

Université de Batna

2006/2007

Faculté de Médecine

Département de Pharmacie

# Cours de Biophysique

2<sup>ème</sup> Année Pharmacie

Chapitre IV : Les colloïdes et les macromolécules

D'après le cahier de :

*I. Hadeif*



# Chapitre IV = Les macromolécules et les colloïdes



## I - Généralités

1. Définition = Les colloïdes sont des solutions de macromolécules dont la masse molaire  $> 1000$ , le comportement physico-chimique est très différent de celui des solutions micromoléculaires. La figure représente la taille des colloïdes par rapport aux autres systèmes. La diversité de systèmes colloïdaux est très grande, mais il possède quelques propriétés physiques bien caractérisées :
- Ils ont une diffusion lente en phase aqueuse.
  - Les phénomènes osmotiques sont faibles mais mesurable
  - Leurs propriétés optiques sont particulières ainsi la diffusion de la lumière.
  - Leurs solubilités sont très variables, ils dépendent



de nombreux facteurs.

\* Ils développent en solution une énorme surface de contact.


\* La solution colloïdale se sépare en 2 phases : l'une contenant le solvant et l'autre le colloïde.


On appelle les colloïdes biologiques : **biopolymères**

2 - La Conformation des biopolymères en solution :

D'une façon générale, chaque macromolécule en solution a une structure tridimensionnelle caractérisée appelée **conformation** ; le comportement physico-chimique dépend largement de cette conformation.

Il existe 2 types de conformation :

\* la forme **globulaire** : où les molécules sont repliés sur elles-mêmes sous une forme sphérique. 

\* la forme **linéaire** : Elles ressemblent à des fibres 

Une macromolécule réelle se rapproche plus ou moins de ces deux formes. En pratique, les macromolécules sont rigides mais les rotations sont possibles à certains endroits.



## II - Propriétés cinétiques des macromolécules =

### 1 - Propriétés colligatives =

o: cause de faible  $[ ]$  des macromolécules, certains techniques colligatives sont inutilisables tel que la tonométrie ( $p = p_0 \cdot f$ ), la cryoscopie, l'ébullition...

- pression osmotique  $\Rightarrow$  on peut l'utiliser.

C'est facile de trouver une membrane sélective adéquate qui laisse passer les micromolécules et retient les macromolécules.

$$\pi_{\text{classique}} = RT W = RT \frac{C_p}{M} \text{ (classique)}$$

$$\frac{\pi}{C_p} = \frac{RT}{M} + \beta C_p \text{ pour les macromolécules}$$

ou  $\beta$ : le coeffi de Viriel qui dépend de la  $T^\circ$  de solvant et de soluté.

