

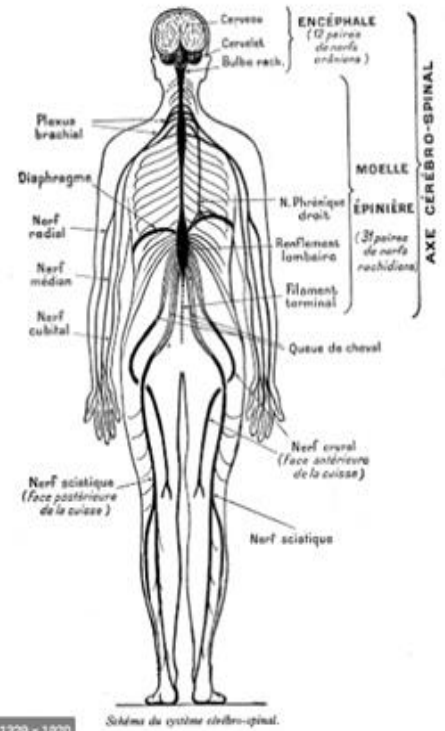
Les prérequis :



1- Deux joueurs de football communiquent avec l'emplacement du ballon.

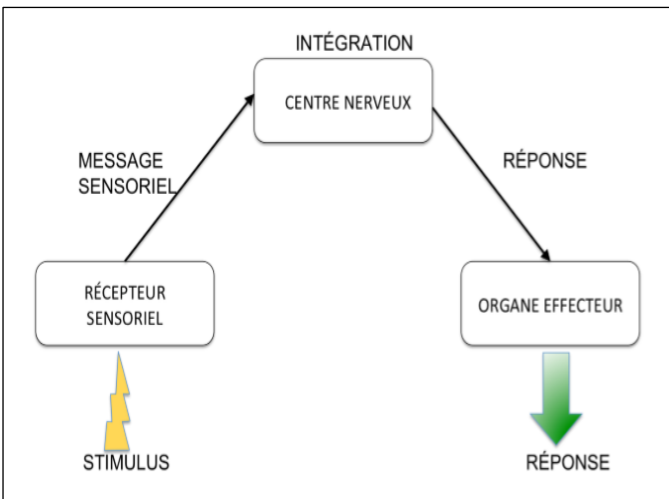
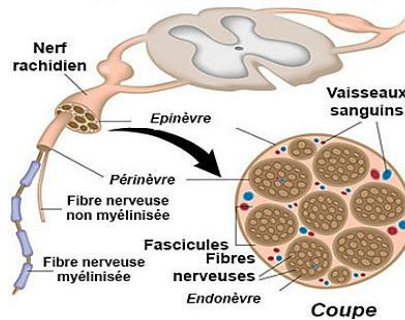


2 - Tissu nerveux montrant des connexions nerveuses.



D'après les figures du document dégagez les modalités de communications avec le milieu extérieur ainsi que les structures intervenantes

Anatomie d'un nerf



-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 parle de **communication nerveuse**.
 - Cette communication est assurée par un réseau de nerfs qui parcourent tout le corps conduisant les messages nerveux sensitifs issues des organes sensitifs vers les centres nerveux, et les influx nerveux moteurs vers les organes effecteurs
 -Les nerfs sont formés de fibres nerveuses parallèles, qui sont elles-mêmes des prolongements (axones ou dendrites) de cellules nerveuses (→ neurones).

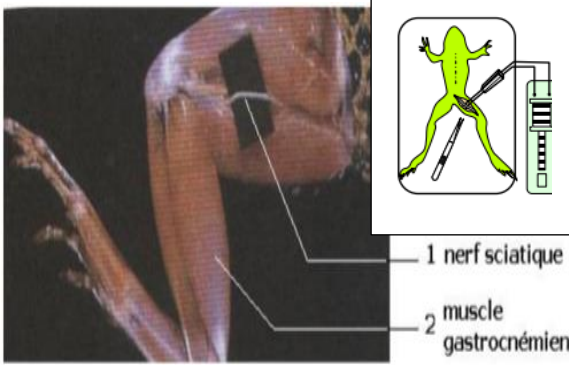
Questions :

- * Quelles sont les caractéristiques des nerfs comme des liens anatomiques entre le système nerveux et les organes? Comment les mettre en évidence et les enregistrer?
- * Comment le message naît-il et se propage-t-il au niveau des nerfs et les synapses? Quelle est sa nature?

I- Quelles sont les caractéristiques du nerf et comment les mettre en évidence et les enregistrer ?

1- Mise en évidence des caractéristiques du nerf :

a- Protocole expérimental



Dans le but de mettre en évidence les deux propriétés du nerf, on isole par dissection le nerf sciatique de la patte postérieure d'une grenouille décérébrée. On peut stimuler le nerf par l'application de différents types de stimulations (chimique, mécanique ou électrique). Dans ce cas on réalise une stimulation électrique efficace on constate la contraction du muscle gastrocnémien.

1-D'après vos connaissances interprétez le résultat de l'expérience ? que peut-on déduire

Après avoir sectionné le nerf on excite sa partie centrale liée à la moelle épinière résultat pas de réponse.

2-que peut-on déduire.

- 1- La contraction du muscle est une réponse à l'excitation du nerf donc le nerf est capable d'être excité on parle de la caractéristique : **excitabilité**, une excitation efficace produit un **influx nerveux**
- 2- Une fois sectionner le nerf n'arrive pas à conduire l'influx nerveux jusqu'au muscle qui ne se contracte pas donc le nerf possède la caractéristique : **conductibilité**

Conclusion :

Le nerf a deux caractéristiques : il est excitable et conducteur

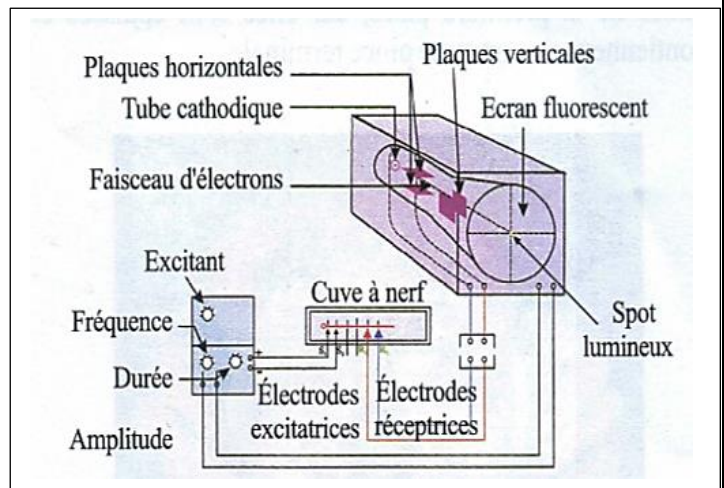
b- Les techniques d'étude des caractéristiques du nerf

Différents techniques et dispositifs expérimentaux ont été utilisés pour étudier et enregistrer les caractéristiques du nerf tel que :

A - le dispositif expérimental utilisant l'oscilloscope :

L'oscilloscope est formé, essentiellement :

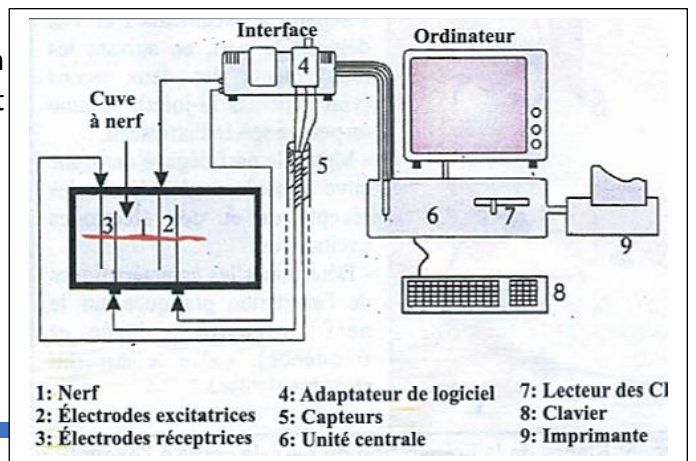
- D'un tube cathodique qui donne naissance à un faisceau d'électrons par chauffage d'un fil appelé **cathode**. Ces électrons tombent sur un écran fluorescent en marquant un spot lumineux.
- Deux plaques verticales avec une différence de potentiel électrique entre elles, qui déplace le spot lumineux horizontalement de gauche à droite
- deux plaques horizontales chacune est reliée à une électrode réceptrice qui, verticalement, devient le spot lumineux.
- Les deux types de plaque fonctionnent en même temps , et donnent, sur l'écran de l'oscilloscope une



courbe traduisant les variations du potentiel électrique du nerf, en fonction du temps après une excitation efficace.

B – Dispositif d'expérimentation assisté par ordinateur : ExAO

C'est une technique plus évoluée dite expérimentation assistée par ordinateur ExAO. Elle permet la réalisation des expériences sur des nerfs d'animaux invertébrés et facilite l'acquisition des données et le traitement des résultats. L'interface du dispositif ExAO fonctionne avec un logiciel et assure l'excitation du nerf et l'enregistrement d'une courbe traduisant son activité électrique, en fonction du temps. Les caractéristiques de l'excitation apparaissent sur son écran, ou sur celui de l'ordinateur,(durée, intensité, fréquence)



Décrire le principe des techniques utilisées pour étudier Et enregistrer l'activité du nerf ?

Une fois le nerf de l'animal est disséqué, il est placé sur les électrodes d'une cuve à nerf (deux types d'électrodes : deux électrodes excitatrices : E_1 et E_2 ; des électrodes réceptrices $R_1, R_2, R_3, R_4, \dots$)
Les réponses à diverses stimulations électriques donnent naissance à des messages nerveux sous forme d'activité électrique qui parcourent le nerf et qui on peut amplifier et enregistrer soit par la technique à oscilloscope ou ExAO.

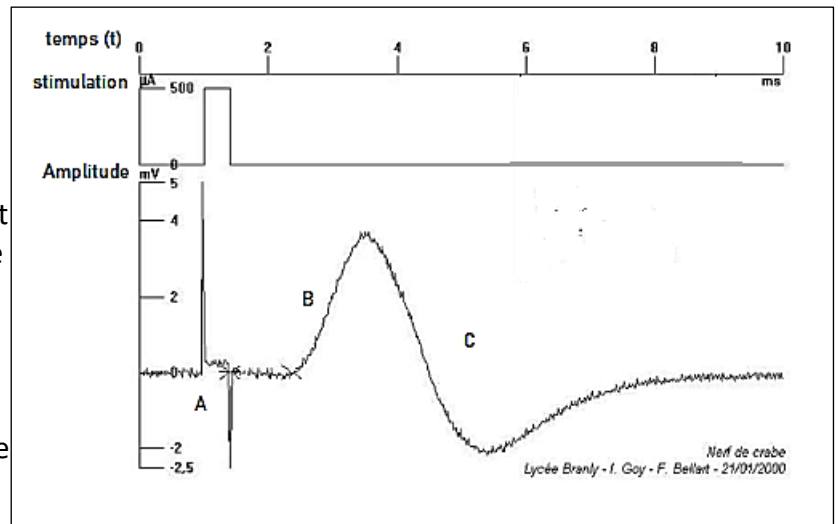
c- Analyse des résultats obtenus

❖ Exercice 1

On réalise une stimulation électrique dont l'intensité est efficace (supérieure ou égale au seuil d'excitation) pour obtenir une réponse du nerf.

L'enregistrement obtenu s'appelle le potentiel global du nerf, son amplitude reflète la différence du potentiel entre deux points à la surface du nerf.

Le document ci-dessous est l'enregistrement de l'activité électrique du nerf moteur d'une des pattes du carabe



décrire les caractéristiques des différentes phases du potentiel global du nerf
quelle propriété du nerf est mise en évidence

Le potentiel global du nerf traduit son activité électrique qui se caractérise par une modification de l'état électrique à la surface du nerf. Ce potentiel est divisé en 3 phases :

A= L'artefact de stimulation

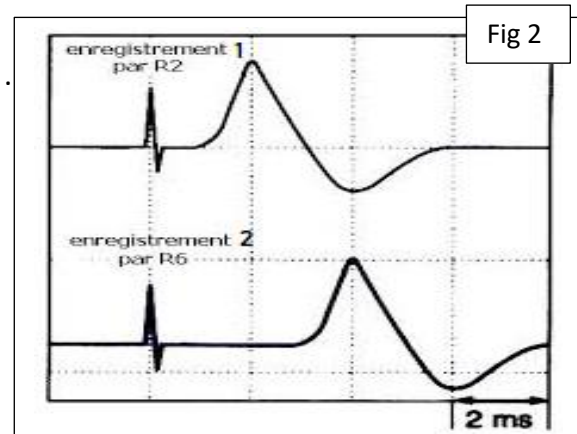
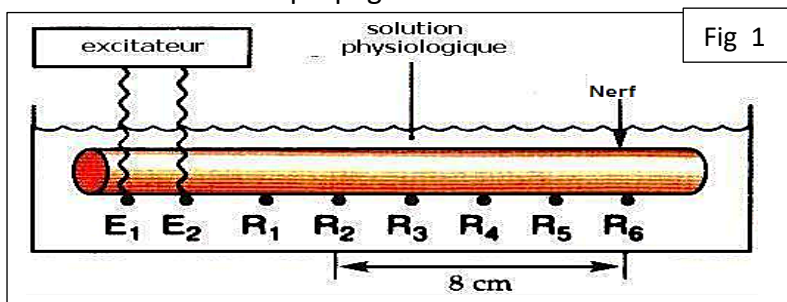
B= la première phase de la réponse

C= la deuxième phase de la réponse

La propriété du nerf est l'excitabilité qui est une variation locale de l'état électrique du nerf suite à une stimulation efficace.

