

CORRECTION

Nous avons vu que, dans le réflexe myotatique, 2 neurones entrent en jeu : le neurone sensoriel et le neurone moteur.

Le message nerveux se propage le long de l'axone de ces neurones (= fibre nerveuse) mais il doit aussi franchir des **zones de jonction** appelées **synapses** que l'on trouve :

- entre les deux neurones : c'est la **synapse neuro-neuronale**
- entre le neurone moteur et la cellule musculaire : c'est la **synapse neuromusculaire**

Ces 2 types de synapses ont **des structures différentes mais des fonctionnements similaires**.

Objectif : On cherche à comprendre comment le message nerveux passe d'une cellule à l'autre et comment l'arrivée d'un message nerveux au niveau d'une cellule musculaire provoque sa contraction.

Activité 1 : Etude de la transmission du message nerveux au niveau d'une synapse

Consigne :

En utilisant l'ensemble des données de l'annexe 1, **compléter** le **schéma fonctionnel de la synapse** ci-dessous pour **expliquer** comment le message nerveux passe d'une cellule excitable à l'autre, que ce soit un autre neurone ou une cellule musculaire. Vous **préciserez** en une phrase ou deux comment l'intensité du message nerveux est codée au niveau de la synapse.

Une synapse est une **zone de jonction entre un neurone et une autre cellule excitable**.

Qu'il s'agisse de la synapse neuro-neuronale présente entre le neurone sensitif et le neurone moteur au sein de la moelle épinière ou bien de la plaque motrice, synapse neuromusculaire entre le motoneurone et la fibre musculaire, la structure et le fonctionnement pour ces deux types de synapses sont pour l'essentiel comparables.

Au niveau d'une synapse, le **message nerveux circule à sens unique depuis le neurone pré-synaptique vers la cellule post-synaptique** (neurone ou fibre musculaire).

Comme la présence d'une fente synaptique interdit la transmission de potentiels d'action, le message électrique est converti sous forme de **message chimique** (molécule de neurotransmetteurs).

La terminaison du neurone pré-synaptique, appelé bouton synaptique, renferme un grand nombre de **vésicules contenant les molécules de neurotransmetteur**.

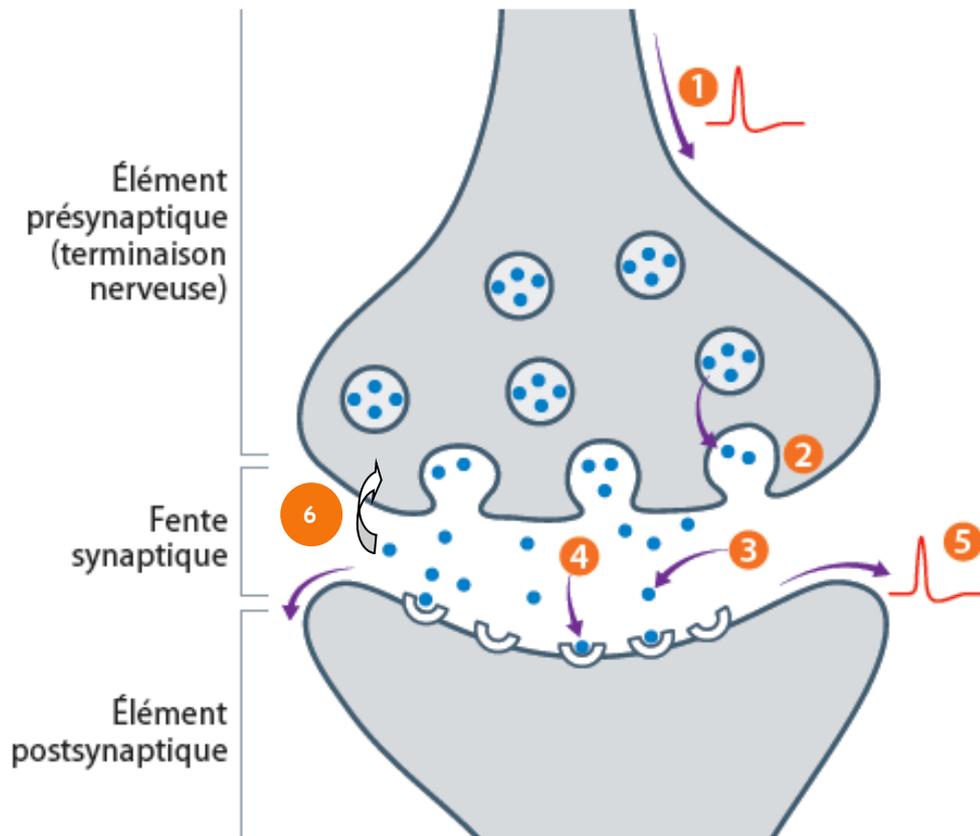
Lors de l'arrivée d'un message nerveux électrique au niveau de la synapse, il y a le déclenchement de la **migration de ces vésicules en direction de la membrane du neurone**.

