

Thème 3 Corps humain et santé
Thème 3B : **Produire le mouvement : contraction musculaire et apport d'énergie**

Réf.14.

Chap.XIV La cellule musculaire une cellule spécialisée permettant son propre raccourcissement.

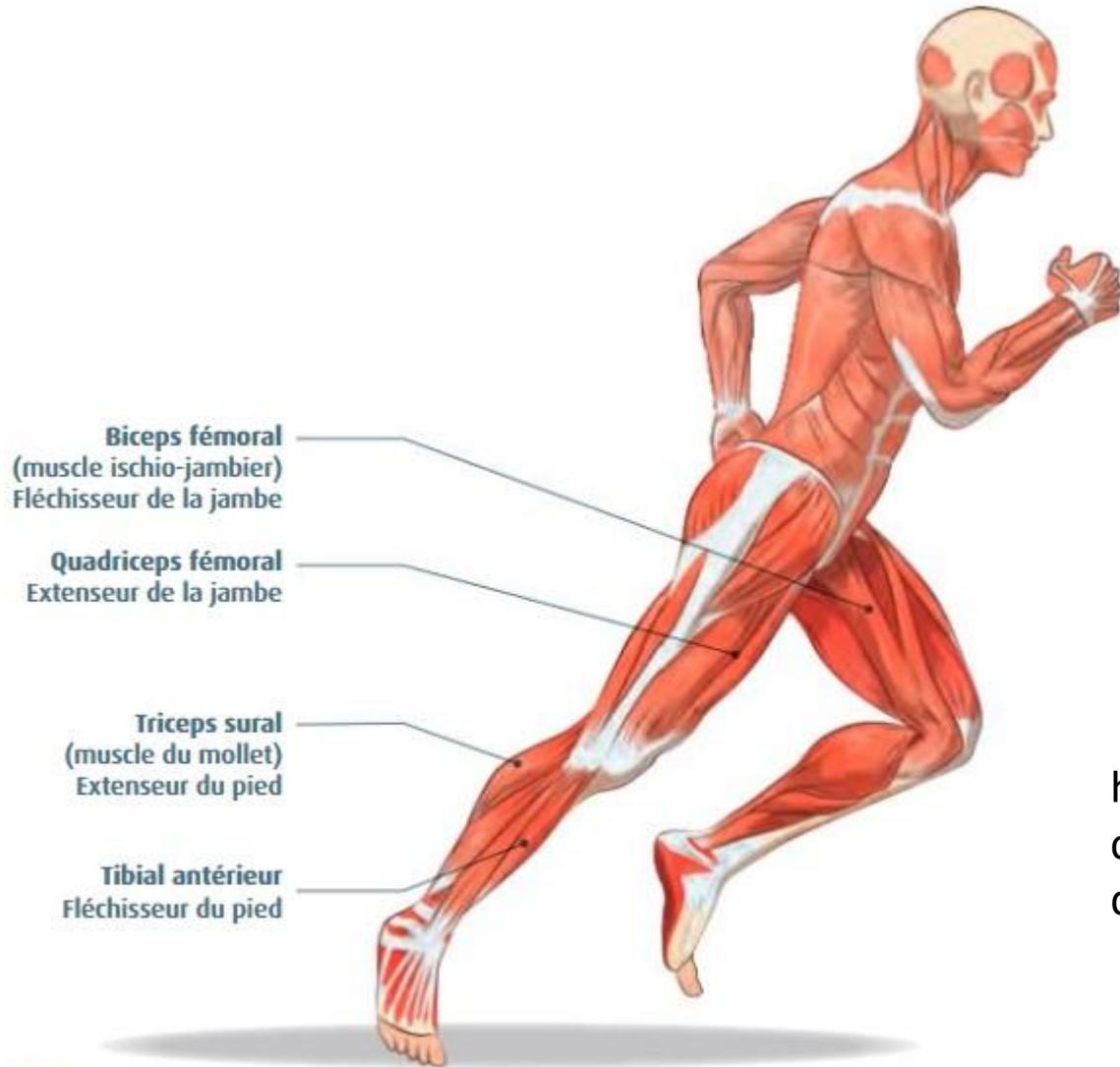


I La mécanique musculo squelettique

Qu'ils soient réflexes ou volontaires, nos mouvements résultent de la contraction musculaire qui permet la mobilité du squelette.

Comment la contraction des muscles génère-t-elle un mouvement ?

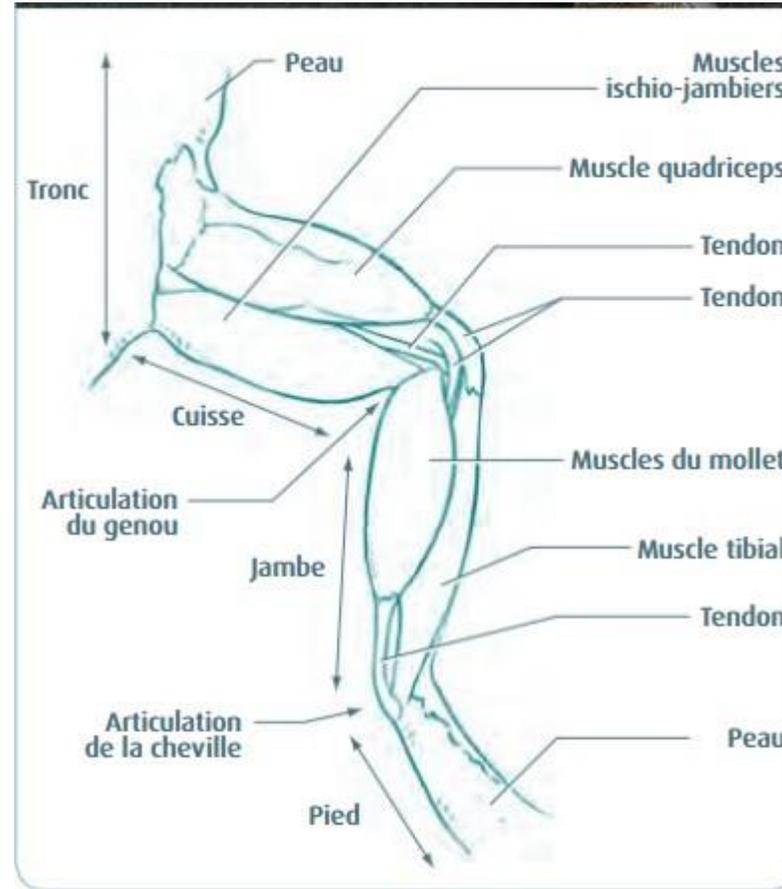
Livre p.424



1 **Vue en écorché des muscles du corps humain.** Lors d'un mouvement, différents muscles entrent en activité. Les principaux muscles permettant les mouvements du pied et de la jambe sont légendés.

<https://www.reseau-canope.fr/corpus/video/le-muscle-moteur-du-mouvement-119.html>





3 **Patte postérieure d'une grenouille du genre *Rana* écorchée en vue dorsale.** Les réseaux de tissus conjonctifs s'unissent à chaque extrémité du muscle et forment le tissu conjonctif dense des tendons. Le tendon assure la connexion entre le muscle et l'os. Le tendon possède un réseau de cellules appelées fibroblastes qui fournissent la matrice extracellulaire en collagène et autres protéines.

TP 18 Dissection d'une patte postérieure de grenouille

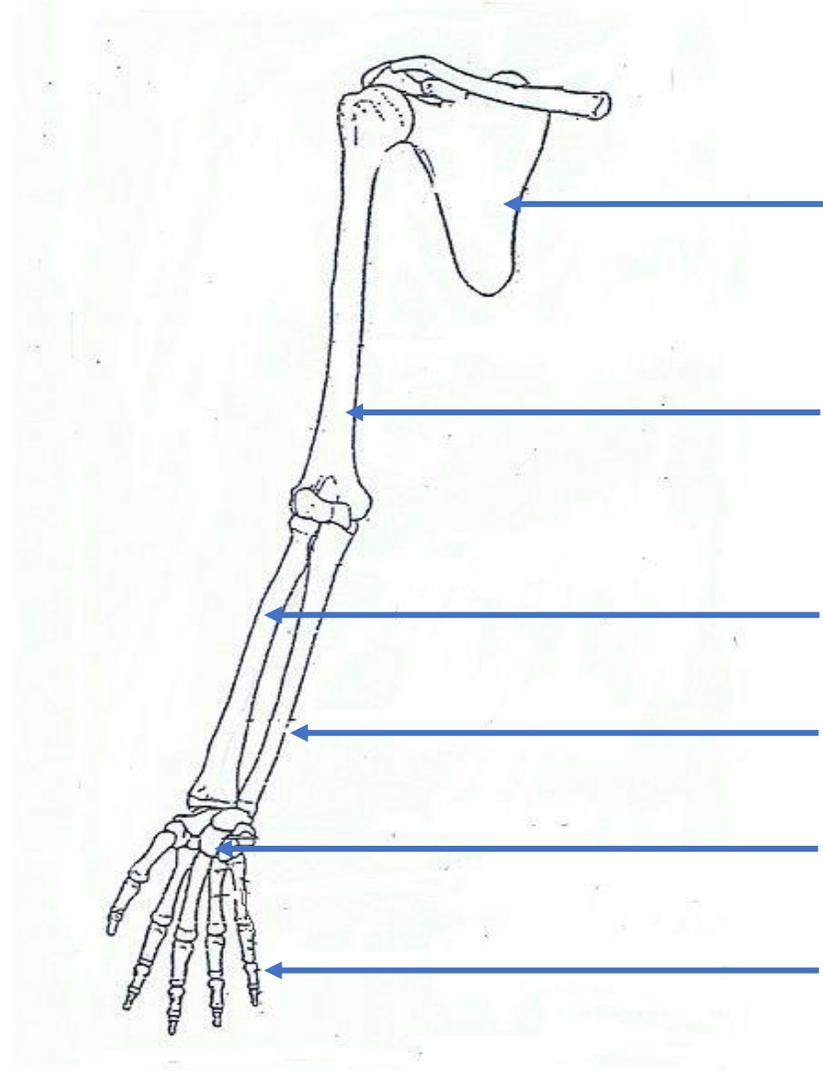
<https://vimeo.com/68563974>

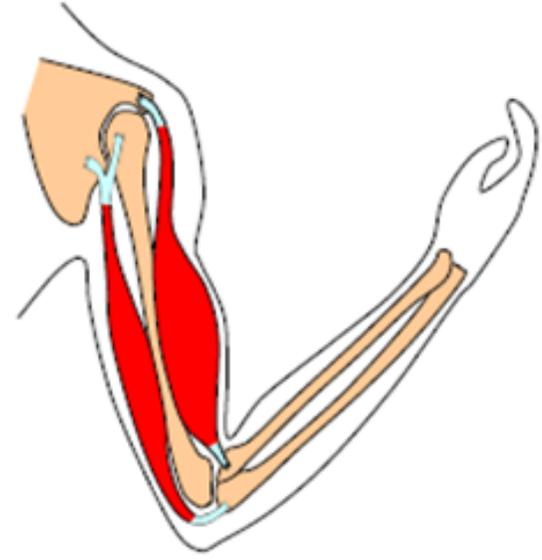
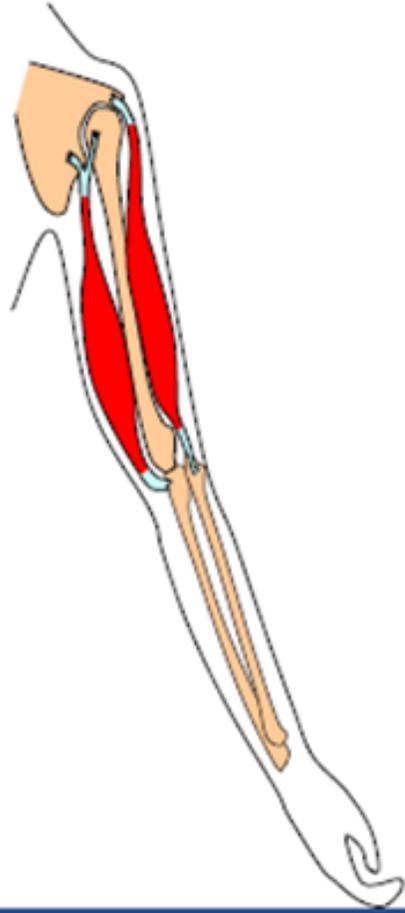
=> Vidéo Insertion des tendons (pattes de lapin)

.....

