

# NEURONE ET FIBRE MUSCULAIRE: LA COMMUNICATION NERVEUSE

## Chapitre 1: Le réflexe myotatique, un exemple de commande réflexe du muscle

Un réflexe myotatique est une réaction rapide et involontaire du corps: un muscle se contracte automatiquement en réponse à son propre étirement. Le réflexe myotatique sert d'outil diagnostique pour apprécier l'intégrité du système neuro-musculaire: par un choc léger sur un tendon, on provoque la contraction du muscle étiré (exemple du réflexe rotulien).

### Comment ce test montre-t-il le bon état de fonctionnement du système neuro-musculaire ?

#### Comment le système nerveux intervient-il dans ce réflexe ?

### I: Les voies nerveuses du réflexe myotatique

Le circuit nerveux du réflexe myotatique fait intervenir successivement :

- des récepteurs sensoriels (les fuseaux neuromusculaires), situés dans le muscle et le tendon, qui émettent un message nerveux lorsqu'ils sont stimulés par l'étirement provoqué par le choc;
- des fibres nerveuses sensitives (situées dans un nerf rachidien) qui conduisent le message nerveux afférent (sensitif) vers les centres nerveux ;
- un centre nerveux intégrateur (la moelle épinière) qui traite les informations sensorielles reçues et élabore le message nerveux moteur ;
- des fibres nerveuses motrices (situées elles aussi dans le nerf rachidien) qui conduisent le message efférent (moteur);
- un organe effecteur, le muscle, dont les fibres reçoivent le message nerveux moteur et, en se contractant, produisent la réponse réflexe.

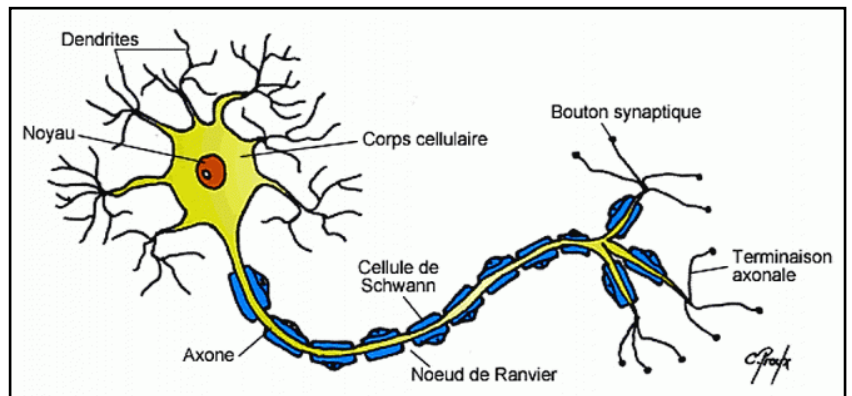
Les expériences de section montrent que le message sensitif issu d'un muscle étiré passe par le nerf puis par la racine dorsale avant d'atteindre la moelle épinière. Le message moteur est conduit de la moelle épinière vers le muscle en passant par la racine ventrale puis par le nerf rachidien. Ce circuit est appelé arc réflexe

### II: Les neurones de l'arc réflexe

La communication nerveuse repose sur des réseaux de cellules nerveuses ou neurones, connectés entre eux. Chaque neurone est constitué d'un corps cellulaire qui porte des prolongements cytoplasmiques :

- les dendrites collectent les informations et conduisent le message nerveux au corps cellulaire.
- l'axone qui conduit le message nerveux du corps cellulaire jusqu'à la terminaison synaptique.

Deux types de neurones interviennent successivement au cours du réflexe myotatique : les neurones afférents, ou sensitifs, et les neurones efférents ou neurones moteurs (aussi appelés moto-neurones).



Un neurone sensitif relie directement un fuseau neuro-musculaire à la moelle épinière. Le corps cellulaire de ce neurone (neurone en T) est situé dans un ganglion rachidien. La fibre nerveuse conduisant le message nerveux jusqu'au corps cellulaire correspond à la dendrite du neurone en T. Du corps cellulaire, un court axone gagne la substance grise de la moelle épinière par la racine dorsale du nerf rachidien. Le neurone moteur possède un corps cellulaire situé dans la partie antérieure de la substance grise de la moelle épinière. Son axone, très long, emprunte la racine ventrale du nerf rachidien et constitue une fibre nerveuse efférente conduisant le message nerveux moteur jusqu'aux fibres musculaires. Dans la moelle épinière, il existe donc une connexion entre le neurone sensitif et le neurone moteur : c'est ce que l'on appelle une synapse. Le réflexe myotatique est qualifié de mono-synaptique car il n'existe qu'une seule synapse sur le trajet suivi par le message.

