

## Potentiel chimique, diffusion et convection

### Introduction :

La **pression hydrostatique** exercée sur les liquides et gaz de l'organisme est la résultante de la **pression atmosphérique** et de la **pression de certains muscles** (Ex : cœur et muscles de la paroi thoracique).

Elle mobilise le **sang** et l'**air pulmonaire**.

L'écoulement des fluides est considéré comme **laminaire** (pour l'air et le sang) :

- Les mouvements moléculaires à l'intérieur d'un **milieu liquide** proviennent de différences de pression **osmotique**. La pression osmotique est proportionnelle à la **concentration des molécules en solution**.
- Les mouvements moléculaires à l'intérieur d'un **gaz** proviennent des différences de **pression partielle**.

### Diffusion (valable pour les liquides et les gaz)

Une molécule en solution a tendance à se **distribuer de manière homogène** par **diffusion** (agitation thermique).

Un rassemblement de molécules en solution possède un **potentiel de diffusion** ou **potentiel chimique (PC)**.

Le **potentiel chimique** d'une molécule est proportionnel à **sa concentration** et à **son coefficient de diffusion (loi de Fick)**.+++

Le **coefficient de diffusion** dépend de :

- **La température** : l'agitation thermique est le « moteur » de la diffusion
- **La mobilité mécanique** de la molécule dans son milieu : chaque molécule possède un coefficient de mobilité mécanique qui détermine son coefficient de diffusion dans son milieu.

### Loi de Fick

Le flux va en sens inverse du gradient de concentration qui est orienté par convention du – vers le +

$$J_D(x) = -D \frac{dc}{dx}$$

x = distance entre 2 points

$J_D$  = flux par diffusion (sur la distance x)

D = coefficient de diffusion

dc = différence de concentration entre A et B

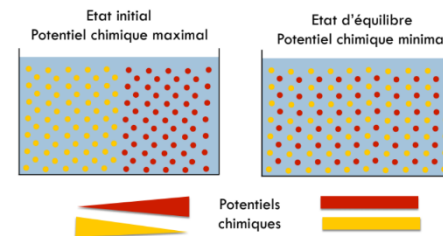
dx = distance entre 2 points très voisins A et B

dc/dx = gradient de concentration entre A et B

Potentiel chimique de la molécule

### Potentiel chimique en solution

Le **PC** est représenté sous la forme d'un triangle avec une base large (fort potentiel) et un sommet (faible potentiel)



**Etat fictif initial** : le PC pour les osmoles rouges est fort à droite et pour les jaunes fort à gauche

**Etat final** : état d'équilibre où les PC sont nuls : les molécules se sont distribuées de façon homogène dans le milieu

## Pression osmotique

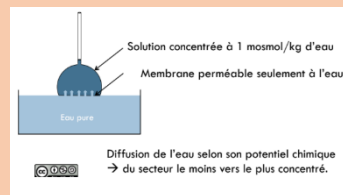
- ✓ Une molécule en **solution** s'appelle une **osmole**.
- ✓ TOUTE molécule **en solution** (y compris les molécules d'eau) exerce une pression **proportionnelle** à sa concentration. Cette pression s'appelle la **pression osmotique**.
- ✓ Elle est mesurable par la mise en contact de solutions de concentrations **différentes** par l'intermédiaire d'une membrane **sélective+++**

### Mise en évidence par l'osmomètre de Dutrochet

Appareil historique avec une cloche et une pipette séparées par une **membrane perméable seulement à l'eau++**. A l'intérieur de la cloche, on met une solution **concentrée** à 1 mosmol/kg d'eau.

En posant la cloche sur un bac d'eau pure, l'eau va avoir tendance à monter, la nature de la membrane détermine le fait que **seuls les mouvements ascendants de l'eau seront possibles** et le fait que le **passage d'osmoles vers le bas est impossible**.

Donc cette diffusion de l'eau se fait **vers le secteur le - vers le + concentré** et la colonne de liquide augmente jusqu'à une certaine hauteur, c'est la pression osmotique.



## Pression oncotique

- ✓ Une molécule en **suspension** (ex : protéines ...) exerce une pression **proportionnelle** à sa concentration, cette pression est la **pression oncotique**.
- ✓ Elle est mesurable par la mise en contact de solutions de concentrations **différentes** par l'intermédiaire d'une membrane **sélective+++**

## Molécules en suspension ou en solution ? +++

Molécules en SOLUTION	Molécules en SUSPENSION
-Molécules <b>incapables</b> de <b>sédimer</b> sous l'effet de la gravité (centrifugation).	Molécules <b>capables</b> de <b>sédimer</b> après centrifugation.
-Elles <b>modifient la température de congélation de l'eau (abaissement cryoscopique)</b> : l'eau de mer congèle à une température inférieure à celle de l'eau douce. Cette propriété permet de mesurer l'osmolalité.	-Elles <b>ne modifient PAS la température de congélation de l'eau</b> .
- Exemple : toutes les <b>osmoles</b>	- Elles augmentent <b>la diffusion de la lumière</b> et sont dosées par des <b>propriétés optiques</b> .
	- Exemple : protéines, complexes protéiques (lipoprotéines)

**+++On n'utilise donc pas les mêmes méthodes physiques pour les différencier +++**

## L'abaissement cryoscopique

- Est un phénomène **physique**
- Correspond à la **différence entre la température de congélation de l'eau pure et celle d'une solution**
- Est **proportionnelle** à l'**osmolalité** de la solution par une relation **linéaire**
- Une solution (eau + osmoles) congèle à une température **inférieure** à celle de l'eau pure.
- A 0°C l'eau pure fond autant que l'eau gèle, en revanche, une solution contenant des osmoles fond plus qu'elle ne congèle à cette température.

