

THÈME : COMPORTEMENTS, MOUVEMENTS ET SYSTÈME NERVEUX

Chapitre : Réflexe myotatique et message nerveux

Chaque jour, notre organisme réagit automatiquement à de nombreux stimuli sans que nous en ayons conscience. Par exemple, on peut réaliser un réflexe achilléen en stimulant le tendon d'Achille et cela entraîne la contraction du muscle étiré. La contraction du muscle est donc déclenchée par son propre étirement : c'est un réflexe d'étirement ou réflexe myotatique. Les réflexes sont essentiels à la survie car ils permettent une réponse rapide et efficace face à une situation potentiellement dangereuse. Mais derrière cette simplicité apparente, se cache une organisation nerveuse et musculaire très précise qui permet la production d'un mouvement réflexe.

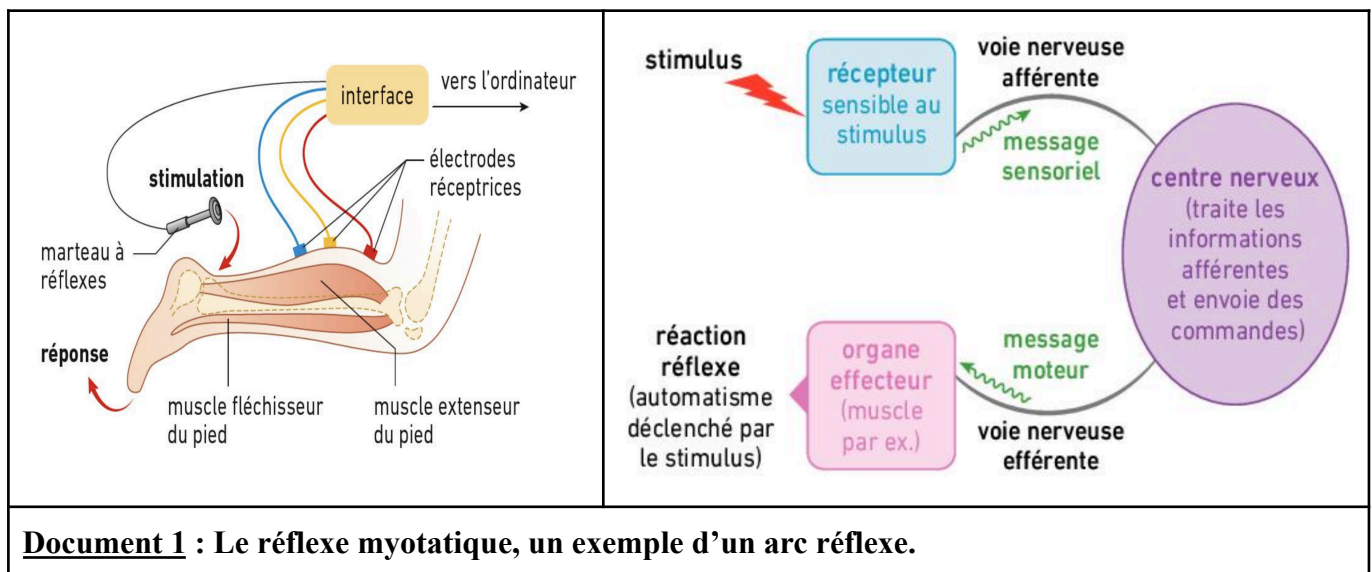
Problématique : Comment une réponse réflexe à un stimulus se met-elle en place ?

I. L'organisation générale d'un réflexe : l'arc réflexe

A) Les éléments d'un arc réflexe

À l'aide d'électrodes réceptrices placées à la surface de la peau, il est possible d'enregistrer une contraction musculaire répondant à un stimulus. Cette étude expérimentale permet de dégager les caractéristiques de la réponse réflexe : elle est rapide, involontaire, stéréotypée.

