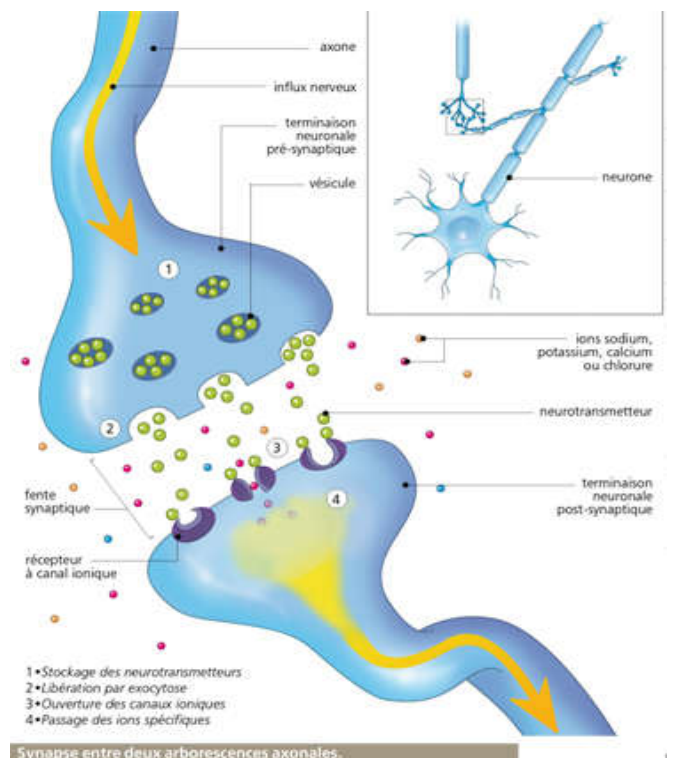
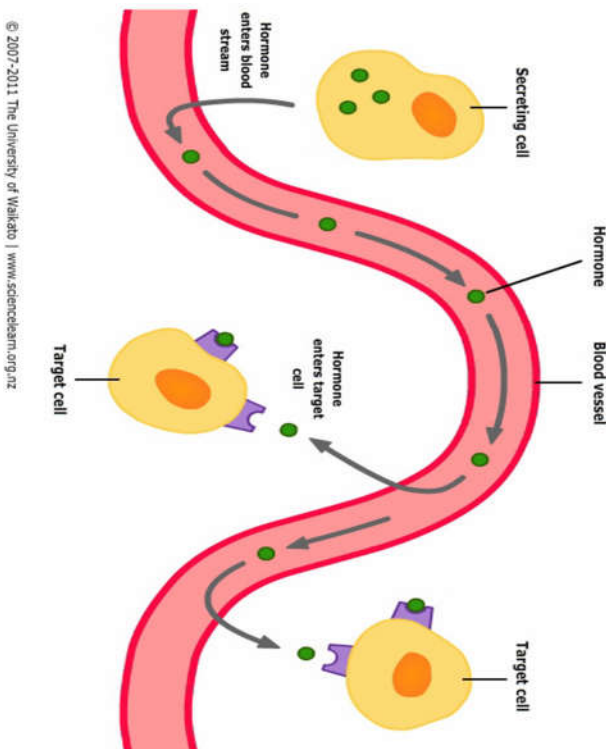


Nom et prénom :
 Classe :

Cahier d'élève

1^{er} BAC sciences expérimentales

Les communications hormonales et nerveuses



Chapitre 1 : communication hormonale
(Ex: Glycémie)

Chapitre 2 : Communication nerveuse

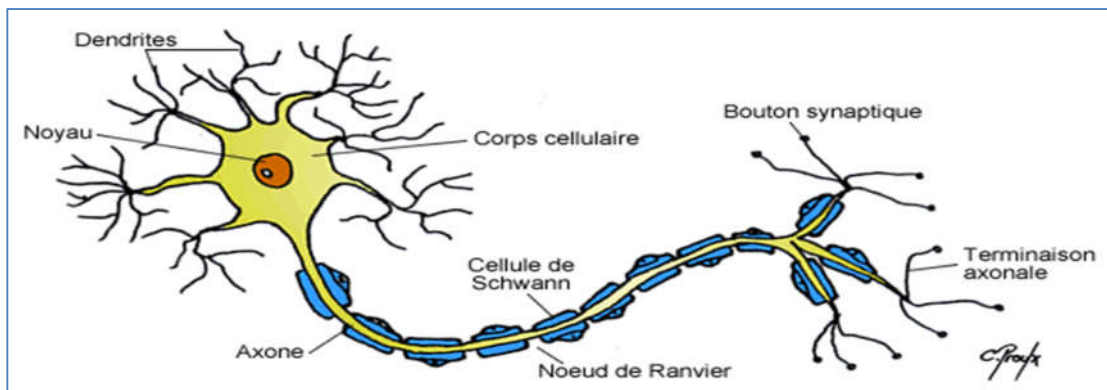
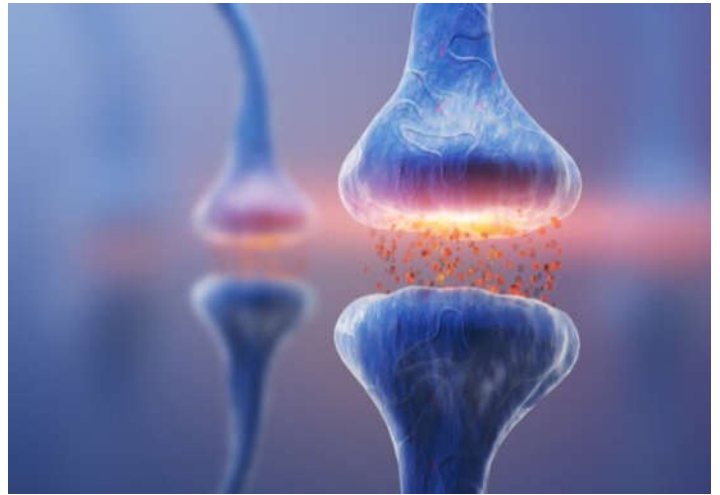
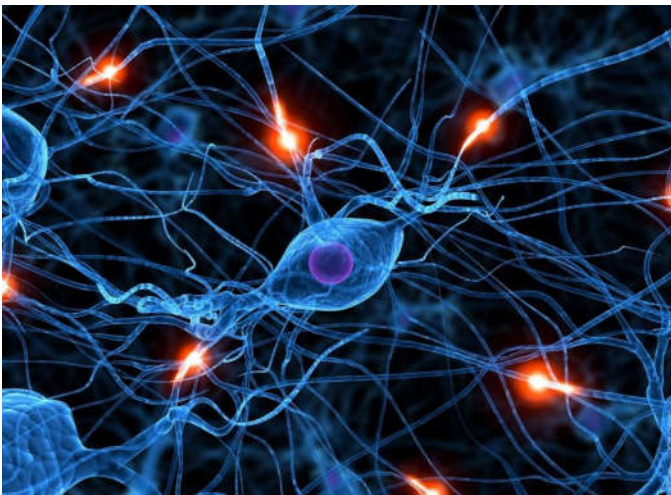
Chapitre 2

Les Communications Nerveuses

La communication nerveuse est le moteur de l'essentiel du comportement d'un animal dans un environnement donné, alors que celui-ci consiste essentiellement en des réponses rapides, ou **réflexes**, qui sont produites à la suite de la réception sensorielle d'une information ou d'une stimulation (c'est le stimulus).

Quelle est la nature du message nerveux ?

Et Comment s'établit cette communication nerveuse entre les récepteurs sensoriels et organes effecteurs ?



- **Activité 1** : les propriétés du nerf (l'excitabilité et la conductibilité)
- **Activité 2** : la nature du message nerveux
- **Activité 3** : les structures responsables des communications nerveuses
- **Activité 4** : les propriétés de la fibre nerveuse
- **Activité 5** : la synapse et les mécanismes de la transmission synaptique

I. Mise en évidence des propriétés du nerf

Doc 1 : propriétés du nerf

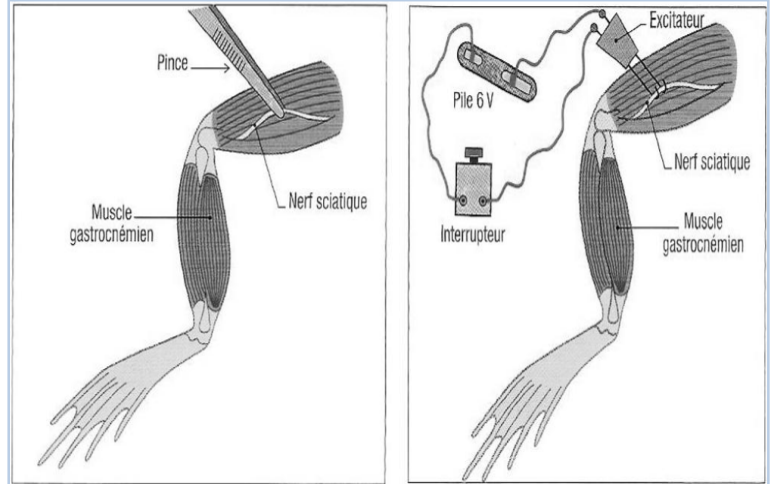
Expérience :

Sur une grenouille récemment **décérébré** et **démédullé**, on dégage le nerf sciatique en incisant la peau de la cuisse et en écartant les muscles.

Pinçons le **nerf sciatique** à l'aide d'une pince de dissection, la patte tremble brièvement, ce mouvement est provoqué par les muscles de la jambe, innervés par le nerf sciatique.

Le nerf sciatique réagit à l'excitation provoquée par le pincement. Une stimulation locale provoque la contraction des muscles.

On coupe ensuite le nerf sciatique et on refait la même expérience, et on observe l'absence de la contraction des muscles.



1- Analyser les résultats de cette expérience

Le mouvement de la jambe est dû à la contraction des muscles de celle-ci, qui est due à l'excitation du nerf sciatique, par le pincement (**excitation mécanique**) ou par le courant électrique (**excitation électrique**).

Lorsque le nerf sciatique est coupé, les muscles ne se contractent pas, et cela signifie que l'excitation n'atteint pas les muscles de la jambe.

2- Dédire les propriétés du nerf

On déduit que les propriétés du nerf sont :

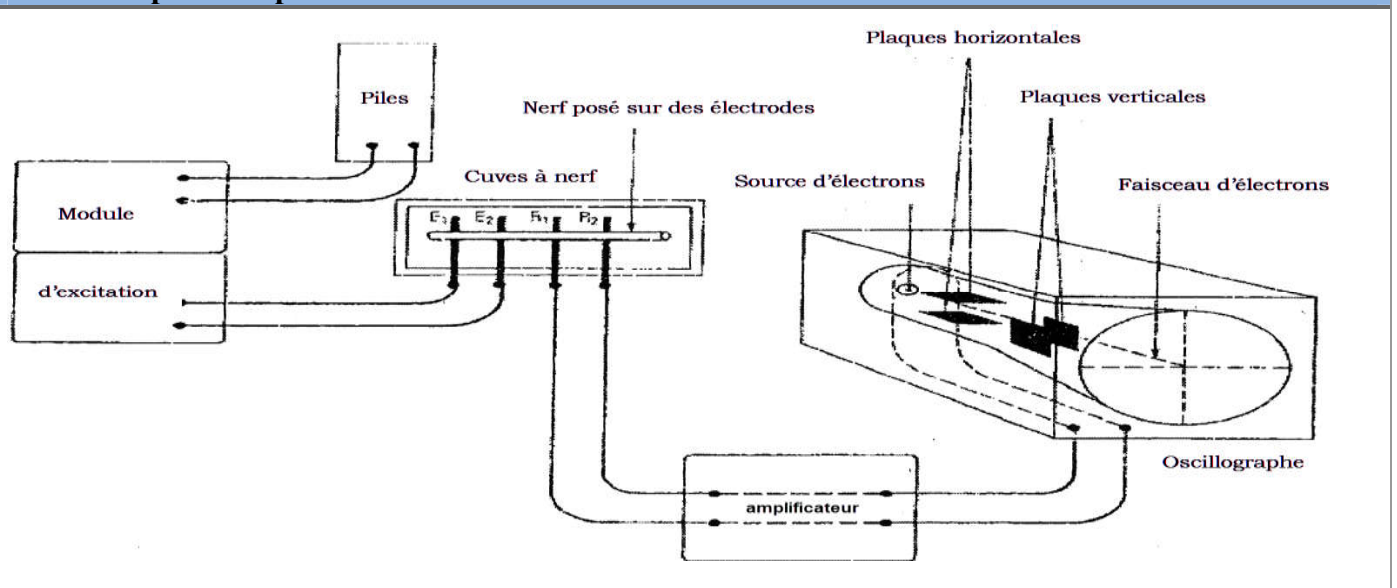
L'**excitabilité** : le nerf réagit à une excitation par l'établissement d'un influx nerveux

