

## SDR et questions au professeur

### COURS N°2 : POTENTIELS CHIMIQUES, DIFFUSION ET CONVECTION

#### 1- QCM du professeur sur la dialyse

**QCM** : Vous utilisez un rein artificiel composé d'une membrane imperméable aux protéines mais perméable aux osmoles pour séparer le sang (C1) d'une solution isotonique au plasma et dépourvue de protéines en suspension (C2). C1 et C2 sont soumis à la même pression hydrostatique. Plusieurs phénomènes se produisent. Lesquels ?

1. Ultrafiltration
2. Passage d'eau et d'osmoles de C1 vers C2
3. Passage d'eau et d'osmoles de C2 vers C1
4. Passage d'eau seule de C2 vers C1
5. Les propositions A, B, C et D sont fausses

**Réponses** : A et C

*Pourquoi la proposition C est-elle correcte ? Les deux solutions sont isotoniques, donc la solution C2 contient des osmoles efficaces qui ne traversent pas la membrane. L'énoncé ne donne pas d'informations supplémentaires sur la composition de C2 : on suppose qu'il n'y a pas d'osmoles non efficaces.*

*Il est question de membrane de dialyse artificielle. Le sodium passe à travers et ce n'est pas une osmole efficace dans ce cas (contrairement au cas où on utilise une membrane plasmique). **La membrane de dialyse est une membrane ne laissant passer que les micromolécules.** Le sodium passe de C2 à C1 parce que la pression oncotique est plus forte en C1 qu'en C2.*

*Par rapport à ce QCM aussi : peut-on parler d'une ultrafiltration si les osmoles vont du milieu extérieur vers le milieu intérieur ? Ne doit-on pas parler d'absorption ?*

*Non, le terme d'absorption est réservé aux transports de solutés à travers les épithéliums. Ici, on est hors du corps humain. Il y a passage d'osmoles à travers une membrane sélective : il y a ultrafiltration.*

#### 2- Pourquoi deux liquides de même pression osmotique ne sont pas forcément isotoniques ?

Osmolarité : concentration en osmoles par litre de plasma

Osmolalité : concentration en osmoles par kg d'eau plasmaticque

→ Eau non disponible pour diluer les osmoles dans le plasma

Pression osmotique : force mobilisant l'eau de part et d'autre d'une membrane

→ Dépend des seules osmoles qui ne traversent pas la membrane

→ Membrane héli ou semi-perméable : membrane perméable à l'eau seulement (concept biophysique : elle est absente de l'organisme).

La pression osmotique est la pression exercée par les osmoles. Elle n'est observable que dans le cas de la membrane hémiperméable, qui est un concept et non une réalité biologique.

Membrane plasmique : membrane perméable de façon régulée à certaines osmoles, qui présente des pompes  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  qui maintiennent une différence de potentiel électrique. Il y a donc des passages de glucose, d'acides aminés, d'urée et de toute sorte d'osmoles à travers les canaux, les échangeurs et les co-transporteurs.

Osmolarité efficace ou pression osmolaire efficace : force mobilisant l'eau de part et d'autre des membranes plasmiques dans l'organisme. La seule osmole efficace de l'organisme est le sodium : la différence de concentration en sodium d'un côté à l'autre de la membrane entraîne de passage d'eau et induit un tonus sur la membrane plasmique.

Tonicité = osmolarité efficace = natrémie  $\times 2 = 280 \text{ mmol/L}$ .

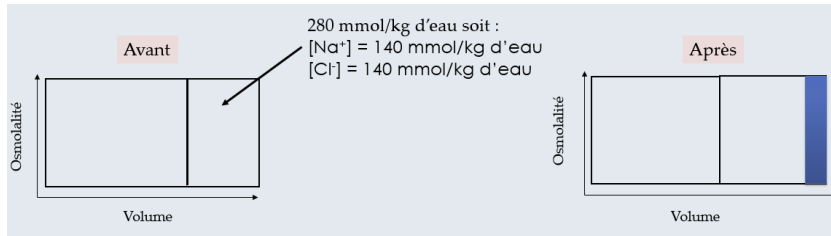
Quand on parle de tonicité, on se focalise sur l'eau. Quand on parle d'osmolalité, on regarde plutôt les molécules qui vont passer à travers la membrane.

### 3- Perfusion d'une solution : QCM 1 de la SDR

Sur ces schémas, on a le volume cellulaire à gauche, le volume extracellulaire à droite, séparés par une membrane cellulaire. On a l'osmolalité en ordonnée et le volume en abscisse. On utilise l'osmolalité en ordonnée pour pouvoir comparer les perfusions d'osmoles efficaces et celle d'osmoles non efficaces ; on se souvient que le  $\text{Na}^+$  est une osmole efficace mais qu'elle est également prise en compte dans le calcul de l'osmolalité.

→ Perfusion d'un litre d'une solution isotonique avec 8,2 g de NaCl/kg d'eau : il y a autant de sodium par kilo d'eau que ce qu'il y a dans le secteur extracellulaire.

Ici, on ne modifie pas l'osmolalité de la solution ; on augmente simplement le volume extracellulaire sans causer de transfert d'eau.



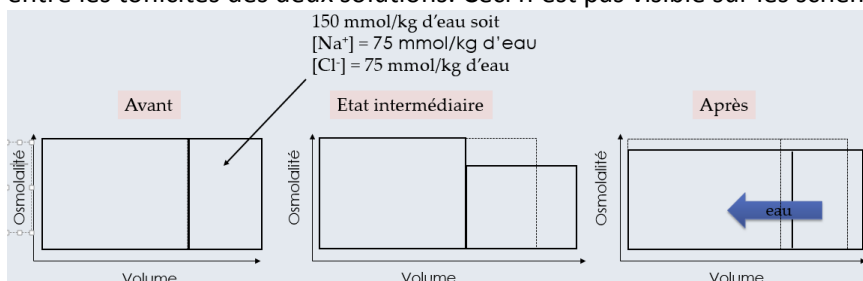
→ Perfusion d'1 litre d'une solution hypotonique avec 4,5 g de NaCl/kg d'eau.

1/ Au moment de la perfusion, on augmente le volume extracellulaire et on diminue l'osmolalité extracellulaire de la solution.

2/ Il y a donc un transfert d'eau et d'osmoles non efficaces du compartiment extracellulaire au compartiment cellulaire de façon à rétablir l'équilibre d'osmolalité. *Ce n'est pas le soluté ajouté qui diffuse car il est composé de sodium, qui ne passe pas la membrane, mais la solution initialement présente dans le secteur extracellulaire (eau et osmoles non efficaces) : là est la différence avec la perfusion d'une solution iso-osmotique d'urée.*

3/ Au final, l'équilibre entre les 2 compartiments se fait avec des volumes plus élevés qu'avant la perfusion.

On diminue aussi l'osmolarité efficace du compartiment extracellulaire, car on le « dilue ». Le transfert d'eau et d'osmoles non efficaces du compartiment extracellulaire au compartiment cellulaire permet de rétablir l'équilibre entre les tonicités des deux solutions. Ceci n'est pas visible sur les schémas.



