



LE TISSU MUSCULAIRE STRIÉ SQUELETTIQUE

By Mew

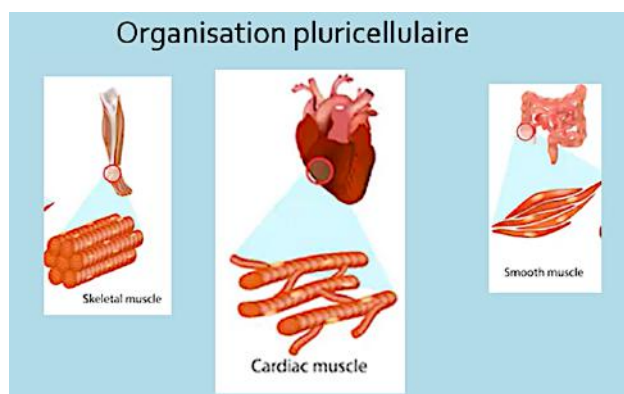


*TUTORAT NIÇOIS
2020-2021
PASS/LAS*

GÉNÉRALITÉS SUR LES TISSUS MUSCULAIRES

Les tissus musculaires sont composés de cellules appelées **myocytes**. Ces cellules sont **spécialisées** dans la **production** de la **force motrice**, c'est-à-dire qu'elles sont capables de se **contracter**. En effet, les myocytes sont capables de se **raccourcir** grâce à la présence de **protéines contractiles**. Ils présentent une autre propriété : la capacité à **transformer** l'énergie **chimique** en énergie **mécanique**.

Les myocytes suivent un mode d'organisation en **unités contractiles** qui peuvent être **pluricellulaires** ou **unicellulaires**.



L'organisation **pluricellulaire** des myocytes réalise une organisation en **tissu**, en **organe**. En l'occurrence, ce sont les tissus des muscles **squelettiques**, du **cœur**, et aussi les tissus musculaires **lisses** dans la paroi du tube digestif par exemple. *(ce sont eux qui feront l'objet du cours)*

L'organisation **unicellulaire** des myocytes correspond à des cellules **isolées**. Ces cellules ont une structure proche des cellules musculaires **lisses**. Par exemple les cellules qui présentent ce type d'organisation sont :

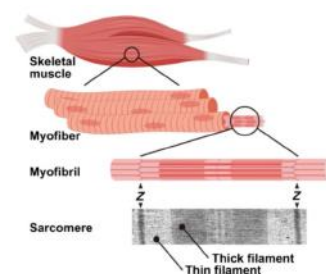
- Les cellules **myoépithéliales** qui permettent l'expulsion des sécrétions dans les épithéliums glandulaires
- Les **péricytes** qui entourent l'endothélium (épithélium) capillaire et permettent de garder le tonus vasculaire
- Les **myofibroblastes** présents dans le tissu conjonctif

La prof décrit ensuite sous forme de tableau les trois différents types de muscles

	Tissu musculaire strié squelettique	Tissu musculaire cardiaque	Tissu musculaire lisse
ASPECT EN MO	Strié	Strié	lisse
CELLULES	Rhabdomyocytes	Cardiomyocytes	Léiomyocytes
RÔLE	Mouvements volontaires , maintien posture	Circulation du sang	Mouvements involontaires
CONTRÔLE	Système nerveux cérébro-spinal	Modulé par le système nerveux autonome ou végétatif	Système nerveux végétatif
CONTRACTION	Volontaire, rapide	Rythmique, involontaire	Involontaire, lente, prolongée
LOCALISATION	Associé au squelette	Coeur	Associé aux viscères, paroi vaisseaux

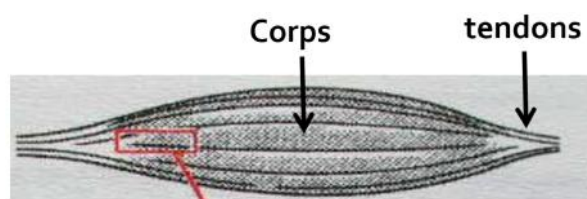
LE TISSU MUSCULAIRE STRIÉ SQUELETTIQUE

Il s'agira d'abord de décrire leur aspect **macroscopique** puis les aspects en microscopie **optique** et **électronique** et enfin la **composition moléculaire**.



LE MUSCLE STRIÉ SQUELETTIQUE

Dans l'organisme, le tissu musculaire strié squelettique représente **25%** du poids de l'organisme à la naissance puis **45%** du poids de l'organisme chez l'adulte. D'un point de vue **macroscopique**, comme nous le voyons sur le schéma ci-contre, le muscle est constitué de **deux parties**. Au **centre**, le **corps** du muscle et aux **extrémités** les **tendons** qui permettent le **rattachement** du muscle au squelette.



Histologie, JF Dadoune 2e édition, Editions Broc 2000 - ISBN-13 : 978-2257121202

Si on réalise une coupe **transversale** du corps musculaire, on observe **quatre composantes** : une composante **musculaire**, une composante **conjonctive**, une composante **vasculaire** et une composante **nerveuse**.

Composantes musculaire et conjonctive

Le **corps** du muscle est enveloppé par du tissu conjonctif : c'est l'**aponévrose** ou **épimysium**. Ce dernier émet des **cloisons conjonctives** qui entourent chaque **faisceau** de muscle. Ces cloisons portent le nom de **périmysium**. Le périmysium lui-même émet des cloisons conjonctives plus petites qui entourent **chaque cellule** musculaire : c'est l'**endomysium**.

