

# Aspects physiologiques des transferts transmembranaires



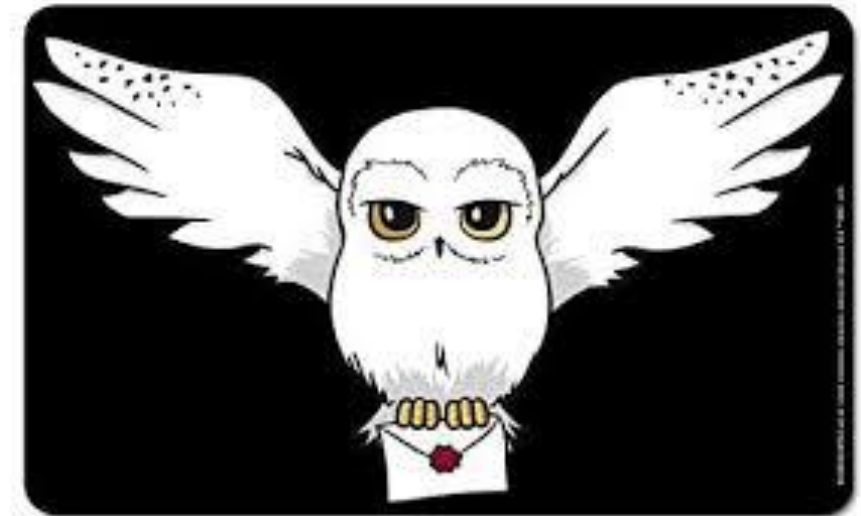
Tut 'rentrée 2022-2023

Léaristochat



# Plan du cours

- I) Ultrafiltration à travers les membranes biologiques
- II) Diffusion des gaz à travers la membrane alvéolaire (hématose)
- III) Equilibre osmotique de l'eau (membrane plasmique)





# I) Ultrafiltration à travers les membranes biologiques

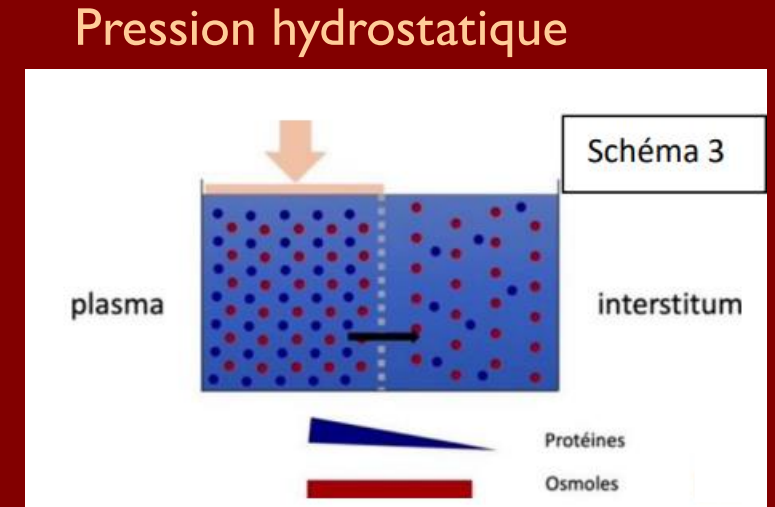
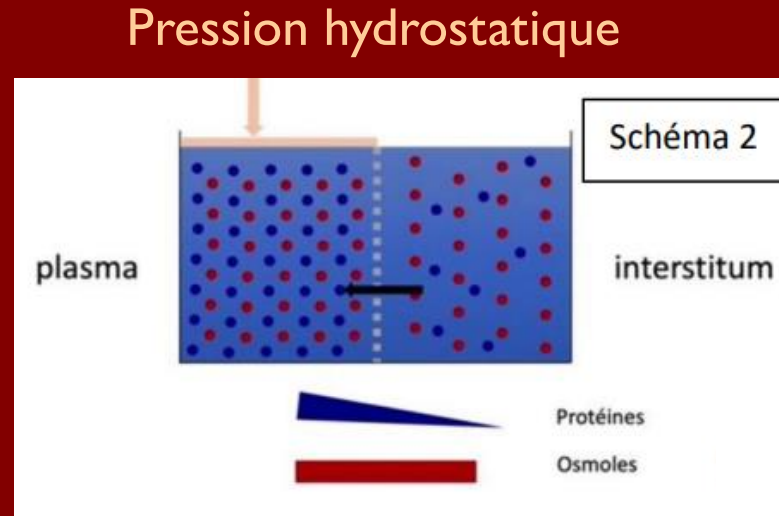
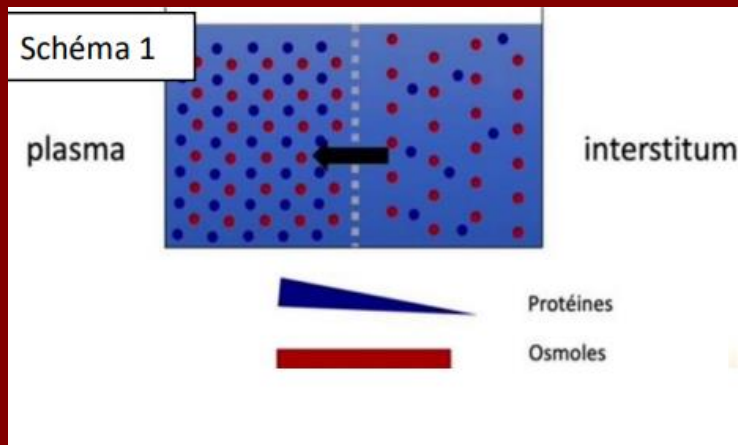
---

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

Les **osmoles** sont des petites molécules en **solution**.

⇒ ATTENTION : l'Ultrafiltration ne permet donc **pas** le passage de grosses molécules comme les **protéines**  
+++++

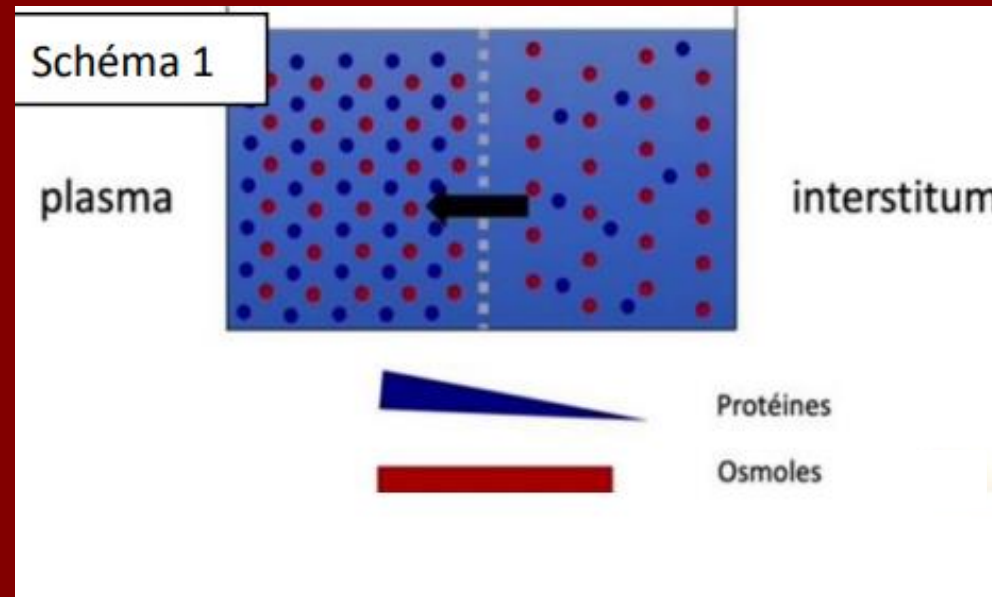
# A- Rôle des forces en présence



**Pression oncotique**

**Pression hydrostatique**

# Pression oncotique

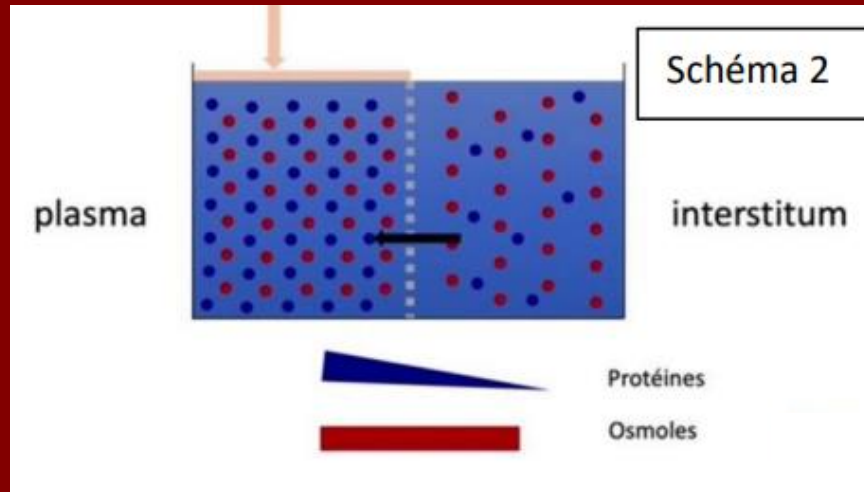


- ♥ La **pression oncotique** correspond à la pression exercée par les molécules en suspension (ex : les protéines)
- ♥ L'**eau** va diffuser et aller vers le compartiment où la concentration en protéines est supérieure (ici le plasma)