❖ Exercice 2 :

La figure 1 montre le dispositif expérimental permettant de mesurer la vitesse de propagation de l'influx nerveux sur un nerf .



On a réalisé les expériences suivantes :

Expérience 1 : En utilisant les électrodes R_1 et R_2 comme Réceptrices on obtient l'enregistrement 1 de la figure 2 Après une stimulation efficace

Expérience 2 : on utilise les électrodes R_5 et R_6 comme Réceptrices après une excitation efficace on obtient L'enregistrement 2

Montrer que l'influx nerveux se propage le long du nerf et calculer la vitesse de propagation dans le cas de ce nerf ? quelle est la propriété du nerf est mise en évidence ?

Réponse :

-On constate que la variation locale de l'état électrique du nerf = influx nerveux suite à une excitation efficace au niveau des électrodes excitatrices E est enregistré après un temps t_1 par l'électrode R_2 et puis par l'électrode R_6 après un temps t_2 on déduit qu'il y a un transfert de l'influx nerveux depuis le point de stimulation le long du nerf (si il s'agit d'un nerf mixte le transfert se fait dans les deux sens) on parle de la conductibilité du nerf.

-la conductibilité peut être matérialisée par le calcul de la vitesse de propagation du message nerveux :

$$V = \frac{\Delta d}{\Delta t} \text{ m/s} \quad \text{avec} \quad \Delta d = d_2 - d_1 \quad d_1 = \text{distance } E_2 R_2 \quad d_2 = \text{distance } E_2 R_6$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad \text{temps utilisé pour parcourir la distance } \Delta d$$

$$\Delta d = d_2 - d_1 = 8 \text{ cm} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m}; \quad \Delta t = t_2 - t_1 = 2 \text{ ms} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

$$V = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{80}{2} = 40 \text{ m/s}$$

La conductibilité se manifeste par le transfert de la variation locale de l'état électrique du nerf à l'issue d'une stimulation efficace, elle est matérialisée par la vitesse de propagation du message nerveux (influx nerveux) qui est de l'ordre de 20 à 40m/S. donc le message nerveux n'est ni un courant électrique ni un message lumineux du faite que sa vitesse de propagation est très inférieure à celle du courant électrique(270 000KM/S) et de celle de la lumière ($3 \cdot 10^8$ m/S)

2 – Etude des conditions de l'excitabilité et de la conductibilité du nerf :

a- Conditions nécessaires pour une excitation efficace du nerf :

❖ Exercice 1 :

Un dispositif d'étude de l'activité du nerf sciatique de la grenouille permet de réaliser l'expérience suivante :

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 de l'excitation I en mV	<35	35	37	40	47	55	65	94	112	120
Temps de l'excitation t en ms	Ne répond pas	4	2	1,5	1	0,6	0,4	0,2	0,15	0,1

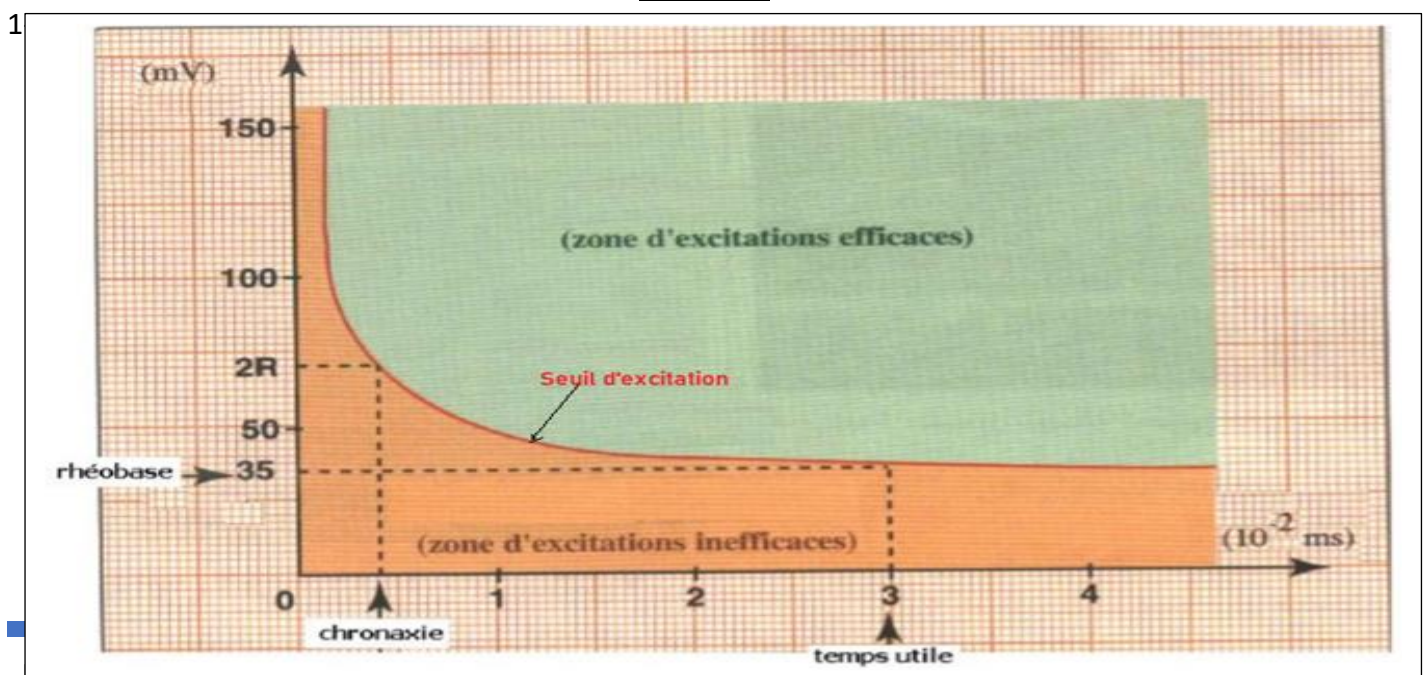
1-Sur un repère orthonormé, établir la courbe d'excitabilité du nerf $I=f(t)$?

2-Déterminer graphiquement les caractéristiques de l'excitabilité de ce nerf sachant que :

-**La rhéobase** : est l'intensité minimale au-dessous de laquelle un nerf ne s'excite pas quel que soit le temps de la stimulation

-**la chronaxie** : est le temps minimum nécessaire pour qu'un courant d'intensité double de la rhéobase soit efficace

Réponse :



2 – représentation voir courbe d'excitabilité du nerf sciatique de la grenouille

Quelques définitions :

-**seuil d'excitation** : correspond à l'intensité de l'excitation provoquant une réponse du nerf ainsi toute excitation en dessous de cette valeur (seuil) le nerf ne répond pas. Toute excitation d'intensité supérieure au seuil d'excitation est dite **supraliminaire** et toute excitation dont l'intensité est inférieure au seuil d'excitation est dite **infraliminaire**

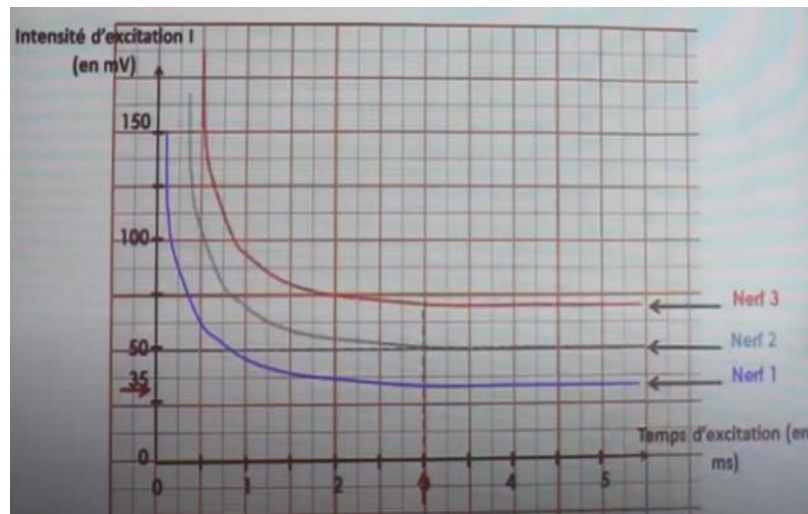
-**Rhéobase** : est l'intensité minimale au-dessous de laquelle un nerf ne s'excite pas quel que soit le temps de la stimulation

-**Chronaxie** : est le temps minimum nécessaire pour qu'un courant d'intensité double de la rhéobase soit efficace

Question pourquoi doit-on déterminer ces paramètres Rhéobase, Chronaxie ?

Evaluation :

Le document suivant montre les courbes d'excitabilité de 3 nerfs. A partir de l'analyse des trois courbes déterminer le nerf le plus excitable et dégager la relation entre la chronaxie et l'excitabilité du nerf



-détermination de la chronaxie et le temps utile de chaque nerf :

Nerf	1	2	3
Temps utile ms	3	3	3
Chronaxie en ms	0,4	0,65	0,9

On constate que les 3 nerfs ont le même temps utile mais des chronaxies différentes. Donc le nerf le plus excitable est celui qui a la plus faible chronaxie c'est donc le nerf 1.

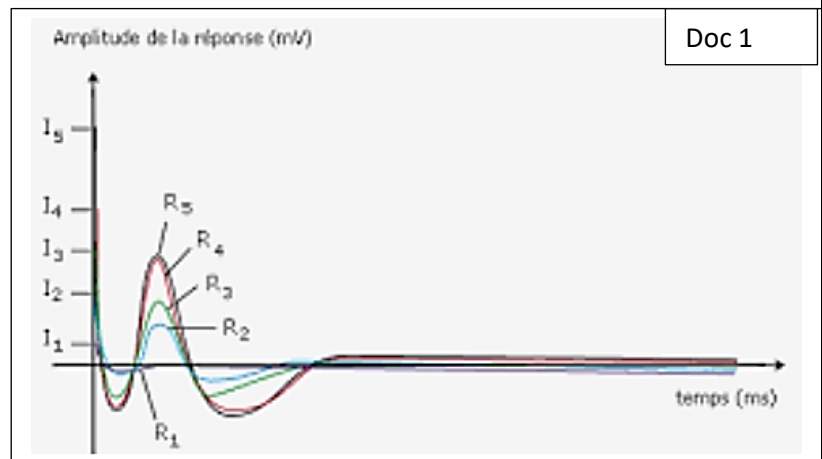
Plus que la chronaxie du nerf est petite plus qu'il est plus excitable

❖ **Exercice 2 :**

Afin de déterminer d'autres conditions nécessaires pour une excitation efficace du nerf on se propose d'étudier les résultats des expériences réalisées sur un nerf de crabe :

Expérience 1 : on réalise des stimulations électriques d'intensité croissante sur un nerf de la patte de crabe et on regroupe sur le même tracé les différentes réponses enregistrées afin de les comparer (voir doc 1)

1-Etablir la relation entre l'intensité de la stimulation et l'amplitude du potentiel global du nerf ? expliquer les résultats ?



Doc 1

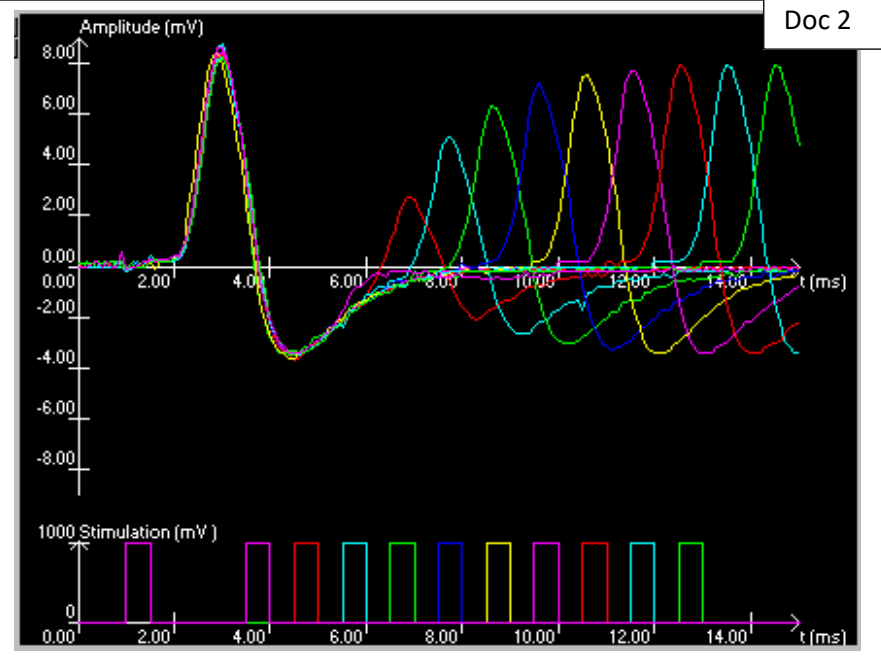
Expérience 2 : On a enregistré sur un nerf de crabe les réponses à deux stimulations successives à 11ms d'intervalle (enregistrement vert en partant de la droite).

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 deux millisecondes ainsi on a obtenu un tracé montrant la variation de l'amplitude du potentiel global du nerf de crabe en fonction de la durée qui sépare deux stimulations successives (voir doc 2)

2 – Décrire les résultats obtenus, déduire La condition nécessaire pour obtention D'une seconde réponse similaire à La première réponse ?

