

LES TISSUS MUSCULAIRES

Le tissu musculaire strié squelettique



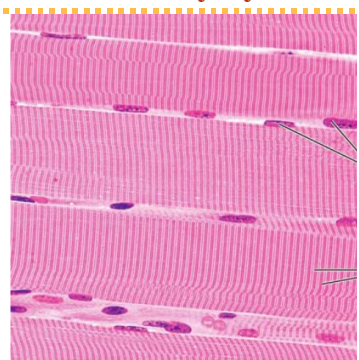
INTRODUCTION

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES ET DESCRIPTION DES MUSCLES STRIÉS SQUELETTIQUES

Les muscles striés squelettiques, comme leur nom l'indique, sont rattachés aux pièces **squelettiques osseuses** et sont constitués de **cellules** musculaires **striées** : les **rhabdomyocytes**.

Ces cellules ont des caractéristiques particulières :

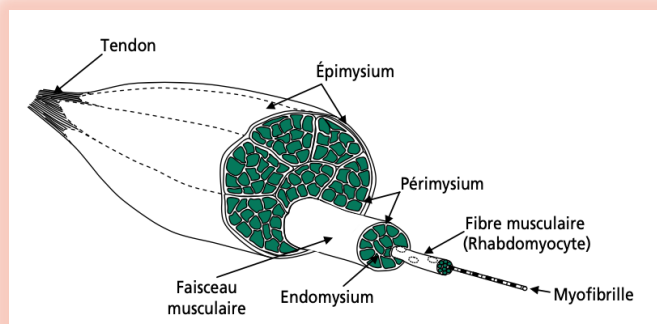
- Elles sont de forme **cylindrique**
- Elles sont de **grande taille**
- Elles sont **multinucléées** (contiennent plusieurs noyaux)
- Elles présentent une **striation transversale caractéristique** perpendiculaire au grand axe de la fibre.



La **striation** caractéristique des rhabdomyocytes est due à un agencement spécifique de filaments et de fibrilles spécifiques aux muscles : les **myofilaments** et les **myofibrilles**.

Différents **tissus conjonctifs** entourent les cellules :

- **L'ENDOMYSIUM** : tissu conjonctif **fin** qui entoure **chaque rhabdomyocyte**
- **LE PERIMYSIUM** : tissu conjonctif **lâche** qui entoure des groupes de rhabdomyocytes appelés **faisceaux**
- **L'ÉPIMYSIUM** : tissu conjonctif **dense** qui entoure l'**ensemble des faisceaux**



Certains **composants matriciels** de ces tissus conjonctifs permettent le **rattachement** des muscles aux structures osseuses. En effet, les fibres de **collagène** constitutives des **tendons** s'insèrent directement aux **extrémités** des **fibres musculaires** ce qui assure **cohésion** et **rattachement** à l'os.

Il s'agit à présent de décrire la **mise en mouvement** des muscles qui permettent, entre autres, d'accomplir des tâches variées allant du développé couché à la mastication de succulents repas bien gras (*chacun son truc*). Dans tous les cas, ce mouvement sera **volontaire** et s'effectuera par la **contraction** de muscles.

Mais comment on passe de « je veux » à « je fais » ?

Grossièrement, l'information passe du **cerveau** aux **muscles** via des structures à l'apparence de fils que l'on appelle **nerfs**. Ces nerfs, comme ils permettent le mouvement, sont qualifiés de nerfs **moteurs** (*vous verrez ça plus en détail en cours d'Anatomie sur le système nerveux*).

Ces fibres nerveuses ont deux particularités : elles sont **ramifiées** (donnent différentes branches) et innervent des **groupes de rhabdomyocytes**. Et l'ensemble regroupant un **motoneurone α** et les myocytes qu'il innerve par ses ramifications axonales forme une unité appelée **unité motrice**.

