

FICHE THÉORIQUE N° 26

Le système nerveux

SOMMAIRE



- ▶ Introduction
- ▶ Les neurones
- ▶ Les différents types de neurones
- ▶ Le système nerveux central
- ▶ Le système nerveux périphérique
- ▶ Les réflexes
- ▶ Les mouvements automatiques

INTRODUCTION



Le système nerveux a pour rôle le contrôle et la coordination des diverses fonctions de l'organisme. A partir de récepteurs, il transmet l'information, la compare à une norme puis élabore une réponse. Il est responsable de beaucoup de fonctions : adaptations physiques mais également psychologiques.

LES NEURONES



Le neurone est la cellule qui constitue l'unité de base du système nerveux. Il existe une grande diversité de neurones (tailles et formes différentes). Mais ils sont tous composés de 4 grandes parties (**figure 1**) :

- **les dendrites** : ramifications du corps cellulaire, les dendrites constituent avec lui les zones de contacts avec les autres neurones.
- **le corps cellulaire** : renferme le noyau de la cellule.
- **l'axone** : prolongement unique du corps cellulaire. C'est à travers lui que le signal nerveux se propage à partir du corps cellulaire.
- **les ramifications terminales** : l'axone se termine par de multiples ramifications au bout desquelles se trouvent des boutons terminaux (synapses) responsables de la transmission du signal nerveux, à toutes les cellules auxquelles elles sont connectées.

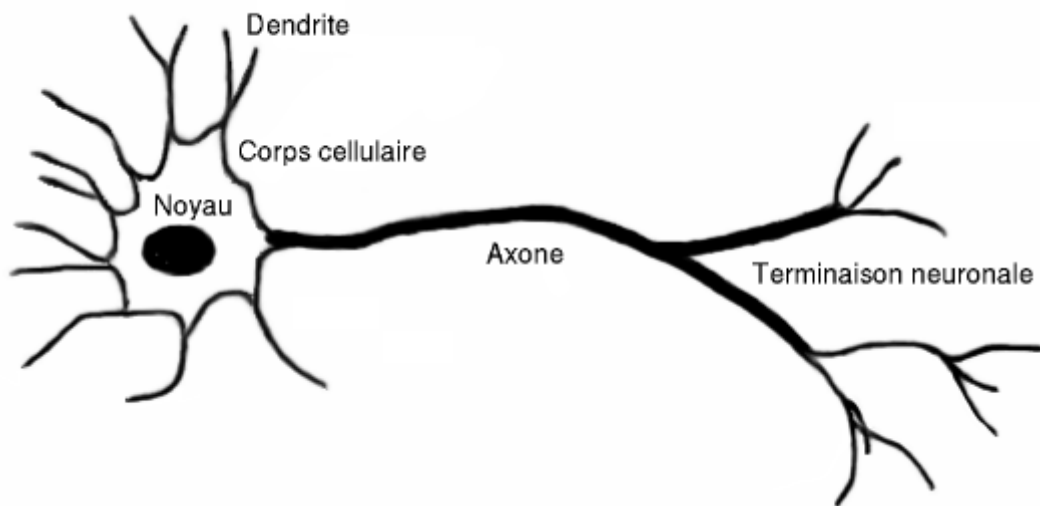


Figure 1 : Schéma d'un neurone, représentant les 4 grandes parties qui constituent la cellule.
D'après : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Axone>

L'influx nerveux parcourt le neurone toujours dans le même sens, c'est-à-dire à partir des dendrites et du corps cellulaire, vers l'axone puis les ramifications terminales de l'axone.

Certains neurones ont un axone recouvert d'une gaine de tissu lipidique : la myéline. Celle-ci est constituée par l'enroulement des membranes plasmiques de cellules particulières (les cellules de Schwann). Le rôle de cette gaine de myéline est la protection du neurone mais elle permet également d'accélérer considérablement la vitesse de conduction de l'influx nerveux. En effet, entre les cellules de Schwann se trouvent des espaces appelés noeuds de Ranvier. La propagation de l'influx nerveux devient saltatoire (d'un noeud de Ranvier à l'autre), ce qui a pour conséquence d'accélérer considérablement la vitesse de l'influx nerveux (**figure 2**).