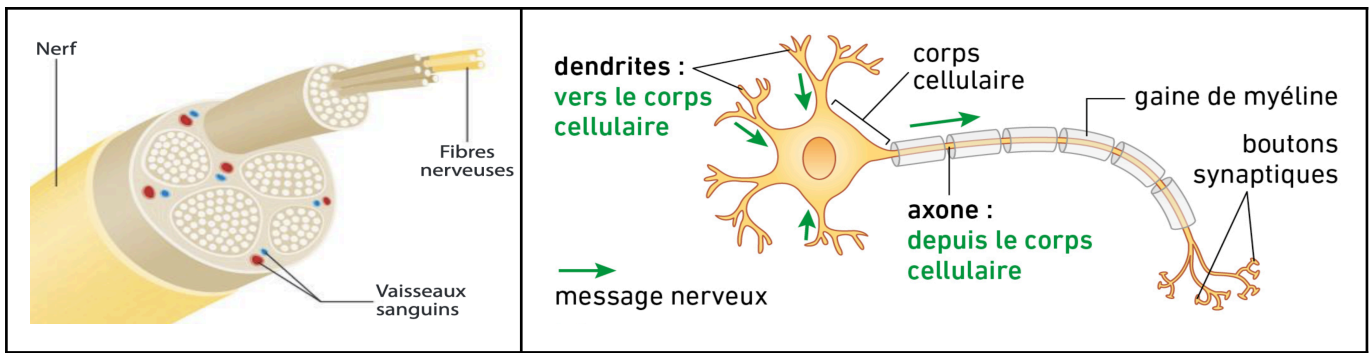
Une telle étude, en particulier la détermination du temps de réponse, montre qu'un réflexe fait intervenir le système nerveux central (moelle épinière et/ou cerveau) : le réflexe achilléen nécessite un trajet « aller-retour » entre le muscle du mollet et la partie basse de la moelle épinière. C'est la raison pour laquelle on parle d'arc-réflexe.



Un réflexe fait intervenir successivement :

- Un récepteur sensoriel, qui capte une sensation (le stimulus) et élabore un message nerveux correspondant à ce stimulus (le fuseau neuromusculaire dans le cadre du réflexe myotatique).
- Des fibres nerveuses ou neurones, eux mêmes regroupées en nerf, qui transmettent le message nerveux sensoriel jusqu'à un centre nerveux (message sensoriel ou afférent).

Un neurone est une cellule nerveuse composée d'un corps cellulaire contenant le noyau. Des expansions cytoplasmiques, dendrite et axone, constituent des prolongements cellulaires acheminant le message nerveux. La dendrite transporte un message nerveux vers le corps cellulaire du neurone et l'axone transporte un message nerveux du corps cellulaire vers l'extrémité de l'axone appelé boutons synaptiques.



Document 2 : Les nerfs, des faisceaux de fibres nerveuses (neurones).

- Le centre nerveux, qui élabore un message nerveux moteur dépendant de tous les messages reçus (la moelle épinière dans le cadre du réflexe myotatique).
- D'autres fibres nerveuses, également regroupées en nerf, qui transmettent le message nerveux moteur jusqu'au muscle (message moteur ou efférent).
- Un organe effecteur de la réponse, le muscle, dont la contraction est provoquée par la réception du message nerveux moteur.

B) La moëlle épinière , centre nerveux du réflexe myotatique

	<u>Expérience 1</u> : Section du nerf rachidien.	<u>Expérience 2</u> : Section de la racine dorsale de la moëlle épinière.	<u>Expérience 3</u> : Section de la racine ventrale de la moëlle épinière.
Schéma d'expérience			
Observation	Perte de la sensibilité et de la motricité.	Perte de la sensibilité.	Perte de la motricité.
Interprétation	Les cellules nerveuses afférentes et efférentes se trouvent dans les racines ou dans la moëlle épinière.	Les messages nerveux sensoriels passent donc par la racine dorsale de la moëlle épinière (ganglion rachidien).	Les messages nerveux moteur passent donc par la racine ventrale de la moëlle épinière.
Schéma final			

Document 3 : Tableau descriptif des expériences de section de Magendie (1822).

