

6. CORPS HUMAIN ET SANTE.

Le NERF et la communication nerveuse

Activités pratiques Ex.A.O.



Activité électrique d'un nerf de crabe...

Connaissances	Capacités et attitudes
<p>La réponse réflexe repose sur la transmission d'un message nerveux depuis le récepteur sensoriel jusqu'à la moelle épinière et, en retour, de la moelle jusqu'au muscle.</p> <p>C'est aussi l'occasion d'apporter les connaissances indispensables concernant le neurone et la synapse</p>	<p>Établir, à l'aide d'enregistrements les caractéristiques du message nerveux – nature et codage- au niveau du nerf de crabe.</p>

A. Objectifs pédagogiques

On peut définir un nerf comme étant une population de fibres, c'est à dire des dendrites ou des axones. Il existe des nerfs dits sensitifs qui ne contiennent que des dendrites, d'autres sont dits moteurs et ne contiennent que des axones, d'autres enfin sont mixtes.

Un nerf tout comme une fibre unique a la propriété d'être excitable, chimiquement, thermiquement, mécaniquement ou électriquement. C'est à partir d'un stimulus électrique que l'activité d'un nerf est la plupart du temps étudiée.

Les propriétés d'un nerf soumis à un ou des stimulus sont-elles les mêmes que celle d'une fibre nerveuse isolée ?

Si on peut expérimenter sur le nerf (nerf de crabe par exemple), en revanche il est difficile de travailler sur la fibre isolée et un logiciel de simulation pourra remplacer avantageusement cette manipulation.

B. Expérimentation assistée par ordinateur

Pistes d'exploitation

Deux expériences et une observation peuvent être complémentaires ici :

- Une étude du nerf de crabe avec un dispositif ExAO
- une étude de la fibre nerveuse isolée et de la conduction des messages nerveux grâce au logiciel « Nerf ».
- une observation au microscope du nerf de crabe dilacéré.

Il s'agira de comparer le fonctionnement de deux structures nerveuses et d'en dégager les modalités de la transmission des messages nerveux, phénomènes étudiés au cours du réflexe myotatique par exemple.

TP Ex.A.O. Activité 6 : activité électrique du nerf de crabe.

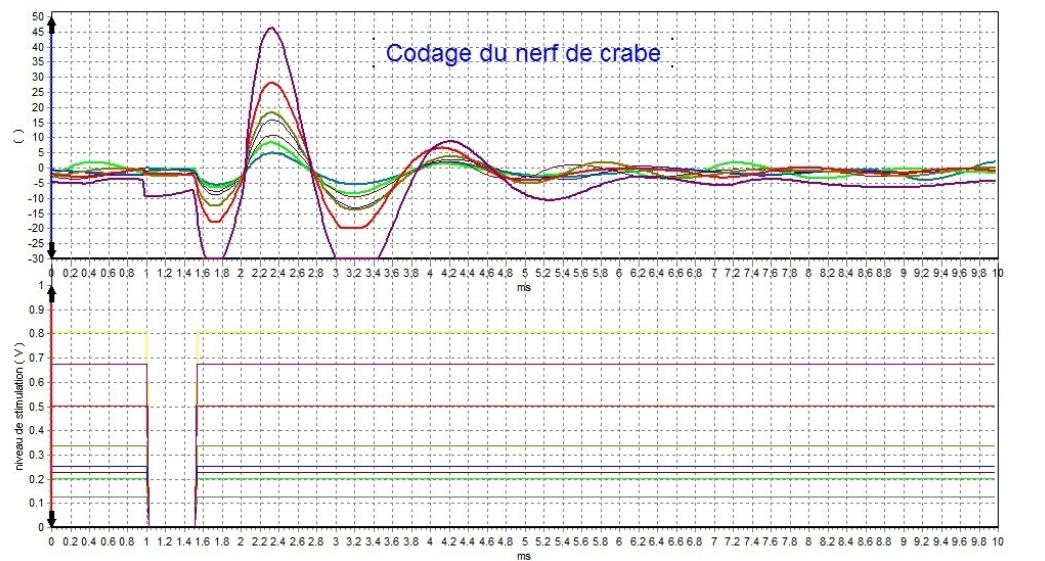


On peut fournir aux binômes un nerf préparé baignant dans l'eau de mer si l'extraction est faite avant la séance.

