

SVT	Thème 3A : Comportement, mouvement et système nerveux	Term Spé SVT
Cours	Chapitre 1 : Les réflexes	ESTHER

De nombreux comportements sont des réactions répondant à une stimulation (posture, fuite, défense, prise d'objet, ...). Les mouvements ainsi provoqués peuvent être volontaires ou non. Un réflexe est une réaction involontaire, intervenant très rapidement en réponse à un stimulus.

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

I – Le réflexe, une réponse stéréotypée à une stimulation de l'organisme

→ **Activité 1 – Les étapes d'une réaction réflexe**

1) Les mouvements réflexes dans l'organisme

Il existe de nombreux réflexes dans le corps humain. Les réflexes myotatiques, qui font intervenir les muscles sont très fréquents, car il interviennent dans le maintien de la posture et l'équilibre. Se tenir droit, marcher ou tenir sa tête droite fait donc intervenir nos réflexes myotatiques.

Ces réflexes correspondent à une contraction d'un muscle en réponse à son propre étirement. Ils peuvent être testés par les médecins grâce à un léger choc sur un tendon (tendon rotulien, achilléen, ...).

D'autres réflexes interviennent dans l'organisme comme le réflexe pilo-érecteur ou horripilation (nom scientifique), plus connu sous le nom de chair de poule. En réponse à un stimulus (froid, peur, émotion forte), le muscle à la base du poil se contracte provoquant son redressement. Cette réponse permet la formation d'une couche isolante et une plus grande sensibilité tactile.

2) Le circuit nerveux d'un arc réflexe

Une étude expérimentale permet d'observer une contraction musculaire rapide, involontaire et d'intensité variable selon le choc (stimulus) exercé. Des études cliniques montrent que cette contraction musculaire fait intervenir des neurones et passe par la moelle épinière. On peut alors établir le circuit nerveux du réflexe myotatique.

Les différentes étapes de ce circuit font intervenir successivement :

- des **récepteurs sensoriels**, situés dans les muscles ou le tendon étiré. Ceux-ci transmettent alors un message lors du choc (ou stimulus)
- des **fibres nerveuses sensitives**, situées dans un **nerf rachidien**, transmettent le message nerveux sensitif vers un centre nerveux
- la **moelle épinière** reçoit par le côté dorsal le message nerveux, puis il traite les informations et élabore un message nerveux moteur
- les **fibres nerveuses motrices** situées dans un nerf rachidien ventral transmettent le message jusqu'au muscle
- l'**organe effecteur** (ici le muscle) se contracte en recevant le message nerveux.

Remarque : le cerveau n'intervient donc pas dans les réflexes myotatiques !



Schéma simplifié de l'arc réflexe (ou réflexe myotatique) - Source : Manuel Spé SVT Nathan

