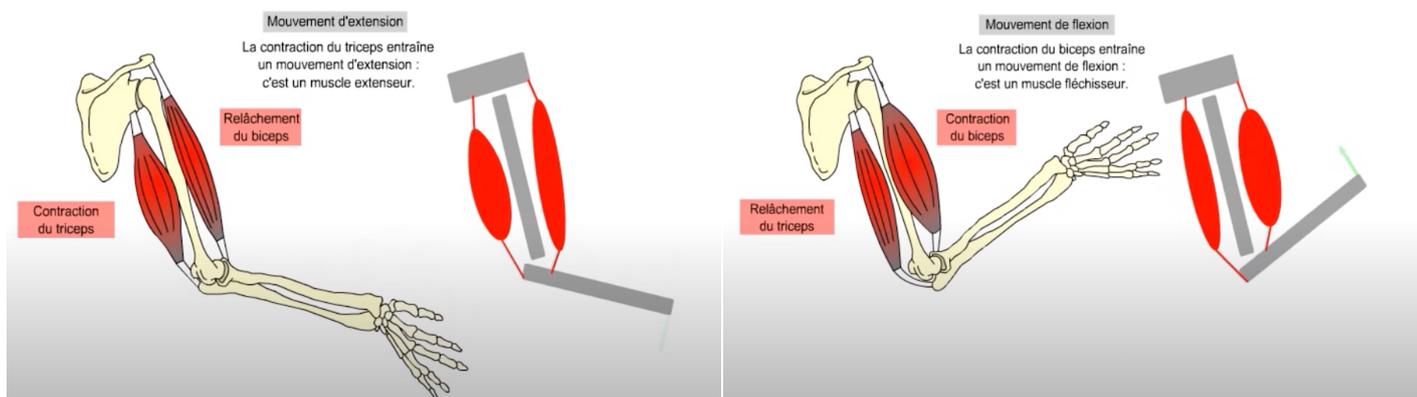


Mise en situation et objectifs

Le mouvement d'une articulation nécessite la **contraction d'un muscle** et le relâchement du muscle antagoniste. Le muscle qui se contracte est relié à deux **os** par des **tendons** et sa contraction va permettre le rapprochement de ces deux segments osseux et ainsi leur mouvement par rapport au point fixe de l'articulation.



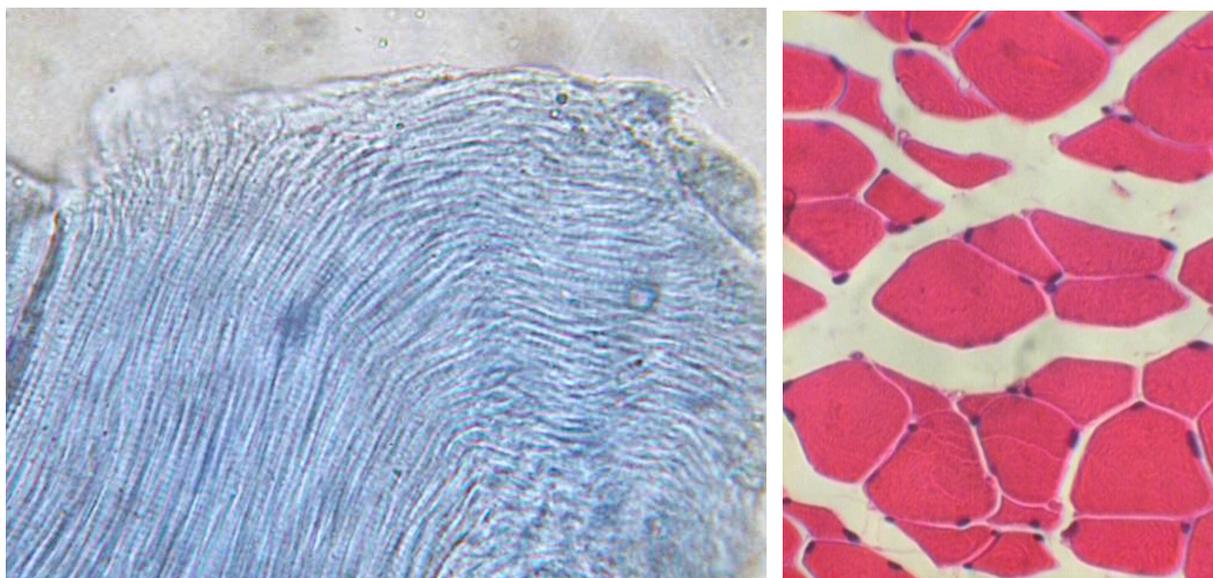
Activité des muscles et mouvements de l'articulation du coude

Dans les deux mouvements l'os de l'avant-bras se rapproche de l'os de l'épaule ;

- En flexion le rapprochement se fait par devant l'os du bras,
- En extension, ils se fait par-derrrière l'os du bras.

