

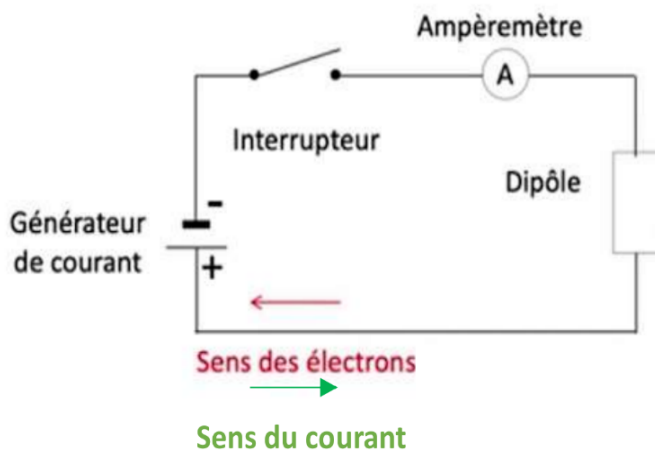
## POTENTIEL ELECTRIQUE

Coucou mes petits P1 adorés. Voici un cours pas des moindres, j'ai nommé : le potentiel électrique ! C'est un cours que je trouve vachement sympa, vous verrez, il n'est pas très compliqué, et pareil, il sert de base à beaucoup d'autres (dites vous que si vous maîtrisez PC et PE, vous avez tout gagné)

Cette version ci est la version COMPLETE par rapport à la version TTR. Il manquait des informations à la fin, de plus des rajouts présentsiels ont été faits. Les infos nouvelles apparaitront dans des encadrés gris, et toute la dernière partie (III) contient des nouveautés. Le cours a pris beaucoup de pages, mais promis c'est parce qu'il est aéré, il y a des schémas et des tableaux récap. Bon courage à vous !

### I/ Les courants électriques et osmotiques

#### 1) Courant électrique



Quelques définitions :

- ° **Générateur** : délivre le potentiel électrique (PE)
- ° **Dipôle** : appareil électrique qui consomme de l'électricité
- ° **Ampèremètre** : appareil de mesure de l'intensité du courant pour le quotidien
- ° **Galvanomètre** : appareil de mesure des courants biophysique dans l'organisme. En physiologie, les courants sont infiniment petits. On utilise alors des ampèremètres spécifiques ultrasensibles (galvanomètres)

#### 2) Courant osmotique

En pratique dans le corps, les courants osmotiques se distribuent à travers la **membrane plasmique** (et ses protéines transmembranaires) qui jouera donc le rôle de **dipôle**. On va retrouver une **différence de répartition des charges** qui seront :

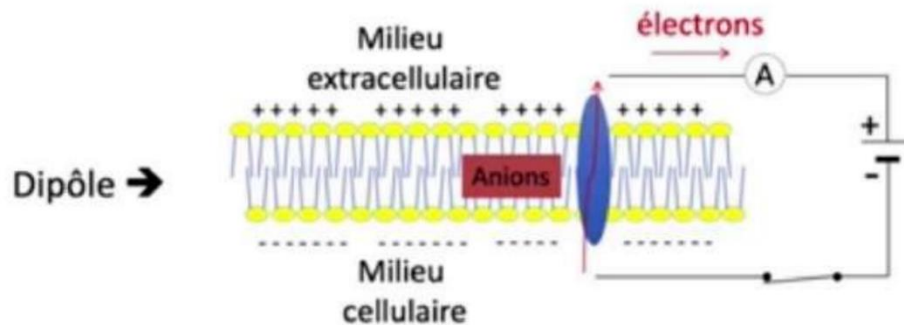
- ° **Positives** dans le milieu **EXTRAcellulaire** (*mnémo : c'est positif, donc c'est extra*)
- ° **Négatives** dans le milieu **cellulaire**

**Attention : Les milieux extra et intracellulaire sont électro neutres. Ce sont les feuillets de la membrane plasmique (interne et externe) qui sont chargés**

Selon le type de courant, on aura un support différent :

- ° Le courant dans un **circuit électrique** est véhiculé par des **électrons**
- ° Le courant dans **l'organisme** est véhiculé par ses **osmoles chargées**

Il est possible expérimentalement de mettre en continuité les courants électriques, avec un circuit externe et les courant osmotiques dans une membrane biologique ou un tissu



On retrouve :

- ° Une **membrane plasmique (dipôle)**
- ° Un générateur externe sur la droite. Il va permettre d'envoyer un **PE contrôlé** dans le circuit vers la membrane
- ° Un **galvanomètre (A)**. Il est placé après le passage dans la membrane va permettre de détecter une intensité quelconque

→ **Si une intensité est détectée alors le courant a passé la membrane** : on a une continuité entre les électrons et les osmoles chargées pour faire circuler le courant

Attention : le courant traversant la membrane est fait d'anions et non d'électrons (d'ailleurs il pourrait être fait de cations, ça changerait juste le sens)

Le potentiel électrique d'une molécule est proportionnel à (+++) :

- ° **Sa charge**
- ° **Sa mobilité dans le dipôle**
- ° **L'intensité du champ électrique**

En médecine, on considère que le **champ électrique est homogène** dans la membrane plasmique.

