

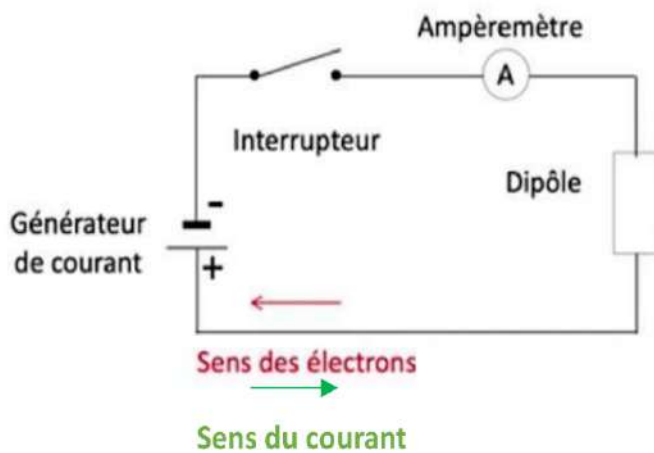
POTENTIEL ELECTRIQUE

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)

Attention, contrairement aux cours PC et échange osmolaire à travers une membrane, ce cours-ci n'est pas complet à la TTR. J'ai enlevé pas mal de choses vers la fin pour alléger (ce sont des choses à savoir par cœur mais qui n'auront pas trop d'impact sur la compréhension). Je rajouterai ces infos manquantes dans la fiche complète qui sortira après la TTR

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

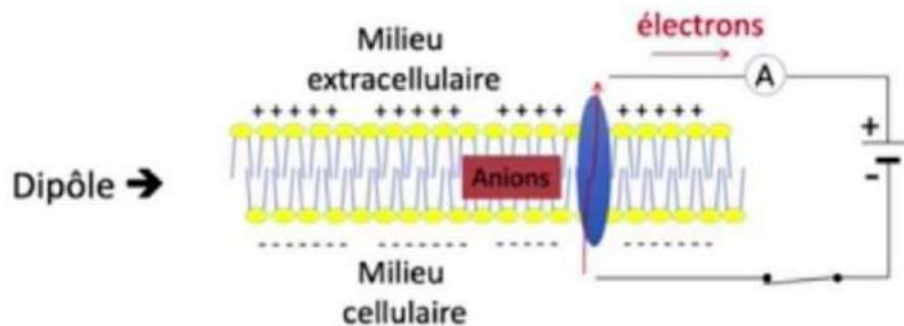
En pratique dans le corps, les courants osmotiques se distribuent à travers la **membrane plasmique** (et ses protéines transmembranaires) qui jouera donc le rôle de **dipôle**. On va retrouver une **différence de répartition des charges** qui seront :

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

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 courants 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 :

	Courant électrique	Courant osmotique
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 Nerst

° **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**

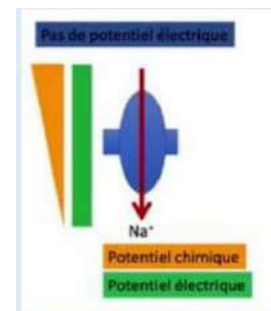
° **Relation de Nerst**

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

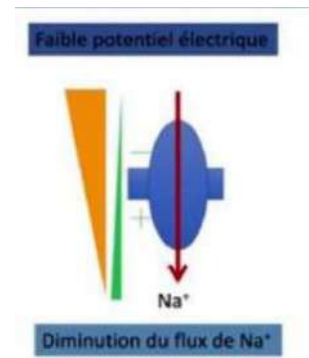
$$\text{Potentiel électrique} + \text{Potentiel Chimique} = 0$$

Illustration de la relation de Nerst sur une membrane plasmique

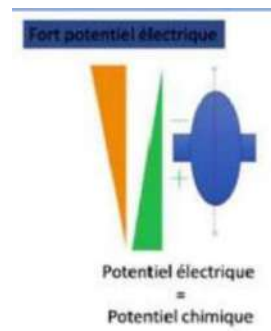
- ° Situation 1 : On retrouve ici dans la membrane, une protéine transmembranaire qui transporte le sodium de haut en bas
- PE = 0 (représenté par le rectangle)
 - PC = il se dirige du haut vers le bas et c'est lui qui dicte le transport



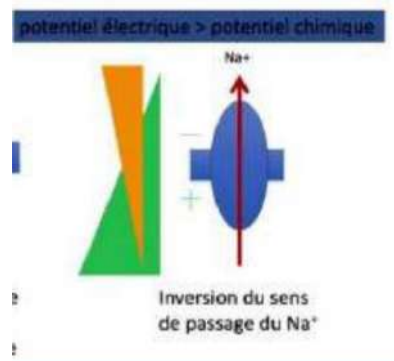
- ° Situation 2 : Ici on exerce un PE (avec un circuit extérieur). Il va y avoir des charges positives en bas et négatives en haut
- Le PE contrarie le flux de Na⁺**. En effet, le Na⁺ se dirige vers les charges positives selon son PC mais on rappelle que les osmoles chargées vont à l'endroit des charges 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⁺ 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**