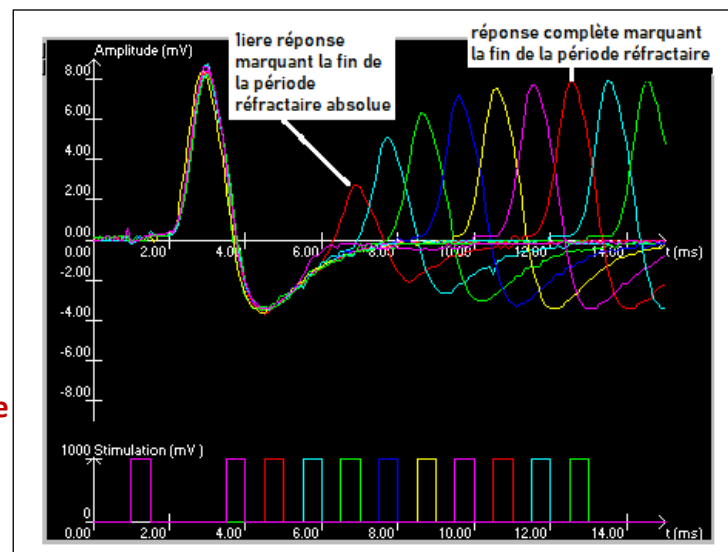
Calculer la période réfractaire absolue (pendant laquelle toute stimulation même supraliminaire est inefficace) et la période réfractaire relative (pendant laquelle un second potentiel global est émis d'une amplitude inférieure à celle d'une excitation suivante ayant la même amplitude que celle de la première excitation)



1 – lorsqu'on applique des stimulations d'intensité croissante à un nerf, on constate que l'amplitude de la réponse croit avec l'intensité de stimulation jusqu'à une valeur où l'amplitude du potentiel global reste constante. Ceci s'explique par la structure du nerf dont la réponse est la sommation des réponses des fibres constituant ce nerf : c à dire avec l'augmentation de l'intensité de stimulation le nombre de fibres excitées augmente c'est le principe de sommation ou loi de **recrutement**.

2 – Le principe de cette expérience consiste à mesurer la réponse du nerf à des séries de deux stimulations électriques de même intensité mais séparées par des délais décroissants de 1ms.

Ainsi on constate quand la durée entre les deux stimulations est assez long la réponse est un potentiel global de même amplitude que celui de la première stimulation, en diminuant l'intervalle du temps progressivement, l'amplitude de la seconde réponse diminue au fur et à mesure : **c'est la période réfractaire relative** et quand la seconde stimulation devient inefficace cette période constitue la **période réfractaire absolue**



-durée de la période réfractaire relative :

PRA= temps de la réponse complète marquant la fin de la période réfractaire - temps de la première stimulation = 11ms-2ms= 9ms

-Durée de la période réfractaire absolue :

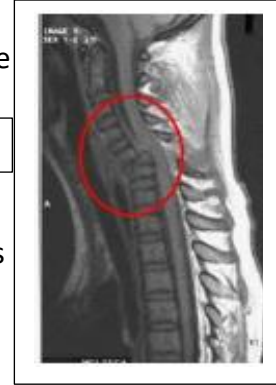
PRR=temps de la 1iere réponse de la seconde stimulation - temps de la première stimulation = 5ms – 2ms= 3ms

b – conditions nécessaires pour la conductibilité du nerf :

❖ Données

- Le doc 1 est une vue par IRM (image par résonance magnétique) montrant Une lésion haute de la moelle épinière . Cette lésion entraîne une paralysie totale et une perte de sensibilité dans la région au-dessous de la lésion

Doc 1



- Pour déterminer l'effet de la température sur la conductibilité du message Nerveux on réalise une stimulation efficace sur un nerf sciatique intact dans des Conditions de température suivantes

Température en °C	< 2°C	18°C	30°C
Vitesse de conductibilité en m/S	0	30	80

- Lors de certaines opérations chirurgicales les médecins procèdent l'usage des anesthésiques locaux, cette anesthésie est réalisée au niveau des voies nerveuses spécifiques, elle est susceptible de produire des effets tels que l'analgésie (diminution de la sensation de douleur) et la paralysie (perte de la puissance du muscle)

En analysant les données des doc dégager les conditions Physiologiques de la conductibilité du message nerveux



Réponse

- D'après le doc 1 une lésion haute de la moelle épinière entraîne une perte de sensibilité et la paralysie dans la région inférieure à la lésion ceci est due à l'absence de la conductibilité du message nerveux suite à une coupure des fibres nerveuses (motrices et sensorielles)
- On constate que la température agit sur la conductibilité de nerf ainsi à des température $t < 2^\circ\text{C}$ le nerf perd complètement sa conductibilité. La vitesse de conductibilité augmente avec la température et atteint sa valeur maximale $v=80\text{m/S}$ à une température de 30°C
- Les substances anesthésiantes ont comme effet d'inhiber de façon réversible la propagation des signaux le long du nerf

3 – Bilan :

Les nerfs constituent des liaisons anatomiques et physiologiques entre le système nerveux et les organes. Ils sont caractérisés par deux types de propriétés qui sont l'excitabilité et la conductibilité.

- **L'excitabilité du nerf** : c'est une variation locale de l'état électrique du nerf suite à une stimulation efficace, elle présente deux caractéristiques : **la rhéobase et la chronaxie**. L'excitabilité de nerf est soumise à des phénomènes tels que : **Loi de recrutement ; périodes réfractaire absolue et relative**
- **La conductibilité du nerf** : Se manifeste par le transfert le long du nerf de la variation locale de l'activité électrique du nerf à l'issue d'une stimulation efficace, elle peut être matérialisée par la vitesse de propagation du message qui dépend de la structure de nerf en types de fibres nerveuses.

La conductibilité comme l'excitabilité sont influencés par plusieurs facteurs :

- Facteurs physiques : température, pression
- Facteurs chimiques : manque de dioxygène, substances anesthésiantes
- Facteurs ioniques : comme la modification de la concentration des ions Na^+ et K^+

L'action de ces facteurs sur l'activité de nerf, montre que le message nerveux est de nature biologique.

II – Quelle est la nature du message nerveux et comment prend-il naissance ?

1- Rappel :

Lorsqu'on stimule le nerf du crabe on obtient un potentiel global dont l'amplitude augmente avec l'augmentation de l'intensité de l'excitation jusqu'à une valeur maximale qui traduit la stimulation de

toutes les fibres nerveuses constituant le nerf donc le message nerveux prend naissance au niveau de la fibre nerveuse.

Questions

-Quelle est la nature du message nerveux ?

-Comment le message nerveux prend-il naissance au niveau de la fibre nerveuse ?

2- Quelle est la nature du message nerveux ?

a - Mise en évidence du potentiel de repos du neurone

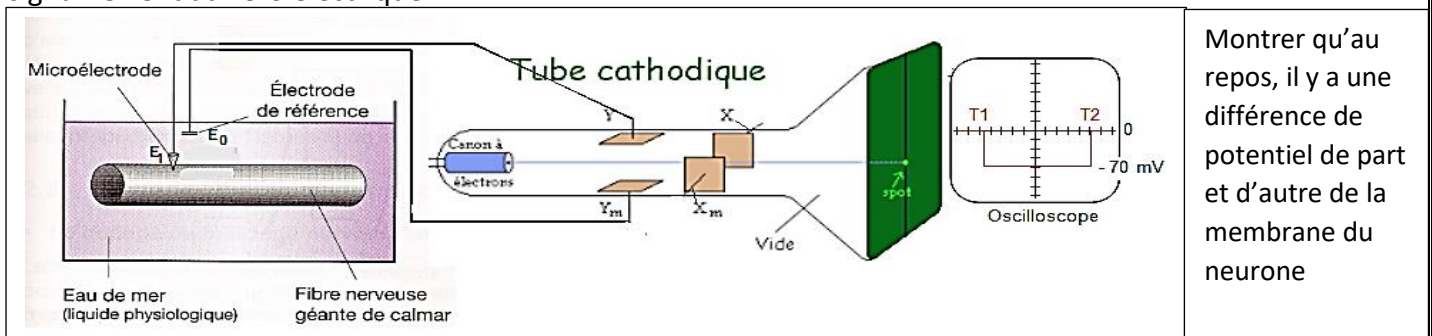
❖ Données expérimentaux :

On utilise un neurone géant de calmar que l'on place dans un liquide physiologique. Deux électrodes E_0 (électrode de référence) et E_1 (microélectrode) sont reliées à un oscilloscope.

-A l'instant T_0 les deux électrodes sont placées dans le liquide physiologique, l'oscilloscope affiche alors le zéro électrique (c'est la portion avant T_1)

-A l'instant T_1 l'électrode E_1 est enfoncé dans le cytoplasme de la cellule nerveuse. Le signal dévie brutalement jusqu'à environ -70mV et reste constant.

-A l'instant T_2 on retire l'électrode E_1 de la fibre et on la place à nouveau dans le liquide physiologique. Le signal revient au zéro électrique.

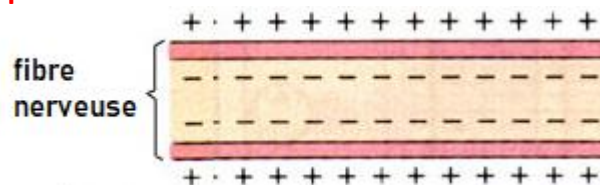


Montrer qu'au repos, il y a une différence de potentiel de part et d'autre de la membrane du neurone

En absence de toute stimulation on constate que :

-Si les deux électrodes sont placées dans le liquides physiologique l'oscilloscope affiche Zéro (la surface du neurone et le liquide portent la même charge électrique)

-Une fois l'électrode E_1 enfoncé dans le cytoplasme du neurone l'oscilloscope affiche une $ddP = -70\text{mV}$ c à dire une différence de potentiel entre la surface et l'intérieur de la fibre : la face interne est plus électronégative par rapport à la face externe ; cette différence de potentiel **représente le potentiel de la membrane ou potentiel de repos.**



❖ Bilan :

Au repos, la membrane d'un neurone a un potentiel transmembranaire stable : potentiel de repos ; la face interne étant électronégative par rapport à la face externe.

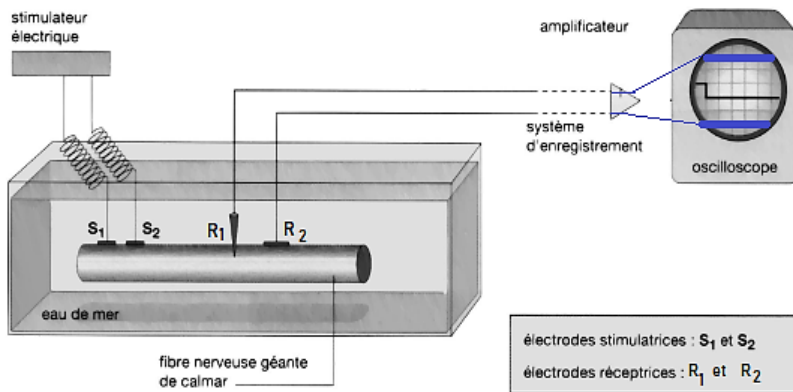
b – Quelle est l'origine du potentiel d'action?

❖ Protocol expérimental :

On peut enregistrer l'activité électrique d'une fibre nerveuse géante de calmar à la suite d'une excitation, en utilisant les dispositifs expérimentaux déjà cités (oscilloscope ou ExAO). La forma des enregistrements obtenus varie selon l'emplacement des électrodes réceptrices R_1 et R_2 sur la fibre nerveuse ;

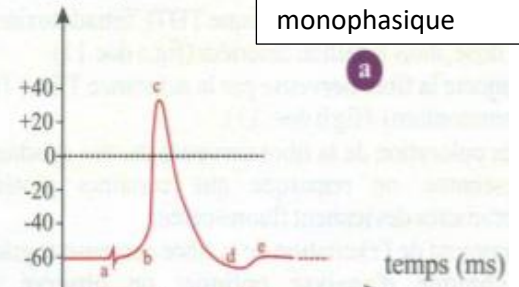
l'enregistrement obtenu est dit **potentiel d'action**

Dispositif d'enregistrement du message nerveux



D.d.p (mv)

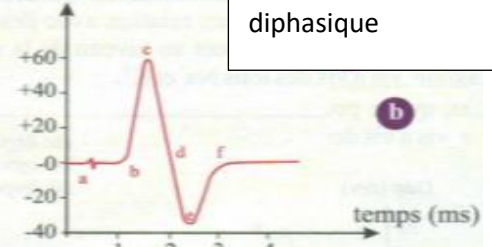
Potentiel d'action monophasique



R₁ enfoncée dans la fibre nerveuse, R₂ à la surface

D.d.p (mv)

Potentiel d'action diphasique



Les électrode R₁ et R₂ sont à la surface de l'axone

1 - a- Décrire les différentes phases des deux types de potentiel d'action

b- Dédire une définition du potentiel d'action

2- en exploitant le doc C Relier les phases du potentiel d'action monophasique aux variations des charges le long de la fibre nerveuse ? décrire comment elles se répartissent

Evaluation : relier les phases du potentiel d'action diphasique aux variations des charges le long de la fibre nerveuse.

	Stimulation		C	
	Electrode réceptrice R1	électrode de référence R2	Electrode réceptrice R1	Electrode de référence R2
répartition d'onde de négativité				
phase de l'enregistrement				
Les phases				

1 -

Pour le potentiel monophasique : l'électrode R₁ enfoncée dans la fibre tandis que R₂ à la surface on enregistre donc le potentiel de repos (-60mv) ; après excitation l'enregistrement peut être divisé en plusieurs parties :

- a=artefact de stimulation
- ab=temps de latence
- bc=une dépolarisation
- Cd=repolarisation
- de=hyperpolarisation

Le potentiel diphasique peut être divisé en :

- a= artefact de stimulation
- ab= temps de latence
- bc=dépolarisation au niveau de R₁
- cd=repolarisation au niveau de R₁
- de=dépolarisation au niveau de R₂
- ef=repolarisation au niveau de R₂

b – Le potentiel d'action est une inversion temporaire de la différence de potentiel de part et d'autre de la membrane cellulaire qui se propage sous forme d'une onde de négativité tout au long du nerf (fibre nerveuse) en formant un message nerveux.

