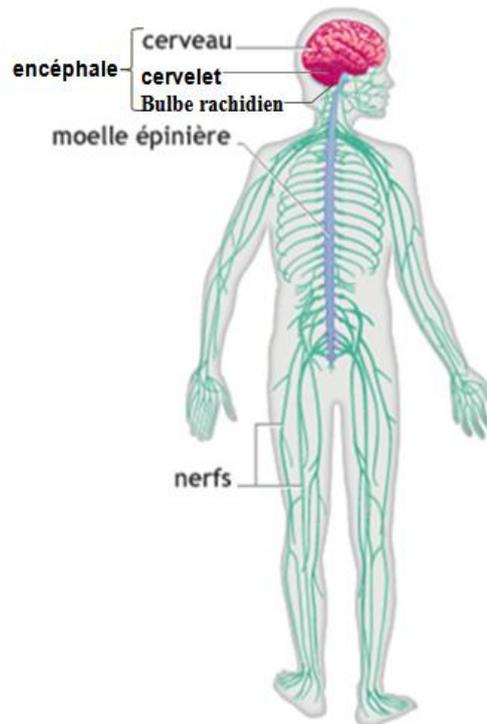


# PHYSIOLOGIE NERVEUSE

## I- Organisation générale du système nerveux de l'Homme



**Figure 1: système nerveux**

Le système nerveux comprend

-l'encéphale constitué du cerveau, du cervelet et du bulbe rachidien,

-la moelle épinière

-les nerfs qui parcourent le corps.

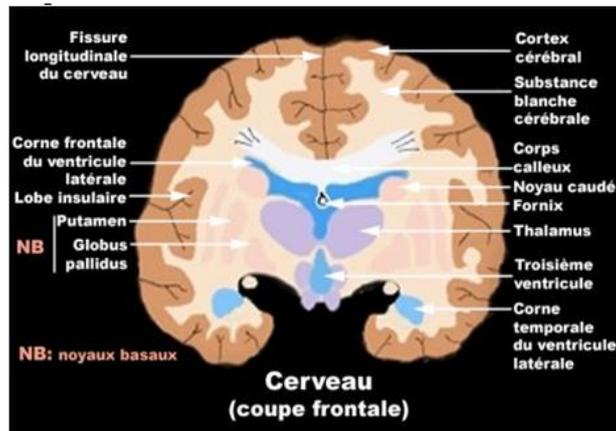
L'encéphale et la moelle épinière forment le système nerveux central.

Les nerfs forment le système nerveux périphérique.

→ **Le cerveau** est l'organe de la pensée et de la perception, c'est lui qui contrôle toutes les grandes fonctions de l'organisme. Il est formé de deux hémisphères cérébraux dont la surface est creusée de nombreux scissures et sillons qui divisent la surface de chaque hémisphère en plusieurs lobes et chaque lobe, divisée en plusieurs circonvolutions

Cours rédigés et élaborés par l'Auteur et Stagiaires de l'ENS Université d'Antananarivo : 2009 – 2014

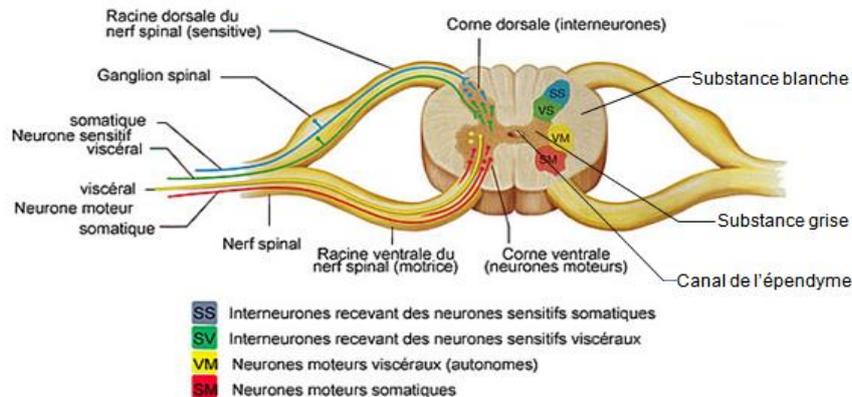
Auteur : Luc Eloi RANDRIAKOTO



**Figure 2: coupe frontale du cerveau humain**

La coupe du cerveau montre que la partie périphérique ou cortex cérébral est constituée de substance grise ou écorce grise, alors que la partie centrale est constituée de substance blanche

→ **La moelle épinière** : c'est la substance qui se trouve à l'intérieur de la colonne vertébrale sous forme de tube cylindrique. Elle rassemble les prolongements de tous les nerfs du corps (à l'exception de ceux du crâne), et assure la liaison entre le cerveau et le système nerveux périphérique



**Figure 3: moelle épinière**

Une coupe transversale au niveau de la moelle épinière montre qu'elle est formée de deux sortes de tissus :

-substance blanche dans la partie périphérique

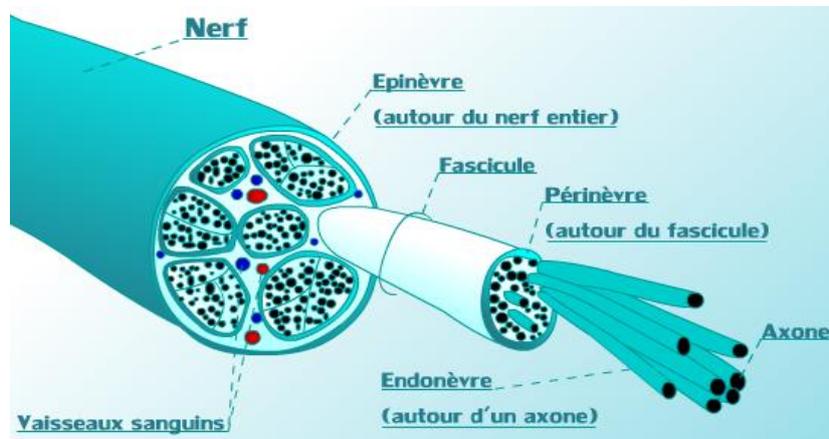
-substance grise dans la partie centrale en forme de papillon en plein vol

De la moelle épinière partent les nerfs rachidiens qui présentent deux racines au début de la moelle et qui se réunissent plus loin en nerfs mixtes

Cours rédigés et élaborés par l'Auteur et Stagiaires de l'ENS Université d'Antananarivo : 2009 – 2014

Auteur : Luc Eloi RANDRIAKOTO

→ **Les nerfs** : ce sont des faisceaux constitués par les prolongements des neurones (cellules nerveuses). Ils transmettent des informations d'un endroit du corps à l'autre. Par exemple, le nerf optique relie les yeux et le cerveau.



