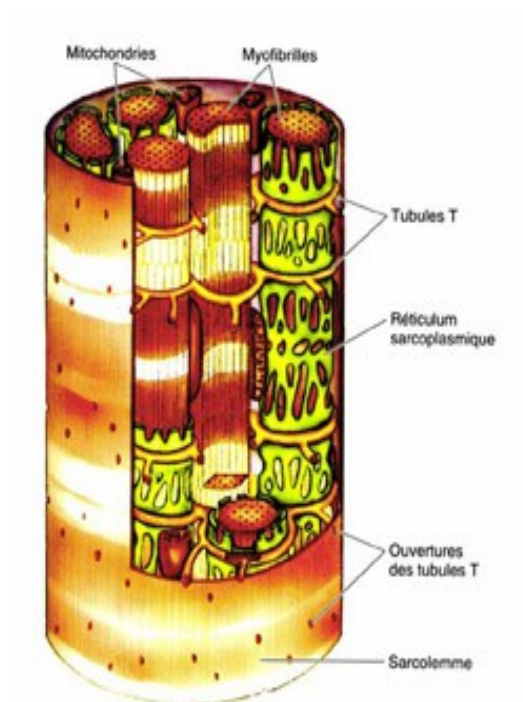


NEUROBIOLOGIE

Motricité

#Les mécanismes d'excitation/contraction: Comment un neurone moteur dit à une cellule musculaire contracte toi. (suite)

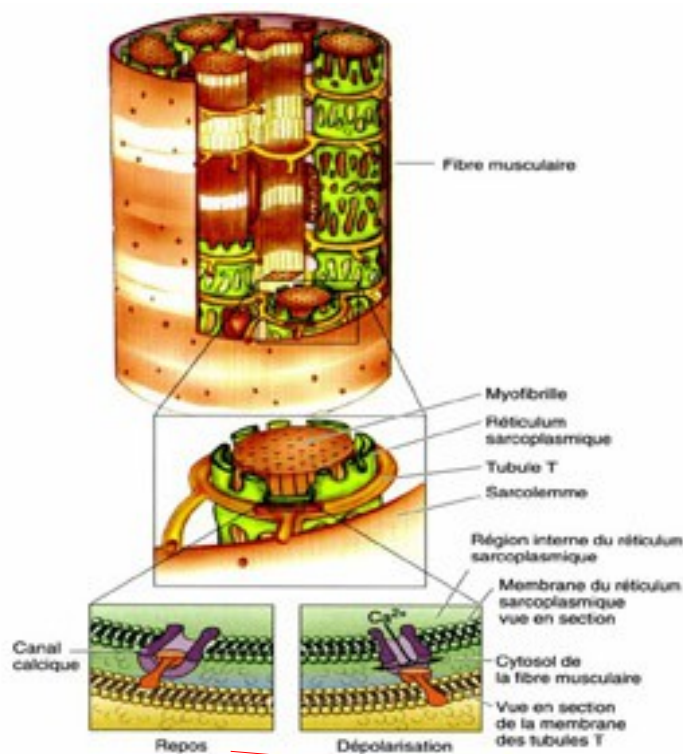
Nous allons voir comment se fait la contraction musculaire.



Anatomie de la cellule (ci-dessus)

Il y a une membrane appelée le **sarcolemme**. A l'intérieur de la fibre, il y a les **myofibrilles**, ce sont les fibres qui vont permettre à la cellule de se contracter et de se relâcher, elles sont **striées**. Ensuite il y a des **mitochondries** qui vont amener l'énergie nécessaire à la contraction et au relâchement. Ensuite il y a du **réticulum sarcoplasmique**, c'est un organe qui a plusieurs fonctions en particulier celle de stocker du calcium. Ensuite il y a les **tubules T** qui sont des canaux entourant les fibres et le réticulum tout le long de la cellule musculaire. On les appelle T car il y a