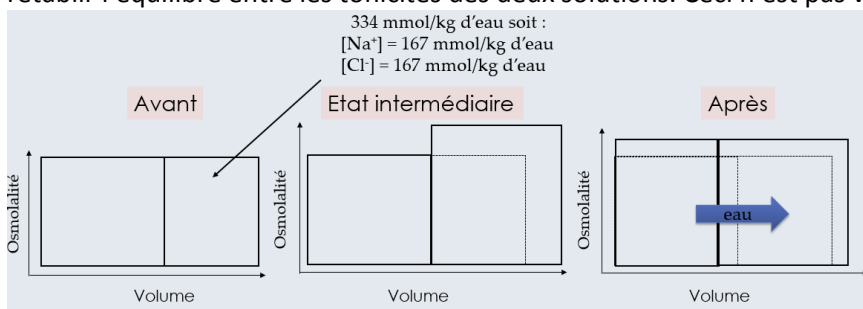
→ Perfusion d'1 litre d'une solution hypertonique avec 10 g de NaCl/kg d'eau.

1/ On augmente l'osmolalité et le volume du secteur extracellulaire.

2/ Pour rétablir l'osmolalité, on a une « fuite d'eau » du secteur cellulaire vers le secteur extracellulaire.

3/ Au final, l'osmolalité globale augmente, le volume cellulaire diminue et le volume extracellulaire augmente.

On augmente aussi l'osmolarité efficace du compartiment extracellulaire en perfusant une solution hypertonique. Le transfert d'eau et d'osmoles non efficaces du compartiment cellulaire au compartiment extracellulaire permet de rétablir l'équilibre entre les tonicités des deux solutions. Ceci n'est pas visible sur les schémas.



→ Perfusion d'1 litre d'une solution isoosmotique d'urée et d'eau.

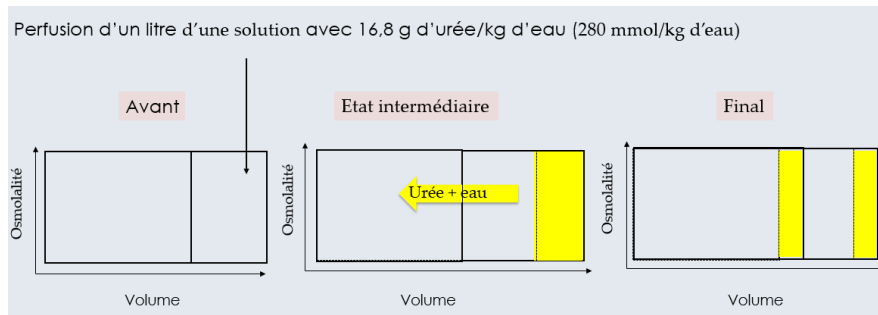
Attention, ici on n'est plus isotonique.

1/ On a augmentation du volume extracellulaire et diminution de la tonicité du secteur extracellulaire : on le dilue.

2/ Il va y avoir passage d'urée vers le secteur intracellulaire pour réaliser son équilibre de diffusion et arriver à un potentiel chimique nul : ici, l'osmolalité est conservée tout au long du phénomène grâce aux mouvements d'eau qui suivent l'urée.

Ce mouvement d'urée permet dans le même temps de rétablir l'équilibre d'osmolarité efficace.

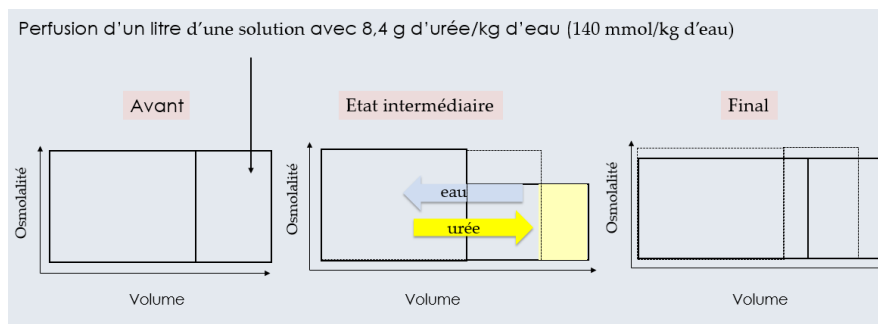
3/ Après ce transfert, l'osmolarité efficace a diminué des deux cotés de la membrane et les deux volumes ont augmenté. Néanmoins cela n'induit pas de transferts d'eau supplémentaires.



→ Perfusion d'1 litre d'une solution hyposmotique.

1/ On diminue l'osmolalité du secteur extracellulaire.

2/ De l'eau va passer du secteur extracellulaire au secteur intracellulaire tandis que des osmoles non efficaces du secteur cellulaire (comme de l'urée) vont diffuser du secteur intracellulaire au secteur extracellulaire pour rétablir l'osmolalité (et par le même moyen, l'osmolarité efficace).



#### 4- Question : concentrations en $\text{Na}^+$ et $\text{Cl}^-$ entre plasma et liquide interstitiel

La concentration molale du Na est plus forte dans le plasma que dans le liquide interstitiel. La concentration molale du Cl est plus forte dans le liquide interstitiel que dans le plasma. Ce n'est pas pareil pour les concentrations molaires.

$\text{Na}^+$			$\text{Cl}^-$	
plasma	liquide interstitiel		plasma	liquide interstitiel
150	144	osmolalité (mmol/kg)	109	114
142	144	osmolarité (mmol/L)	103	114

Ceci est dû à la présence de protéines dans le plasma qui influe sur le calcul de l'osmolalité.

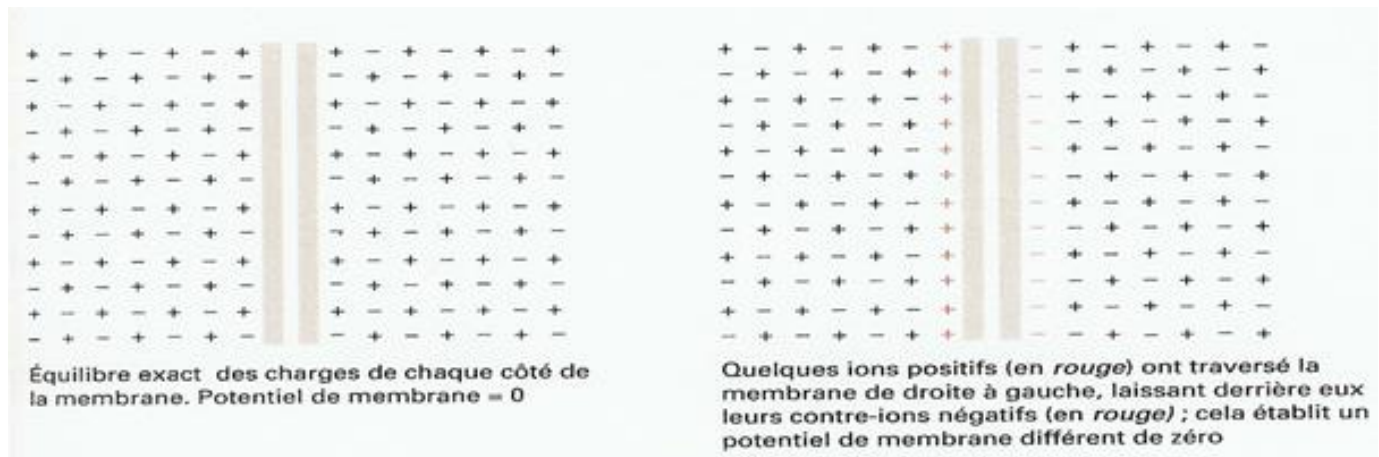
Cette année, les valeurs données en cours sont celles de l'osmolalité.

