

Tous droits réservés Tutorat Santé Brestois ©
Toute diffusion et reproduction, totale ou
partielle, de ce document est interdite

Transports Passifs

Stage de Pré-Rentrée 2023
Pôle Biophysique/Physiologie

Inspiré du cours du Professeur Salaün

Petit message d'avertissement avant de commencer :

Nous vous rappelons que ce diaporama, réalisé par des étudiants, est une aide et **non un support de cours officiel** et ne peut donc pas être considéré comme un ouvrage de référence lors de l'examen de PASS ou de L.AS.

Il se base sur le **cours de l'année précédente** qui peut être **amené à être modifié** dans sa forme et son contenu au bon vouloir du professeur.

Have fun ;)



Sommaire

Introduction

1. Diffusion

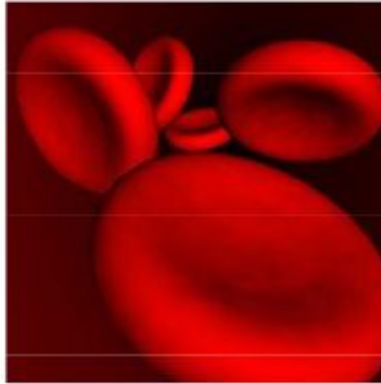
2. Filtration

3. Osmose

Introduction

Deux échelles de transport

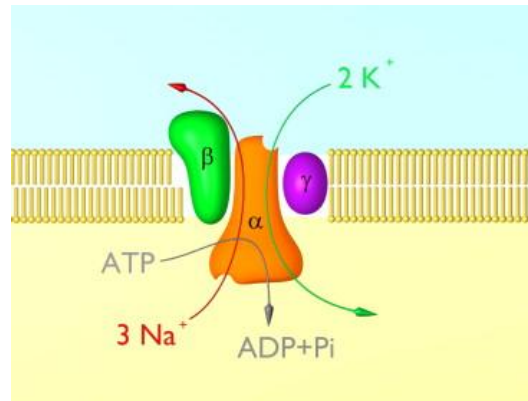
- Echelle **macroscopique** (transport hémodynamique vu dans le cours homonyme)



Introduction

Deux échelles de transport

- Echelle **microscopique** avec deux mécanismes de transport :
 - Transport **ACTIF** (Dépense d'énergie)



Introduction

Deux échelles de transport

- Echelle **microscopique** avec deux mécanismes de transport :
 - Transport **PASSIF** (Sans dépense d'énergie)

Ils utilisent comme force motrice :

- Des **gradients de concentration**.
- Des **gradients de pression**.
- L'interaction des **champs électriques** environnants.

Un gradient est une variation d'une valeur dans l'espace (ex: une concentration qui augmente au fur et à mesure d'une certaine distance)

Introduction

Deux échelles de transport

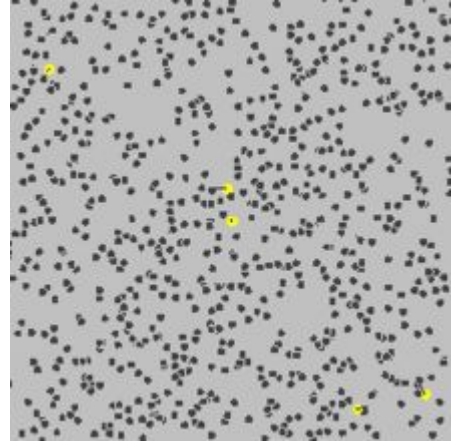
- Echelle **microscopique** avec deux mécanismes de transport :
 - Transport **PASSIF** (Sans dépense d'énergie)

On distingue 4 types de transports passifs :

- La **diffusion** des particules sous l'effet d'un gradient de **concentration**
- La **filtration** des particules à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de **pression**
- **L'osmose** associant filtration et diffusion
- **Transports ioniques** dus à des interactions électriques. *(Ces transports ioniques seront étudiés dans le cours homonyme du Pr ROBIN)*

