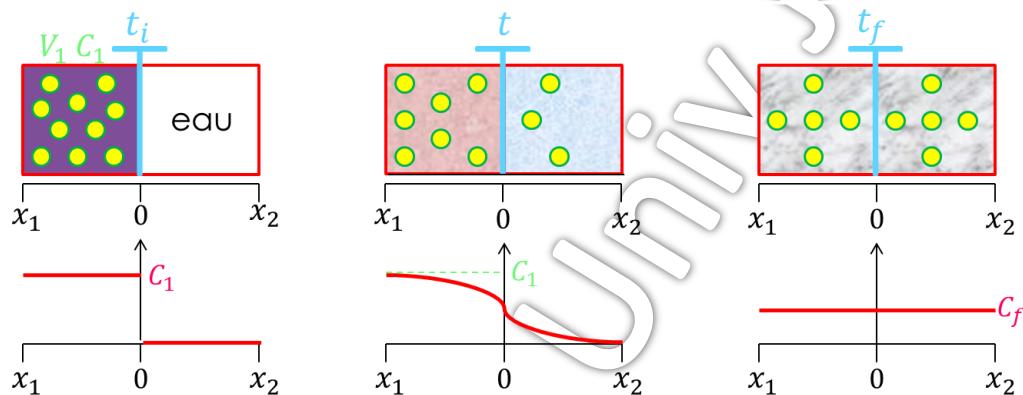


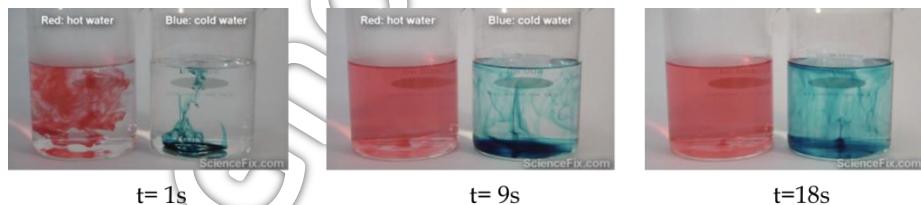
II-1 Introduction

La diffusion est connue comme un moyen d'échange des molécules de soluté d'un compartiment à l'autre à travers une membrane. Elle tend à uniformiser la distribution des particules (des ions ou des molécules non dissociables), d'une région de forte concentration vers une région de faible concentration.

- La description du phénomène de diffusion :



Exemple : la répartition d'un liquide coloré dans l'eau a coloré toute le solvant et à devenir homogène, il ya donc transport de liquide coloré depuis la région où il a été déposé jusqu'à la région où il n'était pas distribuée.



II-2 Diffusion du soluté à travers les membranes:

Afin d'étudier le mouvement des molécules de soluté à travers les pores membranaires, nous citons les deux lois fondamentales de Fick suivant.

a- Première loi de Fick

On appelle le débit molaire diffusif du soluté J_D le transfert molaire du soluté considéré qui correspond au nombre de moles n traversant une membrane de surface S dans un temps dt .

$$J_D = \frac{dn}{dt}$$

Chapitre II: Phénomènes de diffusion

Il est donné par la première loi de Fick comme suit :

$$\text{A une dimension : } \Delta n = -D \frac{c_B - c_A}{X_B - X_A} S_P \Delta t \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta n}{\Delta t} = -DS_P \frac{\Delta c}{\Delta x}$$

Donc on peut écrire la formule sous forme différentielle :

$$J_D = \frac{dn}{dt} = -DS_P \frac{dc}{dx} \quad (\text{mol.s}^{-1})$$

Et à trois dimensions :

$$\vec{J}_D = -DS_P \overrightarrow{\text{grad}} C = -DS_P \vec{\nabla} C$$

Où : $\vec{\nabla} = \frac{\partial C}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial C}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial C}{\partial z} \vec{k}$ est le gradient de concentration dans un repère cartésien.