**COURS N°3 : POTENTIEL ELECTRIQUE ET COURANTS OSMOTIQUES****5- Relation de Nernst**

**QCM** : La relation de Nernst met en rapport le potentiel électrique d'un ion à l'équilibre avec son potentiel chimique. Elle s'applique à certaines des situations suivantes, lesquelles ?

- A) Potentiométrie
- B) Transports ioniques à travers la membrane plasmique
- C) Transports protéiques à travers la membrane plasmique
- D) Fonctionnement de l'électrode d'Arsonval

**Réponse** : En cours les réponses données étaient ABC mais la bonne réponse est ABD.

**6- Potentiel de membrane et asymétries de charges : QCM 3 de la SDR**

**Le potentiel de membrane est un phénomène local.** En pratique, il n'y a pas de contradiction avec le fait que les solutions soient électroneutres et le fait qu'il y ait une asymétrie de charge.

Ici on a une membrane avec deux solutions de chaque côté, et lorsque qu'une faible quantité d'ion va s'accumuler plutôt d'un côté que de l'autre, on a un potentiel électrique transmembranaire. Ceci ne met pas en péril l'électroneutralité de la partie de la solution qui ne borde pas la membrane parce qu'il faut très peu d'asymétrie pour créer un potentiel électrique transmembranaire.

**Il y a asymétrie de charge sur une épaisseur très fine au niveau de la membrane seulement.**  
**A distance de la membrane, les solutions sont électroneutres.**

Exemple analogue :

→ Source de chaleur dans une pièce

La température en deux points de la pièce sera la même, mais si on s'approche de la source de chaleur elle augmente.

→ Ecoulement laminaire :

Dans un vaisseau sanguin de gros calibre, on considère la vitesse globale comme homogène sur toute la surface de la section du conduit, et on ne regarde pas ce qui se passe sur les parois du vaisseau : à cause des frottements, les molécules y sont immobiles.

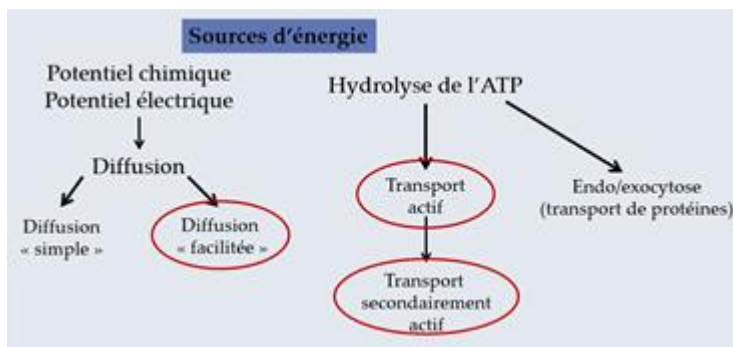
**7- Que se passe-t-il lors d'une variation de la concentration de potassium extracellulaire ?**

$$\text{Potentiel électrique } K^+ = -60 \log \frac{[K^+]_{\text{intracellulaire}}}{[K^+]_{\text{extracellulaire}}}$$

→ Si  $[K^+]_{\text{extracellulaire}}$  augmente de 1 mmol, il y a une dépolarisation de la cellule de 8 mV.

→ Si  $[K^+]_{\text{extracellulaire}}$  diminue de 1 mmol, il y a une hyperpolarisation de la cellule de 6mV.

## 8- Traversée de la membrane plasmique



Il y a des transports actifs et des transports passifs.

A droite, les transports passifs = la diffusion. Elle peut être simple (elle se passe alors de transporteurs moléculaires) ou facilitée.

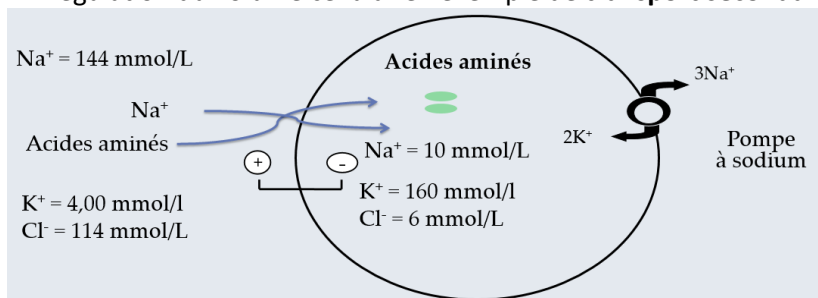
A gauche, les transports actifs (on ne parle pas des endo/exocytoses, c'est juste pour rappeler que ça existe).

Dans le transport passif facilité, le transport actif et le transport secondairement actif, on a l'intervention d'un transporteur moléculaire qui peut être :

- un canal, qui laisse passer la substance à laquelle il est perméable
- un cotransporteur, qui laisse passer deux, trois ou plus substances différentes dans le même sens
- un échangeur, qui laissent passer une substance dans un sens et l'autre en sens inverse

### I/ APPLICATION A LA CELLULE

→ Régulation du volume cellulaire : exemple de **transport secondairement actif**



Dans cette cellule on a une concentration en sodium faible, une concentration en potassium forte et une forte quantité d'acides aminés. En effet cette cellule catabolise des protéines en acides aminés, d'où leur concentration importante.

Le potentiel chimique des acides aminés n'est pas favorable à leur entrée. Imaginons qu'on veuille faire rentrer des acides aminés contre leur gradient de concentration : il va falloir passer par un système de co-transport secondairement actif.

Le potentiel chimique du  $\text{Na}^+$  est favorable à son entrée grâce à la pompe à sodium qui le pompe à l'extérieur de la cellule. Le potentiel électrique du sodium est également favorable à son entrée dans la cellule. On associe alors les acides aminés avec l'ion sodium pour qu'ils rentrent dans la cellule grâce à un co-transporteur.

C'est un transport secondairement actif car il est en deux temps :

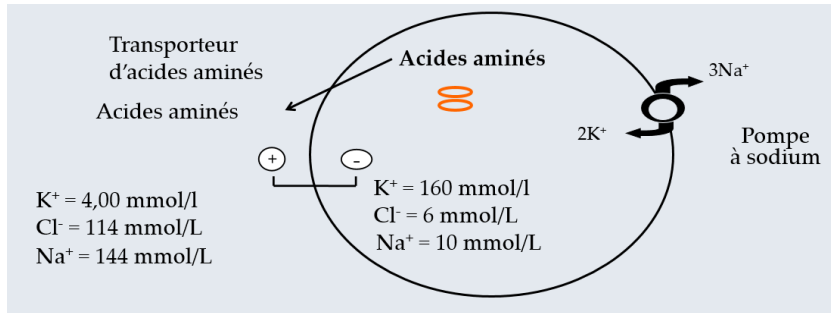
1/ création du potentiel chimique et électrique du sodium grâce à la pompe à sodium

2/ entrée du sodium et des acides aminés (contre leur gradient de concentration) grâce aux potentiels chimiques et électriques du sodium via un co-transporteur.

*Pourquoi on parle de « régulation du volume cellulaire » ? Parce que cette entrée de sodium et d'acides aminés provoquent une entrée d'eau qui va augmenter le volume cellulaire.*

Un exemple de transport actif dans cette illustration serait le transport du sodium par la pompe à sodium.