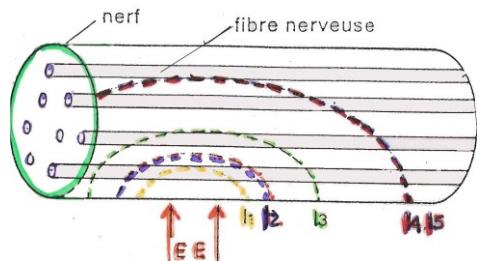
Durée de vie: 2 à 3 heures

1. Nature du codage du message au niveau du nerf :

On enregistre tout d'abords la réponse du nerf obtenue suite à *une stimulation électrique*, puis en superposant les graphiques, on augmente progressivement l'intensité de la stimulation. On obtient alors des potentiels globaux donc **codés en amplitude**.

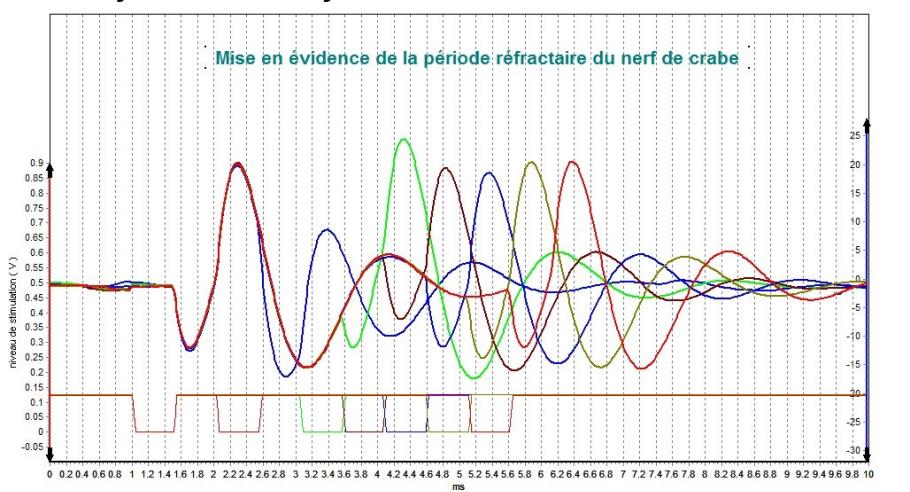


Cette caractéristique du nerf est à mettre en relation avec sa composition : un ensemble de fibres nerveuses ne répondant donc pas toutes en même temps. Dans certains cas on observe plusieurs potentiels successifs correspondant aux réponses des fibres rapides puis plus lentes qui composent le nerf.



2. Période réfractaire du nerf :

On ajoute ensuite *une deuxième stimulation* 4 msec après la première et, toujours en superposant les graphiques, on diminue la période entre les deux stimulations, on met alors en évidence la **présence d'une période réfractaire du nerf**.



3. Calcul de la vitesse de propagation du message nerveux :

Chez le crabe, sachant que la distance entre deux électrodes stimulatrice et réceptrice est de 5mm environ, on peut calculer la vitesse de propagation (m/sec) du message mais il faut deux « capsules réception nerf ».

