

Le réflexe myotatique, un exemple de commande réflexe du muscle.

Le **réflexe myotatique** est un outil diagnostique utilisé par les médecins pour vérifier le bon fonctionnement du système neuromusculaire : par un choc léger sur un tendon à l'aide d'un marteau à réflexes, on provoque la contraction du muscle étiré (exemple du réflexe rotulien ou achilléen).

En quoi consiste un réflexe myotatique ? Quelles sont les structures qui sont mises en jeux ?

I. Les caractéristiques du réflexe myotatique (TP18)

<http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0027-3>

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 un stimulus qui est son propre étirement. Il participe constamment au maintien de notre posture en assurant le tonus musculaire (état de tension des muscles sous l'effet de la gravité). En effet, la station debout engendre l'étirement de certains muscles sous l'effet de la pesanteur. La contraction réflexe de ces muscles garantit notre équilibre.

Le réflexe myotatique le plus souvent étudié est le **réflexe achilléen** : en tapant sur le tendon d'Achille, on étire le muscle extenseur du pied. Ce muscle va se contracter en retour et ainsi provoquer l'extension du pied. On peut **mesurer l'activité électrique du muscle** avec des électrodes sur la peau, on réalise alors un **électromyogramme** (EMG). Cette étude expérimentale montre que **la réponse réflexe est RAPIDE et INVOLONTAIRE. L'intensité de la réponse dépend de l'intensité de la stimulation.**

L'EMG obtenu lors d'un réflexe achilléen montre que la réponse du muscle se produit après un léger délai (30 ms), ce qui indique que le muscle ne se contracte pas tout seul, il y a **intervention d'un centre nerveux** : la **MOELLE EPINIÈRE.**

En réalisant ce test, les médecins vérifient en fait que la MEp n'est pas endommagé, et que le message nerveux circule normalement.

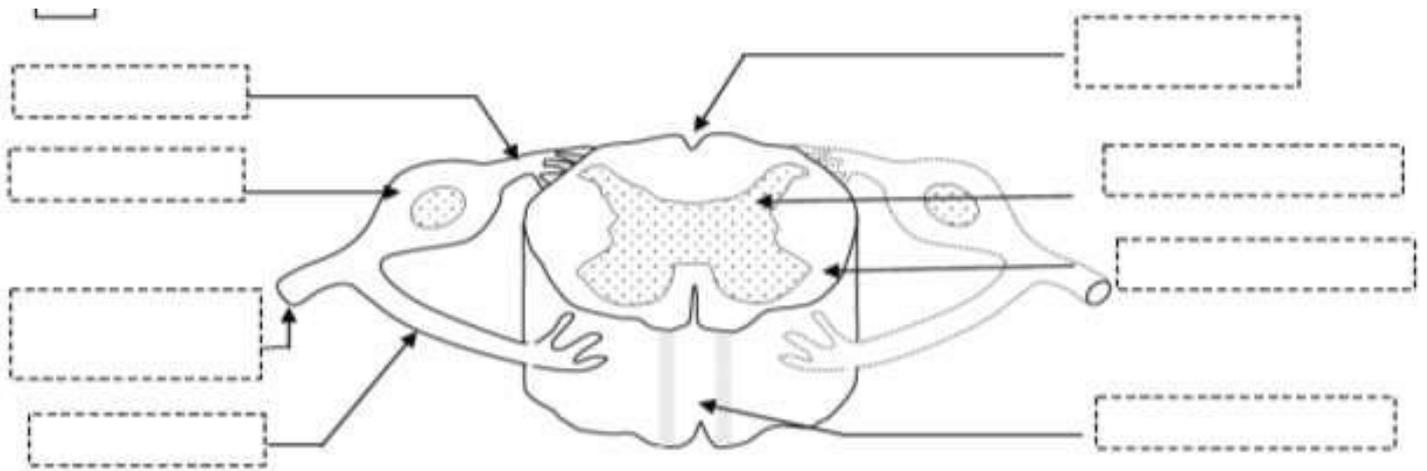
Quels sont les capteurs, les conducteurs du message, les effecteurs ?