Avec :

- le signe (-) exprime que le transfert diffusif se fait vers les concentrations les plus faibles.
- **D (m²/s)** : le coefficient de diffusion des molécules du soluté dans la solution.
- **S_P** : représente la surface totale des pores perméables au soluté, qui peut être donnée par l'expression suivante: $S_P = N \cdot \pi \cdot a^2 = p \cdot S \cdot \pi \cdot a^2$

Où : **N** est le nombre total de pores, **a** : le rayon des pores, **p** : le nombre de pores par unité de surface et **S** : la surface totale de la membrane.

- La loi de Fick peut facilement s'interpréter par le fait que le nombre de particules (ions ou molécules) se déplaçant dans une direction donnée, qui traversent la membrane en un temps déterminé est proportionnel à la concentration (différence de concentration).
- La constante de proportionnalité traduira les caractéristiques physiques de la solution et ses constituants et aussi celles de la membrane.
- La géométrie de la membrane (son épaisseur et sa capillarité) joue aussi un rôle dans ce phénomène vu qu'elle est le facteur qui entrave la libre circulation des particules entre les différentes zones de la solution.
- Comme le coefficient de diffusion (**D**) joue un rôle primordial dans le phénomène de diffusion, il est commode d'étudier explicitement l'expression de ce coefficient qui est donné par : **D = R.T.b**

Où : **R** = 8,31 (J.K⁻¹.mol⁻¹) le coefficient de gaz parfait, **T** (K) la température et **b** (S.Kg⁻¹) la mobilité mécanique molaire.

Lorsqu'on considère une particule sphérique de rayon **r** (m) dans un milieu de viscosité **n** (Pa.S), l'équation de la mobilité mécanique devient comme : **b⁻¹ = N_A.6π.n.r**

Avec : **N_A** = 6.023.10²³ est le nombre d'Avogadro.

Chapitre II: Phénomènes de diffusion

Car : $K_B = R/N_A = 1,38 \cdot 10^{-23}$ (J.K⁻¹) représente la constante de Boltzmann.

L'expression de coefficient de diffusion devient comme : $D = \frac{K_B T}{6\pi\eta r}$

Dans un modèle de molécule sphérique, la masse est proportionnelle au volume et donc $m \propto r^3$, le

coefficient de diffusion D prend la forme suivante : $D = \frac{C \cdot T}{\eta} \cdot \sqrt[3]{\frac{\rho}{M}}$

Où C : est une constante, ρ : la masse volumique et M : la masse molaire.

D'une façon plus générale pour une particule de forme géométrique quelconque: $D = \frac{A \cdot T}{\sqrt[3]{M}}$

Avec : A est une constante.

Remarque :

1- l'expression de flux molaire à une dimension est donnée par :

$$J = \frac{J_D}{S_P} = -D \frac{dc}{dx} \quad (\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1})$$

2- Chaque soluté donné diffuse indépendamment des autres solutés présents dans la solution et toujours vers le compartiment où il est le moins concentré.

b- Deuxième loi de Fick

Au cours de la migration moléculaire à travers les pores de la membrane, la concentration unidimensionnelle $C(x,t)$ en un point quelconque du système dépend de la position (x) et aussi du temps (t) et elle est une solution de l'équation du second ordre par rapport à la position, qui est donnée par la deuxième loi de Fick.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = - \frac{\partial J}{\partial x} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

Dans le régime stationnaire, la concentration est indépendante du temps (cas de variation de la concentration à l'intérieur du pore).

$$\frac{\partial C}{\partial t} = 0 \Rightarrow C = f(x)$$

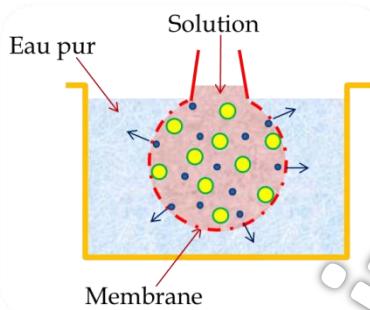
Ce qui implique que la concentration devient une fonction linéaire du premier ordre en (x).

$$C(x) = ax + b \rightarrow \begin{cases} \text{Si } x = 0 \rightarrow c(0) = b = c_1 \\ \text{Si } x = h \rightarrow c(h) = ah + b = c_2 \end{cases}$$

Chapitre II: Phénomènes de diffusion

c- La dialyse :

La dialyse est un sac formé d'une membrane de cellophane, on le met dans un récipient contenant une grande quantité de l'eau pur, les grosses molécules restent emprisonnées dans le sac, et les petites molécules diffusent à l'extérieur, on renouvelle le solvant, donc on illumine les petites molécules.