La **conductibilité** : le nerf conduit l'influx nerveux créée vers les muscles qui se contractent

II. Etude des propriétés du nerf

1. Le dispositif expérimental

Doc 2 : dispositif expérimental



- Le dispositif comprend deux parties : une pour la **stimulation** et une autre pour l'**enregistrement**
- Il permet d'enregistrer les **états électriques** du nerf isolé. Comme les **phénomènes électriques** du nerf sont de très faible amplitude, il est nécessaire de les amplifier en utilisant un **amplificateur**
- Pendant l'expérience, le nerf doit être mis dans une **cuve** contenant de **liquide physiologique** adéquat pour qu'il fonctionne normalement. Les résultats sont observés sur l'écran de l'**oscilloscope**

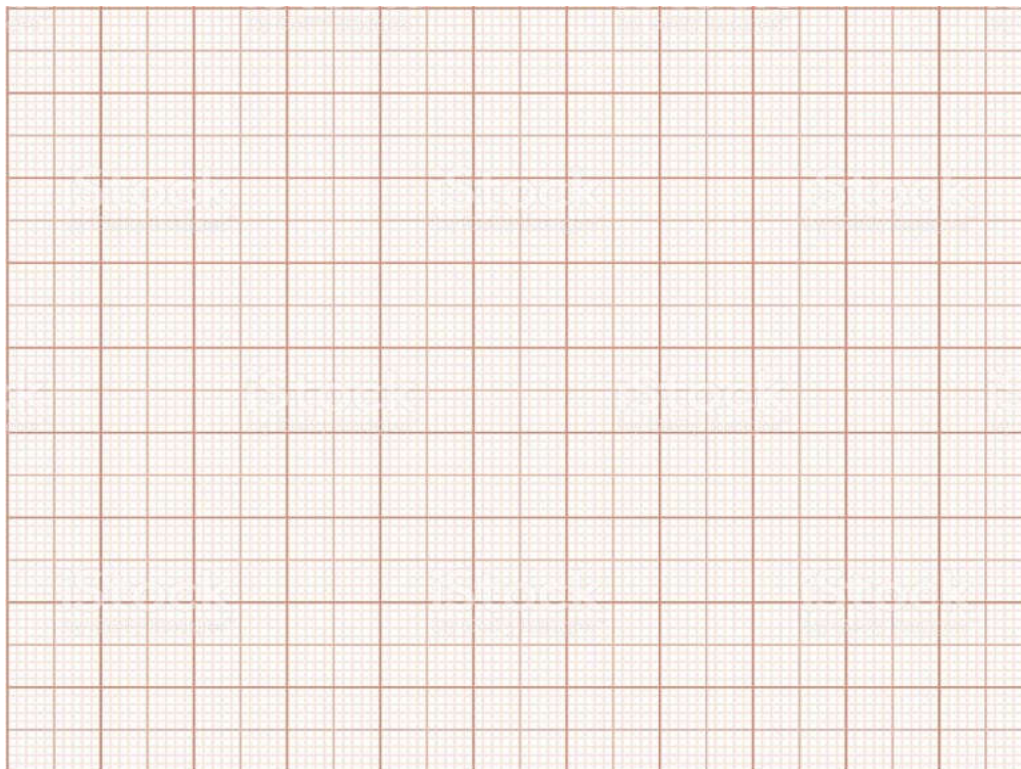
2. Etude de l'excitabilité du nerf

Doc 3 : les caractéristiques de l'excitabilité du nerf

Sur un nerf isolé on place des électrodes excitatrices liées à un générateur par l'intermédiaire d'un amplificateur qui permet de régler l'intensité et la durée de l'excitation, on applique au nerf des excitations d'intensité croissante, et on détermine pour chaque excitation le temps nécessaire à la réponse du nerf, les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Intensité d'excitation en mv	< 35	35	37	40	47	55	65	94	112	120
Temps d'excitation en ms	Ne répond pas	4	2	1,5	1	0,6	0,4	0,2	0,15	0,1

- 1- Sur un repère orthonormé, **réaliser** la courbe d'excitabilité du nerf représentant l'intensité d'excitation en fonction du temps d'excitation.



- 2- **Déterminer** graphiquement les caractéristiques de l'excitabilité de ce nerf ?

Les caractéristiques du nerf sont :

Le seuil d'excitation : correspond à la plus faible intensité capable d'exciter le nerf, appelé aussi **rhéobase**.

Le temps utile : le temps nécessaire pour obtenir la réponse à une excitation d'intensité égale au seuil d'excitation

La chronaxie : le temps nécessaire pour obtenir la réponse du nerf à une excitation d'intensité double de la rhéobase.

❖ Exercice

Exercice 1 : les caractéristiques de l'excitabilité du nerf

Deux nerfs sciatiques d'une grenouille ont été isolés et mis dans des conditions de température différentes, l'un dans une température de 20 °C, l'autre dans une température de 10 °C.

A l'aide d'un stimulateur, on applique des excitations d'intensité croissante sur les deux nerfs et on enregistre le temps nécessaire à la réponse du nerf. Les résultats de cette expérience sont représentés dans le tableau ci-dessous :

- 1- Sur un seul repère orthonormé, **réaliser** les deux courbes, représentant l'excitabilité du nerf dans la température de 20 °C et celle de 10 °C.

- 2- **Déterminer** dans un tableau, les caractéristiques des deux nerfs.

- 3- **Déterminer** le nerf qui est excitable le plus, **que** pouvez-vous en **déduire** ?

température						
20 °C	Intensité d'excitation en mv	2	2	3	5	10
	Temps d'excitation en ms	6	5	2	1,2	1
10 °C	Intensité d'excitation en mv	3	3	3,5	5	10
	Temps d'excitation en ms	10	9	4	2,5	2

3. Etude de la conductibilité du nerf

Doc 4 : mesure de la vitesse de conduction

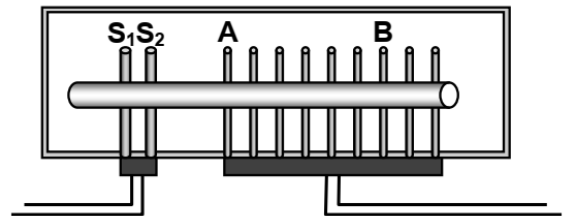
Expérience :

On isole le nerf sciatique d'une grenouille et on le met dans une cuve à nerfs, et à l'aide des électrodes excitatrices, on applique deux excitations efficaces et on enregistre les réponses aux excitations grâce aux électrodes d'enregistrement, sur deux points, A et B, séparés par une distance de 12 mm.

L'expérience a été faite dans des conditions de température différentes, premièrement dans une température de 18 °C et deuxièmement dans une température de 28 °C.

Les résultats de cette expérience sont représentés dans le tableau ci-contre :

Ainsi, la vitesse de conduction est :
$$V_{AB} = \frac{\Delta d \text{ (mm)}}{\Delta t \text{ (ms)}}$$



température	18 °C	28 °C
Ecart de temps (Δt) en ms	2	1

- 1- **Calculer** la vitesse de conduction de l'influx nerveux du point A au point B

Température	18 °C	28 °C
Vitesse de conduction	$V_{AB} = \frac{12}{2} = 6 \text{ mm/ms}$	$V_{AB} = \frac{12}{1} = 12 \text{ mm/ms}$

- 2- **Que** pouvez-vous en **déduire** ?

On déduit que la vitesse de conduction varie en fonction de la température, et plus la température augmente, plus la vitesse de conduction augmente.

I. Les phénomènes électriques accompagnants l'activité du nerf

1. Mise en évidence de l'activité électrique du nerf

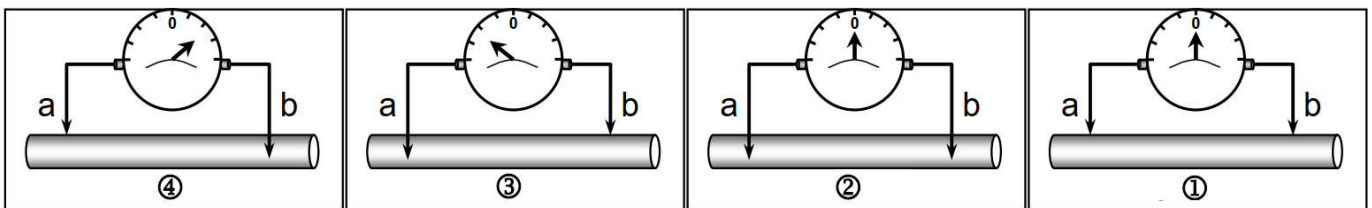
Doc 5 : mise en évidence de l'activité électrique du nerf

Pour mettre en évidence l'activité électrique du nerf, on utilise le galvanomètre, qui permet de mettre en évidence l'existence d'une différence de potentiel (ddp) entre deux milieux.

En absence de toute stimulation, on réalise les manipulations représentées sur les schémas ci-dessous :

1,2 : les deux électrodes sont déposés soit sur la surface ou à l'intérieur du nerf

3,4 : l'un des électrodes est déposé sur la surface du nerf, l'autre à l'intérieur du nerf



1- Analyser ces résultats

Quand les deux électrodes sont placées sur la surface du nerf (1) ou à l'intérieur du nerf (2), l'aiguille du Galvanomètre marque une valeur de 0. Et quand on introduit l'un des électrodes à l'intérieur du nerf tandis que l'autre reste sur la surface du nerf (3 et 4), l'aiguille du Galvanomètre marque une valeur qui est négatif dans le cas 3 et positif dans le cas 4.

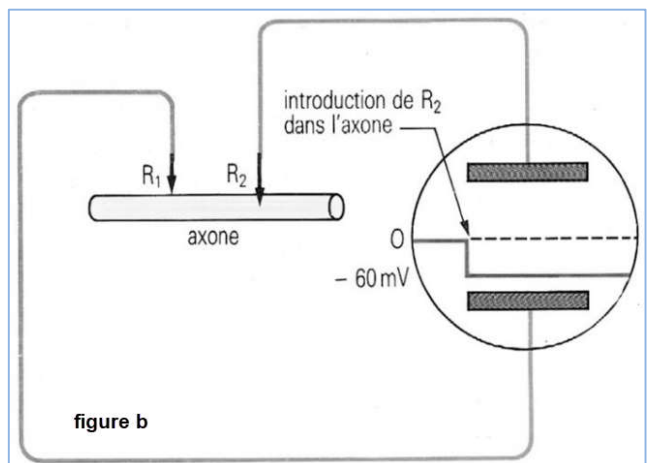
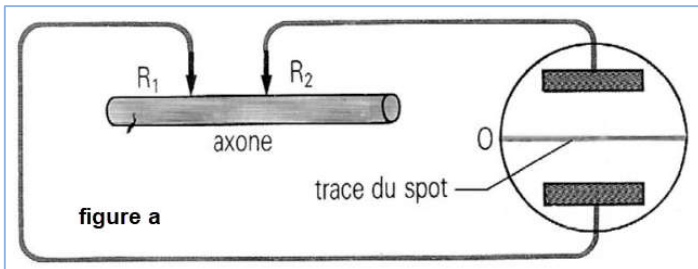
2- Que peut-on déduire de ces résultats ?

On déduit que tout les points de la surface du nerf ont le même potentiel électrique, tandis qu'il y a une différence de potentiel entre le milieu intérieur et celui extérieur du nerf, on dit que la membrane du nerf est **polarisée**.

2. Mise en évidence du potentiel de repos

Doc 6 : potentiel de repos

en absence de toute stimulation, on place les deux électrodes de réception R1 et R2 sur la surface du nerf (figure a), en suite on place l'électrode R2 à l'intérieur du nerf tandis que R1 reste sur la surface du nerf (figure 2)



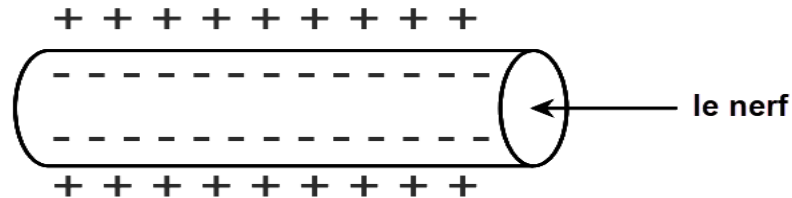
1- Analyser et interpréter les résultats de cette expérience

2- Que peut-on déduire ?

1- Analyse et interprétation

Quand les deux électrodes de réception R1 et R2 sont placées sur la surface du nerf, on enregistre sur l'écran de l'oscillographe, un trait qui passe du point 0, ça veut dire, que la différence de potentiel électrique entre R1 et R2 est nul.

