

THEME 3-B - Neurone et fibre musculaire

Classe : Terminale S
Durée conseillée : 3 semaines
Nombre de TP : 3

En rouge : Bilans à faire noter aux élèves
En bleu : Activités pratiques
En vert : Problématique et hypothèses

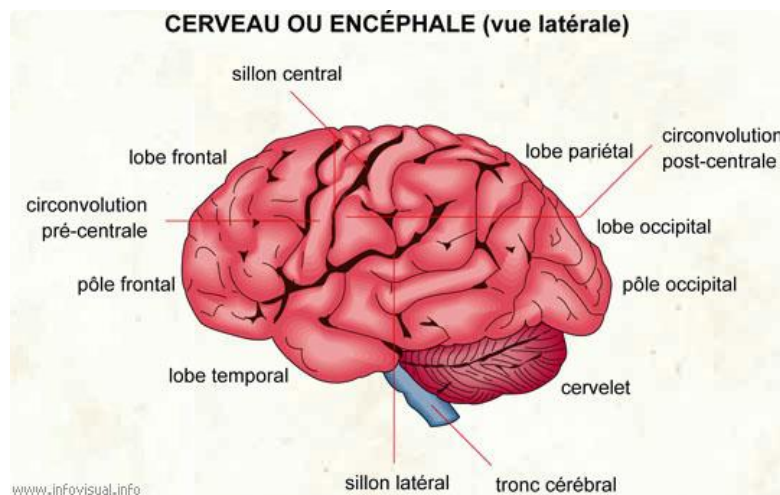
INTRO : Les mouvements de l'organisme sont de deux types : les mouvements involontaires (réflexes) et les mouvements volontaires. Dans les 2 cas, le mouvement est permis par les muscles, des organes constitués de longues cellules : les fibres musculaires. Celles-ci se contractent pour mobiliser le squelette. La commande de la contraction du muscle se fait par l'intermédiaire des nerfs et des neurones.

PB : Comment les neurones et les fibres musculaires coopèrent-elles pour permettre la réalisation du mouvement ?

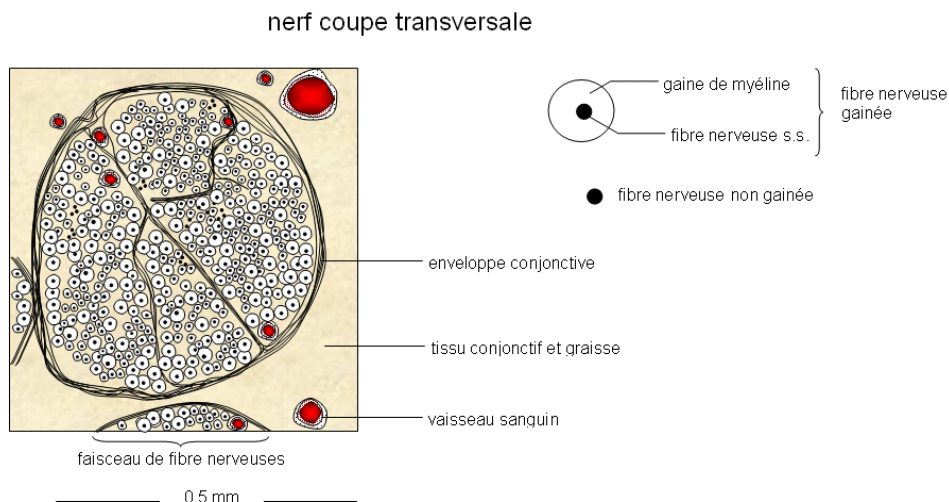
Nous verrons dans un premier temps les mouvements involontaires (réflexe) puis les mouvements volontaires et enfin nous verrons l'action du cerveau et de la plasticité cérébrale.

RAPPELS ET DEFINITIONS

- encéphale : Il comprend le cerveau, le cervelet, le tronc cérébral et la moelle épinière. Ils constituent les centres nerveux auxquels sont reliés différents organes par des nerfs.