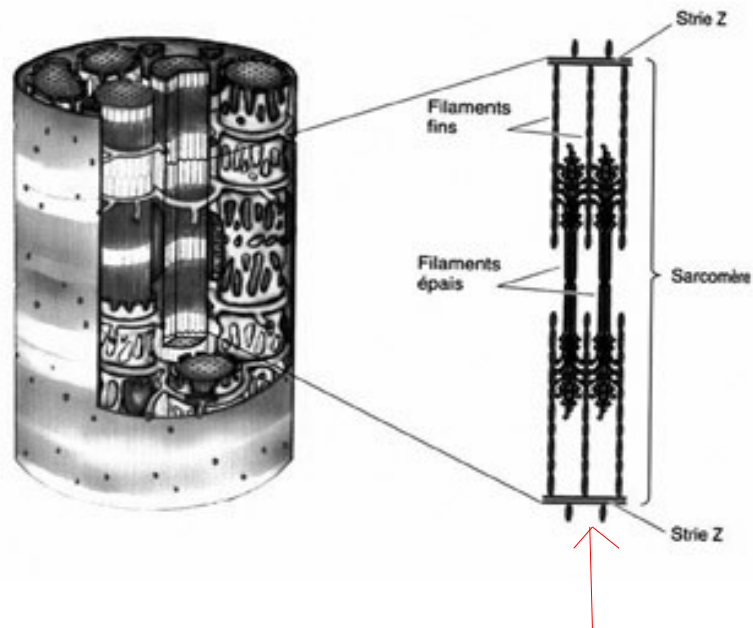
une partie du tubule en contact d'une part avec le sarcolemme (membrane) et d'autre part avec le réticulum.



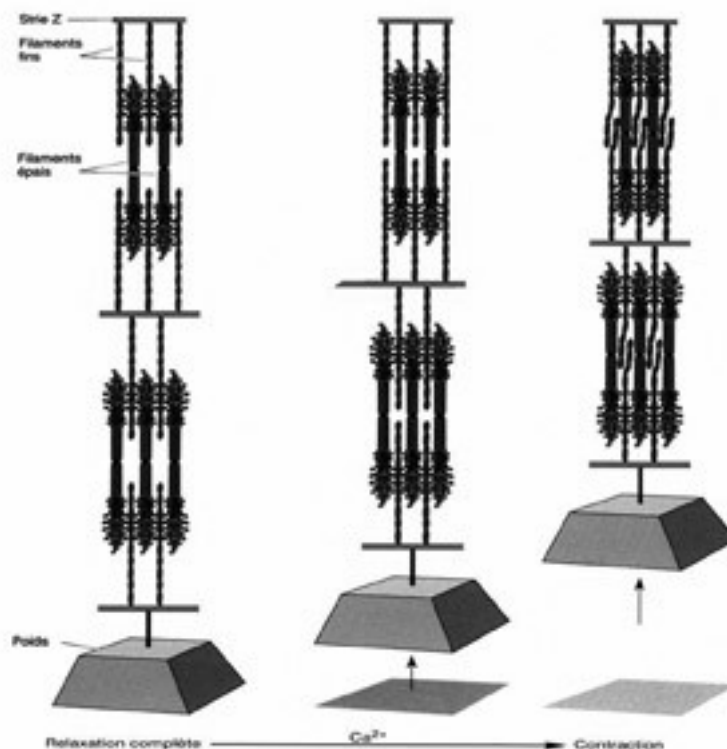
Il y a un **rapport étroit** entre le tubule T et le réticulum. Quand le muscle est au repos, il y a une **liaison entre les deux membrane** (réticulum et sarcolemme), le réticulum possède des **canaux sélectifs** au calcium et le sarcolemme a un **bouchon** qui rentre dans le canal calcique et donc le ferme au repos. Quand la membrane du tubule T se dépolarise, le bouchon va changer de conformation et il va sortir du canal calcique. Le canal va s'ouvrir et les ions vont bouger librement en fonction du gradient de concentration des ions.

