

Module de Biophysique

SERIE 5

Biophysique des solutions (4)

Flux convectifs du solvant et du soluté

Pr. Boutheïna Boutabia-Chéraitia

Faculté de Médecine d'Annaba

1 **SERIE 5 -avec corrigé-** **Pr B. Boutabia-Chéraitia**

Exercice 1:

Une cuve horizontale est séparée par une membrane sélective, en deux compartiments (1) et (2) de même volume. Chacun contient une solution de glucose, l'une de concentration $C_1 = 8\text{mmol/l}$ et l'autre de concentration $C_2 = 3\text{mmol/l}$. La température de l'ensemble est de 20°C . On exerce sur (1) une pression $P_1 = 12.5\text{kPa}$ et sur (2) une pression $P_2 = 5\text{kPa}$. La perméabilité diffusive de la membrane vis à vis du glucose est $P = 6.10^{-7}\text{m/s}$ et son coefficient de réflexion est $\sigma = 0.2$. Le coefficient de filtration hydraulique est $P_f = 10^{-11}\text{m/s}$.

1) a) Calculer en (m/s) le flux convectif et le flux diffusif de l'eau.

Dans quel sens s'établit chacun d'eux?

b) Calculer le flux net d'eau, et donner son sens.

2) Calculer le flux net du glucose et donner son sens.

Réponses

2 **SERIE 5 -avec corrigé-** Pr B. Boutabia-Chéraitia

1) a) * $P_1 > P_2$

$\Rightarrow \Delta P : (1) \rightarrow (2)$ et $\Delta P = P_1 - P_2$

$\Rightarrow J_c : (1) \rightarrow (2)$

J_c : flux convectif du solvant.

$$J_c = \frac{P_f V_{me}}{RT} \Delta P = \frac{10^{-11} \times 18 \times 10^{-6}}{8.31 \times 293} \times 7.5 \times 10^3 = 5.5 \times 10^{-16} \text{ m/s}$$

$V_{me} = 18 \text{ cm}^3$: volume molaire de l'eau.

* $\omega_1 > \omega_2 \Rightarrow \Delta \pi : (2) \rightarrow (1) \Rightarrow J_d : (2) \rightarrow (1)$

J_d : flux diffusif du solvant.

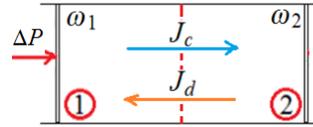
$$\begin{aligned} J_d &= \frac{P_f V_{me}}{RT} \sigma \Delta \pi = \frac{P_f V_{me}}{RT} \sigma RT \Delta \omega \\ &= P_f V_{me} \sigma \Delta \omega = 10^{-11} \times 18 \times 10^{-6} \times 0.2 \times 5 = 1.8 \times 10^{-16} \text{ m/s} \end{aligned}$$

b) $\vec{J} = \vec{J}_c + \vec{J}_d$

$J_c > J_d \Rightarrow J : (1) \rightarrow (2)$

$$J = J_c - J_d = L(\Delta P - \sigma \Delta \pi) = 3.7 \times 10^{-16} \text{ m/s}$$

$$L = \frac{P_f V_{me}}{RT} : \text{perméabilité convective de la membrane.}$$



3 **SERIE 5 -avec corrigé-** Pr B. Boutabia-Chéraitia

2) * Le flux net \vec{J} du solvant entraîne avec lui un flux convectif du soluté, qui s'écrit:

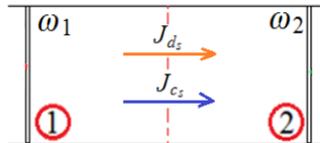
$$J_{c_s} = (1 - \sigma) J \bar{C}_s = 0.8 \times 3.7 \times 10^{-16} \times 5.5 = 16.28 \times 10^{-16} \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s}$$

$J_{c_s} : (1) \rightarrow (2)$

$$\bar{C}_s = \frac{C_{1s} + C_{2s}}{2} = \frac{8+3}{2} = 5.5 \text{ mol/m}^3$$

* $C_1 > C_2 \Rightarrow J_{d_s} : \text{flux diffusif du soluté de } (1) \rightarrow (2).$

$$J_{d_s} = P |\Delta C_{is}| = 6 \times 10^{-7} \times 5 = 3 \times 10^{-6} \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s}$$