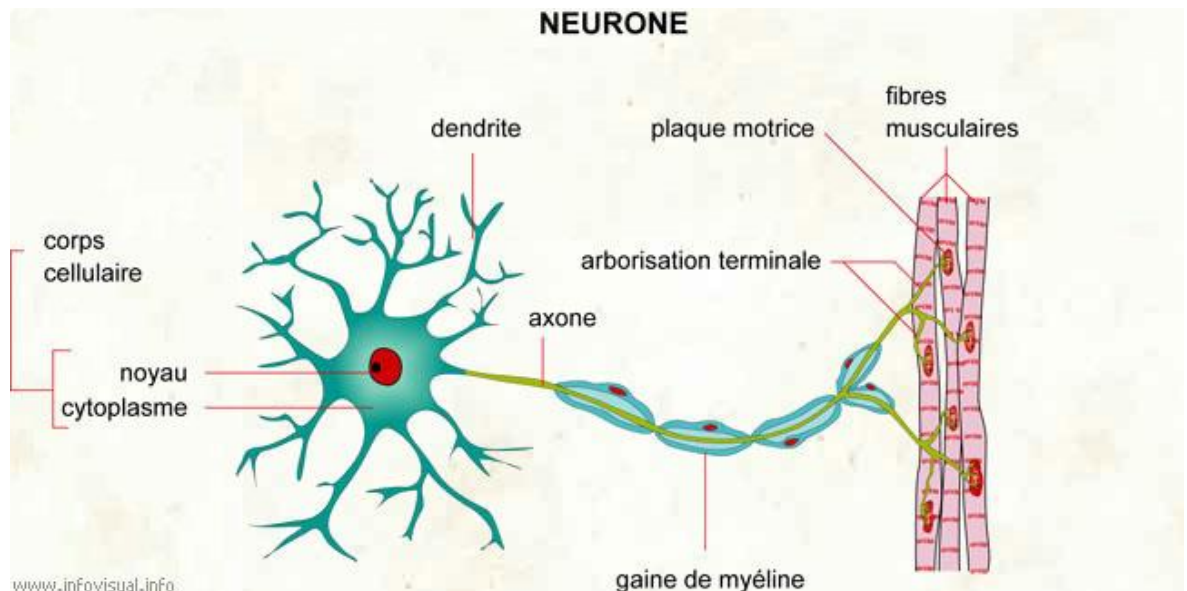


- Nerf : C'est un ensemble de fibres nerveuses nommées neurones.

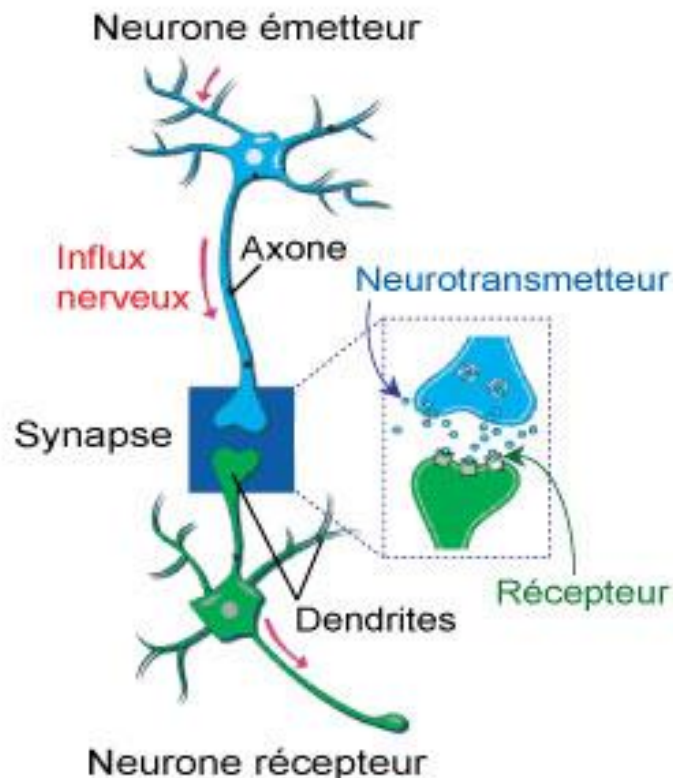


- **Neurone** : C'est une cellule spécialisée dans la réception, la genèse, la propagation et la transmission de messages nerveux. Les neurones possèdent :

- **des dendrites**, ramifications secondaires responsables de la réception des messages nerveux
- **un corps cellulaire** où se trouvent le noyau et l'essentiel de la machinerie cellulaire, lieu d'intégration et de genèse des messages nerveux
- **un axone**, ramification principale du neurone, spécialisée dans la propagation du message nerveux. L'axone se ramifie à son extrémité et forme l'arborisation terminale.



Synapses : Le transfert d'information entre les neurones se fait au niveau de structures spécialisées appelées synapses.



