

LES TISSUS MUSCULAIRES

Le tissu musculaire strié squelettique



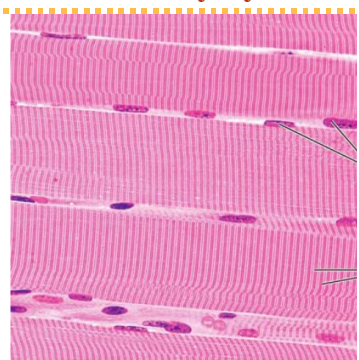
INTRODUCTION

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 :

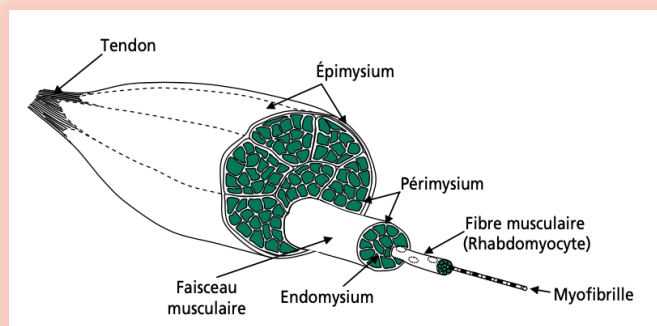
- Elles sont de forme **cylindrique**
- Elles sont de **grande taille**
- Elles sont **multinucléées** (contiennent plusieurs noyaux)
- Elles présentent une **striation transversale caractéristique** perpendiculaire au grand axe de la fibre.



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

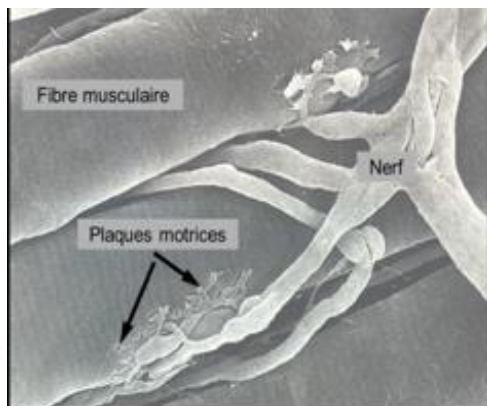


Photo en ME : motoneurone avec des synapses qui envoient une information synchrone aux différentes fibres musculaires striées

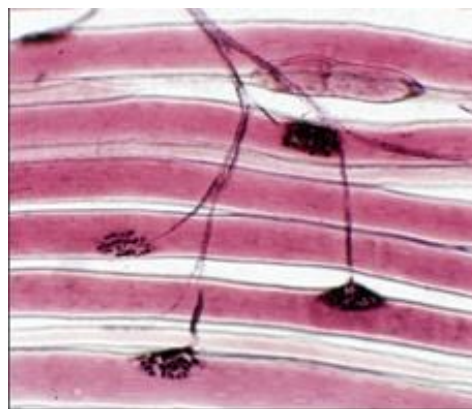


Photo en MO : boutons synaptiques à l'extrémité des prolongements axonaux, contact entre la partie nerveuse et musculaire

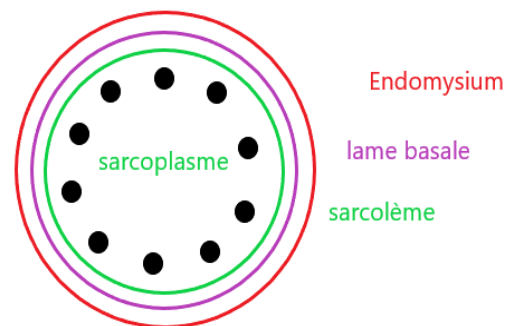
CARACTÉRISTIQUES MICROSCOPIQUES DES MUSCLES STRIÉS

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**.

