

SVT	Thème 3B : Produire le mouvement : contraction musculaire et apport d'énergie	Term Spé SVT
Cours	Chapitre 1 : La cellule musculaire : une structure spécialisée permettant son propre raccourcissement	ESTHER

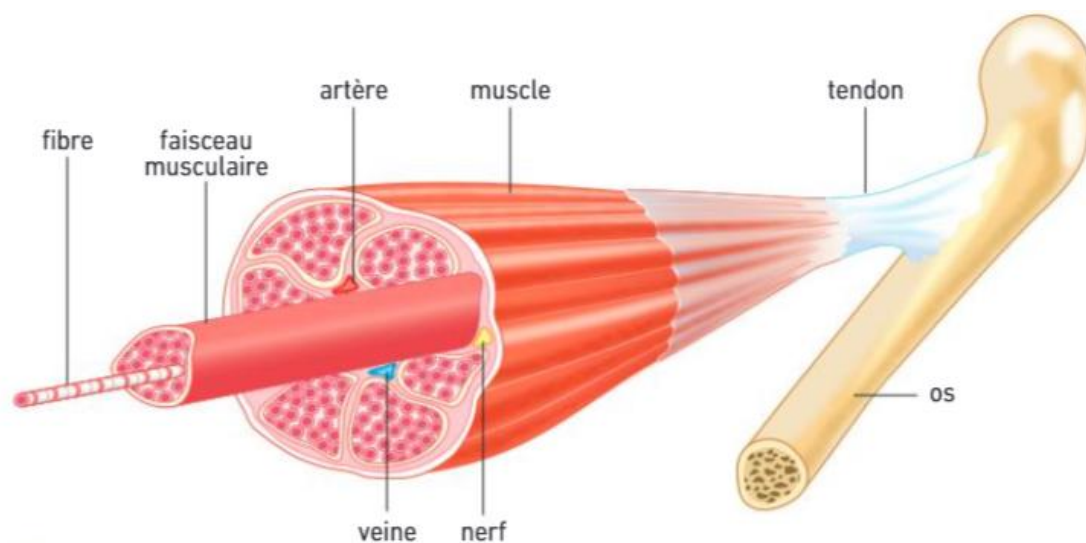
Fil rouge : le sportif, amateur ou de haut niveau, utilise en permanence son système musculaire (ou musculo-squelettique) pour réaliser des mouvements qui lui permettent d'exercer son activité. Dans l'ensemble de ce thème T3B, nous allons chercher à comprendre comment sont réalisés ces mouvements à différentes échelles et quels métabolismes énergétiques sont mis en jeu. Nous verrons ainsi que le marathonien, le coureur de 800m ou le sprinter, par exemple, utilisent tous leurs muscles mais pas le même métabolisme...

Introduction - Pour commencer, dans ce premier chapitre, nous allons chercher à comprendre comment les muscles permettent le mouvement et pour cela nous allons procéder par échelle : de l'organe aux molécules.

Problème : Quels sont les mécanismes qui permettent aux muscles et aux cellules musculaires de réaliser un mouvement ?

I - Le muscle strié squelettique et le mouvement

Les muscles striés squelettiques sont constitués de deux parties distinctes : des tendons à chaque extrémité, rattachés aux os et, au milieu, une partie plus épaisse, qui est la partie contractile (capable de se contracter).



Document 1 – Schéma de l'organisation du muscle relié au squelette osseux (Source : manuel Bordas)

Lors d'une contraction (commandée par le système nerveux – voir T3A), le muscle strié squelettique se raccourcit et s'épaissit provoquant une traction sur les tendons et donc un déplacement des os et du squelette ; autrement dit : un mouvement.

Lors d'un relâchement, le muscle strié squelettique s'allonge et diminue en épaisseur.

Remarque : comme on l'a vu dans le T3A, des muscles antagonistes coordonnés par le système nerveux, permettent l'inversion du mouvement. Les muscles agonistes et antagonistes agissent en opposition : quand l'un des deux se contracte, l'autre se relâche.