## Mesure de l'osmolalité

Il y a **théoriquement 2 méthodes** pour mesurer la concentration des molécules dissoutes :

- Mesurer la **pression osmotique** (Osmomètre de Dutrochet)
- Mesurer l'**abaissement cryoscopique** : **c'est la technique utilisée**

En **pratique**, il n'y a **qu'une seule façon** de mesurer l'osmolalité : **mesurer l'abaissement cryoscopique**

- La mesure de la pression osmotique est **impraticable** en raison de **l'absence de membranes perméables seulement à l'eau** et de **l'osmolarité élevée des fluides biologiques**.

## Filtration et ultrafiltration

**FILTRATION** : Passage d'eau et de molécules en solution OU en suspension à travers une membrane **non sélective**.

**ULTRAFILTRATION** : Passage d'eau et de molécule en solution à travers une membrane **sélective (PAS de molécules en suspension +++)**

**Dans l'organisme c'est de l'ultrafiltration+++**

Les forces motrices qui entrent en jeu sont les 3 types de pression que l'on a détaillé : pression **hydrostatique**, **osmotique** et **oncotique**.

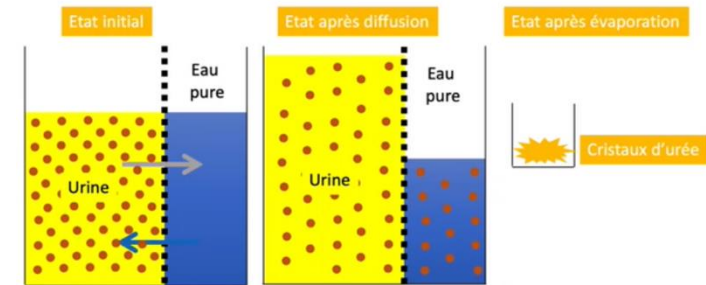
## Diffusion à travers une membrane

### Séparation de molécules dissoutes avec un parchemin

Le terme de dialyse a historiquement été utilisé lorsqu'on a mis en contact de l'urine avec de l'eau pure à travers un parchemin. Cette opération aboutit au

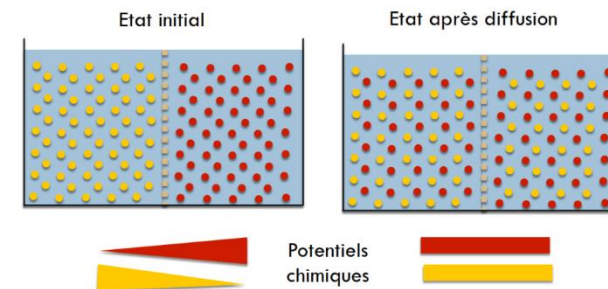
passage de l'eau pure vers l'urine et au passage d'osmoles de l'urine vers l'eau pure.

En faisant évaporer l'eau pure du compartiment de droite, on a obtenu une substance qui est la plus importante de l'urine : **l'urée**.



Dialyse : « séparer à travers »

Si la membrane est **perméable aux 2 types d'osmoles**, alors le phénomène est le même que s'il n'y avait pas de membrane, **les concentrations s'équilibrent** et les **potentiels chimiques s'annulent**.



### Diffusion à l'interface air-eau

Les molécules de gaz aérienne sont en équilibre avec les molécules de gaz dissoute.

La capacité des molécules à passer de l'air vers l'eau va dépendre :

- Du **coefficient de diffusion** de ces gaz, qui est **différent** pour chaque gaz
- Du **gradient de pression partielle** entre l'eau et l'air alvéolaire

### Convection : mouvement conjoint de fluide ET de molécules dissoutes (osmoles)

$$\text{Débit}(x) = -L_H \frac{dp}{dx}$$

x = distance entre 2 points

Débit = flux par convection (sur la distance x)

$L_H$  = coefficient de mobilité mécanique dans le milieu

dp = différence de pression **hydrostatique** entre A et B

dx = distance entre 2 points très voisins A et B

dp/dx = gradient de pression entre A et B

Signe négatif = le flux va en sens inverse de celui du gradient  
(le sens du gradient est orienté par convention du - vers le +).

**Convection** : propriété d'un mélange de molécules **liquides ou gazeuses** de se déplacer selon la **pression hydrostatique** qu'elles subissent.+++

Chaque molécule possède un **coefficient de mobilité mécanique** qui caractérise sa facilité de déplacement dans la membrane.