→ Régulation du volume cellulaire: **diffusion facilitée**



Le potentiel chimique des acides aminés est favorable à leur sortie : diffusion facilitée par des canaux perméable aux acides aminés.

*Pourquoi on parle de « régulation du volume cellulaire » ? Parce que cette sortie d'acides aminés provoque une sortie d'eau qui va diminuer le volume cellulaire.*

→ **Il n'y a pas de diffusion simple au travers de la membrane cellulaire sauf pour les gaz** carboniques et l'ammoniac car ils sont capables de traverser les couches hydrophobes de la membrane plasmique.

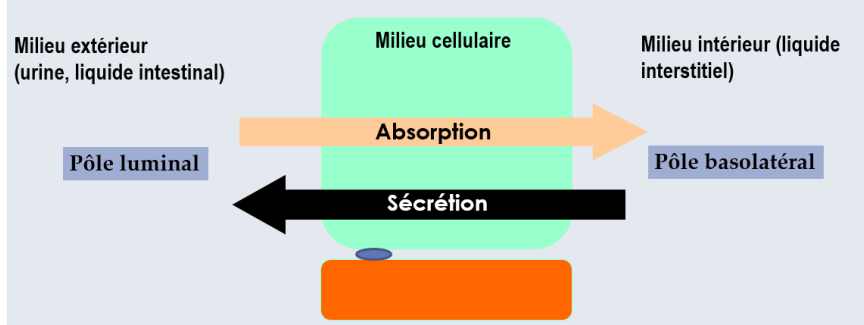
## II/ APPLICATION AUX EPITHELIUMS

### → Définition des transports transépithéiaux

Les épithéliums sont des structures composées de cellules polarisées, situées à l'interface entre le milieu intérieur (ici représenté par le liquide interstitiel) et le milieu extérieur de l'organisme (urine primitive, bol alimentaire de l'intestin, l'air alvéolaire, la bile).

Le pôle basolatéral des cellules épithéliales est du côté du milieu intérieur et le pôle luminal est du côté du milieu extérieur.

Absorption : extérieur → intérieur et sécrétion : intérieur → extérieur



### → Effet de la polarisation électrique transépithéliale : **transport secondairement actif**

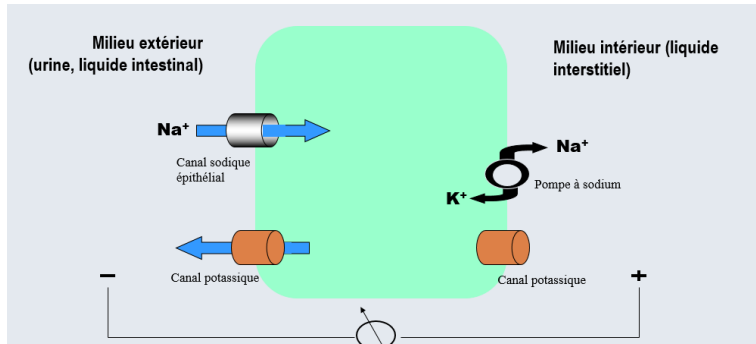
Ici on a une pompe à sodium du côté basolatéral et un canal sodique au pôle luminal.

Lorsque la pompe fonctionne, elle envoie le sodium cytoplasmique vers le milieu intérieur, donc elle crée un gradient chimique favorable à l'entrée du sodium du milieu extérieur vers le cytoplasme. L'entrée de sodium dans la cellule provoque un transfert de charges qui crée un potentiel électrique au niveau de la membrane épithéliale luminale - → +. L'action de la pompe au niveau basolatéral crée aussi un potentiel électrique, mais inverse (vu qu'on est de l'autre côté) : - → +.

On schématise tout cela par une différence de potentiel électrique transépithélial : c'est négatif dans le milieu extérieur et positif dans le milieu intérieur.

Le potassium accumulé à l'intérieur de la cellule par le fonctionnement de la pompe à sodium va pouvoir sortir de la cellule en fonction de son gradient chimique (il y en a besoin dans la cellule et beaucoup moins hors de la cellule, quel que soit le côté) puisque les canaux de chaque côté sont ouverts. Le choix qu'il va faire est de diffuser vers le milieu extérieur parce qu'en plus du potentiel chimique, on a un potentiel électrique favorable à cette sortie. On a donc une sécrétion de potassium.

Les transports de sodium et de potassium au niveau de la face luminale de la cellule épithéliale sont des transports secondairement actifs.



### → Transport para-cellulaire



Ces transports para-cellulaires dépendent de la nature des jonctions para-cellulaires :

- jonctions lâches : passage par diffusion simple d'eau et d'osmoles en solution. La force motrice est leurs potentiels chimique et électrique transépithéliaux globaux
- jonctions serrées : passage par diffusion facilitée de certaines substances sélectionnées par la nature des transporteurs.

Attention, la diffusion simple est possible :

- en para-cellulaire quand les jonctions sont lâches pour les osmoles et l'eau
- en trans-cellulaire seulement pour les gaz

On ne peut pas dire que « le passage d'eau à travers les épithéliums se fait surtout en para-cellulaire par diffusion facilitée ».

→ Une jonction serrée ne laisse pas passer l'eau contrairement à une jonction lâche.

→ Le passage para-cellulaire de l'eau dans une jonction lâche se fait par diffusion simple (pas d'aquaporines)

La diffusion d'eau est toujours simple mais la diffusion d'osmoles peut être facilitée lorsqu'on est face à un épithélium à jonctions serrées.

## COURS N°4 : POTENTIEL D'ACTION NEURONAL

### 9- Concernant la propagation du potentiel d'action : QCM 5 de la SDR

La conduction de l'influx nerveux est non décrementielle au niveau de l'axone car elle est régénérée de proche en proche par des potentiels d'action qui vont, de manière automatique, se reproduire jusqu'à la synapse. Cela explique la composante membranaire de la propagation.

Néanmoins il ne faut pas oublier que le courant osmotique qui est responsable du potentiel seuil de la zone gâchette et du déclenchement de ces potentiels d'action de proche en proche passe dans le corps de l'axone (son cytoplasme) et comme tout conducteur, plus le diamètre est important, plus la vitesse de conduction est importante.

**Composante cytoplasmique** : plus le **diamètre de l'axone** est grand, plus le potentiel d'action déclenché ponctuellement se transmet loin : la conductance électrique du cytoplasme est proportionnelle au diamètre de l'axone. → Un gros axone conduit le potentiel d'action plus vite qu'un petit axone.

**Composante membranaire** : plus la **surface axonale** est grande, plus il faut de temps pour la dépolariser. → La diminution de la surface excitable augmente la vitesse de propagation du potentiel d'action.



Les deux composantes vont s'associer pour permettre d'augmenter la vitesse de propagation du potentiel d'action : on va augmenter le diamètre et réduire la surface grâce à la myéline.

**La vitesse de conduction des potentiels d'action est proportionnelle au diamètre de l'axone toutes choses égales par ailleurs, lorsque que les deux axones sont myélinisés.**

→ le prof précisera toujours s'il y a ou pas de la myéline, et quelle composante il regarde, no worries.

