

Potentiel de repos

Introduction

Mise en évidence d'un potentiel de repos membranaire

Origine du potentiel de repos

La répartition inégale des ions de part et d'autre de la membrane.

Gradient chimique, gradient électrique et équilibre électrochimique.

La perméabilité relative de la membrane au Na^+ et au K^+

Le rôle de la pompe Na^+/K^+ dans le maintien du potentiel de repos.

Rôle du PR

Conclusion

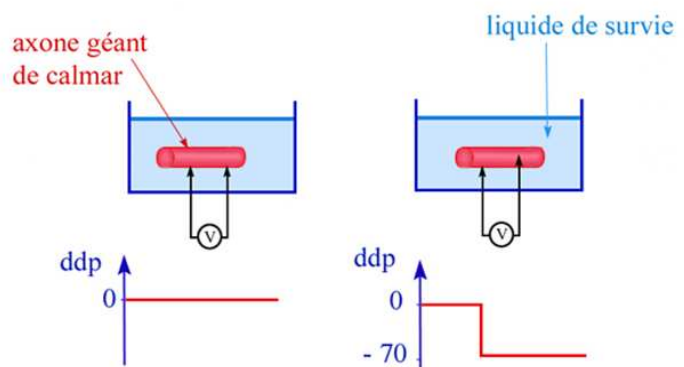
[Neuro-physiologie]

Introduction :

- Chaque cellule vivante d'un organisme développe et maintient une différence de potentiel électrique entre les deux versants, interne et externe, de sa membrane plasmique → On parle alors de potentiel de membrane ou de potentiel transmembranaire.
- Pour la plupart des cellules (dites parfois **cellules non excitables**), cette différence de potentiel transmembranaire reste sensiblement stable. Sa valeur est une caractéristique de la cellule.
- Pour les **cellules excitables** (neurones, cellules musculaires et cellules glandulaires), à l'inverse, la valeur du potentiel de membrane est modulable selon que la cellule est au repos ou en activité (spontanée ou évoquée par stimulation).
- Au repos, leur potentiel de membrane est nommé le potentiel de repos. Sa valeur est aussi une caractéristique électrophysiologie de la cellule excitable.
- En activité, les cellules excitables sont capables de développer des variations du potentiel de membrane. Ces variations peuvent se développer in situ (potentiel évoqué, excitabilité locale) ou être propagées (potentiel d'action).

Mise en évidence d'un potentiel de repos membranaire

En introduisant une électrode de mesure à l'intérieur de la cellule on constate une différence de potentiel : l'intérieur de la cellule est négatif par rapport à une électrode de référence extracellulaire.



La différence de potentiel entre les deux faces extra et intra cellulaire est le potentiel de membrane .

Origine du potentiel de repos

- La répartition inégale des ions de part et d'autre de la membrane.
- Gradient chimique, gradient électrique et équilibre électrochimique.
- La perméabilité relative de la membrane au Na^+ et au K^+
- Le rôle de la pompe Na^+/K^+ dans le maintien du potentiel de repos.

Répartition des ions de part et d'autre de la membrane.

La membrane cellulaire sépare les deux milieux (externe et interne), ces deux milieux sont différents par leurs concentrations ioniques.

L'extérieur de la cellule est en grande partie composé de Na^+Cl^- alors que l'intérieur est surtout composé de K^+A^- .

Milieu Extracellulaire (mM)			
$\text{K}^+ = 5$	$[\text{Na}^+]$	$[\text{K}^+]$	$[\text{Cl}^-]$
$\text{Na}^+ = 140$	————— Mb		
$\text{Cl}^- = 140$			
$\text{Ca}^{2+} = 1$			
Milieu Intracellulaire (mM)			
$\text{K}^+ = 140$	$[\text{Na}^+]$	$[\text{K}^+]$	$[\text{Cl}^-]$
$\text{Na}^+ = 15$			
$\text{Cl}^- = 15$			
$\text{Ca}^{2+} < 10^{-4}$			
Prot			