Les molécules chargées se dirigeront vers l'endroit où les charges de signes opposés prédominent (les + iront vers les -)

Tableau récap :

	<b>Courant électrique</b>	<b>Courant osmotique</b>
Porteurs de charges	Électrons	Ions (anion et cation)
Potentiel électrique (volt)	Quantité d'électrons en un point du conducteur	Quantité d'ions en un point du conducteur (potentiel chimique)
Intensité (ampère)	Quantité de charges passant en un point du conducteur par unité de temps	
Conductance (siemens)	Facilité de mobiliser une charge dans un conducteur	
Nature de la conductance	Câble métallique	Membrane plasmique et transport moléculaire

### 3) La loi d'Ohm et relation de Nernst

° **Loi d'Ohm** :  $\frac{\text{Intensité}}{\text{Potentiel électrique=voltage}} = \text{Conductance}$

Cela indique que la conductance est **proportionnelle** au rapport entre **l'intensité** du courant et le **potentiel électrique**

#### ° **Relation de Nernst**

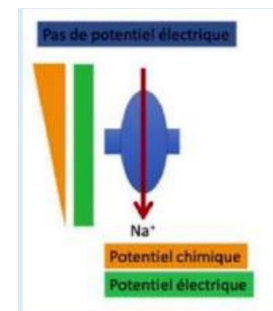
Nernst va mettre en relation le PC et le PE en démontrant notamment que le PC équilibre le PE d'une osmole chargée (molécule dissoute). Ainsi, la somme des potentiel chimique et électrique est nulle

$$\text{Potentiel électrique} + \text{Potentiel Chimique} = 0$$

#### Illustration de la relation de Nernst sur une membrane plasmique

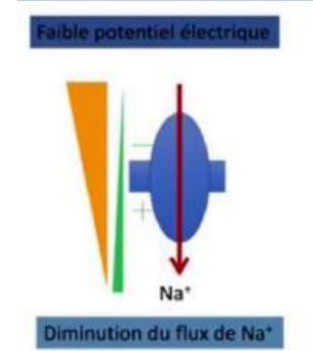
° Situation 1 : On retrouve ici dans la membrane, une protéine transmembranaire qui transporte le sodium de haut en bas

- PE = 0 (représenté par le rectangle)
- PC = il se dirige du haut vers le bas et c'est lui qui dicte le transport

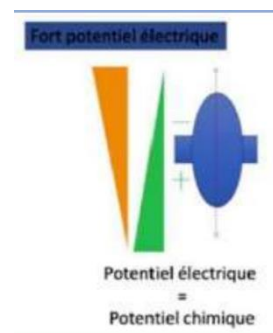


° Situation 2 : Ici on exerce un PE (avec un circuit extérieur). Il va y avoir des charges positives en bas et négatives en haut

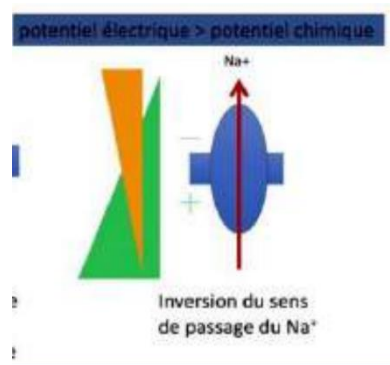
**Le PE contrarie le flux de Na<sup>+</sup>.** En effet, le Na<sup>+</sup> se dirige vers les charges positives selon son PC mais on rappelle que les osmoles chargées vont à l'endroit des charges de signe opposé selon leur PE (donc vers les charges négatives)



° Situation 3 : Ici on exerce un PE encore plus fort ce qui fait **que PE et PC s'équilibrent** (PE = PC). On aura autant d'ions Na<sup>+</sup> qui vont passer dans un sens que dans l'autre



° Situation 4 : Dans cette situation, le PE exercé est tellement fort **qu'il va inverser le flux de sodium dans le sens inverse du PC**



Rajouts présents sur la relation de Nernst :

Cette relation indique que la somme des potentiels est nulle. Cela permet de définir un **potentiel d'équilibre**, et ce potentiel d'équilibre va être proportionnel au rapport de concentration de l'ion entre milieu cellulaire et extracellulaire et également à d'autres données comme la température, la charge, la constante de Faraday. Cela nous donne :

$$\text{Potentiel électrique à l'équilibre} = \frac{-RT}{zF} \ln \frac{[\text{cation intracellulaire}]}{[\text{cation extracellulaire}]}$$

Si on se place dans l'organisme (à 37°C), on aura donc :

$$\text{Potentiel électrique à l'équilibre} = -60\text{mv} \log \frac{[\text{cation intracellulaire}]}{[\text{cation extracellulaire}]}$$

#### 4) Relation de Goldman (RAJOUT PRESENTIEL)

Lorsqu'une membrane est perméable à plusieurs ions, l'extension de la relation de Nernst est donnée par la **relation de Goldman**. On verra donc apparaître l'ensemble des solutés chargés présent dans le système :

$$\text{Potentiel électrique à l'équilibre} = -K \ln \frac{P_K [K^+]_{\text{ext}} + P_{Na} [Na^+]_{\text{ext}}}{P_K [K^+]_{\text{int}} + P_{Na} [Na^+]_{\text{int}}}$$

Avec :

° P : Perméabilité

° [ion] : concentration en ions

*Le professeur n'interrogera pas sur ces relations ni sur de la biophysique. Il explique juste ça parce que ce sont les bases des transports membranaire*

#### Application des relations de Nernst et Goldman :

Lorsque le potentiel d'équilibre d'un ion est différent des potentiels mesurés avec des électrodes, si les deux ne collent pas, cela signifie que **cet ion n'est PAS à l'équilibre** et qu'il va avoir tendance à passer d'un côté ou de l'autre.

