

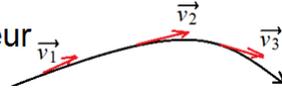
68 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

1-6- NOTIONS DE BIOPHYSIQUE DES FLUIDES

↳ Les **fluides** ce sont les liquides et les gaz.

↳ Un **écoulement** est le mouvement d'ensemble d'un fluide.

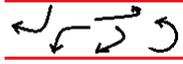
↳ Une **ligne de courant** est tangente au vecteur vitesse en chaque point du déplacement.



↳ Un **régime d'écoulement** est **laminaire** aux faibles vitesses
⇒ lignes de courant parallèles.



↳ Un **régime d'écoulement** est **turbulent** aux grandes vitesses
⇒ désordonné.



↳ **Viscosité**: résistance à l'écoulement laminaire d'un fluide.

η : coefficient de viscosité d'un fluide.

$[\eta] = \text{Poiseuille (Pl)}$. $1\text{Pl} = 1\text{Pa}\cdot\text{s}$

69 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

↳ **Fluide parfait** : fluide dont la viscosité est nulle ⇒ $\eta = 0$

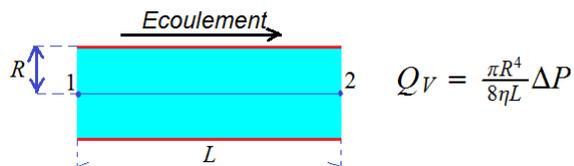
↳ **Fluide réel** : qui possède une viscosité ⇒ $\eta \neq 0$

↳ **Débit volumique** d'un fluide:

$$Q_V = \frac{dV}{dt} \quad [Q_V] = \text{m}^3/\text{s}$$

dV : volume de fluide ayant traversé une surface quelconque pendant le temps dt .

↳ **Formule de Poiseuille**, valable uniquement pour l'écoulement laminaire. Elle exprime le débit volumique d'un fluide traversant une conduite cylindrique **horizontale** (L, R) :



$\Delta P = P_1 - P_2 > 0$: $P \searrow$ avec la distance parcourue par le fluide.

ΔP : surpression ou **perte de charge**.

70 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

↳ **Résistance hydraulique** à l'écoulement:

$$R = \frac{\Delta P}{Q_V} = \frac{8\eta L}{\pi R^4} \quad [R] = Pa.s/m^3$$

Analogie avec l'électricité

Electricité	Biophysique des fluides
	
Courant I	Débit volumique Q_V
Résistance R	Résistance R
$\Delta V = V_1 - V_2 > 0$	$\Delta P = P_1 - P_2 > 0$
$\Delta V = RI$	$\Delta P = RQ_V$

71 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

1-7- FLUX CONVectif DU SOLVANT

↳ Si $\omega_1 \neq \omega_2 \Rightarrow$ flux **diffusif** J_d du solvant du (-) concentré $\xrightarrow{\text{vers}}$ le (+) concentré.

↳ Si $P_1 \neq P_2 \Rightarrow$ flux **convectif** J_c du solvant de la **plus haute** pression $\xrightarrow{\text{vers}}$ la **plus basse** pression.

↳ La membrane est d'épaisseur l . Ses pores au nombre de N_p sont des cylindres de rayon a et de longueur l .

$p = \frac{N_p}{S}$: nombre de pores par unité de surface de la membrane.

↳ Le débit volumique à travers un pore: $q_V = \frac{\pi a^4}{8\eta l} \Delta P$

⇒ Le débit volumique total:

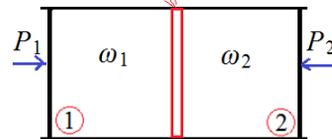
$$Q_V = q_V N_p = p S q_V$$

$$\Rightarrow Q_V = S \left(p \frac{\pi a^4}{8\eta l} \right) \Delta P \equiv S L \Delta P$$

$L = p \frac{\pi a^4}{8\eta l}$: **perméabilité convective** de la membrane.

$$[L] = \frac{m}{Pa.s}$$

Membrane semi-perméable



72 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

↪ Le flux convectif s'écrit:

$$J_c = \frac{Q_V}{S} = L\Delta P \quad [J_c] = m/s$$

Remarques

↪ $\frac{8\eta l}{\pi a^4}$: **résistance hydraulique** d'un pore.

⇒ $\left(\frac{8\eta l}{\pi a^4}\right)^{-1} = \frac{\pi a^4}{8\eta l}$: **conductance hydraulique** d'un pore.

⇒ $L = p \frac{\pi a^4}{8\eta l}$: **conductance hydraulique** par unité de surface de la membrane.

↪ **Filtrer** une solution à travers une **membrane poreuse** consiste à faire diffuser le solvant par un **gradient de pression**, et à retenir les particules des solutés. C'est le principe du **tamissage**.

Le **flux convectif** du solvant à travers une **membrane poreuse** est donc un flux de **filtration**.

La technique est dite **ultrafiltration** lorsque la membrane est **semi-perméable** avec un diamètre des pores compris entre $0,001 \mu m$ et $0,1 \mu m$.

73 BIOPHYSIQUE DES SOLUTIONS Pr B. Boutabia-Chéraitia

Applications

↪ Cas d'une membrane semi-perméable



$$P_1 > P_2 \Rightarrow \text{eau : (1) } \rightarrow \text{(2)} \Rightarrow J_c = L\Delta P$$

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

$$\omega_1 > \omega_2 \Rightarrow \text{eau : (2) } \rightarrow \text{(1)} \Rightarrow J_d = L\Delta\pi$$

$$\Delta\pi = (\omega_1 - \omega_2)RT$$

$$\vec{J} = \vec{J}_c + \vec{J}_d : \text{flux net du solvant.}$$

$$\Delta P > \Delta\pi$$

$$J_c > J_d \Rightarrow J \text{ dans le sens de } J_c \Rightarrow \text{ultrafiltration.}$$

$$J = J_c - J_d = L(\Delta P - \Delta\pi) \equiv LP_{eff}$$

$$P_{eff} = \Delta P - \Delta\pi : \text{pression efficace de filtration.}$$

$$Q = JS \Rightarrow Q_{uf} = SLP_{eff}$$

$$Q_{uf} = SLP_{eff} : \text{débit d'ultrafiltration.}$$