

Coucou ! On se retrouve aujourd'hui pour un nouveau cours. Il est assez petit comparé à d'autres et personnellement c'était l'un de mes préférés. Il s'inscrit dans la rubrique "transfert transmembranaires". Ce cours, c'est 100% de la compréhension. Si vous avez la moins moindre question sur une plusieurs notions de ce cours, n'hésitez pas à me poser la question sur le forum. Trêve de blabla et on y va !

# Transferts transmembranaires:

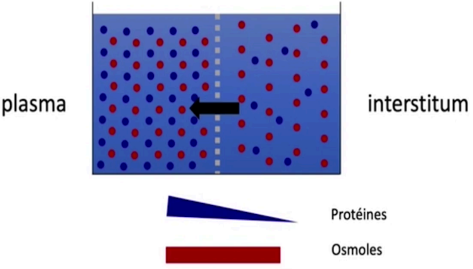
## L'Ultrafiltration

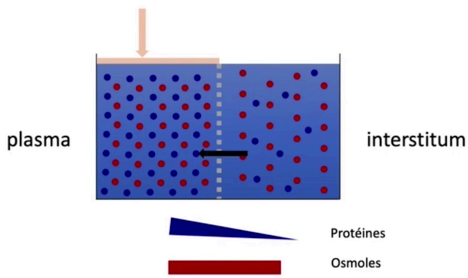
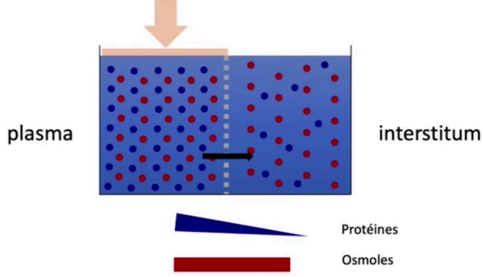
### I-Ultrafiltration à travers les membranes biologiques

#### A)Rôles des forces en présence

Pour commencer, je vais faire un petit point sur les définitions importantes:

- **Osmole:** Petite molécule en solution
- **Ultrafiltration:** Passage uniquement d'eau et d'osmoles à travers les membranes biologiques (donc pas les protéines car elles sont trop grosses)
- **Pression oncotique:** Dépend de la concentration de molécules en suspension (protéines). Elle se manifeste par la tendance de l'eau à aller vers le compartiment où la concentration en protéines est supérieure. → Du - concentré vers le + concentré. (cherche à aller vers l'intérieur des capillaires)

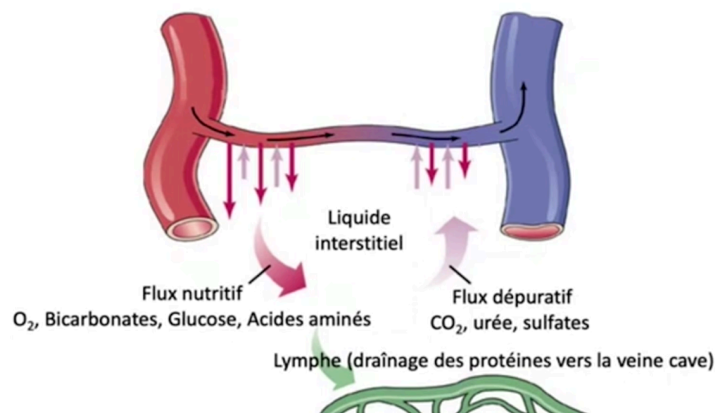
	<p>La <b>pression oncotique</b> est plus importante dans le compartiment de gauche (représente le <b>plasma</b>), car la concentration en protéine est plus grande.</p> <p>Le <b>plasma</b> est plus riche en protéines que l'<b>interstitium</b> ++++</p> <p><u>Interstitium:</u> espace entre les vaisseaux, les cellules...</p> <p>L'eau a donc tendance à passer du compartiment de droite vers le compartiment de gauche. (Du - vers le + on n'oublie pas)</p>
---	---