Comme **les compartiments ont des contenus stables dans le temps**, s'il y a des diffusions passives, il y a forcément des **diffusions actives** qui permettent de maintenir la stabilité des concentrations : c'est justement le principe de fonctionnement d'une membrane

*Les définitions de diffusions passives et actives sont vues plus bas ne vous en faites pas. Comme cette partie est du rajout présentiel, je vous conseille de le lire après avoir vu une première fois le cours. Mais dans tous les cas, c'est fondamental à comprendre ! Si ce n'est pas clair, venez sur le forum*

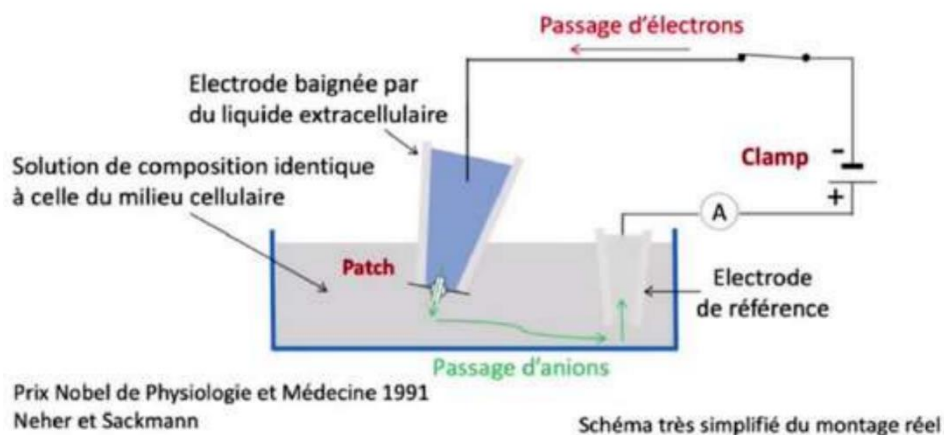
## II/ Canaux ioniques

### 1) Le patch clamp

**Canaux ioniques** : **éléments transmembranaires** qui permettent le passage d'osmoles chargées OU non

Rajout présentiel : Une membrane peut être considérée comme un **cristal liquide**. Cristal car il y a une très forte cohérence des éléments structurels (c'est très solide, très complexe). Mais aussi liquide parce qu'il y a une mobilité extrême de ces éléments structurels

Pour arriver à ses conclusions, nous avons utilisés des montages expérimentaux, comme celui du **patch clamp** que nous allons décrire. Le patch clamp est un montage permettant la **mesure des courants osmotique** (qui a notamment valu un prix Nobel de Physiologie et Médecine à Neher et Sackmann en 1991)



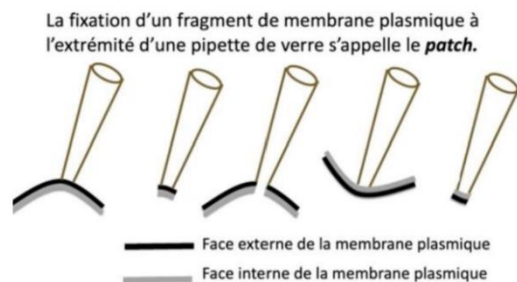
On voit qu'il y a dans un bain (correspondant au milieu cellulaire), une membrane qui trempe accrochée à l'extrémité d'une pipette. La membrane « **patchée** » sur la pipette se trouve donc entre deux solutions représentant les milieux cellulaires et extracellulaire

Ce système osmotique est connecté à un circuit externe permettant de **libérer un voltage contrôlé et de mesurer l'intensité** après l'électrode de référence via un galvanomètre

Sur le schéma on peut notamment observer un **courant ionique osmotique** entre les deux électrodes. Le fait de pouvoir exercer des voltages différents via le circuit électrique externe va permettre de montrer la conductance de la membrane (sa capacité à faire passer le courant)

L'expression de patch désigne l'adhésion d'un fragment de membrane plasmique à l'extrémité d'une pipette de verre microforgée extrêmement fine. L'adhésion se fait de différentes manières :

- ° Sur la face extérieure (1) ou intérieure (3) de la membrane
- ° Avec le détachement (2 et 5) ou non d'un morceau de membrane
- ° En transperçant éventuellement le premier feuillet de la membrane pour aller patcher le deuxième feuillet



A ce moment-là, on peut arracher le petit morceau de membrane (5)

$$\text{RAPPEL : Loi d'Ohm} = \frac{\text{Intensité}}{\text{Potentiel électrique=voltage}} = \text{Conductance}$$

Mesurée (pointing to Intensité)  
Clampé (pointing to Potentiel électrique=voltage)  
Calculée (pointing to Conductance)

- ° Le **Clamp** désigne la manière de définir le voltage
- ° L'**Intensité se mesure** avec un ampèremètre ou un galvanomètre
- ° La **conductance se calcule** en fonction de l'intensité mesurée pour un potentiel clampé

La loi d'Ohm permet ici de mettre en avant **la proportionnalité entre la conductance et le rapport entre le voltage et l'intensité**

La principale information tirée du patch-clamp est qu'il existe **des variations de conductance**. Ces variations révèlent la **présence de molécules transmembranaires** facilitant la diffusion des osmoles à travers les membranes biologiques. Le patch clamp permet donc aussi logiquement de faire l'étude des propriétés de ces mêmes protéines

La conductance n'est donc **pas toujours la même**. En effet si le voltage est fort mais que l'intensité est faible on aura donc une faible conductance montrant :

- Soit une **absence** de protéines facilitant le transport
- Soit la **conformation fermée** de ces protéines transmembranaires

## 2) Exemple du canal sodique épithélial

**Le canal sodique épithélial** (= ENaC) est une protéine transmembranaire que l'on va retrouver dans les poumons ou les reins. Elle permet la diffusion facilitée du sodium

Quatre informations essentielles sur cette protéine (à savoir +++):

