

Bonsoir la team, on se retrouve pour aborder un sujet fondamental en physiologie : le potentiel de repos. Ce concept est central pour comprendre le fonctionnement des cellules excitables, comme les neurones et les cellules musculaires. Pour bien appréhender le potentiel de repos, il est crucial d'avoir assimilé les notions de potentiel chimique/électrique et le rôle des canaux ioniques.

POTENTIEL DE REPOS

Plan du cours :

- A) Composition ionique des milieux cellulaire et extracellulaire
- B) Polarité électrique de la membrane plasmique
- C) Pompes à sodium et courant de fuite

Ce potentiel de repos dépend de :

1. **l'asymétrie de composition** des milieux intracellulaire et extracellulaire
2. **la polarisation des membranes** plasmiques, liée à la présence de pompes à sodium sur toutes les cellules et de canaux, assurant des courants de fuite (tkt on y revient après) pour le sodium et le potassium

A) Composition ionique des milieux cellulaire et extracellulaire

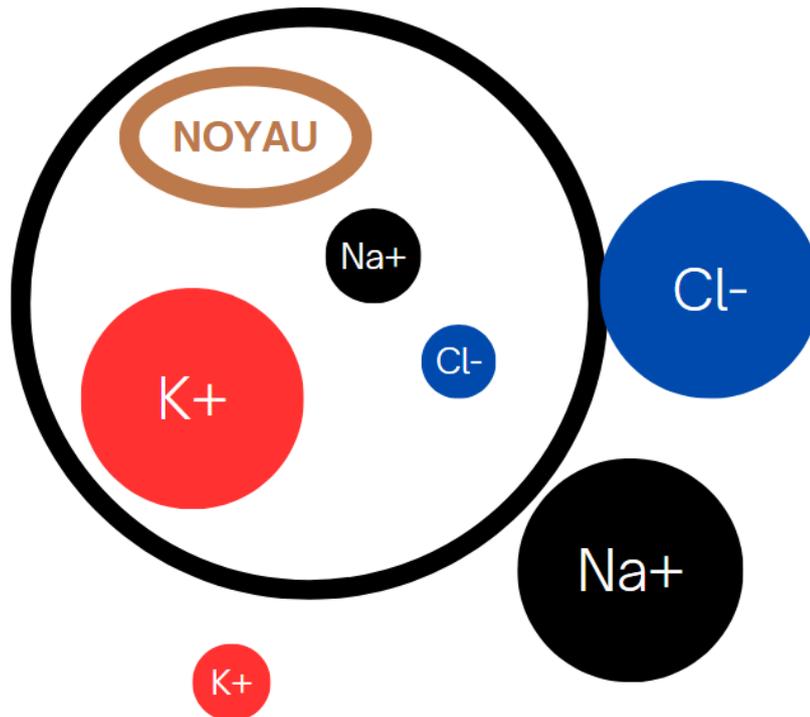
Les principaux constituants du milieu extracellulaire : **sodium** (Na⁺), **potassium** (K⁺) et **chlorure** (Cl⁻) ont une répartition asymétrique par rapport au cytoplasme.

| | Milieu cellulaire | Milieu extracellulaire |
|--------------------|--------------------------|-------------------------------|
| [Na ⁺] | 10 mmol/L | 144 mmol/L |
| [K ⁺] | 160 mmol/L | 4 mmol/L |
| [Cl ⁻] | 6 mmol/L | 114 mmol/L |

(NB : je n'ai jamais vu tomber les chiffres exacts en annales, après vous faites comme vous le sentez)

Autrement dit on a :

- + de **Sodium** en **extra** (14 fois+)
- + de **potassium** en **intra** (40 fois+)
- + de **chlorure** en **extra** (19 fois+)



B) Polarité électrique de la membrane plasmique

Polarité électrique : La membrane plasmique des cellules est polarisée, c'est-à-dire qu'elle présente une différence de potentiel entre son intérieur et son extérieur.