Le calcium va sortir du réticulum pour envahir le cytoplasme, envahir la cellule musculaire. → **1ère étape de la contraction musculaire**

Sans calcium il n'y a pas de contraction musculaire.

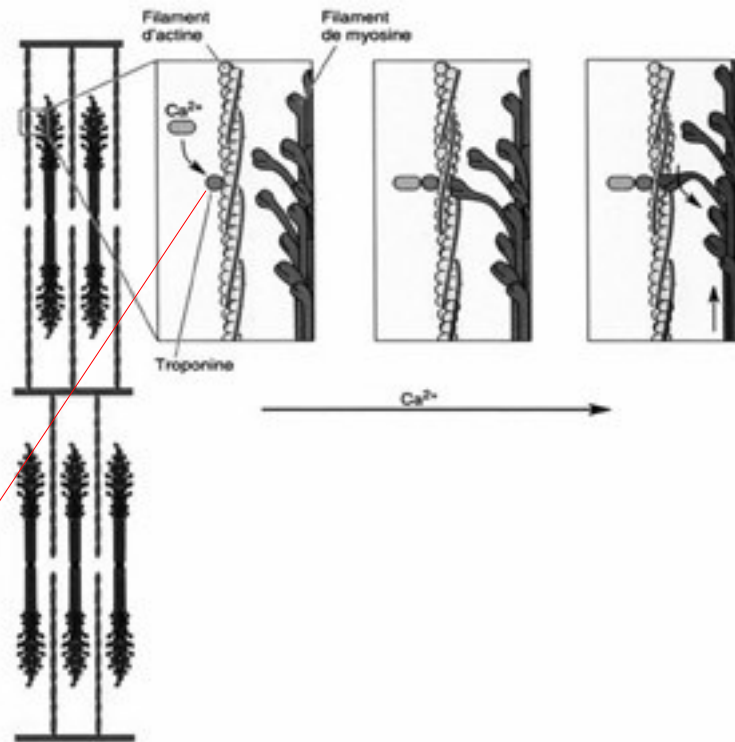


Intéressons nous aux **myofibrilles**. On voit qu'il y a des **stries**. Il y a deux molécules appelées les **stries Z** de part et d'autre de cette unité. Entre deux stries Z il y a le **sarcomère**. Le sarcomère est composé de deux stries Z et de deux filaments particuliers aux muscles (il y a des **filaments fins** insérés sur les stries Z des deux côtés et il y a des **filaments épais** entre les filaments fins, ces filaments épais ont des parties qui vont s'incruster sur les filaments fins)
 Les **filaments fins** → **filaments d'actine**
 Les **filaments épais** → **filaments de myosine**



Les filaments de myosine vont permettre la **contraction ou le relâchement** musculaire.

Lors de la contraction musculaire, les filaments épais (myosine et tête de myosine) vont remonter le long des filaments d'actine (filaments fins) pour arriver à une contraction maximale. Cette contraction dépend donc **totalemment** du calcium.



Ici nous avons une molécule appelée la **troponine**. Quand la concentration en calcium est basse, la troponine va se fixer sur le filament d'actine, ce qui empêche la tête de la myosine de se fixer sur l'actine, donc l'empêche de remonter et de contracter le muscle. Quand le calcium envahit le cytoplasme, le calcium va se fixer sur la troponine et la troponine va bouger au niveau du filament d'actine et va libérer les sites où la tête de myosine peut se fixer sur l'actine.

