

Tissus musculaires

Définition : tissu spécialisé dans la production d'un travail mécanique transmis

- Assure la mobilité de l'organisme
- Assure aussi une part importante de thermogénèse

Ils regroupent 3 types cellulaires caractéristiques

- **Fibre musculaire striée squelettique** (FMSS ou rhabdomyocyte) : **Motricité volontaire**
- **Fibre musculaire myocardique** (cardiomyocyte) : **Motricité autonome**
- **Fibre musculaire lisse** (FML ou leiomyocyte) : **Motricité involontaire**

Le muscle est un **véritable organe** : il comprend la fibre musculaire + le TC (inclus des vaisseaux et des nerfs)

Le rhabdomyocyte (FMSS)

C'est une **grande cellule** (10-50 cm x 10-100 μm)

Il est entouré d'une lame basale (rôle dans la transmission du travail mécanique)

Sa membrane plasmique porte le nom de **sarcolemme**

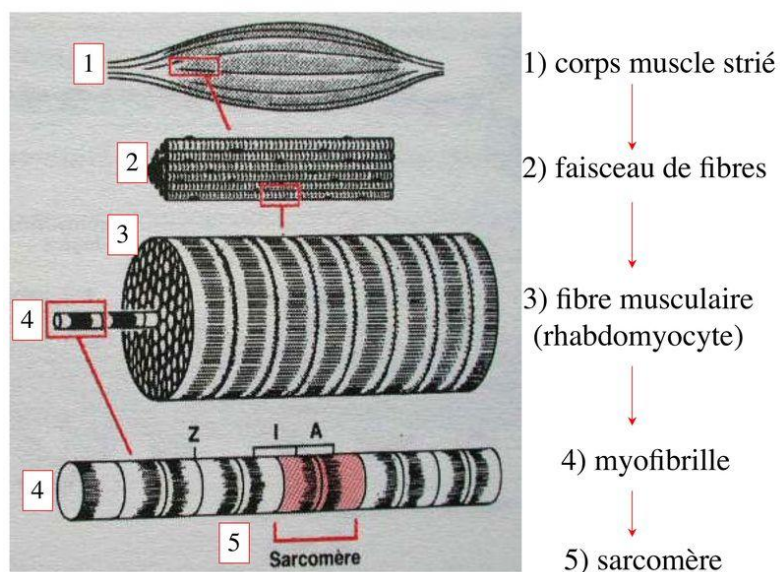
Il comprend plusieurs organites dits « classiques » regroupés dans le **sarcoplasme**

- Plusieurs centaines de noyaux périphériques
- R.E.L., Golgi, mitochondries
- Microtubules, FI de desmine
- Myoglobine (donne au muscle sa couleur rouge, structure proche de l'hémoglobine)

Il possède un **système contractile** regroupé dans le **myoplasme**, et un **système canaliculaire**

Différentes liaisons entre système contractile, MP et LB permettent l'export de l'activité mécanique vers l'extérieur de la cellule

Une jonction neuro-musculaire : la **plaque motrice**



Le myoplasme

Il comprend un certains nombre de **myofilaments** qui présentent un **aspect strié** (en MO et ME) : alternance de bandes claires (isotropes : I) et de bandes sombres (anisotropes : A)

A plus fort grossissement

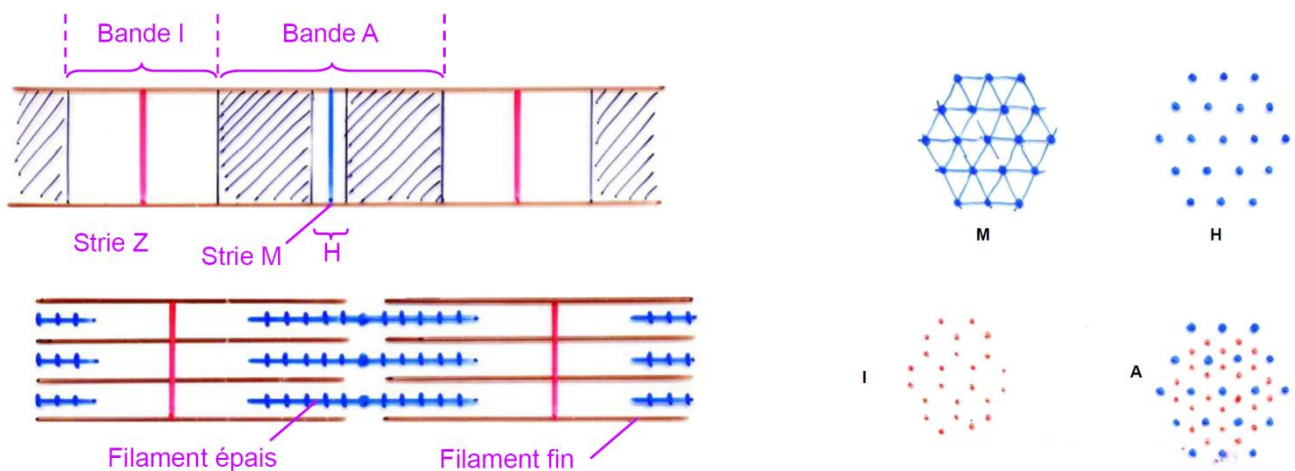
Les **bandes I** sont centrées sur la **strie Z** : deux stries Z forme le **sarcomère**

Les **bandes A** sont formées de deux bandes sombres aux extrémités et d'une bande claire dans la partie centrale (**bande H**) contenant une strie (**strie M**) dans sa partie centrale

Le sarcomère est donc composé de deux demi-bandes I d'une bande A

Sa taille moyenne à l'état relâché est de $2,5 \mu\text{m}$

Il est constitué de l'enchevêtrement de **filaments fins d'actine** et de **filaments épais de myosine**



Strie Z : superposition des filaments fins d'actine + α -actinine

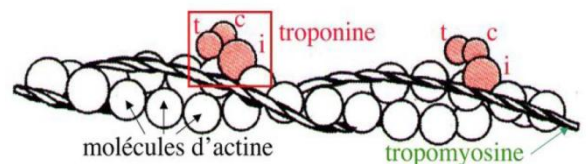
Au niveau des **bandes A** : 6 filaments fins autour d'1 filament épais

