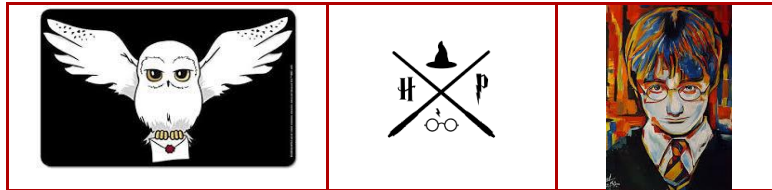


Aspects physiologiques des transferts transmembranaires

Hello les p'tits chats ! On se retrouve aujourd'hui pour une fiche sur les transferts transmembranaires, cette fiche fait écho au cours que vous avez eu lors de la tut' rentrée. Pour vous aider j'ai gardé les mêmes codes couleurs que le diapo. J'espère que la fiche vous plaira. C'est parti!!!! ♥

PS : pour ceux qui ne sont pas trop fan de Harry Potter, pas d'inquiétude ! Pendant le S1, je vous ressortirai une nouvelle fiche complète 😊



I) Ultrafiltration à travers les membranes biologiques

A- Rôle des forces en présence

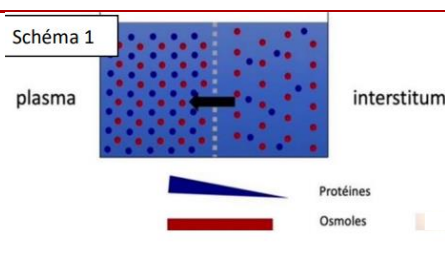
♥ L'**ultrafiltration** est le passage **uniquement d'eau et d'osmoles** à travers les membranes biologiques.

♥ Les **osmoles** sont de petites molécules en **solution**.

♥ **ATTENTION !!** L'**ultrafiltration** ne permet donc pas le passage de **grosses molécules** comme les **protéines** +++

Pression oncotique

♥ Elle correspond à la pression exercée par les **molécules en suspension** (ex : les **protéines**) ♥

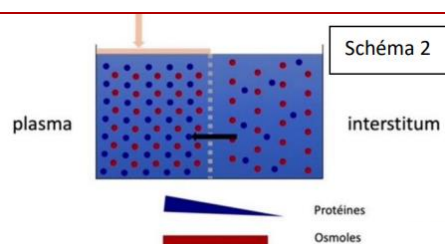


La **pression oncotique** est plus importante dans le compartiment de gauche (le plasma) car la **concentration en protéines** est plus importante.

Le **plasma** est donc plus riche en protéines que l'**interstitium**.

L'**eau** va donc avoir tendance à passer du compartiment de droite au compartiment de gauche.

(Et oui l'eau veut toujours aller « diluer » le compartiment où la concentration est la + importante donc ici → le plasma)



Si on exerce une **pression hydrostatique** sur le compartiment de gauche à l'aide d'un **piston**, on génère un **flux dans le sens inverse de la pression oncotique** +++ Ceci permet de limiter le flux hydrique lié à la différence de pression oncotique.

(On voit que le **flux d'eau** - la flèche - est diminué. Ceci s'explique par la présence d'une nouvelle pression → la **pression hydrostatique**)

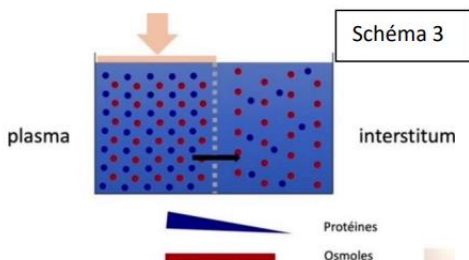


Schéma 3

plasma

interstitium

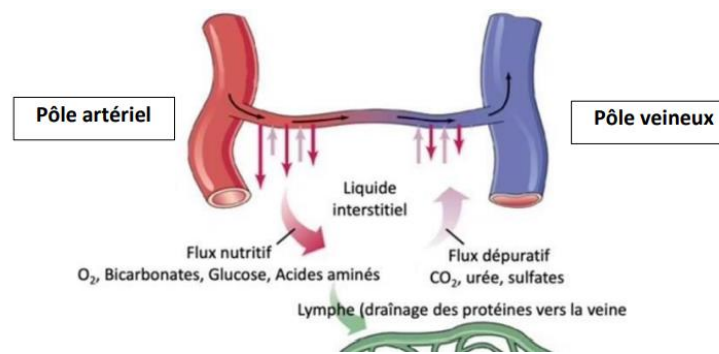
Protéines

Osmoles

Maintenant, si on exerce une **pression hydrostatique supérieure** à la **pression oncotique** → on **inverse le sens du flux hydrique** (flux de l'eau). +++

(Ici, on voit que la **flèche du flux hydrique** va dans l'autre sens)

B- Etude des pressions



La situation décrite précédemment reflète ce qui se passe en réalité dans les **capillaires standards**.