Chapitre 1 : Le réflexe myotatique et le maintien de la posture

I. Les circuits neuroniques impliqués dans le réflexe myotatique

Un réflexe est une réaction motrice involontaire et stéréotypée (toujours la même) en réponse à une stimulation. Le réflexe myotatique permet la contraction involontaire d'un muscle en réponse à son étirement. La station debout engendre l'étirement de certains muscles sous l'effet de la pesanteur. Les réflexes myotatiques participent ainsi au tonus musculaire nécessaire au maintien de la posture.

TP n° 1 : Le réflexe myotatique

Objectif : Déterminer les composants du réflexe myotatique et leurs relations.

1. Organisation générale du réflexe myotatique

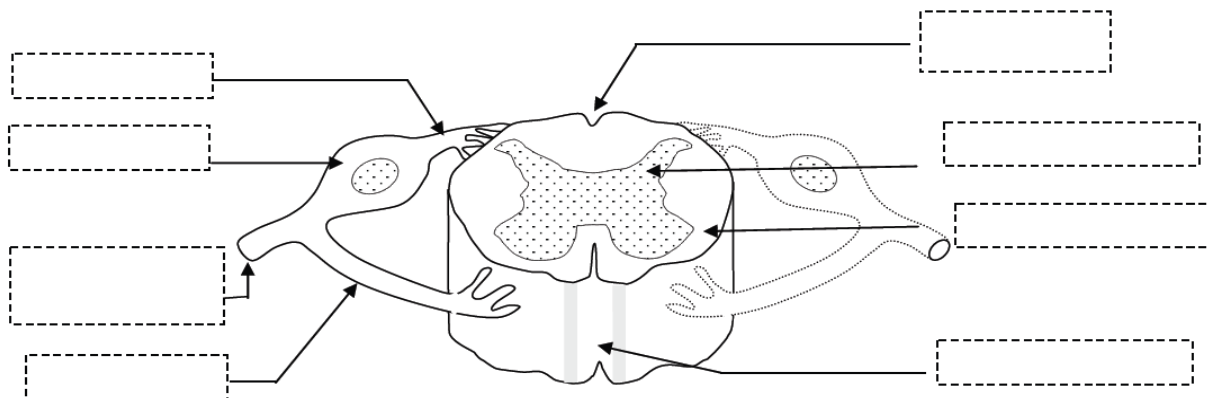
L'électromyogramme (EMG) montre que le temps entre le signal et la contraction est d'environ 20 ms. La distance totale parcourue est d'environ 3 à 3,5m (soit 1,5 m environ pour un aller ou un retour). Le message ne va pas jusqu'au cerveau. On peut penser que le centre nerveux est la moelle épinière.

2. L'implication de la moelle épinière

Le centre nerveux impliqué dans le contrôle du réflexe myotatique est la moelle épinière. La moelle épinière est composée de tissu nerveux et se trouve dans le canal interne des vertèbres.

La moelle épinière est composée de trois zones principales :

- La substance grise : elle est située au centre et est composée des corps cellulaires des neurones (observation de noyaux).
- La substance blanche : elle est située autour de la substance grise et n'est composée que d'axones et de dendrites des neurones.
- Les ganglions rachidiens : Ils sont placés sur les racines dorsales qui émanent de la partie dorsale de la moelle épinière. Au niveau tissulaire, on remarque la présence de corps cellulaires des neurones.



3. Un système à 2 composantes

On en déduit que les organes impliqués dans le réflexe sont:

- le mécanorécepteur, une structure qui perçoit le stimulus d'étirement du muscle
- le neurone sensitif qui conduit le message au système nerveux (voie afférente)
- le centre nerveux : la moelle épinière
- le neurone moteur qui conduit le message vers les muscles (voie efférente)
- la plaque motrice : qui permet de commander les muscles

Le réflexe myotatique fait donc intervenir un système simple présentant 2 composantes : un neurone sensitif afférent qui transmet l'information depuis le récepteur vers la moelle épinière, en passant par la racine dorsale et un neurone moteur efférent qui renvoie l'information de la moelle épinière vers le muscle, en passant par la racine ventrale.