Quand l'électrode R2 est introduite à l'intérieur du nerf, on enregistre sur l'écran de l'oscillographe une valeur de -60 mv, ainsi le faisceau d'électron se déplace vers la plaque liée à 'électrode R1 placée sur la surface du nerf, et sachant que les électrons sont chargés négativement, On déduit que la surface du nerf porte des charges positives, tandis que le milieu intérieur du nerf porte des charges négatives. On dit que la membrane du nerf est **polarisée**.



2- Déduction

On déduit qu'au repos et en absence de toute stimulation, il y a une différence de polarité électrique entre le milieu extérieur et celui intérieur du nerf qui correspond à une valeur de -60 mv. Cette différence de de potentiel (ddp) est appelée **potentiel de repos**.

3. Mise en évidence du potentiel d'action

Doc 7 : potentiel d'action

Expérience 1 : on place les électrodes de réception R1 et R2 sur la surface d'une fibre nerveuse isolée et mise dans une cuve à nerfs, et on l'applique une excitation efficace à l'aide des électrodes d'excitation, et grâce à **l'oscilloscope** on enregistre l'activité électrique de la fibre nerveuse. le résultat obtenu est représenté sur la **figure a** ci-dessous.

Expérience 2 : on introduit l'électrode de réception R2 à l'intérieur de la fibre nerveuse, et on l'applique une excitation efficace à l'aide des électrodes d'excitation, le résultat obtenu est représenté sur la **figure b** ci-contre.

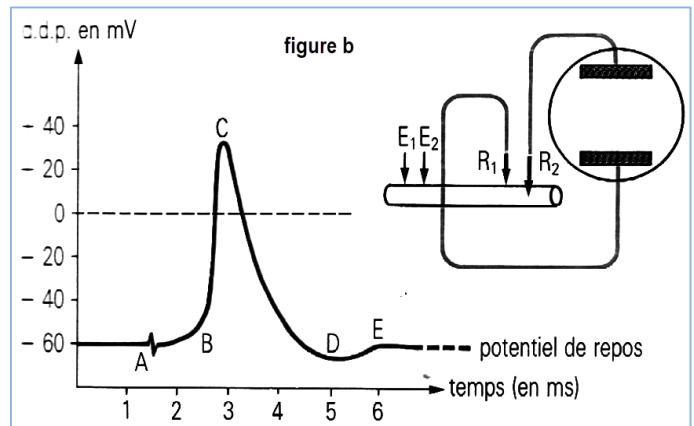


Figure b ; potentiel d'action monophasique

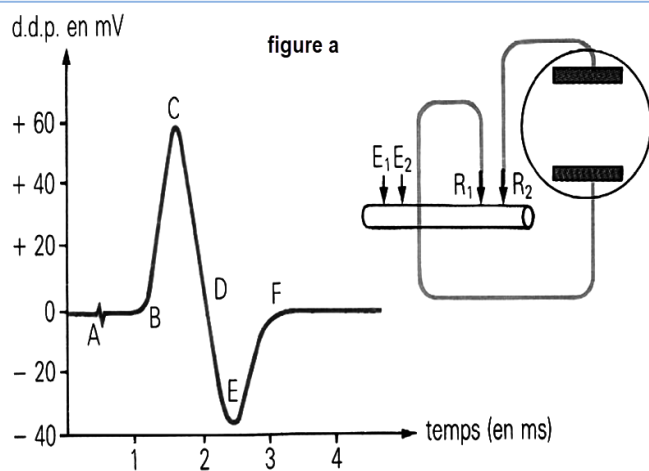
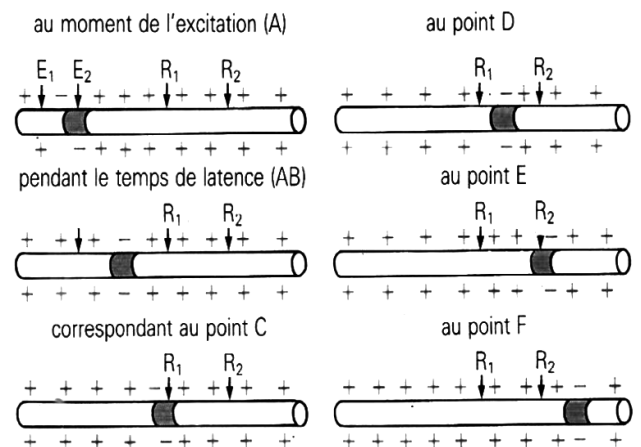


Figure a : potentiel d'action diphasique, et déplacement de l'onde de négativité



1- A l'aide des schémas de la figure a, **interpréter** l'enregistrement obtenu

- Avant l'excitation de la fibre nerveuse, la ddp est nulle car les deux électrodes sont placées sur la surface de la fibre nerveuse qui est chargée positivement, donc pas de différence de potentiel.
- Après avoir appliqué l'excitation sur la fibre nerveuse, un **artéfact de stimulation** (A) apparaît, celui-ci correspond à un inversement de charges, cet inversement de charges constitue une **onde** dite de **négativité** car la surface de la fibre nerveuse devient négative suite à l'excitation.
- Entre A et B, la ddp reste constante dans une valeur de 0 mv, car l'onde de négativité n'atteint pas encore les électrodes de réception. C'est le **temps de latence**.
- Au point C, l'onde de négativité atteint l'électrode R1 qui enregistre une ddp de + 60 mv
- Au point D, l'onde de négativité est entre R1 et R2, et donc la ddp revient à sa valeur initiale de 0 mv
- Au point E, l'onde de négativité atteint l'électrode R2 qui enregistre une ddp de - 40 mv
- Au point F, l'onde de négativité dépasse l'électrode R2, et donc la ddp revient à sa valeur initiale de 0 mv

2- **Identifier** les différentes phases de l'enregistrement représenté sur la figure b

- A : **artéfact d'excitation** (de stimulation)
- A-B : **temps de latence**
- B-C : **phase de dépolarisation**
- C-D : **phase de repolarisation**
- D-E : **phase d'hyperpolarisation**

3- En se basant sur la réponse à la 1^{ère} question, **interpréter** ces différentes phases

- Artéfact de stimulation : correspond à une petite variation du potentiel dû à l'excitation de la fibre nerveuse
- Temps de latence : le temps nécessaire pour que l'onde de négativité atteigne l'électrode de réception
- Phase de dépolarisation : la dépolarisation de la membrane de la fibre nerveuse (inversion du potentiel de membrane) est enregistrée quand l'onde de négativité atteint l'électrode de réception R1.
- Phase de repolarisation : la membrane de la fibre nerveuse redevient polarisée et la ddp revient à son niveau de repos, elle est enregistrée quand l'onde de négativité dépasse l'électrode de réception
- Phase d'hyperpolarisation : une valeur dépassant la valeur du potentiel de repos est enregistrée avant que la ddp revienne à son niveau de repos

L'essentiel à retenir

Le message nerveux est de nature **électrique** (vitesse de 1m/s à 100 m/s). son enregistrement au niveau d'une fibre nerveuse à la suite de la stimulation de celle-ci correspond à une série de signaux toujours identiques. Chacun de ces signaux est appelé **potentiel d'action**

La formation de **potentiels d'action** repose sur l'existence d'un **potentiel de repos** ou **potentiel transmembranaire** (propriété commune à toutes les cellules), la face interne de la membrane cellulaire étant plus négative que la face externe. Sa valeur est alentours de - 60 mv.

Un potentiel d'action est une **inversion transitoire de la polarisation de la membrane**, le milieu intracellulaire devenant alors positif.

Il faut noter que si l'apparition du potentiel d'action est liée à l'**intensité de la stimulation**, une fois le **seuil critique** atteint, il est immédiatement maximal. Son amplitude et sa durée dépendent du **tissu** et de l'**espèce** mais sont, tout comme le potentiel de repos, constantes pour un type cellulaire donné chez une espèce donnée.

II. Les phénomènes chimiques accompagnants l'activité du nerf

1. L'origine du potentiel de repos

Doc 8 : origine du potentiel de repos

Le tableau de la figure a, représente la répartition de certains ions de part et d'autre de la membrane d'une fibre nerveuse, c.-à-d. dans les milieux intra et extracellulaires.

La figure b représente la pompe ionique qui est à l'origine de cette distribution ionique.

ions	concentrations intracellulaires mmol. L ⁻¹	concentrations extracellulaires mmol. L ⁻¹
K ⁺	400	20
Na ⁺	50	440

Figure a : concentrations des ions dans les milieux intra et extracellulaire

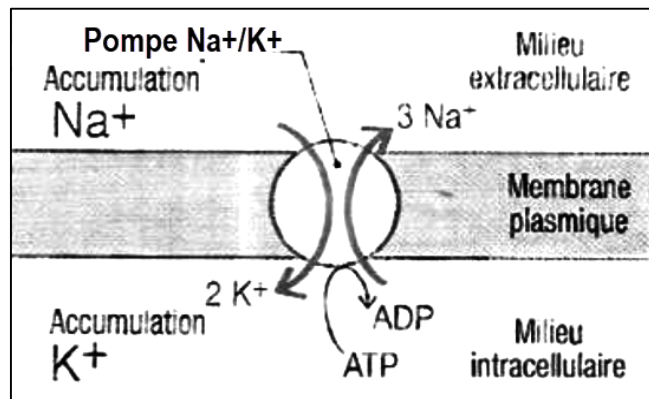


Figure b : mouvements des ions grâce à la pompe Na⁺/K⁺

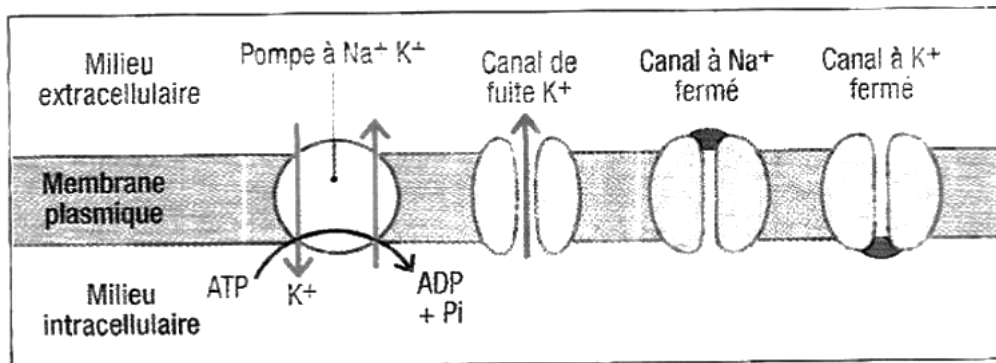


Figure c : mouvements des ions pendant le potentiel de repos

1- Décrire la répartition des ions dans les milieux intra et extracellulaires

La concentration des ions K⁺ est plus élevée dans le milieu intracellulaire par rapport au milieu extracellulaire, à l'inverse des ions Na⁺ qui ont une concentration plus élevée dans le milieu extracellulaire.

2- Décrire les mouvements des ions au repos, en citant les mécanismes qui sont responsables

Au repos, la membrane de la fibre nerveuse est perméable aux ions K⁺, cette perméabilité est due à l'ouverture au repos des canaux ioniques à K⁺ dits canaux de fuite, tandis qu'elle est imperméable aux autres ions.

Les ions K⁺ **diffusent** du milieu intracellulaire vers le milieu extracellulaire, ce qui a pour effet de rendre le milieu extracellulaire plus positive que le milieu intracellulaire, d'où l'apparition d'une polarité électrique et formation de potentiel de repos.

3- Est-ce que la loi de la diffusion simple peut expliquer cette répartition des ions ? si non, **qui est** derrière cette répartition dite inégale des ions ?

Si ces ions sont soumis seulement à la loi de la diffusion simple, leurs concentrations doivent être égales dans les deux milieux, et donc un autre mécanisme transporte ces ions contre leur gradient de concentration afin que ces ions restent répartis d'une manière inégale. Ce transport s'effectue par la pompe Na⁺/K⁺ qui nécessite de l'énergie : c'est le **transport actif**

C'est cette répartition inégale de ces ions maintenue par la pompe Na⁺/K⁺ qui est responsable du **potentiel de repos**.