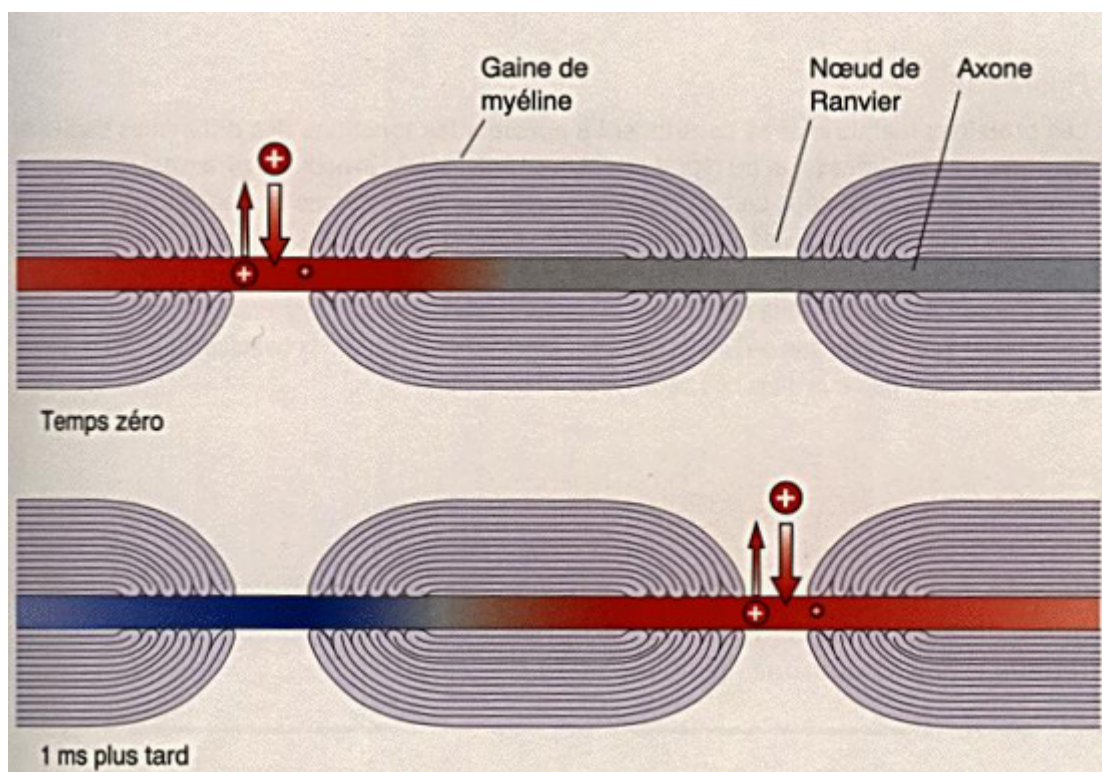


Figure 2 : La conduction saltatoire. D'après : <http://www.medecine.unige.ch/~bertrand/cours1/neurones/physiologie/propag.html>

La vitesse de propagation du signal nerveux dépend de plusieurs paramètres. La présence ou non de myéline mais également le diamètre de l'axone (plus celui-ci est grand, plus rapide est l'influx nerveux).

LES DIFFERENTS TYPES DE NEURONES



Le sens de propagation de l'influx nerveux est provoqué par une modification de la polarité membranaire. Celle-ci se fait toujours en sens unique. En effet, les zones membranaires venant juste de subir une dépolarisation connaissent une période réfractaire qui interdit le retour en sens inverse. Ainsi, on va distinguer 3 grandes catégories de neurones.