Les **vésicules fusionnent** avec la membrane plasmique et **libèrent leur contenu des molécules de neurotransmetteurs** dans la fente synaptique. C'est alors que le message nerveux de nature électrique est converti en un **message chimique**.

Les neurotransmetteurs **se fixent ensuite sur leurs récepteurs spécifiques** situés sur la cellule post-synaptique. Si le neurotransmetteur est excitateur, sa fixation déclenche la **naissance de PA dans la cellule post-synaptique**.

Les neurotransmetteurs sont ensuite **rapidement dégradés** par des enzymes ou recaptés par le neurone pré-synaptique. Leur effet ne dépasse pas 10 à 15 milliseconde.

Ainsi, au niveau d'une synapse, le message électrique codé en fréquence de PA est converti en **un message chimique codé en concentration de neurotransmetteurs**.



- 1 Arrivée d'un message nerveux codé en fréquence de PA.
- 2 Fusion des vésicules synaptiques avec la membrane présynaptique.
- 3 Libération du neurotransmetteur dans la fente synaptique. Message biochimique codé en concentration de neurotransmetteur.
- 4 Liaison du neurotransmetteur avec des récepteurs spécifiques situés dans la membrane postsynaptique.
- 5 Formation d'un ou plusieurs PA, si le message présynaptique est suffisant.
- 6 **Élimination ou recapture des neurotransmetteurs dans le neurone présynaptique → fin de la transmission du message nerveux**

Schéma de la transmission d'un message nerveux au niveau d'une synapse

Activité 2 : De l'arrivée du message nerveux à la contraction musculaire

Au niveau d'une **synapse neuromusculaire**, le message nerveux transmis à une cellule musculaire (*cellule très allongée, contractile et constitutive du muscle*) va provoquer la **contraction musculaire**.

Consigne:

En utilisant l'ensemble des données de l'annexe 2, **lister** les **événements cellulaires et moléculaires** qui vont du message nerveux propagé par le neurone moteur jusqu'à la contraction du muscle.

Au niveau de la synapse neuromusculaire, le neurotransmetteur mis en jeu est toujours le même, il s'agit de **l'acétylcholine** (doc 1).

Lors de l'arrivée du message nerveux électrique (PA) au niveau de la terminaison du neurone moteur, il y a **libération par exocytose de molécules d'acétylcholine dans la fente synaptique**.

Elles **se fixent ensuite sur les récepteurs à l'acétylcholine** situés sur la membrane plasmique de la cellule musculaire. Cette fixation déclenche alors la **naissance d'un nouveau train de PA électrique** qui se propage dans toute la cellule musculaire (doc 2). On parle de **PA musculaire**.

Les PA musculaires provoquent l'**ouverture des canaux calciques** (protéines) enchâssées dans le **réticulum sarcoplasmique** situé dans le cytoplasme (doc 4). Cela fait **sortir le Ca^{2+} du réticulum** et augmente de la concentration dans le cytosol (= cytoplasme) en ions calcium (doc 3).

