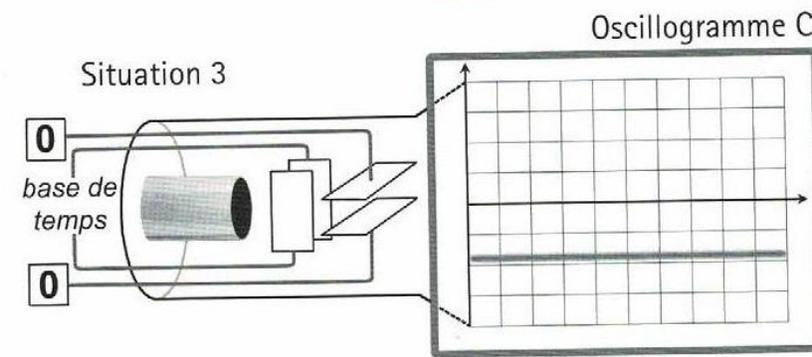
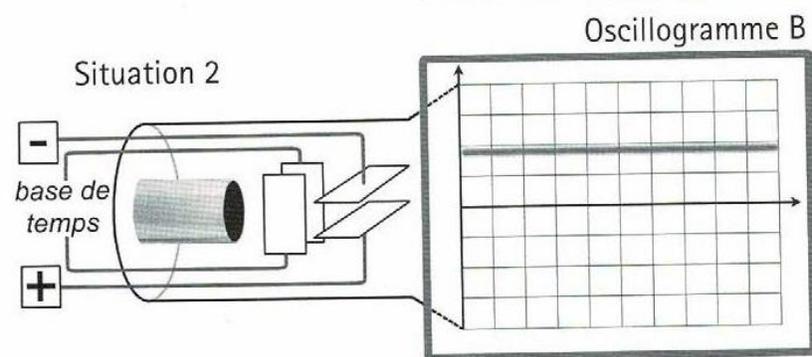
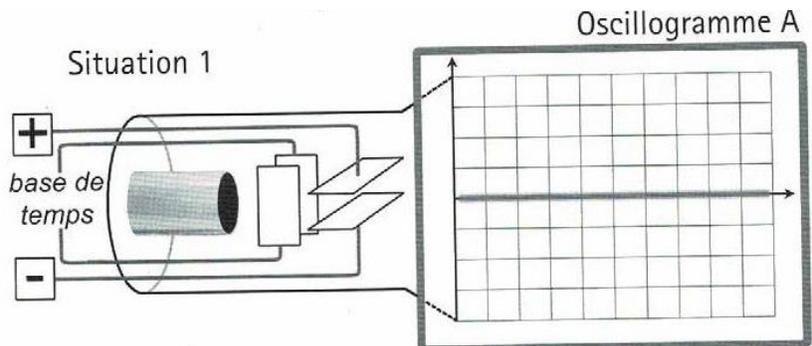


# Exercices supplémentaires 5<sup>e</sup> biologie 2h

**1. Comprends-tu les oscillogrammes? Aide-toi du document de la dernière page.**

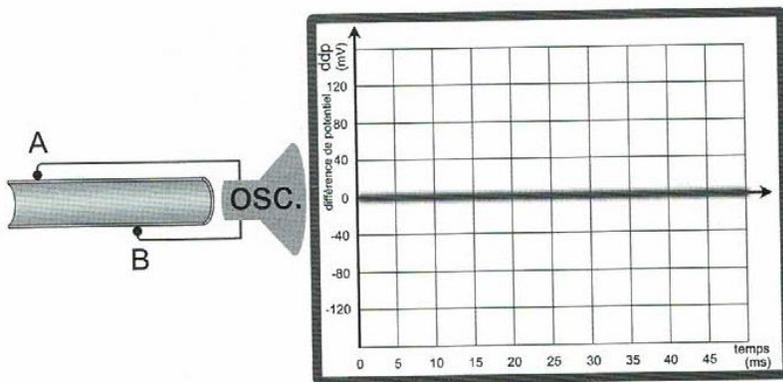
Tous les oscillogrammes sont mélangés. Rends à chaque situation son oscillogramme.



## 2. Activité électrique de la fibre nerveuse

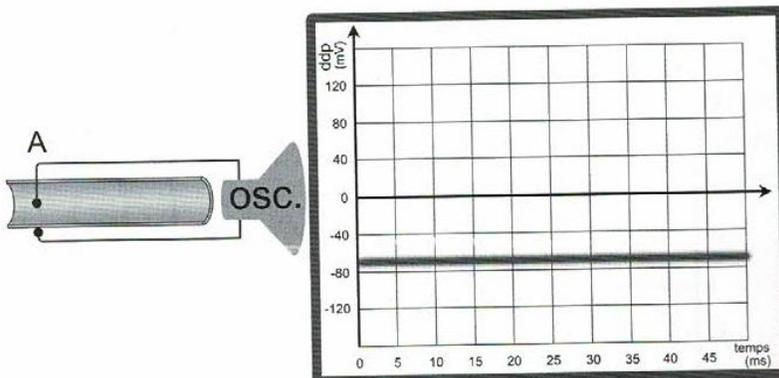
Réponds aux questions en dessous de chaque document. Aide-toi du document de la dernière page.

- a) Un axone géant de calmar est placé dans une cuve contenant du liquide physiologique permettant de maintenir les cellules en vie. Les électrodes de l'oscilloscope sont placées sur la membrane du neurone en deux points A et B.



Qu'observes-tu sur l'écran de l'oscilloscope ? Explique le tracé obtenu.

