

Déplacements moléculaires – Fiche de cours

1. Les déplacements moléculaires

On peut étudier le mouvement des molécules entre-elles :

- en milieu libre
- à travers une membrane
- d'une molécule non chargée (diffusion, convection, migration)
- d'une molécule chargée (migration électrique)
- association de différents types de déplacements

2. Définitions

a. Débit et flux

- Débit molaire

$$j = \frac{dn}{dt} \text{ en } \text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$$

(quantité de soluté dn traversant une section S durant une durée dt)

- Flux molaire

$$\phi = \frac{j}{S} \text{ en } \text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

- Débit volumique

$$D = \phi \cdot V_{\text{molaire}} \text{ en } \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} ; V_{\text{molaire}} \text{ volume molaire du solvant}$$

b. Les membranes

Une membrane est l'interface séparant 2 compartiments (2 solutions de composition différente)

Une membrane permet les échanges d'eau et de certains solutés, et s'oppose à une homogénéisation totale

- semi-perméable (ou hémiperméable) : diffuse le solvant mais aucun corps dissous
- dialysante : diffuse l'eau et les petites molécules (glucose)
- sélective : diffuse des corps spécifiques au type de membrane

Le transfert d'une molécule à travers une membrane nécessite une énergie

- transport actif : énergie fournie par un mécanisme membranaire
- transport passif : phénomène extérieur à la membrane

c. Paramètres membranaires

- S surface de la membrane
- k porosité de la membrane
- σ coefficient de réflexion du solvant
- $A = (1 - \sigma)k \cdot S$ aire totale des pores perméables

3. Diffusion

a. Caractérisation

Lors de la mise en présence de 2 gaz ou liquides, on observe une tendance à l'homogénéisation liée à l'agitation thermique.

Lors de la diffusion, les molécules d'un solvant ou d'un soluté sont entraînées par un gradient de concentration

b. Diffusion de soluté

La loi de diffusion d'un soluté est donnée par la loi de Fick

- diffusion en milieu libre
- diffusion à travers une membrane

$$j_d = -D \cdot S \cdot \frac{dC}{dx}$$

$$j_d = -D \cdot (1 - \sigma) k S \cdot \frac{dC}{dx}$$

- coefficient de diffusion
- coefficient de friction

$$D = \frac{RT}{N_A f}$$

$$f = 6 \pi \eta r$$

- propriétés du flux diffusif d'un soluté

- augmente avec la température
- sans direction privilégiée mais du compartiment le plus concentré vers le moins concentré
- diminue lorsque la dimension du soluté augmente

c. Diffusion de solvant

La loi de diffusion d'un solvant est donnée par la loi de Fick

- diffusion en milieu libre

$$j_{\text{eau}} = +D \cdot S \cdot \frac{dC_{\text{osm}}}{dx}$$

- diffusion à travers une membrane

Phénomène d'osmose

- propriétés du flux diffusif d'un solvant

- sans direction privilégiée mais du compartiment le moins concentré vers le plus concentré

4. Convection

a. Convection de soluté

Lors de la convection, les molécules du soluté sont entraînées par un gradient de pression hydrostatique

- convection en milieu libre

$$j_c = -\frac{1}{N_A f} \cdot S \cdot \frac{dP}{dx}$$

- convection à travers une membrane

$$j_c = -\frac{1}{N_A f} \cdot k S \cdot \frac{dP}{dx}$$

- coefficient de friction

$$f = 6 \pi \eta r$$

b. Convection de solvant

Lors de la convection, les molécules du solvant sont entraînées par un flux de solvant

- convection en milieu libre

$$j_c = +Q \cdot c$$

- convection à travers une membrane

$$j_c = +Q (1 - \sigma) \cdot c_R$$

5. Migration

a. Migration simple

Lors de la migration, une molécule trouve en elle l'énergie potentielle nécessaire pour se déplacer

b. Migration électrique

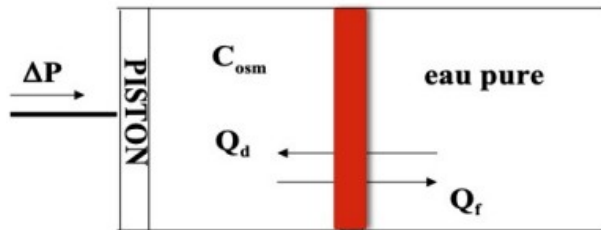
Lors d'une migration électrique, les ions sont entraînés par un gradient de potentiel électrostatique

- migration électrique en milieu libre ou à travers une membrane

$$j_e = -z \cdot F \cdot \frac{1}{N_A f} \cdot S \cdot c \cdot \frac{dV}{dx}$$

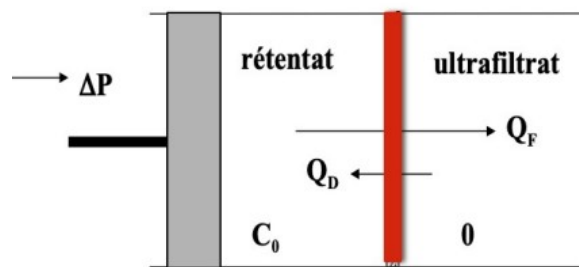
6. Diffusion et convection simultanées

a. Mesure de la pression osmotique



La pression osmotique peut être mesurée par la différence de pression ΔP qui annule le flux de solvant

b. Ultrafiltration



L'ultrafiltration permet de séparer les constituants d'une solution dont la dimension est de l'ordre de 100 nm ou moins

L'ultrafiltration consiste en :

- un transfert par convection / filtration (pression)
- une diffusion à travers des membranes

L'ultrafiltration se rencontre :

- avec le phénomène de Starling (adaptation de la force contractile)
- en physiologie rénale (filtration glomérulaire)

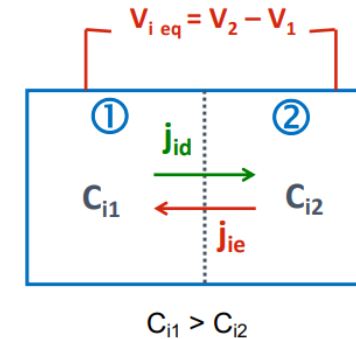
7. Diffusion et migration électrique simultanées

a. Potentiel d'équilibre d'un ion

$$V_{ieq} = \Delta V = \frac{-RT}{z_i F} \ln \frac{C_{i2}}{C_{i1}} \quad \text{ou} \quad V_{ieq} = \Delta V = \frac{-0,06}{z} \log \frac{C_{i2}}{C_{i1}}$$

pour un ion diffusible formule de Nernst (z_i charge électrique de l'ion)

Il y a diffusion pour $C_{i2} \neq C_{i1}$ (gradient de concentration) et $\Delta V \neq 0$ (gradient de potentiel électrique) ; pour $C_{i2} < C_{i1}$ alors $V_2 > V_1$



A l'équilibre pour les ions présents dans simultanément les 2 compartiments (relation de Donnan) :

$$[cation]_1 \cdot [anion]_1 = [cation]_2 \cdot [anion]_2$$

Condition d'électroneutralité à l'équilibre:

- chaque compartiment est électriquement neutre
- on utilise la concentration pour les ions diffusibles
- on utilise la concentration multipliée par la valence pour les ions non diffusibles

b. Effet Donnan

- il apparaît un potentiel entre les 2 compartiments diffusant les ions
- la pression osmotique exercée sur la membrane diminue
- l'effet Donnan peut provoquer un dysfonctionnement des pompes K^+/Na^+