

LE REFLEXE MYOTATIQUE, UN EXEMPLE DE COMMANDE REFLEXE DU MUSCLE

La posture, ou position de notre corps dans l'espace, est à tout instant réalisée grâce à l'action coordonnée de muscles qui agissent sur les os de notre squelette de façon à s'opposer à l'action qu'exerce sur eux la gravité. L'état de contraction permanente, ou tonus musculaire, que présentent ces muscles lorsque nous maintenons une posture, tout comme leurs contractions à la suite d'une perte d'équilibre, échappent à notre contrôle volontaire : on parle de réflexe myotatique.

Le réflexe myotatique est mis en évidence lors des visites médicales : le médecin percute à l'aide d'un marteau à réflexes une région de l'appareil locomoteur pour laquelle il veut contrôler l'existence de cette activité réflexe.

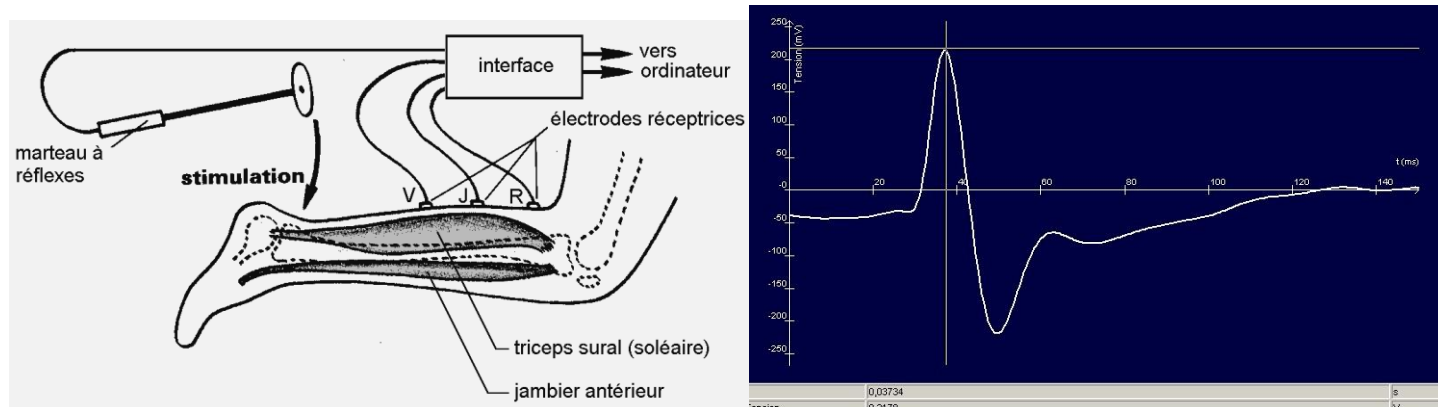
On cherche préciser en quoi consiste un réflexe myotatique et quelles sont les structures qui le contrôlent.

1. LES CARACTERISTIQUES DU REFLEXE MYOTATIQUE.

En appliquant une légère percussion sur un tendon, on déclenche une contraction réflexe du muscle. C'est le réflexe myotatique. **Quelles sont les caractéristiques du réflexe myotatique ?**

a- L'enregistrement d'un réflexe myotatique (voir fiche TP 17)

La réponse réflexe du muscle se manifeste par une modification de l'état électrique du muscle qui consiste en une seule oscillation traduisant une contraction unique et brève du muscle. Cette contraction est involontaire. Elle se produit après un bref délai qui suit l'application du stimulus. La répétition du même test montre que la réponse réflexe est stéréotypée, tant en ce qui concerne l'amplitude de la réponse (à la condition quand même que l'intensité du stimulus soit la même), qu'en ce qui concerne le temps de latence.