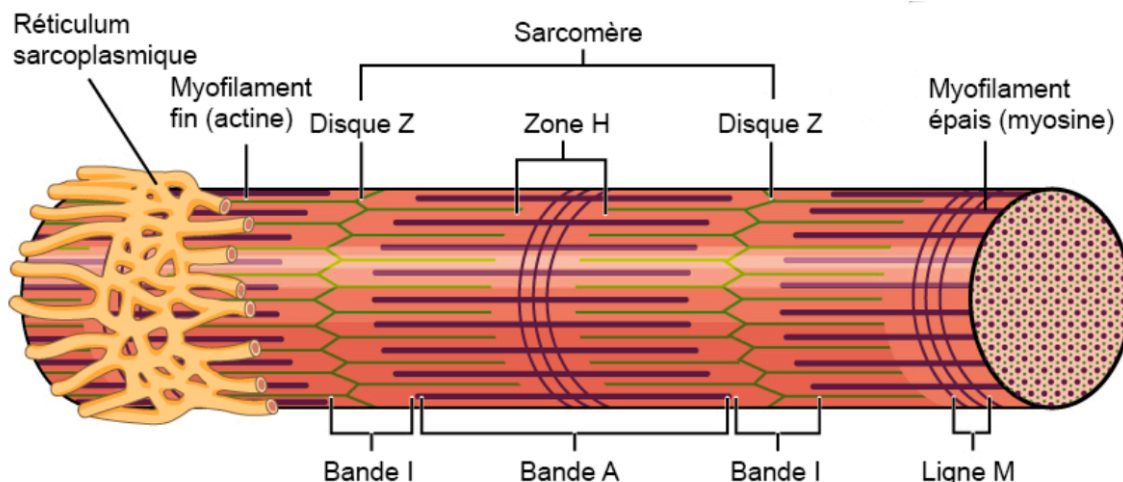
Les bandes **claires** sont aussi appelée **bandes I** (pour isotrope)

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

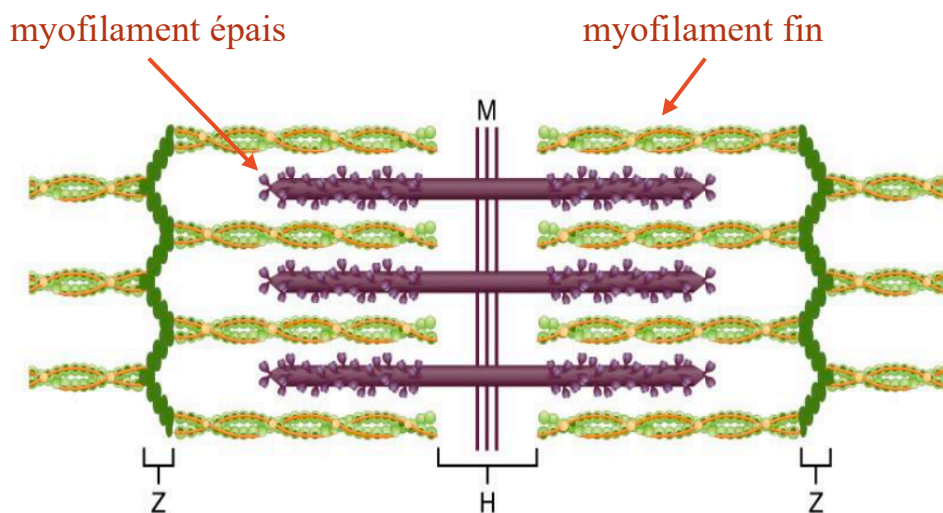
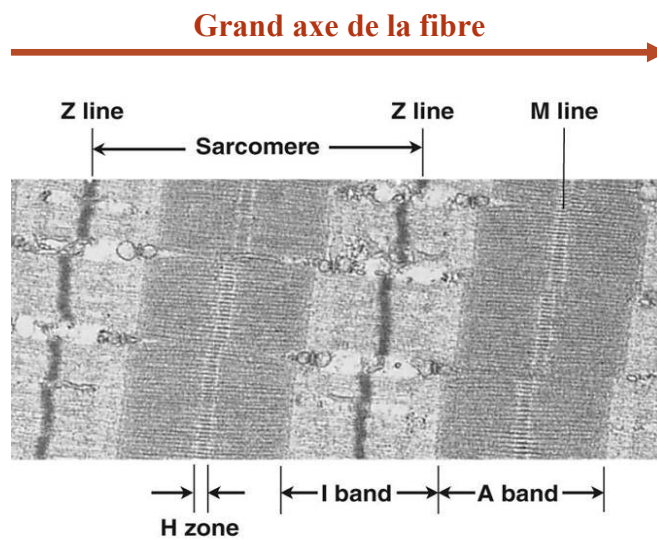
STRUCTURE ET COMPOSITION MOLECULAIRE DES RHABDOMYOCYTES