**Figure 4: nerf**

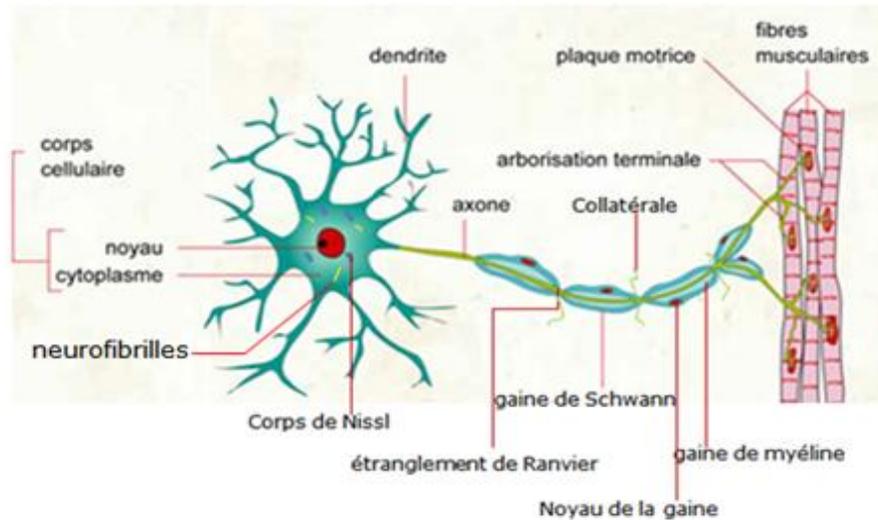
## II- Tissus nerveux

Le tissu nerveux est formé par l'assemblage de cellules nerveuses entre lesquelles existent des cellules nourricières qui sont les cellules gliales dont l'ensemble forme la névroglie

### 1- Neurone ou cellule nerveuse

#### a) Structure du neurone

Le neurone est l'élément de base du système nerveux car il assure la transmission des messages à travers l'organisme tout entier



**Schéma d'un neurone**

**Figure 5: schéma d'un neurone**

Un neurone comprend :

- le **corps cellulaire** de forme étoilée en générale.

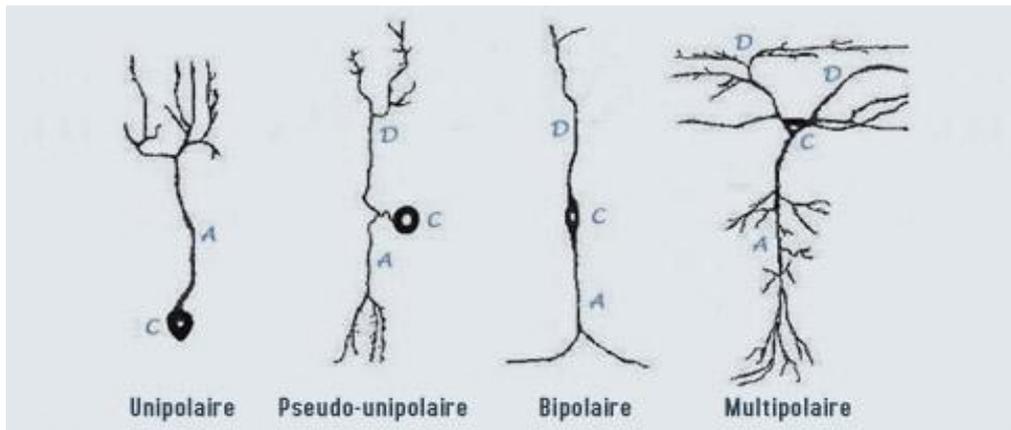
Le cytoplasme contient un noyau et tous les éléments de cellule animale ordinaire mais il existe en particulier : le corps de Nissl et des neurofibrilles.

- des prolongements cytoplasmiques qui sont de deux types :

- les **dendrites** plus courts mais ramifiés ; le plus **souvent nombreux**

- l'**axone** ou cylindraxe plus ou moins long et **unique**, terminé par une ramification appelée arborisation terminale. L'axone est entouré sur toute sa longueur d'une gaine appelée gaine de Schwann qui présente des étranglements de Ranvier et des noyaux. Une autre gaine appelée gaine de myéline, interrompue au niveau des étranglements, entoure quelque fois, l'axone.

## **b) Types de neurone**



**Figure 6: types de neurone**

**A = axone**

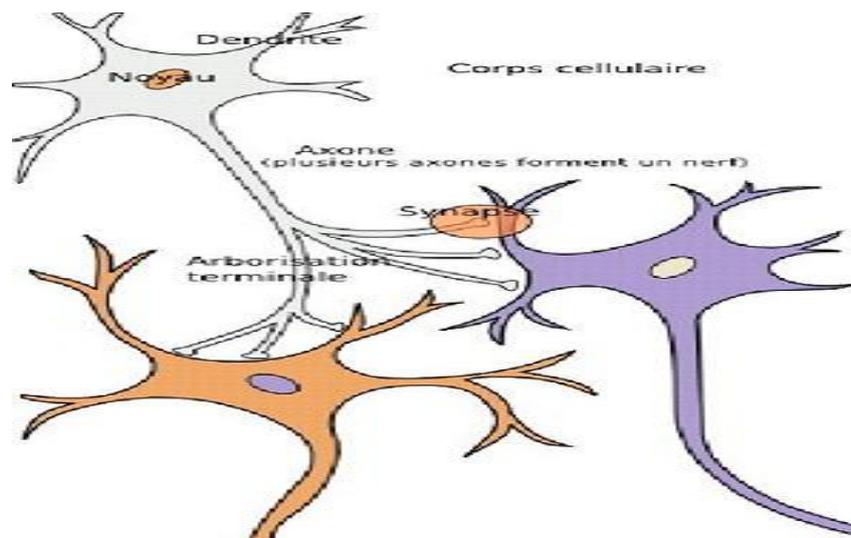
**C = corps cellulaire**

**D = dendrites**

### c) Synapse

Les neurones ne sont jamais indépendants les uns des autres, ils établissent entre eux des liaisons et forment des chaînes de neurones : on appelle **synapse** la jonction entre deux neurones. La plupart de synapses unissent les terminaisons d'un axone aux dendrites et au corps cellulaire d'un autre neurone

