

CT de moelle épinière
au MO x40

TP2 : le réflexe à l'échelle cellulaire, et circuits de neurones

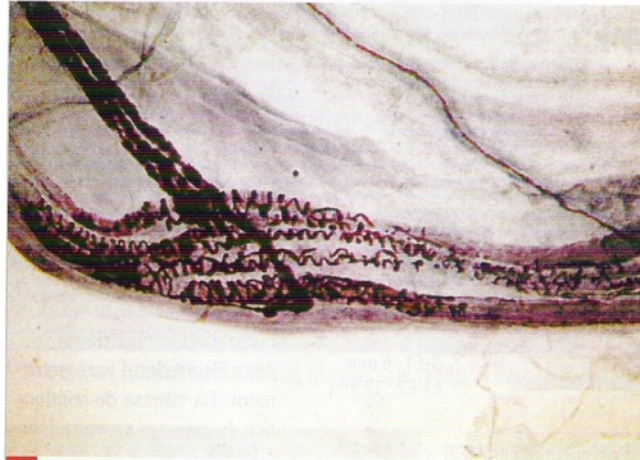
L'objectif de ce TP est d'une part de caractériser à l'échelle cellulaire la relation structure-fonction es neurones dans le cas du réflexe myotatique, puis de mettre en évidence le sens de propagation du message nerveux dans le réseau neuronique.



Lycée E. Delacroix Tale S

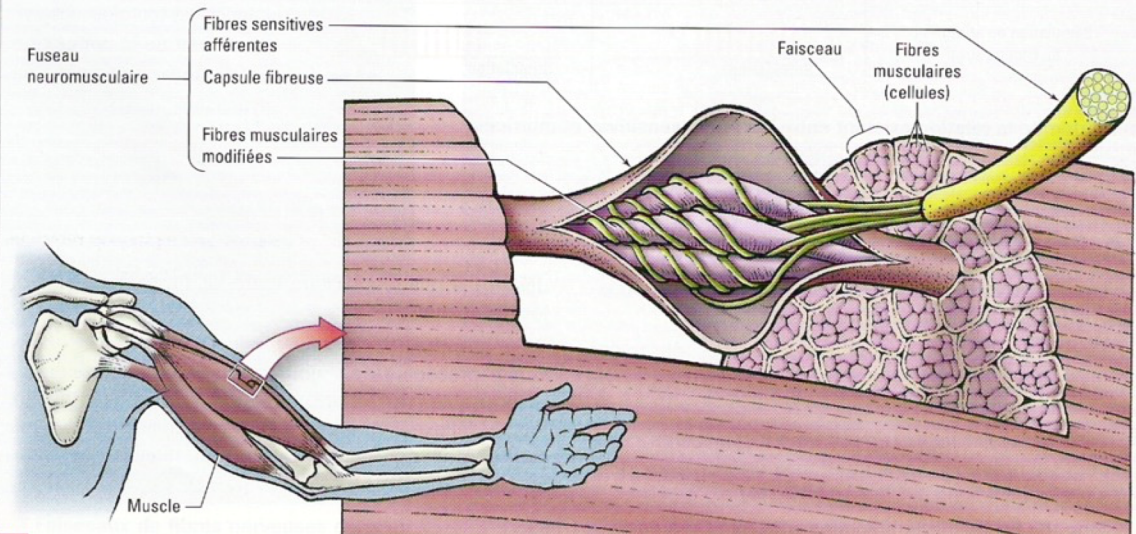
Activité 1 : Étude à l'échelle tissulaire et cellulaire du muscle squelettique

Un **récepteur sensoriel** permet la détection d'une sensation appelée stimulus, et la traduit sous la forme d'un message nerveux **sensitif** (ou **afférent**, c'est-à-dire qui se dirige vers un centre nerveux).



◀ **Quelques données.** Dans un muscle, disposées parallèlement aux fibres musculaires responsables de la contraction, se trouvent des petites capsules fibreuses : les **fuseaux neuromusculaires**. Ces derniers contiennent des fibres musculaires modifiées autour desquelles sont enroulées des ramifications de la terminaison de fibres nerveuses. Le corps cellulaire des neurones correspondants est localisé dans les ganglions rachidiens associés aux racines dorsales des nerfs rachidiens. L'étirement du muscle induit une modification des messages nerveux dans ces neurones.

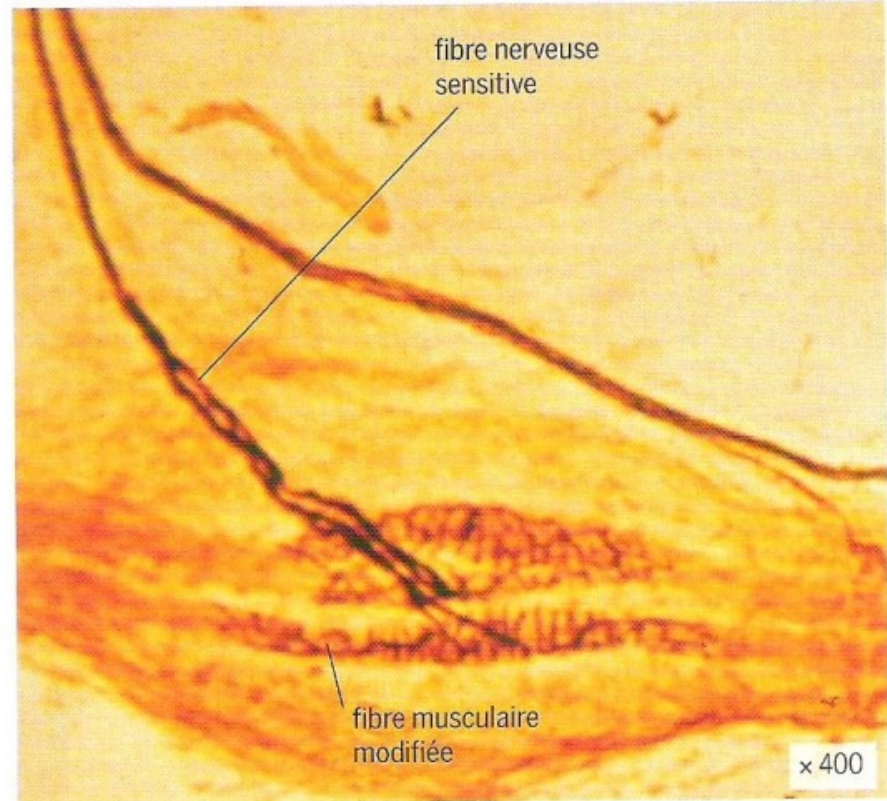
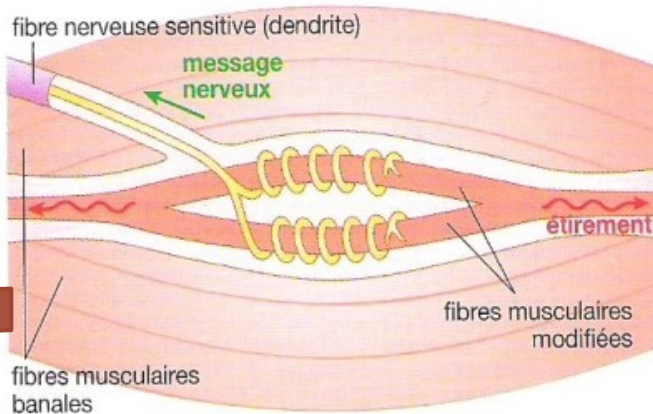
1 Observation microscopique d'un fuseau neuromusculaire (MP, x 20).



2 Représentation schématique d'un faisceau neuromusculaire dans un muscle (hauteur du fuseau neuromusculaire exagérée).

Les fuseaux neuromusculaires, des récepteurs sensibles à l'étirement.

Dans les muscles, il existe des fibres musculaires modifiées sur lesquelles s'enroulent des terminaisons nerveuses dendritiques. L'ensemble, appelé fuseau neuromusculaire, constitue un **mécanorécepteur** sensible à l'étirement : un étirement, même minime, de ces fibres musculaires fait naître un message nerveux qui se propage alors par les dendrites (fibres sensibles d'un nerf rachidien) en direction de la moelle épinière.



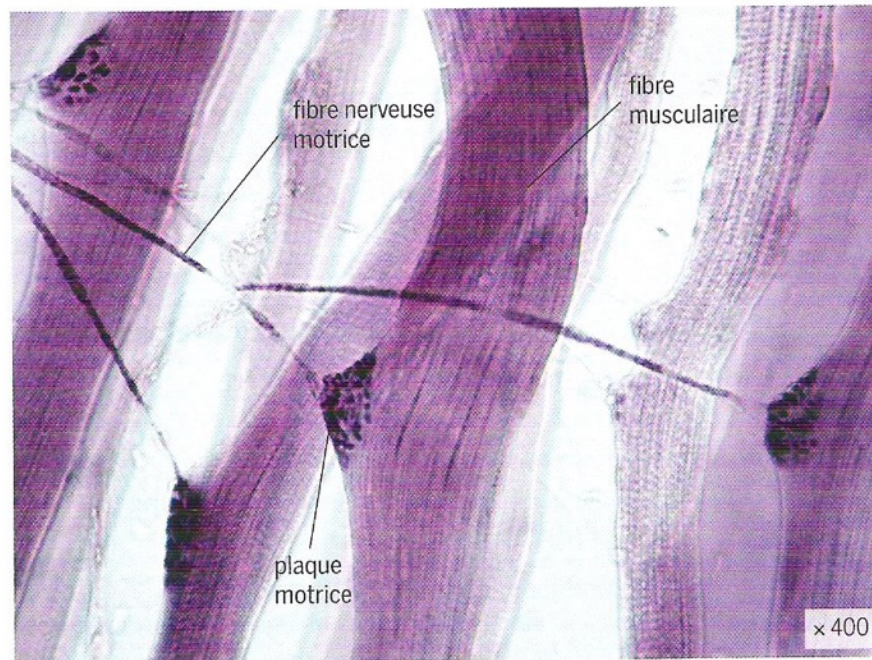
Doc. 1 Le fuseau neuromusculaire, un récepteur sensible à l'étirement.