♥ La **pression hydrostatique P** dans le capillaire est élevée au départ (pôle artériel) et diminue de plus en plus qu'on se rapproche du pôle veineux. +++

♥ La **pression oncotique π** reste identique tout le long du capillaire. +++

<u>La pression hydrostatique P</u>	<u>La pression oncotique π</u>
Favorise le transfert du liquide du capillaire vers le liquide interstitiel +++	Favorise le transfert du liquide du liquide interstitiel vers le capillaire +++

♥ La **pression oncotique** est plus élevée dans le **capillaire** que dans le **liquide interstitiel** car il y a moins de protéines dans le liquide interstitiel que dans le plasma (capillaire). ++++

♥ On observe donc un **flux nutritif** au **pôle artériel** (car $\Delta P > \Delta \pi$) et un **flux dépuratif** au **pôle veineux** (car $\Delta P < \Delta \pi$). (cf schéma suivant)

♥ La relation de Starling ♥

c = capillaire
i = interstitiel
P = pression hydrostatique
 π = pression oncotique

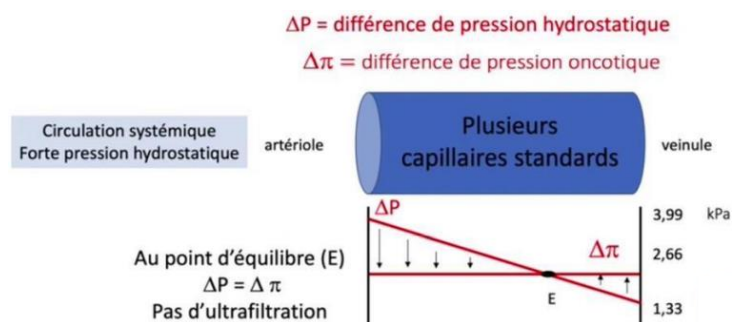
Gradient de pression hydrostatique Gradient de pression oncotique

$$\text{Débit d'ultrafiltration} = [(P_c - P_i) - (\pi_c - \pi_i)]$$

Elle permet de caractériser le **débit d'ultrafiltration**. +++

♥ Elle nous indique que le **débit d'ultrafiltration** est proportionnel à la différence entre le **gradient de pression hydrostatique (ΔP)** et le **gradient de pression oncotique ($\Delta \pi$)**. ♥

La relation de Starling dans la circulation systémique (capillaires standards)



Les **capillaires standards** sont perméables à l'eau et aux osmoles **MAIS** **imperméables** aux **protéines** ++++

Le **gradient de pression hydrostatique ΔP** ne varie PAS de l'**extrémité artérielle** à l'**extrémité veineuse**.

Le **gradient de pression oncotique $\Delta \pi$** est maximal au **pôle artériel** et diminue jusqu'à être minimal au **pôle veineux**.

Au niveau du **pôle artériolaire** $\Delta P > \Delta \pi$, on observe donc une sortie du liquide de la lumière des **capillaires** vers le **milieu interstitiel**.

Au niveau du **pôle veineux** $\Delta P < \Delta \pi$ → c'est l'**inverse** ++ le liquide va du **milieu interstitiel** vers le **capillaire**.

E correspond au point d'équilibre → $\Delta P = \Delta \pi$ (les flux sont de même intensité).



♥ L'effet Donnan ♥

Attention !! UNIQUEMENT dans les **capillaires standards** !!

