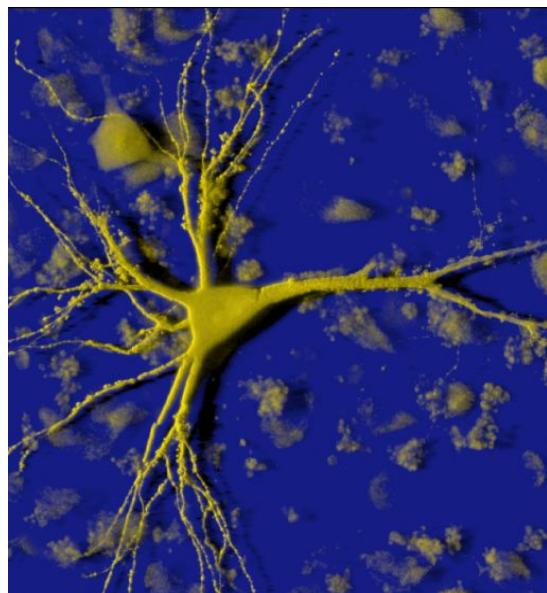


# Le neurone et le potentiel d'action



*Mario Raggenbass  
Neurosciences Fondamentales  
Centre Médical Universitaire  
CH-1211 Genève 4  
[mario.raggenbass@unige.ch](mailto:mario.raggenbass@unige.ch)*

Une version en couleur du présent document est disponible sur Internet:

<http://neurosciences.unige.ch/departement/grecherche/MR.html>

Ouvrir le document ***neurone.pdf***

Pour cela, il faut disposer d'une version récente d'Adobe Acrobat.

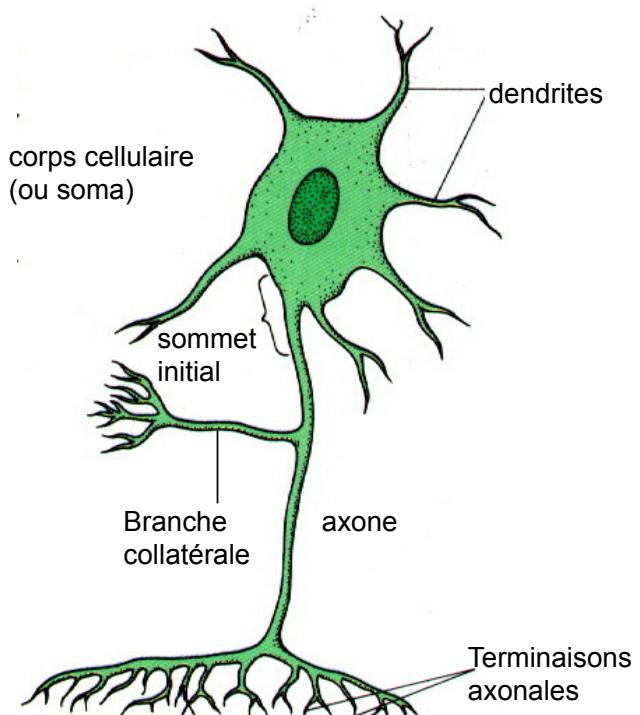
## §1 La membrane neuronale

• suivant



**Neurone:** cellule fondamentale du système nerveux central (SNC)

(avec les cellules gliales)