2 – voir tableau

L'excitation de la fibre nerveuse donne naissance à un message nerveux au point excité qui se propage tout au long de ce dernier sous forme d'une onde de négativité lorsque cette onde arrive à l'électrode réceptrice R₁ il se crée une différence de potentiel, cette étape est la phase de dépolarisation, lorsque cette onde quitte R₁ il y aura rétablissement du potentiel membranaire cette étape est la repolarisation.

C – bilan :

- la membrane de la fibre nerveuse en dehors de toute excitation montre une différence de potentiel stable de part et d'autre (ddP=-70mV) qu'on appelle potentiel de repos on dit que la membrane est polarisée
- Le potentiel d'action est une brève inversion du PM d'une amplitude de 100mv (de -70mv à +30mv) qui représente le signal élémentaire du message nerveux et qui se propage sous forme d'une onde de négativité

Questions :

- quelle est l'origine du potentiel de repos et comment est-il maintenu ?
- quelle est l'origine du potentiel d'action ?

3- origine du message nerveux (phénomènes ioniques de la fibre nerveuse)

a- Quelle est l'origine du potentiel de repos et comment est-il maintenu ?

❖ Données expérimentales

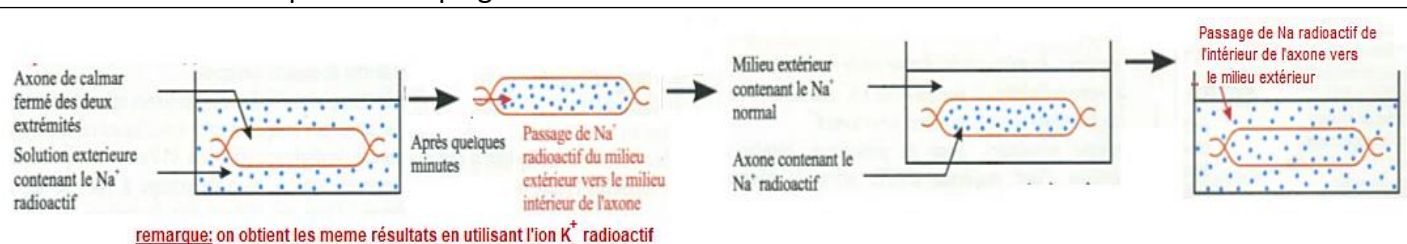
Pour mettre en évidence les mécanismes responsables de potentiel de repos, de nombreuses recherches scientifiques ont abouti aux résultats suivants :

Données 1 : La membrane d'un axone de calmar sépare deux compartiments liquidiens : liquide intracellulaire (LIC) et liquide extracellulaire (LEC). Le tableau suivant présente la répartition de certains ions dans ces deux milieux :

Ions	Concentration en mmol/L	
	Cytoplasme de l'axone LIC	Milieu extracellulaire LEC
K ⁺	400	20
Na ⁺	50	440
Anions	Protéine ⁻	Cl ⁻

- 1 - Analyser les résultats obtenus
- 2 – Proposer une hypothèse expliquant La différence observée.

Données 2 : pour mettre en évidence la perméabilité de la membrane d'un axone vis-à-vis des ions Na⁺ et K⁺ on utilise la technique du marquage radioactif



Sachant que les échanges d'ions à travers la membrane de l'axone à l'état de repos sont assurés par des protéines canaux tel que les protéines canaux propre aux Cl⁻ et Na⁺ sont de nombre élevé par contre ceux de K⁺ sont très élevés et que la membrane cytoplasmique est imperméable aux anions protéine

3 - Que peut-on conclure des résultats des données 2 ?

Données 3 : En injectant une substance toxique qui bloque la synthèse de l'ATP (molécule source d'énergie directe pour la cellule) à un axone tel que le cyanure ou Dinitrophénol on constate :

- Augmentation de la concentration de Na⁺ dans le cytoplasme et augmentation de K⁺ en extérieur
- Diminution progressive du potentiel de repos jusqu'à sa disparition totale après quelques minutes.

4 – que peut-on déduire de ces résultats ?

1 - On note une forte concentration des ions Na^+ dans le milieu extracellulaire tandis que le milieu intracellulaire est particulièrement riche en ions K^+ (K^+ au contraire y est 20 fois plus concentré que dans le milieu extracellulaire).

2 – on peut supposer que le potentiel de repos résulte de la différence de concentration des ions Na^+ et K^+ de part et d'autre de la membrane.

3 – on peut déduire que la membrane de l'axone présente une perméabilité sélective envers les ions leur diffusion se fait grâce aux canaux ioniques ainsi elle est :

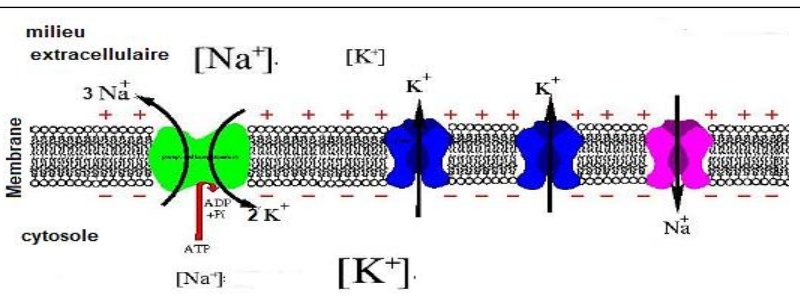
-facilite la diffusion de K^+ (nombre élevé des canaux)

-Une faible diffusion de Na^+ et Cl^-

-imperméable aux Pro^- (grosse molécules)

4 – En ajoutant la substance toxique (bloc la synthèse d'ATP source d'énergie pour la cellule) on constate que les échanges d'ions Na^+ et K^+ se font uniquement par transport passif = diffusion suivant le gradient de concentration (la différence de concentration de part et d'autre de la membrane s'annule) et le potentiel de repos disparaît progressivement donc le maintien de la dissymétrie ionique est lié à un transport actif qui fait intervenir une pompe Na^+/K^+ qui consomme l'ATP et assure le passage des ions contre leurs gradients de concentration : faire sortir les Na^+ et entrer les K^+ pour établir la dissymétrie ionique propre au potentiel de repos.

❖ Bilan :



La fibre nerveuse à l'état de repos, est caractérisée par une différence de potentiel permanente de part et d'autre de sa membrane, qui est chargée positivement à la surface et négativement à l'intérieur. C'est le potentiel de repos ; qui résulte d'une inégale répartition des ions Na^+ et K^+ entre le milieu extérieur (riche en Na^+ et

pauvre en K^+) et le milieu intérieur (riche en K^+ et pauvre en Na^+). Cette différence de concentration s'explique par des échanges ioniques qui se font à travers la membrane cellulaire considérée comme étant semi perméable, et qui est le siège de deux types de transport :

- ✚ Un transport Passif : qui se fait selon le gradient décroissant de la concentration, par l'intermédiaire des protéines intégrées dans la membrane qui jouent le rôle de canaux ionique
- ✚ Un transport actif qui se fait contre le gradient de concentration, par des protéines membranaires spécifiques : pompe à Na^+/K^+ qui nécessite de l'énergie.

b – origine et naissance du potentiel d'action

❖ Données expérimentales :

Pour mettre en évidence l'origine du message nerveux on réalise les expériences suivantes :

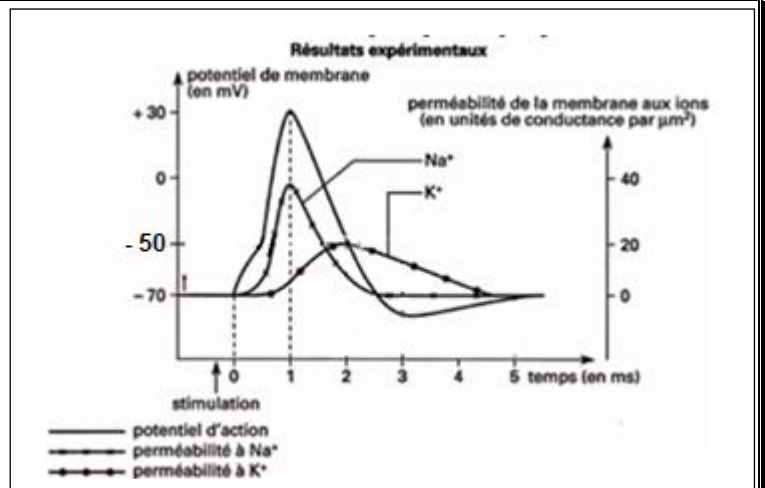
Expérience 1 : on vide l'axone de calmar de son contenu cytoplasmique, puis on le perfuse avec une solution ionique de même composition que le cytoplasme puis on le place dans un liquide physiologique. Suite à une excitation efficace l'axone conduit le message nerveux de la même façon que dans les conditions physiologiques normales

1 – Que peut-on déduire sur l'origine et la naissance du message nerveux ?

Expérience 2 :

Pour mettre en évidence la relation entre la perméabilité membranaire aux ions et la genèse du potentiel d'action Hodgkin et Huxley ont mesuré expérimentalement les modifications de la perméabilité de la membrane de l'axone pour les ions K^+ et Na^+ lors du passage du potentiel d'action le document ci-contre montre les résultats obtenus

2 – Analyser ces courbes en mettant en relation la perméabilité membranaire aux ions Na^+ et K^+ et les phases du potentiel d'action sachant que l'augmentation de la perméabilité s'accompagne d'un passage brutal de ces ions selon leur gradient de concentration
Que peut-on déduire



1 – on déduit que le potentiel d'action est en relation avec des phénomènes ioniques, qui se produisent au niveau de la membrane de l'axone vis-à-vis des ions Na^+ et K^+ .

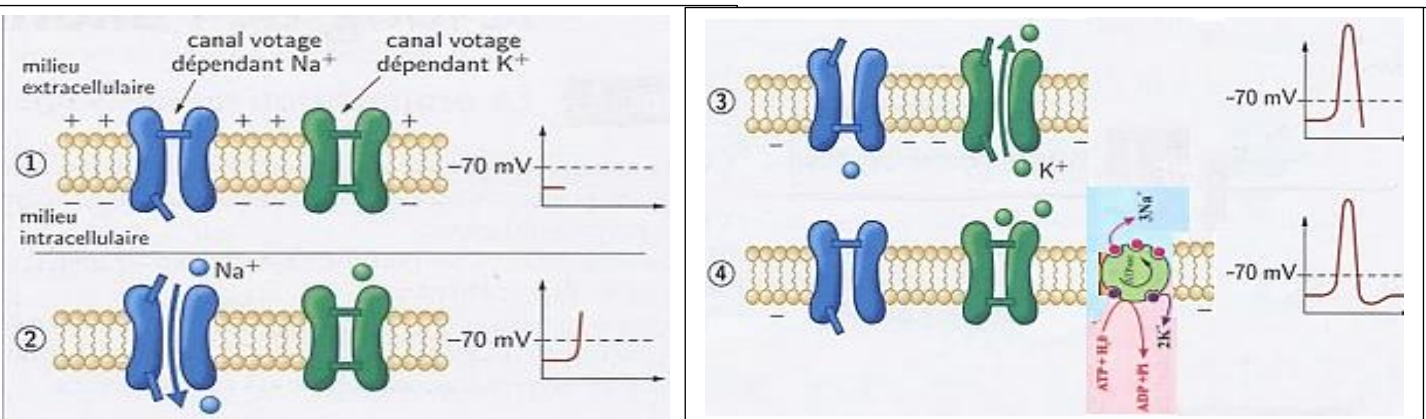
2 – Avant l'excitation la perméabilité de la membrane est normale permettant de maintenir le potentiel de repos.

- Après excitation efficace et pendant la phase de dépolarisation la perméabilité de la membrane vis-à-vis des ions Na^+ augmente rapidement et s'accompagne donc d'une entrée massive de ces ions dans l'axone
 - Pendant la phase de repolarisation on constate que la perméabilité de la membrane vis-à-vis de Na^+ diminue jusqu'à devenir normale mais elle augmente pour les ions K^+ donc sortie massive de ces ions vers le milieu extérieur puis diminue progressivement pendant la phase d'hyperpolarisation jusqu'à devenir normale.
- Donc on déduit qu'il existe des structures membranaires responsable des échanges ioniques au moment du potentiel d'action

Question : Quelles sont les structures membranaires responsable des échanges ioniques au moment du potentiel d'action ?

❖ Les structures membranaires responsables des échanges ioniques au moment du potentiel d'action :

Le document suivant présente le mécanisme de fonctionnement des protéines membranaires spécifiques responsables de la variation de la perméabilité membranaire vis-à-vis des ions Na^+ et K^+ au moment du potentiel d'action. Décrire le mode de fonctionnement de ces protéines



-Au cours du potentiel d'action, l'entrée et la sortie des ions Na^+ et K^+ s'effectuent à travers des canaux dont l'ouverture dépend d'un niveau précis du potentiel de la membrane, ce sont des **canaux ioniques voltage-dépendants**, ces canaux sont fermés au repos.

-A la dépolarisation : les canaux Na^+ voltages-dépendants s'ouvrent lorsque le potentiel de la membrane atteint une valeur seuil (-50mV) et il y a une entrée massive et brusque de Na^+ cela entraîne une surpression de charges positives dans l'axone, et la face externe de la membrane devient électro-négative par rapport à l'intérieur.