La **titine** est une protéine qui va relier les têtes de myosine aux stries Z et jouer plusieurs rôles :

- Maintient l'alignement des têtes de myosines : optimise la contraction
- Empêche un étirement excessif du sarcomère

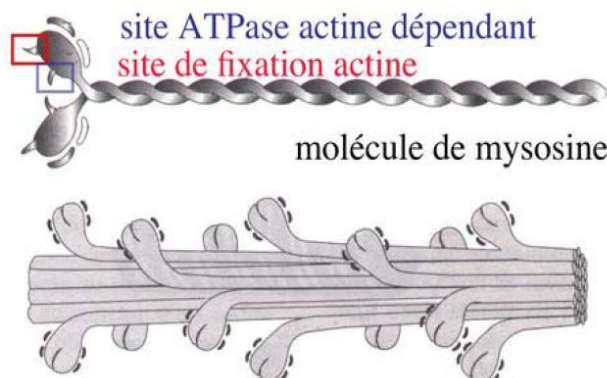
Myofilaments fins

Stabilisation des MF par la **tropomyosine** et la **troponine** (3 sous-unités *i*, *c* et *t*)



Myofilaments épais

Ils sont centrés sur la strie M



Le système canaliculaire

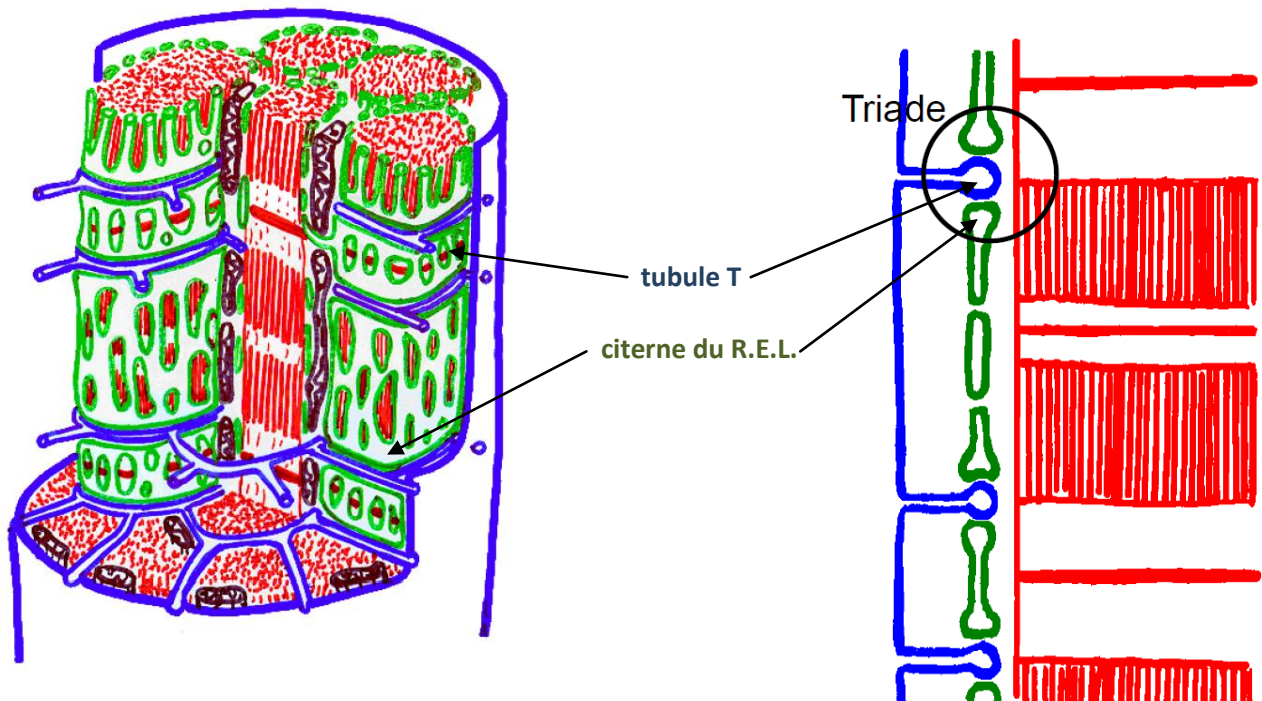
Il comprend les **tubules T** qui sont des invaginations du sarcolemme autour de chaque myofibrille
Il est en communication directe avec l'espace péri-cellulaire et le sarcolemme

Le tubule T se situe à hauteur des **jonctions bande A / bande I**

Une **citerne de réticulum** lisse se trouve au-dessus et au-dessous de chaque tubule T

- Formation de la **triade** : tubule T + citernes de R.E.L. au-dessus et au-dessous (caractéristique des cellules musculaires striées squelettiques)

Le R.E.L. va prendre un **aspect en grillage** autour des éléments contractiles : il présente des pores, zones à travers lesquelles les éléments contractiles sont directement en contact avec le cytoplasme



Sarcolemme myofibrille REL

La physiologie du R.E.L. est capitale pour la contraction. Lors de l'arrivée de l'influx nerveux, celui-ci va cheminer (sous forme d'onde de dépolarisation) dans le sarcolemme puis dans les tubules T. Une fois arrivée au niveau de la triade, elle va entraîner une libération de Ca^{++} du R.E.L. provoquant la contraction musculaire.

