

Les réflexes

Introduction :

Les organismes vivants sont constamment soumis à des stimulations de leur environnement (bruit, contact...). Les réactions à ces stimuli font parties de ce que l'on nomme le comportement. L'une des réponses possibles à un stimulus est le mouvement, qu'il soit volontaire ou non. En frappant légèrement certaines zones chez un·e patient·e, comme le tendon au niveau de la rotule, se crée une onde de choc, appelée « stimulus », qui déclenche un mouvement involontaire de la jambe. Ce mouvement non contrôlé se nomme un réflexe et correspond à la réponse du muscle quadriceps au choc exercé sur le tendon.

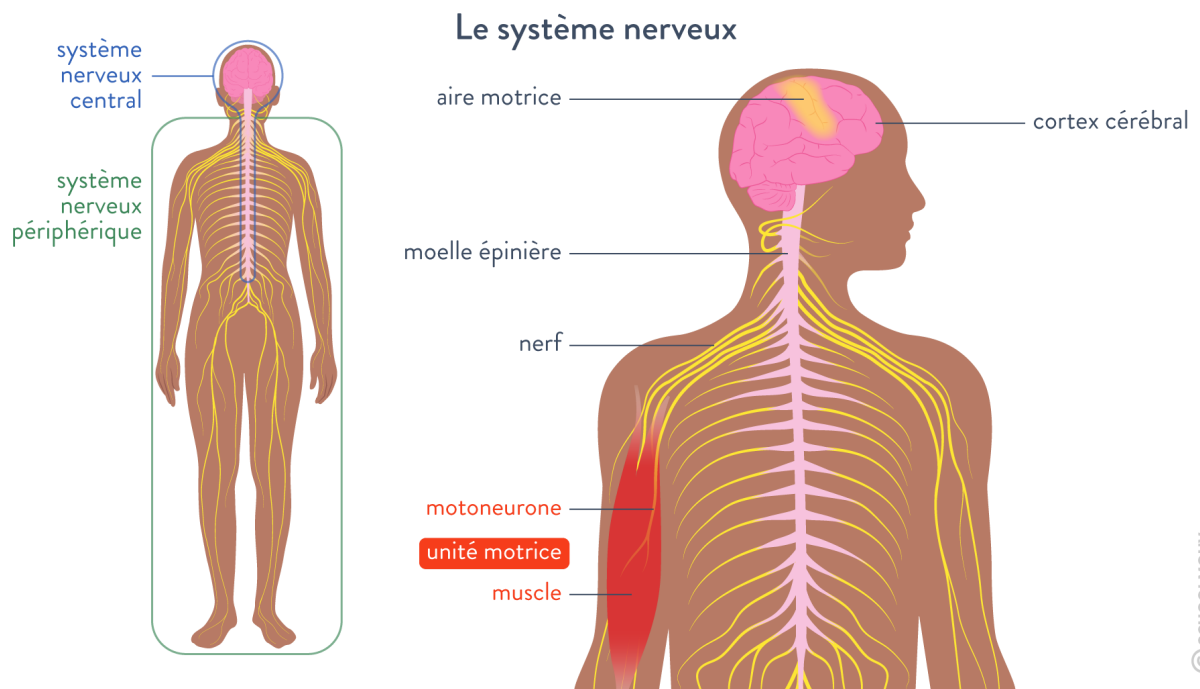
Quels sont les mécanismes physiologiques mis en jeu dans un mouvement réflexe ?

Dans un premier temps, nous traiterons de l'innervation des muscles et détaillerons la démarche historique qui a permis de comprendre les supports de la communication nerveuse ; puis nous détaillerons les mécanismes permettant de propager un message nerveux et, pour finir, nous expliquerons les caractéristiques du réflexe myotatique en nous appuyant sur l'exemple du réflexe rotulien.

1 | L'unité motrice

a. Innervation des muscles

Les muscles sont reliés à des neurones qui permettent un échange d'informations entre les centres de contrôle du **système nerveux** et les fibres musculaires. Le centre de contrôle correspondant aux muscles se trouve dans la moelle épinière.



Une **unité motrice** est donc composée d'un **motoneurone** et des **faisceaux musculaires** que celui-ci innerve. Le regroupement des prolongations de plusieurs fibres nerveuses issues de motoneurones s'appelle un nerf. Dans le cas de ceux reliés aux muscles, on parle de **nerf rachidien**.



Motoneurone :

Le motoneurone est le neurone moteur qui relie les centres nerveux aux muscles. Un ensemble de motoneurones forme un nerf rachidien.



Les neurones sont spécialisés dans la communication entre cellules. Ils sont capables de créer un message à partir d'un stimulus et de le transmettre à une autre cellule.