UNITÉ MOTRICE = MOTONEURONE α + LES DIFFÉRENTS MYOCYTES QU'IL INNERVE

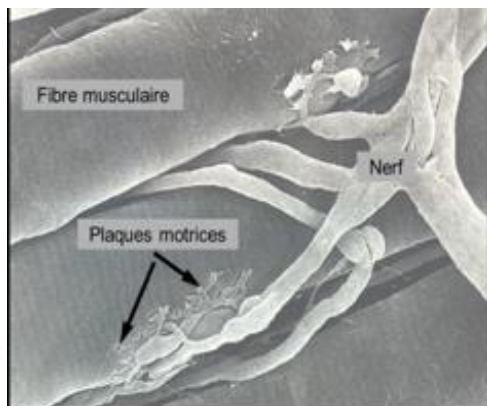


Photo en ME : motoneurone avec des synapses qui envoient une information synchrone aux différentes fibres musculaires striées

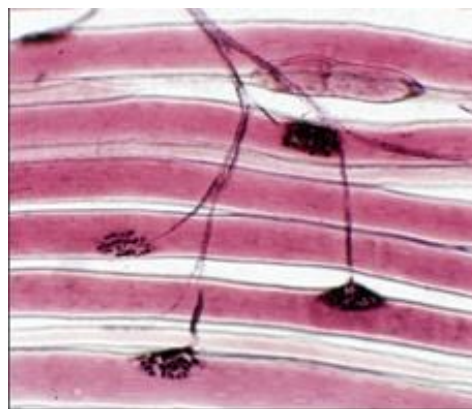


Photo en MO : boutons synaptiques à l'extrémité des prolongements axonaux, contact entre la partie nerveuse et musculaire

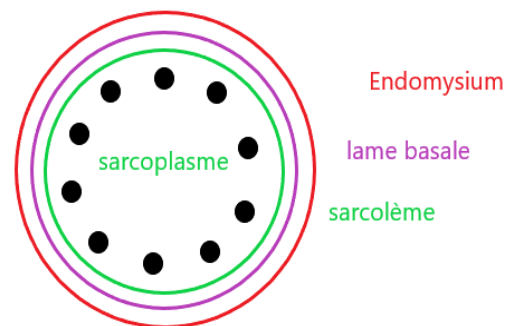
CARACTÉRISTIQUES MICROSCOPIQUES DES MUSCLES STRIÉS

Les cellules des muscles striés ou rhabdomyocytes sont de forme **cylindrique** et **allongée**. Elles mesurent 1 à 5 cm de long et ont un diamètre de 50 à 100 microns. Elles sont **multinucléées** car issues de la fusion de cellules **myoblastiques**. En effet, elles contiennent une **centaine** de noyaux situés à la **périphérie** de la cellule, de forme **ovoïde** et disposés dans le sens de la **longueur** de la fibre.

Chaque rhabdomyocyte possède une **lame basale** accolée au **sarcoleme** (membrane plasmique des rhabdomyocytes) et ce tout est enveloppé par une fine couche conjonctive riche en **rétiline** : **l'endomysium**.

Toujours en périphérie des rhabdomyocytes on retrouve des cellules **myogéniques** qui sont des **cellules satellites**. Elle se situent tout le long de la fibre musculaire entre le **sarcoleme** et la **lame basale**. Ce sont des **cellules souches** musculaires : elles contribuent au **renouvellement** des muscles (notamment en cas de petit traumatisme).

Outre les constituants habituels cytoplasmiques (noyau, mitochondries...), le **sarcoplasme** (cytoplasme des rhabdomyocytes) est composé de structures particulières qui permettent à la cellule de se



contracter : les **myofibrilles**. Elles sont à l'origine des bandes **transversales** responsables de l'aspect **strié** de la cellule. Par leur superposition elles forment des bandes **claires** et des bandes **sombres**.