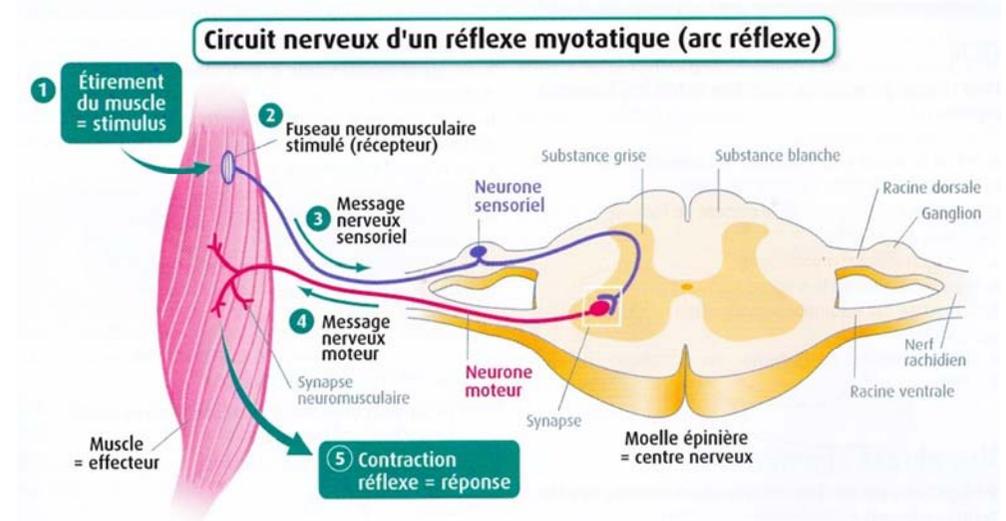


Schéma simplifié de l'arc réflexe (ou réflexe myotatique)

Dans le système musculaire squelettique, de nombreux muscles sont antagonistes, c'est-à-dire que lorsque qu'un muscle se contracte, son muscle antagoniste se relâche (ou s'étire). C'est le cas du biceps et du triceps dans le bras, ou du muscle soléaire et du tibial antérieur dans le mollet.

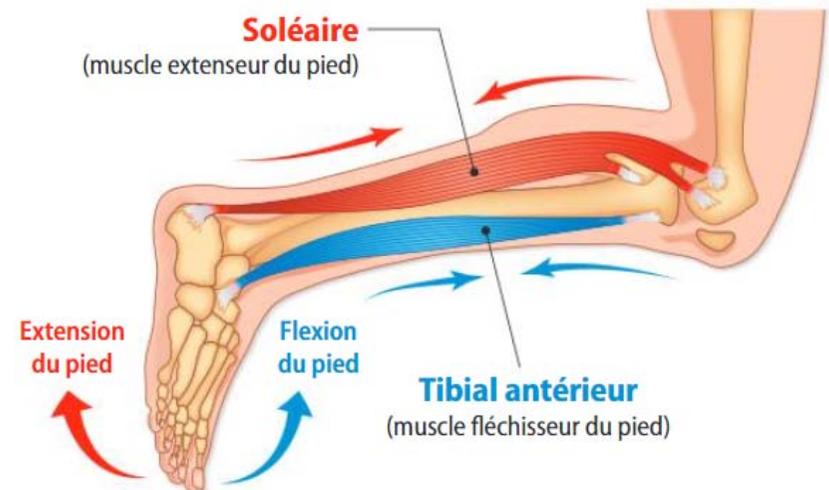


Schéma des muscles antagonistes de la jambe et de leur action - Source : Manuel Spé SVT Hachette

Si le déclenchement d'un réflexe myotatique déclenche la contraction d'un muscle, le message nerveux qui circule lors de la stimulation va aussi assurer le relâchement du muscle antagoniste.

En effet, au niveau de la moelle épinière, le message nerveux reçu va être transmis vers le muscle étiré par la stimulation ce qui va déclencher sa contraction. En parallèle, le message est transmis à un interneurone qui « inverse » le signal, avant d'être transmis au neurone innervant le muscle antagoniste, s'assurant ainsi de son étirement (pas absence de message de contraction).