Les liens avec la LB et la MEC

Ces liens permis grâce à des **complexes liés à la dystrophine**

La **dystrophine** permet de relier l'actine sous-sarcolemmique à la **mérosine** (laminine de type 2)

- Solidarité entre la lame basale et les éléments contractiles

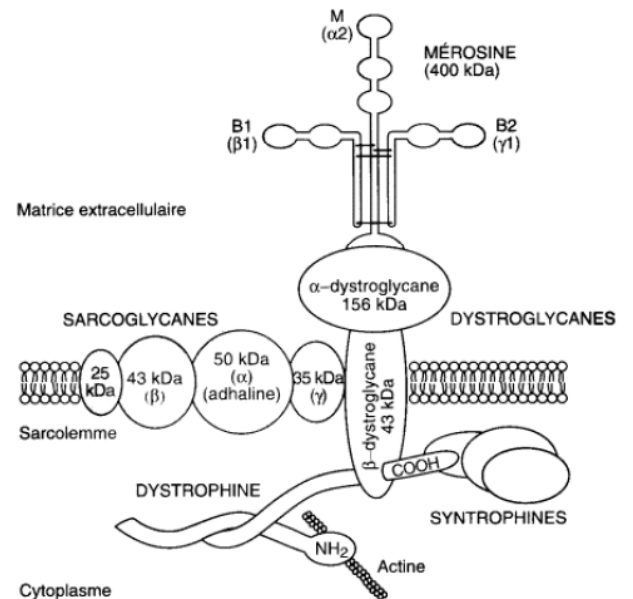
La dystrophine est composée de 2 chaînes :

- Une **chaîne est liée à l'actine**
- L'autre **chaîne est reliée avec le dystroglycane** (sous-unités α et β)

Le dystroglycane s'articule avec la mérosine

Exemple de pathologies liées à la dystrophine

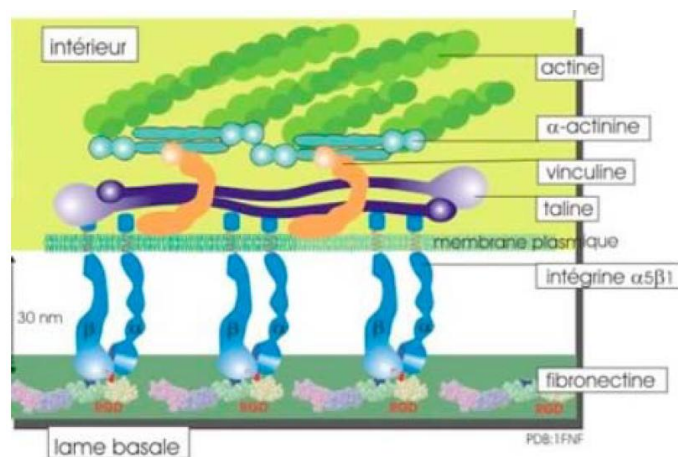
- **Myopathie de Duchenne** : anomalie de la dystrophine, maladie héréditaire transmise par les femmes et touchant uniquement les garçons



Complexe taline-vinculine-intégrine (ou « costamère » ou « point focal d'adhérence »)

Ce complexe s'insère sur les stries Z et implique l' α -actinine

Les filaments d'actine vont s'articuler avec la vinculine et la taline pour rentrer en contact avec des intégrines qui reconnaissent la **fibronectine** (liaison avec la MEC)



La plaque motrice

La plaque motrice est une **différenciation du sarcolemme**

Il existe une continuité en la LB du motoneurone et la LB du muscle

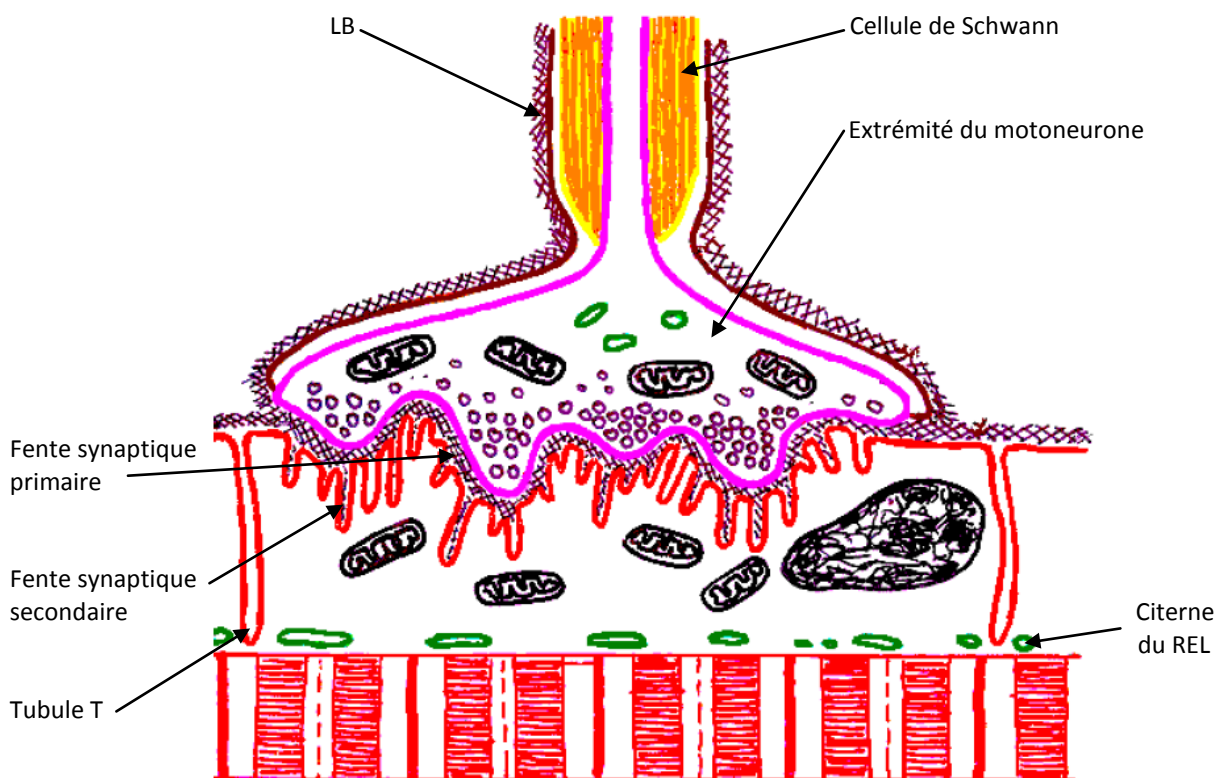
Dans la fente synaptique, on délimite 2 régions :

- La **fente synaptique primaire**
- Des **fentes synaptiques secondaires** à la profondeur des replis du sarcolemme

On retrouve des constituants de la LB dans la fente synaptique

Mécanisme d'action de la contraction à partir d'un influx nerveux

- Arrivé de l'influx nerveux
- Libération d'acétylcholine dans la fente synaptique
- Fixation sur des récepteurs spécifiques sur le sarcolemme
- Ouverture des canaux ligand-dépendants
- Apparition d'une onde de polarisation (= potentiel d'action) qui va se propager et entrer dans les tubules T jusqu'aux triades
- Libération de Ca^{++} par le R.E.L. → Contraction musculaire