.....

.....

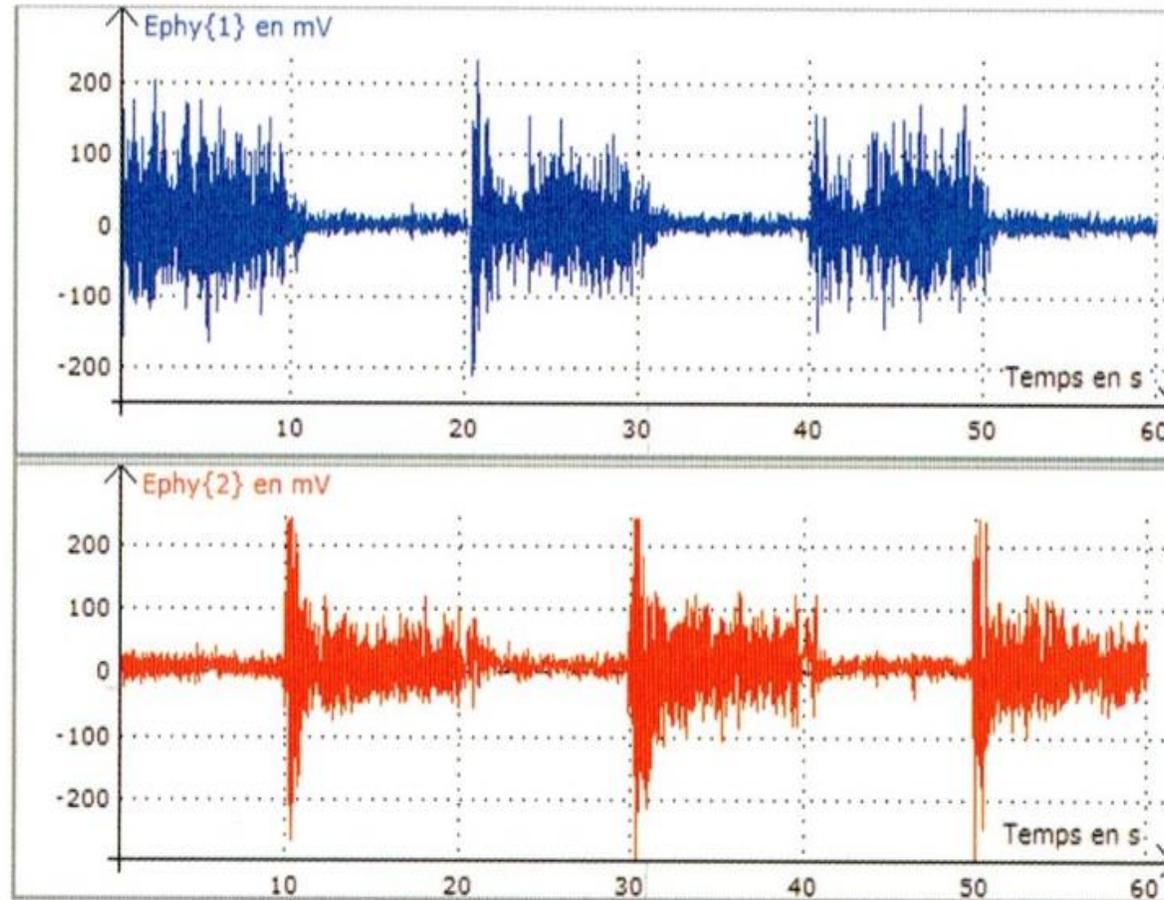




Afin de montrer comment l'action de muscles antagonistes permet le fonctionnement d'une articulation, on a enregistré grâce à un dispositif ExAO les contractions musculaires des muscles antérieurs et postérieurs de la jambe au cours de la réalisation de mouvements de flexion et d'extension du pied.

L'enregistrement en bleu correspond au muscle du mollet, l'enregistrement en rouge au muscle jambier situé sur la face antérieure du tibia. Le sujet a effectué une alternance de flexions et d'extensions du pied d'une durée de 10 secondes chacune, en commençant par une extension.

■ Présentez et exploitez ce résultat de façon à répondre au problème posé.

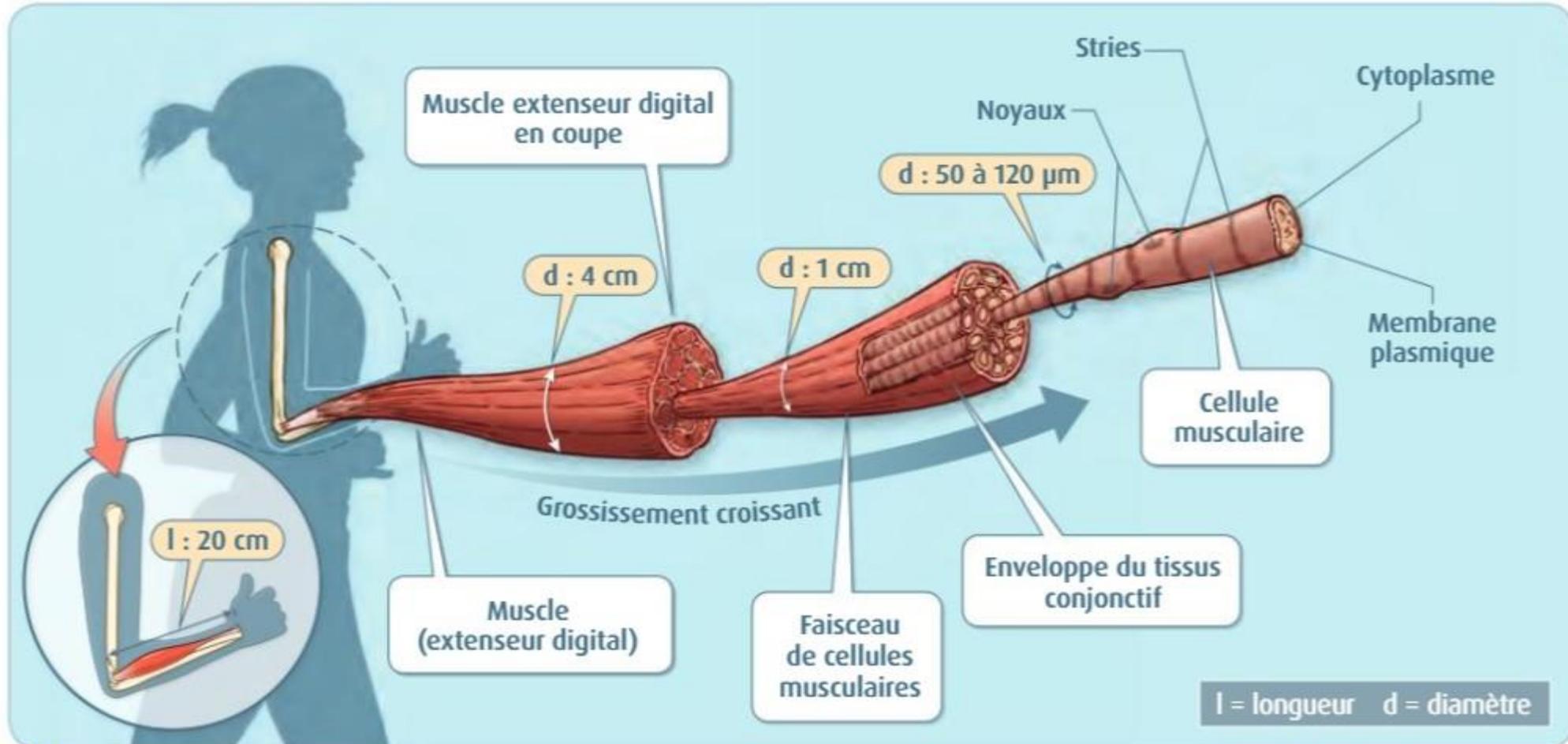


■ Enregistrements ExAO obtenus au cours de l'expérience.

Comment l'organisation d'une cellule musculaire permet-elle sa contraction ?

Livre
p.425

II La contraction à l'échelle cellulaire



4 Les différents niveaux d'organisation d'un muscle. Associées en faisceaux, les cellules musculaires sont rendues solidaires par des enveloppes de tissu conjonctif fibreux, reliées entre elles, et qui se regroupent aux extrémités des muscles pour former les tendons.



Vidéo n°1: Le muscle => de l'échelle macroscopique à l'échelle cellulaire puis à l'échelle moléculaire <https://www.youtube.com/watch?v=e0GnWU-XMB0>

Question : 1

La cellule musculaire est appelée aussi :

- myocyte ou fibre musculaire
- miocyte ou fibre musculaire

Question : 2

La cellule musculaire des muscles striés squelettiques possède comme caractéristiques

- longueur moyenne de 10 μm et un noyau
- plusieurs cm de long et possède un noyau
- plusieurs cm de long et possède plusieurs noyaux

De l'échelle
macroscopique
à l'échelle cellulaire

Question : 3

Le cytoplasme de la cellule musculaire contient

- des myofibres de nature protéique
- des myofibrilles de nature protéique

Question : 4

Le sarcomère constitue l'unité structurale

- des myofibres
- des myofibrilles



Question : 5

A l'échelle moléculaire, chaque sarcomère est composé de

- filaments épais d'actine et de filaments fins de myosine
- filaments fins d'actine et de filaments épais de myosine

Question : 6

Le raccourcissement de chaque sarcomère est dû à

- une diminution de la longueur des deux types de filaments protéiques
- un glissement relatif des filaments d'actine par rapport aux filaments de myosine



Questionnaire:

7°) Comment appelle-t-on un ensemble de fibres musculaires?