On cherche à décrire les mécanismes cellulaires de la contraction musculaire.

Étape 1 : observation d'une cellule musculaire au microscope optique



Cellules musculaires observées au microscope optique x 600.

À gauche : cellules musculaires de muscle de truite dilacéré colorées au bleu de méthylène. On remarque que les cellules sont de forme fuselée, très allongées, et présentent des « rayure » ou stries perpendiculaires à leur longueur.

À droite : cellules musculaires de muscle humain en CT (plusieurs colorants). En section, les cellules sont grossièrement ovales et on y observe fréquemment plusieurs noyaux de taille réduite (en bleu).

Bilan : les cellules musculaires sont donc des cellules fuselées très allongées, plurinucléées (elles résultent de la fusion de plusieurs cellule souches, les myoblastes) ; leur cytosquelette forme une répétition régulière de stries.

Ces stries révèlent la présence dans les cellules musculaires de longues structures cylindriques appelées **myofibrilles**, elles-mêmes constituées d'une suite d'éléments répétitifs, les **sarcomères**.

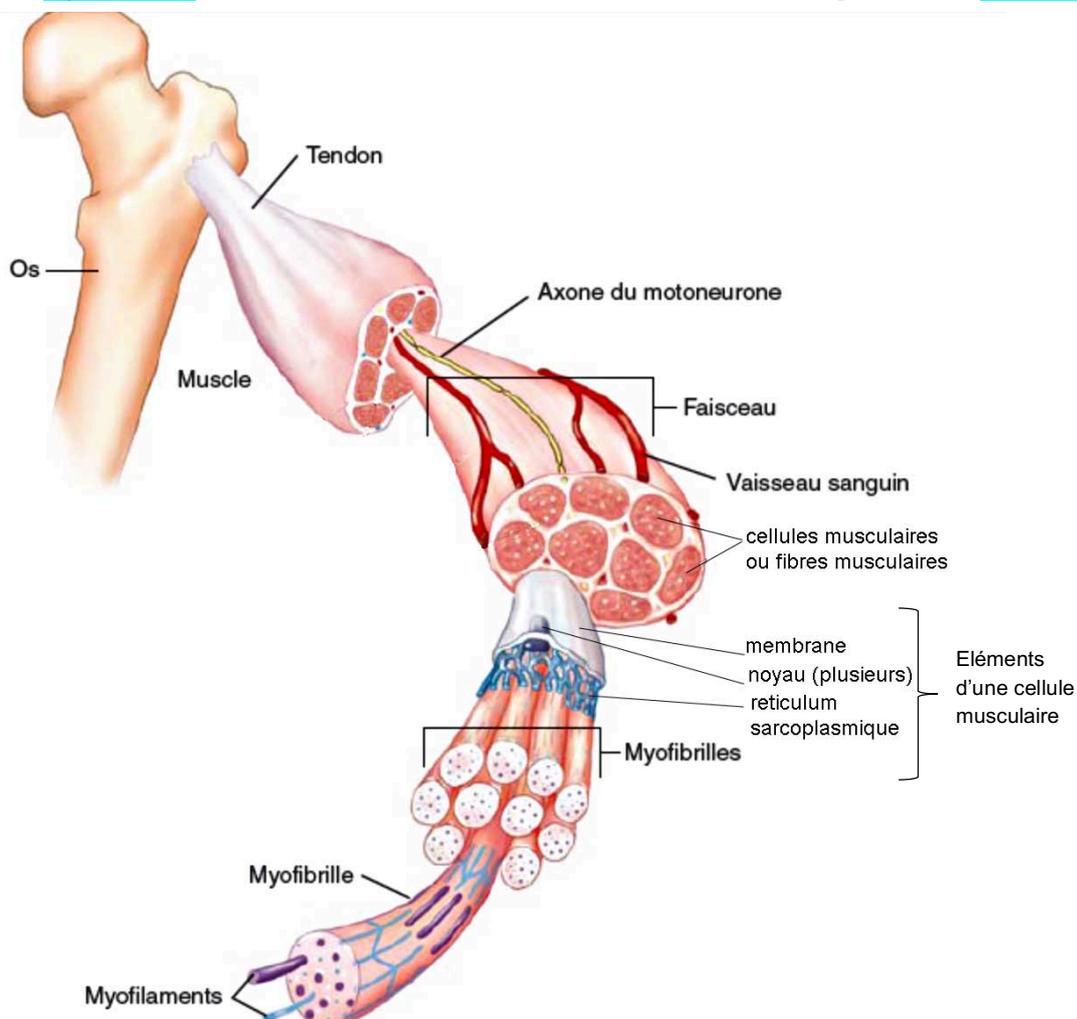


Schéma montrant la relation entre myofibrille, cellule musculaire et muscle

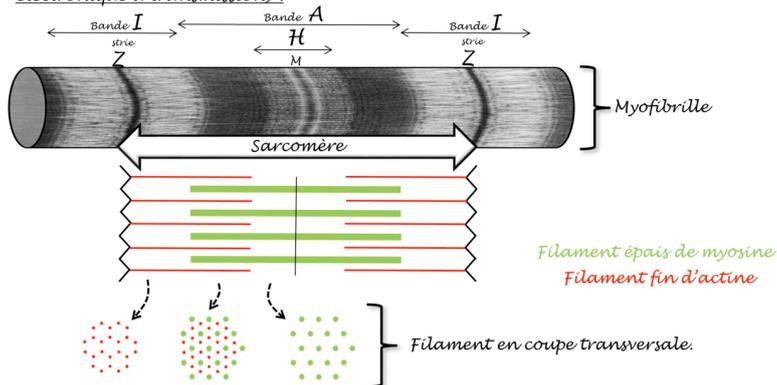
Étape 2 : structure d'un sarcomère

Chaque sarcomère est constitué par deux types de filaments protéiques ou myofilaments, chacun constitué d'un type de protéine bien précis :

- Les **filaments épais**, constitués de **myosine**
- Les **filaments fins**, constitués d'**actine**

Les filaments de myosine et les filaments d'actine se recouvrent en partie.

Structure d'un sarcomère d'une myofibrille (d'après des observations au microscope électronique à transmission) :



SVT – T SP	La fibre musculaire, cellule spécialisée	Corrigé
Activité C16-1		

Étape 3 : conditions cytoplasmiques de la contraction musculaire

Nous avons observé deux fragments de muscles, l'un en présence d'une solution d'ATP, l'autre en présence d'une solution d'eau distillée, et nous avons mesuré la longueur de ces fragments de muscles.

