

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

**PASS/L.AS**

# Transports Passifs

**Stage de Pré-Rentrée 2024  
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

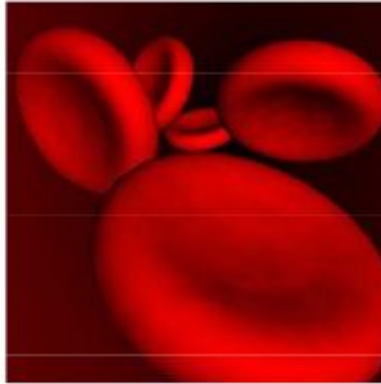
2. Filtration

3. Osmose

# Introduction

## Deux échelles de transport

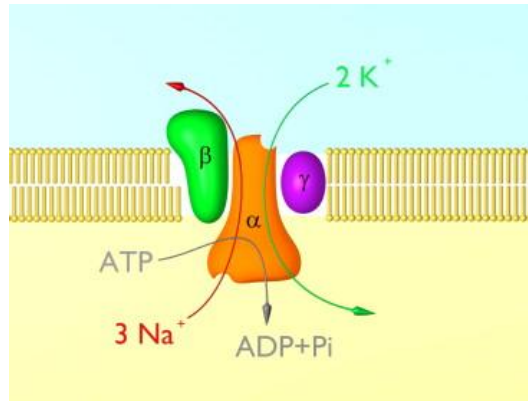
- Echelle **macroscopique** (transport hémodynamique vu dans le cours homonyme)



# 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

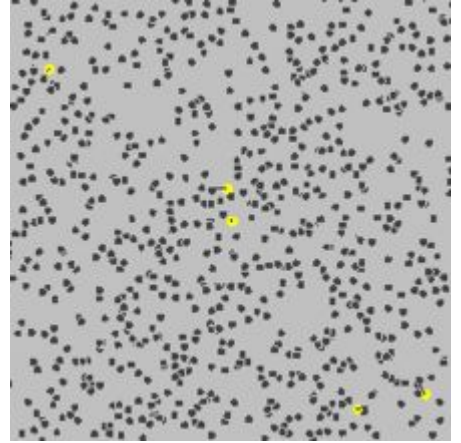
- Echelle **microscopique** avec deux mécanismes de transport :
  - Transport **PASSIF** (Sans dépense d'énergie)

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**

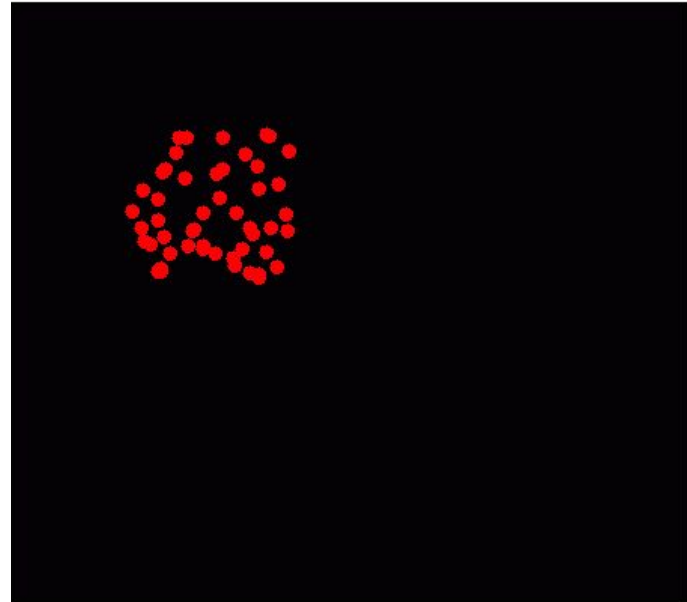
Elles s'agitent aléatoirement dans la solution, sans qu'aucune direction ne soit privilégiée, et **occupent donc tout l'espace qui leur est disponible.**