L'extrémité de la fibre nerveuse sensitive est **au cœur** du muscle, et est **enroulée autour d'une fibre musculaire modifiée**. => contact direct et enroulement au cœur du muscle sont des adaptations structurales à la fonction de cette fibre nerveuse sensitive: **détecter les moindres modifications du muscle**.

La plaque motrice: contact entre la fibre nerveuse motrice et la fibre musculaire

Chaque fibre musculaire est en connexion avec une fibre nerveuse : les terminaisons axoniques forment en surface une zone de **synapse**, appelée **plaque motrice**, au niveau de laquelle l'arrivée d'un message nerveux déclenche la contraction de la fibre musculaire.

Des observations médicales permettent de connaître l'origine de ces fibres nerveuses motrices : dans le cas de la poliomyélite, ou de la maladie de Charcot, une destruction des corps cellulaires de neurones situés dans les cornes ventrales de la moelle épinière entraîne une dégénérescence des **axones** jusqu'aux plaques motrices. Ces maladies se traduisent par des paralysies musculaires.



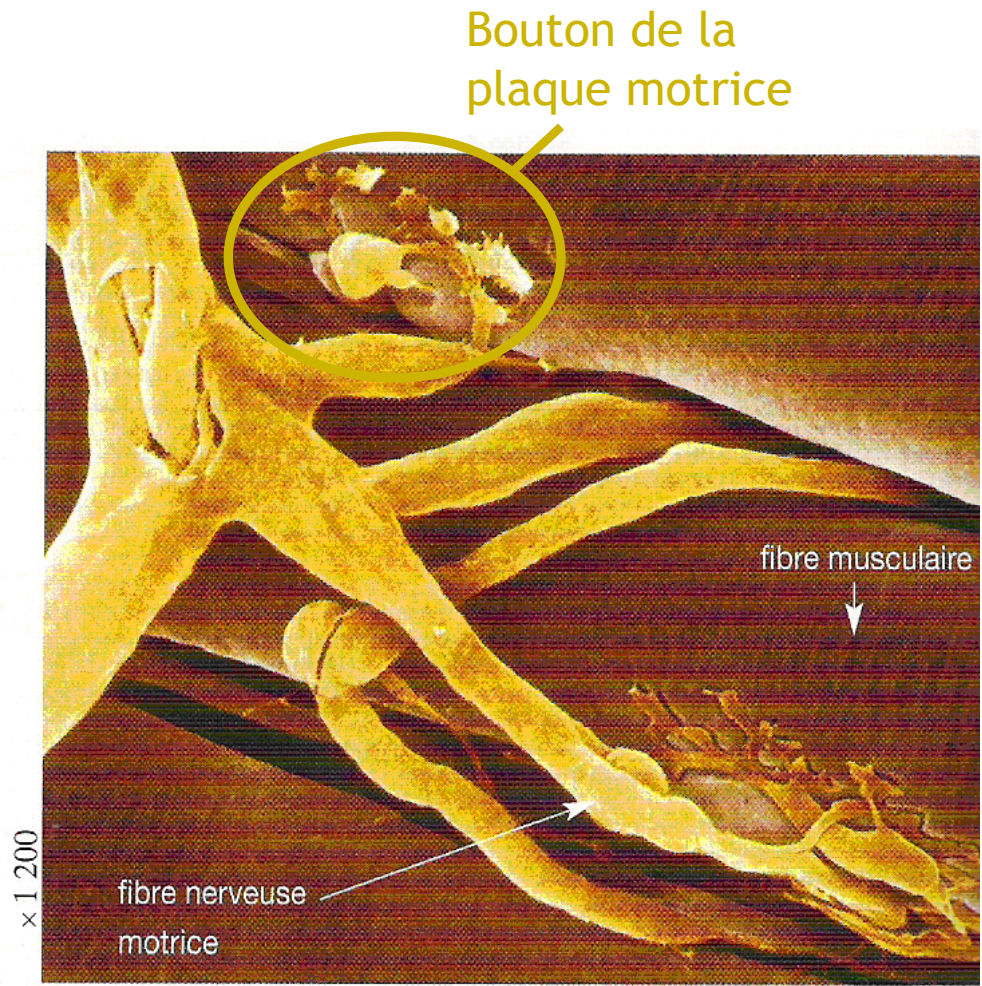
Doc. 2 La plaque motrice : une connexion entre fibre nerveuse et fibre musculaire.

On constate que la **fibre nerveuse motrice** présente des **ramifications qui se terminent en forme de boutons en contact avec la surface de plusieurs fibres musculaires**. Ce contact étroit permet la transmission du message nerveux moteur aux fibres musculaires qui y répondent de manière synchrone par une contraction.

La plaque motrice, un contact fonctionnel entre nerf et muscle.

Chaque fibre musculaire reçoit une ramification nerveuse qui ne pénètre pas au sein de la fibre mais qui est simplement en contact intime avec sa membrane. Ce contact constitue une plaque motrice. C'est en franchissant cette zone que le message nerveux moteur déclenche la contraction musculaire. Ceci est clairement prouvé par une injection de curare qui bloque la transmission du message nerveux à ce niveau et entraîne une relaxation totale du muscle suite à l'abolition du tonus musculaire.

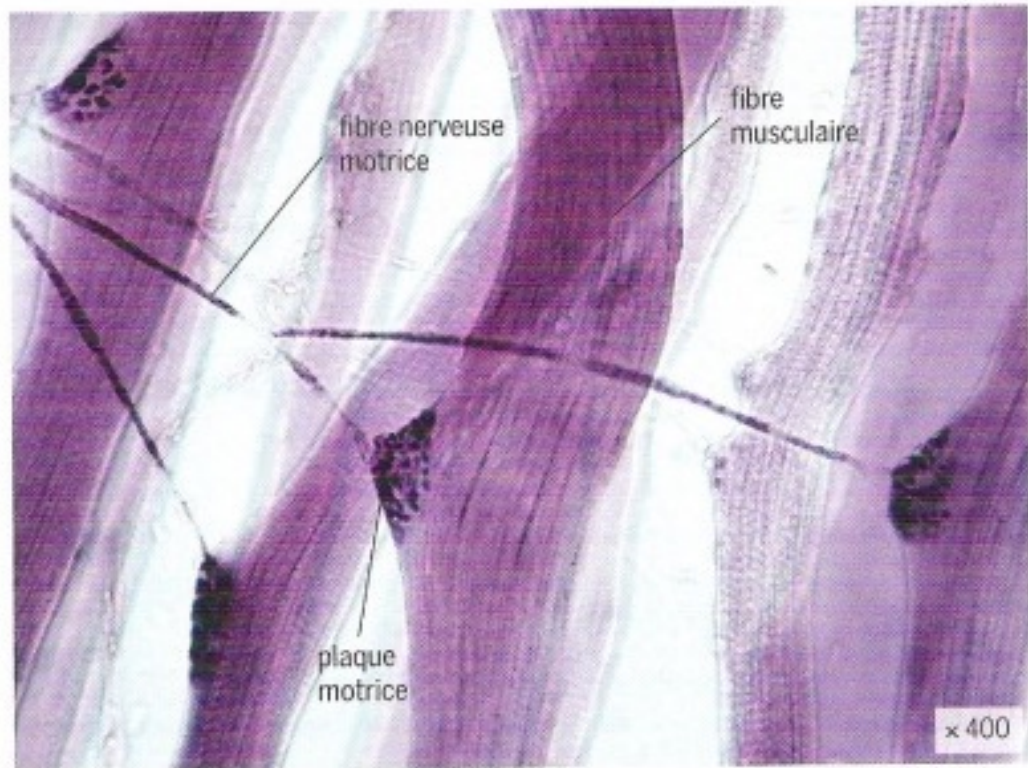
Une observation médicale permet de connaître l'origine de ces fibres nerveuses motrices. Certaines maladies comme la poliomyélite ou la maladie de Charcot sont dues à une destruction des corps cellulaires de la corne ventrale de la moelle épinière et une dégénérescence des fibres nerveuses issues de ces corps cellulaires. Ces maladies se traduisent par des paralysies musculaires.



