

THEME 3A - Réflexe et motricité

INTRODUCTION :

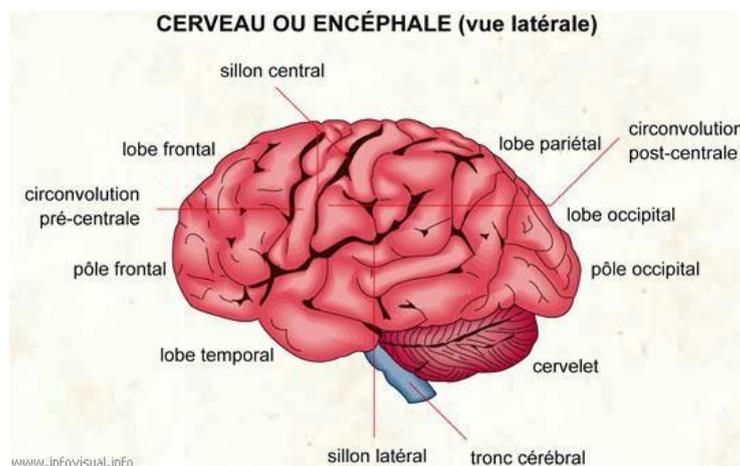
Les mouvements de l'organisme sont de deux types : les mouvements involontaires (réflexes) et les mouvements volontaires. Dans les 2 cas, le mouvement est permis par les muscles, des organes constitués de longues cellules : les fibres musculaires. Celles-ci se contractent, ce qui réduit leur taille et permet la mobilisation du squelette (os et articulations) par l'intermédiaire des tendons. La commande de la contraction du muscle se fait par l'intermédiaire des nerfs et des neurones.

Problématique : Comment les neurones et les fibres musculaires coopèrent-elles pour permettre la réalisation des mouvements involontaires et volontaires ?

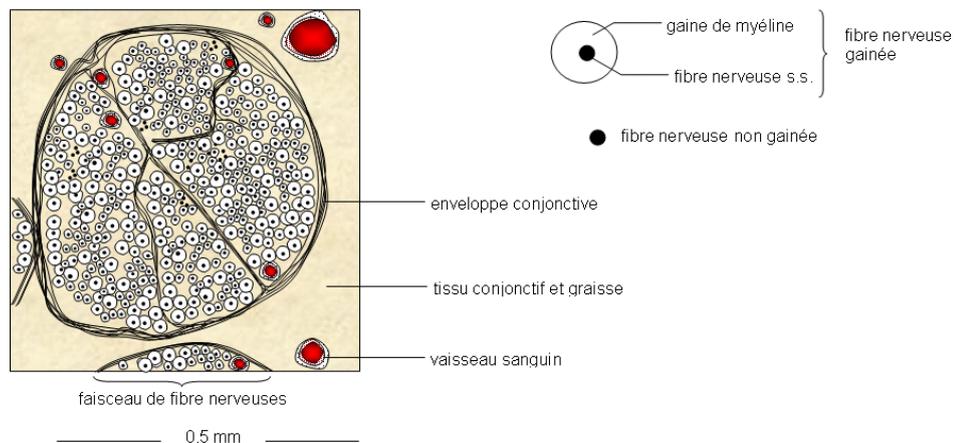
Nous verrons dans un premier temps les mouvements involontaires (réflexe) puis les mouvements volontaires et enfin nous verrons la nature du message nerveux qui circule dans les neurones et se propagent entre les cellules.

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.