* Le flux net \vec{J}_s du soluté: $\vec{J}_s = \vec{J}_{d_s} + \vec{J}_{c_s}$

J_{d_s} et J_{c_s} de même sens $\Rightarrow J_s : (1) \rightarrow (2)$

$$J_s = J_{d_s} + J_{c_s} = P |\Delta C_{is}| + (1 - \sigma) J \bar{C}_s = 3 \times 10^{-6} \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s}$$

4 **SERIE 5 -avec corrigé-** Pr B. Boutabia-Chéraitia
Exercice 2:

Un réservoir est séparé en deux compartiments par une membrane poreuse de perméabilité convective $L = 1.25 \times 10^{-11} m/Pa.s$. Les deux compartiments contiennent une solution de glucose aux concentrations $C_1 = 3 mmol/l$ et $C_2 = 1 mmol/l$. Vis à vis du glucose, le coefficient de réflexion de la membrane vaut $\sigma = 0.6$, et sa perméabilité diffusives est $P = 4.9 \times 10^{-9} m/s$.

On exerce sur ces compartiments les pressions $P_1 = 3.7 kPa$ et $P_2 = 5.1 kPa$. La température est de $25^\circ C$.

Calculer en précisant leur sens, les flux net d'eau (J) et de glucose (J_G).

Réponses

Pour l'eau:

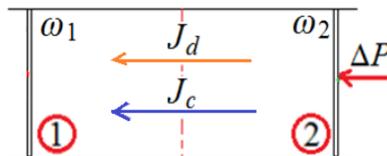
$$* P_2 > P_1 \Rightarrow \Delta P : (2) \rightarrow (1) \Rightarrow J_c : (2) \rightarrow (1) \quad \Delta P = P_2 - P_1$$

$$J_c = L\Delta P = 1.25 \times 10^{-11} \times 1.4 \times 10^3 = 1.75 \times 10^{-8} m/s$$

5 **SERIE 5 -avec corrigé-** Pr B. Boutabia-Chéraitia

$$* \omega_1 > \omega_2 \Rightarrow J_d : (2) \rightarrow (1)$$

$$J_d = L\sigma\Delta\pi = 1.25 \times 10^{-11} \times 0.6 \times 8.31 \times 298 \times 2 = 3.71 \times 10^{-8} m/s$$



$$* \vec{J} = \vec{J}_c + \vec{J}_d$$

$$J_c \text{ et } J_d \text{ de même sens} \Rightarrow J : (2) \rightarrow (1)$$

$$J = J_c + J_d = L(\Delta P + \sigma\Delta\pi) = 5.46 \times 10^{-8} m/s$$

Pour le glucose:

* Le flux net d'eau entraîne lui un flux convectif du glucose:

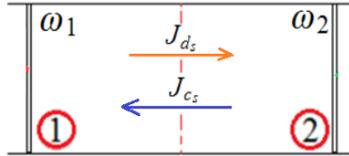
$$J_{c_s} = (1 - \sigma)J\bar{C}_s = 0.4 \times 5.46 \times 10^{-8} \times \frac{3+1}{2} = 4.3 \times 10^{-8} mol/m^2.s$$

$$J_{c_s} : (2) \rightarrow (1)$$

6 **SERIE 5 -avec corrigé-** Pr B. Boutabia-Chéraitia

* $C_1 > C_2 \Rightarrow J_{d_s} : (1) \rightarrow (2)$

$$J_{d_s} = P|\Delta C_{is}| = 4.9 \times 10^{-9} \times 2 = 0.98 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s}$$



* Le flux net \vec{J}_s du soluté: $\vec{J}_s = \vec{J}_{d_s} + \vec{J}_{c_s}$

$$J_{c_s} > J_{d_s} \Rightarrow J_s : (2) \rightarrow (1)$$

$$J_s = J_{c_s} - J_{d_s} = (1 - \sigma) \bar{J} \bar{C}_s - P|\Delta C_{is}| = 3.32 \times 10^{-8} \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s}$$

7 **SERIE 5 -avec corrigé-** Pr B. Boutabia-Chéraitia

Exercice 3:

Une membrane poreuse sépare un réservoir en deux compartiments de même volume contenant du lactose aux concentrations $C_1 = 0.5 \text{ mol/l}$ et $C_2 = 0.1 \text{ mol/l}$, à la température de 20°C . Pour empêcher tout flux initial de liquide on doit exercer une pression hydrostatique de 682 kPa .