La plaque motrice

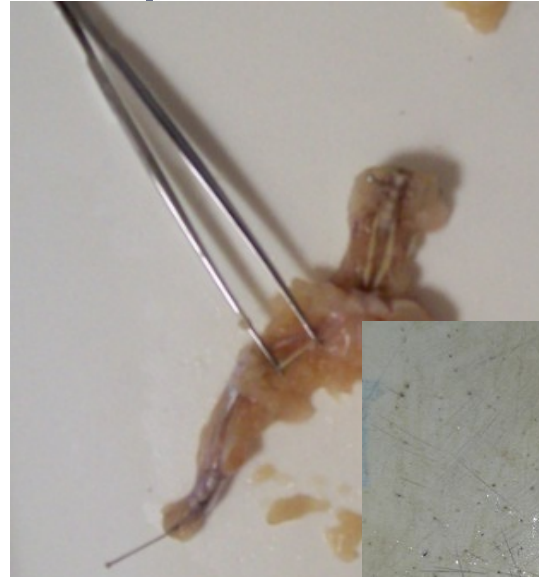
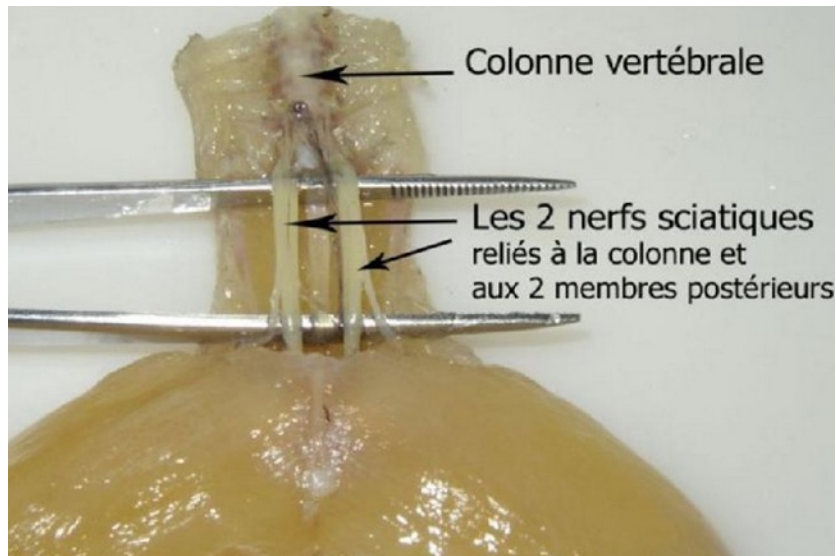
Chaque fibre musculaire est en connexion avec une fibre nerveuse : les terminaisons axoniques forment en surface une zone de **synapse**, appelée **plaque motrice**, au niveau de laquelle l'arrivée d'un message nerveux déclenche la contraction de la fibre musculaire.

Des observations médicales permettent de connaître l'origine de ces fibres nerveuses motrices : dans le cas de la poliomyélite, ou de la maladie de Charcot, une destruction des corps cellulaires de neurones situés dans les cornes ventrales de la moelle épinière entraîne une dégénérescence des **axones** jusqu'aux plaques motrices. Ces maladies se traduisent par des paralysies musculaires.



Doc. 2 La plaque motrice : une connexion entre fibre nerveuse et fibre musculaire.

Isolement des nerfs sciatiques de Grenouille



<http://www.vivelessvt.com/college/relations-au-sein-de-lorganisme/>



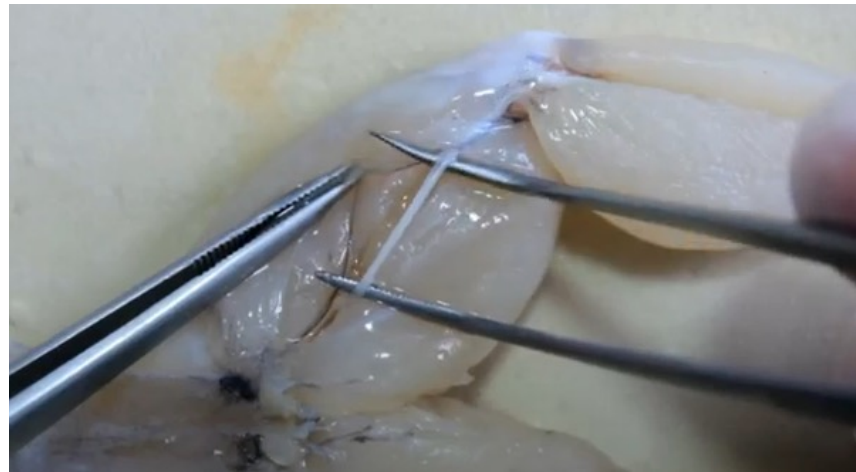
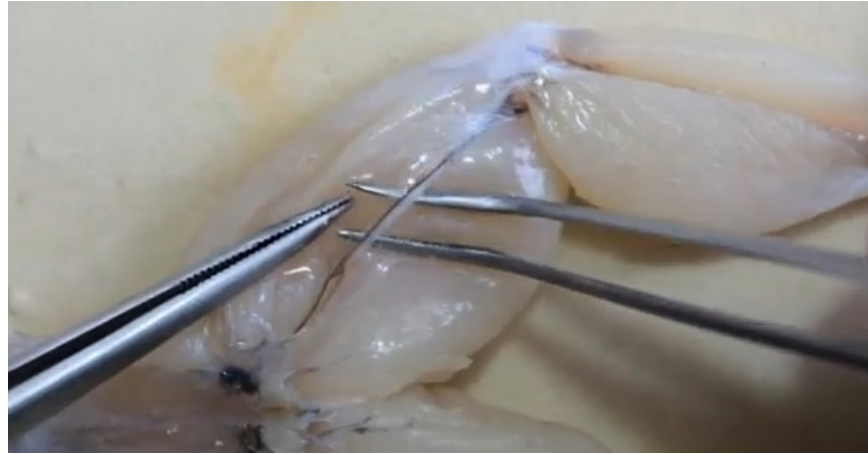
Professeur Manumanu
www.intellego.fr

<http://www.intellego.fr/soutien-scolaire--/aide-scolaire-svt/photos-de-dissection-de-grenouille-nerf-sciatique/15976>

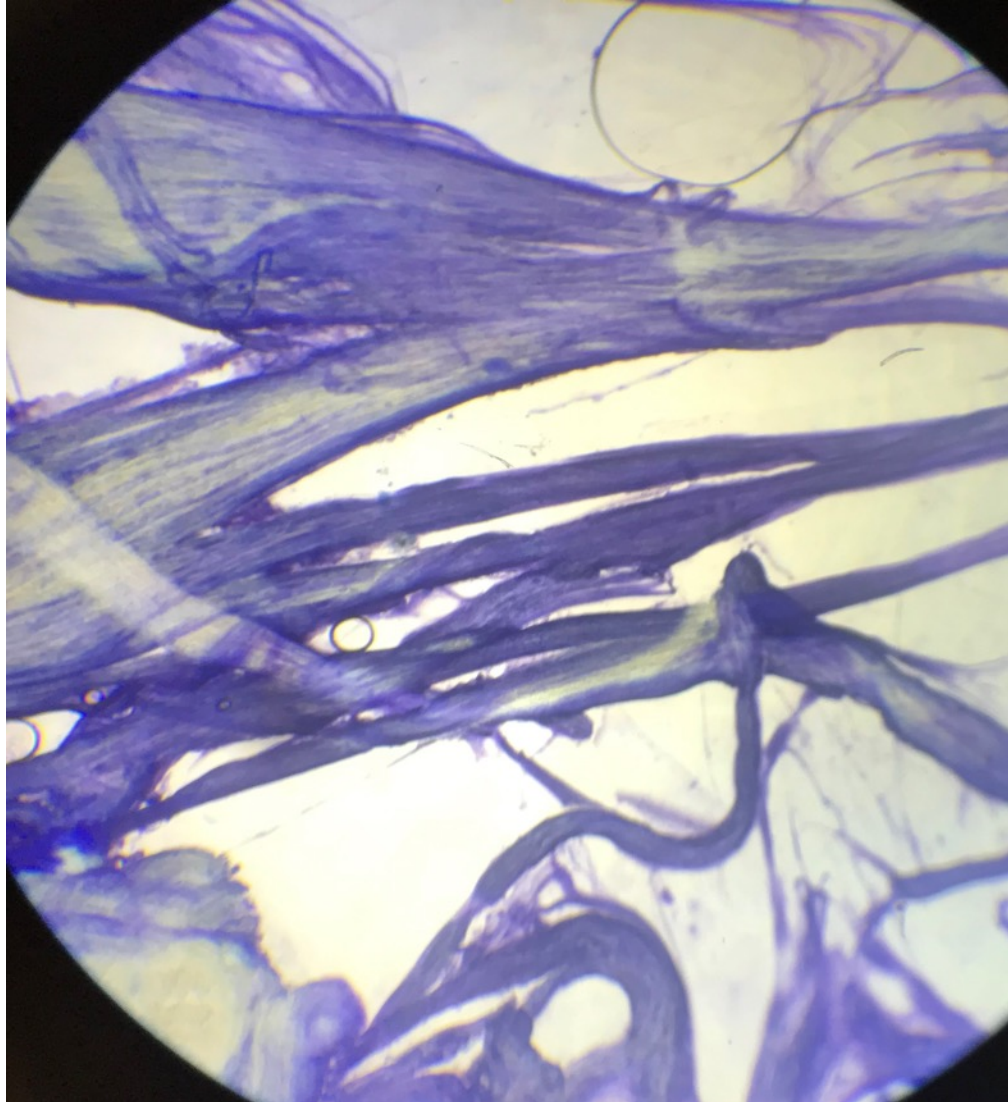
Etapes de l'isolement du nerf sciatique de Grenouille