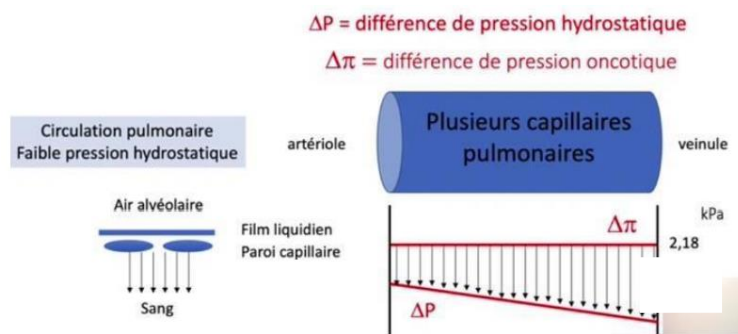
L'effet Donnan répartit les charges négatives à l'intérieur de la lumière des capillaires :

⇒ Les **protéines** sont majoritairement électronégatives et les charges de même signe se repoussent.

⇒ **Conséquence** = les protéines sont repoussées et cela évite qu'elles n'encrassent la membrane du capillaire.

Fun Fact : Les protéines ne peuvent pas sortir du capillaire car elles sont trop « grosses » = c'est d'ailleurs pour ça que la pression oncotique est constante le long du capillaire ! Donc sans effet Donnan, les protéines s'accumuleraient dans le capillaire et créeraient un big bouchon 🤪

C- Ultrafiltration dans les capillaires pulmonaires



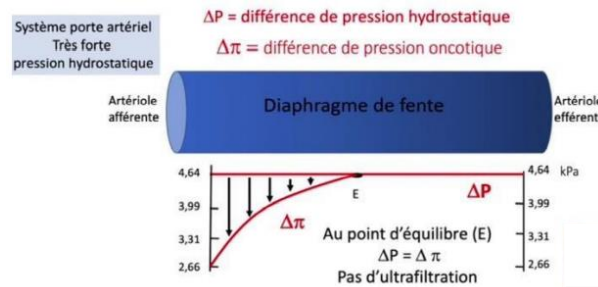
Dans la *circulation pulmonaire*, il y a une plus faible **pression hydrostatique ΔP** et donc l'équilibre entre les gradients est différent :

⇒ Le **gradient de pression oncotique $\Delta \pi$** ne varie **PAS** entre le **pôle artériel** et le **pôle veineux**. +++

⇒ Le **gradient de pression hydrostatique ΔP** diminue également du **pôle artériel** au **pôle veineux**. +++ Cependant **ATTENTION** : ici **ΔP** reste **TOUJOURS inférieur** à **$\Delta \pi$** +++++

Ceci permet un **drainage permanent des alvéoles pulmonaires** et le liquide qui y règne n'est qu'un petit film liquidien à travers lequel se font les *échanges gazeux*. **DONC** le liquide ne va **pas** vers les alvéoles, **il est TOUJOURS dirigé vers les capillaires** pour que les alvéoles ne **soient pas noyées**. +++

D- Ultrafiltration dans les capillaires glomérulaires (les reins)

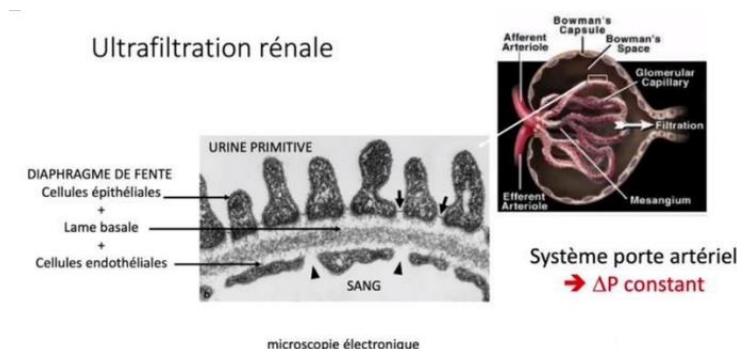


Dans le diaphragme de fente, on observe une ultrafiltration. Le système possède une **forte pression hydrostatique** et **/!** le **gradient de pression hydrostatique ΔP** ne **VARIE PAS** de l'artériole **afférente** à l'artériole **efférente**. +++ Le liquide va donc se diriger vers l'**extérieur** du **capillaire** (vers l'**urine primitive**).