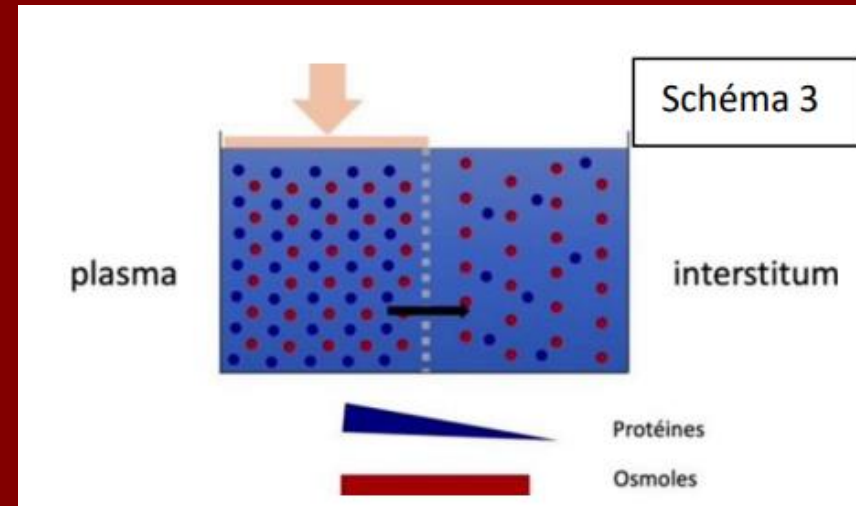


# Pression hydrostatique

Maintenant on va exercer une **pression hydrostatique** à l'aide d'un piston. Cela va générer un flux dans le sens inverse de la **pression oncotique**.

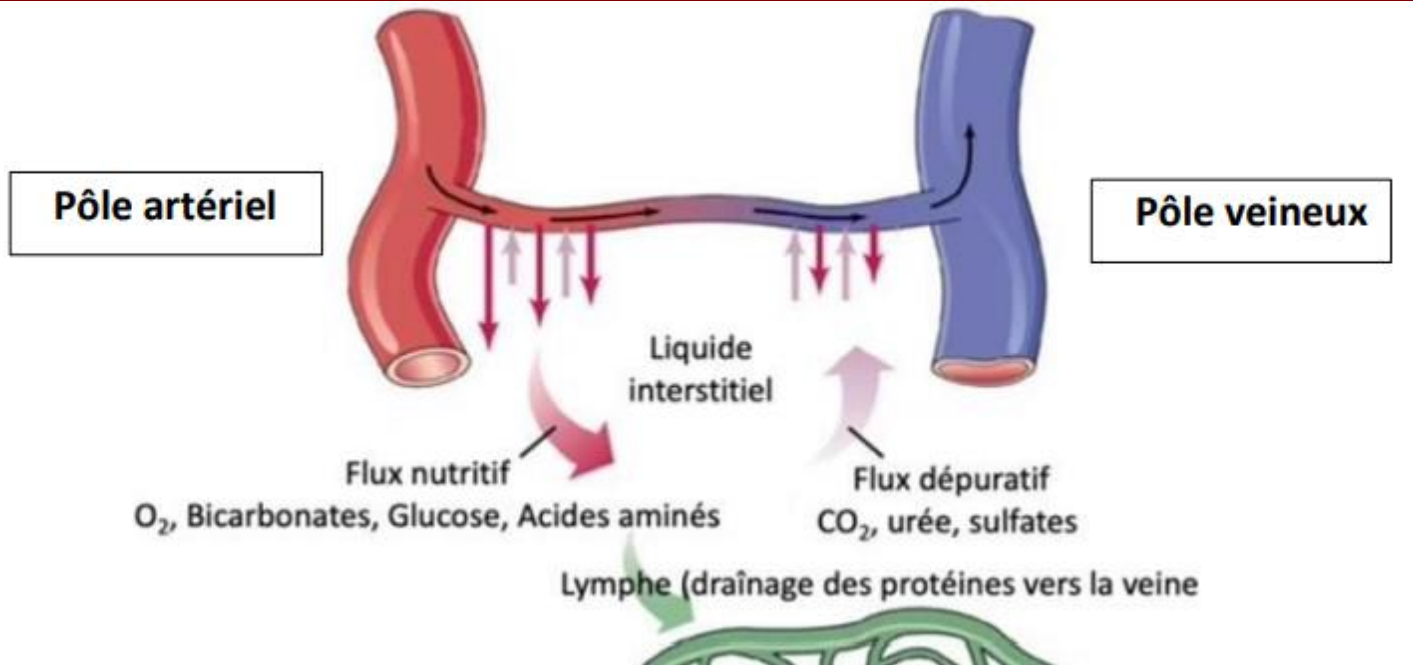


La pression hydrostatique permet de limiter le flux hydrique



La pression hydrostatique exercée est supérieure à la pression oncotique = il y a **inversion du sens du flux hydrique** (flux de l'eau)

# B- Etude des pressions



Capillaires standards de l'organisme



- ♥ **Pression hydrostatique  $P$**  dans le capillaire : élevée au départ (pôle artériel) et diminue au fur et à mesure qu'on se rapproche du **pôle veineux** ++
- ♥ **Pression hydrostatique  $P$  des tissus** : légèrement NÉGATIVE ++
- ♥ **Pression oncotique  $\pi$**  : reste identique tout le long du capillaire +++
- ♥ **La pression oncotique est + 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)

# ♥ La relation de Starling ♥

permet de caractériser le *débit d'ultrafiltration*

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

$(P_c - P_i)$  = gradient de pression hydrostatique

c = capillaire

i = interstitiel

$(\pi_c - \pi_i)$  = gradient de pression oncotique

P = pression hydrostatique

$\pi$  = pression oncotique

⇒ Le *débit d'ultrafiltration* est proportionnel à la différence entre le gradient de pression hydrostatique ( $\Delta P$ ) et le gradient de pression oncotique ( $\Delta \pi$ ) ♥



# Relation de Starling dans la circulation systémique

(cas des capillaires standards)

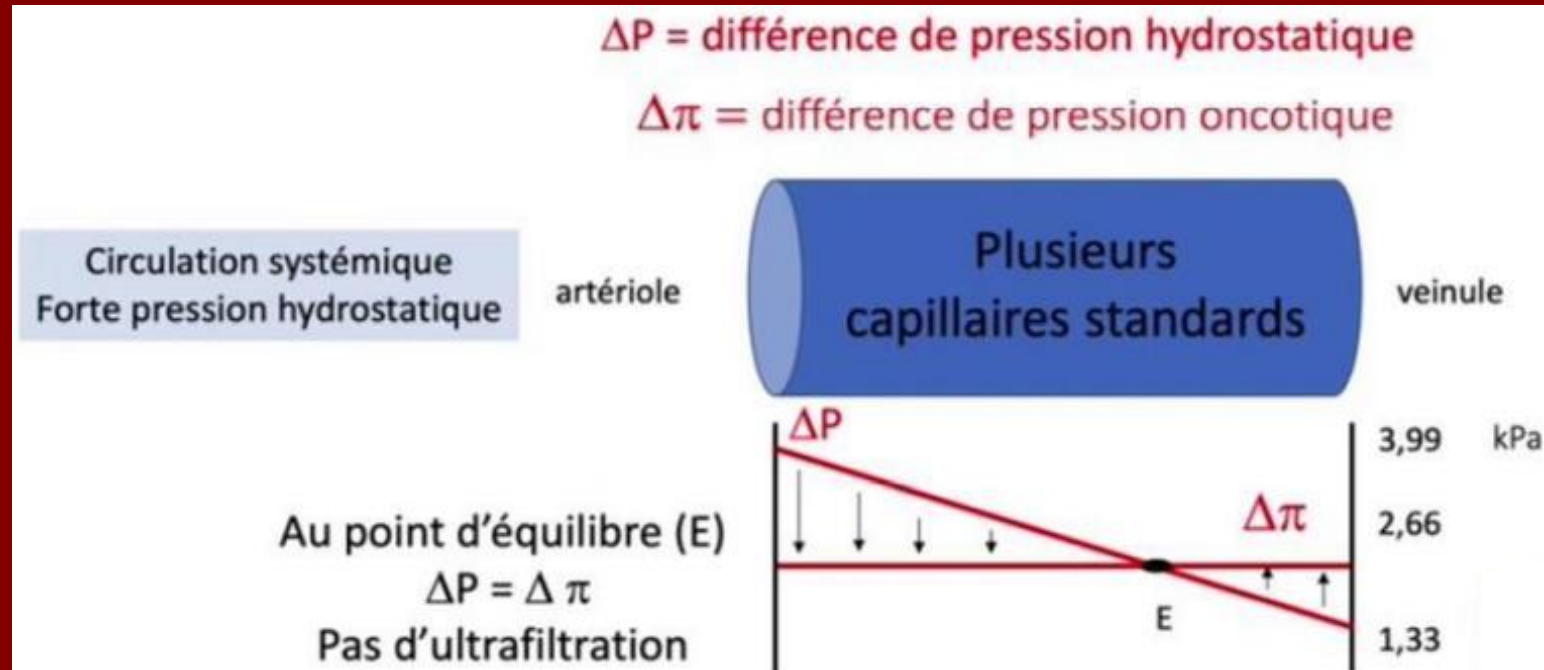
$\Delta\pi$  ne varie **PAS** de l'**extrémité artérielle** à l'**extrémité veineuse**

