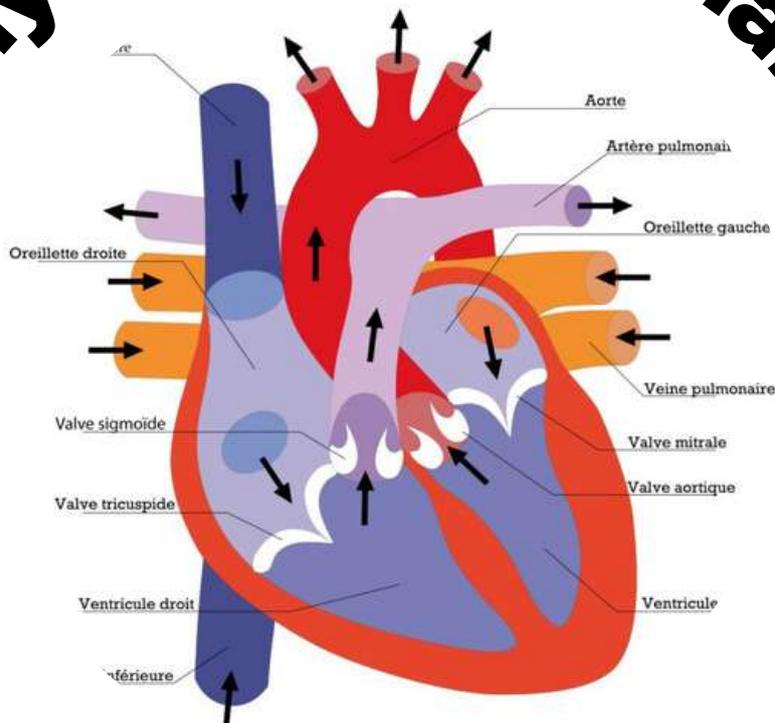


Physiologie Animale



SCIENCES DE LA VIE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

Electrophysiologie Générale

L'électrophysiologie: s'intéresse à l'étude et l'analyse des phénomènes électriques qui ont lieu au niveau de l'organisme et en particulier au niveau des cellules musculaires et nerveuses

Electrophysiologie Générale

Definition

L'électrophysiologie est l'étude des phénomènes électriques et électrochimiques qui se produisent dans les cellules et les tissus excitables, nerfs et muscles en particulier, des organismes vivants.

Objectifs

- Définir le potentiel de repos et comprendre les phénomènes bio-ioniques qui permettent son maintien.
- Définir le potentiel d'action, énumérer ses phases et comprendre les phénomènes bio-ioniques de chaque phase.
- Comprendre la conductivité neuronale.
- Classer les synapses et neurotransmetteurs.

Rappels: propriétés électriques de la membrane

Courant électrique I (μA , nA ou pA) = flux des ions de part et d'autre de la membrane durant un temps t .

Résumé

Objectifs: Le but des études est de définir le potentiel de repos (le potentiel des cellules non stimulées) et de comprendre les échanges des ions (molécules et atomes chargés électriquement) de part et d'autre des membranes cellulaires et qui permettent de maintenir le potentiel de repos

Un autre objectif: Est de définir le potentiel d'action (le potentiel de la cellule stimulée), de définir les différentes phases de ce potentiel et de comprendre les phénomènes électriques et les échanges ioniques pour chaque phase

Il faut également comprendre les mécanismes de la conduction de l'électricité dans les neurones

En fin, classer les synapses (contacts entre un neurone et une autre cellule) ainsi que les neurotransmetteurs

Si on veut donner une définition générale à l'électrophysiologie, on pourrait dire que c'est l'étude des phénomènes électriques et électrochimiques qui se produisent dans les cellules excitables: les cellules nerveuses et musculaires

Le Voltage = Potentiel électrique V (mV): la somme des charges positives et négatives portées par les ions dans un point donné de la membrane.

Différence de potentiel membranaire (Vm en mV): $V_m = V_{int} - V_{ext}$

Le courant: $I = \text{voltage}/\text{résistance} (V_m/R_m)$

Le signal électrique: est le processus neuronal qui est à la base de tous les aspects fonctionnels du Système Nerveux

Les neurones communiquent en utilisant à la fois le signal électrique (potentiel d'action) et le signal chimique (neurotransmetteur)

Phénomènes électriques en biologie

L'anguille électrique

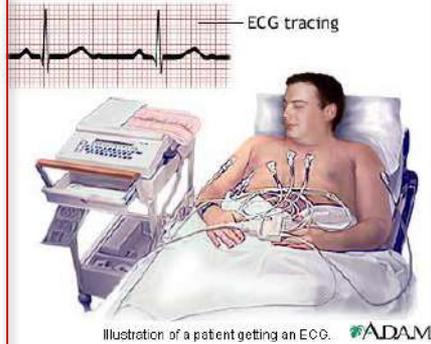


La torpille ou raie électrique

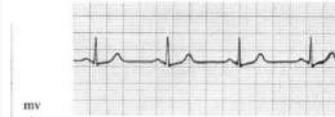
L'anguille électrique et la torpille sont des poissons qui émettent des courants électriques pour se défendre et pour mobiliser leur proies (jusqu'à 800 volts pour l'anguille et jusqu'à 220 volts pour la torpille ou la raie)

Applications de l'électrophysiologie

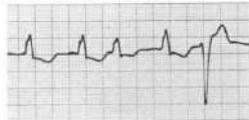
Electrocardiogramme



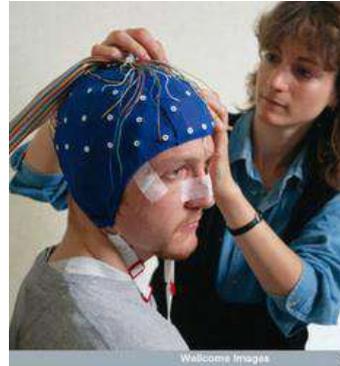
ELECTROCARDIOGRAMME : ECG normal



ECG anormal



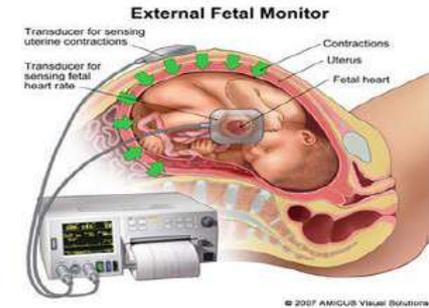
Electroencéphalogramme



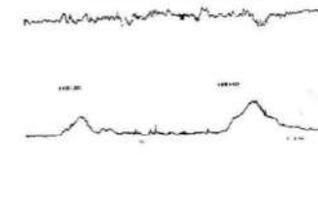
Electro-encéphalogramme : EEG



Monitoring Utérin



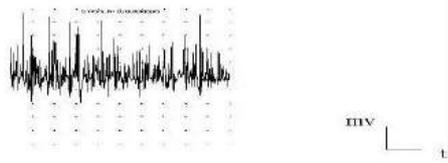
Monitoring Utérin



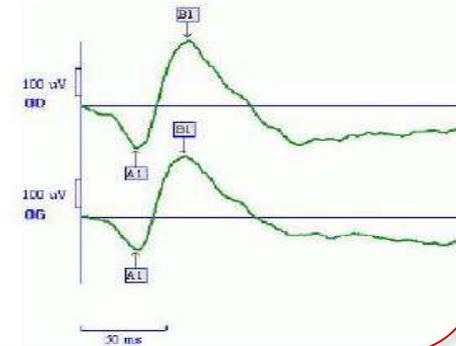
ECG est l'enregistrement de l'activité électrique du cœur liée aux variations du potentiel électrique des cellules cardiaques spécialisées dans la contraction (myocytes) et des cellules spécialisées dans l'automatisme et la conduction des influx. Il est recueillie par des électrodes à la surface de la peau.

EEG est l'enregistrement de l'activité électrique spontanée du cerveau. Il est recueillie par des électrodes à la surface de cuir chevelu. L'étude de la fréquence permet d'analyser le type d'ondes qui prédominent (alpha, bêta, delta et téta).

Électromyogramme



Electro-Retinogramme



L'électromyographie (EMG): technique médicale qui permet d'enregistrer les courants électriques qui accompagnent l'activité musculaire. Elle permet d'obtenir un électromyogramme, d'étudier les muscles et la jonction neuromusculaire, le **Système Nerveux Périphérique (SNP)** et d'établir un électrodiagnostic.