Dans la convection on fait intervenir la pression **HYDROSTATIQUE** alors que la diffusion est provoquée par la pression **OSMOTIQUE**.

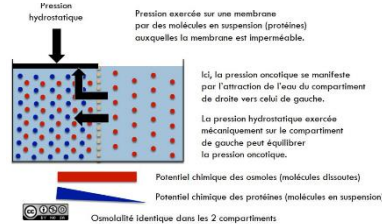
Par ailleurs, les 2 relations (formules) se ressemblent (**analogie avec la loi de Fick**)

Convection à travers une membrane NON sélective	
<p>Les osmoles sont poussées par convection.</p> <p>Pression hydrostatique</p> <p>Mouvement du fluide par convection</p> <p>Potentiels chimiques des osmoles</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Le PC est <b>harmonieux</b> dans toute la solution</li> <li>2. On exerce sur le compartiment de gauche <b>une pression hydrostatique (piston)</b>, comme la membrane n'est pas sélective, on <b>ne modifie pas la composition osmolaire des solutions</b>.                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le <b>PC est inchangé et reste nul</b></li> </ul> </li> </ol>
Convection à travers une membrane SELECTIVE	
<p>Les osmoles poussées par convection sont séparées par une membrane sélective.</p> <p>Pression hydrostatique</p> <p>Mouvement du fluide par convection</p> <p>Potentiels chimiques des osmoles</p> <p>Osmolalité identique dans les 2 compartiments</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Absence de PC</li> <li>2. On exerce une <b>pression du côté gauche</b> et par <b>convection</b> on fait monter le couvercle de droite, mais comme les molécules jaunes passent moins que les rouges, elle s'accumule à gauche et <b>on a ainsi un fort PC jaune à gauche</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Donc selon la nature de la membrane et les forces de pression hydrostatique, on a des situations d'équilibre différentes.</b></li> </ul> </li> </ol>
Convection à travers une membrane SELECTIVE	
<p>Pression hydrostatique</p> <p>Mouvement des osmoles auxquelles la membrane est perméable par diffusion</p> <p>Etat d'équilibre : osmolalité différente dans les 2 compartiments</p> <p>Potentiels chimiques des osmoles</p>	<p>En partant de la situation précédente, on observe ce qu'il se passe si on laisse le système reposer comme ça. <b>La membrane n'est pas du tout perméable aux jaunes, on va maintenir PC élevé à gauche pour les osmoles jaunes.</b></p>

C'est ainsi qu'en faisant intervenir conjointement des forces de convection **ET** des forces de diffusion à travers une membrane idéale sélective, on obtient un état d'équilibre où l'osmolalité est différente entre les 2 compartiments.

## Pression oncotique

Ici on a rajouté des **protéines** dans le compartiment de gauche, on observe alors que la **pression oncotique** exercée par ces dernières va **attirer** l'eau vers le compartiment de gauche pour venir diluer les protéines.



Toutefois si on exerce une pression hydrostatique supérieure à pression oncotique, on inverse la direction du flux.

Ces exemples sont théoriques, les membranes sont idéales mais en physiologie, les variations de potentiel chimique sont le moteur des échanges entre les différents compartiments intestinaux, urinaires ou encore pulmonaires. Les cellules vont modifier la concentration des osmoles ou des gaz dissous.

Le travail cellulaire va produire des déchets qui vont partir dans le sang et les nutriments adressés aux organes sont également transportés par le sang.

### Conclusion :

- ✓ Les compartiments de l'organismes comprennent des substances dissoutes et/ou en suspension.
- ✓ Les forces mises en jeu pour les échanges osmolaires entre les compartiments sont les pressions oncotique, hydrostatique et osmotique.

### Recap :

**Diffusion** : dépend de la pression **OSMOTIQUE**

**CONVECTION** : dépend de la pression **HYDROSTATIQUE**

La **filtration** laisse passer les molécules en suspension

L'**ultrafiltration** ne laisse pas passer les molécules en suspension (ex : dans les capillaires)

## Membrane des capillaires sanguins

Le plasma est en équilibre avec le milieu interstitiel.

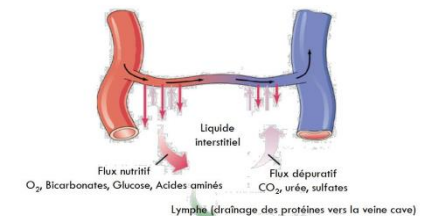
La **pression oncotique** permet de pomper le LEC vers les capillaires (concentration en protéines plus importante dans les vaisseaux)

La **pression hydrostatique** permet un flux vers le LEC

On a donc un rapport de forces entre les pressions oncotique et hydrostatique.

## Schéma fonctionnel de l'ultrafiltration à travers les capillaires sanguins standard.

La pression sanguine est forte dans l'artère et lorsque le sang est au **pôle artériel** du capillaire on a un **flux nutritif** (vers le MI) (apport d'O<sub>2</sub>, d'acides aminés ou glucose)



La pression hydrostatique diminue à mesure que l'on s'approche du pôle veineux.