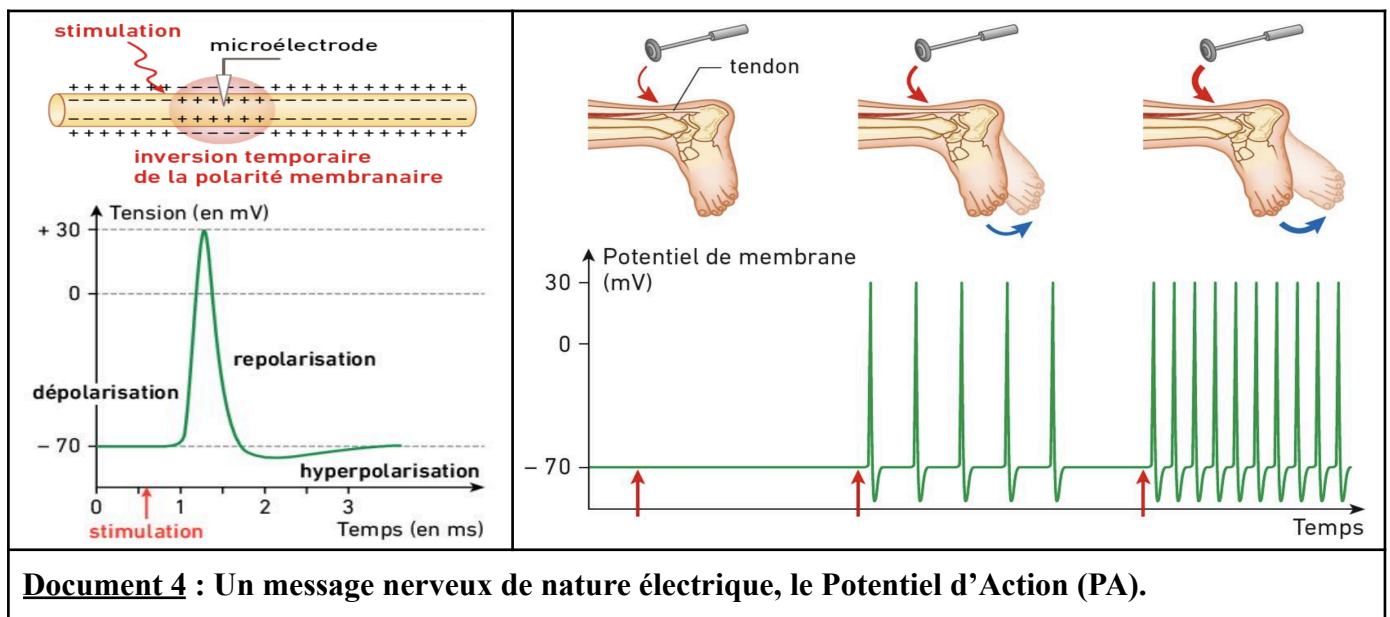
Le neurone sensoriel, aussi appelé neurone en T, possède son corps cellulaire dans le ganglion rachidien, situé sur la racine dorsale de la moelle épinière. La partie du neurone qui conduit le message depuis le muscle jusqu'au corps cellulaire est une longue dendrite. À partir du corps cellulaire, un court axone pénètre dans la substance grise de la moelle épinière. Là, le message nerveux est transmis au neurone moteur (motoneurone) par l'intermédiaire d'une synapse. Le motoneurone lui a son corps cellulaire dans la partie ventrale de la substance grise de la moelle épinière. Son axone, très long, emprunte la racine ventrale du nerf rachidien et transmet le message moteur jusqu'à la fibre musculaire, déclenchant ainsi la contraction.

Bilan : Les réflexes sont des réactions automatiques et involontaires déclenchées par une stimulation. La mise en place d'un réflexe repose sur plusieurs éléments : un récepteur sensoriel, chargé de détecter le stimulus et de générer un message nerveux, des neurones sensoriels, qui transmettent ce message jusqu'à un centre nerveux et enfin des neurones moteurs, qui, après relais synaptique, conduisent le message vers les fibres musculaires, déclenchant ainsi leur contraction.

II. Les caractéristiques du message nerveux

A) La nature du message nerveux

Dans le cas du réflexe myotatique, le récepteur sensoriel est un mécanorécepteur sensible à l'étirement, appelé fuseau neuromusculaire : il s'agit de fibres particulières du muscle, autour desquelles sont enroulées les dendrites des neurones sensoriels. L'étirement des fibres musculaires du fuseau neuromusculaire génère un message nerveux de ces dendrites.



Document 4 : Un message nerveux de nature électrique, le Potentiel d'Action (PA).

Il est possible d'enregistrer le message nerveux à l'aide de micro-électrodes que l'on implante à l'intérieur d'une fibre. En absence de toute stimulation, on constate que la membrane du neurone est polarisée : il existe une tension électrique permanente de -70 mV entre ses deux faces, l'intérieur étant électronégatif par rapport à l'extérieur. Cette différence de potentiel transmembranaire est appelée potentiel de repos.

Après une stimulation, on enregistre une série de modifications très brèves de la tension électrique transmembranaire : l'ensemble constitue le message nerveux, chaque signal élémentaire étant appelé potentiel d'action. Un potentiel d'action est une inversion brusque de la polarisation membranaire (la face interne de la membrane devenant électropositive par rapport à la face externe). L'amplitude est d'environ 100 mV. Cet événement est local et très bref (de l'ordre de la milliseconde).