Les différents types de FMSS

Fibres extrafusales : assurent l'essentiel du travail mécanique lié au muscle

On en distingue 2 types :

- **Type I** : fibres orientées vers la **contraction lente et soutenue**
- **Type II** : fibres orientées vers la **contraction rapide** (fibres plus fatigables)

Selon le type d'action du muscle, on retrouve une prédominance de fibres de type I ou II

Par exemple, dans les muscles posturaux : prédominance de fibres de type I

Notion d'unité motrice : innervation de plusieurs fibres différentes (type I ou II) par un même neurone (motoneurone)

Cellules satellites

Elles sont plaquées **à la surface du rhabdomyocyte**, au-dessous de la LB

Petites cellules arrondies, avec un noyau unique

Elles peuvent être considérées comme les **cellules souches** du muscle strié squelettique

- Si dégénérescence du FMSS : activation des cellules satellites qui vont fusionner entre elles pour former des myotubes et régénérer la FMSS

Cellules intrafusales

Ce sont des **mécanorécepteurs** dispersés au sein des muscles striés squelettiques

Elles peuvent prendre plusieurs dispositions :

- **Disposition à chaîne nucléaire** : noyaux situés en chaîne centrale
- **Disposition à sac nucléaire** : les noyaux s'accumulent dans la région centrale

Autour de ces cellules intrafusales :

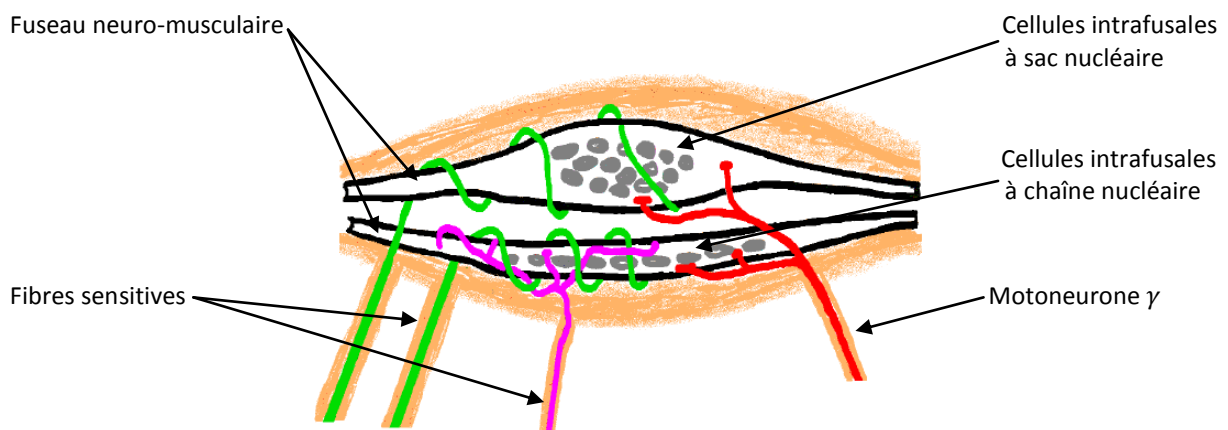
- **Parte des neurones sensitifs** qui vont transmettre l'information au SNC
- **Arrive des neurones moteurs** (= motoneurones γ) qui vont entraîner la contraction des cellules intrafusales

Les cellules intrafusales sont regroupées au nombre d'un 20aine pour former un **fuseau**

neuro-musculaire qui est séparé du reste du muscle par des cloisons de TC dense.

Le rôle des fuseaux neuro-musculaires est de **renseigner le SNC sur le degré d'étirement du muscle**

Organe myotendineux de Golgi : structure proche du fuseau neuro-musculaire à l'intérieur des tendons



Organisation du MSS

Les fibres sont entourées d'une **lame basale**

Autour de ces lames basales se trouve du **TC lâche** : **l'endomysium**

Il contient beaucoup de vaisseaux et de terminaisons nerveuses (notion de plaque motrice)

Autour des faisceaux se trouve du **TC dense** : **le périmysium**

Il contient des vaisseaux (plus gros) et des nerfs

Autour du muscle se trouve un **TC dense** : **l'épimysium**

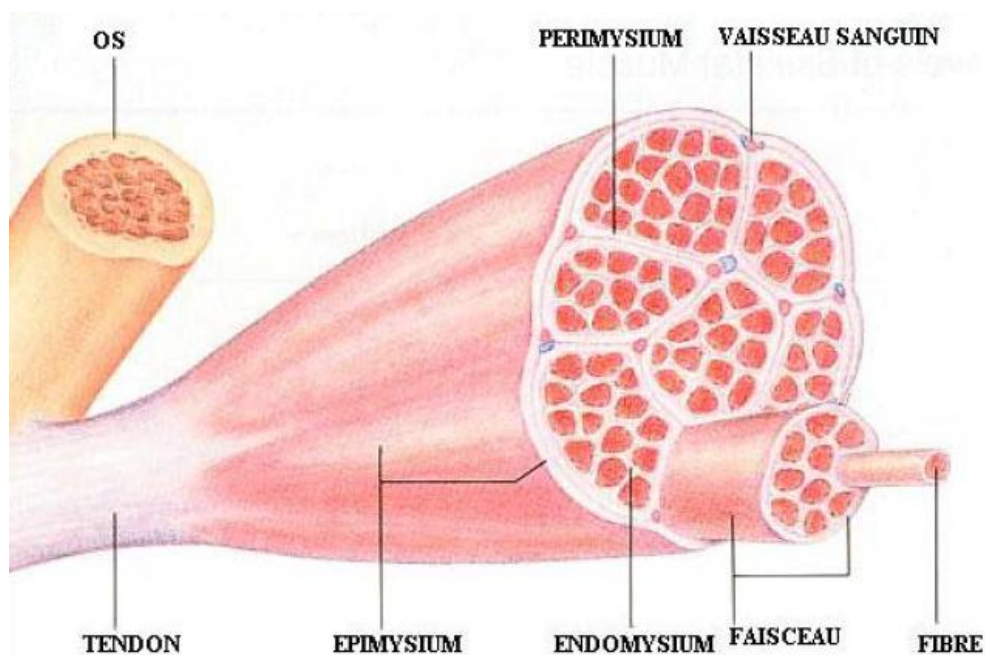
Pour les muscles les plus volumineux, l'épimysium prend le nom d'**aponévrose** (= TC dense non unitendu)

