

Thème 3A – Chapitre 1 : Les réflexes

Le **réflexe myotatique** est un outil diagnostique pour vérifier l'intégrité et 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**.

I. Caractéristiques du réflexe myotatique

Document 1 distribué à compléter.

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 INVOLONTAIRE et STÉRÉOTYPÉE**. **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**.

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.

II. Structures 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**.

1. **Moelle épinière** schéma à faire et à légender !!

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

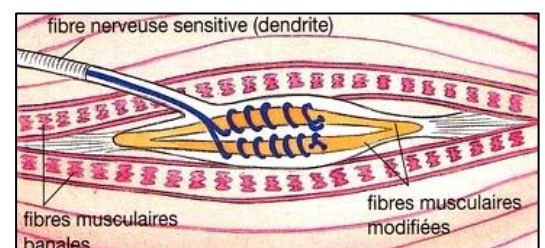
- La **SUBSTANCE GRISE** située au centre et **composée des corps cellulaires des neurones**.
- La **SUBSTANCE BLANCHE**, située autour de la substance grise est composée uniquement d'**axones** et de **dendrites des neurones**.
- Les **GANGLIONS spinaux (ou rachidiens)**, placés sur les racines dorsales de la moelle épinière, contiennent aussi des corps cellulaires.

2. **Structures cellulaires**

L'arc-réflexe nécessite l'intervention : d'un récepteur sensoriel, de deux neurones connectés par une synapse, et d'une connexion avec l'organe effecteur.

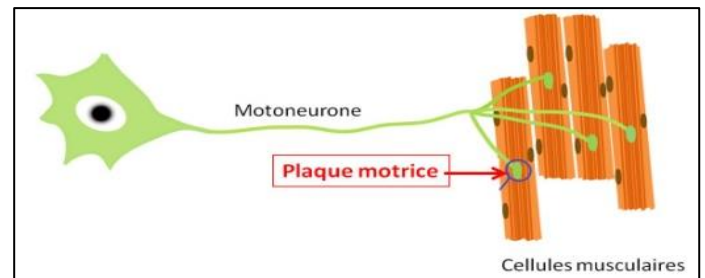
Différentes structures cellulaires sont ainsi impliquées :

- **Le FUSEAU NEUROMUSCULAIRE: récepteur sensoriel** de type **mécanorécepteur** qui **perçoit le stimulus d'étirement** au niveau du muscle et le **transforme en message nerveux**.

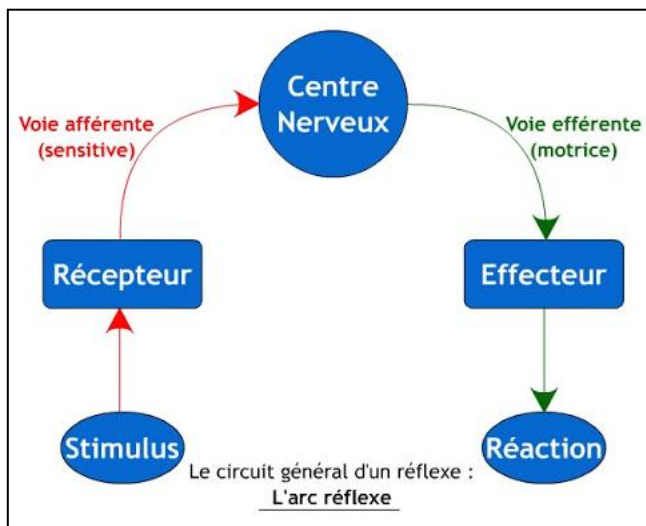


Dessin d'un fuseau neuromusculaire (éditions Bordas)

