AlloSchool

Sciences de la Vie et de la Terre 1 Bac

La communication nerveuse
Cours (Partie 3)

Professeur : Mr BAHSINA Najib

Sommaire

IV- Propriétés de la fibre nerveuse

4-1/ L'histologie nerveuse

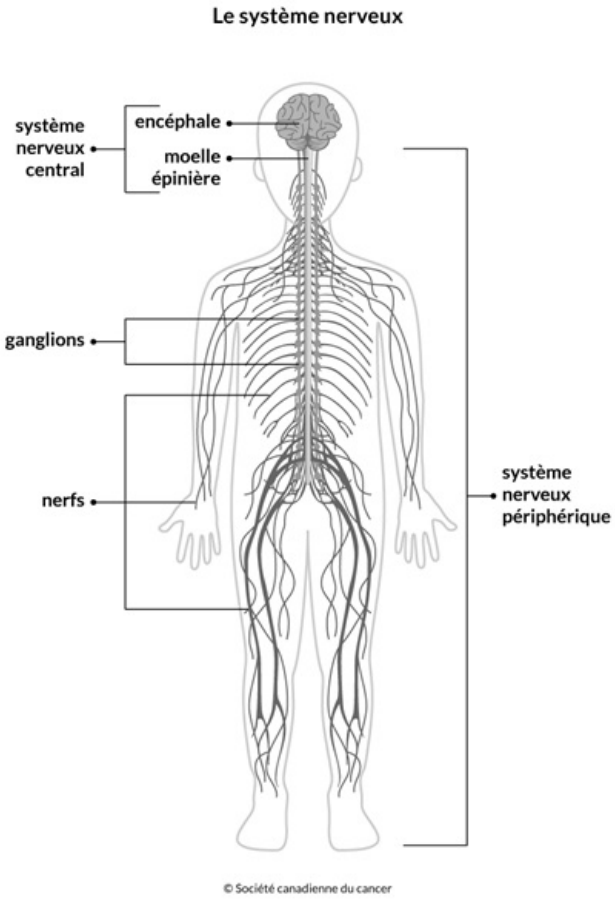
4-2/ Propriétés en relation avec l'excitabilité de la fibre nerveuse