1. Diffusion

Mouvement Brownien



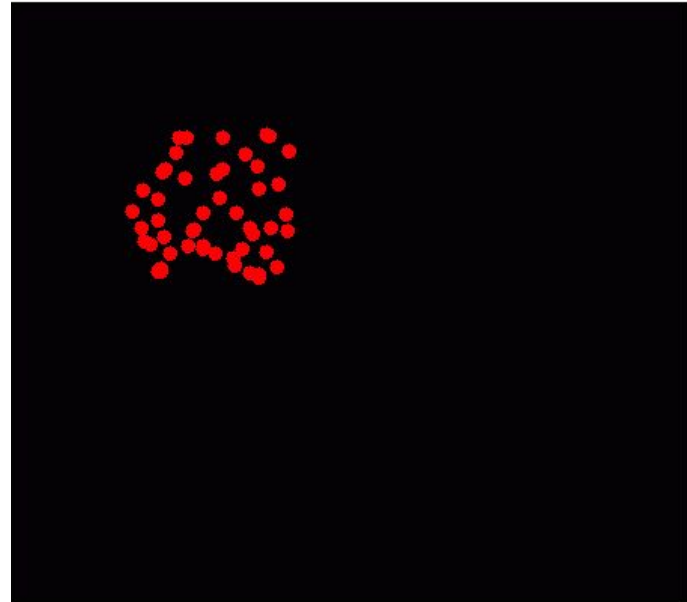
Les molécules d'une solution sont par définition mobiles et suivent un mouvement **aléatoire** dû à **l'agitation thermique** intrinsèque à ces molécules, c'est le **mouvement Brownien**

Elles s'agitent aléatoirement dans la solution, sans qu'aucune direction ne soit privilégiée, et **occupent donc tout l'espace qui leur est disponible.**

1. Diffusion

Diffusion dans une phase liquide/Gazeuse (FLUIDE)

Les molécules
poussées par le
mouvement Brownien
occupent tout l'espace
disponible.



1. Diffusion

Diffusion dans une phase liquide/Gazeuse (FLUIDE)

Il est donc important de définir les **propriétés cinétiques** des particules qui dépendent :

- De la **viscosité** du milieu
- Des **frottements** limitant le déplacement des particules
- De la **température**
- De la **taille** de la particule en mouvement

NB : Ces propriétés cinétiques sont spécifiques de chaque molécule et du milieu.

Le flux particulaire est décrit et quantifié par les deux lois de Fick :

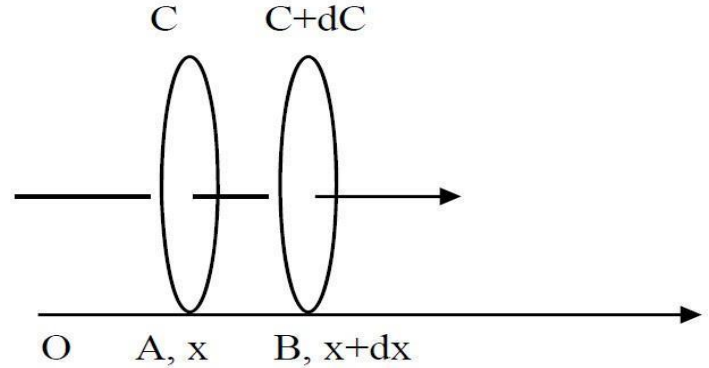
- La **première loi de Fick** est une **loi quantitative** sur le transport de la matière (quantité échangée)
- La **deuxième loi de Fick** est une **loi plus générale** sur l'analyse des concentrations en fonction du temps

1. Diffusion

Première loi de Fick

$$\left(\frac{dm}{dt}\right)_{t,x} = -D.S\left(\frac{dc}{dx}\right)_{t,x}$$

Débit Massique



dm/dt en $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$

D (coefficient de diffusion moléculaire) en $\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$

