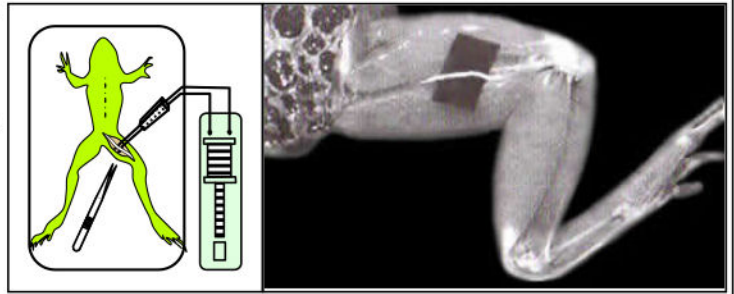


Document 1 : Mise en évidence des propriétés du nerf.

A fin de déterminer les caractéristiques du nerf, on isole par dissection le nerf sciatique de la patte postérieure d'une grenouille décérébrée et démyélinisée (Empêcher la sensibilité consciente, la motricité volontaire et involontaire). Puis on porte sur le nerf des excitations électriques efficaces:



★ Expérience 1 : lorsque le nerf de la grenouille est excité, celle-ci plie la patte contenant le nerf.

★ Expérience 2 : lorsqu'on coupe le nerf sciatique et on porte une excitation de ce nerf, du côté du corps de la grenouille, on n'observe aucune réaction de la grenouille.

Analyser ces résultats puis déterminer les propriétés mises en évidence par ces expériences.

Document 2 : Le dispositif expérimental utilisé pour étudier les propriétés du nerf.

Pour étudier les propriétés du nerf on utilise :

- ★ Un dispositif utilisant l'oscilloscope cathodique (Voir figure 1) : L'oscilloscope est un appareil électronique qui permet de visualiser une tension ainsi que son évolution au cours du temps. Donc il permet d'enregistrer les phénomènes électriques du nerf.
- ★ Un dispositif d'expérimentation assisté par ordinateur (ExAO) (Voir figure 2) : permet la réalisation des expériences et facilite l'acquisition des données et le traitement des résultats.
 - ① = Nerf ; ② = Cuve à nerf ; ③ = Electrode excitatrices ; ④ = Electrodes réceptrices ;
 - ⑤ = interface et adaptateur ; ⑥ = Unité centrale d'un ordinateur.

Figure 1

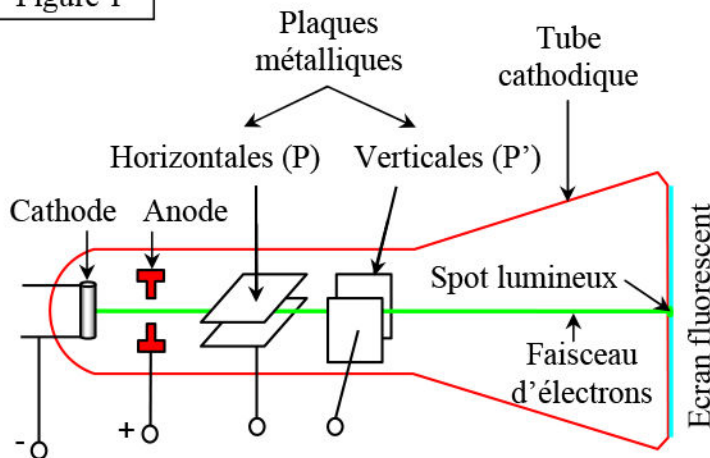
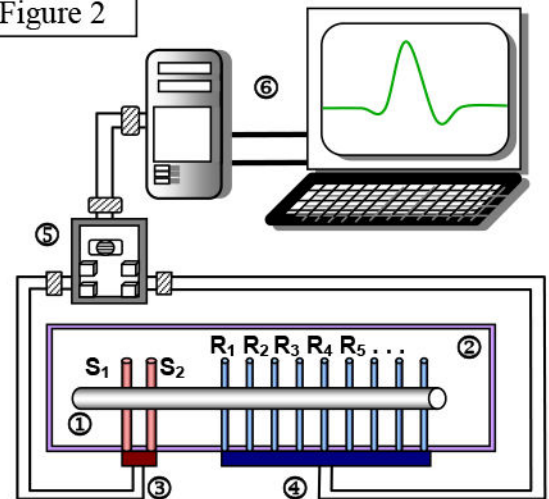


Figure 2



★ L'oscilloscope est formé essentiellement :

- ✓ D'un tube cathodique qui donne naissance à un faisceau d'électrons par chauffage d'un fil appelé cathode. Ces électrons tombent sur un écran fluorescent en marquant un spot lumineux.
- ✓ Deux plaques verticales avec une ddp entre elle, qui déplace le spot lumineux horizontalement de gauche à la droite.
- ✓ Deux plaques horizontales, chacune est reliée à une électrode réceptrice. Ces plaques permettent le balayage vertical du spot lumineux.

Les deux plaques fonctionnent en même temps, et donnent sur l'écran de l'oscilloscope, une courbe traduisant les variations des phénomènes électriques du nerf.

★ Le dispositif (ExAO) fonctionne avec un logiciel et assure l'excitation du nerf et l'enregistrement de son activité électrique. Les résultats apparaissent sur l'écran du dispositif, ou l'écran d'un ordinateur.

Document 3 : Détermination des conditions d'excitabilité efficace.

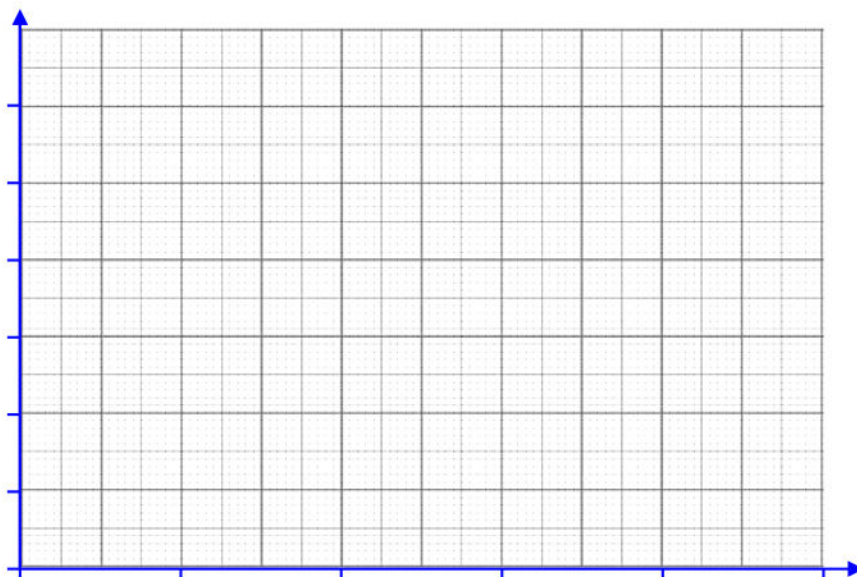
Pour déterminer les conditions d'excitabilité efficace du nerf, on prépare le dispositif expérimental, puis sur le nerf sciatique de la grenouille, on réalise les expériences suivantes :

- ★ On fixe une intensité d'excitation donnée et on varie plusieurs fois sa durée, jusqu'à obtenir une réponse. Puis on répète les mêmes mesures pour d'autres valeurs d'intensité d'excitation.
- ★ On fixe la durée de l'excitation et on varie plusieurs fois son intensité, jusqu'à obtenir une réponse. On répète les mêmes mesures pour d'autres valeurs de la durée d'excitation.

Les résultats obtenus sont présentés par le tableau suivant. Celui-ci montre les intensités d'excitation et les durées correspondantes (pour des excitations efficaces).