4-3/ Propriétés en relation avec la conductibilité de la fibre nerveuse

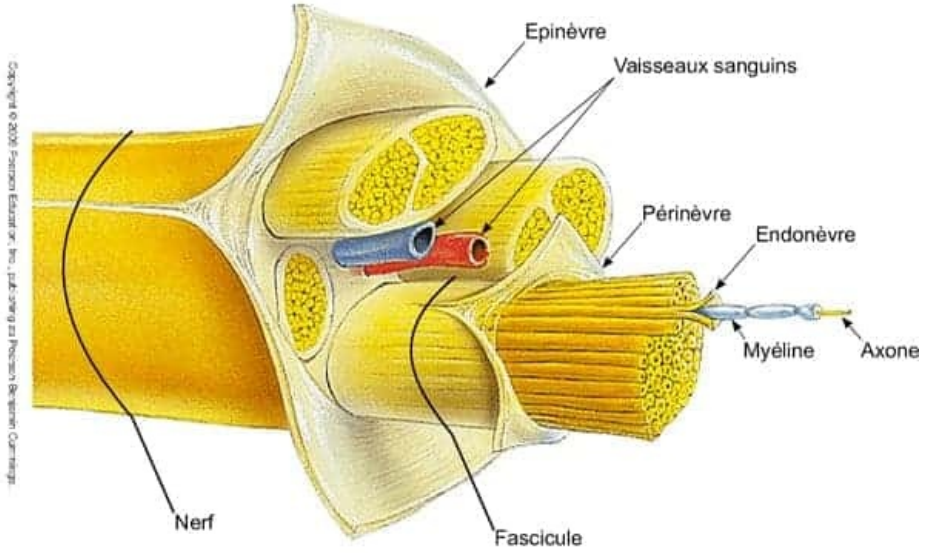
---

IV- Propriétés de la fibre nerveuse

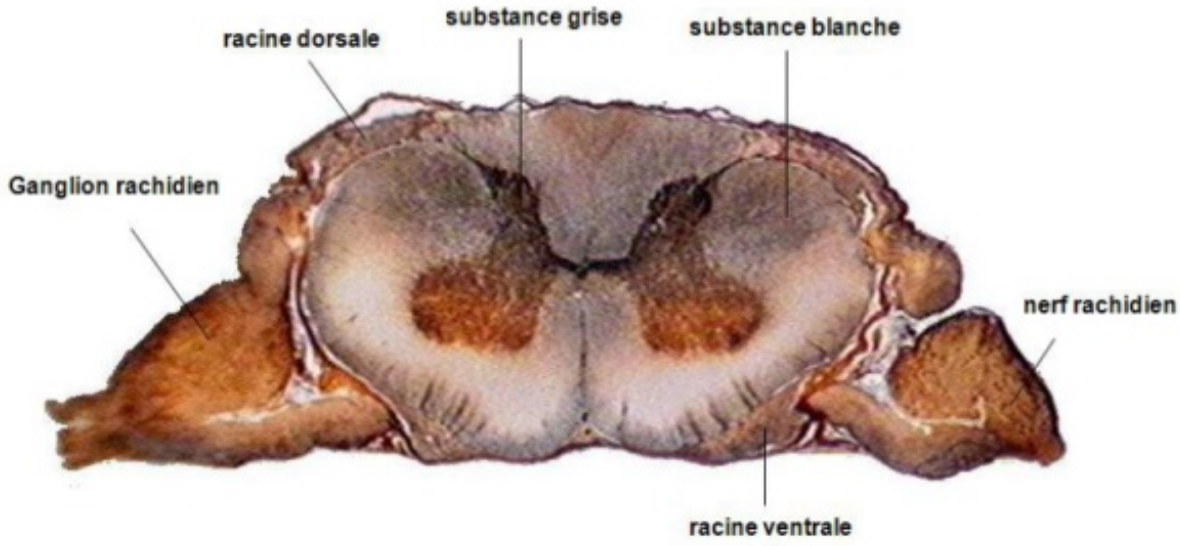
4-1/ L'histologie nerveuse

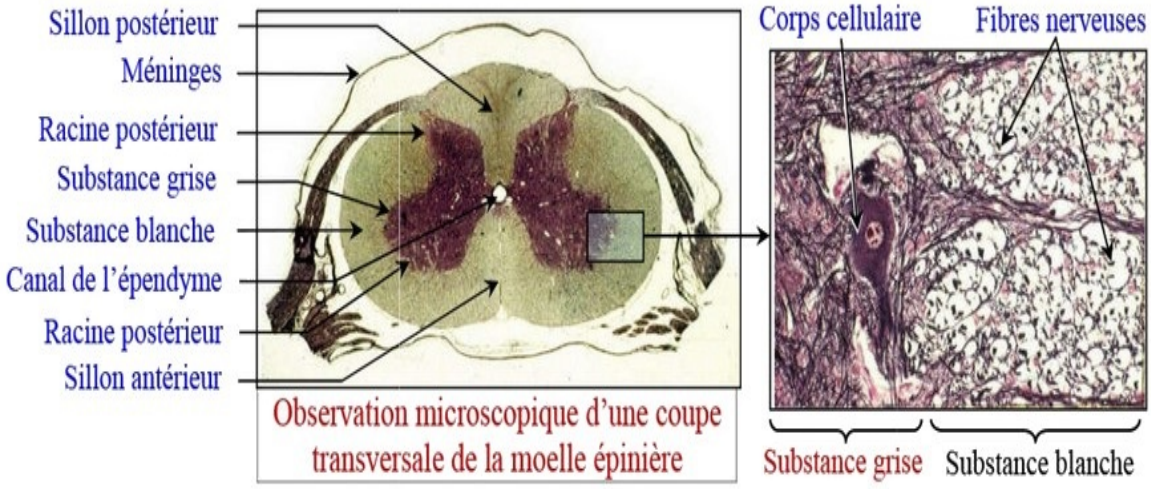


Structure d'un nerf

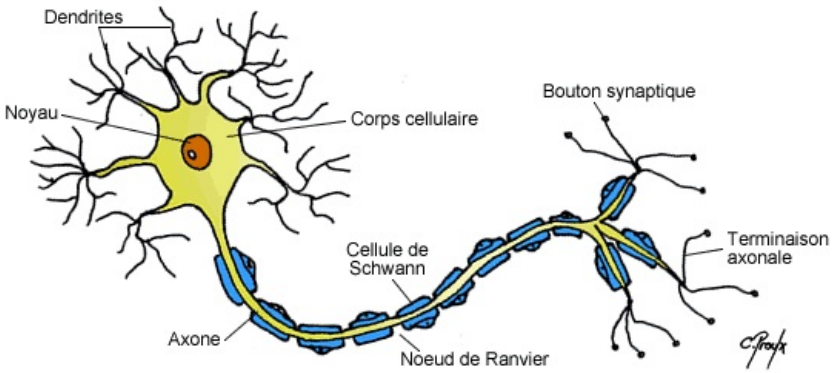


Coupe transversale de la moelle épinière à faible grossissement (40X) :





Observation microscopique d'une coupe transversale de la moelle épinière



Dans la coupe de la moelle épinière :

On observe la méninge qui recouvre le système nerveux central.
Sur la face antérieure (côté abdominal) on distingue le sillon médian antérieur, plus large et plus prononcé que son vis-à-vis, le sillon médian postérieur (côté dorsal).
Antérieurement, on peut distinguer l'émergence des racines antérieures des nerfs rachidiens.
Dorsalement, on peut distinguer l'émergence des racines postérieures des nerfs rachidiens.
Au centre de la moelle épinière se trouve un canal, le canal épendymaire, où va circuler le liquide céphalorachidien.

On distingue la substance blanche, qui va entourer la substance grise en forme de papillon :

1- Les ailes du papillon sont plus courtes et plus épaisses au niveau antérieur (côté abdominal), ce sont les cornes antérieures. Elles renferment les coips cellulaires de neurones contenant un noyau, et se prolonge par des dendrites et un axone.

2- Au niveau postérieur (côté dorsal), les ailes du papillon sont plus étroites, ce sont les cornes postérieures. Elles renferment aussi des coips cellulaires de neurones.

3- La substance blanche est constituée d'axones entourées d'une substance appelée myéline sous forme d'une gaine.

II y a une continuité entre la substance grise et la substance blanche, l'axone qui part du corps cellulaire dans la substance grise se prolonge dans la substance blanche et s'entoure d'une gaine de myéline.

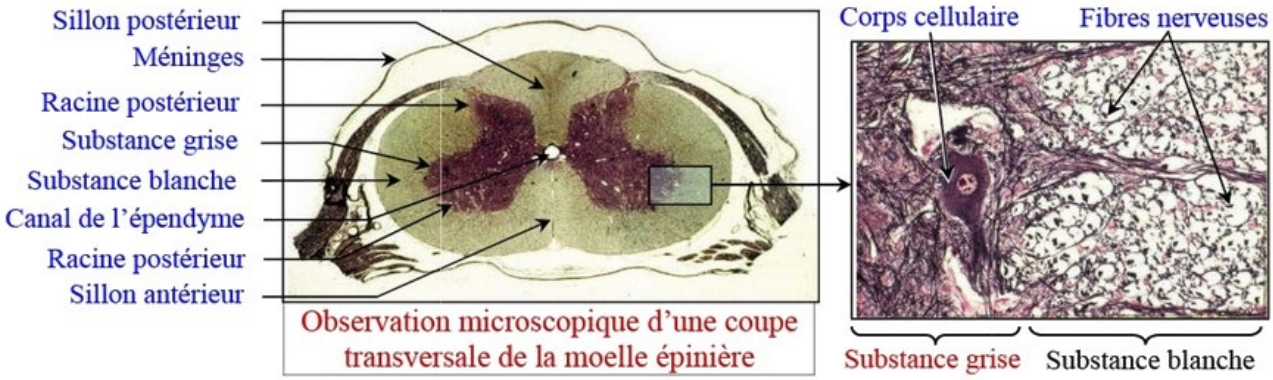
L'observation d'une coupe transversale du nerf montre qu'il est composé de faisceaux de fibres nerveuses.