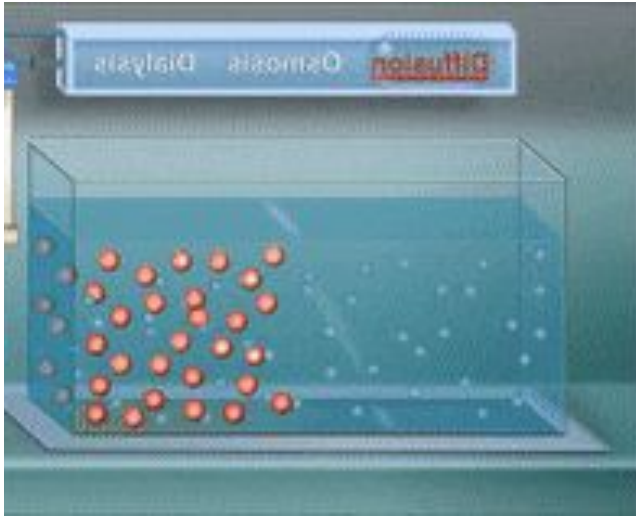
dc en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

dx en m

S en m^2

1. Diffusion

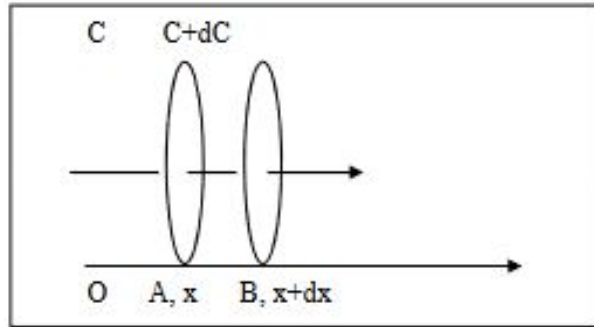
Première loi de Fick



$$\left(\frac{dm}{dt}\right)_{t,x} = -D.S\left(\frac{dc}{dx}\right)_{t,x}$$

1. Diffusion

Première loi de Fick



$$\left(\frac{dm}{dt}\right)_{t,x} = -D.S\left(\frac{dc}{dx}\right)_{t,x}$$

le débit massique est + selon Ox si la concentration ➡

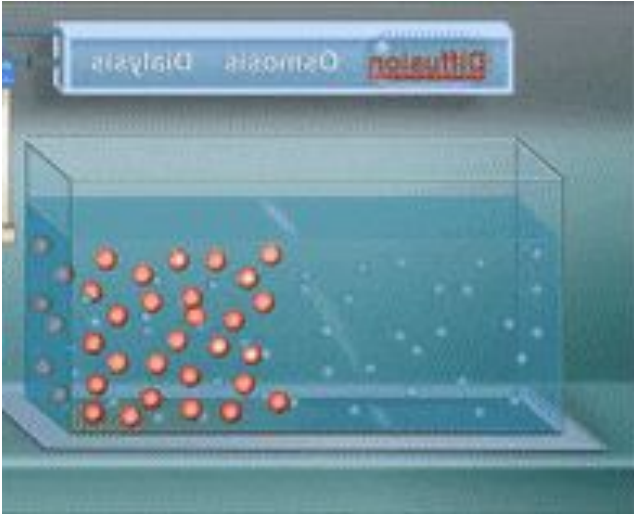
Le débit massique est - selon Ox si la concentration ➡



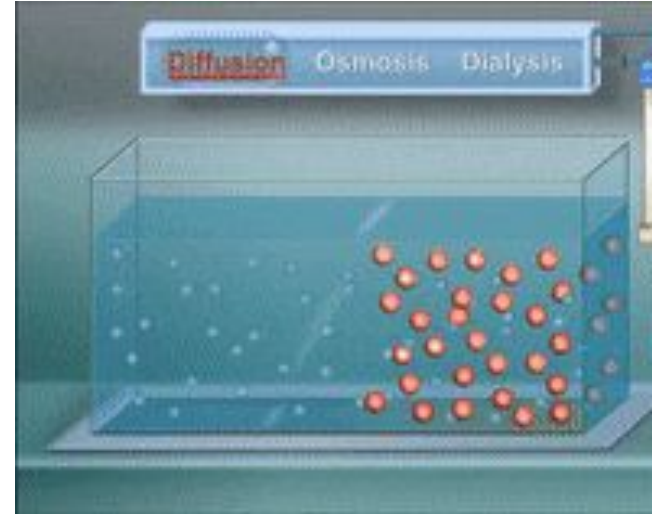
1. Diffusion

Première loi de Fick

Débit massique **positif**



Débit massique **négatif**



1. Diffusion

Autres expressions

$$\left(\frac{dn}{dt}\right)_{t,x} = -D.S\left(\frac{dCn}{dx}\right)_{t,x}$$

Débit Molaire

Flux massique : $J_i = -D.\left(\frac{dc}{dx}\right)$

(masse par unité de surface)

