

LA CONTRACTION MUSCULAIRE

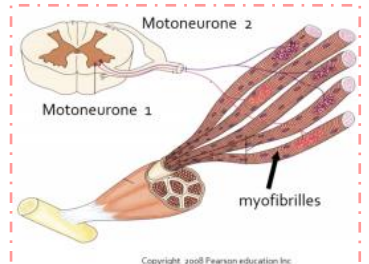
1. Innervation de la cellule musculaire striée squelettique

La contraction des muscles squelettiques est sous le contrôle du **système cérébro-spinal**. Ainsi, un muscle est innervé par un ou plusieurs nerfs cérébro-spinaux.

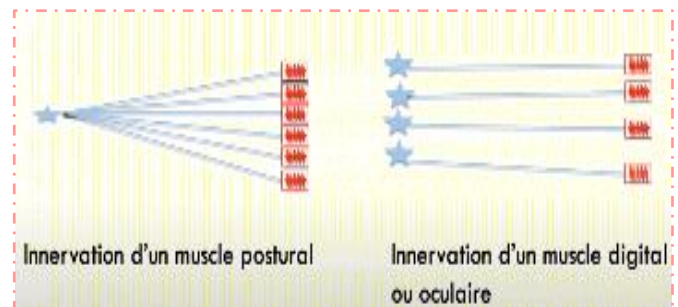
Un **motoneurone** peut innervé **plusieurs cellules musculaires**. La **précision** du mouvement réalisé par le muscle dépendra du **nombre de myocytes** innervés **par un seul même motoneurone**.

Si ce motoneurone se ramifie pour innervé **un faible nombre** de myocytes, le mouvement sera **très précis** : comme pour les muscles **des doigts de la main ou les muscles oculaires**.

Si le motoneurone se ramifie pour innervé **plusieurs centaines** de myocytes, le mouvement sera **peu précis** : comme pour les **muscles posturaux**.



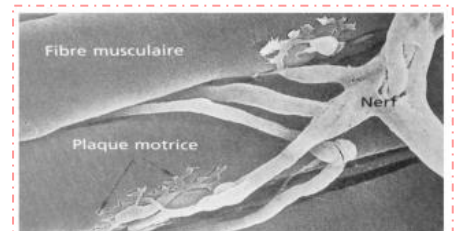
(Pour bien visualiser, imaginez que votre neurone est un médecin. Si vous êtes un médecin généraliste, vous traitez beaucoup de patients, tous avec des pathologies différentes : en cardiologie, en néphrologie, en infectiologie... Vous devez traiter beaucoup de choses mais vous n'êtes pas précis. Alors qu'un spécialiste ne traite que d'une spécialité, il est donc plus précis. C'est pareil avec vos cellules : si un neurone s'occupe d'un myocyte, il donnera des infos plus précises que s'il doit s'adresser à des centaines de cellules en même temps).



Les **axones** des **motoneurones** se ramifient dans le muscle et chaque cellule musculaire reçoit une **innervation unique** (cf. photo ci-contre en ME).

Une **cellule nerveuse** et les **cellules musculaires** innervées constituent une **unité motrice**.

A ne pas confondre avec la **plaque motrice**, qui elle est la zone de contact entre la **terminaison de l'axone** et le **myocyte**.



Récap pour la route :