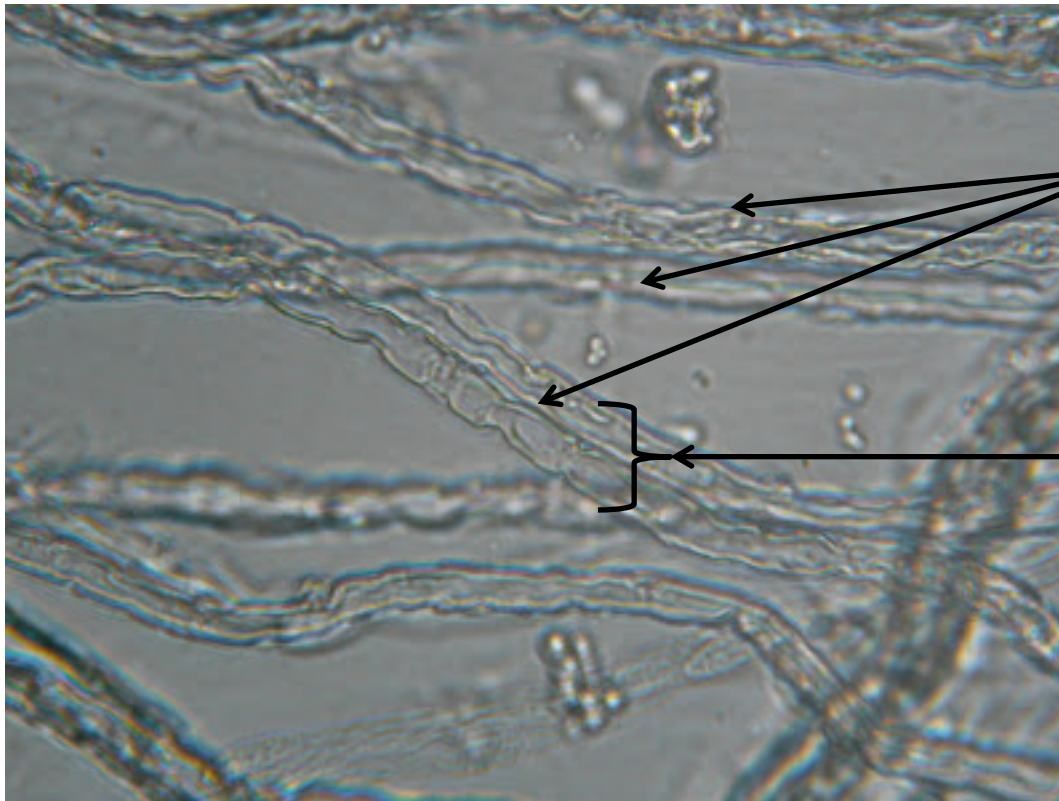
Face dorsale
vers vous,
épinglez la
Grenouille à la
cuvette.



Observation au MO de fibres nerveuses après dilacération du nerf sciatique et coloration au bleu de méthylène (x600)



Observation au MO du nerf sciatique de Grenouille dilacéré

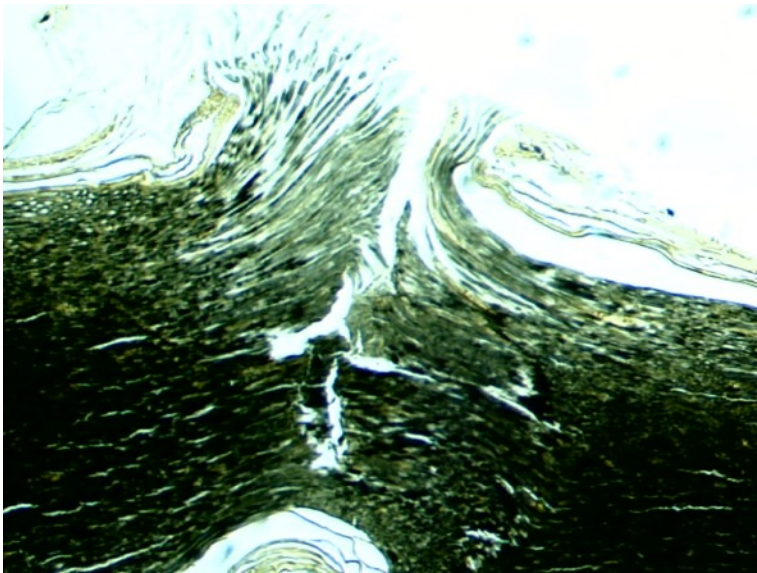


Fibres nerveuses

Gaine de myéline

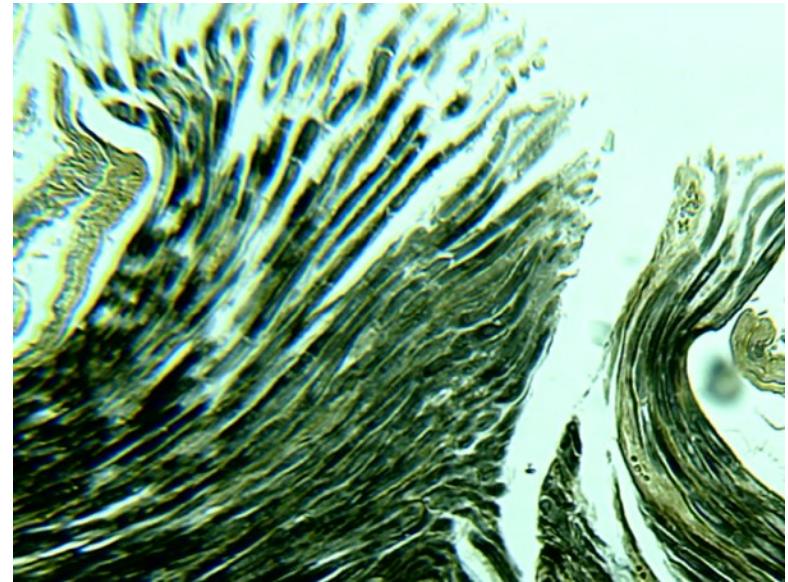
Un nerf, est une association de fibres nerveuses. Ces fibres semblent entourer d'une gaine (= gaine de myéline).

Observation d'un nerf au MO = ensemble de fibres nerveuses



D'après S. Dalaine

Nerf au MO X40

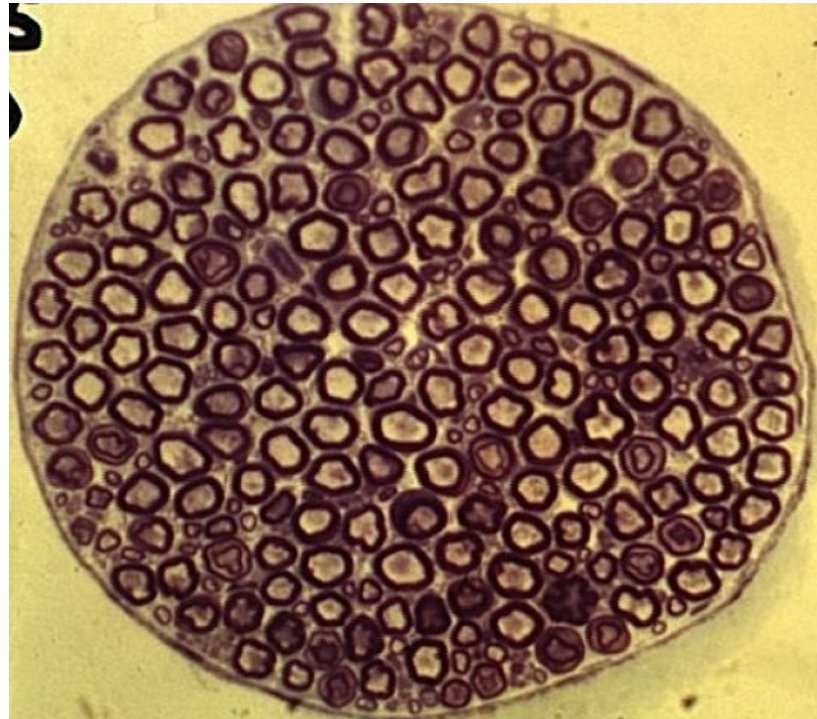


D'après S. Dalaine

Nerf au MO X100

Un nerf est un assemblage de fibres nerveuses.

CT de nerf au MO X40



© Inserm

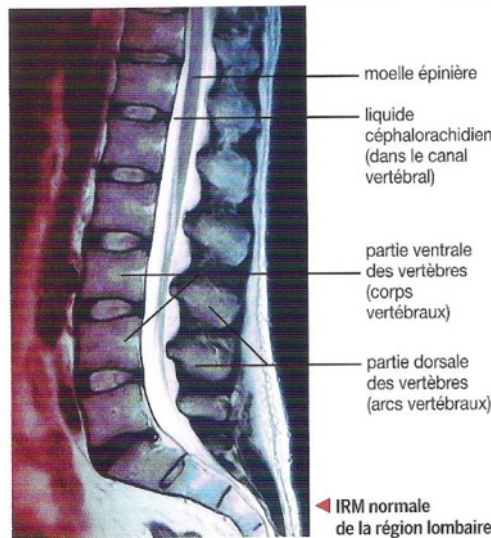
Les nerfs constituent le système nerveux périphérique. Ils relient le système nerveux central aux autres organes, tels que les muscles.

Chaque nerf est un constitué d'un grand nombre de fibres nerveuses, réunies en faisceaux.

Dans le cas du nerf de cette photographie, chaque fibre nerveuse est entourée d'une gaine isolante de myéline, le message nerveux y est plus rapide.