Exemple d'application :

L'application médicale très importante de la dialyse et le rein artificiel.



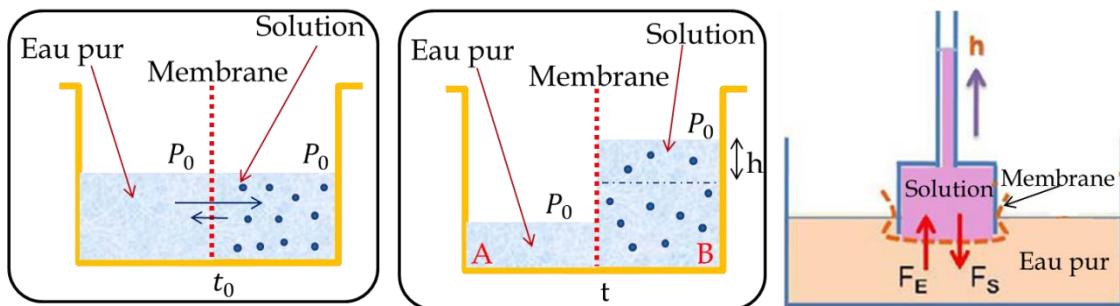
Le rein artificiel formé de deux compartiments séparés par une membrane dialysante, dans l'un ou fait circuler le sang du malade et dans l'autre circuler le liquide de dialyse qui renouvelé l'exède de sodium, potassium ..., et d'autre molécules traversent la membrane par le phénomène de diffusion.

II-3 Diffusion du solvant à travers les membranes: phénomène d'Osmose

C'est un cas particulier des transports membranaires, plus précisément c'est un phénomène de transfert de molécules de solvant d'un compartiment à l'autre à travers une membrane imperméable au soluté considéré dans la solution, c'est-à-dire à travers la membrane qui supprime le flux de diffusion du soluté.

a- Pression Osmotique :

Physiquement, il faut bien comprendre la notion de la pression osmotique qui a été induite par Dutrochet (1826) en proposant un appareil (osmomètre) constitué d'un réservoir de verre rempli d'une solution (eau +soluté) obturée à la base par une membrane hémipermeable (imperméable au soluté : seul le solvant peut diffuser dans les deux sens), et dont la partie supérieure est reliée à un long tube vertical de petit calibre, et plongé dans un cristallisoir (récipient) contenant de l'eau.



$$\Delta P = P_B - P_A = (P_0 + \rho \cdot g \cdot h) - P_0 = \rho g h \quad \Rightarrow \pi = \rho \cdot g \cdot h$$

-Au départ, le flux de solvant entrant F_e est très supérieur au flux sortant F_s , puis on atteint l'équilibre. A ce moment la pression hydrostatique $P = \rho \cdot g \cdot h$ est égale à la pression osmotique.

-La différence de pression à l'équilibre à travers la membrane semi perméable est appelée la pression Osmotique.

-Donc la pression osmotique d'une solution est la pression hydrostatique qu'il faudrait exercer sur la solution pour empêcher le solvant pur de traverser la membrane. Elle exprimées sous forme suivant :

$$\pi = i \cdot C_M \cdot R \cdot T$$

Avec : i est le coefficient d'ionisation qui peut être donné par $i = 1 + \alpha(\beta - 1)$ pour un électrolyte faible et $i = \beta$ pour un électrolyte fort.

C_M : concentration molaire, R : constante des gaz parfaits et T : la température.

Dans cette expression, on peut également raisonner en osmolarité:

$$\pi = \omega \cdot R \cdot T$$

Remarque :

- la membrane dialysant : c'est la membrane qui laisse passer l'eau et les micromolécules.
- la membrane semi perméable : c'est la membrane qui laisse passer l'eau et l'urée.
- la membrane semi perméable parfait : c'est la membrane qui laisse passer l'eau.