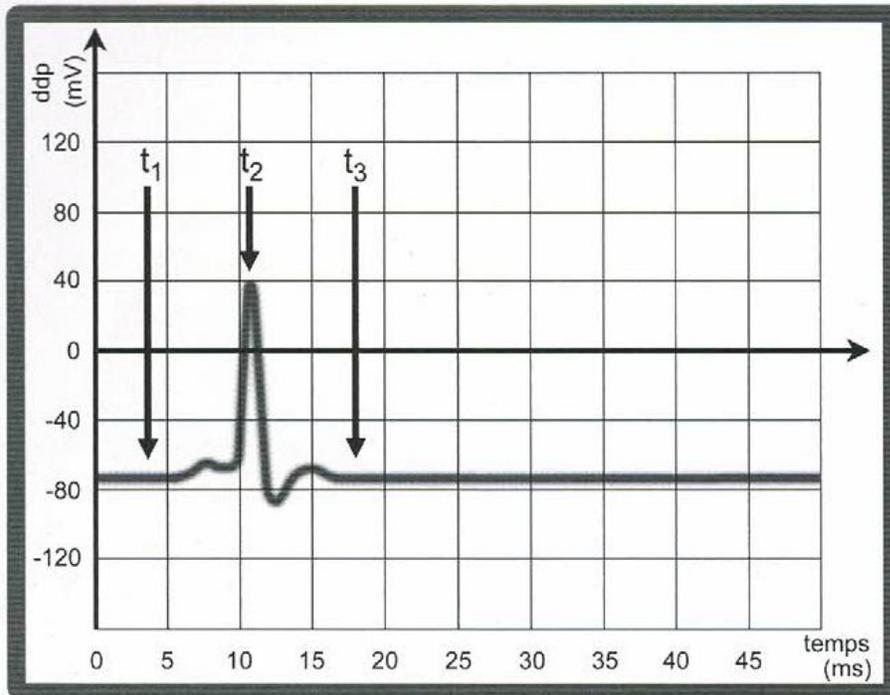
- b) Les deux électrodes sont placées en A : l'une sur l'axone, l'autre enfoncée à l'intérieur de l'axone.



Qu'observes-tu sur l'écran de l'oscilloscope ? Explique le tracé obtenu.

Schématise l'état électrique de la fibre nerveuse lorsqu'elle est au repos.

c) On conserve le montage précédent. À quelques centimètres de A, on place un stimulateur électrique sur la fibre nerveuse. Après avoir donné une stimulation ( $t = 0$  ms), on enregistre sur l'écran le tracé suivant.

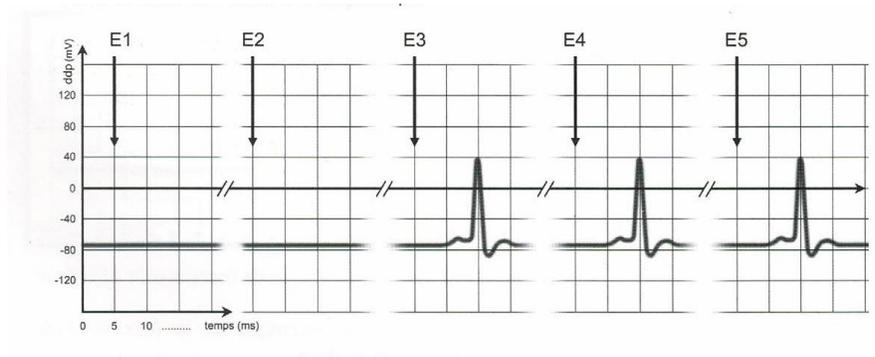


Qu'observes-tu sur l'écran de l'oscilloscope ? Explique le tracé obtenu.

Schématise l'état électrique de la fibre nerveuse au point A aux temps  $t_1$ ,  $t_2$  et  $t_3$ .

### 3. Influence de la stimulation sur la réponse

On conserve le même dispositif expérimental. On donne des excitations d'intensité croissante ( $E1 < E2 < E3 < E4 < E5$ ) et on observe sur l'oscilloscope la réponse du neurone. On regroupe sur un même graphique les différents tracés obtenus sur l'écran de l'oscilloscope. Interprète les résultats obtenus



### 4. Comment un neurone peut-il produire un phénomène électrique ?

Document 1

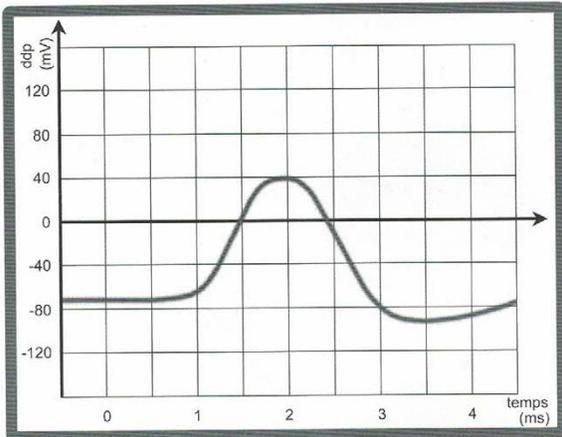
| Ions                                    | Concentration (en millimole par litre) des ions de part et d'autre de la membrane cytoplasmique d'un neurone |                         |
|---|--|-------------------------|
|   | Intérieur de la cellule (cytoplasme)   | Extérieur de la cellule |
| $K^+$                                   | 150  | 5                       |
| $Na^+$                                  | 15   | 150                     |
| $Cl^-$                                  | 10   | 120                     |
| Autres anions (phosphates, sulfates...) | 100  | -                       |

a) Comment les ions sont-ils répartis de part et d'autre de la membrane ?

b) Si les membranes étaient perméables aux ions, que devrait-il se passer ?