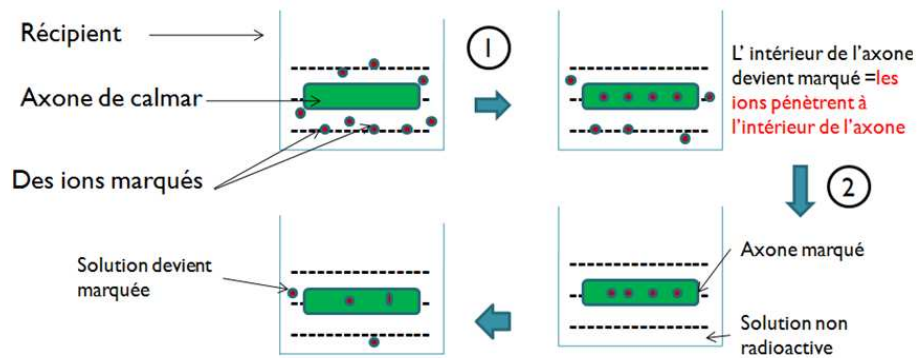
- Il existe une distribution asymétrique des ions de part et d'autre de la membrane.
- Comment cette membrane préserve t'elle cette asymétrie ionique de part et d'autre ?

Deux hypothèses

- 1) Les ions ne peuvent pas traverser la membrane.
- 2) la mb est perméable aux ions mais il existe des mécanismes qui permettent le maintien des différences de concentrations.

Mise en évidence de la perméabilité de la membrane neuronale

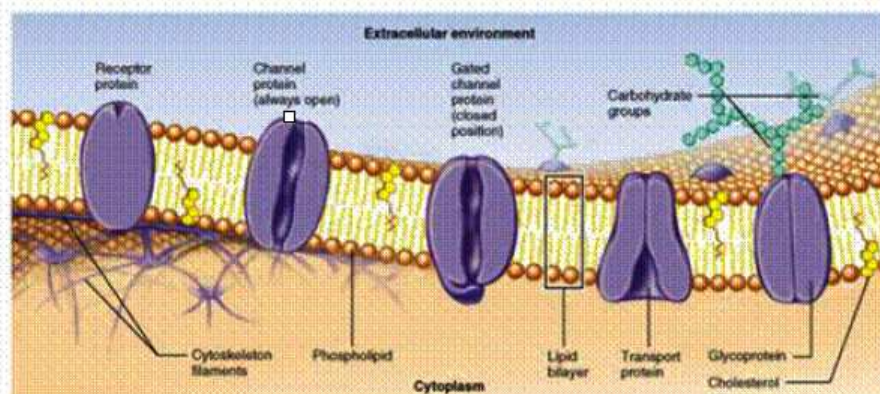
Expériences de Hodgkin et Keynes (1955) : par l'utilisation des ions marqués



La membrane est perméable à tous les ions dans les deux sens

Potentiel de repos

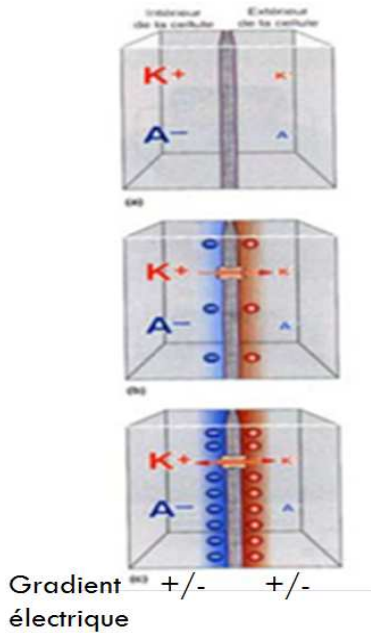
Le point critique : membrane plasmique = 2 couches de phospholipides = isolant



Mais présence de canaux ioniques sélectifs pour certains ions :

- soit ouverts en permanence
- soit activables (par variation de voltage, par substance chimique...)
- soit dépendant d'énergie : pompes, capables de déplacer les ions contre le gradient de concentration

Equilibre électrochimique



• Milieux de concentration différente, séparés par une membrane imperméable aux ions.