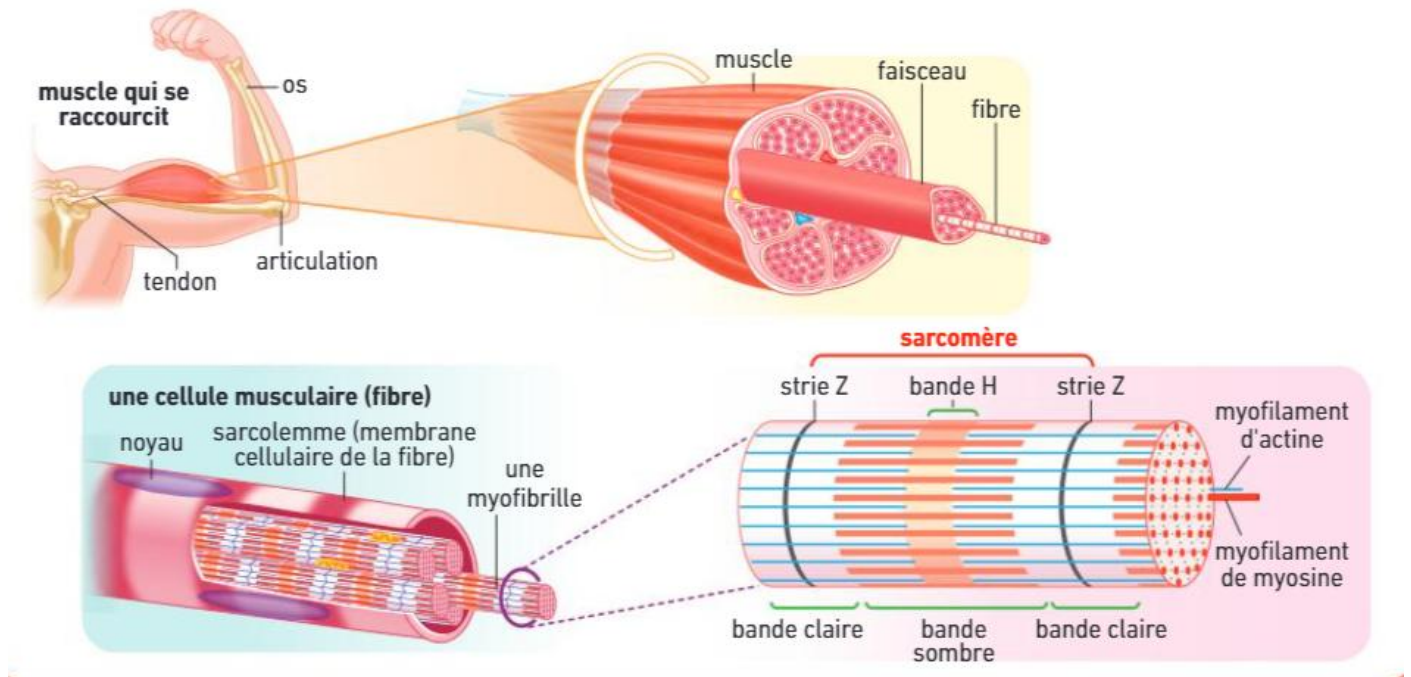
Comment la contraction est-elle permise au niveau du muscle ? Quelles sont les particularités des cellules musculaires ?

II – Les mécanismes de la contraction musculaire à différentes échelles

II1 – La contraction musculaire à l'échelle de l'organe

Le muscle strié squelettique est composé de fibres reliées entre-elles, disposées en parallèles et organisées en faisceaux (voir schéma).

Ces fibres musculaires sont contractiles et permettent donc la contraction et le mouvement.