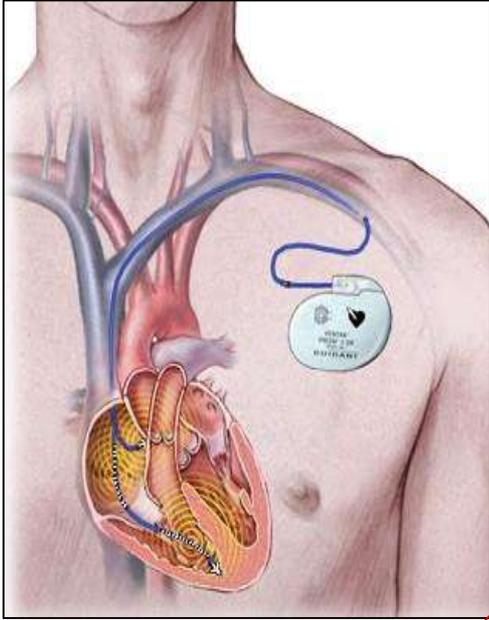
L'électrorétinographie analyse la réponse électrique de la rétine à une stimulation lumineuse. Elle permet de distinguer, au moyen de lumières d'intensités et de couleurs différentes les cellules rétiniennes. Ainsi, les cônes seront plutôt stimulés par les fortes intensités et la couleur rouge, tandis que les bâtonnets seront activés par les faibles intensités et la couleur bleu.

Applications de l'électrophysiologie:

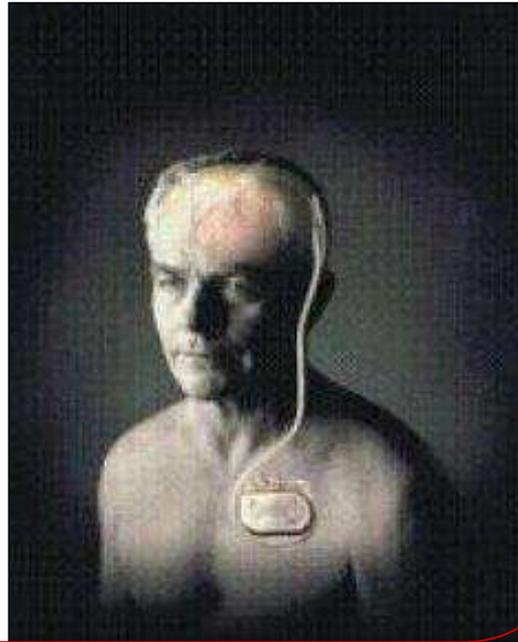
- **ECG ou électrocardiogramme**
- **EEG ou électroencéphalogramme: elle mesure des phénomènes électriques au niveau du cerveau et elle peut renseigner sur divers pathologies**
- **On peut également visualiser l'activité cardiaque du fœtus pour le cas où le gynécologue suppose des troubles physiologiques chez le fœtus**
- **EMG ou électromyogramme**
- **Electrorétinogramme permet d'identifier certaines pathologies qui affectent l'œil**

Utilisation thérapeutique en physiopathologie

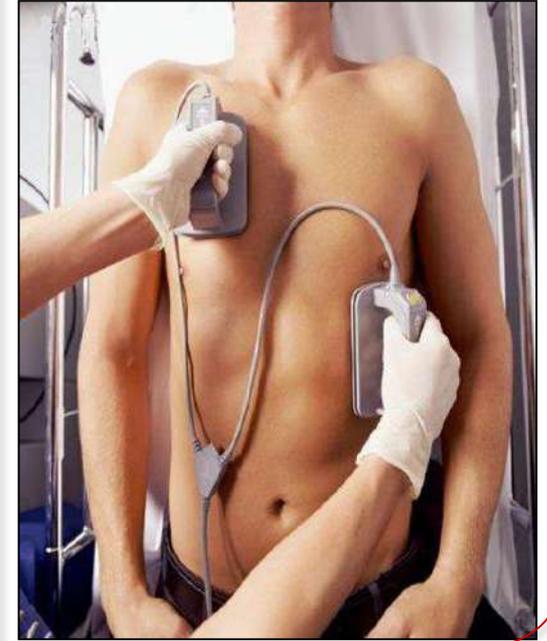
Stimulateurs cardiaques



Stimulateurs cérébraux



Défibrillateur



Le stimulateur cardiaque, ou pacemaker, est un implant (électrodes) délivrant des impulsions électriques au cœur et permettant par exemple d'accélérer ce dernier lorsqu'il est trop lent.

Les stimulateurs cérébraux, ou "pacemakers cérébraux", sont des implants utilisés pour traiter l'épilepsie, la maladie de Parkinson et d'autres maladies. Le stimulateur est un ensemble d'électrodes implantées dans le cerveau pour envoyer des signaux électriques à certains endroits spécifiques. La stimulation peut être utilisée à la fois pour le traitement et la prévention.

Ainsi, l'électrophysiologie peut sauver des vies:

- les stimulateurs cardiaques

- Les stimulateurs au niveau du cerveau ou stimulateurs cérébraux

- Le défibrillateur: Appareil d' une grande utilité et d'une grande simplicité d' utilisation qui permet d'envoyer des chocs électriques pour une personne victime d'un arrêt cardiaque cela permet de sauver des milliers de vies chaque jour

En résumé on peut utiliser les signaux électriques pour le diagnostic de diverses pathologies comme on peut les utiliser pour corriger des pathologies

Propriétés électriques des cellules nerveuses

Les cellules nerveuses ou neurones possèdent deux principales propriétés qui sont: **l'Excitabilité (stimulables)** et **la conductivité (conducteurs d'électricité)**.

Excitables: capables de déclencher des **influx nerveux** en réponse à des stimulus.

L'influx nerveux est une activité électrique généré par des mouvement d'ions à travers la membrane de la cellule nerveuse et qui est transmis le long d'un axone sous forme de séquence de **potentiel d'action (PA)**

Les stimulus peuvent provenir de:

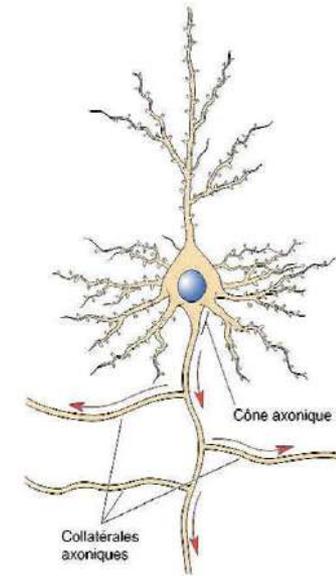
- **L'environnement externe**: des stimulus tactiles, des ondes lumineuses, allaitement, odeurs, etc.
- **Milieu intérieur** : modification de la concentration de CO_2 sanguin, modification de la respiration, une pensée, etc.

Conducteurs: capables de transporter l'influx nerveux généré suite à la stimulation

Un neurone maintient un contact avec de nombreuses autres cellules nerveuses, musculaires ou glandulaires; ces contacts sont appelés des **synapses**.

Au niveau de la synapse, le neurone transmet l'impulsion électrique à la cellule suivante sous forme d'un message chimique.

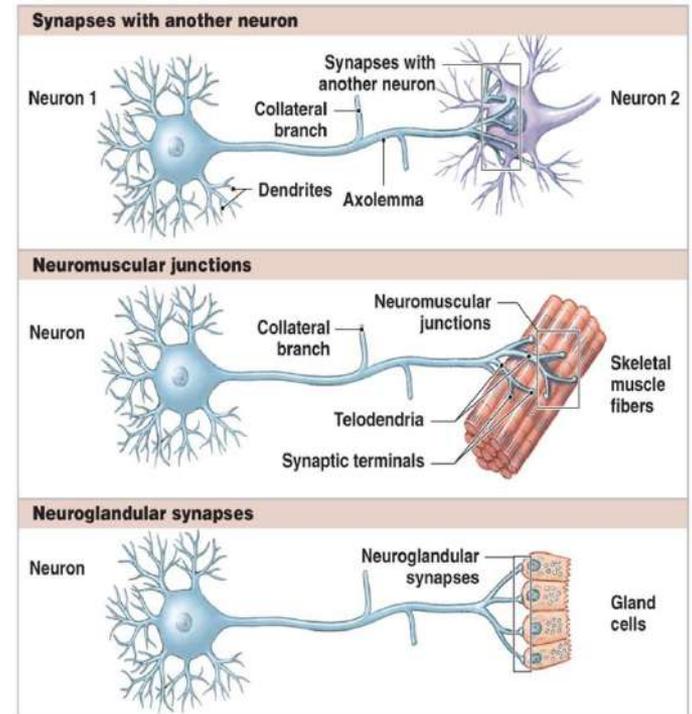
Le message chimique est une substance chimique, appelée **neurotransmetteur**.