C'est **cette augmentation qui déclenche la contraction de la cellule musculaire** (doc 5).

Doc 5 : Les fibres musculaires raccourcissent d'environ 20 % (1 mm sur 5) en présence de calcium (Ca^{2+}), mais pas de sodium (Na^{+}). Le calcium a donc pour effet d'entraîner la contraction des myofibrilles à l'intérieur des cellules musculaires. Le calcium est indispensable à la contraction.

Comme plusieurs cellules musculaires reçoivent le même message nerveux en même temps, **elles sont plusieurs à se contracter en même temps ce qui fait raccourcir le muscle dans sa totalité**.

L'intensité de la contraction dépend de la concentration de neurotransmetteurs libérés par le neurone moteur + la concentration est élevée et + la concentration est forte.

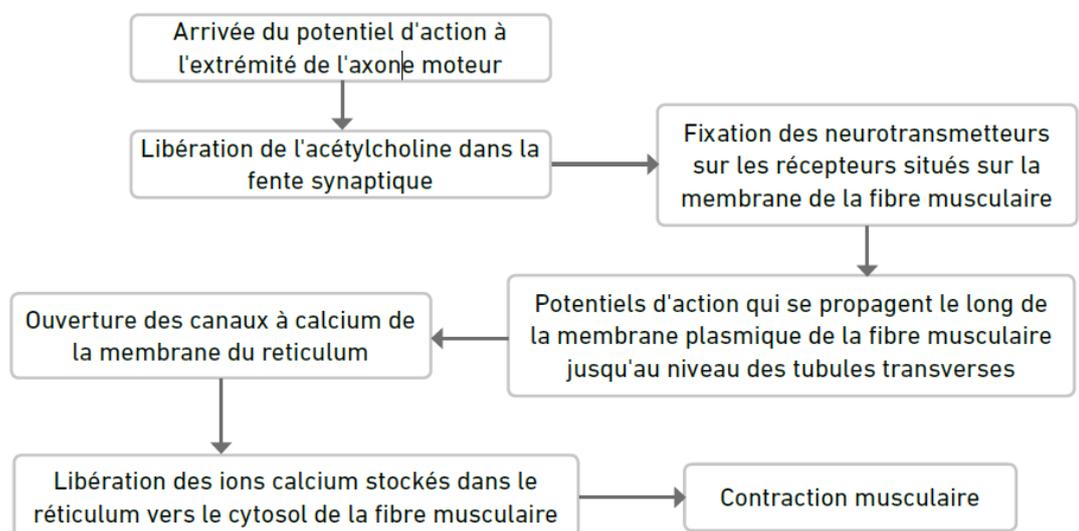
Conclusion :

Après une stimulation du neurone moteur, on observe successivement :

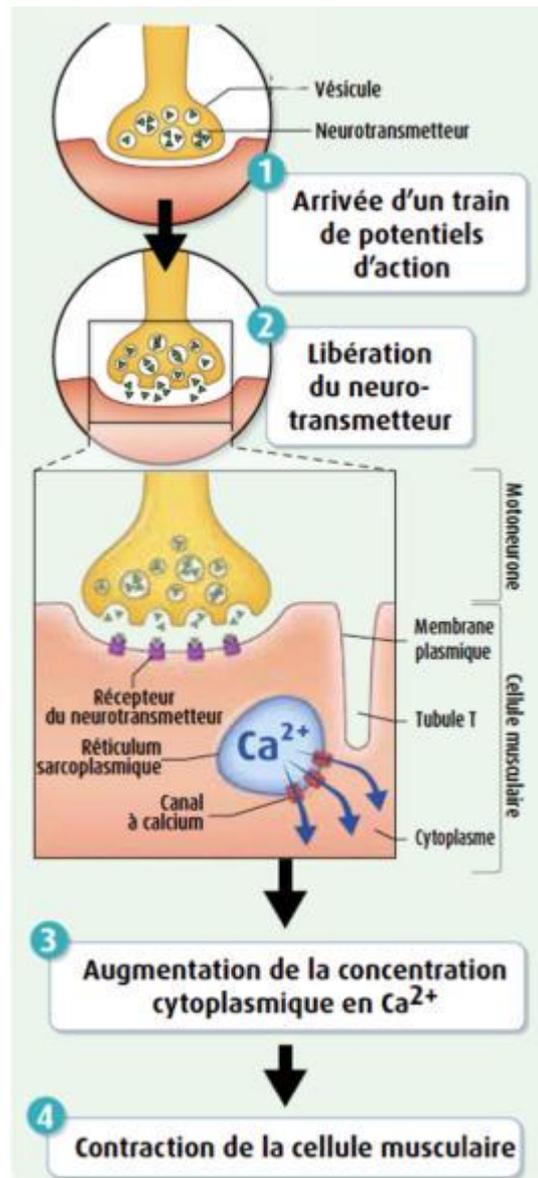
- une augmentation du potentiel de membrane au niveau de la fibre musculaire ;