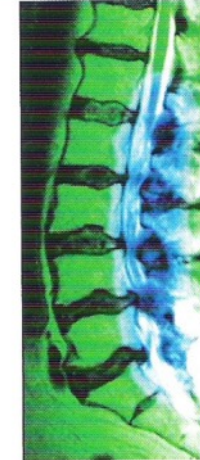
La moelle épinière, centre nerveux des réflexes achilléen et rotulien

A La moelle épinière, centre nerveux du réflexe myotatique



La moelle épinière est un long cordon nerveux de 40 à 45 cm de long et de 1,8 cm de diamètre environ, protégé par le canal vertébral. Trente et une paires de nerfs rachidiens s'en détachent, entre deux vertèbres successives.

L'IRM *ci-contre* à droite provient d'un patient victime d'une dégénérescence des nerfs rachidiens associée à des traces de compression et d'altération de plusieurs vertèbres. Les réflexes achilléen et rotulien sont totalement abolis. De telles lésions nerveuses engendrent des douleurs comme la **sciaticque** ou la **cruralgie**.



IRM de la région lombaire montrant des lésions nerveuses

Doc. 1 L'intégrité de structures nerveuses est nécessaire à la réalisation des réflexes.

Au microscope, en coupe transversale, la moelle épinière apparaît constituée de deux régions : au centre, la substance grise, en forme d'ailes de papillon (colorée en rose foncé sur la *photographie ci-contre*) et à l'extérieur la substance blanche (rose plus clair sur la *photographie*). Plusieurs membranes entourent la moelle épinière, ce sont les méninges.

Remarque : les petits massifs situés au contact de la moelle sur la *photographie ci-contre* sont des sections de nerfs rachidiens.

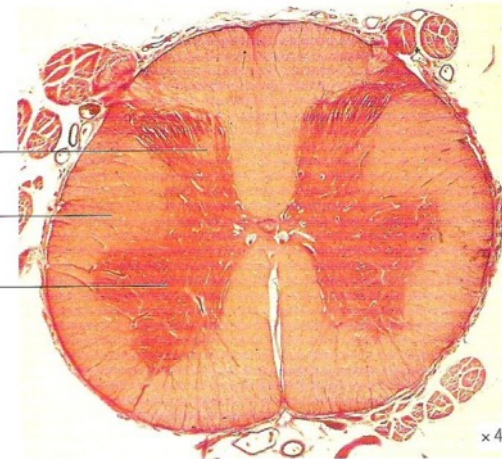
région dorsale (postérieure)

substance grise (corne dorsale)

substance blanche

substance grise (corne ventrale)

région ventrale (antérieure)

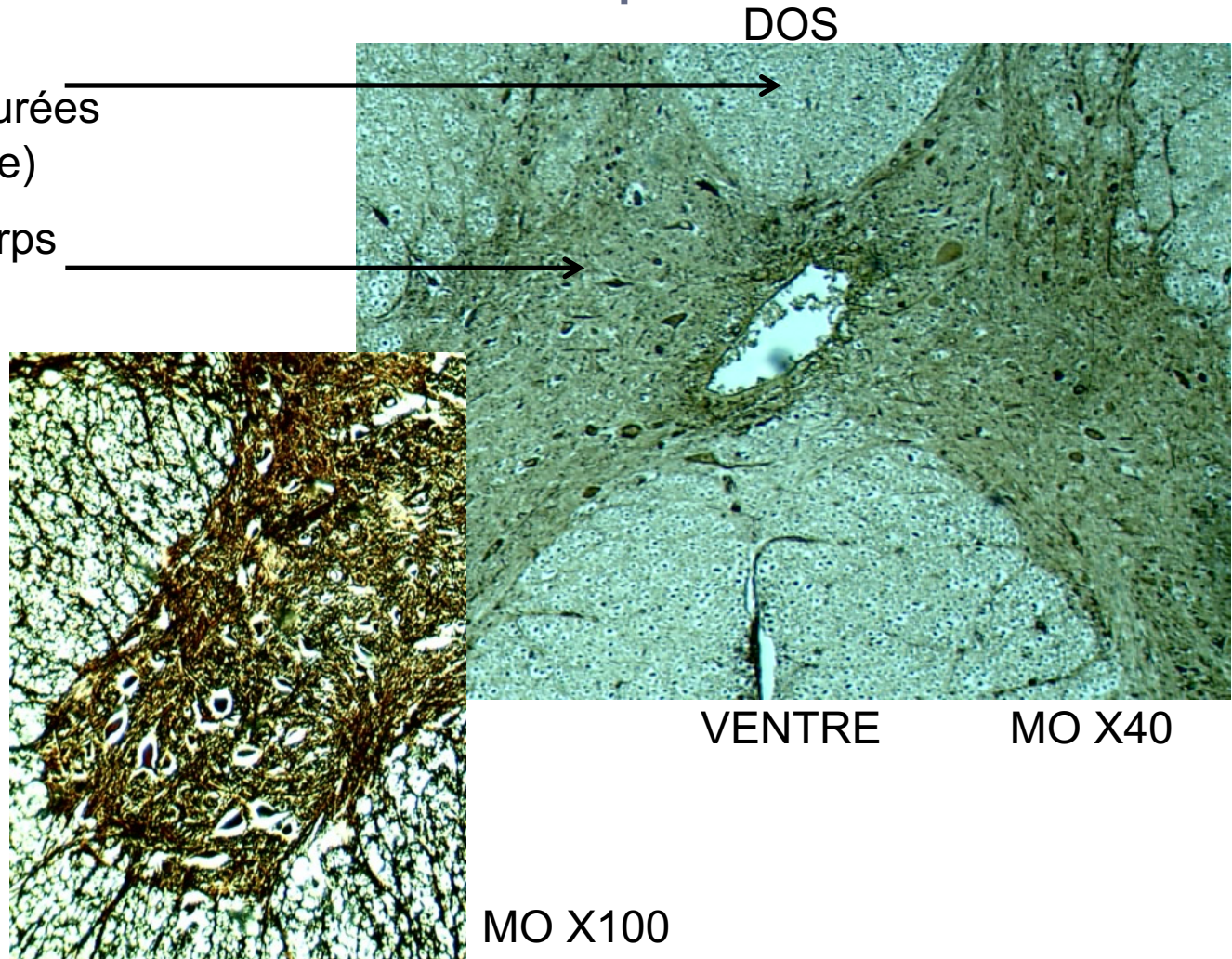


Doc. 2 Coupe transversale de moelle épinière humaine, observée au microscope après coloration.

Observation de CT de moelle épinière au MO

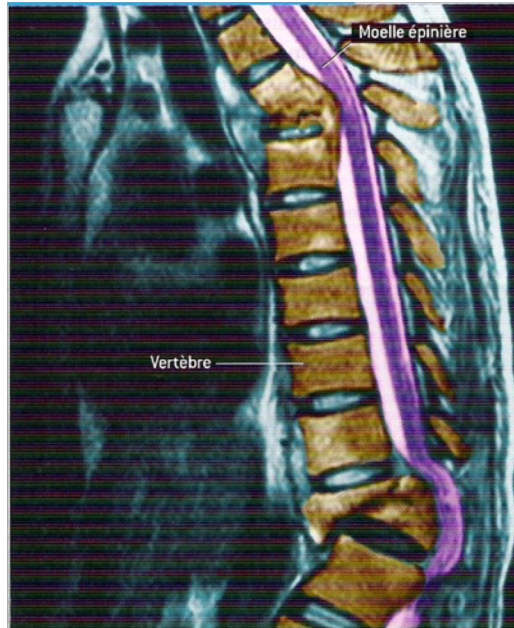
Substance blanche (= fibres nerveuses entourées d'une gaine de myéline)

Substance grise (= corps cellulaires des motoneurones)



Substance grise de la moelle épinière montrant les corps cellulaires des neurones efférents appelés motoneurones

La moelle épinière, centre nerveux du réflexe myotatique

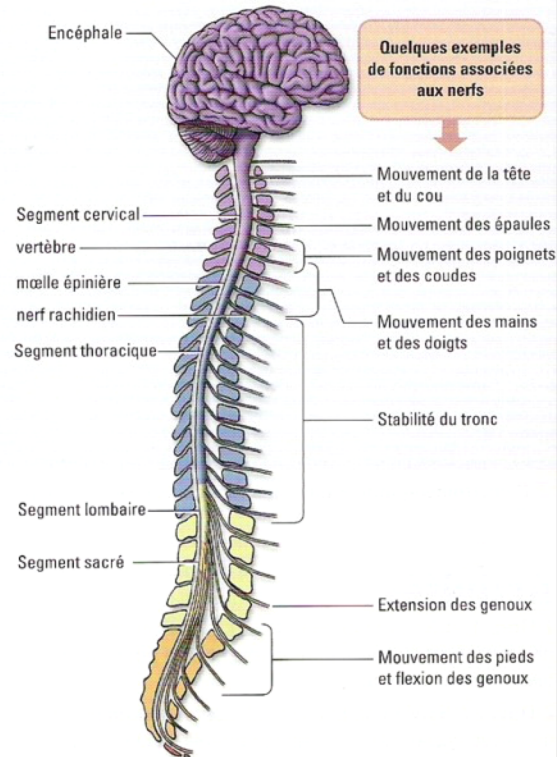


2 Les conséquences d'une lésion traumatique de la moelle épinière.

Une lésion importante de la moelle épinière entraîne souvent une paralysie totale ou partielle des membres et la perte de toute sensibilité de l'organisme dans les zones innervées par des nerfs rachidiens situés en dessous de la lésion (voir doc. 3). Certains patients perdent le contrôle moteur volontaire de leurs membres inférieurs, mais conservent toutefois leurs réflexes myotatiques, notamment achilléen. Chez d'autres patients, la perte de contrôle moteur volontaire des membres inférieurs s'accompagne également de la perte des réflexes myotatiques des mêmes membres. Dans le premier cas, le traumatisme affecte des zones de la moelle épinière situées des régions dorsales inférieures aux vertèbres lombaires supérieures. Dans le second cas, le traumatisme est situé un peu plus bas, au niveau de la région lombo-sacrée.