2. L'origine du potentiel d'action

Doc 9 : origine du potentiel d'action

Pour comprendre les phénomènes ioniques qui sont à l'origine de la naissance du potentiel d'action, on vous propose de travailler sur les documents ci-dessous :

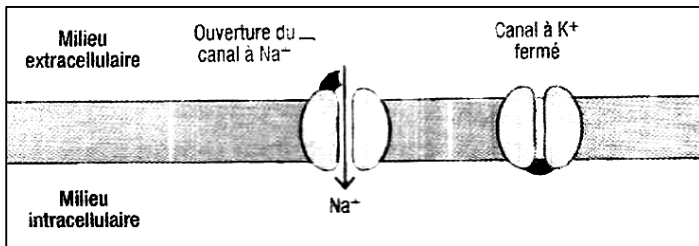


Figure a : mouvements d'ions pendant la dépolarisation

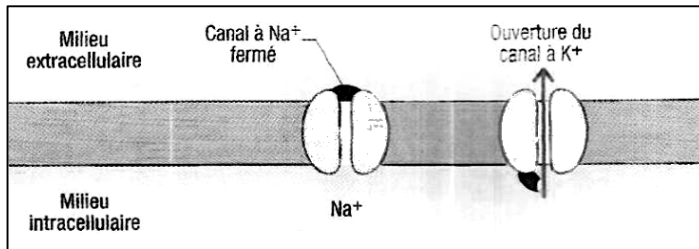


Figure b : mouvements d'ions pendant la repolarisation

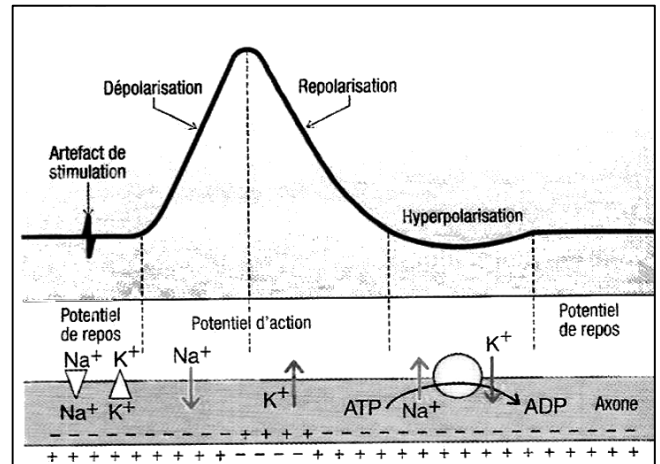


Figure c : mouvements d'ions pendant les différentes phases du potentiel d'action

1- Décrire les mouvements des ions Na^+ et K^+ pendant la dépolarisation et la repolarisation

Pendant la phase de la **dépolarisation**, les canaux Na^+ s'ouvrent, et les ions Na^+ diffusent du milieu extracellulaire vers le milieu intracellulaire, tandis que les canaux K^+ sont fermés.

Pendant la phase de la repolarisation, les canaux K^+ s'ouvrent et les ions K^+ diffusent à travers la membrane vers le milieu extracellulaire, tandis que les canaux Na^+ sont fermés.

2- Déterminer les différents événements provoqués par une excitation efficace de la fibre nerveuse

L'excitation de la fibre nerveuse provoque l'ouverture locale des canaux de Na^+ et une entrée passive des ions Na^+ , ce qui entraîne une inversion de la polarisation de la membrane de la fibre (**dépolarisation**). ces canaux ioniques qui s'ouvrent sous l'effet d'une excitation électrique sont qualifiés de **canaux voltage dépendants**.

Ensuite, les canaux à Na^+ se ferment, et les canaux à K^+ s'ouvrent, ce qui permet la sortie des ions K^+ , ce qui provoque le retour rapide de la polarité initiale de la membrane plasmique (**repolarisation**).

Les canaux à K^+ voltage dépendant restent ouverts pendant un certain temps contrairement aux canaux à Na^+ , ceci provoque la sortie des ions K^+ , ce qui hyperpolarise la membrane plasmique. (**hyperpolarisation**)

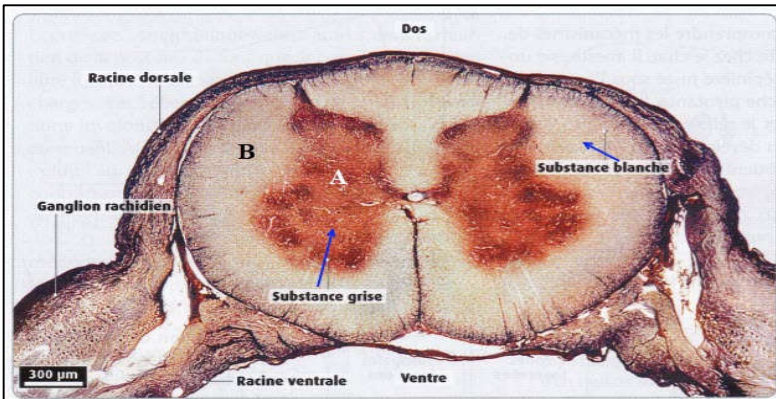
La restauration de la répartition initiale des ions Na^+ et K^+ tant qu'elle est au repos nécessite l'intervention de la pompe Na^+/K^+ ATPase qui consomme de l'énergie pour faire sortir Na^+ , et faire entrer K^+ contre leurs gradient de concentration, il s'agit d'un transport actif.

Le système nerveux est un système biologique animal responsable de la coordination des actions avec l'environnement extérieur et de la communication rapide entre les différentes parties du corps. on distingue le **système nerveux central** (encéphale et moelle épinière) du **système nerveux périphérique** (nerfs et ganglions nerveux). Les nerfs et la moelle épinière ont un rôle très important dans la transmission de l'influx nerveux.

Quelle est donc la structure du nerf et de la moelle épinière ?

1. Structure de la moelle épinière

Doc 10 : structure de la moelle épinière



► Coupe transversale au niveau de la moelle épinière d'un rat

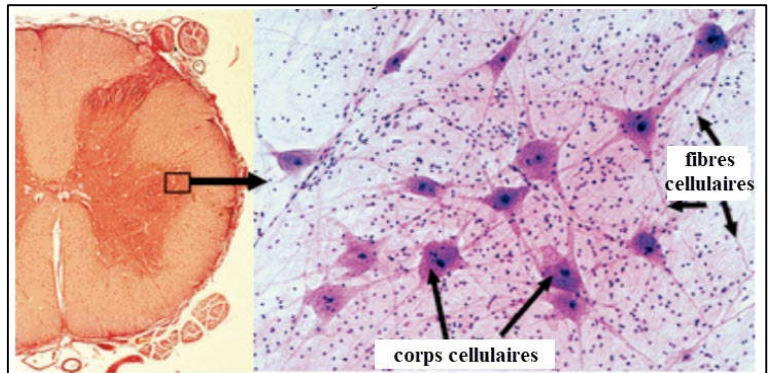
La coupe transversale de la moelle épinière présente deux régions : au centre, la substance grise (en forme de H) ; en périphérie, la substance blanche.

Chaque nerf rachidien est relié à la moelle épinière par une racine dorsale et par une racine ventrale. Les racines dorsales présentent des renflements appelés ganglions rachidiens

Organisation cellulaire de la moelle épinière ►

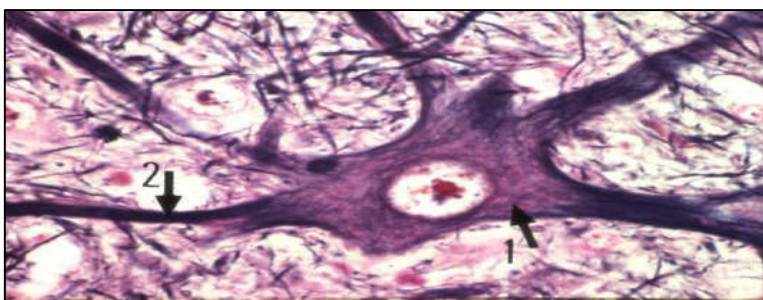
Cette observation montre la présence au niveau de la substance grise des corps en étoile constituent les corps cellulaires des cellules nerveuses et au niveau de la substance blanche, des prolongements axoniques entourés ou non d'une gaine de myéline

La gaine de myéline est une sorte d'isolant électrique élaborée par des cellules dites gliales.



► Observation microscopique du corps cellulaire avec ses prolongements axoniques

- 1 - Corps cellulaire qui contient le noyau
- 2 - Prolongement axonique (axone), appelé aussi fibre nerveuse



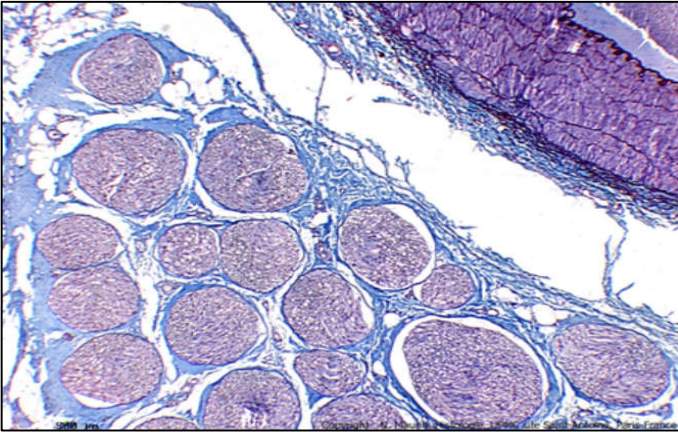
- En se basant sur les figures du document ci-dessus, **décrire** la structure de la moelle épinière.

La moelle épinière est constitué par deux zones bien distinctes, une au centre se forme de la lettre H, c'est la **substance grise** qui renferme les corps cellulaires des cellules nerveuses, et une autre à la périphérie, c'est la **substance blanche** qui renferme les des prolongements axoniques des cellules nerveuses appelés **fibres nerveuses**.

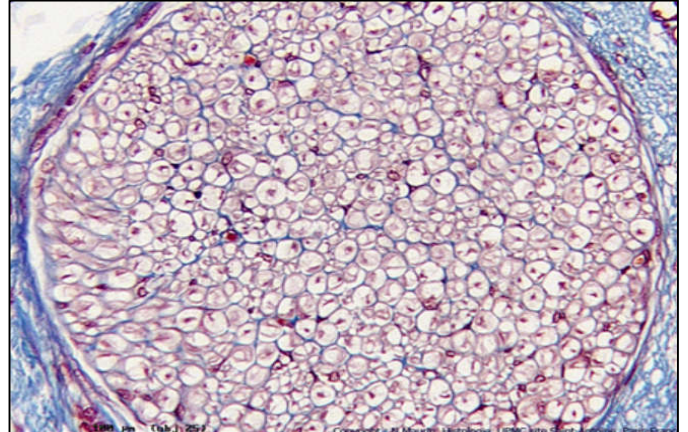
Les **fibres nerveuses** sont soit entourées par la gaine de myéline élaborée par les cellules gliales, on parle des **fibres nerveuses myélinisées**, soit dépourvues de la gaine de myélines, ce sont des **fibres amyéliniques**.

2. Structure du nerf

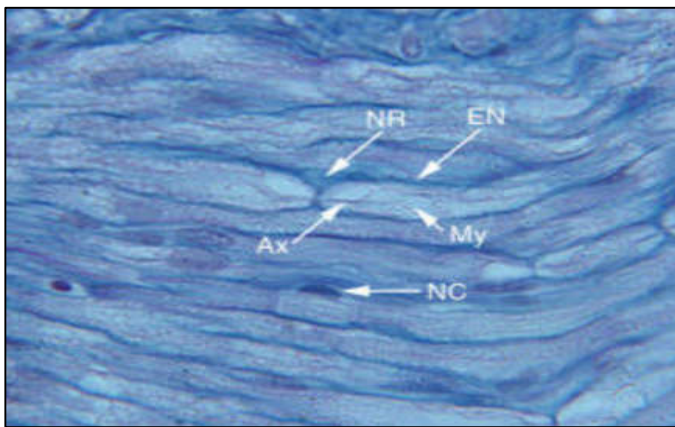
Doc 11 : structure du nerf



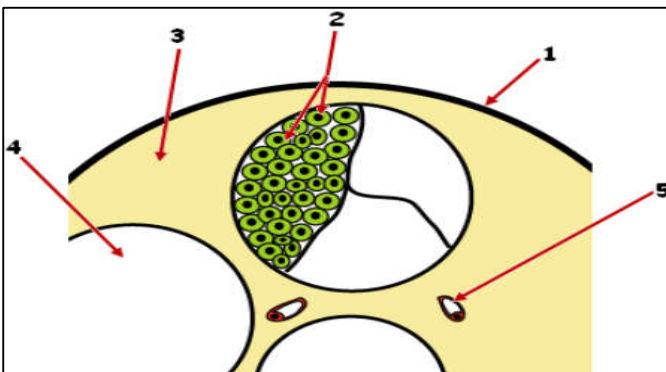
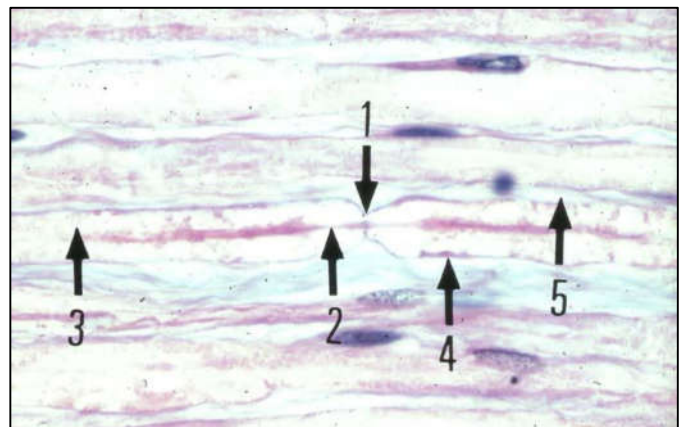
► Coupe transversale d'un nerf montrant des faisceaux de fibres nerveuses de dimensions



