Potentiel éléctrique (TTR)

Salut les jeunes, nouveaux cours de la très goatesque physio aujourd'hui, dans la continuité des cours sur les potentiels, celui là est très sympa, encore une fois n'oubliez pas que la physiologie c'est avant tout de la compréhension, on n'apprend jamais rien bêtement dans cette matière !

n'oubliez pas de prendre du recul sur la P1 soyez curieux et aimez ce que vous faites, ça passera plus vite, on garde le sourire et on mange bien, dort bien avec un peu de sport pour rester à son prime.

on se lance dans le cours force et honneur n'oubliez pas de vous mettre en lau (c'est important)



Le baiser, Gustav Klimt, 1908-1909

I. Potentiel éléctrique :

je vous laisse l'intro qu'avait rédigé mon bon vieux opiacédric que je trouve très pertinente :

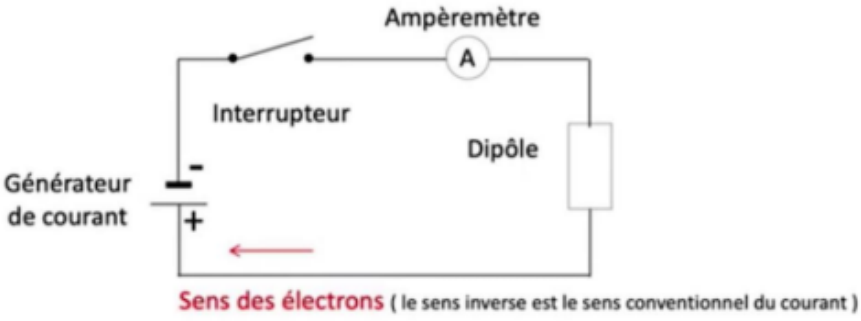
Dans l'organisme, certains **ions** et **molécules** dissous portent une charge électrique : ce sont des **osmoles électriquement chargées**, comme le sodium (Na+), le potassium (K+) ou le chlorure (Cl−). Leur répartition entre les différents compartiments (intracellulaire, extracellulaire) n'est pas due au hasard : elle résulte d'un équilibre entre deux types de forces.

D'un côté, les forces **osmotiques**, liées aux différences de concentration, tendent a déplacer les ions pour **équilibrer** les pressions osmotiques. De l'autre, les forces **électriques**, produites par la séparation de charges, influencent leur **mouvement** pour rétablir la neutralité électrique.

Le potentiel électrique correspond donc à cette composante électrique des forces qui s'exercent sur les ions. Comprendre ce concept est essentiel pour expliquer des phénomènes physiologiques comme le potentiel de membrane, la transmission de l'influx nerveux ou la contraction cardiaque et musculaire.

A. Courant éléctrique :

Dans ce cours nous allons parler de **courant éléctrique**, ainsi il est important de rappeler comment est construit un montage simple mais très utilisé :



On retrouve sur le schema :

-Générateur : délivre le potentiel électrique

-Dipole : appareil électrique qui consomme de l'électricité

-Ampèremètre : appareil de mesure de l'intensité du courant pour le quotidien

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction est interdite

Le courant électrique passe à travers des **conducteurs**. Ce sont les **électrons** qui bougent dans les conducteurs et vont créer ce courant. En physiologie, il est parfois nécessaire de mesurer des courants extrêmement faibles, produits par l'activité électrique des cellules ou des tissus.
Les ampèremètres utilisés dans ce contexte sont spécialement conçus pour détecter ces courants infimes : on les appelle **galvanomètres**+++.

y'a de la place sur le reste de la page donc je vous mets 2-3 trucs cools (je mettrai toutes les dédicaces et tout dans les cours versions finals...)