II. Les organes impliqués dans le réflexe

A. L'implication de la moelle épinière

La moelle épinière est composée de tissu nerveux et se trouve dans le canal interne des vertèbres. Elle est composée de 3 zones principales :

- La **substance grise**, située au centre et **composée des corps cellulaires des neurones** (observation de leurs noyaux).
- La **substance blanche**, située autour de la substance grise et composée uniquement d'**axones** et de **dendrites des neurones**.
- Les **ganglions spinaux (ou rachidiens)**, placés sur les racines dorsales de la moelle épinière.



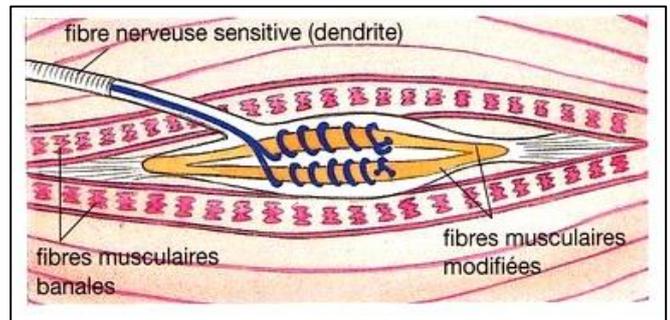
B. Les structures cellulaires impliquées dans l'arc réflexe

Lors d'un réflexe myotatique, un message nerveux est transmis à la moelle épinière et revient ensuite au muscle : le muscle est **à la fois capteur du stimulus et effecteur de la réponse**, c'est un exemple d'**arc réflexe** qui nécessite l'intervention de deux neurones connectés **par une synapse**, d'un **récepteur sensoriel** ainsi qu'une **connexion avec l'organe effecteur**.

Différentes structures cellulaires sont ainsi impliquées :

1. Le fuseau neuromusculaire

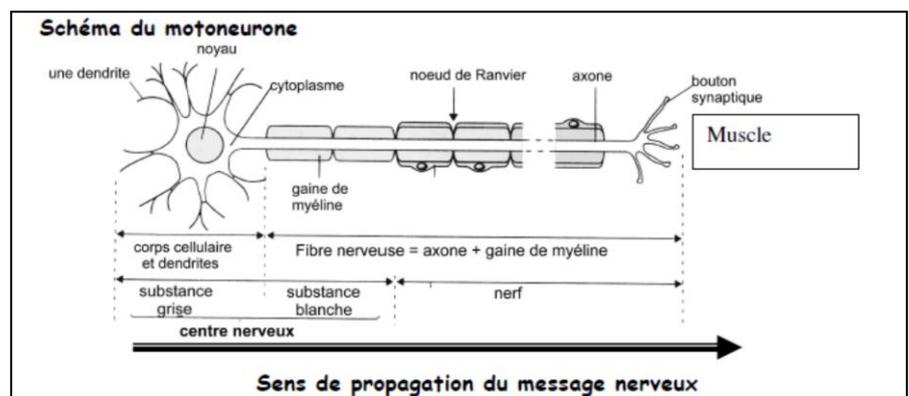
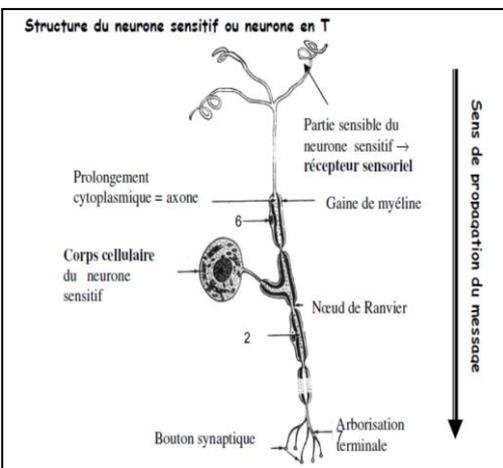
Le **fuseau neuromusculaire** est un récepteur sensoriel de type mécanorécepteur qui perçoit le stimulus d'étirement au niveau du muscle et le transforme en message nerveux.