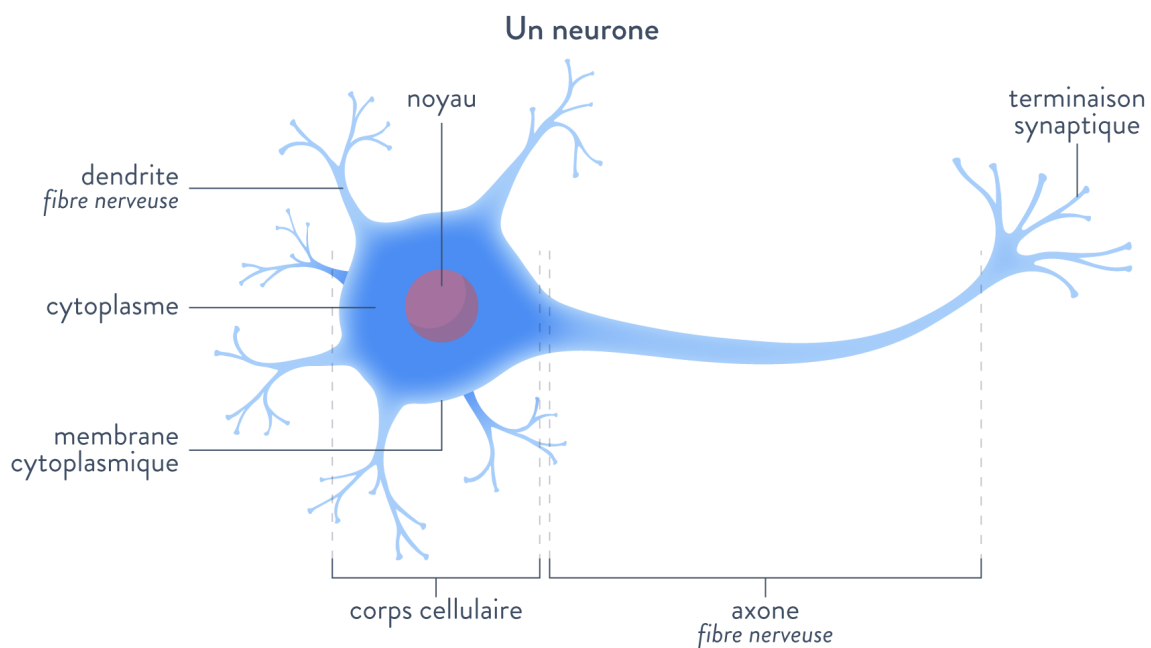
Un neurone est constitué :

- d'un **corps cellulaire**, où se trouve le noyau ;

- d'un **axone** qui conduit le signal du corps cellulaire vers les terminaisons synaptiques ;
- et de **dendrites** qui conduisent le signal des terminaisons synaptiques (issues des synapses d'un autre corps cellulaire que le sien) vers son propre corps cellulaire.



Les axones et dendrites portent également le nom de « fibre nerveuse ».



En plus des motoneurones, il existe également des **neurones sensitifs**, qui permettent de véhiculer des informations provenant d'organes sensoriels (tels que la peau ou les yeux) mais aussi provenant d'organes internes (tels l'intestin ou le système circulatoire).

→ Ces organes recueillent des informations sur l'environnement ou l'organisme.



- Le motoneurone innerve les fibres musculaires, composant ainsi une unité motrice.

- Les prolongements des motoneurones sont rassemblés en nerfs rachidiens qui permettent la transmission de l'information : celle-ci se propage donc des muscles vers la moelle épinière et de la moelle épinière vers les muscles.

La mise en évidence du fonctionnement du système nerveux a fait l'objet de plusieurs recherches et expériences historiques. On peut détailler celle de Waller et celle de Magendie.