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**

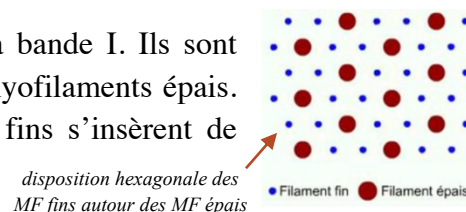
Les **myofilaments** qui constituent les sarcomères sont de deux types :

- 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

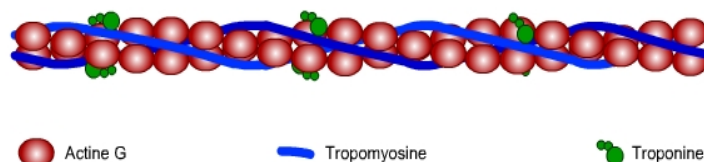
niveau du disque Z. (cf cours de Biocell) En effet, les extrémités sont liées au niveau des disques Z par l'intermédiaire de molécules d'**alpha-actinine**.

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



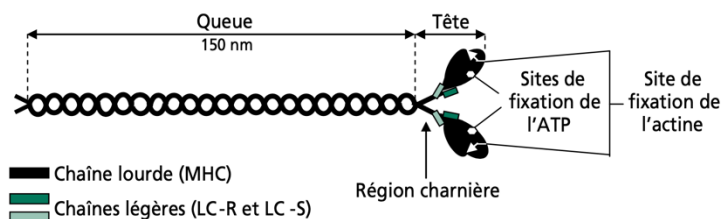
LES MYOFILAMENTS ÉPAIS

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)

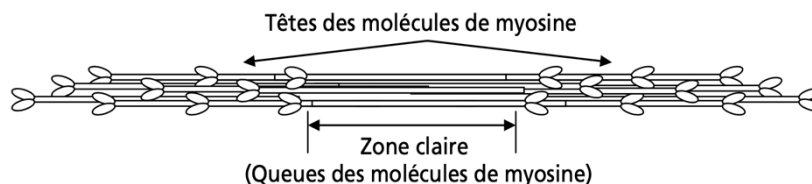
Deux chaînes légères sont associées à la **base** de la **tête** de chaque **chaîne lourde**. Ainsi, pour chaque tête on a une chaîne **essentielle** et une chaîne **régulatrice**.



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

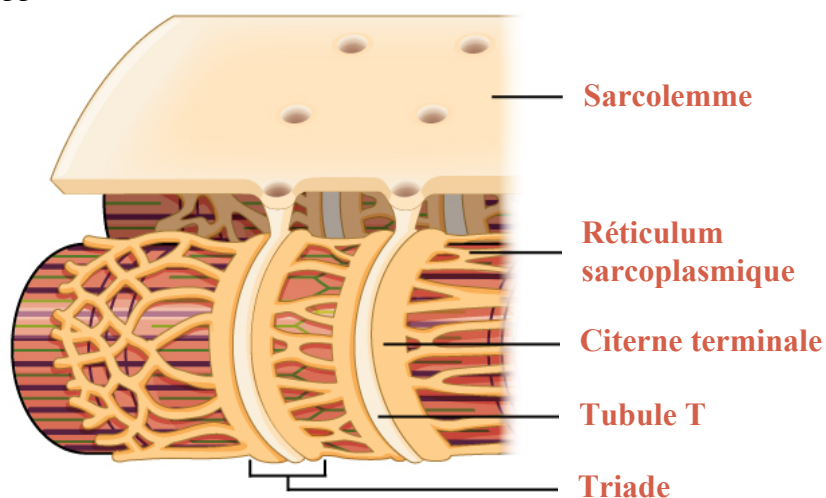
En somme, lorsqu'on observe un muscle strié squelettique on fait face à diverses **structures** de l'extérieur vers l'intérieur :