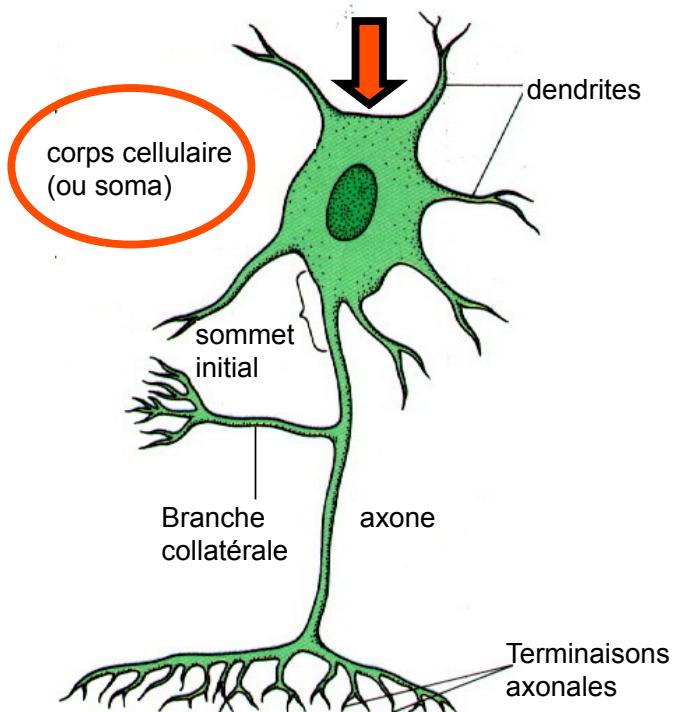


• suivant



## **Corps cellulaire (soma):**

*contient le noyaux  
et les organelles de  
la cellule*



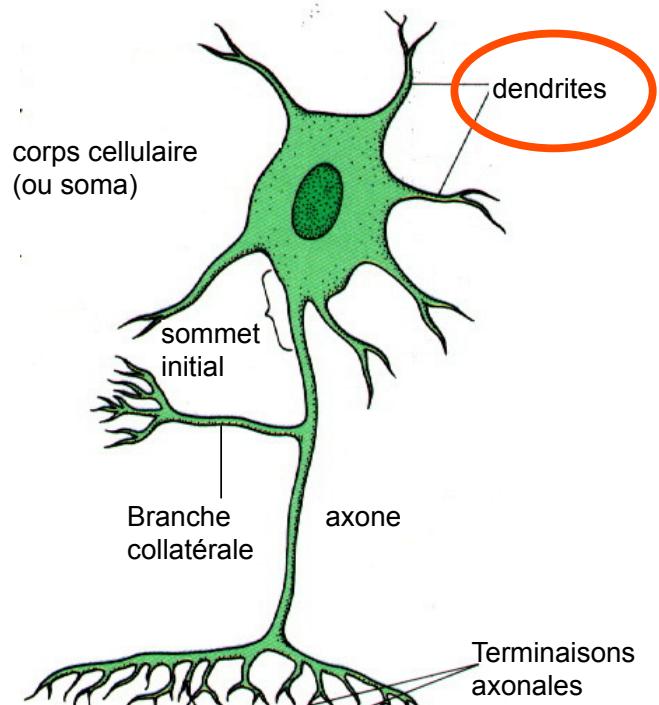
• suivant



## **Dendrites:**

*Prolongements du  
soma*

*Reçoivent  
l'information  
nervuse venant  
d'autres neurones*



• suivant

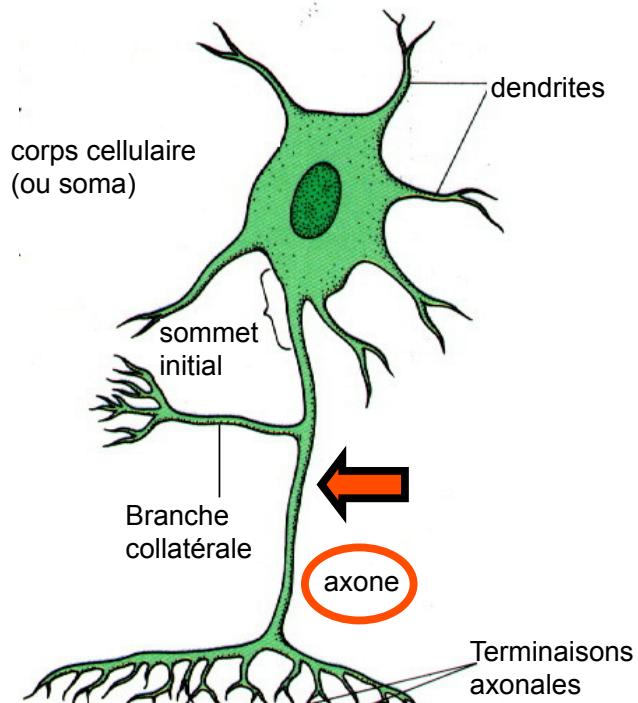


## Axone:

*Prolongement du soma*

Transmet l'information nerveuse vers d'autres neurones ou vers des fibres musculaires

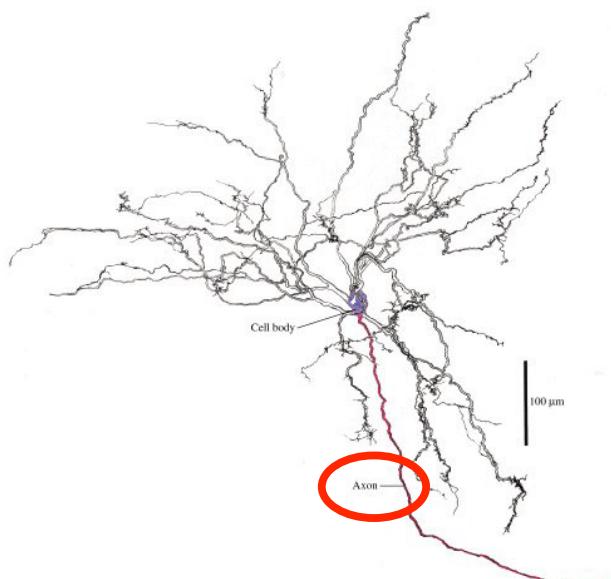
Longueur axone:  
de quelques mm à 1 m



• suivant



Neurone réel vu au microscope

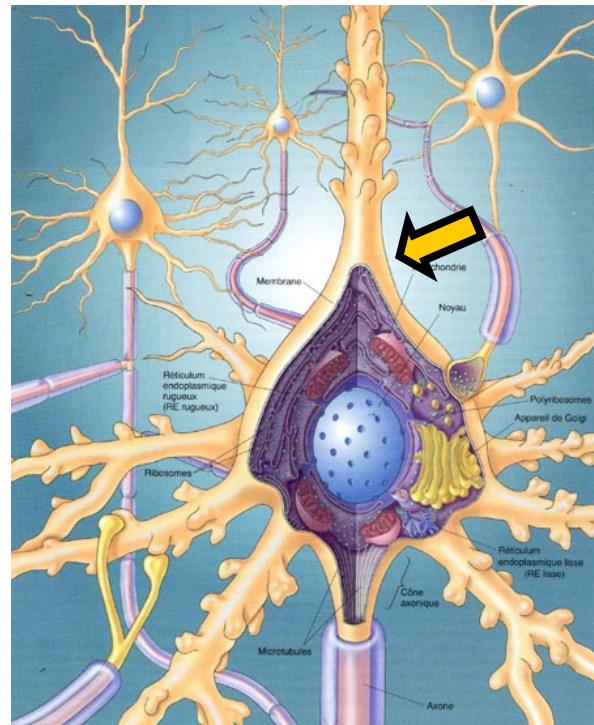


• suivant



## Le neurone (*y compris dendrites et axone*)

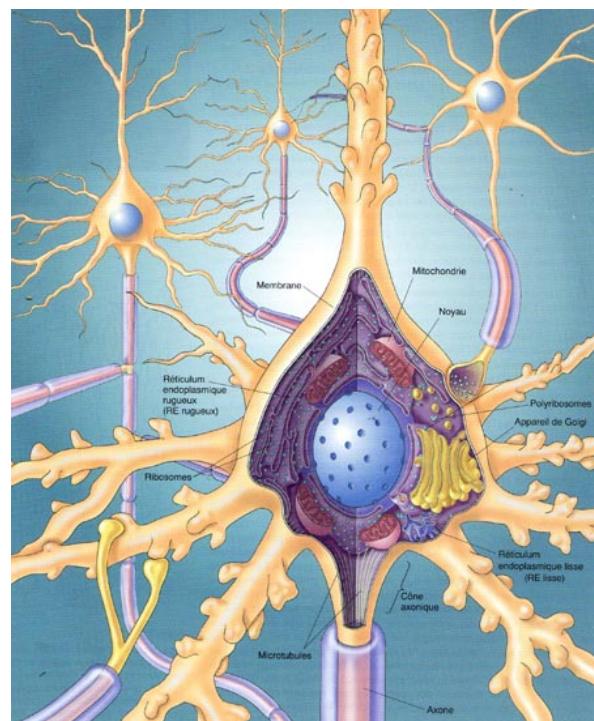
est entouré par la **membrane neuronale** (en jaune)