Dans cette expérience, **le facteur testé**, que l'on fait varier délibérément pour connaître son influence, est l'ATP, une petite molécule présente dans les cellules vivantes. **Le facteur mesuré** (ou système de lecture des résultats) est la longueur des cellules musculaire, qui diminue lorsque ces cellules se contractent.

J'en déduis que l'on souhaite ici connaître l'influence de l'ATP sur la contraction musculaire. L'hypothèse peut s'écrire ainsi : « **l'ATP permet la contraction musculaire** »

Étape 4 : résultats de l'expérience et exploitation

Les résultats peuvent être présentés sous forme de photos légendées avec une échelle permettant de constater le raccourcissement des cellules.

(voir le lien https://blogpeda.ac-bordeaux.fr/svtpapelement/files/2014/07/TP9_contraction-musculaire_2016.pdf)

On peut aussi les résumer efficacement sous la forme d'un tableau :

Milieu dans lequel le muscle est placé à t=0	Raccourcissement (en % de la longueur totale du fragment de muscle)
Eau distillée	0
Solution d'ATP	48

Tableau des résultats obtenus

Je vois que le muscle se raccourcit de 48% en présence d'ATP par rapport au témoin sans ATP où je n'observe aucun raccourcissement. **J'en déduis que l'ATP permet la contraction musculaire.**

Étape 5 : Étude plus détaillée des propriétés de l'actine et de la myosine

Sur le document 1 p.338, je vois que la contraction du muscle ne peut commencer qu'en présence simultanément d'ATP et de Ca^{2+} , ces deux éléments sont donc nécessaires à la contraction.

Je vois aussi que la contraction peut être maintenue en absence d'ATP tant que le Ca^{2+} est présent ; **j'en déduis que l'ATP n'est nécessaire que pour commencer la contraction.** **Je vois aussi que** la contraction ne peut être maintenue en l'absence de Ca^{2+} même en présence d'ATP, **j'en déduis que le Ca^{2+} est nécessaire aussi bien pour commencer que pour maintenir la contraction.**

Sur le document 2, je vois qu'en présence d'ATP la myosine seule, mais non l'actine seule, produit une petite quantité d'ADP et de Pi. **J'en déduis que l'actine est capable de transformer une partie de l'ATP en ADP + Pi.** Cette réaction est **l'hydrolyse de l'ATP**, qui libère de l'énergie.