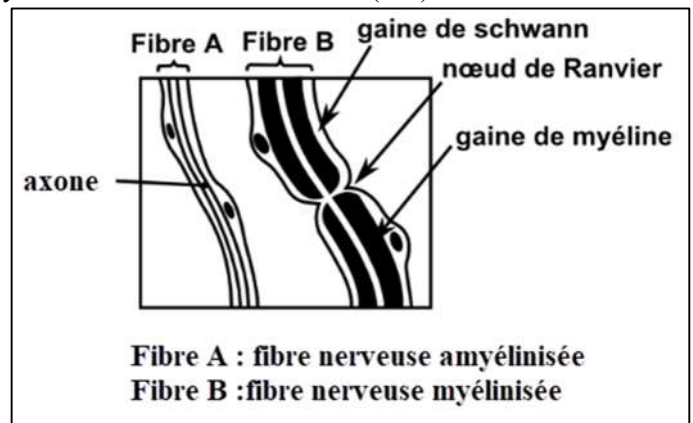
► Détail d'un faisceau de fibres montrant des fibres nerveuses myélinisées



► La gaine de myéline (My) en 3 n'est pas continue. Elle est régulièrement interrompue en 1 pour former les étranglements ou nœuds de Ranvier (NR). Le cylindraxe (axone : Ax), fléché en 2, n'est pas interrompu. On observe, en 4 le cytoplasme schwannien externe, le noyau de la cellule de Schwann (NC) et en 5 l'endonèvre (EN)



► schéma d'une coupe transversale d'un nerf



► schéma des différents types de fibres nerveuses

- D'après le document ci-dessus, **décrire** la structure du nerf

Le **nerf** est constitué d'un **ensemble des fibres nerveuses** périphériques organisées en faisceaux des fibres, ces dernières sont de dimensions différentes, entourées par un tissu conjonctif et qui contient des capillaires sanguins.

Une **fibre nerveuse** est constituée d'un **axone** entouré par une **gaine de myéline** élaborée par les cellules schwann, cette gaine de myéline n'est pas continue, elle est régulièrement interrompue par les nœuds de Ranvier.

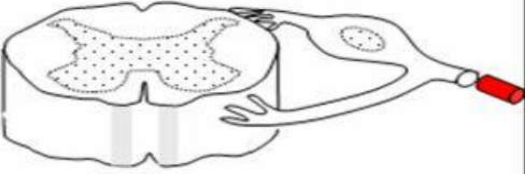
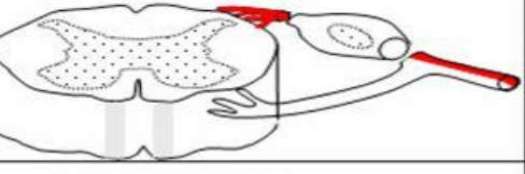
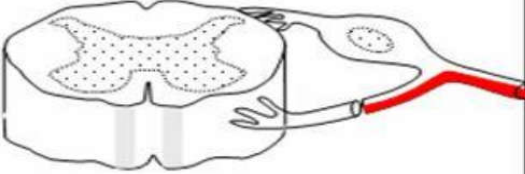
Ainsi, on distingue entre des fibres nerveuses myélinisées (entourées par la gaine de myéline), et des fibres nerveuses amyélinisées (n'ont pas entourées par la gaine de myéline).

3. Notion du neurone

a. Expériences de Magendie

Doc 12 : Expériences de section du nerf rachidien réalisées par Magendie

Dans le but de localiser le corps cellulaire des cellules nerveuses sensibles et des cellules nerveuses motrices, Magendie a réalisé ces expériences :

Expériences de section	Conséquences immédiates	Observations à plus long terme
	La région du corps innervé par le nerf rachidien sectionné perd toute sensibilité et toute motricité.	Toutes les fibres nerveuses de la portion du nerf séparé de la moelle épinière dégénèrent.
	La région du corps innervée par le nerf rachidien sectionné perd toute sensibilité. La motricité est maintenue que la section soit réalisée d'un côté ou de l'autre du ganglion.	Les fibres nerveuses dégénèrent de part et d'autre du ganglion spinal isolé ainsi que dans la partie dorsale du nerf rachidien.
	La région du corps innervée par le nerf rachidien sectionné perd sa motricité.	Les fibres nerveuses dégénèrent dans la partie de la racine antérieure séparée de la moelle épinière ainsi que dans la partie ventrale du nerf.

- Analyser et interpréter ces résultats :

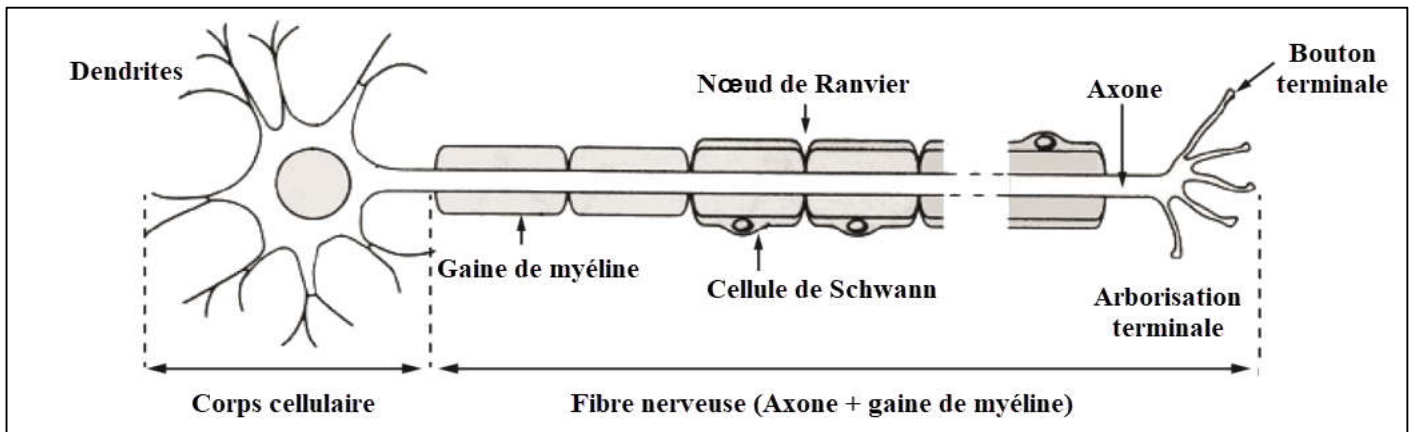
D'après l'expérience 1, on constate que quand on coupe le nerf, toutes les fibres nerveuses séparées de la moelle épinière dégénèrent. Donc les fibres nerveuses ne contiennent pas le noyau car elles se dégénèrent.

D'après l'expérience 2, on constate que si on isole le ganglion rachidien (appelé aussi ganglion spinal), il survit. ON en déduit qu'il contient les corps cellulaires des cellules nerveuses sensibles.

Et d'après l'expérience 3, constate que si on coupe la racine ventrale, les fibres nerveuses dégénèrent dans la partie de la racine séparée de la moelle épinière ainsi que dans la partie ventrale du nerf. On en déduit que le corps cellulaire des motoneurones se trouve dans la moelle épinière et que par conséquent les fibres contenues dans le nerf sont les axones.

Conclusion : le corps cellulaire de la cellule nerveuse est contenu dans la substance grise de la moelle épinière, tandis que les fibres contenues dans le nerf, contiennent le prolongement axonique (axone).

b. Notion du neurone



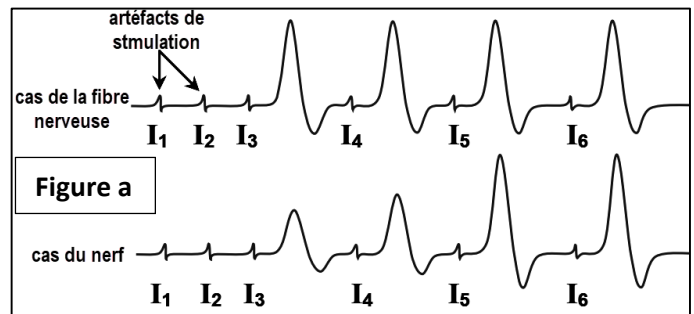
Neurone ou **cellule nerveuse** (Corps cellulaire + fibre nerveuse + arborisation terminale) est l'unité fondamentale et fonctionnelle du système nerveux.

1. Propriétés de la fibre nerveuse

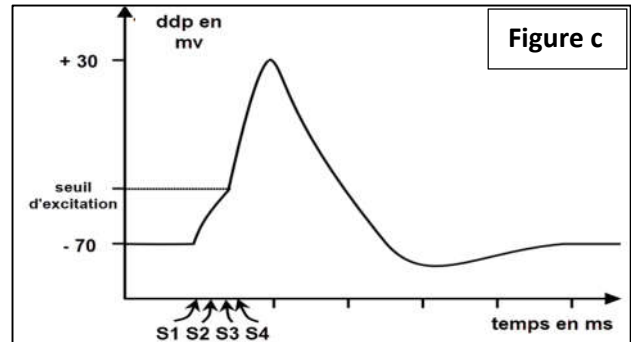
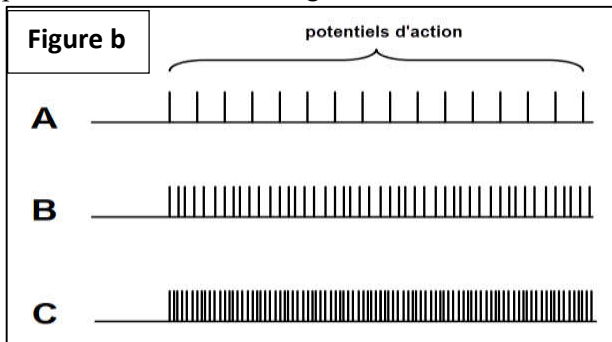
Doc 13 : quelques propriétés de la fibre nerveuse

A l'aide d'un dispositif expérimental convenable, on applique sur un nerf et sur une fibre nerveuse séparément, des excitations d'intensité croissante, les résultats sont représentés sur la **figure a** ci-contre.

Des excitations d'intensité croissante $A > B > C$, sont appliquées sur une fibre nerveuse in situ, à l'état physiologique normale, les résultats sont représentés sur la **figure b**.



des excitations infraliminaires (inférieures à la rhéobase), de la même intensité, ont été appliquées sur une fibre nerveuse, lorsque ces excitations sont éloignées, il n'y a pas de réponses. Et lorsque ces excitations sont rapprochées, un potentiel d'action est enregistré comme le montre la **figure c**.



1- Analyser les résultats de la figure a, **que** peut-on **déduire** ?

Dans le cas de la fibre nerveuse, Pour les les excitations I1 et I2, il n'y a pas de réponses, se sont des excitations inefficaces (en dessous de la rhéobase). A partir de l'excitation I3, des potentiels d'action sont enregistrés, l'amplitude des PA ne varie pas quelque soit l'augmentation de l'intensité. La réponse obtenue est maximale. La fibre isolée obéit à la **loi du tout ou rien**. Soit qu'elle repond si l'intensité atteint le seuil, si non pas de réponse.

Dans le cas du nerf, même chose, pour les deux premières excitatioons I1 et I1, il n'y a pas de réponses, et à partir de I3, des potentiels d'action sont enregistrés dont l'amplitude est d'autant plus élevée que l'intensité est forte. Aux intensités très élevées, l'amplitude des potentiels d'actions ne varie plus.

L'augmentation de l'amplitude est due à la structure du nerf qui est constituée par plusieurs fibres nerveuses, et plus l'intensité augmente, plus le nombre de fibres nerveuses excitées augmente aussi, ceci provoque l'augmentation de l'amplitude du PA enregistré. C'est la **loi de recrutement**.

2- D'après la figure b, **comment** il est codé le message nerveux ?

Plus l'intensité de stimulation est grande, plus la fréquence (le nombre) des potentiels d'action est élevée : au niveau d'une fibre nerveuse, le message nerveux est codé par la **fréquence des potentiels d'actions**.