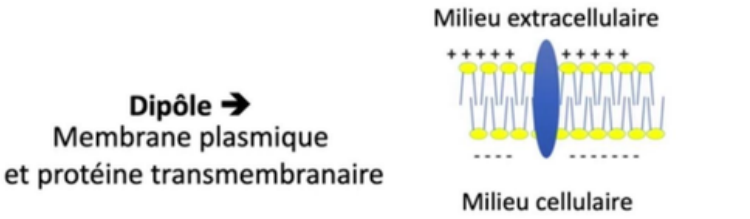


Le tutorat est gratuit. Toute reproduction est interdite

B. Courant osmotique

Dans notre corps, les courants osmotiques se distribuent à travers la **membrane plasmique** (et ses protéines transmembranaires) qui jouera donc le rôle de **dipole** (cf définition au dessus). On va retrouver une différence de répartition des charges qui vont être :

La membrane plasmique et ses protéines sont des dipôles qui déterminent la conductance des courants osmotiques.



!! petit schema pour une meilleure visualisation

Feuillet **interne** de la membrane plasmique = **Négatif**
Feuillet **externe** de la membrane plasmique = **Positif**

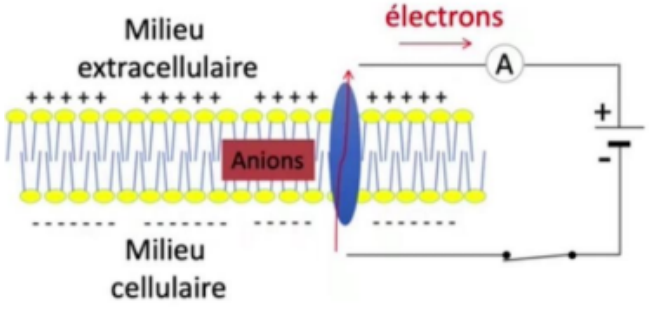
C'est vraiment la base du cours et ça permet de comprendre tout ce qui va suivre donc retenez bien ça les amis !!

!! IMPORTANT : le type de courant influ sur le support de ce dernier

-Le courant dans un circuit éléctrique est véhiculé par des **éléctrons** (*vous avez du le voir au lycée ou en premiere année de prépa pour tous mes anciens #hanginthere*)

-Le courant dans l'organisme est véhiculé par des **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 retouve sur le schema :

- Une membrane plasmique (qui joue le rôle de dipôle).
- Un générateur externe sur la droite. Il va permettre d'envoyer un potentiel électrique contrôlé dans le circuit vers la membrane.
- Un galvanomètre (A). il est placé après le passage dans la membrane et va permettre de détecter une intensité quelconque

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction est interdite

Remarque (IMPORTANT pour comprendre) : le courant qui traverse la membrane dans l'organisme n'est pas composé d'eléctrons mais **d'anions** et de **cations** (ex : Cl-, Na+ ...)

la question que tout le monde se pose : A quoi sert cette experience et comment est ce qu'on s'en sert ?

On applique un potentiel électrique **connu** via un générateur, et l'ampèremètre mesure l'intensité **inconnue**. Si une intensité est détectée, un flux de charges (osmoles) circule ; sinon, malgré un fort potentiel, les charges ne peuvent pas se déplacer. Le but est de montrer qu'une membrane biologique peut être intégrée à un circuit électrique et que, dans l'organisme, le courant est porté par des ions (cations et anions) plutôt que par des électrons, tout en restant mesurable avec un galvanomètre.

C. Propriétés

Il faut ABSOLUMENT savoir que le potentiel électrique d'une molécule est proportionnel à :

-Sa charge
-Sa mobilité dans le dipole
-L'intensité du champ électrique

!! On considère, dans la goatesque physiologie et en médecine, que le champ électrique est **homogène** dans la membrane plasmique. C'est une modélisation nécessaire

!! Les molécules chargées se dirigeront vers l'endroit ou **les charges de signes opposés prédominent** (les + iront vers les - c'est du classique vous connaissez)

TABLEAU RECAP/COMPARATIF (force et honneur)