L'aponévrose est plus résistante que l'épimysium

Entre l'épimysium et le périmysium se trouve un peu de TC lâche

Les **tendons** font le lien entre le muscle et l'os

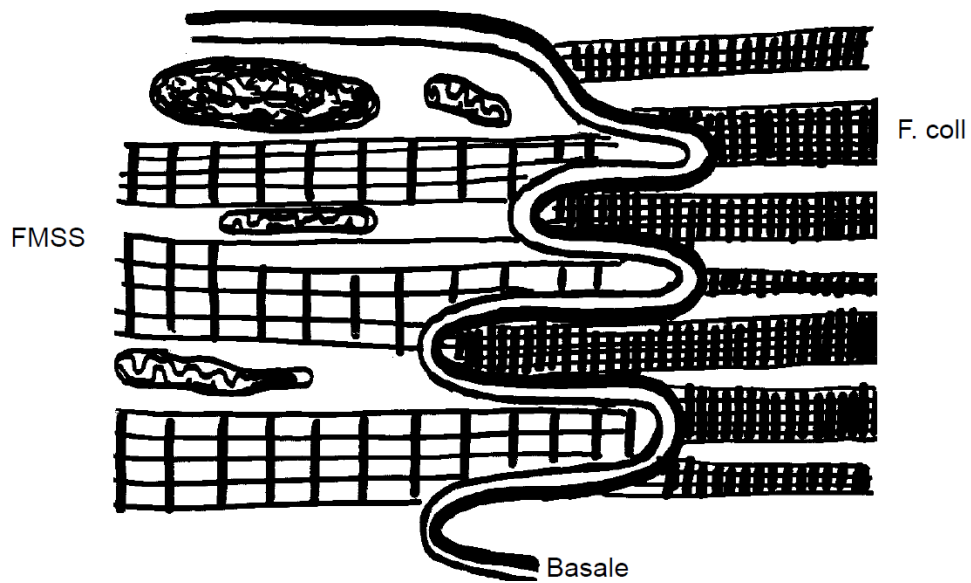
Ils sont constitués de **TC dense unitendu**



La jonction myo-tendineuse

Des **fibres de collagène** vont venir s'incruster **sur la lame basale** du muscle notamment grâce à des **complexes de dystrophine**

Au sein d'un muscle, les fibres ont pratiquement la même longueur que le muscle lui-même
Certaines fibres sont plus courtes et ne vont pas jusqu'au tendon mais elles transmettent tout de même leur travail mécanique



Le cardiomyocyte contractile

Cellule type du myocarde

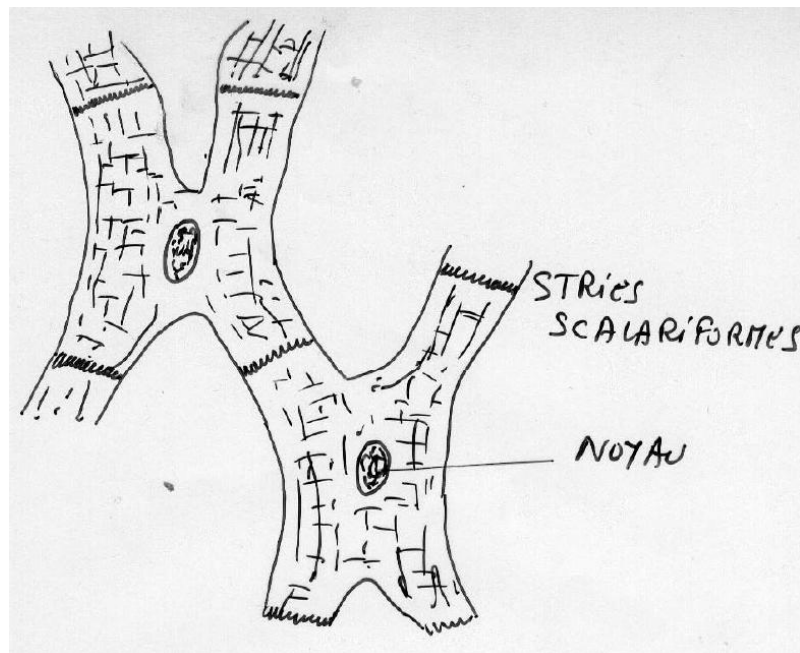
Il a une forme **cylindrique bifurqué**, possédant **1 noyau central**

Ses **organites** sont en **position périnucléaires**

Les cardiomyocytes sont articulés les uns avec les autres grâce à des jonctions intercellulaires appelées **stries scalariformes** : formation d'un réseau de fibres musculaires

Le cardiomyocyte est entouré d'une lame basale

Il a un **aspect strié** (présence de sarcomère)



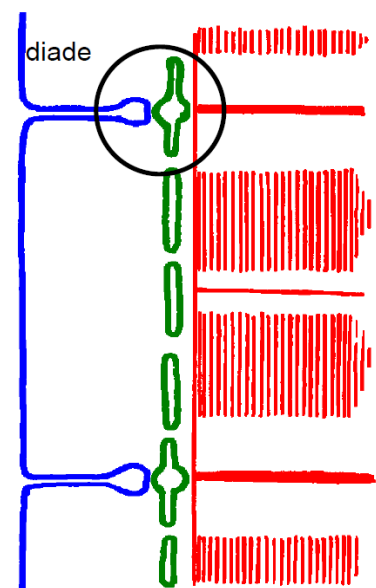
Ses **tubules T** se situent **au niveau des stries Z** et ne forment pas de triade

Le R.E.L. vient s'interposer entre le tubule T et les éléments contractiles

Formation d'une **diade** : tubule T + R.E.L.