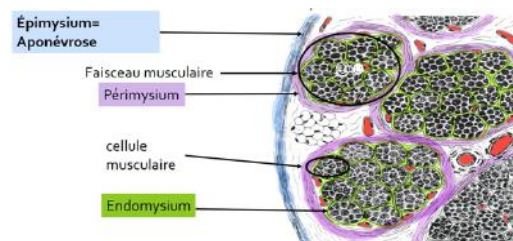
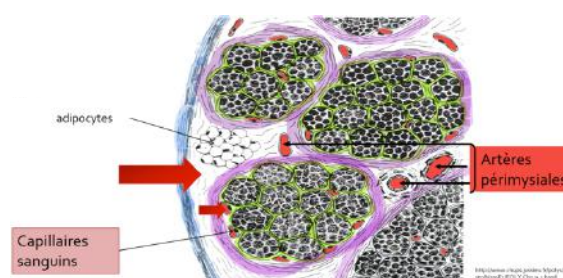


schéma d'une coupe transversale d'un muscle strié squelettique

Composante vasculaire

La composante vasculaire est importante : elle doit couvrir les **besoins énergétiques** du muscle. Elle chemine à travers la composante conjonctive. Ainsi, les **volumineuses artères** traversent l'**épimysium** puis elles se **ramifient** dans les cloisons du périmysium : on les appelle **artères périmysiales**. Ces dernières traversent ensuite le périmysium pour se ramifier au niveau de l'endomysium et donner naissance à un très vaste réseau de **capillaires sanguins**. Il y a **un** capillaire sanguin pour **une** cellule musculaire.



Composante nerveuse

La composante nerveuse est de deux types : **moteur** et **sensitif** :

- La composante **motrice** sert à la **contraction**
- La composante **sensitive** est **sensible** à l'**étirement** du muscle

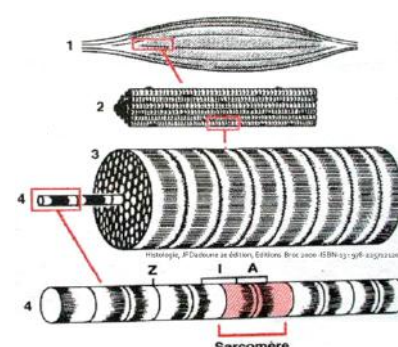
Les trajets des nerfs sont semblables à ceux de la vascularisation. Ainsi, les nerfs de gros calibres **traversent l'épimysium**, se ramifient dans le **périmysium** et se ramifient encore dans l'**endomysium** pour être en **contact** avec les cellules musculaires.



LA CELLULE MUSCULAIRE STRIÉE SQUELETTIQUE

Du muscle à la myofibrille

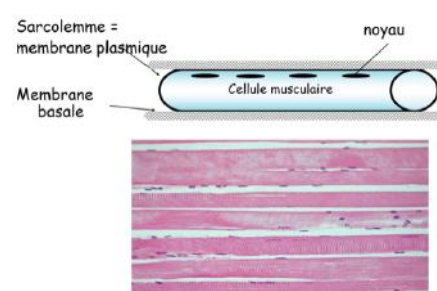
En faisant une étude de la macroscopie à la microscopie, on observe le muscle squelettique puis un **ensemble** de cellules musculaires (faisceau). En isolant une cellule musculaire on observe dans son cytoplasme des **myofibrilles** qui sont des **organites cellulaires**. Si on isole une myofibrille on pourra observer en microscopie électronique l'**unité fonctionnelle contractile** du muscle : le **sarcomère**.



Morphologie

Le rhabdomyocyte est une cellule :

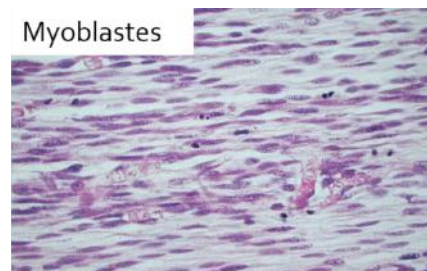
- **Cylindrique** aux bords **parallèles**
- Ayant un diamètre de **10 à 100 micromètres** (*grosse cellule*) et qui peut être extrêmement grande en atteignant une **longueur de 30 centimètres**
- S'attachant aux **tendons** ou bien au **périmysium** et qui peut faire la longueur du muscle
- Possédant une **membrane plasmique** que l'on appelle le **sarcolemme** et qui repose sur une **membrane basale**
- Dont le cytoplasme (*photo ci-contre*) contient de très **nombreux** noyaux : environ une **centaine**. Ils sont **refoulés** en **périphérie**



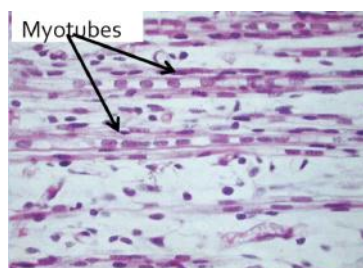
Très longue, nombreux noyaux : pourquoi ?

Il s'agira à présent de comprendre pourquoi les myocytes ont de telles particularités (aspect allongé avec des bords parallèles...) et pour cela il faut revenir à l'**embryogenèse** des myocytes à partir de la 3^{ème} semaine de vie.

À partir de la **3^{ème}** semaine de vie, il y a une étape de **différenciation** des cellules et apparaissent les précurseurs des myocytes : les **myoblastes**. Ils comportent **un seul noyau (mononucléés)** qui est **central** et ils ont un aspect **fusiforme** c'est-à-dire qu'elles n'ont **pas** de **bords parallèles**.



3^{ème} semaine : différenciation

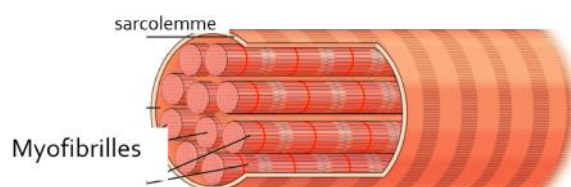


8^{ème} semaine : fusion

Puis à la **8^{ème}** semaine de vie, on observe une étape de **fusion** de plusieurs **centaines** de **myoblastes** et, comme on le voit sur la photo ci-contre, ils forment une très **longue cellule** que l'on appelle **myotube**. On les retrouve chez l'**adulte** chez qui une seule cellule musculaire est un **syncytium** (masse de cytoplasme qui comporte plusieurs noyaux) comprenant une centaine de noyaux avec des bords parallèles.

Mais dis-moi Jamie, pourquoi les noyaux sont refoulés en périphérie ?