- **Les neurones afférents**
Les neurones afférents ont, au niveau dendritique, des connexions avec des récepteurs. Ceux-ci sont sensibles à un aspect particulier de leur environnement. Dès qu'ils détectent un changement significatif, il y a apparition d'un flux nerveux (potentiel d'action), qui est immédiatement transmis au corps cellulaire puis à l'axone, et enfin au Système Nerveux Central (SNC).
- **Les neurones efférents**
Les neurones efférents ont pour rôle la transmission d'un influx nerveux, à partir du SNC, jusqu'à un effecteur (glande ou muscle).
- **Les interneurones**
Représentant la grande majorité des neurones (certains auteurs estiment que près de 90% des neurones appartiennent à cette catégorie), ils assurent les connexions entre neurones voisins.

LE SYSTEME NERVEUX CENTRAL



Le Système Nerveux Central (SNC) est constitué du cerveau et de la moelle épinière.

- **La moelle épinière**

La moelle épinière est située au niveau de la colonne vertébrale, au niveau du canal vertébral formé par l'arc osseux de chaque vertèbre. Elle est divisée en segments en rapport avec les vertèbres mais elle est plus courte que la colonne vertébrale (**figure 3**).

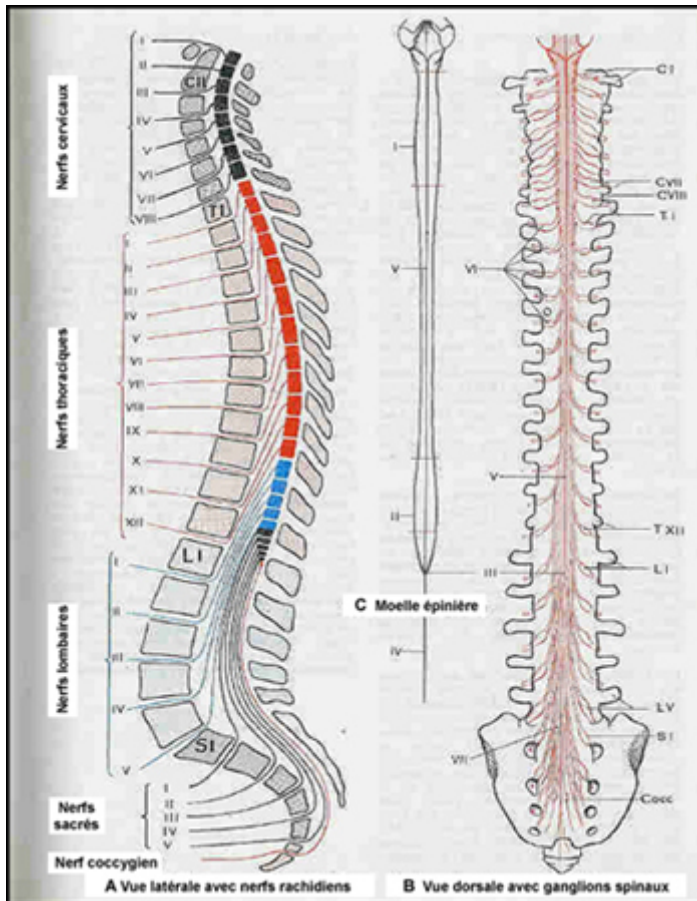


Figure 3 : Représentation de la moelle épinière et des nerfs rachidiens.

Illustration d'après W.KAHLE, H.LEONHARDT, W.PLATZER, **Anatomie, système nerveux** Vol.3. Flammarion-Medecine-Sciences, 1988.

Sur une section transversale, on peut distinguer 3 grandes parties (**figure 4**) :

- **La substance blanche** : elle est composée de nombreux axones dont la plupart sont recouvert de myéline. Cette substance qui est constituée de couches lipidique est à l'origine de la couleur.
- **La substance grise** : elle est formée par la multitude de corps cellulaires.
- **Les cornes dorsale et ventrale** : elles relient la moelle épinière (SNC) au reste de l'organisme, par l'intermédiaire des nerfs rachidiens qui appartiennent au système nerveux périphérique (SNP).