Flux molaire : $J_i = -D.\left(\frac{dCn}{dx}\right)$

(quantité de matière par unité de surface)

Flux = Débit / Surface

1. Diffusion

Temps d'homogénéisation

Le débit n'est pas constant en fonction du temps, il ralentit au fur et à mesure de l'homogénéisation. On peut estimer le temps d'homogénéisation de la solution selon la formule:

$$\Delta t = \frac{L^2}{2D} \quad L^2 = 2D\Delta t$$

A bien retenir :

Le temps d'homogénéisation est indépendant des concentrations !!

Mais dépend du coefficient de diffusion moléculaire D

1. Diffusion

Temps d'homogénéisation selon 2 ou 3 dimensions

Selon 2 dimensions

$$\Rightarrow \Delta t = r^2 / 4D$$

Selon 3 dimensions

$$\Rightarrow \Delta t = r^2 / 6D$$

1. Diffusion

Deuxième Loi de Fick

Elle correspond à la **variation de la concentration** en espèce chimique i en fonction du temps. Elle est proportionnelle à la **dérivée seconde de la concentration par rapport à x** .

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = D \cdot \frac{\partial^2 c_i}{\partial x^2}$$

1. Diffusion

Coefficient de diffusion moléculaire

Le coefficient de diffusion moléculaire D dépend seulement du **couple solvant-soluté**.

C'est une surface sur un temps ($L^2.T^{-1}$). Il s'exprime en $m^2.s^{-1}$ (USI)

Ce coefficient de diffusion peut être exprimé en fonction de la température T , de la constante des gaz parfaits R , le nombre d'Avogadro N , le coefficient de friction f et la constante de Boltzmann k .

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

Coefficient de friction pour une particule sphérique

$$D = \frac{RT}{N6.\pi.\eta.r}$$

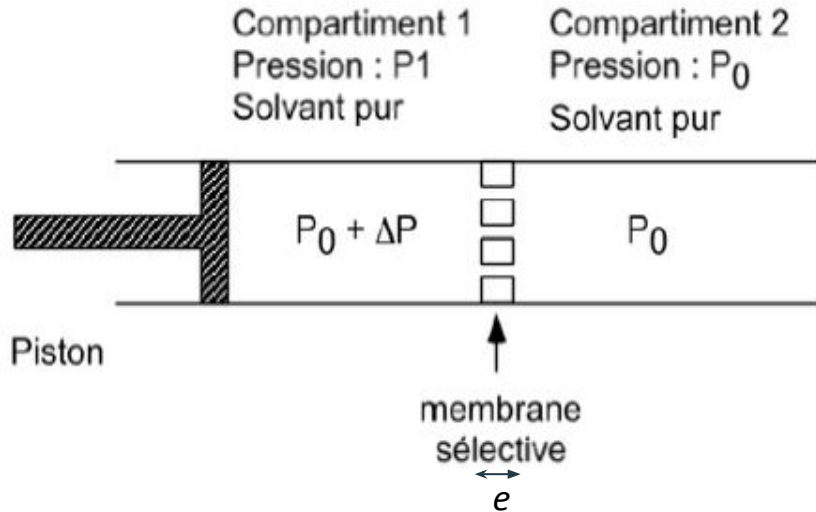
particules	D en $cm^2.s^{-1}$	milieu
oxygène	$1,8.10^{-1}$	air
oxygène	1.10^{-5}	eau
Eau	2.10^{-5}	eau
Urée	1.10^{-5}	eau
Protéine (hb)	$6,9.10^{-7}$	eau

2. Filtration

- La filtration est un transport passif dont la force motrice est le **gradient de pression**
- Le mouvement des liquides se font du compartiment avec la plus **grande pression vers** celui avec la **pression la plus faible**