Une fois au **pôle veineux**, la pression hydrostatique est moindre on a donc un **flux dépuratif** (vers le capillaire) (dépuration de CO<sub>2</sub>, urée, sulfates).

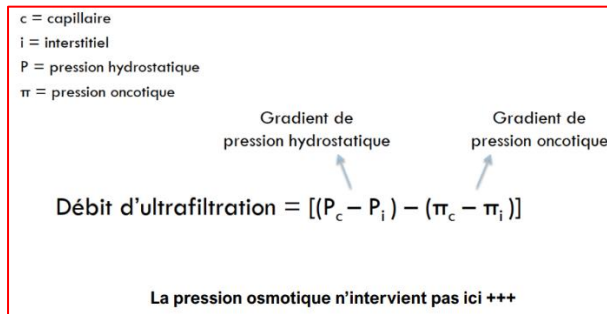
La pression **oncotique** reste équivalente tout le long du capillaire.

On a aussi un réseau de drainage qui est le réseau lymphatique qui intervient pour éviter la formation d'œdèmes.

## Relation de Starling++

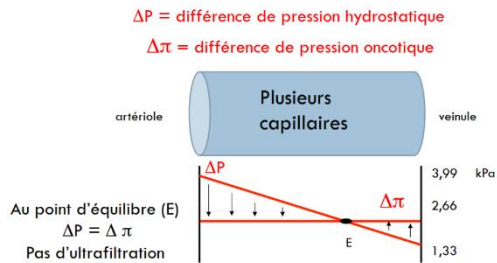
**Pression d'ultrafiltration** : dépend de la perméabilité des capillaires (imperméables aux protéines et perméables à l'eau et aux osmoles)

**Pression hydrostatique** : diminue à mesure que l'on s'éloigne du cœur



La relation de Starling postule que le **débit d'ultrafiltration** est **proportionnel** à la différence entre le **gradient de pression hydrostatique** et le **gradient de pression oncotique**

## Capillaire sanguin standard (circulation systémique)



$\Delta \pi$  ne varie pas de gauche à droite  
 $\Delta P$  diminue à mesure qu'on s'approche du pôle veineux  
A gauche de E, flux **nutritif** (pôle artériel) :  $\Delta P > \Delta \pi$   
Au niveau de E : autant de passage dans les 2 sens ou **pas d'ultrafiltration**  
A droite de E, flux **dépuratif** (pôle

veineux) :  $\Delta P < \Delta \pi$

**Ces capillaires standard sont les plus fréquents (niveau cutané, musculaire...)**

➤ Ils sont perméables à l'eau et aux osmoles et imperméables aux protéines.

	Pression capillaire	Pression interstitium
Hydrostatique	Forte/ <b>Positive (cœur)</b>	Faible/ <b>négative</b>
Oncotique	Forte [protéines] = 70 g/L	Faible [protéines] = 17 g/L

## L'effet Donnan +++ (simplifié de ouffff)

L'effet Donnan concerne la **membrane capillaire** (≠plasmique).+++

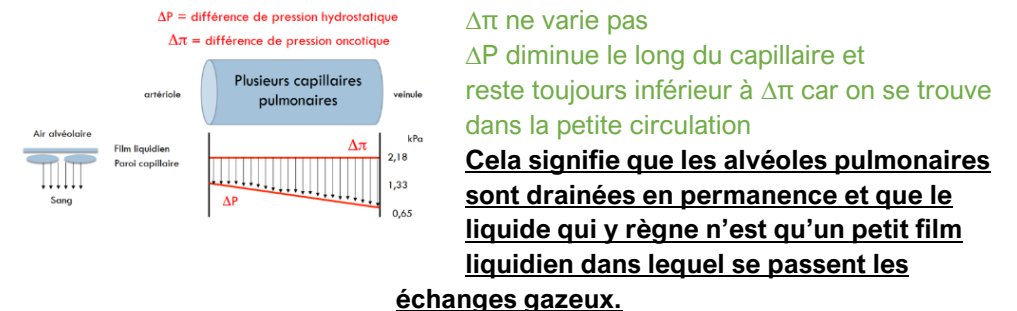
**Il répartit des charges négatives à l'intérieur de la lumière des capillaires.**

Les protéines étant (la plupart) chargées négativement, celles-ci vont être repoussées de la membrane capillaire et cela évitera qu'elles viennent encrasser la membrane capillaire.