Chaque fibre nerveuse est composée d'un axone entouré d'une gaine de myéline, le nerf est donc une prolongation de la substance blanche.

L'observation microscopique d'un nerf dilacéré montre principalement deux types de fibres nerveuses, les fibres myélinisées (Fibres nerveuses gainées) et les fibres amyélinisées (Fibres nerveuses non gainées).

La myéline sur les fibres nerveuses myélinisées est discontinue, elle est absente au niveau des nœuds de Ranvier ((Etranglements de Ranvier).

La myéline qui entoure les axones est synthétisée par la cellule de Schwann.



IV- Propriétés de la fibre nerveuse

L'étude de la moelle épinière à faible grossissement (40X) permet de distinguer entièrement la coupe de la moelle épinière :

On observe la méninge qui recouvre le système nerveux central.
Sur la face antérieure (côté abdominal) on distingue le sillon médian antérieur, plus large et plus prononcé que son vis-à-vis, le sillon médian postérieur (côté dorsal).
Antérieurement, on peut distinguer l'émergence des racines antérieures des nerfs rachidiens.
Dorsalement, on peut distinguer l'émergence des racines postérieures des nerfs rachidiens.
Au centre de la moelle épinière se trouve un canal, le canal épendymaire, où va circuler le liquide céphalorachidien.

On distingue la substance blanche, qui va entourer la substance grise en forme de papillon :

1- Les ailes du papillon sont plus courtes et plus épaisses au niveau antérieur (côté abdominal), ce sont les cornes antérieures. Elles renferment les coips cellulaires de neurones contenant un noyau, et se prolonge par des dendrites et un axone.

2- Au niveau postérieur (côté dorsal), les ailes du papillon sont plus étroites, ce sont les cornes postérieures. Elles renferment aussi des coips cellulaires de neurones.

3- La substance blanche est constituée d'axones entourées d'une substance appelée myéline sous forme d'une gaine.

II y a une continuité entre la substance grise et la substance blanche, l'axone qui part du corps cellulaire dans la substance grise se prolonge dans la substance blanche et s'entoure d'une gaine de myéline.

L'observation d'une coupe transversale du nerf montre qu'il est composé de faisceaux de fibres nerveuses.

Chaque fibre nerveuse est composée d'un axone entouré d'une gaine de myéline, le nerf est donc une prolongation de la substance blanche.

L'observation microscopique d'un nerf dilacéré montre principalement deux types de fibres nerveuses, les fibres myélinisées (Fibres nerveuses gainées) et les fibres amyélinisées (Fibres nerveuses non gainées).

La myéline sur les fibres nerveuses myélinisées est discontinue, elle est absente au niveau des nœuds de Ranvier ((Etranglements de Ranvier).

La myéline qui entoure les axones est synthétisée par la cellule de Schwann.



IV- Propriétés de la fibre nerveuse

L'étude de la moelle épinière à faible grossissement (40X) permet de distinguer entièrement la coupe de la moelle épinière :

On observe la méninge qui recouvre le système nerveux central.
Sur la face antérieure (côté abdominal) on distingue le sillon médian antérieur, plus large et plus prononcé que son vis-à-vis, le sillon médian postérieur (côté dorsal).
Antérieurement, on peut distinguer l'émergence des racines antérieures des nerfs rachidiens.
Dorsalement, on peut distinguer l'émergence des racines postérieures des nerfs rachidiens.
Au centre de la moelle épinière se trouve un canal, le canal épendymaire, où va circuler le liquide céphalorachidien.

On distingue la substance blanche, qui va entourer la substance grise en forme de papillon :

1- Les ailes du papillon sont plus courtes et plus épaisses au niveau antérieur (côté abdominal), ce sont les cornes antérieures. Elles renferment les coips cellulaires de neurones contenant un noyau, et se prolonge par des dendrites et un axone.

2- Au niveau postérieur (côté dorsal), les ailes du papillon sont plus étroites, ce sont les cornes postérieures. Elles renferment aussi des coips cellulaires de neurones.

3- La substance blanche est constituée d'axones entourées d'une substance appelée myéline sous forme d'une gaine.

II y a une continuité entre la substance grise et la substance blanche, l'axone qui part du corps cellulaire dans la substance grise se prolonge dans la substance blanche et s'entoure d'une gaine de myéline.

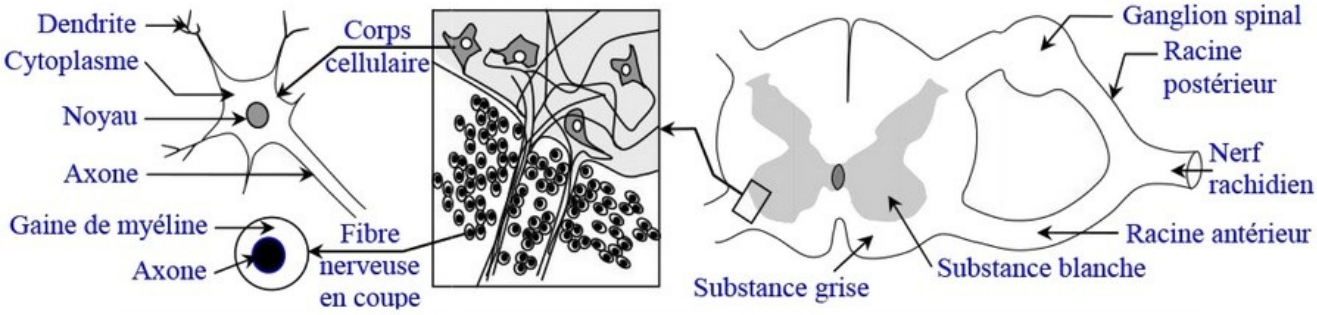
L'observation d'une coupe transversale du nerf montre qu'il est composé de faisceaux de fibres nerveuses.