- **Les neurones** : ils transmettent le message nerveux.
 - Les **NEURONES SENSITIFS** relient directement les récepteurs à la moelle épinière. Leurs **corps cellulaires se trouvent dans les ganglions spinaux**, ce sont des neurones dits "en T". Ils rejoignent la moelle par la **racine dorsale** du nerf spinal. *Document 2 distribué à compléter.*
 - Les **NEURONES MOTEURS (MOTONEURONES) EFFERENTS** relient 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 nerfs rachidiens.
- **la SYNAPSE NEURO-NEURONALE: zone de jonction** entre l'axone d'un neurone sensoriel afférent et le corps cellulaire et/ou dendrite du neurone moteur efférent. Cette synapse est localisée dans la moelle épinière au niveau de la **corne dorsale de la substance grise**.
Il n'y a qu'une seule synapse entre deux neurones impliquée dans le réflexe myotatique : il est qualifié de **réflexe monosynaptique**.
- **la PLAQUE MOTRICE** : Le motoneurone est connecté aux cellules musculaires par une **SYNAPSE NEUROMUSCULAIRE** appelée plaque motrice qui transmet le message nerveux au muscle.



III. Fonctionnement de l'arc-réflexe



Tout arc-réflexe est constitué :

- d'un **récepteur sensoriel** (*ici fuseau neuromusculaire*) qui transforme le **stimulus** en un message nerveux ;
- d'un **conducteur nerveux** (*ici neurone sensoriel*) qui transmet les messages nerveux du récepteur sensoriel à un centre nerveux;
- d'un **centre nerveux** (*ici moelle épinière*) ;
- d'un **conducteur nerveux** qui transmet les messages nerveux du centre nerveux aux effecteurs (*ici neurone moteur*) ;
- d'un ou des **organes effecteurs** qui répondent (*ici muscle*).



Vidéo : le réflexe myotatique

<https://www.reseau-canope.fr/corpus/video/le-reflexe-myotatique-117.html>

Schéma bilan de l'arc réflexe achilléen à compléter et savoir refaire par cœur !!



IV. Transmission de l'information dans le circuit neuronique

1. Nature et conduction du message nerveux au sein d'un neurone

Vidéo : le message nerveux

a. Potentiel de repos et potentiel d'action *activité maison*

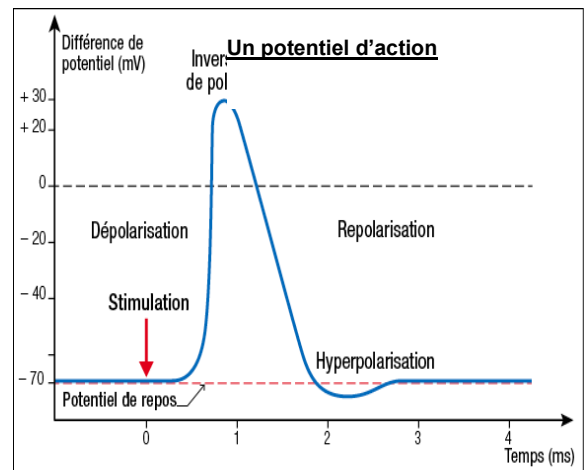
Un neurone au repos présente une **différence de potentiel (= DDP)** entre l'extérieur et l'intérieur de la cellule appelée **potentiel de repos** de **- 70 mV** (le milieu intracellulaire est chargé très négativement par rapport à l'extérieur).

Lorsqu'une fibre nerveuse (=axone) d'un neurone est stimulée, elle répond par une variation temporaire de cette différence de potentiel membranaire.

Lorsque la stimulation dépasse une **valeur seuil**, elle déclenche une **réponse électrique** 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 être modifiée**.

L'amplitude d'un potentiel d'action (PA) est toujours constante, quelque que soit l'intensité de la stimulation, avec une phase de **dépolarisation** de - 70 mV jusqu'à + 30 mV, suivie d'une phase de **repolarisation** et d'une phase d'**hyperpolarisation**.

On dit qu'une fibre nerveuse répond à la loi du tout ou rien : si l'intensité est supérieure à une valeur seuil, il y a naissance d'un PA à son amplitude maximale ("tout"), en dessous de cette valeur seuil le PA n'apparaît pas ("rien").