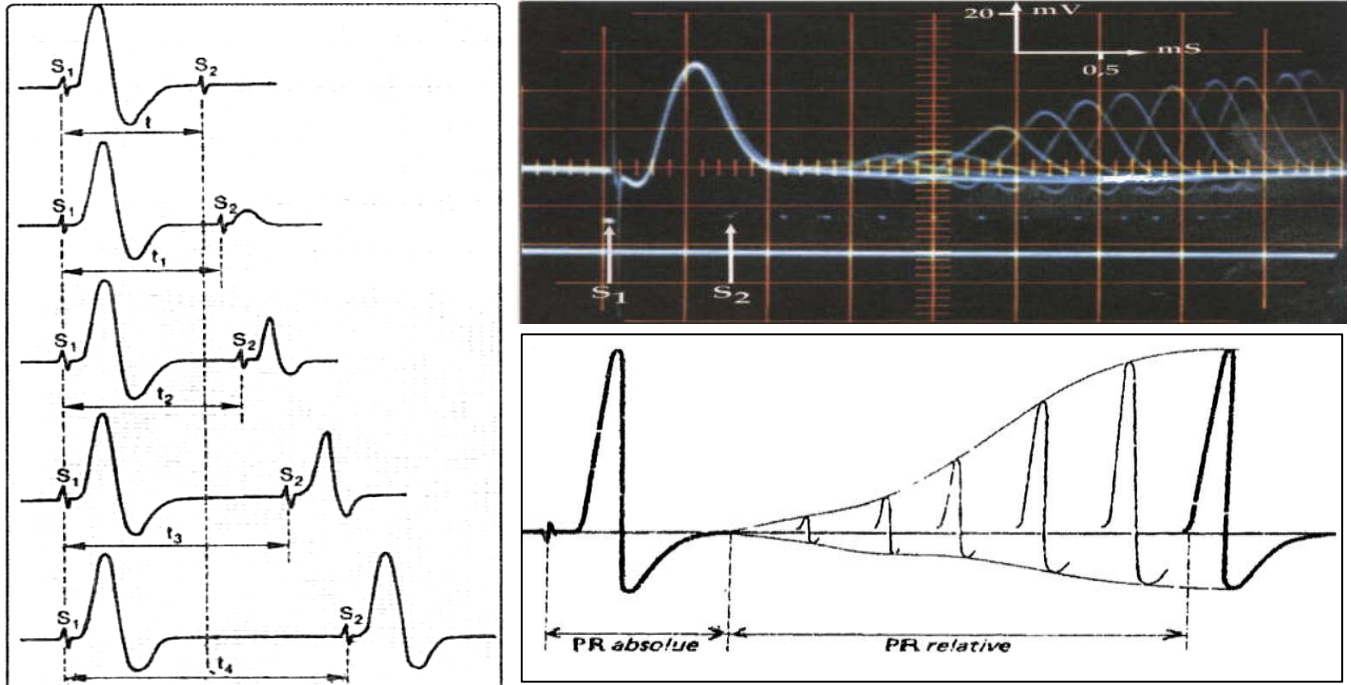
3- D'après l'analyse de la figure c, **que** peut-on **déduire** ?

Des excitations infraliminaires de la même intensité mais rapprochées permet d'enregistrer un potentiel d'action, ceci peut s'expliquer par l'addition des effets de ces excitations l'un à l'autre pour atteindre le seuil et par conséquence enregistrer un PA. C'est la **sommation temporelle**.

2. Période réfractaire

Doc 14 : période réfractaire de la fibre nerveuse

A l'aide d'un dispositif expérimental, on applique deux excitations efficaces S1 et S2 sur une fibre nerveuse, lorsque ces excitations sont très rapprochées, seule la première permet d'enregistrer un potentiel d'action, l'excitation S2 ne produit qu'un artéfact de stimulation, et lorsque l'excitation S2 s'est appliquée après un temps de 1 ms, un potentiel d'action est enregistré, son amplitude est croissante et devient de même que le potentiel d'action enregistré suite à l'excitation S1 à partir de t4 comme le montre les figures ci-dessous



1- Qu'appelle-t-on la période pendant laquelle la fibre nerveuse ne répond pas ?

Après une excitation efficace, la fibre nerveuse devient inexcitable pendant un certain temps qui est d'environ 1 ms, cette période de temps est appelée **période réfractaire absolue**.

2- Et qu'appelle-t-on la période pendant laquelle la fibre nerveuse répond par l'enregistrement d'un potentiel d'action mais de faible amplitude ?

Après la période réfractaire absolue, la fibre nerveuse répond à l'excitation par l'enregistrement des potentiels d'action de faible amplitude mais qui augmente avec le temps jusqu'à l'obtention de la même amplitude enregistrée par la première excitation. Cette période est appelée **période réfractaire relative**.

3. La fibre nerveuse et la conduction de l'influx nerveux

3.1 les conditions de la conduction de l'influx nerveux

Doc 15 : conditions de la conductibilité

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

Le liquide extracellulaire doit être de composition convenable permettant les échanges d'ions.

L'onde de négativité ou onde de dépolarisation née au point excité appelée également influx nerveux, se propage dans les deux sens de part et d'autre de ce point, dans le cas de fibre isolée. Dans une chaîne neuronique (à l'intérieur de l'organisme vivant), la propagation de cet influx se fait dans un sens unique qui est toujours du corps cellulaire vers la terminaison nerveuse.

3.2 les modalités de la conduction de l'influx nerveux

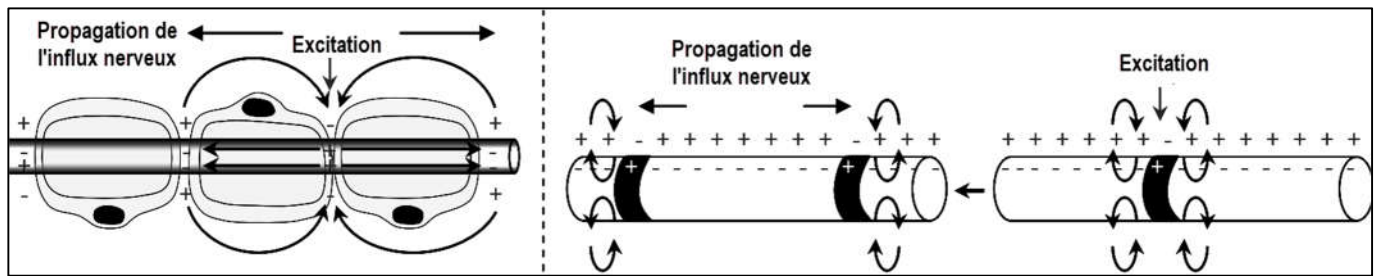
Doc 16 : facteurs influençant la conduction de l'influx nerveux

Le tableau ci-contre, représente quelques facteurs influençant la vitesse de la conduction de l'influx nerveux.

Et la figure ci-dessous, représente à l'aide des schémas explicatifs, la conduction de l'influx nerveux selon le type des fibres nerveuse.

- 1- **Que peut-on déduire** de l'analyse des données de ce tableau ?
- 2- A l'aide des schémas ci-dessous, **expliquer** la variation de la vitesse de conduction

Types de fibres nerveuses	Diamètre	Vitesse de conduction en m/s
Fibres nerveuses myélinisées de mammifères	10 μm	60
	20 μm	120
Fibres nerveuses myélinisées du nerf sciatique de grenouille	10 μm	17
	20 μm	30
Axone géant amyélinisé du calmar	1 mm	33



- 1- D'après le tableau ci-dessus, les facteurs qui influencent la vitesse de la conduction de l'influx nerveux sont :
 - **Le type de la fibre nerveuse**, les fibres myélinisées sont plus rapides que les fibres amyélinisées,
 - **Le diamètre** : plus le diamètre de la fibre est grand plus la conduction est rapide
 - **Et l'espèce** : la conduction est élevée chez les mammifères et faible chez les amphibiens
- 2- La myéline est une substance isolante , son absence sur les fibres amyélinisées provoque une conduction **continue** d'un point à l'autre avoisinant , sa présence sur les fibres myélinisées provoque une conduction **saltatoire** d'un nœud de Ranvier à l'autre.

L'essentiel à retenir

- Le potentiel d'action obéit à la loi du tout ou rien
- Pour un nerf, plus l'intensité d'excitation croît, plus l'amplitude du PA augmente, c'est la loi de recrutement.
- Le potentiel d'action est codé par la fréquence des potentiels
- Des excitations infraliminaires mais rapprochées permet d'enregistrer un PA, c'est la sommation temporelle
- Après une excitation efficace, la fibre nerveuse devient inexcitable pendant un certain temps, cette période de temps est appelée période refractaire, soit absolue s'il n'y a pas de réponses, sinon relative si un potentiel de faible amplitude est enregistré.
- Parmi les facteurs influençant la vitesse de la conduction de l'influx nerveux on trouve : le type de la fibre (myélinisé ou non), le diamètre de la fibre et l'espèce.
- Deux types de conduction de l'influx nerveux sont distingués : conduction continue et conduction saltatoire

Les neurones impliqués dans un réseau ne communiquent pas physiquement les uns avec les autres. Les observations montrent en effet l'existence d'un intervalle au point de contact entre deux neurones. Cette zone de rapprochement est appelée synapse.

- Quelle est la structure d'une synapse et quels sont les différents types ?
- Comment se fait la transmission synaptique de l'influx nerveux ?

1. Structure et types de synapses

a. Structure de la synapse

Doc 17 : structure de la synapse

Les neurones sont connectés via ce qu'on appelle des **synapses**. Ces synapses permettent de faire passer un potentiel d'action d'un neurone vers un autre. Le neurone qui émet le potentiel d'action est appelé le neurone présynaptique, alors que le neurone qui reçoit le potentiel d'action est le neurone postsynaptique, séparés par un espace appelé fente synaptique.



Figure a : observation microscopique d'une synapse chimique

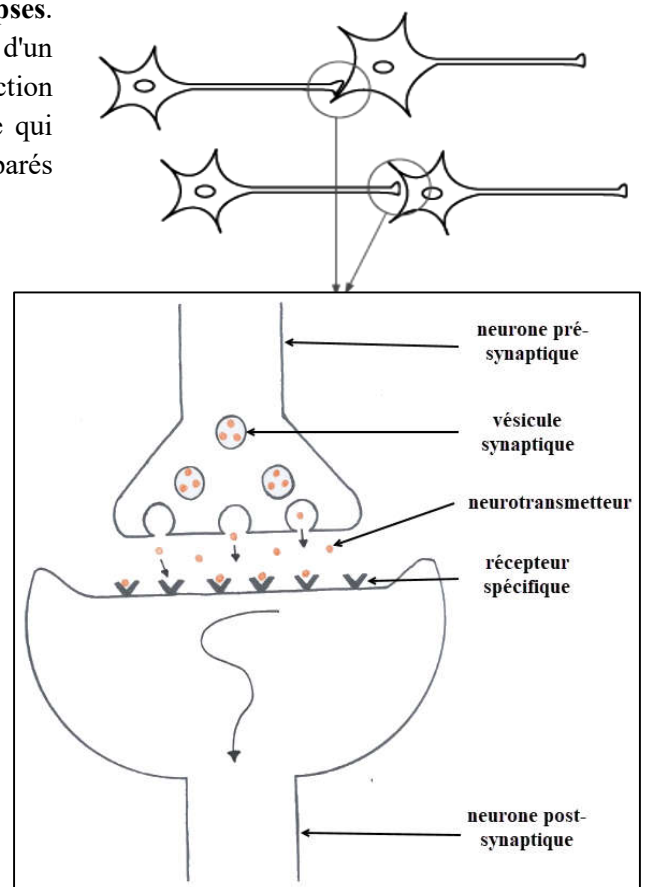


Figure b : organisation schématique d'une synapse chimique

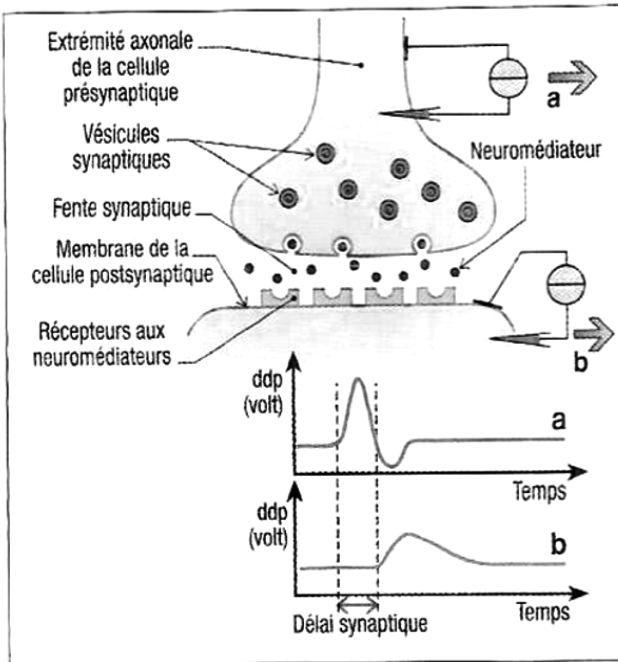
1- Décrire la structure de la synapse

Chaque synapse est constituée de trois éléments :