	Courant électrique	Courant osmotique
Générateur de courant	Délivre un potentiel électrique	Délivre un potentiel électrique
Dipôle	Correspond à n'importe quel appareil électrique : ex. ampoule	Membrane plasmique et ses protéines transmembranaires
Porteurs de charges	Electrons	Ions = anions et cations
Potentiel électrique (volt)	Quantité d'électrons en 1 point du conducteur	Quantité d'ions en 1 point du conducteur : potentiel chimique
Intensité (Ampère)	Quantité de charges passant en 1 point d'un conducteur par unité de temps	Quantité de charges passant en 1 point d'un conducteur par unité de temps
Conductance (Siemens)	Facilité de mobiliser une charge dans un conducteur	Facilité de mobiliser une charge dans un conducteur
Nature de la conductance	Câble métallique	Membrane plasmique et transporteur moléculaire ex. protéines transmembranaires

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction est interdite

D. Loi d'Ohm,relation de Nernst et relation de Goldmann

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

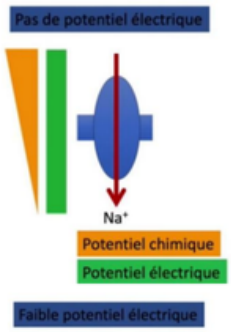
Ca normalement vous connaissez bien, il me semble qu'on le voit déjà au lycée

Retenez que le grand **Walther Nernst** (prix Nobel de chimix en 1920) a démontré que :

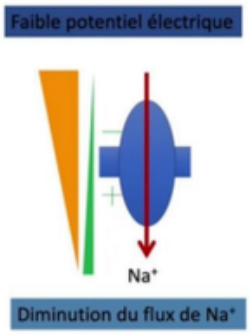
POTENTIEL CHIMIQUE + POTENTIEL ELECTRIQUE = 0

→ Il a eu l'idée de mettre en relation le potentiel chimique et le potentiel électrique en démontrant que le potentiel chimique équilibre le potentiel électrique d'une osmole chargée (on va éttofer un peu pour comprendre)

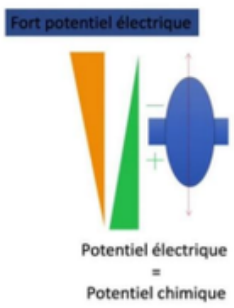
!! Illustration de la relation de Nernst sur une membrane plasmique :



La membrane plasmique possède une **protéine transmembranaire** (le rond bleu sur le schéma) qui transporte du sodium Na+ de haut en bas. Ici, on voit que le potentiel électrique est **nul** (le rectangle vert) et qu'il existe un potentiel chimique (le triangle orange) pour le sodium, qui dicte le transport vers le bas.

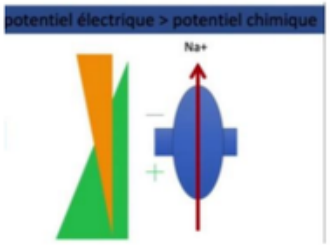


On réalise alors une experience : On va exercer un potentiel électrique (avec un circuit extérieur). Il va y avoir des charges **positives** en bas et **négatives** en haut. Le potentiel électrique **contrarie** le flux de Na+. En effet, le Na+ se dirige vers les charges positives selon son potentiel chimique mais on rappelle que les osmoles chargées vont à l'endroit des charges de signe opposé (IMPORTANT à comprendre) selon leur potentiel électrique (donc vers les charges négatives). Donc on crée un potentiel électrique puisque nos osmoles de sodium (Na+) vont vouloir remonter pour aller vers les charges négatives



On augmente le **potentiel électrique** qu'on exerce avec notre générateur. On va donc **équilibrer** les 2 potentiels. Potentiel chimique = potentiel électrique, il y a autant dions Na+ qui passent en haut et en bas.