Chaque fibre nerveuse est composée d'un axone entouré d'une gaine de myéline, le nerf est donc une prolongation de la substance blanche.

L'observation microscopique d'un nerf dilacéré montre principalement deux types de fibres nerveuses, les fibres myélinisées (Fibres nerveuses gainées) et les fibres amyélinisées (Fibres nerveuses non gainées).

La myéline sur les fibres nerveuses myélinisées est discontinue, elle est absente au niveau des nœuds de Ranvier ((Etranglements de Ranvier).

La myéline qui entoure les axones est synthétisée par la cellule de Schwann.



Relations anatomiques entre la structure de la moelle épinière et la structure du nerf

L'étude de la moelle épinière à faible grossissement (40X) permet de distinguer entièrement la coupe de la moelle épinière :

On observe la méninge qui recouvre le système nerveux central.
Sur la face antérieure (côté abdominal) on distingue le sillon médian antérieur, plus large et plus prononcé que son vis-à-vis, le sillon médian postérieur (côté dorsal).
Antérieurement, on peut distinguer l'émergence des racines antérieures des nerfs rachidiens.
Dorsalement, on peut distinguer l'émergence des racines postérieures des nerfs rachidiens.
Au centre de la moelle épinière se trouve un canal, le canal épendymaire, où va circuler le liquide céphalorachidien.

On distingue la substance blanche, qui va entourer la substance grise en forme de papillon :

1- Les ailes du papillon sont plus courtes et plus épaisses au niveau antérieur (côté abdominal), ce sont les cornes antérieures. Elles renferment les coips cellulaires de neurones contenant un noyau, et se prolonge par des dendrites et un axone.

2- Au niveau postérieur (côté dorsal), les ailes du papillon sont plus étroites, ce sont les cornes postérieures. Elles renferment aussi des coips cellulaires de neurones.

3- La substance blanche est constituée d'axones entourées d'une substance appelée myéline sous forme d'une gaine.

II y a une continuité entre la substance grise et la substance blanche, l'axone qui part du corps cellulaire dans la substance grise se prolonge dans la substance blanche et s'entoure d'une gaine de myéline.

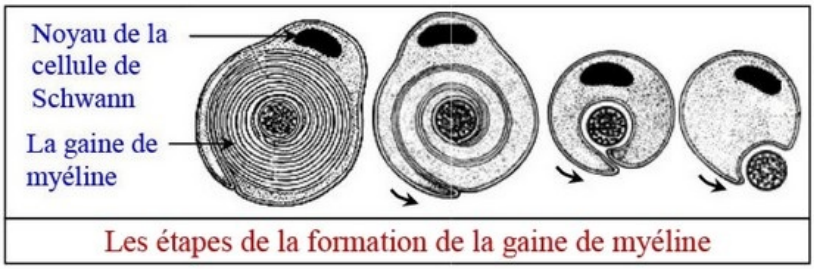
L'observation d'une coupe transversale du nerf montre qu'il est composé de faisceaux de fibres nerveuses.

Chaque fibre nerveuse est composée d'un axone entouré d'une gaine de myéline, le nerf est donc une prolongation de la substance blanche.

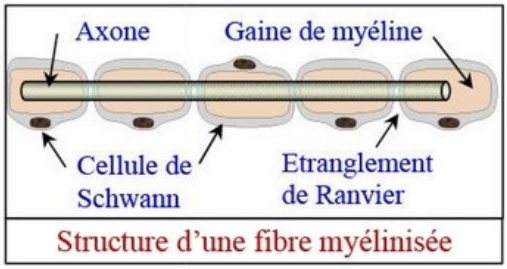
L'observation microscopique d'un nerf dilacéré montre principalement deux types de fibres nerveuses, les fibres myélinisées (Fibres nerveuses gainées) et les fibres amyélinisées (Fibres nerveuses non gainées).

La myéline sur les fibres nerveuses myélinisées est discontinue, elle est absente au niveau des nœuds de Ranvier ((Etranglements de Ranvier).

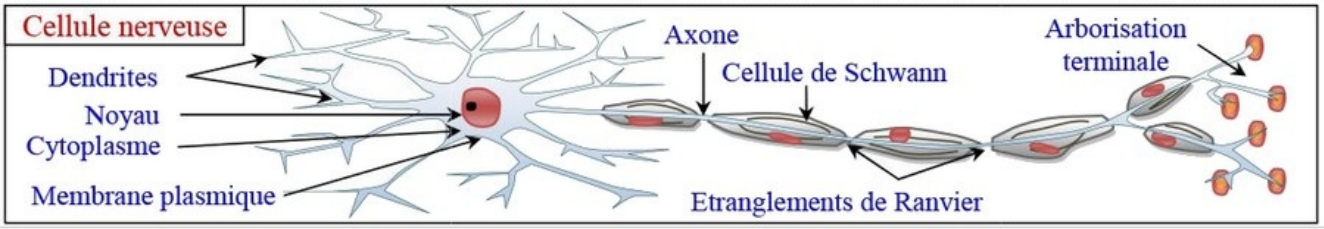
La myéline qui entoure les axones est synthétisée par la cellule de Schwann.



Les étapes de la formation de la gaine de myéline



Structure d'une fibre myélinisée



Conclusion

On constate une continuité structurale entre la substance grise, la substance blanche et le nerf.

