

**DISCIPLINE : SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE**

**NIVEAU : Terminale**

**SERIES : D et C**

**MODULE : BIOLOGIE**

**SOUS MODULE : PHYSIOLOGIE NERVEUSE**

## SUPPORT PÉDAGOGIQUE N°6

### OG 8 : COMPRENDRE LES FONCTIONS DE RELATION ET L'ACTIVITÉ CARDIAQUE.

Les fonctions de relation font intervenir plusieurs appareils, organes, système nerveux, muscles et squelette qui fonctionnent en corrélation. Ces fonctions de relation permettent à l'organisme d'acquérir une connaissance suffisante de l'environnement et réaliser un comportement approprié.

#### OS8-1: Identifier les principaux systèmes de relation chez l'Homme.

Les systèmes de relations regroupent :

- Le système nerveux cérébro-spinal ou système nerveux central (névraxe);
- Le système nerveux végétatif ;
- Le système musculaire ;

#### I - LE SYSTÈME NERVEUX CÉRÉBRO-SPINAL

##### A- Organisation générale

Le système nerveux de l'Homme, comme celui des autres vertébrés, comprend :

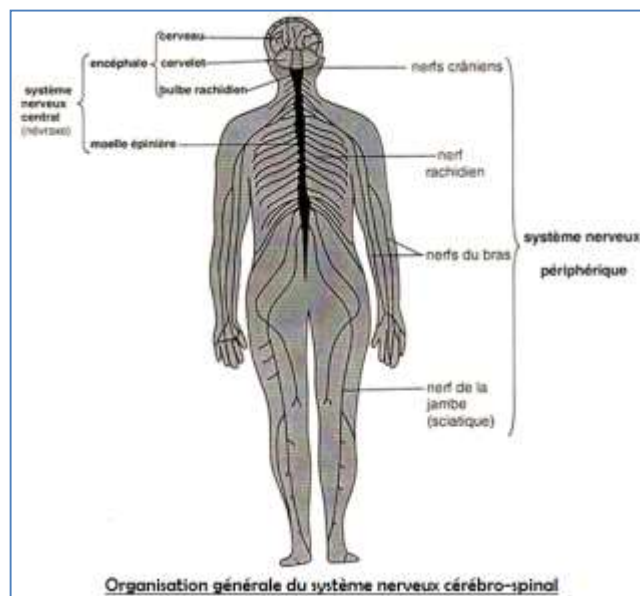
- Des centres nerveux regroupant *l'Encéphale* et la *moelle épinière* ;
- Des *nerfs* qui établissent la liaison entre les centres nerveux et les organes du corps.

##### B- Étude de l'encéphale de mouton :

L'encéphale est logé dans la boîte crânienne. Il comprend : le cerveau, le cervelet

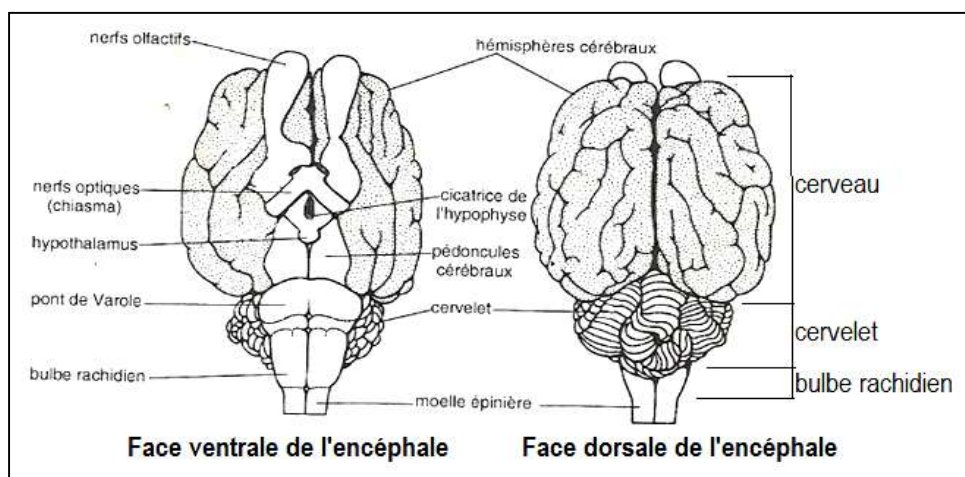
et le bulbe rachidien.

L'encéphale est protégé par trois enveloppes appelées méninges (la dure-mère, l'arachnoïde et la pie-mère).