- une augmentation du taux de calcium dans le cytosol de la fibre musculaire (libération dans le cytoplasme de la fibre musculaire de calcium stocké dans le réticulum sarcoplasmique);

- une augmentation de la tension de la fibre musculaire signifiant une contraction.



La contraction musculaire au niveau cellulaire et moléculaire



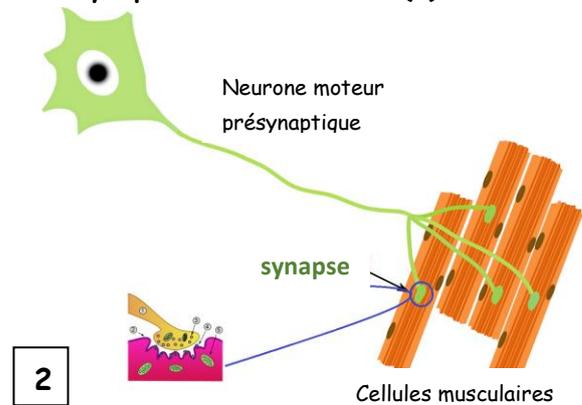
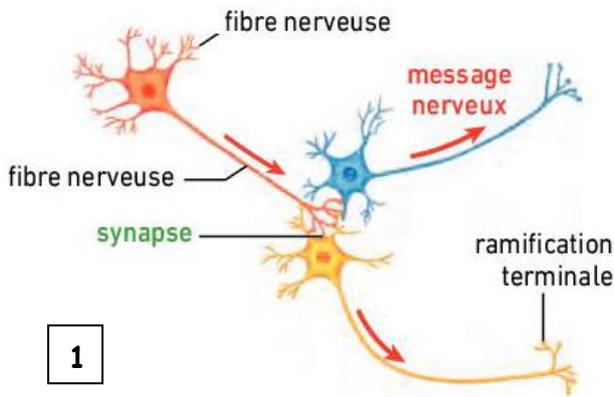
Vidéo bilan :

<https://www.youtube.com/watch?v=rOrOsH0DCp4>

Bilan :

* Nous avons vu que dans le circuit de l'arc réflexe, **plusieurs neurones se succèdent** avant la jonction avec le muscle. Chaque jonction est appelée **une synapse**. Il existe 2 types de synapses :

- **entre 2 neurones** : c'est la **synapse neuro-neuronale (1)**
- **entre le neurone moteur et la cellule musculaire** : c'est la **synapse neuromusculaire (2)**.



* Au niveau des synapses, le message nerveux électrique ne peut plus circuler. Il est converti en **message nerveux chimique** : ce sont des **molécules nommées neurotransmetteurs** qui sont libérées dans la fente synaptique et qui vont provoquer la naissance d'un nouveau train de PA électrique dans la cellule post-synaptique.

* Plus la stimulation de départ est intense et plus la concentration de neurotransmetteurs libérés sera élevée et inversement. Au niveau d'une synapse, il y a donc un **codage biochimique du message nerveux en fonction de la concentration des neurotransmetteurs libérés**.