Document 2

La membrane cytoplasmique possède des canaux qui permettent le passage de certaines molécules ou ions précis. Ces canaux s'ouvrent ou se ferment pendant le déplacement de l'onde électrique. Le tableau suivant donne le nombre de canaux à Na<sup>+</sup> et à K<sup>+</sup> ouverts en fonction du temps.



| Nombre de canaux ouverts par $\mu\text{m}^2$ de membrane | Temps en milliseconde (ms) |     |    |     |    |     |    |     |   |     |   |
|--|----------------------------|-----|----|-----|----|-----|----|-----|---|-----|---|
|  | 0                          | 0,5 | 1  | 1,5 | 2  | 2,5 | 3  | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| Canaux à Na <sup>+</sup>                                 | 0                          | 5   | 40 | 25  | 5  | 0   | 0  | 0   | 0 | 0   | 0 |
| Canaux à K <sup>+</sup>                                  | 0                          | 0   | 5  | 15  | 20 | 18  | 12 | 8   | 2 | 1   | 0 |

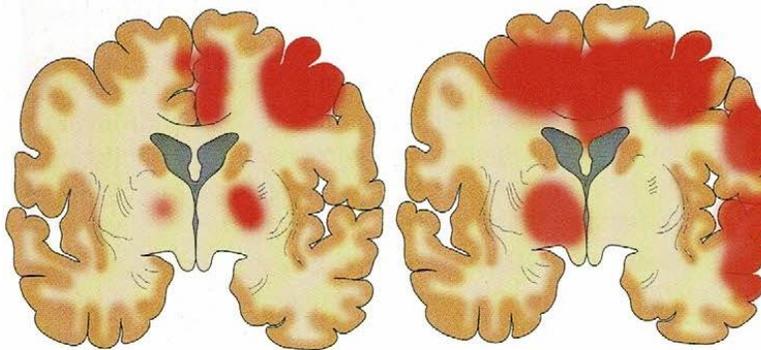
2.

- Que peux-tu observer quant à l'ouverture des canaux au cours du potentiel d'action ?
- Que font les ions à ce moment par rapport à la situation de repos ?
- Quels sont les ions dont le mouvement est responsable de la dépolarisation ?
- Quels sont les ions dont le mouvement est responsable de la repolarisation ?
- Explique avec tes mots les différentes phases du potentiel d'action

## 5. De gauche à droite

Une technique d'imagerie médicale permet de visualiser l'activité d'un cerveau : les zones qui apparaissent en rouge sur les images obtenues sont les zones actives du cerveau.

On soumet une personne à des stimuli visuels venant de la gauche ou de la droite. Voici les images obtenues (le cerveau est vu de dos).



Attention orientée à gauche

Attention orientée à droite

a) Quels hémisphères réagissent dans l'un ou l'autre cas ?

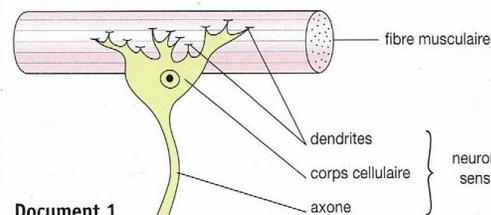
b) Quel est l'hémisphère qui gère le mécanisme de l'attention ? Justifie.

c) Quel hémisphère gère le champ de vision gauche et le champ de vision droit ? Justifie.

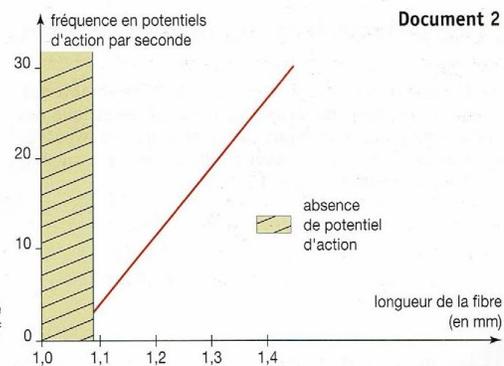
## 6. Le codage du message sensoriel

Analyse les résultats obtenus et montre comment est codé le message émis par le neurone sensoriel

Le récepteur à l'étirement de l'écrevisse est un neurone sensoriel dont les ramifications dendritiques sont reliées à une fibre musculaire (**document 1**). Le stimulus du récepteur est un étirement de la fibre musculaire qui est réalisé dans les expériences suivantes par une traction plus ou moins importante exercée sur cette fibre. On enregistre l'activité du neurone sensoriel grâce à une microélectrode implantée dans l'axone. Le graphique (**document 2**) traduit les variations de la fréquence des potentiels d'action conduits par l'axone en fonction de la longueur imposée à la fibre musculaire.



Document 1



Document 2

## 7. Expérience sur la moelle épinière

Voici les résultats de manipulations réalisées par le passé qui ont permis de mieux comprendre le fonctionnement de la moelle épinière. Toutes ces manipulations ont été réalisées sur des grenouilles dont l'encéphale avait été détruit.

| Expériences |   |
|-------------|---|
| 1.          | On anesthésie l'extrémité de la patte postérieure droite en la plongeant dans un anesthésiant.<br>a) On stimule électriquement le pied gauche.<br>Les membres postérieurs fléchissent.<br>b) On stimule le pied droit.<br>Les membres postérieurs restent inertes.  |
| 2.          | On sectionne le nerf sciatique droit.<br>a) On stimule le pied gauche.<br>La patte gauche fléchit, le membre droit ne réagit pas.<br>b) On stimule le pied droit.<br>Pas de réaction<br>c) On stimule l'extrémité proximale du nerf sciatique sectionné.<br>Le membre postérieur gauche fléchit.<br>d) On stimule l'extrémité distale du nerf sciatique sectionné.<br>Le membre postérieur droit fléchit. |
| 3.          | On enfonce dans le canal vertébral une tige de fer afin de détruire la moelle épinière.<br>a) On stimule le pied gauche.<br>Pas de réaction<br>b) On stimule le pied droit.<br>Pas de réaction  |