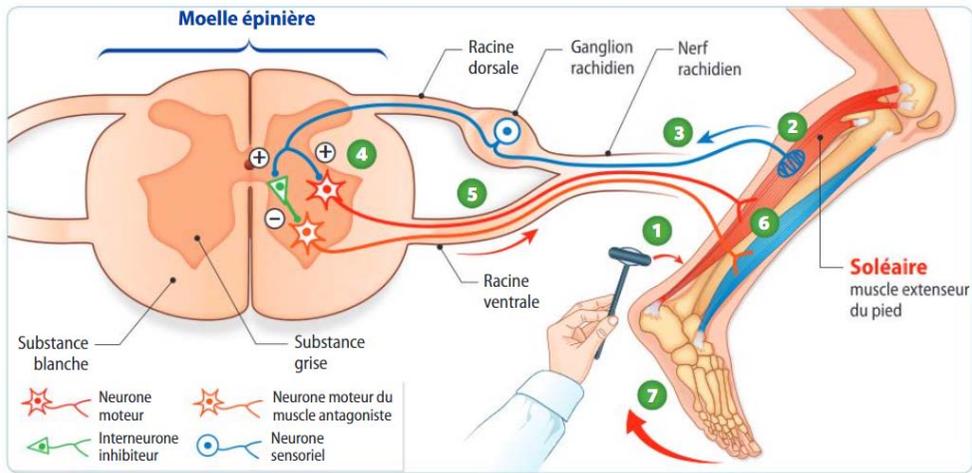


Schéma complet de l'arc réflexe (ou réflexe myotatique) - Source : Manuel Spé SVT Hachette

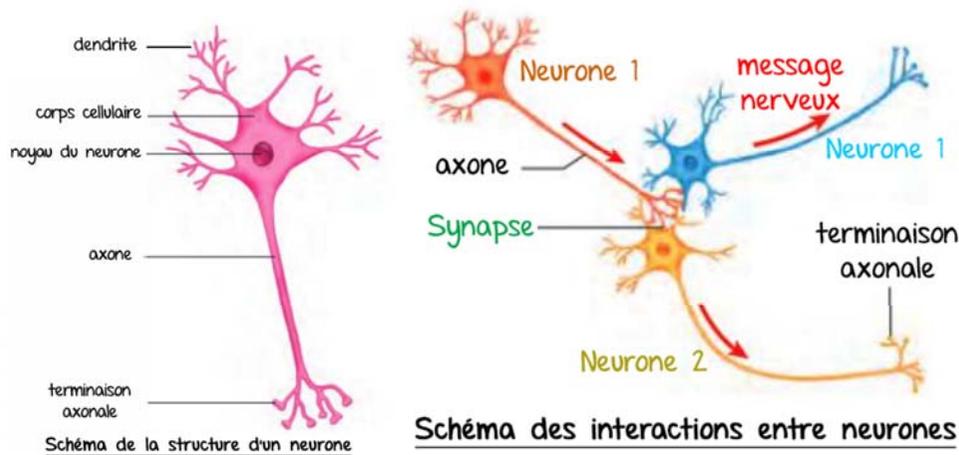
Transition : on a mis en évidence les principaux organes impliqués dans le réflexe myotatique, on va donc maintenant comprendre le fonctionnement à l'échelle cellulaire en étudiant le signal et sa transmission au niveau des neurones.

II – La nature et les propriétés du message nerveux

- Activité 2
- Activité 3

1) Les neurones

Rappels de l'organisation d'un neurone et des interactions entre neurones



Source : modifié d'après Manuel Spé SVT Bordas

Deux types de neurones sont présents dans ce réflexe myotatique :

- les **neurones sensitifs** (aussi appelés neurones afférents) qui relient les récepteurs sensoriels jusqu'à la moelle épinière. Leur corps cellulaire est situé dans un ganglion rachidien (dorsal). Ils transmettent un message nerveux sensitif c'est-à-dire portant une information.
- les **neurones moteurs** (aussi appelés neurones efférents) qui relient la moelle épinière aux muscles. Leur corps cellulaire est situé dans la moelle épinière, et un axone pouvant être très long se prolonge jusqu'à un muscle. Ils transmettent un message nerveux moteur générant une action.