Pour répondre à cette question il faut regarder à l'intérieur de la cellule, dans le cytoplasme, qui comme pour toutes les cellules est rempli d'**organites**. Mais dans le myocyte, il existe un organite qui est **majoritaire** : les **myofibrilles**. Elles sont présentes à des **centaines** d'exemplaires dans le cytoplasme des myocytes et elles remplissent le cytoplasme **refoulant** ainsi les **noyaux** en **périphérie** contre le sarcolemme.

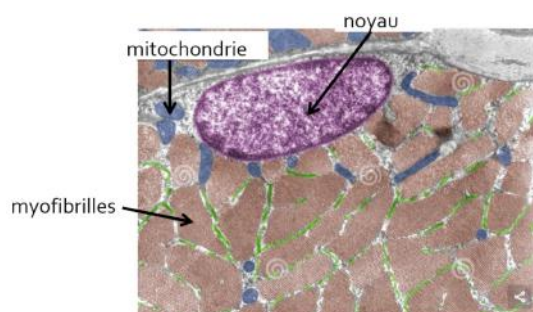


L'ensemble des myofibrilles est appelé **myoplasme**. Chaque myofibrille a un diamètre d'environ **1 à 2 µm**. La myofibrille est l'**unité fonctionnelle** de la cellule et toute **anomalie** dans la **structure** ou le **fonctionnement** des myofibrilles, provoquera des **pathologies musculaires**.

Contenu cytoplasmique

Le reste du cytoplasme du myocyte s'appelle sarcoplasme et il contient d'autres organites ou éléments importants pour la cellule musculaire. Tout d'abord, le sarcoplasme contient de **très nombreuses mitochondries** : elles occupent environ **2% du volume cellulaire**.

*Ci-contre on peut observer une photo en microscopie électronique coloriée. Les **mitochondries** (en bleu) sont riches en crêtes ce qui signifie qu'elles sont très actives dans la fourniture de l'énergie nécessaire à la contraction. Elles sont disposées en file entre les myofibrilles. Toute anomalie des mitochondries et donc de la production d'énergie pour le myocyte, pourra provoquer des **pathologies musculaires**.*



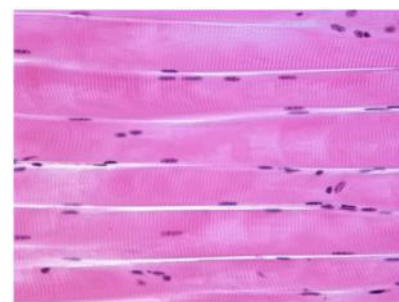
Le deuxième élément important pour les myocytes sont les **réserves d'énergie** assurées par la présence de **glycogène**.

Enfin, il existe aussi des **protéines spécifiques** et très **importantes** pour le fonctionnement des myocytes :

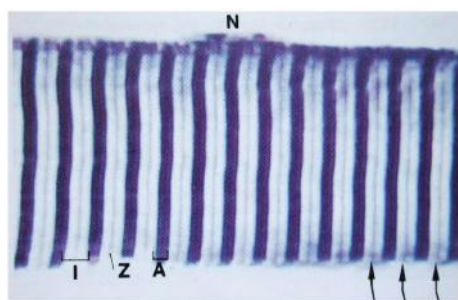
- La **myoglobine** qui est une **chromoprotéine** c'est-à-dire une protéine colorée. Elle est proche de l'**hémoglobine** et capable de **fixer l'oxygène**
- La **dystrophine** qui, comme nous le verrons plus loin, s'accroche au sarcolemme et est très importante dans le fonctionnement des myofibrilles.

Aspect strié en microscopie optique

Le tissu musculaire strié squelettique a un aspect strié en microscopie optique bien observable sur la coupe longitudinale ci-contre. *Mais d'où vient cette propriété ?*



coupe longitudinale



coupe semi-fine

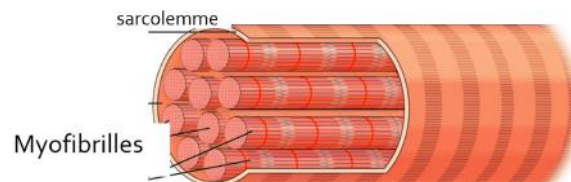
Lorsque l'on observe la coupe semi fine qui permet un grossissement supérieur on voit très nettement une **alternance** dans une seule cellule de bandes **sombres** et de bandes **claires** :

- La bande **sombre** appelée **bande A** (pour Anisotrope) mesure **1,5 μm** de large
- La bande **claire** appelée **bande I** (pour Isotrope) mesure **0,8 μm** de large

Au centre de la bande claire on trouve une fine **strie sombre** appelée **strie Z**.

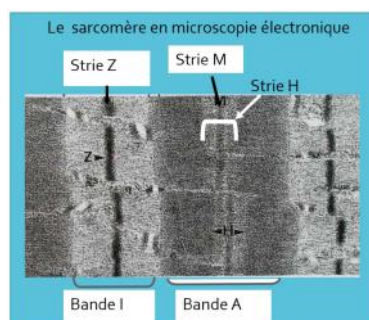
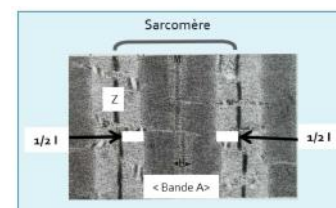
Aspect strié : pourquoi ?

L'aspect **strié** des myocytes est dû aux **myofibrilles**. À nouveau sur le schéma ci-contre on voit que les myofibrilles présentent une **alternance** de bandes claires et de bande sombres. Comme elles sont **parallèles** entre elles et **alignées**, cet arrangement est visible en microscopie **optique**.



Unité fonctionnelle : le sarcomère

Pour comprendre cette **striation** des myofibrilles il s'agira de les observer en microscopie électronique. Cette technique nous permet d'isoler une seule **alternance** bande claire / bande sombre : l'unité **fonctionnelle**, l'unité **contractile** des myofibrilles, le **sarcomère**.



Il se situe entre **deux stries Z** qui séparent chacune une **bande claire** en deux. On voit plus précisément à chaque extrémité du sarcomère **une strie Z** puis en allant vers l'intérieur **deux demi-bandes I** et enfin au centre une **bande A**.