Membrane capillaire

Plasma	-	+	
	-	+	Liquide interstitiel
	-	+	
$\text{Na}^+ = 150 \text{ mmol/kg d'eau}$	-	+	$\text{Na}^+ = 144 \text{ mmol/kg d'eau}$
	-	+	
$\text{Cl}^- = 109 \text{ mmol/kg d'eau}$	-	+	$\text{Cl}^- = 114 \text{ mmol/kg d'eau}$
	-	+	
Protéines = 70 g/l	-	+	Protéines = 17 g/l
	-	+	
Somme des anions = somme des cations	-	+	Somme des anions = somme des cations

## Capillaire alvéolaire pulmonaire

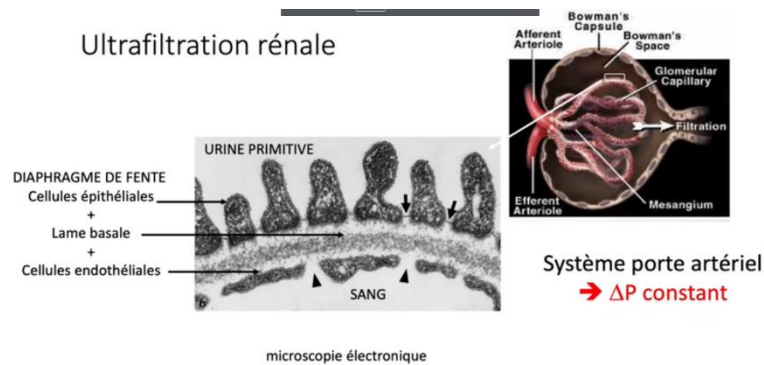


## Capillaire glomérulaire rénal

On se trouve dans un **système porte artériel** (=artère des deux côtés du capillaire). La pression hydrostatique est **donc très supérieure** à la circulation systémique.

Les unités de filtrations sont les **glomérules** : on voit l'artériole afférente en haut et l'artériole efférente en bas.

Au microscope, on voit les **cellules épithéliales** comme des **digitations** en haut, la **lame basale** au milieu et des **cellules endothéliales** aplaties en bas.



## Ultrafiltration dans le diaphragme de fente

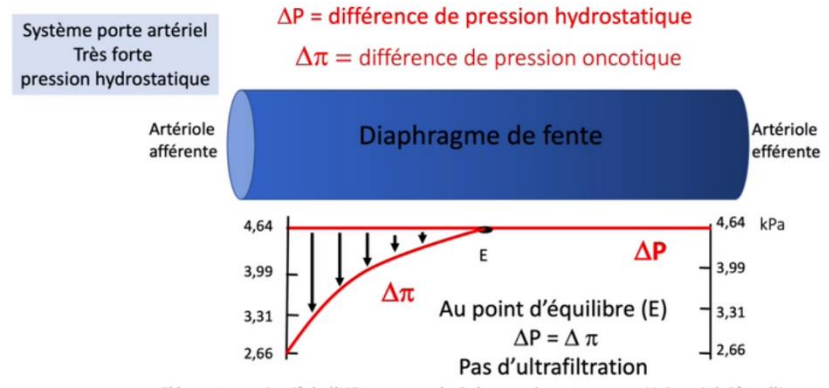
A l'intérieur du diaphragme de fente et de bas en haut, il y a une ultrafiltration.

Le système est un système porte artériel, il y a donc une forte pression hydrostatique et  $\Delta P$  ne bouge pas de l'artériole afférente à l'artériole efférente.

Comme le plasma filtre (sort du capillaire) à l'intérieur du diaphragme de fente, les protéines se concentrent à l'intérieur du plasma augmentant le  $\Delta \pi$  jusqu'à être au niveau du  $\Delta P$  et à ce moment-là, le flux s'interrompt.

Donc dans ce capillaire, on n'a uniquement une ultrafiltration qui va du capillaire vers l'urine primitive et il n'y pas de protéines dans l'urine primitive.

## Ultrafiltration dans le diaphragme de fente



## Système de protection glomérulaire :

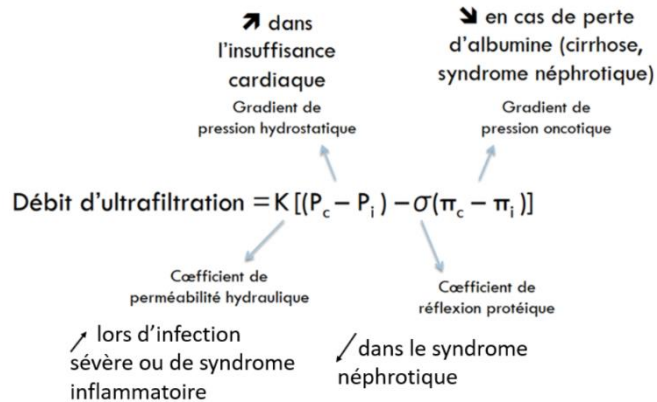
Le  $\text{Na}^+$  diffuse bien mieux que le  $\text{Cl}^-$  dans la membrane des capillaires glomérulaires. Le  $\text{Cl}^-$  va s'accumuler sur la membrane et empêcher les protéines d'aller encrasser le glomérule rénal.