### III: Nature et transmission du message nerveux

La différence de potentiel entre le cytoplasme et la face externe de la membrane plasmique du neurone définit le potentiel de membrane. En l'absence de stimulation, le potentiel de membrane vaut environ -70mV et constitue le potentiel de repos. Lorsque le neurone est stimulé, le potentiel de membrane peut varier transitoirement. Cette variation est appelée potentiel d'action. Le potentiel d'action n'est observé que si l'intensité de la stimulation du neurone dépasse une valeur seuil. Au-delà de cette valeur, le potentiel d'action conserve toujours les mêmes caractéristiques. La stimulation d'un neurone au-delà de la valeur seuil induit l'émission d'une succession (ou train) de potentiels d'action dont la fréquence est proportionnelle à l'intensité de la stimulation. Ce train de potentiels d'action se propage le long de l'axone vers les terminaisons synaptiques. Il constitue le message nerveux. Celui-ci est donc codé électriquement en fréquence de potentiels d'action.

### IV: Le fonctionnement de la synapse neuro-musculaire

Chaque terminaison synaptique d'un neurone moteur est en contact avec une fibre musculaire au niveau d'une plaque motrice, ou synapse neuro-musculaire. L'arrivée d'un message nerveux moteur au niveau d'une plaque motrice commande la contraction de la fibre musculaire.

La terminaison synaptique du moto-neurone contient des vésicules contenant de l'acétylcholine. Cette molécule est un neuromédiateur (ou neurotransmetteur).

La stimulation du moto-neurone entraîne l'exocytose des vésicules et la libération du neuromédiateur dans la fente synaptique. La fixation de ce dernier sur son récepteur, présent sur la membrane plasmique de la fibre musculaire, entraîne une variation du potentiel de membrane de la fibre musculaire : c'est le potentiel d'action musculaire, qui déclenche la contraction musculaire.

La quantité de neuromédiateurs libérés dans la fente synaptique est proportionnelle à l'intensité de la stimulation du moto-neurone. Au niveau d'une synapse neuro-musculaire, le message nerveux est donc codé chimiquement par la concentration du neuromédiateur.

## **Chapitre 2: De la volonté au mouvement**

Le réflexe myotatique est un exemple de commande involontaire des muscles. Mais, bien entendu, les muscles peuvent aussi être commandés par la volonté : dans ce cas, il y a intervention des structures cérébrales. Des accidents ou des anomalies affectant le système nerveux central peuvent d'ailleurs se traduire par des dysfonctionnements musculaires.

### **Quelle est l'organisation motrice du cerveau ? Où se connectent les neurones moteurs issus du cerveau ?**

#### **I: De la volonté au mouvement**

##### **A: Des lésions qui se traduisent par des dysfonctionnements musculaires**

Un accident vasculaire cérébral (AVC) est un trouble de la circulation sanguine irriguant un territoire du cerveau. La partie normalement irriguée par ce vaisseau cesse alors de fonctionner. Ceci peut entraîner une paralysie. Des lésions accidentelles de la moelle épinière, dues à un choc violent (accident de la circulation, chutes) peuvent aussi entraîner des paralysies. Enfin, une compression des racines des nerfs rachidiens (due, par exemple, à une hernie discale) peuvent aussi se traduire par des troubles moteurs.

##### **B: Les voies motrices**

Les messages nerveux moteurs qui partent du cerveau cheminent par des faisceaux de neurones et descendent dans la moelle épinière. À différents niveaux, ces neurones sont en connexion avec les moto-neurones. Ces voies motrices sont croisées, de telle sorte que la commande des mouvements volontaires et contra-latérale : c'est l'aire motrice de l'hémisphère cérébral droit qui commande la partie gauche du corps, et inversement.

##### **C: Des aires cérébrales spécialisées**

L'exploration du cortex cérébral d'un sujet est aujourd'hui réalisable grâce aux techniques de l'imagerie médicale. L'I.R.M. (Imagerie par Résonance Magnétique) est une technique permettant d'obtenir des images anatomiques du cerveau correspondant à des coupes virtuelles ou en 3D, avec une précision inférieure au millimètre. Il est non seulement possible de visualiser chez une personne des structures cérébrales avec une grande précision mais aussi de déterminer les variations d'activité de certaines zones lorsque le sujet effectue une tâche déterminée (I.R.M. fonctionnelle). Il apparaît ainsi que des territoires du cortex cérébral (la partie superficielle du cerveau) sont systématiquement associées à l'exécution d'un mouvement volontaire : ce sont les aires motrices primaires et les aires pré-motrices. Les aires motrices primaires (situées dans chaque hémisphère cérébral) commandent directement les mouvements. Les explorations précises ont permis de dresser une cartographie de l'aire motrice primaire : chaque partie du corps humain est associée à un territoire défini du cortex cérébral qui assure sa commande motrice. Les parties du corps douées d'une mobilité importante (main, bouche, etc.) occupent une surface relativement importante de l'aire motrice. Les aires pré-motrices, quant à elles, jouent un rôle dans la planification d'exécution du mouvement.