A la surface du corps cellulaire et des dendrites d'un neurone, il y a des milliers de synapses au niveau desquelles peuvent converger des messages nerveux véhiculés par des centaines de neurones pré synaptiques



**Figure 7: schéma d'une synapse**

## 2- Les cellules gliales

Elles occupent tous les intervalles entre les neurones. Dix fois plus nombreuses que les neurones, elles forment la névroglie à rôle de soutien, nourricier, producteur de myéline, sécréteur de liquide céphalo-rachidien et phagocytes

## 3- Les tissus nerveux

On distingue plusieurs sortes de tissus nerveux selon les éléments neuroniques présents :

- **Substance grise** contenant les corps cellulaires, dendrites, début d'axone et arborisation terminale
- **Substance blanche** contenant une partie d'axone
- **Nerf** formé par plusieurs paquets d'axones enveloppés par des tissus conjonctifs
- **Ganglion** sorte de renflement contenant un corps cellulaire d'un neurone en T ou neurone bipolaire

## III- Propriétés des fibres nerveuses : neurones et nerfs

**Excitabilité** et **conductibilité** sont les deux propriétés essentielles des fibres nerveuses. Ces deux propriétés sont liées aux états électriques de la fibre.

### 1) Dispositif expérimental

Ce dispositif permet d'enregistrer les états électriques de fibres nerveuses isolées.

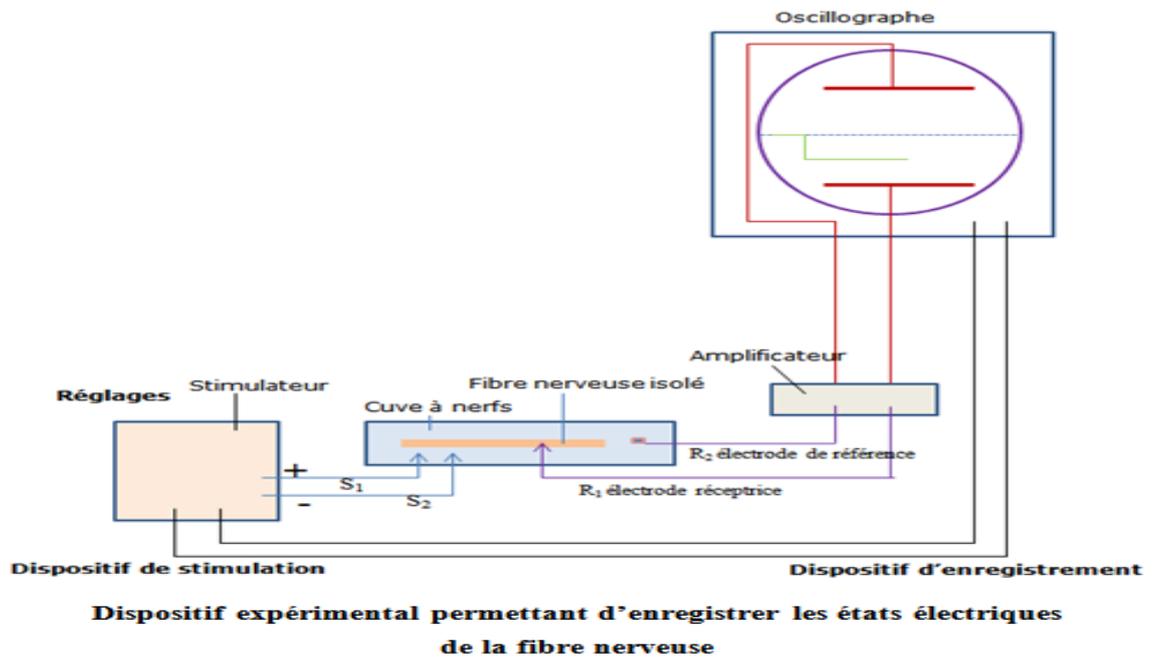
Comme ces phénomènes électriques sont de très faible amplitude, il est nécessaire de  
Cours rédigés et élaborés par l'Auteur et Stagiaires de l'ENS Université d'Antananarivo : 2009 – 2014

Auteur : Luc Eloi RANDRIAKOTO

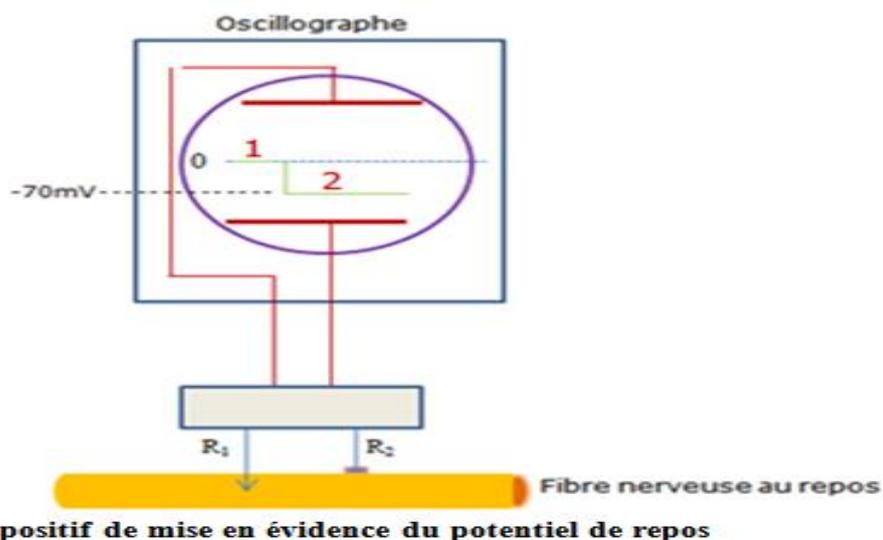
les amplifier en utilisant de détecteur : oscillographe cathodique relié à des microélectrodes. Le dispositif comprend une partie pour la stimulation et une autre pour l'enregistrement

Pendant l'expérience, la fibre doit être mise dans une cuve contenant de liquide physiologique adéquat pour qu'elle fonctionne normalement.