⇒ Par conséquent, les **protéines** vont donc se concentrer à l'intérieur du plasma car tout le liquide sort du capillaire. Il y a donc **moins de liquide mais toujours autant de protéines**. **DONC** le **gradient de pression oncotique $\Delta \pi$** **AUGMENTE** jusqu'à atteindre le **point d'équilibre E** +++

E correspond au moment où le **gradient de pression oncotique** atteint la même valeur que le **gradient de pression hydrostatique**, c'est-à-dire lorsque **$\Delta \pi = \Delta P$** . A ce moment-là le **flux s'interrompt**. +++

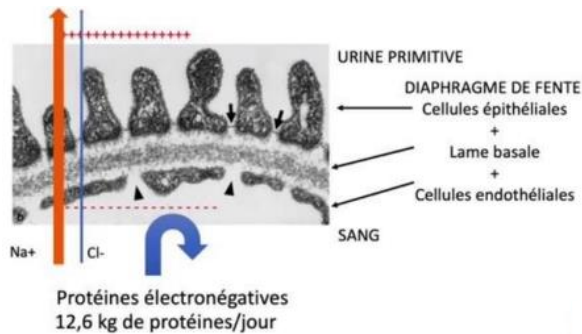
Ce rapport de gradients indique qu'il y a une **ultrafiltration** qui va **TOUJOURS** dans le **sens du capillaire vers l'urine primitive** (jusqu'à ce qu'on atteigne E) et il n'y a **pas** de **protéines** dans l'**urine primitive**. +++



Dans les **reins** on observe un **système porte-artériel**, c'est-à-dire un système à très forte pression (la pression est beaucoup + élevée que dans la circulation systémique).

Les unités de filtration des reins sont les **glomérules** ♥





Force électrostatique

On observe une **mobilité différentielle** entre Na^+ et Cl^- à l'intérieur du diaphragme de fente.

Cela permet la **création d'une lumière capillaire électronégative** qui repousse les **protéines**.

Ainsi on évite le big bouchon dans le filtre glomérulaire !!

E- Epanchements et œdèmes

Si les **gradients de pression** ne sont plus répartis correctement = du **liquide extracellulaire** peut s'accumuler à l'extérieur des capillaires. Cela peut provoquer des **œdèmes** ou des **épanchements** +++

Œdème

Il y a du liquide qui s'accumule dans le **tissu sous-cutané** → **signe du Godet** (= trace du doigt lorsque l'on appuie sur la crête tibiale antérieure et en comprimant le tissu sous-cutané)

Œdème pulmonaire = liquide dans les **alvéoles pulmonaires** → **dyspnée ou essoufflement + expectorations mousseuses et rosées** (*idem plasma*)

Epanchement

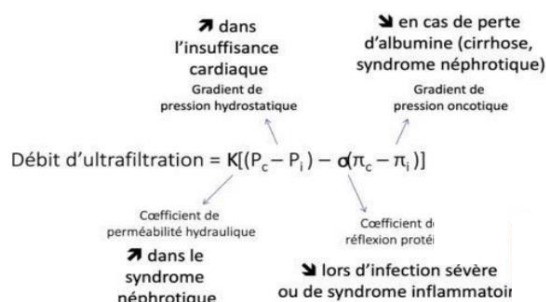
Accumulation de liquide dans **les cavités virtuelles** de l'organisme ++

⇒ **Pleurésie** (plèvre - poumons)

⇒ **Péricardite** (péricarde – cœur)

⇒ **Ascite** (péritoine – abdomen)

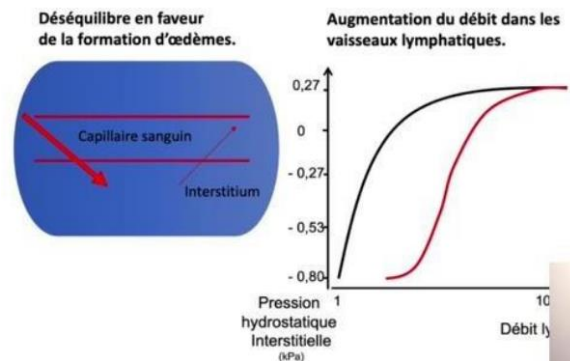
Dérèglements des gradients ΔP et $\Delta \pi$



La **relation de Starling** nous montre comment les épanchements et les œdèmes se forment.

On peut observer d'autres symptômes comme : l'insuffisance cardiaque, le syndrome néphrotique (*rein*), la perte d'albumine ou une infection sévère.