-A la repolarisation : Les canaux Na^+ voltages-dépendants se ferment et deviennent inactivés et au même temps Les canaux K^+ voltages-dépendants s'ouvrent lorsque le potentiel membranaire atteint un seuil (+30mV) il y a sortie de K^+ ce qui entraîne une repolarisation progressive.

-A l'hyperpolarisation : les canaux Na^+ fermés, les canaux K^+ ouverts, la sortie de K^+ continue même après repolarisation, d'où une légère hyperpolarisation puis fermeture des canaux K^+ .

La pompe Na^+/K^+ ramène la membrane au potentiel de repos.

Remarque importante :

La fibre nerveuse, après avoir été le siège d'un potentiel d'action, suite à une stimulation efficace, ne peut réagir immédiatement à une nouvelle stimulation pendant quelques millisecondes : c'est la période réfractaire. Elle est due à la fermeture momentanée des canaux voltages-dépendants à Na^+ après la repolarisation.

4 – quelles sont les propriétés de la fibre nerveuse ?

a – Rappel

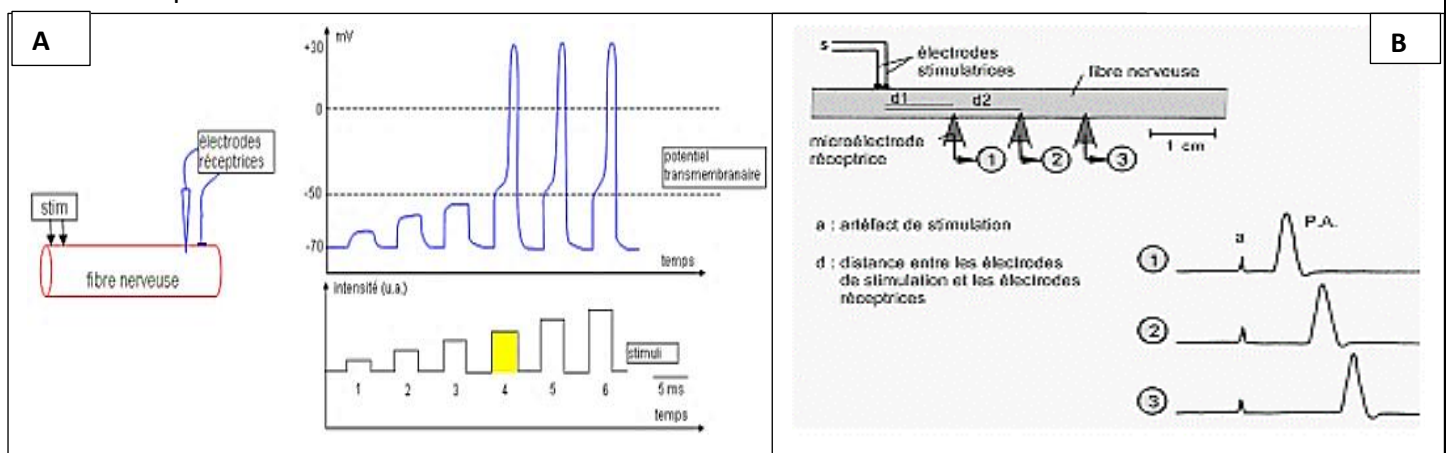
Le nerf est excitable et conduit le message nerveux. Il est constitué d'un ensemble de fibres nerveuses.

Question :

Comment peut-on caractériser ces deux propriétés pour une fibre nerveuse ?

b – l'excitabilité et la conductibilité de la fibre nerveuse

Pour déterminer les propriétés d'excitabilité et de la conductibilité de la fibre nerveuse on propose les données expérimentales suivants :



Le document A montre l'enregistrement de l'état électrique d'une fibre nerveuse à des excitation d'intensité croissante.

1 -Dégager l'effet de l'augmentation de l'intensité de la stimulation sur la réponse de la fibre nerveuse ?

En 1938 des chercheurs portent une stimulation sur une fibre nerveuse géante de calmar et enregistrent l'état électrique de la membrane à différentes distances de point de stimulation le document B montre les résultats obtenus.

2 – Dégager l'autre caractéristique de la propagation du potentiel d'action le long de fibre nerveuse

1 -lorsqu'on applique une stimulation supraliminaire, la fibre nerveuse répond toujours de la même façon par une dépolarisation de sa membrane, donnant naissance à un potentiel d'action identique on n'observe jamais de réponse intermédiaire.

On dit que la fibre nerveuse obéit à la **loi de tout ou rien** contrairement au nerf qui obéit à la loi de recrutement.

2 – l'onde de dépolarisation temporaire se propage le long de la fibre nerveuse et la valeur du potentiel d'action ne change pas elle reste constante donc il ne subit pas d'amortissement car chaque PA en déclenche un autre de proche en proche

Question : quels sont les facteurs influençant la conductibilité de la fibre nerveuse ?

C – les facteurs influençant la conductibilité de la fibre nerveuse :

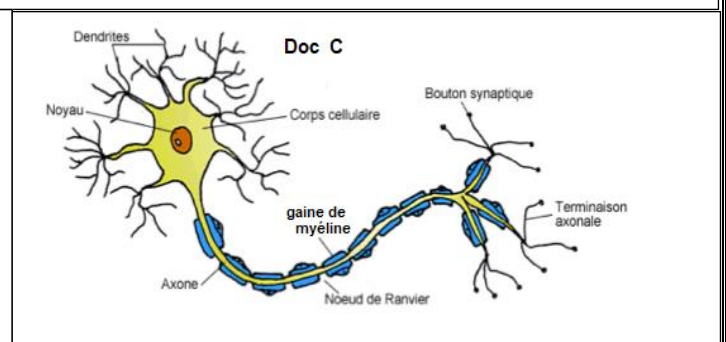
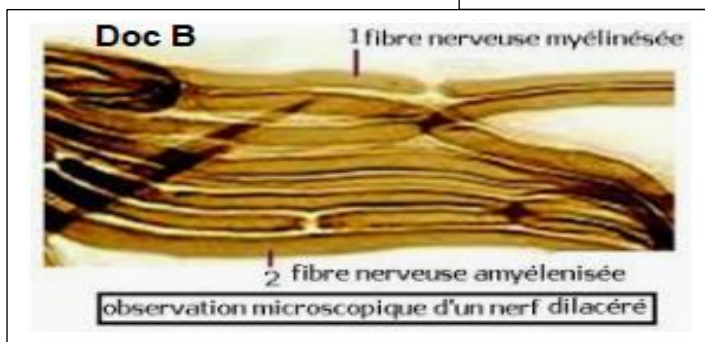
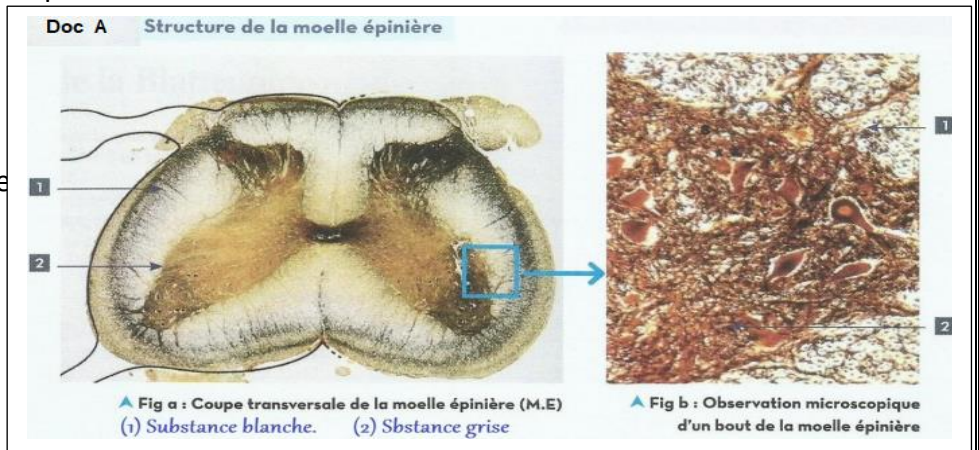
❖ **Rappel : Structure de tissu nerveux :**

Le système nerveux est constitué de : Système nerveux centrale comportant le cerveau et la moelle épinière, puis le système nerveux périphérique comportant les nerfs.

Le document A représente une coupe transversale de la moelle épinière ainsi qu'une observation microscopique

1 – Décrire la structure de la Moelle épinière déduire l'unité structurale et fonctionnelle du système nerveux

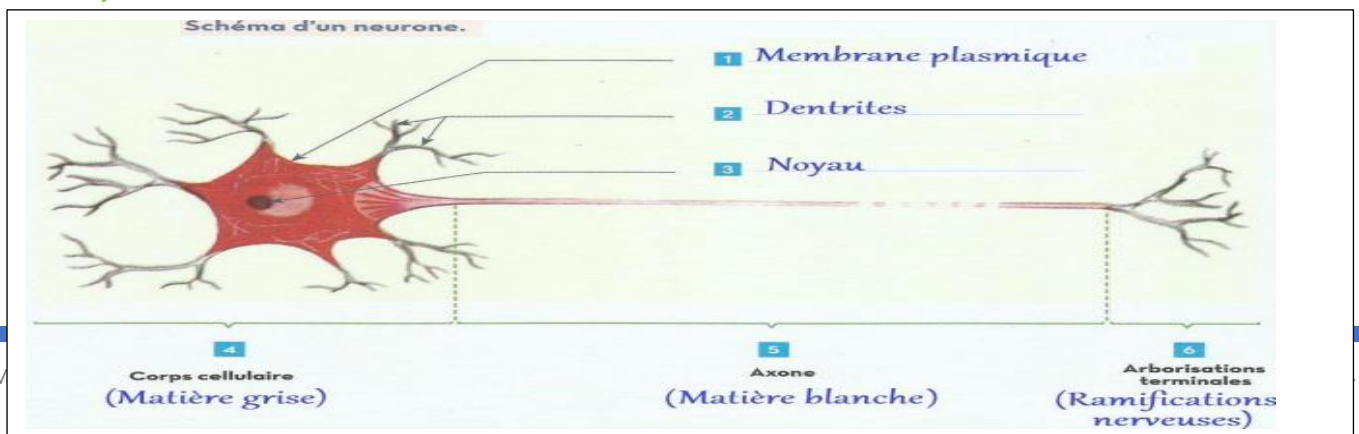
Le document B représente une Vue Microscopique d'un nerf Dilacéré Traité à l'acide osmique
Le doc C Un schéma de la structure d'une fibre nerveuse myélinisée
2 – dégager les types de fibres Nerveuses. Proposer des hypothèse à propos des facteurs influençant la conductibilité de la fibre nerveuse



1 – La moelle épinière comme centre nerveux centrale est constituée de :

- Substance grise, constituée essentiellement de corps cellulaires des quels partent des types de ramifications dites : **dendrites** et un prolongement longue dit **axones** qui se termine par une arborisation terminale
- Substance blanche constituée essentiellement des axones qui forment les fibres nerveuses et qui se prolongent dans les nerfs rachidiens

Le corps cellulaire avec ses ramifications y compris l'axone et l'arborisation terminale constituent une cellule nerveuse dite Neurone qui l'unité structurale et fonctionnelle du système nerveux



2 – Le nerf est formé de fuseaux de fibres nerveuse et on distingue deux types :

- ✚ Les fibres myélinisées : entourées d’une gaine de myéline (substance lipidique isolante) montrant des endroits sans myéline dits : nœuds de Ranvier
- ✚ Les fibres amyélinisées : sans myéline

Hypothèses :

Les facteurs qui peuvent influencer la conductibilité de la fibre nerveuse sont :

- La structure de la fibre : myélinisée ou amyélinisée
- Le diamètre de la fibre

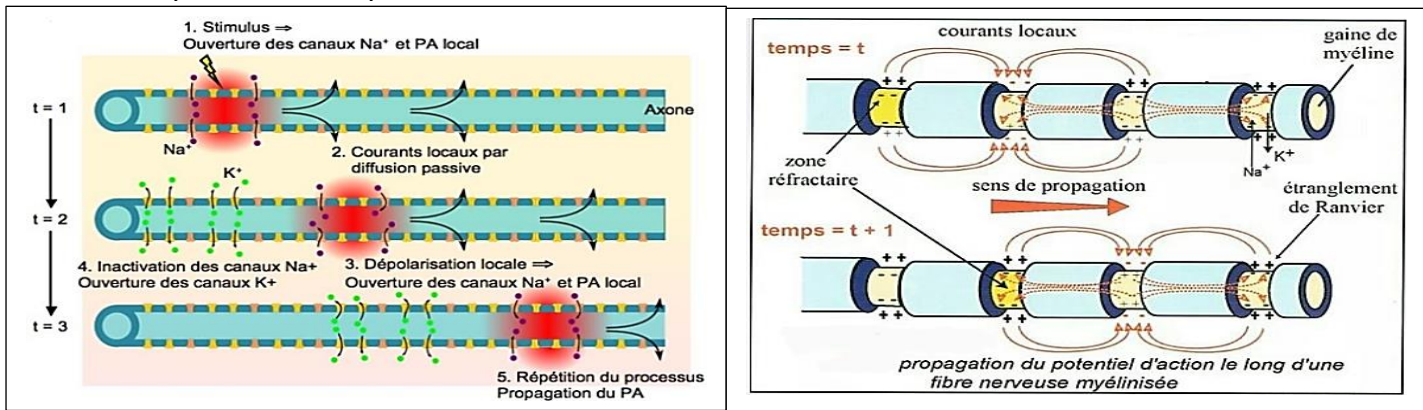
❖ **Exercice :**

Le tableau suivant montre l’influence de quelques facteurs sur la vitesse de conductibilité du message nerveux.