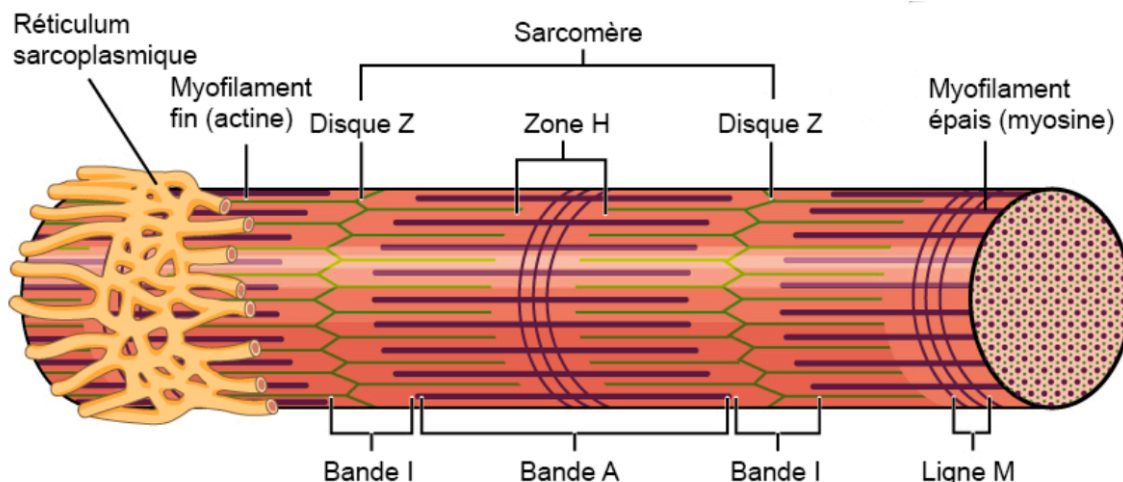
Les bandes **claires** sont aussi appelée **bandes I** (pour isotrope)

Les bandes **sombres** sont aussi appelées **bandes A** (pour anisotrope)

Chaque bande claire est traversée en son centre par une strie **transversale** appelée **strie** ou **disque Z**.

Entre deux **stries Z** on retrouve deux **demi-bandes I** séparées par une **bande A** : c'est l'unité contractile du muscle appelée **sarcomère**.

UNITÉ CONTRACTILE = SARCOMÈRE = ENTRE DEUX STRIES Z



Dans le muscle, les sarcomères sont disposés les uns à la **suite** des autres : on observe donc une **alternance** de bandes A et de bandes I selon le schéma précédent.

Récap : LE SARCOMÈRE

- ★ Entre deux stries Z
- ★ Une bande A
- ★ Deux demi-bandes I
- ★ Unité contractile du muscle

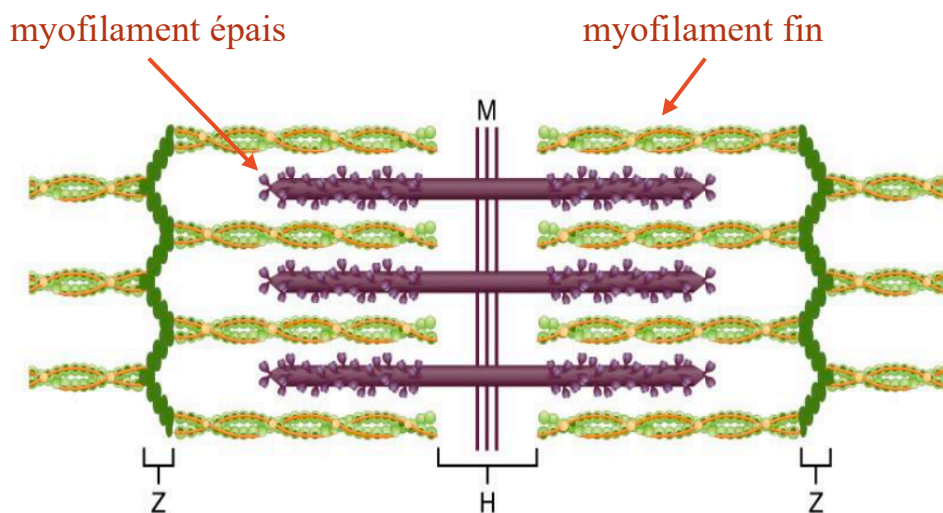
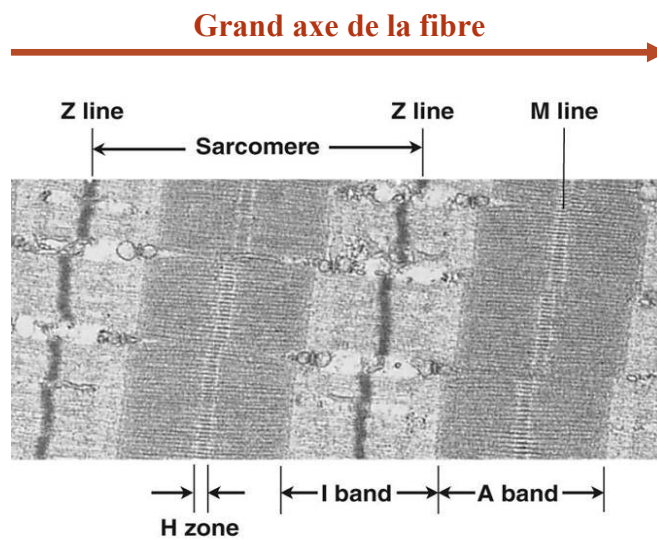
STRUCTURE ET COMPOSITION MOLECULAIRE DES RHABDOMYOCYTES

