

## Module de Biophysique

Département de Médecine Dentaire

Faculté de Médecine – Université d'ALGER 1

e-mail : [biophysique\\_facmed-alger@hotmail.com](mailto:biophysique_facmed-alger@hotmail.com)

# Biophysique des solutions

propriétés colligatives, spectroscopiques, hydrodynamiques - applications

## Partie C

- Éléments à retenir -

Professeur M. CHEREF

1<sup>ère</sup> année de médecine dentaire

# Solutions : Propriétés colligatives

Caractérisation,...

selon « le nombres de particules »

# Propriétés colligatives (1)

- Définition et caractérisation

- Une propriété colligative d'une solution se définit comme une propriété qui dépend du nombre de particules (soluté) présentes dans la solution.
- Elle sera donc régie par une loi qui dépendra de la nature du solvant et du nombre de particules de soluté (et ne dépendra pas de la nature du soluté)

## Introduction d'un soluté

- il y a réduction et limitation de la liberté de déplacement des molécules du solvant
- ces modifications ne dépendent que de la concentration du soluté

## vis-à-vis du solvant pur

- abaissement relatif de la « tension » de vapeur
- élévation du point d'ébullition
- abaissement du point de congélation

# Propriétés colligatives (4)

## Loi de Raoult :

La température de congélation d'une solution est plus basse que celle du solvant pur. L'abaissement  $\Delta\theta$  du point de congélation s'écrit :

$$\Delta\theta = K_c \cdot C^{os} \quad [K_c : \text{constante cryoscopique qui ne dépend que du solvant pur}]$$

$C^{os}$  : osmolalité en osmol/kg de solvant

$$C^{os} = i \cdot C^m$$

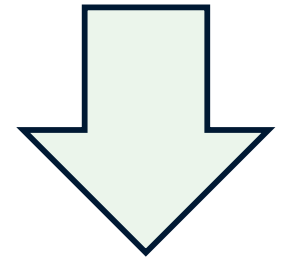
avec  $C^m$  : la molalité en mol/kg de solvant  
 $i$  : le coefficient d'ionisation de Van't Hoff

$$[i = 1 + \alpha (v - 1)]$$

pour les solutions diluées .... :  $C^{os} = i \cdot C^m$



$$\Delta\theta = K_c \cdot C^{os} = K_c \cdot i \cdot C^m$$



*pour des solutions « aqueuses » très diluées, il est possible d'écrire :  $[C^{os} = i \cdot C^m = C_{osmolarité}]$*

# Propriétés colligatives (7)

## Tonométrie – pression de vapeur saturante :

1- il s'agit de l'étude des solutions en mesurant leur pression de vapeur saturante. L'introduction d'un soluté B au sein d'un solvant A (formant alors une solution) abaisse la pression de vapeur saturante.

Pour une solution dite idéale, la loi de Raoult exprime que l'abaissement relatif de pression de vapeur saturante correspond à la fraction molaire du soluté.

Plus simplement, et selon la loi de Raoult, la pression exercée par la vapeur du solvant  $P_A$  (dans le cas d'une solution diluée, voire très diluée, entraînant  $P_B$  négligeable devant  $P_A$ ) s'écrit :

$$P_A = (1 - f_B) P_A^0$$

$P_A$  = pression exercée par la vapeur du solvant

$f_B$  = fraction molaire du soluté dans la solution

# Propriétés colligatives (10)

Loi de pression osmotique : Loi de Van't Hoff

$$\pi = C \cdot \frac{RT}{M} \quad [c = \text{concentration pondérale} ; R = \text{constante des gaz parfaits} ; M = \text{masse molaire}]$$

Autre expression de la pression osmotique :

La pression osmotique (d'une solution diluée ....) opposée à son solvant par une membrane hémiperméable est proportionnelle à son osmolarité et à la température absolue du milieu :

$$\pi = R \cdot C^O \cdot T$$

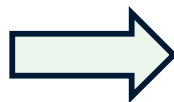
$C^O$  : osmolarité de la solution

$$C^O = i \cdot C^M$$

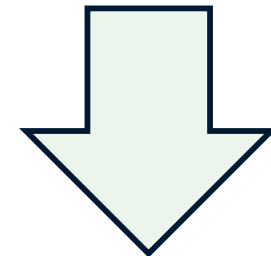
avec  $C^M$  : la molarité  
 $i$  : le coefficient d'ionisation de Van't Hoff

$$[i = 1 + \alpha (v - 1)]$$

pour les solutions diluées .... :  $C^O = i \cdot C^M$



$$\pi = R \cdot C^O \cdot T = i \cdot C^M \cdot R \cdot T$$



# Propriétés spectroscopiques

caractérisation



# Propriétés spectroscopiques (2)

## Loi de Beer Lambert :

$$A = \text{Log}_{10} I_0 / I = \varepsilon .c. L$$

la quantité de lumière absorbée dépend :  
- de la longueur du trajet parcouru par le rayonnement lumineux  
- de la concentration de la solution  
- du coefficient d'extinction  $\varepsilon$  (loi de Beer Lambert)

$I_0$  : intensité du faisceau entrant ;  $I$  : intensité du faisceau émergent

$c$  = concentration pondérale ;  $L$  : longueur du trajet optique (trajet de la lumière)

**A est défini comme l'Absorbance (ou densité optique) de la solution (macromoléculaire)**

Remarques : cette loi n'est valable que pour les solutions diluées

$\varepsilon$  = caractéristique de la molécule étudiée (à longueur d'onde donnée)

## Autres méthodes spectroscopiques :

- La fluorescence ;
- La spectrophotométrie infrarouge ;
- La polarimétrie ; ...