1 – D’après l’analyse du tableau dégager la relation entre les facteurs influençant et la vitesse de la conductibilité de la fibre nerveuse

Types de fibres nerveuses	Le diamètre	La vitesse (m/s)
Fibres myélinisées de mammifère	10µm	60
	20µm	120
Fibres myélinisées du nerf sciatique de grenouille	10µm	17
	20µm	30
Axone géant amyélinisé de calmar	1mm	33

Le document suivant le schéma explicatif du mode de propagation du message nerveux le long d’une fibre nerveuse myélinisée et amyélinisée



2 – Expliquer la différence de vitesse conduction du message nerveux entre les deux types de fibres ?

1 – On constate que la vitesse de conductibilité d’une fibre nerveuse varie suivant :

- Le diamètre de la fibre nerveuse : la vitesse augmente d’autant que le diamètre de la fibre est gros
- L’espèce : plus élevée chez les mammifères que les amphibiens
- Le type de fibres : plus élevée pour les fibres myélinisées en comparaison avec les fibres amyélinisées.

2 – Pour le cas d’une fibre amyélinisée la conductibilité est lente car la dépolarisation s’effectue d’une façon continue le long de la fibre ainsi chaque PA déclenche un autre ceci de proche en proche.

-Pour le cas d’une fibre myélinisée :La propagation est discontinue car les charges électriques sautent d’un nœud de Ranvier au nœud voisin ceci est du au fait que la myéline est un isolant électrique et que les canaux ioniques voltage-dépendants sont localisés au niveau des nœuds de Ranvier. On parle dans ce cas d’une propagation **saltatoire** qui est plus rapide que la propagation continue.

Remarque importante :

Dans les conditions physiologiques, le sens de propagation du message nerveux suit toujours la même direction qui va des dendrites au corps cellulaire, et du corps cellulaire aux terminaisons de l’axone, ces terminaisons forment des zones de connexion neuronale appelées : synapse.

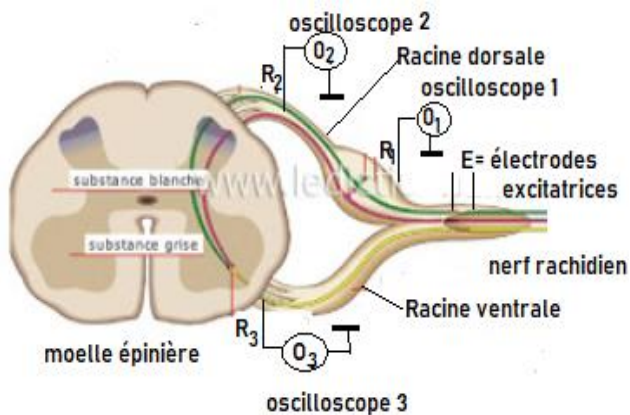
III – Comment se fait la transmission du message nerveux au niveau de zone de connexion

Neuronale : Synapse ?

1 – quelles sont les caractéristiques des zones de connexions neuronales ?

a – Mise en évidence du délai synaptique

Exercice :



Après avoir réalisé une stimulation efficace (E), on mesure le temps nécessaire à la propagation du message nerveux (entre R₁ et R₂ et entre R₂ et R₃). Le tableau montre les résultats obtenus :

Comparer la vitesse de propagation du message nerveux entre R₁ et R₂ et entre R₂ et R₃ proposer une explication à la différence observée

	La distance parcourue (mm)	Le temps en (ms)
Entre R ₁ et R ₂	4	0,2
Entre R ₂ et R ₃	2	0,25

$$\text{Vitesse entre } R_1 \text{ et } R_2 \quad V_1 = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{4}{0.2} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{0.2 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 20 \text{ m/s}$$

$$\text{Vitesse entre } R_2 \text{ et } R_3 \quad V_2 = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{2}{0.25} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{0.25 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 8 \text{ m/s}$$

On constate que $V_1 \gg V_2$ donc il y a un retard dans la propagation du message au niveau de la moelle épinière ce retard est appelé : **le délai synaptique** et s'explique par la présence de zone de connexion entre les neurone au niveau de la substance grise de la moelle épinière appelée : **synapse**

Comment calculer de délai synaptique T ?

-on sait que la vitesse du message nerveux sans synapse est $V_1 = 20 \text{ m/s}$

-Le message nerveux parcourt la distance entre R₂ et R₃ (présence de synapse) en $t_1 = 0,25 \text{ ms}$

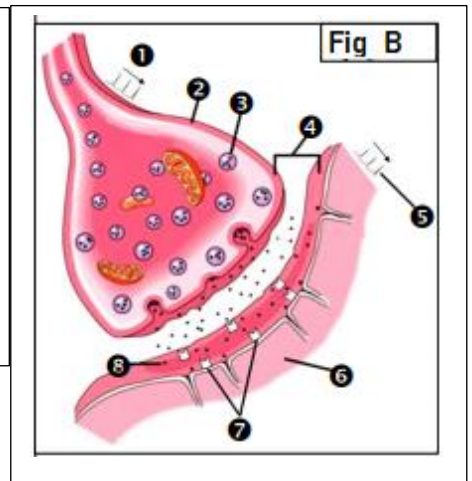
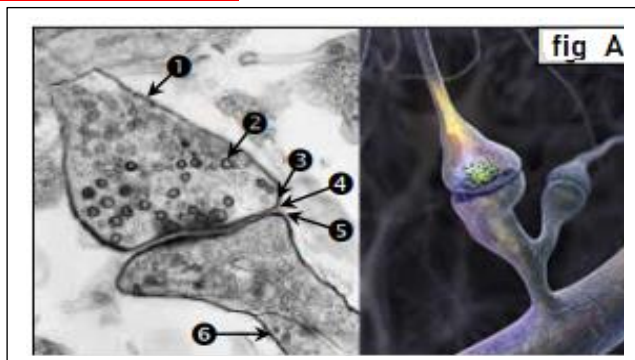
-Si on considère l'absence de synapse entre R₂ et R₃ donc le message nerveux parcourt cette distance en un temps t_2

$$t_2 = \frac{\Delta d}{V_1} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{20} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ s} = 0.1 \text{ ms}$$

$$\text{Donc le délai synaptique est: } T = t_1 - t_2 = 0.25 - 0.1 = 0.15 \text{ ms}$$

b – Structure d'une synapse :

La Fig A représente Une électrographie De la zone de jonction Entre 2 neurones et son schéma Explicatif. Tandis que la Fig B Montre un schéma De la structure de ce Type de jonction



Légèder les éléments des Fig A et B et donner une définition à la Synapse en déduire les éléments d'une synapse. Faire un schéma

✓ **La légende de la Fig A :**

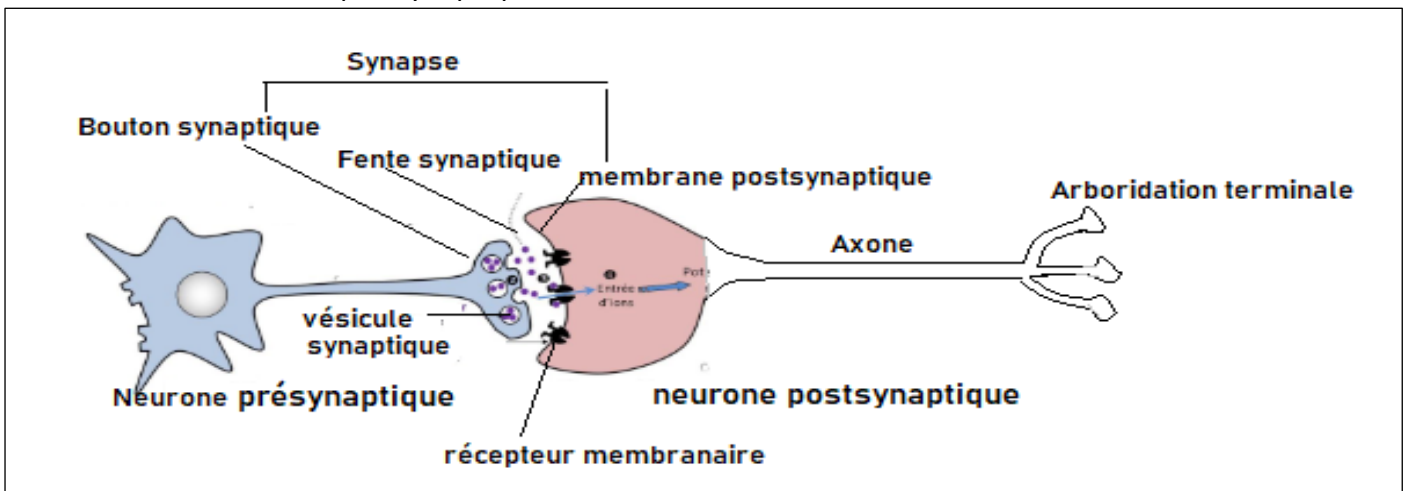
1 : Neurone présynaptique 2 : Vésicule synaptique 3 : membrane présynaptique
4 : fente synaptique 5 : membrane postsynaptique 6 : neurone postsynaptique

✓ **Légende Fig B :**

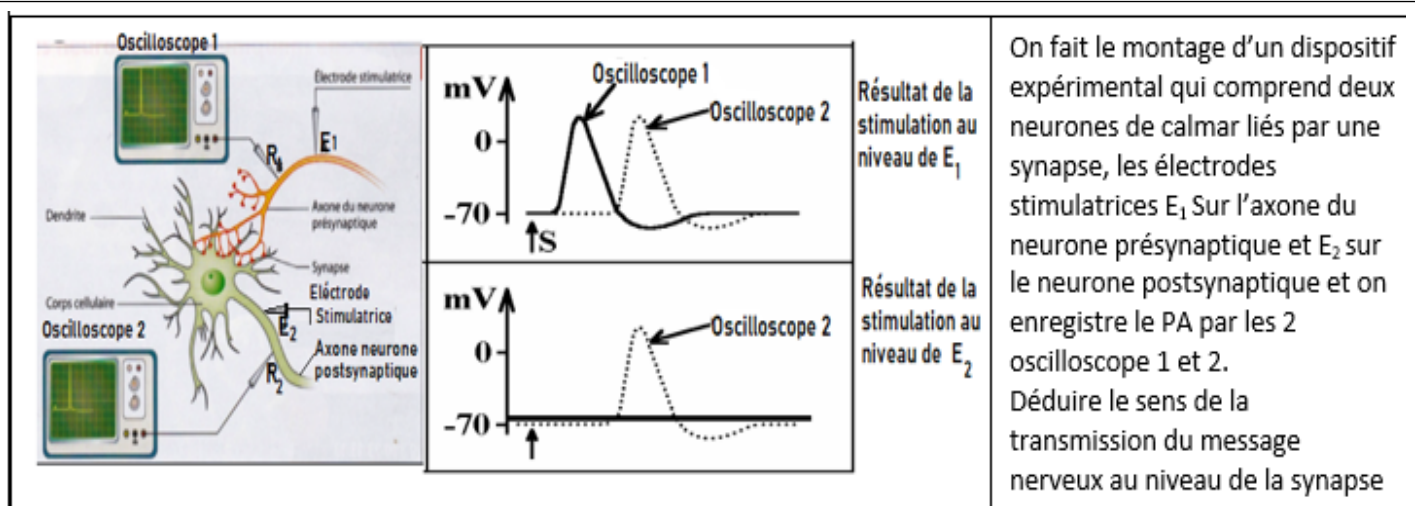
1 : potentiel d'action présynaptique 2 : Bouton synaptique 3 : Vésicule synaptique
4 : Fente synaptique (espace intersynaptique) 5 : PA postsynaptique 6 : Neurone postsynaptique
7 : Récepteurs membranaires 8 : Neurotransmetteur

La synapse désigne une zone de jonction ou de contact qui s'établit par exemple entre deux neurones ce type est dit synapse neuro-neuronique donc elle se produit entre un neurone présynaptique et un neurone postsynaptique ; le neurone présynaptique transmet le message nerveux vers le neurone postsynaptique. Chaque synapse est constituée de trois éléments :

- L'élément présynaptique ; il s'agit de la terminaison axonique. Cet élément possède bouton synaptique contenant de nombreuses vésicules synaptiques
- La fente synaptique ou l'espace intersynaptique de quelques nanomètres d'épaisseur
- L'élément postsynaptique



C- Données expérimentales :



- ✓ Une excitation supraliminaire en E_1 : sur l'axone du neurone présynaptique on enregistre un potentiel d'action par les deux oscilloscopes 1 et 2 avec un léger retard pour l'oscilloscope 2 ce qui s'explique par la propagation du message du neurone présynaptique vers le neurone postsynaptique

- ✓ Une excitation supraliminaire en E2 on enregistre un potentiel d'action uniquement par l'oscilloscope 2 ce qui prouve que le message nerveux se propage pas vers le neurone présynaptique

On déduit que la propagation du message nerveux au niveau de la synapse est unidirectionnelle Le signal se transmet dans un seul sens, de neurone présynaptique (bouton synaptique) vers le neurone postsynaptique (pas de retour du signal dans l'autre sens).

d – Bilan :

Les propriétés de la transmission synaptique :

- C'est une propagation unidirectionnelle : le signal se transmet des boutons synaptiques du neurone présynaptique vers un élément postsynaptique.
- Propagation relativement lente il existe un intervalle de temps (0,3 à 0,5ms) pour franchir une synapse : délai synaptique (ralenti la vitesse de propagation)

Question :

Comment la transmission du message nerveux se fait-elle au niveau de la synapse ?