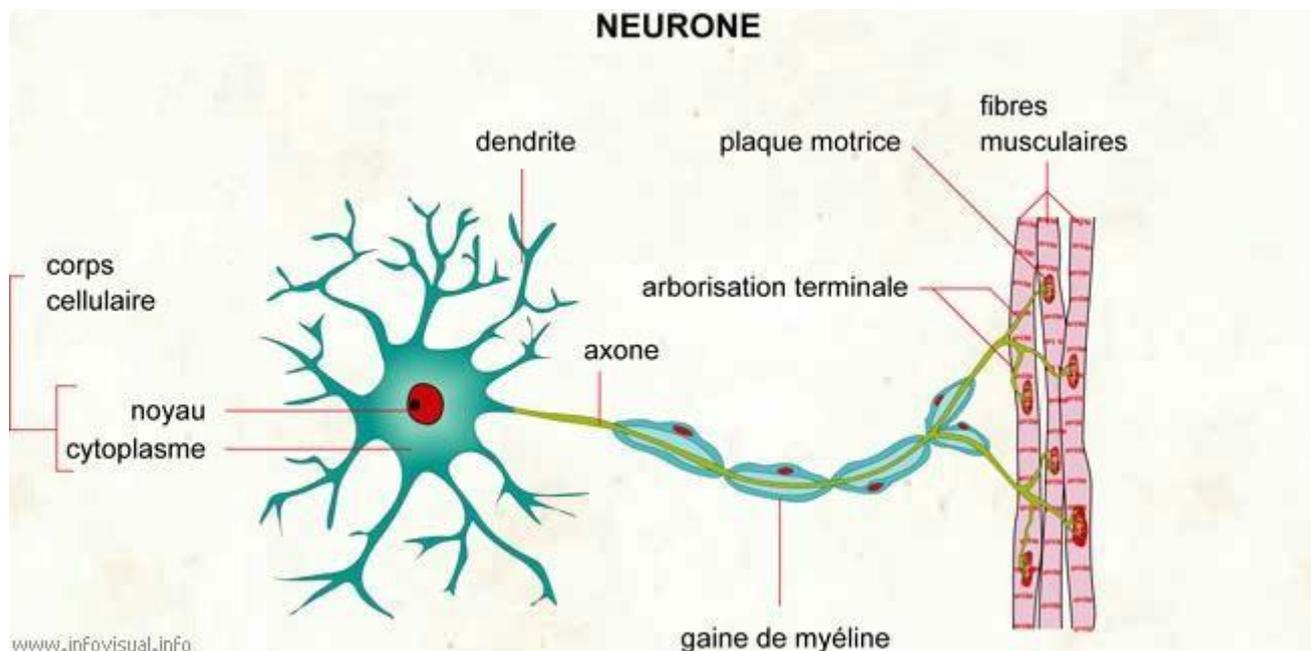
- **Nerf** : C'est un ensemble de fibres nerveuses nommées neurones.
nerf coupe transversale



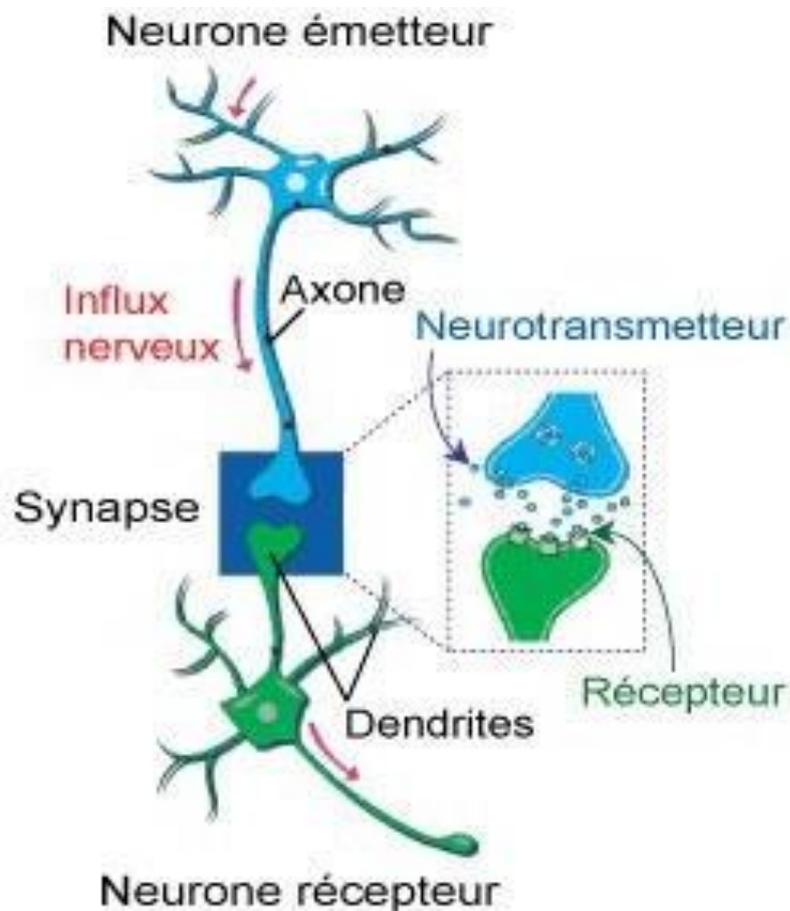
- **Neurone** : C'est une cellule spécialisée dans la réception, la genèse, la propagation et la transmission de messages nerveux. Les neurones possèdent :