### 2 - Propriétés hydrodynamiques =

#### a - Diffusion =

$$D = \frac{RT}{\alpha \eta} = \frac{RT}{\alpha 6 \pi \eta r}$$

$$r^3 = \left( \frac{RT}{\alpha 6 \pi \eta D} \right)^3 \dots (1)$$



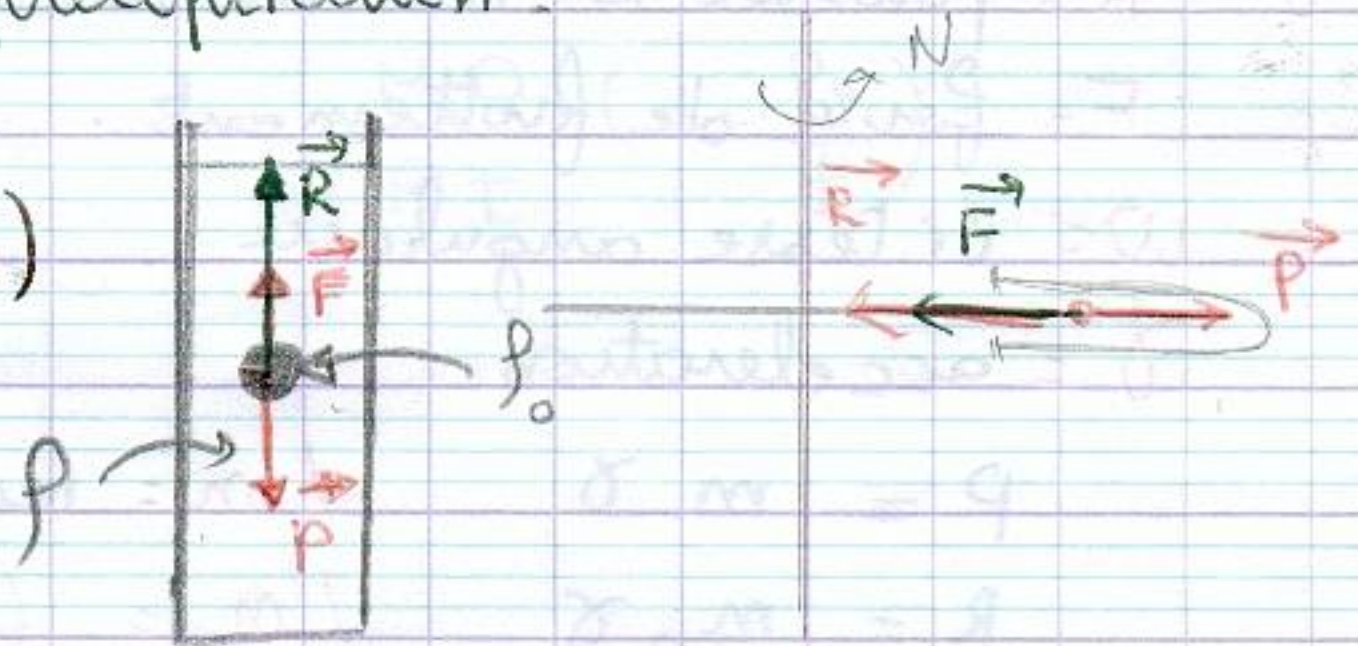
$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{M}{N\rho} = \frac{4}{3} \pi r^3 \Rightarrow r^3 = \frac{3M}{4\pi N\rho} \quad (2)$$

$$(1) = (2) : M = \frac{R^3 T^3 \rho}{162 d^2 \pi^2 \eta^3} \cdot \frac{1}{D^3}$$

$$\Rightarrow M = K \cdot \frac{1}{D^3}$$

### 3 - Sedimentation et précipitation :

$$v_s = \frac{2}{9} \frac{r^2}{\eta} g (\rho - \rho_0)$$



Cette vitesse de sedimentation est très faible dû à :

- faible valeur de rayon de macromolécule (micromètres)
- la différence de masse volumique est très faible.

pour augmenter  $v_s$  (pour séparer les macromolécules) il faut augmenter la valeur de  $g$ . Cela est réalisé grâce à une ultrafiltration (ultra-centrifugeuse).

$$\omega = 2\pi N \quad / N \text{ (tour / mn)}$$

pour augmenter la vitesse de migration, il faut augmenter  $v_s$ . L'accélération  $\delta$  est très  $\gg \gg$  à  $g$ .



on met la macromolécule à une distance  $x$  de l'axe de rotation est soumis à un mouvement circulaire uniforme.

$$\gamma = \omega^2 x$$

$$\omega = 2\pi N \quad (\text{vitesse angulaire})$$

$$\text{à } l' \Rightarrow \delta \gg \gamma :$$

$$p = R + F$$

$R$  : poussée d'Archimède

$F$  : force de frottement

$\omega$  : vitesse angulaire

$\gamma$  : accélération

$$p = m \gamma \quad / m = \text{masse de macromolécule}$$

$$R = m_0 \gamma \quad / m_0 = \text{'' de liquide déplacé.}$$

$$F = f v$$

$$m \gamma = m_0 \gamma + f v$$

$$(m - m_0) \gamma = f v$$

$$(m - m_0) \omega^2 x = f v$$

$$\frac{v}{f} (p - p_0) \omega^2 x = v$$

$$\frac{v}{f} (p - p_0) \omega^2 x = \frac{dx}{dt} \dots \dots (1)$$

$$s = \frac{v}{f} (p - p_0) \quad s = \text{Svedberg} \quad \text{''}$$

$1S = 10^{-13} \text{ seconde}$



$$(1) \Leftrightarrow s \omega^2 x = \frac{dx}{dt} \Rightarrow s \omega^2 dt = \frac{dx}{x}$$

$$\Rightarrow s = \frac{1}{\omega^2 (t_2 - t_1)} \ln \frac{x_2}{x_1}$$

4 - Calcul de la masse molaire de M.M =

$$s = \frac{v}{f} \rho \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) = \frac{dm}{dP} \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) = \frac{M}{\omega f} \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)$$