	<p>Si on exerce une <b>pression hydrostatique</b> sur le compartiment de gauche (le <b>plasma</b>), on <u>limite le flux hydrique</u> lié à la différence de <b>pression oncotique</b>.</p> <p>Le flux de l'eau dans le sens <b>interstitium</b> → <b>plasma</b> est donc <u>limité</u> grâce à cette pression hydrostatique.</p> <p><i>Regardez la taille de la flèche, on voit bien que le flux est moins important ici.</i></p>
	<p>Maintenant, nous pouvons voir que si on exerce une <b>pression hydrostatique supérieure</b> à la <b>pression oncotique</b>, on <u>inverse</u> le sens du flux hydrique</p> <p><i>La pression hydrostatique est <b>plus forte</b> que la pression oncotique, donc cette fois on ne limite pas mais on inverse bien le sens du flux.</i></p> <p>Le flux va donc <u>de gauche à droite</u> (du + concentré vers le - concentré)</p>

La situation décrite ci-dessus reflète ce qu'il se passe en réalité dans les capillaires standards de notre organisme.

*Maintenant on va donc s'intéresser à la réalité des choses...*

## Ultrafiltration à travers les **capillaires standards**



➡ Au **pôle artériel** (à gauche), la **pression hydrostatique** (flèche rouge) est forte au départ puis elle diminue de + en + au fur et à mesure qu'on se rapproche du **pôle veineux**.

*(Les transferts de liquide permis par la pression hydrostatique sont représentés par les flèches dirigées vers le bas, vers le liquide interstitiel)*

➡ La **pression oncotique** est représentée par les flèches en sens inverse, dirigée vers le haut c'est-à-dire vers le capillaire. La pression oncotique reste identique tout au long du capillaire.

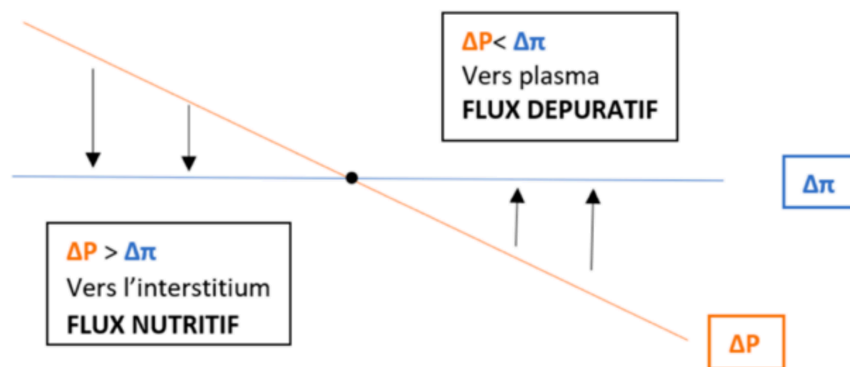
Il existe donc un **déséquilibre** entre **pression oncotique** et **hydrostatique**, il détermine:

⇒ Un **flux nutritif** au **pôle artériel**. En effet la **pression hydrostatique** est supérieure à la **pression oncotique**. Ce flux assure un **apport** d'oxygène, d'acides aminés et de glucose aux tissus;

*Les nutriments vont à l'extérieur +++*

⇒ Un **flux dépuratif** au **pôle veineux**. En effet la **pression oncotique** est supérieure à la **pression hydrostatique**. Il y a **épuration** du gaz carbonique, de l'urée, de sulfate et d'autres déchets.

*Les déchets rejoignent les veines +++*



Nota bene:

- $\Delta \pi$  correspond à la **pression oncotique**
- $\Delta P$  correspond à la **pression hydrostatique**

## Relation de Starling

La relation de Starling met en équation les forces dont on vient de parler.

c = capillaire  
i = interstitiel  
P = pression hydrostatique  
 $\pi$  = pression oncotique