Le message nerveux généré par un récepteur sensoriel est dépendant de l'intensité du stimulus : plus l'intensité du stimulus est importante, plus le nombre de potentiels d'action par unité de temps sera important. En revanche, on remarque que, quelle que soit l'intensité de la stimulation, l'amplitude des potentiels d'action reste constante. C'est donc la fréquence des potentiels d'action du message nerveux qui constitue le codage de l'intensité de la stimulation.

B) La propagation du message nerveux

Chaque fibre conduit le message nerveux dans un seul sens : vers le corps cellulaire pour une dendrite et depuis le corps cellulaire pour un axone. La conduction du message nerveux s'effectue de proche en proche, à une vitesse variable, de l'ordre de 100 ms. La présence d'une gaine de myéline autour d'une fibre augmente la vitesse de propagation du message.

Après la synapse neuro-neuronale entre le neurone sensoriel et le neurone moteur, l'axone du neurone moteur conduit le message nerveux jusqu'à une synapse neuromusculaire, zone de connexion entre les boutons synaptiques, situés à l'extrémité de l'axone, et une fibre musculaire.

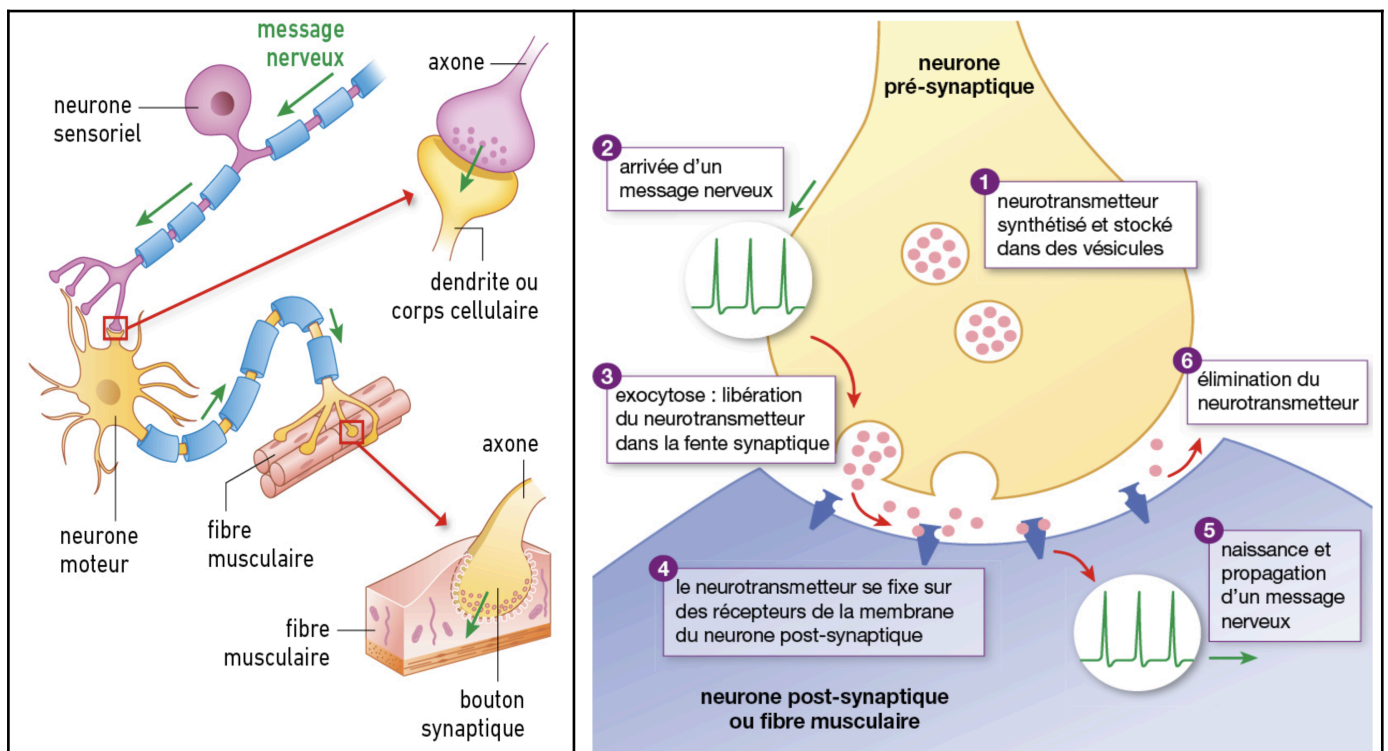
Bilan : Le message nerveux élaboré par un récepteur sensoriel à partir du stimulus est de nature électrique. La membrane d'un neurone est en effet polarisée : la polarisation membranaire observée en dehors de toute stimulation est le potentiel de repos. Un message nerveux est constitué par une série de variations brèves de la polarisation membranaire du neurone, appelées potentiels d'action. Un message nerveux est codé par la fréquence des potentiels d'action qui le constituent. Le message nerveux se propage jusqu'au centre nerveux puis du centre nerveux au muscle via des nerfs, qui sont des regroupements de fibres nerveuses. La conduction s'effectue de proche en proche le long des fibres, dendrites et axones.