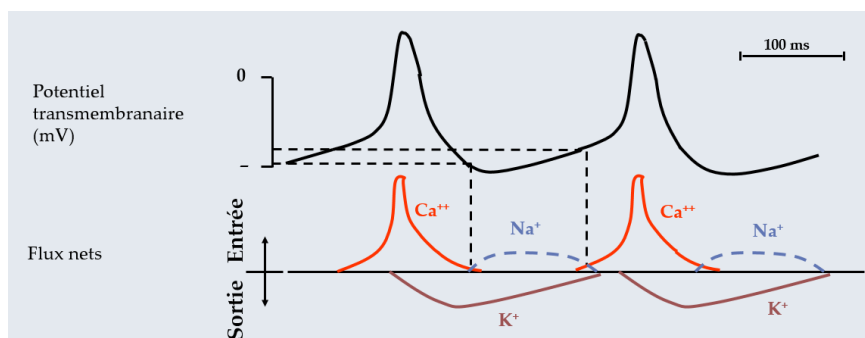
Il n'y a pas de PA dans le corps neuronal mais des variations de polarité membranaire : le potentiel transmembranaire peut être plus proche de 0 : dépolarisation ou plus négatif : hyperpolarisation en fonction des neurotransmetteurs impliqués.

Lorsque ce potentiel de membrane arrive au niveau de la zone gâchette (qui est à la naissance de l'axone), s'il est supérieur à un seuil défini, à ce moment-là et seulement à ce moment-là, on a déclenchement d'un potentiel d'action qui naît de la zone gâchette et qui se propage dans l'axone de manière non décrementielle.

→ **On parle donc de potentiel de membrane au niveau du corps cellulaire, et de potentiel d'action (ou de potentiel de membrane) dans l'axone à partir de la zone gâchette.**

## COURS N°5 : POTENTIELS D'ACTION CARDIAQUE ET ELECTROCARDIOGRAMME

### 10- Les courants intervenant dans les cellules nodales et les cardiomyocytes : QCM 6 de la SDR



1/ entrée massive de calcium : déclenchement du potentiel d'action

2/ au moment où ce potentiel d'action arrive à son sommet, il décroît car l'entrée de  $\text{Ca}^{2+}$  ralentit et il y a une sortie de potassium qui commence : au final, on a plus de sortie que d'entrée de charges positives de la cellule : il y a repolarisation

3/ à un moment donné, le mouvement du potassium va s'arrêter : il va en sortir moins. En même temps, on a une entrée de  $\text{Na}^+$  dans la cellule, ce qui permet sa dépolarisation lente et spontanée : on a plus d'entrée que de sortie de charges positives de la cellule. Ici on a surtout une entrée de sodium.

cellule nodale		phase	cardiomyocyte
pic d'entrée de $\text{Ca}^{2+}$	potentiel d'action	0	pic d'entrée de $\text{Na}^+$ canaux voltage dépendants
		1	sortie de $\text{K}^+$
		2	entrée de $\text{Ca}^{2+}$ sortie de $\text{K}^+$
ralentissement de l'entrée de $\text{Ca}^{2+}$ sortie de $\text{K}^+$ <i>sortie <math>\text{K}^+</math> &gt; entrée <math>\text{Ca}^{2+}</math></i>	repolarisation	3	ralentissement de l'entrée de $\text{Ca}^{2+}$ sortie de $\text{K}^+$
ralentissement de la sortie de $\text{K}^+$ entrée de $\text{Na}^+$ , canaux funny <i>entrée <math>\text{Na}^+</math> &gt; sortie <math>\text{K}^+</math></i>	dépolarisation spontanée	4	potentiel de repos



## 11- Question sur les canaux voltage dépendants

Ont-ils un mécanisme direct ou indirect ?

Canaux V dépendants entrent dans les deux cas : **directs et indirects**.

- directs : la fixation du ligand sur le canal entraîne directement l'ouverture de ce canal
- indirects : la fixation du ligand sur un récepteur à distance du canal entraîne l'ouverture du canal par une signalisation intracellulaire.

## 12- La borne neutre de Wilson : QCM 7 de la SDR

Ce sont les dériviations qui ont permis la transformation des variations d'intensité de variation d'un courant dans un galvanomètre en mouvements sinusoïdes sur un écran.

Pour comprendre ce que voulaient dire les variations d'intensité qu'on enregistrerait dans un galvanomètre, Einthoven a pris un pôle négatif et un pôle positif reliés deux à deux et chacun formant un côté d'un triangle : ce sont les dériviations DI, DII, DIII.

On projette sur celles-ci les mouvements du galvanomètre qui dépendent du sens et de l'intensité du courant.

On parle de dérivation juste pour le triangle d'Einthoven.

Pour les bissectrices du triangle et les électrodes précordiales, on parle d'électrodes exploratrices. Ce sont donc aVR, aVL, aVF et V1, V2, V3, V4, V5, V6.

Pourquoi cette confusion ? Ça fait plus appel à de la réflexion qu'à la volonté de poser des QCMs, parce que c'est compliqué cette histoire.

La borne centrale de Wilson, ce n'est pas le centre électrique du cœur, bien que sur les schémas, au niveau de l'intersection des bissectrices de chaque côté du triangle se trouve la borne centrale, au niveau du centre électrique du cœur. C'est un raccourci. Borne centrale de Wilson  $\neq$  centre électrique du cœur

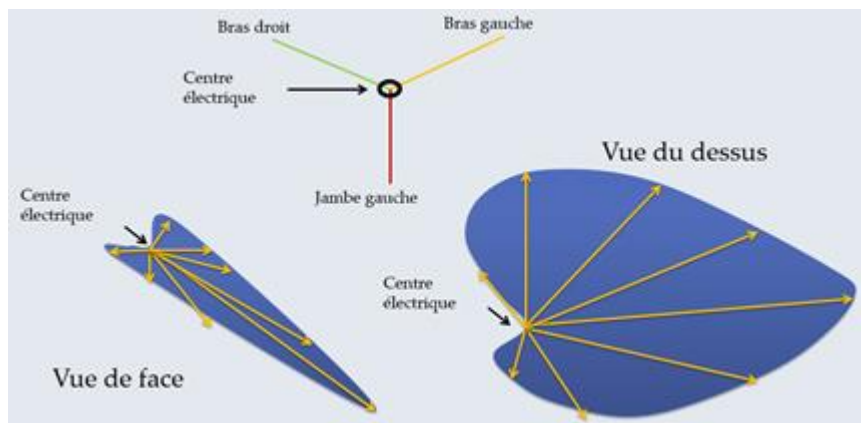
→ Centre électrique du cœur

C'est le point duquel part le vectocardiogramme, à partir duquel part :

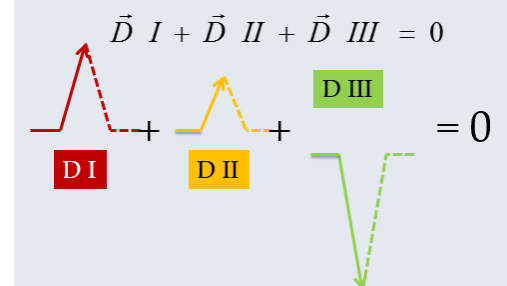
- le vecteur que l'on va projeter dans chacune des dériviations DI, DII, DIII (plan frontal)
- le front de dépolarisation que l'on va étudier avec les électrodes V1 à V6 (plan transversal)

Ce centre électrique, intersection entre les bissectrices, ne correspond pas à la borne centrale de Wilson.