Un **myocyte** = innervé par **UN SEUL** neurone

≠

Un **neurone** = innervé **PLUSIEURS** myocytes

UNITE motrice = cellule nerveuse + tous les myocytes innervés par celle-ci

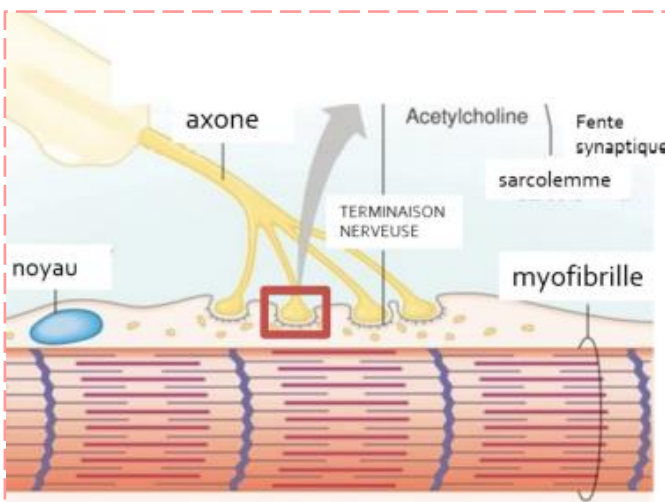
≠

PLAQUE motrice = zone de contact entre **terminaison axonique** et **myocyte**

2. La plaque motrice

La terminaison de l'axone repose dans une invagination du sarcolemme. Si on fait un grossissement sur cette plaque motrice on observe trois zones :

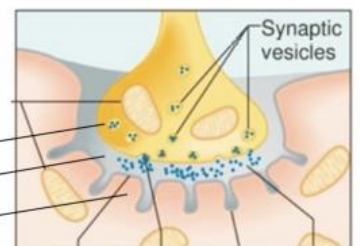
<p>L'espace pré synaptique = la terminaison axonale.</p>	<p>Il contient de très nombreuses mitochondries et vésicules contenant un neurotransmetteur : l'acétylcholine. Il est délimité par la membrane plasmique de l'axone</p>
<p>L'espace synaptique = fente synaptique</p>	<p>Se situe entre l'axone et le myocyte et mesure environ 60nm. Il correspond à la fusion des membranes basales de l'axone et du myocyte. Cette zone est très riche en acétylcholinestérase qui est une enzyme ayant pour rôle de détruire l'acétylcholine lorsqu'elle a fait son action</p>
<p>La zone post synaptique</p>	<p>Correspond au sarcolemme du myocyte formant de très nombreux replis. Elle est très riche en récepteurs pour l'acétylcholine. Au niveau du sarcoplasme on observe aussi de nombreux noyaux, des mitochondries, des ribosomes et du glycogène.</p>



ZOOM

Plaque motrice, 3 régions:

- région présynaptique
- Fente synaptique
- Région postsynaptique



1. Arrivée du potentiel d'action qui chemine le long de l'axone et arrive à son extrémité au niveau de la plaque motrice.

3. Libération des vésicules d'acétylcholine (stockées au niveau de l'espace pré synaptique) dans la fente synaptique

5. Dépolarisation du sarcolemme

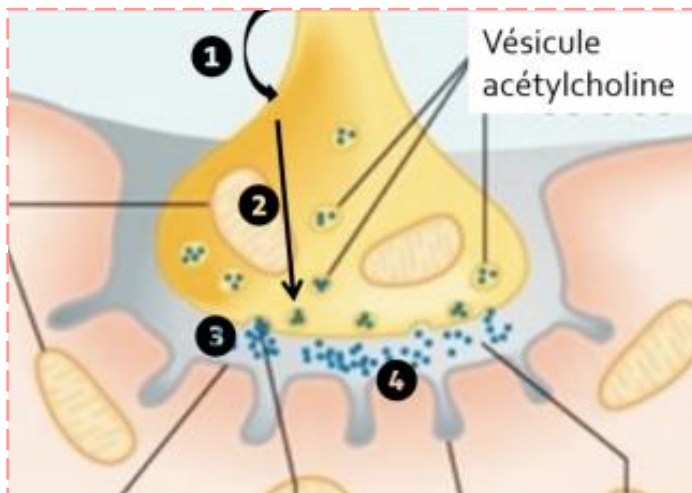
Les récepteurs de l'acétylcholine agissent comme des canaux à sodium et ils provoquent un afflux d'ions sodium au niveau du myocyte ce qui induit une dépolarisation du sarcolemme.

Lorsqu'il arrive au niveau de la plaque motrice le potentiel d'action provoque...