Intensités d'excitation (mV)	120	112	94	65.5	55	47	40	37	35	35
Durée (ms)	0.10	0.15	0.2	0.45	0.65	1.05	1.5	2.15	3	4

- 1) Sur un repère orthonormé, établir la courbe d'excitabilité du nerf : $I = f(t)$ (Variation de l'intensité d'excitation I en fonction de la durée t : $1 \text{ cm} \rightarrow 20 \text{ mV}$ et $1 \text{ cm} \rightarrow 0.5 \text{ ms}$)



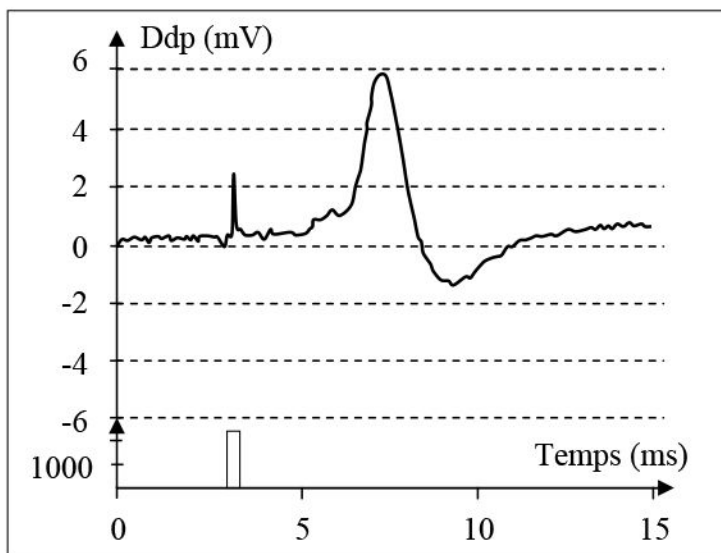
- 2) Sachant qu'une excitation efficace a les caractéristiques suivantes (40 mV, 1.5 ms), quelle relation lie ces deux valeurs ?
- 3) Déterminer graphiquement les caractéristiques de l'excitabilité de ce nerf ?

Document 4 : Réponse du nerf à une excitation isolée et efficace.

Lorsqu'un nerf est en activité, il est parcouru par des messages nerveux se traduisant par une activité électrique globale qu'il est possible d'enregistrer après l'avoir amplifiée.

Une fois le nerf sciatique d'une grenouille disséqué, isolé et placé sur les électrodes d'une cuve à nerf, les réponses à divers types de stimulations électriques peuvent être visualisées sur un écran d'oscilloscope ou avec un système d'ExAO.

Le document ci-contre représente l'enregistrement électro-nerveux général résultant d'une excitation isolée et efficace.

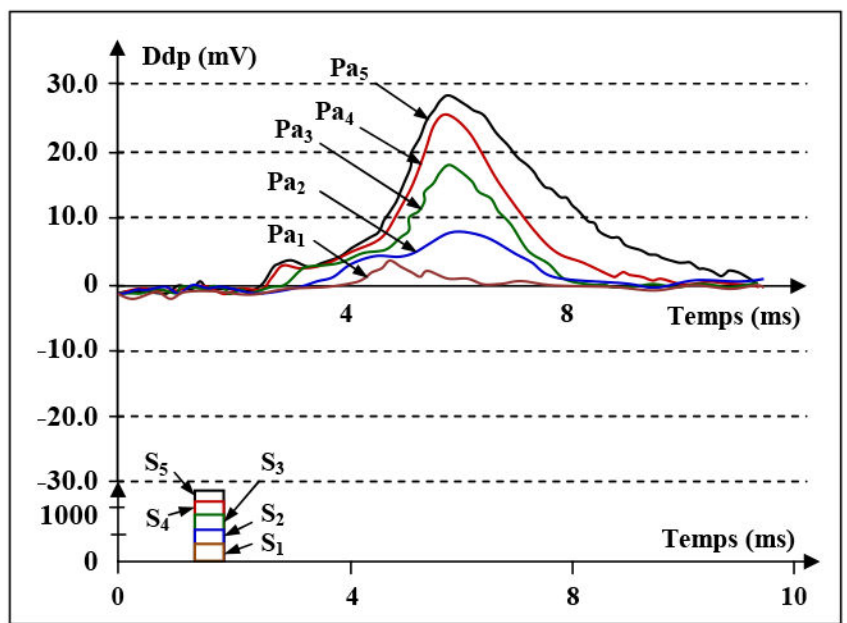


Document 5 : Réponse du nerf à des excitations isolées d'intensité croissante et de durée fixe.

Avec le dispositif d'ExAO, on enregistre les réponses du nerf à des stimulations d'intensité croissante $S_1 < S_2 < S_3 < S_4 < S_5$, et de durée fixe (0.5ms). Le logiciel utilisé permet de superposer sur l'écran les enregistrements des réponses nerveuses successives : $Pa_1, Pa_2, Pa_3, Pa_4, Pa_5$.

Les résultats de cette manipulation sont présentés par la figure ci-contre.

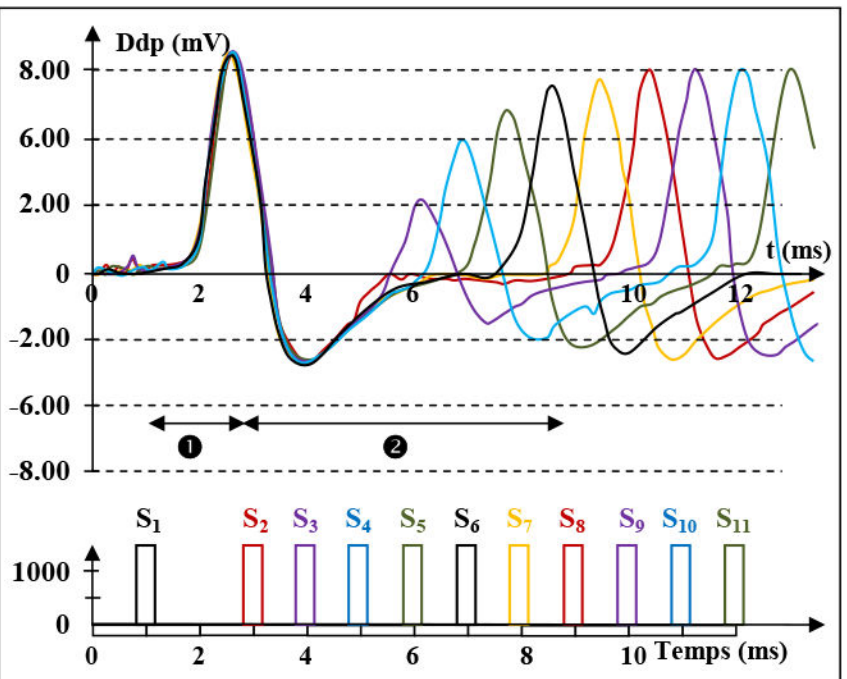
- 1) Qu'est ce qu'on peut déduire de la comparaison des courbes obtenues ?
- 2) Proposer une explication qui relie les différences d'amplitude des réponses du nerf à ces excitations et à sa structure anatomique.



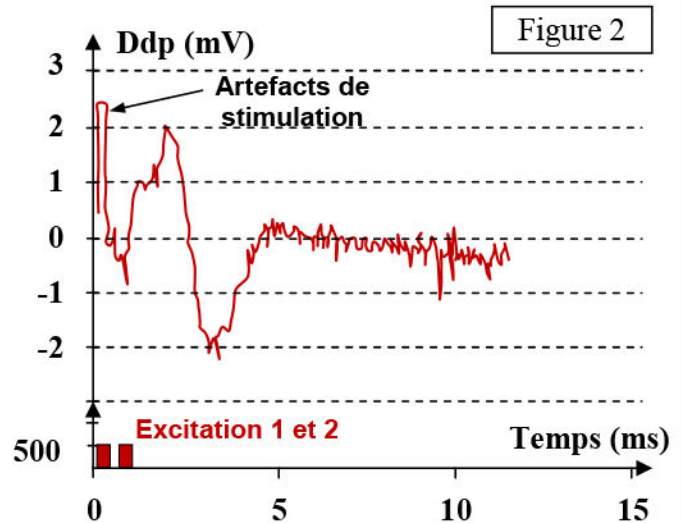
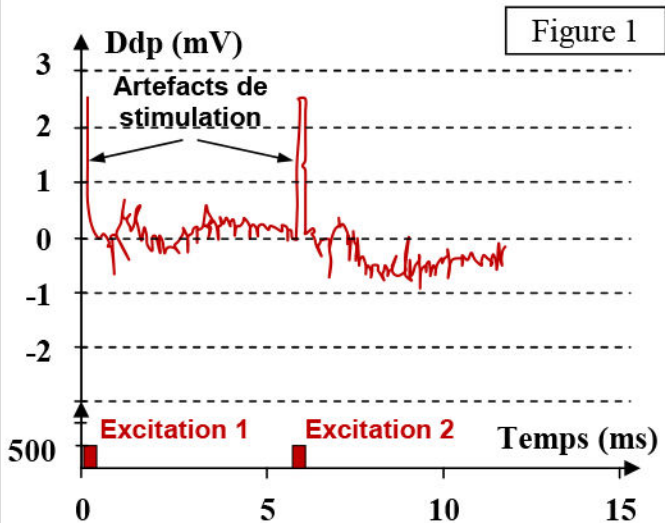
Document 6 : Réponse du nerf à deux excitations d'intensité et de durée constantes mais rapprochées de plus en plus :