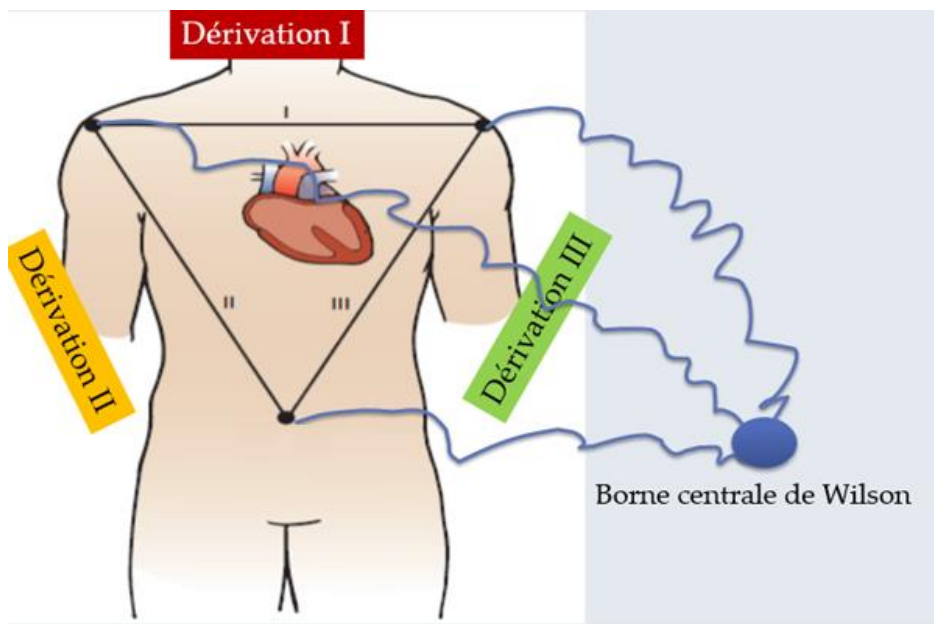
La borne centrale de Wilson, c'est la réunion des trois sommets du triangle.



Si additionne à tout moment les projections sur les dériviations DI, DII, DIII, on obtient ceci :



Le potentiel à la réunion des trois sommets est nul. Ça c'est la borne centrale.



Quand on est loin du cœur, c'est-à-dire sur les dérivations périphériques DI DII DIII, on utilise le principe de la projection orthogonale pour définir le sens et l'intensité du courant.

Quand on étudie aVR, aVL, aVF : elles sont « reliées » à la borne centrale de Wilson par le montage électrique. Ceci permet de d'enregistrer les courants lorsque l'on a une variation du potentiel. La borne centrale de Wilson est électriquement neutre, mais pour pouvoir orienter les vecteurs aVR, aVL, aVF, on la considère comme un pôle négatif. On peut appliquer la projection orthogonale.

Pour les électrodes précordiales V1 V2 V3 V4 V5 et V6, celles qui sont proches du cœur, on sort de la représentation d'Einthoven. On voit un front de dépolarisation s'approcher de l'électrode et sa progression. Là, le courant est positif si le front arrive vers l'électrode et négatif s'il s'en éloigne.

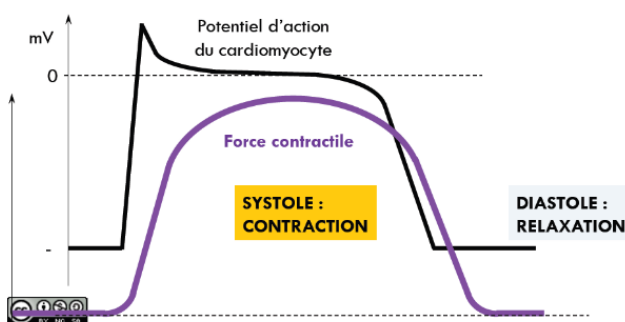
### 13- L'électrode noire, stabilisatrice

Non indispensable à l'enregistrement de l'ECG.

### 14- Systole diastole et contraction

D'un côté, on comprend que le potentiel d'action correspond à la contraction et à la relaxation du cardiomyocyte. Selon le schéma, le potentiel d'action du cardiomyocyte correspond uniquement à sa contraction et le potentiel de repos du cardiomyocyte à sa relaxation. Quelle est la bonne version ?

**Cellule contractile** Le potentiel d'action correspond à la **contraction et** à la **relaxation** du cardiomyocyte.



La ligne violette correspond à la force contractile qui augmente, atteint son maximum puis diminue pendant la durée du potentiel d'action. Ce schéma indique que les mouvements ioniques transmembranaires des phases 0 à 3 correspondent à une variation de la force contractile.

La contraction du cardiomyocyte correspond à la systole et sa relaxation à la diastole. **Le PA entraîne la contraction du cardiomyocyte donc la systole.**

### 15- Potentiel seuil du cardiomyocyte

Le cardiomyocyte est une cellule excitable ; il a la propriété de se dépolariser rapidement lorsque le potentiel de membrane atteint une valeur seuil.

La notion de valeur seuil est celle qu'il faut retenir. Peu importe la valeur absolue, qui est variable d'une cellule à l'autre.

## COURS N°6 : DOSAGE BIOPHYSIQUES ET BIOENERGETIQUE

### 16- Incertitudes

Il est écrit que l'incertitude relative est égale au rapport entre l'incertitude absolue et la valeur mesurée.

Ne serait-ce pas le rapport entre l'incertitude absolue et la valeur vraie ?

Ce qui ne va pas ici, c'est qu'une valeur n'est vraie que dans une fourchette plus ou moins large fonction de la précision de la mesure. La notion d'incertitude « absolue » indique que « la » valeur vraie n'existe pas.

Il faut retenir la formule que donne le prof, car pour lui il n'y a pas de valeur vraie, mais un intervalle de valeurs vraies.

### 17- Parathormone

Elle est hypercalcémiante.

### 18- L'électrophorèse

Permet-elle le dosage des protéines ou seulement leur identification ?

Elle permet **leur identification et leur dosage** ; pour le dosage :

- une appréciation comparative en regardant la largeur de la tâche
- dosage quantitatif si on fait migrer un témoin avec des concentrations connues à côté : dosage par comparaison

### 19- Effet Donnan

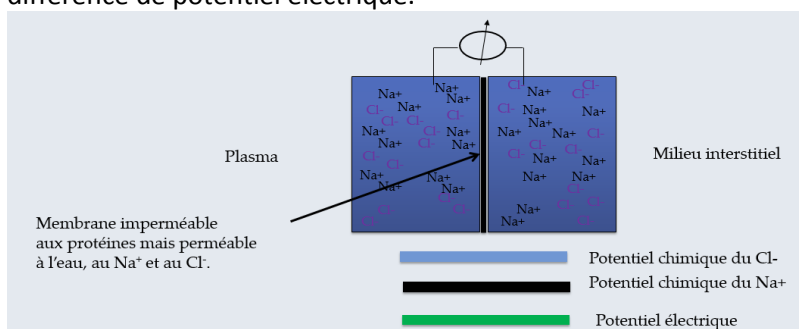
La différence de potentiel électrique et la différence de concentration en  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  persistent en permanence de part et d'autre de la membrane capillaire. L'effet Donnan n'est pas un phénomène transitoire. Une fois qu'il est installé, il est maintenu.