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

Gradient de pression hydrostatique
Gradient de pression oncotique

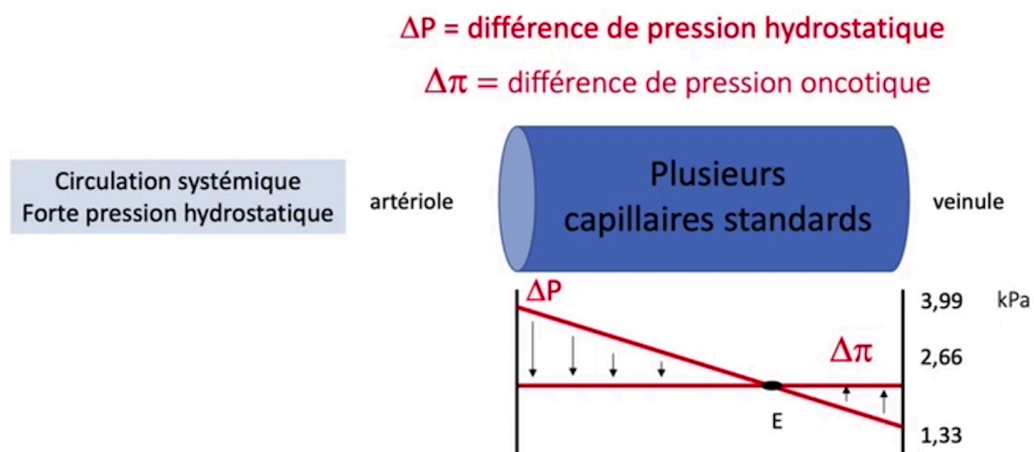
Le débit d'ultrafiltration est **proportionnel** à la **différence** entre le **gradient de pression hydrostatique** et le **gradient de pression oncotique**.

Petite précision:

- **Pression oncotique:** favorise le transfert du liquide depuis le liquide interstitiel vers le capillaire
- **Pression hydrostatique:** pulse à l'intérieur des capillaires et favorise le transfert du liquide depuis le capillaire vers le liquide interstitiel.

Cette relation aide à savoir quelle pression prédomine et donc dans quel sens se dirigera le fluide. Comme les deux pressions ont des sens opposés, celle qui prédomine impose le sens des échanges.

Qu'est-ce que cela donne dans la circulation systémique, une circulation à forte pression hydrostatique ?



➡ Le gradient de **pression oncotique**  $\Delta \pi$  ne varie pas de l'extrémité artérielle à l'extrémité veineuse des **capillaires**.

➡ Le gradient de **pression hydrostatique  $\Delta P$**  est maximal au pôle **artériel** et diminue petit à petit jusqu'au pôle **veineux** à cause des frottements qui correspondent à la perte de charge (les frottements exercés sur les parois des capillaires).

Ainsi du côté **artériolaire**, l'équilibre des gradients est en faveur **d'une sortie du liquide** de la lumière des capillaires vers le liquide interstitiel.

**Au pôle veineux c'est l'inverse.**

*Oui ça se répète beaucoup je sais, mais la répétition est à la base de l'enseignement et je tiens à vous dire que c'est très importants de connaître tout ça car le prof aime bien faire des QCM sur ce sujet donc on apprend +++++*

Au point d'équilibre **E**, les gradients de pression sont équivalents et à cet endroit, les flux sont de même intensité dans les 2 sens.

Au point d'équilibre (E)  
 $\Delta P = \Delta \pi$   
Pas d'ultrafiltration

### **Caractéristiques des *capillaires standards***

Il s'agit des capillaires les plus fréquents notamment au niveau cutané et musculaire.

Ils possèdent les propriétés suivantes:

⇒ Ils sont perméables à l'eau et aux osmoles mais **imperméables** aux **protéines+++**

⇒ Les pressions qui s'exercent à l'intérieur sont: une **pression hydrostatique** (exercée par le coeur et **positive**) et une **pression oncotique** importante et **stable+++** (**70 g/L**)

⇒ Une **pression externe** qui est la **pression hydrostatique des tissus** qui est légèrement **négative**. En effet, ces derniers ont une **élasticité** qui exerce une **traction** sur les structures qui les entourent.

Il y a également une **faible pression oncotique externe** exercée par les protéines (**17 g/L**)

## Effet Donnan et **capillaires standards**

Tout d'abord information importante !

L'effet Donnan se produit **uniquement** dans les **capillaires standards +++++**

*Attention aux pièges QCM !*

*Enzo, il sert à quoi l'effet Donnan ? Patience j'y viens...*

L'effet Donnan est un effet qui a des **conséquences** intéressantes sur la **perméabilité des capillaires standards**.