III. De la transmission synaptique au déclenchement de la contraction musculaire

A) Les étapes de la transmission synaptique

La structure et le fonctionnement de la synapse neuro-neuronale et de la synapse neuromusculaire sont comparables. Dans les deux cas, il existe un espace, ou fente synaptique, de 20 à 50 nanomètres, séparant la fibre nerveuse pré-synaptique de l'élément post-synaptique (neurone ou fibre musculaire).

L'observation au microscope électronique montre que le cytoplasme situé à l'extrémité de la fibre pré-synaptique contient de très nombreuses vésicules. Le message nerveux pré-synaptique ne peut pas franchir directement la fente synaptique. Ce franchissement est assuré grâce à un médiateur chimique. En effet, les nombreuses vésicules de la fibre nerveuse pré-synaptique sont remplies de molécules d'une substance chimique appelée neurotransmetteur. Dans le cas du circuit nerveux de l'arc-réflexe myotatique, le neurotransmetteur est l'acétylcholine.



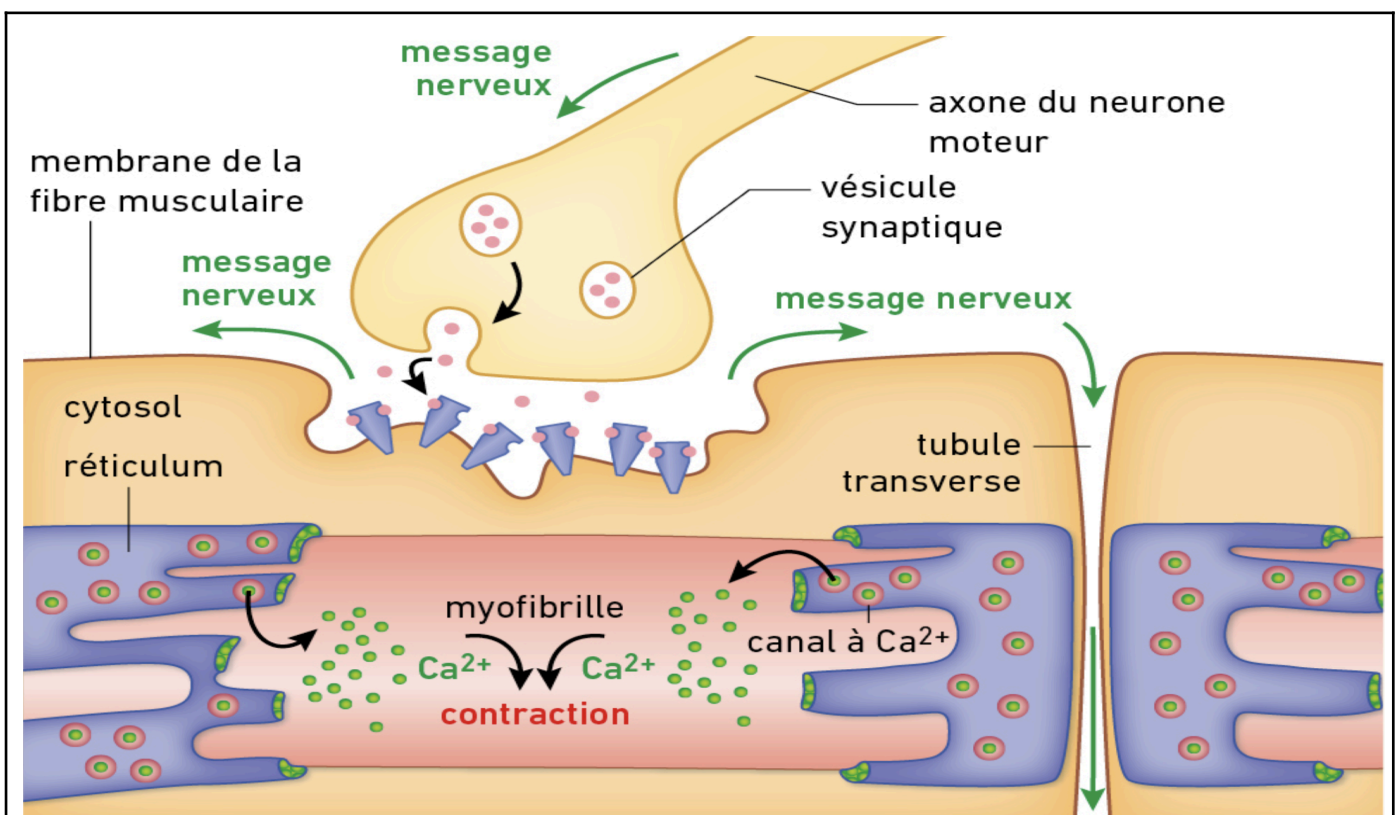
Document 5 : Le fonctionnement d'une synapse neuro-neuronale.