• suivant



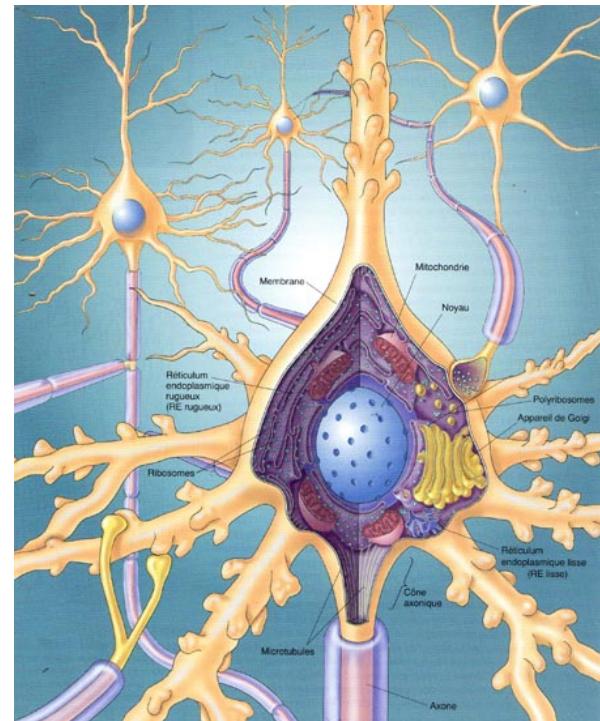
- 1) sépare l'intérieur du neurone (**cytoplasme**)
- de l'extérieur (**milieu extracellulaire**)



• suivant



- 2) permet échange de **matière** et d'**énergie** entre cytoplasme et milieu extérieur

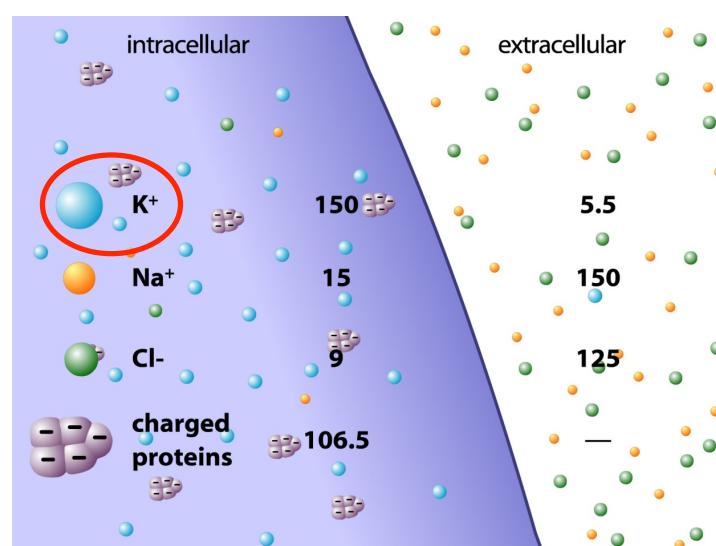


• suivant



## Composition ionique du cytoplasme et du milieu extracellulaire

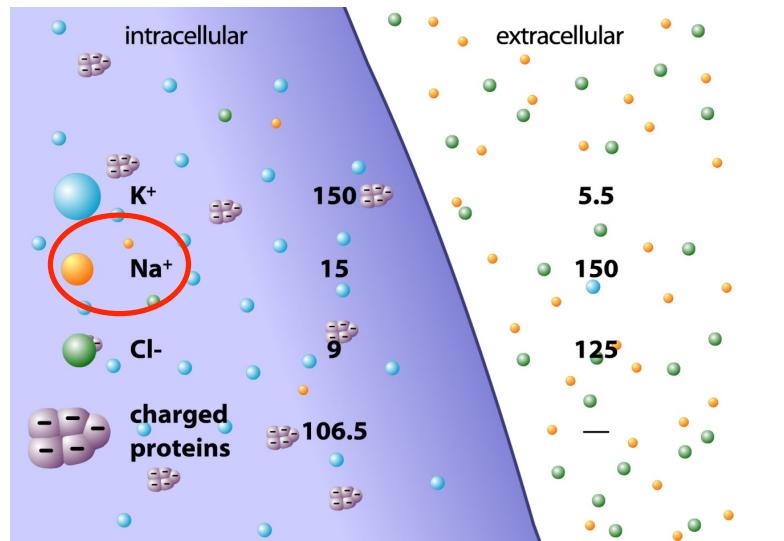
$K^+$  : principal cation intracellulaire



• suivant



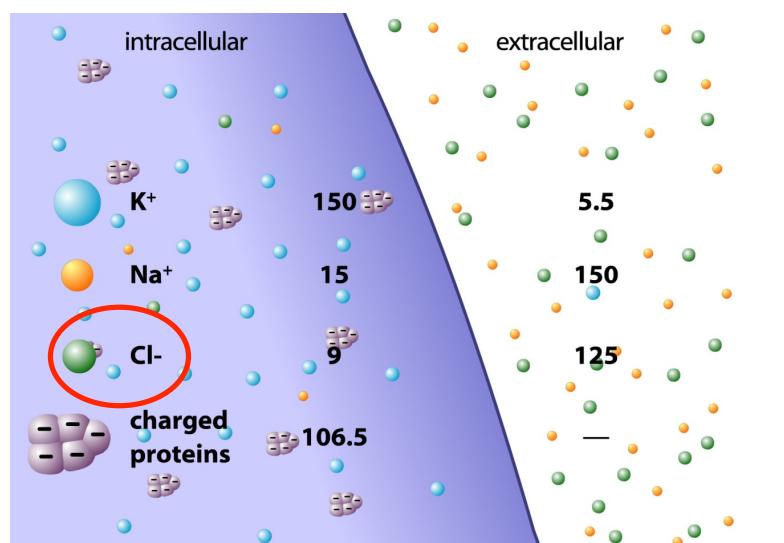
$\text{Na}^+$  : principal cation extracellulaire