Il permet de répartir des **charges négatives** à **l'intérieur** de la lumière des capillaires

Membrane capillaire		
Plasma	-   +	Liquide interstitiel
	-   +	
	-   +	
Na <sup>+</sup> = 150 mmol/kg d'eau	-   +	Na <sup>+</sup> = 144 mmol/kg d'eau
	-   +	
	-   +	
Cl <sup>-</sup> = 109 mmol/kg d'eau	-   +	Cl <sup>-</sup> = 114 mmol/kg d'eau
	-   +	
	-   +	
Protéines = 70 g/l	-   +	Protéines = 17 g/l
	-   +	
Somme des anions = somme des cations	-   +	Somme des anions = somme des cations

Ces charges éloignent les protéines de la face interne des capillaires et évitent qu'ils ne s'encrassent comme des filtres.

Mais il se trouve que les protéines sont **majoritairement électronégatives !!!**

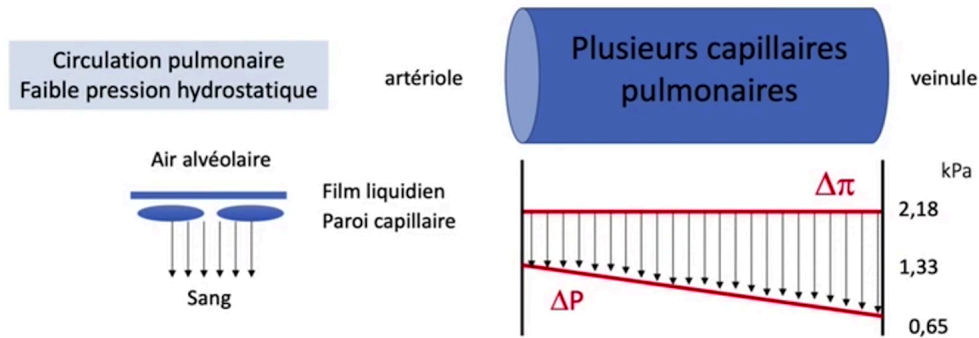
Ces dernières sont donc **repoussées** (car les charges de même signe se repoussent) de la membrane capillaire **évitant que celles-ci s'encrassent** sur la membrane. **C'est ça l'effet Donnan**. Les protéines ne sont plus sur les parois et les fluides peuvent passer sans problème.

### **B) Les différents types de membranes biologiques**

## Les **capillaires pulmonaires**

Dans la circulation pulmonaire, il y a une **faible pression hydrostatique**.

*L'équilibre entre les gradients de pression est donc différent par rapport à ce que l'on vient de voir.*



➔ Le gradient de **pression oncotique  $\Delta\pi$**  ne varie pas entre le pôle **artériel** et le pôle **veineux**.

➔ Le gradient de **pression hydrostatique  $\Delta P$**  diminue également du pôle **artériel** au pôle **veineux** en raison de la perte de charge. Mais cette fois-ci on remarque qu'il est **toujours inférieur +++** (en valeur absolue) au gradient de **pression oncotique**.

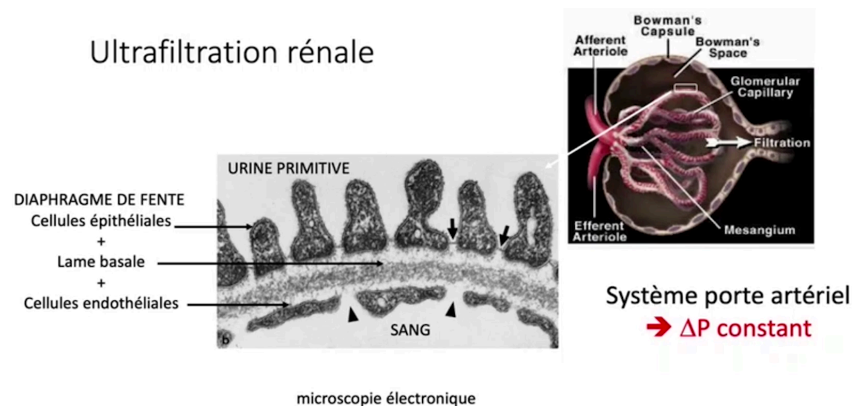
Cela signifie que les alvéoles pulmonaires sont en **permanence drainées** et que le liquide qui y règne n'est qu'un petit **film liquidien** à travers lequel se font les **échanges gazeux**.