- L'élément présynaptique. Il s'agit de la terminaison axonique. Cet élément possède de **nombreuses vésicules synaptiques**
- la fente synaptique ou l'espace intersynaptique de quelques nanomètres
- L'élément postsynaptique

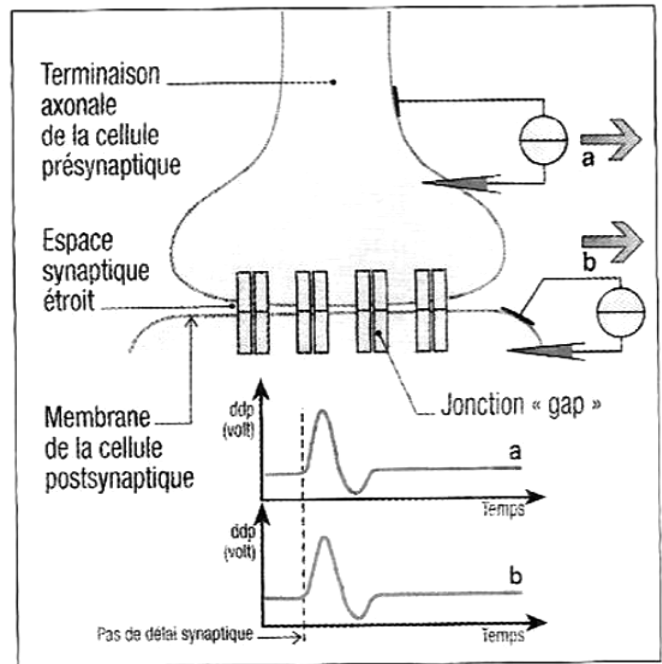
b. Types de synapses

Doc 18 : types de synapses



Les **synapses chimiques** déversent des substances chimiques dans leur environnement, ces molécules étant appelées des **neurotransmetteurs**. Ces neurotransmetteurs vont agir sur le neurone postsynaptique, pour créer des potentiels d'action.

Il existe plusieurs types de synapses chimiques notamment : synapses axoaxoniques, synapses axodendritiques et synapses axosomatiques.



Les **synapses électriques** sont des points de contact entre deux neurones qui leur permettent d'échanger des ions. Le transfert d'un potentiel d'action d'un neurone à un autre s'effectue ainsi par conduction passive à travers le point de contact. Les deux neurones sont liés par des jonctions communicantes. Ces jonctions peuvent s'ouvrir ou se fermer comme tous canaux ioniques.

1- Comparer entre les deux types de synapses

Synapse chimique	Synapse électrique
Fonctionne par des substances chimiques dites neurotransmetteurs	Les deux neurones sont liés par des jonctions communicantes dites jonctions gap
Fente synaptique espacée	Fente synaptique étroite
Présence d'un délai synaptique	Pas de délai synaptique
Transmission lente	Transmission rapide

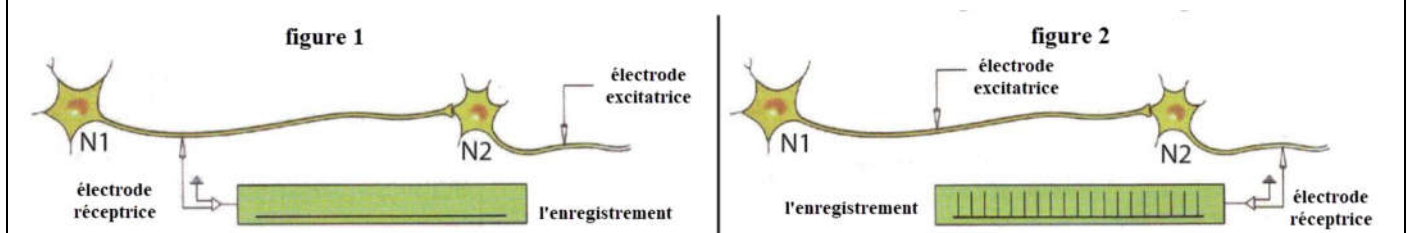
2- La synapse électrique est rapide mais, elle présente un désavantage, lequel ?

Généralement, la propagation de l'influx nerveux est unidirectionnel, mais dans le cas des synapses électriques, les potentiels d'action peuvent passer dans les deux sens.

2. Sens de la propagation de l'influx nerveux

Doc 19 : sens de la propagation de l'influx nerveux

à l'aide d'un dispositif, on applique des excitations efficaces au niveau de N1 et on enregistre au niveau de N2 :



1- **Interpréter** les deux enregistrements

Sur la figure 1, l'excitation au niveau du neurone 2 ne permet pas d'enregistrer un potentiel d'action au niveau du neurone 2, cela signifie que l'influx nerveux n'a pas été transmis du N2 vers N1.

Sur la figure 2, l'excitation au niveau du neurone 1 a permis d'enregistrer un potentiel d'action au niveau du neurone N2, ce qui veut dire que l'influx nerveux a été transmis du N1 vers N2.

2- **Que** peut-on **déduire** ?

On déduit que l'influx nerveux se propage dans un seul sens, du corps cellulaire vers l'arborisation terminale, il est donc **unidirectionnel**.

3. Fonction des synapses

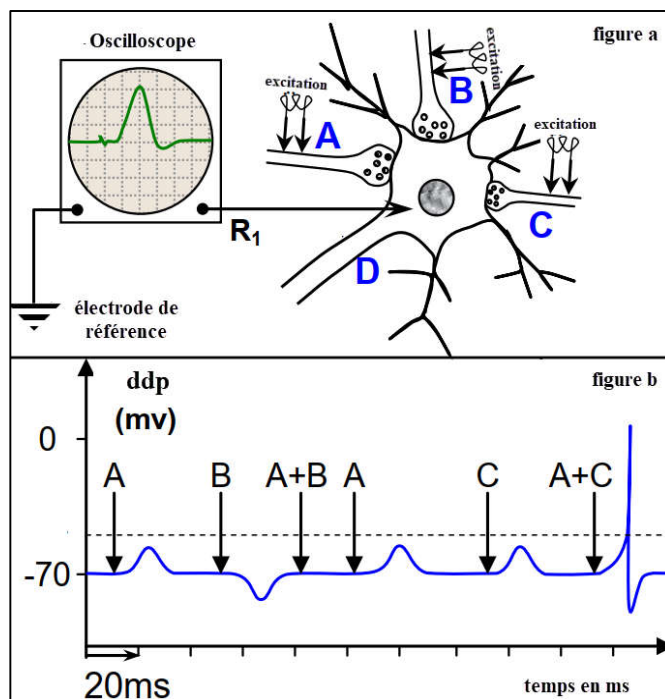
Doc 20 : fonctionnement des synapses

Une excitation efficace de l'élément présynaptique A, déclenche la naissance d'une légère dépolarisation au niveau de la membrane postsynaptique, cette légère dépolarisation appelée potentiel postsynaptique excitateur (**PPSE**).

une autre excitation efficace de l'élément présynaptique B déclenche la naissance d'une légère hyperpolarisation au niveau de la membrane postsynaptique, cette légère hyperpolarisation appelée potentiel postsynaptique inhibiteur (**PPSI**)

lorsque on applique deux excitations efficaces au niveau de l'élément présynaptique A et une autre au niveau de l'élément B, un potentiel de repos est enregistré.

Et lorsqu'on applique deux excitations efficaces, une au niveau de A et l'autre au niveau de C qui a le même rôle que A, on enregistre un potentiel d'action au niveau de l'élément postsynaptique D.



1- **Interpréter** ces résultats

La synapse entre A et D est une **synapse excitatrice**, l'élément présynaptique A a un rôle excitateur et le PPSE est une réponse locale propagée à une courte distance. Même chose pour la synapse entre C et D.

La synapse entre B et D est une **synapse inhibitrice**, l'élément présynaptique B a un rôle inhibiteur et le PPSI est une réponse locale propagée à une courte distance.

L'excitation à la fois de A (synapse excitatrice) et B (synapse inhibitrice) n'enregistre qu'un potentiel de repos, cela veut dire que l'élément postsynaptique répond à la sommation algébrique des potentiels postsynaptiques. Et lorsque cette sommation atteint le seuil, un potentiel d'action est enregistré.

2- **Que** peut-on **déduire** ?

On déduit que les synapses sont de deux types, soit excitatrice, si un PPSE est enregistré, soit inhibitrice, si un PPSI est enregistré. Ainsi, l'élément postsynaptique répond à la sommation algébrique des potentiels postsynaptiques (PPSI et PPSE)

4. Mécanisme de la transmission synaptique

Doc 21 : mécanisme de la transmission synaptique

Pour bien comprendre le mécanisme de la transmission de l'influx nerveux, d'un neurone à un autre, on réalise des observations microscopiques au niveau de la synapse liant les deux neurones, avant l'excitation et après l'excitation. Les résultats de cette expérience sont représentés sur les figures ci-dessous.

La figure c, représente les différentes étapes de la transmission de l'influx nerveux via une synapse chimique.

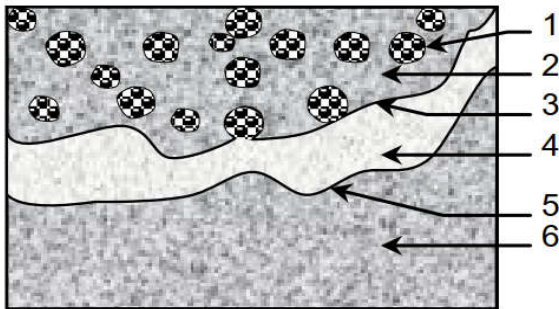


Figure a : synapse avant l'excitation

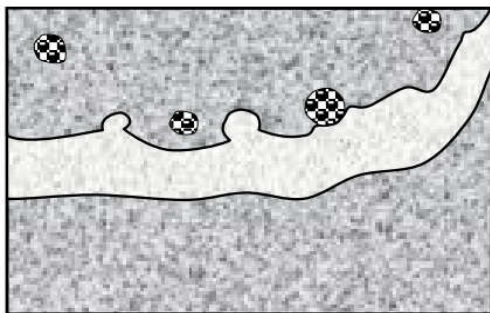


Figure b : synapse après excitation

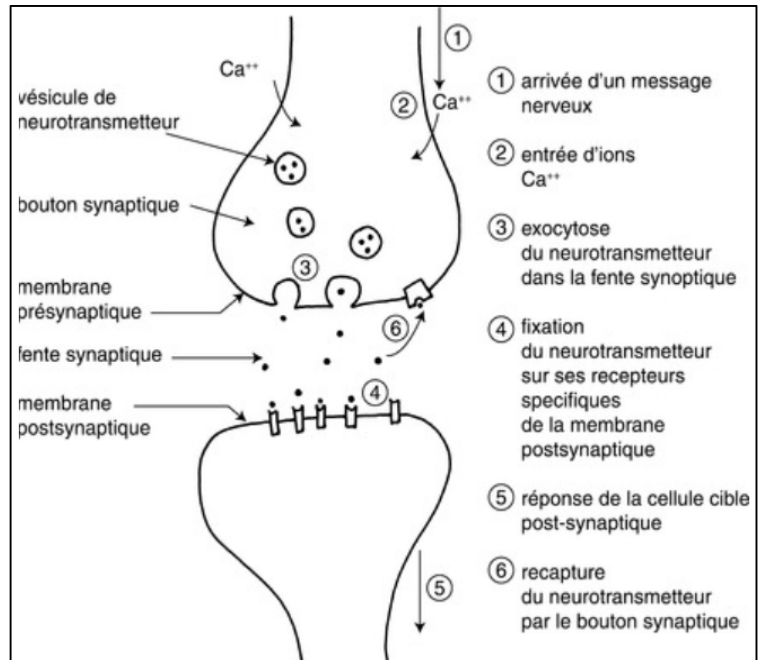


Figure c : codage chimique du message nerveux

1- **Légender** le schéma de la figure a.

- | | | |
|------------------------|--|---|
| 1- Vésicule synaptique | 2- Cytoplasme du neurone présynaptique | 3- Membrane du neurone présynaptique |
| 4- Fente synaptique | 5- Membrane du neurone postsynaptique | 6- Cytoplasme du neurone postsynaptique |

2- **Comparer** entre la synapse avant l'excitation et après l'excitation, que peut-on déduire ?