Fonction du neurone

- 1) Capter l'information ;
- 2) Traduire l'information sous forme de PA;
- 3) Conduire les PA ;
- 4) Transmettre cette information (transformer le signal électrique en un signal chimique: exocytose des neurotransmetteurs).

The types of synapses



Le potentiel d'action

Les nerfs et les muscles sont des éléments excitable et vont répondre d'une façon particulière à la stimulation. Cette réponse **est le potentiel d'action**

Pour définir **le potentiel d'action**, il faut définir au préalable le **potentiel de repos** (c.à.d. le potentiel avant l'arrivée du stimulus).

Le potentiel de repos

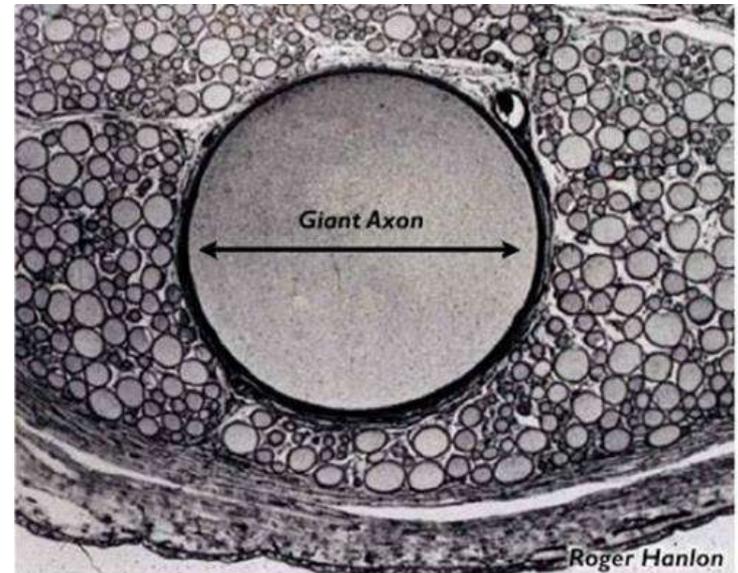
Pour mieux comprendre les phénomènes électriques du neurone, Alan Hodgkin et Andrew Huxley en 1952 ont utilisé l'axone géant du calamar comme modèle (diamètre de 0,5 à 1 mm).

Les travaux de recherche de Hodgkin et Andrew constituaient une contribution majeure dans le champs d'électrophysiologie et leurs a valu le prix Nobel en 1963

Axones géant de calamar



Ganglion contenant les corps cellulaires



Hodgkin et Huxley ont mesuré le potentiel de membrane (le voltage de part et d'autre de la membrane) de l'axone au repos (c.à.d. en absence de tout stimulus).

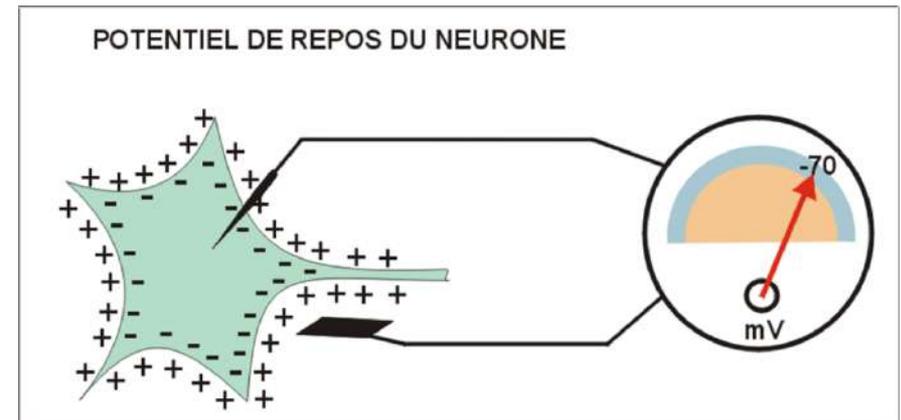
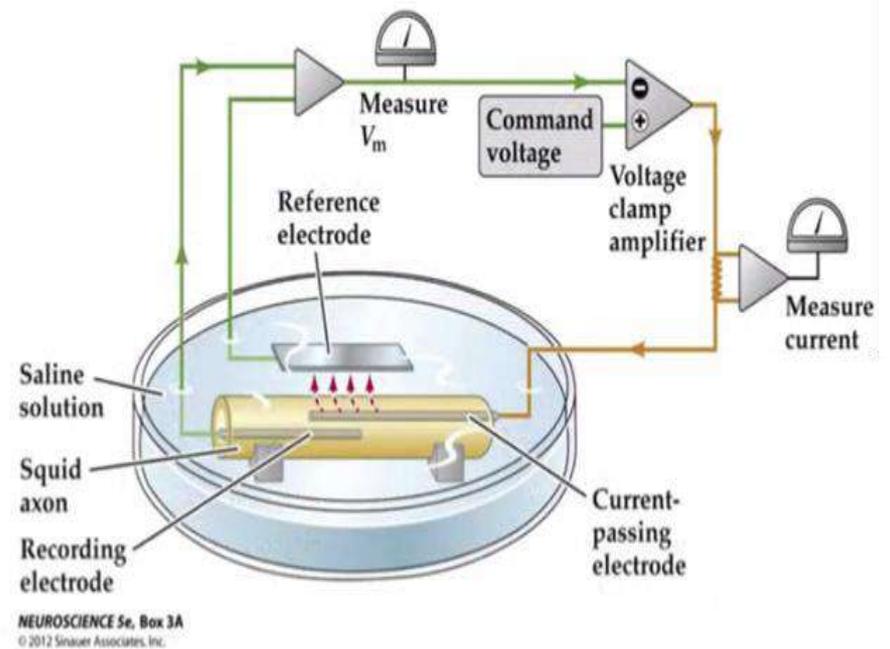
La valeur mesurée est négative: **-70 mV**



La concentration des charges électriques de part et d'autre de la membrane est différente

La différence de potentiel = $V_m = V_{int} - V_{ext}$ membranaire

Il y a beaucoup de charges négatives à l'intérieur de la cellule par rapport à l'extérieur: **Potentiel de repos ~ -70 mV**



Hogkin et Huxley ont mesuré le potentiel de membrane d'un axone géant de calamar, ils ont placé des électrodes de part et d'autre de la membrane de l'axone au repos et ça a donné une valeur de -70 mV ce qui veut dire que la membrane est polarisée

Constat: Il y a beaucoup de charges négatives à l'intérieur de la cellule par rapport à l'extérieur

La cellule au repos

Concentrations en ions de chaque côté de la membra

Extérieur de la membrane:

- Ions positifs = Na^+ surtout (un peu de K^+)
- Ions négatifs = Cl^- surtout

Mais il y a un léger surplus d'ions +

Intérieur du neurone:

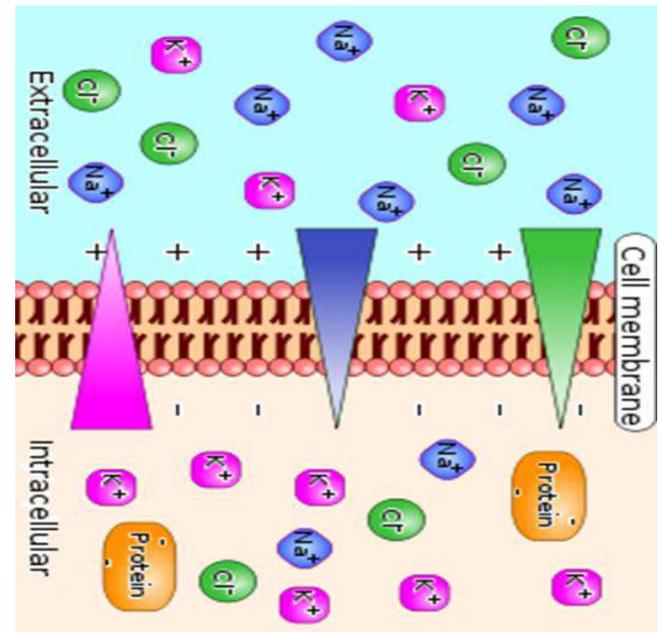
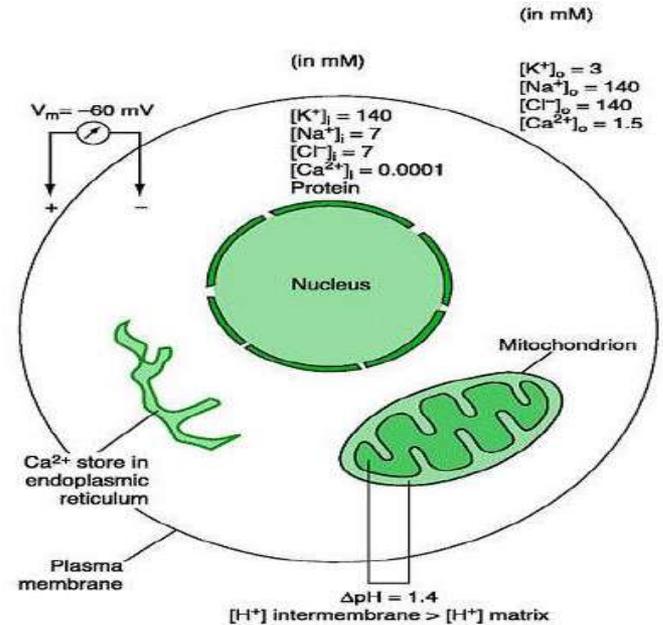
- Ions positifs = K^+ surtout (un peu de Na^+)
- Ions négatifs = Protéines et ions phosphates