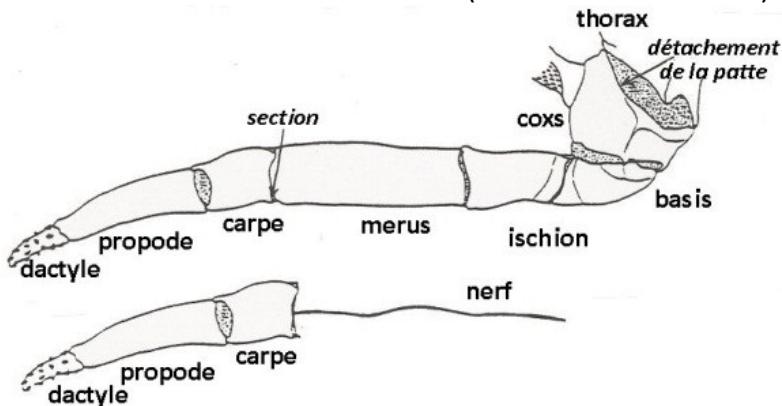
PROTOCOLE DE LA MANIPULATION

ACTIVITE ELECTRIQUE DU NERF DE CRABE



I/ EXTRACTION DU NERF

- Prélever une patte à la base sur l'animal.
- Dissocier ensuite le deuxième du troisième article en partant de l'extrémité de la patte.
- Avec une main maintenir la patte verticalement, l'extrémité vers le haut et tenir fermement le deuxième article. Avec l'autre main saisir le troisième article et exercer une rotation de manière à casser l'articulation et les tendons musculaires. Lorsque l'articulation est plus coriace, la couper délicatement à l'aide de pinces coupantes.
- Pour finir, une traction lente mais continue permet d'extraire le nerf qui sort du troisième article et reste attaché au deuxième (fin cordon translucide).



- Placez le nerf encore attaché au dernier segment dans une boîte de Pétri contenant de l'eau de mer ou dans la solution physiologique et laissez reposer quelques minutes afin d'obtenir de meilleurs résultats.

Note : Lancez le logiciel « Nemo » APRES avoir effectué tous les branchements mais AVANT de placer le nerf dans la cuve à nerf, sur les électrodes.

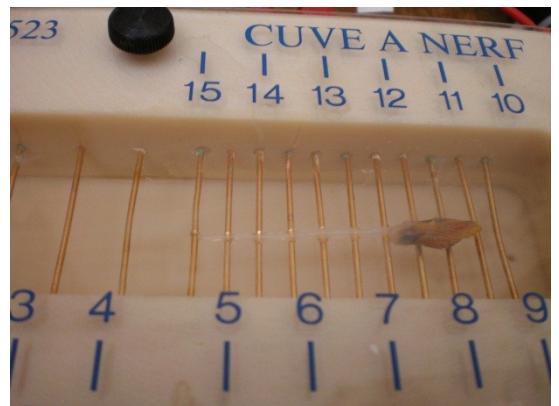
II/ / ENREGISTREMENTS DES MESSAGES NERVEUX

1- Enregistrement témoin :

- Versez de l'eau de mer au fond de la cuve
- Placez un fil mouillé d'eau de mer au contact des électrodes et effectuez une stimulation d'intensité moyenne en plaçant le bouton prévu sur la capsule en position intermédiaire. Conservez cet enregistrement (possibilité d'enregistrement en attente)

2- Enregistrement sur le nerf de crabe:

- Placez un nerf mouillé d'eau de mer au contact des électrodes et effectuez, comme précédemment, une stimulation d'intensité moyenne en cumulant les deux courbes obtenues. Veillez à ce qu'il n'y ait pas d'eau de mer reliant les deux électrodes réceptrices (on peut pomper le surplus avec un coton tige).
- Enregistrer ces résultats dans un premier temps