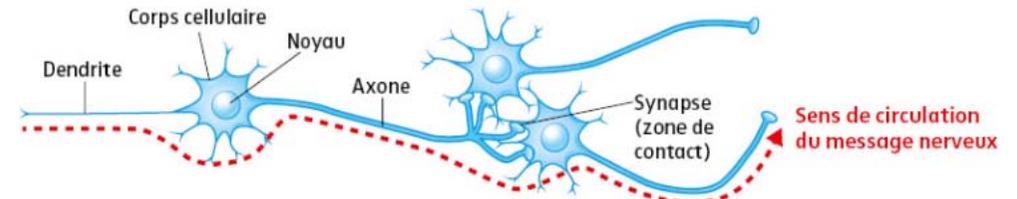


Schéma montrant le sens de circulation des messages nerveux dans les neurones

Source : Manuel Spé SVT Nathan

2) Le potentiel d'action, un signal élémentaire

Le message nerveux circulant sur les neurones est de nature **électrique**. Les enregistrements montrent que ces messages électriques sont toujours de **même intensité**. Un signal électrique est appelé **potentiel d'action**.

Au repos (sans message), la différence de potentiel entre le cytoplasme du neurone et le milieu extérieur est de -70 mV.

Lors d'un stimulus suffisant, on observe une dépolarisation (de 100mV) suivie d'une repolarisation et dure environ 2 ms. Ce potentiel est appelé **potentiel de repos**. Un **potentiel d'action** est une variation transitoire de la polarisation de la membrane.

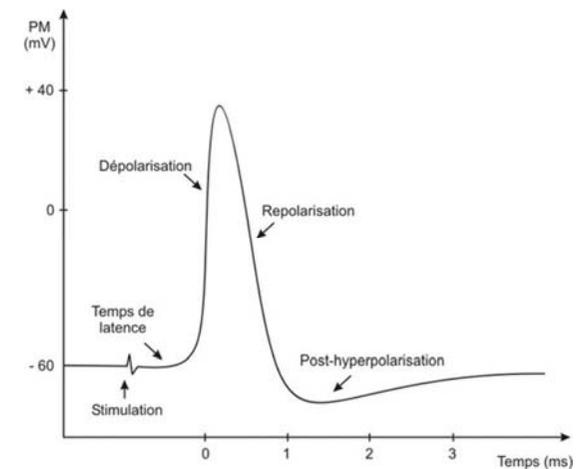


Schéma d'un potentiel d'action sur un neurone

Ces différences de potentiels sont dues à des échanges ioniques tout ou long de la membrane. La face interne de la membrane devient positive par rapport à la face externe.