$\Delta P$  est maximal au **pôle artériel** et diminue jusqu'à être minimal au **pôle veineux**

**Pôle artériolaire**  $\Delta P > \Delta\pi$  → sortie du liquide de la lumière des capillaires vers le milieu interstitiel

**Pôle veineux**  $\Delta P < \Delta\pi$  → inverse ++ le liquide va du milieu interstitiel vers le capillaire

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



# L'effet Donnan

Attention!!! UNIQUEMENT DANS LES CAPILLAIRES

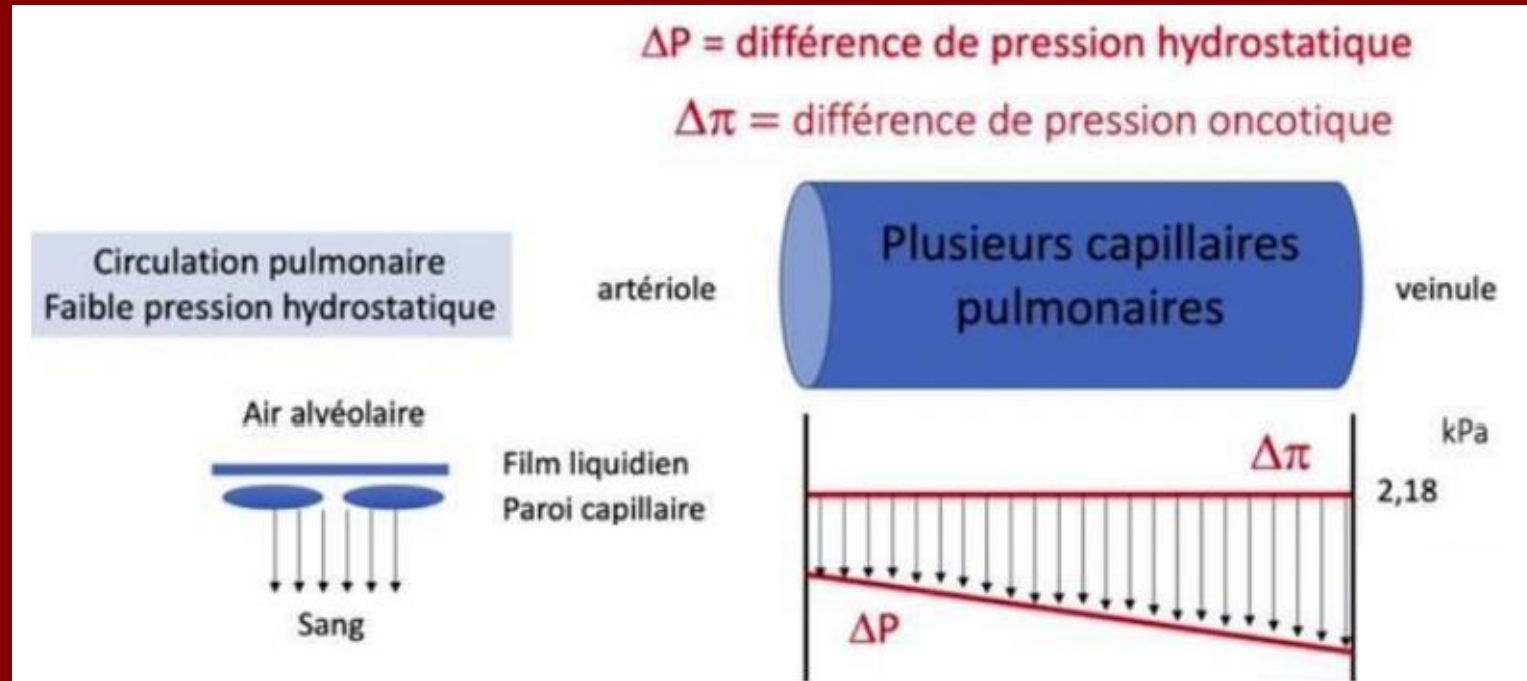
STANDARDS ++++++

**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 🤪

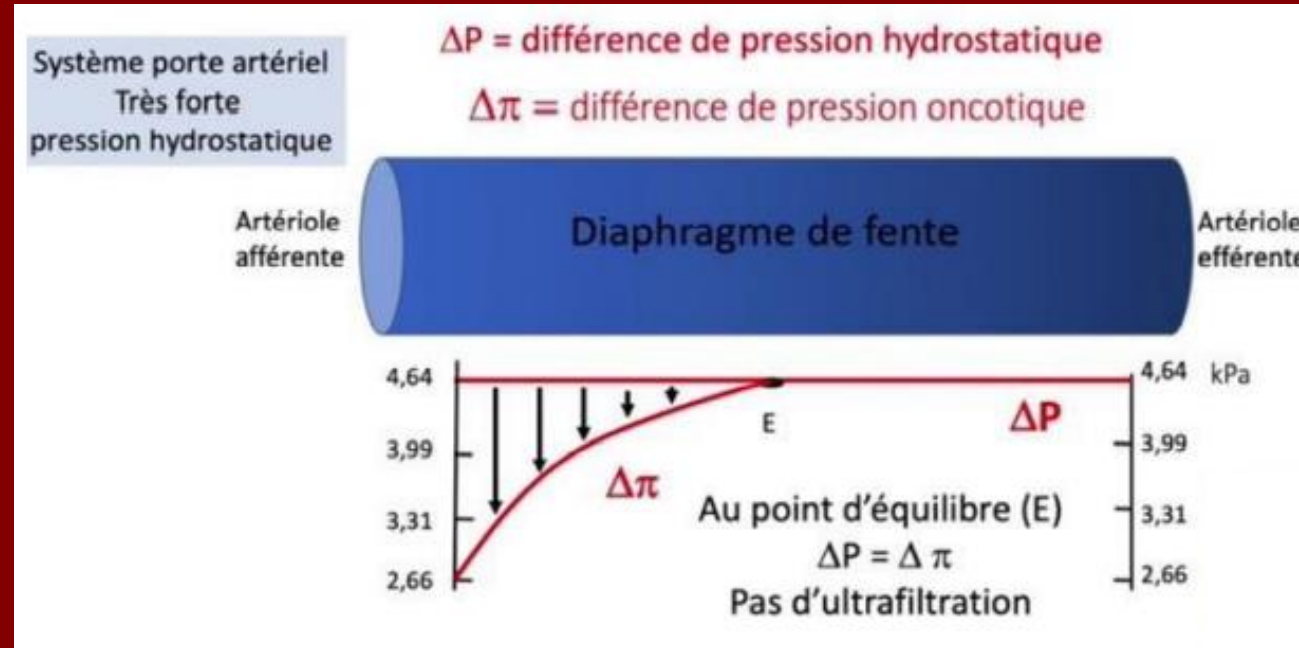
# C-Ultrafiltration dans les capillaires pulmonaires



$\Delta P$  diminue du **pôle artériel** au **pôle veineux** et  $\Delta \pi$  est constant MAIS  $\Delta P$  reste **TOUJOURS inférieur** à  $\Delta \pi$   
+++++

⇒ **Drainage permanent des alvéoles** = liquide va **TOUJOURS des alvéoles vers les capillaires** = alvéoles NON noyées !!

# D-Ultrafiltration dans les capillaires glomérulaires (dans les reins)



Quand  $\Delta \pi$   
atteint **E** =  
le flux  
s'arrête !!