1 Une lésion de la moelle épinière associée à une maladie infectieuse du tissu osseux (maladie de Pott). La tétraplégie (paralysie des quatre membres) est l'une des complications possibles.

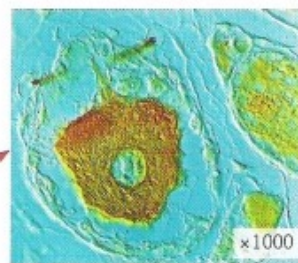
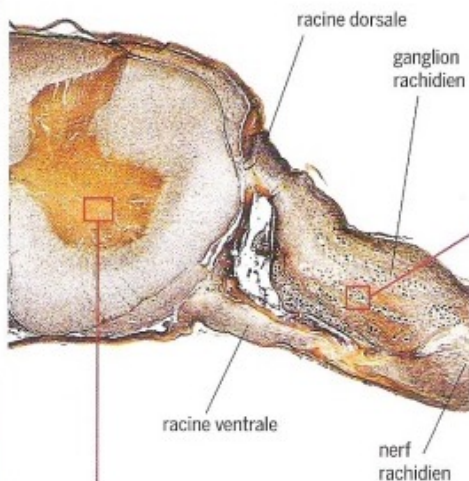
Les nerfs rachidiens. Les 31 paires de nerfs rachidiens (ou spinaux) appartiennent au système nerveux périphérique. Ils mettent en relation le système nerveux central (la moelle épinière et encéphale) avec les organes et les muscles de l'ensemble du corps, sauf la tête et quelques zones du cou. L'encéphale est impliqué, entre autres, dans les voies nerveuses à l'origine de la sensibilité et de la mobilité volontaire.



3 Les centres nerveux et les nerfs rachidiens associés.

B Le circuit nerveux au niveau de la moelle épinière

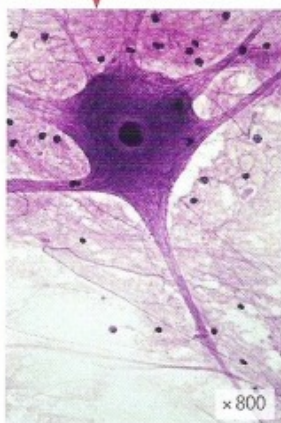
Au niveau de la moelle épinière, chaque nerf rachidien est raccordé par deux racines.



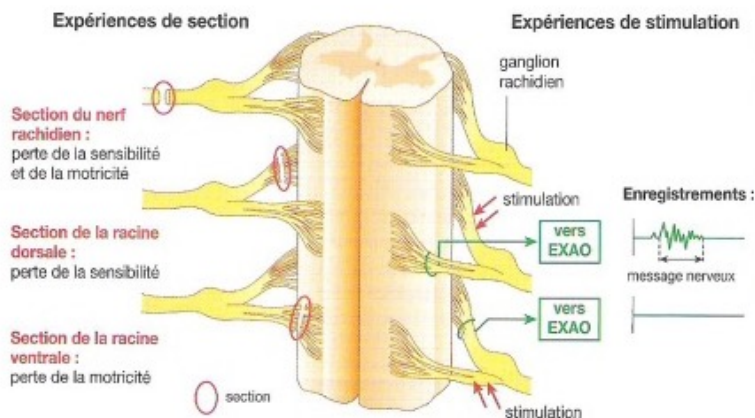
Neurone « en T »



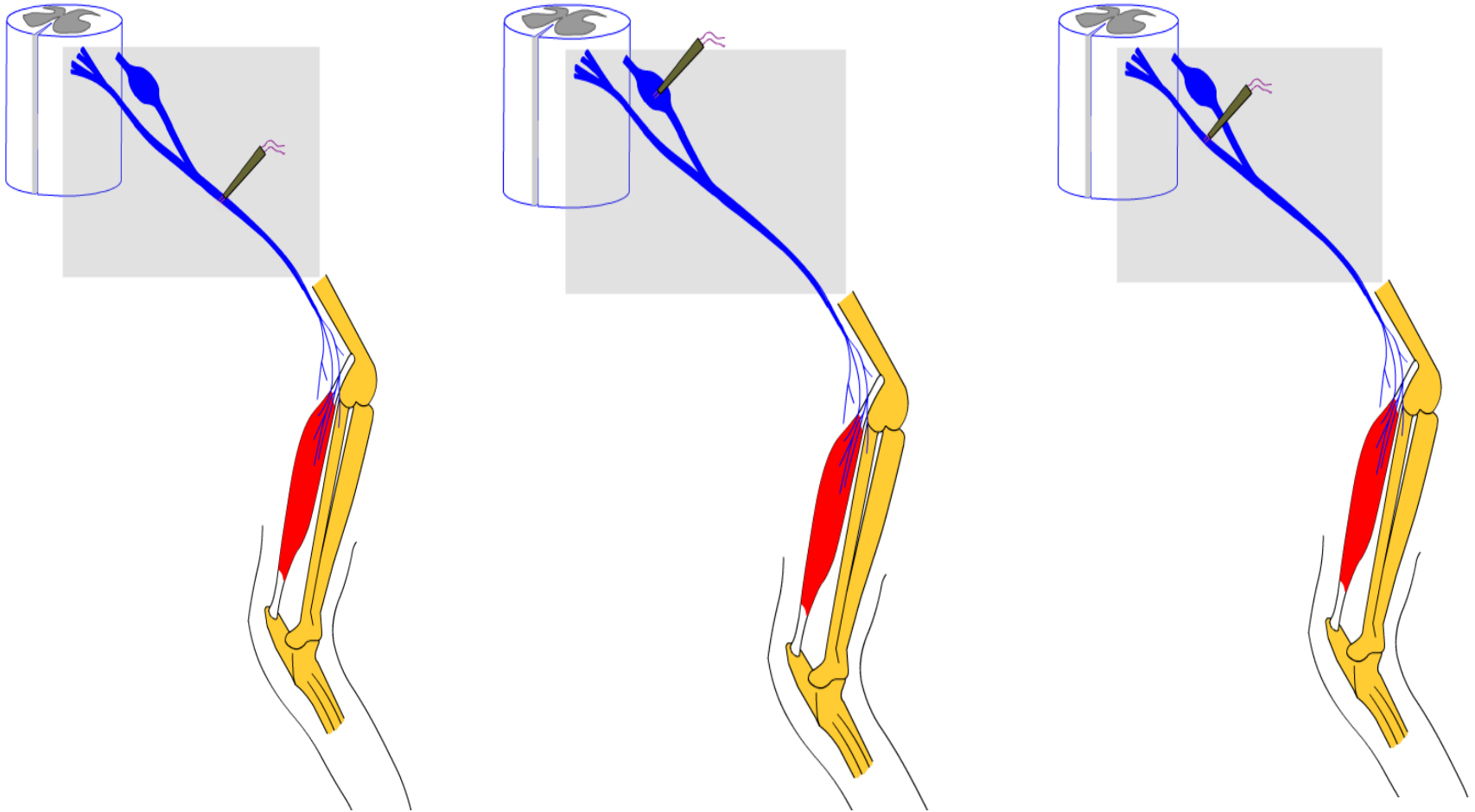
Le ganglion rachidien renferme des corps cellulaires de neurones de forme particulière (neurone en T) : deux fibres nerveuses bifurquent à proximité du corps cellulaire, l'une est issue du nerf rachidien tandis que l'autre est dirigée vers la moelle épinière.