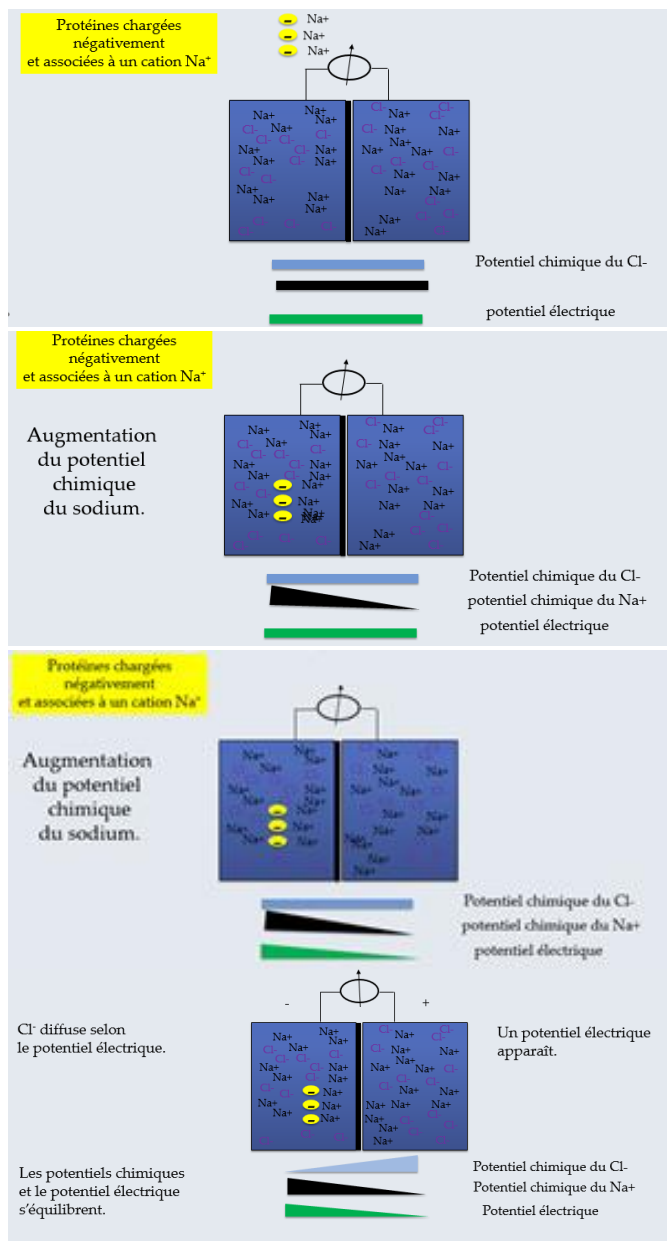
- Le  $\text{Na}^+$  n'atteint pas d'équilibre chimique : il est retenu par son potentiel électrique
- Le potentiel électrique ne s'annule pas

**L'effet Donnan est un phénomène permanent, il n'y a pas de « fin ». Les potentiels chimiques et électriques du  $\text{Cl}^-$  et du  $\text{Na}^+$  ne sont jamais nuls mais ils sont équilibrés.** Il y a un transfert permanent de molécules d'un côté à l'autre de la membrane pour maintenir l'équilibre entre les potentiels chimiques et électriques du  $\text{Na}^+$  et du  $\text{Cl}^-$ .

Quelle est la séquence d'événements se déroulant lors de l'introduction de Protéinate de sodium dans une solution ?

On a une membrane perméable à l'eau et aux osmoles mais imperméable aux protéines ; c'est la membrane des capillaires. De chaque côté de cette membrane, on a la même concentration de  $\text{Cl}^-$  et de  $\text{Na}^+$  et donc pas de différence de potentiel électrique.





On ajoute du protéinate de sodium (protéines +  $\text{Na}^+$ ) du côté gauche.

1° : dissociation des protéines négativement chargées et du  $\text{Na}^+$

On modifie le potentiel chimique du sodium puisqu'on en rajoute à gauche. Ceci va provoquer des mouvements de sodium vers le côté droit, selon son potentiel chimique.

2° : diffusion du  $\text{Na}^+$  selon son potentiel chimique

On a la création d'un potentiel électrique transmembranaire qui va provoquer des mouvements de Chlore.

3° : diffusion du  $\text{Cl}^-$  selon son potentiel électrique

On a la création d'un potentiel chimique du chlore, qui va équilibrer son potentiel électrique.

Au final, on a un équilibre entre potentiels électrique et chimique du  $\text{Na}^+$  et potentiels électrique et chimique du  $\text{Cl}^-$ .

## 20- Electroneutralité et asymétrie de charge

Pourquoi on dit que les solutions restent électroneutres sachant qu'il y a une asymétrie de répartition des charges ?

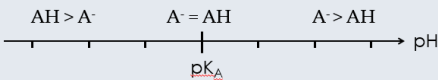
Parce que l'asymétrie de répartition des charges n'implique qu'une infime partie des ions présents.

Pourquoi y a-t-il une asymétrie de répartition des charges ?

L'asymétrie de charge existe parce que les protéines portent des charges négatives et ne traversent pas la membrane des capillaires. Elle persiste parce qu'on a un équilibre entre potentiels électrique et chimique du  $\text{Na}^+$  et potentiels électrique et chimique du  $\text{Cl}^-$ .

## 21- Rôle tampon des reins

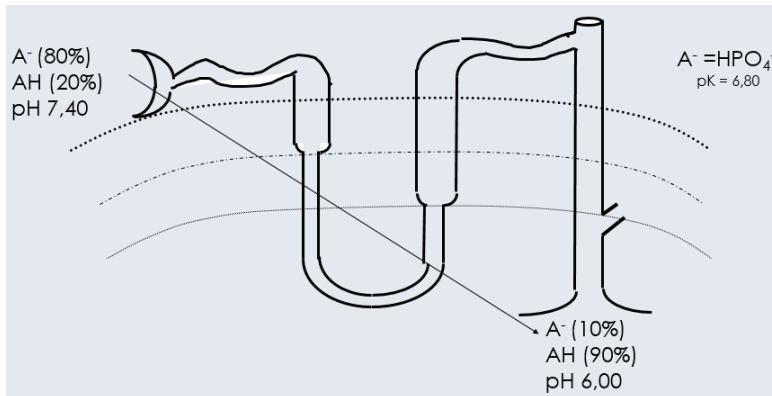
$$\text{pH} = \text{pK}_A + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]}$$



Lorsque l'on est en dessous du pKa, on a plus de forme AH.

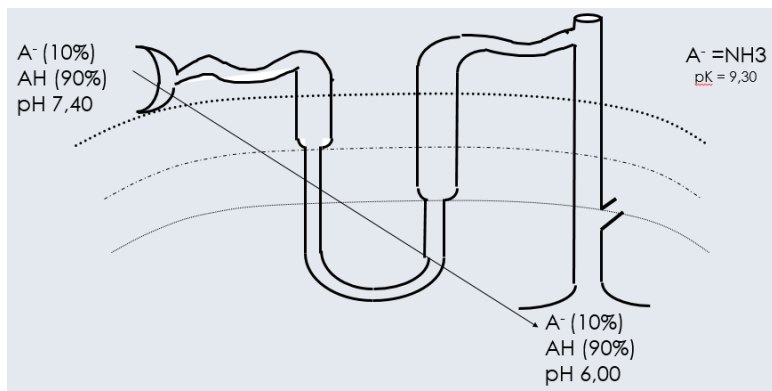
Dans le rein, on passe d'un pH plasmatique normal à 7,40 à un pH urinaire à 6,00 (par exemple).