Suite à une observation en **microscopie électronique** (ME) on peut déterminer la présence de plusieurs choses :

- On retrouve les **bandes A** (bandes sombres) traversées par une zone plus **claire** : la **zone H**
- Au centre de la zone H on observe une ligne plus **sombre** : la **ligne M**

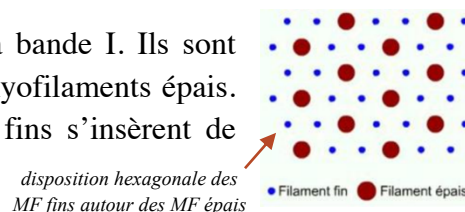
Les **myofilaments** qui constituent les sarcomères sont de deux types :

- Myofilaments **fins** : composés essentiellement d'**actine**
- Myofilaments **épais** : composés essentiellement de **myosine**



LES MYOFILAMENTS FINS

Les **myofilaments fins** sont les constituants principaux de la bande I. Ils sont disposés de façon **hexagonale** entre les travées formées par les myofilaments épais. Suivant le degré de contraction de la cellule, les myofilaments fins s'insèrent de manière **variable** au sein de la bande A.



Un myofilament fin est constitué de deux molécules d'**actine F** agencées en **hélice**. Une molécule d'actine F est constituée par une polymérisation de molécules d'**actine G** avec une extrémité positive au

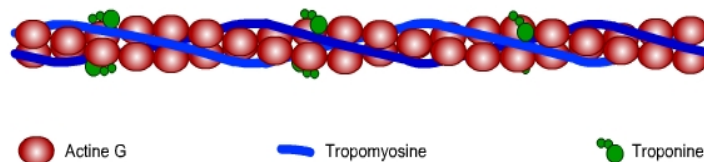
niveau du disque Z. (cf. cours de Biocell) En effet, les extrémités sont liées au niveau des disques Z par l'intermédiaire de molécules d'**alpha-actinine**.

On retrouve également des molécules de **tropomyosine** mises bout à bout dans le **sillon** de l'hélice d'actine.

Enfin, il y a des **complexes moléculaires** de **troponine** associés à chaque molécule de **tropomyosine**.