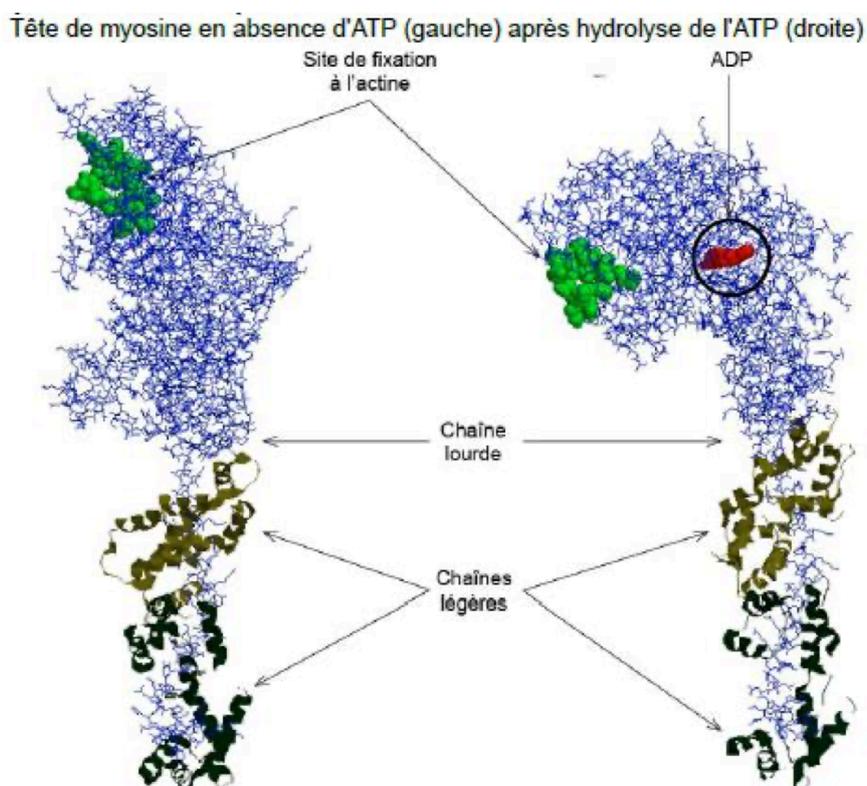
Je vois aussi que lorsque la myosine et l'actine sont présentes en même temps, l'hydrolyse de l'ATP est complète, bien plus importante que celle obtenue avec la myosine seule ; et l'on observe un pontage moléculaire entre l'actine et la myosine. **J'en déduis que la myosine est capable de se lier à l'actine et que ce pontage est nécessaire pour permettre à la myosine de continuer à hydrolyser l'ATP.**

Bilan :

- La myosine hydrolyse spontanément une petite quantité d'ATP, ce qui est nécessaire, mais pas suffisant, pour commencer la contraction.
- Si du Ca^{2+} est présent, la myosine se lie alors à l'actine ; ce pontage permet le début de la contraction.
- Tant que du Ca^{2+} est présent, la myosine reste associée à l'actine. S'il y a encore de l'ATP, la myosine continue à hydrolyser l'ATP et la contraction augmente. S'il n'y a plus d'ATP, la contraction n'augmente plus mais se maintient.
- La contraction cesse lorsqu'il n'y a plus de Ca^{2+} .

Étape 6 : modèle moléculaire de la myosine

L'étude du modèle moléculaire montre que l'extrémité arrondie de la myosine ou **tête de myosine** présente une forme « repliée » pauvre en énergie lorsqu'elle est liée à l'ATP, et change de forme pour prendre une forme « dépliée » une fois l'ATP hydrolysé en ADP + Pi, donc, grâce à l'énergie issue de



On observe qu'après hydrolyse de l'ATP, la conformation de la tête de myosine a changé. D'après les informations, l'hydrolyse de l'ATP provoque un basculement de la tête de myosine : l'énergie chimique libérée est convertie en énergie mécanique.

l'hydrolyse de l'ATP. Cette **forme dépliée, riche en énergie**, permet à la myosine de se fixer à l'actine et de déclencher la contraction à condition que du Ca^{2+} soit présent.

Étape 7 : bilan : le mécanisme cellulaire de la contraction musculaire

La contraction de chaque cellule musculaire est déclenchée par la libération d'ions Ca^{2+} dans le cytoplasme (suite au fonctionnement des synapses neuromusculaires) et implique l'hydrolyse d'une certaine quantité d'ATP cellulaire, qui fournit l'énergie.

- Le rôle des ions Ca^{2+} est de modifier les filaments d'actine afin de **rendre possible le pontage actine/myosine**.
- Grâce à l'énergie fournie par l'hydrolyse de l'ATP, la myosine peut répéter un cycle durant lequel **la tête de myosine pivote et fait coulisser les filaments d'actine** de chaque sarcomère par rapport aux filaments de myosine.
- Cela permet le **raccourcissement** de chaque sarcomère, qui se transmet à l'ensemble de la cellule musculaire, puis du muscle. Ce raccourcissement cesse lorsque le taux d'ions Ca^{2+} diminue.

Structure du sarcomère lors de la contraction :

Myofibrille relâchée.

Myofibrille contractée (raccourcissement).