• suivant



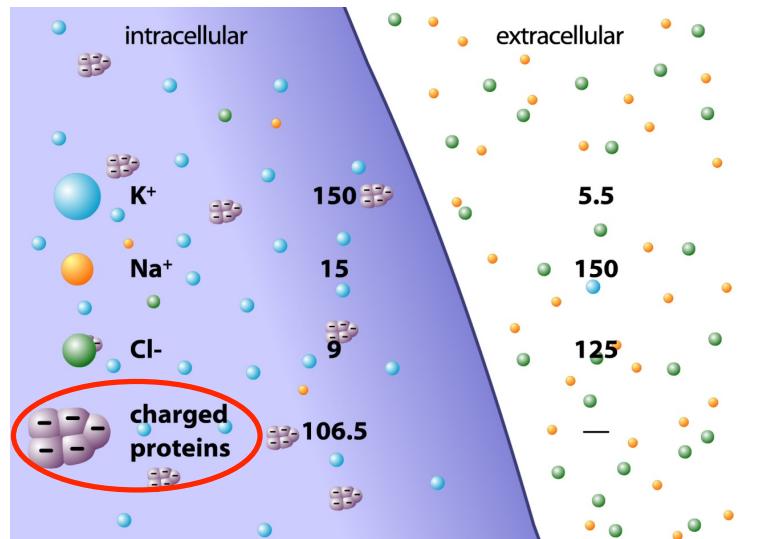
$\text{Cl}^-$  : principal anion extracellulaire



• suivant



Protéines:  
principal anion  
intracellulaire



• suivant



Le cytoplasme ainsi que le milieu  
extracellulaire sont électriquement neutres

(Les charges + compensent les charges -)

• suivant



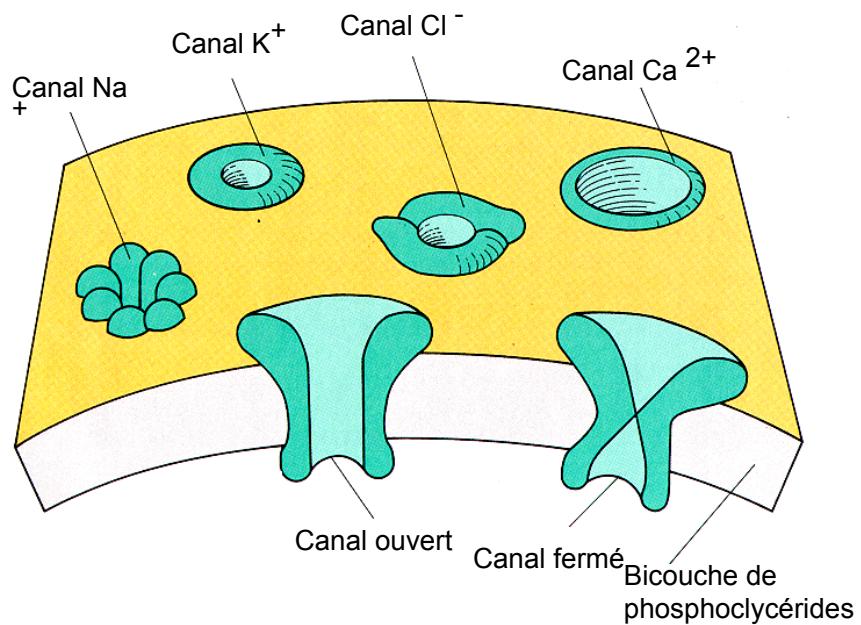
## Echanges à travers la membrane

- a) pores ou canaux ioniques
- b) Transporteurs (ou pompes)
- c) endocytose et exocytose

• suivant



## Canaux ioniques



• suivant



## Canaux ioniques

- a) protéines membranaires; forment des pores à travers la membrane
- b) sélectifs pour un ion donné
- c) peuvent être ouverts ou fermés

• suivant



## Canaux ioniques

- d) si ouverts:
- passage des ions par diffusion
- Phénomène *passif* (sans utilisation d 'énergie)
- Les ions passent du compartiment à haute concentration à celui à basse concentration

• suivant

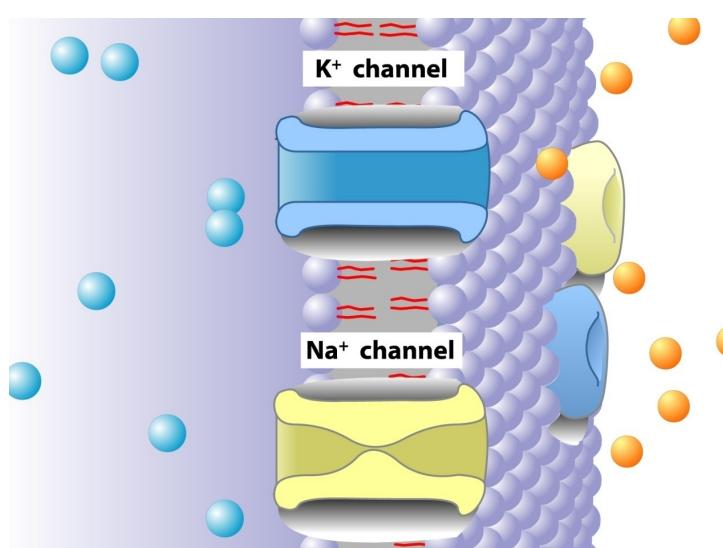


## §2 Le potentiel de repos du neurone

• suivant



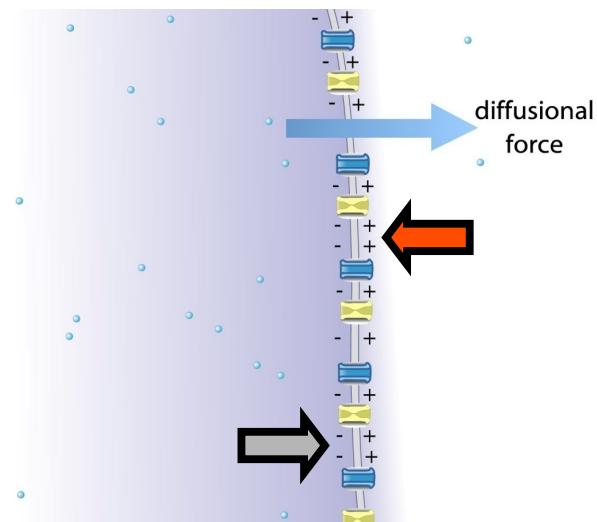
Dans un neurone au repos, canaux  $K^+$  ouverts  
( $Na^+$  fermés)