Neurone moteur

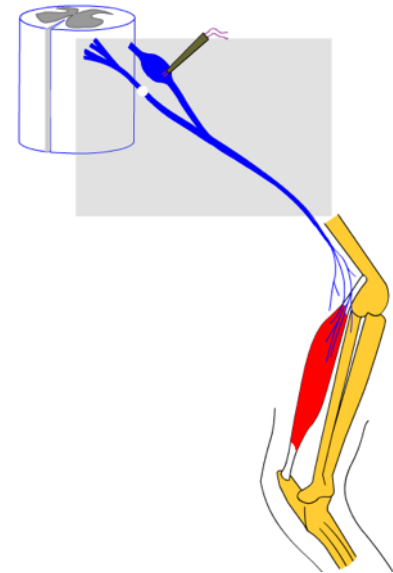
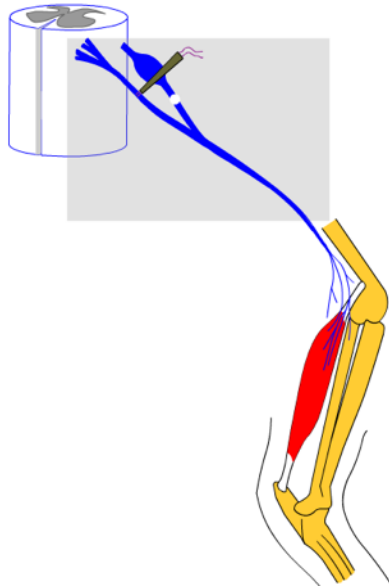
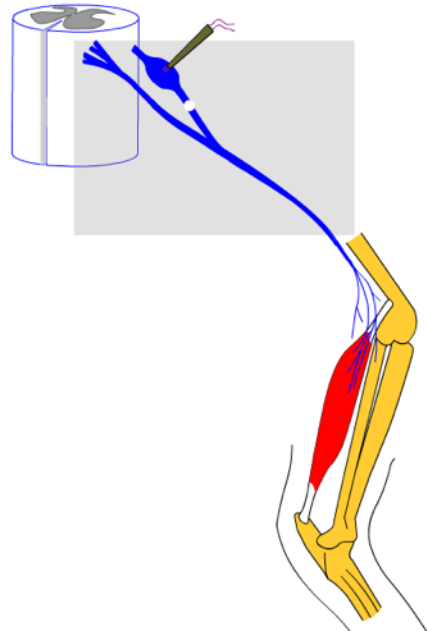
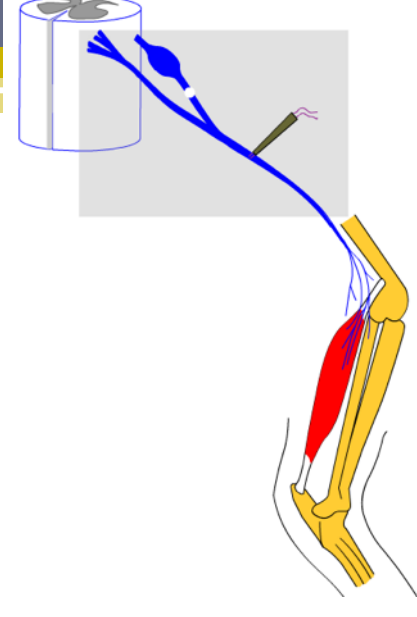
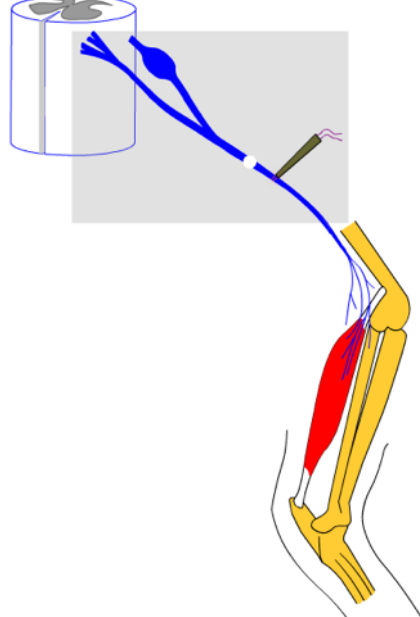
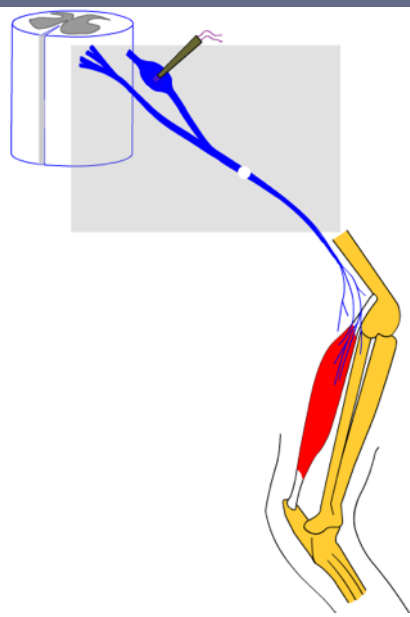


Les expériences résumées par ce schéma permettent d'établir le rôle des nerfs rachidiens et le trajet du message nerveux au niveau de la moelle. Des mesures de vitesse de propagation du message nerveux montrent que ce message ne franchit qu'une seule **synapse** dans la moelle épinière.

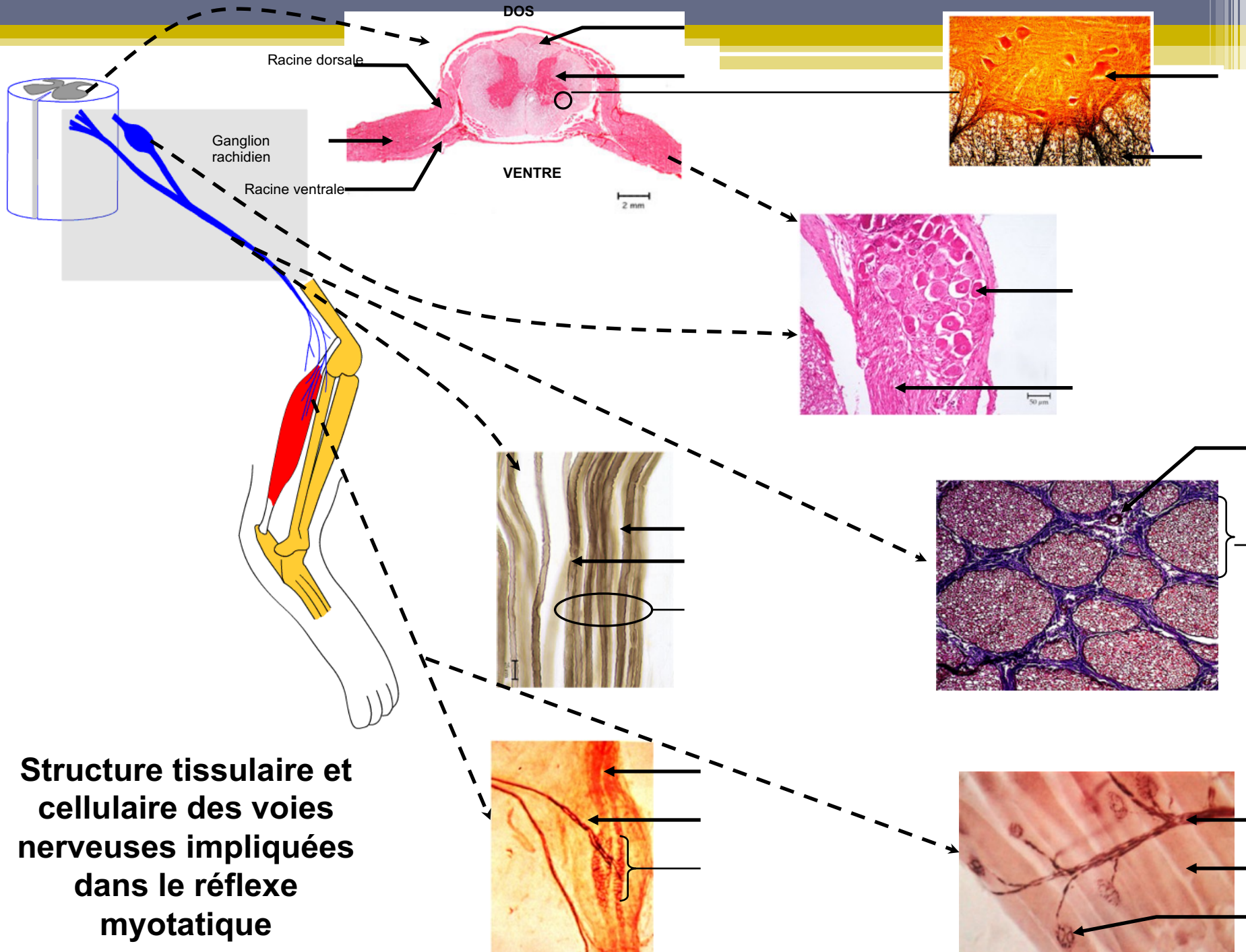


Expériences de stimulations

(d'après logiciel Refmyo)



Expériences de section-stimulation



Structure tissulaire et cellulaire des voies nerveuses impliquées dans le réflexe myotatique