Les résultats sont observés sur l'écran de l'oscillographe



## 2) Potentiel de repos

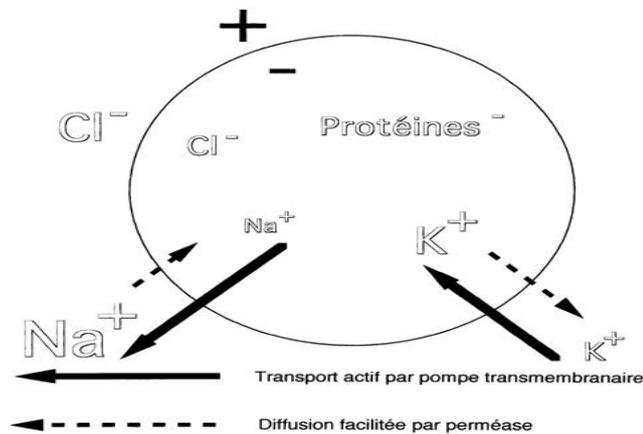


Cours rédigés et élaborés par l'Auteur et Stagiaires de l'ENS Université d'Antananarivo : 2009 – 2014

Auteur : Luc Eloi RANDRIAKOTO

A l'aide de ce dispositif, il est possible de détecter une différence de potentiel entre les deux faces de la membrane cellulaire d'un neurone : à partir de l'instant où la microélectrode  $R_1$  est piquée dans la fibre, une différence de potentiel (-70mV) est enregistrée sur l'écran de l'oscillographe, **l'intérieur chargé négatif et l'extérieur positif**: c'est le **potentiel de repos**. Il est dû à la **résultante de différence de concentration en ions** entre l'intérieur et l'extérieur de la membrane cellulaire.

Ce phénomène s'explique par une différence de perméabilité de la membrane, en particulier, aux ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ . La membrane cellulaire est très perméable aux ions  $\text{K}^+$  (40 fois concentrés dans le milieu intérieur que le milieu extérieur) et beaucoup moins perméable aux ions  $\text{Na}^+$  (5 à 10 fois concentrés dans le milieu extérieur que le milieu intérieur):  $\text{K}^+$  emporte à l'intérieur et  $\text{Na}^+$  à l'extérieur.

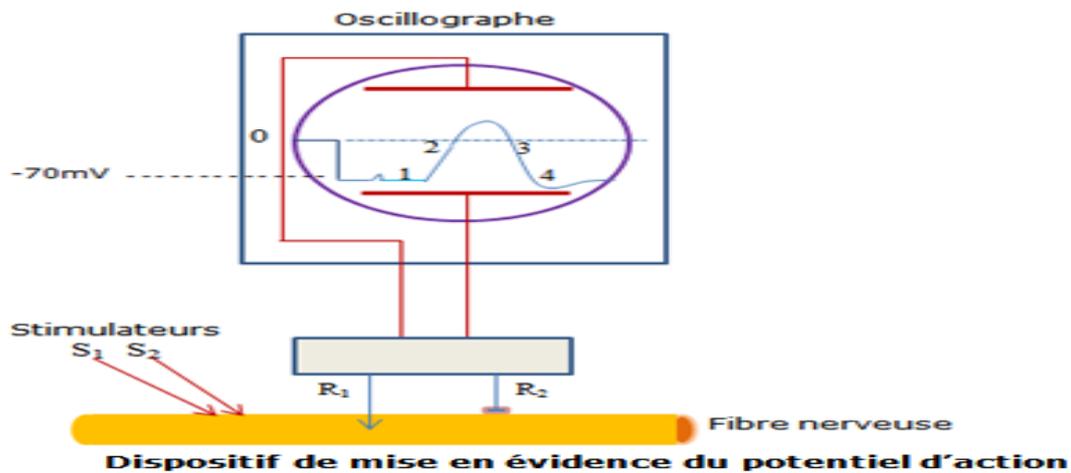


**Figure 8: Les mouvements ioniques**

Le potentiel de repos est donc le résultat de **transports passifs** mais aussi de **transports actifs** d'ions entre neurone et milieu extracellulaire, c'est le résultat d'une activité de la cellule vivante qui nécessite de l'énergie.

### 3) Potentiel d'action

#### a- Dispositif de mise en évidence



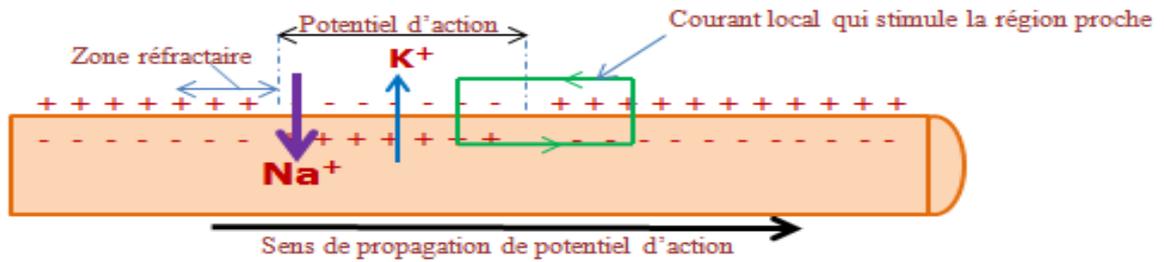
En apportant de stimulation sur la fibre nerveuse, on observe sur l'écran de l'oscillographe le passage brusque du potentiel membranaire de  $-70\text{mV}$  à  $+30\text{mV}$  : L'**intérieur** de la cellule est chargé **positif** et l'**extérieur négatif**. Ce changement (qui dure 1 millième de seconde) s'appelle **potentiel d'action**. Il correspond à une onde de négativité qui se propage à la surface de la fibre nerveuse.