On a enregistré sur un nerf isolé, les réponses à deux stimulations successives à 11ms d'intervalle (Le premier enregistrement vert en partant de la droite). Puis on a envoyé deux nouvelles stimulations en diminuant l'intervalle de temps d'une milliseconde et on a superposé les enregistrements (enregistrement bleu clair). Et ainsi de suite jusqu'à ce que l'intervalle de temps entre les deux stimulations ne soit plus que de deux millisecondes.

Montrer l'effet du rapprochement, de plus en plus, des deux excitations successives sur la réponse du nerf. Proposer une explication à cet effet.

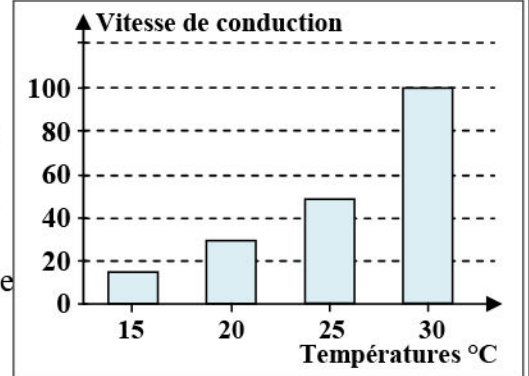


Document 7 : Réponse du nerf à deux excitations inefficace mais très rapprochées dans le temps.



Document 8 : Les conditions de la conductibilité.

- ★ La figure ci-contre montre l'effet de la température sur la vitesse de conduction de l'influx nerveux.
- ★ La section du nerf sciatique chez l'homme, suite à un accident, entraîne la paralysie du membre inférieur innervé par ce nerf.
- ★ Dans certains cas, les vertèbres compriment le nerf sciatique à la sortie de la colonne vertébrale. Ce qui provoque la raideur des muscles des membres inférieurs et la difficulté de la marche à cause de la perturbation de la conduction des influx nerveux provenant des centres nerveux.
- ★ Le recours à l'anesthésie pendant les opérations chirurgicales permet d'éviter la douleur en bloquant la conduction de l'influx nerveux vers les centres nerveux.



Document 9 : Calcul de la vitesse de conduction.

Pour calculer la vitesse de conduction du nerf aux messages nerveux, on le soumet à deux excitations successives de même intensité et de même durée.

Soit d_1 , la distance entre les électrodes excitatrices S_1S_2 et l'électrode réceptrice R_1 .

Soit d_2 , la distance entre les électrodes excitatrices S_1S_2 et l'électrode réceptrice R_2 .

Lorsqu'on juxtapose, dans le temps, les artéfacts de stimulations, on observe un décalage entre les deux enregistrements électro nerveux obtenus (Pa_1 et Pa_2).

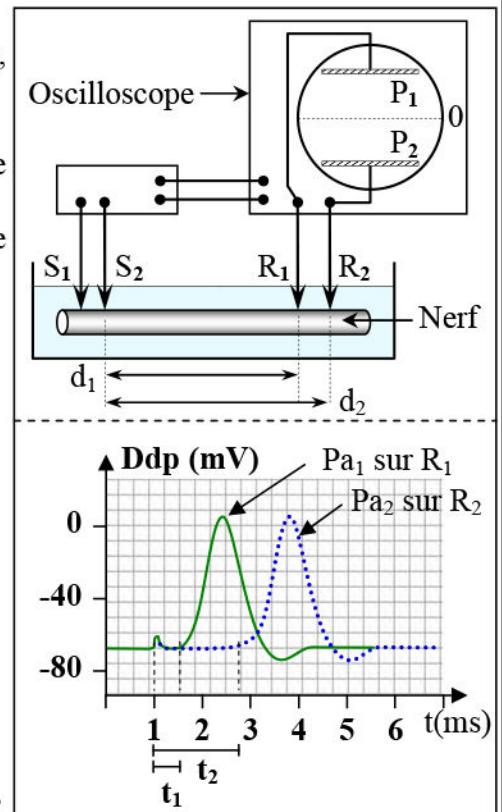
Si on suppose que : Δt ($\Delta t = t_2 - t_1$) est la durée que fait le message nerveux pour parcourir la distance Δd ($\Delta d = d_2 - d_1$) :

La vitesse de conduction du nerf est V : $V = \Delta d \text{ (mm)} / \Delta t \text{ (ms)}$

Deux stimulations successives sont portées sur le nerf sciatique d'une grenouille en S_1S_2 . Les résultats de cette expérience sont portés dans le tableau ci-dessous :

Température du milieu	18 °C	28 °C
Δt (ms)	1	0.5

Sachant que $\Delta d = 12 \text{ mm}$, calculer la vitesse de conduction du nerf sciatique dans les deux cas de température. Que peut-on en déduire ?



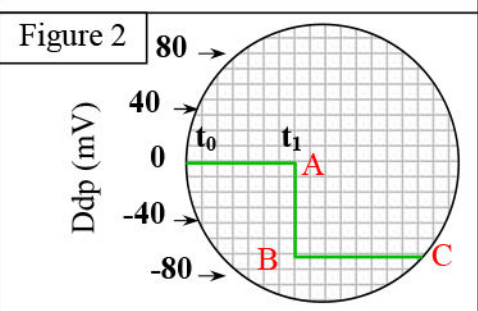
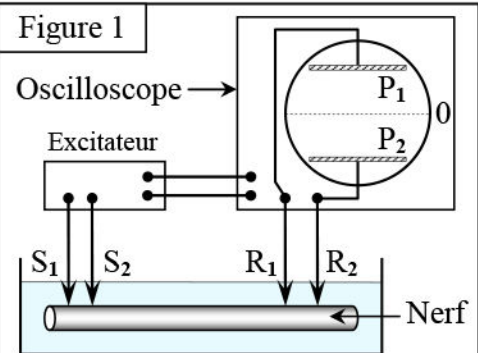
Document 10 : Mise en évidence du potentiel de repos.

Pour mettre en évidence l'activité électrique du nerf au repos, on utilise des techniques d'expérimentations récentes, un support vivant favorable tel que des fibres nerveuses géantes de calmar, dont le diamètre de l'axone atteint 1mm (Figure 1) et une cuve contenant un liquide nutritif isotonique.

En absence de toute excitation, on réalise les deux expériences suivantes :

Au début, on place les deux microélectrodes R_1 et R_2 à la surface de l'axone, on observe sur l'écran la ligne 0A représenté sur la figure 2. Au temps t_2 , on introduit, progressivement, la microélectrode R_1 à l'intérieur de l'axone (R_2 reste à la surface), on obtient la partie ABC, sur le même enregistrement de la figure 2.

- 1) Que peut-on déduire de l'analyse de ces résultats ?
- 2) Déterminer la valeur du potentiel de repos, puis déduire la polarité de la membrane plasmique du nerf au repos.
- 3) Réaliser le schéma de l'axone montrant la répartition des charges de part et d'autre de sa membrane.



Document 11 : Mise en évidence du potentiel d'action.