Mais il y a un léger surplus d'ions -

$$\frac{[\text{Na}^+]_{\text{ext}} [\text{K}^+]_{\text{ext}} [\text{Cl}^-]_{\text{ext}}}{[\text{Na}^+]_{\text{int}} [\text{K}^+]_{\text{int}} [\text{Cl}^-]_{\text{int}}}$$

Au repos, la membrane est polarisée en raison de différences dans la concentration des ions de part et d'autre

Cela veut dire que la charge électrique de chaque côté de la membrane est différente, différence appelée **potentiel de membrane de repos**.



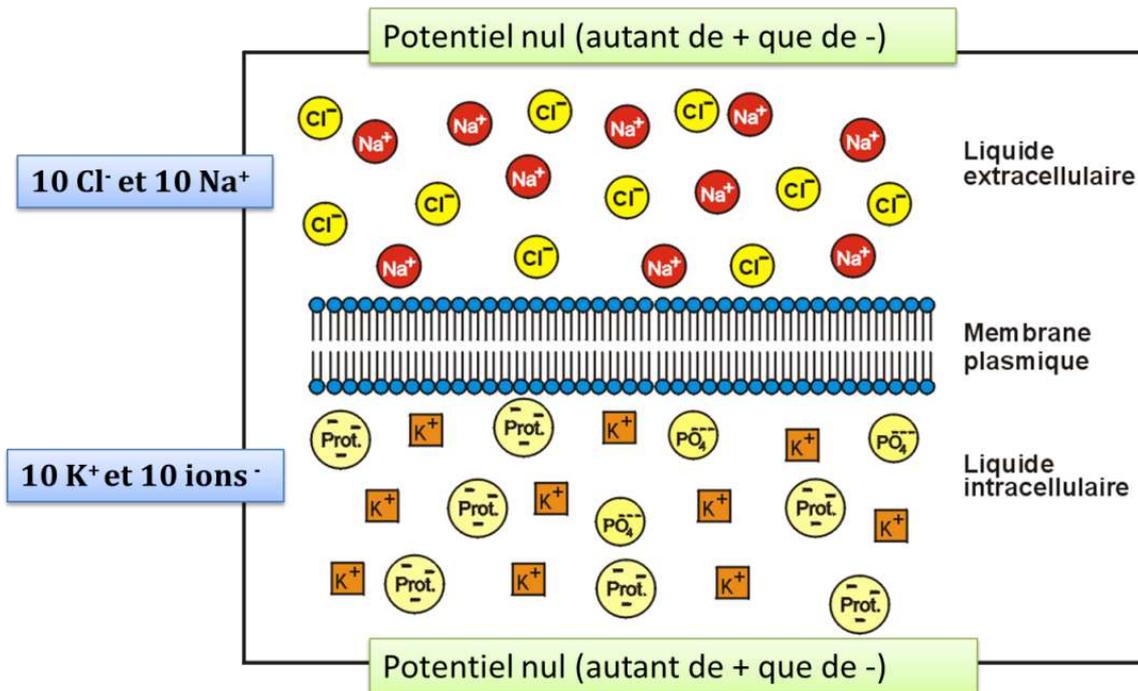
La membrane cellulaire sépare 2 milieux : le milieu extracellulaire et le milieu intracellulaire et ces 2 milieux diffèrent par :

1. **Les concentrations ioniques** de part et d'autre de la membrane. Il existe des différences de concentrations ioniques entre le milieu extracellulaire et le milieu intracellulaire.

2. **La différence de potentiel** entre les 2 faces de la membrane.

Comment les courants ioniques à travers la membrane participent dans le maintien du potentiel de repos?

Supposons que de part et d'autre d'une membrane on ait autant d'ions positifs que négatifs: **Le potentiel sera nul !**



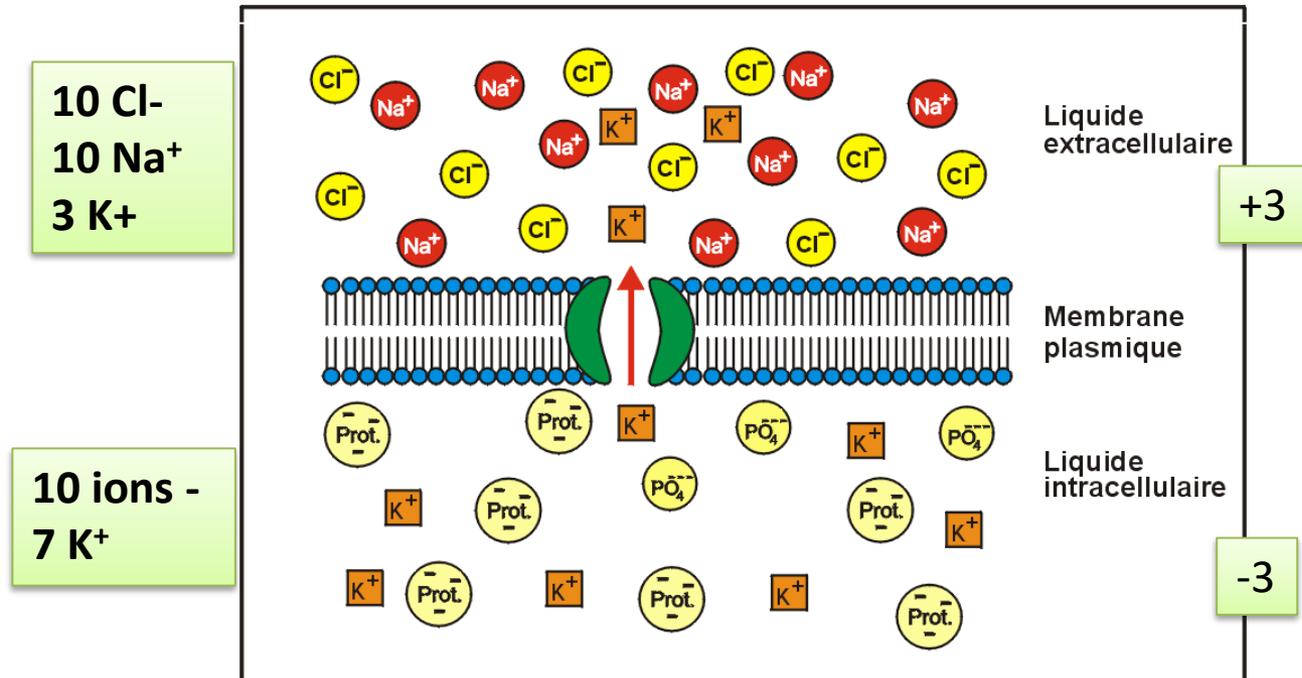
Constat: il existe des différences de concentrations entre le milieu extracellulaire et le milieu intracellulaire ce qui conduit à une différence de potentiel entre les deux faces de la membrane cellulaire

Question: Comment les courants ioniques à travers la membrane participent dans le maintien du potentiel de repos?