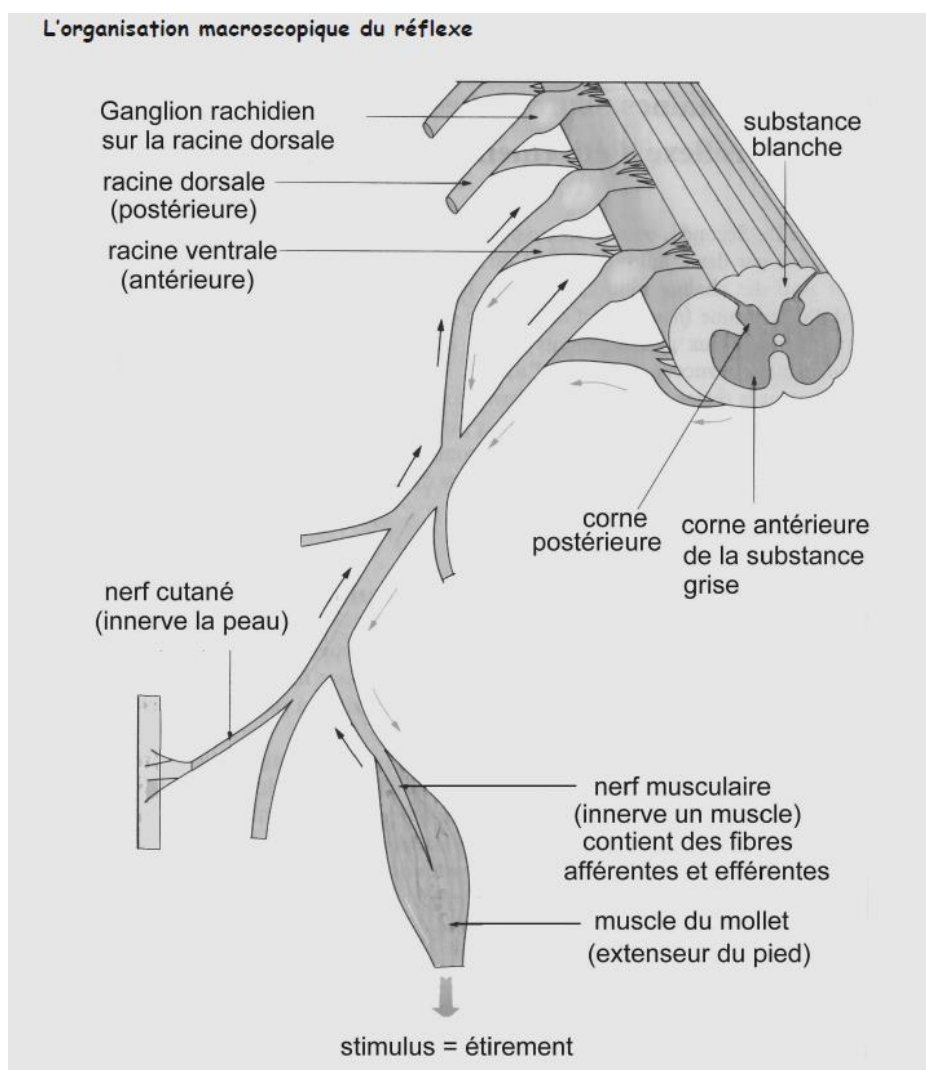
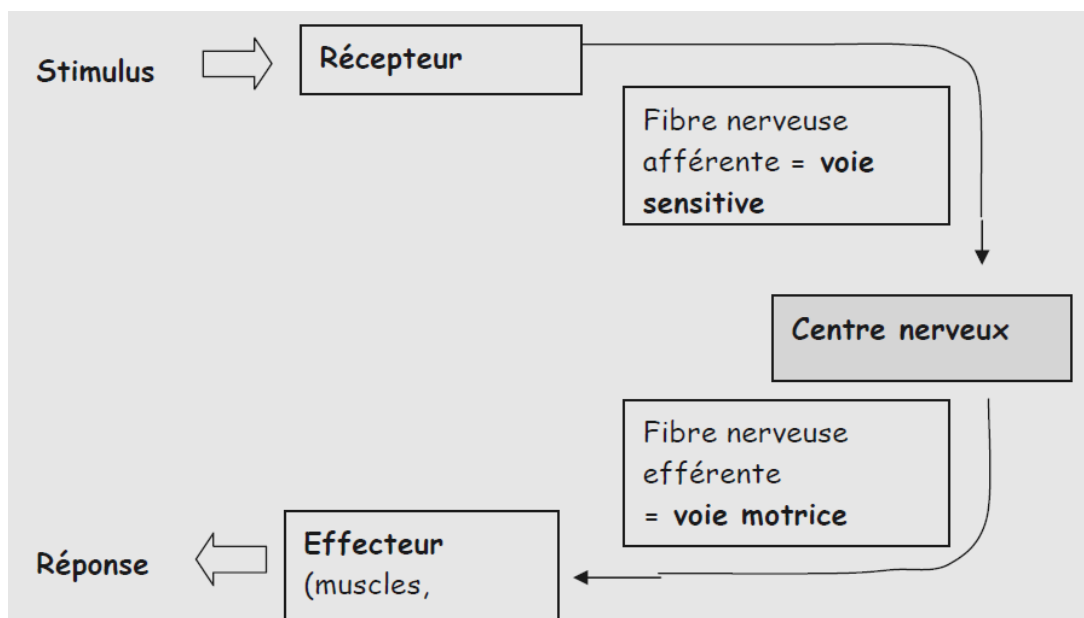