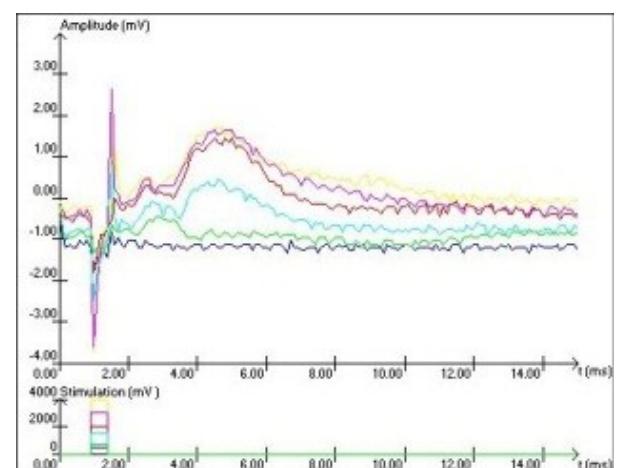
3- Mise en évidence du codage de l'information sur le nerf de crabe:

- Reproduisez ensuite plusieurs enregistrements en partant d'une stimulation très faible et en augmentant progressivement l'intensité de la stimulation pour chaque graphique, grâce au **bouton de calibrage prévu** à cet effet sur la capsule.



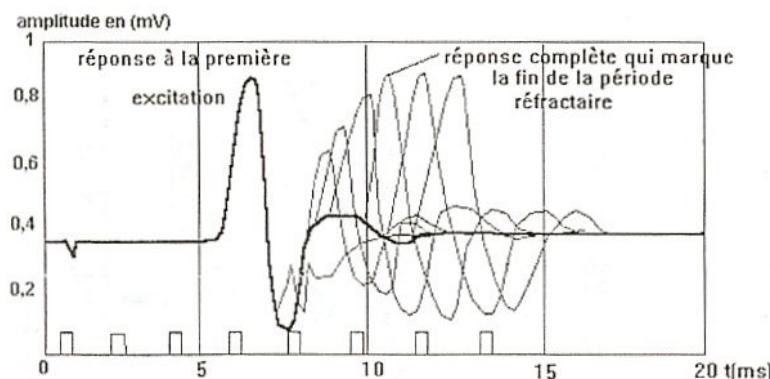
Pour une faible excitation, seules les fibres à conductions rapides répondent, les fibres à conduction lente ne sont recrutées que pour des stimulations plus fortes.

Nb : - Les potentiels globaux obtenus peuvent diminuer en amplitude avec le temps. Ceci est dû à la mort de certaines fibres sensibles à la déshydratation.



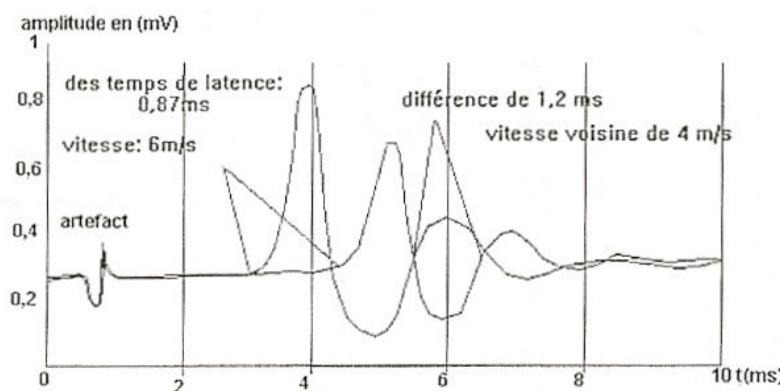
4- Mise en évidence de la période réfractaire d'un nerf de crabe:

- Il s'agit de mesurer la réponse du nerf à des séries de deux stimulations électriques de même intensité mais séparées par des délais croissants.
- Pour cette expérience, le montage reste le même mais le mode de stimulation est différent :
 - Choisir des intensités de stimulation suffisamment forte pour donner une réponse nette ;
 - Choisir des délais de plus en plus longs entre les deux stimulations, par exemple, 0,5 ms puis 1 ms etc...) ou l'inverse. Les délais sont modifiés dans le menu « **configuration des capteurs** ».