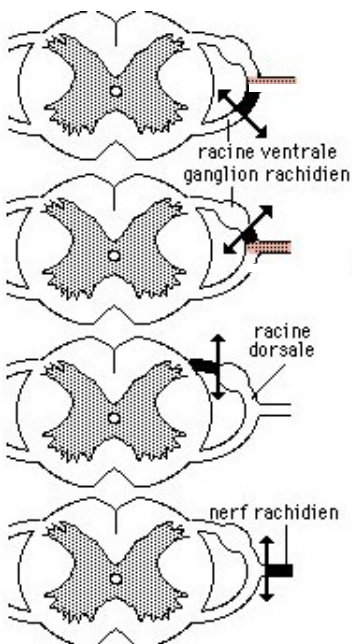
Si on sectionne le ganglion rachidien situé dans la racine dorsale, alors la zone innervée par le nerf rachidien perd sa sensibilité. La racine dorsale du nerf a donc un rôle sensitif. Si on sectionne la racine ventrale, alors la zone innervée par le nerf rachidien perd sa motricité. La racine dorsale du nerf a donc un rôle moteur. Le corps cellulaire du nerf sensitif se situe dans le ganglion rachidien, celui du nerf moteur dans la substance grise.

Document C : Etudes d'expériences sur la moelle épinière

Ces expériences historiques ont été réalisées par Augustus Desiré WALLER en 1850.

Lorsque le corps cellulaire d'un neurone est détruit, la fibre nerveuse dégénère totalement. Lorsque la fibre nerveuse est sectionnée, la partie distale, c'est à dire la partie qui est séparée du corps cellulaire, dégénère. C'est le phénomène de la dégénérescence wallérienne. Par contre la partie proximale, c'est à dire celle qui est restée en rapport avec le corps cellulaire, peut régénérer.

■ Fibres dégénérées complètement



1. La région du corps innervée par le nerf correspondant à la racine sectionnée est définitivement paralysée mais conserve sa sensibilité

2. La région du corps innervée par le nerf correspondant à la racine sectionnée est définitivement insensible mais conserve sa motricité.

3. La région du corps innervée par le nerf correspondant à la racine sectionnée est définitivement insensible mais conserve sa motricité.

4. La région du corps innervée par le nerf correspondant à la racine sectionnée est définitivement insensible et paralysée.

II. Le fonctionnement de l'arc réflexe

1. La détection du stimulus

L'étirement d'un muscle suite au choc du tendon stimule les fuseaux neuromusculaires (mécanorécepteurs) qui sont des récepteurs sensoriels localisés dans le muscle. Ceux-ci sont des terminaisons nerveuses qui produisent un message qui est envoyé dans les neurones sensitifs.

2. La voie sensitive afférente

La fibre nerveuse afférente reliée au récepteur stimulé, conduit des messages vers le centre nerveux du réflexe (moelle épinière). Elle est le prolongement d'un neurone dont le corps cellulaire est dans le ganglion rachidien de la racine dorsale de la moelle épinière. C'est une fibre nerveuse sensitive.

3. L'intégration dans le centre nerveux

Dans la moelle épinière, le neurone sensitif projette son axone jusque dans la substance grise où il se connecte sur le neurone moteur (motoneurone) grâce à une synapse neuro-neuronique : c'est une jonction entre 2 neurones.

Le message est alors transmis du neurone sensitif au neurone moteur qui s'active alors et produit un message nerveux qui sera transmis aux muscles. La moelle épinière est le centre nerveux intégrateur de ce réflexe.

A ce niveau, les messages subissent une intégration avec d'autres : les messages en provenance d'autres parties de l'organisme (commande du cerveau, message visuel, sonores ...) permettent de moduler la réponse qui sera apportée par la moelle épinière.

4. La voie motrice efférente et la réponse musculaire

Les messages nerveux moteurs sont transmis par les motoneurones et suivent un trajet spécifique jusqu'aux muscles : ils passent par la racine ventrale du nerf rachidien et s'associent ensuite à d'autres axones pour former un nerf. Elles sont connectées aux fibres musculaires du muscle étiré par l'intermédiaire de la plaque motrice.