Un réflexe myotatique est donc la contraction involontaire d'un muscle à un stimulus qui est son propre étirement. C'est un outil-diagnostic fréquemment utilisé par les médecins pour vérifier le bon fonctionnement du système neuromusculaire. Ces contrôles permettent en effet de détecter certaines lésions nerveuses.

b- Le circuit nerveux du réflexe myotatique : arc réflexe (voir fiche TP 17)

De nombreuses études expérimentales réalisées chez des animaux et des observations cliniques permettent de trouver les organes intervenant au cours d'un réflexe c'est à dire constituant l'**arc réflexe**.

- Un récepteur sensoriel qui transforme le stimulus en un message nerveux ;
- Un conducteur nerveux qui transmet les messages nerveux du récepteur sensoriel à un centre nerveux situé dans la moelle épinière ;
- Un centre nerveux ;
- Un conducteur nerveux qui transmet les messages nerveux du centre nerveux aux effecteurs ;
- Un ou des organes effecteurs qui répondent



Le **nerf rachidien** est le nerf qui relie

- Les récepteurs sensoriels à la moelle épinière = voie afférente
- La moelle épinière aux effecteurs = voie efférente

Ils se ramifient en **2 racines** (racines dorsale et ventrale) avant d'entrer dans la moelle épinière.

Bilan 1 : Un réflexe myotatique est la contraction involontaire d'un muscle à un stimulus qui est son propre étirement. C'est un outil-diagnostic fréquemment utilisé par les médecins pour vérifier le bon fonctionnement du système neuromusculaire. Ces contrôles permettent en effet de détecter certaines lésions nerveuses.

La réalisation d'un réflexe myotatique suppose qu'un message nerveux soit transmis à la moelle épinière et revienne ensuite au muscle : c'est un exemple d'arc réflexe.

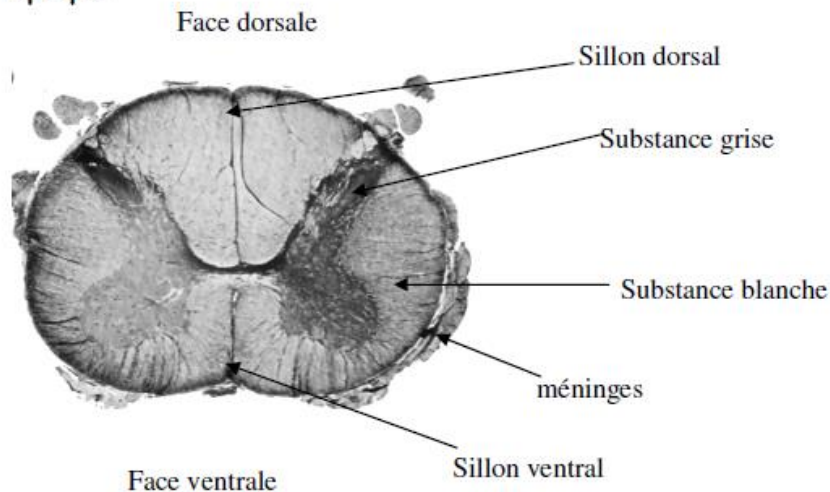
2- LES STRUCTURES CELLULAIRES IMPLIQUEES DANS L'ARC REFLEXE MYOTATIQUE

La réalisation d'un réflexe myotatique suppose qu'un message nerveux soit transmis à la moelle épinière et revienne ensuite au muscle : c'est un exemple **d'arc réflexe**. Un tel fonctionnement nécessite une chaîne de neurones mais aussi un récepteur sensoriel ainsi qu'une connexion avec l'organe effecteur.