Schéma bilan de l'arc réflexe myotatique

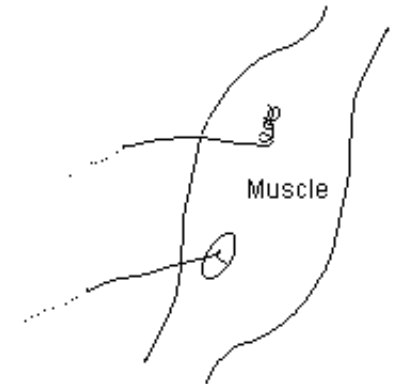
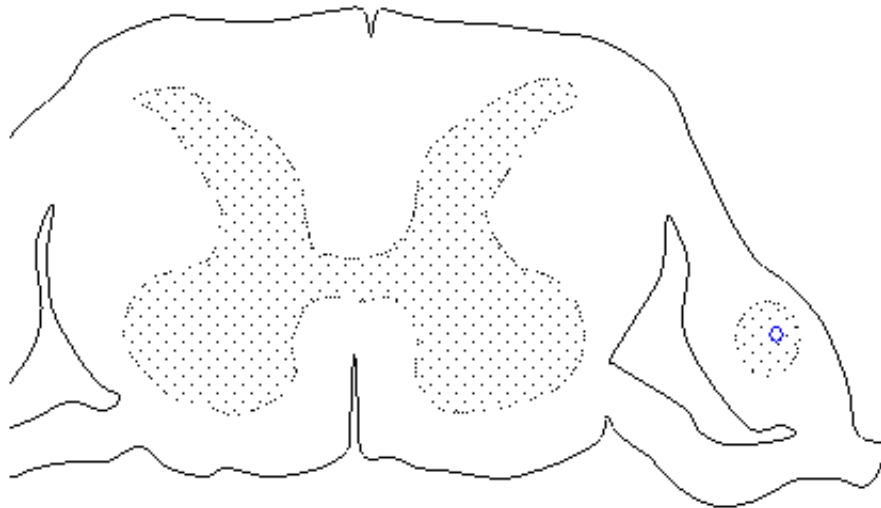
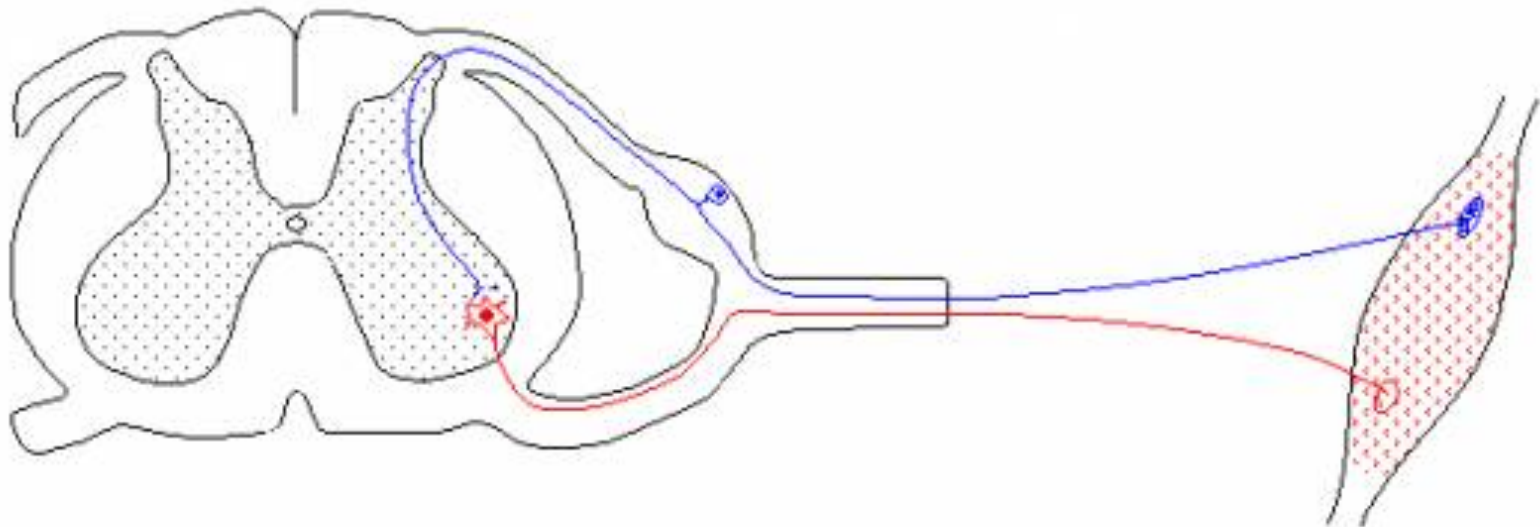


Schéma bilan de l'arc réflexe myotatique

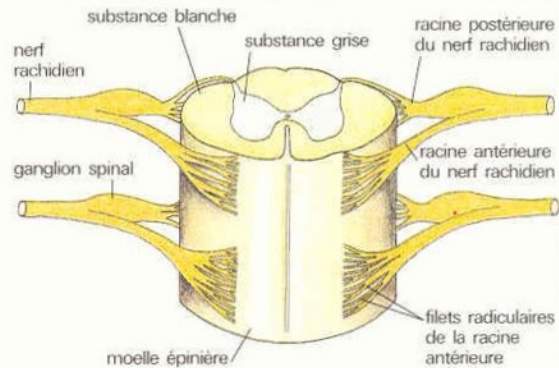


Il y a plus de 150 ans, Magendie effectua sur le chien des expériences demeurées célèbres car, pour la première fois, était établi le sens de circulation des messages nerveux dans les racines des nerfs rachidiens. En 1822, dans son « Journal de physiologie expérimentale », il relate ainsi ses expériences :

« Depuis longtemps, je désirais faire une expérience dans laquelle je couperais sur un animal les racines postérieures des nerfs qui naissent de la moelle épinière...

... J'eus alors sous les yeux les racines postérieures des paires lombaires et sacrées et, en les soulevant successivement avec les lames de petits ciseaux, je pus les couper d'un côté, la moelle restant intacte. J'ignorais quel serait le résultat de cette tentative... et j'observais l'animal ; je crus d'abord le membre correspondant aux nerfs coupés entièrement paralysé ; il était insensible aux piqûres et aux pressions les plus fortes ; il me paraissait immobile, mais bientôt, à ma grande surprise, je le vis se mouvoir d'une manière très apparente, bien que la sensibilité y fût toujours tout à fait éteinte. Une seconde, une troisième expérience me donnèrent exactement le même résultat... Il se présentait naturellement à l'esprit de couper les racines antérieures en laissant intactes les postérieures...

Comme dans les expériences précédentes, je ne fis la section que d'un seul côté, afin d'avoir un terme de comparaison. On



conçoit avec quelle surprise je suivis les effets de cette section. Ils ne furent point douteux : le membre était complètement immobile et flasque tandis qu'il conservait une sensibilité non équivoque. Enfin, pour ne rien négliger, j'ai coupé à la fois les racines antérieures et les postérieures : il y eut perte absolue de sentiment* et de mouvement. »

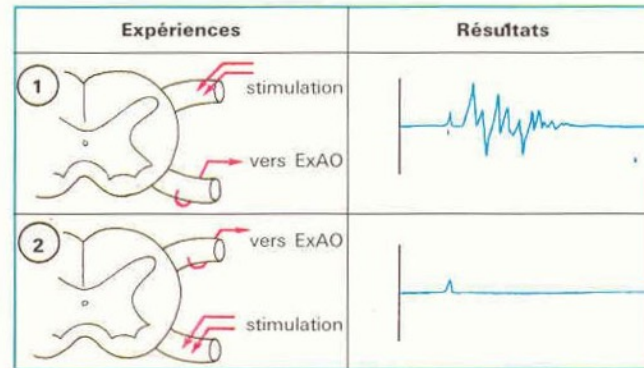
Extrait du Journal de Physiologie expérimentale de Magendie, Tome II, 1822.

* sensibilité.

2 • Les expériences historiques de Magendie.

Après section des racines d'un nerf rachidien, on porte une stimulation électrique sur les fibres d'une des racines. On recherche alors le passage d'un message nerveux sur l'autre racine grâce à une électrode réceptrice reliée à un oscillographe ou à un dispositif ExAO.

Le petit événement électrique visible au début de chaque enregistrement est l'artefact de stimulation (voir définition p. 172).



3 • Des expériences modernes apportent une précision supplémentaire importante.

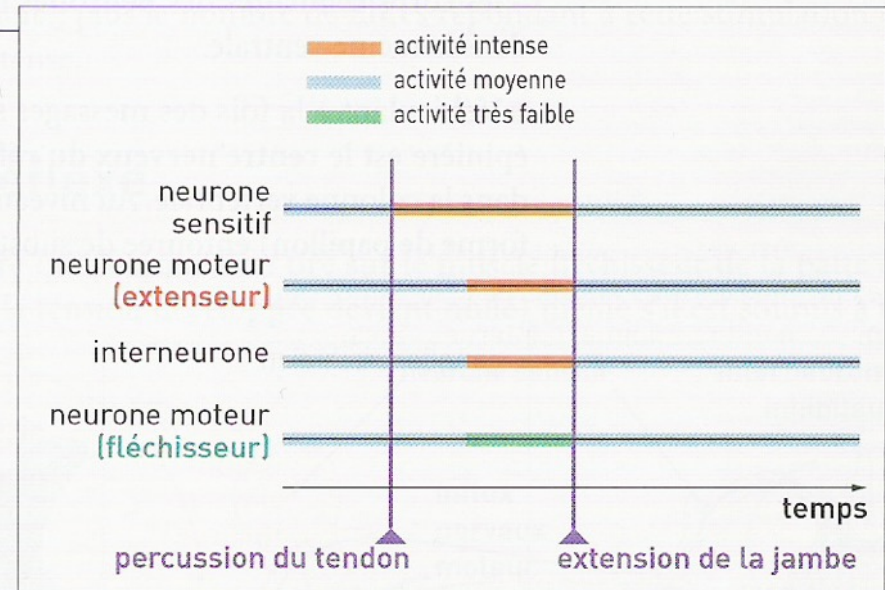
Un neurone supplémentaire : l'interneurone

3 Un neurone supplémentaire

- Au niveau de la moelle épinière, des enregistrements des messages nerveux indiquent qu'un neurone supplémentaire se situe entre le neurone sensitif et le neurone moteur innervant le muscle antagoniste.
- Cet **interneurone** empêche l'information de se propager dans le muscle fléchisseur : il est qualifié d'**inhibiteur**. Ainsi, pendant que le muscle extenseur est stimulé, son antagoniste ne se contracte pas.

a Enregistrements de messages nerveux dans la moelle épinière.

Des mesures montrent que la contraction de l'extenseur du pied se produit 24 ms après la percussion du marteau. La vitesse de propagation du message nerveux est estimée à $100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. La distance parcourue du lieu de percussion au muscle extenseur (via la moelle épinière) est de 1,8 m. Le délai de franchissement d'une synapse neuroneuronique, lieu de contact entre deux neurones, est de 5 ms environ.



b Estimation du nombre de synapses.