5. Fonctionnement coordonné des réflexes : les muscles antagonistes

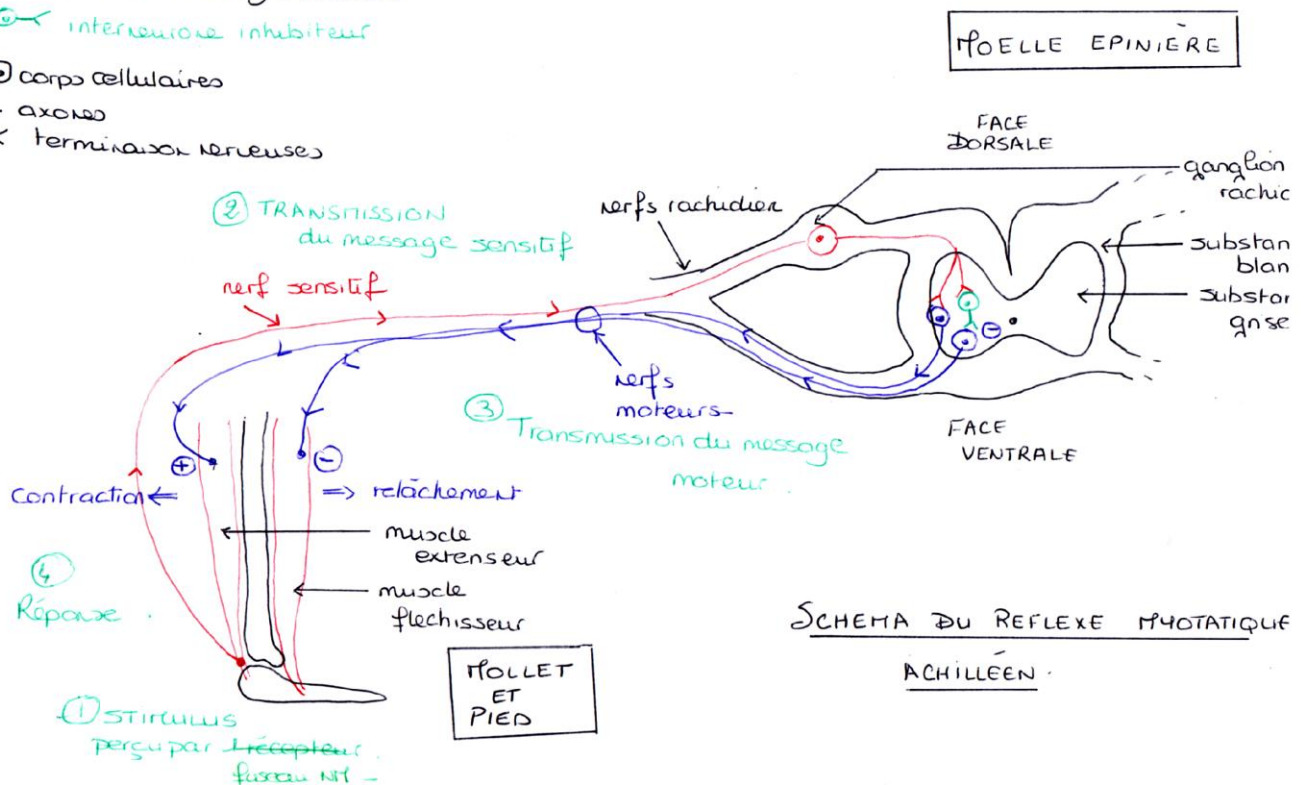
L'électromyogramme établi sur les deux muscles antagonistes (ici, muscle soléaire et jambier) montre que les signaux électriques des deux muscles s'excluent mutuellement. Il y a un contrôle qui évite la contraction simultanée des muscles et permet le maintien correct de la posture.

Ce système est permis par la présence d'une deuxième boucle neuronique. Le neurone sensitif afférent va stimuler un interneurone inhibiteur. L'activation de cet interneurone inhibiteur va induire l'inhibition du neurone moteur efférent du muscle qui ne doit pas se contracter.

Conclusion

Le réflexe myotatique est une contraction musculaire stéréotypée et rapide (30 ms) permise par une boucle nerveuse comprenant 2 neurones, connectés par une synapse : on parle donc de réflexe monosynaptique.

- sensitif
- moteur
- Sens du message nerveux
- ⊖ interneurone inhibiteur
- ⊙ corps cellulaires
- axones
- < terminaison nerveuses



III. Réflexe myotatique et santé

1. Diagnostic de l'état général du système nerveux

Ce réflexe est testé pour détecter des pathologies du SN périphérique. Toute altération du réflexe permet d'envisager une atteinte aux nerfs rachidiens et/ou à la moelle. De plus, la localisation des réflexes altérés permet de cibler plus spécifiquement la localisation de l'atteinte des nerfs rachidiens.