→ **Sa conductance.** Pour déterminer sa conductance (qui rappelons-le est calculée), on reprend la technique du patch clamp (donc on va extraire un petit fragment membranaire en posant une pipette et en exerçant une petite succion pour détacher un morceau de la membrane)  
Sa valeur de conductance est de **4 à 5pS** (très petit)

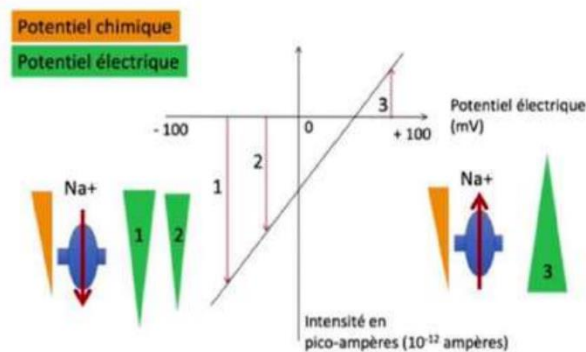
→ **Sa sélectivité.** C'est un canal sélectif, il ne laisse passer que certains composés (donc ici **sodium**). Si on reprend le patch clamp dans une solution ionique sans sodium, aucun passage n'est détecté même avec le plus grand des PE exercé. Tandis que si la solution contient du  $\text{Na}^+$  on retrouve alors la relation linéaire intensité / voltage (le lithium peut aussi passer)

→ **La relation entre intensité et voltage (PE) est linéaire.** Essayons de comprendre mieux cette notion de linéarité

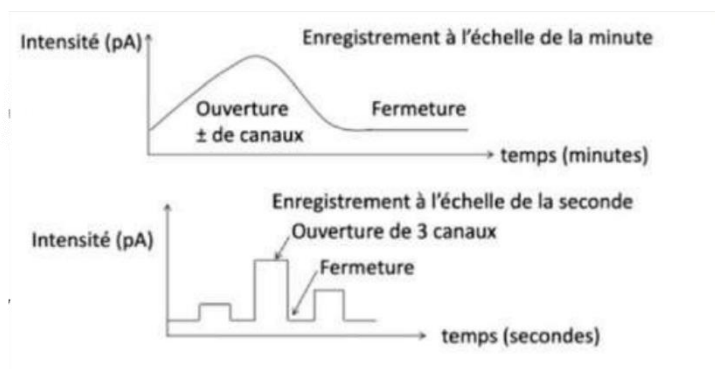
° Quand on regarde à PE = -100mV alors le  $\text{Na}^+$  va dans le même sens que son PC (le PE potentialise donc le PC)

° En baissant le PE (voltage), seule l'intensité diminue tandis que le PC ne change pas (il n'est pas lié par linéarité au PE)

° Si on regarde à PE = +100 mV on va ici inverser le flux de sodium qui va aller à l'inverse de son PC



→ **Sa durée et probabilité d'ouverture**



Ces graphiques nous donnent plusieurs informations :

- En minutes on a la tendance globale

- En secondes c'est plus précis, on voit les rehaussements

Les rehaussements correspondent à l'ouverture d'un ou plusieurs canaux (plus c'est haut plus il y en a d'ouverts)



→ **Durée d'ouverture de l'ENaC : 1 seconde**

→ Probabilité d'ouverture =  $\frac{\text{Temps d'ouverture}}{\text{Durée d'enregistrement}} = 0,5 \text{ pour l'ENaC}$

Tableau récap :

	Relation intensité/voltage	Sélectivité ionique	Conductance pour le sodium	Durée d'ouverture	Probabilité d'ouverture
Canal sodique épithélial	<b>Linéaire</b>	<b>Sodium (lithium)</b>	<b>4 à 5 pS</b>	<b>1 seconde</b>	<b>0,5</b>

→ Chaque transporteur (comme l'ENaC par ex) aura ses propres propriétés qui pourront être explorées par le patch-clamp

→ Ces molécules transmembranaires (comme l'ENaC) sont notamment des **cibles thérapeutiques**

Ces différentes données (conductance, sélectivité, relation intensité voltage, probabilité et durée d'ouverture) forment la **carte d'identité d'un canal**

A savoir qu'un canal est une **molécule vivante**. Elle a des propriétés biologiques (elle va donc s'ouvrir et se fermer)

Application physiologique et médicale :

° Un inhibiteur pharmacologique du canal sodique épithélial est **l'amiloride**. C'est un médicament diurétique utilisé en traitement des œdèmes et des épanchements

° Au niveau de la compréhension de la régulation de la pression artérielle, la **mutation du canal sodique** entraîne des hyper ou hypotensions artérielles sévères

### III/ Co transporteur, échangeurs et pompes

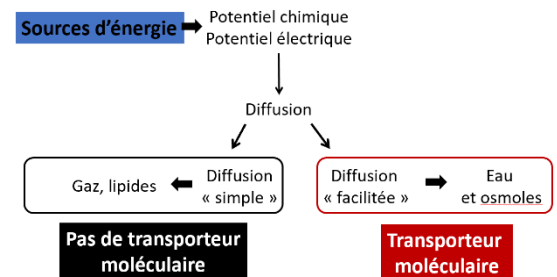
*C'est cette partie a été raccourcie pour la TTR. Elle est désormais complète, donc beaucoup de nouvelles choses apparaissent à partir d'ici. Soyez vigilants !*

Il existe dans le corps plusieurs types de diffusion :

° **Diffusion simple** : ne fait pas intervenir de transporteurs moléculaires (c'est un cas de figure rare dans l'organisme).