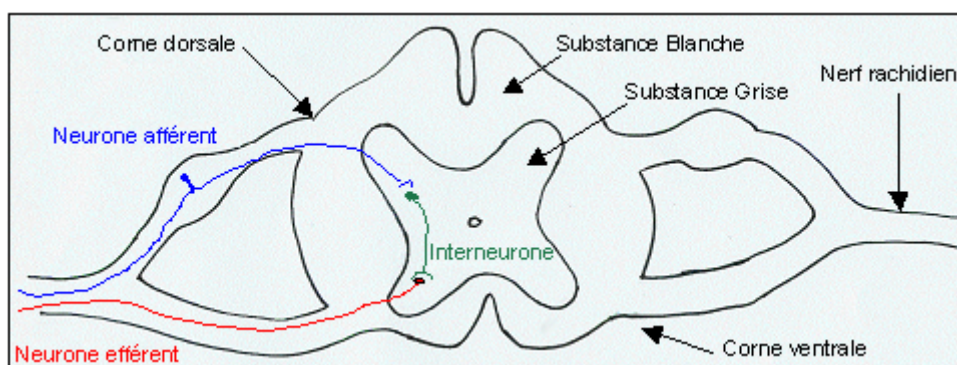


Figure 4 : Représentation d'une coupe transversale de la moelle épinière.

Les influx nerveux afférents en provenance des récepteurs sont transmis à la moelle épinière par la corne dorsale. Au niveau de la substance grise, se trouvent les interneurones. Enfin, les neurones efférents partent de la moelle épinière par la corne ventrale pour rejoindre un effecteur (muscle, glande).

- o **Le cerveau**

Le cerveau repose sur le tronc cérébral qui le relie à la moelle épinière, en permettant la circulation de toutes les informations afférentes et efférentes. Le cerveau est constitué de deux hémisphères interconnectées (droite et gauche). Il est divisé en lobes (frontal, temporal, pariétal et occipital) et de nombreuses aires. Ainsi, chacune assure une fonction particulière (**figure 5**). Les fonctions visuelles sont traitées par l'aire visuelle qui se situe dans le lobe occipital (à l'arrière du cerveau). Les fonctions intellectuelles, la pensée, sont assurées par le lobe frontal (partie antérieure). Enfin, les lobes pariétal et temporal assument respectivement les fonctions sensitives et motrices, pour le premier, et les fonctions auditives pour le second.

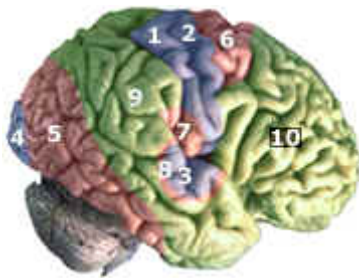


Figure 5 : Représentation de aires corticales. D'après : <http://edumed.unige.ch/apprentissage/module3/pec/apprentissage/neuroana/ism/4/4c1.htm>

- 1 Cortex somato-sensoriel primaire S1
- 2 Cortex moteur primaire M1
- 3 Cortex auditif primaire A1
- 4 Cortex visuel primaire V1
- 5 Cortex d'association visuel unimodal
- 6 Aires prémotrices
- 7 Cortex somato-sensoriel secondaire S2
- 8 Cortex d'association auditif unimodal A2
- 9 Cortex d'association postérieur (ou temporo-paritèto-occipital)
- 10 Cortex d'association antérieur (ou préfrontal)

LE SYSTEME NERVEUX PERIPHERIQUE



Le Système Nerveux Périphérique (SNP) est constitué de prolongements nerveux issus du système nerveux central : les nerfs. La moelle épinière donne naissance à 31 paires de nerfs (les nerfs rachidiens) alors que le cerveau donne naissance à 12 paires de nerfs (les nerfs crâniens).