L'arrivée des potentiels d'action au niveau de la terminaison pré-synaptique déclenche l'exocytose d'un nombre plus ou moins important de vésicules, qui libèrent alors l'acétylcholine dans la fente synaptique. La membrane de la cellule post-synaptique comporte de nombreuses molécules sur lesquelles l'acétylcholine peut se fixer : ce sont les récepteurs du neurotransmetteur. La conséquence de cette fixation est, si la quantité d'acétylcholine libérée est suffisante, la naissance de potentiels d'action post-synaptiques.

Au niveau des synapses, c'est la concentration en neurotransmetteur libérée dans la fente synaptique qui constitue le codage du message : plus la concentration en acétylcholine est importante dans la fente, plus la fréquence des potentiels d'action du message post-synaptique est élevée.

B) Le déclenchement de la contraction musculaire : la jonction neuro-musculaire

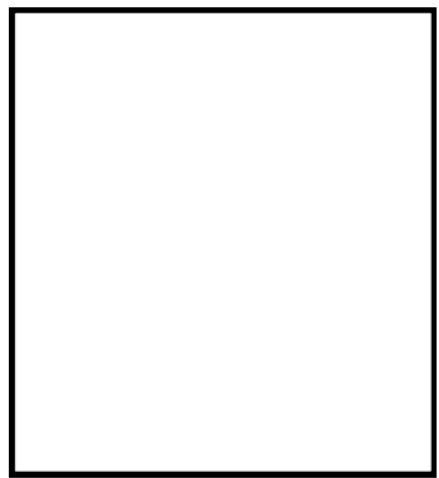
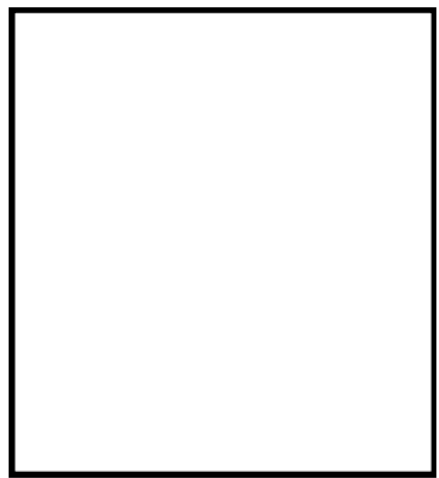
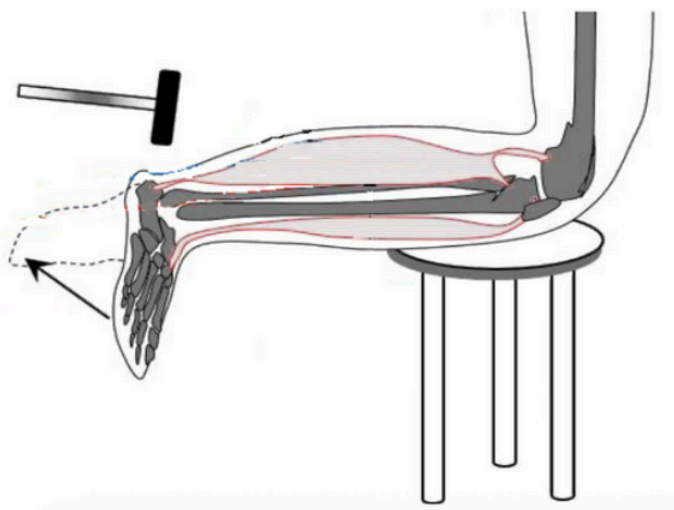
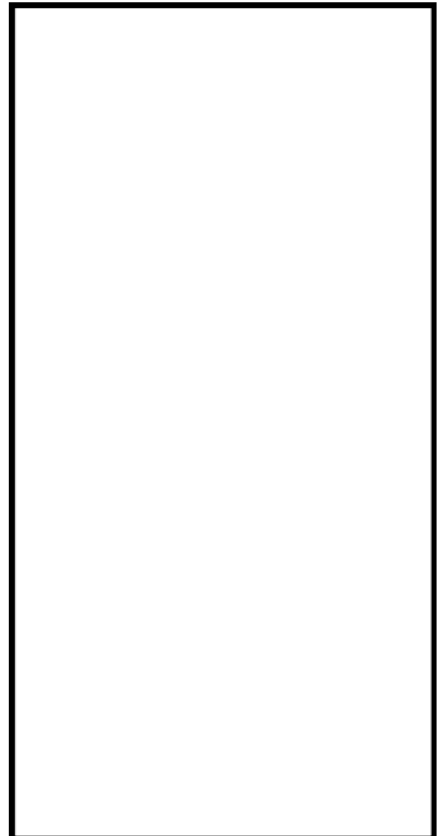
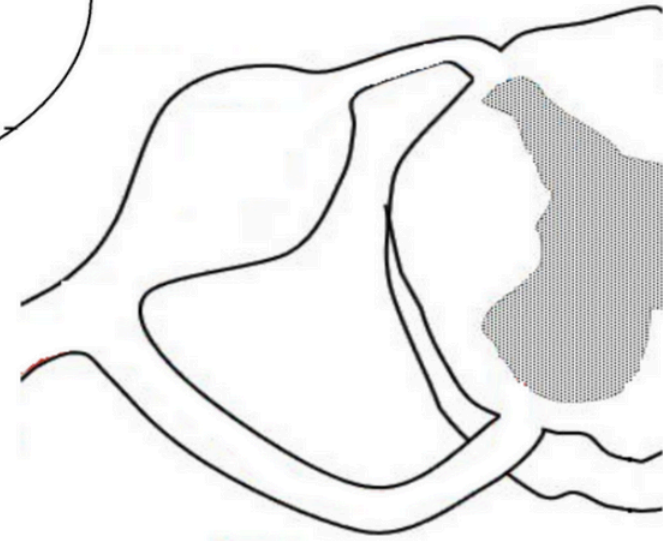
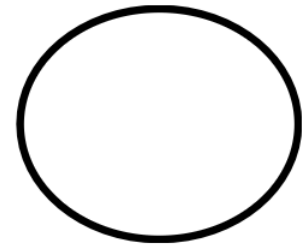
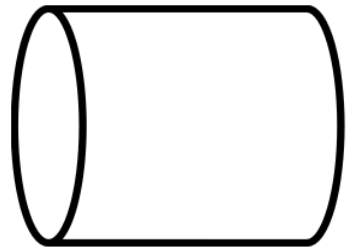
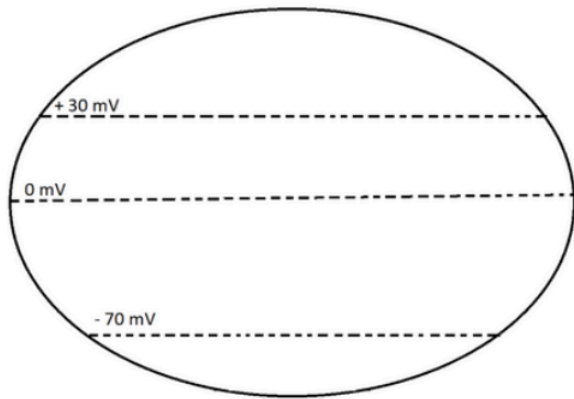
Après la synapse neuromusculaire, les potentiels d'action se propagent le long la membrane de la fibre musculaire : ces potentiels d'action provoquent l'ouverture de protéines jouant le rôle de canaux ioniques, libérant dans le cytoplasme de la fibre musculaire des ions calcium stockés dans un réseau de cavités cytoplasmiques, le réticulum sarcoplasmique. C'est l'augmentation de la concentration du cytoplasme en ions calcium qui provoque la contraction musculaire, en réponse au stimulus.



