electrons-volts (eV) : $1eV = 1.6 \times 10^{-19}J$

2- L'INTERACTION

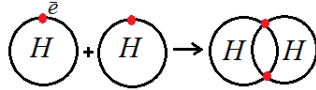
Deux corps sont en **interaction** lorsqu'ils exercent **l'un sur l'autre**, une **action** appelée **force**. L'interaction obéit donc au au principe de la **réciprocité**.

4 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

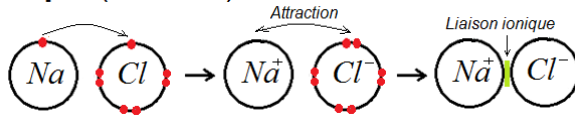
2-1- L'INTERACTION INTERATOMIQUE

Dite **interaction primaire** et peut être:

↪ **covalente** (ex: H_2)



↪ **ionique** (ex: $NaCl$)



↪ **métallique** entre les atomes des métaux (ex: Cu), qui mettent en commun un ou plusieurs \bar{e} appelés « \bar{e} libres » responsables de la **conductivité électrique** des métaux.



5 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

2-1- L'INTERACTION INTERMOLECULAIRE

Dite **interaction secondaire**. Elle est responsable de la **cohésion** des liquides et des solides moléculaires, et est régie par des **forces d'attraction** d'origine **électro-statique** entre les molécules, de par l'interaction entre les particules chargées (\bar{e}, e^+) qui les composent.

C- LA PRESSION DE VAPEUR SATURANTE

1- DEFINITIONS

Ce système est composé de deux liquides non miscibles. Nous avons deux **phases** différentes et un seul **état** liquide.

Phase: région de l'espace où on a les **mêmes paramètres** et les **mêmes propriétés** (composition chimique, propriétés physiques, état de la matière).



Remarques



→ système **ouvert**: il échange l'énergie et la matière avec le milieu environnant.

6 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia



→ système **fermé**: il échange uniquement l'énergie avec le milieu environnant.

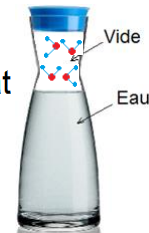
→ système **isolé**: aucun échange avec le milieu environnant.

2- PRESSION DE VAPEUR SATURANTE

L'enceinte **fermée** est à **température fixée**.

Un certain nombre de molécules d'eau vont passer à l'état de **vapeur** jusqu'à saturation de l'espace vide et atteindre ainsi une pression dite **pression de saturation** (P_{sat}) ou **pression de vapeur saturante**, qui ne dépend que de la **température**.

$$P_{vide} = 0$$



P_{sat} : pression de la **vapeur** d'une substance (phase **gazeuse**) qui est en **équilibre** avec la phase **liquide** de cette substance pour une température donnée.

L'**équilibre** signifie que le flux de molécules passant de l'**état liquide** à l'**état gazeux** est **équivalent** sur un intervalle de temps donné, au flux de molécules passant de l'**état gazeux** à l'**état liquide**.

7 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

Pour une substance **volatile** on a: $P_{sat} > P_{atm}$

Pour $100^{\circ}C \leq t \leq 200^{\circ}C$, P_{sat} de l'eau est donnée par la formule empirique de **Duperay**:

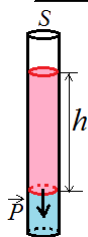
$$P_{sat} = \left(\frac{t}{100}\right)^4 \quad [t] = ^{\circ}C \quad [P_{sat}] = bar$$

Rappels :

* $1bar = 10^5 Pa$

* $1atm = 101325Pa$

* Pression exercée par une colonne de liquide:



$$P = \frac{\text{Force}}{\text{Surface}} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho Vg}{S} = \frac{\rho Shg}{S} \Rightarrow P = \rho gh$$

⇒ La pression exercée par une colonne de mercure ($13.6g/cm^3$) de hauteur $h = 760mm$ s'écrit:

$$P = \rho_{Hg}gh = 13600 \times 9.8 \times 0.76 \approx 101325Pa$$

On écrit: $760mmHg \approx 101325Pa$

* $1Pa = 7.5 \times 10^{-3} mmHg$

8 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

Exercice 1:

On place 1 litre d'eau pure dans une cocotte. On ferme la cocotte et on la place sur le feu. La pression de vapeur saturante de l'eau étant de 1 bar, calculer la température d'ébullition de l'eau.