- **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

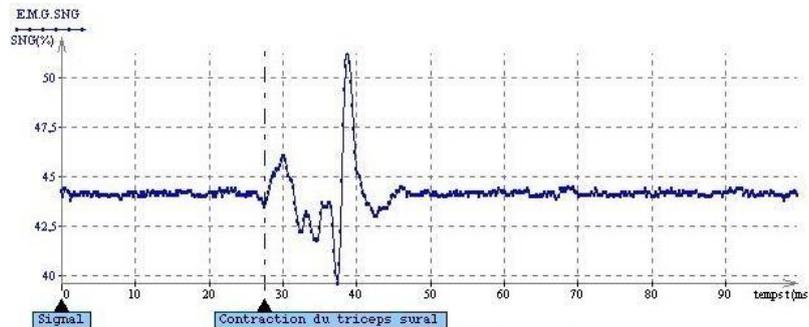
I. Les circuits neuroniques impliqués dans le réflexe myotatique

Voir TP1 : 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 (maintien de l'équilibre).

1. Organisation générale du réflexe myotatique

L'électromyogramme (EMG) montre que le temps entre la stimulation (t_0) et la contraction est de l'ordre de 25 à 35 ms. La distance totale parcourue est d'environ 2,5 à 3m (soit 1,25 m environ pour un aller ou un retour). On en déduit que le trajet de la boucle réflexe ne passe pas par le cerveau. Le centre nerveux du réflexe myotatique est donc la moelle épinière.

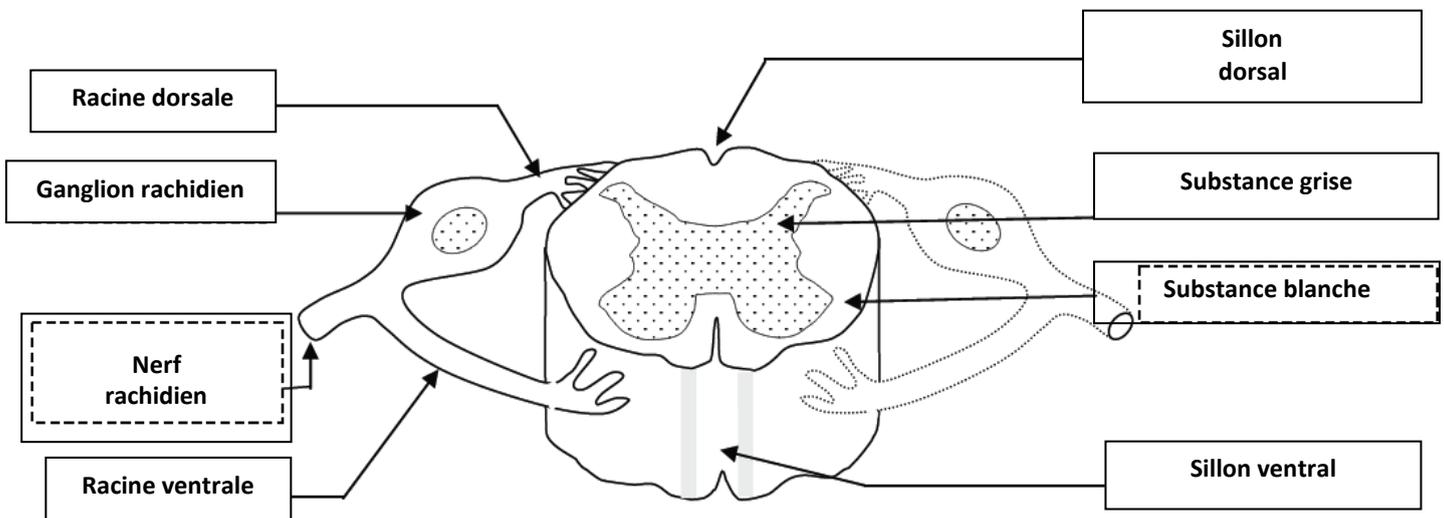


Document 1 : EMG du muscle soléaire en réponse à la stimulation du tendon achilléen

2. L'implication de la moelle épinière

La moelle épinière est composée de tissu nerveux et se trouve dans le canal interne des vertèbres et qui est composée de 4 structures principales :

- La substance grise : située au centre et composée de corps cellulaires de neurones (noyaux).
- La substance blanche : située autour de la substance grise et composée uniquement d'axones et de dendrites des neurones.
- la racine ventrale (à droite et à gauche) : elles permettent le passage des nerfs et neurones.
- la racine dorsale (à droite et à gauche) : permettant le passage des nerfs et neurones et possédant une zone renflée (ganglion rachidien) contenant de la substance grise (corps cellulaires).