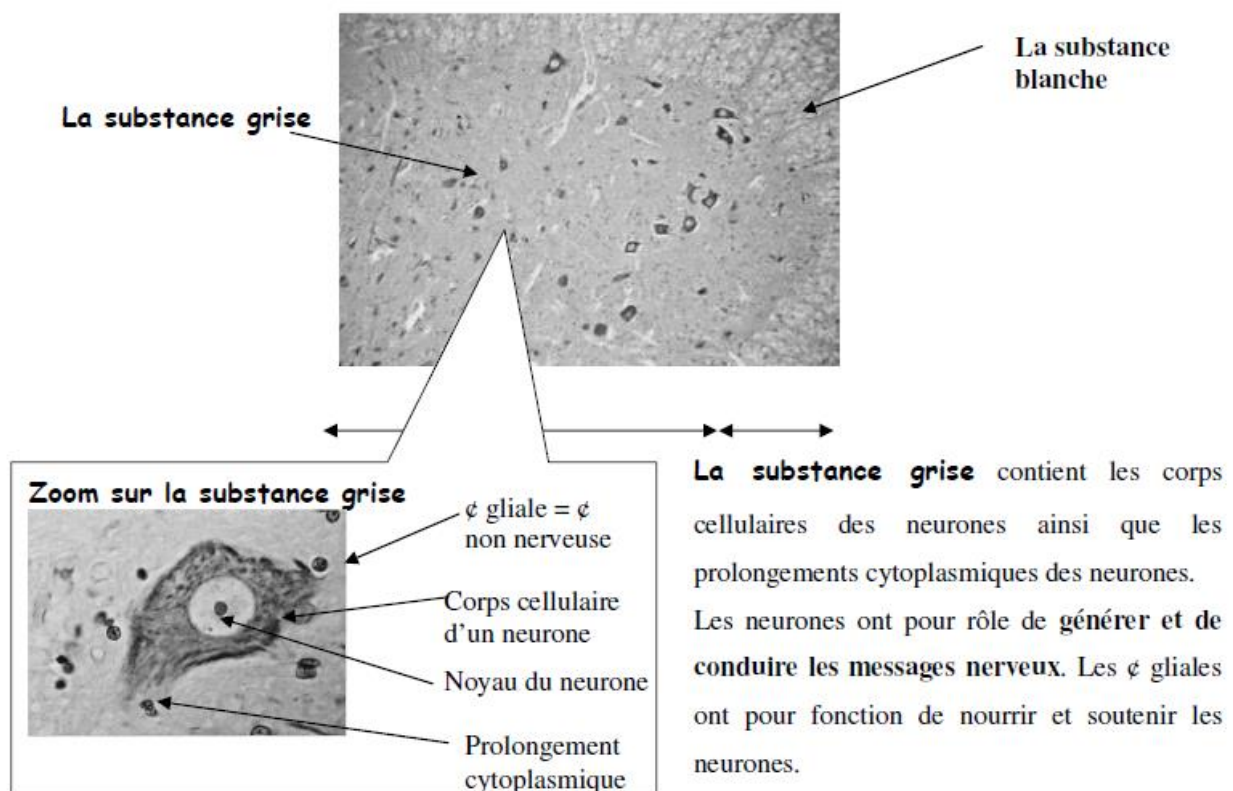
Quelles sont les structures nerveuses nécessaires à la réalisation d'un réflexe myotatique et quel trajet suit le message nerveux

a- L'organisation d'un centre nerveux du réflexe myotatique, la moelle épinière (doc 2 et 3, p. 354-355)

Coupe transversale de moelle épinière observée au microscope optique



La moelle épinière est un long tube d'environ 1 cm de diamètre logé dans le **canal rachidien**



b- La structure d'un nerf (voir fiche TP 18)