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction est interdite



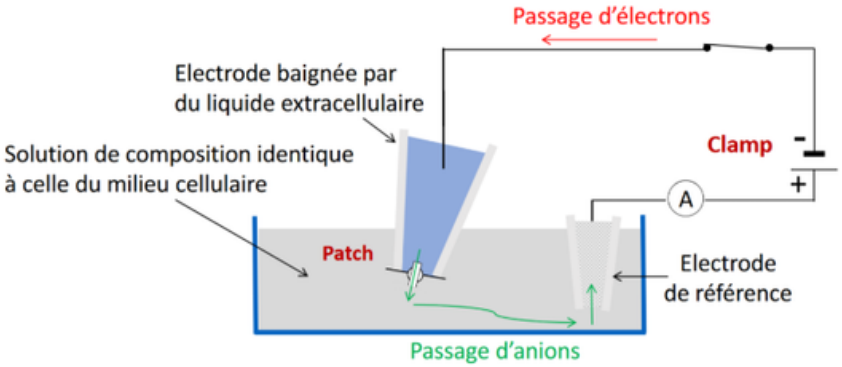
Si on continue d'augmenter le potentiel électrique on finit par inverser le flux de sodium, puisque le potentiel électrique devient plus fort que le potentiel chimique. Ainsi le sodium ne va plus que de bas en haut

L'idée de ce passage ce n'est vraiment pas de tout apprendre par coeur mais bien de comprendre comment les choses fonctionnent pour être à l'aise avec la suite du cours, n'ayez pas peur de prendre du temps sur la compréhension d'une notion en physiologie c'est normal !!! passez le maintenant pour que ce soit encrer plutôt que de vous réveiller la veille du concours

II. Canaux ioniques

A. Patch clamp

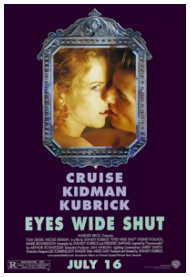
Pour bien commencer, on va définir ce que sont les **canaux ioniques** : éléments transmembranaires qui permettent le passage d'osmoles chargées ou non.



pour arriver à definir ces canaux ioniques, nous avons utiliser des montages **experimentaux**, comme celui du **patch clamp** que je vais vous décrire. Le patch clamp est un montage permettant la mesure des **courants osmotiques** (ce qui a valu un prix Nobel de physiologie et médecine à Neher et Sackmann en 1991).







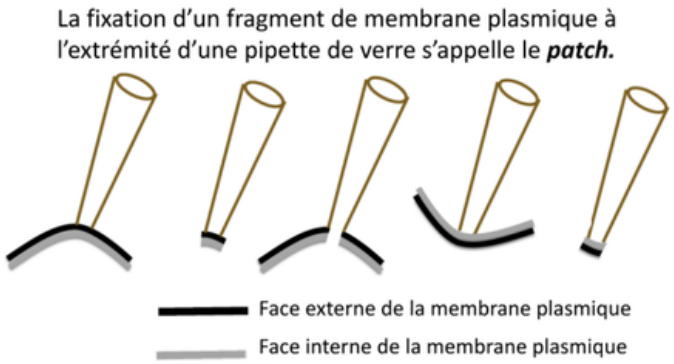


: faut juste applaudir !

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction est interdite

Sur le schéma on peut voir : un bain (qui correspond au **milieu cellulaire**), une membrane qui trempe accrochée à l'extremité d'une pipette dans laquelle se trouve un liquide qui correspond au **milieu extracellulaire**. La membrane "patchée" sur la pipette se trouve entre deux solutions représentant les milieux cellulaire et extracellulaire. Ce système osmotique est connecté à un **circuit externe** permettant de libérer un voltage controlé et de mesurer **l'intensité** apres l'électrode de référence via un **galvanomètre** (dont on a parlé au début du cours).

sur le schéma on peut observer un courant ionique osmotique (en vert) entre les deux électrodes. Le fait de pouvoir modifier le voltage et d'en exercer des différents via le circuit externe permet de démontrer la **conductance** de la membrane (sa capacité à faire passer le courant).