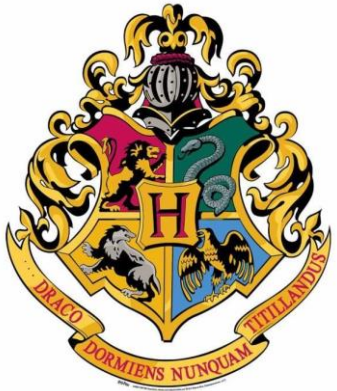
$\Delta P$  ne varie PAS de *l'artériole afférente* à  
*l'artériole efférente* +++

=

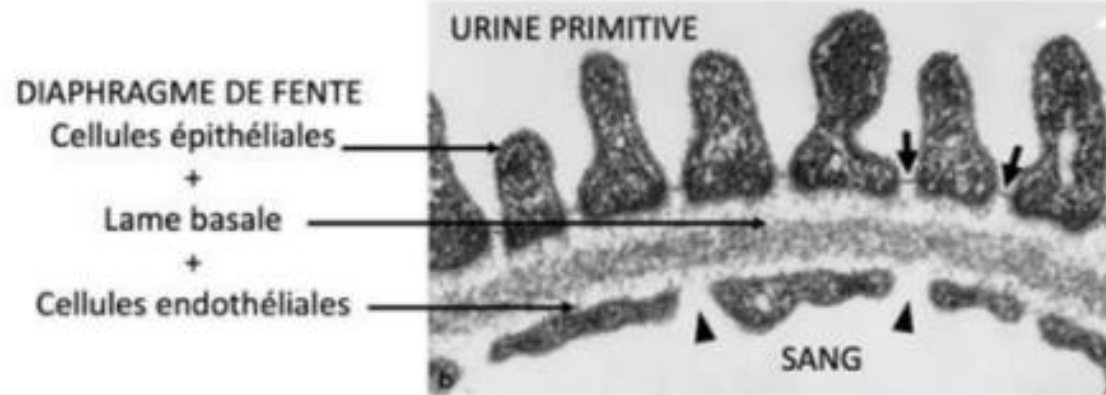
Le liquide se dirige donc **vers l'extérieur**  
**du capillaire** (urine primitive)

Les **protéines** vont donc se concentrer à  
l'intérieur du plasma car tout le liquide  
sort du capillaire = moins de liquide mais  
toujours autant de protéines

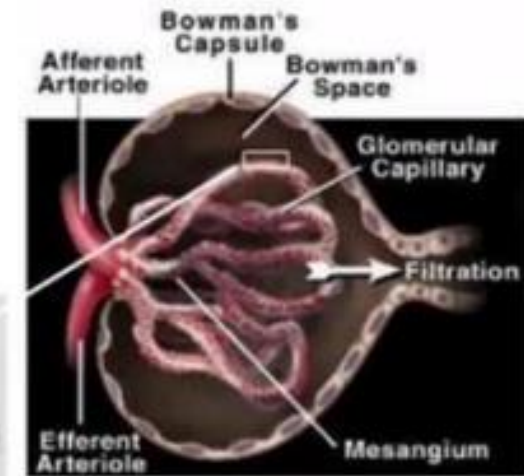
DONC  $\Delta \pi$  **AUGMENTE** jusqu'à atteindre  
le point d'équilibre **E**



## Ultrafiltration rénale



microscopie électronique

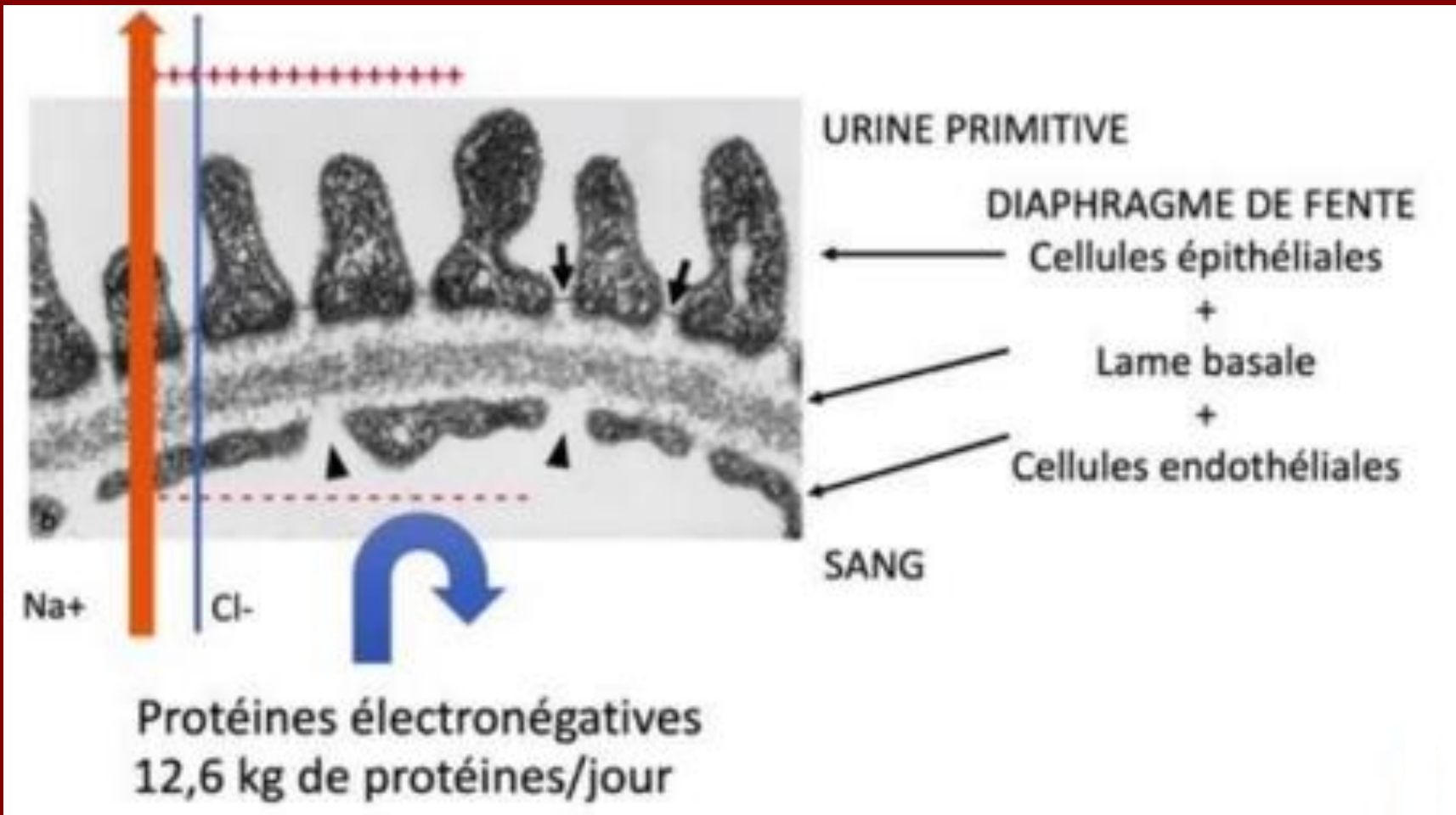


Système porte artériel

→  $\Delta P$  constant

Dans les **reins** on observe un système porte-artériel = système à très forte pression (beaucoup + élevée que dans la circulation systémique)  
Les unités de filtration des reins sont les **glomérules** ♥





**Mobilité différentielle**  
**entre  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  à**  
**l'intérieur du**  
**diaphragme de fente**  
**=**  
**Création lumière**  
**capillaire**  
**électronégative** qui  
repousse les **protéines**  
**=**  
Ainsi on évite le big  
bouchon dans le filtre  
glomérulaire!!



# E- Épanchement et œdème

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

- ◆ Liquide accumulé dans **le tissu sous-cutané** → **signe du Godet** (= trace du doigt)
- ◆ **Œdème pulmonaire** = liquide dans les **alvéoles pulmonaires** → **dyspnée ou essoufflement + expectorations mousseuses et rosées**