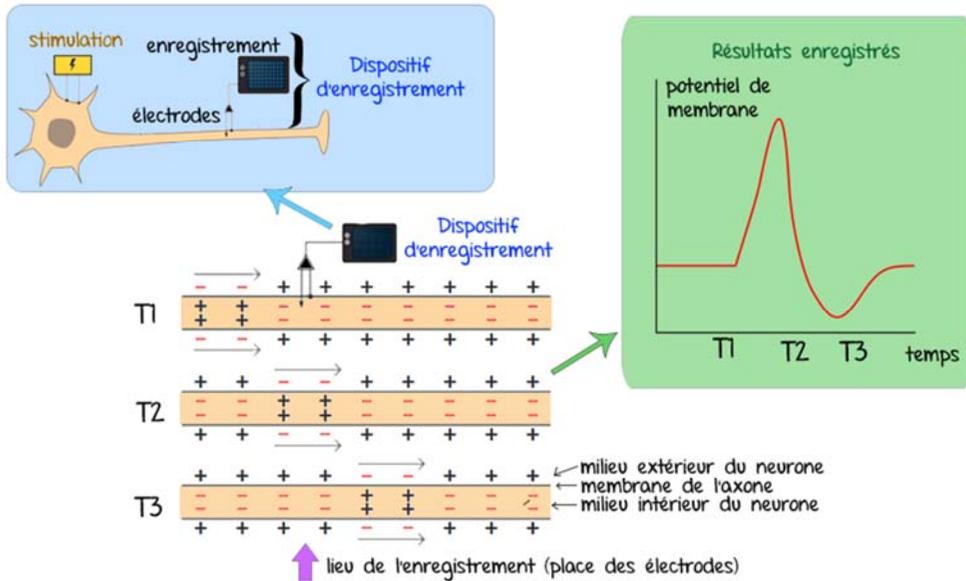
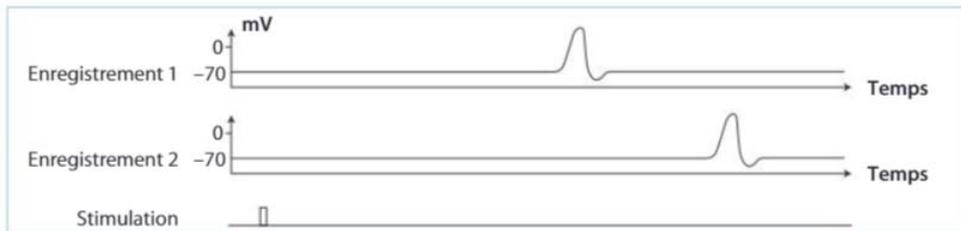
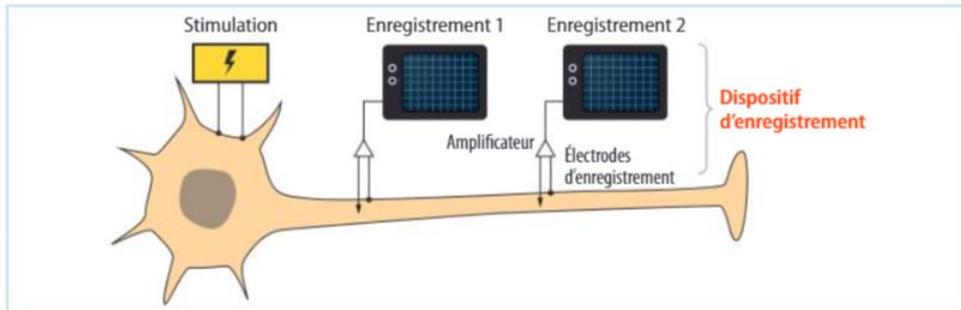


Schéma montrant l'enregistrement de l'activité électrique au sein d'un axone

Source : modifié d'après Manuel Spé SVT Hachette



Suivi de l'activité électrique au cours du temps et sur 2 positions (deux enregistrements) d'un axone - Source : Manuel Spé SVT Hachette

Le potentiel d'action obéit à la **loi du tout ou rien** :

- règle du rien : si le seuil (de dépolarisation) n'est pas atteint, le potentiel d'action n'apparaît pas
- règle du tout : si le seuil est atteint ou dépassé, le potentiel d'action a une amplitude maximale toujours identique (100 mV)

illustration (voir doc suivant dans le paragraphe 3)

3) Le codage des potentiels d'action

L'amplitude des potentiels d'action est constante (100mV), quelque soit l'intensité de la stimulation. En revanche, on observe que la fréquence des PA est variable.

Plus la stimulation est importante, plus la **fréquence des PA** est élevée donc plus la contraction musculaire est importante.

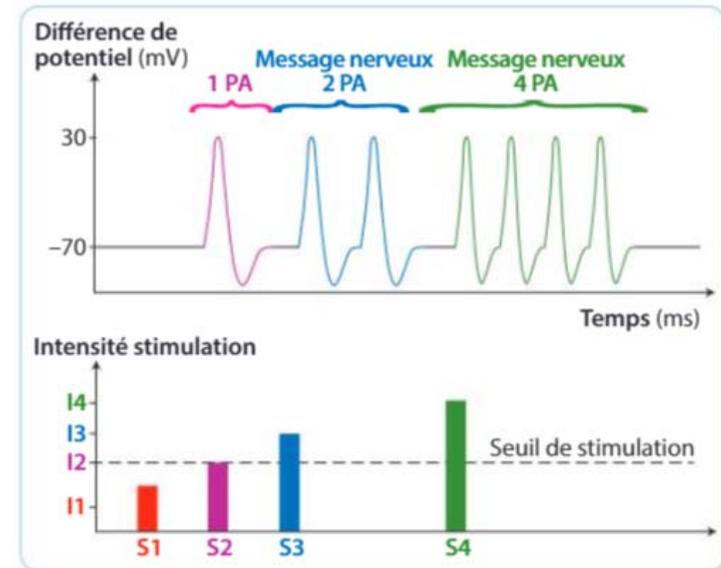


Schéma du codage en fréquence des potentiels d'action - Source : Manuel Spé SVT Hachette