Si on s'attache maintenant à cette bande A et qu'on la regarde plus précisément on voit qu'elle est constituée au centre par une strie plus claire : la **strie H** où strie de **Hensen** et au centre de celle-ci on voit une strie **fine sombre** la strie **M** (vu qu'elle est au centre du sarcomère dites-vous M pour milieu)

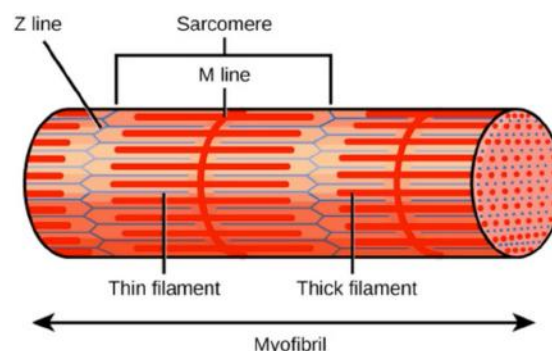
Le sarcomère depuis la première **strie Z** jusqu'à la deuxième **strie Z** mesure environ **2,5 μm** : c'est l'unité **contractile**.

Structure moléculaire du sarcomère

La structure en microscopie **électronique** est liée à une **structure** moléculaire particulière. En effet, le sarcomère est constitué de deux types de myofilaments : des myofilaments **épais** et des myofilaments **fins**. Et d'un point de vue **moléculaire** ces myofilaments sont constitués de **protéines contractiles**. Les myofilaments épais sont constitués de **myosine**, sont rattachés à la **strie M**, ils ont une longueur d'environ **1,5 µm** et un diamètre de **15 nm**.

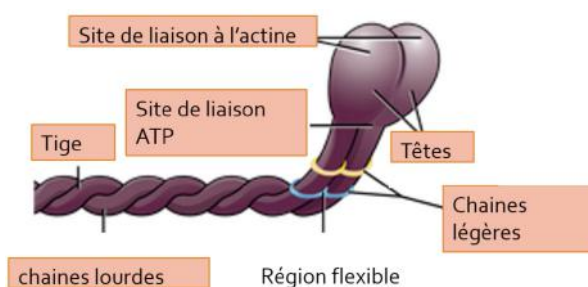
Les myofilaments **fins** sont plus petits, ils mesurent environ **1,5 µm** de long et **5 à 6 nm** de diamètre. Ils sont attachés à la strie Z et sont constitués d'une protéine **contractile** : l'**actine**.

Schéma ci-contre : décrit l'agencement des myofilaments épais en rouge et myofilaments fins en bleu au sein d'une myofibrille. Et l'on voit que l'agencement des différents filaments au sein du sarcomère est extrêmement régulier

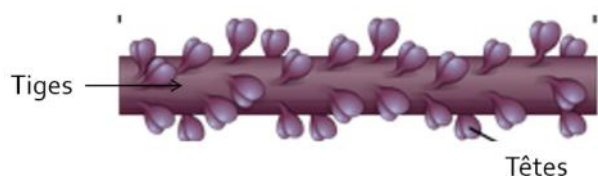


Les myofilaments épais

Le filament épais est constitué d'une protéine : la **myosine**. Elle a une longueur de **200 nm**, une largeur de **2 nm** et ressemble à une crosse de hockey. Elle a une **masse moléculaire** de **120 kDa** et elle est constituée au sein du filament épais de **2 chaînes lourdes** qui s'enroulent l'une autour de l'autre en **hélice alpha** pour former la **tige** de la protéine. L'extrémité **NH2 terminale** de la chaîne lourde s'enroule en **motte** pour former une **tête globuleuse**. À ces 2 chaînes lourdes s'associent **4 chaînes légères** et ces 4 chaînes légères s'associent au niveau de la **tête** pour donner de la **rigidité** à la structure. (on a 2 chaînes légères par chaîne lourde)



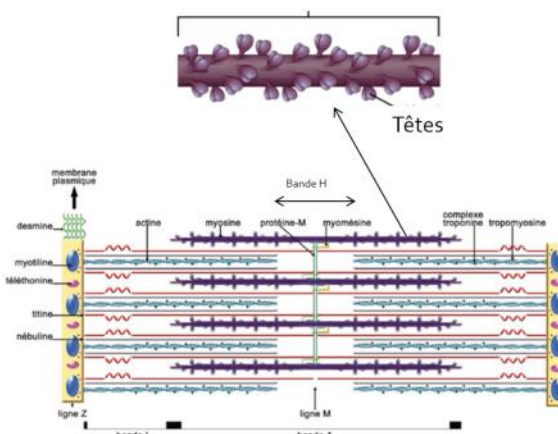
Il existe 2 sites très particuliers au niveau de la myosine qui sont situés au niveau de la tête : un site de **liaison** à l'actine et un site d'activité **ATPase** dépendant de l'actine.



Pour former le myofilament épais **300 à 400 molécules** de **myosine** s'associent entre elles. Les **tiges** de myosine sont **parallèles** les unes aux autres dans ce myofilament épais et les têtes des molécules de myosine adoptent une **position hélicoïdale** autour de l'axe formé par les **tiges**.

Si on replace les myofilaments épais formés par la myosine dans le sarcomère on voit que deux myofilaments épais s'associent au sein du sarcomère via leur extrémité de tiges pour s'étirer tout au long de la **bande A** donc les myofilaments **épais** occupent la **totalité** de la bande A.

On voit aussi qu'à la **jonction** des deux myofilaments les têtes hélicoïdales de myosine sont **absentes** et si l'on fait la correspondance avec les bandes : dans la **bande H** il n'y a pas de tête de myosine et enfin la **strie M** est le lieu de **jonction** / de **superposition** des myofilaments épais ce qui crée cette bande/strie plus **sombre**.