2. Les neurones

Ils transmettent le message nerveux et permettent la réponse.

- Les **neurones afférents** ou **neurones sensitifs** relient directement les récepteurs à la moelle épinière. Leurs corps cellulaires se trouvent dans les ganglions spinaux (**neurones en T**). Ces neurones afférents gagnent la moelle par la racine dorsale d'un nerf rachidien.
- Les **neurones efférents** ou **motoneurones** relient directement la moelle épinière aux cellules musculaires. Les corps cellulaires de ces neurones sont situés dans la substance grise de la moelle épinière. Leurs axones passent par les racines ventrales des ganglions rachidiens, et constituent les fibres nerveuses efférentes.



3. la synapse

C'est une **zone de jonction** entre les axones des neurones afférents et les corps cellulaires et/ou dendrites des neurones efférents dans la moelle épinière. Il n'y a donc qu'une seule synapse impliquée dans le réflexe myotatique : il est qualifié de **réflexe monosynaptique**.

4. la plaque motrice

Le motoneurone est connecté aux cellules musculaires par une **synapse neuromusculaire** appelé plaque motrice.

III. Le fonctionnement de l'arc réflexe

Tout arc réflexe est constitué :

- d'un **récepteur sensoriel** qui transforme le **stimulus** en un message nerveux ;
- d'un **conducteur nerveux** qui transmet les messages nerveux du récepteur sensoriel à un centre nerveux;
- d'un **centre nerveux** ;
- d'un **conducteur nerveux** qui transmet les messages nerveux du centre nerveux aux effecteurs ;
- d'un ou des **organes effecteurs** qui répondent

Dans le cas du réflexe myotatique, l'**étirement** d'un muscle **stimule les fuseaux neuromusculaires** qui **génèrent un message sensitif** passant par **fibre nerveuse afférente** sensitive empruntant le nerf spinal qui va vers la **moelle épinière**, centre nerveux du réflexe. Dans la moelle épinière, les corps cellulaires des **motoneurones** sont activés et donnent naissance à des **messages efférents moteurs** qui sont transmis à la **plaque motrice** provoquant la **réponse de l'effecteur**, c'est-à-dire la **contraction** du muscle.

SCHEMA BILAN TP 18

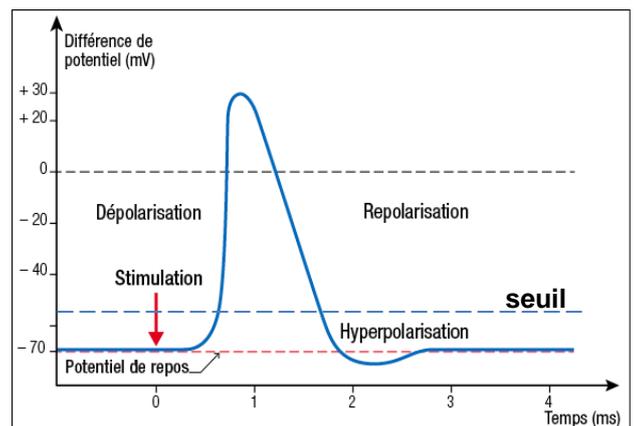
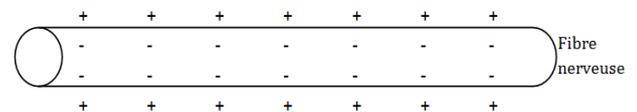
IV. Transmission de l'information nerveuse dans le circuit neuronique. TP19

A. Nature et conduction du message nerveux

1. Potentiel de repos et potentiel d'action

Les neurones sont des cellules avec des propriétés électriques très particulières. Un neurone au repos présente une **différence de potentiel (= DDP) de -70 mV entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule**. La cellule est donc polarisée négativement (intérieur négatif par rapport à l'extérieur). Ce potentiel est appelé **potentiel de repos**.