En utilisant le même montage que celui utilisé pour mesurer le potentiel de repos, on peut enregistrer l'activité électrique du nerf (ou la fibre nerveuse) à la suite d'une excitation efficace et isolée (Figure 1). La forme des enregistrements obtenus varie selon l'emplacement des électrodes réceptrices (R_1 et R_2) :

- ✓ Expérience 1 : Au temps t_0 l'électrode R_1 est introduite à l'intérieur de l'axone et R_2 une électrode de référence. Au temps t_1 on applique une excitation efficace. On obtient le tracé de la figure 2.
- ✓ Expérience 2 : Au temps t_0 les électrodes R_1 et R_2 sont à la surface de l'axone. Au temps t_1 on applique une excitation efficace. On obtient l'enregistrement de la figure 3.

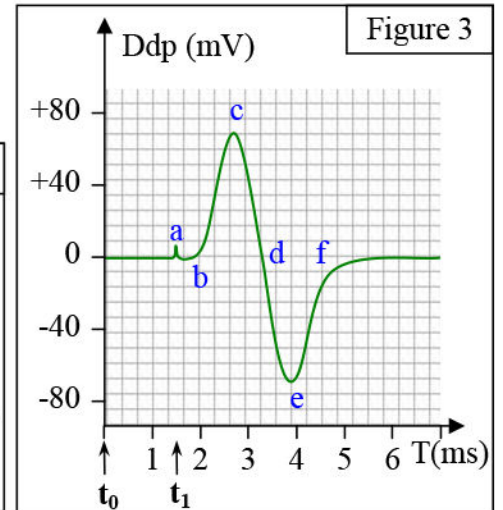
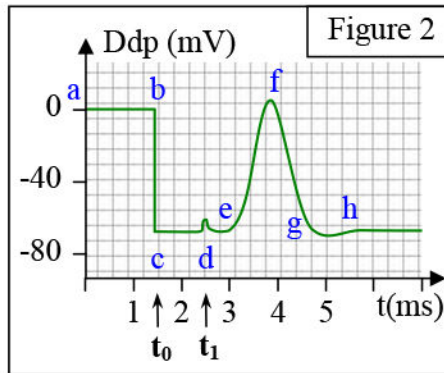
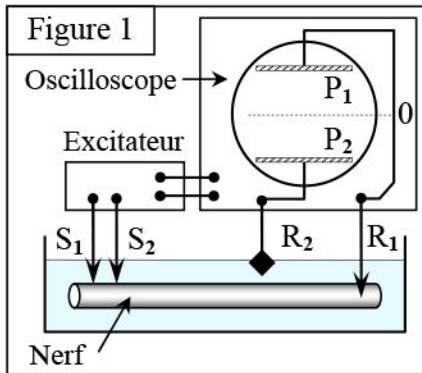
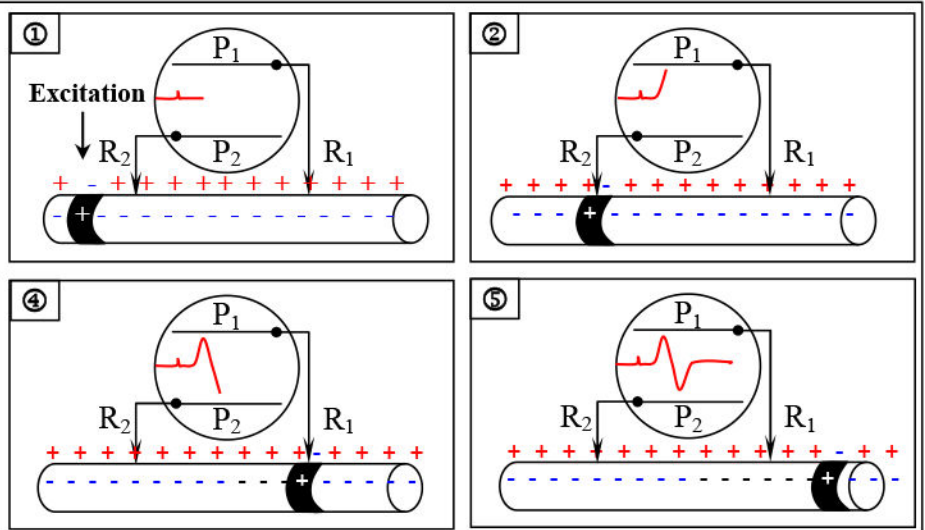


Figure 4

Schémas expliquant les variations de la polarisation membranaire au moment des phases du potentiel d'action.



- 1) Comparer les deux enregistrements de la figure 2 et la figure 3. Dédurre une définition du potentiel d'action.
- 2) En se basant sur les schémas de la figure 4, expliquer les différentes phases du potentiel d'action.

Document 12 : Origine du potentiel de repos.

Pour connaître l'origine du potentiel de repos, on réalise les expériences suivantes :

Expérience 1 : On mesure la répartition des ions Na^+ et K^+ de part et d'autre de la membrane cytoplasmique de l'axone. Les résultats de cette étude sont présentés par le tableau suivant :

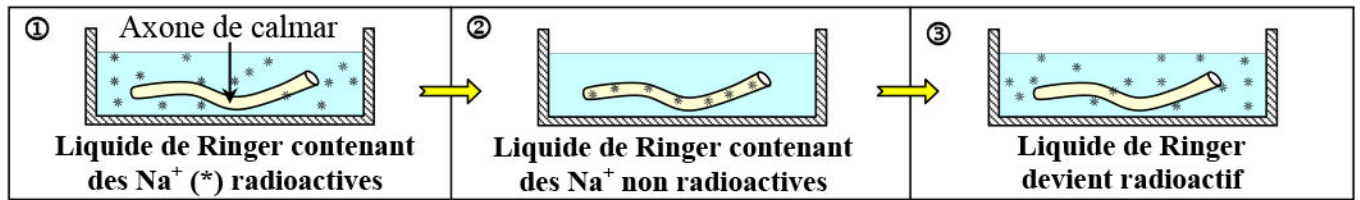
Ions	Intérieur de l'axone en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	Extérieur de l'axone en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Na^+	50	440
K^+	410	22

- 1) Comparer les données du tableau et proposer une explication de l'origine du potentiel de repos.

Document 12 : Suite.

Expérience 2 : Un axone amyélinique géant de calmar est plongé dans le liquide de Ringer (Maintient en vie un organe animal isolé) contenant le sodium radioactif ($^{24}\text{Na}^+$). Après quelques heures dans ce milieu, on replonge cet axone dans du liquide contenant des ions Na^+ non radioactifs.

Les résultats de cette expérience sont présentés par la figure suivante :



2) Que peut-on déduire de l'analyse de ces résultats ?

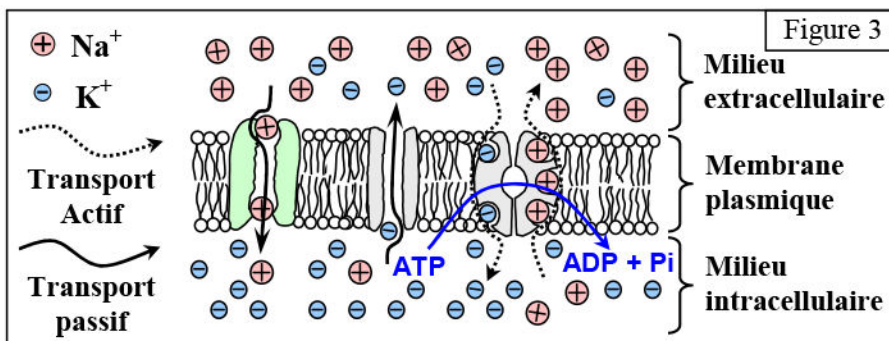
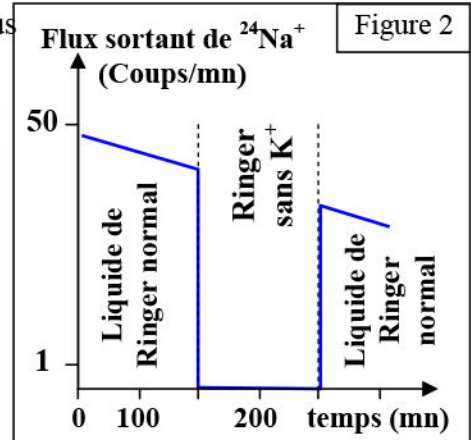
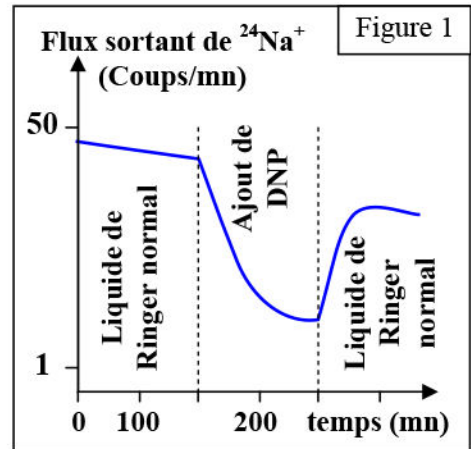
Document 13 : Transport actif et maintien du potentiel de repos.