⇒ Le liquide est donc **TOUJOURS** dirigé vers les **capillaires** pour que les alvéoles ne soient pas **noyées**.

## Ultrafiltration rénale : diaphragme de fente

*A l'intérieur des reins, le régime de pression est encore différent.*

Il y a un **système porte artériel** qui est à **très forte pression** par rapport à la circulation systémique.



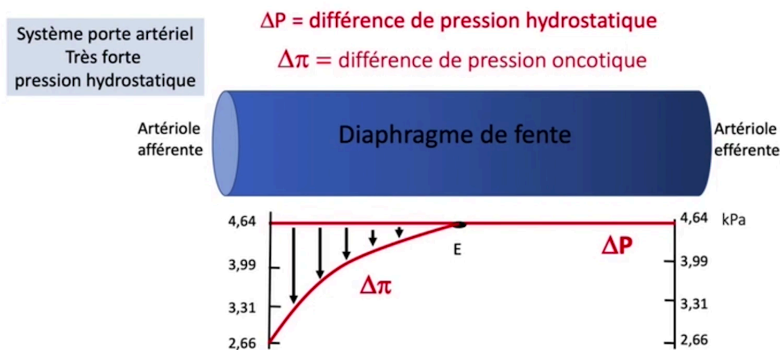
Les unités de filtration sont représentées par les glomérules (sur la photo de droite). Il y a 3 types de vaisseaux sanguins:

- Les artérioles **afférentes** en haut
- Les artérioles **efférentes** en bas
- Les capillaires **glomérulaires**

Si on grossit au microscope un capillaire glomérulaire, on peut observer:

- Les cellules **épithéliales** (digitations) en haut
- La **lame basale** au milieu
- Des cellules **endothéliales aplaties** en bas

A l'intérieur du diaphragme de fente (de bas en haut pour le diaphragme), il y a une **ultrafiltration**. Le système est à **forte pression hydrostatique** (à cause du système porte).



➔ Le gradient de **pression hydrostatique**  $\Delta P$  ne varie **PAS** de l'artériole **afférente** à l'artériole **efférente**.

➔ Le gradient de **pression oncotique**  $\Delta \pi$  **AUGMENTE** jusqu'à se retrouver au même niveau que  $\Delta P$  et à ce moment là **le flux s'arrête**.

Le plasma **filtre** à travers le diaphragme de fente, les protéines **se concentrent** donc à l'intérieur du plasma car tout le liquide se dirige à l'extérieur du capillaire.

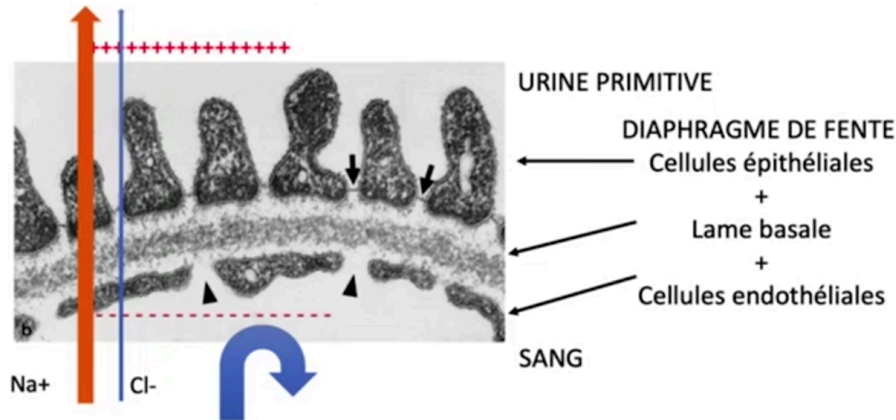
*C'est mathématiques tout ça,  $C = \frac{n}{V}$ , il y a la même quantité de protéines mais comme le volume diminue, la concentration en protéines augmente.*

Ce rapport des gradients indique donc qu'il y a une ultrafiltration qui va **TOUJOURS du capillaire vers l'urine primitive**.