Son rôle physiologique est identique à celui de la triade

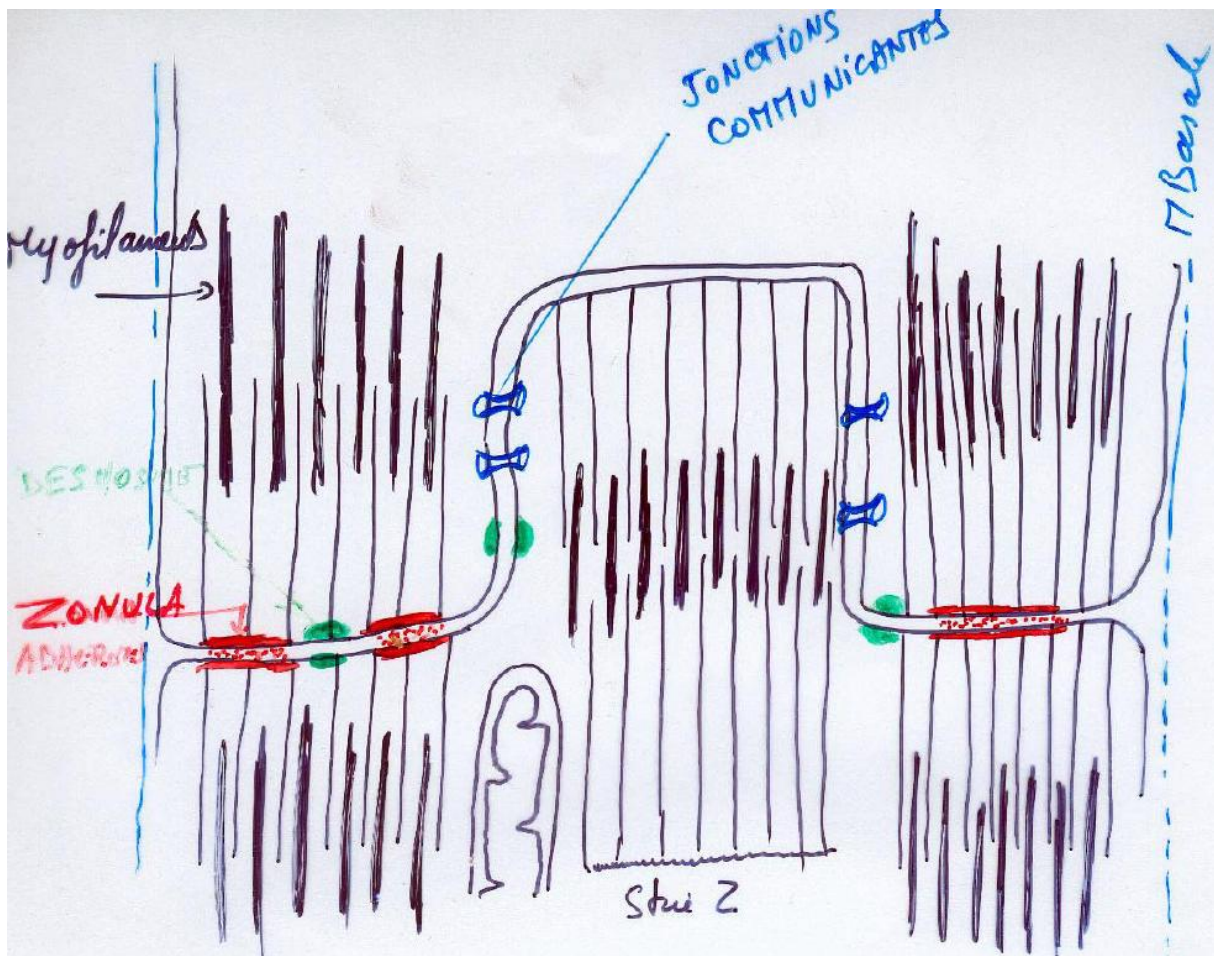
Sarcolemme myofibrille REL



La strie scalariforme

Cette strie scalariforme à une disposition différente selon si elle est parallèle ou perpendiculaire aux fibres contractiles :

- **Disposition perpendiculaire aux éléments contractiles** (à l'extrémité des sarcomères)
Grand nombre de **zonula adherens** et de **desmosomes**
Cette disposition permet la **transmission d'un travail mécanique**
- **Disposition parallèle aux éléments contractiles**
Grand nombre de **jonctions communicantes** et **quelques desmosomes**
Permet la **transmission des ions Ca^{++}** et la synchronisation de contraction entre les cellules adjacentes



Les autres cardiomyocytes

Cellules myoendocrines

Ce sont des cellules musculaires ayant développées une **activité endocrine**

Cellules retrouvées surtout **au niveau auriculaire** (plus dans l'oreillette cardiaque droite que dans la gauche)

Elles ne contiennent **pas de tubule T**

On retrouve dans son cytoplasme un **grand nombre de grains de sécrétion** contenant le **peptide atrial natriurétique**

Une dilatation de l'oreillette droite provoque une sécrétion du peptide atrial natriurétique dans le sang qui a pour cible essentiellement le rein. Cela va permettre une déperdition de sodium au niveau du rein entraînant ainsi une fuite d'eau importante (l'eau suit le sodium) et donc une diminution du volume sanguin.

Cellules cardionectrices

Elles **assurent le rythme cardiaque** en élaborant l'influx électrique : permet une autonomie cardiaque

Ces cellules sont **réparties dans des zones précises** qui sont séparées du reste du tissu par des **cloisons de TC dense** : **structure distincte du cardiomyocyte contractile** (sauf pour les cellules cardionectrices en contact avec les cardiomyocytes contractiles)

Les cellules cardionectrices sont **hiérarchisées**

- ⇒ Les cardiomyocytes dominant (qui imposent leur rythme) ont une structure très éloignée de celle du cardiomyocyte contractile
- ⇒ Plus on descend dans la hiérarchisation des cellules cardionectrices, plus leurs structures se rapprochent de celle du cardiomyocyte contractile

Les cellules cardionectrices situées tout au bas de la hiérarchie vont s'articuler avec des cardiomyocytes contractiles et leur transmettre une onde de dépolarisation