2. L'Afflux de calcium dans la région présynaptique

4. Fixation des molécules d'acétylcholine sur leurs récepteurs au niveau la membrane du myocyte

(après avoir traversé la fente synaptique)



Au niveau de **cette plaque motrice**, lorsque l'excitation musculaire est terminée, l'acétylcholine diffuse passivement en dehors de la fente synaptique.

Elle est dégradée par **hydrolyse** grâce à l'**acétylcholinestérase**.

Anomalies de l'excitation musculaire

Curares (anesthésiants utilisés en médecine), **gaz de combat** et certains **pesticides** : On peut observer **une inhibition de la transmission neuromusculaire** par **compétition** avec l'**acétylcholine**

Myasthénie : pathologie **qui inhibe la transmission neuromusculaire**. Dans cette pathologie, l'organisme produit des **auto-anticorps** qui sont dirigées contre les **récepteurs de l'acétylcholine** et **bloquent** l'accès du **neurotransmetteur** à son récepteur.

Toxine botulique : **inhibe l'activité de l'acétylcholinestérase**. Ainsi, si l'**acétylcholine n'est pas dégradée**, il y a une **augmentation de la transmission neuromusculaire**. (elle reste présente en grande quantité dans la fente synaptique, l'acétylcholine peut donc venir se fixer sur ses récepteurs)

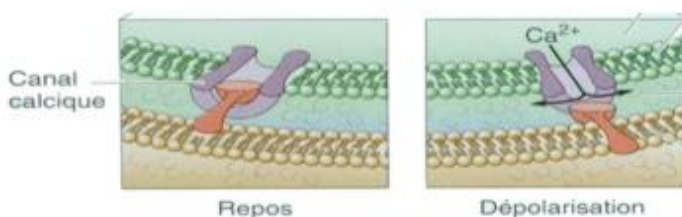
Mais alors Jammy, il se passe quoi une fois que l'acétylcholine s'est fixée sur les récepteurs membranaires du myocyte ?...

Après l'**activation de la plaque motrice**, l'**onde de dépolarisation se transmet au niveau du sarcolemme dans deux directions** :

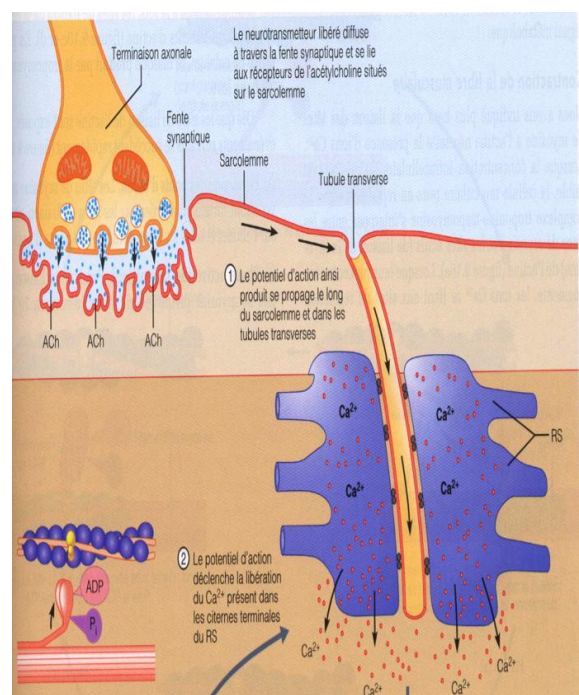
- ➔ Tout le long de la **membrane du myocyte**
- ➔ En **profondeur par le système des tubules T**.

De cette manière, **l'onde de dépolarisation arrive au niveau des triades** et à cet endroit elle active des **récepteurs** → les **récepteurs à la ryanodine** et à la **dihydropyridine**.

L'activation de ces récepteurs provoque **l'ouverture des canaux calciques** des **citernes terminales** et de cette façon le **calcium est libéré à proximité des myofibrilles**. Lorsqu'il y a **arrêt de l'excitation** et arrêt de la dépolarisation, le **calcium retourne à l'intérieur des citernes**.



Grâce à la **libération du calcium**, l'onde de dépolarisation parvient au niveau de **l'unité contractile : le sarcomère**.