Remarque :

- L'excitant électrique est le mieux utilisé en expérience car son intensité et sa durée peuvent être dosées avec précision et appliqué avec précaution, il n'altère pas la fibre nerveuse. Cependant, il existe d'autres excitants comme piqûre, pincement, contact d'un objet trop chaud ou trop froid.

#### b- Origine ionique du potentiel d'action

L'étude au niveau de la fibre nerveuse montre que le message nerveux correspond à une inversion de polarisation localisée et transitoire de la membrane qui se transmet de proche en proche. Cette inversion est due à la modification de la perméabilité membranaire aux ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  : Elle constitue le **potentiel d'action** ou **onde de négativité** ou encore **influx nerveux** de la fibre nerveuse.



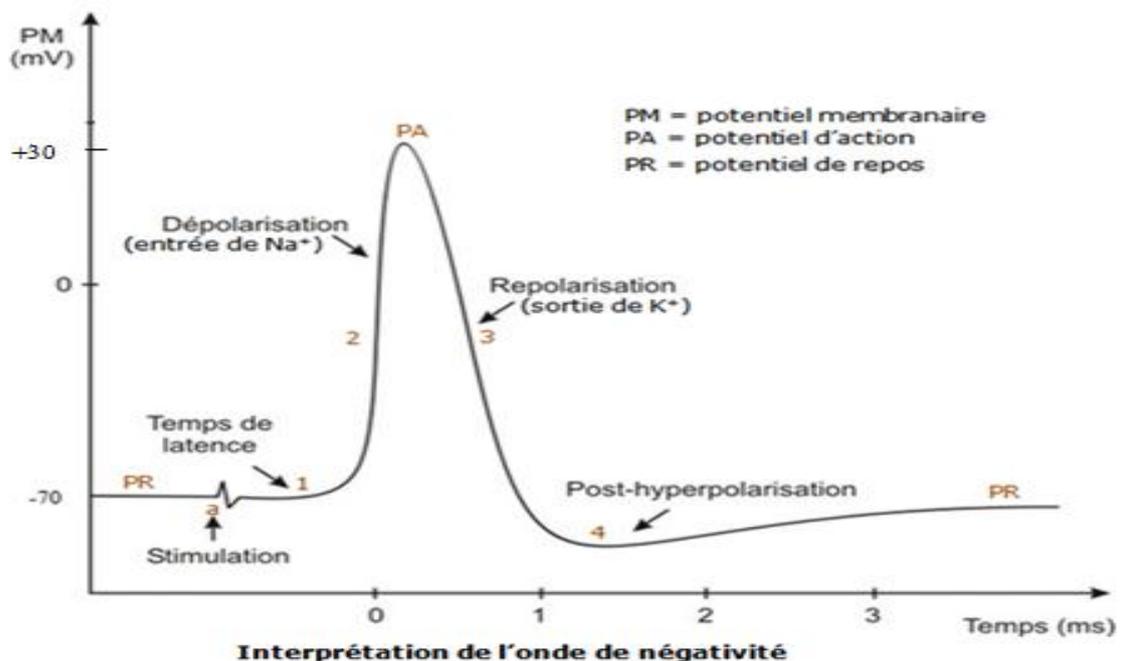
**Le potentiel d'action correspond à une entrée explosive de  $\text{Na}^+$  et à la sortie de  $\text{K}^+$ . Ce flux d'ions engendre un courant local qui dépolarise à son tour la zone voisine**

Les phénomènes se déroulent en trois temps :

- Entrée explosive de  $\text{Na}^+$  qui entraîne une inversion de polarisation de la membrane. La perméabilité aux ions  $\text{Na}^+$  atteint un maximum puis diminue.
- Sortie de  $\text{K}^+$  qui provoque un retour rapide à la polarisation initiale.
- Restauration des concentrations initiales c'est-à-dire expulsion d'ions  $\text{Na}^+$  et entrée d'ions  $\text{K}^+$  par fonctionnement de « pompes ioniques »

Toutes ces manifestations après stimulations de la fibre nerveuse montrent bien qu'elle est **excitable et conductible** : ce sont les deux propriétés fondamentales de la fibre nerveuse