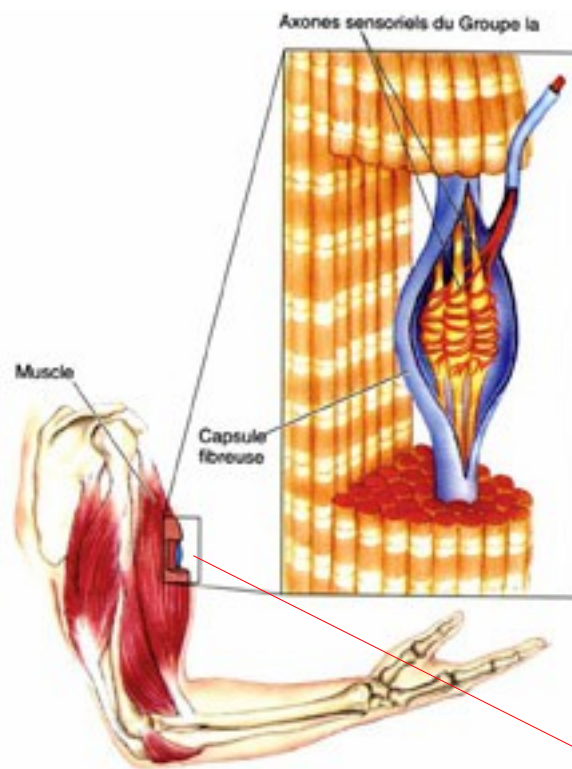
Ce mécanisme **nécessite du calcium et de l'énergie**, c'est pour cela que les mitochondries sont importantes (elles donnent de l'ATP)

Tant qu'il y a du calcium et de l'énergie, la cellule musculaire reste contracter. Pour le relâchement musculaire, il faut que le calcium sorte du cytoplasme et pour cela il y a des mécanismes très puissants. Le calcium va rentrer à nouveau dans le réticulum sarcoplasmique. Pour cela le réticulum a des pompes qui prennent le calcium dans le cytoplasme et le remettent dans le réticulum (grâce à l'ATP) Le calcium sort de sa liaison avec la troponine. La troponine **change**

de conformation et bloque les sites d'actine et de myosine →
Décontraction/relâchement musculaire.

La rigidité cadavérique s'explique par ce mécanisme. Quand on meurt, on a plus d'énergie, plus d'ATP, il y a du calcium dans les fibres musculaire mais il n'y a **plus d'énergie pour retirer le calcium et le remettre dans le réticulum**, il va y avoir rigidité des muscles. Ce temps de rigidité cadavérique est daté très précisément et en fonction de cette rigidité cadavérique on peut remonter jusqu'à la mort.

#Le contrôle spinal du mouvement, comment les motoneurones et l'ensemble des moto-neurones sont capables de générer des mouvements coordonnés.



Si on regarde comment est fait un muscle on va agrandir ici.

Sur 100 fibres musculaires, il y a des fibres entourées d'une **capsule fibreuse** (1 sur 100) et au centre de ces fibres il y a des **terminaisons nerveuses** entourant ces fibres → **fuseau neuro-musculaire**. Les fibres qui permettent la contraction du muscle et qui ne sont pas dans la capsule fibreuse sont les **fibres extrafusale (9/10)**. (vs. **Intrafusale (1/10)**) Les fibres intrafusale sont connectées à des **neurones sensibles**. Ces neurones entourent la fibre en son centre et vont

pouvoir ressentir l'étirement de la fibre. L'information remonte le long des fibres sensibles. Ces fibres sont des grosses fibres, ce sont des **fibres du groupe 1.a** permettant la **proprioception** (ensemble des systèmes sensoriels permettant de savoir où est le corps dans l'espace, au repos et en mouvement)