Document 2 : Schéma d'une coupe transversale de moelle épinière

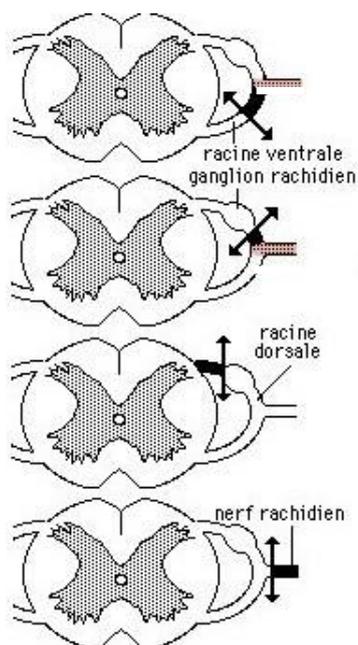
3. Un système à 2 composantes

Document 3 : 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.

Etude des expériences :

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 ventrale 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.

Le réflexe myotatique fait donc intervenir une boucle nerveuse 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.

On en déduit que les structures impliquées dans le réflexe sont:

- le mécanorécepteur, une structure qui perçoit le stimulus d'étirement du muscle
- le neurone sensitif qui conduit le message sensitif au système nerveux (voie afférente)
- le centre nerveux : la moelle épinière qui analyse et intègre les informations nerveuses (tient compte de la diversité et de l'intensité des messages nerveux reçus. Voir « Sommatation » Chapitre 3).
- le neurone moteur qui conduit le message vers les muscles (voie efférente)
- la plaque motrice : qui permet de commander les muscles

II. Le fonctionnement de l'arc réflexe

1. La détection du stimulus

L'étirement d'un muscle suite au choc du tendon (ou à un changement de posture) stimule les fuseaux neuromusculaires (mécanorécepteurs + cellule musculaire). Ce sont des structures en forme de ressort localisés dans le muscle et sensibles à l'étirement. Ceux-ci sont des terminaisons nerveuses libres qui produisent un message qui est envoyé dans les neurones sensitifs. Plus l'étirement est important, plus le message nerveux est intense.

2. La voie sensitive afférente

La fibre nerveuse afférente correspond au neurone sensitif qui est relié au récepteur par son axone. Le corps cellulaire du neurone sensitif est situé dans le ganglion rachidien de la racine dorsale de la moelle épinière (on parle de neurone en T). Le message produit par le mécanorécepteur se propage dans l'axone jusqu'au centre nerveux (moelle épinière).

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. Dans la synapse, le message est transmis du neurone sensitif au neurone moteur. Le motoneurone s'active alors et produit un message nerveux qui sera envoyé jusqu'aux muscles via son axone (connecté au muscle par la plaque motrice).

La moelle épinière est le centre nerveux intégrateur de ce réflexe : les messages sont analysés par les cellules nerveuses : 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 dans les axones des 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. Les fibres nerveuses sont connectées aux fibres musculaires par l'intermédiaire de la plaque motrice qui comprend de nombreuses synapses neuro-musculaires. Suivant l'intensité du message, le neurone peut recruter plus ou moins de fibres musculaires grâce à la plaque motrice et obtenir ainsi une contraction plus ou moins puissante suivant l'intensité de la stimulation de départ.

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 involontaire, stéréotypée et rapide (30 ms) permise par une boucle nerveuse comprenant 2 neurones, connectés par une synapse neuro-neuronique : on parle donc de réflexe monosynaptique.