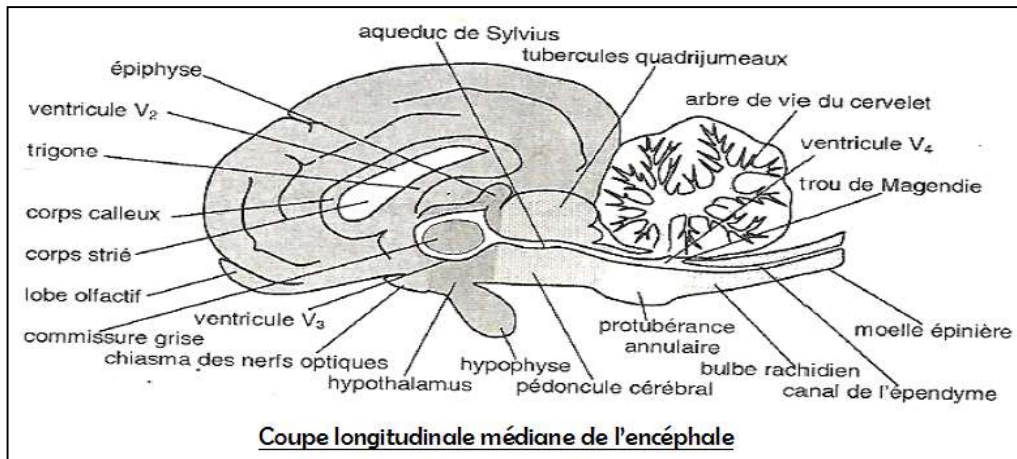


Organisation générale du système nerveux cérébro-spinal

##### 1- Morphologie externe :

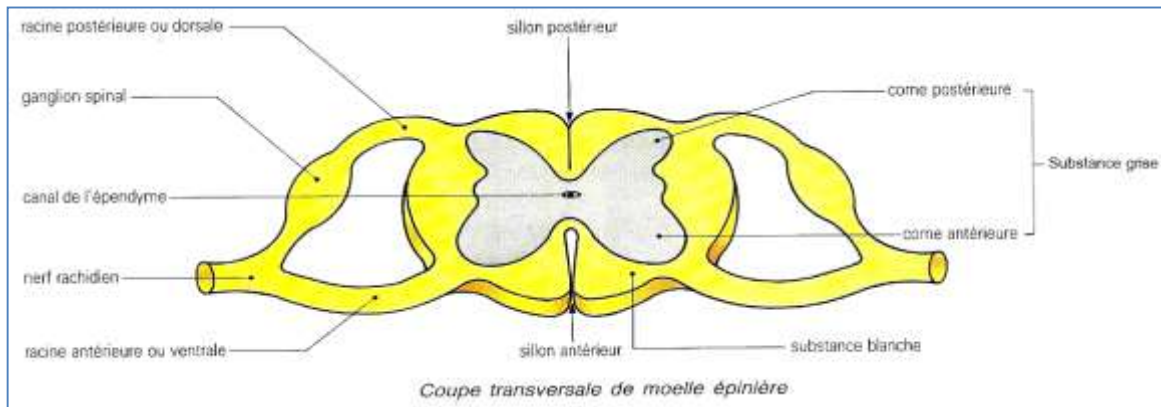


## 2- Morphologie interne :



## C- La moelle épinière

C'est un cordon blanc logé dans le canal rachidien de la colonne vertébrale. Comme l'encéphale, elle est aussi protégée par les méninges.



Une coupe transversale de la moelle épinière montre :

- au centre, la substance grise percée en son milieu par le canal de l'épendyme. On y trouve des corps cellulaires ou péricaryons (ou soma).
- à la périphérie, la substance blanche divisée en deux moitiés symétriques par deux sillons. Elle est formée uniquement de fibres myélinisées.

## D. Les nerfs rachidiens :

Une coupe transversale d'un nerf montre un assemblage des faisceaux de fibres nerveuses de taille inégale. Entre ces faisceaux de fibres, on observe un tissu conjonctif riche en vaisseaux sanguins.

### 1. Le tissu nerveux et ses propriétés

**Le tissu nerveux** est constitué des cellules nerveuses ou neurones et des cellules gliales. La cellule de base est le neurone qui constitue l'élément ou l'unité fondamentale du système nerveux.

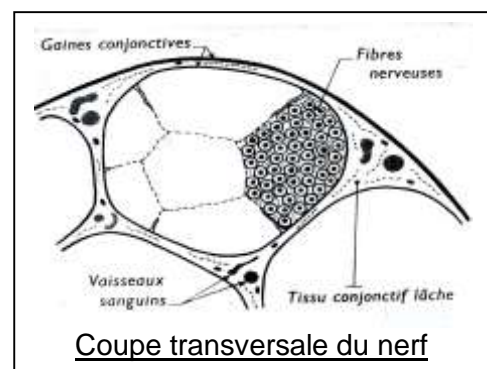
#### • Le neurone

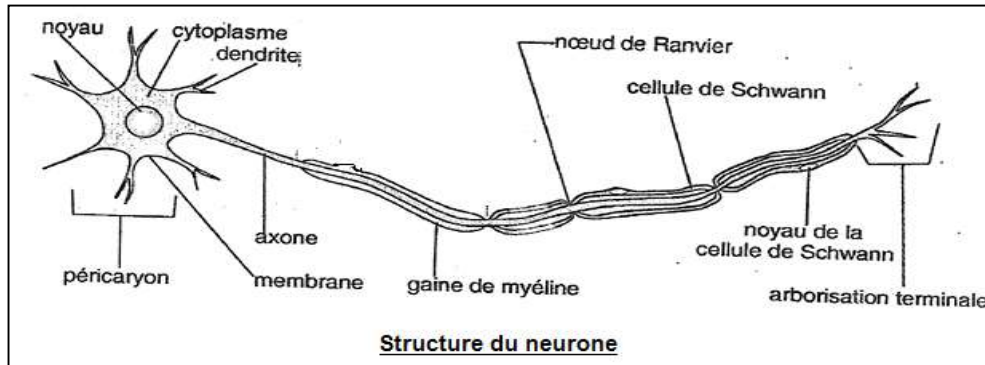
Un neurone est formé d'un corps cellulaire contenant le noyau et qui émet deux types de prolongements :

- un **axone** (prolongement le plus long) qui est une fibre nerveuse ; l'axone ou cylindraxe se ramifie à son extrémité pour former **l'arborisation terminale**.
- un ou plusieurs **dendrites** (prolongements courts) ramifiés.