5- Mise en évidence de la vitesse de propagation du message nerveux chez le crabe:

- Il est possible de calculer le temps de déplacement du message en utilisant deux capsules « réception nerf » afin d'enregistrer la réponse à deux endroits du nerf séparés par une distance connue, l'écart entre deux électrodes étant de 5 mm pour les électrodes 10 à 15.



LABORATOIRE



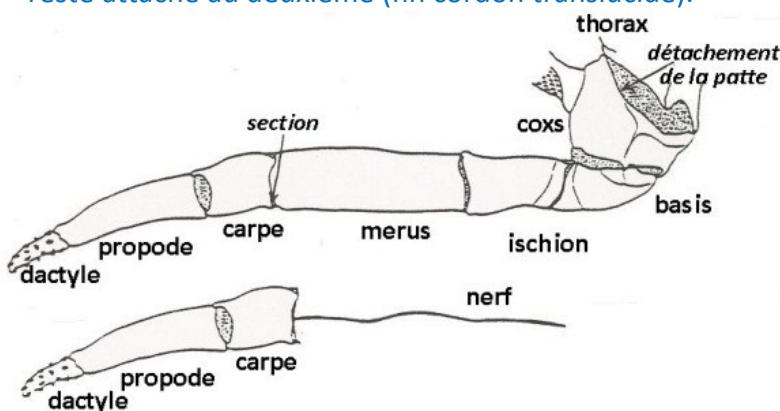
TP6- ELECTROPHYSIOLOGIE- « Nerf de crabe »

Matériel VIVANT : Crabe vert ou étrille, langoustine, araignée, tourteau

- fournir aux binômes un nerf préparé baignant dans l'eau de mer si l'extraction est faite avant la séance. *Durée de vie: 2 à 3 heures*

EXTRACTION DU NERF

- Prélever une patte à la base sur l'animal.
- Dissocier ensuite le deuxième du troisième article en partant de l'extrémité de la patte.
- Avec une main maintenir la patte verticalement, l'extrémité vers le haut et tenir fermement le deuxième article. Avec l'autre main saisir le troisième article et exercer une rotation de manière à casser l'articulation et les tendons musculaires. Lorsque l'articulation est plus coriace, la couper délicatement à l'aide de pinces coupantes.
- Pour finir, une traction lente mais continue permet d'extraire le nerf qui sort du troisième article et reste attaché au deuxième (fin cordon translucide).



- Placez le nerf encore attaché au dernier segment dans une boîte de Pétri contenant de l'eau de mer ou dans la solution physiologique et laissez reposer quelques minutes afin d'obtenir de meilleurs résultats.

Préparation de la solution d'eau de mer

* **Solution A :** Eau : 0,5L ; NaCl : 23g * ; KCl : 0.70g ; CaCl₂ : 1,5g ; Na₂SO₄ : 4,7g ; MgCl₂ : 10,7g

* **Solution B :** Eau : 0,5L ; NaHCO₃ : 0,2g

Au moment de l'utilisation : Mélanger les solutions A et B à volume égal

De l'eau de mer ou une solution physiologique pour crabe (peuvent se conserver plusieurs jours au réfrigérateur) :