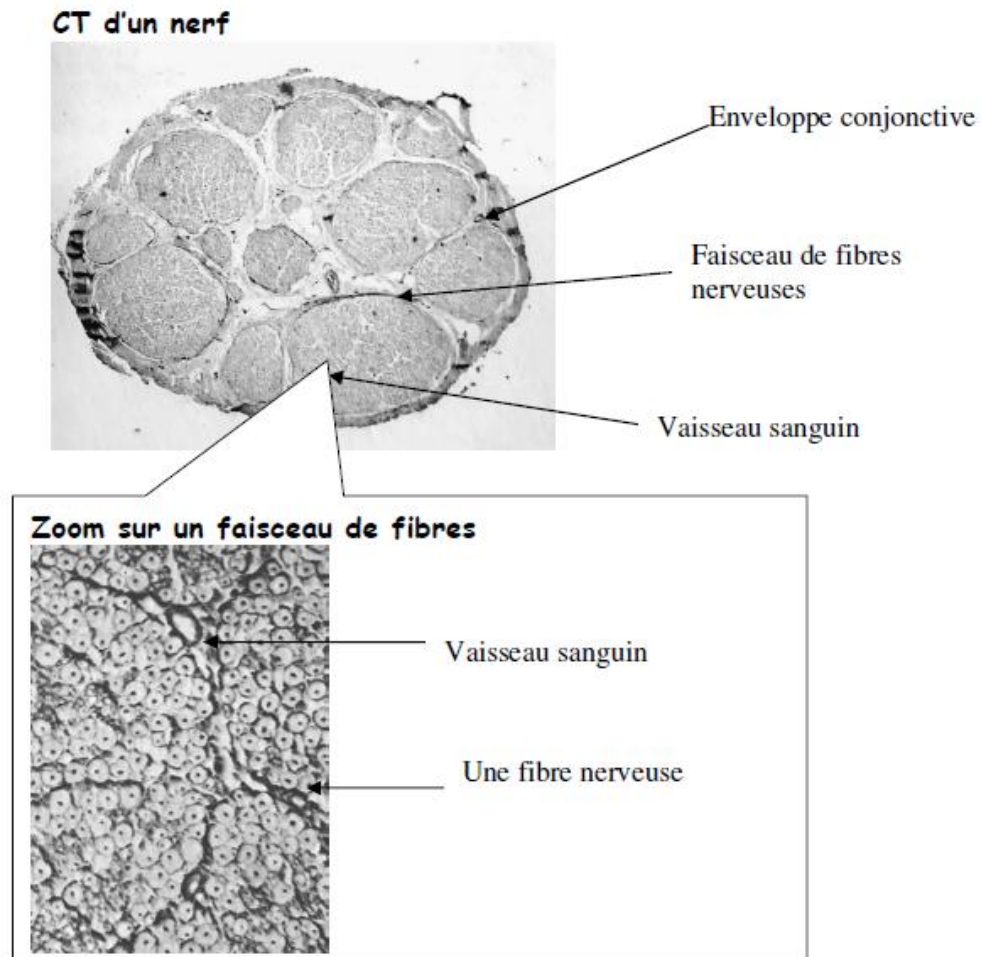
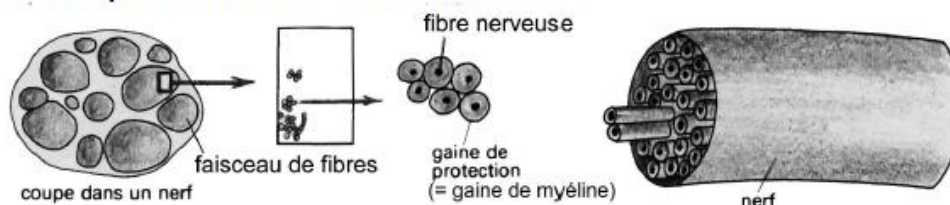