2. Réflexe myotatique et pathologies

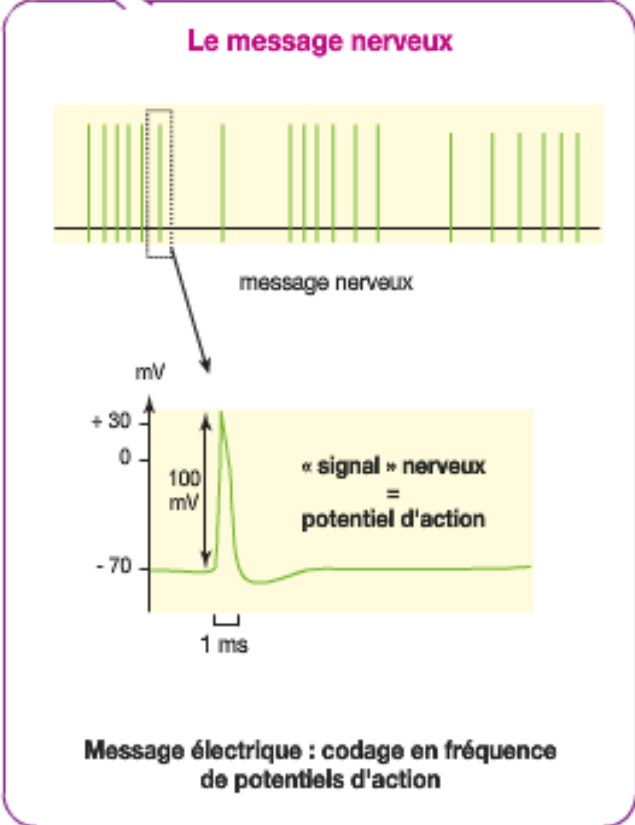
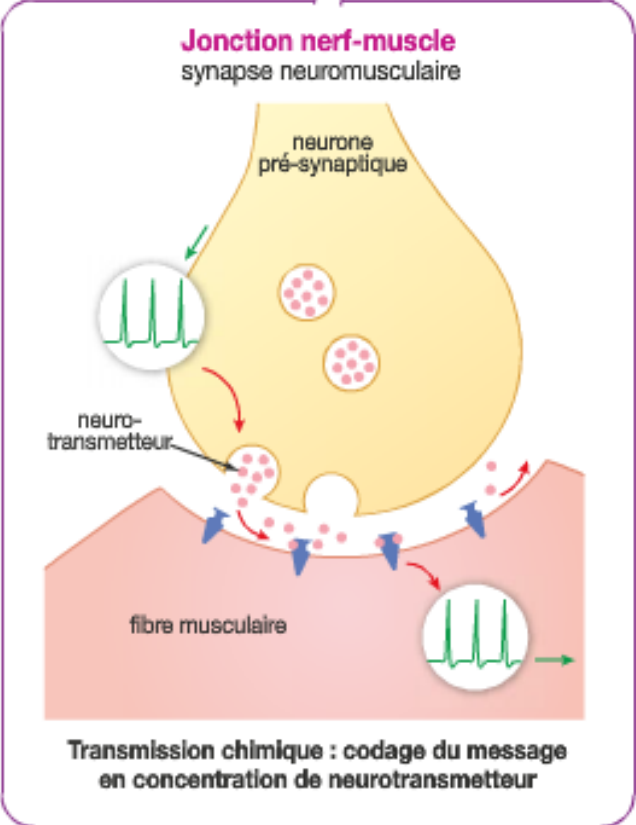
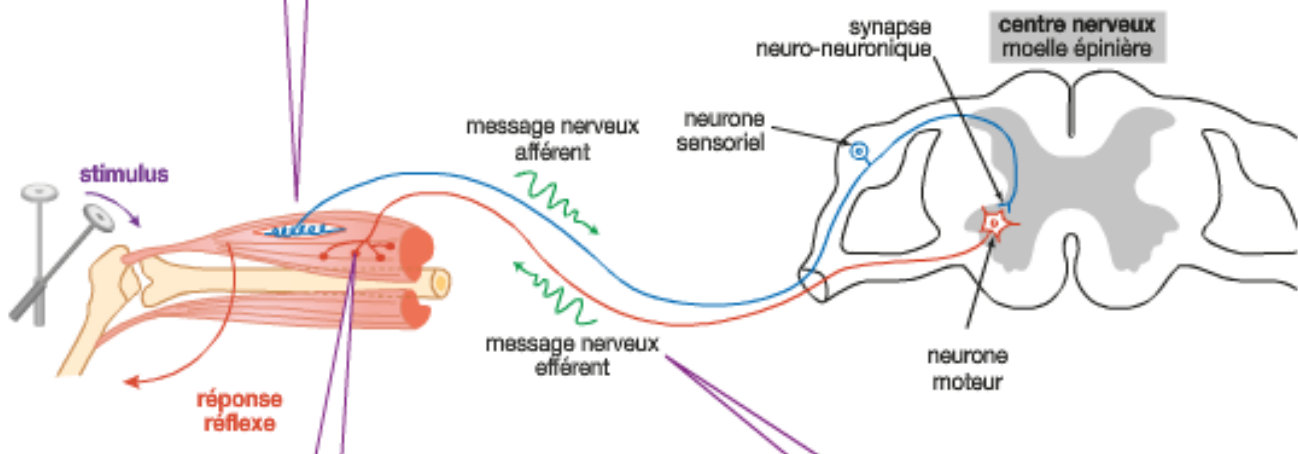
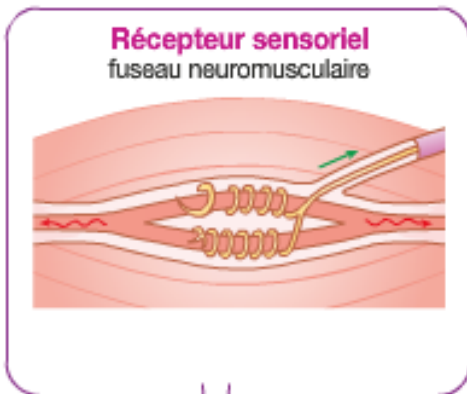
La compression des nerfs conduit généralement à une altération voire une abolition du réflexe myotatique. D'autre part, certaines pathologies affectant la circulation de l'influx nerveux aboutissent également à une désorganisation du RM. C'est le cas de la sclérose en plaque (SEP). Il s'agit d'une atteinte des gaines de myéline entourant les axones des neurones. Cette atteinte est généralement liée à une maladie auto-immune (attaque des neurones par les lymphocytes).