• suivant



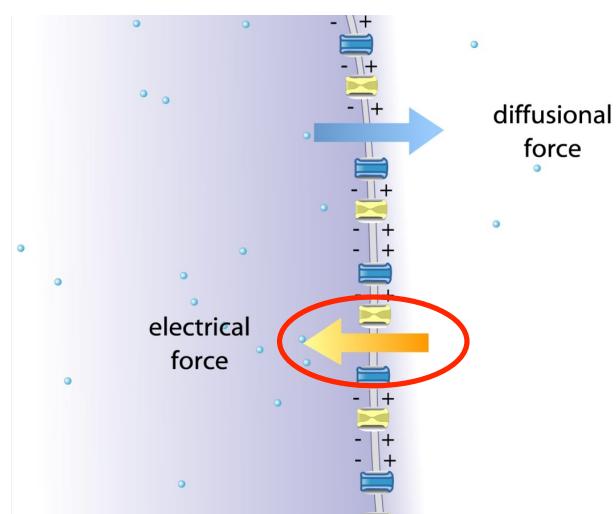
Donc, ions K<sup>+</sup> diffusent vers le milieux extracellulaire



• suivant



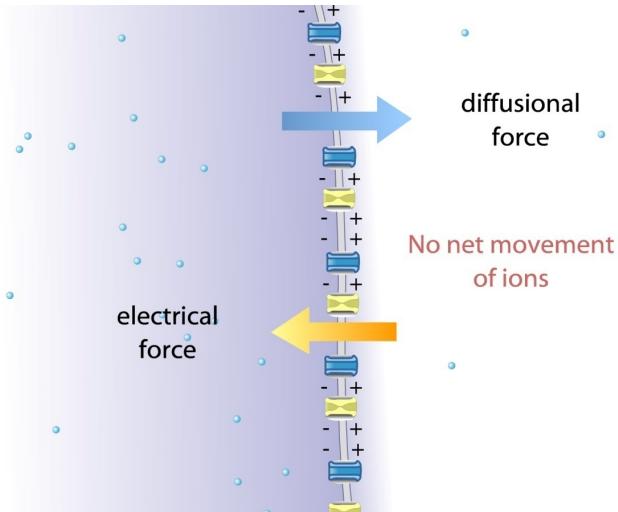
Une partie des ions K<sup>+</sup> rentre vers le cytoplasme



• suivant



## Equilibre: il n'y a plus de mouvement de ions K<sup>+</sup>



*Excès de charges + à l'extérieur  
Excès de charges - à l'intérieur*

• suivant



- C'est le **potentiel de repos** du neurone
- Il est d'autant plus grand que les charges sont nombreuses
- Exprimé en mV *unité de potentiel (ou tension) électrique*
- Valeur typique:  
**-70 mV**
- Il a le signe des charges à l'intérieur de la membrane

• suivant



## §3 Le potentiel d'action

• *suivant*



### Potentiel d'action (PA):

- changement du potentiel de membrane
- 1) de grande amplitude ( $\approx 100$  mV)
- 2) très rapide (1 - 2 ms)

• *suivant*

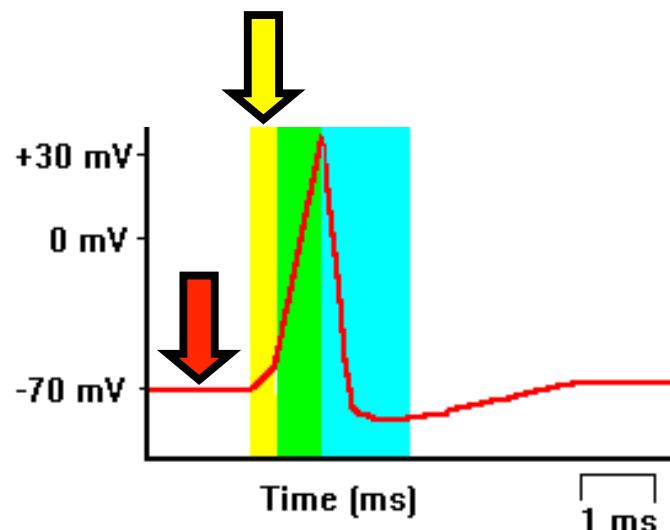


## Phases du PA:

au départ,  
potentiel de repos

**légère  
dépolarisation**  
*(d'origine inconnue, pour  
le moment)*

ouverture de quelques  
canaux  $\text{Na}^+$ ...