### c- Interprétation de l'onde de négativité

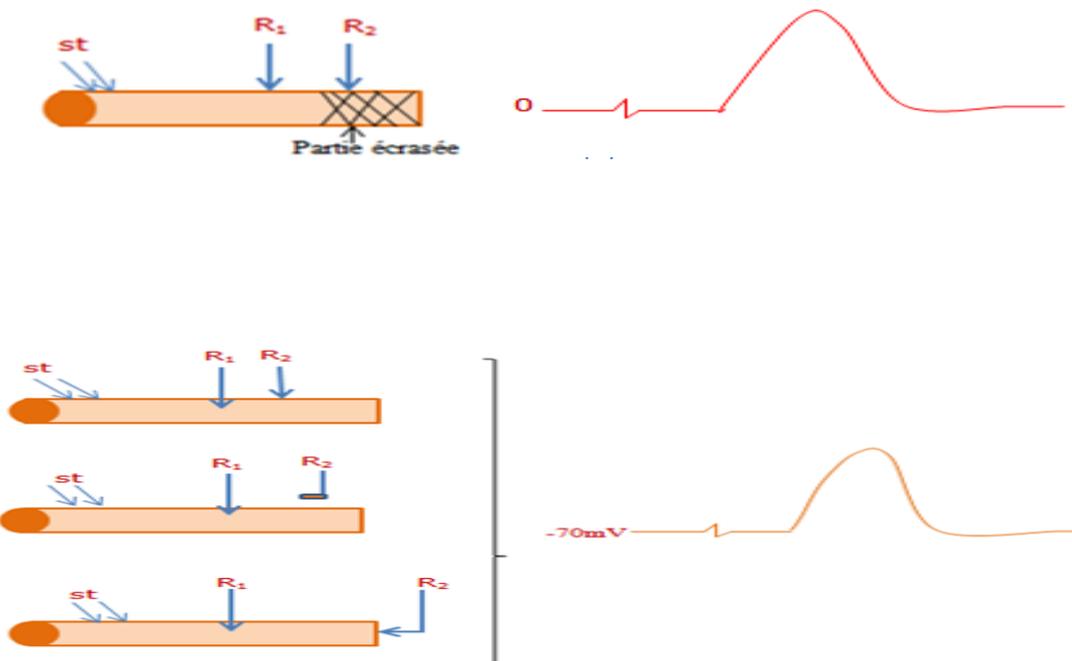


Cours rédigés et élaborés par l'Auteur et Stagiaires de l'ENS Université d'Antananarivo : 2009 – 2014

Auteur : Luc Eloï RANDRIAKOTO

L'onde de négativité ou potentiel d'action peut se présenter sous plusieurs formes suivant les dispositions des microélectrodes réceptrices : Onde monophasique avec une seule pointe ou onde diphasique ou biphasique avec deux pointes

-Ondes monophasiques



**Figure 9: Ondes monophasiques**

-Onde biphasique



**Figure 10: Onde biphasique**

4- Conditions d'excitabilité de fibre nerveuse et de nerf

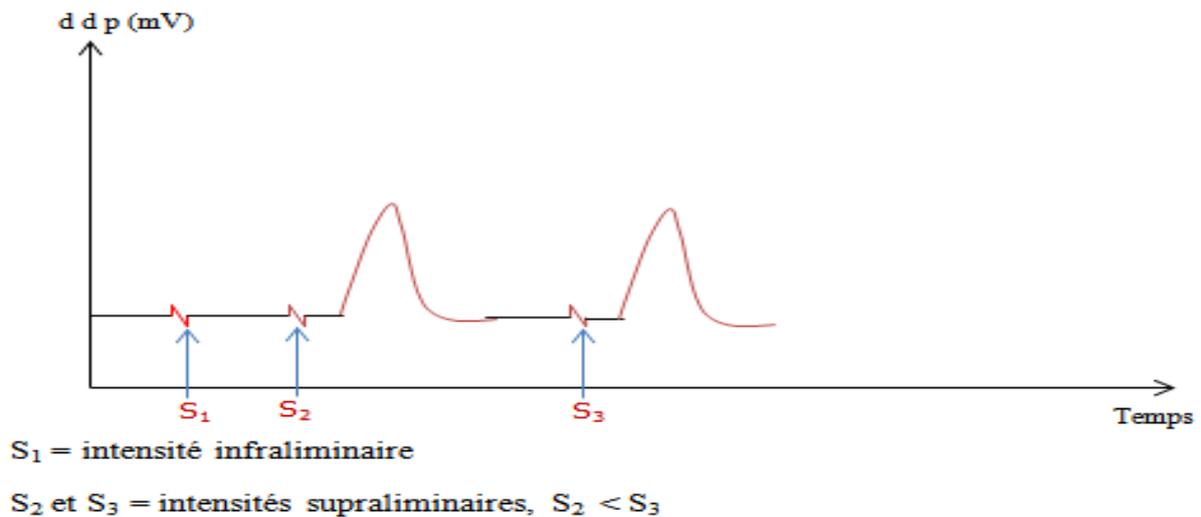
- a) **Seuil d'intensité ou intensité liminaire** : l'intensité d'excitation doit être supérieure ou égale à une valeur liminaire appelée seuil d'intensité s.

Toute intensité inférieure au seuil ou intensité infraliminaire ne donne aucune réponse.  
Cours rédigés et élaborés par l'Auteur et Stagiaires de l'ENS Université d'Antananarivo : 2009 – 2014

Auteur : Luc Eloi RANDRIAKOTO

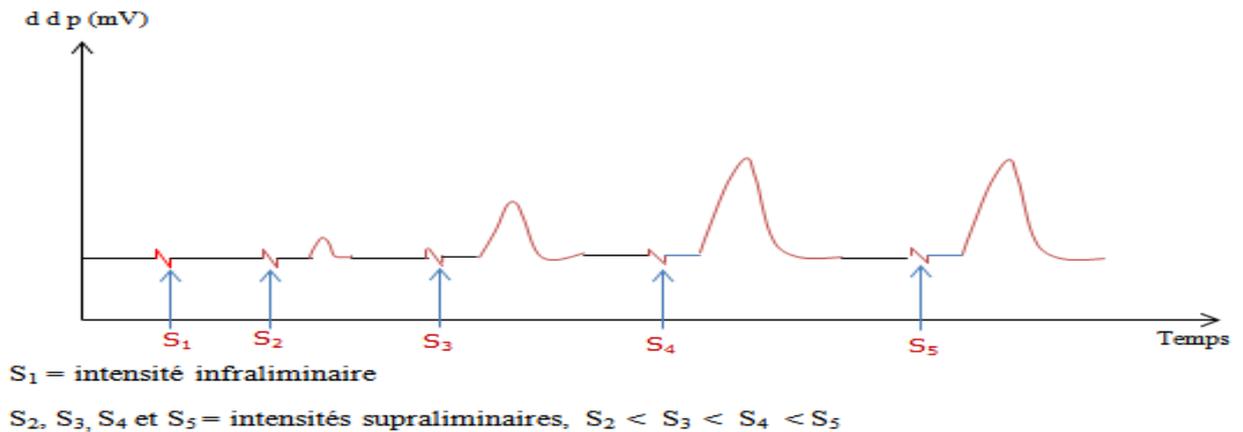
Toute intensité supérieure ou égale au seuil appelée intensité supraliminaire provoque de réponse et on enregistre un potentiel d'action sur l'écran de l'oscillographe. Deux cas peuvent se présenter :

- S'il s'agit d'une  *fibre nerveuse isolée* , l'amplitude du potentiel d'action est d'*emblée maximale* et reste constante même si on augmente l'intensité d'excitation : la fibre isolée obéit à la loi de  **tout ou rien**



**Figure 11: Variation de la DDP en fonction de temps**

- S'il s'agit d'un  *nerf* , l'*amplitude augmente en fonction de l'intensité d'excitation* : ceci est dû à ce que le nombre de fibres excitées augmente avec l'intensité d'excitation : c'est la loi de  **sommation** .