2. Filtration

Equation de filtration d'un solvant



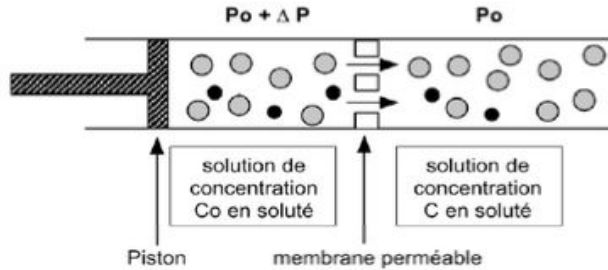
$$\frac{dm}{dt} = -K.S \frac{\partial P}{\partial x}$$



$$\frac{dm}{dt} = -K.S \frac{\Delta P}{e}$$

2. Filtration

Equation de filtration d'un soluté



$$C = C_0.T$$

La majorité des membranes du corps sont hémiperméables, elles sont donc perméables au solvant mais imperméables au soluté

T = Coefficient de tamisage (ou transmittance)

$T = 0$ pour une membrane imperméable au soluté

$T = 1$ pour une membrane perméable au soluté aussi bien qu'au solvant

$T \neq 1$ pour une membrane perméable à certains solutés

3. Osmose

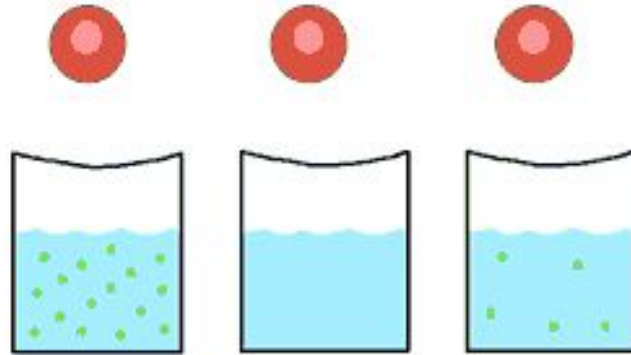
Dans le cas de l'osmose, on est face à une **membrane hémiperméable**.

- ⇒ Par conséquent, le solvant se déplace d'un compartiment à l'autre pour atteindre l'équilibre : **l'eau du compartiment le moins concentré se déplace vers le compartiment plus concentré** afin de rétablir l'équilibre des concentrations.

3. Osmose

Application aux hématies

- Dans le cas d'une **solution hypertonique** on parle de **plasmolyse**



- Dans le cas d'une **solution hypotonique** on parle d'**hémolyse**

3. Osmose

Diffusion en présence d'une membrane

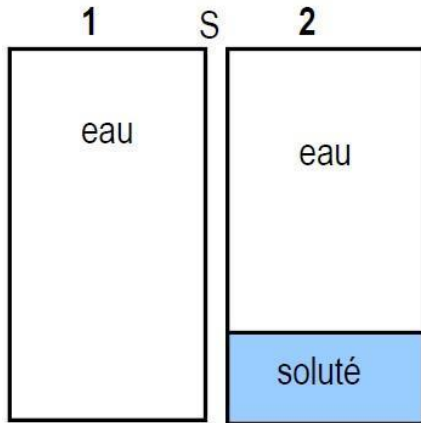
La diffusion à travers la membrane se fait selon la [première loi de Fick](#) avec e l'épaisseur de la membrane et S la surface des PORES et $C1$ et $C2$ les concentrations de part et d'autre de la membrane.

$$\frac{dm}{dt} = -\frac{D.S}{e}(C2 - C1)$$

3. Osmose

Diffusion en présence d'une membrane

Cas d'une membrane non sélective



Ce système est en déséquilibre au sens des fractions molaires :