**C'est typiquement ce qu'on a vu quand on a parlé de la diffusion dans le cours sur le PC**

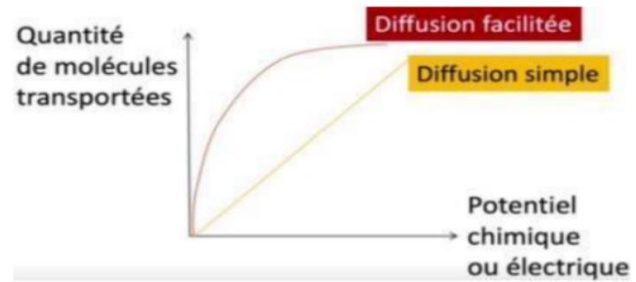
° **Diffusion facilitée** : passage transmembranaires d'osmoles électriquement chargée ou non à travers une membrane via un transporteur moléculaire. Les forces rentrant en jeu sont le PE et le PC





La quantité de molécules transportées varie en fonction du potentiel chimique et électrique :

- Selon une **relation linéaire** en cas de diffusion **simple**
- Selon une **relation exponentielle** dans le cas de la diffusion **facilitée**

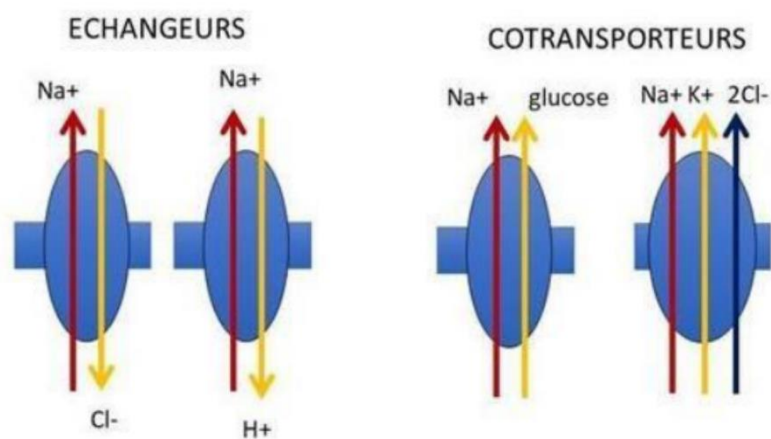


On observe donc que la présence de transporteurs moléculaires permet une plus grande quantité de transport pour une plus faible valeur de potentiel

Comme dit juste avant, ce type de diffusion fait intervenir des **transporteurs**. On en trouve différents types :

→ **Echangeurs**. Les osmoles qu'il transporte d'un compartiment à l'autre vont aller dans des sens opposés. Exemple échangeur  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$  ou  $\text{Na}^+/\text{H}^+$

→ **Cotransporteurs**. Les osmoles qu'il transporte d'un compartiment à l'autre vont aller dans le même sens. Exemple co-transporteur  $\text{Na}^+/\text{glucose}$  ou  $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{2Cl}^-$



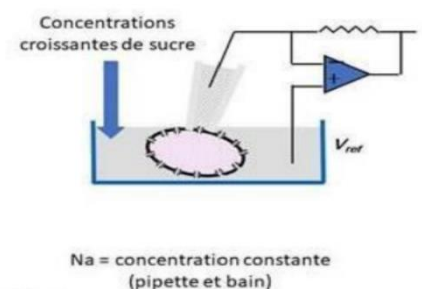
→ **Pompe**. C'est un transporteur un peu particulier. Pour fonctionner, il nécessite d'hydrolyser de l'ATP. Il lui faut de l'énergie. C'est un transport qu'on dit **ACTIF**. Exemple la pompe à sodium ( $\text{Na}/\text{K}$  ATPase)

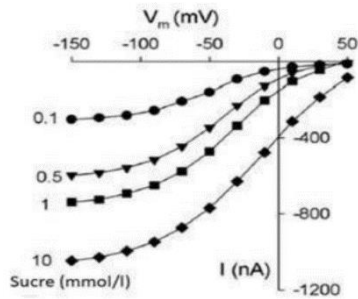
### 1) Co-transporteur sodium/glucose ( $\text{Na}^+/\text{glucose}$ )

Pour mettre en évidence les caractéristiques de ce co-transporteur, on va faire deux expériences :

° Pour la première, on fait tremper une cellule, dont la membrane comporte un co-transporteur sodium glucose, dans un bain dont la **concentration de sodium est fixe** et dont la **concentration de sucre est croissante**

On remarque ainsi des **variations d'intensité de courant**, pour un voltage donné, proportionnellement à l'augmentation de la concentration de sucre



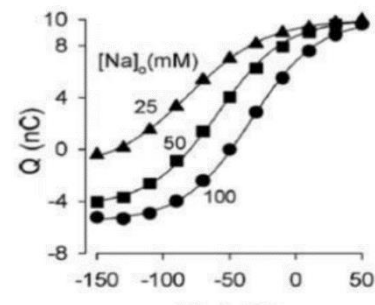


Ainsi, sur ce graphique on voit que :

- 0,1 mmol/L de sucre donne une intensité de l'ordre de -200nA
- 10 mmol/L de sucre donne une intensité proche de -1200nA

*Rappel, la concentration de sucre est croissante et on regarde ce qu'il se passe. Ici, en multipliant la concentration de sucre par 100, on a fait x6 l'intensité*

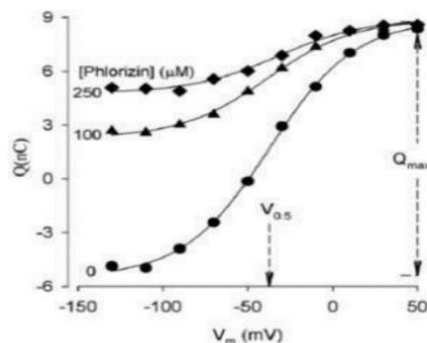
° Pour la deuxième, on réalise l'expérience en miroir pour montrer que le sodium a, lui aussi, une influence sur l'intensité électrique. Ici, **la concentration de sucre est constante** et la **concentration de sodium est croissante**. Là encore, comme précédemment, on voit **l'intensité du courant augmenter** à mesure que la concentration en sodium augmente.