III. Réflexe myotatique et santé

1. Diagnostic de l'état général du système nerveux

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

2. Réflexe myotatique et pathologies

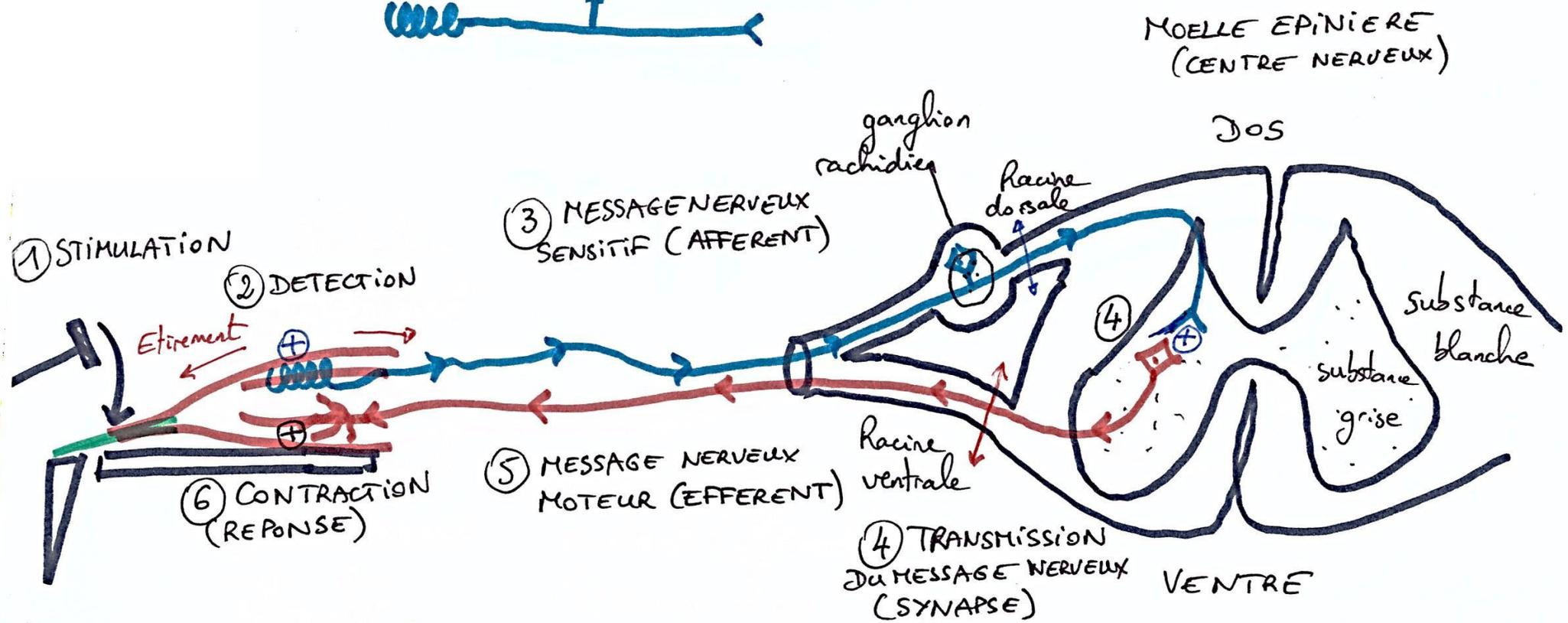
La compression des nerfs conduit généralement à une altération voire une suppression du réflexe myotatique. D'autre part, certaines pathologies affectant la propagation du message nerveux aboutissent également à une désorganisation du réflexe myotatique. C'est le cas de la sclérose en plaque (SEP). Il s'agit d'une maladie qui dégrade les gaines de myéline entourant les axones des neurones. Les gaines de myéline protègent les axones des neurones et permettent également la propagation de l'influx nerveux (voir chapitre 3). La dégradation des gaines de myéline produit des messages nerveux parasites (douleurs, gênes ...) ou une absence de message. 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 grâce à une boucle nerveuse formée de 2 neurones (sensitif et moteur) reliés par une synapse (réflexe monosynaptique). La station debout engendre l'étirement de certains muscles sous l'effet de la pesanteur mais aussi des déséquilibres éventuels. Les réflexes myotatiques participent ainsi au tonus musculaire nécessaire au maintien de la posture et de l'équilibre. Les réflexes sont également en lien avec d'autres messages nerveux (intégration), ce qui permet une réponse coordonnée de l'organisme.

Après avoir vu les mouvements réflexes (involontaires), nous allons étudier les mouvements volontaires afin de déterminer la nature du trajet nerveux et l'origine des décisions motrices (cerveau ?).