Chaque complexe de troponine est constitué de **trois** sous-unités :

- **Troponine T** : assure la **liaison** du complexe à la tropomyosine
- **Troponine C** : **fixe** les ions Ca^{2+} (calcium) et entraîne le processus de **contraction**
- **Troponine I** : **inhibe** la liaison actine-myosine et permet la mise au repos du muscle



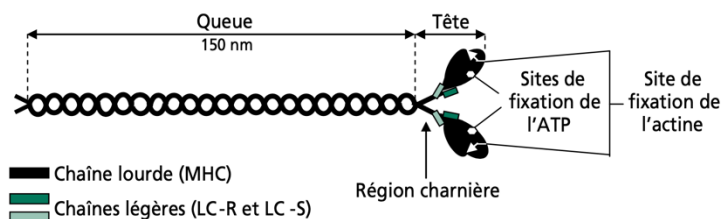
LES MYOFILAMENTS ÉPAIS

Les **myofilaments épais** correspondent à l'association de molécules de **myosine de type II** et constituent avec une partie des myofilaments fins la **bande A**.

Chaque molécule de **myosine** est composée de :

- **2 chaînes lourdes** (MHC)
- **4 chaînes légères** (L)

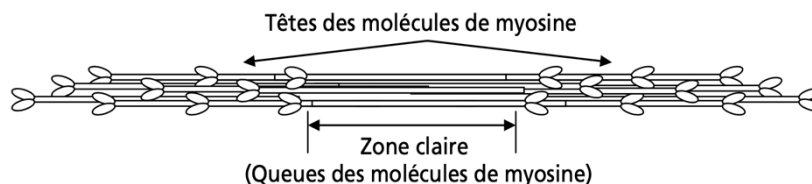
Deux chaînes légères sont associées à la **base** de la **tête** de chaque **chaîne lourde**. Ainsi, pour chaque tête on a une chaîne **essentielle** et une chaîne **régulatrice**.



Les molécules de myosine possèdent deux parties principales :

→ Chaque **tête** de myosine constitue le domaine **moteur** de la molécule et comporte un site de **fixation** d'une molécule d'**ATP** et un site d'**interaction** avec l'**actine**.

→ Les **queues** permettent aux molécules de **myosine** de se disposer **tête-bêche** (= parallèlement et en sens inverse) et de se structurer en un filament **épais** dont la région **centrale** est **dépourvue** de **têtes**. Ce sont les **têtes** qui vont se déplacer et permettre le **coulissement** des myofilaments épais sur les myofilaments fins.



TOUTES LES TÊTES DE MYOSINE SONT ABSENTES DE LA PARTIE CENTRALE

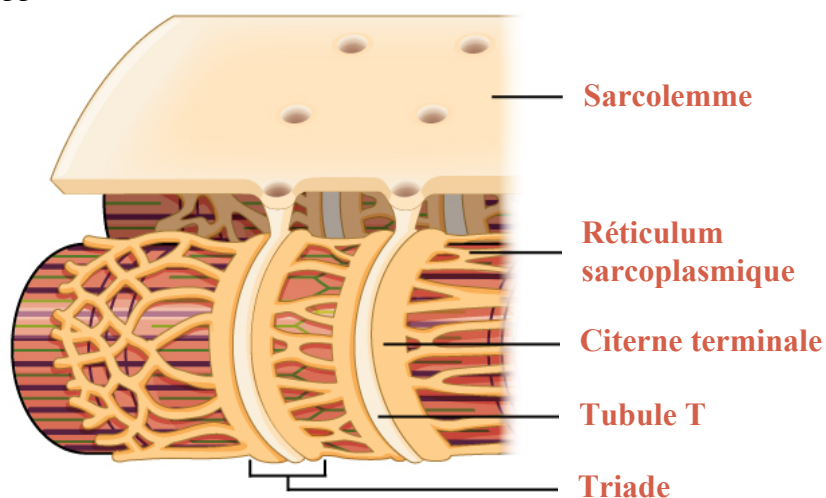
En somme, lorsqu'on observe un muscle strié squelettique on fait face à diverses **structures** de l'extérieur vers l'intérieur :

- ★ **Épimysium** → entoure le muscle composé de faisceaux
- ★ **Périmysium** → entoure chaque faisceau/groupe de rhabdomyocytes
- ★ **Endomysium** → entoure chaque rhabdomyocyte avec sa lame basale
- ★ **Sarcoleme** → membrane plasmique du rhabdomyocyte
- ★ **Myofibrilles** → composées de myofilaments fins et épais
- ★ **Myofilaments** → composés d'actine et de myosine

LE RÉTICULUM SARCOPLASMIQUE ET LE SYSTÈME T

Le **réticulum endoplasmique musculaire** s'appelle aussi réticulum **sarcoplasmique**. Il correspond à un réticulum endoplasmique **lisse** formant un **réseau tubulaire** qui **enveloppe** les myofibrilles en se disposant **parallèlement** à elles.