Lorsqu'une fibre nerveuse est stimulée, elle répond par une diminution de la DDP dont l'amplitude est proportionnelle à l'intensité de stimulation : on mesure une **dépolarisation temporaire** de la fibre. Lorsque la stimulation est suffisante, l'amplitude de dépolarisation dépasse une **valeur seuil**, elle déclenche une réponse électrique de la fibre nerveuse appelée **POTENTIEL D'ACTION**, c'est l'**unité de base du message nerveux**. Il s'agit d'une **inversion provisoire de la polarisation membranaire** qui se propage de proche en proche le long de l'**axone sans qu'il en soit modifié**.

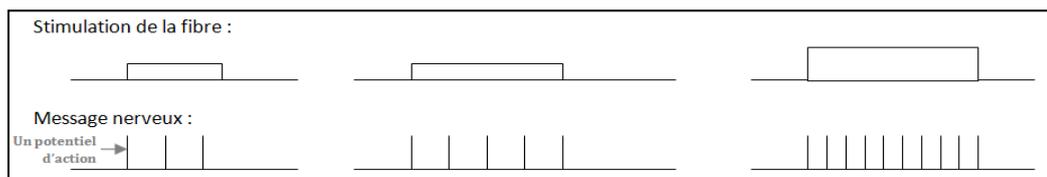


Passé le seuil de dépolarisation, quelque que soit l'intensité de la stimulation, l'**amplitude d'un potentiel d'action (PA) est toujours constante** avec une phase de dépolarisation de -70 mV jusqu'à $+30 \text{ mV}$, d'une phase de repolarisation et d'une phase d'**hyperpolarisation**.

Une fibre nerveuse répond donc à la **loi du tout ou rien** : si l'intensité de stimulation est supérieure à une valeur seuil on observe d'emblée la naissance d'un potentiel d'action à son amplitude constante, en dessous de cette valeur seuil, le potentiel d'action n'apparaît pas.

2. Codage du message nerveux dans une fibre nerveuse et dans un nerf

→ Un **message nerveux** est codé dans une fibre nerveuse sous forme d'un **ensemble de PA (ou train de PA)**. En effet, l'intensité de la stimulation est **codée par la fréquence des PA** : plus l'intensité de la stimulation est importante, plus la fréquence des PA sera grande (plus les PA seront rapprochés et nombreux sur un intervalle de temps donné). L'amplitude des PA ne varie pas.



→ Un **nerf** est un **regroupement de plusieurs centaines de fibres nerveuses**. Lorsqu'on stimule un nerf, il est possible de mesurer à sa surface une DDP, appelée **potentiel global du nerf**, dont l'**amplitude** est proportionnelle à l'intensité de la stimulation. En fait, **plus le message est intense, plus il y aura de fibres nerveuses activées** dans le nerf et le signal de chaque fibre va s'additionner et augmenter l'amplitude du potentiel global du nerf. L'amplitude du potentiel global de nerf augmente ainsi avec l'intensité de stimulation jusqu'à une amplitude maximale (lorsque toutes les fibres nerveuses du nerf sont activées).

B. Transmission du message d'un neurone à une autre cellule

1. Le fonctionnement d'une synapse

Dans le circuit neuronique du réflexe myotatique, il existe deux types de synapses :

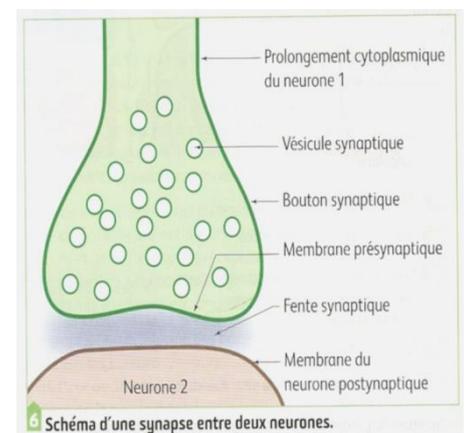
-une synapse entre 2 neurones = **synapse neuro-neuronique**

-une synapse entre le motoneurone et une fibre musculaire = **synapse neuromusculaire** (au niveau de la plaque motrice).