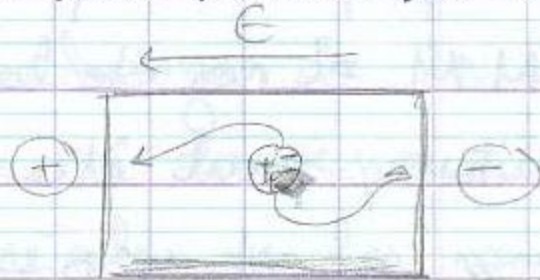
$$f = \frac{kT}{D} = \frac{RT}{\omega D} \Rightarrow s = \frac{MD}{RT} \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)$$

$$M = \frac{sRT}{D \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)}$$

III - Electrophorèse:

1 - Définition:

C'est un déplacement sous l'effet d'un champ électrique. Elle est utilisée comme technique d'analyse et de séparation. Ce qui permet une mesure de la mobilité électrophorétique.



Cette technique de séparation permet:



- L'identification de certaines substances qui se trouvent dans un mélange
- Utilisé comme technique de séparation pour obtenir des substances du 2<sup>ème</sup> groupe.

On peut distinguer 2 types de techniques:

- sur phase liquide - sur un support de papier filtre

### 2 - Aspect phorique =

On considère une macromolécule chargée sous l'effet d'un champ électrique  $E$ .

si  $Q > 0$ : la macroM se déplace dans le sens du champ

si  $Q < 0$ : " " se " " " " " inverse du "

$$\vec{p} = F \cdot e$$

$$qE = f \cdot v$$

$$\Rightarrow N = \frac{v}{E} = \frac{q}{f} \quad / \quad N = \text{mobilité}$$

$$v = N \cdot E = \frac{E \cdot q}{f}$$

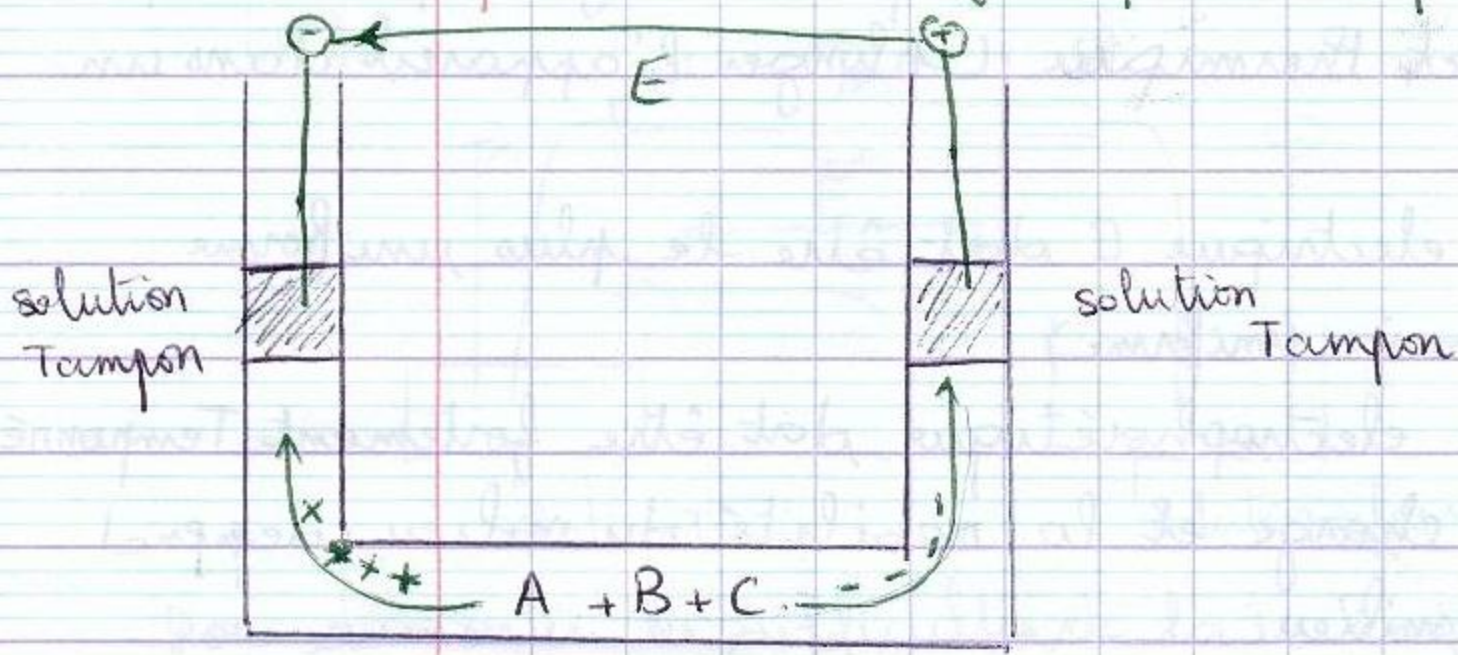
La vitesse de déplacement dépend de la charge de la MM et non de la masse de la molécule.