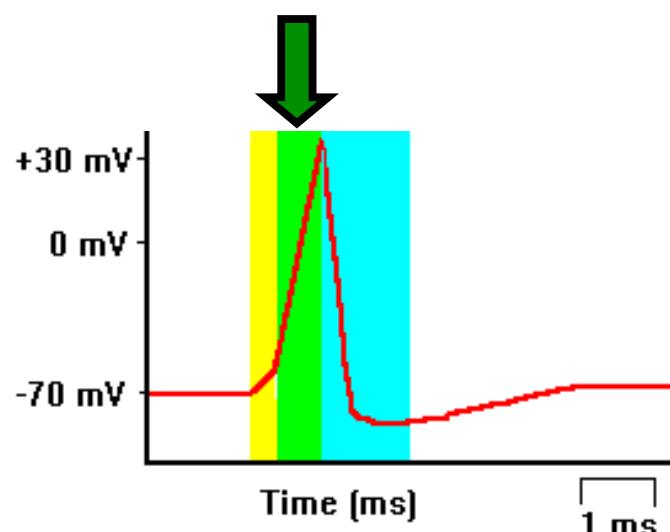


• suivant



... suivie de l'ouverture  
de nombreux canaux  
 $\text{Na}^+$  supplémentaires

**dépolarisation  
rapide**

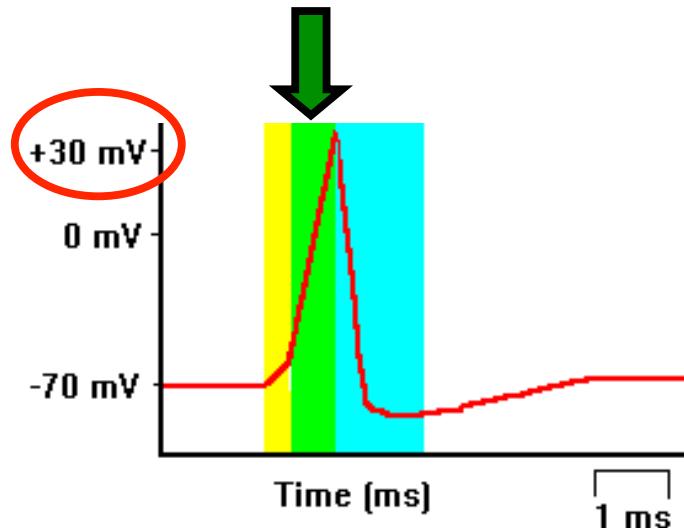


• suivant



## *Suite à l'entrée des ions Na<sup>+</sup>*

surplus de charges positives à l'intérieur de la membrane  
**le potentiel de membrane devient positif**



• suivant

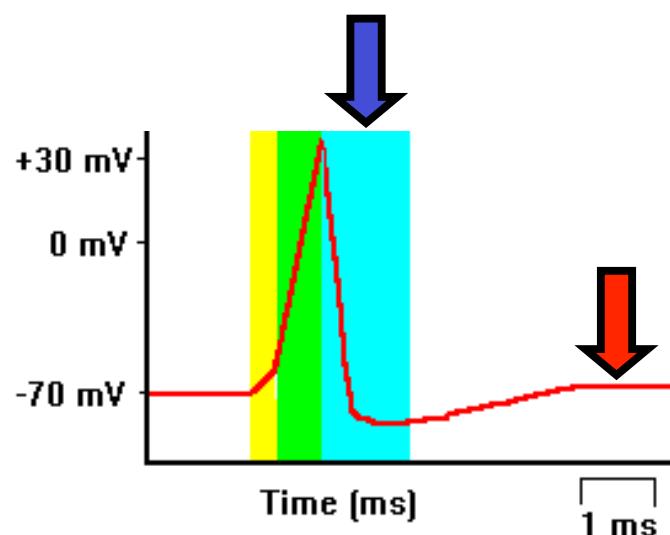


Fermeture des canaux Na<sup>+</sup>

ouverture de canaux K<sup>+</sup> surnuméraires

**La membrane repolarise**

**et revient vers son potentiel de repos**



• suivant



Le PA est un  
signal électrique  
*stéréotypé*

*(100 mV, 1-2 ms  
dans tous  
les neurones)*

**Transmet de  
l'information nerveuse  
en se propageant  
le long de l'axone**

• *suivant*



## §4 Propriétés du potentiel d'action

• *suivant*



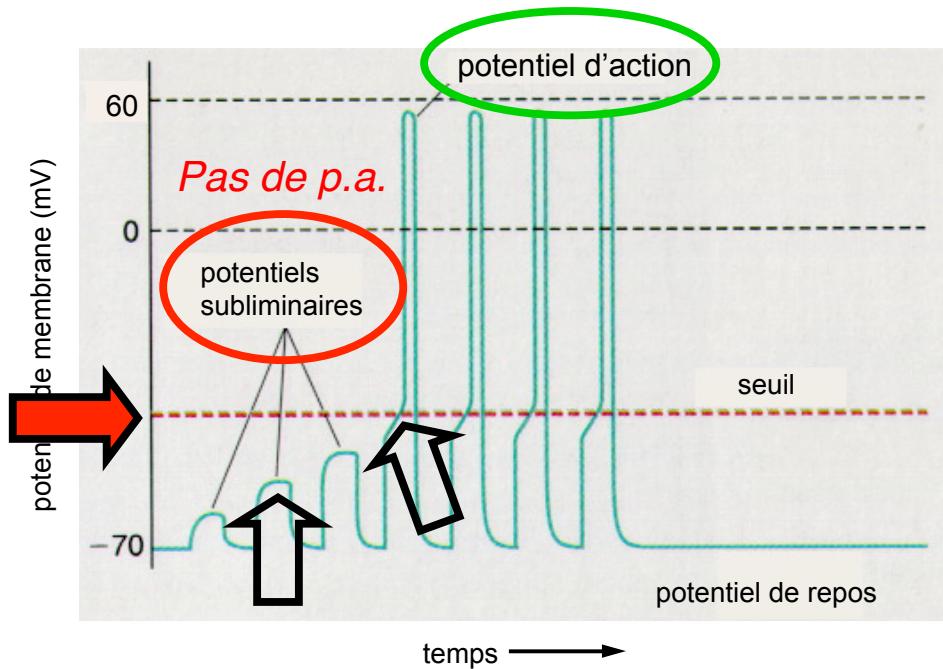
### 1) Seuil du PA

- Pour déclencher un p.a.  
il faut que
- la membrane soit  
**dépolarisée** jusqu'à un  
potentiel « **seuil** »