8°) Que se passe-t-il lorsqu'un message nerveux arrive à l'extrémité d'un bouton synaptique?

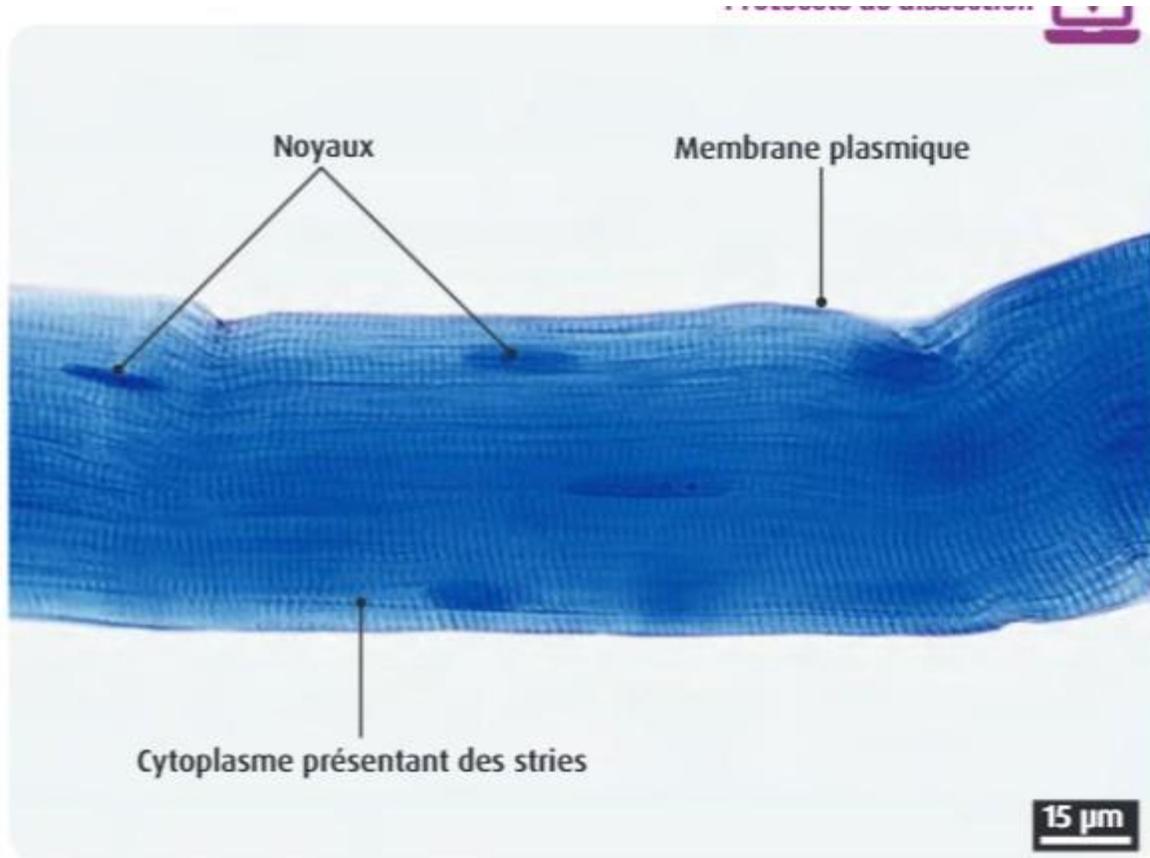
9°) Quelle est l'unité structurale et fonctionnelle d'une myofibrille?

10°) Pourquoi la fibre musculaire a-t-elle un aspect strié?

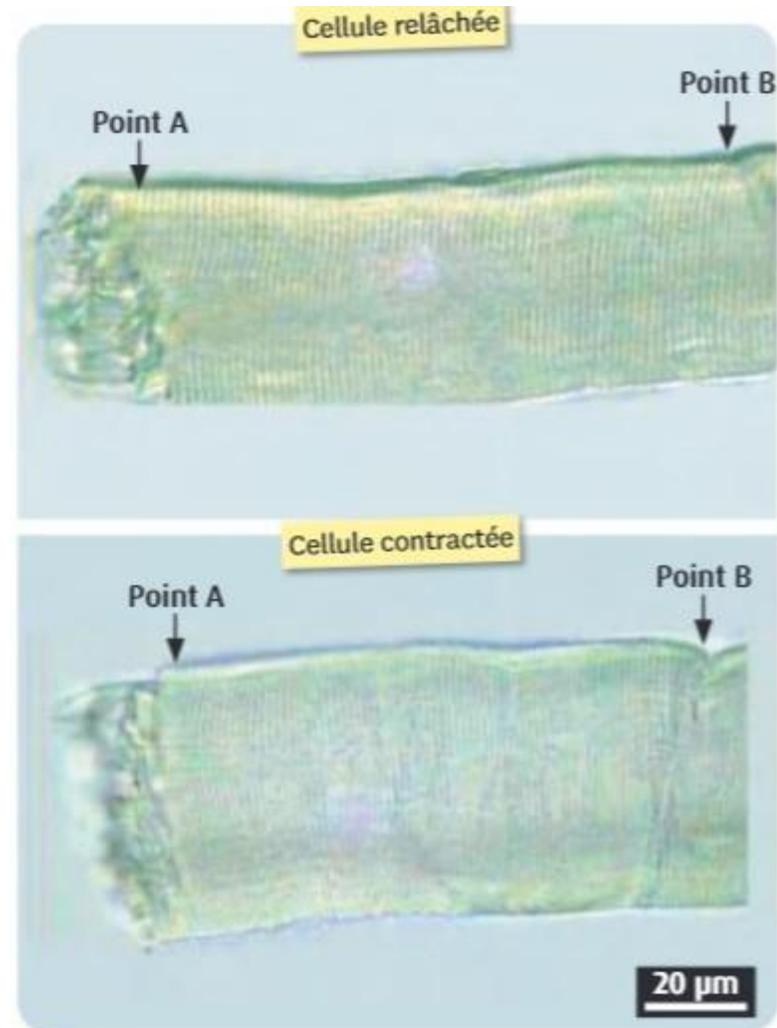
11°) Quelle est la nature de l'actine et de la myosine (groupe de molécule?)

12°) Quelles sont les deux parties de la myosine?

13°) Quel est l'aspect de l'actine?



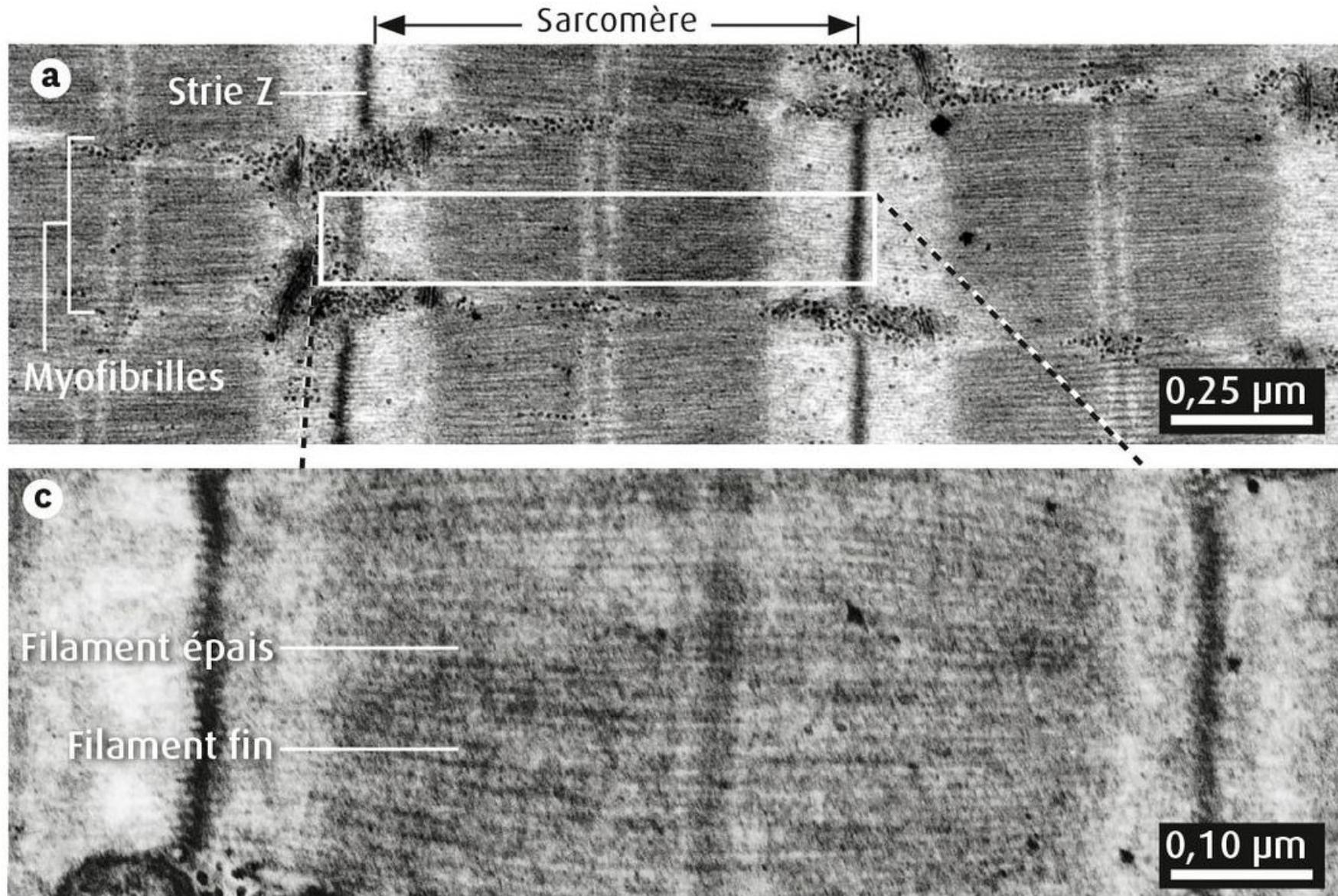
5 Fragment de cellule musculaire d'une grenouille observée au microscope optique après coloration au bleu de méthylène. Les cellules musculaires mesurent en général plusieurs cm de long (contre 20 μm pour la plupart des types cellulaires) et comportent plusieurs noyaux. Environ 80 % de leur matière sèche est constituée de protéines (au lieu de 20 % pour la plupart des types cellulaires).