Le nombre de potentiels d'action par unité de temps (= fréquence) constitue donc un **codage de l'information électrique**.

Les axones des neurones moteurs conduisent le message nerveux à une vitesse de 100 m.s^{-1} . Cette vitesse importante est notamment liée à la présence de myéline.

Encart bonus – La myéline – voir site

Transition : A l'arrivée du message à la fin de l'axone d'un neurone, il existe un petit espace avant la cellule suivante appelée **synapse**. Le message est alors transmis de manière non électrique.

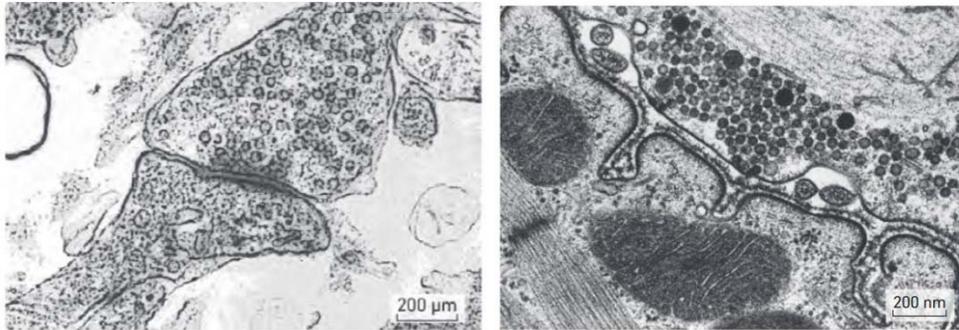
Remarque : l'espace entre les neurones est nécessaire pour éviter les courts-circuits si tous les neurones étaient connectés entre eux physiquement !

III – La transmission du message nerveux de cellules à cellules

→ TP 9 – Les molécules chimiques dans la synapse

1) La transmission synaptique des message nerveux

Le message nerveux électrique ne peut pas franchir la synapse. A l'arrivée à l'extrémité de l'axone, l'arrivée du message nerveux entraîne la libération de **vésicules de neurotransmetteurs** dans la synapse. Dans le cas de la **synapse** du réflexe myotatique, le neurotransmetteur est l'acétylcholine. Ces neurotransmetteurs traversent la synapse (20 à 50 nm) et vont se fixer des **récepteurs spécifiques** sur le neurone post-synaptique. Si la quantité de neurotransmetteurs fixés est suffisante, de **nouveaux potentiels d'action** se forment et le message nerveux électrique continue de se propager.



Photographies de deux synapses neuro-neuroniques (à gauche) et neuromusculaire (à droite), observation au MET - Source : Manuel Spé SVT Bordas