b. Les expériences de Waller et Magendie

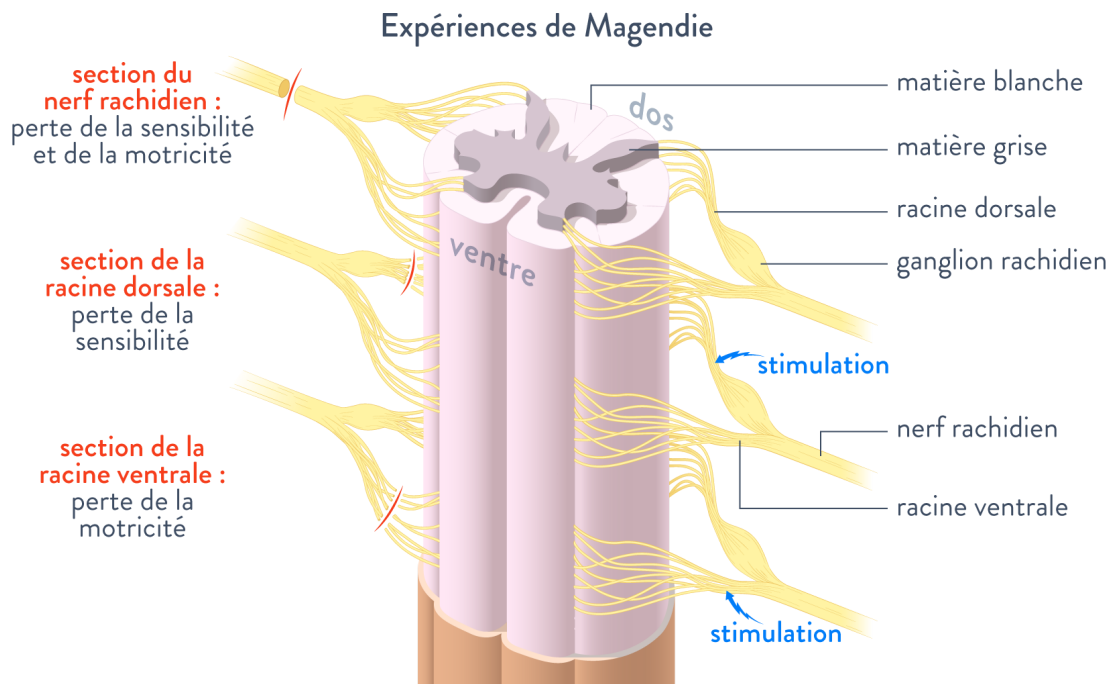
Au cours du XIX^e siècle, plusieurs recherches ont été menées pour comprendre le support du message nerveux et la façon dont il est transmis. Deux chercheurs, Waller et Magendie, ont tenté de comprendre **l'organisation des fibres nerveuses dans la moelle épinière** et de déterminer **le trajet du message nerveux**.

- 1 Grâce à ses expériences, **Waller** a déterminé qu'une fibre nerveuse (axone et dendrite) dégénère si elle n'est plus en relation avec son corps cellulaire. En outre, une fois la fibre sectionnée, il est facile (bien que fastidieux) de la suivre pour connaître la partie du corps qu'elle innervait.

→ Cela a permis à Waller de poser les bases de la cartographie du système nerveux.

- 2 À la suite des expériences de Waller, un second chercheur, **Magendie**, a proposé l'hypothèse suivante : certaines fibres véhiculent un message nerveux moteur tandis que d'autres véhiculent un message nerveux sensitif. Il a ainsi réalisé une expérience pour vérifier son hypothèse en sectionnant des nerfs rachidiens à différents endroits.

→ Il a observé les dégénérescences des fibres et la perte ou non d'une fonction lors d'une stimulation.



👁️ À retenir

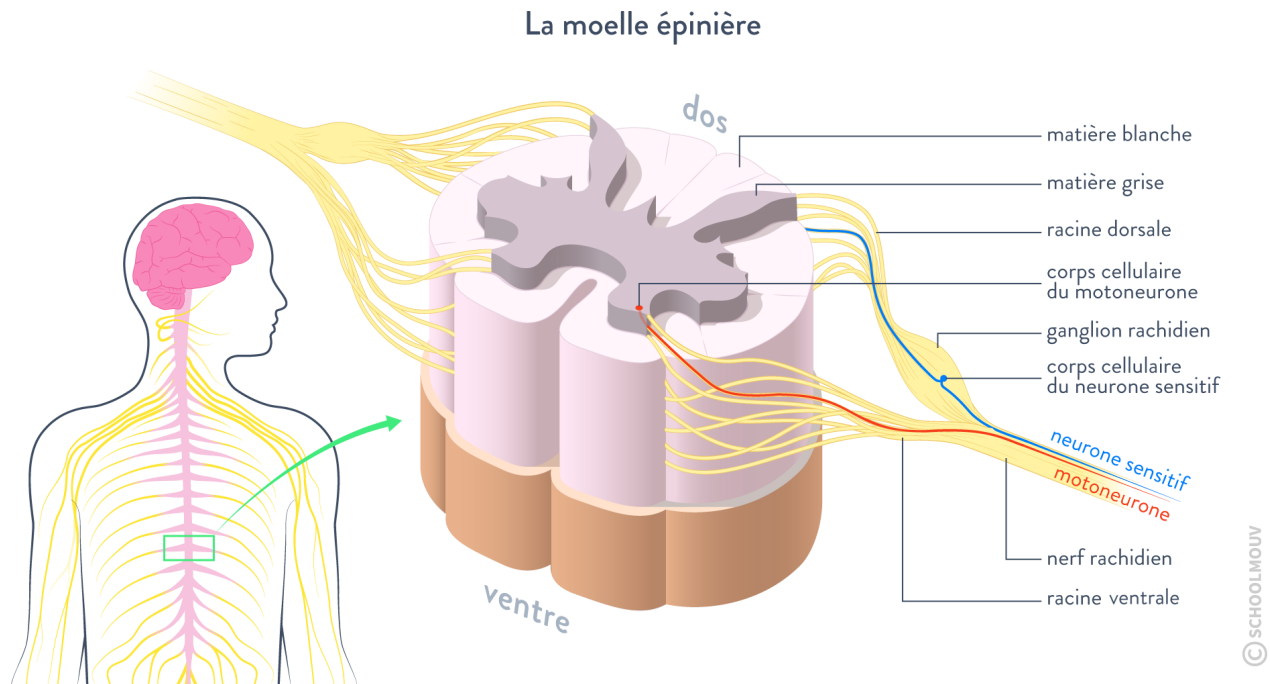
D'après ces résultats, Magendie a pu conclure que :