*Même chose qu'avec le sucre. Plus on augmente la concentration de sodium, plus l'intensité détectée est grande*

→ On montre ainsi que l'intensité du courant à travers ces molécules membranaires **dépend du sodium ET du glucose**

Expérience avec les inhibiteurs :



On peut également caractériser les **inhibiteurs pharmacologiques** du co-transporteur sodium/glucose en optimisant les concentrations de sucre et de sodium dans le bain dans lequel trempe la cellule dont la membrane comporte les co-transporteurs et en introduisant différentes molécules

Ici, on introduit de la **phlorizine ++** (extrait de pépins de pomme). Cette molécule va **bloquer** le co-transporteur sodium/glucose. En l'introduisant à 250 µmol/L, on n'a quasiment plus d'intensité de courant pour des potentiels très variables

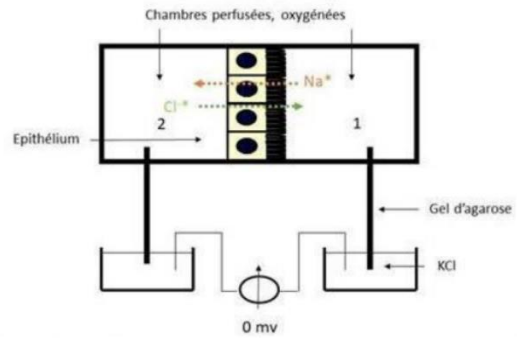
### Récap :

- ° On remarque donc que les concentrations de Na<sup>+</sup> ou de glucose ont toutes les deux une importance sur le fonctionnement du cotransporteur
- ° Il nous faut donc la présence des 2 osmoles pour que celui-ci fonctionne à 100%
- ° Il les transporte dans le même sens

## 2) Echangeur sodium/chlore (Na<sup>+</sup>/Cl<sup>-</sup>)

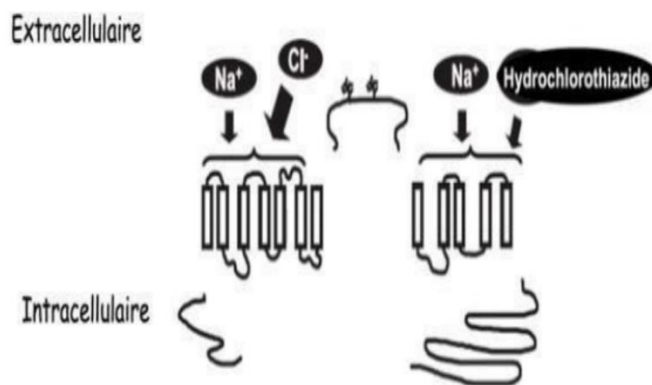
Ici nous avons le montage des chambres de Ussing.

**Chambre de Ussing** : dispositif expérimental qui permet de monter un épithélium entre 2 chambres perfusées et oxygénées, que l'on va relier à un circuit électrique externe



Nb : Si l'on veut étudier un échangeur électroneutre (donc non détectable par le circuit électrique externe), on peut avoir recours à la mesure de la radioactivité dans la composition des chambres 1 et 2

Grâce à ce dispositif, on montre qu'il existe des **variations de concentrations sans variation de potentiel électrique** dans le circuit externe relié par des gels d'agarose



L'échangeur sodium/chlore a été décrit sur le plan de sa structure moléculaire en 2009

Il s'agit d'un système à plusieurs segments transmembranaires reliés par des boucles extra et intra-cellulaire.

On peut précisément déterminer à quel endroit le sodium ou le chlorure traverse cette structure. On peut également aisément déterminer à quel endroit un inhibiteur pharmacologique, ici **l'hydrochlorothiazide**, se fixe pour bloquer l'échangeur sodium chlorure.

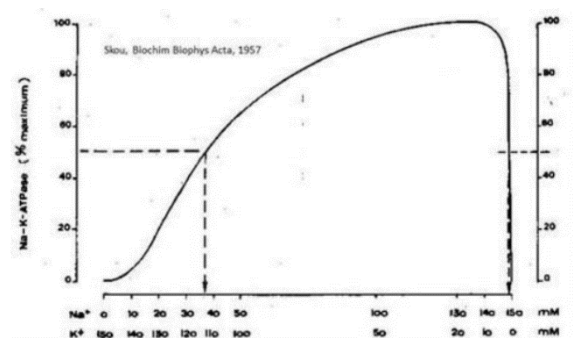
## 3) La pompe à sodium

**Fait partie du transport actif +++**

Remarques (osef) : sa description fonctionnelle a eu lieu en 1957 et Jens Skou fut récompensé par un Prix Nobel pour cette description 40 ans plus tard en 1997

Fonctionnement de la pompe :

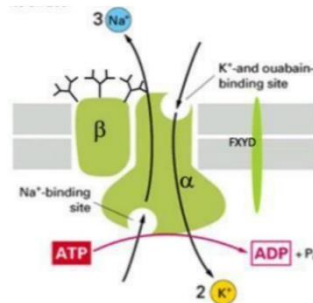
- On voit sur l'axe vertical, l'activité ATPasique de la pompe de 0 à 100%
- De bas en haut et sur l'axe horizontal, on voit la quantité de sodium et de potassium, de 0 à 150 mmol de gauche à droite pour le sodium et vice-versa pour le potassium