F- Réseau de suppléance (capillaires lymphatiques)



Il existe un **réseau lymphatique** qui va être capable de réduire le risque d'œdèmes et d'épanchements.

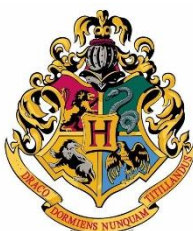
En effet, les **capillaires lymphatiques** vont être capable de conduire le liquide interstitiel vers la veine cave supérieure. Lorsque la **pression interstitielle devient anormalement positive** *(càd qu'il y a trop de liquide dans l'interstitium), le **débit lymphatique augmente** considérablement afin de permettre d'évacuer l'excédent de liquide interstitiel.

(Cf : courbe à droite).

* Il faut savoir que dans les **capillaires standards** la **pression hydrostatique** est **positive** et la **pression oncotique** est importante. Cependant, à l'extérieur des capillaires (interstitium) la **pression hydrostatique** est légèrement **négative** +++ \Rightarrow d'où l'importance du réseau lymphatique lorsque celle-ci devient positive !!

Conclusion

- ♥ **L'ultrafiltration** à travers les membranes biologiques concerne l'eau et les osmoles. (ATTENTION !! PAS LES PROTEINES !!)
- ♥ La **relation de Starling** désigne l'équilibre des forces responsables de l'ultrafiltration.
- ♥ Le déséquilibre de ces forces est extrêmement fréquent en médecine.



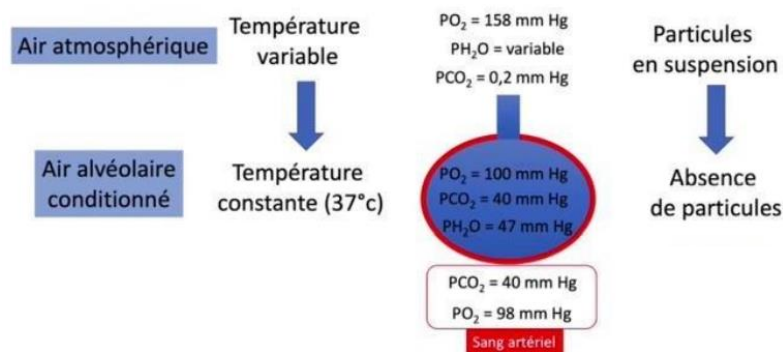
II) Diffusion des gaz à travers la membrane alvéolaire

L'hématose correspond aux transferts de gaz entre l'air et le sang (dans les deux sens).
L'air alvéolaire est conditionné pour permettre ces échanges.



ATTENTION : on parle bien **d'hématose** et non PAS d'hémostase +++ Ne confondez pas les deux !!!!!

A- Air alvéolaire conditionné

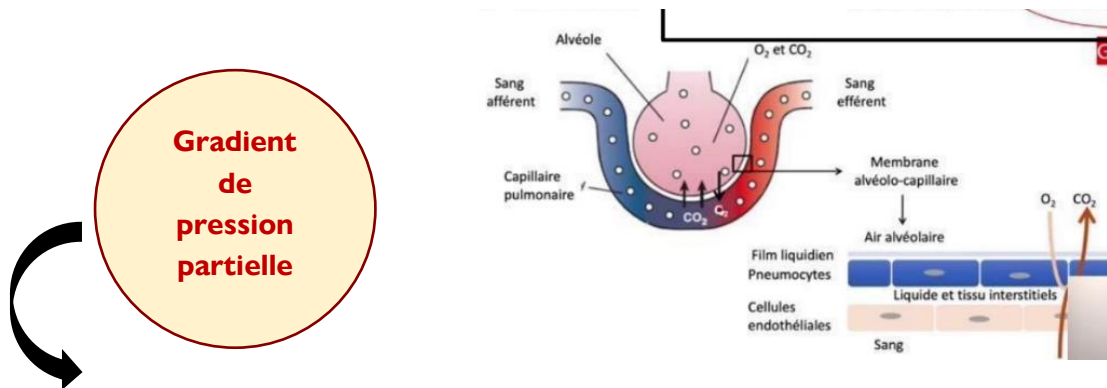


Air atmosphérique	Air alvéolaire
<ul style="list-style-type: none"> ♦ Sa pression partielle en vapeur d'eau (PH_2O) et en gaz carbonique (PCO_2) sont très <u>FAIBLES</u> ++ ♦ Sa pression partielle en oxygène (PO_2) est <u>élevée</u> ++ 	<p>L'air alvéolaire transite dans les <i>bronches</i>, il est ainsi :</p> <ul style="list-style-type: none"> → Réchauffé → Hydraté → Enrichi en CO_2 (respiration cellulaire) → Épuré de l'ensemble des particules en <u>suspension</u> qu'il pouvait contenir <ul style="list-style-type: none"> ♦ Sa PH_2O et sa PCO_2 sont <u>élevées</u> ++ ♦ Sa pression PO_2 est <u>faible</u> ++