Naturellement, l'amplitude du potentiel d'action cesse de s'accroître dès que la totalité des fibres constituant le nerf soient excitées.

### b- Condition de brutalité

L'application du courant doit être brutale c'est-à-dire le changement d'intensité (de 0 à I ou de I à 0 ou de I à I' ..... ) doit être effectué en un temps très bref.

### c- Courbe d'intensité-durée

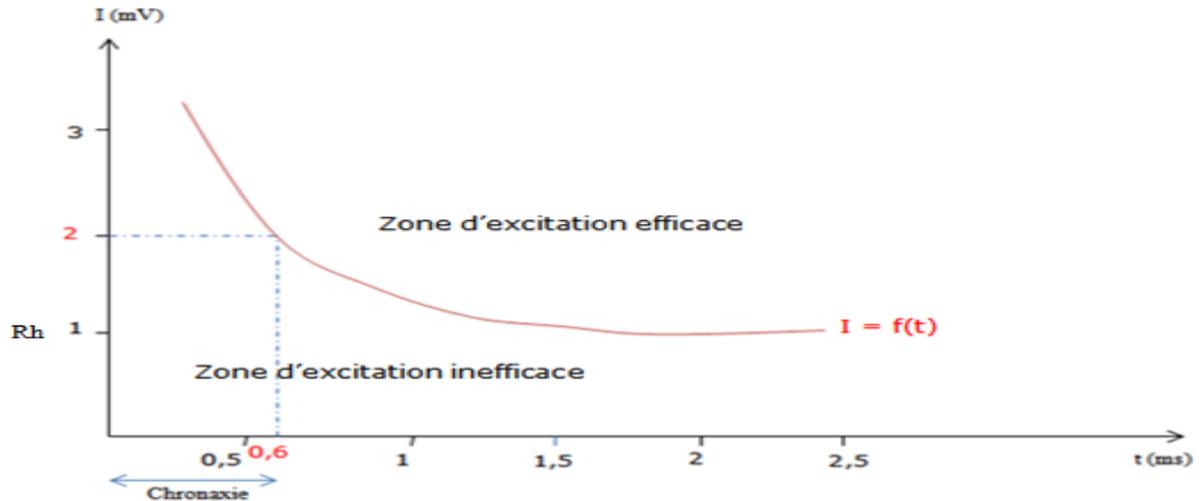
Pour toute valeur d'intensité supraliminaire I, une réponse peut être toujours obtenue si le courant est maintenu pendant un temps suffisant t.

Si l'intensité I est infraliminaire :  $I < s$ , on n'obtient pas de réponse même si le temps t d'application est très élevé.

Si l'intensité I est égale au seuil :  $I = s$ , on obtient une réponse si le courant est appliqué pendant un temps minimal t appelé temps utile

Si l'intensité I est supérieure au seuil:  $I > s$ , on peut déterminer, pour plusieurs valeurs de t, des valeurs correspondantes de l'intensité, on obtient ainsi la **courbe d'intensité-durée**.

t (ms)	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
I (mV)	3,3	2	1,5	1,2	1,1	1	1	1



**Figure 12: Les zones d'excitation**

Rh = **Rhéobase** : intensité minimum donnant une réponse (=1mV dans cet exemple)

**Chronaxie** : valeur du temps correspondant à l'intensité double de la rhéobase (=0,6 ms dans cet exemple)

#### d- Période réfractaire

C'est la période pendant laquelle la fibre nerveuse devient inexcitable : à la suite d'une excitation

Ces paramètres permettent de qualifier l'excitabilité de fibre nerveuse :

Une fibre ou nerf est d'autant plus excitable que

- sa zone d'excitation inefficace est plus réduite c'est-à-dire sa zone d'excitation efficace plus large
- sa chronaxie est plus courte

### 5) Conductibilité : Propagation de l'influx nerveux

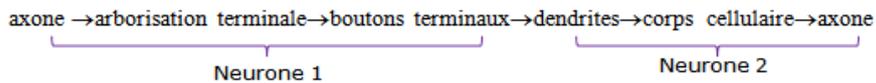
#### a- Conditions de conduction de l'influx nerveux

- La fibre doit être intègre (non comprimée, non ligaturée, non trop chauffée ni trop refroidie, non anesthésiée) Elle participe activement à la conduction de l'influx.

Cours rédigés et élaborés par l'Auteur et Stagiaires de l'ENS Université d'Antananarivo : 2009 – 2014

Auteur : Luc Eloi RANDRIAKOTO

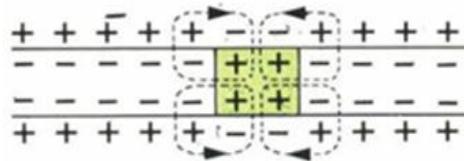
- Le liquide extracellulaire doit être de composition convenable permettant les échanges d'ions.
- L'onde de négativité ou onde de dépolarisation née au point excité appelée également influx nerveux, se propage dans les deux sens de part et d'autre de ce point, dans le cas de fibre isolée. Dans une chaîne neuronique (à l'intérieur de l'organisme vivant), la propagation de cet influx se fait dans un sens unique qui est toujours :



La synapse s'oppose à l'autre sens.