**S'il manque** du sodium (extrême gauche) ou du potassium (extrême droite), l'activité **ATPasique est nulle** (la pompe ne marche pas). En revanche, en présence d'une concentration optimale de sodium et de potassium, l'activité ATPasique est maximale permettant à la pompe de fonctionner. Très important à retenir mais cette pompe va **distribuer 3 sodiums en échange de 2 potassiums en hydrolysant une molécule d'ATP**

*Remarque : activité ATPasique signifie juste le moment où la pompe (qui on le rappelle, a besoin d'énergie) hydrolyse de l'ATP pour fournir l'énergie à son fonctionnement*

**L'ouabaine** est un inhibiteur pharmacologique de cette pompe. On dit que la pompe à sodium réalise un **transport couplé** (échange de sodium et potassium)



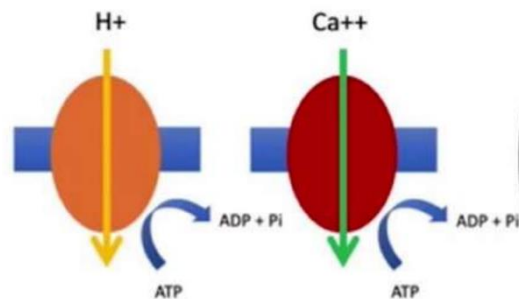
Description de la pompe : La structure cristalline de la pompe à sodium a été décrite 10 ans après le Prix Nobel, en 2007 (osef). On sait que la pompe à sodium comporte **3 sous-unités : α, β et FXD**.

Il existe différentes pompes dans l'organisme :

° **Pompe à proton (H<sup>+</sup>)**

° **Pompe à calcium (Ca<sup>2+</sup>)**

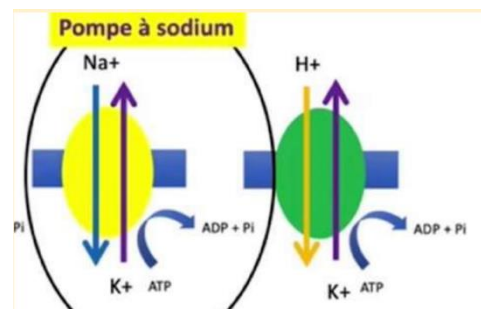
→ Ces deux pompes réalisent un transport simple (ne transportent qu'une seule espèce)



° **Pompe H<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase**

° **Pompe à sodium (Pompe Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase)**

→ Ces deux pompes réalisent un transport couplé (transportent deux espèces qu'elle échange)



Le prof précise qu'il n'y a pas d'autres pompes que ces quatre-là dans l'organisme humain

Gros tableau récap de tous les exemples vus précédemment :

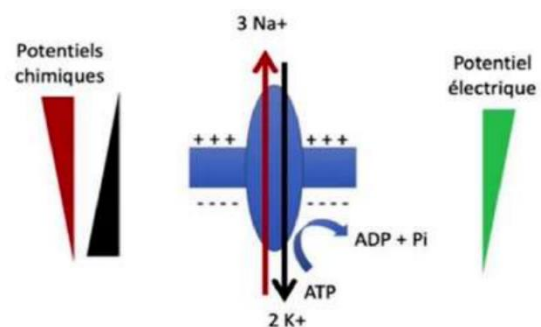
Type de transporteur	Transporteur	Caractéristiques
Co-transporteur	Sodium/Glucose (Na <sup>+</sup> /Glucose)	<ul style="list-style-type: none"> <li>° Dépend des concentrations de sodium et de glucose (il faut les deux)</li> <li>° Inhibiteur : <b>phlorizine</b></li> </ul>
Echangeur	Sodium/Chlore (Na <sup>+</sup> /Cl <sup>-</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>° Inhibiteur : <b>hydrochlorothiazide</b></li> </ul>
Pompe	Pompe à sodium (Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> ATPase)	<ul style="list-style-type: none"> <li>° Nécessite de l'<b>ATP</b></li> <li>° Echange 3 sodium et 2 potassium</li> <li>° Inhibiteur : <b>ouabaine</b></li> <li>° Transport couplé</li> </ul>
	Pompe H <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> ATPase	<ul style="list-style-type: none"> <li>° Echange un H<sup>+</sup> contre un K<sup>+</sup></li> <li>° Nécessite de l'<b>ATP</b></li> <li>° Transport <b>couplé</b></li> </ul>
	Pompe à proton	<ul style="list-style-type: none"> <li>° Transporte un H<sup>+</sup></li> <li>° Nécessite de l'<b>ATP</b></li> <li>° Transport simple</li> </ul>
	Pompe à calcium	<ul style="list-style-type: none"> <li>° Transporte un Ca<sup>2+</sup></li> <li>° Nécessite de l'<b>ATP</b></li> <li>° Transport simple</li> </ul>

#### 4) Transport actif et secondairement actif

Dès l'instant où l'on parle de « **pompe** », ce sont des **transports ACTIFS** qui consomment de l'ATP +++

**Transport osmolairement actif** : transport qui se passe à travers une pompe et qui nécessite la consommation directe d'ATP

Exemple : Ici la pompe à sodium déplace 3 cations sodium vers le haut et 2 cations potassium vers le bas. Elle génère donc des **potentiels chimiques en sens opposés** pour le sodium et le potassium et elle génère également des **potentiels électriques** (représentés du + vers le - à droite de l'image)