Le terme "patch" désigne l'adhésion d'un fragment de membrane plasmique à l'extremité d'une pipette de verre microforgée extrêmement fine. Son adhésion se fait de différentes manières

- Sur la face extérieure (1) ou intérieure (4) 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 (3) à ce moment-là, on peut arracher le petit morceau de membrane.

Rappel :

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

Intensité : Mesurée ; Potentiel électrique=voltage : Clampé ; Conductance : Calculée

!! IMPORTANT : retenez bien ce qui est mesuré, clampé ou calculé !!

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction est interdite

A savoir :

-Le clamp désigne la manière de définir le **voltage**

-**L'intensité** se mesure avec un **ampèremètre**

-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 protéines 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 protéines transmembranaires.

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

B. Exemple du canal sodique épithéliale (ENaC)

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

Je vous écris un peu parce qu'il reste un peu de place. J'espère que le cours vous plaît et que visuellement c'est agréable... J'essaie de ne pas trop surcharger. Si vous avez des conseils, des retours ou que vous avez des trucs à dire, ecrivez-moi sur Facebook : Julian Prallet.

C'est important de dégrossir un peu la P1 et sa réputation. C'est une superbe année, vous allez faire des rencontres et apprendre beaucoup de choses très intéressantes !!!
Ce n'est pas aussi dur que ce que beaucoup de gens veulent vous faire croire pour vous vendre des trucs douteux. C'est seulement une question d'organisation (hyper importante) et de motivation, rien de surhumain à l'examen !!!
On peut kiffer sa P1, je vais essayer de faire mon max pour que ce soit votre cas !

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction est interdite

il y a 4 informations importantes et essentielles à retenir sur cette protéine :

-**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). Sa conductance est de **4 à 5 pS (picosiemens)**

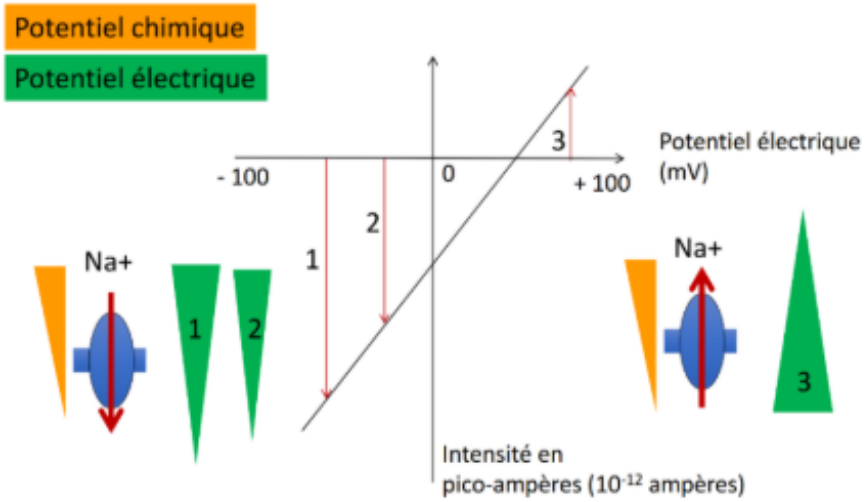
-**Sa séléctrivité :**
c'est un canal **sélectif**, il ne laisse passer que certains composés (**donc ici sodium et un peu de lithium**). Si on reprend le patch clamp dans une solution ionique sans sodium, aucun passage n'est détecté même avec le plus grand des potentiels électriques exercés. Tandis que si la solution contient du Na+ on retrouve alors la relation linéaire intensité / voltage.