L'influx nerveux ne pouvant circuler que dans un sens unique, chaque nerf contient des neurones afférents et des neurones efférents.

- o **Le système afférent**

La partie afférente du SNP transmet l'information nerveuse à partir d'un récepteur jusqu'au SNC. Les neurones qui composent ce système peuvent alors être qualifiés de sensitifs, bien qu'ils ne transmettent pas uniquement

que des informations relatives aux sens (la pression artérielle ou le niveau d'acidité du sang par exemple).

- **Le système efférent**

Cette partie du SNP véhicule l'information nerveuse à partir du SNC jusqu'à un effecteur. On distingue deux grandes parties au sein du SNP efférent : le système nerveux somatique et le système nerveux autonome.

Le système nerveux somatique

Ce système regroupe l'ensemble des fibres nerveuses qui innervent les muscles squelettiques. Chaque neurone est connecté à un ensemble de fibres musculaires plus ou moins important (l'unité motrice). Ces neurones ont alors qualifiés de neurones moteurs (ou motoneurones). La zone de connexion d'un neurone moteur sur la fibre se nomme plaque motrice, et une unité motrice peut compter de une à plusieurs centaines de plaques motrices, en fonction du muscle considéré.

Le système nerveux autonome

Ce système regroupe l'ensemble des fibres nerveuses qui innervent les glandes et les muscles autres que squelettiques, c'est à dire le cœur et les muscles responsables du mouvement des viscères. Il est constitué de deux catégories de neurones, les neurones sympathiques (qui accélèrent le rythme cardiaque par exemple) et les neurones parasympathiques (responsables entre autres du ralentissement de la fréquence cardiaque).

LES REFLEXES



Les réflexes correspondent à des mouvements innés qui apparaissent suite à un stimulus particulier. La réponse quasi-instantanée est toujours la même. Son intensité est proportionnelle à celle du stimulus entre un seuil minimal en dessous duquel on n'observe aucune réaction, et un seuil maximal au-delà duquel la réponse sera toujours maximale.

- **Le réflexe myotatique**

Parallèlement aux fibres musculaires, on trouve un certain nombre de récepteurs sensibles à l'étirement du muscle (**figure 6**). Ces récepteurs, les fuseaux neuromusculaires sont reliés au SNP sensitif et envoient en permanence des informations au SNC quant au niveau d'allongement du muscle ainsi que sur la vitesse de celui-ci.