- 1) Calculer le coefficient de réflexion de la membrane vis à vis du lactose.
- 2) En l'absence de cette pression hydrostatique, le débit volumique initial par m^2 de membrane étant de $7.56 \times 10^{-6} \text{ m/s}$, calculer le coefficient de filtration P_f en mm/s .
- 3) Toujours en l'absence de cette pression hydrostatique, le flux net du lactose vaut $0.17 \text{ mmol/m}^2 \cdot \text{s}$ et est dirigé de $(2) \rightarrow (1)$. Calculer la perméabilité diffusive vis à vis du lactose en $(\mu\text{m/s})$.

Réponses

8 **SERIE 5 -avec corrigé-** Pr B. Boutabia-Chéraitia

1) Pour le solvant:

$$* \omega_1 > \omega_2 \Rightarrow J_d : (2) \rightarrow (1)$$

$$J_d = L\sigma\Delta\pi$$

* Pour empêcher tout flux d'eau, càd pour avoir un flux net d'eau

$J = 0$, on doit exercer $\Delta P = 682kPa$.

$$\vec{J} = \vec{J}_c + \vec{J}_d$$

$J = 0 \Rightarrow J_c = J_d$ avec J_c et J_d de sens contraires.

$$\hookrightarrow J_d : (2) \rightarrow (1) \Rightarrow J_c : (1) \rightarrow (2) \Rightarrow \Delta P : (1) \rightarrow (2)$$

$$\hookrightarrow J_c = J_d \Rightarrow L\Delta P = L\sigma\Delta\pi$$

$$\Rightarrow \sigma = \frac{\Delta P}{\Delta\pi} = \frac{\Delta P}{RT\Delta\omega} = \frac{682 \times 10^3}{8.31 \times 293 \times 0.4 \times 10^3} = 0.7$$

2) Si $\Delta P = 0 \Rightarrow J_c = 0$

$$\Rightarrow J = J_d = 7.56 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

$$J : (2) \rightarrow (1)$$

9 **SERIE 5 -avec corrigé-** Pr B. Boutabia-Chéraitia

$$* J_d = L\sigma\Delta\pi$$

$$\Rightarrow J_d = \frac{P_f V_{me}}{RT} \sigma \Delta\pi = \frac{P_f V_{me}}{RT} \sigma RT \Delta\omega = P_f V_{me} \sigma \Delta\omega$$

$$\Rightarrow P_f = \frac{J_d}{V_{me} \sigma \Delta\omega} = \frac{7.56 \times 10^{-6}}{18 \times 10^{-6} \times 0.7 \times 0.4 \times 10^3} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ m/s} = 1.5 \text{ mm/s}$$

3) Pour le soluté:

$$* C_1 > C_2 \Rightarrow J_{d_s} : (1) \rightarrow (2)$$

$$J_{d_s} = P|\Delta C_{is}|$$

* Le flux net du solvant entraîne avec lui un flux convectif du soluté.

$$J_{c_s} : (2) \rightarrow (1) \quad J_{c_s} = (1 - \sigma)J\bar{C}_s$$

$$* \vec{J}_s = \vec{J}_{d_s} + \vec{J}_{c_s} \quad J_{d_s} \text{ et } J_{c_s} \text{ de sens opposés.}$$

$$\left. \begin{array}{l} J_s : (2) \rightarrow (1) \\ J_{c_s} : (2) \rightarrow (1) \end{array} \right\} \Rightarrow J_s = J_{c_s} - J_{d_s} = (1 - \sigma)J\bar{C}_s - P|\Delta C_{is}|$$

$$\Rightarrow P = \frac{J(1 - \sigma)\bar{C}_s - J_s}{|\Delta C_{is}|} = \frac{7.56 \times 10^{-6} \times 0.3 \times 0.3 \times 10^3 - 0.17 \times 10^{-3}}{0.4 \times 10^3} = 1.27 \times 10^{-6} \text{ m/s} \\ = 1.27 \mu\text{m/s}$$