- certaines fibres nerveuses véhiculent une information tirée d'un organe sensoriel, on parle de **fibres nerveuses sensibles** ;
- d'autres véhiculent une information qui conduira à un mouvement, on parle de **fibres nerveuses motrices**.

Grâce aux résultats de leurs expériences, Waller et Magendie ont pu déterminer une anatomie plus précise du système nerveux. On isole dès lors deux types de neurones :

- les neurones sensitifs dont les dendrites sont orientées vers un organe sensitif et les axones vers la substance grise de la moelle épinière (leurs corps cellulaires se trouvent dans le ganglion rachidien) ;
- les motoneurones dont les dendrites, de même que le corps cellulaire, sont situées dans la substance grise de la moelle épinière, tandis que leurs axones innervent les muscles.

Ces deux types de neurones communiquent étroitement les uns avec les autres pour réaliser les fonctions du système neuromusculaire. Le trajet du message nerveux des fibres musculaires vers la moelle épinière, puis de nouveau vers les fibres musculaires, se nomme l'**arc réflexe**.



- En appui sur une démarche expérimentale, on a pu établir le support anatomique de la communication nerveuse.
- Parmi les neurones impliqués dans le mouvement, nous pouvons différencier deux types.
 - 1 Les neurones sensitifs dont les fibres rejoignent à la fois la moelle épinière (axones) et les organes sensoriels (dendrites). Leurs corps cellulaires se trouvent dans le ganglion rachidien.
 - 2 Les motoneurones, dont les fibres (axones) innervent les muscles. Leurs corps cellulaires se trouvent dans la moelle épinière.

L'étude anatomique du système nerveux permet de dresser une correspondance entre les organes sensoriels, les centres nerveux et les organes effecteurs. Une fois ces liaisons établies, il est possible d'étudier la façon dont les messages nerveux sont transmis à travers l'organisme.

2 | Le réflexe myotatique

a. L'arc réflexe

En frappant le tendon au niveau de la rotule chez un patient assis, jambes relaxées, la jambe se tend. C'est ce que l'on appelle le réflexe rotulien. Il correspond à la contraction du muscle quadriceps, au niveau de la cuisse, suite à son propre étirement.

→ Il s'agit d'un **réflexe myotatique** (du grec *myo* (muscle) et *tatos* (étirement)).



Il s'agit d'un outil diagnostique pour le·la thérapeute qui peut ainsi vérifier le bon état de l'ensemble de l'arc réflexe.



Réflexe :

Un réflexe est un mouvement rapide et involontaire.



Réflexe myotatique :

Un réflexe myotatique est un mouvement rapide et involontaire d'un muscle en réponse à son propre étirement.

Le réflexe myotatique est une mécanique de régulation précise et en constant ajustement de la longueur musculaire à une valeur fixe. Ce système joue un rôle essentiel dans le maintien de la posture en assurant un angle fixe des articulations.