Neurone en T



fuseau neuromusculaire (mécanorécepteurs)

plaque motrice (synapse neuro-musculaire)

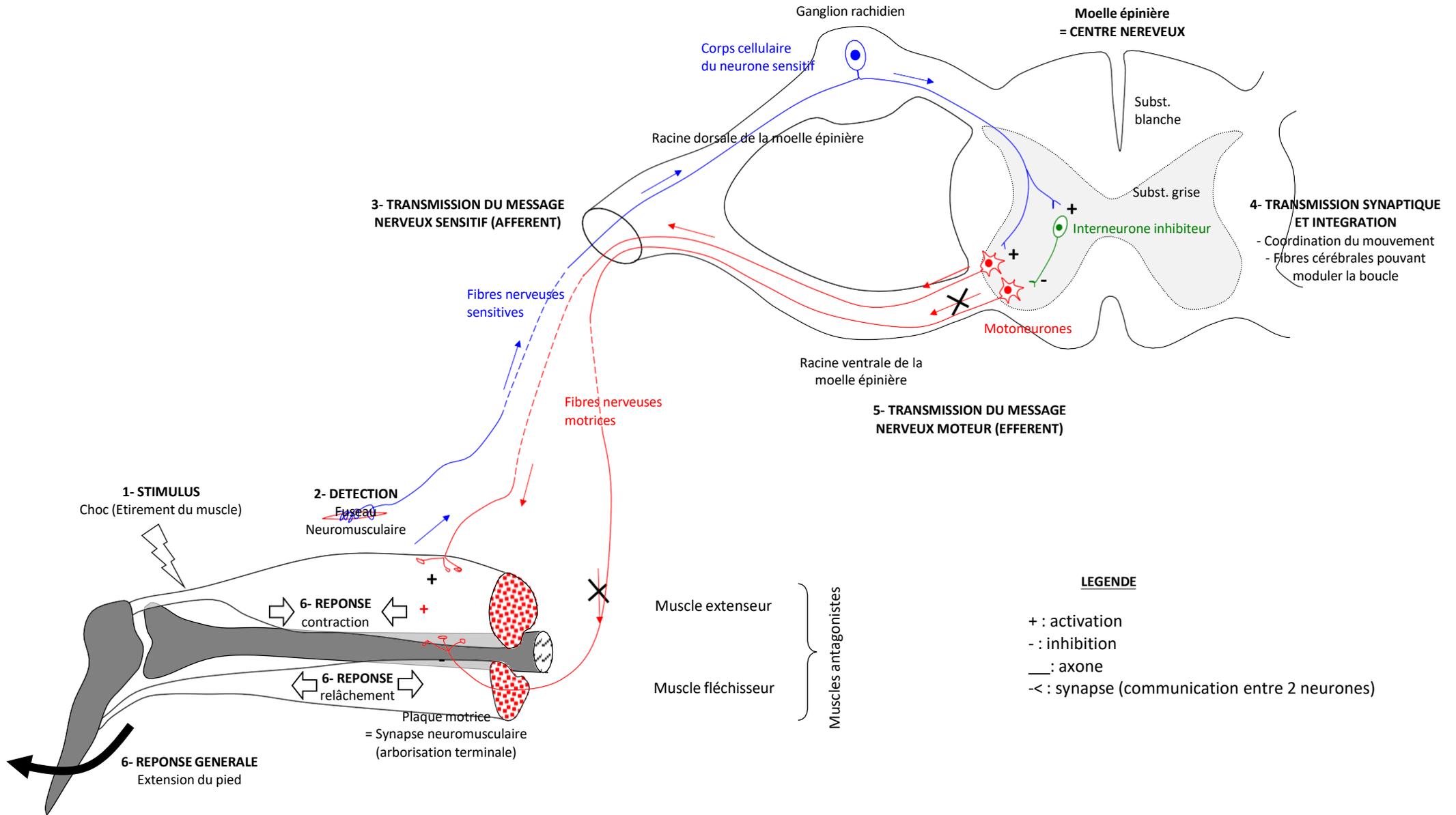
← = section racine ventrale → Perte de motricité

← = section racine dorsale → Perte de sensibilité

Reflexe Myotatique = CONTRACTION STÉRÉOTYPÉE INVOLONTAIRE TRÈS RAPIDE (30 ms)

SCHEMA FONCTIONNEL DU REFLEXE MYOTATIQUE

Schéma bilan : Le réflexe myotatique achilléen



LEGENDE

- + : activation
- : inhibition
- : axone
- < : synapse (communication entre 2 neurones)