Les tubules fusionnent dans leur partie **latérale**, au niveau des **jonctions bande A / bande I**. Cela forme des **culs-de-sac dilatés** appelés **citernes terminales**.



Ce réticulum est un site de **stockage** du Ca^{2+} dont la **libération** dans le sarcoplasme (cytoplasme) est à l'origine du processus de **contraction** musculaire. De là l'intérêt de la proximité du site de **stockage** (réticulum) avec l'**unité contractile** (sarcomère) qui a besoin de **calcium** pour sa contraction.

Le **tubule T** (*T pour transverse*) est un tube creux qui correspond à une **invagination** du **sarcoleme** au niveau de la jonction bande A / bande I. Ils sont insérés **entre** les **citernes terminales** de **deux sarcomères successifs**.

Ainsi le **système T** correspond à une **triade** (association de 3 structures tubulaires) :

- **1 tubule T**
- **2 citernes terminales**

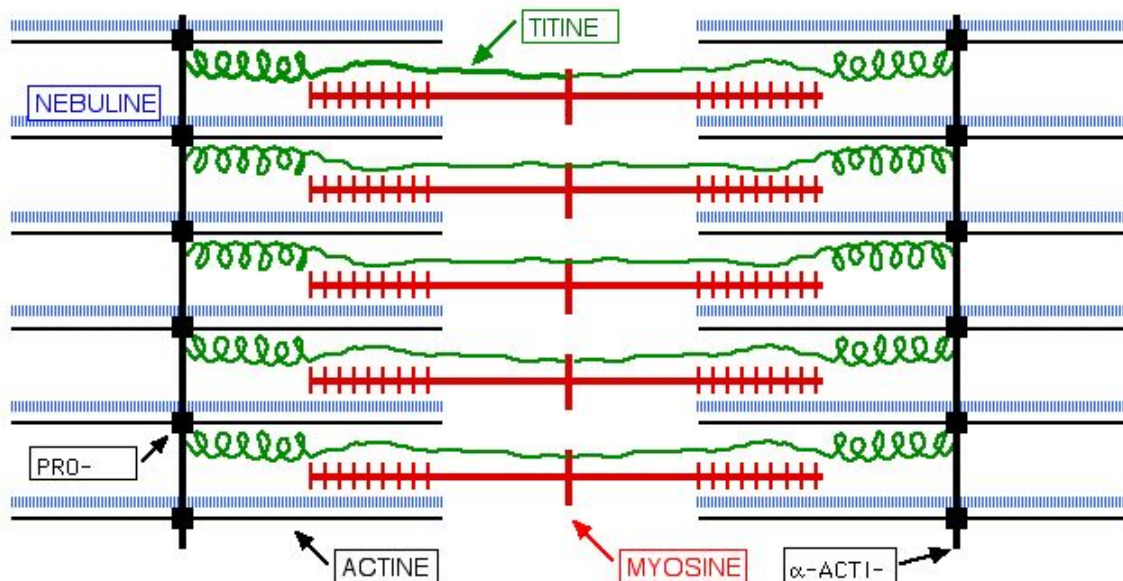
Chaque **tubule T** se ramifie et entre en contact avec de multiples **sarcomères** portés par de nombreuses **myofibrilles** différentes. Cela constitue ainsi un réseau important **ramifié**. Cela permet la **transmission** d'un influx nerveux jusqu'aux sarcomères les plus **centraux** de la cellule et permet donc leur contraction.