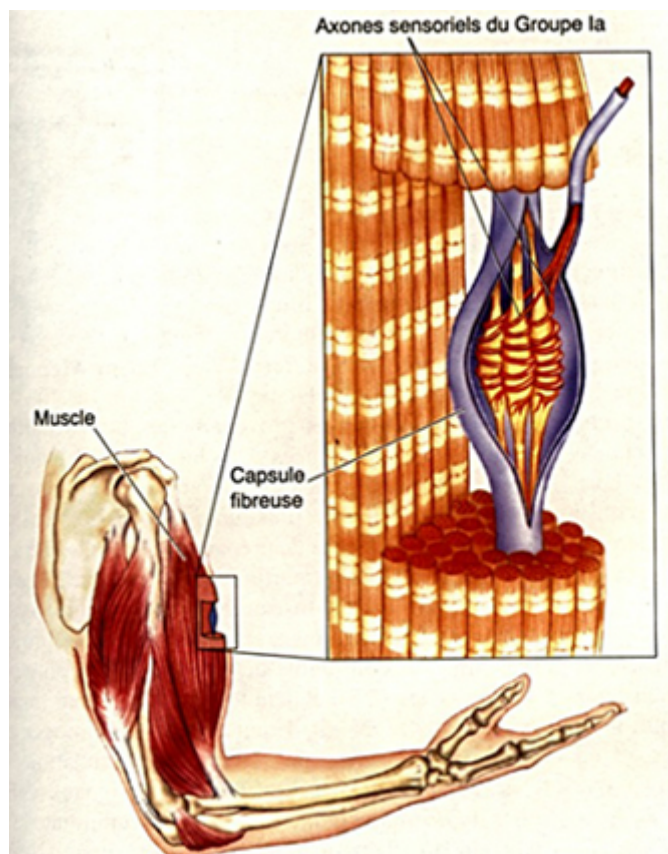


Figure 6 : le fuseau neuromusculaire, récepteur sensible à l'étirement du muscle.

D'après :

<http://www.medecine.unige.ch/~bertrand/cours1/muscle/spincont.html>

Quand l'étirement survient, il provoque un influx nerveux plus ou moins important, qui une fois arrivé à la moelle épinière, déclenche une contraction du muscle étiré (**figure 7**). Cet ordre de contraction systématique appelé réflexe myotatique est proportionnel à l'intensité de la stimulation. Quand l'étirement est brutal, le réflexe myotatique déclenche une contraction importante du muscle qui est très utile dans les activités sportives. Ainsi, dans la technique du lancer de javelot, l'athlète recherche un étirement maximal de toute la chaîne des muscles qui participent au lancer, juste avant de le lancer. De cette manière, il utilise le réflexe myotatique pour optimiser sa performance. Il en est de même dans de très nombreuses situations.

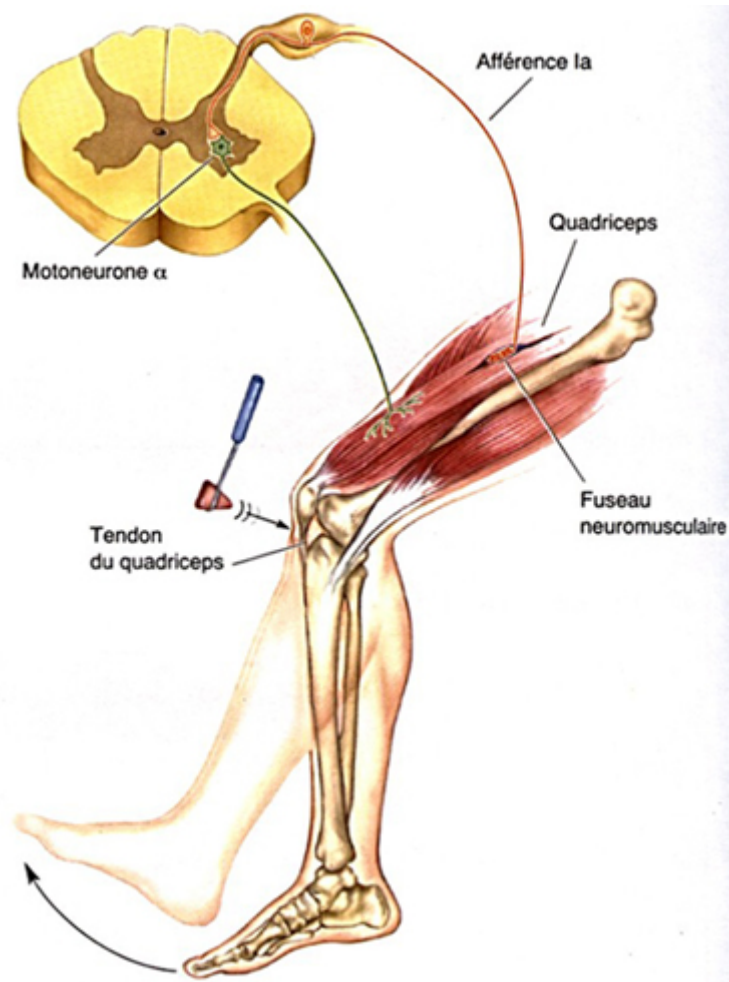


Figure 7 : le réflexe myotatique d'après un schéma de : <http://www.medecine.unige.ch/~bertrand/cours1/muscle/spincont.html>