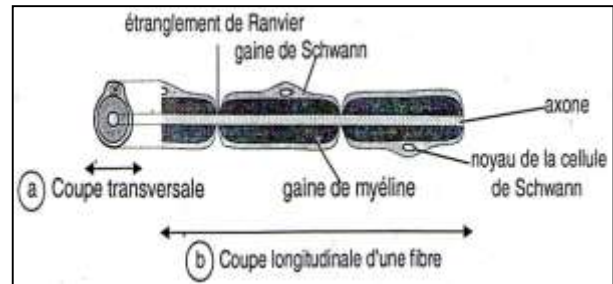
N.B. : Dans la substance grise, l'axone est nu ; dans la substance blanche, il s'entoure de myéline.

Dans le nerf, l'axone est protégé par la gaine de myéline et de Schwann.

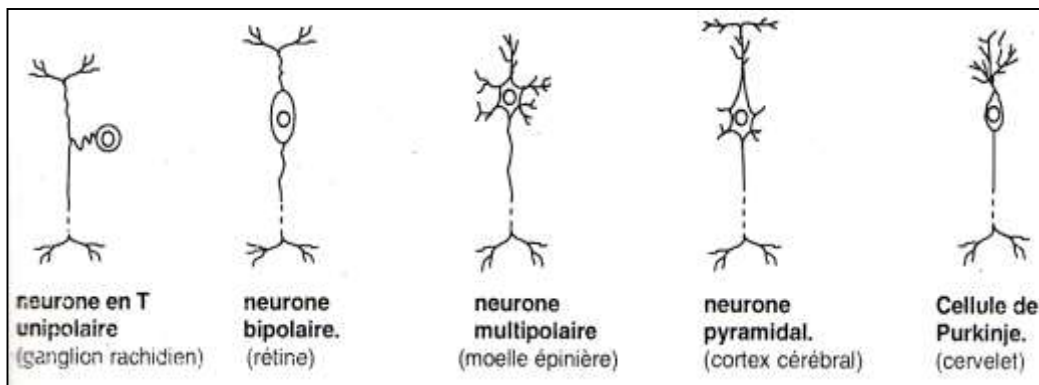




Une coupe longitudinale réalisée au niveau de la fibre nerveuse se présente de la manière suivante (figure ci-contre).



## 2- Différents types de neurones :



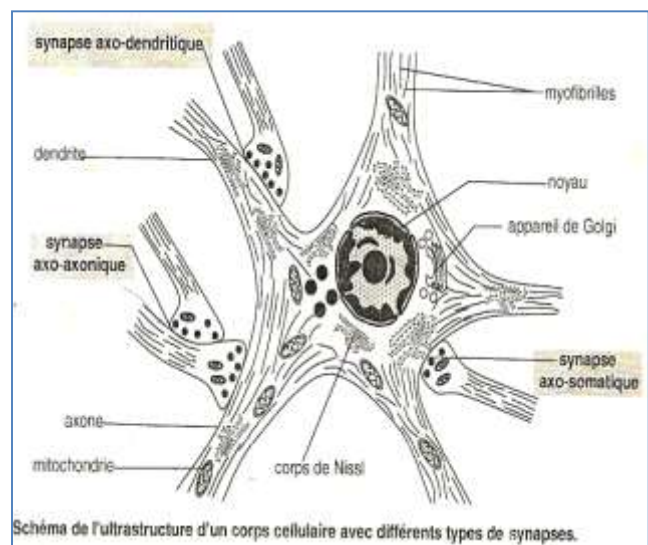
## 3- Notion de synapse :

On appelle synapse la zone de contact entre l'arborisation terminale d'un neurone et une autre structure cellulaire. On distingue trois catégories de synapses :

- La synapse neurosensorielle (contact neurone-cellule sensorielle) ;
- La synapse neuromusculaire ou plaque motrice (contact neurone-muscle) ;
- la synapse neuroneuronique (contact neurone-neurone).

La synapse neuroneuronique se présente sous trois types :

- La synapse axo-dendritique ;
- La synapse axo-somatique ;
- La synapse axo-axonique.

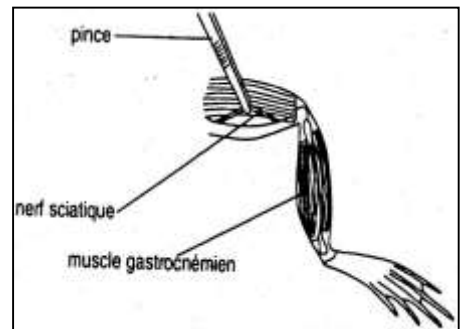


#### 4. Propriétés du tissu nerveux :

Sur une patte postérieure de grenouille décérébrée et démyélinisée au préalable, on isole le muscle du mollet (muscle gastrocnémien) en conservant le nerf sciatique qui y arrive.