Hypothèse : Supposons que de part et d'autre d'une membrane il y a autant d'ions positifs que négatifs c'est-à-dire que 10 ions de chlore et 10 ions de sodium dans le compartiment extracellulaire et de l'autre côté 10 ions de potassium et 10 ions négatifs (protéines et autres): le potentiel sera nul!!! Ce qui n'est pas vrai

Que se passe-t-il si on ajoute des canaux permettant le passage d'ions K^+ , mais pas d'autres ions? ==> il va y avoir une **diffusion des ions K^+**

La diffusion passive des ions K^+ à travers les nombreux canaux du K^+ rend le potentiel de la membrane négatif. Cette diffusion des ions K^+ est favorisée par son important gradient de concentration et par la forte perméabilité de la membrane aux ions K^+

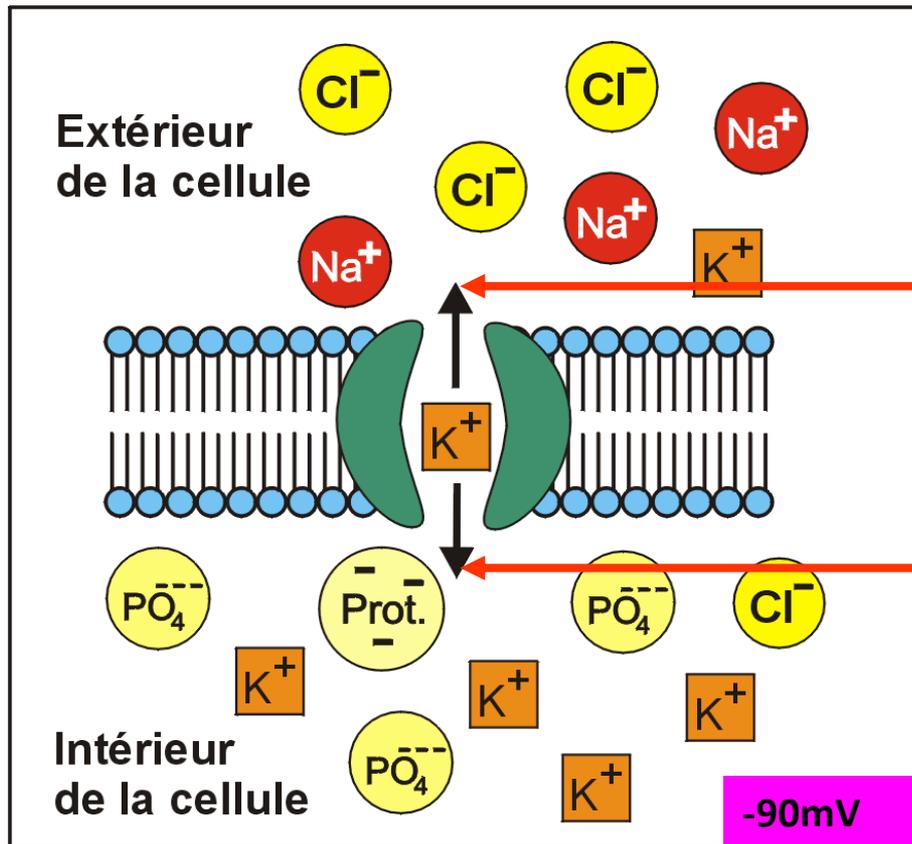


La diffusion **ne** se fera **pas** jusqu'à équilibre des concentrations du K^+

Pourquoi?

En effet, a mesure que les ions K^+ s'écoulent à l'extérieur de la cellule, le voltage négatif qui s'installe à l'intérieur de la cellule neutralise le gradient de concentration, ramenant de ce fait des ions K^+ vers l'intérieur de la cellule.

A un voltage de $-90mV$, la concentration et les gradients des ions K^+ sont en équilibre = potentiel d'équilibre



Force chimique

=

Le K^+ cherche à diffuser en suivant son gradient de concentration

Force électrique

=

Le K^+ est attiré par les charges $-$ de l'intérieur et repoussé par les charges $+$ de l'extérieur

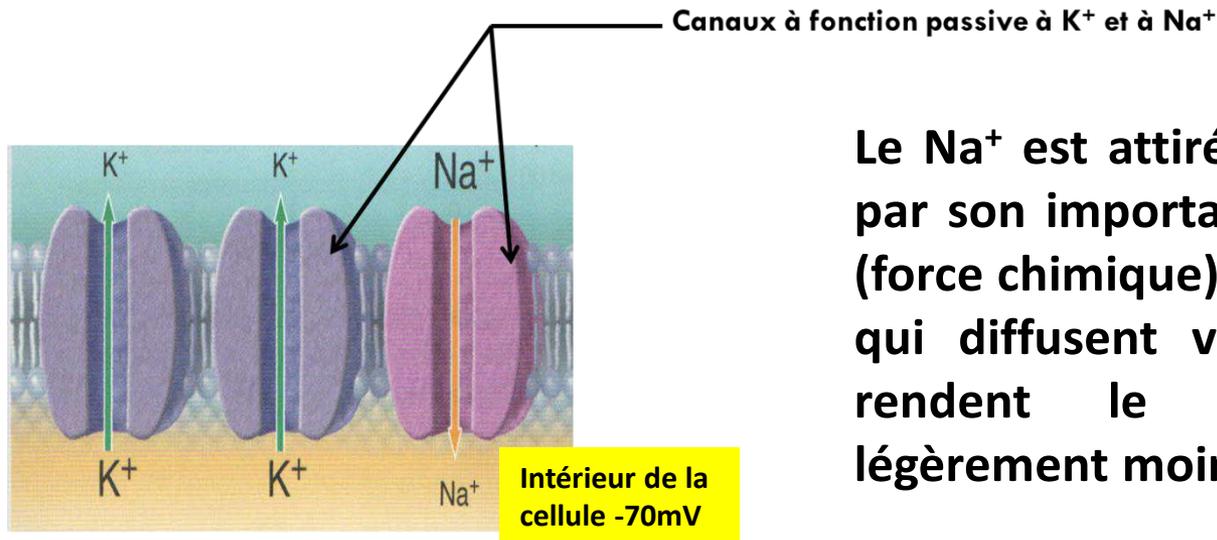
La force électrique va s'opposer à la force chimique jusqu'à l'équilibre

A un voltage de -90mV

Force du gradient chimique = Force du gradient électrique
Potentiel d'équilibre du Potassium

Lorsque la membrane est perméable uniquement au K^+ : le potentiel de repos est égale au potentiel d'équilibre de K^+ et à partir de ce moment aucun flux ne passe à travers la membrane.

Supposons maintenant que nous ajoutons des canaux Na^+ à la cellule.



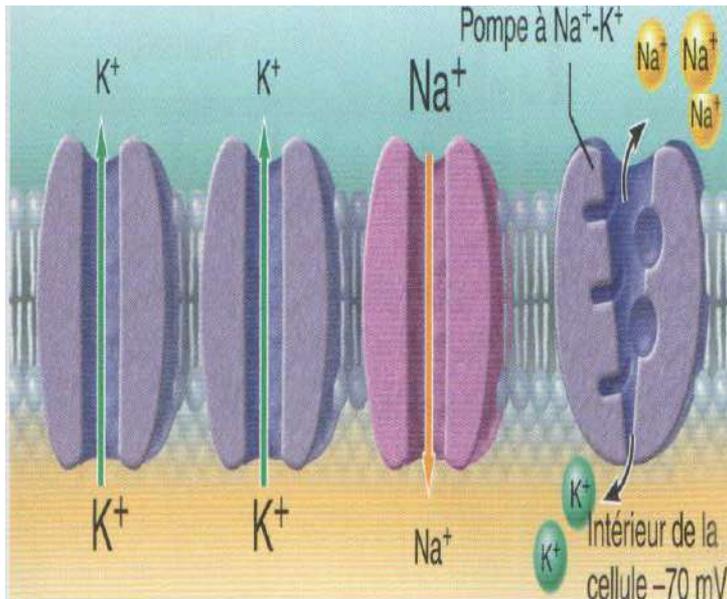
Le Na^+ est attiré vers l'intérieur de la cellule par son important gradient de concentration (force chimique). Par conséquent, les ions Na^+ qui diffusent vers l'intérieur de la cellule rendent le potentiel de membrane légèrement moins négatif.

La membrane est plus perméable aux ions K^+ qu'aux ions Na^+

Si les ions Na^+ continuent à entrer à l'intérieur de la cellule et les ions K^+ continuent à sortir de la cellule pour équilibrer leurs concentrations de part et d'autre de la membrane, il va y avoir un moment où la différence de concentration de part et d'autre de la membrane observée par Hodgkin et Huxley au repos disparaît!!

Pourquoi ces ions ne diffusent pas jusqu'à l'équilibre? Et comment la différence de concentration de part et d'autre de la membrane est maintenue?

On ajoutons une **pompe** qui s'oppose à la diffusion des ions



La pompe Na^+/K^+ actionnée par l'ATP maintient les gradient de concentration, produisant le potentiel de repos de la membrane.