Lorsque le muscle est étiré, le fuseau neuromusculaire déclenche un influx nerveux (potentiel d'action) qui, une fois au niveau de la moelle épinière provoque par voie réflexe, la contraction du muscle étiré

Au contraire, dans une recherche d'assouplissement, il est nécessaire de minimiser l'action du réflexe myotatique afin qu'il ne limite pas trop l'amplitude du mouvement. Comme l'intensité du réflexe est proportionnelle à celle de la stimulation, il est impératif de réaliser un étirement lent et très progressif. Enfin, si cette méthode réduit la contraction musculaire, il faut savoir que le réflexe myotatique s'estompe après une dizaine de secondes d'immobilité, ce qui permet un relâchement musculaire et donc une nouvelle amplitude.

- **Le réflexe myotatique inverse**

Si le fuseaux neuromusculaire permet à l'organisme d'avoir des informations précises quant à l'étirement du muscle et donc sa longueur, il ne donne aucune information sur sa tension. Il ne permet donc pas de faire la différence entre deux contraintes différentes (par exemple des poids différents) réalisés à même amplitude.

Un autre type de récepteur entre alors en jeu : l'organe tendineux de Golgi. Ce récepteur qui se trouve à la jonction entre la partie contractile du muscle et le tendons, donne des indications sur la tension du muscle. Lorsque celle-ci est importante, il déclenche un réflexe d'inhibition de la

contraction du muscle considéré, provoquant ainsi son relâchement. C'est le réflexe myotatique inverse (**figure 8**).