Document 6 : Le fonctionnement d'une synapse neuro-musculaire.

Certaines substances chimiques sont susceptibles de perturber le fonctionnement synaptique. Le curare, par exemple, a la possibilité de se fixer sur les récepteurs de l'acétylcholine, mais ne génère pas de potentiels d'action : c'est un antagoniste de l'acétylcholine. Il provoque ainsi un relâchement musculaire durable. D'autres substances ont pour effet d'empêcher l'élimination de l'acétylcholine de la fente synaptique. Elles prolongent alors la durée d'action du neurotransmetteur : ce sont des agonistes de l'acétylcholine.

Bilan : La zone de connexion entre les deux neurones ou entre le neurone moteur et la fibre musculaire est une synapse. Au niveau d'une synapse, la transmission s'effectue par l'intermédiaire d'une substance chimique appelée neurotransmetteur. L'acétylcholine est le neurotransmetteur impliqué dans le fonctionnement du réflexe myotatique. L'arrivée d'un message nerveux à l'extrémité de l'axone du neurone pré-synaptique entraîne la libération du neurotransmetteur dans la fente synaptique. Les molécules du neurotransmetteur se fixent sur des récepteurs spécifiques situés sur la membrane de l'élément post-synaptique (fibre nerveuse ou fibre musculaire), ce qui peut alors générer des potentiels d'action. Au niveau d'une synapse, le message est codé par la concentration en neurotransmetteur.



LEXIQUE :

Axone : prolongement cytoplasmique d'un neurone acheminant un message nerveux d'un centre nerveux vers une autre cellule (par exemple vers une fibre musculaire).

Cellule postsynaptique : cellule recevant un message d'une cellule nerveuse par le biais d'une synapse ; sa membrane possède des récepteurs spécifiques à des neurotransmetteurs.

Cellule présynaptique : cellule qui envoie un message en direction d'une autre cellule par le biais d'une synapse ; elle contient des vésicules, remplies de molécules de neurotransmetteur.

Dendrite : prolongement cytoplasmique cheminant un message nerveux vers le corps cellulaire d'un neurone.

Exocytose : libération de molécules vers l'extérieur d'une cellule, permise par la fusion de la membrane de vésicules de stockage avec la membrane plasmique.

Fente synaptique : espace étroit entre la cellule présynaptique et la cellule postsynaptique.

Fibre nerveuse : long prolongement cytoplasmique d'un neurone.

Fuseau neuromusculaire : récepteur spécialisé dans la détection de l'étirement d'un muscle ; c'est un mécanorécepteur composé des terminaisons dendritiques d'un neurone sensoriel enroulées autour de fibres musculaires modifiées.

Gaine de myéline : gaine de nature lipidique qui entoure certaines fibres nerveuses ; augmente la vitesse de propagation du message nerveux.

Message nerveux afférent : message nerveux qui est acheminé d'un récepteur sensoriel vers un centre nerveux.

Message nerveux efférent : message nerveux qui est acheminé d'un centre nerveux vers un organe effecteur (comme le muscle).

Nerf : composé d'un ensemble de nombreuses fibres nerveuses de neurones.

Nerf rachidien : nerf qui part de la moelle épinière.

Neurone : cellule nerveuse excitable très spécialisée, capable de générer et de conduire un message nerveux.

Neurone moteur ou Motoneurone : neurone capable de transmettre un message nerveux commandant un mouvement.

Neurone sensitif ou sensoriel : neurone capable de réagir à un stimulus sensoriel.

Neurotransmetteur : molécule produite par un neurone présynaptique et libérée dans une fente synaptique. Il existe des neurotransmetteurs excitateurs et des neurotransmetteurs inhibiteurs.

Réflexe : réponse involontaire, stéréotypée et très rapide suite à un stimulus.

Réflexe myotatique : réflexe déclenché par l'étirement d'un muscle qui, en réponse, se contracte. Ce réflexe emprunte un arc réflexe médullaire (adjectif pour moelle) et monosynaptique (une seule synapse entre le neurone sensoriel et le neurone moteur).

Synapse : zone de jonction entre deux neurones, ou entre un neurone et une cellule musculaire (fibre musculaire).