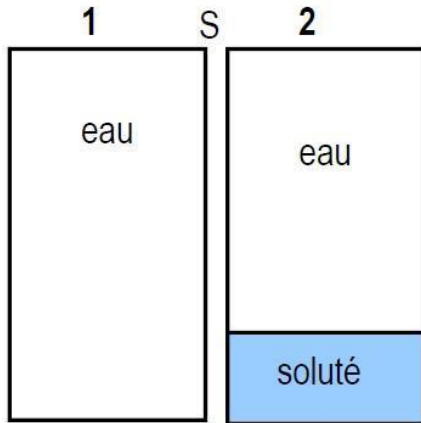
- excès de soluté en 2
- excès d'eau en 1

La diffusion se fait sans contrainte jusqu'à l'équilibre

3. Osmose

Diffusion en présence d'une membrane

Cas d'une membrane sélective (eau-solution)



Ce système est en déséquilibre au sens des fractions molaires :

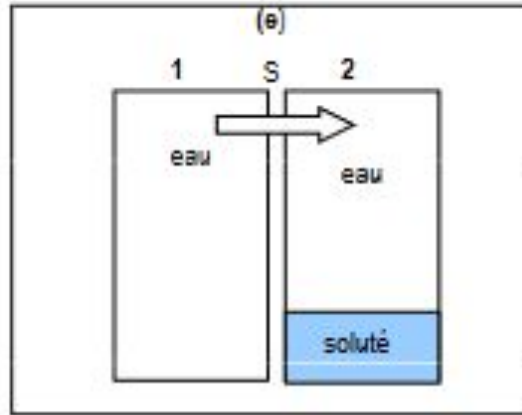
- excès de soluté en 2
- excès d'eau en 1

Aucun état d'équilibre n'est donc atteint.

3. Osmose

Diffusion en présence d'une membrane

Cas d'une membrane sélective (eau-solution)



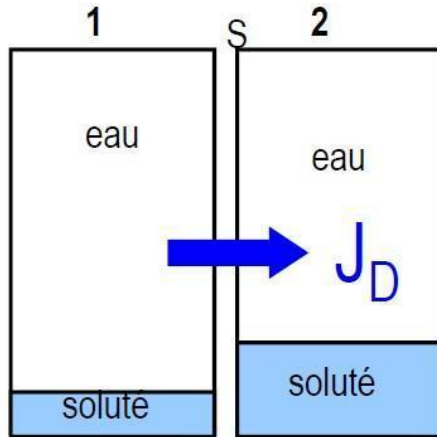
Aucun état d'équilibre n'est donc atteint!

Le compartiment 1 se vide dans le compartiment 2

3. Osmose

Diffusion en présence d'une membrane

Cas d'une membrane sélective (solution-solution)

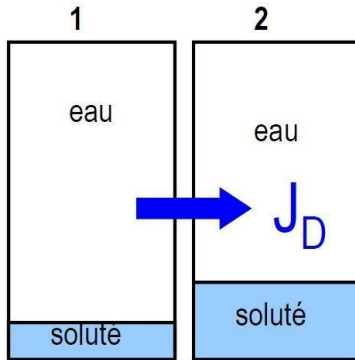


Le déséquilibre de concentration sera compensé par un **flux de solvant** jusqu'à atteindre l'équilibre des concentrations.

3. Osmose

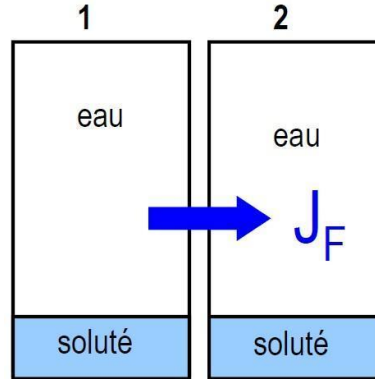
Flux de diffusion et flux de filtration

a- Cas 1



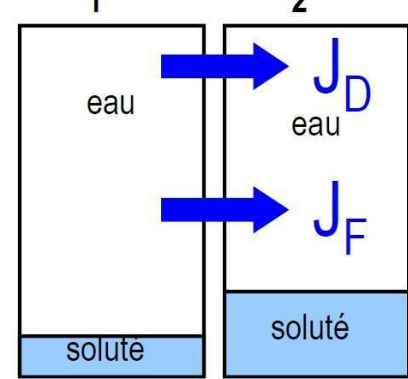
$P_1 = P_2$ et que $C_1 < C_2$.

b- Cas 2



$P_1 > P_2$ et que $C_1 = C_2$.

c- Cas 3



$P_1 > P_2$ et que $C_1 < C_2$.