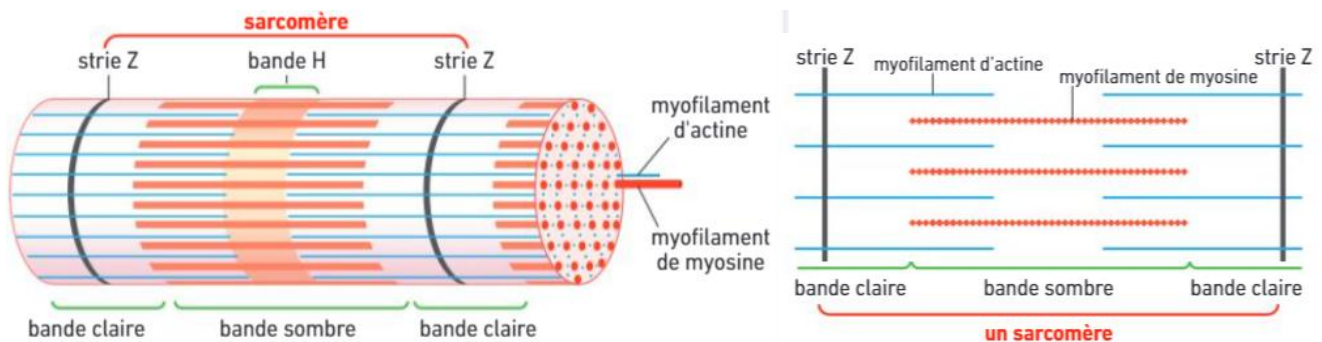
Document 2 – Schéma de l'organisation d'un muscle à différentes échelles (Source : manuel Bordas)

II2 – La contraction musculaire à l'échelle cellulaire

Chaque fibre musculaire est formée par la fusion de plusieurs cellules musculaires (myoblastes) formant une grande « cellule » avec plusieurs noyaux.

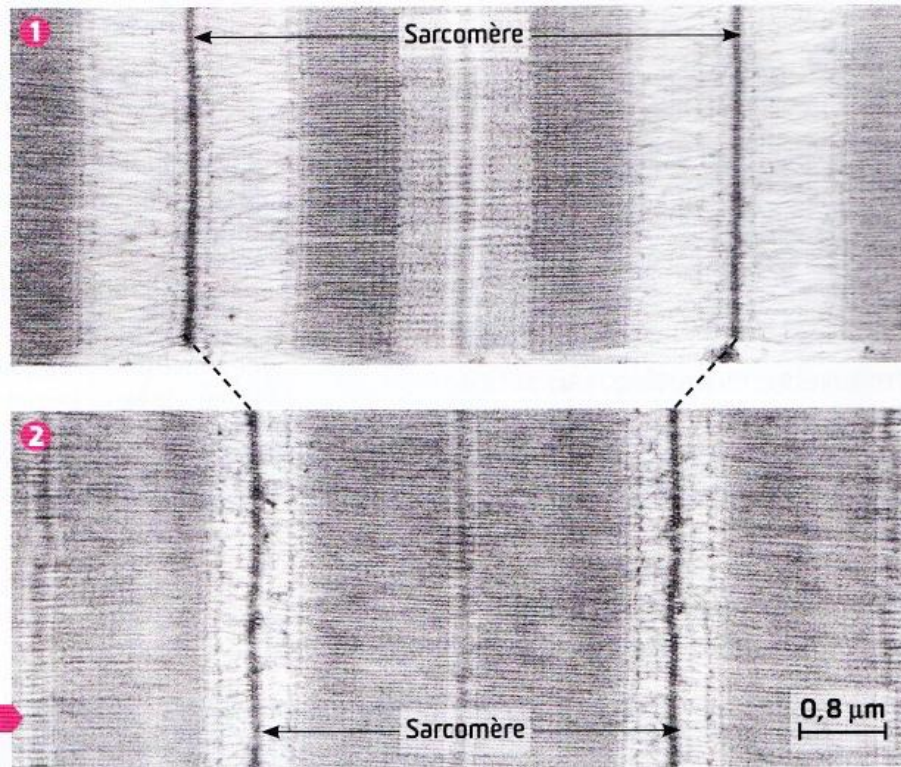
L'observation au microscope optique ou électronique de ces fibres permet de mettre en évidence un aspect « strié » des fibres musculaire (d'où le nom muscle « strié » squelettique).