Hiérarchisation des cardiomyocytes

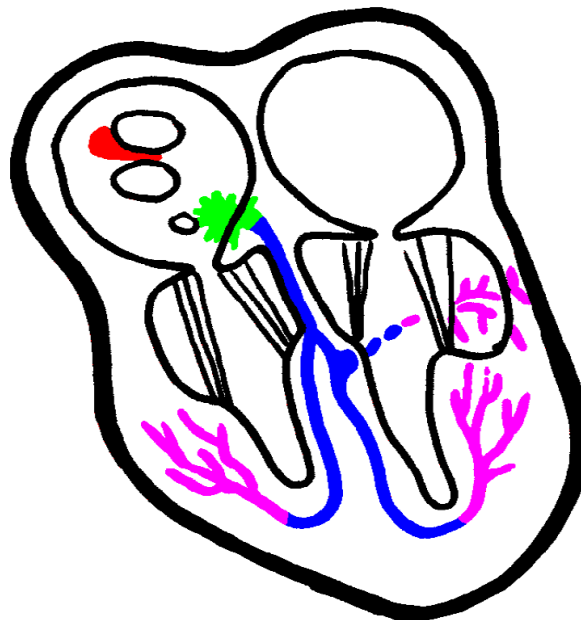
- **Nœud sinusal** : il est isolé au sein de l'oreillette droite et impose un rythme cardiaque régulier qui est transmis à travers le tissu musculaire de l'oreillette vers le nœud atrio-ventriculaire
- **Nœud atrio-ventriculaire** : il se situe à l'interface ventricule / oreillette droite et impose le même rythme qu'il reçoit du nœud sinusal
Par contre, si le nœud sinusal est détruit, le nœud atrio-ventriculaire impose son propre rythme qui est plus lent
- **Faisceau de His** : donne deux grands faisceaux au sein de la paroi entre les deux ventricules
Les cellules qui le compose commencent à ressembler à des cardiomyocytes contractiles mais elles sont séparées du reste du muscle cardiaque
Elles transmettent le rythme provenant du nœud atrio-ventriculaire
- **Réseau de Purkinje** : il est situé dans la paroi ventriculaire
A son extrémité, ses cellules cardionectrices s'articulent avec les cardiomyocytes contractiles

Nœud sinusal

Nœud atrio-ventriculaire

Faisceau de His

Réseau de Purkinje



L'organisation du myocarde

Les différentes cellules qui le compose forment un véritable **réseau tridimensionnel**

On retrouve du **TC lâche qui entoure les cellules musculaires**

On a donc une **séparation entre parties contractile et cardionectrice**, sauf à l'extrémité du réseau cardionecteur

Le myocarde est un organe **extrêmement vascularisé** : sa vascularisation est dite terminale

On retrouve des **terminaisons nerveuses** qui modulent l'activité du système cardionecteur (ne sont pas directement responsable de la contraction du myocarde)

Le leïomyocyte

C'est la **cellule de base du tissu musculaire lisse**

Elle à un **aspect fusiforme** (20-200 μm de long)

Elle est **entourée d'une lame basale**

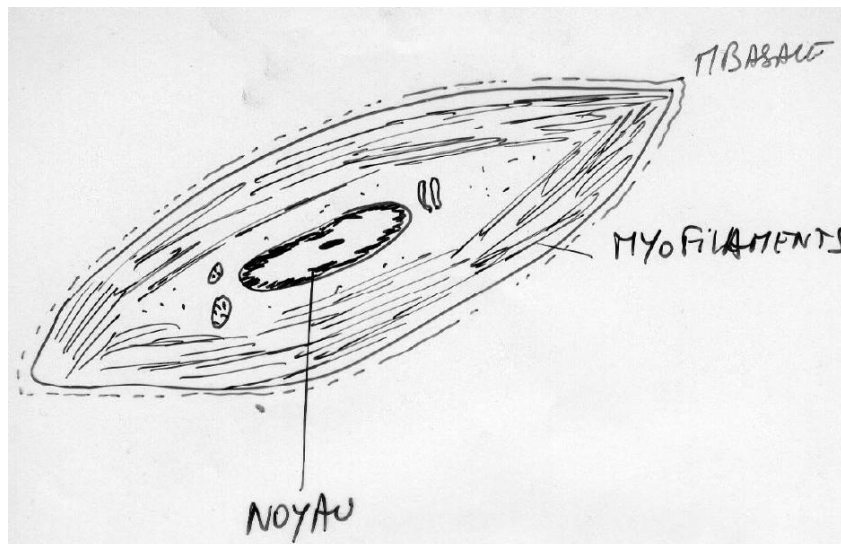
Elle possède un **noyau unique central**

Les éléments contractiles sont répartis dans le cytoplasme sous forme de **myofilaments d'actine et de myosine**

Ces éléments contractiles ne possèdent **pas de sarcomère, ni de troponine**

On décrit des **corps denses** (équivalent des stries Z) qui permettent des liens à la membrane par deux types de structure :

- Les **cavéoles**
- Les **plaques d'adhérence**



Les contacts intercellulaires

On peut retrouver des **jonctions communicantes** entre fibres musculaires lisses adjacentes
Leur rôle est d'assurer un **couplage fonctionnel** entre les myocytes adjacents
Ces jonctions sont **variables dans le temps**

Exemples :

- Dans le muscle utérin, il n'y a pas de jonctions communicantes à l'état de base
Pendant la période précédant l'accouchement et pendant l'accouchement, il y a un développement important de jonctions communicantes assurant une synchronisation entre les fibres musculaires lisses du muscle utérin
- On retrouve des fibres musculaires lisses dans la paroi du tube digestif
On parle d'onde péristaltique induisant sa contraction et permettant le déplacement du bol alimentaire

On retrouve aussi des **plaques d'adhérence** qui assurent un **couplage mécanique entre des cellules adjacentes**

Les FML : une grande famille

La **forme type des FML** est celle retrouvée dans la **paroi des viscères**

Les **FML de la paroi des vaisseaux** présentent quelques différences phénotypiques

- Permettent la régulation du diamètre des vaisseaux

Les **myofibroblastes** sont des cellules intermédiaires entre le fibroblaste et la FML (la FML est capable de synthétiser des substances de la MEC)