## Epanchement et œdème

Lorsque les gradients de pressions ne sont plus répartis comme on vient de le voir, du LEC va s'accumuler :

Œdèmes	Epanchements
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Accumulation de LEC dans le tissu sous-cutané. Se traduit par le <b>signe du godet</b>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Accumulation de LEC dans les <b>cavités virtuelles</b> de l'organisme :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Plèvre</b> = Pleurésie (matité lors de la percussion du thorax)</li> <li>➤ <b>Péricarde</b> = Péricardite (bruit de frottement à l'auscultation du patient)</li> <li>➤ <b>Péritoine</b> = Ascite (perception des vibrations causées par une pichenette)</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Accumulation de LEC dans les <b>alvéoles pulmonaires</b>. Se traduit par une <b>dyspnée</b> et par une <b>expectoration mousseuse et rosée</b></li> </ul>	

	d'un côté de l'abdomen avec la main posée du côté opposé)
--	---



(Le prof avait dit l'année dernière dans le cours et qu'il fallait retenir ça... donc je vous mets ça même si dans la vidéo, la diapo n'est pas la même et je lui demanderai.)

D'après la relation de Starling, si le **débit d'ultrafiltration augmente**, on a une fuite de LEC (plasma sans protéines) du compartiment sanguin pour former oedèmes et épanchements.

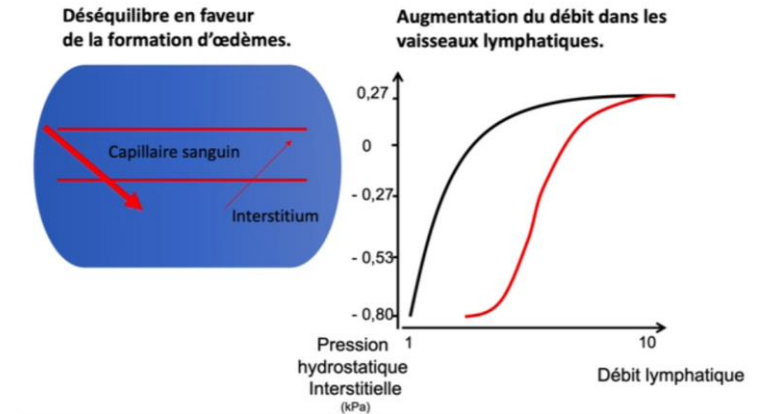
### Rôle du réseau lymphatique

Il existe un réseau de suppléance. Lorsque le plasma s'extravase à partir du capillaire vers l'interstitium et qu'il rentre en quantité moins abondante, il n'y a pas toujours d'épanchement ou d'œdème grâce au système lymphatique.

Le système lymphatique est un réseau qui va conduire le liquide interstitiel vers la veine cave supérieure.

Ce réseau a un **débit qui augmente beaucoup** lorsque la **pression hydrostatique interstitielle devient positive** et cela se produit lorsqu'il y a une quantité de liquide anormale dans l'interstitium.

Au cas où le liquide interstitiel soit surabondant, on a un décalage de cette courbe vers la droite avec de forts débits lymphatiques pour des pressions normales.



Ce système plafonne à un moment quand même. Il ne fonctionne pas indéfiniment (non-dit cette année mais important)

#### Conclusion :

- ✓ L'ultrafiltration à travers les membranes biologiques sont des mouvements d'eau et d'osmoles mais pas de protéines (sauf dans les capillaires sinusoides du foie)
- ✓ La relation de Starling désigne l'équilibre des forces responsables de l'ultrafiltration.
- ✓ Le déséquilibre de ces forces est extrêmement fréquent en médecine.

## Diffusion des gaz à travers la membrane alvéolo-capillaire

L'air alvéolaire est conditionné par votre organisme.

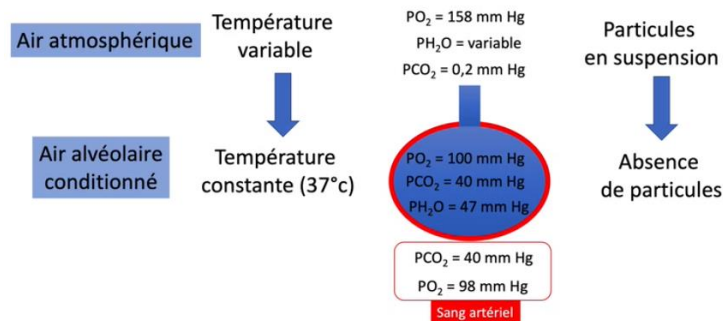
En effet, au départ, l'air atmosphérique a une température variable, comporte parfois des particules en suspension et **sa pression partielle en vapeur d'eau et en gaz carbonique est extrêmement faible.**

**Sa pression partielle en oxygène est conséquente.**

L'air alvéolaire a transité à travers tout l'**arbre bronchique** et il a été **réchauffé.** Cet air a été hydraté et s'est enrichi en gaz carbonique.

Ce gaz carbonique provient de la respiration cellulaire.

Enfin, cet air a été **épuré de l'ensemble des particules en suspension** qu'il pouvait comporter.