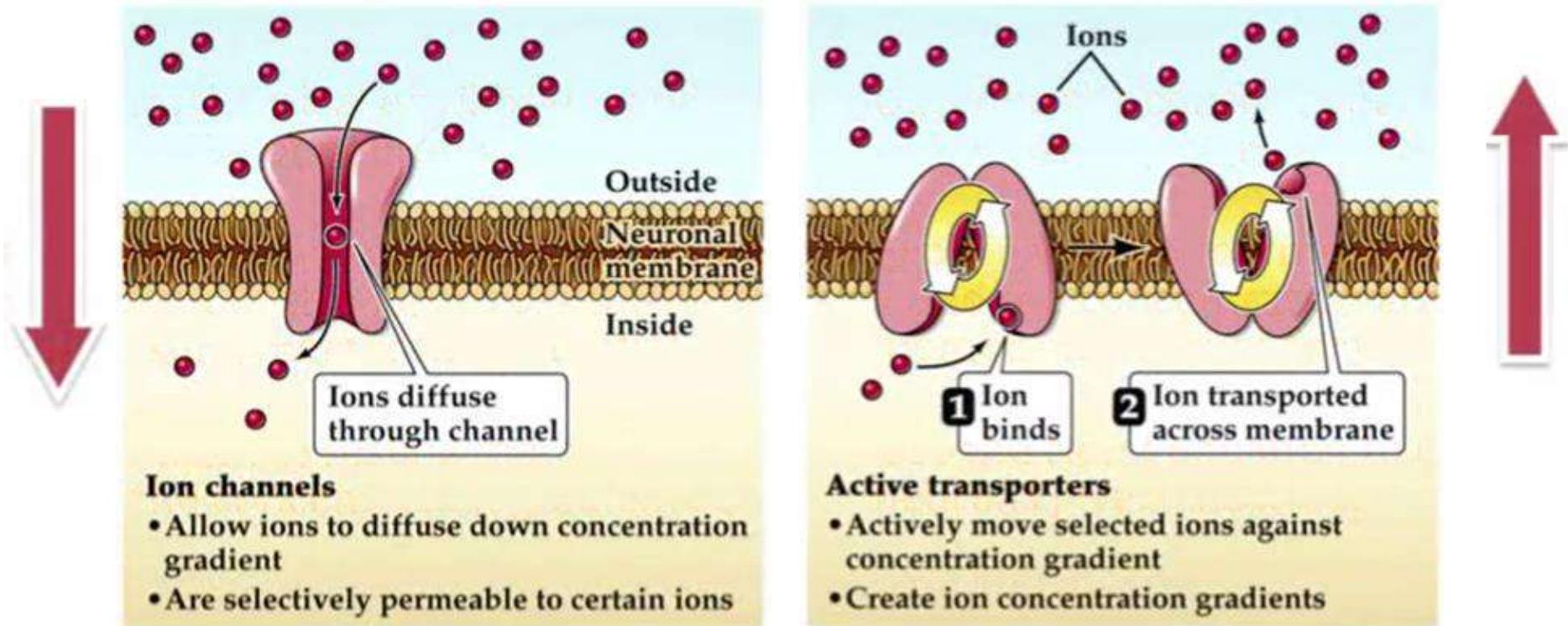
Ainsi, une cellule au repos perd constamment du K^+ et prend du Na^+ par des canaux à diffusion passive. La pompe à Na^+/K^+ actionnée par l'ATP équilibre les fuites en évacuant du Na^+ et en laissant entrer du K^+

La polarité de la membrane est donc due à la:

- ✓ Différence de concentration en ions entre l'intérieur et l'extérieur.
- ✓ Perméabilité sélective de la membrane (Na^+ ou K^+).
- ✓ Pompe Na^+ / K^+ ATPase.

Conclusion

la perméabilité sélective des canaux ioniques et le transport actif contre le gradient de concentration sont à la base du potentiel de repos



Le schéma à gauche montre la diffusion passive des ions à travers les canaux
Le schéma de la droite montre le transport actif des ions par la pompe à sodium/potassium

Synthèse

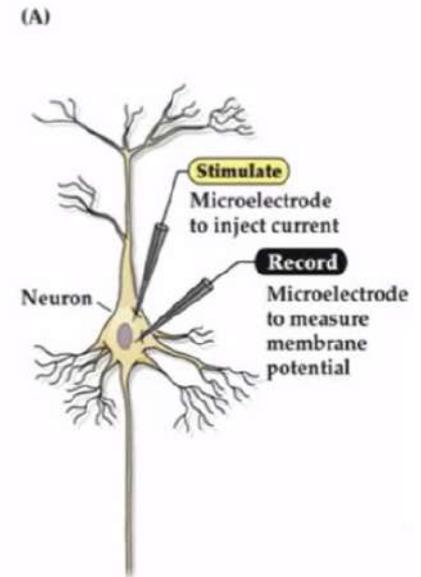
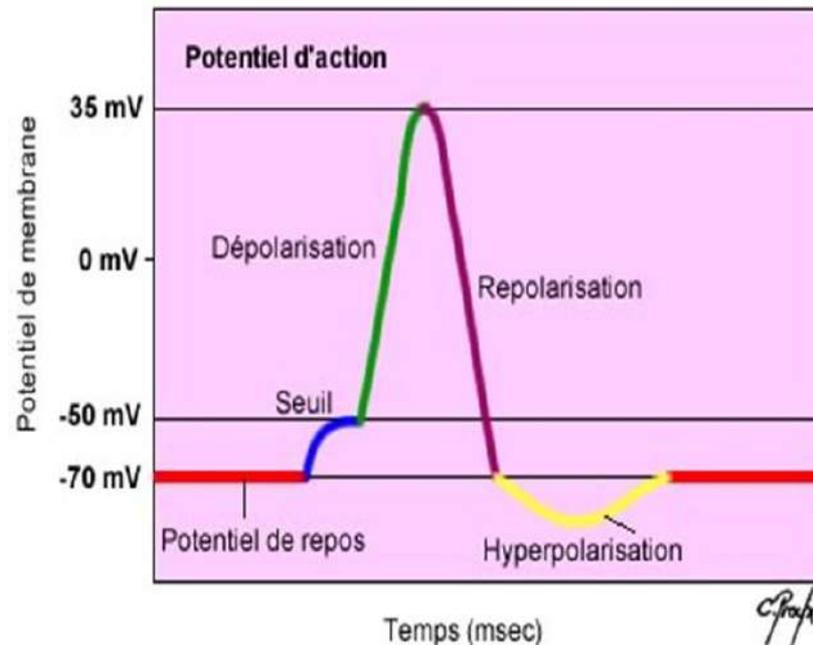
- Un neurone au repos présente un voltage négatif appelé potentiel de repos, dont la valeur moyenne est d'environ -70mV (intérieur négatif), à cause des différences de concentration des ions sodium et des ions potassium entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule et des différences de la perméabilité de la membrane à ces ions (plus perméable au K^+ qu'au Na^+)
- Les concentrations ioniques sont différentes parce que la membrane est plus perméable au potassium qu'au sodium et parce que la pompe à sodium et à potassium éjecte trois ions Na^+ de la cellule chaque fois qu'elle fait entrer deux ions K^+ .

Le potentiel d'action

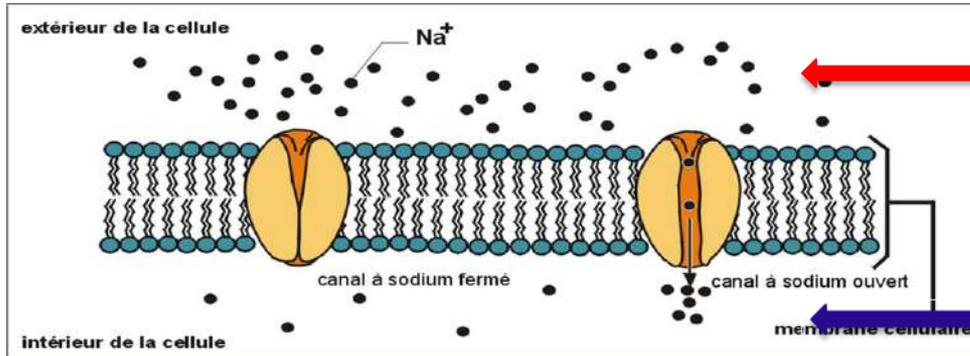
- Un potentiel d'action est une brève inversion du potentiel de membrane suite à l'arrivée d'un stimulus.
- Le changement de voltage est d'environ 100mV (le potentiel de membrane passe de **-70mV à +30mV**), le potentiel d'action qui en résulte est donc une **dépolarisation**.
- La phase de dépolarisation est suivie d'une phase de **repolarisation** et souvent d'une courte période **d'hyperpolarisation**. La durée totale du phénomène ne dépasse pas quelques millisecondes.
- Pour qu'il y ait influx nerveux, il faut une différence de potentiel entre l'intérieur et l'extérieur de la membrane.