## Epanchement

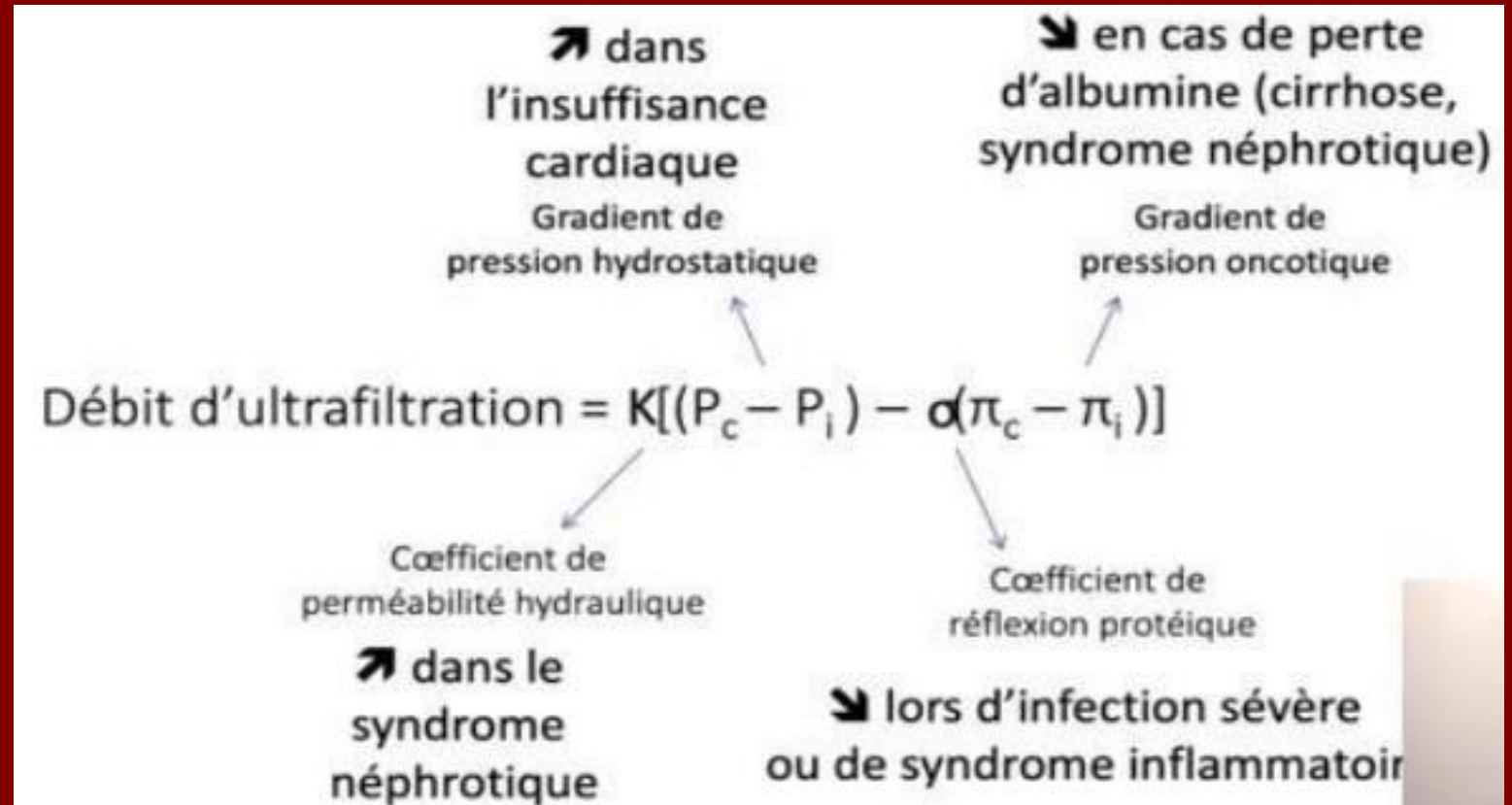
Accumulation de liquide dans **les cavités virtuelles** de l'organisme ++

- ⇒ **Pleurésie** (plèvre - poumons)
- ⇒ **Péricardite** (péricarde – cœur)
- ⇒ **Ascite** (péritoine – abdomen)

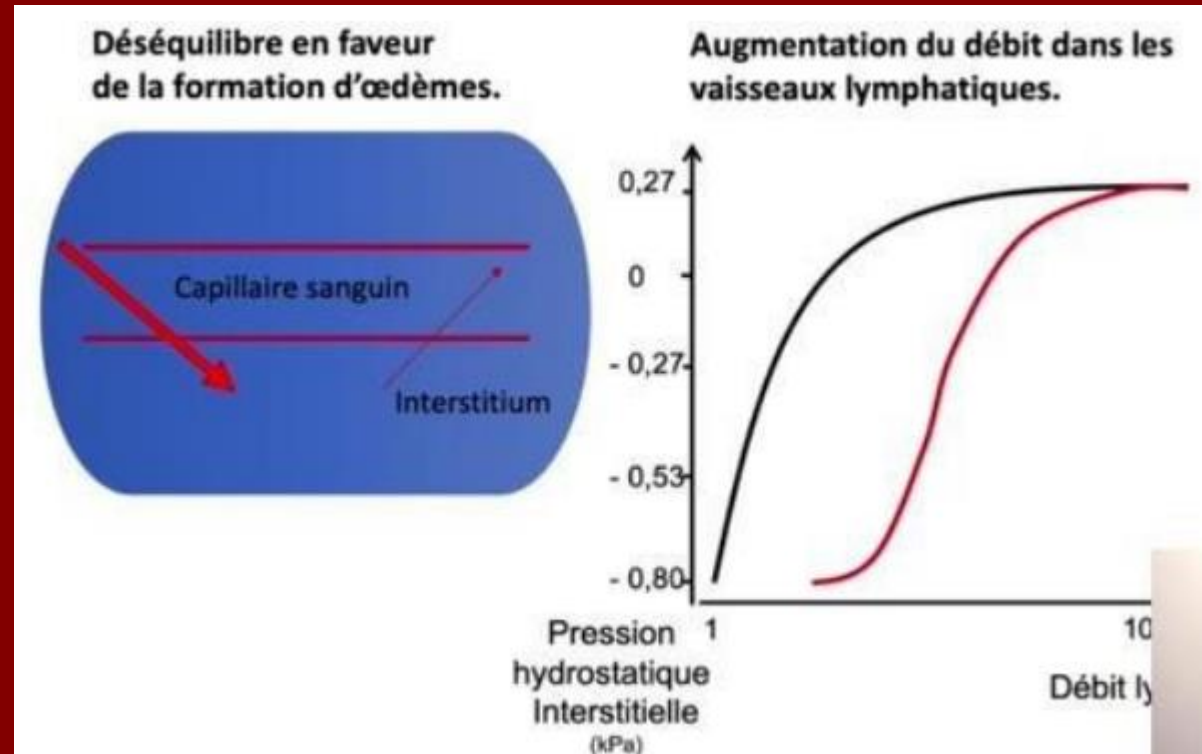
# Dérèglement des gradients $\Delta P$ et $\Delta \pi$

Peut provoquer d'autres symptômes comme :

- Insuffisance cardiaque
- Syndrome néphrotique (*rein*)
- Perte d'albumine
- Infection sévère



# F- Réseau de suppléance (capillaires lymphatiques)



**Permet d'éviter la formation d'œdèmes et d'épanchements +++**

- Conduit le liquide interstitiel vers la veine cave supérieure
- Le débit des capillaires lymphatiques augmente lorsque la pression devient anormalement **positive** dans l'interstitium (*Cf courbe*)

# 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

# QCM TIME LES APPRENTIS SORCIERS !!!!!

**RDV SUR SOCRATIVE**

Nom de la salle : PHYSIOLOVER



# QCM 1 : A propos de la pression oncotique, indiquez la ou (les) proposition(s) exacte(s) :

- A) Elle correspond à la pression exercée par les molécules en suspension
- B) Elle correspond à la pression exercée par les molécules en solution
- C) Elle est plus élevée dans le liquide interstitiel que dans le plasma
- D) Elle est plus élevée dans le plasma que dans le liquide interstitiel
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses



# QCM 1 : A propos de la pression oncotique, indiquez la ou (les) proposition(s) exacte(s) :

- A) Elle correspond à la pression exercée par les molécules en suspension
- B) Elle correspond à la pression exercée par les molécules en solution
- C) Elle est plus élevée dans le liquide interstitiel que dans le plasma
- D) Elle est plus élevée dans le plasma que dans le liquide interstitiel
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

## QCM 2 : A propos des flux transmembranaires, indiquez la ou (les) proposition(s) exacte(s) :

- A) Le gradient de pression oncotique ne varie pas du pôle artériel au pôle veineux dans les capillaires glomérulaires
- B) Dans les capillaires pulmonaires, le gradient de pression oncotique est toujours supérieur au gradient de pression hydrostatique
- C) En cas d'œdème pulmonaire, le gradient de pression hydrostatique devient inférieur au gradient de pression oncotique
- D) La relation de Starling permet de caractériser le débit de filtration
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

## QCM 2 : A propos des flux transmembranaires, indiquez la ou (les) proposition(s) exacte(s) :


- A) Le gradient de pression oncotique ~~ne varie pas~~ du pôle artériel au pôle veineux dans les capillaires glomérulaires
- B) Dans les capillaires pulmonaires, le gradient de pression oncotique est toujours supérieur au gradient de pression hydrostatique
- C) En cas d'œdème pulmonaire, le gradient de pression hydrostatique devient inférieur au gradient de pression oncotique
- D) La relation de Starling permet de caractériser le débit de ~~filtration~~. Attention c'est l'**ULTRA**filtration !!
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses



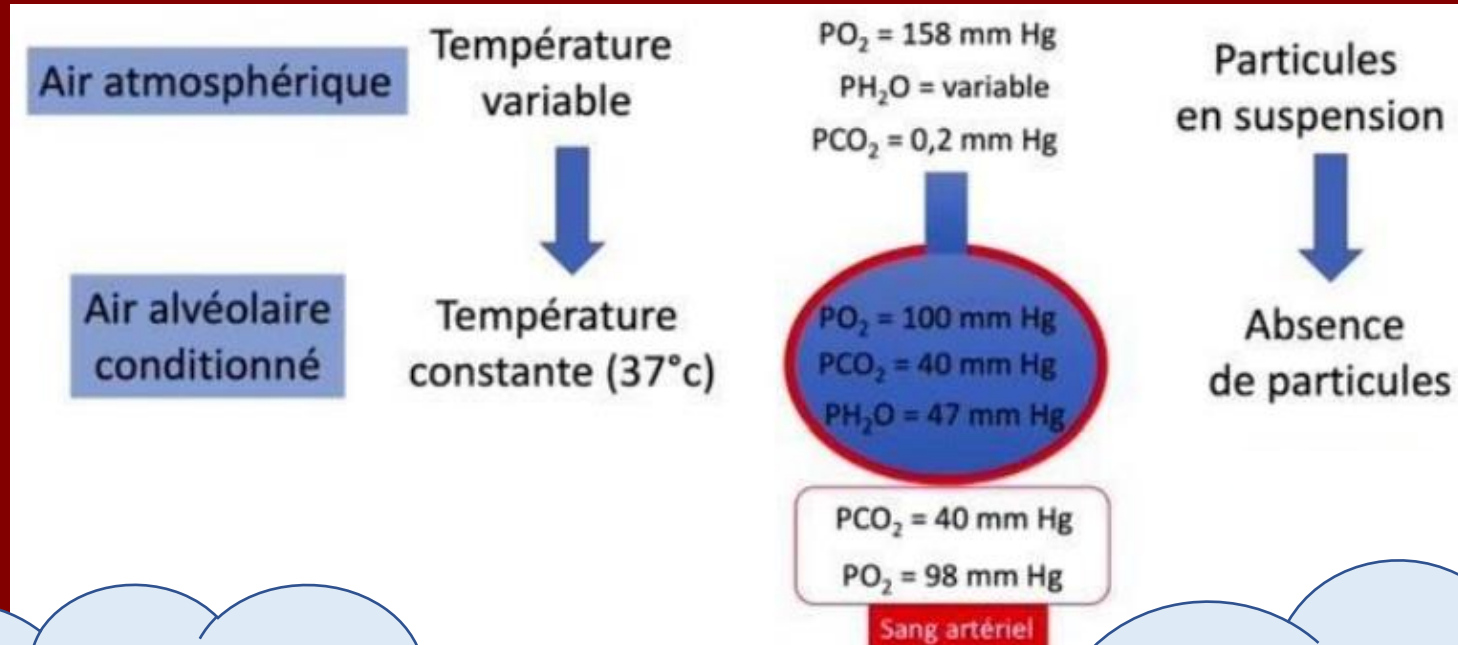
## II) Diffusion des gaz à travers la membrane alvéolaire

---

**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 2 !!!!! 

# A- Air alvéolaire conditionné



**L'air atmosphérique** comporte parfois des particules en suspension.

La  $PCO_2$  et la  $PH_2O$  = ++ faible  
 $PO_2$  = élevée

**L'air alvéolaire** a traversé les bronches et il a été :

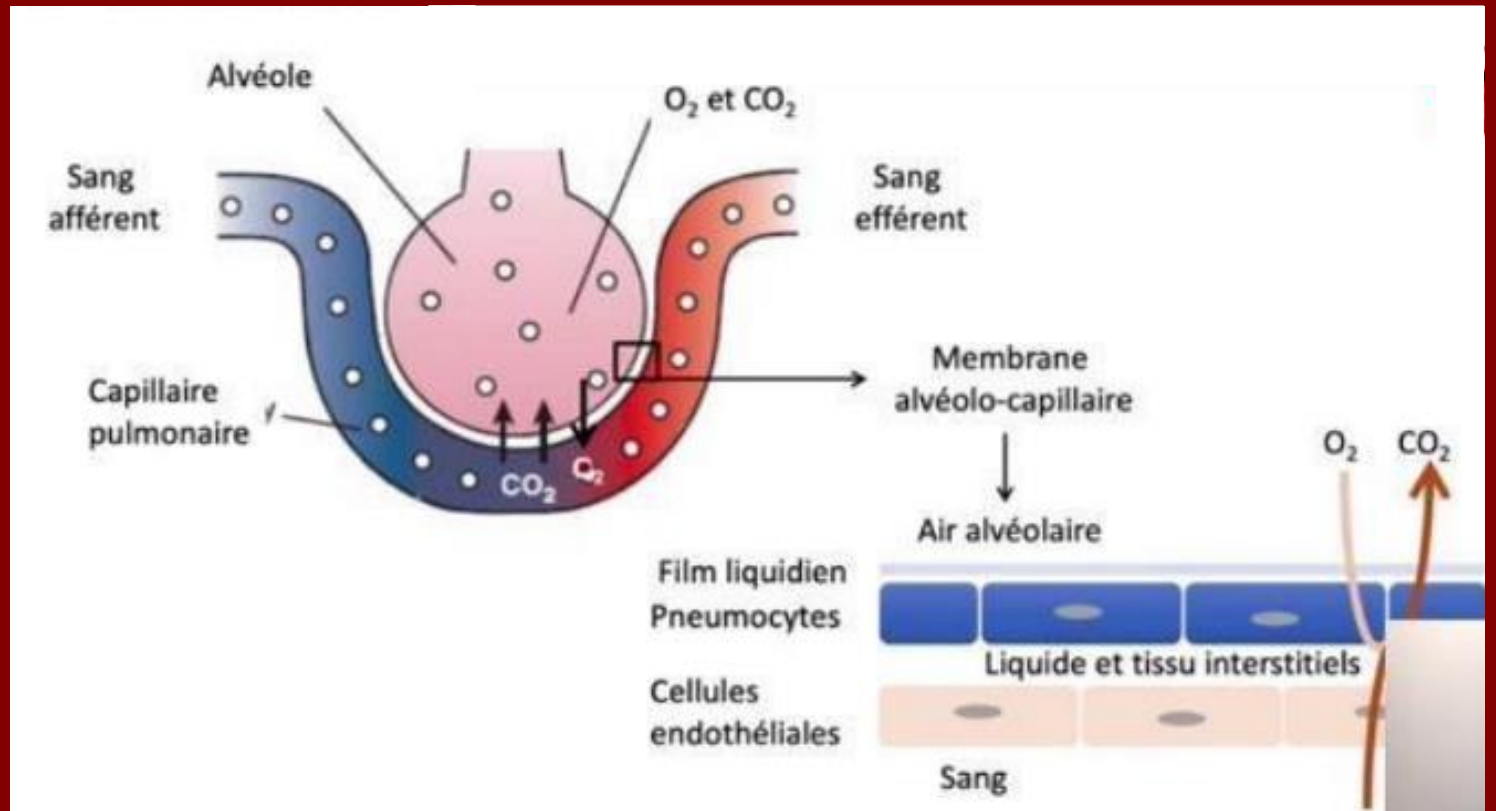
- Réchauffé (37°C)
- Hydraté
- Enrichi en  $CO_2$  (*respiration cell*)
- Épuré des particules en suspension



# B- Hématose

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

Gradient  
de  
pression  
partielle



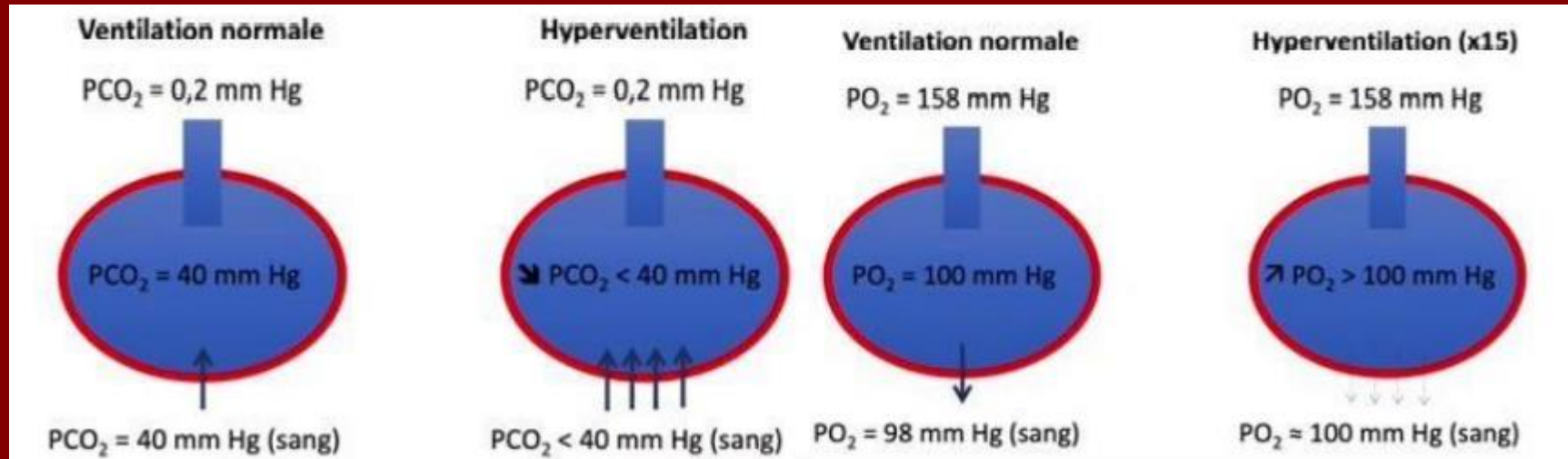
$$\text{Flux de gaz} = \frac{\text{Surface} \times \text{coefficient de solubilité} \times \text{différence de pression partielle}}{\text{épaisseur de la membrane alvéolo - capillaire}}$$