# 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 :

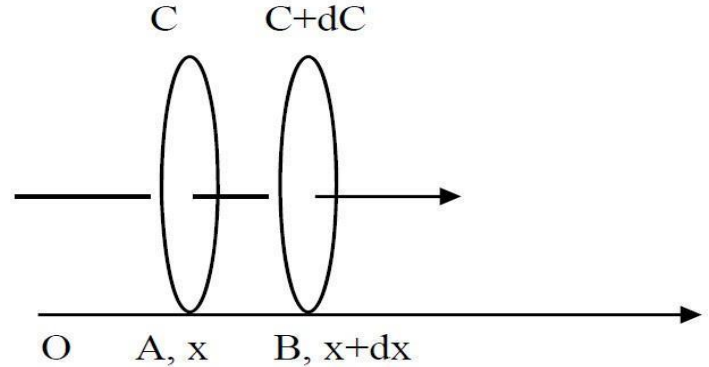
- La **première loi de Fick** est une **loi quantitative** sur le transport de la matière (quantité échangée)
- La **deuxième loi de Fick** est une **loi plus générale** sur l'analyse des concentrations en fonction du temps

# 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  $\text{kg.s}^{-1}$

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

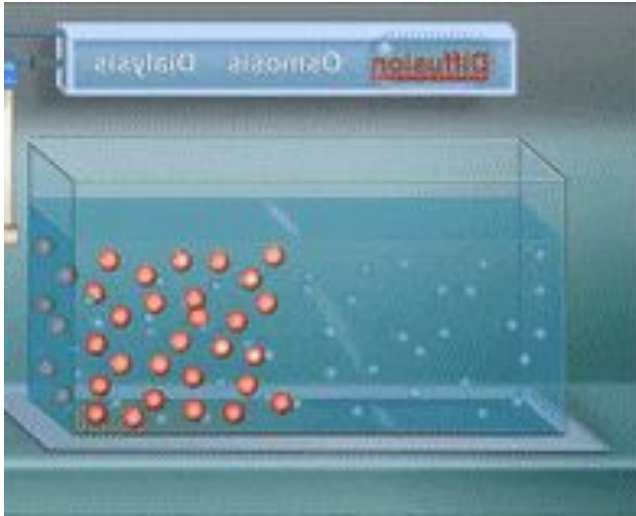
$dc$  en  $\text{kg.m}^{-3}$

$dx$  en  $\text{m}$

$S$  en  $\text{m}^2$

# 1. Diffusion

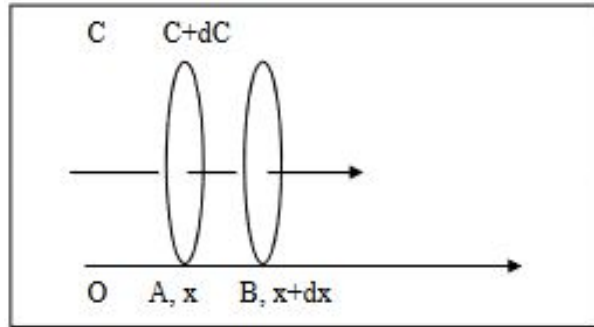
## Première loi de Fick



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

# 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 ↘

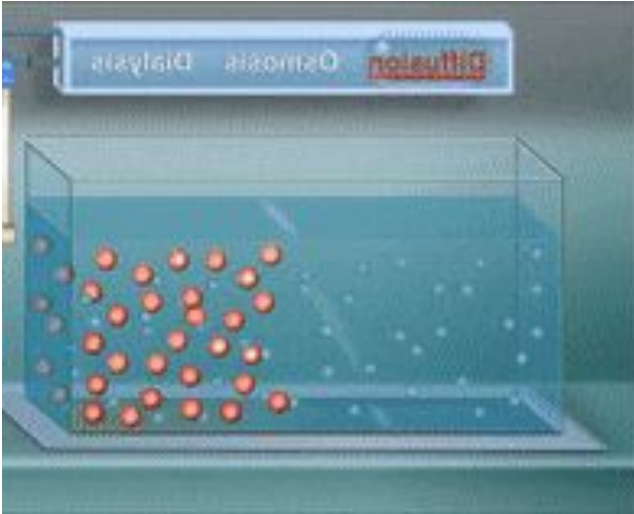
Le débit massique est - selon Ox si la concentration ↗