## Hématose

$$\text{Flux de gaz (air} \rightarrow \text{sang)} = \frac{\text{Surface} \times \text{coef. solubilité} \times \text{différence de pression partielle}}{\text{Epaisseur}}$$

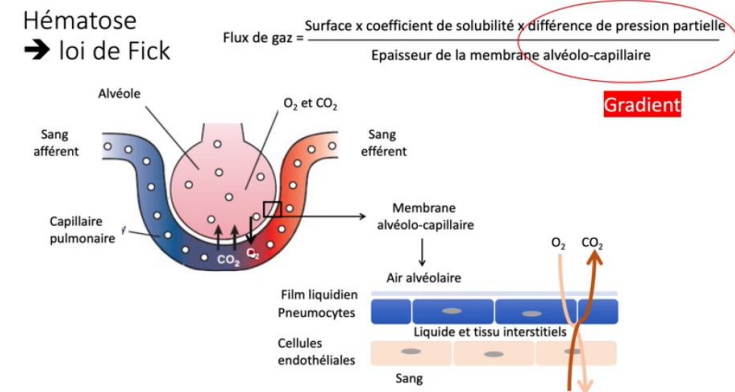
La **diffusion des gaz obéit aux principes de la loi de Fick** qui indique que le **gradient de pression partielle est déterminant.**

Ce gradient est le rapport entre la **différence de pression partielle** et **l'épaisseur de la membrane alvéolo-capillaire.**

Le flux est également dépendant de **la surface de la membrane alvéolo-capillaire, ainsi que du coefficient de solubilité des gaz (qui n'est pas du tout le même pour le gaz carbonique et l'oxygène).**

La membrane alvéolo capillaire est constituée du sang vers l'air :

- Des cellules endothéliales,
- Du liquide et un tissu de soutien,
- Des pneumocytes
- D'un film liquidien.



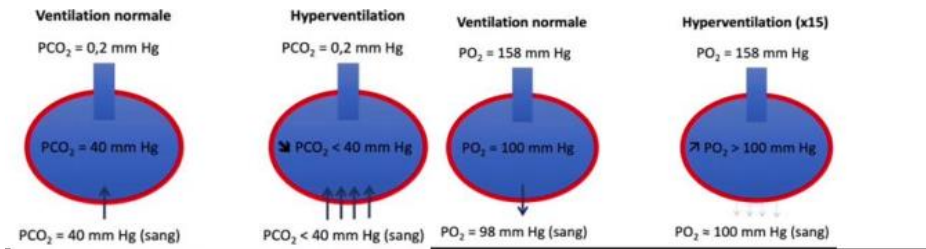
Il y a une grande différence de pression partielle **en gaz carbonique** entre l'air alvéolaire et l'air atmosphérique.

Si on renouvelle fréquemment l'air alvéolaire en **hyperventilant**, la **pression partielle alvéolaire en gaz carbonique diminue beaucoup.** **Cela permet d'épurer le sang en gaz carbonique** **puisque l'on augmente la différence de pression partielle entre l'air et le sang pour ce gaz.+++**

En revanche, la pression partielle en oxygène entre l'air alvéolaire et l'air atmosphérique est **peu différente**, **et l'hyperventilation aura peu d'effet sur la pression partielle en oxygène dans le sang+++.** *Si l'on souhaite augmenter la*

## TTR : Potentiel chimique, diffusion et convection

pression partielle en oxygène dans le sang, il faut enrichir l'air atmosphérique puis l'air alvéolaire en oxygène.



**L'hyperventilation est un paramètre déterminant de l'hématose**, notamment pour le gaz carbonique : **l'hyperventilation est un moyen efficace de l'éliminer. En revanche, elle a peu d'influence sur le dioxygène.+++**

### ❖ Diminution du gradient de pression partielle

- Il arrive que le **gradient de pression partielle soit altéré dans des situations pathologiques**. Ainsi, **l'épaisseur de la membrane alvéolo-capillaire peut augmenter en présence d'un œdème pulmonaire**. L'œdème pulmonaire gêne la diffusion des gaz et engendrera **un essoufflement ou une dyspnée** par manque d'oxygène.
- Le gradient de pression partielle peut également être altéré si l'on se déplace en altitude puisque la pression partielle **de l'oxygène diminue fortement**. **Si la pression partielle atmosphérique en O2 diminue, la pression partielle alvéolaire diminue également et la différence entre ces deux pressions également. On a alors des difficultés pour oxygéner le sang.**

## Ultrafiltration dans les capillaires pulmonaires (très rapidement car déjà vu plus haut)

- ➔ Gradient de pression oncotique supérieur au gradient de pression hydrostatique.
- ➔ Flux liquidien **de l'alvéole vers l'intérieur du capillaire**.

Au cours de l'insuffisance cardiaque, **le gradient de pression hydrostatique dépasse le gradient de pression oncotique**. Il en résulte une inondation des alvéoles pulmonaires par du plasma : **c'est l'œdème pulmonaire**.

### Conclusion :

- ✓ L'air alvéolaire au contact du sang est dépoussiéré, réchauffé et hydraté.
- ✓ L'hématose dépend de la diffusion des gaz (loi de Fick).
- ✓ La capacité d'échange gazeux dépasse largement les besoins habituels de l'organisme : on a une adaptation à l'effort et compensation de l'insuffisance cardiaque ou pulmonaire.