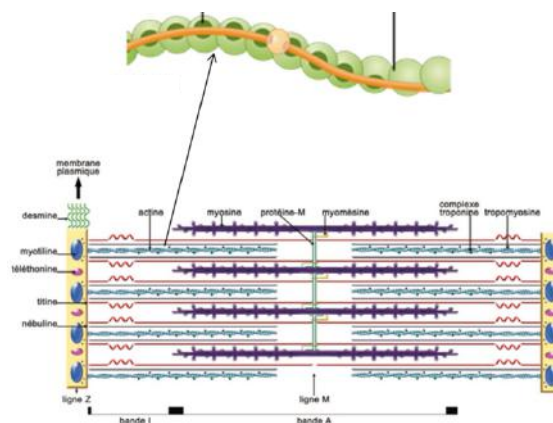
Les myofilaments fins

Le myofilament fin est structuré par l'**actine** qui est une protéine de beaucoup plus **faible** poids moléculaire puisqu'elle fait **42 kDA**. Elle est sous forme d'une **protéine globulaire** qu'on appelle **actine G** qui ressemble à une **perle** et pour former le filament fin les perles d'actine G se **polymérisent** les unes à côté des autres pour former une sorte de **collier**. Et c'est cette polymérisation en **filaments** qui donne naissance à l'**actine F**.



Dans ce filament chaque monomère d'actine G effectue une rotation à 166° par rapport à l'axe ce qui donne au filament final un aspect en **double hélice**. Chaque **monomère** d'actine possède un **site de fixation** pour la myosine (que l'on voit dans le schéma sous forme d'un rond vert foncé).

Si l'on replace maintenant les myofilaments d'actine dans le sarcomère on voit que les myofilaments fins sont **attachés** à la **strie Z**. De plus, les myofilaments fins de **deux sarcomères voisins** s'associent entre eux au niveau de cette strie Z et sont reliés par l'**alpha-actine** (cela permet aussi l'ancrage au sarcolemme → *VU plus tard*).



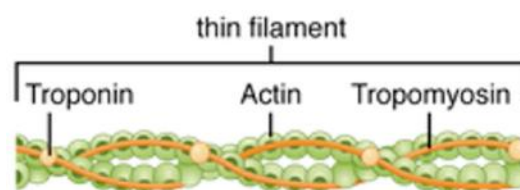
Enfin, au niveau de la **bande I**, il y a **uniquement** des myofilaments **fins**.

Les autres protéines contractiles

Nous avons vu deux protéines contractiles du sarcomère : la myosine et l'actine. Nous allons voir à présent maintenant deux autres protéines contractiles impliquées dans le sarcomère : la tropomyosine et la troponine.

→ La tropomyosine

C'est une molécule longue et fine (~ 40 nm) constituée de **deux chaînes** polypeptidiques. Elle se fixe dans la **gouttière** du myofilament d'actine et le **stabilise**.

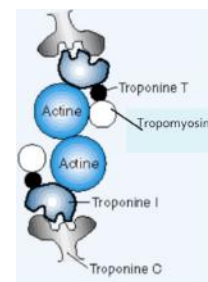


<https://open.oregonstate.edu/aaandp/chapter/10-2-skeletal-muscle/>

→ La troponine

La troponine, elle, est une protéine de type **globulaire** et est constituée de **trois** sous-unités :

- La troponine T qui se **lie** à la **tropomyosine**
- La troponine C qui **fixe** les ions **calcium**
- La troponine I qui **masque** sur le filament d'actine le site de liaison à la myosine

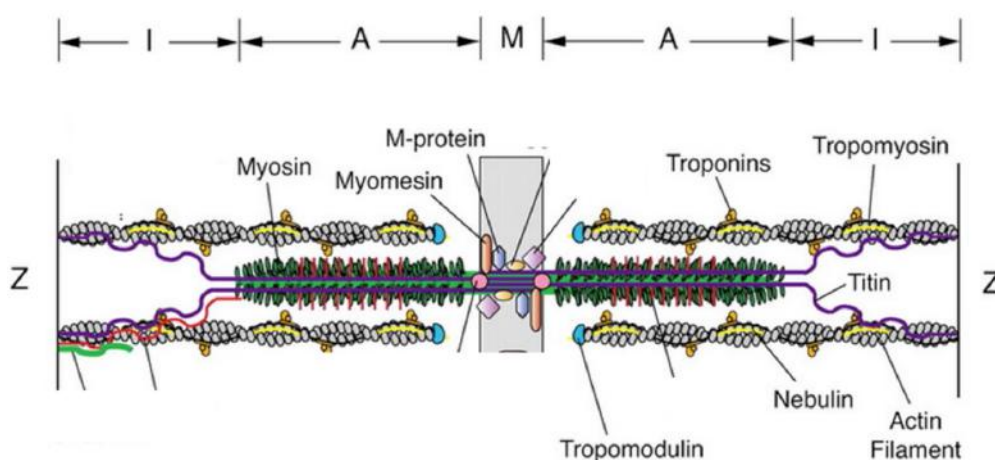


Il existe un complexe de troponine par molécule de tropomyosine et les molécules de troponine sont situées **en regard** de chaque **tête** de **myosine** pour empêcher leur fixation.

Attachement des myofilaments

Le sarcomère a une organisation très précise et il existe différents éléments du cytosquelette qui interviennent pour **maintenir** cette **organisation** structurale et spatiale. Ces éléments permettent l'attachement des myofilament à la strie Z et permettent l'attachement des **microfibrilles** au **sarcomère**, au **sarcolemme** et à la **matrice extracellulaire**. Plusieurs protéines sont impliquées :

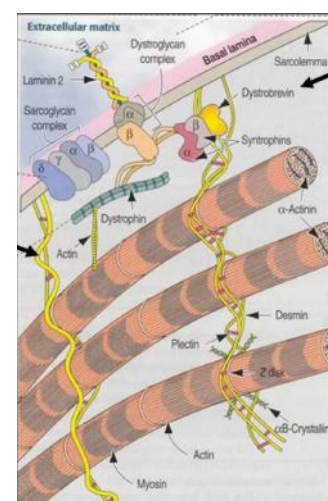
- La **myoméline** : appelée aussi protéine **M**, elle relie les myofilament entre eux au niveau de la **strie M** (cf. schéma ci-dessous)
- La **titine** : **ancrer** les filaments épais à la strie Z, **maintient** leur alignement et oppose une **résistance** à l'étirement excessif du sarcomère. Elle s'étire de la **strie Z** à la **strie M**
- La **nébuline** : s'enroule autour du filament fin pour **guider** la **polymérisation** de l'actine
- L'**alpha-actinine** : assure la **liaison** des myofilaments fins d'actine au niveau de la **strie Z**
- La **tropomoduline** : permet de **stabiliser** la longueur du filament d'actine