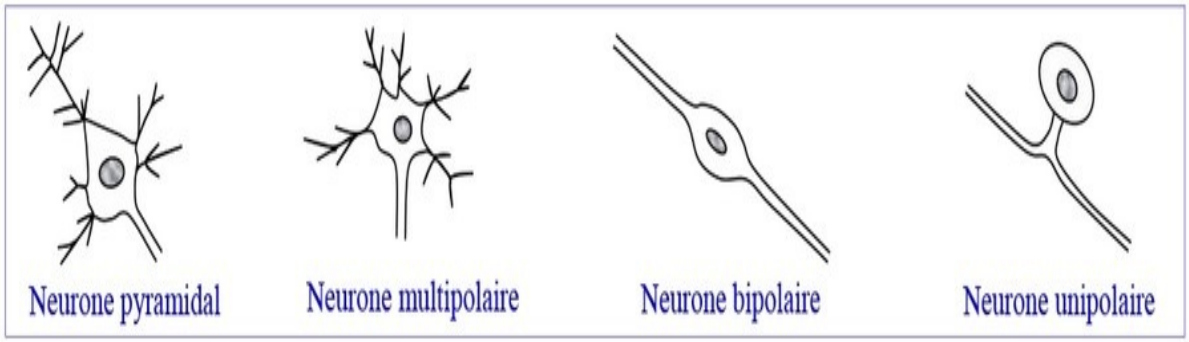
Le corps cellulaire qui renferme le noyau se prolonge par l'axone qui s'entoure de myéline dans la substance blanche et dans le nerf pour donner la fibre nerveuse, formant ainsi l'unité structurale du tissu nerveux la cellule nerveuse ou neurone qui se ramifie au niveau des organes en arborisation terminale.

Remarque

Les neurones ont une morphologie très variable.

Ils se distinguent entre autres par la forme de leur corps cellulaire , l'organisation et la morphologie des prolongements (Dendrites et axone)

Voici schématiquement quelques types de neurones que l'on trouve dans le système nerveux :



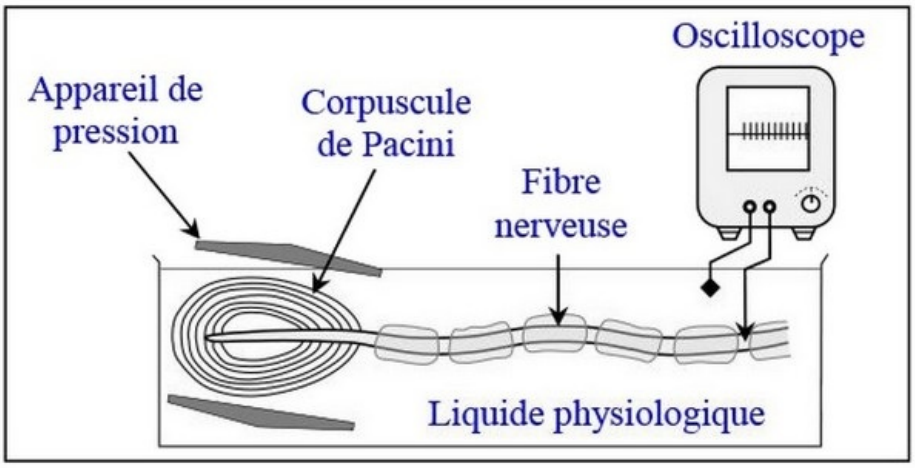
4-2/ Propriétés en relation avec l'excitabilité de la fibre nerveuse

Codage du message nerveux dans la fibre nerveuse

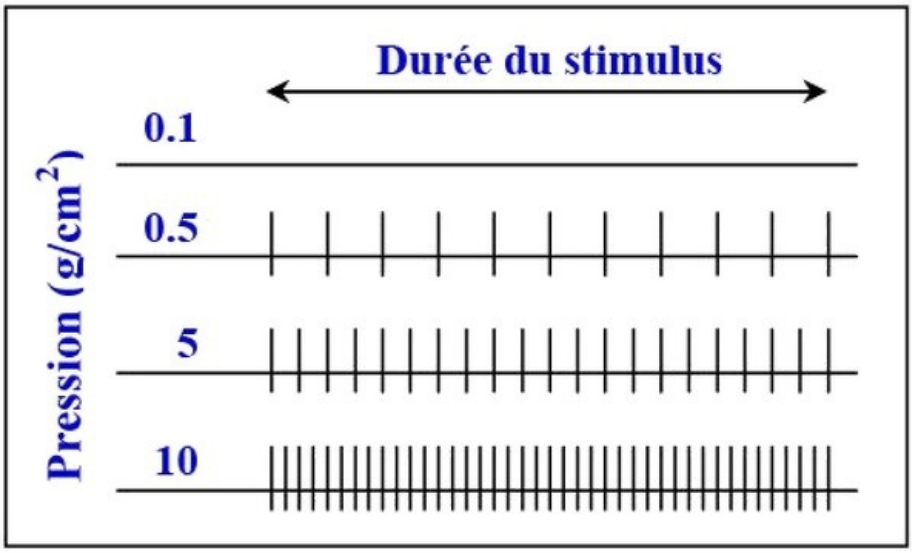
On cherche à comprendre l'origine du message nerveux sensoriel, en s'appuyant sur l'étude du fonctionnement d'un type de récepteur: les corpuscules de Pacini qui sont des mécano-récepteurs (sensible à la pression) localisés dans le derme.

Un corpuscule de Pacini est isolé avec son afférence in vitro et soumis à des pressions croissantes.