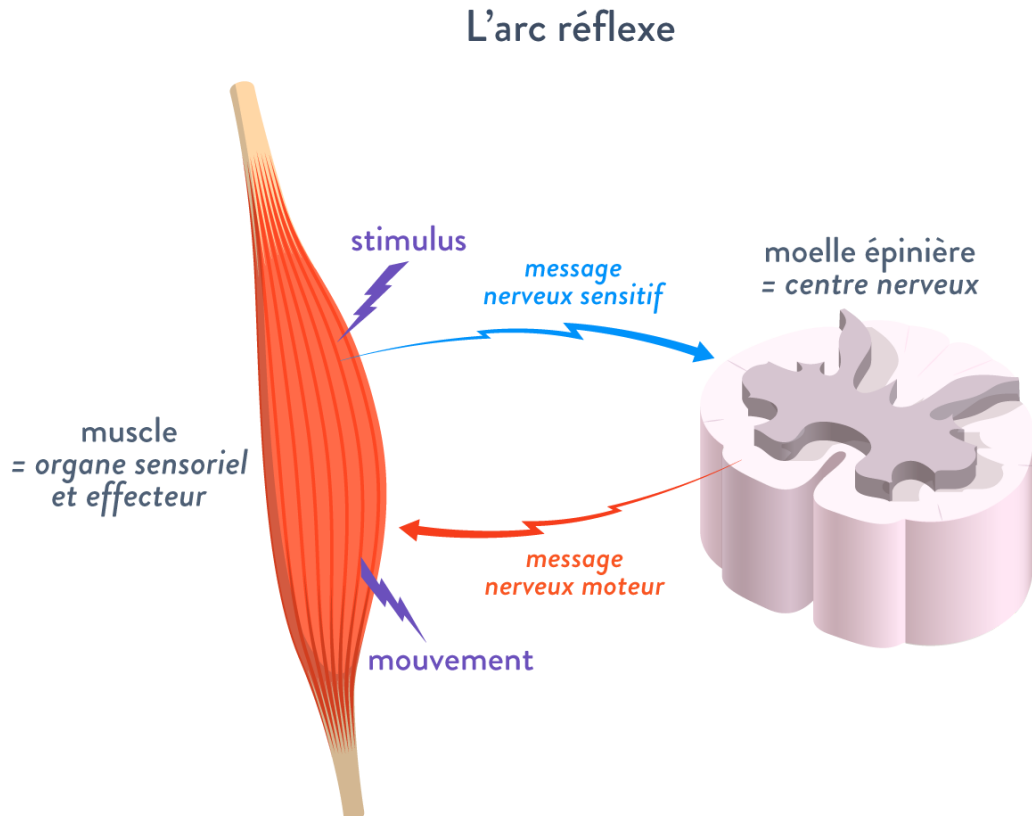
Ces réflexes interviennent en s'opposant à la pesanteur qui provoque un étirement de certains muscles (tête vers l'avant) qui du coup y réagissent en se contractant (redressement de la tête).



Dans le cadre d'un réflexe myotatique, les fibres musculaires sont à la fois le récepteur sensoriel et l'organe effecteur.

Lors d'un étirement du muscle après un choc, les fibres nerveuses, situées dans des capsules spécialisées appelées fuseaux neuromusculaires, sont également étirées. Cet étirement provoque la formation d'un message nerveux sur les fibres sensibles qui innervent cette partie de la jambe. Le message est ensuite traité au niveau de la moelle épinière qui le transmet ensuite par les fibres nerveuses motrices, conduisant à une contraction du quadriceps.

→ Ce système s'appelle l'**arc réflexe**.



Les réflexes myotatiques jouent un rôle essentiel dans le maintien de la posture en assurant un angle fixe aux articulations grâce à un contrôle fin et constant de la tension musculaire.

b. Réflexe et muscle antagoniste

Pour que la jambe puisse se tendre lors d'un test du réflexe rotulien, la seule contraction des muscles extenseurs n'est pas suffisante. Une inhibition des muscles fléchisseurs doit également être mise en place pour permettre l'extension de la jambe.



Définition

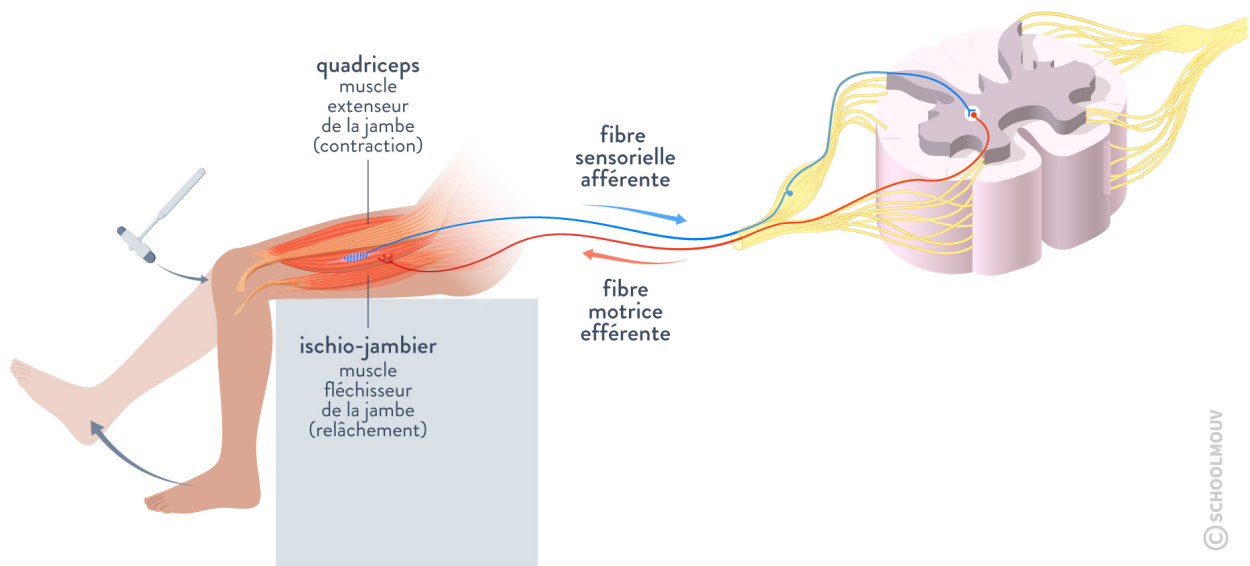
Muscles antagonistes :