Schéma interprétatif sur la structure du nerf

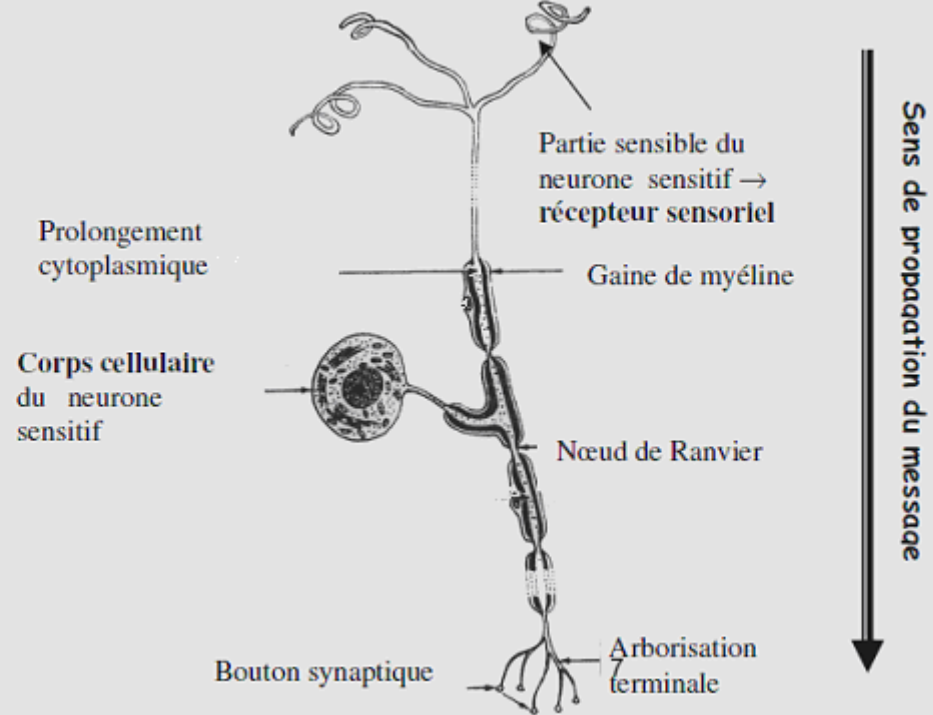


Le nerf est donc constitué par un grand nombre de fibres nerveuses. Chaque fibre nerveuse est constituée par un prolongement cytoplasmique d'un neurone entouré d'une gaine protectrice, la gaine de myéline.

c- Les types de neurones mobilisés au cours du réflexe (voir fiche TP 18)

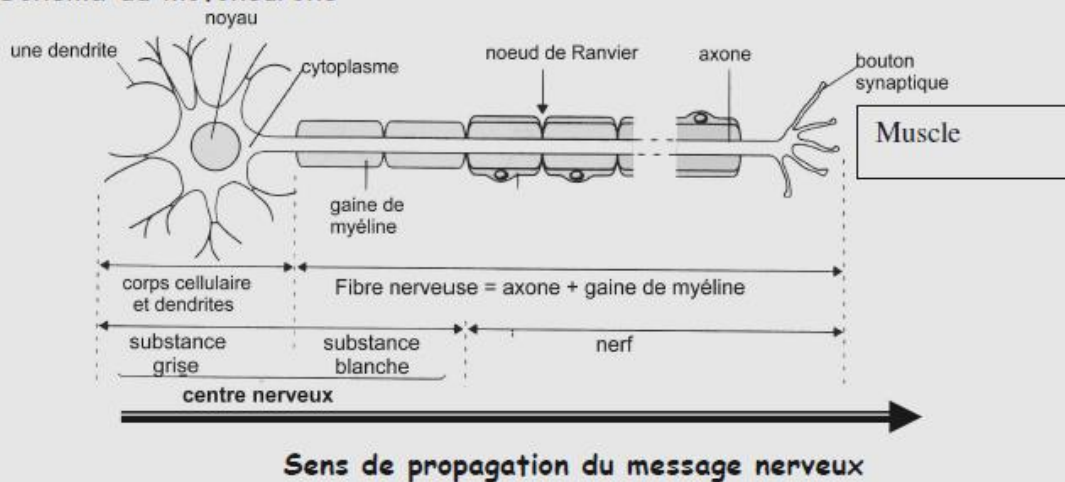
- Les neurones afférents relient directement les récepteurs à la moelle épinière. Leurs corps cellulaires se trouvent dans les ganglions rachidiens (neurones en T, bipolaires) leurs prolongements cytoplasmiques constituent les fibres nerveuses afférentes. Ces neurones afférents gagnent la moelle par la racine dorsale d'un nerf rachidien.

Structure du neurone sensitif ou neurone en T



- Les neurones efférents ou motoneurones (= neurones moteurs) relient directement la moelle aux cellules musculaires. Les corps cellulaires de ces neurones sont situés dans la substance grise (au centre) de la moelle épinière. Leurs axones passent par les racines ventrales des ganglions rachidiens, et constituent les fibres nerveuses efférentes.