* Au niveau de la synapse neuromusculaire, le neurotransmetteur mis en jeu est l'**acétylcholine**.

* Au niveau **des muscles squelettiques**, lors de l'arrivée du message nerveux dans le neurone moteur, l'**acétylcholine est libérée dans la fente synaptique** ce qui déclenche la formation de **potentiels d'action musculaires**. Leur propagation dans la cellule musculaire entraîne l'**ouverture des canaux calciques du réticulum sarcoplasmique** ce qui **augmente la concentration des ions calcium dans le cytoplasme** de la cellule musculaire.

C'est cette augmentation qui provoque la **contraction de la cellule musculaire** et du muscle.

1- Arrivée du message nerveux moteur

2- Libération des neurotransmetteurs (Acétylcholine) dans la fente synaptique

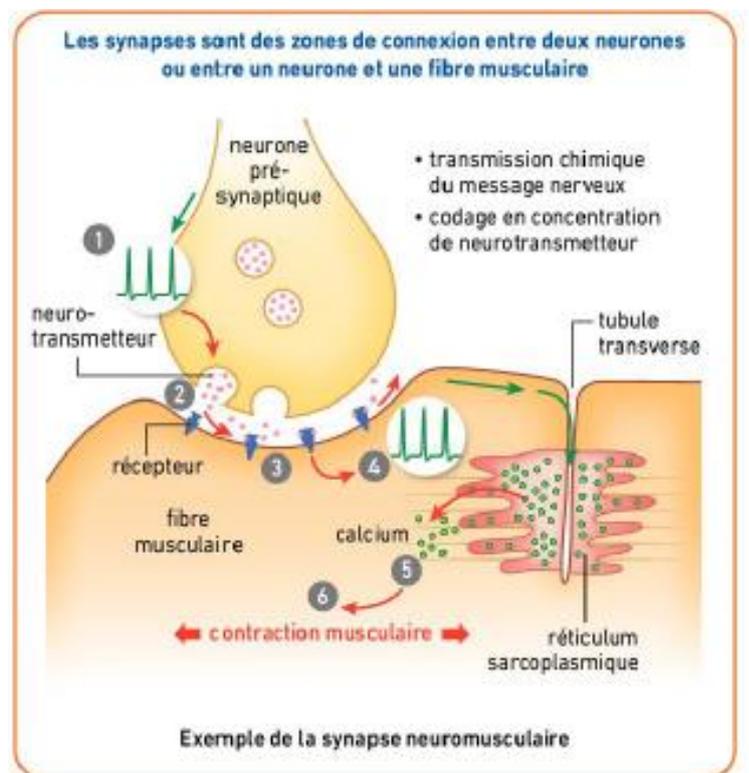
3- Fixation des neurotransmetteurs sur leur récepteur spécifique de la cellule musculaire