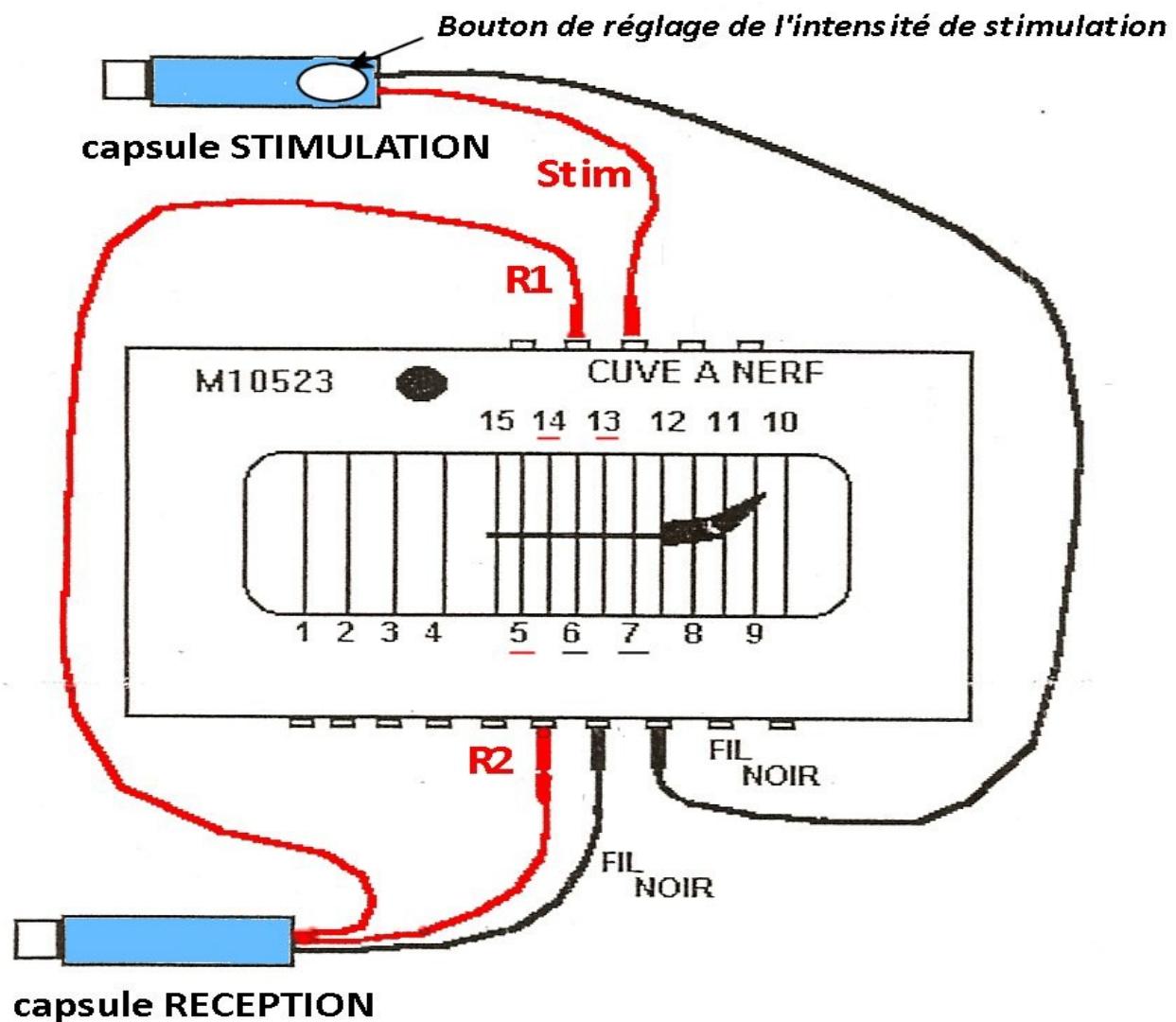
* possibilité de réaliser de l'eau de mer sans sodium pour voir l'influence de ce dernier sur la conduction nerveuse. Le liquide physiologique est le même sauf que NaCl est remplacé par le chlorure de choline (70g)



CHAINNE D'ACQUISITION :

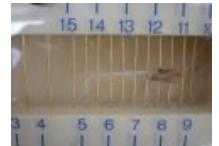
Cuve à nerf: Nettoyer de temps à autre les électrodes à l'aide d'un papier de verre très fin ou d'un tampon abrasif car l'eau de mer tend à les oxyder.

POSITION DES ELECTRODES STIMULATRICE ET RECEPTRICES:



- L'électrode stimulatrice doit être placée avant la première électrode réceptrice elle-même placée avant la deuxième réceptrice.
- Les électrodes doivent être recouvertes par le nerf si on veut obtenir des enregistrements.
- Placer une goutte d'eau de mer sur chaque électrode au niveau du nerf afin d'améliorer le contact.
- Fermer le couvercle afin de maintenir une humidité suffisante.