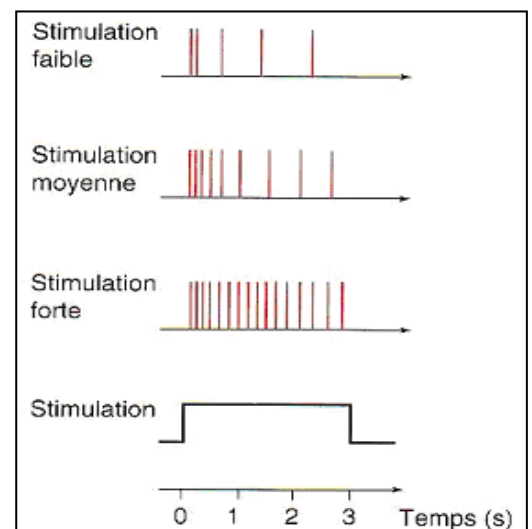


Vidéo : potentiel de repos et potentiel d'action

b. Codage du message nerveux dans la fibre nerveuse

A sein de la fibre nerveuse, l'intensité de la stimulation est codée par la **fréquence des potentiels d'action** : plus l'intensité de la stimulation est importante, plus la fréquence des potentiels d'action sera grande (plus les PA seront donc rapprochés et nombreux sur un intervalle de temps donné) (cf figure ci-contre). On parle de **CODAGE ELECTRIQUE EN FREQUENCE**.

Note : Un nerf est un regroupement de plusieurs centaines de fibres nerveuses. Ainsi dans le cas d'un nerf, plus la stimulation est intense, plus il y aura de fibres nerveuses activées dans le nerf : le signal de chaque fibre va s'additionner et augmenter l'amplitude du potentiel global du nerf.



Fréquence des potentiels d'action en fonction de l'intensité de stimulation

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

a. Le fonctionnement d'une synapse 2 Schémas fonctionnels synapse neuro-neuronique et neuro-musculaire à faire.

Deux grands types de synapses peuvent être différenciés : les synapses entre 2 neurones ou **synapses neuro-neuronales** et les synapses entre un motoneurone et une fibre musculaire = **synapse neuromusculaire** (au niveau de la **plaque motrice**).



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

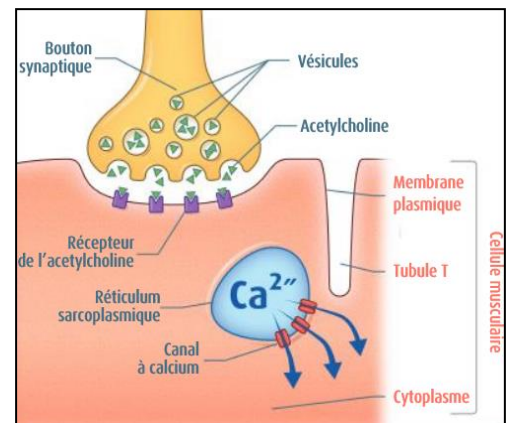
Vidéo : fonctionnement

d'une synapse neuromusculaire

Le **neurone pré-synaptique** contient de nombreuses **vésicules** stockant les neurotransmetteurs. Lors de la stimulation du neurone pré-synaptique, ces vésicules fusionnent avec la membrane de la terminaison axonique au niveau du **bouton synaptique**. Elles déversent alors les **neurotransmetteurs** (l'**acétylcholine** dans le cas de la synapse neuromusculaire) dans la **fente synaptique**: c'est l'**exocytose**.

Leur **fixation** sur des **récepteurs post-synaptiques** spécifiques sur la **membrane post-synaptique** entraîne :

- la création de **potentiels d'actions post-synaptiques**, au niveau des dendrites ou du corps cellulaire du neurone post-synaptique, dans le cas de la synapse neuro-neuronale,
- la création de **potentiels d'actions musculaires** dans le cas de la synapse neuromusculaire, provoquant l'**ouverture de canaux calciques du réticulum sarcoplasmique** à l'origine d'une **augmentation de la concentration en ions calcium dans le cytoplasme** de la cellule musculaire, ce qui provoque la **contraction** du muscle (voir chapitre 1 thème 3B).