Harry Potter

B- Hématose

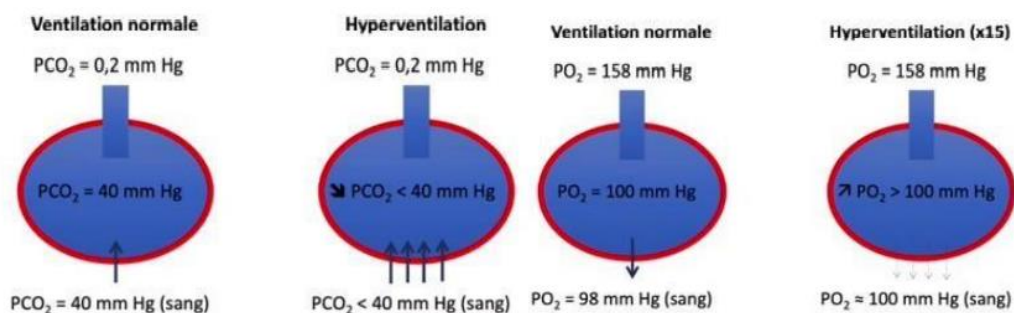
La *diffusion des gaz* se fait selon la ♥ **Loi de Fick** ♥



$$\text{Flux de gaz} = \frac{\text{Surface} \times \text{coefficient de solubilité} \times \text{différence de pression partielle}}{\text{épaisseur de la membrane alvéolo - capillaire}}$$

Le **gradient de pression partielle** est déterminant. Ce gradient correspond au rapport entre la différence de pression partielle et l'épaisseur de la membrane alvéolo-capillaire. Le *flux* dépend également de la surface de la membrane alvéolo-capillaire ainsi que du coefficient de solubilité des gaz.

Air alvéolaire conditionné et gradient de pression partielle du CO₂



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

→ L'**hyperventilation** (renouveler fréquemment l'air alvéolaire) permet de faire **diminuer la PCO₂ alvéolaire** +++ *Cela permet d'épurer le sang en gaz carbonique* puisqu'on augmente la différence de pression partielle entre l'air et le sang pour ce gaz +++

→ En revanche, la PO₂ entre l'air alvéolaire et l'air atmosphérique est peu différente. De plus, l'**hyperventilation a peu d'effet sur la PO₂ dans le sang** +++ (si on voulait augmenter la PO₂ du sang, il faudrait enrichir l'air atmosphérique en oxygène ⇒ mais c'est impossible 😞).

Œdème pulmonaire

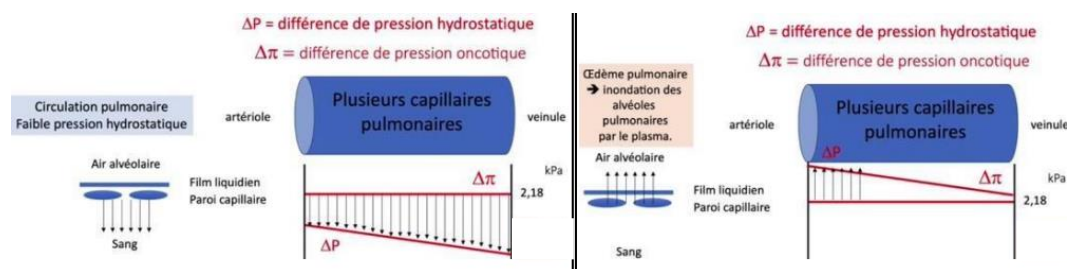
$$\text{Flux de gaz (air} \rightarrow \text{sang)} = \frac{\text{Surface} \times \text{coef. solubilité} \times \text{différence de pression partielle}}{\text{épaisseur de la membrane}}$$

Il arrive que le gradient de pression partielle soit altéré dans des situations pathologiques.