**! Il n'y a pas de protéines dans l'urine primitive !** Si bien que ce  $\Delta \pi$  arrive au **niveau d'équilibre**.



## Force électrostatique et maintien du filtre



Protéines électronégatives  
12,6 kg de protéines/jour

Différence de mobilité mécanique des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$

→ Les charges négatives sur l'endothélium éloignent les protéines

Pour éviter que le filtre glomérulaire ne **s'encrasse**, la **mobilité différentielle** du **sodium** et du **chlorure** à l'intérieur du diaphragme de fente crée une lumière capillaire **électronégative qui repousse les protéines**.

*On se souvient que la grande majorité des protéines sont électronégatives et que deux charges de même signe se repoussent !!*

### C)Épanchements et oedèmes

Lorsque les gradients de pression ne sont plus répartis correctement, du liquide extracellulaire va **s'accumuler**.

## L'instant définition

**Un oedème:** Lorsque du liquide s'accumule dans un **tissu sous cutané**.

⇒ Il se traduit par la présence du **signe du godet** qui est le fait de laisser la trace du doigt lorsqu'on appuie, **comprime le tissu sous cutané**. (Le prof mentionne la crête tibiale antérieure dans le cours).

⇒ L'oedème peut se trouver dans les **alvéoles pulmonaires**, cela provoquera une **dyspnée** (ou essoufflement), accompagné d'une **expectoration mousseuse et rosée** (la couleur du plasma).

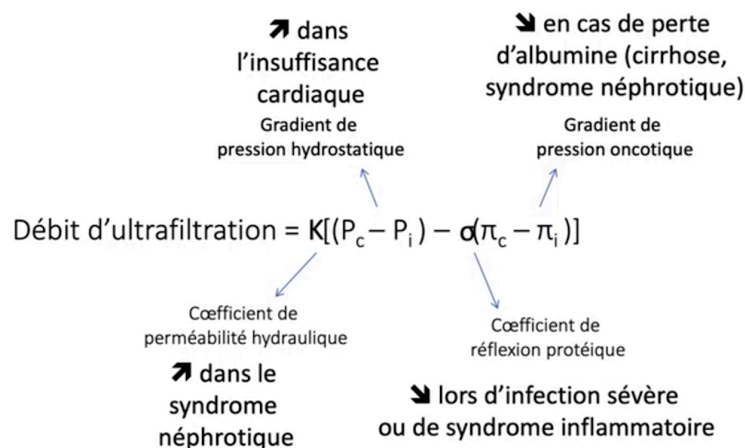
**Un épanchement:** Il s'agit d'une **accumulation de liquide extracellulaire** dans les **cavités virtuelles** de l'organisme (la plèvre, le péricarde et le péritoine).

Il existe différentes manières en cliniques de mettre en évidence les épanchements:

- **La pleurésie:** épanchement dans la **plèvre**  
⇒ Donne une **matité lors de la percussion** du thorax alors que généralement il est assez sonore.
- **La péricardite:** épanchement du **péricarde**  
⇒ Donne des **bruits de frottement** à l'auscultation.
- **L'ascite:** épanchement du **péritoine**  
⇒ Entraîne une **perception des vibrations** déclenchées par un pichenette d'un côté de l'abdomen.

## Déséquilibre des forces

La relation de Starling nous indique **comment** en pathologie les oedèmes et les épanchements se forment.



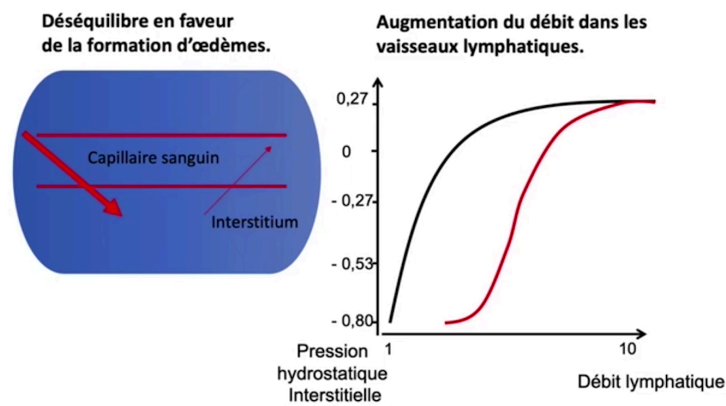
Dans l'insuffisance cardiaque, la cirrhose ou encore dans le syndrome néphrotique, les gradients de pressions ainsi que les coefficients de perméabilités ou de réflexion protéiques sont modifiés. *Gardez bien tout ça en tête.*

## Réseau de suppléance : capillaires lymphatiques

Il existe un **réseau de suppléance** dans l'organisme.