Les muscles antagonistes sont des muscles réalisant un mouvement inverse, opposé à celui d'un autre groupe de muscles. Par exemple, le muscle antagoniste d'une extension du coude est le biceps.

Sans cette inhibition, aucun mouvement ne serait possible, car les forces des deux groupes de muscles se compenseraient.

Dans le système de réflexe, la contraction des muscles extenseurs, ici le quadriceps, est donc accompagnée d'un relâchement des muscles fléchisseurs antagonistes, ici les ischiojambiers.

L'inhibition réciproque dans le cas du réflexe myotatique



👁 À retenir

- Le trajet du message nerveux des fibres musculaires vers la moelle épinière, puis de nouveau vers les fibres musculaires se nomme l'arc réflexe.
- Lors d'un mouvement réflexe, la contraction des muscles agonistes est accompagnée d'un relâchement des muscles antagonistes pour permettre le mouvement.

3 | Transmission de l'information

a. Transmission du message, du stimulus à l'organe effecteur

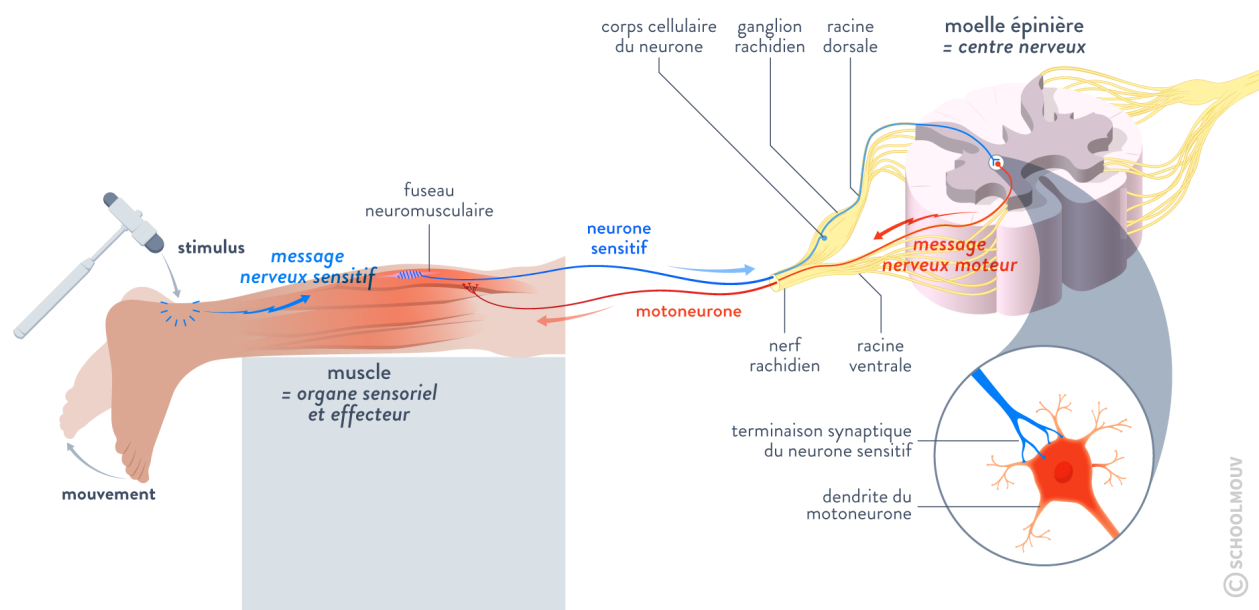
Lors d'un **test de réflexe**, en vue de provoquer un mouvement involontaire, un choc est exercé sur le tendon. Ce choc correspond à un **stimulus** de type mécanique. Il s'agit du point de départ de la communication qui va s'effectuer entre le tendon et le centre nerveux.