#### **II: Le rôle intégrateur des neurones**

Au cours d'un réflexe myotatique, l'amplitude de la réponse musculaire varie en fonction des conditions dans lesquelles le sujet est placé. Ceci montre que si la contraction du muscle répond bien au stimulus (le choc porté sur le tendon), elle tient aussi compte d'autres informations reçues simultanément : c'est ce qu'on appelle une intégration.

Les synapses neuro-neuroniques de la moelle épinière ont une structure et un fonctionnement globalement similaires à ceux de la synapse neuro-musculaire. Les boutons synaptiques de l'arborisation terminale d'un neurone pré-synaptique (neurone pyramidal ou neurone sensitif) sont séparés des dendrites du neurone post synaptique (neurone moteur) par un espace ou fente synaptique ne permettant pas la propagation du message nerveux sous sa forme électrique (PA). L'arrivée d'un message nerveux (PA) dans le bouton synaptique du neurone pré-synaptique induit l'exocytose des vésicules de neurotransmetteurs et la libération des neurotransmetteurs dans la fente synaptique. La fixation des neurotransmetteurs sur des récepteurs spécifiques implantés dans la membrane plasmique des dendrites du neurone post synaptique induit une modification du potentiel de membrane du neurone post synaptique qui peut entraîner ou non la genèse d'un potentiel d'action post synaptique.

Comme dans le cas de la synapse neuro-musculaire, le message nerveux est codé en concentration de neurotransmetteurs; cependant, dans le cas des synapses neuro-neuroniques, il existe 2 types de synapses:

- Les synapses excitatrices libèrent dans la fente synaptique des neurotransmetteurs qui tendent à dépolariser la membrane du neurone post synaptique la rapprochant ainsi du seuil nécessaire à la genèse d'un potentiel d'action post synaptique.
- Les synapses inhibitrices libèrent dans la fente synaptique des neurotransmetteurs qui tendent à hyper-polariser la membrane du neurone post synaptique l'éloignant ainsi du seuil nécessaire à la genèse d'un potentiel d'action post synaptique.

Les neurones moteurs de la moelle épinière sont innervés par différentes synapses excitatrices et ou inhibitrices, ils reçoivent des messages nerveux afférents nombreux, variés (issus de synapses excitatrices ou inhibitrices) et d'origines diverses (récepteurs sensitifs, centres nerveux supérieurs et interneurones). Ils doivent prendre en compte ces différents messages afférents pour produire un message moteur unique et adapté.

Pour cela, les neurones moteurs effectuent une sommation temporelle, en additionnant les messages nerveux afférents qui arrivent en un temps plus ou moins rapproché. Ils réalisent aussi une sommation spatiale, en prenant en compte les différents messages nerveux afférents à un instant donné. Ainsi, un message excitateur associé à un autre message inhibiteur pourront s'annuler au niveau d'un motoneurone.

Cette double sommation détermine la nature de la réponse du motoneurone (émission ou non de potentiels d'actions) et son intensité (fréquence des potentiels d'actions): on dit qu'il y a eu intégration de messages nerveux afférents.

### **Chapitre 3: Motricité et plasticité cérébrale**

Les connexions qui s'établissent entre certains neurones du cortex cérébral d'un individu peuvent se modifier en fonction des expériences qu'il a vécues : c'est la plasticité cérébrale.

#### **Comment la plasticité du cortex moteur est-elle mobilisée au cours de la vie d'un individu ?**

##### **I: Des variations individuelles**

Dans ses grandes lignes, l'organisation du cerveau et notamment du cortex est la même pour tous les individus: c'est une caractéristique propre à l'espèce. Cependant, la comparaison de cartes motrices de plusieurs individus révèle l'existence de variations: ces différences interindividuelles ne sont pas innées, elles s'acquièrent au cours du développement, par apprentissage des gestes. Même chez l'adulte, les effets d'un entraînement moteur se traduisent par une amélioration des performances que l'on peut associer à une extension de l'aire motrice concernée. De telles modifications peuvent être obtenues rapidement et ne sont pas nécessairement durables : c'est ce qu'on appelle la plasticité cérébrale.

##### **II: Des capacités de récupération**

L'activité du cortex moteur peut être modifiée dans différentes situations. Lors de certains accidents où le cortex moteur est endommagé, la plasticité permet d'expliquer la récupération de différentes fonctions: la récupération de la motricité est en relation avec une réorganisation du cortex moteur de l'individu. La plasticité permet donc de comprendre que l'organisation du cortex n'est pas figée lors du développement de l'individu mais peut également se modifier à l'âge adulte.

##### **III: Préserver son capital nerveux**

La plasticité du cortex existe ou non tout au long de la vie de l'individu, mais les capacités de remaniements se réduisent avec l'âge. Les capacités de remaniements du cerveau sont en relation avec le comportement de chaque individu: avoir un comportement responsable en matière de santé permet de maintenir son capital nerveux.