La **synapse est un espace entre deux neurones** (ou un neurone et une fibre musculaire) qui ne peut être franchie par un signal électrique. La transmission du message se fait alors par **voie chimique**, par l'intermédiaire de **neurotransmetteurs (NT)** ou **neuromédiateurs**, et dans un seul sens : de l'axone pré-synaptique à la cellule post-synaptique (neurone ou cellule effectrice musculaire).

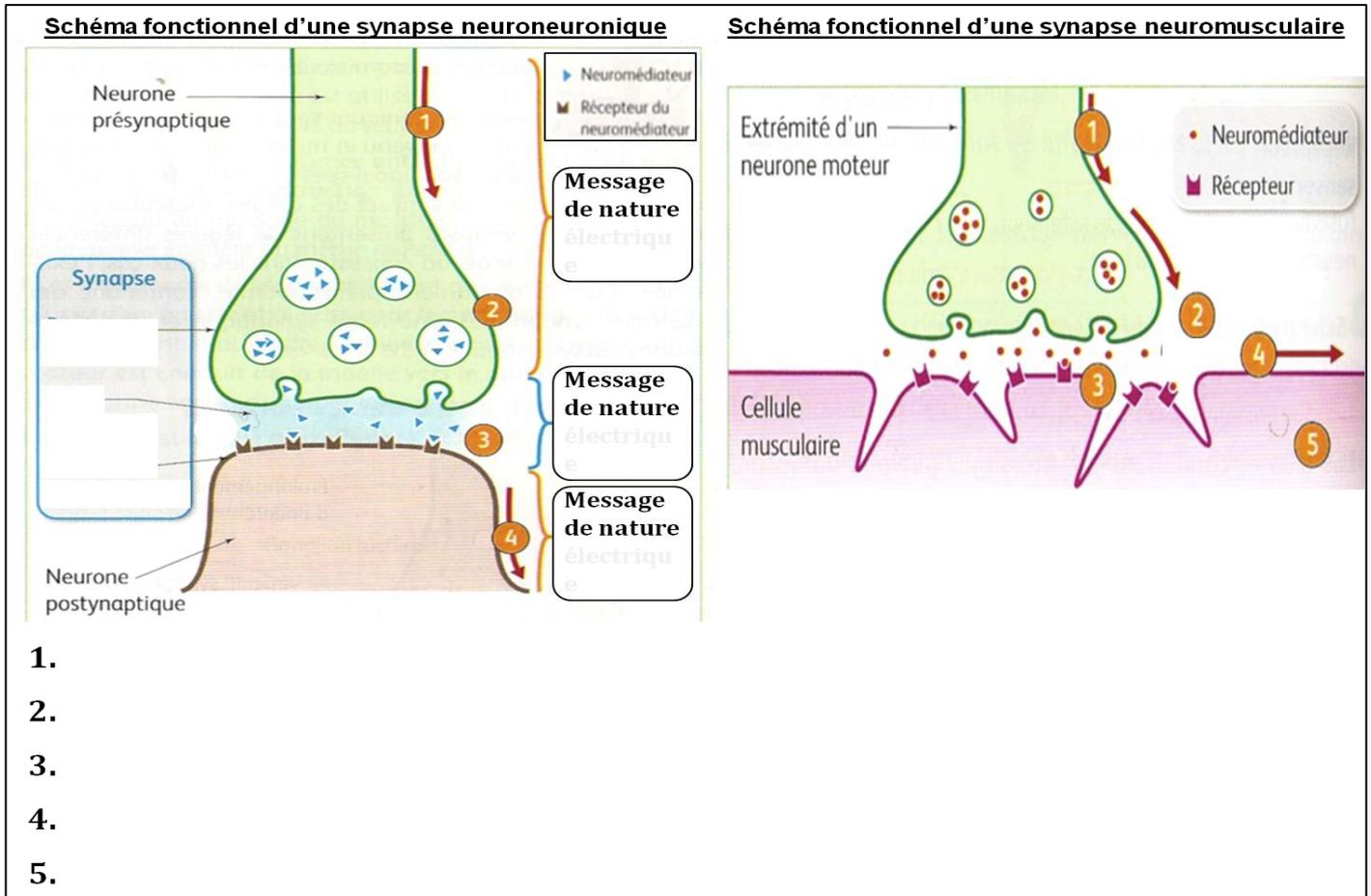
Le neurone pré-synaptique contient de nombreuses vésicules stockant les NT. Il est séparé de la cellule post-synaptique par une fente ou espace synaptique.