✓ On mesure la sortie de sodium radioactif d'un axone géant de calmar en fonction du temps, en conditions normales, puis en ajoutant un inhibiteur de la synthèse d'ATP : le dinitrophénol (DNP). La figure 1, présente les résultats de cette expérience.

- 1) Pourquoi utilise-t-on du sodium radioactif ?
- 2) Quel est l'effet du DNP et comment l'expliquez-vous ?

✓ On mesure la sortie de sodium radioactif d'un axone géant de calmar en fonction du temps, en conditions normales, puis en ajoutant les ions K^+ . La figure 2, présente les résultats de cette expérience.

- 3) En exploitant les données de la figure 1, 2 et 3, que pouvez-vous conclure quant au mécanisme régulant la sortie de sodium ?

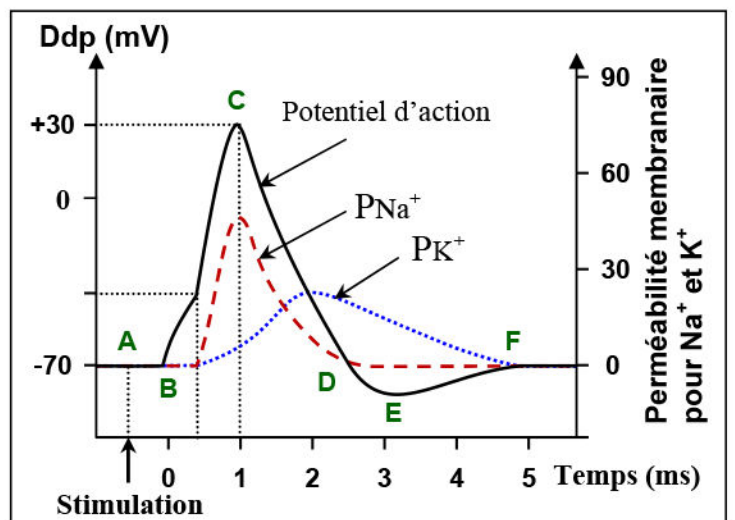


Document 14 : Origine du potentiel d'action.

Pour déterminer l'origine du potentiel d'action, on porte une stimulation efficace sur l'axone et on mesure en fonction du temps la variation de la perméabilité membranaire aux ions Na^+ et K^+ .

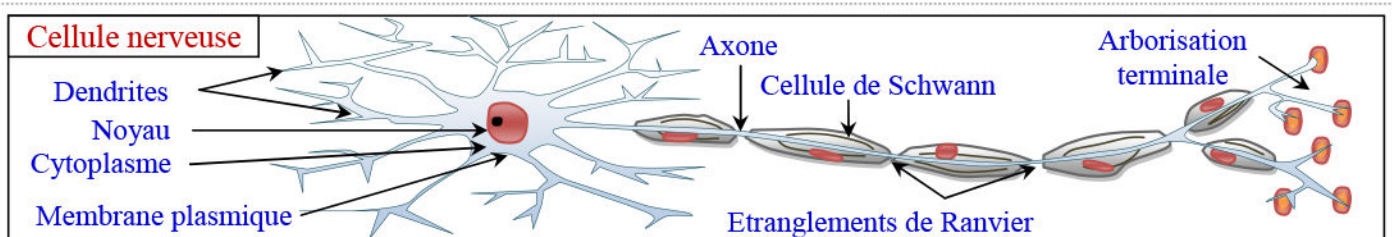
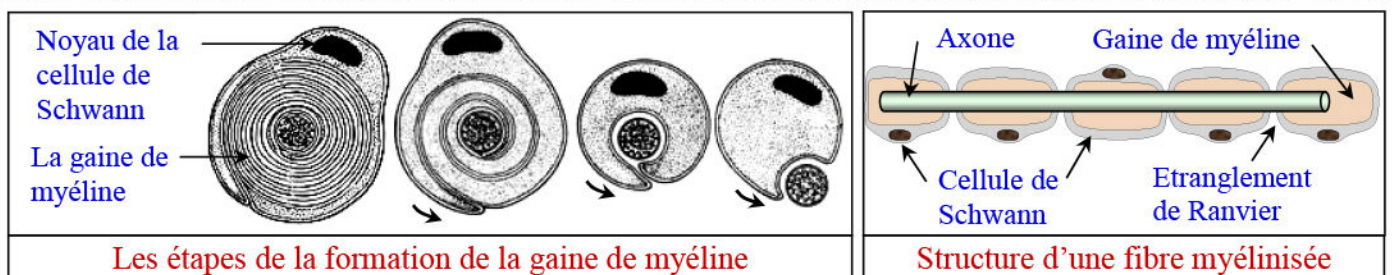
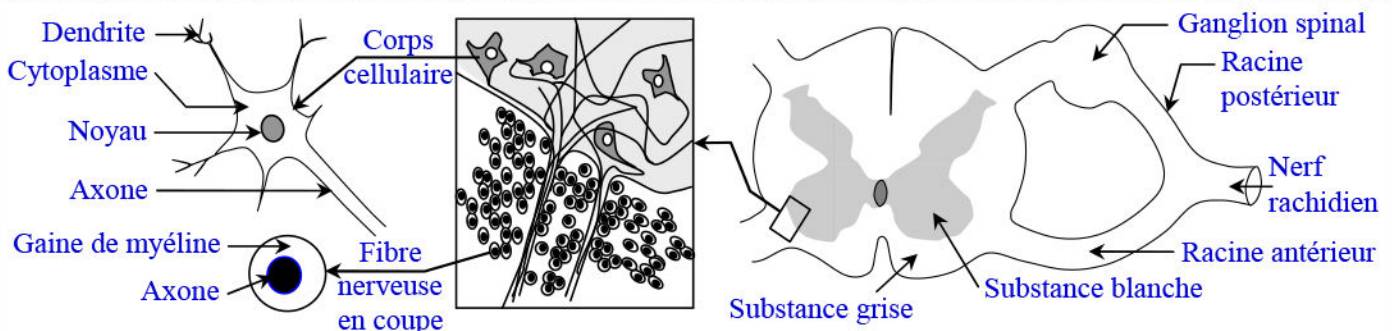
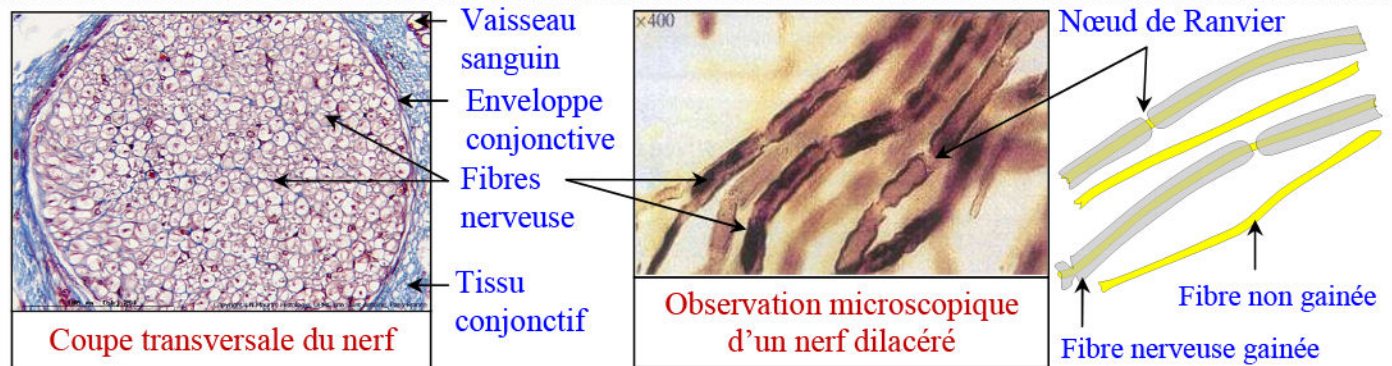
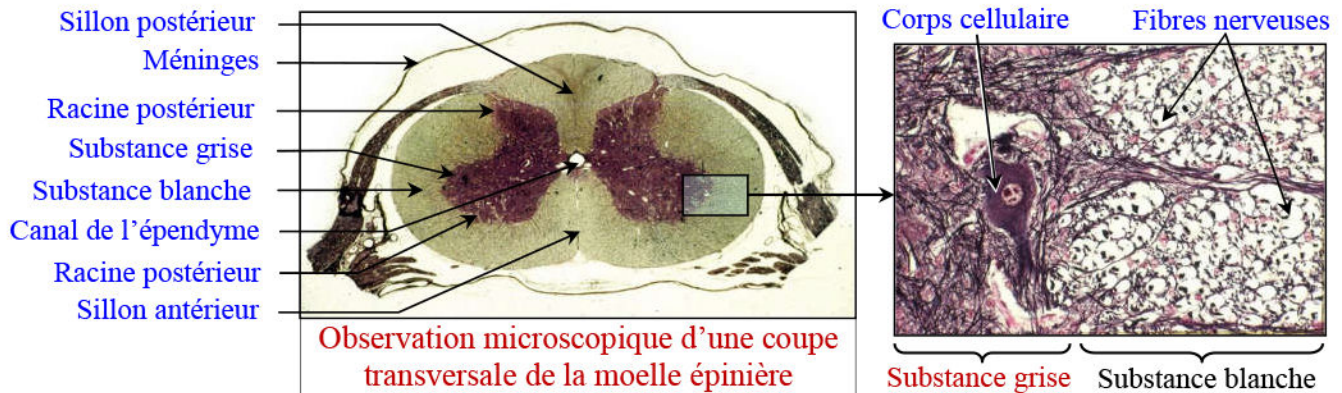
Les résultats de cette expérience sont présentés sur la figure ci-contre.