-**La relation intensité et voltage (PE) est linéaire**

-**Sa durée et sa probabilité d'ouverture :**
Probabilité d'ouverture : **0,5**
Durée d'ouverture : **1,0 seconde**

On va detailler un peu ne vous en faites pas

La relation intensité et voltage (PE) est linéaire :



Ici, le potentiel électrique sur l'axe horizontal et l'intensité sur l'axe vertical. On voit que la relation entre l'intensité et voltage est linéaire.

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction est interdite

Pour expliquer la raison de cette linéarité :

1. Quand le PE est à -100 mV :

- la force électrique et la force chimique vont dans le **même sens** = le sodium entre dans la cellule plus **facilement**
- le potentiel électrique **potentialise** l'action du potentiel chimique

2. Si on augmente un peu le PE (on le rend moins négatif) :

- La force électrique devient **moins forte**, donc le courant de sodium **diminue**
- le potentiel chimique, lui, **ne change pas**

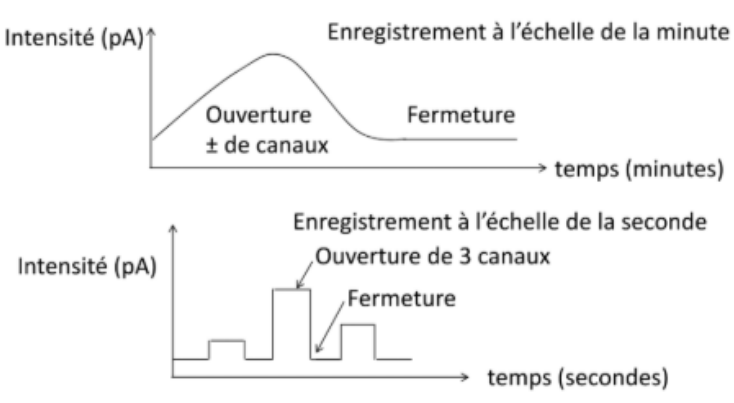
3. Quand le PE est a +100 mV :

- La force électrique pousse dans le sens **opposé** a la force chimique
- Résultat : le sodium **change** de direction et **sort** de la cellule

En résumé :

PE négatif → sodium rentre
PE proche de 0 → sodium entre moins
PE positif → sodium sort

-Sa durée et sa probabilité d'ouverture :



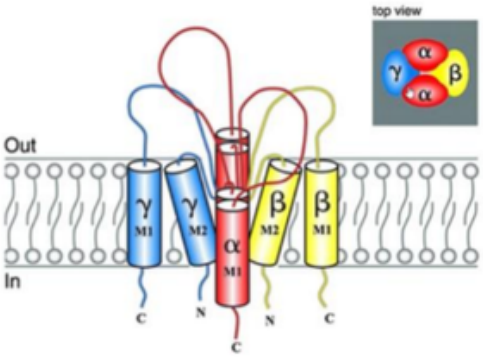
On observe différents phénomènes selon l'échelle de temps. En minutes on a le « tendance globale » alors que l'on est beaucoup plus précis avec l'échelle en seconde ; à tel point que l'on peut voir des petits rehaussements. Chaque « petit rehaussement » de rectangle correspond à l'ouverture d'un ou plusieurs canaux. Autrement dit, plus le rectangle est haut, plus il y a de canaux ouverts

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction est interdite

Vous avez ici un tableau qui fait un récap de ce qu'on a dit : **A CONNAITRE +++**

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

Le prof détail la structure du canal sodique épithéliale :



« Une fois que l'on a caractérisé les propriétés biophysiques et que l'on a identifié un canal, on cherche à en connaître la structure moléculaire. Voici la structure moléculaire du canal sodique épithélial (clonée par l'équipe de Bernard Rossier à Lausanne en 1993). Il s'agit de sous-unités transmembranaires : α, β, γ réparties par deux selon quatre dipôles qui constituent un port moléculaire à travers lequel passe le sodium. »

A quoi nous sert cette explication ?

l'objectif est de comprendre le **fonctionnement** de la diffusion facilitée à travers les membranes cellulaires.