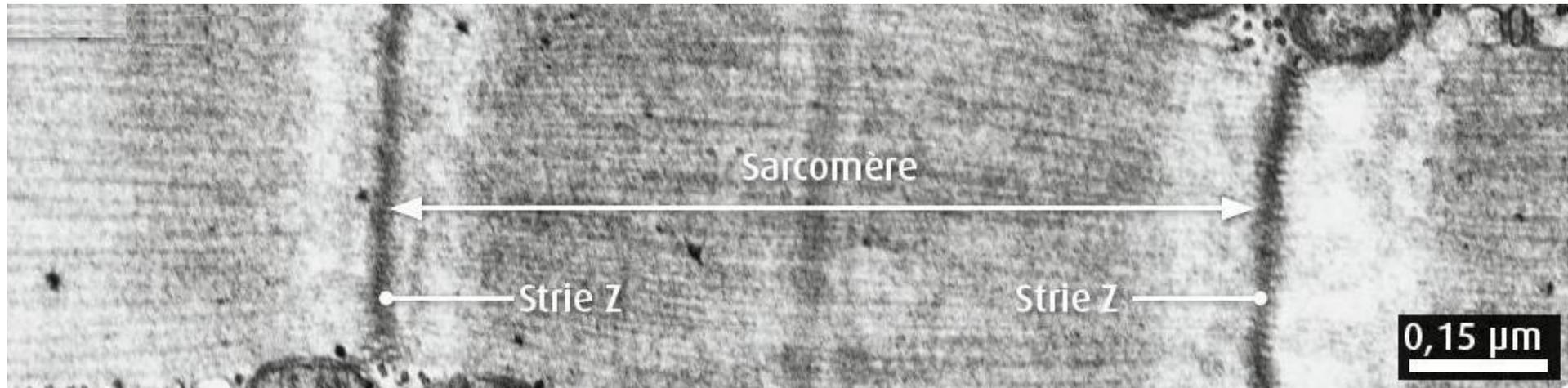
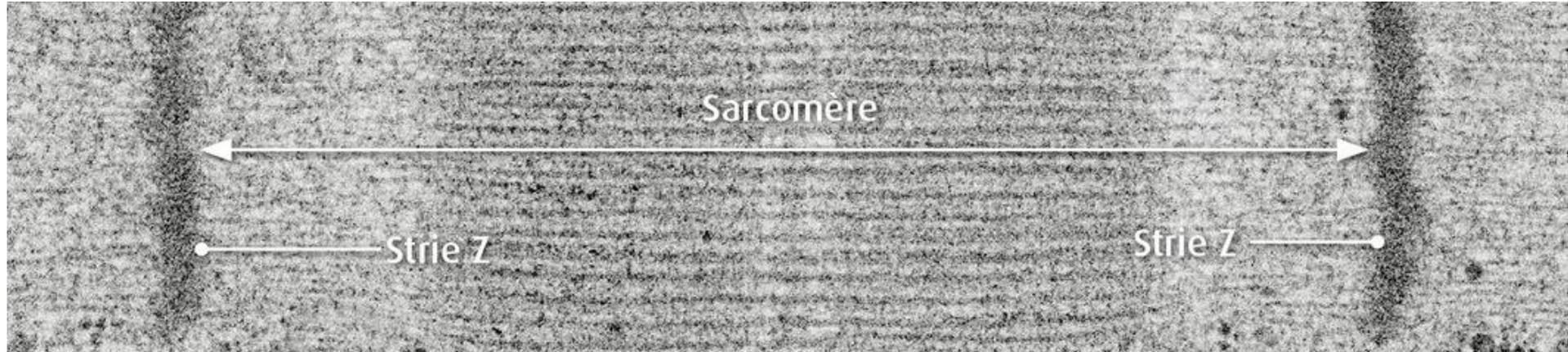
6 Portion d'une cellule musculaire observée au microscope optique sur muscle frais.

Livre
p.425

Cytoplasme d'une cellule musculaire au MET



Sarcomère d'une cellule musculaire striée relâchée ou contractée observée au MET

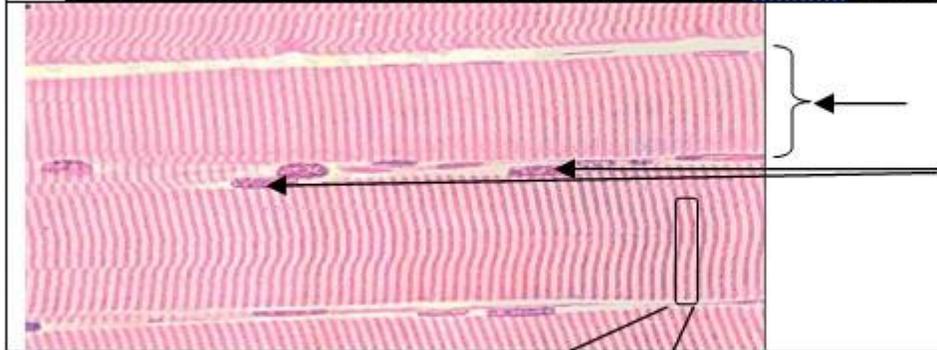


Pour s'entraîner et mémoriser

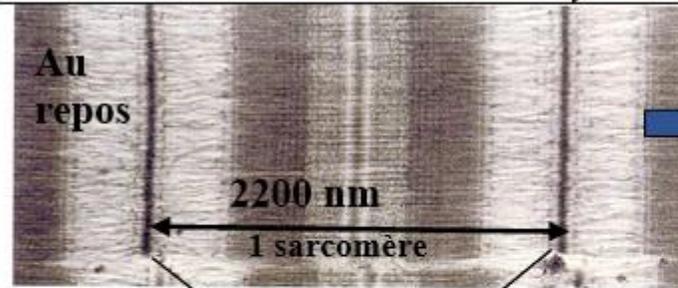
Réf.15 Cellule musculaire et organisation structurale

Complétez les images ci-dessous

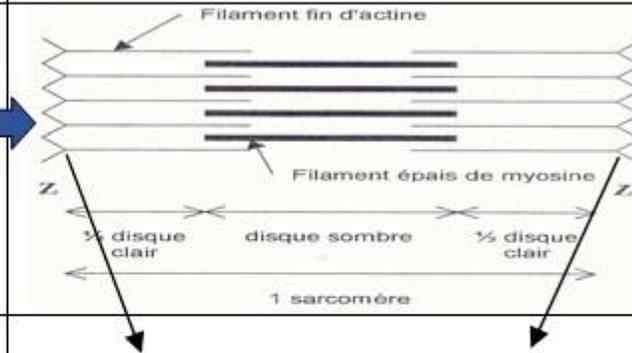
1-Observation de coupe longitudinale de muscle strié (microscope optique X 600)



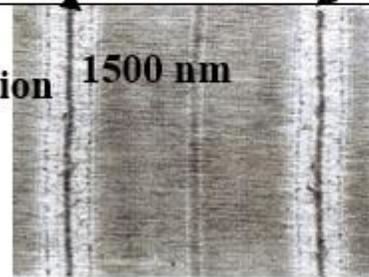
2-Observation au microscope électronique de la contraction des myofibrilles (environ x 50 000)



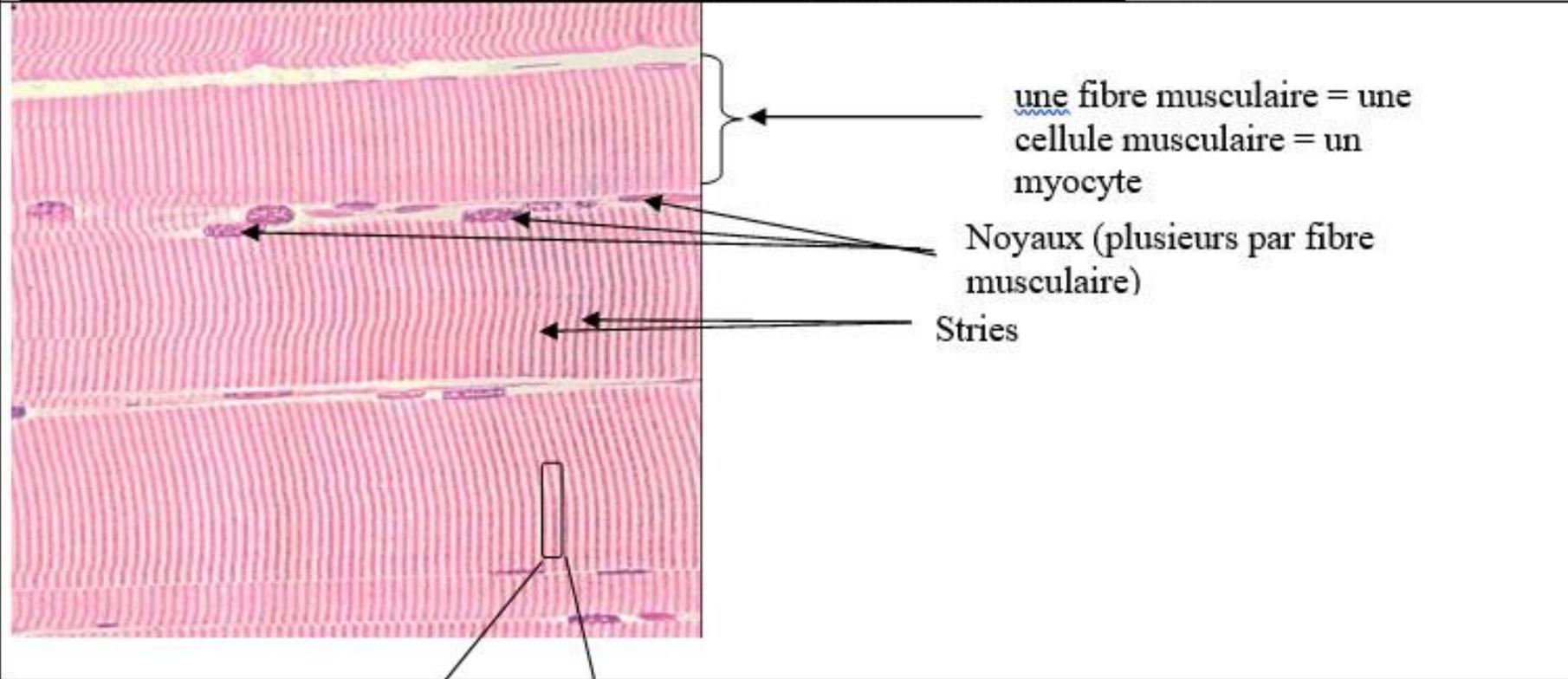
2'- Interprétation schématique de la contraction au niveau moléculaire