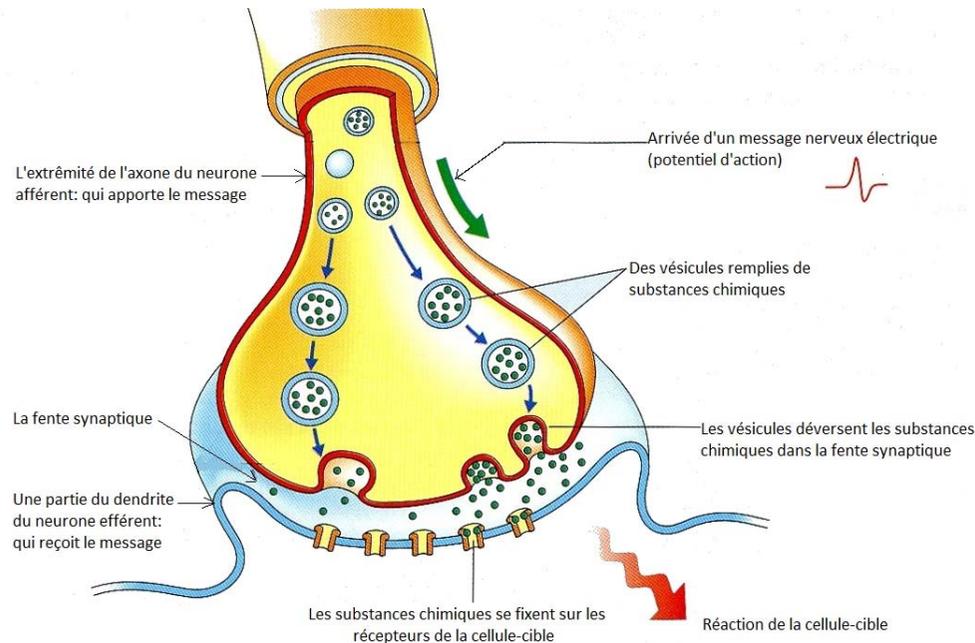


Schéma fonctionnel d'une synapse montrant la transmission du message nerveux entre un neurone et une cellule cible (neurone ou muscle) Source : <http://www.jpboiseret.eu/>

Au niveau de la synapse, le **codage** du message dépend de la quantité de neurotransmetteurs libérés dans la synapse. *Plus la quantité d'acétylcholine est grande, plus la fréquence des PA est importante, plus la contraction musculaire sera importante.*

cas expérimental	message nerveux sensitif (neurone S) présynaptique	état de la jonction synaptique S1 - schémas d'après photographie - bleu : structure présynaptique- rouge : structure postsynaptique	message nerveux postsynaptique (neurone N)
1 (pas de stimulus)			
2			
3			

Tableau de résultats d'expériences et d'observations suite à différentes stimulations sur un neurone sensitif Source : Académie de Dijon – banque d'images

Aide à la lecture du document :

Dans la 1^{ère} expérience, il n'y a pas de stimulus donc pas (ou peu) de potentiels d'action sur l'axone du neurone pré-synaptique. On observe une terminaison axonale pleine de vésicules de neurotransmetteurs (ils n'ont pas été libérés) et aucun potentiel d'action sur le neurone post-synaptique.

Dans la 2^{ème} expérience, il y a un stimulus modéré donc quelques potentiels d'action (environ 5) sur l'axone du neurone pré-synaptique. On observe une terminaison axonale avec environ deux fois moins de vésicules de neurotransmetteurs (ils ont été en partie libérés) et de nombreux potentiel d'action sur le neurone post-synaptique. Le nombre de potentiels d'action sur les deux neurones est identique donc le codage de l'amplitude du stimulus est transmis.

Dans la 3^{ème} expérience, il y a un stimulus fort donc de nombreux potentiels d'action (environ 10) sur l'axone du neurone pré-synaptique. On observe une terminaison axonale avec très peu de vésicules de neurotransmetteurs (ils ont été presque tous libérés) et de nombreux potentiel d'action sur le neurone post-synaptique. Le nombre de potentiels d'action sur les deux neurones est identique donc le codage de l'amplitude du stimulus est transmis.

– Encart : Les perturbations des synapses –

Cette partie sera retravaillé dans le chapitre 3

Au niveau des synapses, la transmission du message fait intervenir des neurotransmetteurs qui sont des molécules chimiques. Certaines molécules pharmacologiques ont de fortes ressemblances avec l'acétylcholine (neurotransmetteur du réflexe myotatique) et peuvent perturber la contraction musculaire.