- ★ **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**

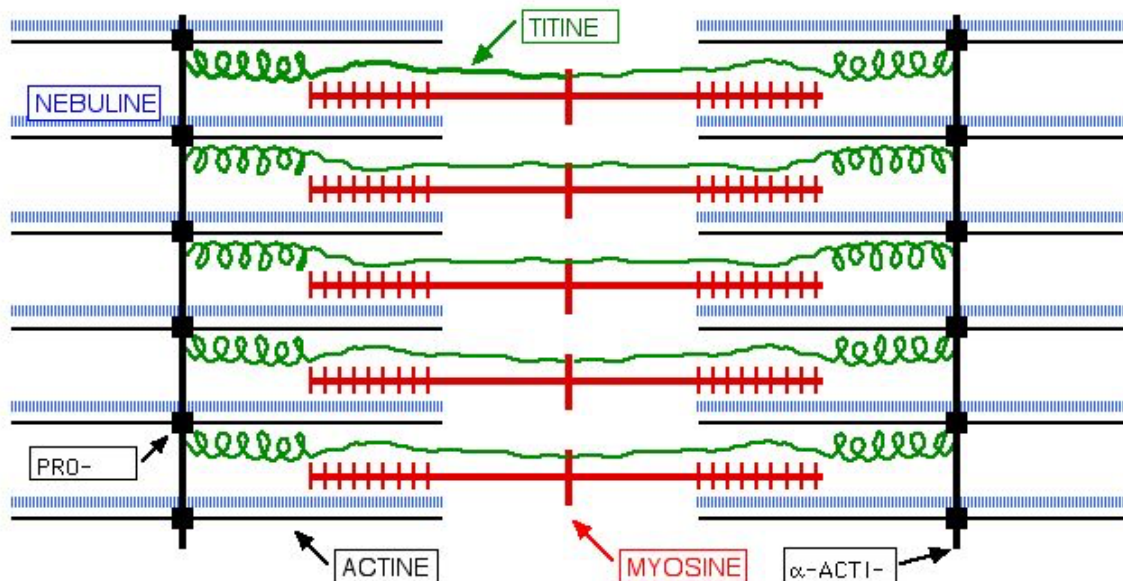
Chaque **tubule T** se ramifie et entre en contact avec de multiples **sarcomères** portés par de nombreuses **myofibrilles** différentes. Cela constitue ainsi un réseau important **ramifié**. Cela permet la **transmission** d'un influx nerveux jusqu'aux sarcomères les plus **centraux** de la cellule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

★ Myoméline :

- 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 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 me faire des retours pour que je fasse une version mise à jour encore meilleure. Et aussi si vous aimez le concept de la partie « pour bien comprendre ce cours » dites le moi pour que je puisse la développer. On vous sortira une fiche récap pour réviser ce cours plus rapidement.

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

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

Place aux déiiiiiiiiiiiis (je vais la faire courte) :

Dédi à mes co-tuts Maria & Yanis, à Yanousa, Jaeji et Léa

Dédi au co learning <3

Dédi à mes super fillots qui vont tout déchirer cette année vous êtes pas prêts

Dédi à mes autres cops de P1 sans qui j'aurais JA-MAIS survécu

Dédi à toute l'équipe du tutorat qui se donne à fond pour fournir un travail de qualité, vous êtes géniauxxx

L'histo vous aime ♥