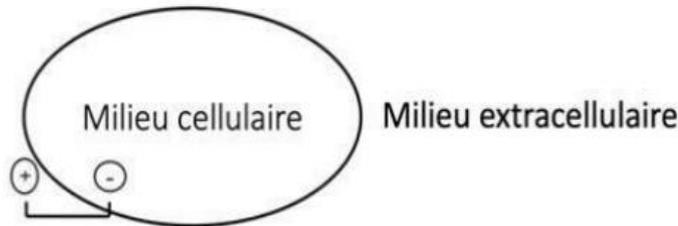
Si l'on place une électrode à l'intérieur d'une cellule et une électrode de référence à l'extérieur dans le milieu extracellulaire, on observe un potentiel transmembranaire de l'ordre de **-80 mV en moyenne**. Ce potentiel transmembranaire est extrêmement variable d'une cellule à l'autre et est dépendant du type cellulaire. +++++

Exemple : celui d'un neurone est en moyenne -70mV.

Tut'explication

Un potentiel transmembranaire de **-80mV** signifie simplement une **différence de potentiel** électrique (= de **passage de porteurs de charge**, ici les ions) entre deux points de référence A et B, ici les deux feuillets de la membrane plasmique. Le signe – dépendra seulement du **sens du branchement** des électrodes aux bornes du voltmètre. Par convention ici on prendra donc la valeur de **- 80 mV** par rapport au montage utilisé.

Potentiel transmembranaire mesuré - 80 mv

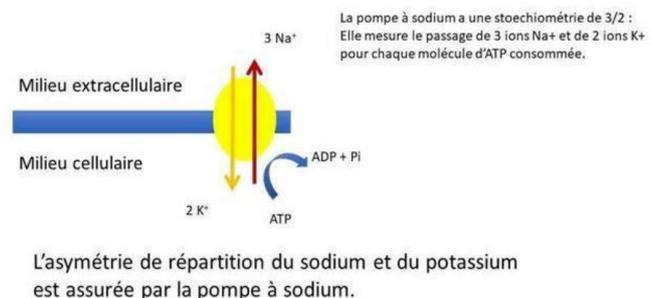


C) Pompes à sodium et courant de fuite

QUELS SONT LES LIENS ENTRE CETTE REPARTITION ASYMETRIQUE DES PRINCIPALES OSMOLES ELECTRIQUEMENT CHARGÉES DU MILIEU EXTRACELLULAIRE ET LE POTENTIEL DE REPOS ?

(Traduction : quel est le lien entre l'asymétrie de répartition des ions et le potentiel de repos ?)

Le lien passe par la **pompe à sodium** et les **courants de fuite (=CANAUX)**. La pompe à sodium assure une asymétrie de répartition du sodium et du potassium puisqu'elle a une stœchiométrie de **3/2**, c'est-à-dire qu'elle permet le passage de **3** ions **sodium** vers l'extérieur et de **2** ions **potassium** vers l'intérieur de la cellule à chaque fois qu'elle hydrolyse une molécule d'ATP (et oui car c'est une pompe ; donc elle fait du transport ACTIF). ++



On considère 2 compartiments séparés par une membrane (qui joue le rôle de la membrane plasmique):

- **Intracellulaire** (= cellulaire) fait de chlorure de potassium (KCl) tel que $\text{KCl (s)} \rightarrow \text{K}^+ \text{ (aq)} + \text{Cl}^- \text{ (aq)}$
- **Extracellulaire** fait de chlorure de sodium (NaCl) tel que $\text{NaCl (s)} \rightarrow \text{Na}^+ \text{ (aq)} + \text{Cl}^- \text{ (aq)}$

Dans le corps humain on retrouvera ces osmoles en version dissoute puisque l'eau est **omniprésente**. Elles sont donc **chargées** (Rappel des pourcentages d'eau totale **60%** homme, **50%** femme, **75%** nouveaux nés).

Le prof présente ensuite des modèles expérimentaux :

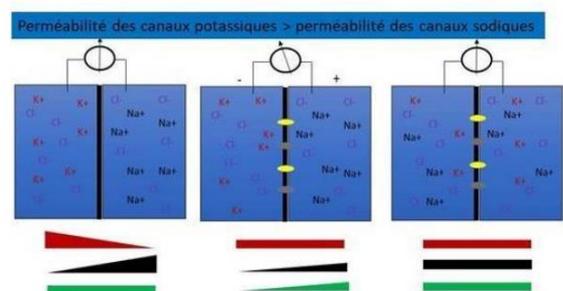
| | |
|---|--|
| <p>Au départ : il n'y a <u>pas de potentiel électrique</u>, en revanche on a un <u>potentiel chimique</u> de même force mais de sens opposé pour le sodium et le potassium.</p> <p>Tut'explication : on a 2 compartiments électroneutres, les 2 comportent du Cl⁻ mais le gauche ne présente pas de Na⁺ tandis que le droit ne présente pas de K⁺ : cela crée un potentiel chimique et donc une tendance à la diffusion pour ces deux dernières.</p> | |
|---|--|