2 – comment la transmission du message nerveux se fait- elle au niveau de la synapse ?

a – Mécanisme de la transmission synaptique :

❖ Données expérimentales 1

<p>1 neurone présynaptique</p> <p>2 neurone postsynaptique</p> <p>x 70 000 Source : Explorer le corps (ac-nancy-metz.fr)</p>	<p>Enregistrement en N 1 :</p> <p>Enregistrement en N 2 :</p> <p>Avant la stimulation</p> <p>Enregistrement en N 1 :</p> <p>Enregistrement en N 2 :</p> <p>Arrivée d'un train de potentiel d'action au niveau de la synapse</p>	<p>Le document montre des électrographie d'une synapse avec l'enregistrement de l'état électrique du neurone présynaptique et postsynaptique avant la stimulation et à l'arrivée d'un message nerveux.</p> <p>Comparer la structure de la synapse avant et après la stimulation, déterminer l'effet de la stimulation sur le neurone postsynaptique. Proposer une hypothèse expliquant le mode de transmission du message nerveux au niveau de la synapse</p>
--	---	---

Au repos : le neurone présynaptique montre un bouton synaptique riche en vésicules synaptiques contrairement au neurone postsynaptique. et les deux neurones indiquent un potentiel de repos (-70mv)

A l'arrivée du potentiel d'action : les vésicules synaptiques se fusionnent à la membrane présynaptique et s'ouvrent sur l'espace intersynaptique, les deux neurones indiquent le passage d'un message nerveux avec un léger retard chez le neurone postsynaptique.

Donc l'arrivée d'un potentiel d'action au niveau de la synapse déclenche la naissance d'un PA au niveau de neurone postsynaptique de même amplitude et de fréquence.

Hypothèse :

Les vésicules synaptiques qui viennent se fusionner avec la membrane présynaptique libèrent dans la fente synaptique une substance chimique qu'elles contiennent et qui joue le rôle de médiateur : neuromédiateur

❖ Données expérimentales 2

On peut isoler les substances chimiques contenues dans les vésicules synaptiques et les injecter dans la fente synaptique en l'absence de toute stimulation. Ces substances sont appelées des neurotransmetteurs.

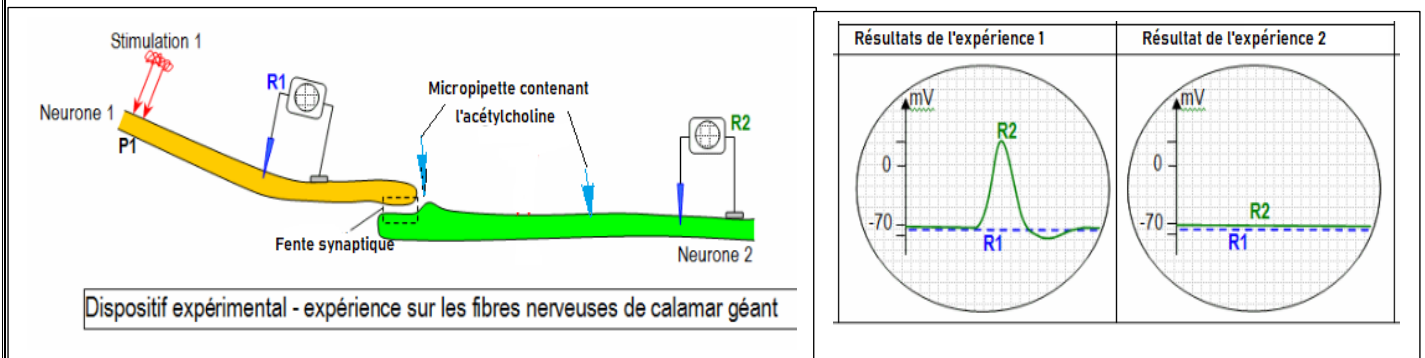
Dans le même temps, on enregistre le potentiel de membrane et ses variations éventuelles par des électrodes placées sur le neurone N2

Expérience 1 : dépôt de microgouttes d'acétylcholine dans l'espace synaptique entre le neurone 1 et le neurone 2

Expérience 2 : injection d'acétylcholine dans le neurone 2

Expérience 3 : injection d'acétylcholine marquée dans les vésicules du neurone 1 puis stimulation en P₁

Résultat : l'acétylcholine marquée est apparue dans l'espace synaptique



Confronter les résultats de ces expériences avec l'hypothèse proposée ?

D'après l'expérience 1 et 2 on déduit que la présence de l'acétylcholine dans l'espace synaptique permet la naissance d'un potentiel postsynaptique qui se propage le long du neurone 2 et enregistrer par l'oscilloscope 2. Cette substance chimique : l'acétylcholine est dite **neurotransmetteur**

D'après l'expérience 3 sous l'effet du potentiel d'action le neurotransmetteur : acétylcholine que contient les vésicules synaptiques est libéré dans l'espace synaptique.

❖ Données expérimentales

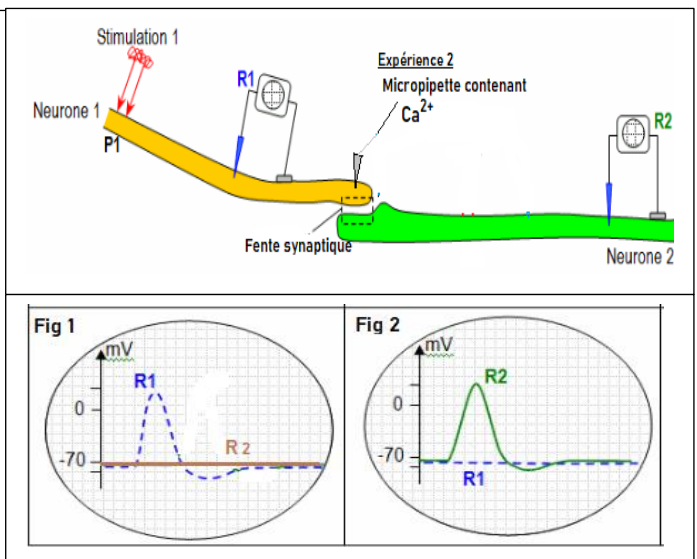
Des expériences ont permis de mettre en évidence le rôle des ions Ca^{2+} dans la transmission synaptique :

Expérience 1 : on prélève tous les ions Ca^{2+} du milieu ou baigne les fibres nerveuses de calmar géant puis on enregistre l'activité des deux neurones après avoir appliqué une stimulation efficace en P₁ la figure 1 montre l'enregistrement obtenu

Expérience 2 : En absence de toute excitation et par une micropipette contenant des ions Ca^{2+} on injecte ces ions dans le bouton synaptique de l'axone présynaptique la figure 2 montre l'enregistrement obtenu

1 – Que peut-on déduire des résultats des deux expériences

2 – Sous forme d'un bilan Expliquer les mécanismes de la transmission synaptique



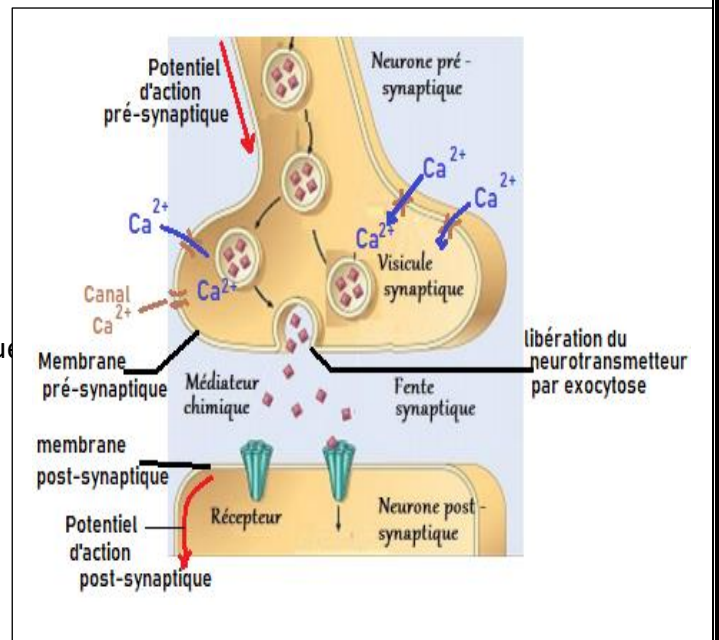
1 – D'après l'expérience 1 on constate que le potentiel d'action est enregistré par l'oscilloscope 1 et pas par l'oscilloscope 2 ce qui prouve qu'en absence de Ca^{2+} dans le milieu ou baigne les neurones le message nerveux ne se propage pas au niveau de la synapse donc pas de libération de l'acétylcholine dans l'espace synaptique.

-D'après l'expérience 2 l'injection du Ca^{2+} dans le bouton synaptique entraîne la naissance d'un potentiel postsynaptique enregistré par l'oscilloscope 2 ce ci s'explique par la libération de l'acétylcholine dans l'espace synaptique

Pour qu'il y est transmission synaptique il se produit une entrée massive des ions Ca^{2+} du milieu extérieur vers le bouton synaptique permettant la libération du neurotransmetteur : acétylcholine dans la fente synaptique

b – bilan :

- ✓ L'arrivée du potentiel d'action présynaptique Au niveau du bouton synaptique active l'ouverture des canaux Ca^{2+} (canaux voltage dépendants) permettant ainsi une diffusion De Ca^{2+} du milieu extracellulaire vers le bouton synaptique.
- ✓ Le Ca^{2+} active la fixation des vésicules synaptiques Contenant le neurotransmetteur à la membrane Présynaptique et libération par exocytose des Neurotransmetteurs dans la fente synaptique
- ✓ Les neurotransmetteurs se fixent sur des Récepteurs spécifiques de la membrane Post-synaptique entrainant la genèse d'un Potentiel d'action post-synaptique



Question :

Quel est le mode d'action des neurotransmetteurs au niveau de la membrane postsynaptique ?

3 – Mode d'action des neurotransmetteurs

a – rappel :

La fixation des molécules des neurotransmetteur au niveau des récepteurs membranaires postsynaptique provoque une variation de l'activité électrique de la membrane postsynaptique

Question :

Quels sont les phénomènes provoqué par la fixation des neurotransmetteurs et responsables de de la variation de l'activité électrique de la membrane postsynaptique ?

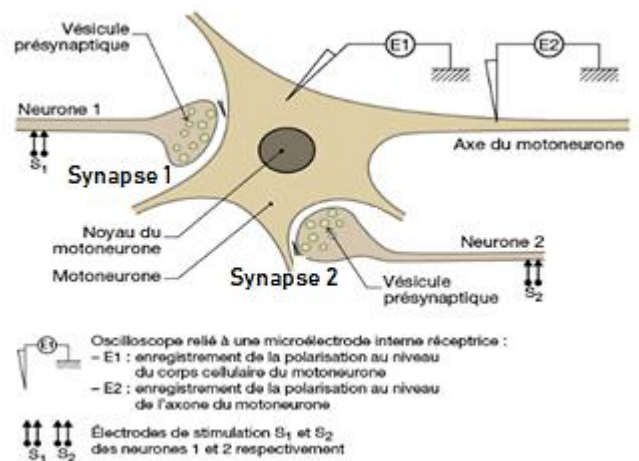
b – Mise en évidence de synapses excitatrices et les synapses inhibitrices :

Expérience1 :

On fait le montage d'un dispositif expérimental qui comprend deux neurones géants de calmar N_1 et N_2 liés au troisième par une synapse puis on enregistre le potentiel membranaire de la membrane postsynaptique après avoir appliqué une excitation efficace séparément sur l'axone de l'un des neurones présynaptiques :

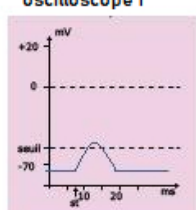
- ✓ La figure 1 montre les enregistrements obtenus après stimulation du neurone 1
- ✓ La figure 2 montre les enregistrements obtenus après stimulation du neurone 2

Comparer l'activité des deux synapses et proposer une hypothèse expliquant la différence



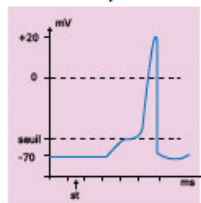
Enregistrements obtenus après stimulation du neurone 1

oscilloscope 1 Fig 1



Potentiel membranaire enregistré au niveau du corps cellulaire du motoneurone

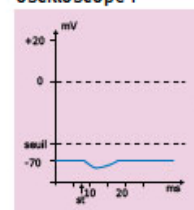
Oscilloscope 2



Potentiel d'action au niveau de l'axone du motoneurone

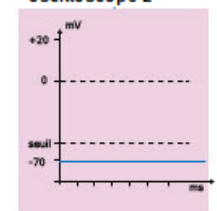
Enregistrements obtenus après stimulation du neurone 2

oscilloscope 1 Fig 2



Potentiel membranaire enregistré au niveau du corps cellulaire du motoneurone

oscilloscope 2



Absence de potentiel d'action au niveau de l'axone du motoneurone

-On constate que la stimulation du neurone 1 provoque au niveau de la synapse 1 une **dépolarisation** de la membrane du corps cellulaire du neurone postsynaptique et comme elle dépasse le seuil de stimulation elle a engendré un message nerveux qui se propage le long de l'axone postsynaptique on parle **synapse excitatrice**

-l'excitation du neurone 2 provoque au niveau de la synapse 2 une **hyperpolarisation** de la membrane postsynaptique Cette hyperpolarisation éloigne le potentiel membranaire de la valeur du seuil de stimulation. Aucun potentiel d'action ne se déclenche au niveau de l'axone. De plus, le motoneurone sera plus difficile à stimuler. On parle de **synapse inhibitrice**.