Fixation de l'acétylcholine sur les récepteurs post-synaptique de la synapse neuromusculaire et ouverture des canaux calciques du réticulum sarcoplasmique

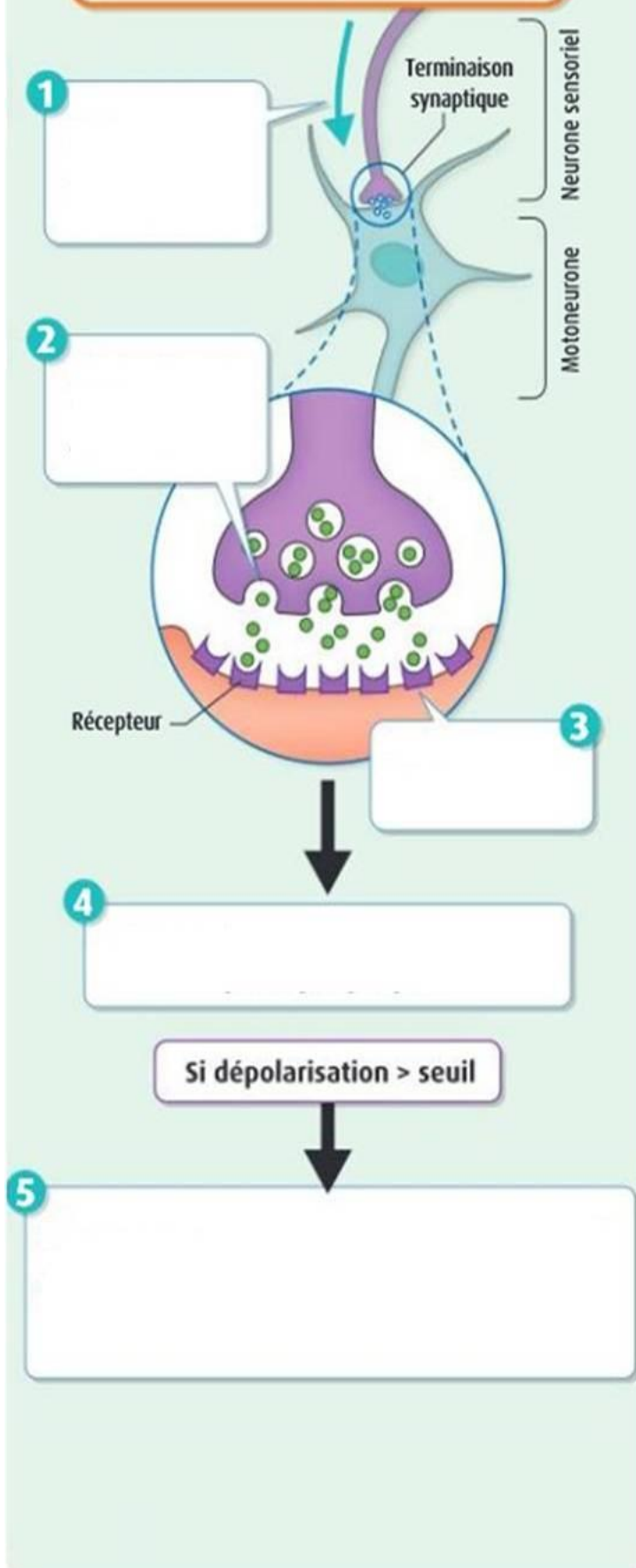
b. Le codage de l'information au niveau d'une synapse

Au niveau d'une synapse, le message nerveux est de nature chimique et il est **codé grâce à la concentration de neurotransmetteurs** : l'intensité (= fréquence de PA) du message nerveux arrivant au niveau du bouton synaptique détermine le nombre de vésicules qui fusionnent, donc la quantité totale de neurotransmetteurs libérés dans la synapse. Cette concentration est ensuite traduite de nouveau en fréquence de PA au niveau de l'élément post-synaptique. On parle de **CODAGE BIOCHIMIQUE EN CONCENTRATION DE NEUROTRANSMETTEURS**.