Une microélectrode implantée dans la fibre permet d'enregistrer les messages sensoriels qui en sont issus :



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

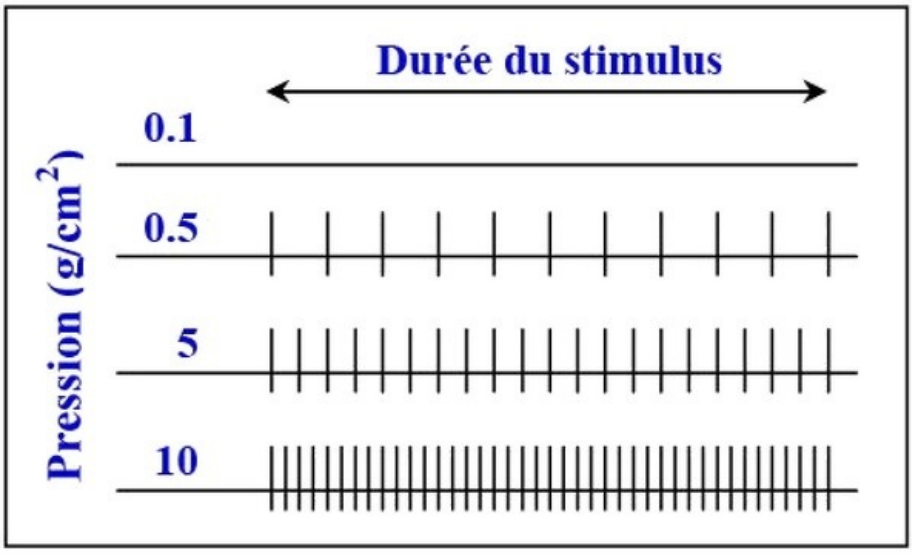


- Analyse

Les enregistrements obtenus correspondent à des potentiels d'action enregistrés au niveau d'un nœud de Ranvier situé sur la fibre nerveuse myélinisée issue du corpuscule de Pacini.

Dans les cas des stimulations de $0,1 g/cm^2$, il n'y a pas de potentiels d'actions véhiculés le long de la fibre.

Pour les stimulations de 0.5 jusqu'à $10 g/cm^2$, nous remarquons que la fréquence des potentiels d'action s'élève avec l'augmentation de l'intensité du stimulus (augmentation de la pression).

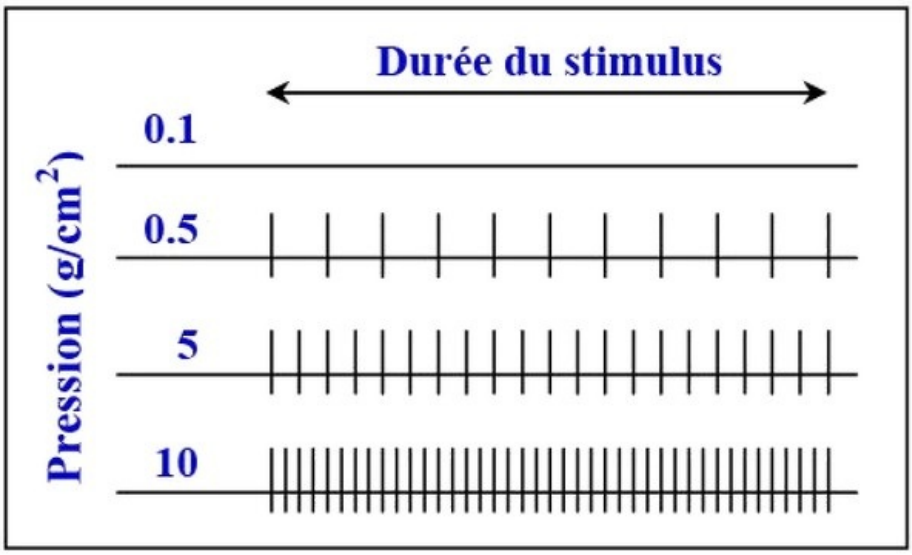


- Interprétation

L'amplitude du potentiel d'action ne varie pas au niveau de la fibre nerveuse,

toute stimulation supraliminaire déclenche une série de potentiel d'action dont la fréquence est d'autant plus élevée que l'intensité de la stimulation est forte.

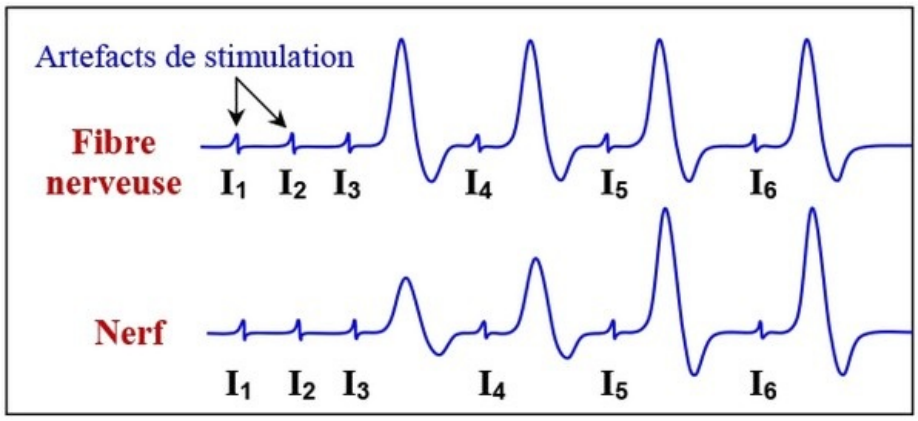
Donc au sein de la fibre nerveuse, le message nerveux varie ainsi en fonction de l'intensité et de la durée du stimulus.



Réponse de la fibre nerveuse à des excitations isolées d'intensité croissante et de durée fixe

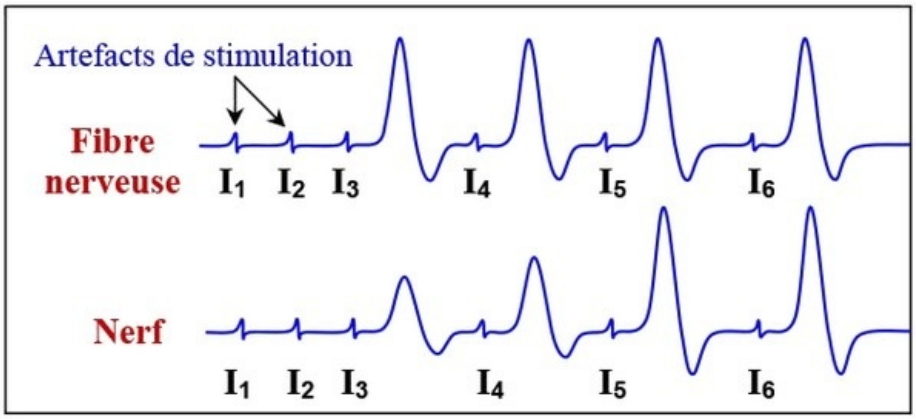
On soumet un nerf et une fibre nerveuse à des excitations isolées d'intensité croissante (I_1 à I_6) et de durée fixe.