En se basant sur les données de ce document, établir la relation entre la variation de la perméabilité membranaire aux ions Na^+ et K^+ et les différentes phases du potentiel d'action.



Document 15 : Structures histologique de la moelle épinière et du nerf.

La moelle épinière est le centre nerveux auquel sont rattachés les nerfs rachidiens. Pour rappeler l'organisation au microscope de la moelle épinière et celle d'un nerf rachidien puis déterminer les relations anatomiques entre ces deux structures, on exploite les données suivantes :



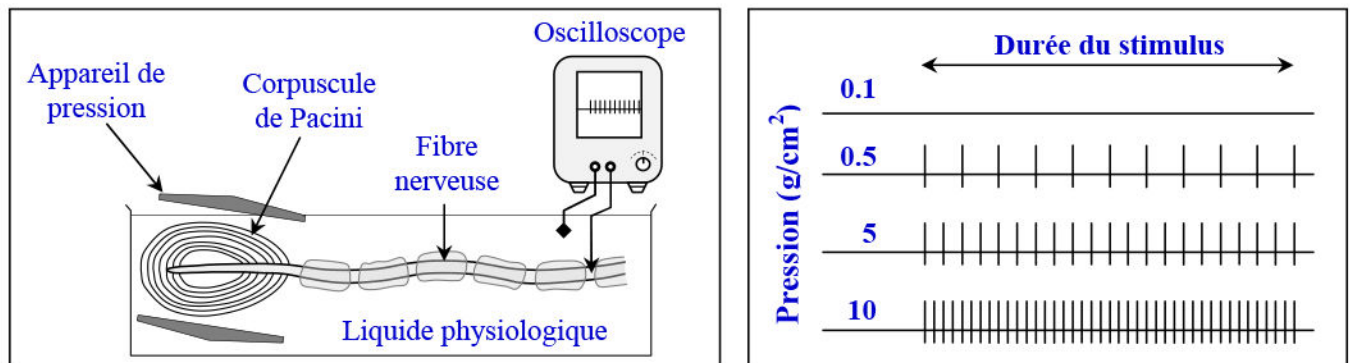
A partir de l'analyse de ces documents, décrire la structure de la fibre nerveuse puis réaliser un schéma de la fibre nerveuse avec légende et titre.

Document 16 : Codage du message nerveux dans la fibre nerveuse.

On cherche à comprendre l'origine du message nerveux sensoriel, en s'appuyant sur l'étude du fonctionnement d'un type de récepteur: les corpuscules de Pacini qui sont des mécanorécepteurs (sensible à la pression) localisés dans le derme.

Un corpuscule de Pacini est isolé avec son afférence in vitro et soumis à des pressions croissantes. Une microélectrode implantée dans la fibre permet d'enregistrer les messages sensoriels qui en sont issus.

Les résultats de cette expérience sont présentés par les figures ci-dessous (un trait vertical représente un potentiel d'action) :

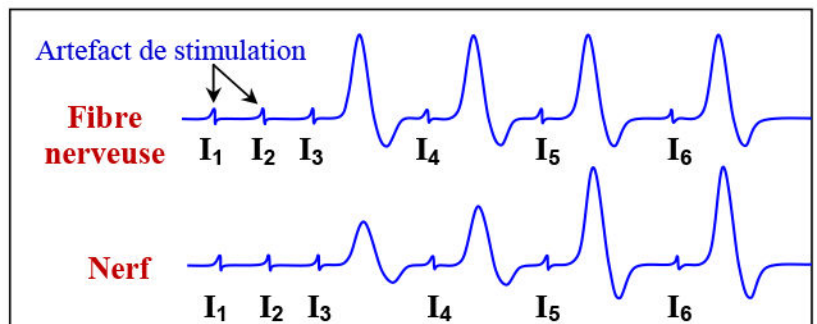


Comparer les enregistrements et en déduire le mode de codage de l'influx nerveux dans la fibre nerveuse.

Document 17 : Réponse de la fibre nerveuse à des excitations isolées d'intensité croissante.

On soumet un nerf et une fibre nerveuse à des excitations isolées d'intensité croissante (I_1 à I_6) et de durée fixe. Les résultats obtenus sont représentés par les enregistrements ci-contre:

Comparer les réponses de la fibre nerveuse et celle du nerf. Qu'est ce qu'on peut en déduire ?



Document 18 : Propriétés en relation avec la conductibilité de la fibre nerveuse.

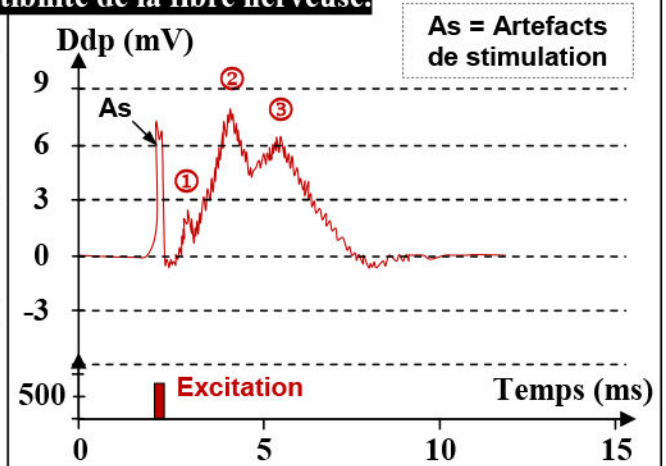
Pour dégager certaines caractéristiques de la conduction de l'influx nerveux, liées aux propriétés des groupes de fibres nerveuses qui le constituent, on propose d'exploiter le document ci-contre, qui représente un enregistrement électro-nerveux du nerf de crabe, obtenu lors d'une seule excitation isolée et efficace

En exploitant les données de ce document :

- 1) Décrire la courbe de potentiel d'action et expliquer sa forme en trois pics.
- 2) Calculer la vitesse de conduction du message nerveux au niveau de ce nerf, sachant que la distance entre les électrodes excitatrices et l'électrode réceptrice R_1 est 5mm. Qu'est ce qu'on peut en déduire ?