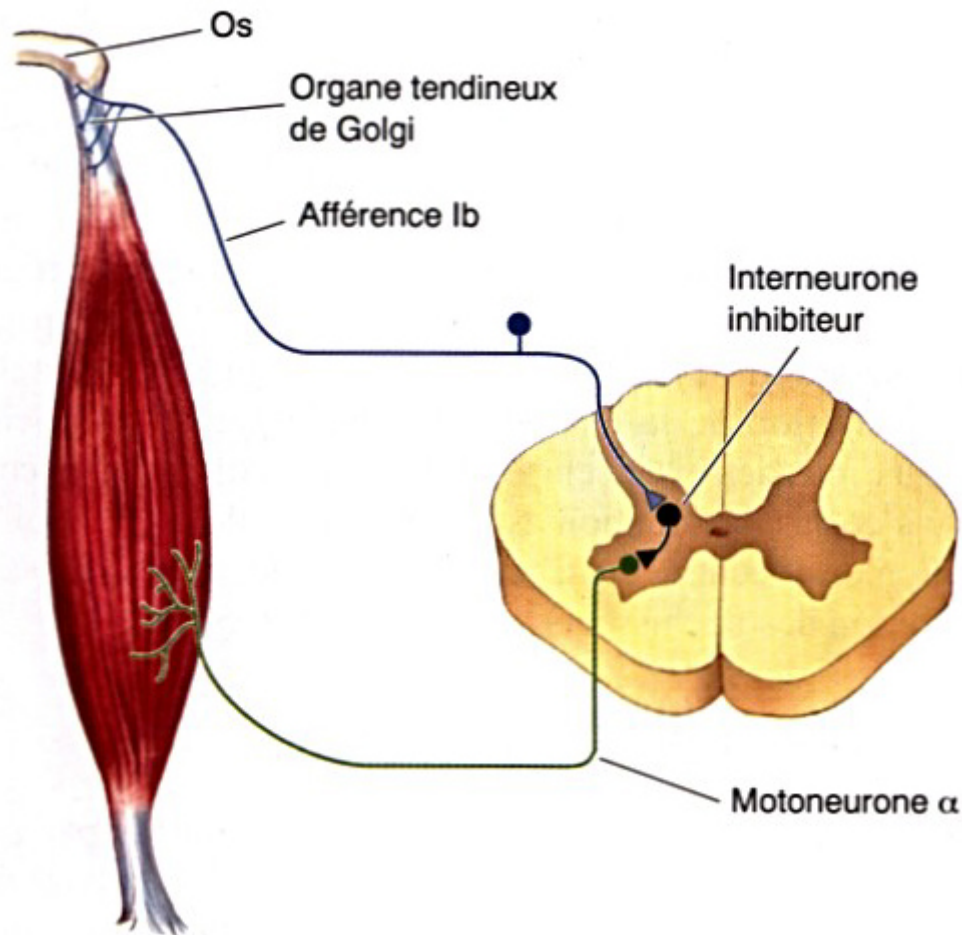


Figure 8 : le réflexe myotatique inverse d'après :

<http://www.medecine.unige.ch/~bertrand/cours1/muscle/spincont.html>.

Lorsque le muscle est contracté, l'organe tendineux de Golgi déclenche un influx nerveux (potentiel d'action) qui, une fois au niveau de la moelle épinière provoque par voie réflexe, la relaxation du muscle contracté.

Ce réflexe qui permet de lutter contre des tensions excessives, est à l'origine de la célèbre méthode de stretching qui consiste à provoquer une contraction intense immédiatement avant de l'étirer. La phase de contraction a alors comme objectif le déclenchement du réflexe myotatique inverse qui permettra de relaxer le muscle, et d'en profiter dans la seconde phase (l'étirement).

LES MOUVEMENTS AUTOMATIQUES



Très proches des réflexes, les mouvements automatiques correspondent à des enchaînements moteurs consécutifs à un stimulus. A l'inverse des réflexes, ils sont le fruit d'un lent apprentissage axé principalement sur la répétition gestuelle. A force de répéter les mêmes enchaînements de mouvements, l'organisme met progressivement en place des « raccourcis » nerveux. Les mouvements qui nécessitaient au départ une très grande concentration, avec de nombreux ajustements en cours d'exécution, deviennent de plus en plus précis et rapides. Peu à peu, le niveau de vigilance exigé diminue jusqu'à ne plus être nécessaire. Dans le sport, ce type de mouvements s'avère être très avantageux car il permet un réel gain de rapidité tout en conservant un niveau optimal de précision. De plus, puisqu'il ne nécessite plus d'être contrôlé de manière consciente, le sportif peut le réaliser tout en fixant son attention sur autre chose.

S'ils sont très recherchés dans le sport, les mouvements automatiques peuvent devenir un véritable cauchemar pour l'entraîneur. En effet, lorsque le mouvement automatisé n'est pas correct, il est très difficile de s'en défaire ou de le modifier. Le travail nécessaire est alors très long et fastidieux. Il impose de décortiquer chaque phase du mouvement et, de manière analytique le travail force à une extrême vigilance du sportif comme de l'entraîneur qui doit guetter le moindre « faux-pas ». Après un nombre toujours très important de répétitions, le travail devient de plus en plus global. Enfin, même si le mouvement semble réappris correctement, il est fréquent de retrouver l'ancien enchaînement quand dans le « feu de l'action », le sportif manque de temps ou est trop fatigué. Il faut alors s'armer d'une grande patience et le travail doit reprendre jusqu'à extinction complète de l'ancien mouvement automatique qui désormais devra pour un même stimulus, être remplacé par le nouveau.

La correction d'un mauvais mouvement automatisé est d'autant plus difficile que celui-ci est vieux et peut dans certains cas prendre plusieurs années, ce qui souligne l'importance d'un enseignement de grande qualité chez les jeunes débutants. Quand ce travail est entrepris tardivement, après une longue pratique incorrecte, il est quasiment impossible de le mener jusqu'à son terme et parfois, des retours à l'ancienne technique peuvent subvenir.