Conclusion

Le réflexe myotatique permet la contraction involontaire d'un muscle en réponse à son étirement. La station debout engendre l'étirement de certains muscles sous l'effet de la pesanteur. Les réflexes myotatiques participent ainsi au tonus musculaire nécessaire au maintien de la posture et de l'équilibre.

La stimulation du récepteur permet de générer un message nerveux qui est transmis au centre nerveux (moelle épinière). Quelle est la nature de message et comment est il généré ?

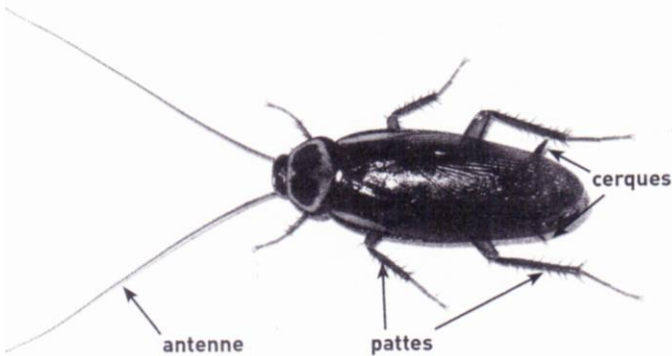
Réflexe myotatique et fonctionnement du système neuromusculaire



EXERCICES POSSIBLES :

9 La fuite de la blatte

• Devant le moindre danger, la blatte s'enfuit : à l'arrière de l'insecte (document 1), des soies sensorielles situées sur les cerques détectent tous les mouvements d'air. Cependant, lorsque l'animal, volontairement, se déplace ou bouge ses cerques, la stimulation de ces mêmes soies ne déclenche pas de réaction de fuite.



Document 1. Une blatte (x 1).

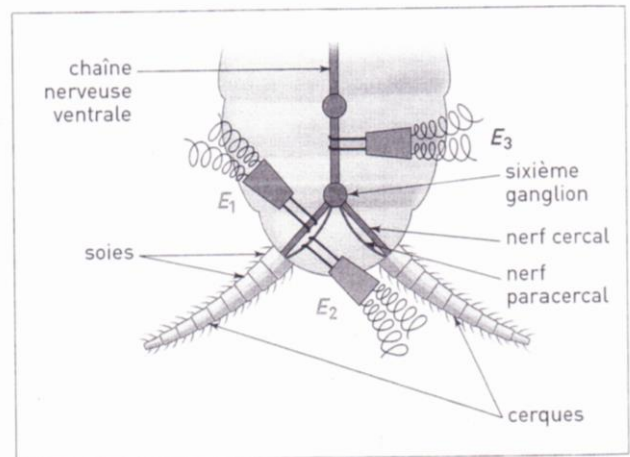
• La dissection de la chaîne nerveuse ventrale permet de distinguer, entre les cerques et le sixième ganglion abdominal, le nerf cercal et le nerf paracercal.

• On place respectivement des électrodes stimulatrices E_1 et E_2 sur ces deux nerfs, puis on enregistre le passage du message nerveux en E_3 , après le sixième ganglion (document 2).