Interprète ces observations

## 8. Observation clinique de lésion de la moelle épinière

Fréquemment, des accidents de la route arrivent aux urgences des hôpitaux en présentant des lésions au niveau du système nerveux. L'observation de ces lésions permet de comprendre le trajet suivi par l'influx nerveux et l'organisation de la moelle épinière.

| Types de lésions et pathologies observées  |  |
|--|--|
| 1. Un nerf spinal est sectionné.   | Le membre innervé par ce nerf est insensible et paralysé.<br>La portion du nerf séparée de la moelle épinière dégénère.  |
| 2. La racine ventrale d'un nerf spinal est sectionnée.   | Le membre innervé par ce nerf reste sensible, mais est paralysé.<br>Une partie du nerf spinal et la partie de la racine ventrale séparée de la moelle épinière dégénèrent.                     |
| 3. La racine dorsale d'un nerf spinal est sectionnée entre le ganglion spinal et le nerf rachidien.  | Le membre innervé par ce nerf est insensible, mais est toujours capable de mouvement.<br>Une partie du nerf spinal et la partie de la racine dorsale séparée de la moelle épinière dégénèrent. |
| 4. La racine dorsale d'un nerf spinal est sectionnée entre la moelle épinière et le ganglion spinal. | Le membre innervé par ce nerf est insensible, mais il peut bouger.<br>La partie de la racine entre le ganglion spinal et la moelle épinière dégénère.  |

a) Interprète ces observations sachant qu'une cellule coupée en deux voit sa partie contenant le noyau survivre alors que la partie anucléée dégénère

b) Compare ton modèle précédent en précisant les structures cellulaires intervenant dans le fonctionnement autonome de la moelle épinière.

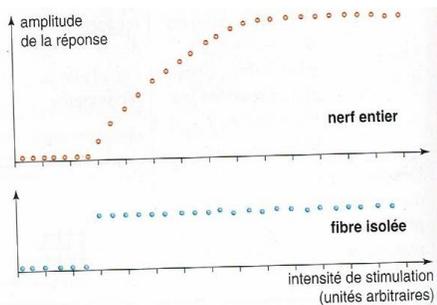
## 9. Amplitude des signaux nerveux enregistrés sur une fibre ou sur un nerf

Interprète chacune des deux courbes obtenues.

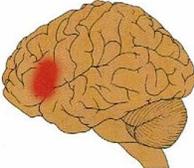
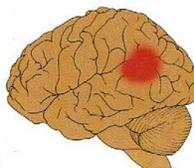
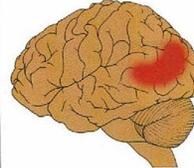
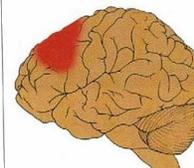
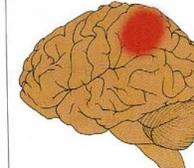
Les graphes traduisent l'amplitude des réponses enregistrées à la suite de stimulations d'intensités croissantes :

- dans le cas d'un **nerf entier** dont l'activité électrique est captée à l'aide d'électrodes réceptrices placées à sa surface, donc « loin » de la plupart des fibres nerveuses ;
- dans le cas d'une **fibre nerveuse isolée** dont l'activité électrique est détectée à l'aide d'une microélectrode enfoncée dans la fibre.

Remarque : l'échelle des amplitudes est différente d'une expérience à l'autre car les conditions d'enregistrement sont elles-mêmes différentes.



## 10. Ecouter et parler

| Région du cerveau affectée  | Type d'aphasie  |
|---|---|
|    | <b>Broca</b><br>- incapacité de s'exprimer oralement<br>- incapacité de répéter des phrases<br>- compréhension des mots<br>- difficulté de nommer les objets                |
|    | <b>Wernicke</b><br>- capacité de s'exprimer oralement<br>- incapacité de répéter des phrases<br>- incompréhension des mots<br>- incapacité de nommer les objets             |
|    | <b>Anomique</b><br>- capacité de s'exprimer oralement<br>- capacité de répéter des phrases<br>- compréhension des mots<br>- incapacité de nommer les objets                 |
|  | <b>Transcorticale motrice</b><br>- incapacité de s'exprimer oralement<br>- capacité de répéter des phrases<br>- compréhension des mots<br>- incapacité de nommer les objets |
|  | <b>Sensorielle</b><br>- capacité de s'exprimer oralement<br>- capacité de répéter des phrases<br>- incompréhension des mots<br>- incapacité de nommer les objets            |

a) Quelles sont les aires responsables de :

- la compréhension des informations auditives ?

- la formation des paroles ?

b) Est-il possible qu'un patient comprenne ce qu'on lui dit mais soit incapable de nommer les objets qu'on lui présente ou dont on lui parle ? Si oui, dans quels types d'aphasie ?

## 11. Les mécanismes de la douleur

### Réponds aux questions en dessous du texte

« Tout commence en matière de douleur par une agression. À ce type de stimulation, l'homme réagit grâce au véritable système d'alarme que constitue la douleur. Premier maillon de cette chaîne d'alerte : les récepteurs sensoriels situés dans pratiquement tous les tissus comme la peau, les muscles, les ligaments et les organes. Points de départ du message douloureux, ces microcapteurs s'activent directement après une piqûre, une entorse, une brûlure... Certains récepteurs ne répondent qu'au chaud, au froid ou au toucher, on les appelle les récepteurs spécifiques. D'autres en revanche, qualifiés de non spécifiques, sont sensibles à l'intensité de la stimulation. Saisissez un plat tiède, vous allez ressentir la chaleur sans pour autant souffrir. L'intensité de la stimulation est trop faible. Mais si le plat est brûlant, les capteurs transformeront la stimulation agressive en message douloureux. Deux voies de transmission sont alors utilisées. Une rapide, où l'information issue des récepteurs spécifiques se déplace de 10 à 100 mètres par seconde, via des fibres nerveuses à gros diamètre, l'autre, dix fois plus lente, via des fibres beaucoup plus fines. Toutes deux vont transmettre leurs informations à la moelle épinière. Ainsi, quelques centièmes de seconde après la brûlure, les premières informa-