• Membrane rendue perméable au K^+ par l'insertion de canaux ouverts en permanence, dits canaux de fuite, spécifiques pour le K^+

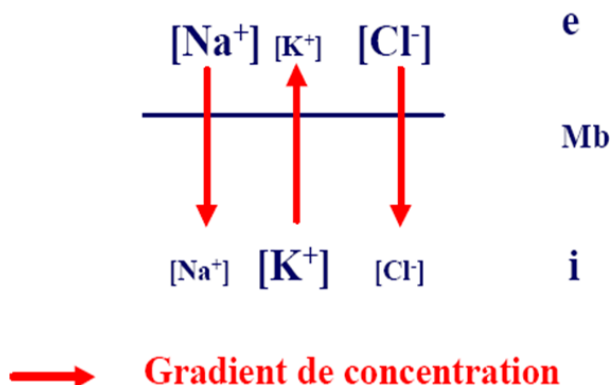
• On observe un transfert du K^+ dans le sens du gradient de concentration (**gradient chimique**)

• Le passage d'ions crée un **gradient électrique** qui s'oppose au transfert ionique.

• Lorsque le gradient chimique (force d'entrée) devient équivalent au gradient électrique (force de sortie) les transferts ioniques ne se font plus (**équilibre électrochimique**)

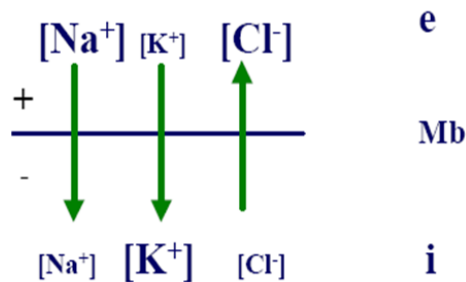
- On remarque qu'il existe une différence de potentiel de part et d'autre de la membrane.
- Cette différence de potentiel est appelée potentiel d'équilibre pour un ion donné (E_{ion}). Elle se calcule avec **l'équation de Nernst**.
- Dans ce cas c'est le potentiel d'équilibre du K^+ qui détermine la différence de potentiel car c'est le seul ion perméable.

La distribution asymétrique des ions de part et d'autre de la membrane, est responsable d'un mécanisme passif de transport (la **diffusion**) à travers les canaux du milieu le plus concentré vers le milieu le moins concentré .



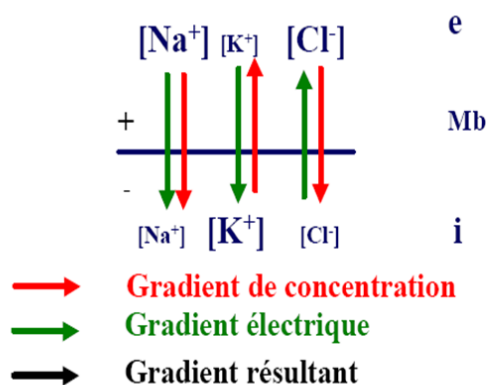
Tout en sachant que toutes charges de même signe se repoussent et toutes les charges de signe contraire s'attirent:

Le gradient électrique est la force qui fait déplacer les ions chargé positivement vers le milieu chargé négativement et vice-versa .



→ **Gradient électrique**

Le gradient électro-chimique est la résultante entre les deux gradients chimique et électrique.



La perméabilité relative de la membrane au Na⁺ et au K⁺

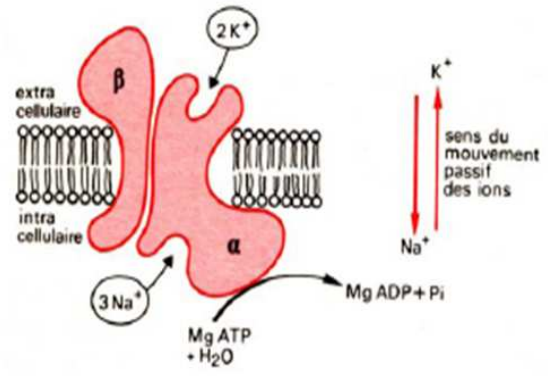
- à travers la membrane neuronale, Il existe en permanence des fuites de Na⁺ et de K⁺ sous la dépendance des canaux de fuites.
- La perméabilité de la mb neuronale au K⁺ est de 50 à 100 fois supérieure à celui du Na⁺.
- Les protéines intracellulaire qui sont de gros anions non diffusibles contribuent à créer une électronégativité intracellulaire et empêchent les ions K⁺ de migrer complètement .
- Vue la faible perméabilité de la membrane au Na⁺ et aux anions, Le potassium est l'ion qui contribue le plus à la genèse de la différence de potentiel .
- Cette différence de potentiel est résultante de la création d'un équilibre électrochimique (équilibre de Donnan).