Contraction 1500 nm



Observation de coupe longitudinale de muscle microscope optique X 600



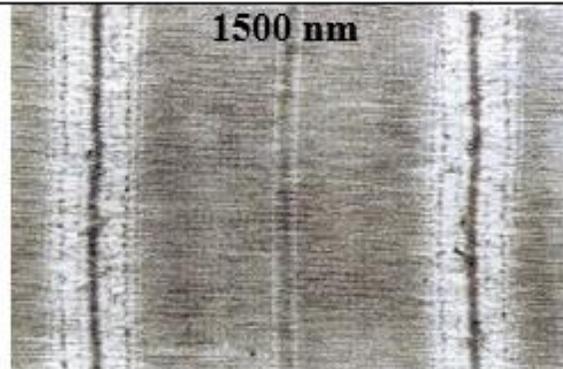
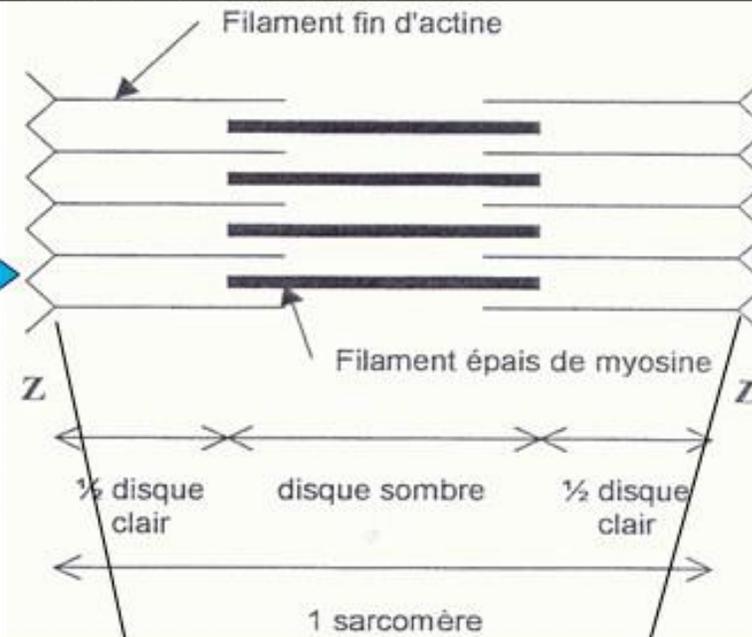
Observation au microscope électronique de la contraction des myofibrilles (environ x 50 000)
 Technique d'observation : Des fibres musculaires au repos A et des fibres musculaires en état de contraction B ont été congelées brutalement.

A : Fibre musculaire au repos.

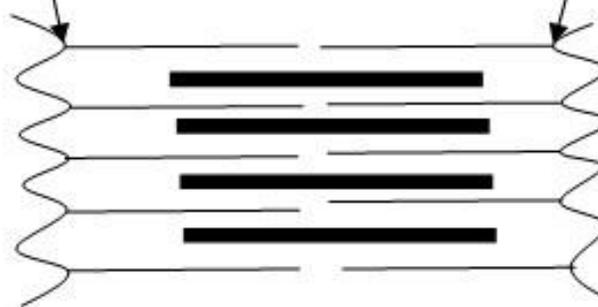
2-



A' : Schéma d'interprétation



B' : Schéma d'interprétation

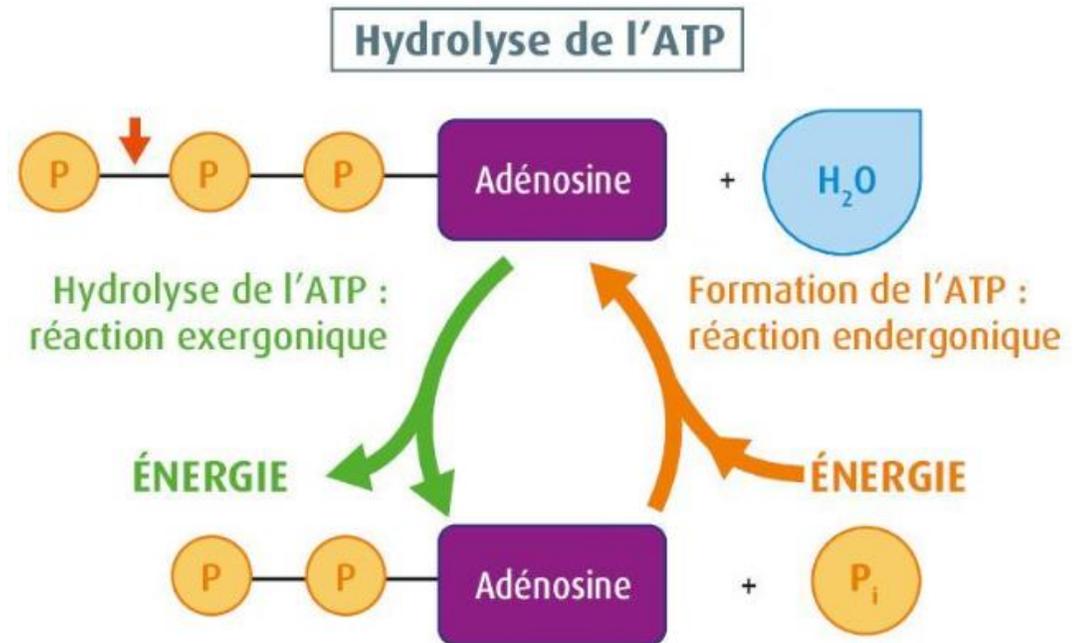
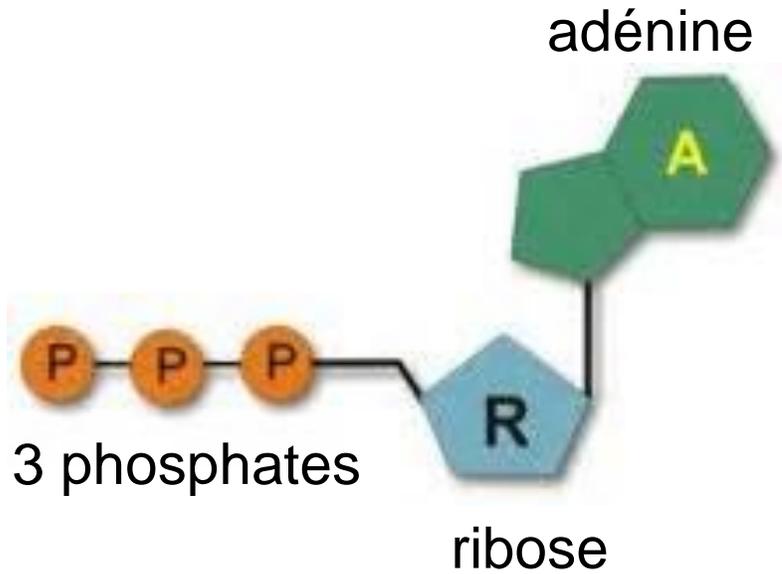


B : Fibres musculaires contractées

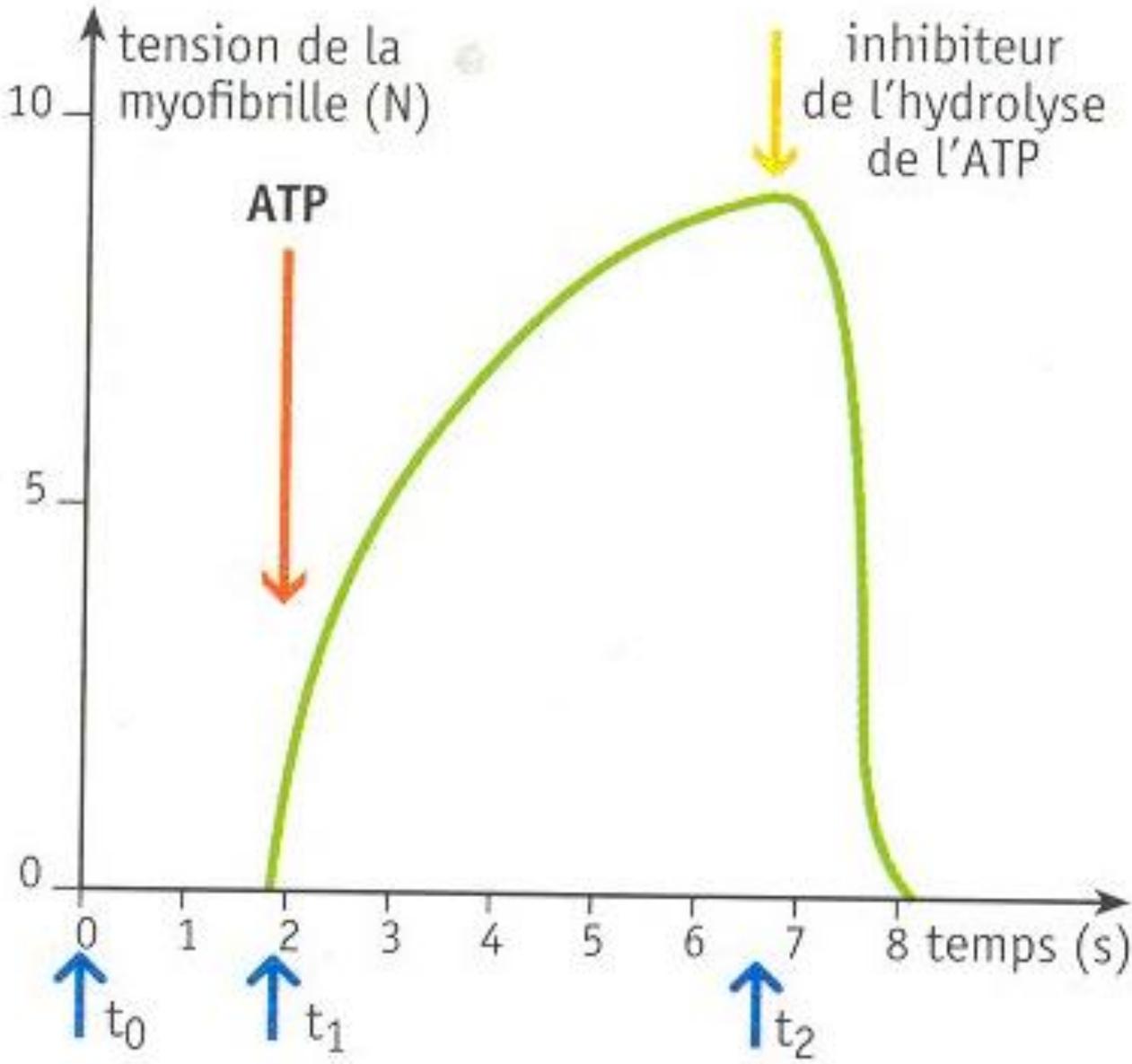
Quels sont les mécanismes moléculaires conduisant à la contraction des fibres musculaires ?