Réponses:

$$P_{sat} = \left(\frac{t}{100}\right)^4 \Rightarrow \frac{t}{100} = (P_{sat})^{\frac{1}{4}} \Rightarrow t = 100 \times (P_{sat})^{\frac{1}{4}} = 100^\circ C$$

Exercice 2:

On introduit une masse d'eau ($m = 4g$) dans un récipient de volume $V = 10l$ initialement vide et on le porte à la température $t_1 = 80^\circ C$.

On donne pour l'eau: $P_{sat}(80^\circ C) = 0.466bar$; $P_{sat}(100^\circ C) = 1bar$

- 1) La pression de vapeur saturante de l'eau sera-t-elle atteinte dans l'enceinte? Déduire alors la masse d'eau qui restera à l'état liquide?
- 2) On porte le récipient à la température $t_2 = 100^\circ C$. Quelle est la nature du nouvel état d'équilibre? Quelle sera la pression de vapeur dans l'enceinte?

9 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

Réponses:

$$1) *) m_{eau} = 4g \Rightarrow \begin{cases} V_{eau} = \frac{m}{\rho_{eau}} = \frac{4}{1} = 4cm^3 = 0.004l \\ n_{eau} = \frac{m}{M} = \frac{4}{18} = 0.22moles \end{cases}$$

$$\rho_{eau} = 1g/cm^3 \quad V_{eau} \ll V_{enceinte} \Rightarrow \text{négligeable}$$

*) Calculons le nombre de moles d'eau (n) qui suffiront pour saturer l'enceinte de vapeur (saturante).

$$P_{sat} \times V = nRT \Rightarrow n = \frac{P_{sat} \times V}{RT} = \frac{0.466 \times 10^5 \times 10 \times 10^{-3}}{8.31(273+80)} = 0.16moles$$

Nous disposons de 0.22 moles $\Rightarrow (0.22 - 0.16) = 0.06moles$ resteront à l'état liquide. Leur masse est:

$$m_{eau\ liquide} = n \times M = 0.06 \times 18 = 1.08g$$

Remarquons que c'est parce que $V_{eau} \ll V_{enceinte}$ que nous avons considéré que 0.16 moles occupent tout le volume de 10l, autrement, il aurait fallu tenir compte du volume de l'eau liquide qui ne se transforme pas en vapeur.

10 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

2) Calculons le nombre de moles d'eau qui **suffiront** pour saturer l'enceinte de vapeur:

$$n = \frac{P_{sat} \times V}{RT} = \frac{1 \times 10^5 \times 10 \times 10^{-3}}{8.31(273+100)} = 0.32 \text{ moles}$$

Nous ne disposons que de 0.22 moles \Rightarrow on n'aura pas l'état d'équilibre qui correspond à la saturation.

Les 0.22 moles vont se transformer en vapeur dont la pression est dite **pression de vapeur ou pression de vapeur partielle**:

$$P_{vapeur} V = nRT \Rightarrow P_{vapeur} = \frac{nRT}{V} = \frac{0.22 \times 8.31 \times (273+100)}{10 \times 10^{-3}} \simeq 68252 \text{ Pa} \\ = 0.68 \text{ bar}$$

Remarques

Le processus d'évaporation persiste tant que la **pression de vapeur** (P_{vapeur}) reste inférieure à la **pression de saturation** (P_{sat}).

L'**équilibre** entre la phase liquide et la phase gazeuse est atteint lorsque $P_{vapeur} = P_{sat}$, dès lors, plus aucune molécule de vapeur ne pourra être formée car l'enceinte est alors **saturée**.