LE SYSTÈME T

- ★ Il est en **continuité** avec le sarcolemme et permet la transmission rapide de l'influx nerveux aux sarcomères les plus **centraux** de la cellule et donc leur contraction
- ★ Il est en **communication** avec le **liquide interstitiel** de l'espace **intercellulaire** et permet un apport de **nutriments** dans la profondeur de la cellule en **glucose** et en **oxygène**

PARTICULARITÉS MOLÉCULAIRES DES RHABDOMYOCYTES

Diverses **molécules** autres que celles impliquées dans le système **contractile** actine/myosine participent à **l'architecture cytosquelettique** des rhabdomyocytes.



MOLÉCULES MYOFIBRILLAIRES

Ces molécules permettent l'**agencement** et le **maintien** de l'architecture cytosquelettique et assurent également le fonctionnement des structures contractiles. Parmi les nombreuses molécules présentes on peut citer :

★ La titine :

- Molécule **géante élastique**
- S'étend sur la longueur d'un **demi** sarcomère
- Attache **indirectement** les filaments **épais** au niveau du **disque Z** tout en maintenant leur alignement

★ La nébuline :

- Ancrée à la **strie Z**
- Associée aux filaments **fins** de manière à en **contrôler** la longueur par **régulation** de la **polymérisation de l'actine**

★ Desmine :

- **Filament intermédiaire**
- Forme la **charpente** cytosquelettique du **disque Z**

★ Alpha-actinine :

- Au niveau de la **strie Z**
- Assure l'arrimage des myofilaments **fins/d'actine** de **deux sarcomères successifs**

★ Myomésine :

- Localisée au niveau de la **ligne M**
- Liée à la **titine** et à la partie centrale des myofilaments **épais/de myosine**

Pour bien comprendre/apprendre ce cours :

- Faire le lien entre les cours ! Ex : entre les *tissus conjonctifs non spécialisés* et la partie où l'on parle de TC qui entourent les cellules (TC lâches, denses...) dites-vous que les cellules ne vont pas flotter librement et qu'elles ont besoin de soutien → cf. rôles et localisations des TC
- Faites des liens entre les matières ! Souvent il y a des notions qui sont moins détaillées dans certaines matières tout simplement car ce n'est pas l'objet du cours. ex : les nerfs (anat.), les myofilaments (biocell),
- Faire le lien entre la striation des rhabdomyocytes et leur unité contractile : le sarcomère
- Faire le lien entre la disposition de chaque filament et son rôle (*si tel filament est disposé horizontalement c'est pour telle ou telle raison etc.*) au pire même inventez-vous des liens tant que ça vous aide à retenir.

Voilà pour ce cours très abordable devenant très simple quand on l'a bien compris !

Souvent les cours contiennent des notions communes, en faisant le lien entre les différents cours voire même entre les matières, vous arriverez beaucoup mieux à les retenir et à comprendre leur finalité.

N'hésitez pas à faire des retours pour améliorer la version mis à jour qui sortira dans quelques jours. On vous sortira une fiche récap pour réviser ce cours plus rapidement stay tuned ;).

Dans cette fiche il manque seulement la fin du cours à partir des complexes moléculaires de liaison (que je rajouterai pour la version à jour) et quelques coupes (cf. ronéo). Sinon tout y est !

J'ai rajouté quelques explications pour les parties du cours qui ne sont pas évidentes à comprendre mais si vous avez encore des questions → fofo

Place aux **dédiuuuuu** :

Dédi à mes talentueux co-tuts Maria & Yanis,

Dédi à Jaeji et Léa mes bb

Dédi à Yanousa mon rire quotidien

Dédi au co learning et à notre descendance avec mention spéciale à Yunes, Léo, Elias et Karim qui vont touuuut défoncer

Dédi à mes autres cops de P1 sans qui j'aurais JA-MAIS survécu : Alexis, Anna, Caro, Elena, Julia, Manon, Sacha j'vous aimeeee

Dédi à Skype pour le survivage du S2

Dédi à toute l'équipe tutoresque



L'histo vous aime ♥