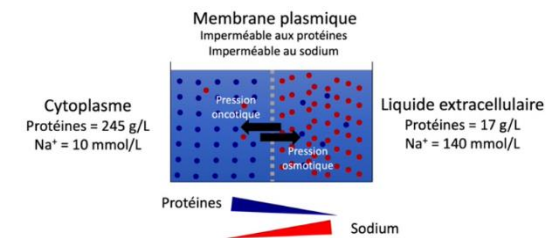
## Equilibre osmotique de l'eau

La membrane plasmique est **perméable à l'eau**.

**Toutes** les cellules possèdent des **aquaporines**, qui sont des protéines transmembranaires permettant la diffusion facilitée de l'eau.

- ❖ *Quelles sont les forces qui génèrent des flux hydriques de part et d'autre de la membrane plasmique ?*

Ces forces dépendent de la perméabilité de cette membrane.

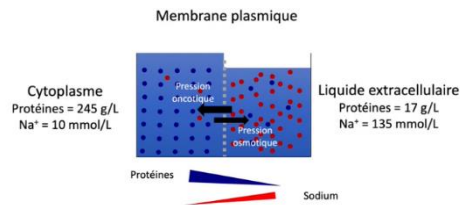


La membrane plasmique est **impermeable aux protéines**. De plus, elle se comporte comme si elle **était imperméable au sodium** : **la pompe à sodium est en permanence active et la perméabilité des canaux sodiques est très faible+++**

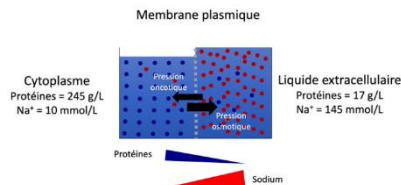
Dans le **cytoplasme**, il y a une **forte pression oncotique** liée à la **présence de protéines** en grande quantité. Et dans le **liquide extracellulaire** il y a une **forte pression osmotique** liée à la **concentration de sodium**.

A l'état normal, les **pressions s'équilibrent** et il y a **autant** de molécules d'eau qui passent de gauche à droite que l'inverse.

❖ **Variations NORMALES de la concentration en sodium dans le LEC**



Si la **concentration en sodium du liquide extracellulaire baisse** (ce qui peut arriver dans une fourchette de normalité), on va avoir un déséquilibre des flux avec **une augmentation du cytoplasme** et une **diminution du volume extracellulaire**.



Inversement, si la **concentration en sodium augmente dans le liquide extracellulaire** (toujours dans une fourchette de normalité), il va y avoir une **diminution du volume cellulaire** et une **augmentation du liquide extracellulaire**.

❖ **Variations EXTREMES de la concentration en sodium dans le LEC**



- ✓ **A gauche** : le globule rouge a sa **morphologie normale** en anneau, avec un centre concave. Dans cette morphologie, **les entrées et les sorties d'eau sont équivalentes**.
- ✓ **Au milieu** : le globule rouge est placé dans une solution **contenant trop de sodium** par rapport à ce qu'on peut retrouver dans le sang (hypertonique). Le globule rouge se comporte comme un oursin et laisse **sortir de l'eau beaucoup plus qu'il n'en rentre**.
- ✓ **A droite** : le globule rouge est placé dans un milieu contenant **trop peu de sodium** par rapport au sang (hypotonique). Le globule rouge se gonfle et prend la forme d'un ballon, car **il laisse rentrer plus d'eau qu'il n'en sort**.

❖ **Tonicité d'une solution**

$$\text{Osmolalité (mosmol/kg)} = \frac{[\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + [\text{Cl}^-] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{glucose}] + [\text{urée}] + \dots}{\text{masse d'eau}}$$

La variation de la concentration **en sodium du liquide extracellulaire va avoir un effet sur le volume cellulaire**. On dit que cette concentration de sodium constitue **la tonicité de la solution sur la paroi cellulaire**.

Ainsi la tonicité **ne dépend que du contenu en sodium d'une solution+++**.

L'osmolalité correspond à **la somme des concentrations des substances dissoutes dans une masse d'eau donnée**.

La définition de tonicité est une **valeur qualitative**.

Conclusion :

- ✓ Les membranes plasmiques sont **perméables à l'eau, imperméables aux protéines** et se comportent comme si elles étaient imperméables au  $\text{Na}^+$ .
- ✓ Le volume cellulaire est variable en fonction :
  - Des apports alimentaires en sel ( $\text{NaCl}$ )
  - Des apports alimentaires en eau.
- ✓ Régulation à l'échelle de l'organisme :
  - Le contenu en eau (au programme)
  - Le contenu en sodium (au programme)
  - Le volume cellulaire (hors programme)

*Voici la fiche mise à jour, j'ai essayé de pas trop copier-coller la ronéo pour que vous ayez un autre support mais c'est pas toujours évident !!*

*Courage lâchez rien...*