Attachement des myofibrilles

Le sarcomère est attaché à la **membrane plasmique** (sarcolemme) mais aussi à la **matrice extracellulaire** (MEC). Ici trois **protéines** sont en jeu :

- La **desmine** : relie les myofibrilles entre elles, les **attache** au **sarcolemme** et à **l'enveloppe nucléaire**. Elle forme des sortes **d'échelles** qui sont situées au niveau de la **strie Z**
- La **dystrophine et les protéines qui lui sont associées** : forment un **complexe** sous la membrane plasmique (sarcolemme) qui permet l'**ancrage** des myofibrilles au **sarcolemme** et à la **membrane basale**. Le gène de la dystrophine qui est situé sur le chromosome **X** peut présenter des **mutations** modifiant l'activité cette protéine et entraînant une **altération** de l'**attachement** des myofibrilles au sarcolemme, cela **altère** la fonction du sarcomère et ainsi la contraction musculaire. Ces mutations sont à l'origine de la **myopathie de Duchenne** qui est la myopathie héréditaire la plus fréquente
- La **laminine** : rattache le **complexe** des protéines de la dystrophine à la **matrice extracellulaire**



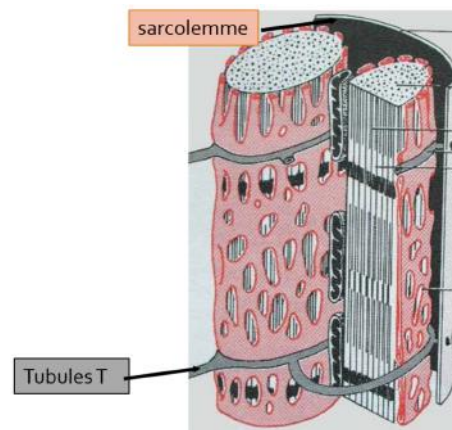
Après les myofibrilles et l'unité contractile des myocytes, d'autres organites/structures sont aussi importants pour la contraction musculaire : le **sarcolemme**, **tubules T** et **réticulum sarcoplasmique**.

Sarcolemme et tubules T

Le **sarcolemme**, comme nous le verrons plus loin, **reçoit** le **signal** de **dépolarisation** et permet sa **propagation**. Pour pouvoir effectuer cette action le sarcolemme contient de nombreux **récepteurs** aux **neurotransmetteur** et aux **hormones**. Il contient aussi des transporteurs comme les transporteurs du **glucose GLUT 1** et **GLUT 4**. Ainsi, **l'insuline**, **l'exercice musculaire** et **l'hypoxie** stimulent l'entrée du **glucose** (dans les myocytes) qui est un facteur **énergétique** pour les myocytes.

Les **tubules T** sont un **réseau** de tubules, de canalicules, correspondant à des **invaginations** du sarcolemme. Ils pénètrent à l'intérieur du cytoplasme et cheminent **autour** des myofibrilles, **entre** les **citernes terminales** du réticulum sarcoplasmique. Ils sont présents au niveau de la **jonction** entre les **bande A / I**.

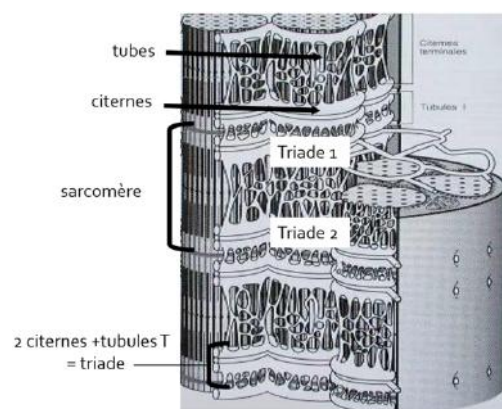
Ils renferment de nombreux **canaux calciques** et, comme nous le verrons, leur rôle est la **transmission** de l'onde de **dépolarisation**.



Réticulum sarcoplasmique

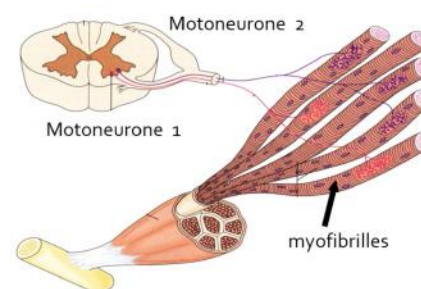
Le **réticulum sarcoplasmique** est constitué de **citernes transversales** (citernes terminales) qui sont reliées entre elles par un système de **tubes** longitudinaux qui sont **moulés** sur les **myofibrilles**. Elles contiennent du **calcium**.

Au sein de la cellule on voit que **deux** citernes **terminales** sont associées à **un** tubule T : c'est ce que l'on nomme une **triade**. Cette triade est située au niveau de la **jonction** bande **A** et **I**. En somme, il y a **deux** triades **par sarcomère**.



L'INNERVATION DE LA CELLULE MUSCULAIRE STRIÉE SQUELETTIQUE

La **contraction** des muscles squelettiques est sous le contrôle du **système cérébro-spinal**. Ainsi, un muscle reçoit **un** ou **plusieurs nerfs** cérébro-spinaux. Si, comme le montre le schéma ci-contre, un motoneurone innerve **quelques** cellules musculaires les mouvements du muscle sont très **précis** (ex : muscles de la main). Dans d'autres cas, un motoneurone pourra innerver **plusieurs centaines** de cellules musculaires et dans ce cas les mouvements seront **moins précis**. (imaginez-vous que vous écrivez avec plusieurs stylos vous serez moins précis que si vous tenez un seul stylo)

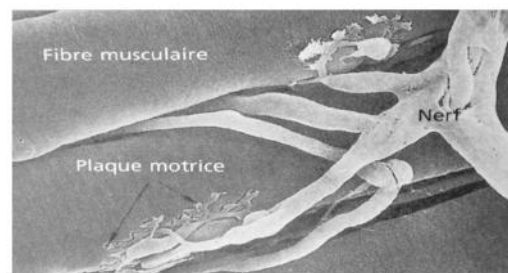


Copyright © 2008 Pearson Education Inc.