C. Activités complémentaires :



Activité 6 : l'activité électrique du nerf comparée à celle du neurone.

A travers l'utilisation du logiciel « Nerf »

Les nerfs, liens anatomiques entre les organes sensoriels, les centres nerveux et les organes effecteurs, sont constitués de fibres nerveuses, prolongements de corps cellulaires situés dans la substance grise ces centres nerveux ou des ganglions spinaux.

QUELS SONT LES CARACTÉRISTIQUES DES MESSAGES VEHICULES PAR CES FIBRES ? COMPARAISON AVEC CELLES DU NERF.

Activité

Le logiciel « NERF » propose de simuler et de découvrir les propriétés intégratives d'un neurone multipolaire soumis à diverses stimulations électriques.

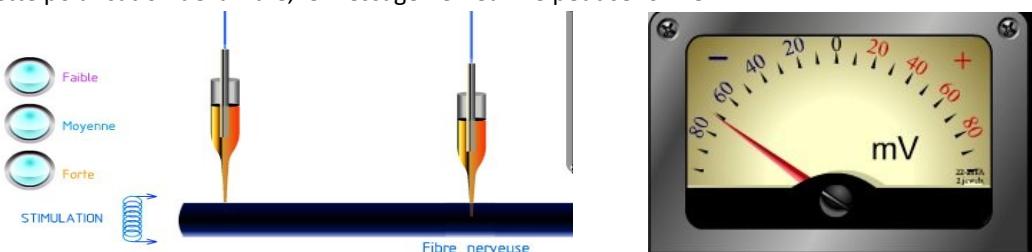
1- Au niveau d'une FIBRE NERVEUSE isolée (neurone),

- On pourra préciser, avec l'aide du logiciel, les manifestations électriques caractéristiques d'une *fibre nerveuse au repos*, puis *en activité*, puis **définir** le « **potentiel transmembranaire** » et le « **potentiel d'action** » et **donner** leurs valeurs.
- Après avoir appliqué des stimulations d'intensité croissante, **on pourra définir** la loi dite du « **tout ou rien** » puis **exprimer** comment le message nerveux se trouve codé au niveau d'une fibre isolée.

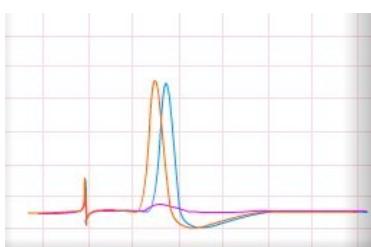
Résultats attendus :

Mise en évidence d'un potentiel transmembranaire.

- ⇒ Il existe une DDP (différence de potentiel) de part et d'autre de la membrane d'une fibre isolée : c'est le potentiel de repos ou transmembranaire. Il est de -70mV
- ⇒ Sans cette polarisation de la fibre, le message nerveux ne peut se former.



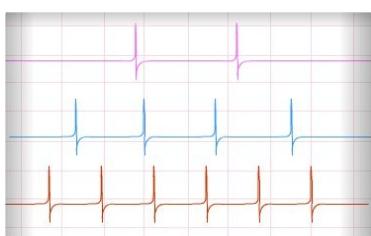
Naissance du potentiel d'action.



⇒ Lorsqu'on applique une stimulation d'intensité supérieure à un seuil (seuil d'excitabilité, à partir de la stimulation moyenne), la fibre répond toujours de la même façon, par une dépolarisation de sa membrane ou POTENTIEL D'ACTION. Il est de +35 mV.

⇒ C'est la LOI DU TOUT OU RIEN, le message nerveux au niveau d'une fibre est donc *créé à partir d'un certain seuil et se propage ensuite sous forme de potentiels d'action identiques*.