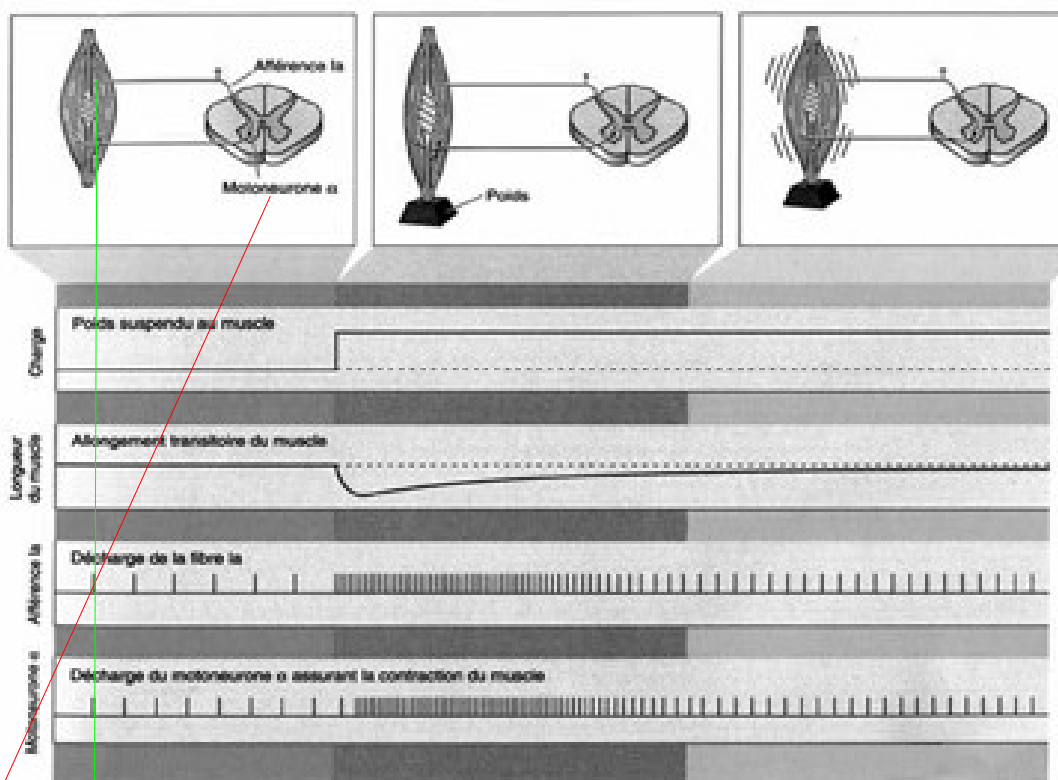
Il y a **3 systèmes** de la proprioception

→ L'œil (**le système visuel**)

→ **Le système vestibulaire** (dans l'oreille interne) (permet de connaître l'accélération verticale, horizontale, etc...) [Mal de mer correspond au système vestibulaire qui ne va pas]

→ **Le système somato sensoriel** (les neurones sensoriels innervent le muscle et vont envoyer les informations au SNC de l'état de contraction, de tension du muscle..)

Dans les fibres intrafusales il y a des neurones sensibles qui vont faire remonter l'information au SNC et au niveau de la moëlle épinière.



Le **motoneurone alpha** va innerver les fibres musculaires extrafusales. On a des **fibres sensibles** qui entourent et qui vont arriver au ganglion rachidien dorsal et vont projeter au niveau de la corne dorsale. Ces fibres vont traverser la corne dorsale et aller faire une synapse directement sur le

mouvement.

Les neurones sensibles ont des **capteurs**, ce sont des **canaux ioniques** sensibles à l'étirement de la membrane. Quand la membrane n'est pas étirée, les canaux ne sont pas ouverts ou très peu et **plus la membrane s'étire, plus les canaux vont s'ouvrir**. Ces **canaux sont sélectifs au sodium**. Le sodium va rentrer dans la fibre nerveuse, ce qui **dépolarise la fibre nerveuse** et il va y avoir des **potentiels d'action** qui vont arriver à la synapse entre le neurone sensitif et le moto-neurone.

On prend le muscle, on lui met un poids → Le muscle s'étire et on laisse le poids.

Petit à petit le muscle va revenir à son allongement initial (si il est innervé sinon cela ne marcherait pas)

En ce qui concerne les **fibres sensibles**,

→ Au **repos** elles envoient des potentiels d'action (état d'étirement stable) **régulièrement** .