tions parviennent aux cellules nerveuses de la moelle épinière, ce qui déclenche une contraction musculaire réflexe qui permet de retirer la main du plat de manière instantanée. Puis le message douloureux continue sa route, empruntant toujours deux moyens de transport différents, les fibres lentes et les rapides. Arrivées au thalamus, petite zone située au centre du cerveau, les deux voies douloureuses vont définitivement diverger. Le message issu des récepteurs spécifiques sera envoyé dans les zones cérébrales qui décodent la localisation de la brûlure et son intensité. Celui issu des récepteurs non spécifiques rejoint des zones où sont élaborées les réactions émotionnelles (de la petite larme qui pointe au coin de l'œil à la panique totale) en faisant appel à la mémoire. Ainsi, après avoir retiré votre main du plat, de façon réflexe, vous allez d'abord ressentir la douleur précisément localisée, en évaluant bien sa nature : c'est l'information des récepteurs spécialisés qui vous permet cette analyse. Puis vient se substituer à votre première sensation une douleur plus sourde et diffuse, associée au souvenir de votre dernière brûlure et fruit du fonctionnement des récepteurs non spécifiques. »

D'après « Eurêka », février 1996.

**1-** Après une lecture attentive de ce texte, répondez aux questions suivantes :

- a. À quel niveau prennent naissance les messages nerveux à l'origine des sensations douloureuses ?
- b. Quels types de fibres nerveuses sensibles conduisent les messages nociceptifs ? À quelle(s) voie(s) nerveuse(s) appartiennent-elles ?

**c.** À quels niveaux s'effectue l'intégration de la sensation douloureuse ? Selon ces niveaux, les effets seront-ils les mêmes ?

**2-** En vous inspirant du dessin des voies nerveuses (doc. 1 page 14), proposez un dessin illustrant avec le maximum de précision les informations apportées par ce texte.

## 12. Le contrôle nerveux de la fréquence cardiaque

a) Que pouvons-nous déduire des expériences A et B concernant l'influence sur la fréquence cardiaque des nerfs vagues d'une part et des nerfs sympathiques d'autre part.

b) Que se passe-t-il quand on coupe les nerfs vagues (expérience C) ? Que pouvons-nous en déduire concernant leur rôle dans l'organisme « en fonctionnement normal » ?

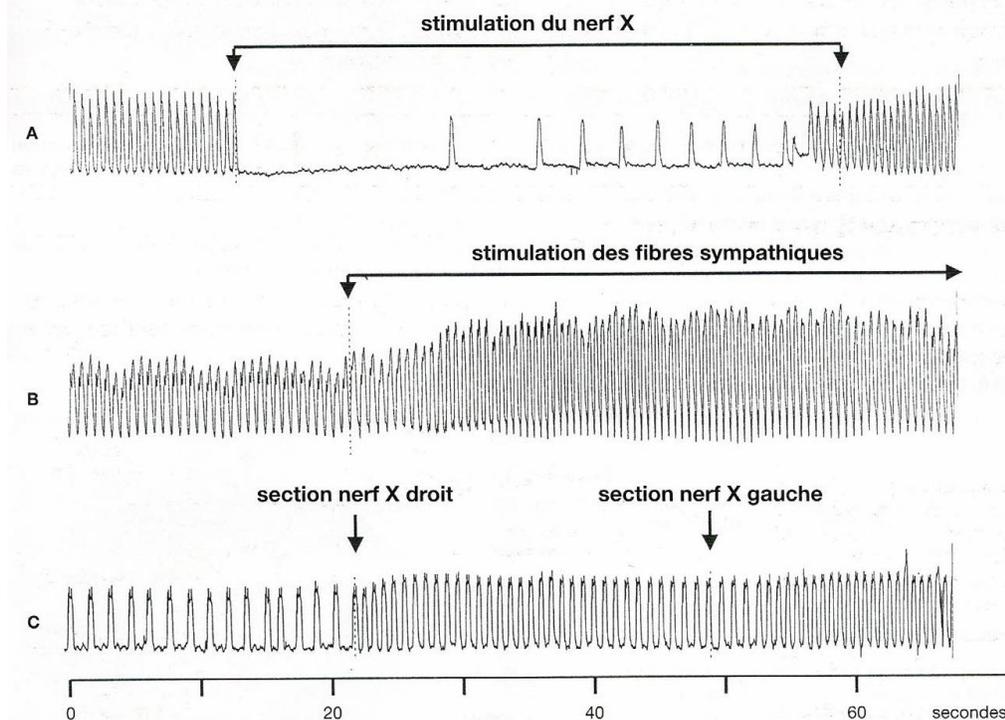
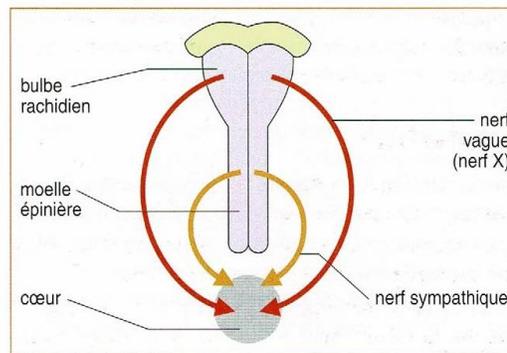
Le cœur reçoit des fibres nerveuses appartenant au système nerveux autonome (indépendant de la volonté) :

- des fibres parasympathiques qui partent du bulbe rachidien et gagnent le cœur par les nerfs vagues (ou nerfs X) ;
- des fibres sympathiques issues de la moelle épinière cervico-dorsale.