Codage du message au niveau d'une fibre nerveuse :

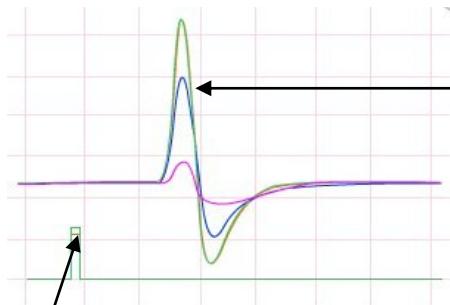


⇒ Plus l'intensité de la stimulation est forte plus il y a de potentiel d'action enregistrés.

⇒ Le **codage du message est donc en FREQUENCE DE PA**.

2-Au niveau du NERF (ensemble de fibres),

- On pourra préciser les caractéristiques du **message nerveux**, d'autre part et **comparer** avec celles de la fibre isolée. De quelle façon le message nerveux est-il codé au niveau du nerf ?



Le recrutement progressif des fibres qui composent le nerf, entraîne un message nerveux ou potentiel global ou encore électroneurogramme, **codé en AMPLITUDE**.

Intensité de la stimulation croissante : seuil maximal pour une stimulation forte / très forte.

3-Au niveau ionique, on précisera les modifications responsables de la **naissance** et de la **propagation** de l'influx nerveux.

Le PA se propage en formant une ONDE D'ELECTRONEGATIVITE avec une inversion de la polarisation membranaire :

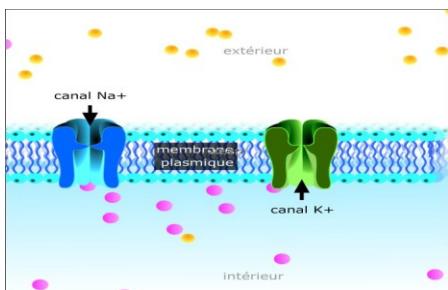


-> de proche en proche au niveau d'une fibre amyélinisée (fibres de la substance blanche des centres).

-> de nœuds de Ranvier en nœuds de Ranvier au niveau de la fibre myélinisée (fibres des nerfs).

Les fibres myélinisées conduisent donc le message nerveux plus rapidement que les fibres amyélinisées.

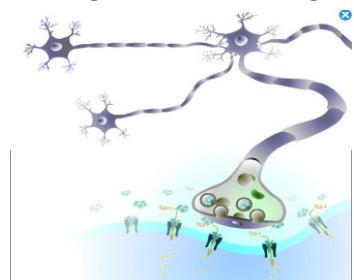
Canaux ioniques :



- > C'est une INEGALE REPARTITION DES CHARGES POSITIVES qui est responsable du potentiel transmembranaire **PR**: des ions Na⁺ à l'extérieur et K⁺ à l'intérieur.
- > Lors de la naissance du **PA**, les charges Na⁺ rentrent dans la fibre, provoquant ainsi sa dépolarislation.
- > Un nouveau potentiel ne peut suivre immédiatement un premier, un rétablissement de la polarité est nécessaire : les ions Na⁺ ressortent tandis que des ions K⁺ rentrent sous l'influence *d'une POMPE Na/K*

4- Enfin au niveau de la zone synaptique (zone de jonction entre deux cellules), on pourra justifier les termes de « sommation spatiale et temporelle » caractéristiques de *l'intégration des messages au niveau d'un corps cellulaire post synaptique*.

Intégration des messages : sommation spatiale et temporelle.



L'arrivée d'un train de potentiel de fréquence faible au niveau d'une seule fibre ne suffit pas à générer un nouveau message dans la fibre post-synaptique.

-> Si, dans un même temps, **plusieurs fibres** envoient le même train de potentiel d'action, un nouveau message naît : c'est la **sommation spatiale**.

-> Si **plusieurs trains de potentiel d'action arrivent successivement** sur des temps rapprochés au niveau d'un même neurone post-synaptique, un message naît également : c'est une **sommation temporelle**.