3. Osmose

Flux de diffusion et flux de filtration

Notion de Flux Net

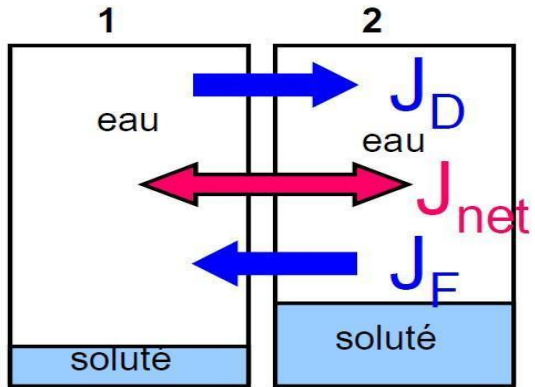
Le flux net est égal à la somme du flux de diffusion et du flux de filtration

Le flux net permet de déterminer le sens de distribution du solvant.

3. Osmose

Flux de diffusion et flux de filtration

Notion de Flux Net



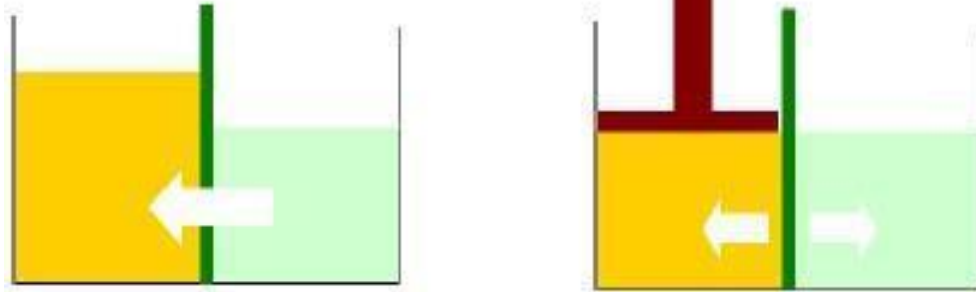
Le mécanisme résultant dépend des valeurs relatives de chacun :

- flux net > 0 (de 1 vers 2) $\square J_D > J_F$
- flux net < 0 (de 2 vers 1) $\square J_D < J_F$

3. Osmose

Flux de diffusion et flux de filtration

Pression osmotique (loi de Van't Hoff)



On peut déterminer **une pression fictive π** , la **pression osmotique**, qui s'oppose au gradient de diffusion afin d'équilibrer les flux

On ne peut donc parler de **pression osmotique** que quand la membrane est **hémiperméable**

3. Osmose

Flux de diffusion et flux de filtration

Pression osmotique (loi de Van't Hoff)

Loi de Van't Hoff

$$\pi = \frac{D}{K} C$$



$$\pi = RT.Cosm$$

3. Osmose

Flux de diffusion et flux de filtration

Pression osmotique (loi de Van't Hoff)

$$F_{net} = -\frac{K}{e}(\Delta P - \Delta \pi)$$

La différence $\Delta P - \Delta \pi$ impose le sens
du transport passif. +++

3. Osmose

Flux de diffusion et flux de filtration

Pression osmotique (loi de Van't Hoff)

Exemple : échange au niveau des vaisseaux capillaires :

- Dans la **partie artérielle** des capillaires sanguins : la filtration est majoritaire du fait de la pression artérielle qui induit le transport de solvant et de substances utiles au métabolisme cellulaire.
- Dans la **partie veineuse** : on observe une baisse de pression, l'eau en diffusion entraînant les débris métabolisme cellulaire de l'activité musculaire vers le sang en vue de leur élimination.