Les effets sur la fréquence cardiaque de ces deux catégories de nerfs peuvent être mis en évidence par des expériences de sections et de stimulations.

Les expériences ci-dessous ont été réalisées par l'école Vétérinaire de Lyon sur un chien anesthésié. Les modifications de la fréquence cardiaque de l'animal sont visualisées grâce à un dispositif d'enregistrement mécanique des contractions ventriculaires : les systoles (contraction du muscle cardiaque) correspondent aux parties ascen-

dantes du tracé, les diastoles (relâchement du muscle cardiaque) aux parties descendantes. La vitesse de déroulement du papier est de  $2,15 \text{ mm.s}^{-1}$ .



### 13. Une mesure de la vitesse de conduction nerveuse

Comment interprètes-tu l'existence d'un délai (ou latence) entre l'instant d'excitation et l'enregistrement de la réponse musculaire ?

#### 2 Une mesure de la vitesse de conduction nerveuse

##### ■ Protocole expérimental

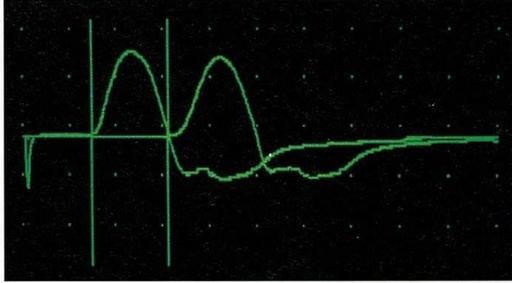
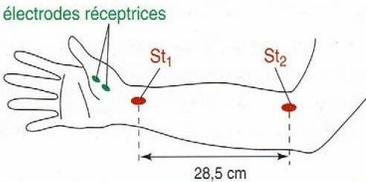
En utilisant le dispositif expérimental présenté page 45, document 4, on réalise la manipulation suivante : des stimulations sont portées sur un nerf de l'avant-bras (nerf médian) grâce à une électrode stimulatrice placée sur la peau au-dessus du nerf commandant le muscle fléchisseur du pouce ; chaque stimulation déclenche une flexion du pouce. Deux stimulations sont portées, l'une au niveau du poignet ( $St_1$ ), l'autre dans la région du coude ( $St_2$ ).

On enregistre la réponse électrique (= électromyogramme) du muscle fléchisseur du pouce.

N.B. : les conditions expérimentales sont telles que le message nerveux qui déclenche la contraction musculaire s'est propagé directement du point de stimulation vers le pouce.

##### ■ Résultats

Les deux enregistrements obtenus ont été superposés ; le signal visible à gauche repère, pour chaque enregistrement, l'instant où la stimulation a été portée.



1- Comment interprétez-vous l'existence d'un délai (ou latence) entre l'instant d'excitation et l'enregistrement de la réponse musculaire ?

2- Utilisez les résultats obtenus pour proposer une estimation de la vitesse de la conduction du message nerveux le long du nerf médian. Justifiez la méthode utilisée.

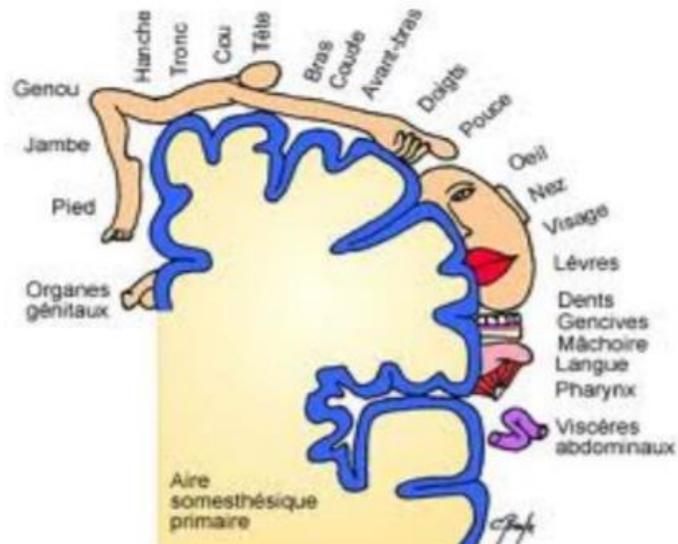
## 14. « L'Homonculus sensoriel »

Lors d'un voyage d'option, les élèves ont eu l'opportunité de se faire photographier auprès d'un drôle de personnage: l'Homonculus sensoriel.



Comment expliques-tu la difformité de ce petit personnage ?

### Document 1



Homonculus sensitif.

<http://www.neuroeducation-ini.fr/wp-content/uploads/2013/12/DrHucNeuroed.pdf>

## Document 2

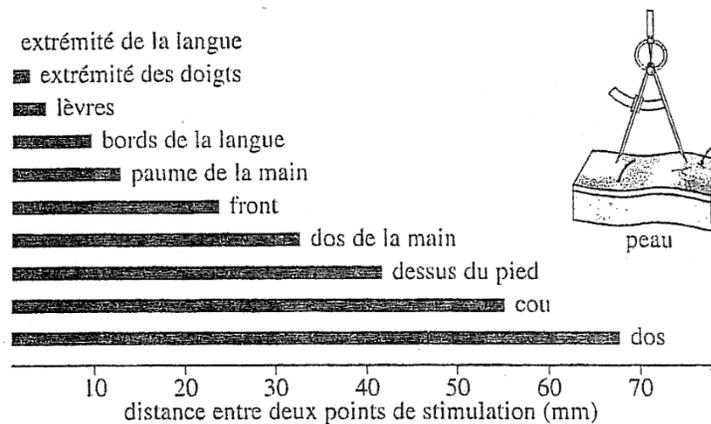
### Le test de sensibilité

#### Mode opératoire:

On exerce une légère pression sur la peau d'un élève à l'aide des deux pointes d'un compas distantes l'une de l'autre. L'élève perçoit les 2 pointes. En diminuant la distance entre les 2 pointes, l'élève finit par ne plus les distinguer l'une de l'autre: on détermine ainsi la distance minimale perceptible entre deux points.