Hypothèse

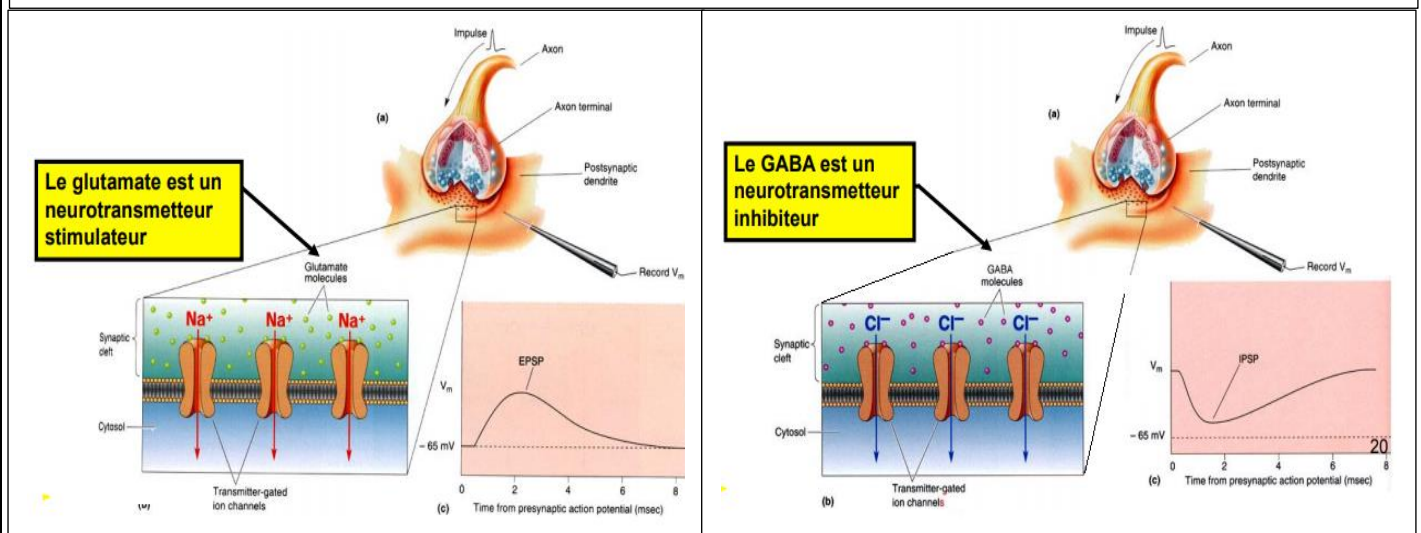
Ceci ne peut s'expliquer que par une différence de nature chimique des neurotransmetteurs et par leurs modes d'action sur les récepteurs membranaires postsynaptiques

Exercice 2 :

La figure explique les modes d'action de quelques neuromédiateurs sur la membrane postsynaptique :

- Mode d'action glutamate comme neuromédiateur d'une synapse excitatrice
- Mode d'action de GABA comme neuromédiateur d'une synapse inhibitrice

Décrire le mode d'action des différents types de neuromédiateurs chimique des synapses



Le neuromédiateur diffuse dans la fente synaptique et atteint ses récepteurs spécifiques situés dans la membrane postsynaptique, en se fixant sur ses récepteurs il provoque une modification de la perméabilité de la membrane postsynaptique à certains ions et crée localement de petites variations de potentiel appelées **potentiels postsynaptiques PPS** ainsi on a :

- Dans le cas d'une synapse excitatrice : La membrane postsynaptique porte des récepteurs membranaires qui se comporte comme **canaux ionique à Na⁺ chimio-dépendant** (fermé en absence de neuromédiateur) une fois la molécule du neuromédiateur : glutamate ou acétylcholine se fixe sur les récepteur ces derniers changent de configuration et s'ouvrent permettant aux ions Na⁺ de diffuser à l'intérieur de la cellule postsynaptique ce qui crée une dépolarisation de la membrane postsynaptique on parle de **PPSE : potentiel postsynaptique excitateur**
- Dans le cas d'une synapse inhibitrice : La membrane postsynaptique porte des récepteurs membranaires : **canaux ioniques à Cl⁻ chimio-dépendants** une fois la molécule du neuromédiateur se fixe sur ces récepteurs ces derniers s'ouvrent permettant l'entrée des ions Cl⁻ dans le corps cellulaire postsynaptique provoquant ainsi une hyperpolarisation de la membrane on parle de **PPSI potentiel postsynaptique inhibiteur**

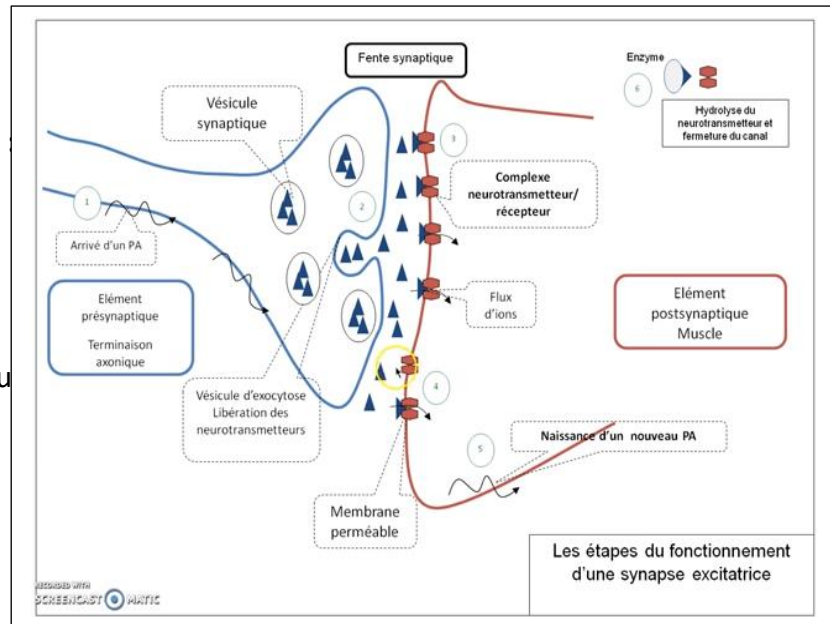
Remarque :

Dans la fente synaptique il existe des enzymes spécifiques qui hydrolysent les neuromédiateurs en les détachant des récepteurs spécifiques et le canal récepteur se ferme ou bien ces neuromédiateurs seront pompés vers le bouton synaptique pour les réutiliser une autre fois.

C – Bilan :

La transmission synaptique peut se Résumer aux grandes étapes suivantes Pour le cas d'une synapse neuroneuronique

- 1 – L'arrivée du Pa au niveau des boutons Synaptique ouvre les canaux Ca^{2+} voltages Dépendants laissant entrer Ca^{2+}
- 2 – activation des vésicules synaptiques qui se fusionnent avec la membrane présynaptique libérant le neuromédiateur dans la fente synaptique
- 3 – fixation du neuromédiateur sur les Récepteurs spécifiques situés dans La membrane postsynaptique
- 4 - le complexe formé se comporte comme Canal ioniques et s'ouvre laissant pénétrer des ions (Na^+ pour la synapse excitatrice, Cl^- pour la synapse inhibitrice) donnant naissance un potentiel postsynaptique soit PPSE ou PPSI
- 5 – Le neuromédiateur peut être dégradé ou recapturé par l'axone présynaptique pour une utilisation ultérieure.



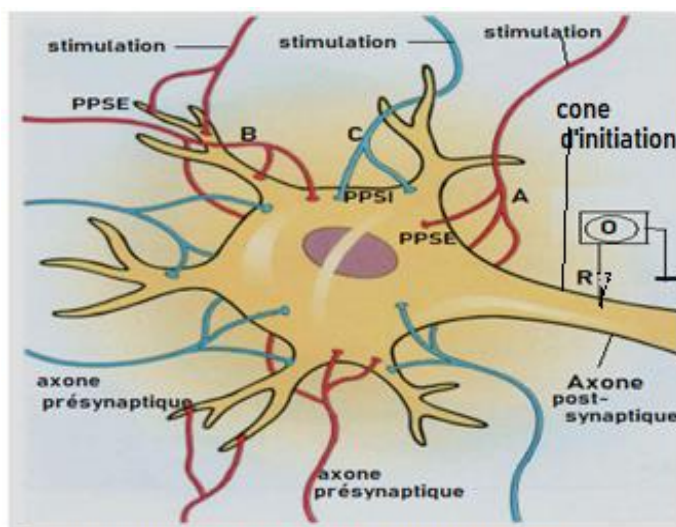
4 – Les caractéristiques intégratrices des neurones

a – données

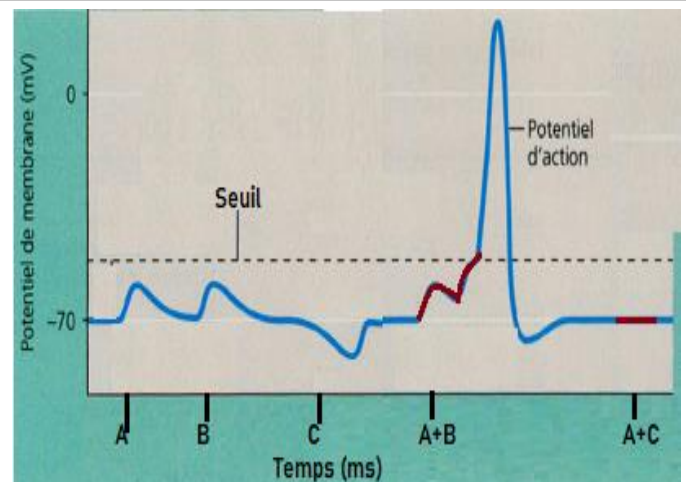
Un neurone est connecté à de très nombreuses afférences excitatrices et inhibitrices (zones A, B et C). Il reçoit de très nombreuses informations au même temps. De nombreux PPSE et PPSI sont générés en divers points de la membrane du neurone.

On enregistre le PPS du corps cellulaire et le PA de l'axone postsynaptique après avoir appliqué des stimulations de même intensité sur les axones présynaptiques A, B et C soit d'une façon isolée ou par couple de deux (voir les enregistrements)

D'après l'enregistrement ci-contre montrer que le corps cellulaire somme les différents potentiels postsynaptiques PPS provenant des axones A, B et C pour donner naissance aux potentiels d'action qui sera transmis par l'axone du neurone postsynaptique



Synapses excitatrices et inhibitrices



- En appliquant une stimulation isolée sur l'un des axones A ou B on obtient un PPSE : il s'agit des synapses excitatrices mais d'amplitude insuffisante qui n'atteint pas le seuil et par conséquent ne génère pas de PA dans l'axone postsynaptique.
- En appliquant une stimulation sur l'axone C on obtient une hyperpolarisation donc un PPSI il s'agit d'une synapse inhibitrice.
- Dans le cas de la stimulation simultanée des axones A et B on constate que les deux PPSE s'additionnent et atteignent ainsi le seuil provoquant la naissance d'un potentiel d'action au niveau de l'axone postsynaptique.
- Dans le cas de stimulation simultanée des axones A et C qui génèrent respectivement un PPSE et un PPSI le potentiel enregistré est de type potentiel de repos (-70mv) car la somme algébrique de PPSE+PPSI est donc nulle.

b – bilan :

Les PPS se somment(s'additionnent) et la somme algébrique des PPSE et PPSI des différentes synapses va générer au niveau du cône d'initiation du neurone postsynaptique un potentiel d'action (PA) si cette somme atteint le seuil d'excitation. Ensuite le PA se propage le long de l'axone vers d'autres synapses. Quand le seuil d'excitation n'est pas atteint le PA ne peut pas être généré.

C – Classification des synapses

<p>Fig A</p> <p>Synapse axosomatique, Synapse axoaxonique, Axones, Dendrite, Axone, Synapse axodendritique</p>	<p>Fig B</p> <p>Axone de motoneurone, Fibres musculaires, Noyau de fibre musculaire, Plaques motrices</p>	<p>Neurone présynaptique, cellule glandulaire</p> <p>Fig C</p>
<p>Fig E</p> <p>Presynaptic neuron, Microtubule, Cytoplasm, Mitochondrion, Gap junction, Postsynaptic neuron, Ions flow through gap junction channels, Presynaptic membrane, Postsynaptic membrane, Gap junction channels</p>	<p>(B) Fig D</p> <p>Presynaptic neuron, Synaptic vesicle, Postsynaptic neuron, Neurotransmitter released, Synaptic vesicle fusing, Presynaptic membrane, Synaptic cleft, Postsynaptic neurotransmitter receptor, Ions flow through postsynaptic channels, Postsynaptic membrane</p>	<p>Le document représente quelques figures montrant types de synapses Déterminer les critères de classification des synapses, dégager les propriétés communes aux différents types de synapses et noter la particularité de la synapse électrique</p>

Les synapses sont classées suivant deux critères :

- ✓ Selon la nature de la cellule postsynaptique : Synapse neuro-neuronique (Fig A) synapse neuromusculaire = plaque motrice (Fig B) et synapse neuroglandulaire (Fig C)
- ✓ Selon la nature de la transmission : synapse chimique (Fig D) et synapse électrique (Fig E)

			Structures cellulaires postsynaptiques	
			Elément présynaptique	Elément postsynaptique
Types de Synapses	Synapses Neuro-neuroniques	Axo-dendritiques	Axone	Dendrite
		Axo-somatique	Axone	Corps cellulaire
		Axo-axonique	Axone	Axone
	Neuro-musculaire		Axone	Fibre musculaire
	neuroglandulaire		Axone	Cellule glandulaire

Les synapses électriques sont des synapses à transmission électrique, directe beaucoup plus rares que celles à transmission chimique (exemple cas des synapses au niveau des ailes de mouches ou de papillons).