Si on pince le nerf, le muscle se contracte.

Cette simple observation nous montre les propriétés essentielles du nerf, donc de la fibre nerveuse : excitabilité et conductibilité.



##### a) L'excitabilité :

C'est la propriété que possède toute cellule vivante à répondre ou à réagir sous l'action d'un stimulus (excitant).

Un excitant peut être :

- mécanique : pincement, choc, piqûre...
- thermique : toute variation brutale de température ;
- chimique : acide ou base dilués...
- électrique : courant continu.

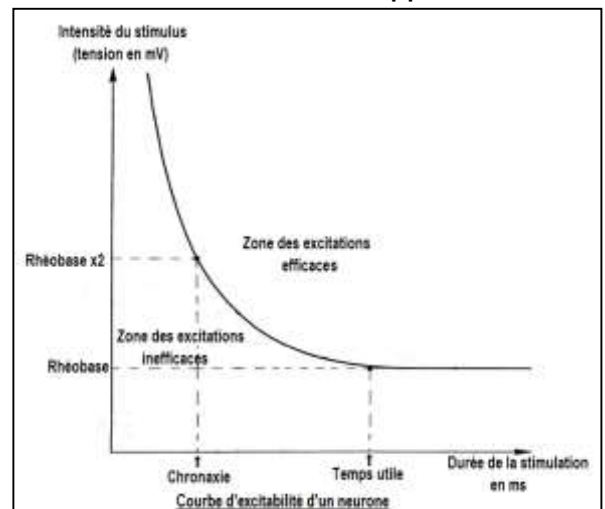
N.B. : Pour étudier les caractéristiques de l'excitabilité, on se sert de préférence de l'excitant électrique car on peut régler à volonté l'intensité et la durée d'excitation ; de plus, il n'altère pas les tissus.

Pour être efficace, l'intensité du stimulus doit être minimale ; cette intensité est aussi appelée intensité liminaire ou intensité seuil ou rhéobase, le temps qui correspond à cette rhéobase est appelé temps utile. Si l'on double la rhéobase, le temps correspondant est la chronaxie.

Une intensité inférieure au seuil est dite infraliminaire, une intensité supérieure au seuil est qualifiée de supraliminaire.

En faisant varier l'intensité de la stimulation en fonction de la durée d'application on obtient des valeurs permettant de tracer une courbe d'excitabilité (courbe ci-contre).

- La chronaxie : c'est le temps nécessaire pour qu'une excitation d'intensité double de la rhéobase soit efficace ;
- La rhéobase : c'est la plus faible intensité efficace ;
- Le temps utile : c'est la plus faible durée de passage de courant nécessaire dont l'intensité est égale à la rhéobase.



Remarque : Un nerf est d'autant plus excitable que sa chronaxie est plus courte.

N.B. : la chronaxie, la rhéobase et le temps utile sont les paramètres d'excitabilité du nerf.

##### b) La conductibilité :

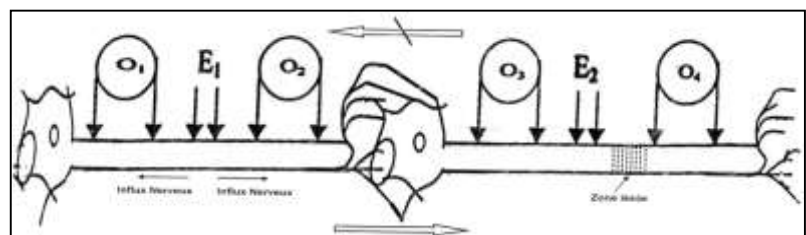
C'est la propriété que possède une fibre nerveuse ou un nerf de conduire l'influx nerveux ou message nerveux.

b1 : Sens de conduction :

Expérience :

En excitant au point  $E_1$ , les oscilloscopes  $O_1$ ,  $O_2$  et  $O_3$  enregistrent le passage du message nerveux, par contre  $O_4$  n'enregistre rien.

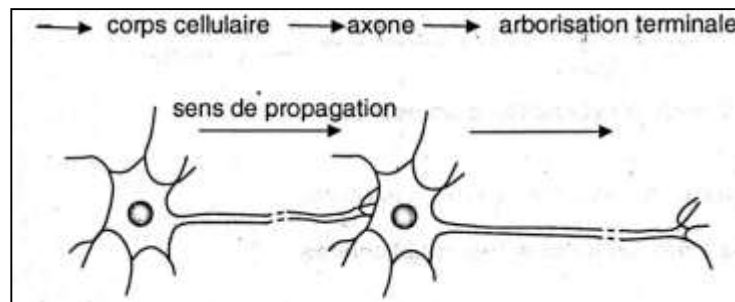
En excitant au point  $E_2$ , seul l'oscilloscope  $O_3$  enregistre le passage du message nerveux alors que  $O_1$ ,  $O_2$  et  $O_4$  n'enregistrent rien.