La dépolarisation

- Les neurones peuvent réagir à un stimulus (excitabilité).
- La réaction = ouverture de canaux Na^+ membranaires



La dépolarisation

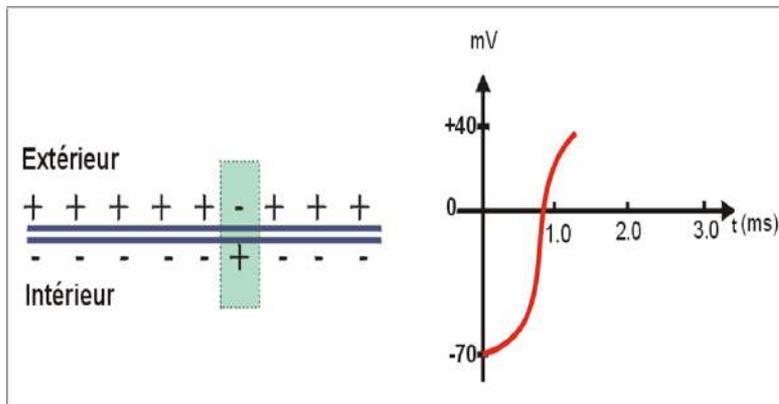


Baisse d'ions + à l'extérieur

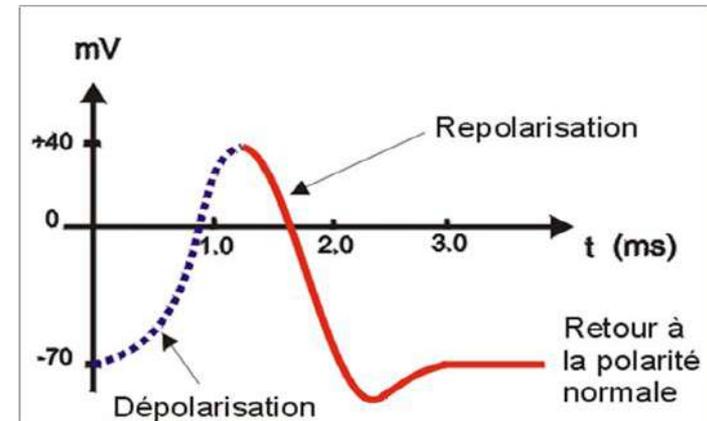
Hausse d'ions + à l'intérieur

Entrée massive de Na^+ ==> baisse de la polarité là où les canaux Na^+ se sont ouverts

- 70mV → - 60mV → - 50 mV → ...



C'est la phase de la **dépolarisation**.
Au point stimulé, ouverture des canaux Na^+ , la polarité s'inverse



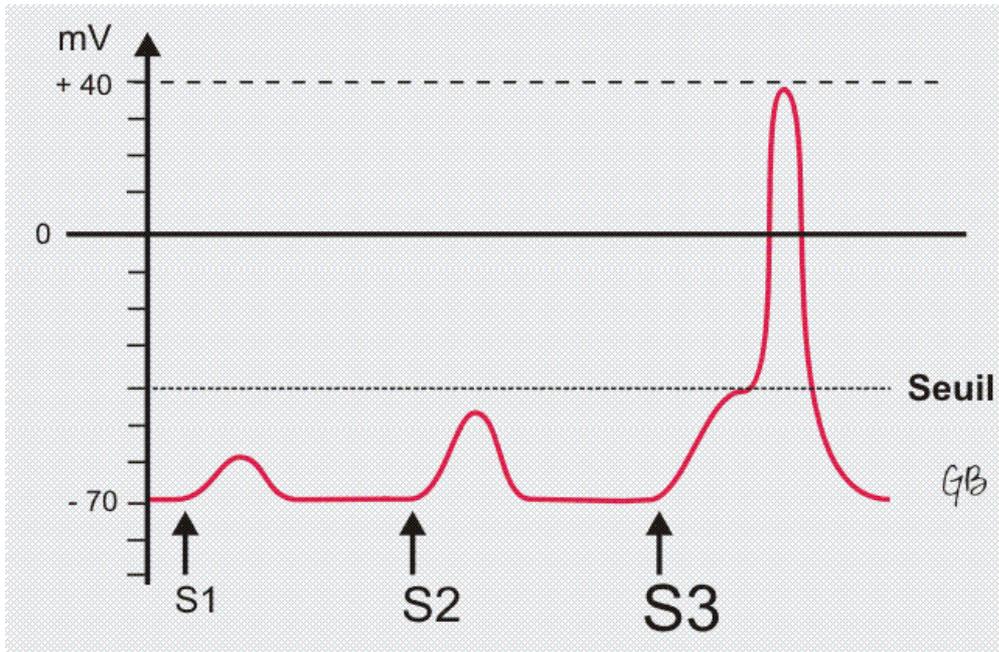
Fermeture des canaux Na^+ . Ouverture de canaux à K^+ qui étaient fermés ==> ↑ perméabilité au K^+ ==> ↑ sortie de K^+

C'est la phase de la **Repolarisation** suivie d'une **Hyperpolarisation**.

Loi du tout ou rien

Pour qu'il y ait potentiel d'action, la dépolarisation au point stimulé doit dépasser un certain seuil (environ - 50 mV).

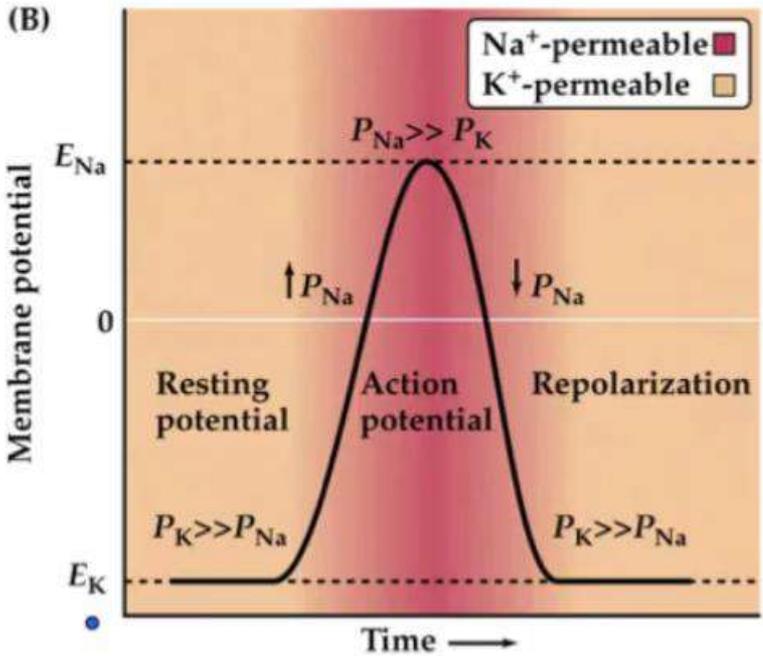
- Si la dépolarisation ne dépasse pas ce seuil, la membrane reprend sa polarisation normale et il n'y a pas d'influx nerveux
- Si la dépolarisation dépasse le seuil, elle se poursuit jusqu'à atteindre un potentiel de +40 mV et se déclenche par la suite le processus de repolarisation engendrant un potentiel d'action et donc l'influx nerveux.
- Peu importe l'intensité du stimulus, la dépolarisation ne dépassera pas +40 mV



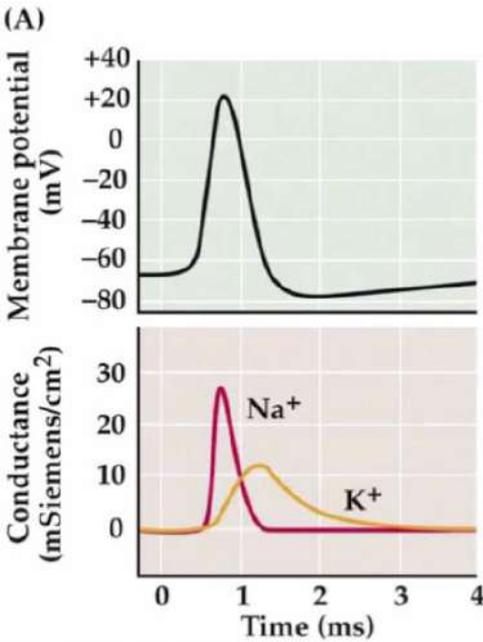
Le stimulus 1 (S1) est plus petit que S2 qui est plus petit que S3. Seul S3 provoque une dépolarisation qui atteint le seuil du neurone