Cette striation met en évidence la présence dans les fibres musculaire d'un cytosquelette* très dense et organisé. Le cytosquelette des cellules musculaires forme des myofibrilles composées d'unité de 2.5 μm de long nommés sarcomères (voir schéma).



Document 3 – Schémas de l'organisation d'un sarcomère (unité répétée dans la fibre musculaire), en 3D à gauche et en 2D à droite (Source : manuel Bordas)

Lors de la contraction, les sarcomères se raccourcissent d'environ 25% de leur longueur.



Document 4 – Observation au microscope d’une fibre musculaire relâchée (1) et contractée (2)

Quels sont les mécanismes moléculaires en jeu au niveau des sarcomères ?

*cytosquelette : ensemble des molécules qui confèrent à la cellule sont « architecture », sa forme, et ses propriétés mécaniques.

II-3 – La contraction musculaire à l’échelle moléculaire

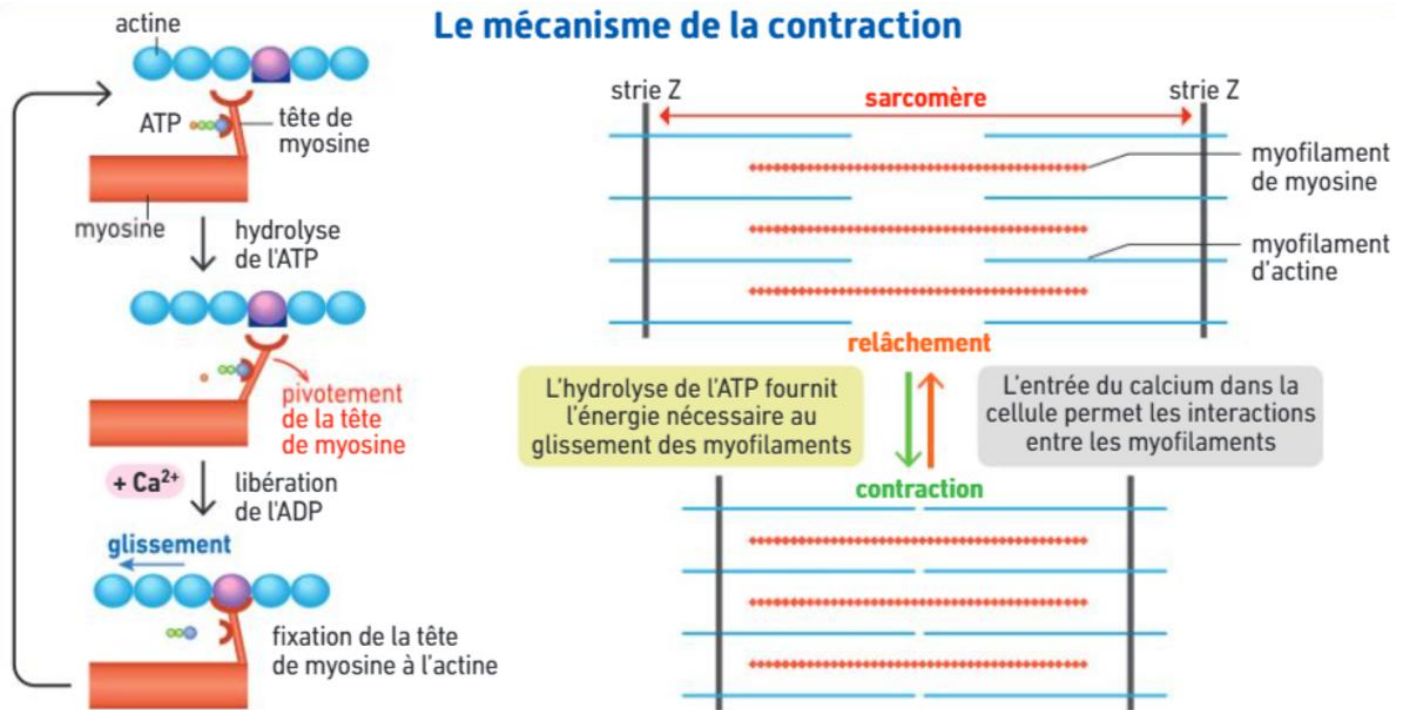
Les sarcomères (et donc les myofibrilles) sont un assemblage de molécules d’actine et de myosine. Ces deux molécules forment donc le cytosquelette des cellules musculaires et confèrent à ces cellules leur propriété contractile.