3. Osmose

Flux de diffusion et flux de filtration

Pression osmotique (loi de Van't Hoff)

Par définition, la concentration osmolaire, ou osmolarité, correspond à **la part d'une solution ne traversant pas la membrane.**

Nouvelle unité : [l'osmole](#)

DEF : quantité de matière qui, mise dans 1 litre de solution, développe une pression osmotique

3. Osmose

Exemples :

- 1 mole d'un corps non dissocié (1 mole de glucose (180 g)) : **1 osmole**
- 1 mole d'ions (Na⁺, 23 g) : **1 osmole**
- 1 mole d'ions (Cl⁻, 35,5 g) : **1 osmole**

- pour 1 sel comme NaCl, 1 mole dissociée contient 2 ions (Na⁺ ; Cl⁻) : **2 osmoles**

- pour 1 soluté partiellement dissociable (avec α , K, constante de dissociation), $C_{osm} = \sum n_i$ (n_i = nombre de particules en solution par unité de volume)

- Pour le plasma sanguin,

$$C_{osm\ t} = \sum C_{osm} = \sum C_+ + \sum C_- + \sum C_{(mol\ neutre)}$$

$C_{osm\ t} = 305\ mOsm.L^{-1}$ pour 1 patient normal

(Quantité variable selon la pathologie, fonction de l'urée, de HCO₃⁻ pour l'état acido-basique)

3. Osmose

Concentration osmolaire efficace et tonicité des milieux biologiques

- la **concentration osmolaire totale** : Elle prend en compte de **toutes les particules** non transférables, y compris celles n'ayant pas de pouvoir osmolaire réel.
- la **concentration osmolaire efficace (ou corrigée) ou tonicité** : Elle ne tient compte que des particules actives.

3. Osmose

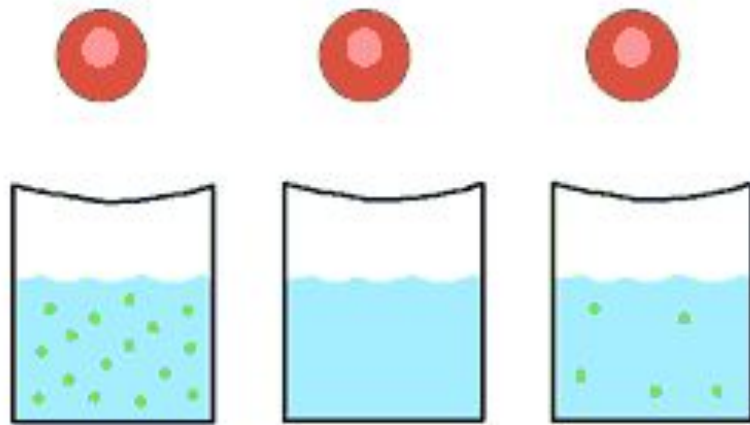
Concentration osmolaire efficace et tonicité des milieux biologiques

En se référant à la membrane des hématies, on distingue les solutions isotoniques, hypertoniques et hypotoniques :

- Les **solutions isotoniques** ont la même tonicité que le plasma sanguin, soit 300 mosm.L⁻¹.
- Les **solutions hypertoniques** ont une tonicité supérieure à 300 mosm.L⁻¹ et induisent une contraction des hématies avec perte de volume.
- Les **solutions hypotoniques** ont une tonicité inférieure à 300 mosm.L⁻¹ et induisent une dilatation des hématies avec risque de destruction.

3. Osmose

Concentration osmolaire efficace et tonicité des milieux biologiques



Petit récap à connaître par

Pour le moment si vous arrivez déjà à comprendre et retenir ça c'est vraiment top! 💪

- **Diffusion** : mouvement de **soluté** dû à un gradient de **concentration**

Représentée par les **deux lois de Fick** :

Loi 1 = quelle *quantité* de soluté se déplace, débit massique/molaire

Loi 2 = quelle est *l'évolution* des concentrations au cours du temps

- **Filtration** : mouvement de **solvant** dû à un gradient de **pression**

/!\ Pr. Salaun nous a précisé que le solvant bouge et emmène avec lui le soluté. Si la membrane le permet (en fonction du coefficient de tamisage), certains solutés vont se déplacer avec le solvant.

- **Osmose** : on dit que c'est un **mélange de diffusion et de filtration**

⇒ mouvement de **solvant** dû à un gradient de **concentration**

FIN <3