Le rôle de la pompe Na⁺/K⁺ dans le maintien du potentiel de repos

Même si la perméabilité de la membrane au Na⁺ est très faible, elle peut arriver finalement à détruire le gradient électrochimique.

En effet les mouvements passifs d'ions devraient tendre à équilibrer les concentrations de part et d'autre de la membrane ce qui annulerait la valeur du potentiel de repos.

- Ce phénomène est contrebalancé par le fonctionnement d'une **pompe Na⁺/K⁺** qui utilise l'énergie pour exporter le Na⁺ et récupérer le K⁺
- **Faire entrer 2 ions de K⁺ et sortir 3 ions de Na⁺.**
- De cette façon la répartition inégale des ions est préservée avec un excès de charges positives à l'extérieur représentée majoritairement par la forte concentration en Na⁺, et le potentiel de repos peut ainsi se maintenir stable en fonction du temps.



Rôle du PR :

Le potentiel de repos joue un rôle important pour les cellules excitables, comme les neurones et les myocytes.

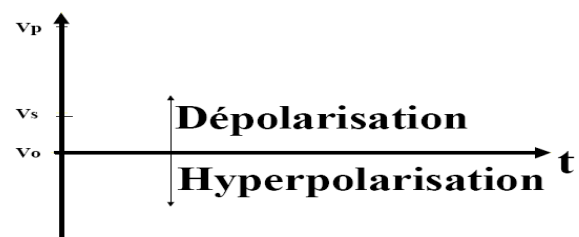
La valeur du potentiel de repos est caractéristique de type de cellule, Quelques exemples de potentiel de repos:

- Axone géant de calmar = - 70 mv ,
- Fibre musculaire de mammifère = -80 mv .
- Fibre musculaire de grenouille = -90 mv.

En effet le franchissement par le potentiel de repos d'un certain **seuil de dépolarisation** déclenche chez ces cellules un potentiel d'action par l'activation de canaux dépendent du potentiel (canaux voltage dépendant).

L'importance de la polarisation du potentiel de repos détermine donc l'excitabilité de la cellule:

- Quand il est très hyperpolarisé (par l'activation tonique de canaux potassiques ou chlorures par exemple), la cellule est difficilement excitable, c'est à dire qu'il faut beaucoup pour dépolariser la cellule avec des potentiels postsynaptiques excitateurs pour qu'elle décharge un potentiel d'action.
- Quand le potentiel de repos est très dépolarisé (par la fermeture de canaux potassium ou par l'ouverture permanente de canaux sodium), la cellule est plus proche du seuil de déclenchement d'un potentiel d'action, et donc plus excitable.



Conclusion

- Le **potentiel de repos** (soit un des états possible du potentiel de la membrane) est la polarisation électrique en situation physiologique de repos d'une membrane plasmique.
- L'existence d'un potentiel de membrane est universelle aux cellules vivantes.
- Les cellules nerveuses sont des cellules excitables ; capables de développer des variations du potentiel de membrane.
- Elles se distinguent des autres cellules de l'organisme par le fait que leur membrane est capable de maintenir une importante différence de potentiel entre le milieu intracellulaire et extracellulaire.
- La valeur du PR est aussi une caractéristique électrophysiologie de la cellule excitable.

- Cette différence de potentiel est due à la séparation de charge de part et d'autre de la membrane provoquée par un courant permanent majoritairement d'ion potassium à travers des canaux ioniques.
- Cette différence de concentration est maintenue en permanence par l'activité consommatrice en énergie des pompes sodium/potassium.
- En effet, le **potentiel de repos est un phénomène actif**.