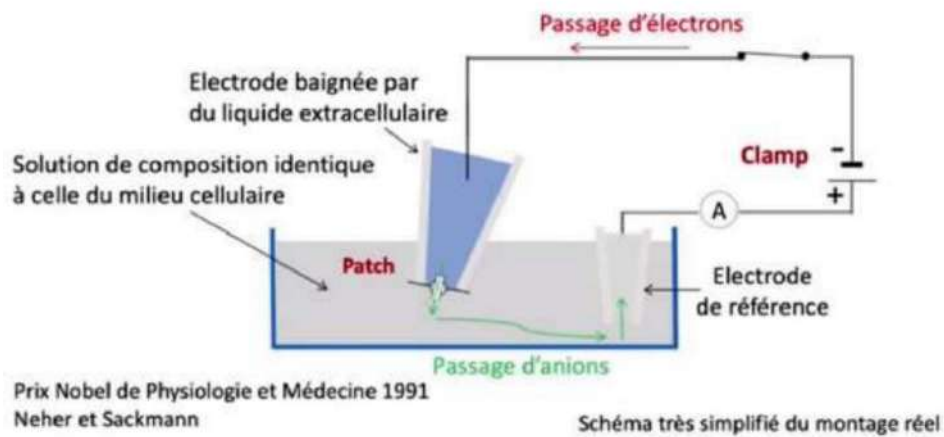


II/ Canaux ioniques

1) Le patch clamp

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

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)



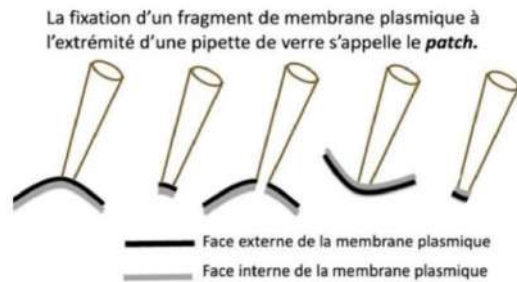
On voit qu'il y a dans un bain (correspondant au milieu cellulaire), une membrane qui trempe accrochée à l'extrémité d'une pipette. La membrane « **patchée** » sur la pipette se trouve donc entre deux solutions représentant les milieux cellulaire et extracellulaire

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 → Intensité
 ← Potentiel électrique=voltage Clampé → Conductance Calculée

- ° 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)

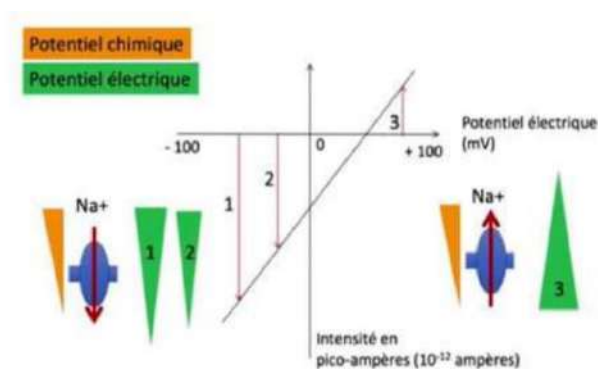
→ **Sa sélectivité.** C'est un canal sélectif, il ne laisse passer que certains composés (donc ici **sodium**). Si on reprend le patch clamp dans une solution ionique sans sodium, aucun passage n'est détecté même avec le plus grand des PE exercé. Tandis que si la solution contient du Na⁺ on retrouve 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

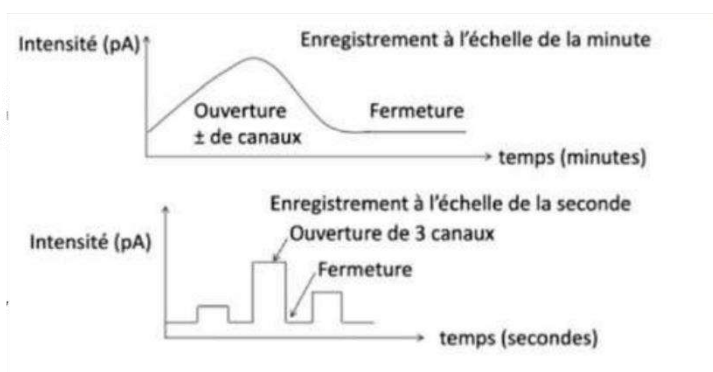
° Quand on regarde à PE = -100mV alors le Na⁺ va dans le même sens que son PC (le PE potentialise donc le PC)

° 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	Linéaire	Sodium (lithium)	4 à 5 pS	1 seconde	0,5

→ 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**

III/ Co transporteur, échangeurs et pompes

C'est cette partie a été raccourcie pour la TTR. Je vais donner les définitions importantes à comprendre, mais tout le par cœur a été dégagé (bien entendu, vous n'y échapperez pas éternellement...)

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

Dans une **diffusion facilitée** on retrouvera une **relation exponentielle** tandis que pour une diffusion simple on retrouvera une relation linéaire

Donc la diffusion facilitée permet le passage d'une plus grande quantité de molécules pour des potentiels plus faibles. 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

→ **Cotransporteurs**. Les osmoles qu'il transporte d'un compartiment à l'autre vont aller dans le même sens

→ **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**

Quand vous aurez le cours complet, vous verrez des exemples de ces types de transporteurs et on abordera bien plus profondément les transports osmolairement actifs et secondairement actifs. En attendant, bossez déjà ça. Bon courage à vous ;)