L'information, correspondant au choc, va suivre un circuit précis que nous allons détailler dans cette partie.

- 1 Le choc est perçu par un récepteur sensoriel, c'est-à-dire la terminaison de la fibre nerveuse présente sur le tendon.

- 2 Cette fibre nerveuse va créer et transporter un message nerveux de l'organe récepteur au centre nerveux (la moelle épinière).
- 3 Le message nerveux est ensuite traité dans la moelle épinière et transmis au motoneurone de l'organe effecteur (ici le muscle).
- 4 Les fibres nerveuses motrices vont transmettre le message du centre nerveux vers les fibres musculaires. Le muscle reçoit alors l'information de se contracter.

Transmission du message nerveux



Ce type d'arc est toujours construit sur le même schéma : **récepteur** → **message** → **traitement** → **message** → **réponse** ; et ce que l'information soit nerveuse ou hormonale.

Le bon fonctionnement d'un tel système passe forcément par une vitesse très élevée et donc une communication de nature électrique ; ainsi les messages nerveux sont appelés « potentiels d'action ».

Pour communiquer avec d'autres cellules, les neurones utilisent deux systèmes de codage de l'information :

- le potentiel d'action ;

- et les neurotransmetteurs.

b. Le potentiel d'action

La membrane de toutes les cellules possède un potentiel électrique basal que l'on nomme « potentiel de repos ». Il avoisine les -60 mV .

Lors d'un stimulus chez les cellules excitables (c'est-à-dire musculaires ou nerveuses), on observe une dépolarisation rapide de la membrane de la fibre nerveuse de 110 mV environ, ce qui entraîne une variation de ce potentiel. On qualifie cette variation de **potentiel d'action**.



Définition

Potentiel d'action :

Dans le contexte comportemental, le potentiel d'action désigne la variation rapide de la polarité de la membrane d'une cellule nerveuse permettant la transmission d'un message.

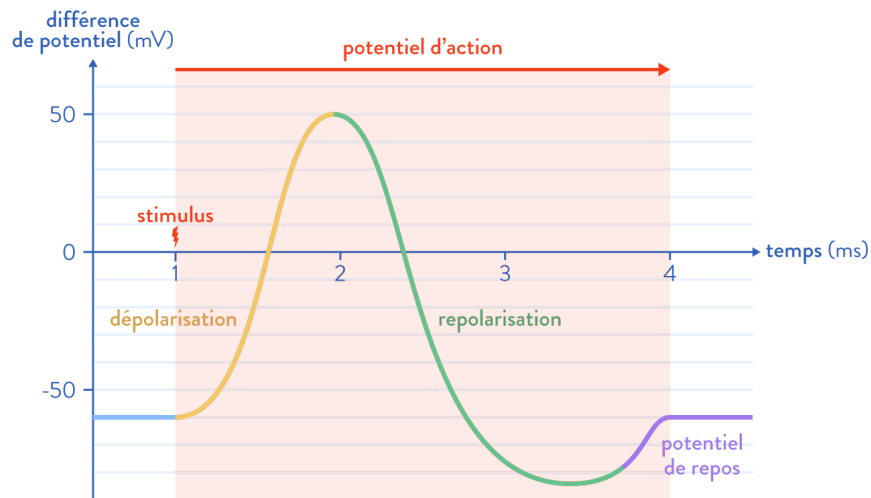


Astuce

Le stimulus ne donne lieu à un potentiel d'action que si la variation est suffisante, autrement aucun message n'est transmis.

→ On parle de la « loi du tout ou rien ».

Le message nerveux consiste en une succession de variations du potentiel au cours du temps, il s'agit donc d'une **fréquence**. L'enchaînement de potentiels d'action est transmis le long de la fibre nerveuse.



© SCHOOLMOUV

La transmission électrique d'un message implique que le circuit soit fermé. Or, deux neurones ne sont pas en contact physique : la communication ne peut donc plus être électrique et devient hormonale.

- Pour ce faire, quand les potentiels d'action atteignent l'extrémité d'un axone, ils arrivent à une structure spécialisée : la synapse.

c. Les neurotransmetteurs

La **synapse** permet au neurone de communiquer avec une autre cellule par le biais de neurotransmetteurs.



Synapse :

Zone de contact entre deux neurones (ou entre un neurone et une cellule musculaire) permettant l'échange d'information d'une terminaison nerveuse vers une autre cellule ou une autre fibre nerveuse, autrement dit la transmission du message nerveux.



Neurotransmetteurs :

Un neurotransmetteur est un messenger, libéré par un neurone au niveau d'une synapse, permettant de délivrer une information à une autre cellule (neurone ou cellule musculaire).