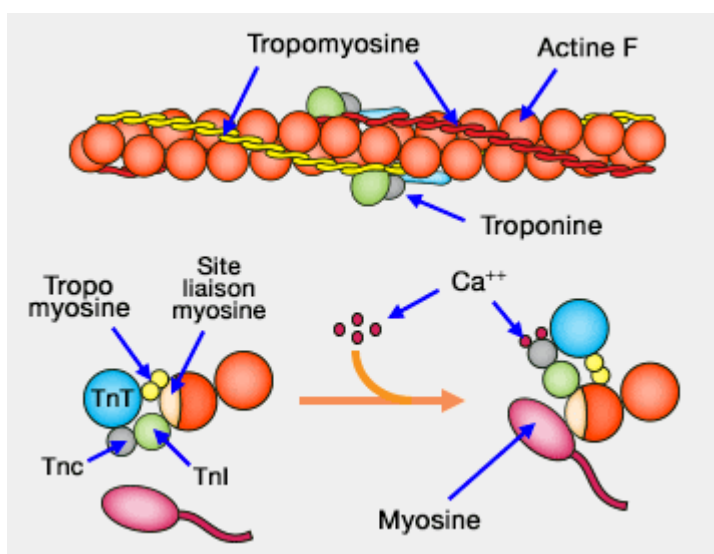
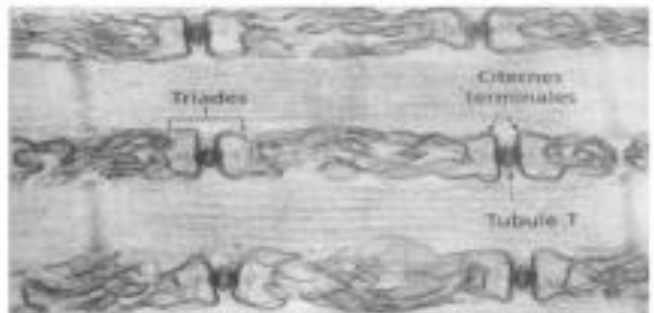
Petit rappel utile pour la suite :

- **MSS** = Présence de **triades** = 1 **tubule T** (contenant de nombreux **CANAUX calciques**) + 2 **citernes terminales** (contenant des **RESERVES en ions calcium**).
- On se souvient qu'au niveau des **myofibrilles**, on a les *myofilaments épais* et les *myofilaments fins*.

Au niveau des **myofilaments fins**, on retrouve de l'**actine**, de la **tropomyosine** et de la **troponine**.

La troponine possède 3 sous-unités :

- ➔ La troponine **C** : qui fixe les ions **calcium**
- ➔ La troponine **T** : qui se lie à la **tropomyosine**
- ➔ La troponine **I** : qui masque le site de liaison à la myosine : elle inhibe la **liaison entre actine et myosine**