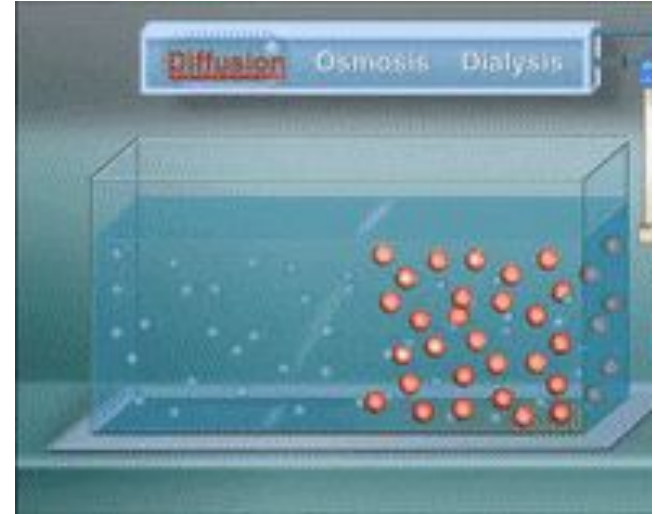
# 1. Diffusion

## 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

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

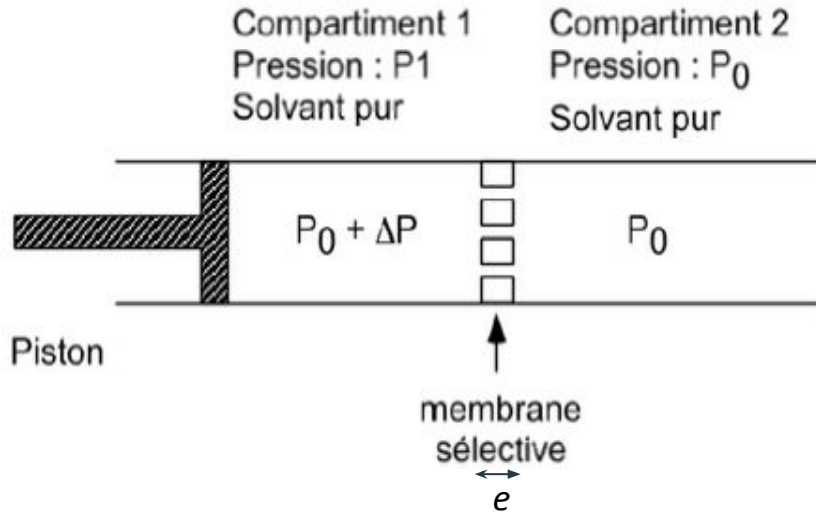
particules	D en $cm^2.s^{-1}$	milieu
oxygène	$1,8.10^{-1}$	air
oxygène	$1.10^{-5}$	eau
Eau	$2.10^{-5}$	eau
Urée	$1.10^{-5}$	eau
Protéine (hb)	$6,9.10^{-7}$	eau

## 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



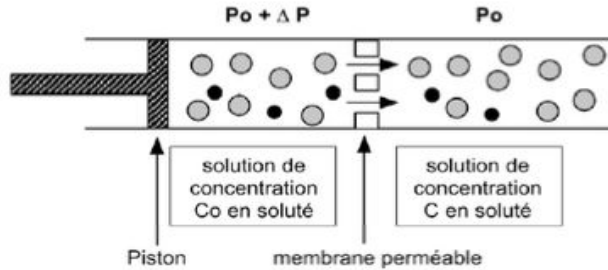
$$\frac{dm}{dt} = -K.S \frac{\partial P}{\partial x}$$