# Gradient de pression partielle du CO<sub>2</sub>



## Hyperventilation



**Hyperventiler** est un moyen efficace pour éliminer le gaz carbonique de l'organisme

(↓ PCO<sub>2</sub>)

**Hyperventiler** a peu d'effet sur l'apport en oxygène dans le sang

(⊥ PO<sub>2</sub>)

# Œdème pulmonaire

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

*L'épaisseur* de la membrane alvéolo-capillaire peut augmenter lors d'un **œdème pulmonaire** +++

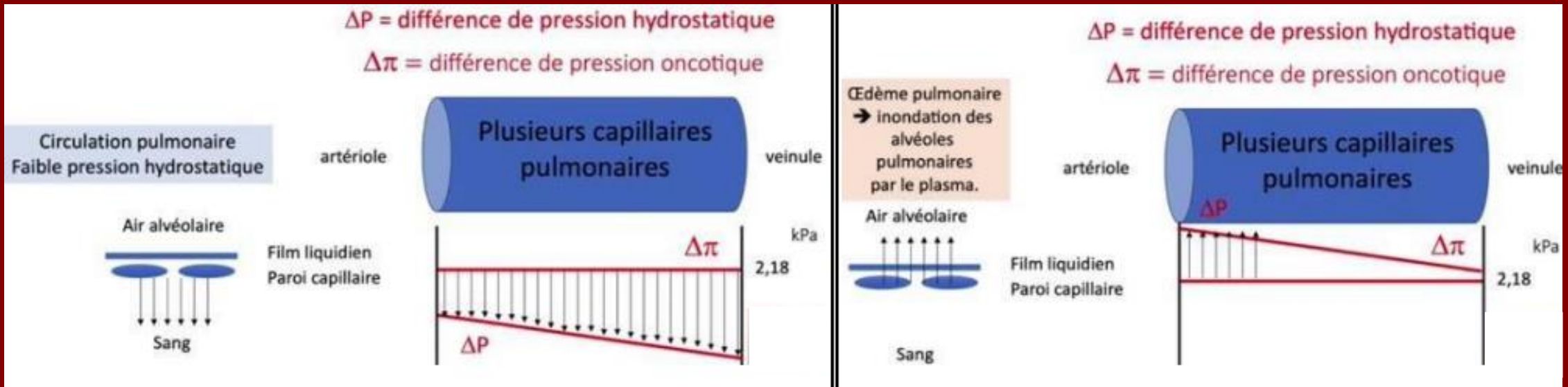
=

Diminution du flux de gaz

=

Dyspnée ou essoufflement car manque d'oxygène ☹️

# Insuffisance cardiaque



Situation normale :

$\Delta \pi$  TOUJOURS SUPERIEUR à  $\Delta P$

=

Flux de l'alvéole vers le capillaire

Insuffisance cardiaque :

$\Delta P$  DEVIENT SUPERIEUR à  $\Delta \pi$

=

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  $PO_2$  atmosphérique diminue :

Ainsi la  $PO_2$  alvéolaire diminue

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.**



# QCM TIME n°2 LES APPRENTIS SORCIERS !!!!

**RDV SUR SOCRATIVE**

**Nom de la salle : PHYSIOLOVER**





# QCM 1 : A propos des flux transmembranaires, indiquez la ou (les) proposition(s) exacte(s) :

- A) L'hémostase correspond aux transferts de gaz entre l'air et le sang
- B) L'air atmosphérique possède une  $PO_2$  très faible
- C) L'air alvéolaire possède une  $PCO_2$  très faible
- D) L'air alvéolaire est réchauffé, hydraté, enrichi en gaz carbonique et épuré des éventuelles particules en suspension
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

# QCM 1 : A propos des flux transmembranaires, indiquez la ou (les) proposition(s) exacte(s) :

- A) ~~L'hémostas~~ correspond aux transferts de gaz entre l'air et le sang Attention c'est l'**Hématose** ++++
- B) L'air atmosphérique possède une  $PO_2$  très faible
- C) L'air alvéolaire possède une  $PCO_2$  très faible
- D) L'air alvéolaire est réchauffé, hydraté, enrichi en gaz carbonique et épuré des éventuelles particules en suspension
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

QCM 2 : A propos de la diffusion des gaz à travers la membrane, indiquez la ou (les) proposition(s) exacte(s) :

- A) La diffusion des gaz obéit à la loi de Fick
- B) Le gradient de pression partielle est un élément déterminant de l'hématose
- C) L'hyperventilation permet d'épurer le sang en gaz carbonique
- D) L'épaisseur de la membrane alvéolo-capillaire peut augmenter en cas d'œdème pulmonaire
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

QCM 2 : A propos de la diffusion des gaz à travers la membrane, indiquez la ou (les) proposition(s) exacte(s) :

- A) La diffusion des gaz obéit à la loi de Fick
- B) Le gradient de pression partielle est un élément déterminant de l'hématose
- C) L'hyperventilation permet d'épurer le sang en gaz carbonique
- D) L'épaisseur de la membrane alvéolo-capillaire peut augmenter en cas d'œdème pulmonaire
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses



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

---

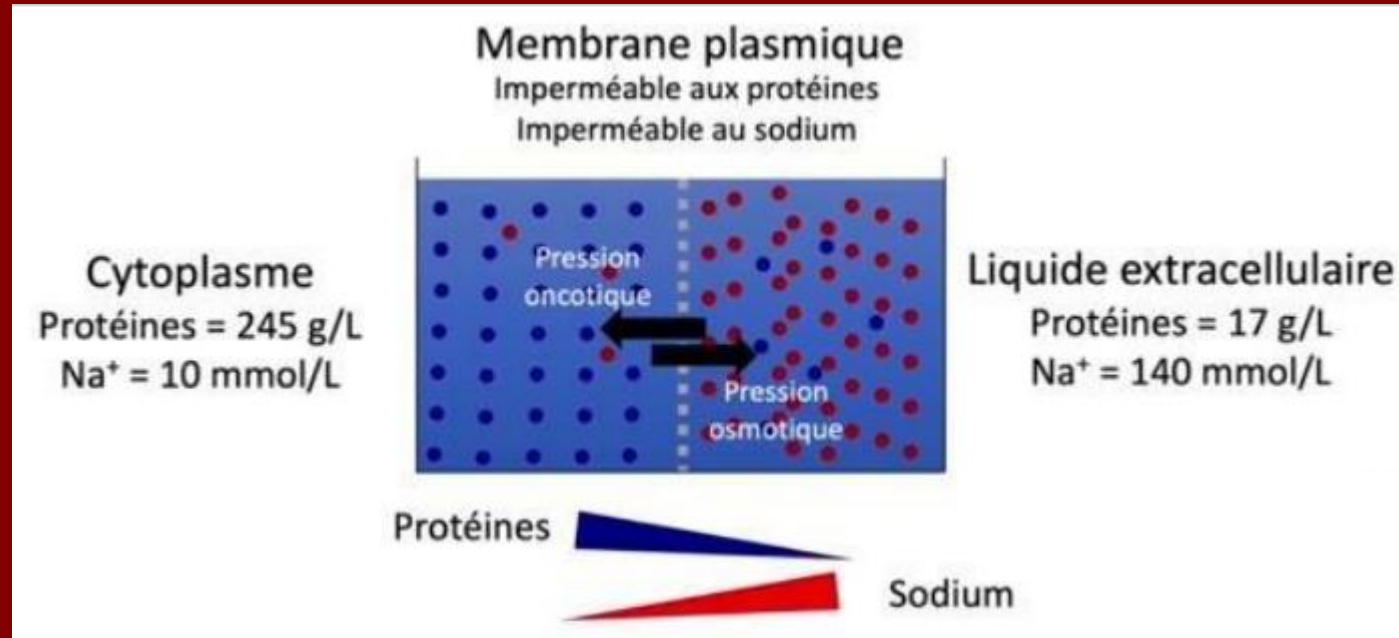
ATTENTION !!! Membrane plasmique  $\neq$  membrane des capillaires

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  $\text{Na}^+$  faible)
- Possède des *aquaporines* (protéines permettant la diffusion facilitée de l'eau)