Les résultats obtenus sont représentés par les enregistrements suivants :



- Chez la fibre nerveuse :

I_1 et I_2 ne produisent que l'artefact de stimulation, ce sont des excitations inefficaces leurs intensités sont inférieures à la rhéobase.



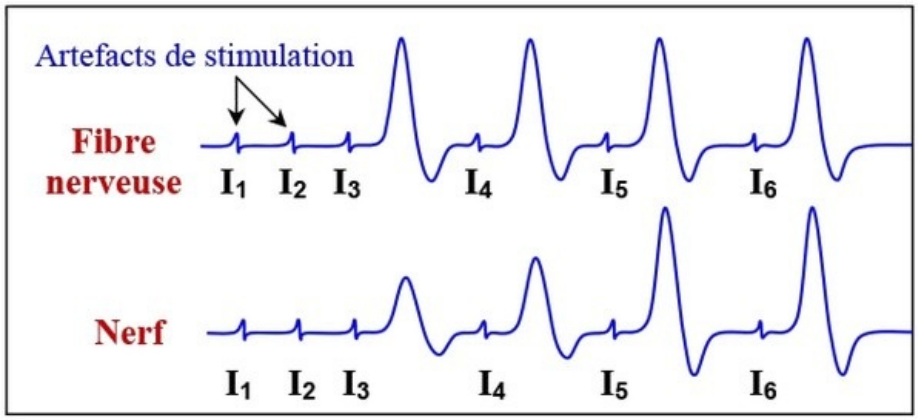
De I_3 à I_6, bien que l'intensité de l'excitation augmente on enregistre un potentiel d'action d'amplitude constante.

La fibre nerveuse est donc soit excitable si l'intensité de l'excitation est supérieure ou égale au seuil d'excitation, soit inexcitable si l'intensité de l'excitation est inférieure au seuil de l'excitation.

Cette caractéristique de la fibre nerveuse est appelée la loi de tout ou rien.

- Chez le nerf :

I_1 et I_2 ne produisent que l'artefact de stimulation, ce sont des excitations inefficaces leurs intensités sont inférieures à la rhéobase.



De I_3 à I_5 : l'augmentation de l'intensité de l'excitation provoque une augmentation de l'amplitude du potentiel d'action.

Ce phénomène caractérisant le nerf est appelé la loi de recrutement, il est due à la structure du nerf formé de plusieurs fibres nerveuses, ainsi, plus l'intensité de l'excitation augmente plus le nombre de fibres nerveuses excitées est important et plus l'amplitude du potentiel d'action augmente.

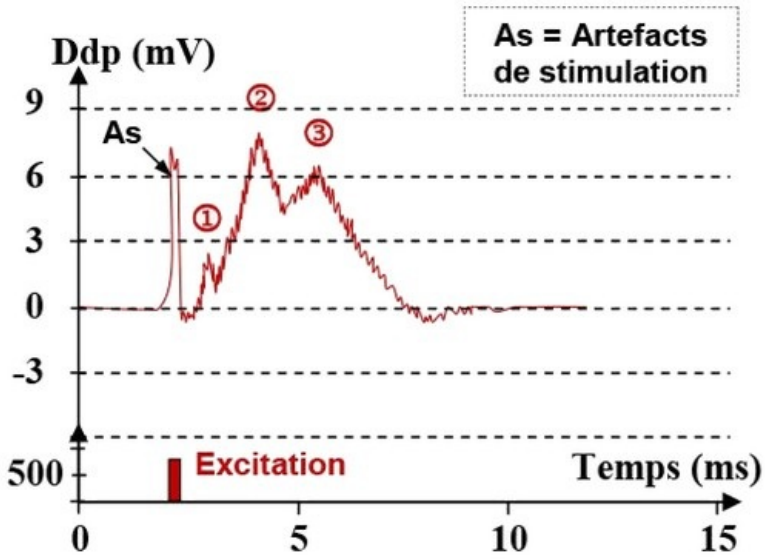
Après I_5, bien que l'intensité de l'excitation augmente on enregistre un potentiel d'action d'amplitude constante maximale, car toutes les fibres nerveuses constitutives du nerf sont excitées.

4-3/ Propriétés en relation avec la conductibilité de la fibre nerveuse

Étude de données expérimentales

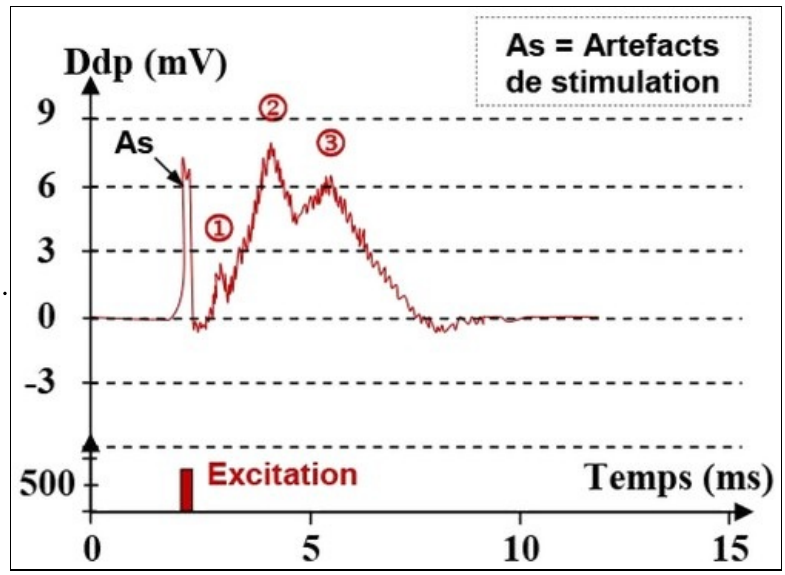
Pour dégager certaines caractéristiques de la conduction de stimulation de l'influx nerveux, liées aux propriétés des groupes de fibres nerveuses qui le constituent,