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

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

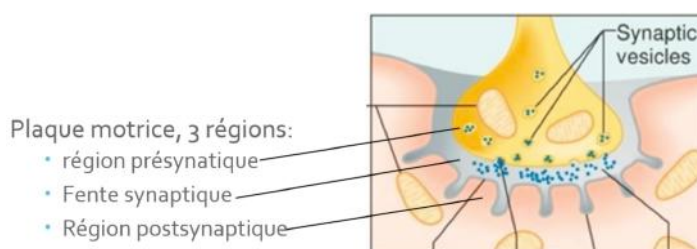
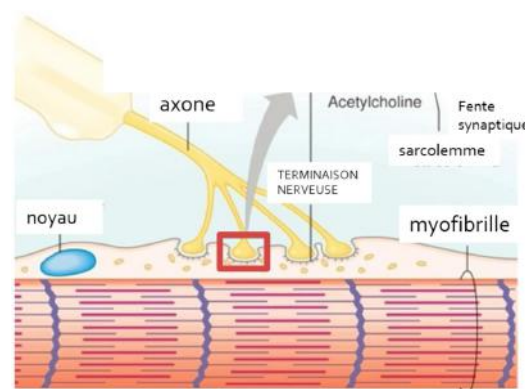
Intéressons-nous maintenant à la structure de la zone de contact entre la terminaison de la cellule nerveuse, c'est-à-dire l'axone, et la cellule musculaire. Cette zone est appelée la **plaque motrice**.



Structure de 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 :

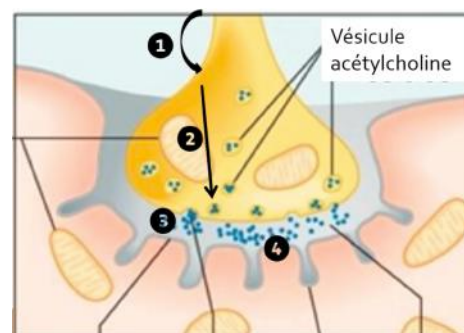
- L'**espace pré synaptique** qui correspond à la **terminaison axonale**. Il contient de très nombreuses **mitochondries** et **vésicules** contenant un neurotransmetteur : l'**acétylcholine**. Il est délimité par la **membrane plasmique** de l'axone
- L'**espace synaptique** ou **fente synaptique** se situe entre l'axone et le myocyte et mesure environ **60nm**. Il correspond à la **fusion** des **lames 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
- La **zone post synaptique** correspond au sarcolemme du myocyte formant de très nombreux replis (cf. schéma). 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**



Activité de la plaque motrice

Les différentes **étapes** de l'excitation musculaire :

- 1) Arrivée du **potentiel d'action** qui chemine le long de l'axone et arrive à son extrémité au niveau de la plaque motrice. Lorsqu'il arrive au niveau de la plaque motrice le potentiel d'action provoque un ...
- 2) **Afflux** de **calcium** dans la région présynaptique qui à son tour déclenche la ...
- 3) **Libération** des **vésicules d'acétylcholine** qui sont **stockées** au niveau de l'espace pré synaptique et donc **libérées** dans la fente synaptique



- 4) Les molécules **d'acétylcholine** traversent la fente synaptique et se fixent sur leur **récepteur** au niveau la membrane du myocyte
- 5) 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.

Au niveau de la plaque motrice, à la fin de l'excitation musculaire, on observe une **diffusion passive** de l'acétylcholine **hors** de la fente et ainsi qu'une **hydrolyse** de l'acétylcholine grâce à l'**acétylcholinestérase**

ANOMALIES DE L'EXCITATION MUSCULAIRE

On peut observer une **inhibition** de la transmission neuromusculaire par **compétition** avec l'acétylcholine. Par exemple, c'est le cas des **curares** utilisés en médecine pour l'anesthésie, des **gaz de combat** et aussi certains **pesticides**.

De la même façon, il y a une pathologie qui **inhibe** la **transmission** neuromusculaire : la **myasthénie**. 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. (*imaginez des anticorps ou les autres molécules de l'exemple ci-dessus qui se fixent au récepteur de l'acétylcholine, vous vous doutez bien que s'il y a une molécule sur le récepteur l'acétylcholine ne pourra pas se fixer donc il n'y a plus d'activité*)

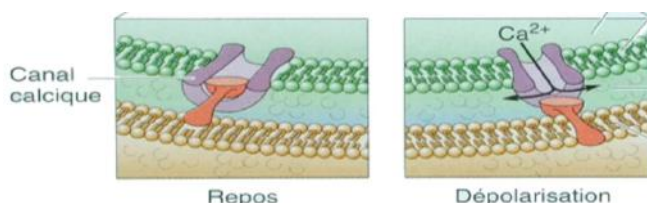
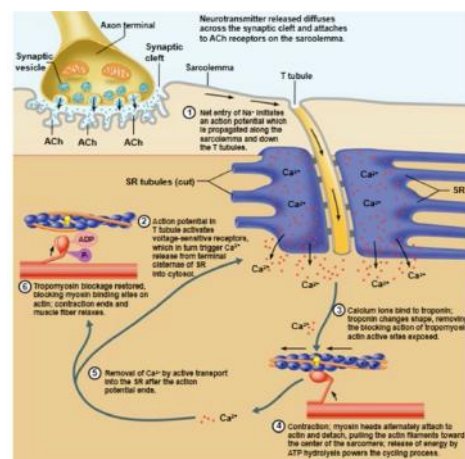
À l'inverse, on peut avoir une anomalie qui provoque une **augmentation** de la **transmission neuromusculaire** c'est l'exemple de la **toxine botulique** qui **inhibe** l'**activité** de l'**acétylcholinestérase**. (*dites-vous que si on n'a plus l'enzyme qui détruit l'acétylcholine son activité sera augmentée puisqu'elle sera encore présente en grande quantité au niveau de la fente synaptique*)

Nous avons vu ce qui se passait au niveau de la plaque motrice, maintenant qu'est-ce qu'il se passe en deçà de la plaque motrice ?