Pour établir la relation entre la vitesse de conduction nerveuse et le diamètre des fibres nerveuse, des études statistiques ont été faites pour classer ces fibres, dont les résultats sont présentés par le tableau Ci-contre.

- 3) Que peut-on déduire de ces résultats, concernant la relation entre structure de la fibre et conductibilité ?



Type de fibres	Diamètre	Vitesse
Fibre myélinisées de mammifères	10 μm	60 m/s
	20 μm	120 m/s
Fibre myélinisée du crabe	25 μm	4 m/s
	8 μm	1.6 m/s
Fibre non myélinisée du crabe	1.5 μm	0.9 m/s

Document 19 : Relation entre la structure de la fibre nerveuse et sa conductibilité.

Les figures suivantes présentent des schémas d'explication de la conduction du message nerveux chez les fibres nerveuse myélinisées (Figure 1) et les fibres nerveuses non myélinisées (Figure 2) :

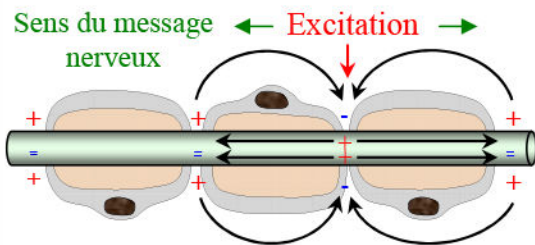


Figure 1 : Conduction du message nerveux chez une fibre myélinisée

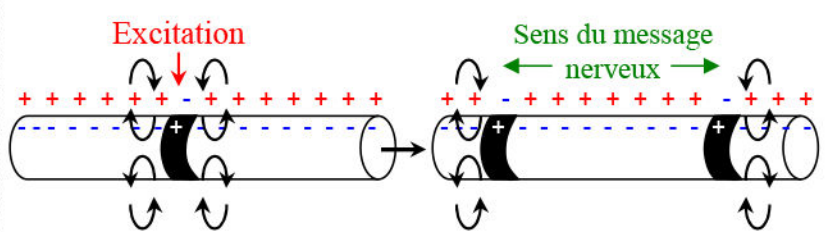


Figure 2 : Conduction du message nerveux chez une fibre nerveuse amyélinisée

En se basant sur les données de ce document, décrire les modes de conduction de l'influx nerveux en fonction des propriétés structurales de la fibre nerveuse.

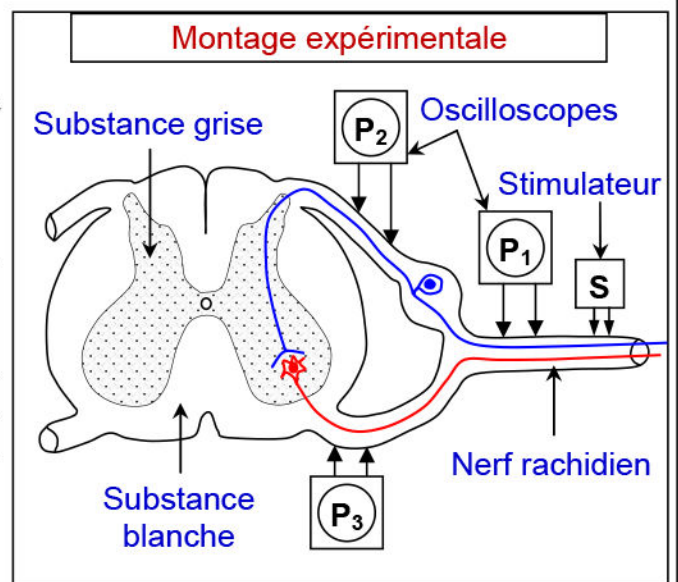
Document 20 : Mise en évidence de la synapse.

On applique une excitation sur un nerf rachidien d'une grenouille au point S et on enregistre simultanément la durée mise par l'influx nerveux lors de son passage de P₁ à P₂ et de P₂ à P₃.

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau ci-dessous :

	Distance en mm	Durée mise par l'influx nerveux en ms
Entre P ₁ et P ₂	4	0.2
Entre P ₂ et P ₃	2	0.25

Calculer la vitesse de propagation de l'influx nerveux entre P₁ et P₂ et entre P₂ et P₃. Proposer une explication de la différence observée.

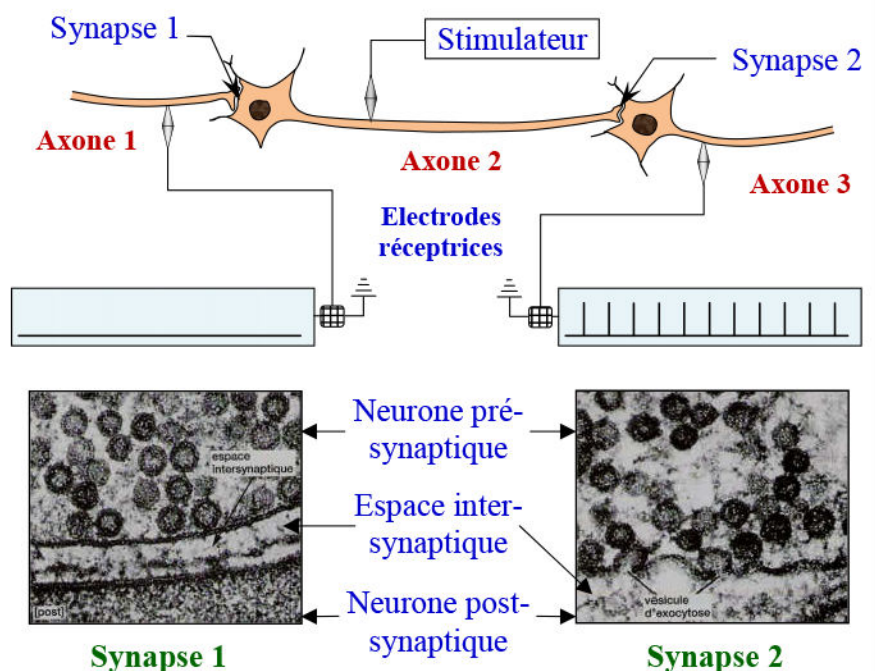


Document 21 : Transmission du message nerveux au niveau de la synapse.

Pour mettre en évidence certaines caractéristiques du message nerveux au niveau de la synapse, on réalise l'expérience suivante :

Sur un circuit de 3 neurones; on porte des excitations efficaces et successives sur l'axone 2 du neurone 2, et on enregistre l'activité électro-nerveuse au niveau des axones des neurones 1 et 3. On obtient les enregistrements représentés sur les figures ci-contre:

En exploitant ces données, déterminer le sens de propagation de l'influx nerveux des axones 1, 2 et 3. Puis déduire la relation entre les enregistrements obtenus et l'ultra-structure des synapses 1 et 2.



Document 22 : Les types de synapse.

En exploitant les données de ce document, décrire les différents types de synapses.

Figure 1 : Electronographie d'un point de connexion nerveuse.



Figure 5 : Schéma d'une synapse neuro-glandulaire.

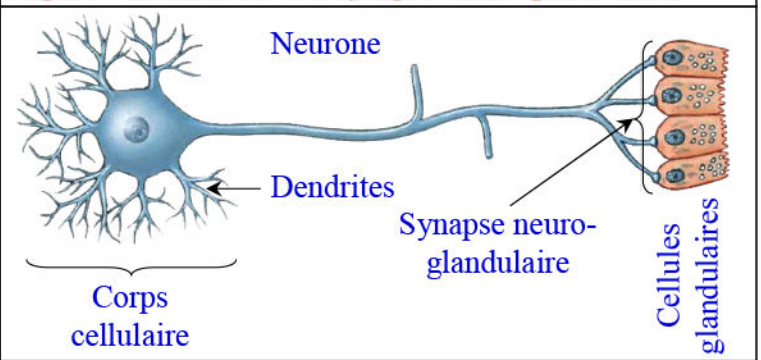


Figure 2 : Electronographie d'une synapse électrique (③).