On propose d'exploiter le document suivant, qui représente un enregistrement électro-nerveux du nerf de crabe, obtenu lors d'une seule excitation isolée et efficace :



On constate qu'une seule excitation isolée et efficace a permis d'enregistrer un potentiel d'action présentant 3 pics: 1, 2 et 3.

La présence de 3 phases s'explique par le fait que ce nerf est composé de 3 types de fibres nerveuses, qui diffèrent selon la vitesse de conduction de l'influx nerveux



Puisque ce nerf est composé de trois types de fibres, la vitesse est donc :

$$V_1 = \frac{\Delta d(mm)}{\Delta t_1(ms)} = \frac{5}{3-2,25} = 6,67mm/s$$
$$V_2 = \frac{\Delta d(mm)}{\Delta t_2(ms)} = \frac{5}{4-2,25} = 2,86mm/s$$
$$V_3 = \frac{\Delta d(mm)}{\Delta t_3(ms)} = \frac{5}{5,5-2,25} = 1,54mm/s$$

Dans ce nerf la conduction du message nerveux se fait avec trois vitesses différentes, ce qui montre qu'il est composé de trois types de fibres nerveuses.

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

Type de fibres	Diamètre	Vitesse
Fibre myélinisées de mammifères	$10\mu m$	$60m/s$
	$20\mu m$	$120m/s$
Fibre myélinisée du crabe	$25\mu m$	$4m/s$
	$8\mu m$	$1,6m/s$
Fibre non myélinisée du crabe	$1,5\mu m$	$0,9m/s$

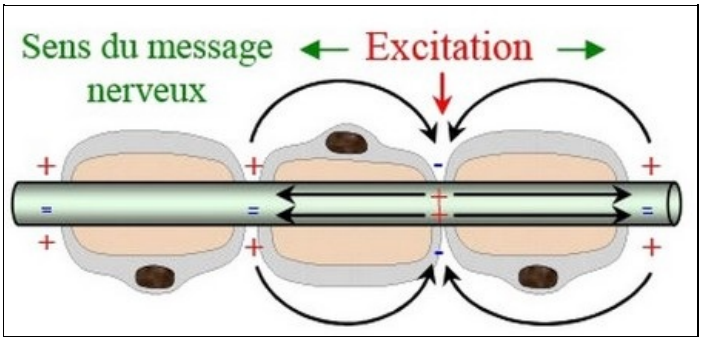
La vitesse de conduction des fibres nerveuses varie selon :

- L'espèce animale : élevée chez les Mammifères a sang chaud, faible chez les invertébrés.
- Le diamètre des fibres : dans le même type, plus le diamètre de la fibre est grand plus la conduction est rapide.
- Le type de fibre : les fibres myélinisées sont plus rapides que les fibres amyélinisées.

Relation entre la structure de la fibre nerveuse et sa conductibilité

- Conduction du message nerveux chez une fibre myélinisée :

Le potentiel membranaire n'apparaît qu'au niveau des étranglements de Ranvier, où il y'a absence de myéline et abondance de canaux ioniques à Na^+ et K^+ voltage dépendants.

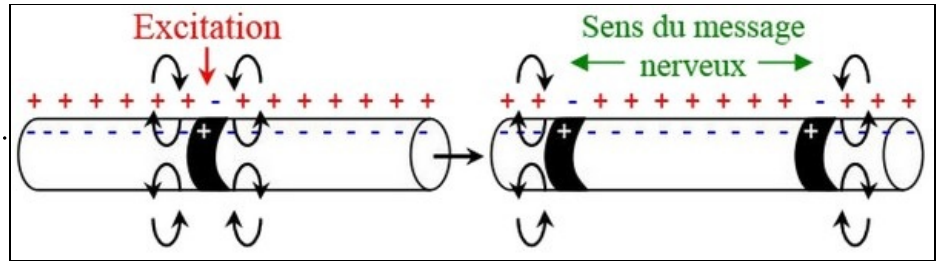


L'onde de dépolarisation saute d'un étranglement de Ranvier à un autre, par l'intermédiaire de courants électriques naissant entre ces étranglements.

C'est la conduction saltatoire, où la propagation du message nerveux est rapide.

- Conduction du message nerveux chez une fibre non myélinisée :

La naissance d'un potentiel d'action à un point précis de la fibre nerveuse, permet d'apparaître des courants locaux qui entraînent la dépolarisation du point voisin et ouverture des canaux ioniques à Na^+ et K^+ voltage dépendants, d'où la naissance d'un nouveau potentiel d'action



Dans ce cas la conduction du message nerveux est dite par courants locaux de proche en proche, où la propagation du message nerveux est lente.

- Conclusion

La différence de vitesse de conduction aux niveaux des fibres nerveuses myélinisées et non myélinisées, est due au fait que la myéline joue le rôle d'un isolant électrique qui empêche les échanges ioniques de part et d'autre de la membrane de la fibre myélinisée.

Pour la fibre nerveuse isolée, la propagation de l'influx nerveux se fait dans les deux sens à partir du point d'excitation.

Les étranglements de Ranvier s'éloignent davantage entre eux avec l'augmentation du diamètre des fibres nerveuse myélinisées, ce qui explique l'augmentation de la vitesse de conduction tout au long de ces dernières.