III Les mécanismes moléculaires de la contraction musculaire

La molécule d'ATP :

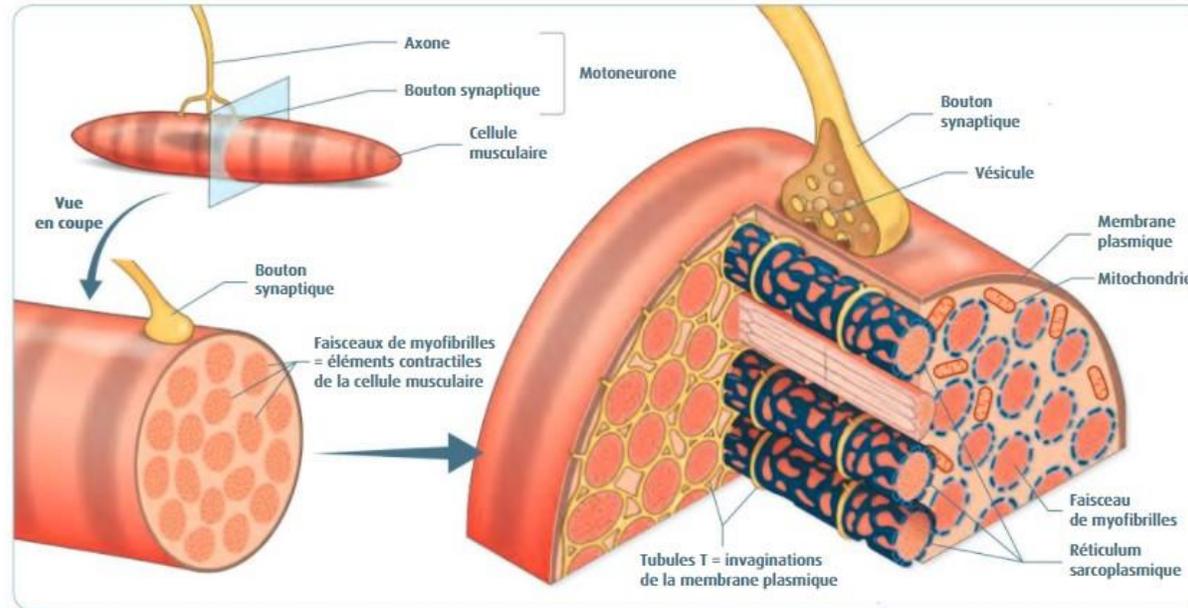


Quel rôle joue l'ATP lors de la contraction de la cellule musculaire?

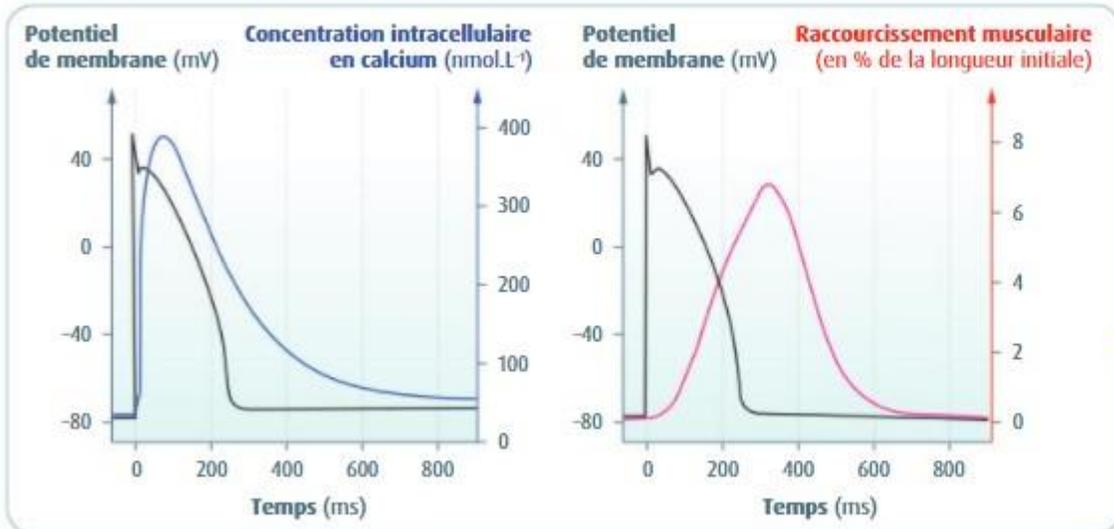


Rappel Réf.11 La synapse neuromusculaire

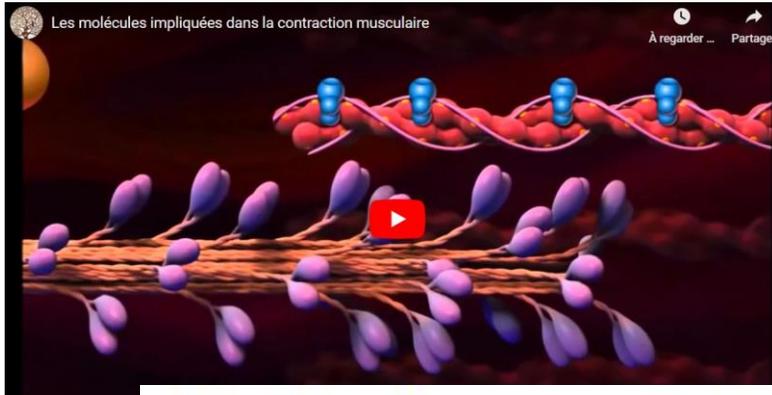
PAM et ions Ca^{2+}



4 Ultrastructure de la cellule musculaire. Le réticulum sarcoplasmique contient une concentration élevée d'ions calcium (Ca^{2+}) tout comme l'extérieur de la cellule. Le milieu intracellulaire contient une concentration en Ca^{2+} beaucoup plus faible. Les tubules transverses ou T transmettent l'influx nerveux



2 Effet d'une modification du potentiel de membrane sur la concentration de calcium intracellulaire d'une cellule musculaire et sur la contraction musculaire.



Vidéo n°2 La contraction musculaire à l'échelle moléculaire
<https://www.youtube.com/watch?v=HPcoot65QG4>

Q1 : Le glissement relatif des deux types de filaments est dû

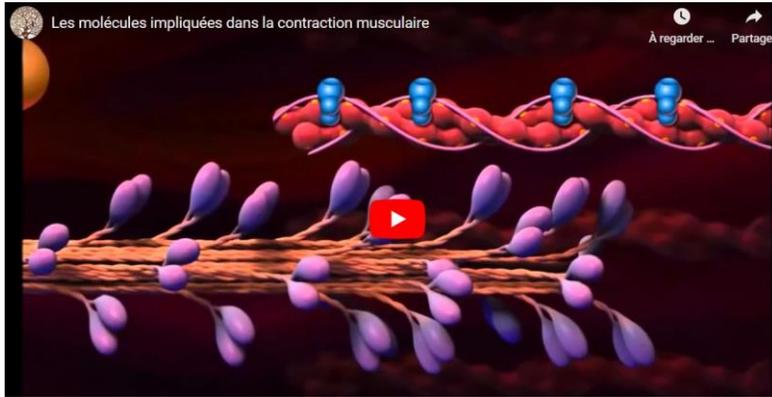
- au « tête » d'actine qui se fixe sur un filament de myosine
- au « tête » de myosine qui se fixe sur un filament d'actine

Q2 :Le glissement est assuré par une déformation

- synchrone des « têtes » d'actine
- asynchrone des « têtes » de myosine
- synchrone des « têtes » de myosine

Q3 : La fixation d'ATP se fait sur :

- une « tête » de filament de myosine
- le filament d'actine



Vidéo n°2 La contraction musculaire à l'échelle moléculaire

Q4 : La fixation de l'ATP sur le filament provoque

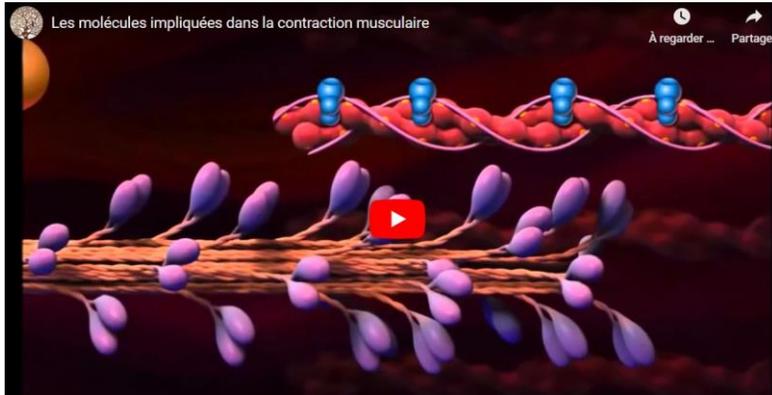
- l'hydrolyse de l'ATP et la libération d'énergie
- la catalyse de l'ATP et la libération d'énergie

Q5 : L'énergie ainsi libérée permet l'activation

- des têtes de myosine qui se fixent sur l'actine
- des filaments d'actine qui raccourcissent

Q6 : Le complexe actine-myosine libère alors l'ADP et Pi, ce qui s'accompagne

- d'un retour des « têtes » de myosine à leur position de repos
- d'un retour des « têtes » d'actine à leur position de repos



Vidéo n°2 La contraction musculaire à l'échelle moléculaire

Q7 : Le retour à la position de repos des « têtes » permet alors

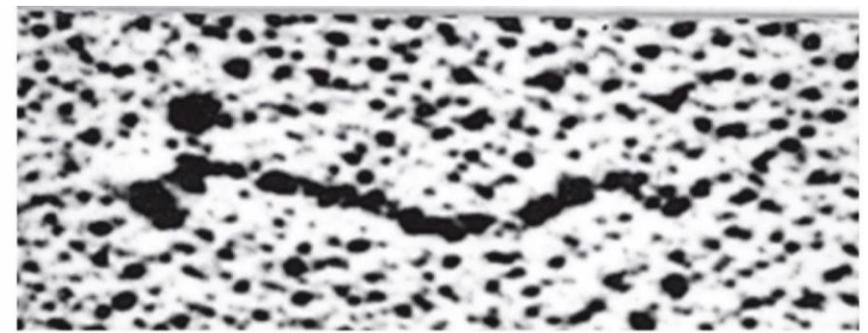
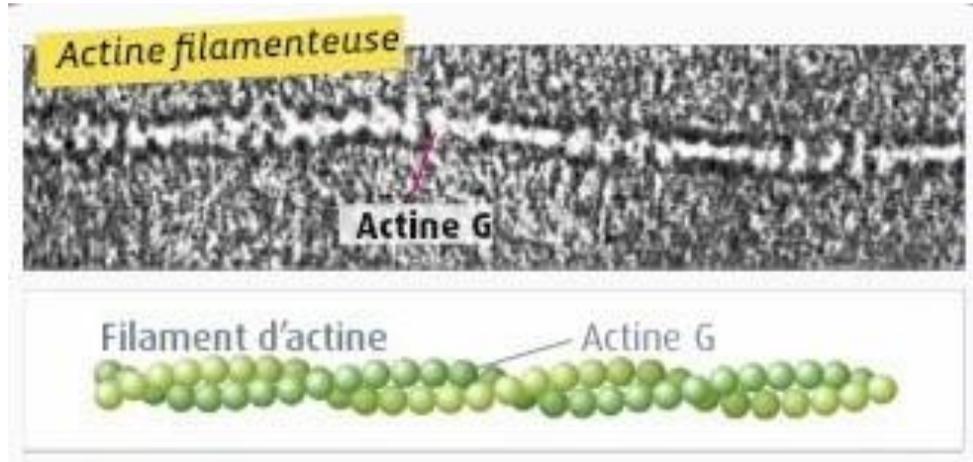
- l'immobilité des filaments d'actine et de myosine
- un glissement relatif des filaments de myosine par rapport aux filaments d'actine