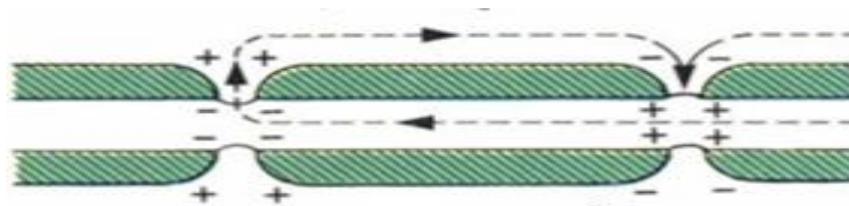
### b- Modalité de conduction

- Propagation continue le long d'une fibre amyélinique, par action des courants locaux



**Figure 13: Propagation continue**

Propagation saltatoire le long d'une fibre myélinisée, d'un étranglement de Ranvier à l'autre, la membrane n'est polarisée qu'au niveau des étranglements



**Figure 14: Propagation saltatoire**

### c- Vitesse de conduction

$$v = \frac{d}{t}$$

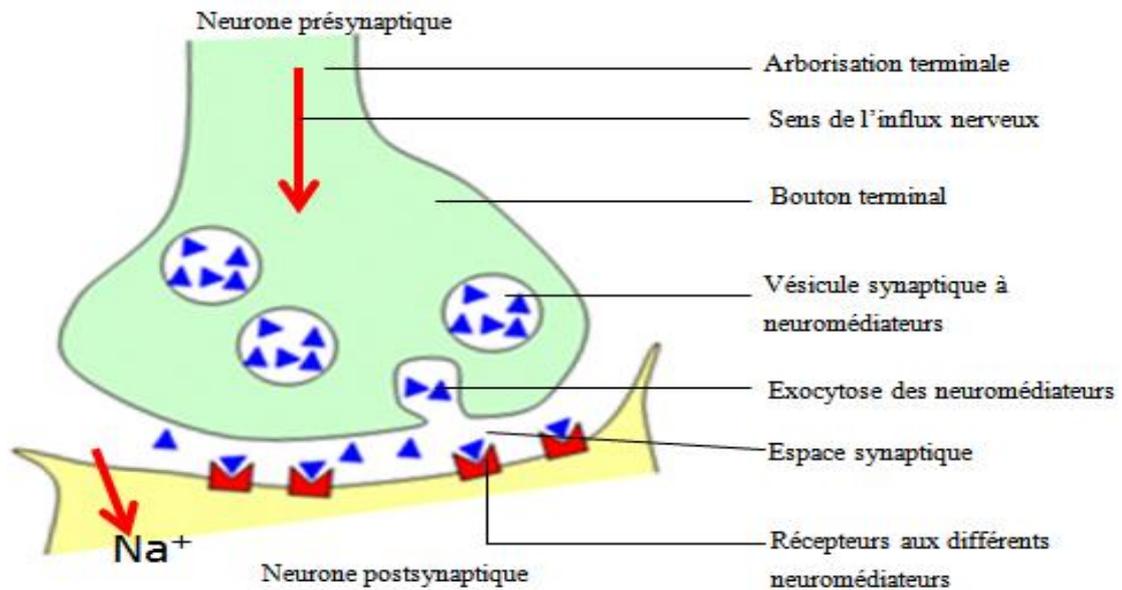
La distance  $d$  mesurée sur la fibre correspond à un temps  $t$  de la conduction de l'influx nerveux observée sur l'écran de l'oscillographe

Les caractéristiques d'une fibre ultra-rapide sont : fort diamètre, myéline épaisse, étranglements de Ranvier espacés, rhéobase faible, période réfractaire courte.

#### d- Transmission synaptique de l'influx nerveux d'un neurone à l'autre

Il n'y a pas de contact direct entre les neurones : il y a entre eux un espace synaptique de l'ordre de quelques dizaine de nanomètres. La transmission de messages nerveux d'un neurone à l'autre se fait par l'intermédiaire d'une substance chimique appelée **médiateur chimique** ou **neurotransmetteur** ou encore **neuromédiateur** dont le plus important est **l'acétylcholine**.

Le message se fait à **sens unique** : Les neurotransmetteurs synthétisés par un neurone pré synaptique sont stockés au voisinage des arborisations terminales avant d'être libérés dans l'espace synaptique à l'arrivée des potentiels d'action. Les molécules de neurotransmetteurs se fixent sur des récepteurs spécifiques portés par membrane post synaptique. Leur fixation provoque une forte perméabilité à l'entrée explosive de  $\text{Na}^+$  de la membrane post synaptique d'où l'apparition de potentiel d'action de celle-ci : le message nerveux poursuit alors sa propagation



**Figure 15: Transmission synaptique**

Sur un même neurone, il existe des synapses qui permettent le passage des messages nerveux (**synapses excitatrices**) et d'autres qui s'opposent (**synapses inhibitrices**). Un neurone reçoit ainsi un grand nombre d'informations chimiques qui lui permettent, lorsque certaines conditions sont réalisées, d'émettre un nouveau message sous forme d'informations électriques : Les neurones ont donc un **rôle intégrateur**.

## REFERENCES WEBOGRAPHIQUES

<https://www.google.mg/search>. Images du système nerveux dans physiologie nerveuse.

<https://www.google.mg/search>. Image. Transmission synaptique. Image jonction entre neurones.

<https://www.google.mg/search>. Image transmission synaptique. Image dispositif expérimental permettant d'enregistrer les états électriques des fibres nerveuses.

<https://www.google.mg/search>. Image transmission synaptique. Image types de neurones.

<https://www.google.mg/search>. Image de la transmission synaptique. Image sur la perméabilité de la membrane, en particulier, aux ions Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup>.

Cours rédigés et élaborés par l'Auteur et Stagiaires de l'ENS Université d'Antananarivo : 2009 – 2014

Auteur : Luc Eloi RANDRIAKOTO

<https://www.google.mg/search>. Image transmission synaptique. Image dispositif experimental permettant d'enregistrer les états électriques des fibres nerveuse.

<https://www.google.mg/search>. Image transmission synaptique. Image et Interprétation de l'onde négativité.

<https://www.google.mg/search>. Image transmission synaptique. Ondes monophasiques.

<https://www.google.mg/search>. Image transmission synaptique. Ondes diphasiques.