Lors de la contraction, les filaments d’actine et de myosine coulissent les uns par rapport aux autres de manière simultanée entraînant un raccourcissement des fibres musculaires et du muscle dans sa totalité.

Le déplacement des molécules de myosine et d’actine est permis par la capacité de ces molécules à changer de forme/conformation. En effet, les molécules de myosine sont formées d’un bras stable, et d’une tête capable de pivoter. Ce changement de forme de la myosine entraîne le coulissement des molécules myosine sur les molécules d’actine (voir schéma).

Le changement de forme de la myosine (et donc la contraction) nécessite la présence d’ions calcium (Ca^{2+})* et l’hydrolyse de molécules d’ATP. Tant que l’ATP et le calcium sont présents, la myosine continue de se déplacer et la contraction augmente.

* : Rappel : les ions calcium sont libérés par le réticulum endoplasmique suite à une stimulation nerveuse.



Document 5 – Schéma du mécanisme de la contraction à l'échelle moléculaire (Source : manuel Bordas)

III – La myopathie de Duchenne, un exemple de dysfonctionnement des cellules musculaires

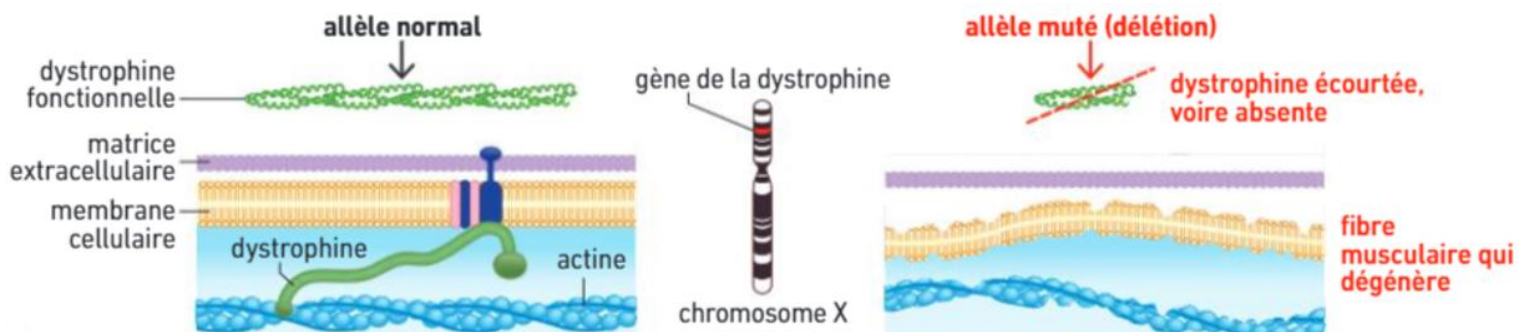
La myopathie de Duchenne est une affection génétique qui touche la musculature. Elle se caractérise par un affaiblissement progressif des muscles aboutissant à une grave incapacité motrice et cardio-respiratoire, en général après l'âge de 10-13ans.

Cette maladie est due à une ou plusieurs mutations affectant le gène de la **dystrophine**, localisé sur le chromosome X. La maladie touche donc essentiellement des garçons (1/3500 naissances).