### Déduction :

- Expérimentalement, le message nerveux se propage dans les deux sens le long d'un nerf ou d'une fibre nerveuse à partir du point d'excitation.
- Le message nerveux ne traverse pas une zone ligaturée, lésée ou anesthésiée.
- La transmission du message nerveux au niveau de la synapse est unilatérale ou unidirectionnelle, c'est-à-dire de l'arborisation terminale d'un neurone vers la structure quelconque de l'autre neurone.



**Remarque :** La conduction du message nerveux exige l'intégrité de la fibre : elle ne doit pas être lésée, ligaturée, anesthésiée et la teneur en oxygène doit être convenable.

### b2 : La vitesse de propagation du message nerveux :

Elle se calcule par la relation suivante :

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} \quad v = \frac{d}{t}$$

$v$  = vitesse en (m/s) ;  
 $d$  = distance en (m) ;  
 $t$  = temps en (s).

**Remarque :** La vitesse de conduction du message nerveux varie en fonction :

- ❖ de la *nature de la fibre* : les fibres myélinisées conduisent plus vite le message nerveux que les fibres non myélinisées (amyélinisées) ;
- ❖ du *diamètre de la fibre* : la vitesse est d'autant plus grande que le diamètre de la fibre est plus grand ;
- ❖ de la *température* du milieu (facteur externe) : chez la grenouille la vitesse de conduction augmente avec la chaleur.

## 5. Phénomènes électriques du tissu nerveux

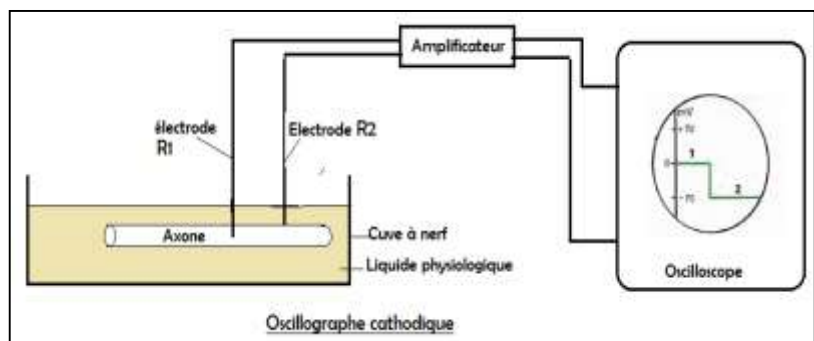
### a. Le potentiel de repos :

#### Expérience 1 :

On dispose de deux électrodes réceptrices R1 et R2 posées à la surface de l'axone, on obtient sur l'écran de l'oscilloscope la partie 1 du tracé. Schéma ci-contre.

#### Expérience 2 :

On reprend la même expérience mais cette fois-ci R1 est enfoncée dans l'axone, on obtient la partie 2 du tracé.



#### Interprétation des résultats.

- La partie 1 du tracé montre que tous les points à la surface de l'axone sont au même niveau potentiel (c'est-à-dire chargés de même signe) : c'est le *potentiel nul* ;
- La partie 2 traduit qu'il existe une différence de potentiel (DDP) entre la surface et l'intérieur de l'axone évaluée à environ -70mV : c'est le *potentiel de repos* ou potentiel transmembranaire.

La surface de la membrane est chargée positivement et l'intérieur négativement.

Ce potentiel est caractéristique de toute cellule vivante.

## b. Le potentiel d'action

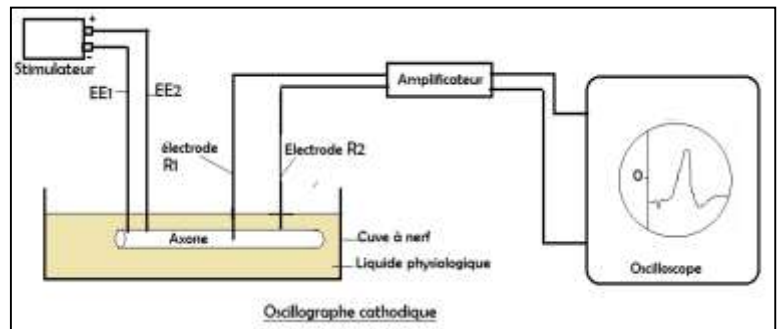
### Réponse de l'axone suite à une stimulation efficace.

#### b1. Potentiel d'action monophasique.

##### Expérience :

Reprenons le même montage expérimental, en ajoutant le dispositif de stimulation. R1 est enfoncée dans l'axone et R2 à la surface. On excite l'axone par deux électrodes excitatrices EE1 et EE2.

Résultat observé sur l'oscilloscope : voir graphique ci-contre.



##### Interprétation

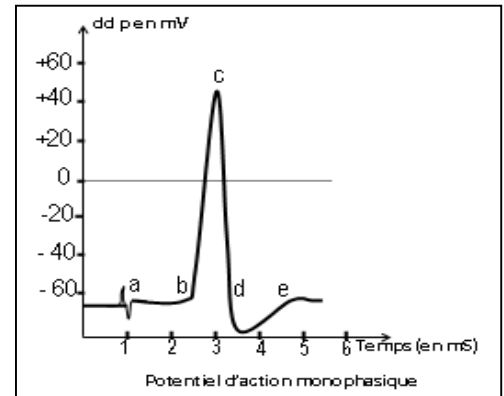
a = artefact de stimulation : correspond au moment précis de la stimulation.