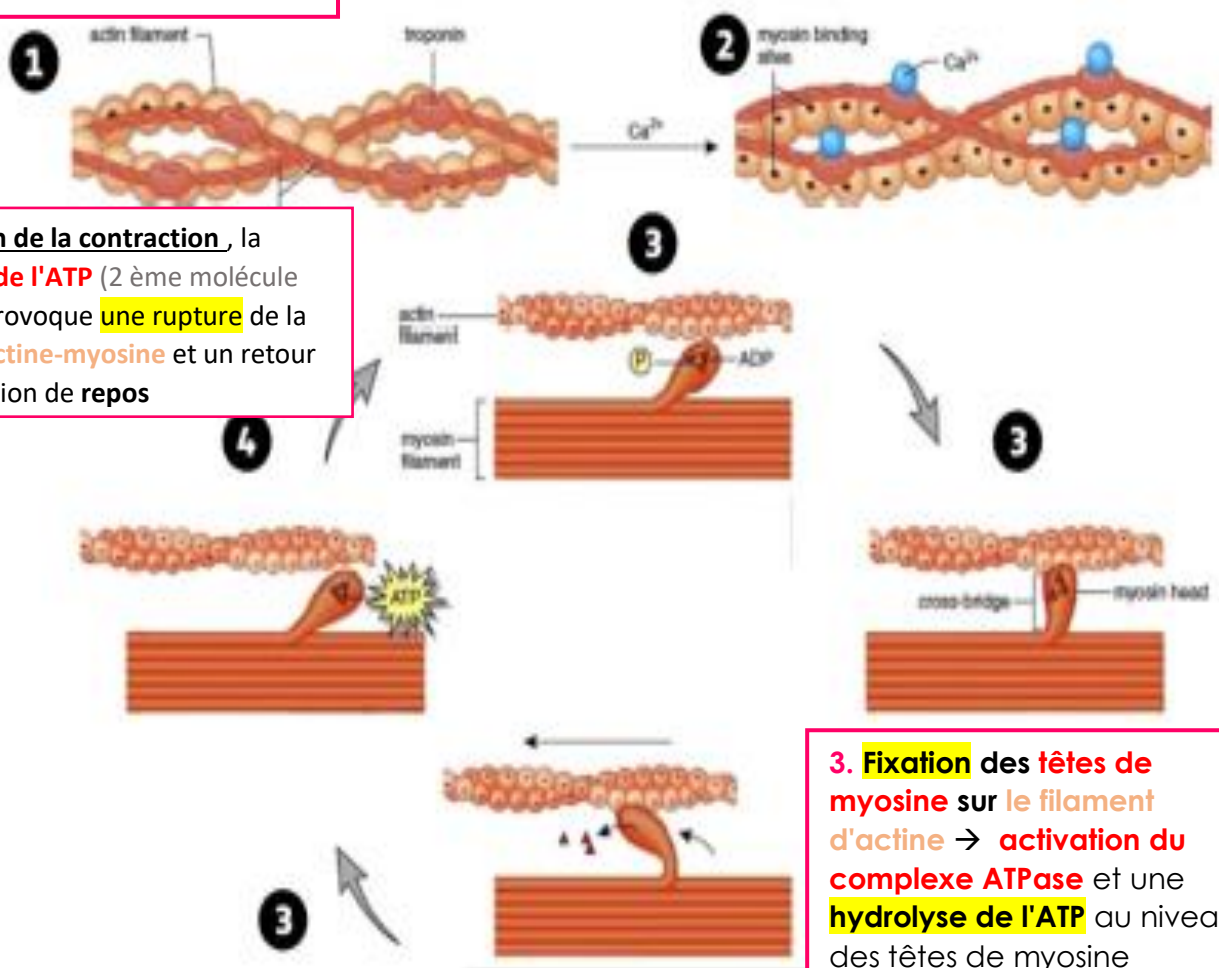


3. La contraction musculaire à l'échelle d'une molécule d'actine-myosine

1. Le **sarcomère** est à l'état de **repos** : l'ATPase de la **myosine** est **inactive**

2. Le **calcium** (sorti des citernes) se fixe sur la **troponine C** → **rupture** de la liaison entre la **troponine I** et l'**actine** → **glissement** de la **tropomyosine** dans la double **hélice d'actine** → **exposition des sites de fixation à la myosine**