## → Fixation des protons dans l'urine sur l'acide phosphorique



Le pKa de ce couple est à 6,80. On fait donc passer le pH urinaire de part et d'autre de ce pKa. Lorsque l'on fait ça, on fixe les protons sur la forme basique au début. L'acide phosphorique est absorbé à partir de l'intestin et non synthétisé par le rein : **sa concentration n'est pas variable**, il n'y a pas de marge de manœuvre de ce côté.

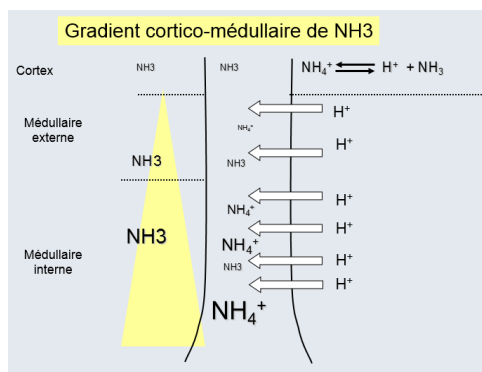
## → Fixation des protons dans l'urine sur l'ammoniac



C'est le tampon principal, celui sur lequel on va avoir une **réelle régulation**. Avec ce couple, le raisonnement que l'on vient de faire ne marche pas car le pKa est trop élevé. On tout au long du trajet de l'urine, on devrait rencontrer des acides, incapables de fixer un proton.

Comment on fait pour fixer un proton sur une forme AH majoritaire ?

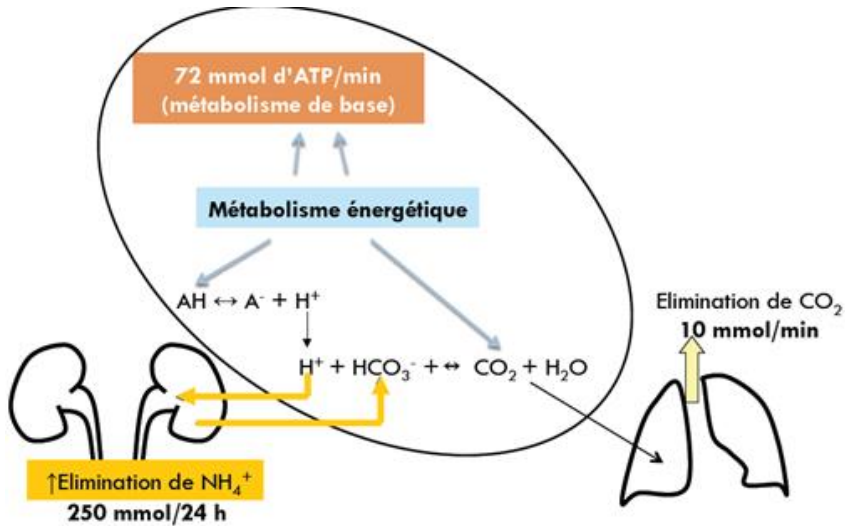
Non dit en cours :



Autour des canaux, donc dans le liquide intracellulaire, **on a un gradient de concentration du gaz NH3**. Il est faiblement concentré au niveau de l'entrée dans le rein, en surface de la corticale, et devient de plus en plus concentré au fur et à mesure de l'avancée vers la médulla rénale.

Cette disposition en gradient fait que l'on va avoir une disponibilité de l'ammoniac qui va être plus grande en bas qu'en haut et donc plus on a de sécrétion de proton plus on a de NH3 disponible pour les fixer. C'est ce gradient qui permet à ce couple acido basique d'être efficace. Ce gradient est formé par le rein : il synthétise et accumule du NH3, et c'est là-dessus que l'adaptation physiologique va jouer. Si on a besoin de sécréter des protons, on va augmenter la synthèse d'ammoniac.

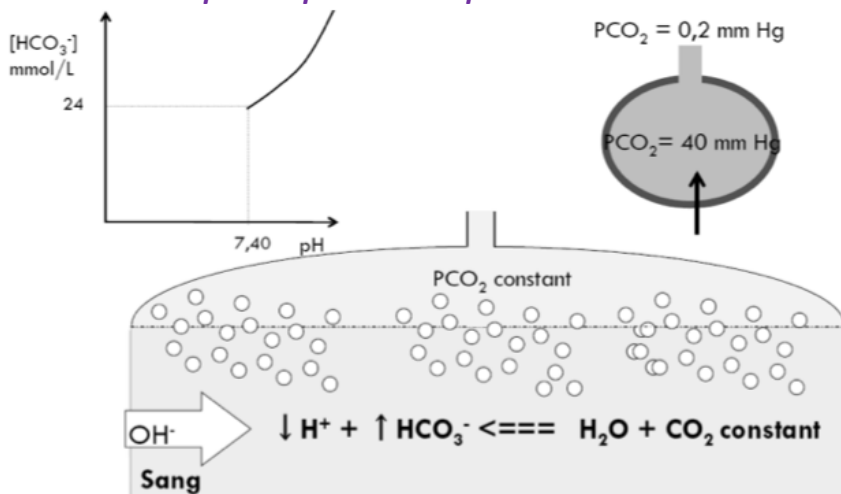
## 22- Rôle des reins dans l'élimination du H<sup>+</sup>



Les reins permettent :

- la régénération de bicarbonates sanguins. En échange, un proton sera envoyé dans l'urine.
- la diminution de la concentration d'ions H<sup>+</sup> sanguins. Les H<sup>+</sup> entrent dans le rein sous forme de CO<sub>2</sub> : ils se fixent sur les bicarbonates et forment du H<sub>2</sub>O et du CO<sub>2</sub> : le CO<sub>2</sub> pourra entrer dans les reins, là il subira l'action de l'anhydrase carbonique pour redonner un bicarbonate et un proton. Le proton sera sécrété dans l'urine, et le bicarbonate sera rejeté dans le plasma.

## 23- La soude pour le pouvoir tampon



Le diagramme de Davenport aide beaucoup.

Sur ce schéma, la « cocotte » avec de l'eau et du gaz relié à un tuyau représente l'organisme.

Ici, on a une réserve importante en gaz carbonique, par insuffisance respiratoire par exemple : les poumons n'évacuent pas assez de CO<sub>2</sub> alors que l'organisme en produit continuellement à cause de la phosphorylation oxydative par exemple. On a toujours une arrivée de CO<sub>2</sub>.

L'ajout de base permet de faire basculer la réaction vers la gauche : la base « capture » des protons et consomme le CO<sub>2</sub> au prix d'une augmentation de la concentration de bicarbonates.

Ce schéma est une modélisation de ce qu'il se passe dans l'organisme. Il y a deux moyens d'avoir une acidose :

- insuffisance respiratoire : on n'évacue pas assez de CO<sub>2</sub> parce que les poumons sont malades.
- insuffisance rénale : on ne fabrique plus assez de bicarbonates parce que les reins sont malades.

La présence d'une base permet de compenser la défaillance pulmonaire et de maintenir une concentration en CO<sub>2</sub> constante malgré la fabrication de CO<sub>2</sub> par les cellules.