Le curare est une substance produite par certaines plantes qui peut se fixer sur les récepteurs de l'acétylcholine mais sans générer de potentiels d'action. On dit qu'il s'agit d'un **antagoniste** de l'acétylcholine. Il provoque donc un relâchement musculaire durable. Cette paralysie peut être mortelle.

D'autres molécules agissent comme la molécule et sont appelés **agonistes**.

2) Du message nerveux à la contraction du muscle

Les mécanismes de la synapse neuro-musculaire sont assez proches de ceux des synapses neuro-neuroniques. Le message nerveux provoque la libération de vésicules d'**acétylcholine** dans la synapse. Ce médiateur chimique se fixe sur les récepteurs de la cellule musculaire ce qui déclenche la formation de **potentiels d'action musculaire** libérant du calcium à l'origine d'une contraction.

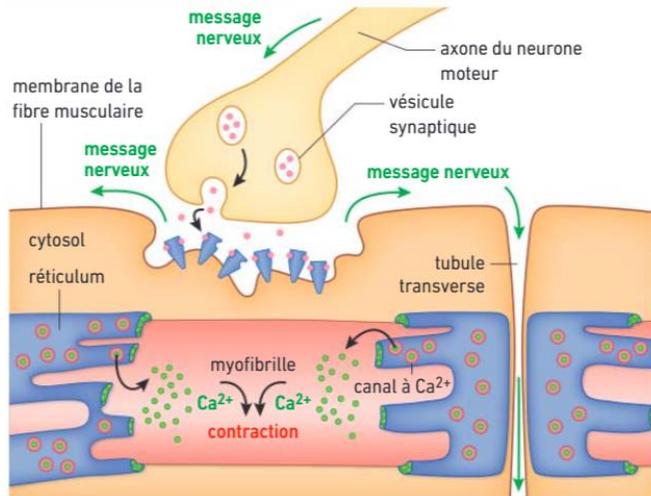
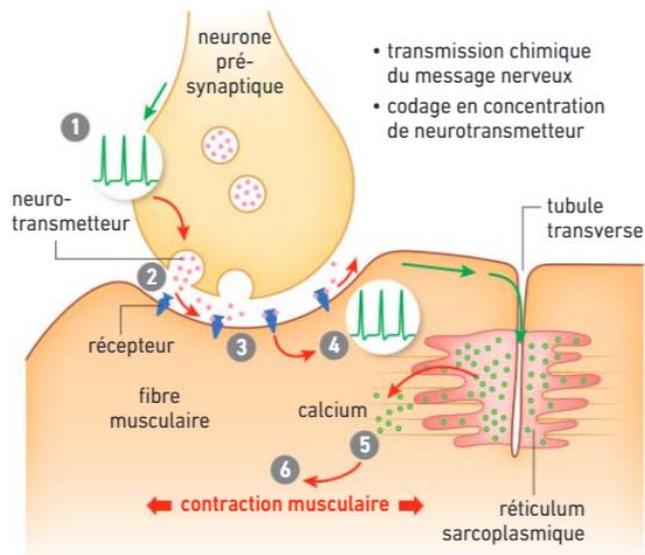


Schéma de la synapse neuromusculaire Source : Manuel Spé SVT Bordas



Exemple de la synapse neuromusculaire

Schéma de la synapse neuromusculaire Source : Manuel Spé SVT Bordas

Conclusion

Le réflexe myotatique entraîne une contraction musculaire involontaire. Ce mécanisme fait intervenir des structures nerveuses, des messages électriques et des messages chimiques. Cependant, sur ces mêmes muscles, il existe d'autres mouvements qui sont contrôlés par l'individu et font intervenir le cerveau. On peut donc se demander quelles sont les similitudes et les différences de fonctionnement entre les mouvements volontaires et involontaires.

Exemple de schéma-bilan possible