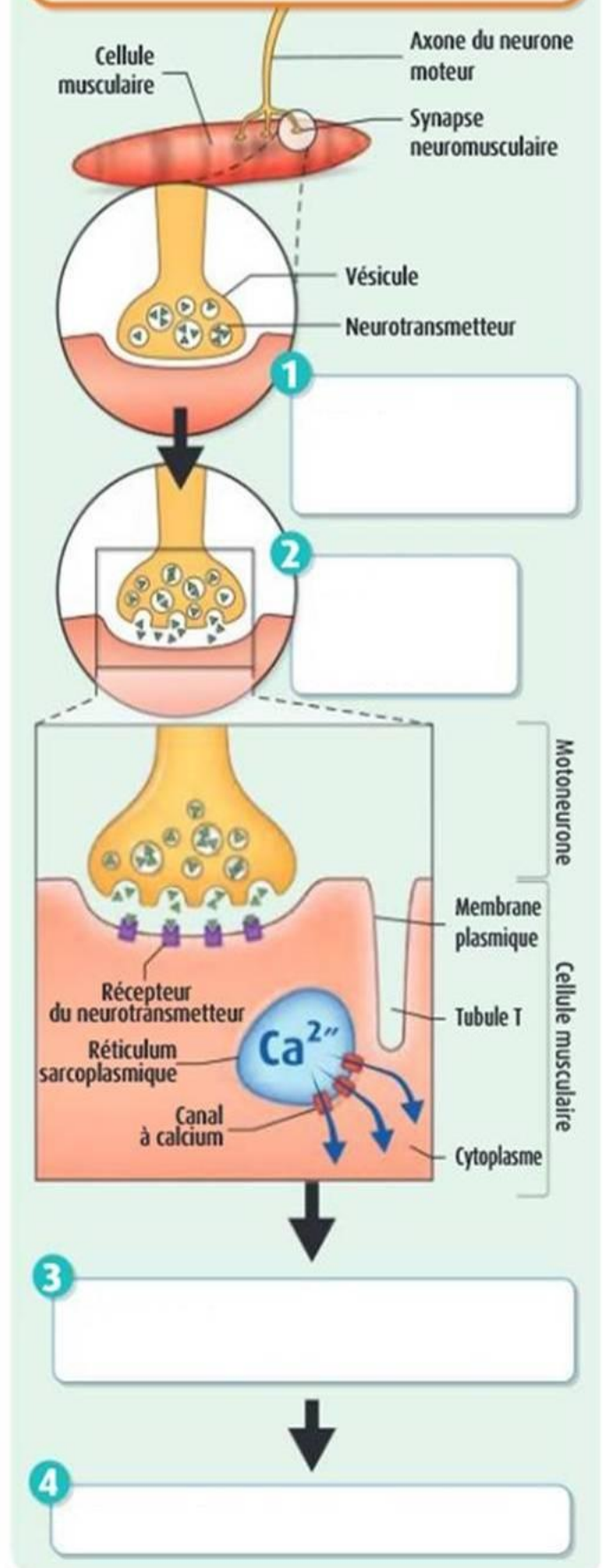
Schéma mode d'action du curare sur la synapse neuro-musculaire

La synapse neuromusculaire met en jeu le neurotransmetteur acétylcholine. La formation puis la propagation d'un potentiel d'action dans la cellule musculaire entraînent l'ouverture de canaux calciques à l'origine d'une augmentation de la concentration cytoplasmique en ions calcium, provenant du réticulum sarcoplasmique pour les muscles squelettiques. Cela induit la contraction musculaire et la réponse motrice au stimulus.

Transmission du message nerveux au niveau d'une synapse neuro-neuronale



Transmission du message nerveux au niveau d'une synapse neuromusculaire et contraction



(modifié d'après Belin, éditions 2020)