- $\approx -50 \text{ mV}$

• *suivant*





• suivant

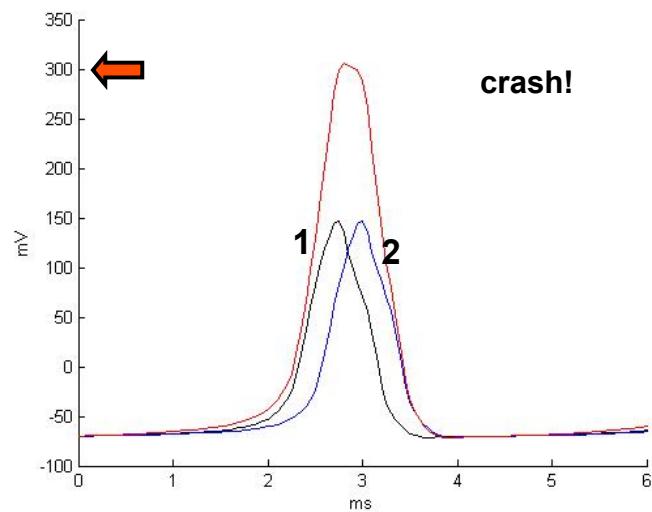


## 2) Période réfractaire du PA

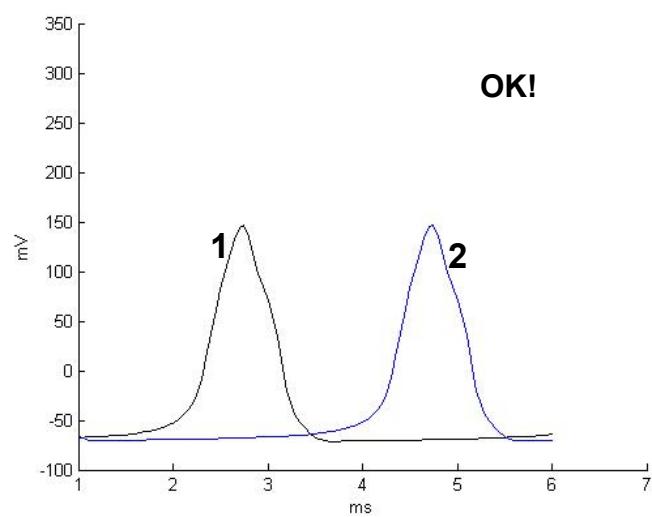
- Le PA est suivi d 'une période « **réfractaire** »
- au cours de laquelle **aucun** nouveau PA ne peut être déclenché
- durée période réfractaire
  - $\approx 1-2 \text{ ms}$

• suivant





• suivant

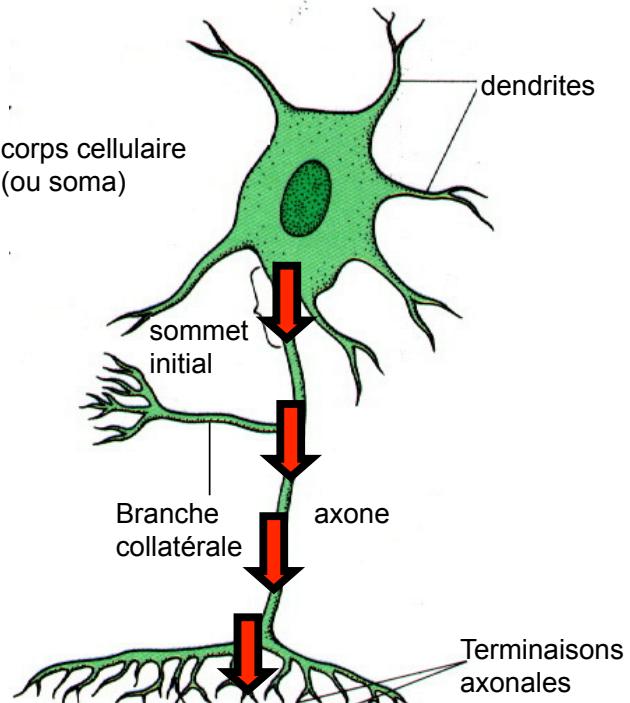


• suivant



### 3) Propagation du PA

- Le PA se propage le long de l'axone
- depuis le **soma**
- à la **terminaison axonale**
- Propagation **unidirectionnelle**