En effet, lorsque le flux de plasma s'extravase dans l'**interstitium** et qu'il rentre dans les capillaires par la suite dans une quantité moindre, il n'y a pas toujours la formation d'oedèmes ou d'épanchements.

Cela est possible car il existe un **réseau lymphatique** qui va être capable de conduire le liquide interstitiel vers la **veine cave supérieure**. (dans le coeur)



Ce réseau possède un débit qui **augmente de manière considérable** lorsque la **pression interstitielle** devient positive (voir le graphique au-dessus). Cela se produit lorsqu'il y a une quantité de liquide **anormale** dans **l'interstitium**.

*Normalement la pression dans l'interstitium est négative. Elle devient positive lorsqu'il y a trop de liquide dedans. C'est à partir de là que le réseau de suppléance se met en marche et il commence à drainer le liquide pour éviter la formation d'œdèmes et d'épanchements.*

Malheureusement, ce **réseau de suppléance** peut être saturé et la formation **d'œdèmes** et **d'épanchements** est possible.

Au cas où le liquide interstitiel serait **surabondant**, on a un décalage de cette courbe **vers la droite**, avec de forts débits lymphatiques pour des pressions normales dans l'interstitium.

## Conclusion

➡ L'ultrafiltration à travers les membranes biologiques concerne l'eau, l'ensemble des osmoles mais **PAS les protéines**. *Sauf dans les capillaires sinusoides du foie car il fabrique les protéines pour l'organisme.*

➡ La relation de Starling désigne l'équilibre des forces responsables de l'ultrafiltration.

➡ Le déséquilibre de ces forces est **extrêmement fréquent** en médecine.

*Petit récap pour vous c'est cadeau (merci Mammoniac pour l'inspiration):*

Capillaires <b>standards</b>	Capillaires <b>pulmonaires</b>	Capillaires <b>rénaux</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pôle artériel et veineux</li> <li>- <math>\Delta\pi</math> <b>STABLE</b></li> <li>- <math>\Delta P</math> <b>DIMINUE</b></li> </ul> <p><u>SI <math>\Delta P &gt; \Delta\pi</math></u>: flux <b>nutritif</b></p> <p><u>SI <math>\Delta\pi &gt; \Delta P</math></u>: flux <b>dépuratif</b></p> <p>Présence de <u><b>l'effet Donnan</b></u> (et uniquement ici !!!!!)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pôle artériel et veineux</li> <li>- <math>\Delta\pi</math> <b>STABLE</b></li> <li>- <math>\Delta P</math> <b>DIMINUE</b></li> </ul> <p><u><math>\Delta\pi</math> toujours <math>&gt;</math> à <math>\Delta P</math></u></p> <p><u>Un seul flux:</u></p> <p><b>Alvéoles <math>\rightarrow</math> Capillaires</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Artériole afférente et efférente</li> <li>- <math>\Delta\pi</math> <b>AUGMENTE</b></li> <li>- <math>\Delta P</math> <b>STABLE</b></li> </ul> <p>Diaphragme de fente</p> <p><b>PAS</b> de <b>protéines</b> dans l'urine !!!</p> <p><u>Un seul flux:</u></p> <p><b>Capillaires <math>\rightarrow</math> Urine primitive</b></p>

*La fiche est terminée, bravo d'avoir tenu jusqu'au bout ! Ce cours, je le répète ici, est très accés sur la compréhension donc prends ton temps pour bien tout comprendre. Si jamais tu as des questions sur certaines notions, n'hésite pas à me poser des questions sur le forum.*

*A la prochaine et bon courage !!!!!*