Schéma du motoneurone



d- La synapse, zone de jonction entre le neurone afférent et le neurone efférent

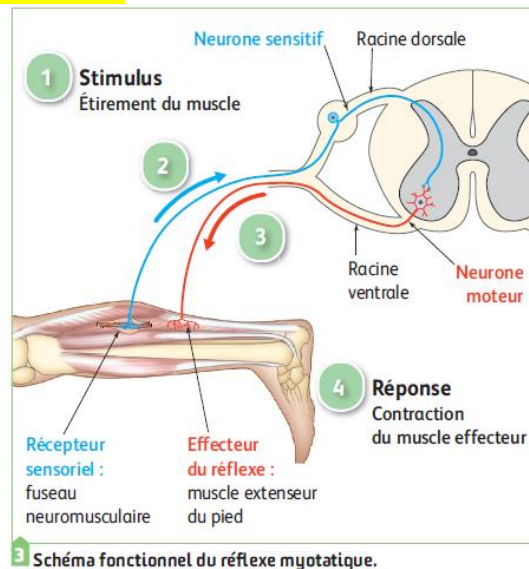
- Les neurones afférents et efférents sont directement connectés dans la moelle épinière : les axones des neurones afférents font synapse avec les corps cellulaires et/ou dendrites des neurones efférents. Il n'y a donc qu'une seule synapse : le message est qualifié de **monosynaptique**
- Le motoneurone est également connecté à la ϕ effectrice c'est à dire la ϕ musculaire par une synapse, la synapse neuro-musculaire.** L'élément postsynaptique est alors la ϕ musculaire

Bilan 2 :

La réalisation d'un réflexe myotatique met en jeu une chaîne de deux neurones connectés par une synapse.

Les dendrites du neurone sensitif transmettent le message nerveux sensitif depuis le fuseau neuromusculaire en empruntant le nerf rachidien et la racine dorsale de la moelle épinière. Le corps cellulaire de ce neurone se situe dans le ganglion rachidien.

L'axone du neurone sensitif est en connexion synaptique avec un neurone moteur dont le corps cellulaire est situé dans la corne ventrale de la moelle épinière. L'axone du neurone moteur transmet le message nerveux moteur en empruntant la racine ventrale du nerf rachidien et se connecte par une plaque motrice sur une fibre musculaire.



3- CARACTERISTIQUES DU MESSAGE NERVEUX DANS LE REFLEXE MYOTATIQUE

Lors du réflexe myotatique, des messages nerveux se propagent le long de 2 (ou trois) neurones, dont les axones constituent le nerf sciatique. Suivant l'intensité de la stimulation perçue par le premier neurone de la chaîne, la réponse des muscles effecteurs est plus ou moins importante.

Comment un message nerveux se propage-t-il ? Comment est-il transmis d'un neurone à l'autre ?

a- Les potentiels d'action (PA) constituent un message codé (voir fiche TP 19)

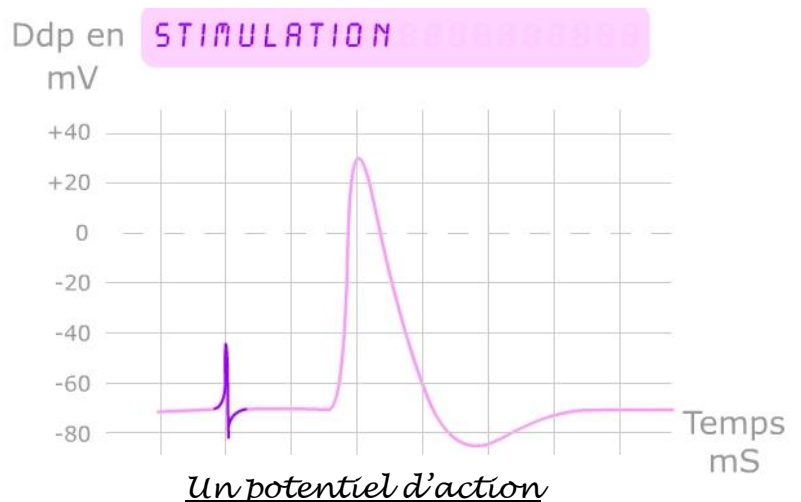
➤ Le PA, signal nerveux élémentaire

Une électrode de référence est placée sur la fibre. Si on enfonce alors une microélectrode dans la fibre, on enregistre une différence de potentiel : l'intérieur de la fibre est négatif par rapport à l'extérieur.