→ Quand le **muscle s'allonge**, les fibres sensibles se mettent à **décharger énormément** et **plus le muscle revient à sa position initial plus les fibres vont ralentir**.

La membrane du neurone est à un état donné où on a 20% des canaux ouverts.

La membrane du neurone va s'étirer aussi, il y a des canaux sensibles à l'étirement vont s'ouvrir, on passe de **20%** à beaucoup plus (**60%**)

→ Quand le muscle revient à sa position initial, la membrane va moins s'étirer et donc moins de canaux ouverts

En ce qui concerne le **moto-neurone**

Il envoie des décharges aux fibres musculaires pour leur dire de rester contracter.

→ Quand le muscle s'allonge, la fibre s'étire (et se met à décharger), la membrane du neurone s'étire, le moto-neurone va **changer sa fréquence** (avec 1 sec de différence) il va faire d'**énormes décharges de potentiel d'action**

→ Quand le muscle revient à sa position initiale le motoneurone va **ralentir**

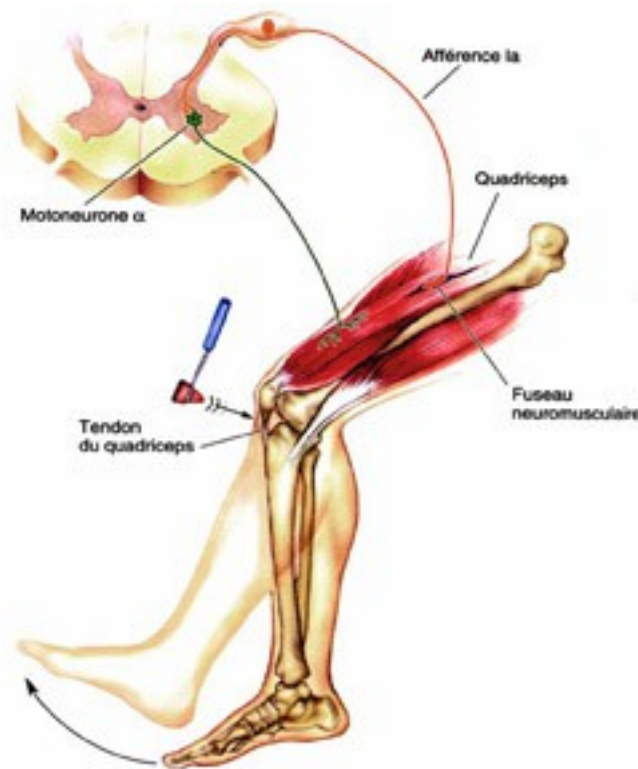
Muscle étire → neurone sensitive accélère ses potentiels d'action et ceux-ci arrivent à la synapse

(le neuro-transmetteur pour les neurones sensitifs est toujours le glutamate quelque soit le type de neurone sensitif) Le moto-neurone va envoyer beaucoup plus de potentiels d'action et va beaucoup plus décharger au fur et à mesure.

Les fibres musculaires qu'il innerve vont se contracter beaucoup plus et les canaux vont se fermer et envoyer moins de potentiels d'action et libérer moins de glutamate à la synapse et donc les fibres musculaires vont moins se contracter.

La fonction des fibres 1.a du fuseau neuro-musculaire est de dire au moto-neurone **l'état d'étirement du muscle**.

Tout ceci résume **Le réflexe myopathique** (le plus simple car il a besoin de 2 neurones et d'1 synapse)



Avec un marteau on tape sur le tendon du quadriceps
Quand on donne un coup, on va étirer le tendons et donc étirement du muscle du quadriceps ce qui veut dire changement d'étirement. La membrane des neurones sensitifs s'étire → les canaux s'ouvrent → plus de potentiels d'action → augmentation de libération de glutamate → moto-neurone beaucoup + excité → Il envoie potentiels aux fibres musculaires → Contraction des fibres musculaire