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

## 2. Filtration

### Equation de filtration d'un soluté



$$C = C_0 \cdot T$$

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

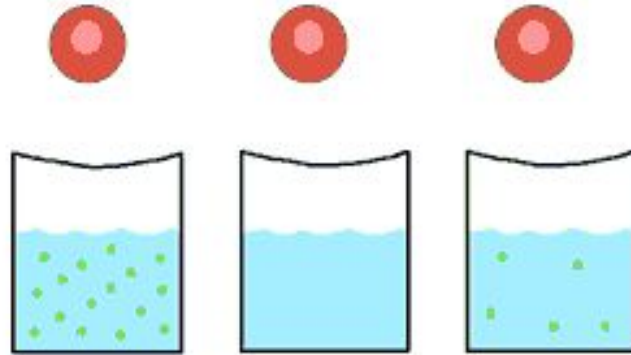
Dans le cas de l'osmose, on est face à une **membrane hémiperméable**.

- ⇒ 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

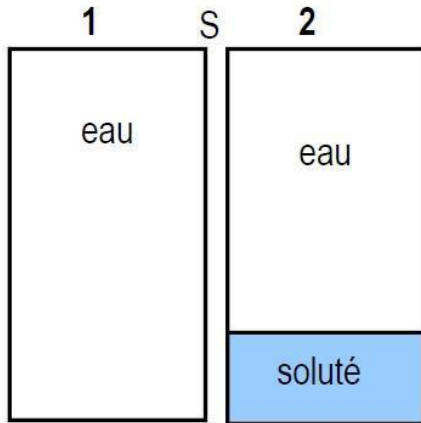
La diffusion à travers la membrane se fait selon la [première loi de Fick](#) avec  $e$  l'épaisseur de la membrane et  $S$  la surface des PORES et  $C1$  et  $C2$  les concentrations de part et d'autre de la membrane.

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

# 3. Osmose

## Diffusion en présence d'une membrane

Cas d'une membrane non sélective



Ce système est en déséquilibre au sens des fractions molaires :

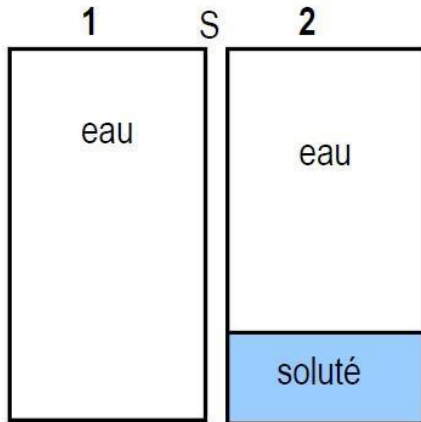
- **excès de soluté en 2**
- **excès d'eau en 1**

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 :

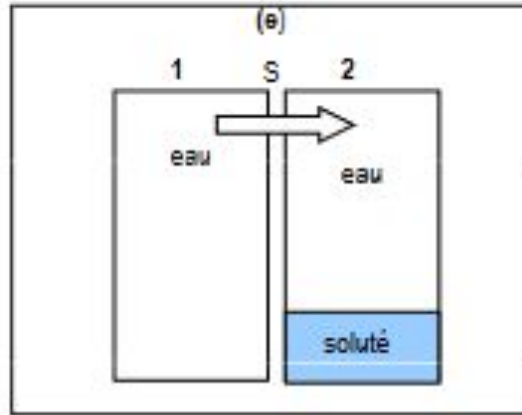
- excès de soluté en 2
- excès d'eau en 1

Aucun état d'équilibre n'est donc atteint.

# 3. Osmose

## Diffusion en présence d'une membrane

Cas d'une membrane sélective (eau-solution)



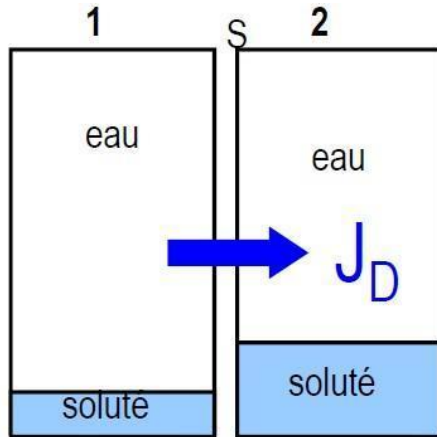
Aucun état d'équilibre n'est donc atteint!