NB: Si le stimulus n'atteint pas le seuil (environ -50mV) il n'y aura pas de Potentiel d'action): Loi de tout ou rien

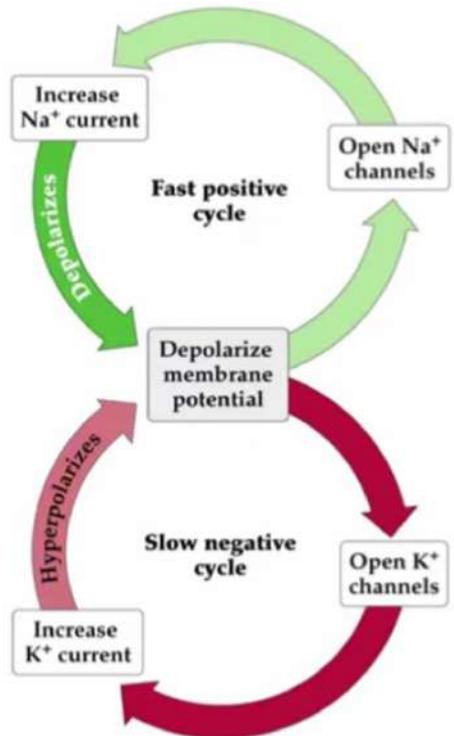
Synthèse: Les changements de la perméabilité de la membrane aux ions Na^+ et K^+ sont à l'origine du potentiel d'action.



NEUROSCIENCE 5e, Figure 2.7 (Part 2)
© 2012 Sinauer Associates, Inc.

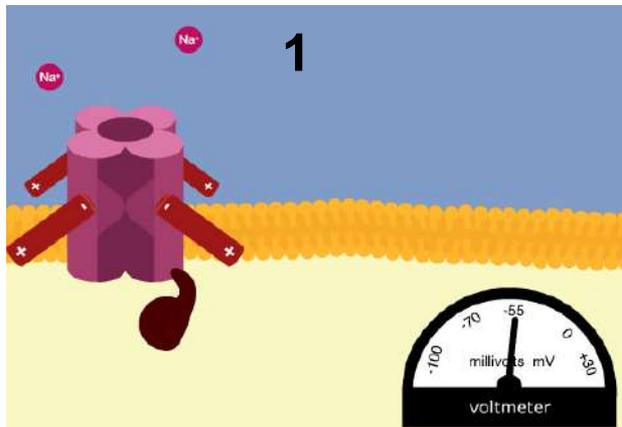


NEUROSCIENCE 5e, Figure 3.8 (Part 1)
© 2012 Sinauer Associates, Inc.

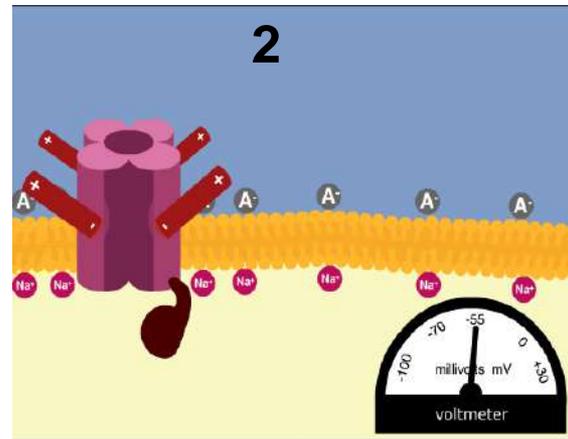


NEUROSCIENCE 5e, Figure 3.9
© 2012 Sinauer Associates, Inc.

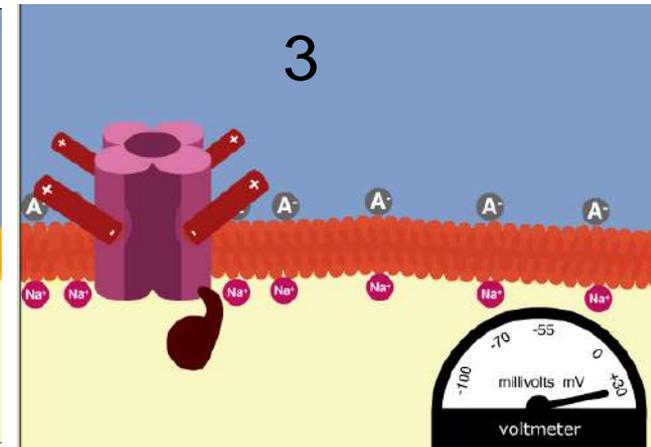
- La dépolarisation correspond à une augmentation de la perméabilité sodique, qui entraîne une réduction du potentiel membranaire. L'intérieur de la membrane est moins négatif et le potentiel s'approche de 0.
- La repolarisation rapide du point dépolarisé correspond à la fermeture des canaux sodiques et à l'ouverture des canaux potassiques plus ou moins décalé dans le temps.
- L'hyperpolarisation correspond à une sortie en excès d'ions K^+ lors de la repolarisation ce qui entraîne une augmentation de la différence de potentiel membranaire, plus importante que la différence de potentiel présente au repos. Il y a dès lors intervention des pompes Na^+/K^+ -ATPase pour rétablir les concentrations ioniques.



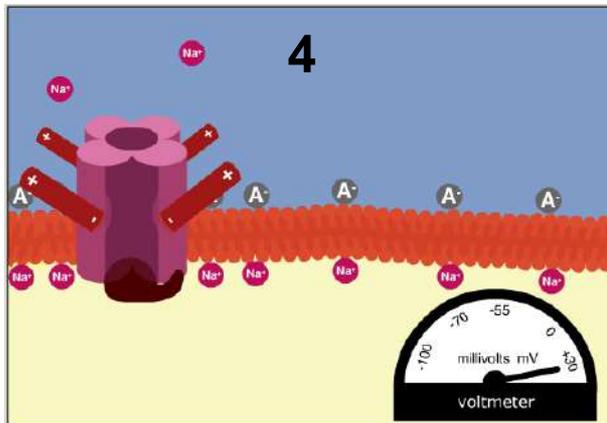
Lorsque le stimulus arrive au potentiel activateur = seuil



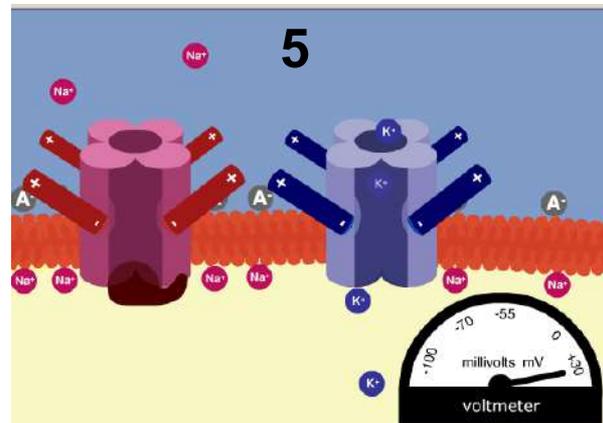
Les canaux de Na^+ voltage dépendants s'ouvrent



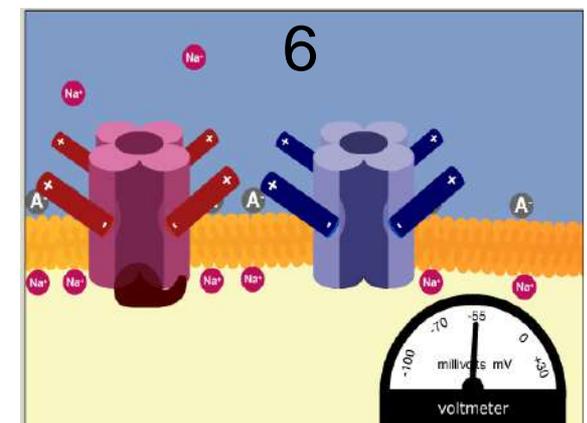
Une rapide dépolarisation de la membrane



Les canaux de Na^+ voltage dépendants se ferment



Les canaux K^+ s'ouvrent et la sortie des ions K^+ commence à diminuer le gradient.



Repolarisation de la membrane.

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