[ab] = temps de latence : temps mis par le message nerveux pour parcourir la distance entre l'électrode stimulatrice et l'électrode réceptrice.

[bc] = phase de dépolarisation : réduction de la DDP de part et d'autre de la membrane.

[cd] = phase de repolarisation : retour au potentiel initial de repos.

[de] = hyperpolarisation : légère augmentation du potentiel de repos.



À la suite d'une stimulation liminaire de l'axone, il y a naissance d'un message nerveux appelé *potentiel d'action*. Le potentiel d'action est une inversion momentanée des charges (= polarité) suite à une excitation.

#### b2. Potentiel d'action diphasique :

##### Expérience :

Reprenons le dispositif expérimental du potentiel d'action monophasique. Mais R1 et R2 sont placées à la surface de l'axone et on l'excite.

Résultat observé sur l'oscilloscope : voir graphique ci-contre.

##### Interprétation du graphique :

[a] : artefact de stimulation ;

[ab] : temps de latence ;

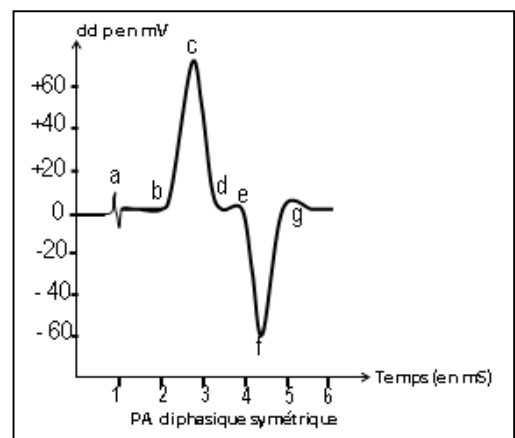
[bc] : phase dépolarisation sous R1;

[cd] : phase repolarisation sous R1;

[de] : le message nerveux se trouve entre R1 et R2;

[ef] : phase dépolarisation sous R2;

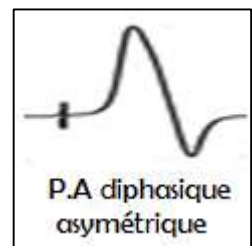
[fg] : phase repolarisation sous R2 .



Le potentiel d'action est dit diphasique lorsque la courbe présente deux sommets inverses.

Si les deux électrodes réceptrices sont éloignées, on obtient un potentiel d'action diphasique *symétrique*.

Si les deux électrodes réceptrices sont très rapprochées, les deux sommets inverses sont *dissymétriques*. Il n'y a plus le segment [de] du graphique.



#### Bilan :

- Le potentiel d'action monophasique s'obtient suite à une excitation égale ou supérieure à la rhéobase, et une seule électrode réceptrice est fonctionnelle.
- Le potentiel d'action diphasique s'obtient suite à une excitation égale ou supérieure à la rhéobase, les deux électrodes réceptrices sont fonctionnelles.

c) Stimulations à partir des intensités croissantes :

c<sub>1</sub> : Cas d'une fibre isolée :

Expérience :

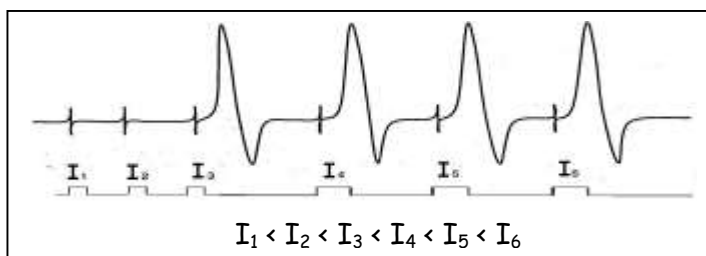
On reprend le montage permettant d'obtenir le potentiel d'action monophasique. On applique à une fibre isolée des stimulations successives d'intensités croissantes.

Résultats : voir schéma ci-contre

Interprétation :

I<sub>1</sub> et I<sub>2</sub> : il ne se passe rien. Ce sont des intensités infraliminaires

À partir du seuil (I<sub>3</sub>), on a un potentiel d'action dont l'amplitude est d'emblée maximale. À mesure que l'on augmente l'intensité, les amplitudes des réponses ne varient pas : on dit que la fibre obéit à la « loi du tout ou rien ».



c<sub>2</sub> : Cas d'un nerf :

Expérience :

On reprend le montage permettant d'obtenir le potentiel d'action monophasique, la fibre nerveuse est remplacée par le nerf. On applique des stimulations successives d'intensités croissantes.