Q8 : Le couplage énergétique implique ici une transformation

- d'énergie chimique portée par l'ADP en énergie mécanique
- d'énergie chimique portée par l'ATP en énergie mécanique

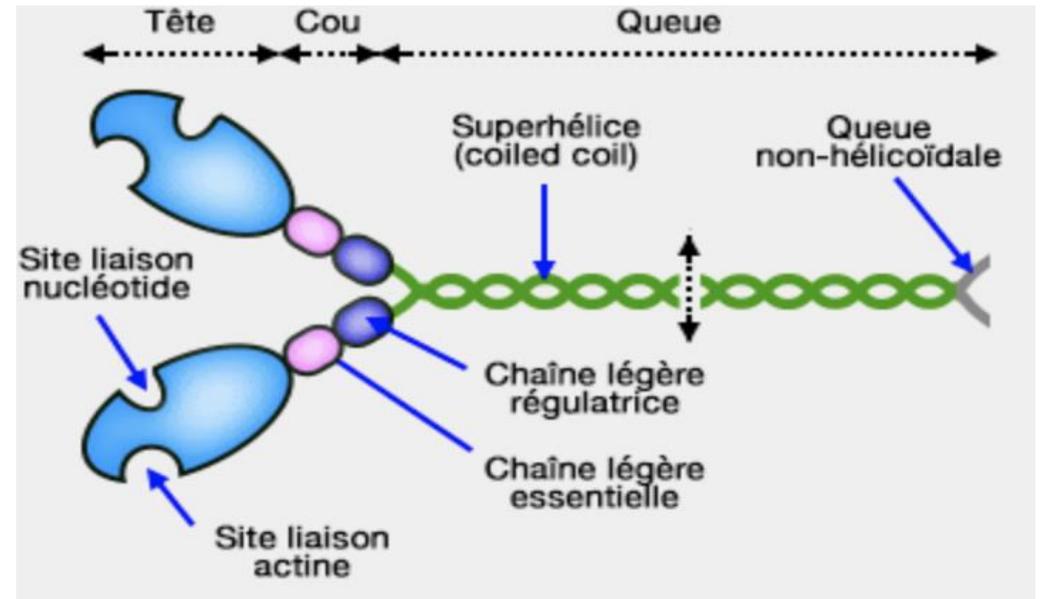
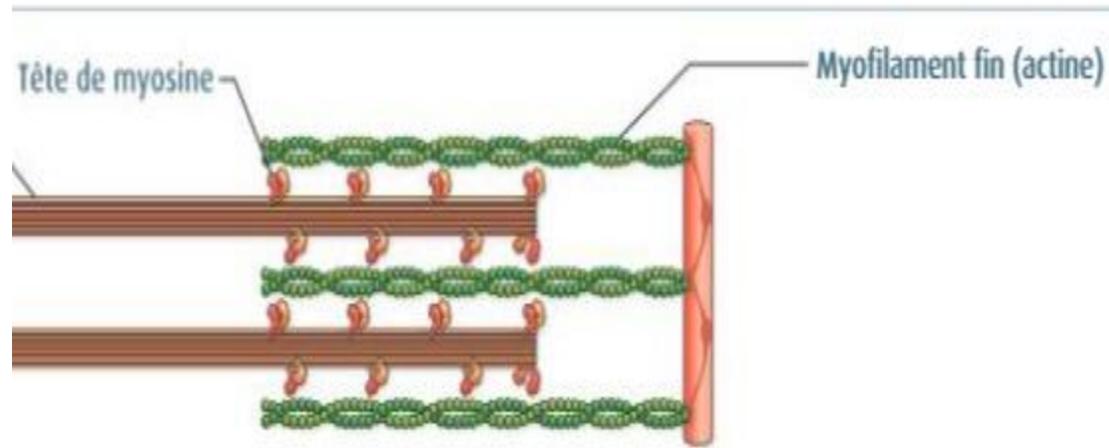
Q9 : Au cours du cycle de contraction, les ions calcium permettent

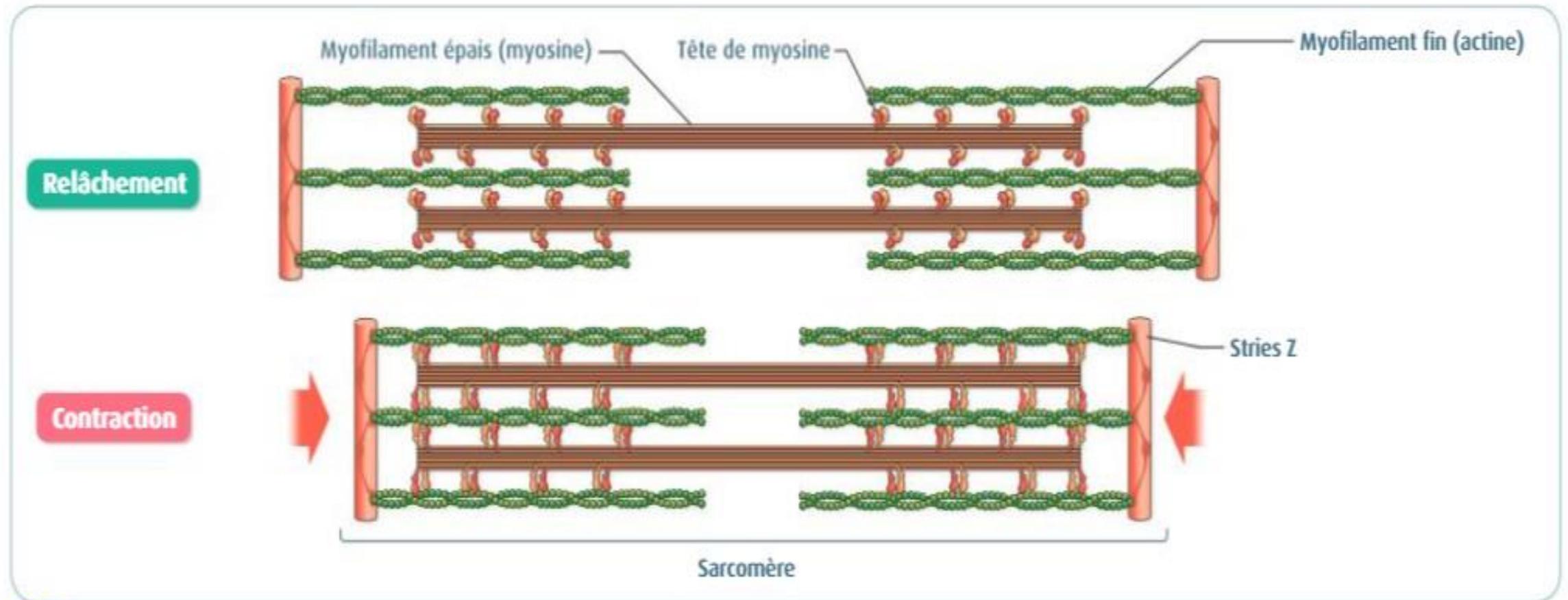
- la fixation entre la troponine et l'actine
- la formation du complexe actine-myosine



100 nm

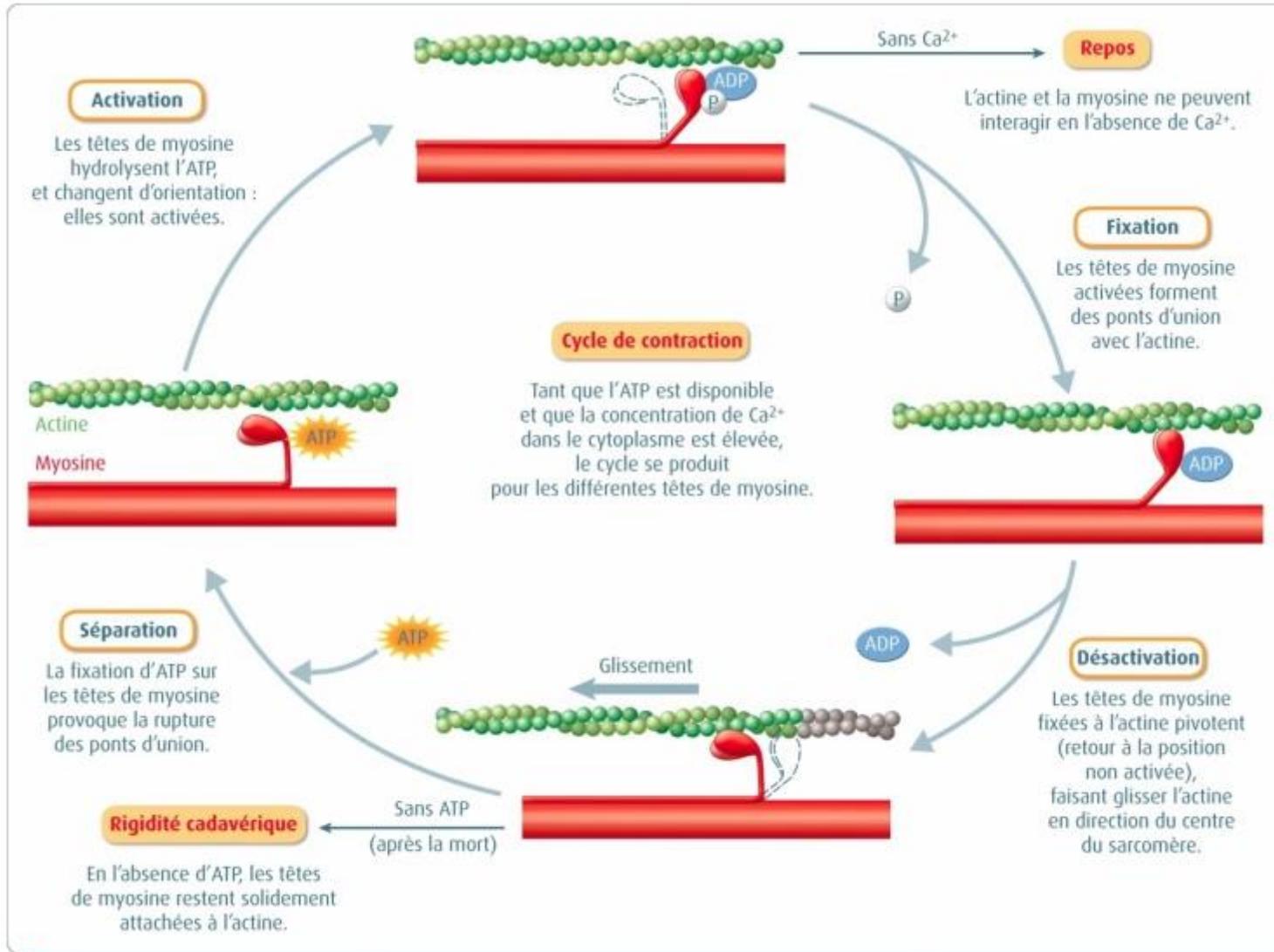
A scale bar with a bracket underneath, indicating a length of 100 nm.