# **Diffusion en phase liquide, et ...**

Définitions et caractérisation



# Phénomène de diffusion (1)

Diffusion en phase liquide, en milieu libre (1)

DIFFUSION



MELANGE

(dû à l'agitation thermique des molécules)

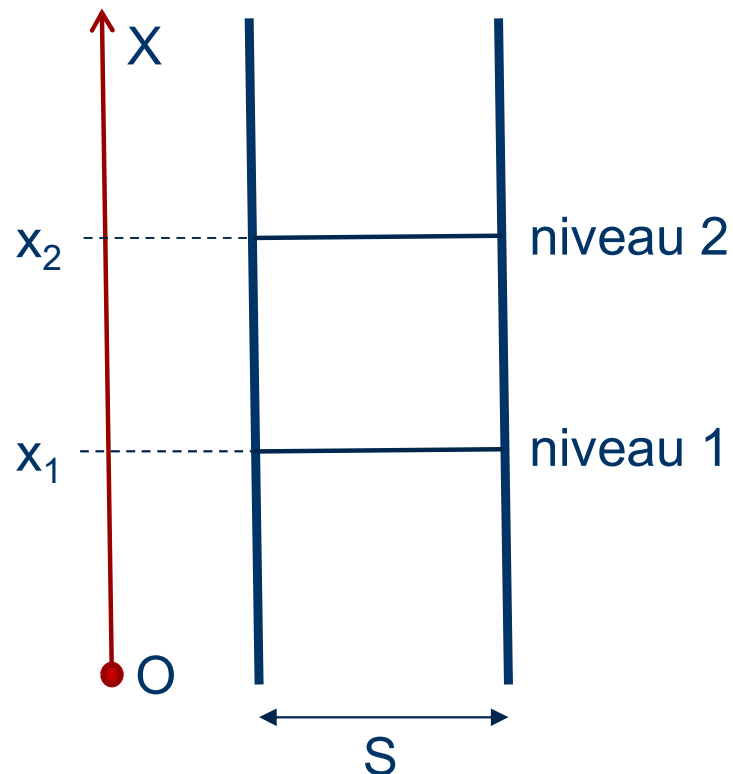
le corps dissous occupe le volume liquide disponible

la solution est homogène en toutes parties de celle-ci

notion d'entropie : le désordre moléculaire est maximal

# Phénomène de diffusion (3)

Diffusion en phase liquide, en milieu libre (3) : 1<sup>ère</sup> loi de FICK



DEBIT DE DIFFUSION



vision simplificatrice

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = -D \cdot \frac{\Delta C}{\Delta x} \cdot S$$

hypothèse forte : D ne dépend que de la nature du solvant et du soluté

# Phénomène de diffusion (5)

Remarques (2) :

DEBIT DE DIFFUSION



Diffusion de translation (Einstein, 1905)

$$D = \frac{kT}{f}$$

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = -D \cdot \frac{\Delta C}{\Delta x} \cdot S$$

- D = coefficient de diffusion (Il dépend de la température et du coefficient de friction)
- f = coefficient de friction (Il dépend de la forme de la macromolécule et de la viscosité  $\eta$  du milieu dans lequel celle-ci se déplace).

Dans le cas où la macromolécule serait considérée comme sphérique (loi de Stokes) :  $f = 6\pi\eta r$

autre remarque :

une macromolécule atteint rapidement une vitesse limite en raison, notamment, des frottements qu'elle subit de la part des autres molécules qui exercent une force de friction.

# Propriétés hydrodynamiques (7)

## Propriétés cinétiques

### Notion de sédimentation :

Processus physique simple qui facilite la séparation (à partir de phases différentes, non miscibles, et de masses volumiques différentes) :

- de « solide – liquide » :  
phénomène de précipitation (le solide migre et se dépose au fond du contenant)
- de « liquide – liquide » :  
phénomène de décantation (le liquide de masse volumique plus élevée sédimente)

### Notion de centrifugation : (accélérer le processus de sédimentation en modifiant l'accélération)

Du fait du champ gravitationnel artificiel produit, le rapport de la vitesse  $v$  à laquelle sédimente la macromolécule vis-à-vis du champ de gravitation ( $\omega^2 r$ ), est appelé constante (ou coefficient) de sédimentation  $S$  (donnée en Svedberg =  $10^{-13}$  s)

$$S = v / \omega^2 r$$

# Phénomène de filtration (10)

## - Caractérisation : filtration à travers une membrane (a)

Ce phénomène exprime un transport microscopique dû, uniquement, à une différence de pression qui s'établit entre les deux compartiments séparés par la membrane.

1- pour un solvant pur, il est aisé d'assimiler formellement le débit massique du solvant selon une loi comparable à la première loi de Fick. Simplement, cette loi s'écrirait :

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = -K \cdot \frac{\Delta P}{\Delta x} \cdot S \quad \text{avec} \quad \frac{K}{\Delta x} \quad \text{coefficient de filtration massique}$$

2- filtrer une solution doit nécessairement prendre en compte la nature de celle-ci, précisément la concentration du soluté  $C_0$  (ou des solutés présents dans la solution). La concentration du soluté dans le filtrat dépendra de la perméabilité de la membrane vis-à-vis de ce soluté. Ainsi :

soit  $T$ , le coefficient de tamisage (ou transmittance)

$T = 0$  : la membrane est imperméable au soluté

$T = 1$  : le soluté traverse la membrane aussi bien que le solvant

La concentration du soluté dans le filtrat s'écrira :  $C = T C_0$