Lors de la stimulation du neurone pré-synaptique, les vésicules fusionnent avec la membrane de la terminaison axonique, s'ouvrant ainsi sur la fente synaptique : c'est l'**exocytose**. Les vésicules déversent alors les neurotransmetteurs (l'acétylcholine dans le cas du réflexe myotatique) dans la fente synaptique. Ils vont alors **se fixer sur des récepteurs spécifiques sur la membrane post-synaptique**.



Dans le cas de la synapse neuro-neuronique, cette fixation entraîne la création de potentiels d'action, au niveau des dendrites ou du corps cellulaire du neurone post-synaptique, qui se propagent ensuite le long de la fibre nerveuse.

Dans le cas de la synapse neuromusculaire, cette fixation entraîne la création d'un **potentiel d'action musculaire**, qui provoque la contraction du muscle.



2. Le codage de l'information au niveau d'une synapse

Le message nerveux véhiculé par une fibre est de nature électrique et codé en fréquence de potentiels d'action. **Au niveau d'une synapse, ce message est de nature chimique et codé en concentration de neurotransmetteurs.**

En effet, **l'intensité du message nerveux arrivant** (= fréquence de PA) détermine le **nombre de vésicules qui va fusionner**. Chaque vésicule contenant la même quantité de neurotransmetteurs, la fréquence des potentiels d'action va déterminer la quantité totale de neurotransmetteur sécrétée dans la synapse. La concentration de neurotransmetteur est ensuite traduite de nouveau en fréquence de PA au niveau de l'élément post-synaptique.

On distingue 2 cas, la **synapse excitatrice** (NT : **acétylcholine**, glutamate, dopamine ...), le message sera transféré à l'élément connecté, et la **synapse inhibitrice** (NT = **GABA**), le message sera stoppé.

3. Action de certaines substances sur les synapses

Certaines substances sont capables de modifier le fonctionnement de la synapse car elles ont structure moléculaire très proche des neurotransmetteurs et sont ainsi capables de **se fixer** sur leurs récepteurs au niveau de la membrane du neurone post-synaptique.

Par exemple, le **curare** (utilisé dans les myorelaxants) se fixe à la place de l'acétylcholine et bloque les synapses musculaires ce qui empêche la contraction musculaire et entraîne donc le relâchement des muscles. C'est un **antagoniste** car son action est inverse à celle de l'acétylcholine.

D'autres substances ont pour effet d'empêcher l'élimination de l'acétylcholine dans la fente synaptique. Elles prolongent alors la durée d'action du neuromédiateur, ce sont des agonistes de l'acétylcholine.

Un message nerveux est constitué par un ensemble de PA, c'est-à-dire par une série d'inversions très brèves de la polarisation 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 PA, qui ont tous la même amplitude.

Au niveau d'une synapse, 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.