⇒ **L'épaisseur de la membrane alvéolo-capillaire** peut **augmenter** en présence d'un **œdème pulmonaire**. L'œdème pulmonaire peut provoquer un essoufflement ou une dyspnée par manque d'oxygène. ++

(Si l'épaisseur augmente, le dénominateur de la fraction devient + important et par conséquent le résultat de la fraction diminue. Ici le résultat correspond à l'oxygénation du sang = flux air → sang).

Insuffisance cardiaque



Situation normale :

$\Delta\pi$ **TOUJOURS SUPERIEUR** à ΔP

Flux de l'alvéole vers le capillaire ++

Insuffisance cardiaque :

ΔP **DEVIENT SUPERIEUR** à $\Delta\pi$

Le flux s'inverse → œdème pulmonaire → **alvéoles noyées !!**

C- Rôle essentiel du gradient de pression partielle

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

Diminution de la pression partielle en altitude

	Pression partielle de l'oxygène (kPa)	
	Sang	Alvéole
Niveau de la mer	5,3	13,3
4000 m	5,3	7,5

En **altitude**, la **PCO₂ atmosphérique** diminue, ainsi la **PCO₂ alvéolaire** diminue également.

La différence entre les deux pressions diminue également.

⇒ On observe une **difficulté d'oxygénation du sang**.

Conclusion

- ♥ **L'air alvéolaire** au contact du sang est dépoussiéré, réchauffé et hydraté.
- ♥ **L'hématose** dépend de la diffusion des gaz donc de la **Loi de Fick**.

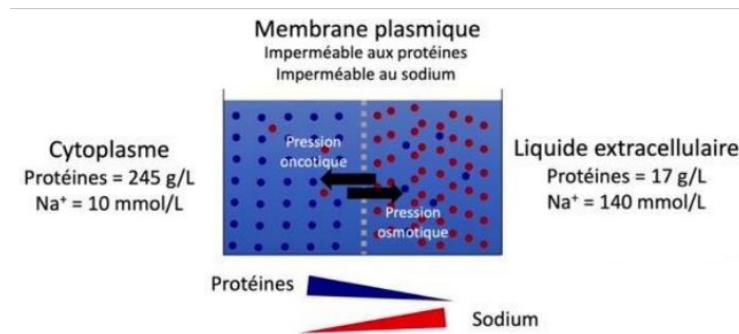
III) Equilibre osmotique de l'eau (membrane PLASMIQUE)

ATTENTION !!! Membrane plasmique \neq membrane des capillaires !!! Dans cette partie nous nous intéressons à la membrane plasmique ++

♥ La **membrane plasmique** est : ♥

- Perméable à l'eau
- Imperméable aux protéines
- Se comporte comme si elle était imperméable au sodium (pompe à sodium active et perméabilité canaux Na^+ faible)
- Possède des *aquaporines* (protéines permettant la diffusion facilitée de l'eau)

A- Equilibre entre pression osmotique et oncotique



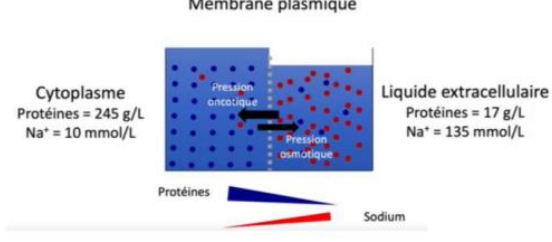
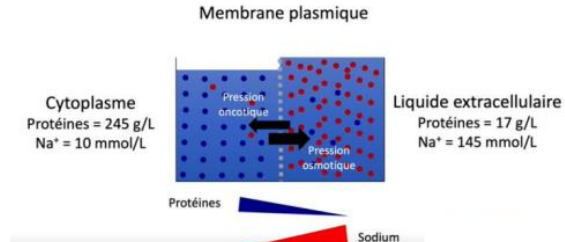
La **Membrane plasmique** sépare le cytoplasme du liquide extracellulaire (la composition entre les 2 est très différente !!)

♥ **CYTOPLASME** : forte **pression oncotique** car grande quantité de protéines.

♥ **LIQUIDE EXTRACELLULAIRE** : forte **pression osmotique** car grande quantité sodium.