La vitesse peut être positif si la mobilité  $> 0$  (cataphorèse)

si la " est  $< 0 \Rightarrow N < 0$  (anaphorèse)



### 3 - 1<sup>re</sup> électrophorèse libre = (en phase liquide) :



Une solution colloïdale contient 3 substances A, B et C se trouvent dans le fond d'un tube surmonté par une solution Tampon.

On applique une différence de potentiel qui va créer un champ électrique, les protéines chargées négativement se déplacent dans le sens contraire du champ. et les protéines (+) se déplacent dans le sens du champ. après un temps  $t$ , la solution colloïdale se sépare en plusieurs frontières.

Chaque substance se déplace avec sa propre vitesse (la mobilité dépend de la charge de la substance). Pour maintenir les frontières ou la séparation, il faut prendre en considération les règles ou les conditions suivantes :



- Il faut que la  $T^\circ$  soit la plus homogène possible pour éviter l'effet thermique (plonger l'appareil dans un thermostat).

- Le champ électrique  $E$  doit être le plus uniforme possible. (Tension uniforme)

- Le milieu électrophorétique doit être fortement tamponné parce que la charge et la mobilité du milieu dépend du pH du milieu.

• Les avantages de cet électrophorèse :

- L'analyse quantitative d'une solution macromoléculaire permet de mesurer les mobilités des différents constituants et identification et détermination des concentrations des substances.

- la séparation des substances (substances plus lentes, plus rapides)

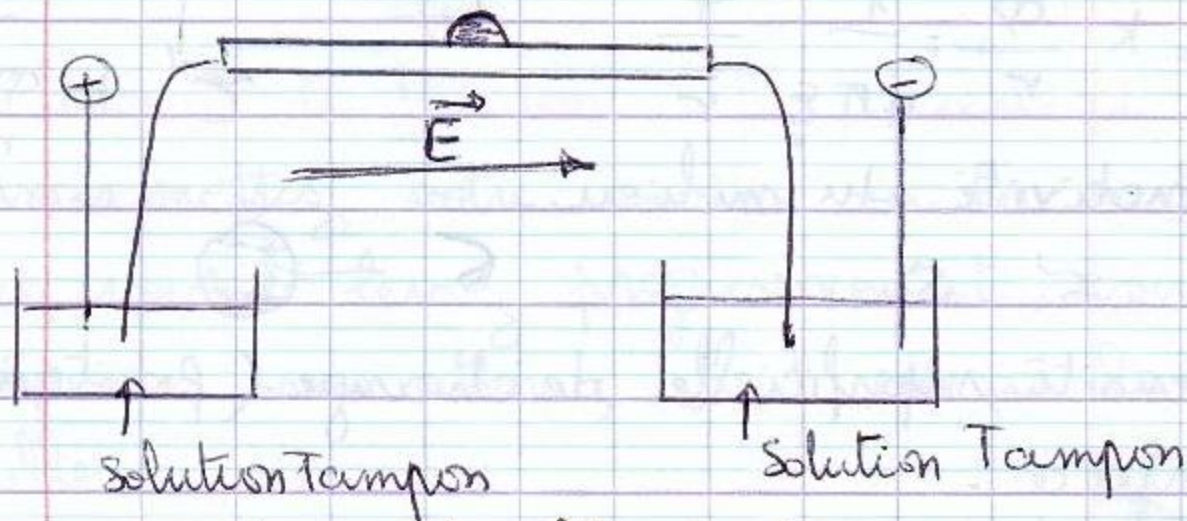
• Les inconvénients de cet électrophorèse :