Les **cellules myoépithéliales** sont dérivées des FML

Cellules myoépithéloïdes (cellules dans le rein) sont dérivées des FML

Organisation des muscles lisses

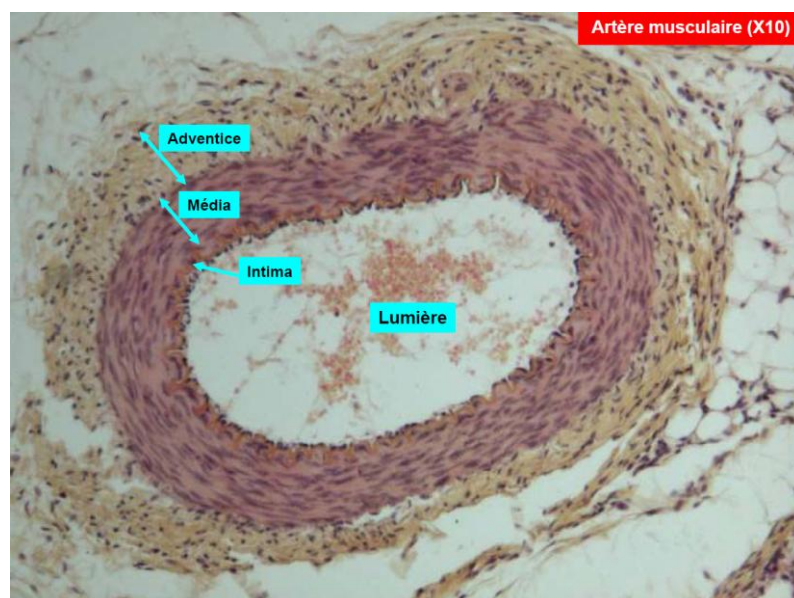
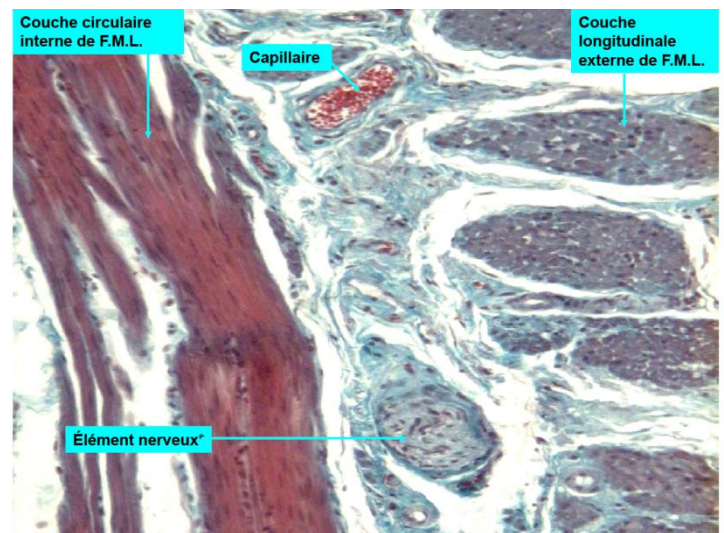
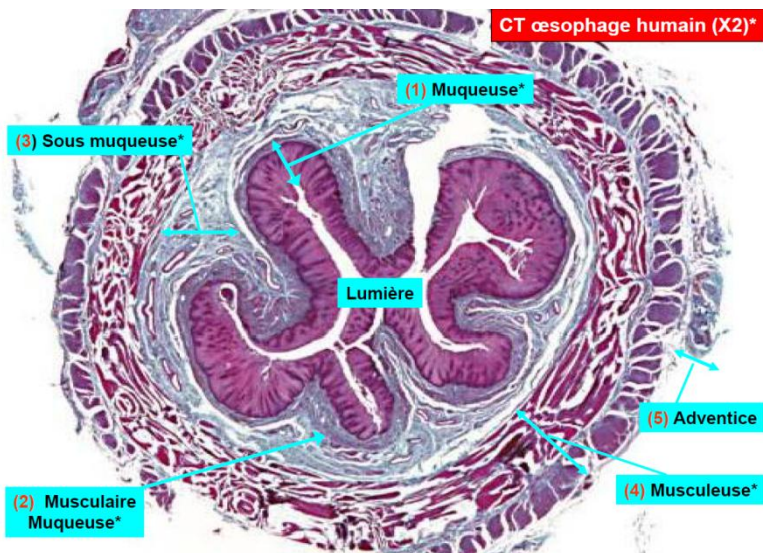
On peut voir des **FML isolées** : dans les capsules, dans la peau du scrotum (= bourses), dans la peau du mamelon

Le plus souvent, les **FML** sont **organisées en couches** : retrouvé dans la paroi d'organes creux (vaisseaux, tube digestif...)

Au sein d'une couche, toutes les FML ont la même orientation et travail dans la même direction
Dans le tube digestif, on retrouve une **couche circulaire interne** et une **couche longitudinale externe** de FML

On retrouve aussi des **muscles organisés** fait de FML : muscle arrecteur du poil, muscle de l'iris

Zoom

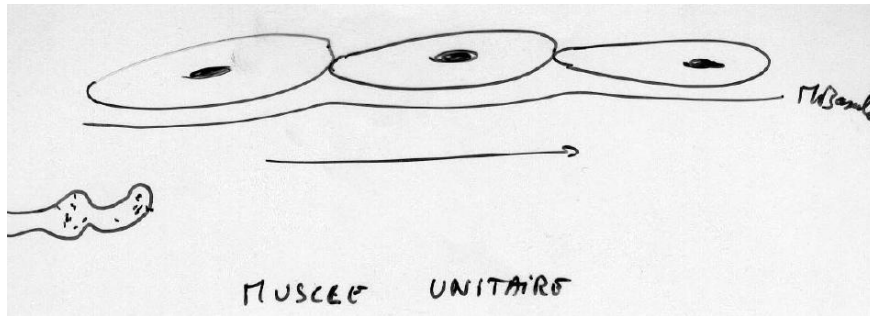


Transmission de l'influx nerveux

On retrouve deux variétés différentes de transmission de l'influx nerveux :

- **Les muscles unitaires** : contraction lente et progressive

L'influx nerveux est transmis à une cellule musculaire lisse qui va transmettre cet influx aux cellules adjacentes : on parle de mouvement péristaltique



- **Muscle multi-unitaire** : contraction rapide et synchrone

Les cellules sont indépendantes l'une de l'autre et elles sont chacune en regard d'une terminaison nerveuse