Le compartiment 1 se vide dans le compartiment 2

# 3. Osmose

## Diffusion en présence d'une membrane

Cas d'une membrane sélective (solution-solution)

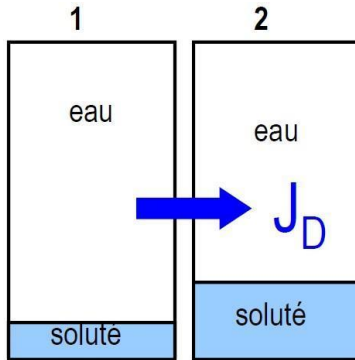


Le déséquilibre de concentration sera compensé par un **flux de solvant** jusqu'à atteindre l'équilibre des concentrations.

# 3. Osmose

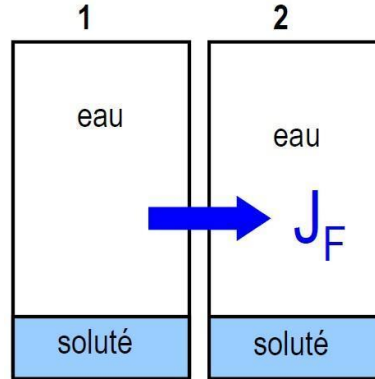
## Flux de diffusion et flux de filtration

a- Cas 1



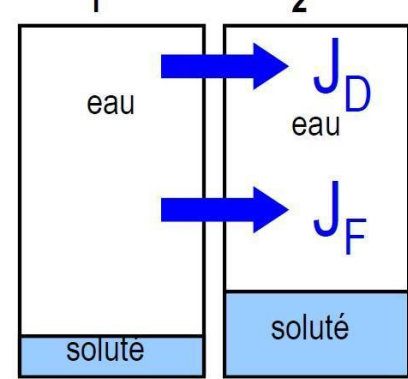
$P_1 = P_2$  et que  $C_1 < C_2$ .

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

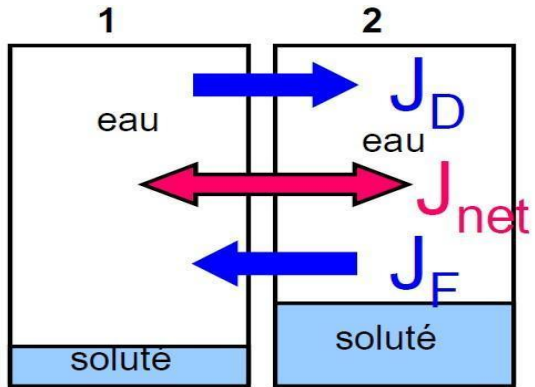
Le flux net est égal à la somme du flux de diffusion et du flux de filtration

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 :

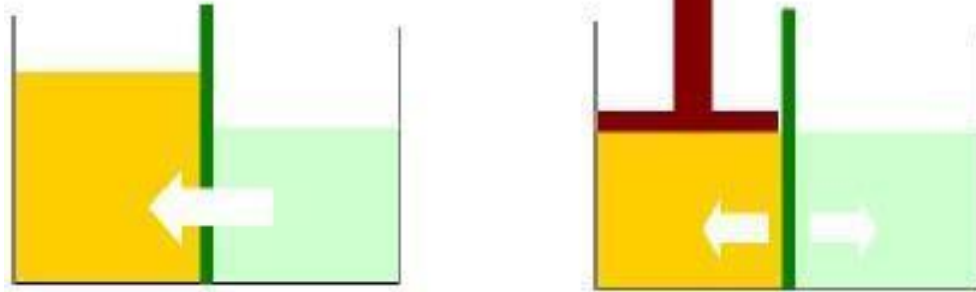
- flux net > 0 (de 1 vers 2)  $\square J_D > J_F$
- flux net < 0 (de 2 vers 1)  $\square J_D < J_F$