Après l'activation de cette plaque, l'onde de dépolarisation se transmet au niveau du sarcolemme dans **deux** directions : tout le **long** de la **membrane** du myocyte mais aussi en **profondeur** par le système des **tubules T**.

Ainsi, l'onde arrive au niveau des **triades** et à cet endroit elle **active** des **récepteurs** qui sont les récepteurs à la **rhyandine** 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**.



LA CONTRACTION MUSCULAIRE

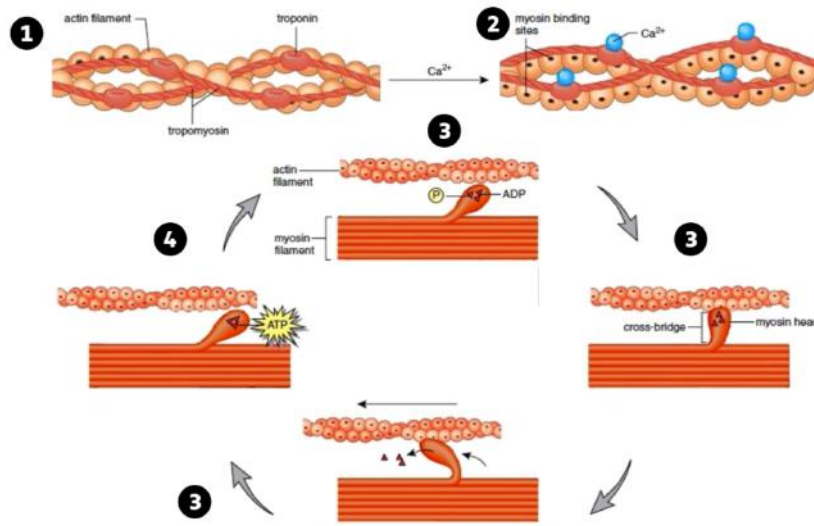
À l'échelle d'une molécule d'actine-myosine

Libération du **calcium** → onde de **dépoléarisation** parvient au niveau de l'unité contractile : le **sarcomère**. Sarcomère à l'état de repos = **ATPase** de la myosine **inactive** (1).

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

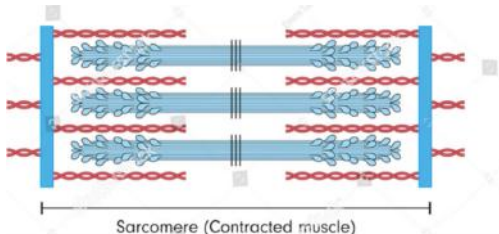
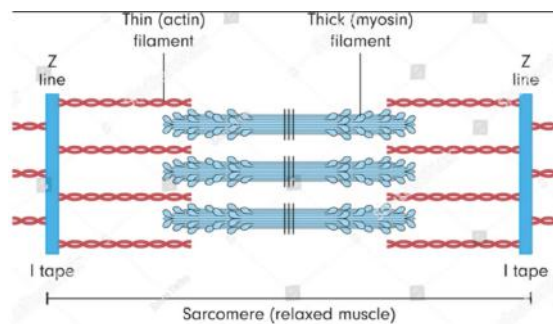
Les **têtes** de myosine peuvent se fixer sur le filament **d'actine**. Au niveau de ces têtes on observe alors une activation du complexe **ATPase** et une **hydrolyse** de l'**ATP**. L'**énergie** libérée à ce moment-là provoque une **rotation** de la tête de myosine et un **déplacement** entre 5 et 7 mm en **direction** de la **strie M** → **traction** sur le filament **d'actine** → **raccourcissement** du **sarcomère** (3).

À la fin de la contraction : fixation de l'**ATP** → **rupture** de la **liaison actine-myosine** et un **retour** à la position de **repos** (4).



À l'échelle du sarcomère : déplacement des têtes de myosine

Ci-contre : état de **repos** avec à droite un muscle à l'état de repos.



Lorsqu'il y a **excitation** et **contraction** du muscle, le sarcomère se **raccourcit**, les **stries Z** se **rapprochent** et le muscle se **contracte**.

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

Pour bien apprendre/comprendre ce cours :

- **Visualiser** toutes les structures avec ce qu'elles comprennent, les schémas sont là pour ça ! Donc faites bien attention à l'apparence de chaque structure pour mémoriser sa forme, sa localisation et donc sa fonction !
- Faites attention au **vocabulaire** et ne mélangez pas tout ! (*Sarcolemme, sarcomère, réticulum sarcoplasmique, plaque motrice, myofilament etc.*)
- C'est un cours dans l'ensemble assez simple une fois qu'on l'a bien compris, l'enjeu sera par la suite de bien faire la **différence** avec les **autres types** de tissus musculaires !

La fiche est complète, je l'ai faite à partir de ma ronéo. C'est juste plus aéré et en couleurs donc si vous trouvez ça plus agréable vous pouvez réviser dessus sans problème. Beaucoup de structures sont importantes à visualiser donc si il y a encore des choses que vous avez du mal à visualiser posez la question sur le forum et je vous joindrai des schémas plus explicatifs ! J'insiste sur ce point parce que la visualisation est une grande part de l'apprentissage du cours +++ N'hésitez pas aussi à regarder des vidéos sur le processus de contraction, c'est parfois plus parlant sur une image en mouvement !

Un DM d'apprentissage va sortir sous peu pour vérifier vos connaissances ! Courage, vous pouvez le faire, accrochez-vous, l'histoire est avec vous.