L'expérience est répétée sur différentes parties du corps.

Les résultats obtenus sont visibles dans le graphique ci-dessous:

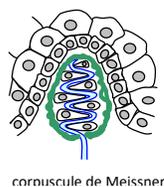
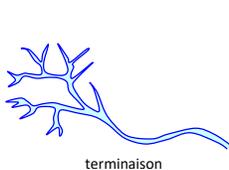


<http://neurobranches.chez-alice.fr/systnerv/systems/somesthesie1.html>

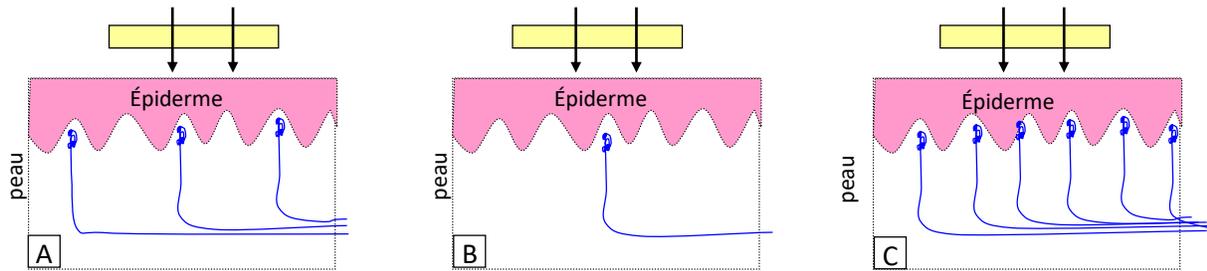
## Document 3

La peau renferme divers types de récepteurs sensibles au toucher dont:

- des corpuscules de Meissner: juste sous l'épiderme, en papille, détectent les contacts légers ;
- des terminaisons libres.



Les schémas ci-dessous correspondent à 3 coupes de peau: A: les mains, B: du cou et C: les lèvres.



## 15. La propagation du potentiel d'action (exercice du cours)

### A La vitesse de propagation de l'influx nerveux

**Protocole expérimental**

Une fibre nerveuse isolée est soumise à deux stimulations identiques (même intensité et même durée), suffisantes pour déclencher l'émission d'un potentiel d'action. Entre les deux stimulations, l'électrode réceptrice est déplacée par rapport au point de stimulation. Ci-contre, les deux courbes sont obtenues avec des électrodes réceptrices placées à 20 mm, puis à 40 mm du point de stimulation.

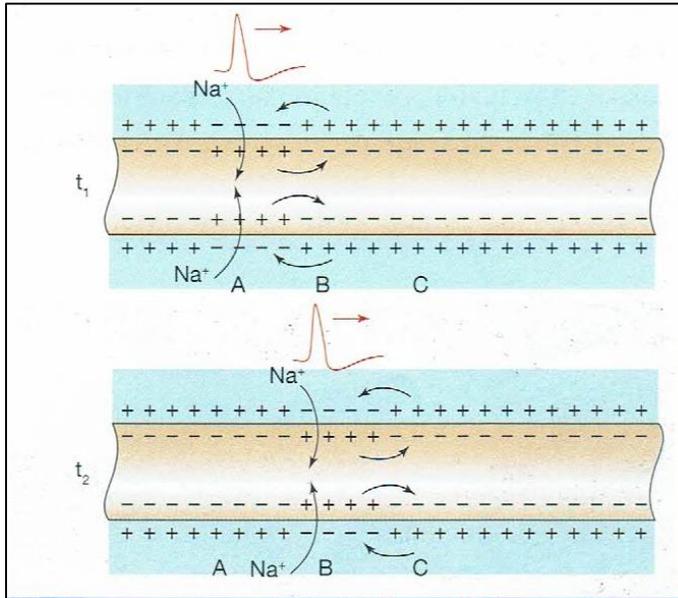
**Doc. 1** Mesure de la vitesse de propagation des potentiels d'action grâce à un logiciel de simulation (« potact », Jeulin).

La vitesse de conduction, c'est-à-dire de la propagation du potentiel d'action le long de la fibre, limite la transmission des informations dans le système nerveux. Divers mécanismes ont été mis en place au cours de l'évolution afin de l'optimiser.