→ Les transports de sodium et de potassium sont ici actifs

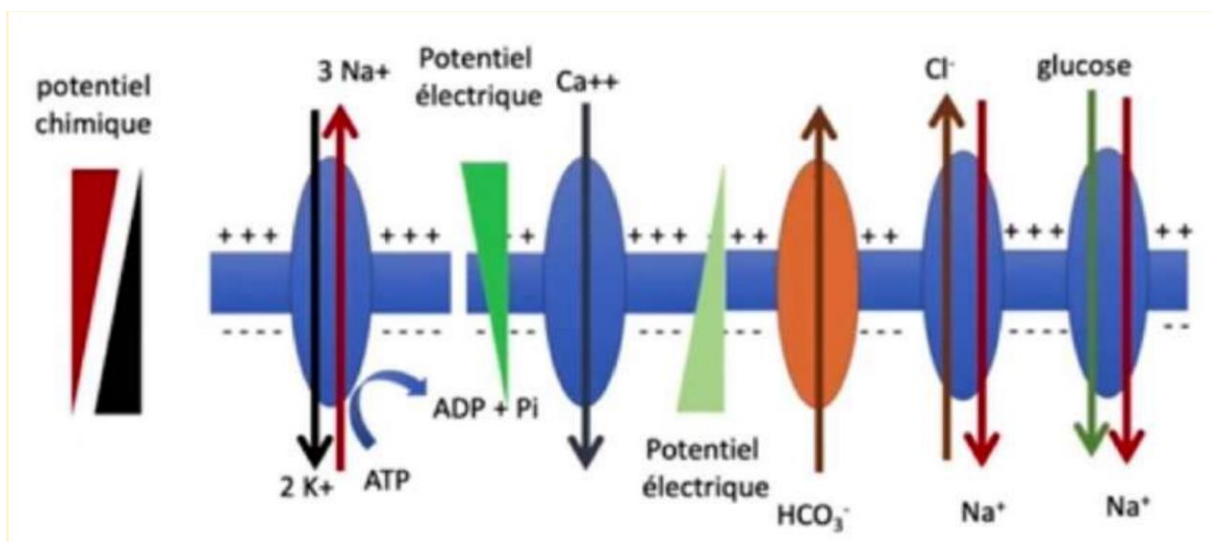
**Transport secondairement actif** : Lorsque la pompe a créé une situation déterminée sur le plan des potentiels chimiques et électriques, la **présence d'autres molécules de transports** (canaux, co-transporteurs ou échangeurs) va permettre des **transports osmotaires secondairement actifs**

→ Constituent la **grande majorité des transports** dans l'organisme

*En gros, c'est un transport qui se fait par des transporteurs classiques SANS hydrolyse d'ATP, mais qui se fait secondairement à l'utilisation d'une pompe. Une pompe utilise de l'énergie, transporte des osmoles (cela génère un PC et un PE). Les osmoles veulent alors se déplacer en fonction de ces nouveaux PC et PE. Elles utilisent alors un autre transporteur qui lui n'utilise pas d'ATP*

*→ C'est ça le transport secondairement actif. Elle dépend des pompes de l'organisme +++*

Explication du transport secondairement actif avec un schéma :



Au départ, la pompe Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> (à gauche) a généré des PC et des PE

- Si on prend l'exemple du canal calcique, on voit bien que le calcium (Ca<sup>2+</sup>) va avoir tendance à passer de haut en bas, des charges positives vers les charges négatives (PE).
- Si on prend un canal à bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), le bicarbonate va passer de bas en haut, fuyant les charges négatives (toujours selon le PE).
- Si on prend l'échangeur sodium-chlorure, le sodium va passer de haut en bas selon son PC (créé préalablement par la pompe), le chlorure, passera lui en sens inverse (de bas en haut) chassé par son PE.
- Si on prend le cas du co-transporteur sodium glucose, le sodium passe toujours de haut en bas selon son PC et le glucose dont le passage est asservi à celui du sodium le suit.

## Conclusion

Dans l'organisme, la **pompe à sodium** crée les gradients chimiques et électriques qui mobilisent la plupart des osmoles entre les compartiments.

° Les échangeurs et les co-transporteurs **s'arrêtent complètement de fonctionner lorsqu'il manque une seule des molécules qu'il transporte** ++. Un co-transporteur sodium/glucose en l'absence de glucose ne transporte pas de sodium ou un échangeur sodium/chlorure en l'absence de chlorure ne transporte pas de sodium

### Point QCM :

Vous devez compter VRAI les deux items suivants :

- Un transporteur couplé s'arrête complètement s'il manque une des 2 espèces transportées
- Un transporteur couplé fonctionne moins bien s'il manque une des 2 espèces transportées

° L'ensemble de ces canaux ioniques, échangeurs, co-transporteurs et pompes **sont extrêmement régulés** dans l'organisme

Petit instant dédis :

° Dédis aux musiques de The score, des world de lol, de Rammstein, des openning d'anime (notamment tous ceux de MHA, celui de la saison 2 de JJK, celui d'Hells paradise, l'indétrônable de Tokyo Ghoul et j'en oublie sans doute plein d'autres), parce que quand vous avez un coup de mou et que vous écoutez ça, après tout va mieux

° Dédis au sport, faites du sport pendant votre P1, c'est tellement important !

° Dédis aux anciens tuteurs, vous m'avez tellement permis de réussir (même si vos rachats là...)

° Dédis à ma dette de sommeil trop élevé (dormez, pitié, vous tiendrez jamais sinon)

° Dédis à vous d'avoir le courage d'affronter cette année difficile ! Vous êtes trop fort, vous pouvez être fiers de vous

La team physio vous souhaite à tous un très bon courage !