- Une technique assez difficile pour maintenir les frontières pour l'observation.

- Le phénomène de diffusion reste important de tel sorte que l'électrophorèse ne peut être applicable que pour les grosses molécules.



## \* - Electrophorèse sur support -



- Pour surmonter les difficultés de la technique précédente on utilise l'électrophorèse sur support (sur papier, sur lame, sur gel)

- La différence entre les 2 techniques : le phénomène de diffusion est éliminé ce qui permet une bonne observation des substances séparées.

- La mobilité électrophorétique ne dépend pas de la nature de particule mais dépend de la nature du solvant.

Cela produit un autre phénomène appelé électro-endoosmose

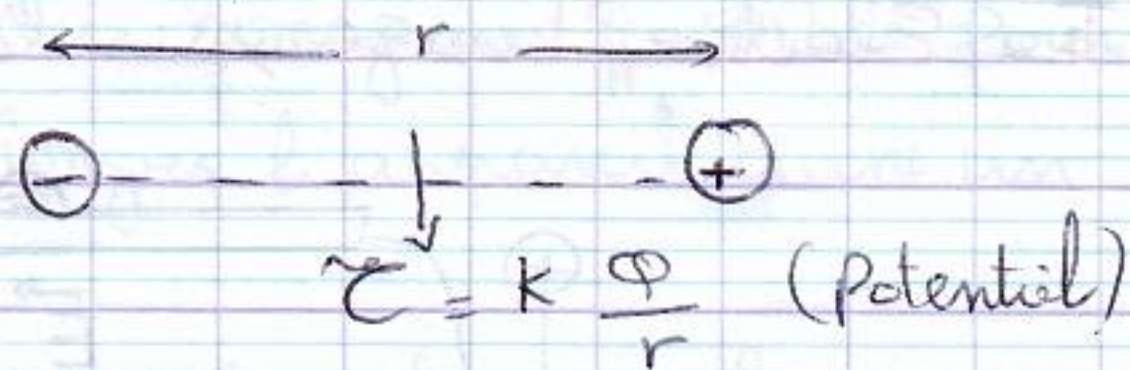
- Les supports (les extrémités) plongées dans une solution tampon : les protéines (-) migrent vers le pôle (+) et l'inverse.

Il va y avoir plusieurs couches : ces couches sont appelées couches de Helmholtz.



Mise en équation =

$$\zeta = k \frac{\varphi}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\varphi}{r}$$



$\epsilon_0$ : perméabilité du milieu.

$$\varphi = \sigma \cdot S$$



Protéine

$\sigma$ : densité superficielle de charge. (protéine enveloppée).

$S$ : surface.

$$\zeta = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\sigma \cdot S}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\sigma \cdot 4\pi r^2}{r}$$

$$\zeta = \frac{\sigma r}{\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow r = \frac{\zeta \epsilon_0}{\sigma} \quad \text{--- (1)}$$

$$\mu = \frac{\varphi}{F} = \frac{\sigma S}{F} = \frac{\sigma \cdot 4\pi r^2}{6\pi\eta r} = \frac{2}{3} \frac{\sigma r}{\eta} \quad \text{--- (2)}$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{2}{3} \frac{\zeta \epsilon_0}{\eta} \quad \text{mobilité.}$$