- il existe **plusieurs** canaux ioniques : certains pour le sodium (Na+), d'autres pour des molécules **non chargées** comme par exemple le **glucose** ou **l'eau** (via les aquaporines).

- Ces canaux peuvent représenter des **cibles** pour les **médicaments**. Par exemple, le canal sodique (ENaC) peut etre bloqué par l'amiloride, un diurétique utilisé pour traiter les oedèmes et épanchements.

- Certains canaux ioniques **non sélectifs** sont sensibles à la **pression mécanique** : ils participent à la régulation de la pression artérielle, à la perception de la position du corps (proprioception) et au toucher → Découverte qui a été récompensée par le prix Nobel 2021 de physiologie/médecine. On a donc pu mettre en évidence pourquoi certaines mutations de gènes entrainent de l'hypertension ou de l'hypotension

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction est interdite

- D'autres canaux cationiques **non sélectifs** sont sensibles à la **température** et jouent un rôle dans la régulation thermique, la détection de chaleur ou de froid et les réaction d'évitement.

- Les canaux sodiques et potassiques présents dans les **cellules cradiaques** (cardiomyocytes et cellules nodales, vous verrez ça dans l'excellent cours sur le potentiel cardiaque que va faire mon co tut Nolan) déterminent le **rythme** cradiaque. Certains médicaments antiarythmique ciblent ces canaux.

Ainsi, le prof veut vous faire comprendre que lorsque l'on prend un peu de recul, on voit que **l'homéostasie** de l'organisme reposent sur des mécansimes **précis** de **régulation** des canaux ioniques et autres transporteurs moléculaires.

Conclusion du professeur :

- Le **patch-clamp** permet de caractériser des protéines transmembranaires facilitant la diffusion des osmoles ;

- Ces molécules sont des **cibles thérapeutiques** ;

- Ces molécules conduisent les osmoles électriquement chargées ou non, simultanément dans **le même sens ou simultanément en sens inverse** (cotransporteurs, échangeurs) ;

- Certaines de ces molécules génèrent des **potentiels chimiques et/ou électriques** en transportant les osmoles de manière **active** (consommation d'ATP) : ce sont des pompes.

force aussi tout ceux qui sont en Las chimie mdrr je sais qu'elle est un peu relou cette las mais ca va le faire #tuttopassa, avec les anciens de Las chimie on va essayer de vous mettre bien cette année

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction est interdite

III. Co-transporteurs, échangeurs et pompes

cette partie du cours n'est pas complète et c'est normal, je raccourcis un peu le cours pour la version TTR, on verra la suite après le premier examen blanc

Dans le corps, il existe 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 ce que l'on a vu quand on a parlé de la diffusion dans le cours sur le potentiel chimique.

- **Diffusion facilitée** : passage transmembranaires d'osmoles électriquement chargées ou non à travers une membrane via un **transporteur moléculaire**. Les forces rentrant en jeux sont le **potentiel électrique** et le **potentiel chimique**.

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

diffusion simple = relation linéaire

diffusion facilitée = relation exponentielle

Ce qu'il faut comprendre c'est que la diffusion facilité permet le passage d'une **plus grande quantité** de molécules pour des potentiels **plus faibles** (cf la courbe d'une onction exponentielle).
Comme on l'a dit, ce type de diffusion fait intervenir des **transporteurs**, on en retrouve différents type au sein de l'organisme :

- **échangeurs** : les osmoles qu'ils transportent d'un compartiments à l'autre vont aller dans des **sens opposés**.

- **Cotransporteurs** : les osmoles qu'il transportent d'un compartiment à l'autre vont aller dans le **même sens**.

- **Pompe** : c'est un transporteur qui nécessite **d'hydroliser de l'ATP** pour fonctionner, en gros il lui faut de **l'énergie** → c'est un transport qu'on dit **ACTIF**

Le tutorat est gratuit. Toute reproduction est interdite