Dans une synapse, nous allons retrouver plusieurs structures :

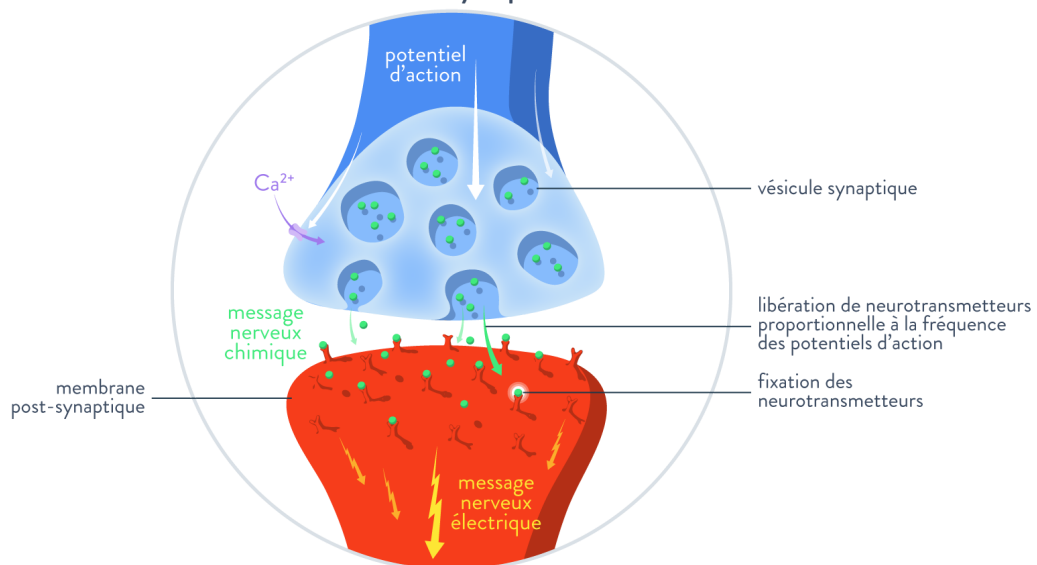
- la **fibre nerveuse présynaptique** qui contient des vésicules renfermant les neurotransmetteurs ;
- un **espace synaptique** de transition du message ;
- la **fibre nerveuse post-synaptique** dont la membrane s'épaissit pour recevoir le message nerveux.



Le neurotransmetteur impliqué dans la communication neuromusculaire est l'acétylcholine.

- 1 Les neurotransmetteurs sont stockés dans des vésicules à l'extrémité de la synapse.
- 2 Le potentiel d'action présynaptique déclenche l'ouverture des canaux à $+50 \text{ mV}$, permettant l'entrée des ions Ca^{2+} dans la cellule présynaptique. La fréquence des potentiels d'action est convertie en quantité de neurotransmetteurs à libérer.
- 3 Les neurotransmetteurs sont libérés dans l'espace synaptique sous forme de message nerveux chimique.
- 4 Les neurotransmetteurs se fixent sur la membrane post-synaptique.
- 5 La fixation des neurotransmetteurs entraîne une dépolarisation au niveau de la membrane post-synaptique, ce qui engendre un nouveau train de potentiels d'action qui sera transmis le long de la fibre post-synaptique.

Libération des neurotransmetteurs dans la synapse



© SCHOOLMOUV

De nouveaux potentiels d'action se forment alors dans la partie post-synaptique s'il s'agit d'une communication entre deux neurones. Dans le cas d'une communication entre un neurone et une cellule musculaire, l'arrivée d'acétylcholine engendrera la contraction des fibres musculaires ciblées.



- Le message nerveux est transmis sous forme de fréquence, mais uniquement si le stimulus qui en est à l'origine est suffisamment intense pour faire varier le potentiel de repos.
- Il est conduit le long d'un nerf sensitif jusqu'au centre nerveux (moelle épinière) qui traite l'information et envoie un message nerveux moteur à l'organe effecteur (muscle) par le biais du motoneurone.
- Le passage du message entre le neurone sensitif, le motoneurone puis le muscle est assuré par des synapses :
 - l'arrivée de potentiels d'action au niveau de la synapse entraîne la libération des neurotransmetteurs dans l'espace synaptique ;
 - les neurotransmetteurs sont alors fixés sur la membrane post-synaptique. Le message est transmis à la cellule cible.

Conclusion :

L'étude du réflexe myotatique permet de comprendre la transmission d'un message neuromusculaire. À partir d'un stimulus sur un organe sensoriel, un signal électrique est envoyé le long d'un nerf sensitif sous forme de potentiels d'action. Ces variations du potentiel de membrane seront traitées par un centre nerveux et transmis par un motoneurone à l'organe effecteur. Cet organe effectuera une action en réponse à ce message.