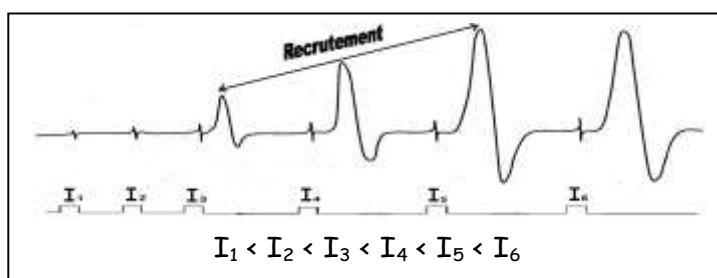
Résultats : voir schéma ci-contre

Interprétation :

I<sub>1</sub> et I<sub>2</sub> : intensités infraliminaires ;

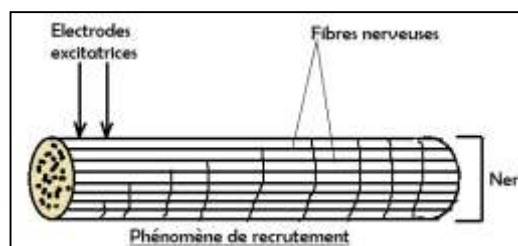
I<sub>3</sub> : intensité seuil ou liminaire ;

I<sub>4</sub>, I<sub>5</sub> et I<sub>6</sub> : intensités supraliminaires;



On constate qu'en dessous du seuil, il n'y a pas de réponse. Au fur et à mesure que l'on augmente l'intensité, les amplitudes des réponses augmentent aussi : c'est le phénomène de recrutement. A partir d'une certaine intensité (I<sub>5</sub>), l'amplitude de la réponse ne varie plus quelle que soit l'intensité. Le nerf n'obéit pas à la « loi du tout ou rien ».

Un nerf est formé de plusieurs fibres nerveuses, l'augmentation des amplitudes s'explique par le fait que les excitations croissantes touchent progressivement un nombre de fibres (recrutement). Quand toutes les fibres sont touchées, l'amplitude de la réponse ne peut plus augmenter.



6. Interprétation ionique des phénomènes électriques :

a- Origine du potentiel de repos

Le tableau ci-contre présente la répartition des ions Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup> dans l'eau de mer et dans l'axone.

Ce tableau montre que le Na<sup>+</sup> est plus abondant dans le milieu extracellulaire (eau de mer) que dans le milieu intracellulaire (axone) et le K<sup>+</sup> est plus abondant dans le milieu intracellulaire que dans le milieu extracellulaire.

Ions	Concentrations en μmoles/L	
	Axone	Eau de mer
K <sup>+</sup>	400	10
Na <sup>+</sup>	50	450

Conclusion : Le potentiel de repos de la fibre nerveuse est dû à une répartition inégale des ions Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup> de part et d'autre de la membrane plasmique.

Cette répartition inégale des ions est maintenue grâce à l'activité permanente de la pompe à Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> qui permet une sortie active des ions K<sup>+</sup> et une entrée active des ions Na<sup>+</sup>.

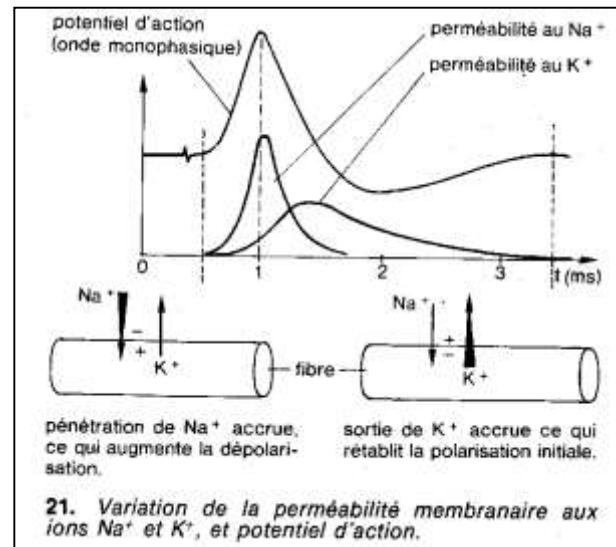
Le fonctionnement de la pompe à Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> est dépendante de l'ATP.

### b- Origine du potentiel d'action

Une stimulation efficace provoque l'ouverture rapide des canaux à  $\text{Na}^+$  et donc l'entrée massive de ces cations dans la cellule. C'est ce qui explique la phase de dépolarisation et d'inversion du potentiel membranaire.

Les canaux à  $\text{K}^+$  s'ouvrent un peu plus tard provoquant la sortie de ces ions et donc la repolarisation et l'hyperpolarisation membranaire.

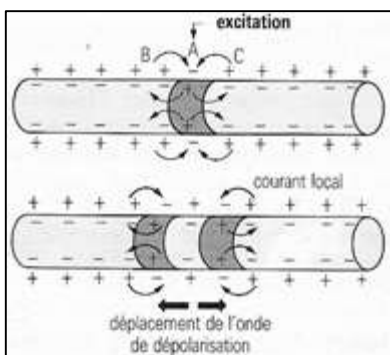
Le retour à l'état initial des répartitions ioniques est réalisé grâce à l'activité de la pompe à  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ .



## 7. Conduction du message nerveux par la fibre nerveuse.

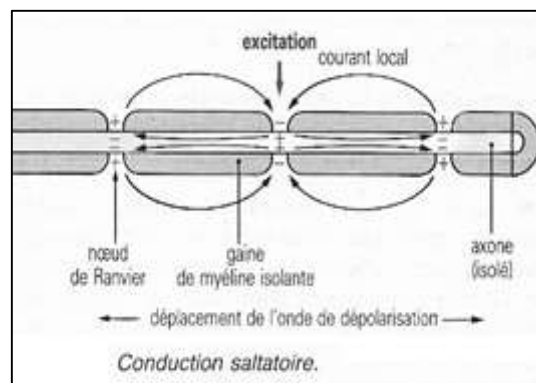
### a) Cas d'une fibre sans myéline.

Dans la fibre sans myéline, les charges électriques se déplacent de proche en proche en produisant des courants locaux : c'est la conduction continue.



### b) Cas d'une fibre myélinisée.

La membrane n'est polarisée qu'au niveau des étranglements de Ranvier, si bien que les charges doivent effectuer un saut d'un étranglement au suivant : c'est la conduction saltatoire.



**Remarque :** les nœuds de Ranvier sont plus distants sur les fibres à gros diamètre, ce qui explique que le message s'y propage plus vite que sur les petites fibres.

## 8. Transmission du message nerveux au niveau de la synaptique :

Un message nerveux est transmis d'un neurone à un autre ou d'une fibre nerveuse à une fibre musculaire au niveau d'une synapse.

Le passage se fait par l'intermédiaire d'un neurotransmetteur.

Un neurotransmetteur ou médiateur chimique est une molécule en général de petite taille, libérée par l'arborisation terminale d'un neurone en réponse à l'arrivée d'un message nerveux.

### a) Structure des synapses

Les synapses sont des zones de contact entre neurones. Une synapse est constituée :

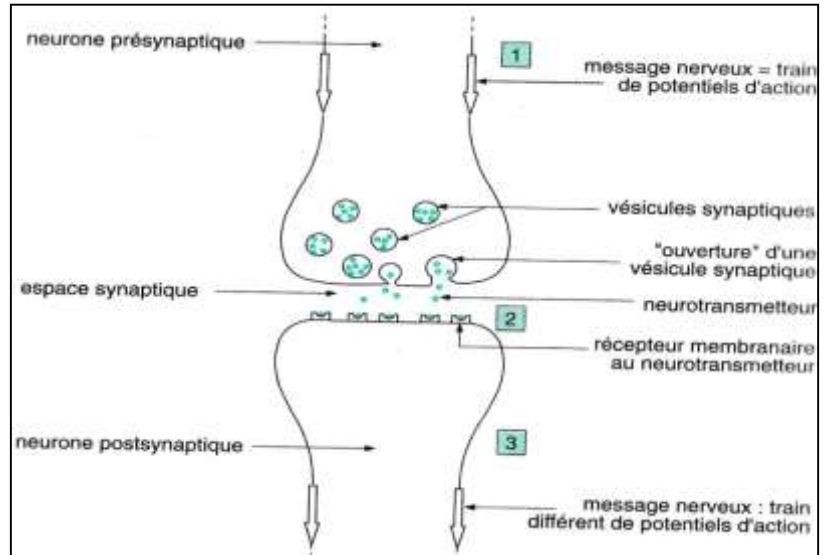
- d'un élément pré synaptique qui est toujours une terminaison axonique contenant des vésicules de neurotransmetteurs ;
- une fente synaptique de 20 à 50 nm qui sépare l'élément pré synaptique de l'élément post synaptique ;



- un élément postsynaptique (dendrite ou corps cellulaire) caractérisé par une membrane plasmique présentant des récepteurs du neurotransmetteur.

b) Mécanisme de fonctionnement de la synapse chimique :

La transmission du message nerveux dans une synapse ne se fait qu'en sens unique, c'est-à-dire de l'élément pré-synaptique à l'élément post-synaptique.



- Arrivée du message nerveux au niveau du bouton synaptique ;
- Eclatement des vésicules synaptique contenant l'acétylcholine (ACh) favorisé par l'entrée des ions  $Ca^{2+}$  dans le bouton synaptique;
- Exocytose de de l'ACh au niveau de la fente synaptique ;
- Fixation du neurotransmetteur (ACh) sur les récepteurs spécifiques de la membrane post-synaptique ;
- Ouverture des canaux à  $Na^+$  de la membrane post-synaptique ;
- Entrée massive des ions  $Na^+$  dans les cellules post-synaptiques ;
- Naissance d'un potentiel d'action post-synaptique ;
- Inactivation du neurotransmetteur : arrêt de transmission ;
- Recapture du neurotransmetteur ou des produits de sa dégradation.

c) Les synapses excitatrices et les synapses inhibitrices

Toutes les synapses fonctionnent de manière identique. Cependant, grâce à la synthèse de neurotransmetteurs différents, on distingue deux types de synapses :

- *les synapses excitatrices* : la fixation du neurotransmetteur excitateur (ACh) au niveau des récepteurs de la membrane post synaptique est à l'origine de la création d'un message nerveux au niveau du neurone post synaptique
- *les synapses inhibitrices* : la fixation du neurotransmetteur inhibiteur (GABA) empêche ou freine le message nerveux au niveau du neurone post synaptique.

De très nombreuses afférences synaptiques (inhibitrices et excitatrices) convergent vers un seul neurone moteur qui intègre toutes ces informations ; il y a alors création ou pas d'un message post synaptique.