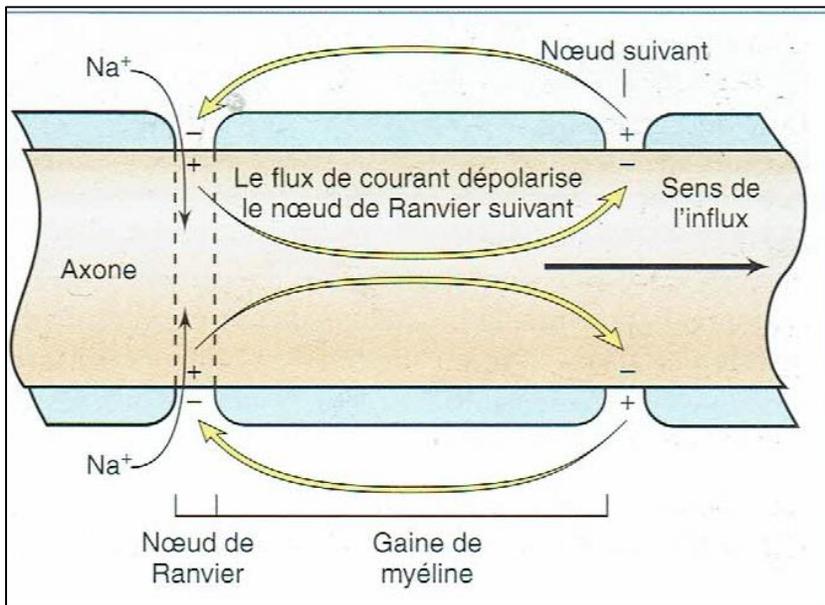
| Fibre nerveuse                  | Diamètre (μm) | T° de l'organisme (°C) | Vitesse de conduction (m/s) |
|---------------------------------|---------------|------------------------|-----------------------------|
| Fibre sans myéline de calmar    | 1000          | 23                     | 33                          |
| Fibre myélinisée de grenouille  | 10            | 20                     | 17                          |
| Fibre myélinisée de grenouille  | 20            | 20                     | 30                          |
| Fibre myélinisée de grenouille  | 20            | 30                     | 80                          |
| Fibre myélinisée de mammifère   | 2 à 5         | 37                     | 12 à 30                     |
| Fibre myélinisée de mammifère   | 5 à 12        | 37                     | 30 à 70                     |
| Fibre myélinisée de mammifère   | 12 à 20       | 37                     | 60 à 120                    |
| Fibre sans myéline de mammifère | 1             | 37                     | 0,5 à 2                     |

**Doc. 2** Vitesses de conduction de différentes fibres nerveuses selon le type animal.

## B les modes de conduction de l'influx nerveux



propagation de l'influx nerveux dans les fibres amyélinisées

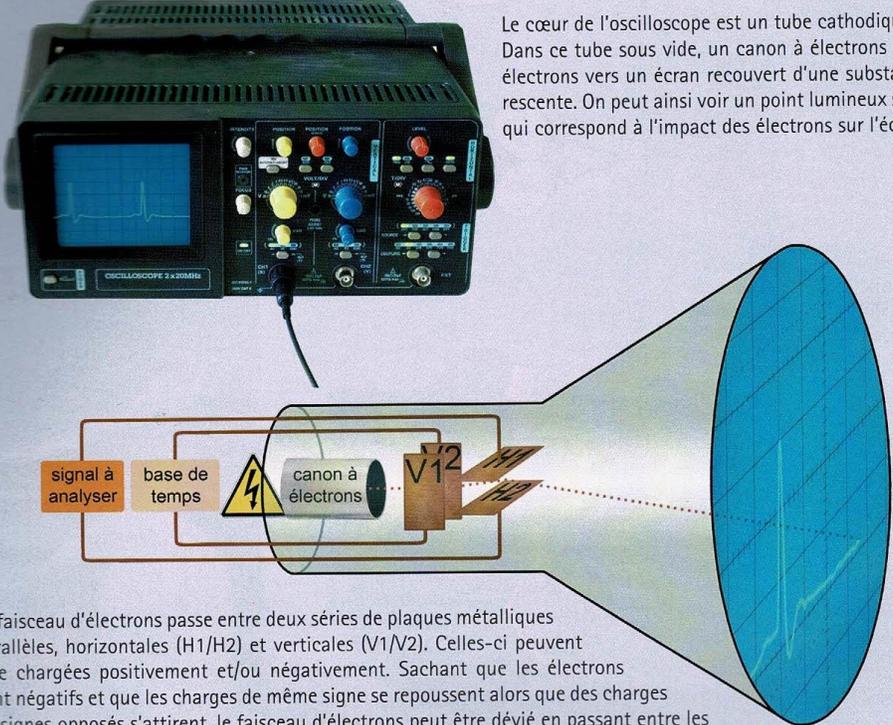


propagation de l'influx nerveux dans les fibres myélinisées

- ✚ Doc 1 : Quelle caractéristique importante est prouvée par cette expérience ?  
En serait-il de même si la distance entre les électrodes réceptrices et le point de stimulation était beaucoup plus grande ?
- ✚ Doc 2 : Quels sont les mécanismes mis en place afin d'augmenter la vitesse de propagation du potentiel d'action ?

- Doc 3 et 4 : Explique les mouvements ioniques à la base des deux types de propagation du message nerveux.
- Doc 3 et 4 Explique pourquoi, d'un point de vue ionique, le message nerveux ne peut se propager que dans un seul sens.

## L'oscilloscope



Le cœur de l'oscilloscope est un tube cathodique. Dans ce tube sous vide, un canon à électrons envoie les électrons vers un écran recouvert d'une substance fluorescente. On peut ainsi voir un point lumineux sur l'écran qui correspond à l'impact des électrons sur l'écran.

Le faisceau d'électrons passe entre deux séries de plaques métalliques parallèles, horizontales (H1/H2) et verticales (V1/V2). Celles-ci peuvent être chargées positivement et/ou négativement. Sachant que les électrons sont négatifs et que les charges de même signe se repoussent alors que des charges de signes opposés s'attirent, le faisceau d'électrons peut être dévié en passant entre les plaques métalliques.

Les plaques verticales V1 et V2 servent à créer un balayage de l'écran de gauche à droite. Elles sont raccordées à la base de temps de l'appareil. Il est possible de régler l'appareil pour que le balayage soit plus ou moins rapide.

Les plaques horizontales H1 et H2 sont raccordées à un amplificateur électrique, lequel est connecté à deux électrodes. Une différence de répartition des charges électriques entre les deux électrodes et donc entre les deux plaques dévie proportionnellement le faisceau verticalement. La différence de charges est quantifiée par une différence de potentiel électrique exprimée en volts (V).

L'écran de l'oscilloscope affiche le graphique de la différence de potentiel entre les deux électrodes en fonction du temps.