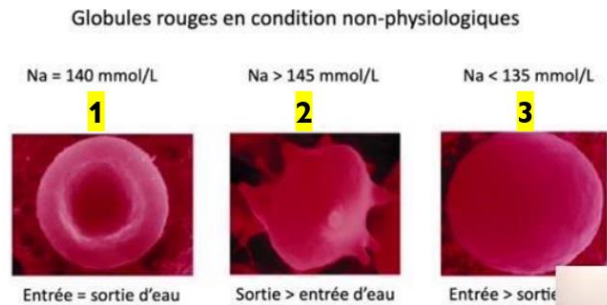
**Etat normal* = l'eau diffuse autant de droite à gauche que de gauche à droite.

B- Variations normales de la concentration de sodium dans le liquide extracellulaire

 <p>Membrane plasmique</p> <p>Cytoplasme Protéines = 245 g/L Na⁺ = 10 mmol/L</p> <p>Liquide extracellulaire Protéines = 17 g/L Na⁺ = 135 mmol/L</p> <p>Protéines</p> <p>Sodium</p>	 <p>Membrane plasmique</p> <p>Cytoplasme Protéines = 245 g/L Na⁺ = 10 mmol/L</p> <p>Liquide extracellulaire Protéines = 17 g/L Na⁺ = 145 mmol/L</p> <p>Protéines</p> <p>Sodium</p>
<p>Diminution [Na⁺] dans le liquide extracellulaire</p> <ul style="list-style-type: none"> ♥ Déséquilibre des flux ♥ Inflation du cytoplasme ♥ Diminution du volume du liquide extracellulaire 	<p>Augmentation [Na⁺] dans le liquide extracellulaire</p> <ul style="list-style-type: none"> ♥ Déséquilibre des flux ♥ Diminution du volume du cytoplasme (volume cellulaire) ♥ Augmentation du volume du liquide extracellulaire

*Et oui on n'oublie pas que l'eau va toujours diffuser vers le compartiment où la concentration est la + importante = ici où la concentration en sodium est la + élevée ♥

C- Variations extrêmes de la concentration de sodium



1 ⇒ le **GB** a sa **morphologie normale en anneau avec un centre concave**. Ici les **entrées et les sorties d'eau sont équivalentes**.

2 ⇒ Le **GB** est placé dans une solution contenant trop de sodium par rapport à ce qu'on retrouve dans le sang. Le **GB a une morphologie d'oursin**. Les **entrées d'eau sont inférieures aux sorties d'eau**. (Ici [Na⁺] du GB < [Na⁺] de la solution DONC l'eau diffuse du GB vers la solution).

3 ⇒ Le **GB** est placé dans une solution contenant peu de sodium par rapport au sang. Le GB se gonfle et prend la **forme d'un ballon**. Les **entrées d'eau sont supérieures aux sorties d'eau**. (Ici [Na⁺] du GB > [Na⁺] de la solution DONC l'eau diffuse de la solution vers le GB).

D- Tonicité d'une solution

La **tonicité** dépend UNIQUEMENT de la **quantité de sodium** ♥

C'est une valeur **qualitative**

La variation de la concentration de sodium a un impact sur le volume cellulaire et sur la tonicité +++

Conclusion

- ♥ Les **membranes plasmiques** sont perméables à l'eau, imperméables aux protéines et se comportent comme si elles étaient imperméables au sodium.
- ♥ Le **volume cellulaire** varie en fonction des apports en sel (NaCl) et en eau.



Fin de la fiche ! Bravo à toi d'être arrivé au bout 😊

Instant dédicaces

- ♥ Dédicace à mes parents et à ma sœur qui sont et resteront mes essentiels
- ♥ Dédicace à mes co-tuts et au tutorat par qu'ils sont géniaux
- ♥ Et surtout dédicace à VOUS ! Que vous soyez en LAS.1, en LAS.2 ou en LAS.3, sachez que vous êtes courageux de vous être lancés (ou relancés) dans cette aventure qu'est la P1. Ne perdez pas espoir, vous pouvez y arriver. En tout cas nous on croit en vous !

« Il n'y a qu'une façon d'échouer c'est d'abandonner avant d'avoir réussi. »

Georges Clémenceau

- ♥ Et si vous avez un pb, des remarques ou des questions n'hésitez pas !