| | |
|--|--|
| <p>On ouvre des canaux potassiques sur la membrane qui sépare ces deux compartiments, on va observer le passage du potassium selon la règle de la diffusion (selon son potentiel chimique), du compartiment de gauche vers le compartiment de droite et ainsi le potentiel chimique du sodium ne va pas changer mais le potentiel chimique du potassium va s'annuler. D'autre part, un potentiel électrique va apparaître puisqu'il va exister, d'un coup, une répartition asymétrique des charges positives (<i>une charge + apparait à droite</i>).</p> | <p>Ouverture de canaux potassiques</p> |
|--|--|

| | |
|---|-------------------------------------|
| <p>On fait la même chose avec des canaux sodiques, le phénomène inverse se produit : le sodium équilibre sa concentration par diffusion entre les deux milieux générant ainsi un potentiel électrique. Il annule son potentiel chimique <u>sans</u> modifier le potentiel chimique du potassium.</p> <p><i>(Je n'ai pas ré-expliqué à chaque fois parce que normalement une fois que vous avez compris la base ça devrait couler tout seul ; mais si besoin → petit post sur le forum)</i></p> | <p>Ouverture de canaux sodiques</p> |
|---|-------------------------------------|

Maintenant que nous avons montré cela expérimentalement, revenons à la membrane cellulaire.

Dans l'organisme, sur la membrane cellulaire, il existe des **courants de fuite** du **potassium** et du **sodium**, selon une perméabilité différente : La perméabilité des canaux potassiques est **SUPÉRIEURE** à celle des canaux sodiques ++++ : on observera un passage plus abondant de charges de gauche à droite que de droite à gauche, générant ainsi une asymétrie de composition des milieux et un potentiel **électrique**.



Tut'explication

La pompe Na^+/K^+ fait passer **2 potassium vers l'intérieur** de la cellule et **3 sodium vers l'extérieur**. Ensuite, ces ions passent par des **canaux** selon leur **potentiel chimique** : c'est ce qu'on appelle les **courants de fuite** ; c'est-à-dire que le **potassium va vers l'extérieur** de la cellule à travers des **canaux potassiques** et le **sodium va vers l'intérieur** de la cellule à travers des **canaux sodiques**. Or, les **canaux potassiques sont plus perméables** que les canaux sodiques, c'est-à-dire que les ions potassium vont plus **vite** vers l'extérieur que les ions sodium ne vont vers l'intérieur. Dans un organisme vivant, cela a pour effet de créer une **asymétrie** de charges de part et d'autre de la membrane plasmique. D'une part, on a 3 sodiums qui passent vers l'extérieur et 2 potassiums vers l'intérieur, et en plus on a plus de potassiums qui retournent vers l'extérieur que de sodiums retournent vers l'intérieur : **le feuillet externe prend une charge positive** tandis que le feuillet interne prend une charge **négative**. (regardez le schéma du prof ci-dessous pour mieux visualiser)

Dans un système **inerte**, les potentiels **disparaissent** au bout d'un certain temps puisqu'il s'agit d'une différence de **perméabilité** donc d'une différence de **vitesse de passage ionique**.

(Notes des vieux : autrement dit même le sodium passe moins facilement la membrane, il passe quand même, donc il va mettre plus de temps à annuler son PC mais il le fera quand même un jour)

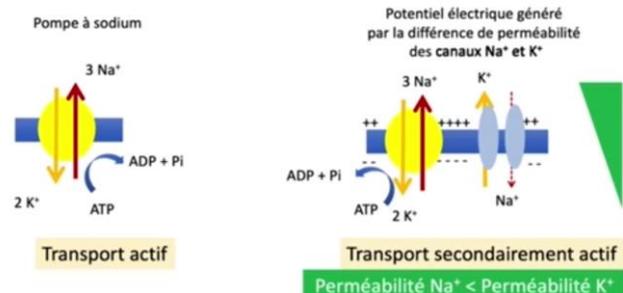
Dans l'organisme, l'activité **permanente** des pompes à sodium (ubiquitaire) sur les cellules **entretient** cette différence de répartition ionique et la présence de canaux sodiques moins perméables que les potassiques **génère** un bilan de charge, un **potentiel électrique**.