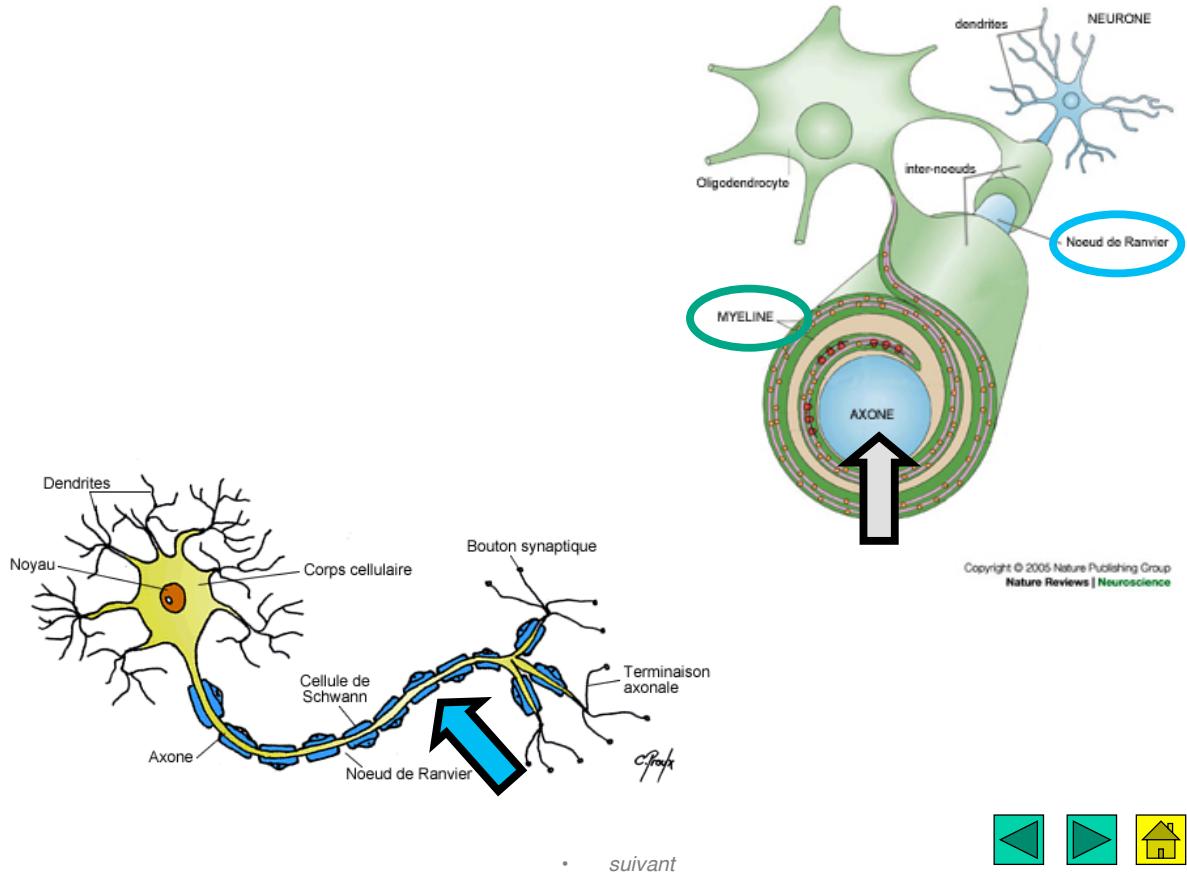
• suivant

Vitesse de propagation du PA: très variable  
(de 50 cm/sec à 120 m/sec)

- Axones à grand diamètre et myélinisés:
  - **grande** vitesse de conduction
  - (ex. *motoneurones de la moelle*)
- Axones à petit diamètre et non-myélinisés:
  - **faible** vitesse de conduction
  - (ex. *neurones périphériques responsables de la sensation de douleur*)



• suivant



## Myéline:

- gaine isolante
- entoure l'axone
- interrompue par les *nœuds de Ravier*
- (*où se trouvent les canaux K<sup>+</sup> et Na<sup>+</sup> du PA*)
- La myéline réduit les « pertes électriques » de l'axone
- (*Sclérose en plaques*)

• suivant



- Après beaucoup de PA:
- concentration  $\text{Na}^+$  cytoplasmique augmente
- concentration  $\text{K}^+$  cytoplasmique baisse

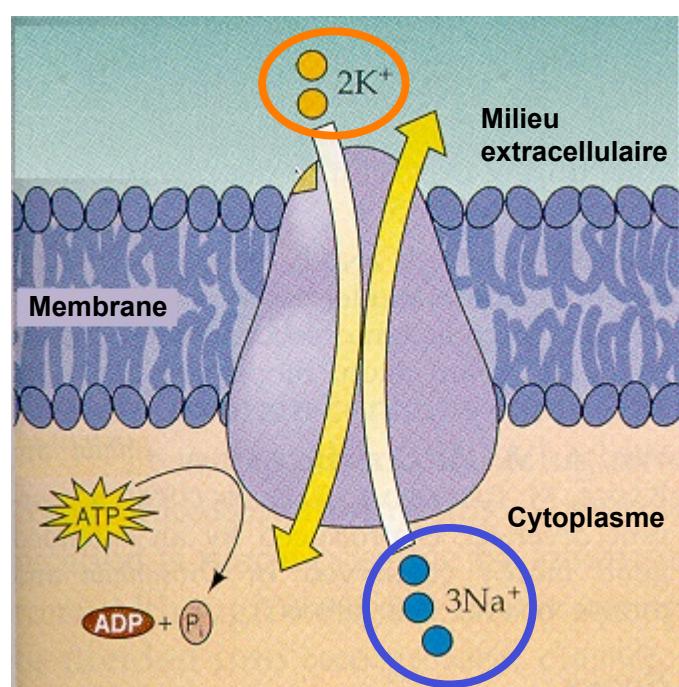
**Danger!**

• suivant



## Transporteurs: pompe à sodium

- protéine membranaire
- transport de  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  de comp. à **basse** concentration à comp. à **haute** concentration

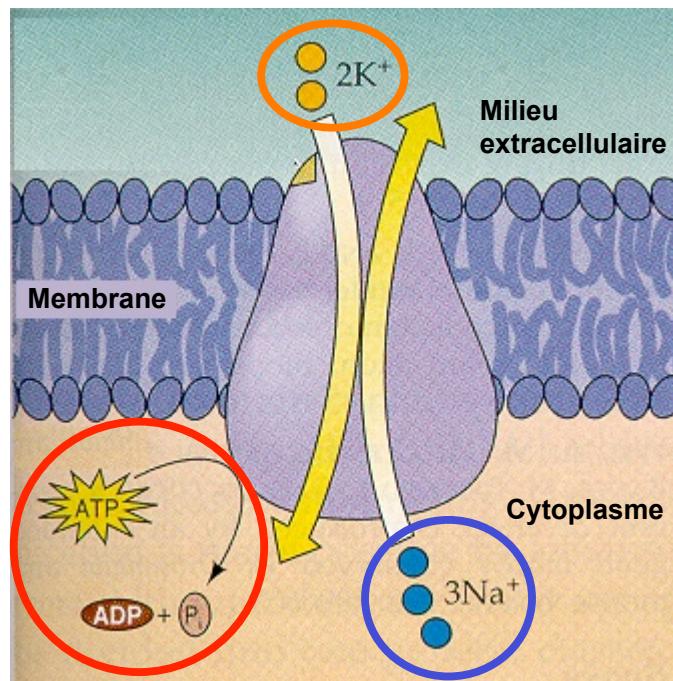


• suivant



# Transporteurs: pompe à sodium

- requiert de l '**énergie**:
- $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{Pi}$
- $3 \text{ Na}^+$  expulsés pour  $2 \text{ K}^+$  captés



• suivant



## Pompe à sodium

- Reconstitue la **haute** concentration cytoplasmique de **K<sup>+</sup>**
- et la **faible** concentration cytoplasmique de **Na<sup>+</sup>**

• suivant