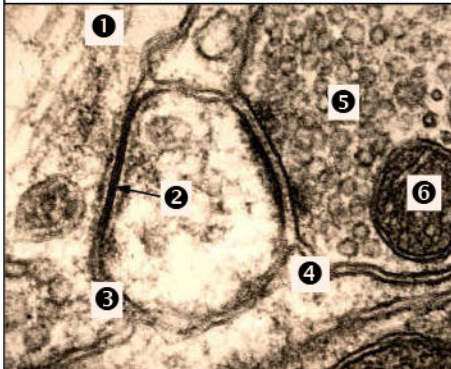


Figure 3 : Les synapses inter-neuroniques

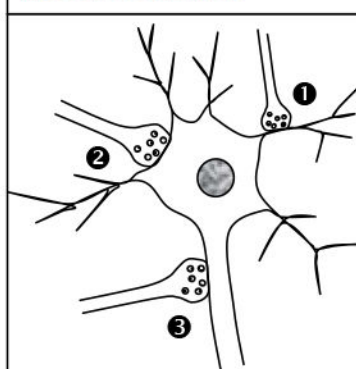


Figure 4 : Electronographie d'une synapse neuromusculaire.



Document 23 : Transmission du message nerveux au niveau de la synapse.

La figure 1, ci-contre, représente un montage expérimental qui permet d'enregistrer l'activité électrique du neurone D, lié par des synapses à trois axones (A), (B) et (C).

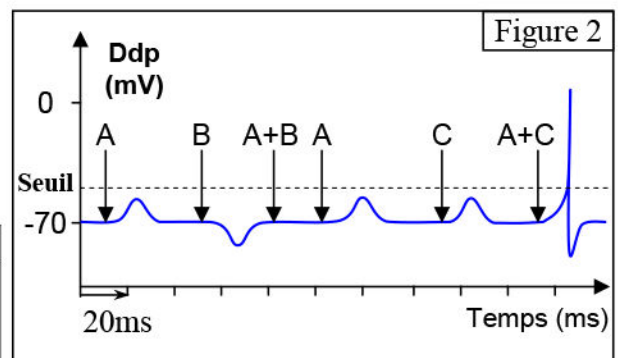
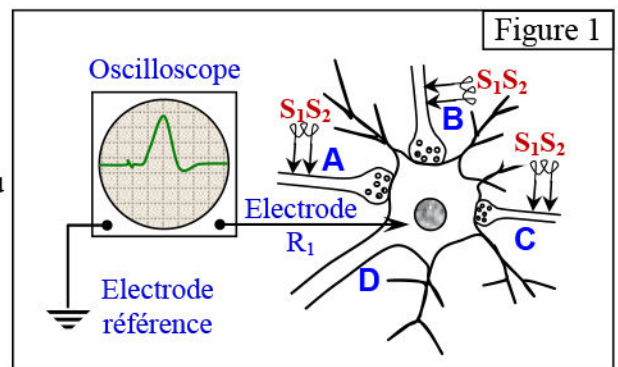
A l'aide d'électrodes excitatrices S_1S_2 , on pratique des excitations efficaces, soit sur un seul axone : A, B ou C. Ou bien des excitations en même temps sur deux axones à la fois (A + B) ou (A + C).

Les résultats obtenus sont représentés par l'enregistrement électro-nerveux de la figure 2.

- 1) Que peut-on déduire de l'analyse de cet enregistrement ?

Par l'intermédiaire d'une micropipette on ajoute, de manière séparée, deux substances qui sont l'acétylcholine et l'acide gamma-amino butyrique (GABA) au niveau des synapses A et B. on obtient les résultats suivants :

	+ Acétylcholine	+ GABA
Enregistrement électro- nerveux		



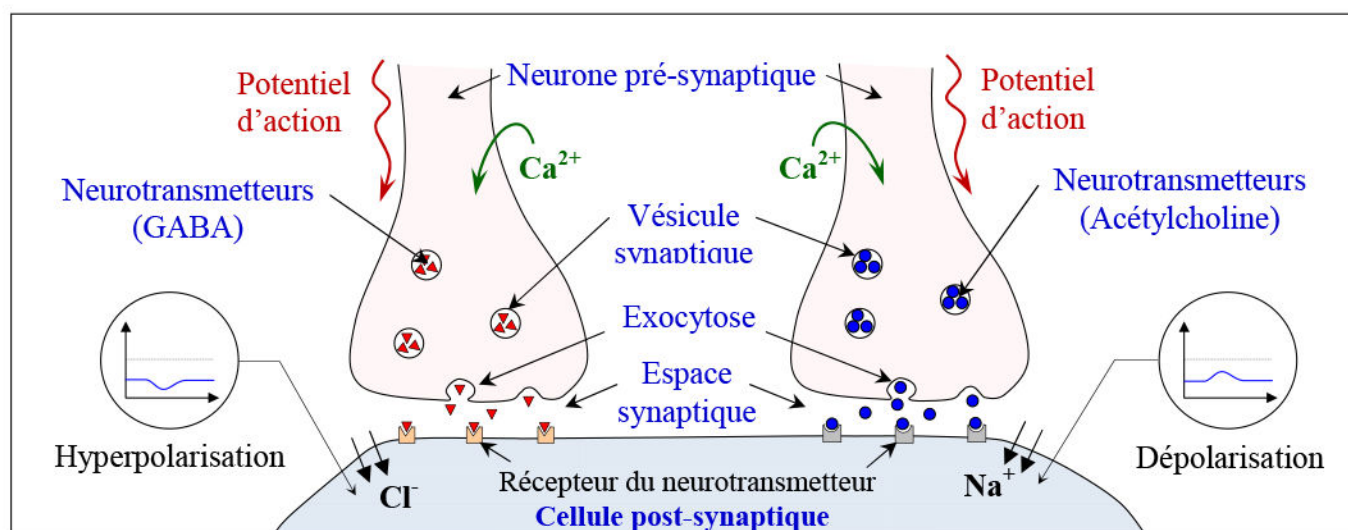
- 2) Déduire l'action de l'acétylcholine et du GABA sur les deux types de synapses (A) et (B).

Document 24 : Quelques principaux neurotransmetteurs.

Nom	Effets	Implications	Implication d'un désordre (-) : déficit ; (+) : excès
Acétylcholine	Contraction musculaire, ralentissement du rythme cardiaque. Excrétion de certaines hormones	Eveil, attention, colère, agression, sexualité, soif et mémoire	Maladie d'Alzheimer (-), troubles de la mémoire et de la concentration (-)
Dopamine	Mouvement musculaire Croissance des tissus	Comportement d'exploration, vigilance, contrôle du mouvement et de la posture, humeur.	Maladie de Parkinson (-), dépression (-), agressivité (+)
GABA	Contrôle moteur et vision	Fonctions corticales, anxiété	Insomnie et anxiété (-). Permet de traiter les crises d'épilepsie ou les tremblements dans la maladie de Huntington
Noradrénaline	Libération hormonale, contraction des vaisseaux sanguins et augmentation de la fréquence cardiaque	Fertilité, appétit, attention, apprentissage, sommeil	Dépression (-), acquisition des connaissances (-), comportement social (- et +)
Adrénaline	Active la réponse à un stimulus, contrôle du système nerveux sympathique	Contraction des muscles lisses, réflexion, flux sanguin, capacités respiratoires	Fatigue, insomnie et anxiété (+)
Sérotonine	Inhibition de certaines hormones, contrôle du mouvement	Régulation de la température, humeur, sommeil, douleur	Maladie de Parkinson (+), comportements impulsifs et agressifs (-), suicide (-).

Document 25 : Mode d'action des neurotransmetteurs.

La figure ci-dessous est un schéma représentant le mécanisme de transmission du message nerveux par les neurotransmetteurs au niveau de la synapse.



En exploitant les données de ce document, Comparer le mode d'action de la synapse excitatrice et celui de la synapse inhibitrice.