Donc les membranes plasmiques se retrouvent **polarisées POSITIVEMENT** sur leur feuillet extra-cellulaire et **NEGATIVEMENT** sur le feuillet intra-cellulaire. ATTENTION les milieux intra et extra cellulaire sont électriquement **neutres** (revu juste après) ++++

2 "mémos" (des anciens) : • Les sentiments négatifs tu les gardes à l'**INTÉRIEUR**

• Quelqu'un **d'EXTRAverti** renvoie des ondes positives

Pompe à sodium et courants de fuite



Le potentiel de repos est expliqué par :

- ❑ La perméabilité **INEGALE** des canaux **sodiques** et **potassiques** qui va **GENERER** un potentiel électrique de repos
- ❑ La pompe Na/K-ATPase et son activité permanente (on rappelle qu'elle est aussi ubiquitaire) sur la membrane plasmique vont **ENTREtenir** ce potentiel de repos, cette répartition **asymétrique** des charges. Le transport actif de Na⁺ et de K⁺ par la Na/K-ATPase explique que cette différence de potentiel électrique **persiste**.

! Tut'concentres !

Il faut bien retenir que c'est la **différence de perméabilité** des canaux potassiques et sodiques qui est à **l'origine du potentiel de repos**, qui le crée, et que l'activité de la pompe Na,K-ATPase entretient cette différence de potentiel membranaire !! Cette nuance a été **confirmée**, et répétée par le **professeur Favre**. +++

Il suffit de la répartition asymétrique **d'un ion sur 10⁵** d'un côté ou de l'autre de la membrane plasmique pour créer une différence de potentiel électrique de 100 mV.

(en gros si on a 1 ion sodium (par exemple) sur le feuillet interne contre 100 000 sur le feuillet externe cela crée une tension électrique = différence de potentiel de 100 mV).
Les valeurs sur le tableau ne sont pas à connaître par cœur.

| | Milieu cellulaire | Milieu extracellulaire |
|-------------------------|-------------------|------------------------|
| Na+ | 10 mmol/L | 144 mmol/L |
| K+ | 160 mmol/L | 4 mmol/L |
| Cl- | 6 mmol/L | 114 mmol/L |
| Cations | 212 meq/L | 153 meq/L |
| Anions | 212 meq/L | 153 meq/L |
| Bilan de charges | nul | nul |

Cette asymétrie ne modifie la pression **osmotique** qui n'est pas du tout du même ordre de grandeur (cette différence de 1 vs 105 ions ne suffit pas à faire sortir l'eau des cellules, il en faudrait beaucoup plus).

Les milieux cellulaire et extracellulaire sont pour cette raison considérés comme électriquement **neutres ++++**. C'est-à-dire que la somme des cations et la somme des anions dans chacun des milieux cellulaire et extracellulaire est **nulle** voir tableau ci-dessus.

! Tut'concentres !

Il faut bien comprendre que les feuillets de la membrane plasmique sont chargés positivement ou négativement, mais que le milieu cellulaire comme le milieu extracellulaire (= intérieur) sont électriquement neutres !! Les fluides biologiques ne sont pas chargés. Si je dis que le milieu extracellulaire est chargé positivement c'est FAUX !

Conclusion :

- ❖ Le potentiel de repos dépend des **pompes à sodium** et des **courants de fuite** pour le **sodium** et le **potassium**
- ❖ La diffusion des osmoles à travers une membrane plasmique dépend des potentiels **électriques** et des potentiels **chimiques** selon la relation de **Nernst** (PC + PE = 0)
- ❖ Vu plus tard : les propriétés électriques des cellules déterminent le **rythme** cardiaque et la **transmission** des signaux neuronaux.

Dédi à Sofiatrogène pour ses fiches juste parfaites

Dédi à Plume (mon chat)

N'hésite pas à me contacter pour des recommandations sur facebook "Féréol Tandonnet", si questions --> **Forum**