# Equilibre entre pression osmotique et oncotique



*\*Etat normal*  
= l'eau  
diffuse  
autant de D  
à G que de G  
à D

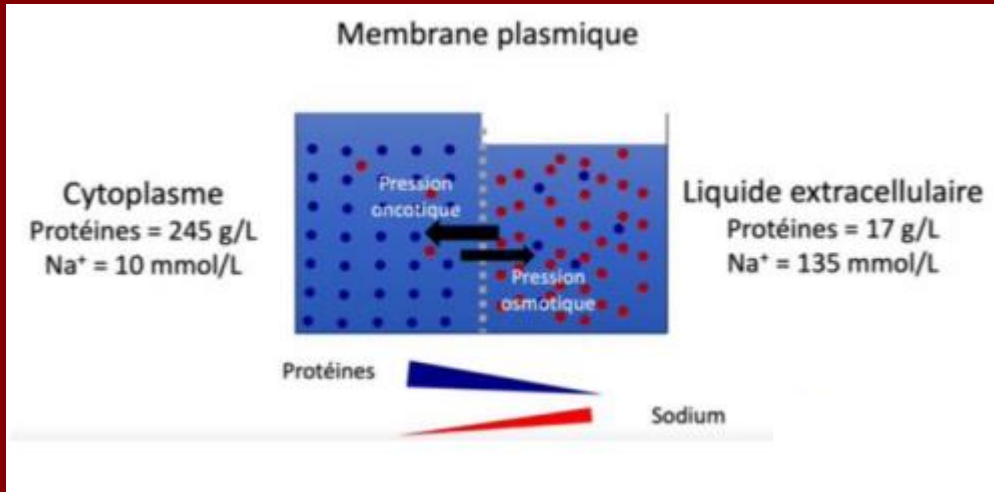
**Membrane plasmique** sépare le cytoplasme du liquide extracellulaire (la composition entre les 2 est très ≠)

**CYTOPLASME** : forte **pression oncotique** car grande qté de protéines

**LIQUIDE EXTRACELLULAIRE** : forte **pression osmotique** car grande qté sodium

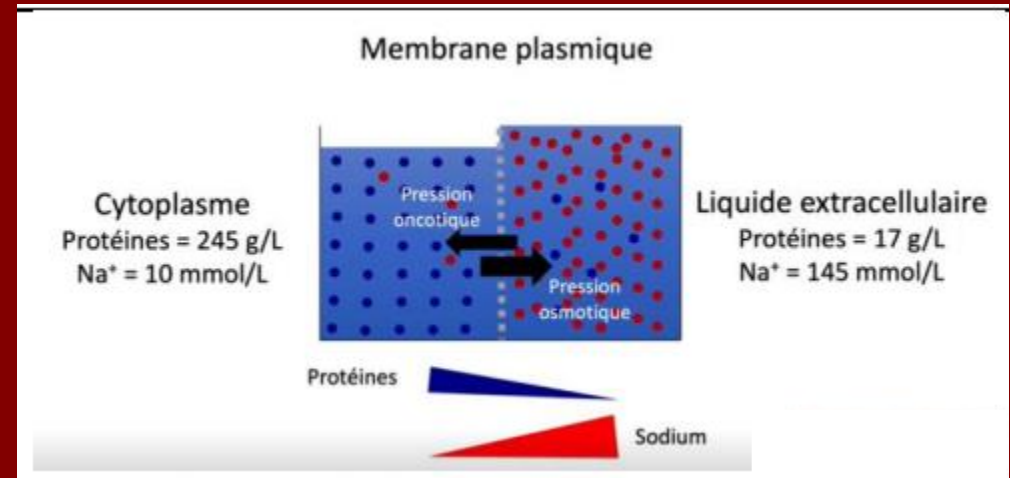


# Variations de la concentration de sodium dans le liquide extracellulaire



Diminution  $[\text{Na}^+]$

- \* Inflation cytoplasme
- \* Diminution volume extracellulaire

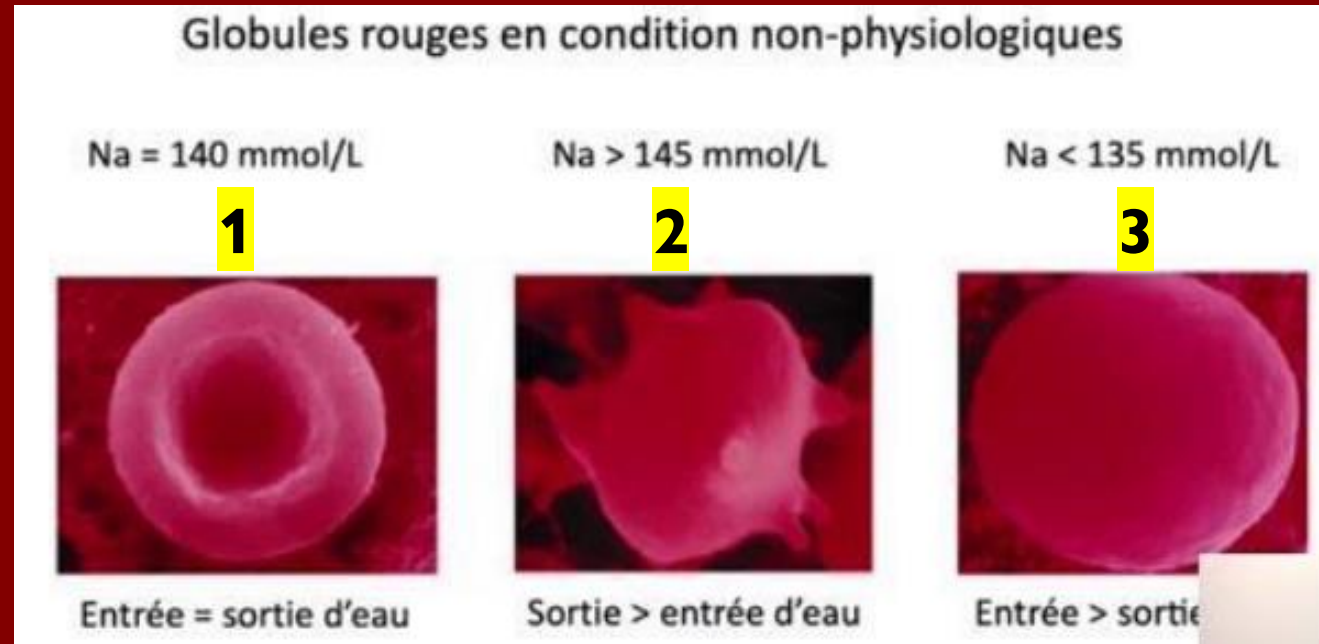


Augmentation  $[\text{Na}^+]$

- \* Diminution volume cellulaire (cytoplasme)
- \* Augmentation volume extracellulaire

⇒ l'eau va diffuser à l'endroit où il y a le + de sodium

# Variations extrêmes de la concentration de sodium



**1**

GB normal avec  
**morphologie en  
anneau**

Entrée eau = sortie eau

**2**

GB avec trop de sodium  
**morphologie en  
oursin**

Entrée eau < sortie eau

**3**

GB avec peu de sodium  
**morphologie en  
ballon**

Entrée eau > sortie eau

# Tonicité de la 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.

# LAST QCM TIME LES APPRENTIS SORCIERS

!!!!

**RDV SUR SOCRATIVE**

Nom de la salle : PHYSIOLOVER



QCM 1 : A propos de l'équilibre osmotique dans la membrane plasmique, indiquez la ou (les) proposition(s) exacte(s) :

- A) La membrane plasmique est perméable à l'eau et aux protéines
- B) La membrane plasmique se comporte comme si elle était imperméable au sodium
- C) Dans le cytoplasme on observe une forte pression oncotique
- D) Dans le liquide extracellulaire, on observe une forte pression osmotique
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses



QCM 1 : A propos de l'équilibre osmotique dans la membrane plasmique, indiquez la ou (les) proposition(s) exacte(s) :

- A) La membrane plasmique est perméable à l'eau et aux protéines
- B) La membrane plasmique se comporte comme si elle était imperméable au sodium
- C) Dans le cytoplasme on observe une forte pression oncotique
- D) Dans le liquide extracellulaire, on observe une forte pression osmotique
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

QCM 2 : A propos de l'équilibre osmotique dans la membrane plasmique, indiquez la ou (les) proposition(s) exacte(s) :

- A) Si la concentration en sodium du liquide extracellulaire baisse, on observe une augmentation du volume du liquide extracellulaire
- B) Si la concentration en sodium du volume extracellulaire augmente, on observe une diminution du volume du liquide extracellulaire
- C) Si le GR a une morphologie normale en anneau, les sorties de sodium sont supérieures aux entrées de sodium
- D) La tonicité d'une solution dépend de toutes les osmoles en solution sauf du sodium
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

QCM 2 : A propos de l'équilibre osmotique dans la membrane plasmique, indiquez la ou (les) proposition(s) exacte(s) :

- A) Si la concentration en sodium du liquide extracellulaire baisse, on observe une ~~augmentation~~ du volume du liquide extracellulaire
- B) Si la concentration en sodium du volume extracellulaire augmente, on observe une ~~diminution~~ du volume du liquide extracellulaire
- C) Si le GR a une morphologie normale en anneau, ~~les sorties de sodium sont supérieures aux entrées de sodium.~~ C'est =
- D) La tonicité d'une solution dépend de toutes les osmoles en solution ~~sauf du sodium.~~ **QUE DU SODIUM**
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

# FIN !!!!!!!!!!!

Merci pour votre attention ♥



Vous quand vous connaîtrez ce cours par ♥