# 3. Osmose

## Flux de diffusion et flux de filtration

Pression osmotique (loi de Van't Hoff)



On peut déterminer **une pression fictive  $\pi$** , 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<sup>+</sup>, 23 g) : **1 osmole**
- 1 mole d'ions (Cl<sup>-</sup>, 35,5 g) : **1 osmole**
  
- pour 1 sel comme NaCl, 1 mole dissociée contient 2 ions (Na<sup>+</sup> ; Cl<sup>-</sup>) : **2 osmoles**
  
- pour 1 soluté partiellement dissociable (avec  $\alpha$ , 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 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 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

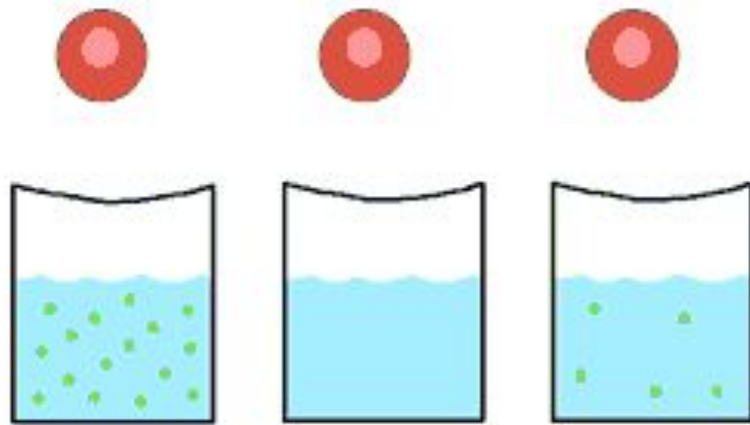
En se référant à la membrane des hématies, on distingue les solutions isotoniques, hypertoniques et hypotoniques :

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

# VRAI ou FAUX

---

Lors de la filtration, le soluté se déplace du compartiment le plus concentré vers le compartiment le moins concentré.

# VRAI ou FAUX

---

**FAUX**

Cette règle correspond à celle de la diffusion et non la filtration. Dans le cadre de la filtration on va parler de pression et non de concentration.

# VRAI ou FAUX

---

La concentration osmolaire efficace prend en compte toutes les particules transférables, y compris celles n'ayant pas de pouvoir osmolaire réel.

# VRAI ou FAUX

---

**FAUX**

C'est la définition de la concentration osmolaire **totale** et non la concentration osmolaire efficace. La concentration osmolaire efficace ne tient compte que des particules actives.

# VRAI ou FAUX

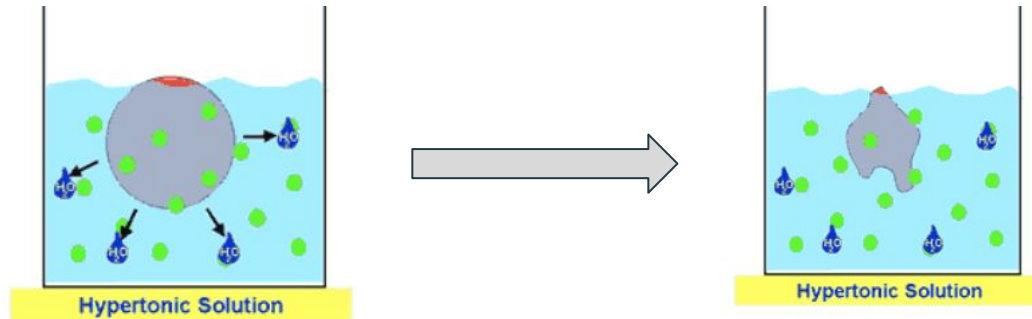
---

Les solutions hypertoniques induisent une contraction des hématies avec perte de volume.

# VRAI ou FAUX

**VRAI**

Dans le cas d'une solution hypertonique, les hématies sont donc moins "concentrées" que la solution. Ainsi l'eau se déplace des hématies (moins concentrées) vers la solution (plus concentrée) afin de la diluer. Les hématies se vident et se contractent en perdant du volume.





FIN <3