Cette différence de potentiel existe chez toutes les cellules vivantes : elle est appelée **potentiel de repos** chez les cellules nerveuses.

Si on stimule la fibre nerveuse par un courant électrique, on peut observer une modification brutale du potentiel de repos, appelée **potentiel d'action**.

Un PA est une inversion transitoire de la polarisation membranaire (l'intérieur de la fibre devient positif par rapport à l'extérieur pendant 1 ms environ).



Quelques caractéristiques du PA :

- Il existe une valeur seuil de stimulation, c'est-à-dire une intensité de stimulation minimum pour obtenir un PA. Mais à partir de cette intensité, le PA est toujours le même (amplitude constante). On dit que la fibre nerveuse répond à la **loi du tout ou rien**.
- Le PA conserve toutes ses caractéristiques au cours de sa propagation le long d'une fibre nerveuse (ex : amplitude du PA constante, vitesse de propagation constante).
- La vitesse de propagation d'un PA dépend de la fibre nerveuse. Plus une fibre a un gros diamètre, plus la vitesse est élevée ... et cette vitesse est aussi accrue par la présence d'une gaine de myéline.

➤ Le codage des messages nerveux

Au niveau de la fibre nerveuse, un message nerveux est constitué par une succession rapprochée de plusieurs potentiels d'action qui ont tous la même amplitude. Cependant, le nombre de potentiels d'action par unité de temps (c'est-à-dire la fréquence) qui constituent un message nerveux augmente en fonction de l'intensité du stimulus. Il existe donc un **codage en fréquence** : plus l'intensité de la stimulation augmente, plus la fréquence des PA augmente.

c- La transmission synaptique

➤ Organisation de la synapse

On appelle synapse la zone de contact entre l'extrémité d'un axone et un autre neurone, ou une cellule musculaire (plaque motrice).

Toute synapse comporte trois parties :

- L'élément pré-synaptique : c'est l'extrémité de l'axone, riche en vésicules remplies de neurotransmetteurs et en mitochondries.
- La fente ou espace synaptique : c'est un espace isolant de 20 à 50 nm ; impliquant une transmission chimique et non électrique du message nerveux.
- L'élément postsynaptique (neurone ou muscle), dont la membrane présente des récepteurs aux neurotransmetteurs.

➤ Fonctionnement de la synapse neuromusculaire

La genèse d'un potentiel d'action musculaire nécessite l'arrivée de messages nerveux (potentiels d'actions) qui se propage le long de la membrane axonale (1) jusqu'au bouton synaptique. Cela provoque des modifications au sein du bouton synaptique, qui rapprochent (2) les vésicules chargées d'acétylcholine vers la membrane (3). L'exocytose de ces vésicules libère l'acétylcholine dans la fente synaptique (4). Sur la membrane de la cellule musculaire, se trouvent des récepteurs à l'acétylcholine. La fixation de l'acétylcholine sur le récepteur provoque une dépolarisation de la membrane de la cellule musculaire (5). Ce potentiel se propage (6) et induit une augmentation du taux de calcium dans la cellule musculaire (7), ce calcium agissant sur le cytosquelette et provoquant la contraction musculaire.

L'acétylcholine est ensuite dégradée dans la fente synaptique et des éléments sont réinternalisés par le bouton synaptique. Il y a également recyclage de la membrane par endocytose.

Bilan 3 :

Un message nerveux est constitué par un ensemble de potentiels d'actions, c'est-à-dire par une série d'inversions très brèves de la polarisation électrique membranaire du neurone. Ce message se propage à la surface de la membrane du neurone, sans s'atténuer. L'information est codée par la fréquence des potentiels d'actions, qui ont tous la même amplitude.

Au niveau d'une synapse, entre deux neurones ou entre un neurone et une fibre musculaire, le message nerveux est transmis chimiquement grâce à une substance, le neurotransmetteur, qui est produite par le neurone pré-synaptique puis libérée dans l'espace séparant les deux cellules, engendrant ainsi la naissance d'un message nerveux post-synaptique.