La stimulation en E_1 déclenche un message nerveux enregistré en E_3 . En revanche, la stimulation en E_2 ou une stimulation simultanée en E_1 et en E_2 ne produit aucun message en E_3 .

• Une étude anatomique des connexions qui arrivent au neurone du sixième ganglion indique que :

- le nerf cercal est constitué des fibres des neurones cercaux directement connectés aux neurones du ganglion ;
- dans le nerf paracercal, entre un neurone paracercal et le neurone du sixième ganglion, il existe un interneurone ; la liaison est donc indirecte.



Document 2. Des expériences de stimulation.

1. **Ra** À partir des résultats expérimentaux, expliquer le réflexe de fuite d'une blatte devant un mouvement d'air.

2. **Ra** Un stimulus en E_2 montre que le message nerveux se propage bien jusqu'à l'extrémité des interneurones. Quel est le rôle de l'interneurone situé entre un neurone intercercal et le neurone du sixième ganglion ?

3. **Ra** Répondre alors au problème suivant : comment la blatte peut-elle ne pas fuir lorsqu'elle provoque elle-même un déplacement d'air ?

Guide de résolution

1. Il suffit de faire le parallèle avec vos connaissances sur le réflexe myotatique et de retrouver les structures de ce réflexe de fuite.

2. Pensez à ce qui se passe au niveau des neurones de la moelle épinière qui commandent deux muscles antagonistes.

3. Il faut faire intervenir au départ une position particulière des cerques qui stimulent les neurones paracercaux.

7 Un réseau de neurones

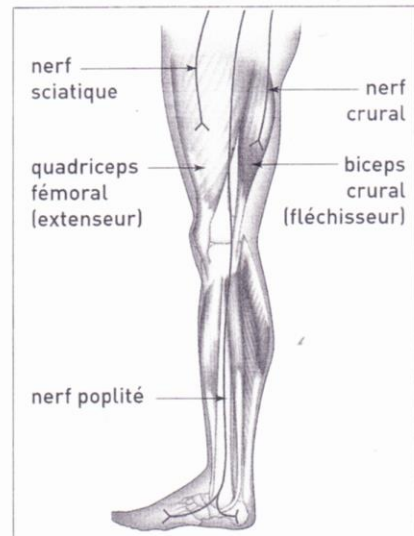
On cherche à préciser le fonctionnement des circuits neuroniques lors du retrait réflexe de la jambe, lorsque l'on met le pied sur un sol brûlant (réflexe d'évitement).

Remarque : le bout central d'un nerf sectionné correspond à la partie reliée à la moelle épinière alors que le bout périphérique est séparé du centre nerveux.

expérience	nerf	poplite	crural	sciatique
section du nerf		disparition de la flexion	disparition de la contraction du biceps crural	disparition de la contraction du quadriceps fémoral
excitation du bout central		flexion du membre inférieur	rien	rien
excitation du bout périphérique		rien	contraction du biceps crural	contraction du quadriceps fémoral

Document 1. Résultats des expériences.

- À partir de l'analyse du tableau, indiquer le rôle des différents nerfs.
- Établir un schéma fonctionnel reliant ces structures lors du retrait de la jambe.
- Établir les points communs et les différences entre le réflexe myotatique et le réflexe d'évitement : compléter un tableau faisant apparaître le niveau cellulaire.



Document 2. Muscles et nerfs mis en jeu dans le retrait réflexe.

8 Un autre type de réflexe inné



- La sangsue est un ver qui se nourrit de sang. Affamée, elle reste à la surface de l'eau. Alertée de la présence d'une proie par les vibrations de l'eau, elle se dirige vers elle. À son contact, si elle trouve une région chaude, elle mord. Le sang est alors aspiré et stocké dans l'estomac. Rassasiée, la sangsue gagne le fond et cherche à se glisser dans la fente d'un rocher ou d'une souche de bois. Elle ne nage pas et ne mord plus les surfaces chaudes.
- On réalise l'expérience suivante :
 - l'injection d'une solution physiologique dans l'estomac d'une sangsue en train de se nourrir provoque un arrêt de la morsure ;
 - si on incise l'estomac d'une sangsue rassasiée afin de le vider, elle se remet à mordre les surfaces chaudes.

- Quel est le *stimulus* déclenchant la morsure ?
- Émettre une hypothèse expliquant le changement de comportement observé entre la sangsue affamée et la sangsue rassasiée.
- Que peut-on conclure des expériences réalisées ?

Une sangsue (x 2).

Schéma bilan : Le réflexe myotatique achilléen