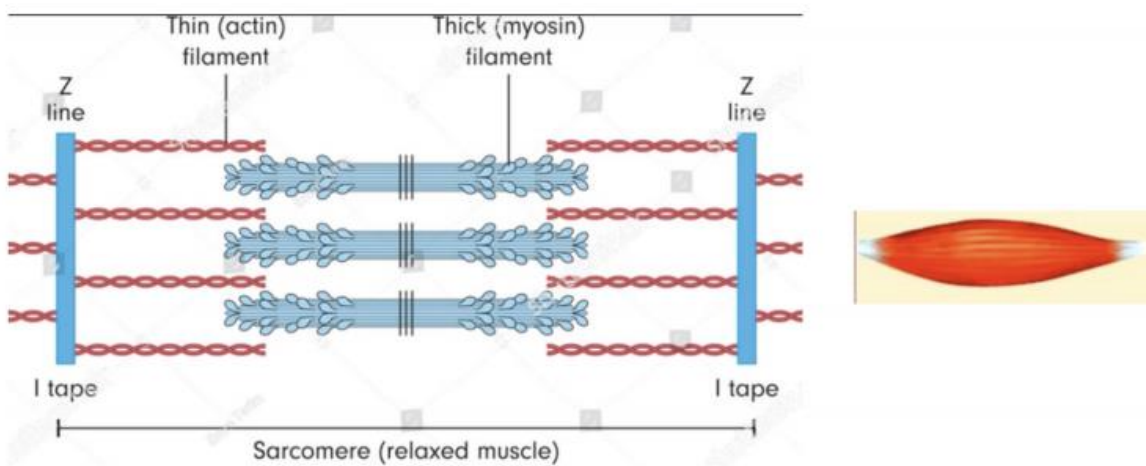
4. À la fin de la contraction, la **fixation de l'ATP** (2^{ème} molécule d'ATP) provoque **une rupture** de la **liaison actine-myosine** et un retour à la position de **repos**



3. **Fixation** des **têtes de myosine** sur le **filament d'actine** → **activation du complexe ATPase** et une **hydrolyse de l'ATP** au niveau des têtes de myosine
 → Libération d'énergie
 → **rotation de la tête de myosine** → **déplacement** entre 5 et 7 nm **en direction de la strie M** → **traction** sur le **filament d'actine**
 → **raccourcissement du sarcomère**

4. La contraction musculaire à l'échelle du sarcomère : déplacement des têtes de myosine

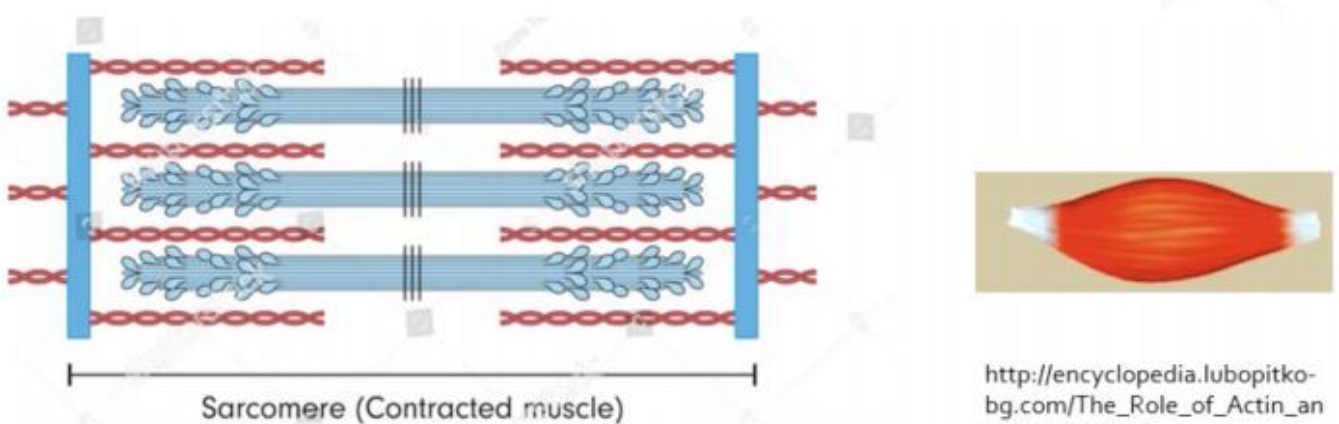
1. Le sarcomère et le muscles sont en position de repos



CONTRACTION

2. Le sarcomère et le muscles sont contractés

Lorsqu'il y a excitation et contraction du muscle, le sarcomère se raccourcit, les stries Z se rapprochent et le muscle se contracte. Les **myofilaments fins** glissent entre les **myofilaments épais**.



http://encyclopedia.lubopitko-bg.com/The_Role_of_Actin_and_Myosin.html