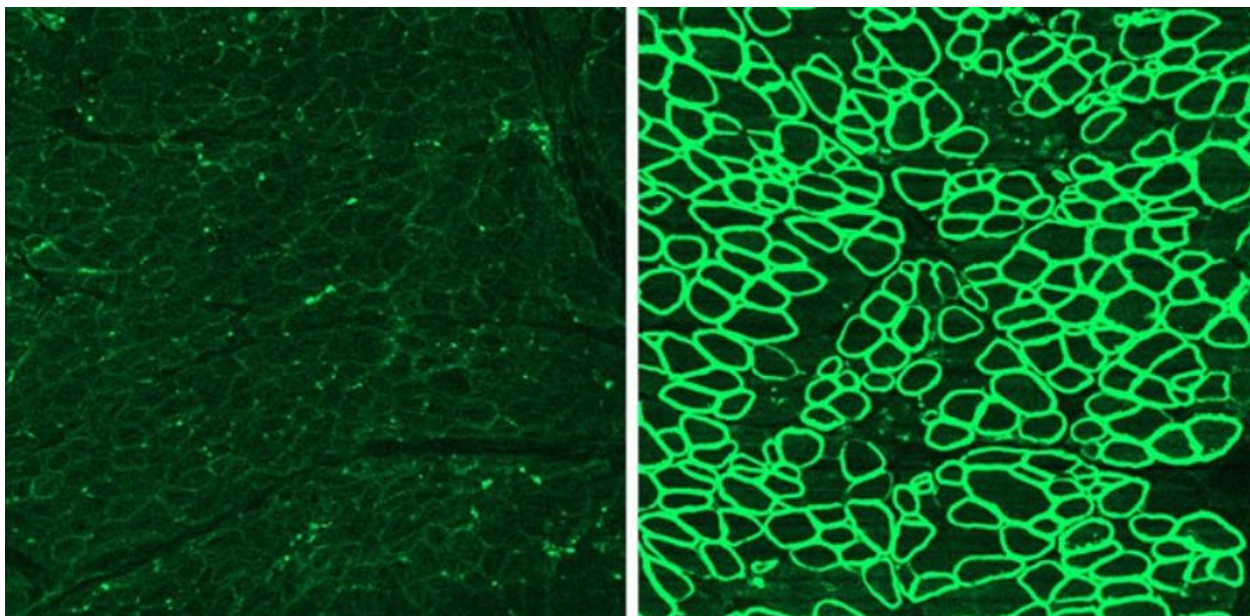
La dystrophine est une protéine qui relie les filaments d'actine des cellules musculaires à la matrice extracellulaire. Chaque cellule musculaire se trouve donc rattachée, grâce à la dystrophine, à la matrice et aux autres cellules. Autrement dit, la dystrophine et la matrice permettent d'assurer la cohérence des cellules musculaires entre elles.

Si la dystrophine est absente, les fibres musculaires dégèrent.

Les recherches d'un traitement contre les myopathies sont actuellement en cours.



Document 6 – Schéma de comparaison de la contraction entre un individu sain et un individu atteint de myopathie (Source : manuel Bordas)



Document 7 – Photographies au microscope des cellules musculaires avant traitement par CRISPR-CAS9 et après (la **dystrophine** apparait en vert sur les images)

Pour aller plus loin : <https://www.pourlascience.fr/sd/medecine/crispr-cas9-a-lassaut-de-la-myopathie-de-duchenne-14943.php>

Conclusion

Nous avons vu que les cellules musculaires se contractent grâce à leur cytosquelette et à leurs propriétés contractiles. Les molécules de myosine en changeant de conformation permettent donc la contraction et le mouvement. Nous avons également vu que ce changement de conformation nécessite l'hydrolyse de l'ATP, une molécule riche en énergie.

D'où provient l'ATP qui permet l'apport en énergie nécessaire à la contraction musculaire ?

Des pistes pour le Grand Oral :

<https://www.cnrs.fr/fr/placenta-chez-les-femelles-masse-musculaire-chez-les-males-le-double-heritage-dun-virus>

<https://www.pourlascience.fr/sd/medecine/crispr-cas9-a-lassaut-de-la-myopathie-de-duchenne-14943.php>

<https://theconversation.com/quand-lours-montre-ses-muscles-la-sante-humaine-sameliore-110351>