Avant l'excitation, le nombre de vésicules synaptiques est très important, et après l'excitation ce nombre devient très faible, ainsi, ces vésicules se fusionnent avec la membrane du neurone présynaptique pour libérer leur contenu en substances chimiques au niveau de la fente synaptique.

On déduit que la transmission du message nerveux du neurone présynaptique au neurone postsynaptique est assurée par un intermédiaire chimique appelé **neurotransmetteur** contenu dans les vésicules synaptiques.

La transmission synaptique nécessite donc la conversion d'un signal électrique en un signal chimique puis la reconversion du signal chimique en un signal électrique.

3- D'après le schéma de la figure c, **quelles sont** les principales étapes de la transmission du message nerveux ?

L'arrivée du PA permet l'**ouverture des canaux Ca^{2+}** qui dépendent du voltage,

L'ouverture des canaux Ca^{2+} permet une **entrée massive des ions Calcium**, ces derniers favorisent la **libération du neurotransmetteur** dans la fente synaptique,

Le neurotransmetteur se lie spécifiquement à ses récepteurs au niveau du neurone postsynaptique

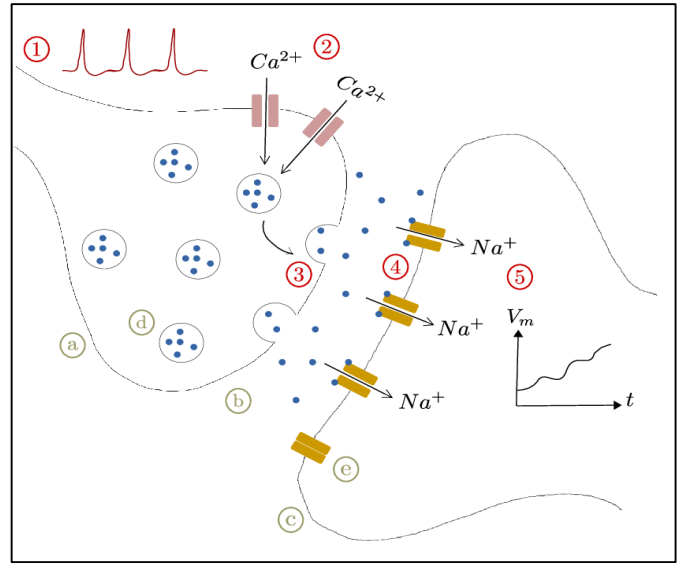
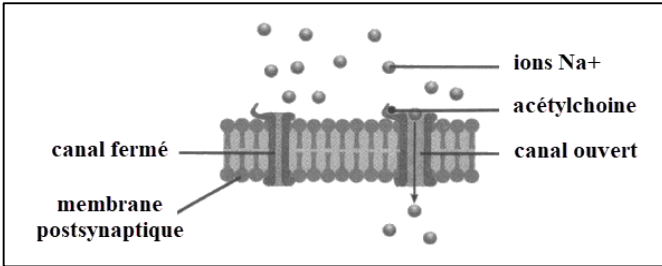
La fixation du neurotransmetteur sur ses récepteurs permet l'ouverture des canaux ioniques notamment ceux de Na^+ , K^+ et Cl^- , l'entrée ou la sortie d'un type d'ion déclenche l'apparition, soit d'un **PPSE** ou bien un **PPSI**.

5. Synapse excitatrice et synapse inhibitrice
a. Synapse excitatrice

Doc 22 : mécanisme de la synapse excitatrice

dans le cas d'une synapse excitatrice, de nombreux neurotransmetteurs excitateurs sont impliqués notamment celui de l'acétylcholine, qui joue un rôle important aussi bien dans le système nerveux central, où elle est impliquée dans la mémoire et l'apprentissage, que dans le système nerveux périphérique, notamment dans l'activité musculaire.

Les schémas ci-joints représentent le fonctionnement de ce neurotransmetteur.



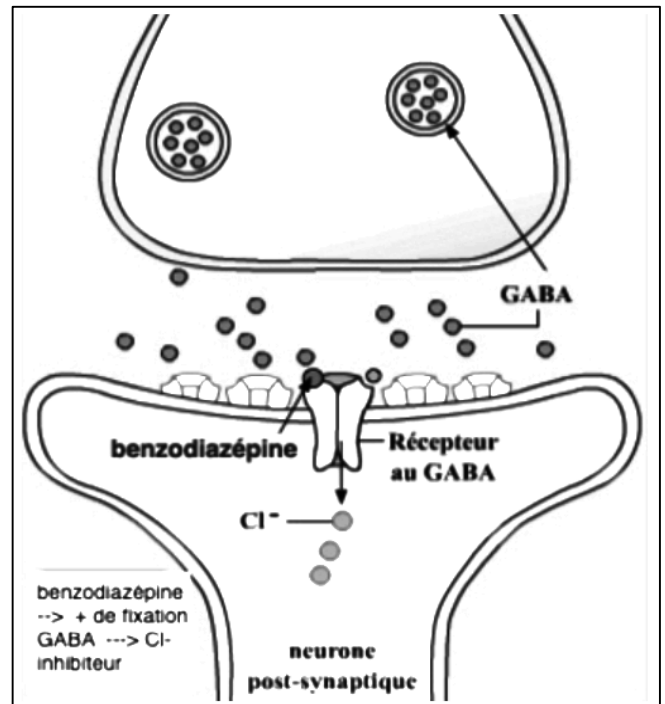
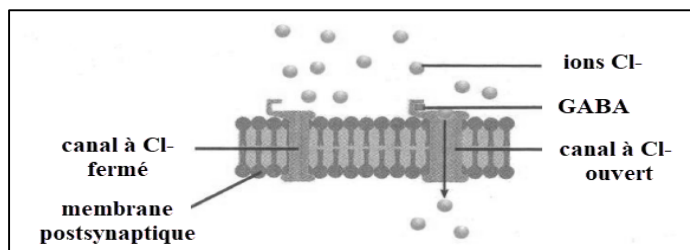
- D'après les schéma ci-dessus, **expliquer** comment l'acétylcholine exerce son effet inhibiteur ?
- Après son fixation sur ses récepteurs spécifiques, des **canaux ioniques à Na⁺ sont ouverts**, ainsi, les ions Na⁺ traversent la membrane postsynaptique ce qui donne naissance à un potentiel postsynaptique excitateur ou **PPSE**.

b. Synapse inhibitrice

Doc 23 : mécanisme de la synapse inhibitrice

dans le cas de la synapse inhibitrice, également de nombreux neurotransmetteurs sont impliqués, l'exemple qu'on va étudier est celui de L'acide γ -aminobutyrique, souvent abrégé en GABA, c'est le principal neurotransmetteur inhibiteur du système nerveux central chez les mammifères et les oiseaux. Chez les insectes, il est présent dans tout l'organisme. Il joue un rôle important chez l'adulte en empêchant l'excitation prolongée des neurones.

Les schémas ci-joints, représentent le fonctionnement de ce neurotransmetteur.



- D'après les schéma ci-dessus, **expliquer** comment GABA exerce son effet inhibiteur sur le système nerveux ?
- Après son fixation sur son récepteur spécifique au niveau de la membrane du neurone postsynaptique, Gaba, permet l'**ouverture des canaux ioniques à Cl⁻** ce qui provoque une **entrée massive de ces ions**, favorisant ainsi l'apparition d'un potentiel postsynaptique inhibitrice ou **PPSI**.

6. Intégration neuronale

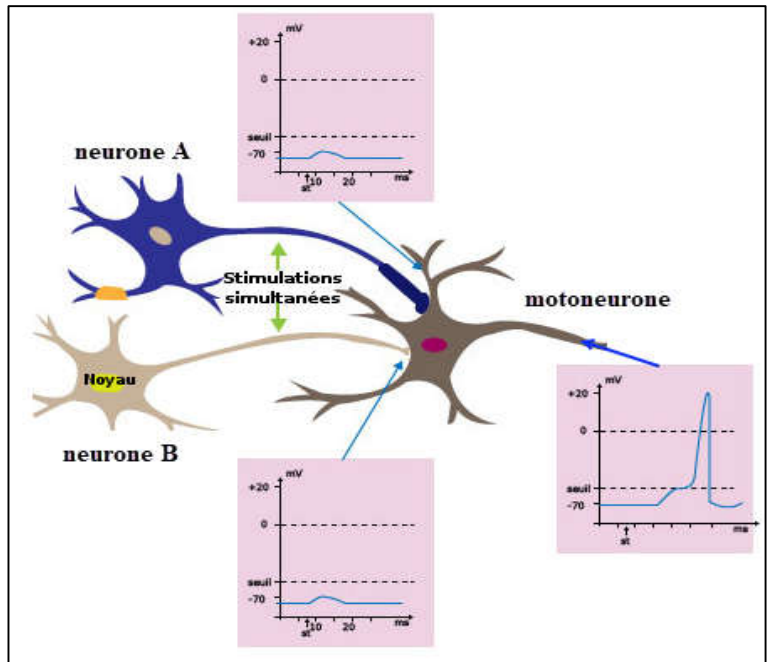
Doc 24 : l'intégration neuronale

Un motoneurone peut recevoir plusieurs stimulations excitatrices au niveau de son corps cellulaire.

Dans l'exemple ci-contre, on a deux neurones A et B qui sont liés par des synapses axosomatiques au motoneurone, deux stimulations sont appliquées simultanément, chacune de ces stimulations provoque une légère dépolarisation (PPSE), ce sont donc des synapses excitatrices.

Au niveau de l'axone du motoneurone, et à l'aide d'un oscilloscope, un potentiel d'action est enregistré.

On peut avoir le même résultat si on applique au niveau de l'un des deux neurones des stimulations infraliminaires mais rapprochées.



1- Expliquer ces résultats :

L'enregistrement du potentiel d'action au niveau de l'axone du motoneurone est dû à l'ajout des deux potentiels postsynaptiques excitateurs provoqués par les stimulations des deux neurones A et B, c'est la sommation spatiale.

Si on applique des stimulations rapprochées au niveau de l'un des deux neurones, un potentiel d'action est également enregistré au niveau de l'axone du motoneurone, c'est la sommation temporelle.

7. Effet de certaines substances sur le fonctionnement de la synapse (exemple du curare)

Doc 25 : effet du curare sur la transmission du message nerveux

Le **curare** est une substance extraite de certaines lianes d'Amazonie, qui provoque une paralysie des muscles. La substance est un poison extrêmement puissant. Il est utilisé par certains Amérindiens et Aborigènes pour enduire les flèches.

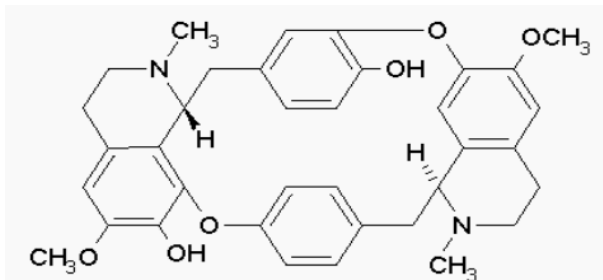


Figure a : formule chimique du curare

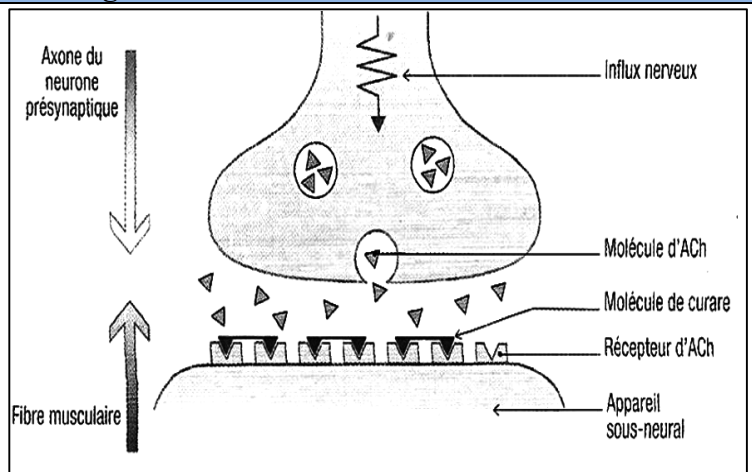


Figure b : effet du curare sur la fibre nerveuse

- D'après la figure b, **expliquer** comment le curare provoque une paralysie des muscles chez le proie ?

D'après la figure b, on observe que les molécules du curare ont la même forme que celles de l'acétylcholine, ceci permet au curare de se fixer sur les récepteurs à acétylcholine, ce qui provoque un blocage de ces récepteurs, et par conséquent, blocage de la transmission du message nerveux, et donc pas de contraction des muscles (paralysie).

\$\$\$\$\$ Fin du Cours \$\$\$\$\$