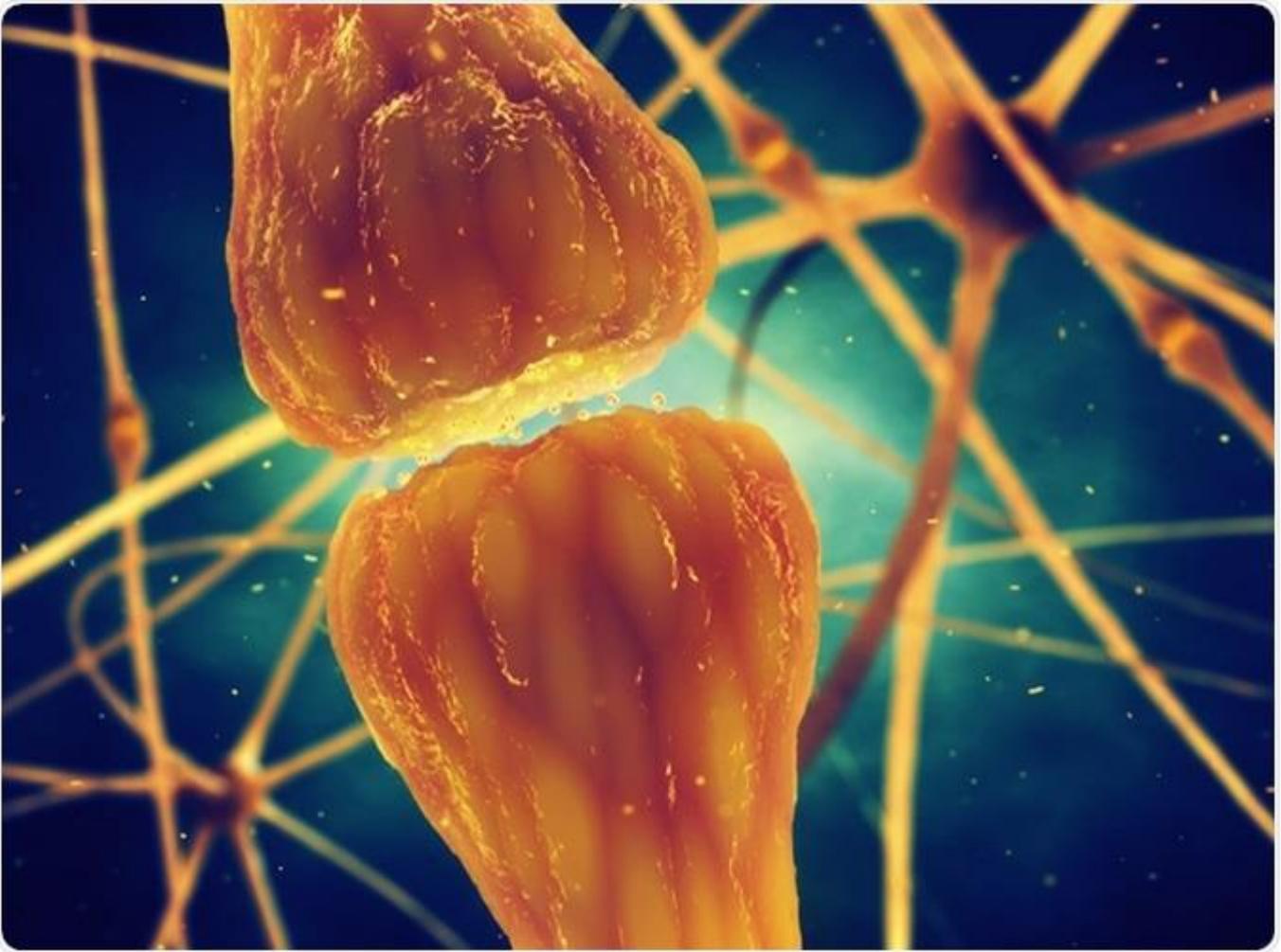
4- Dépolarisation de la cellule musculaire (potentiels d'action musculaire)

5- Libération du Ca^{2+} depuis le réticulum sarcoplasmique vers le cytosol

6- Contraction de la cellule musculaire

Comme il y a de nombreuses synapses sur les cellules musculaires d'un même muscle qui envoient le même message, il y a contraction simultanée des cellules musculaires ce qui raccourcit le muscle.





Quelques vidéos d'animation : (ne peuvent être regardées qu'une seule fois)

- Animation : potentiel d'action

<https://www.edumedia-sciences.com/fr/media/547-message-nerveux>

<https://www.edumedia-sciences.com/fr/media/599-la-propagation-du-potentiel-daction>

- Animation : synapse neuro-musculaire

<https://www.edumedia-sciences.com/fr/media/589-synapse-neuromusculaire-2>

<https://www.edumedia-sciences.com/fr/media/205-la-transmission-synaptique?auth=71d0f0768c8d6c04f96a2b196db5057e-14636>

<https://www.edumedia-sciences.com/fr/media/205-la-transmission-synaptique?auth=71d0f0768c8d6c04f96a2b196db5057e-14636>