6 Représentation schématique du sarcomère dans une cellule musculaire relâchée ou contractée. Chaque filament épais est formé de plusieurs centaines de molécules de myosine associées par leur partie filamenteuse : les têtes sont localisées aux extrémités, de part et d'autre d'une zone centrale qui en est dépourvue. Chaque filament fin est formé de nombreuses molécules d'actine assemblées les unes à la suite des autres. Ces filaments sont encore associés à d'autres protéines (la plupart ne sont pas représentées ici) jouant un rôle structural et régulateur, par exemple au niveau des stries Z.

Placer les légendes: 1 à 4



6 **Modèle du couplage entre l'hydrolyse de l'ATP et le mouvement.** Une seule tête de myosine est figurée. Le cycle de contraction se répète le long du filament d'actine.

1) La myosine (+ADP+ P_i) se fixe à l'actine.

2) Le départ de l'ADP et P_i entraîne le changement de forme de la myosine, la tête « pivote », entraînant l'actine.

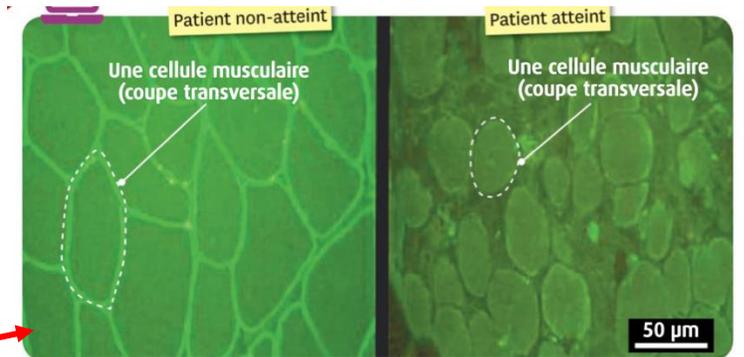
3) La fixation d'un ATP entraîne le « décrochage » de la tête de myosine.

(4) L'hydrolyse de l'ATP entraîne le retour de la tête de myosine à sa forme d'origine.

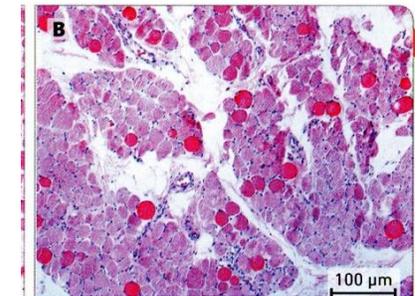
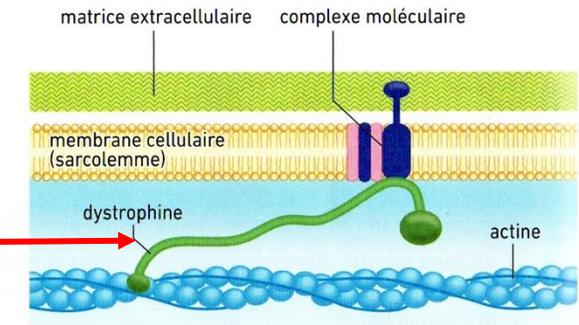
(1)etc....

IV Une dégénérescence des cellules musculaires : la myopathie de Duchenne

<https://www.youtube.com/watch?v=qdZcWnwLl8A>

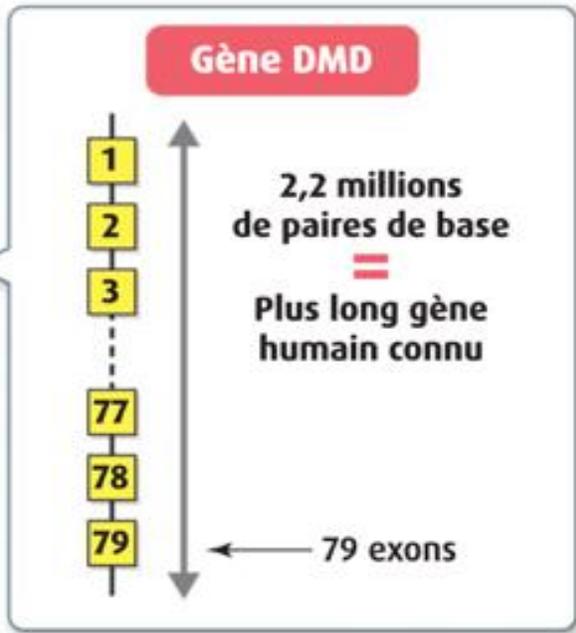


Phénotype moléculaire	Absence de dystrophine Pas de liaison des filaments d'actine du cytoplasme à la matrice extracellulaire.
Phénotype cellulaire	La membrane est fragilisée Les fibres musculaires dégénèrent
Phénotype macroscopique	Faiblesse musculaire Les muscles ne contractent plus Gagne les membres postérieurs puis tous les muscles de l'organisme

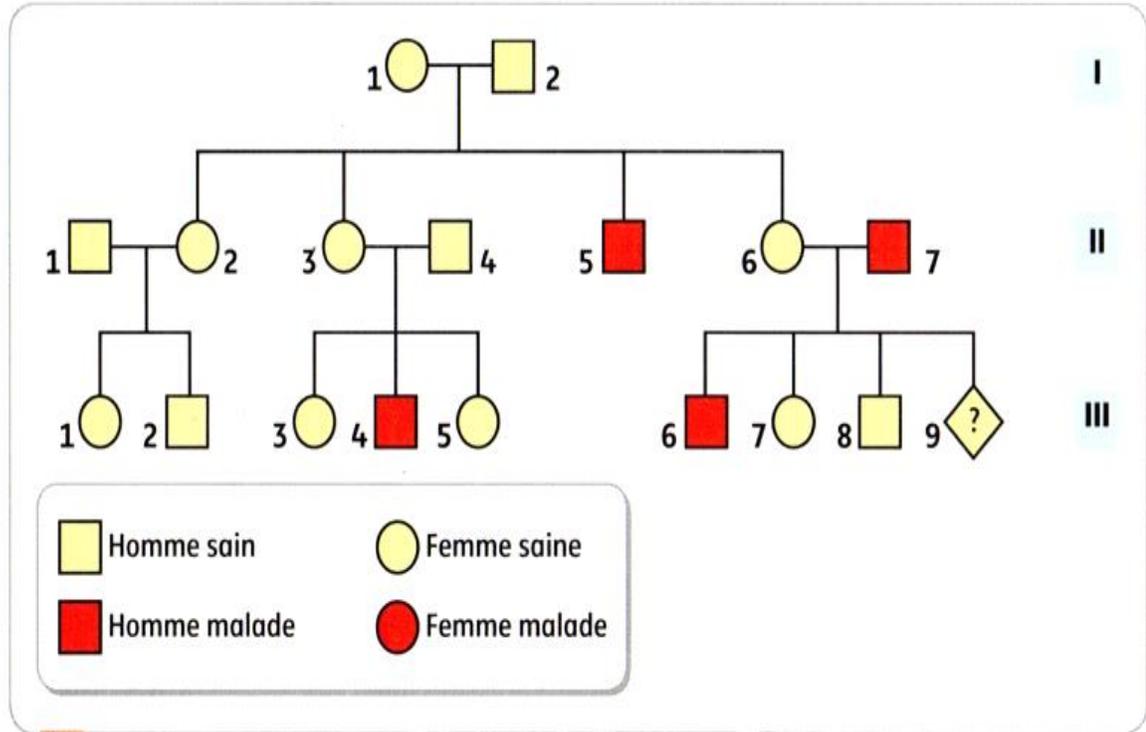




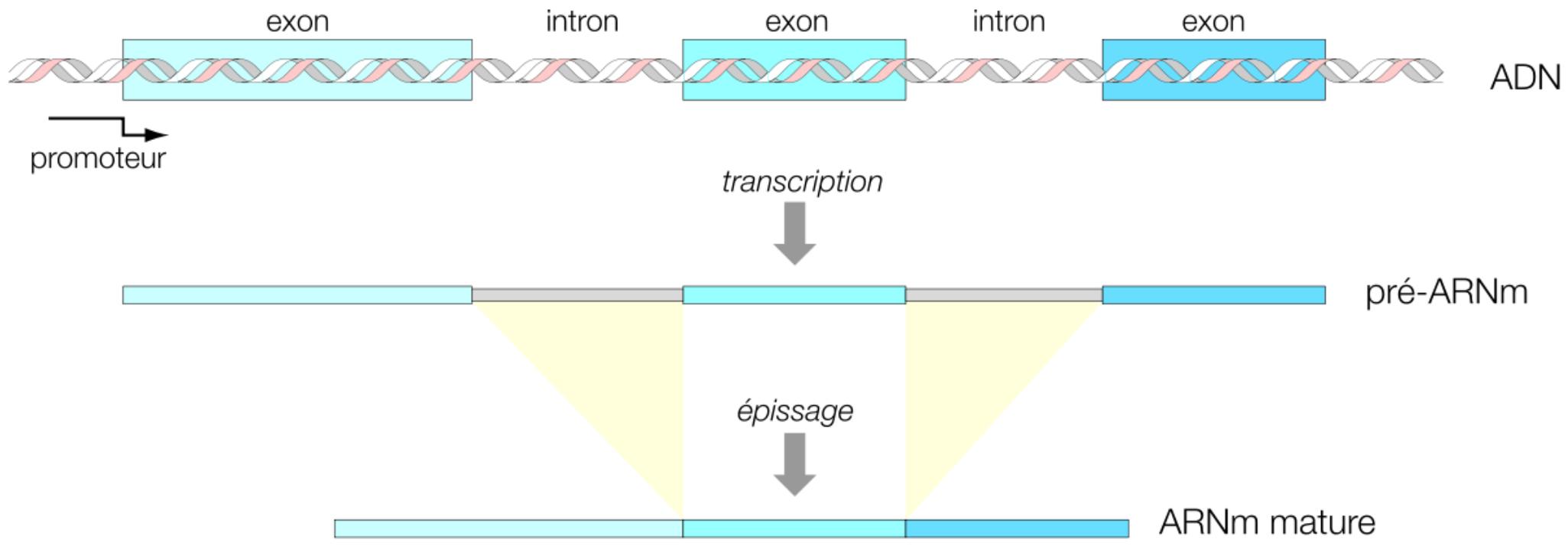
Chromosome X



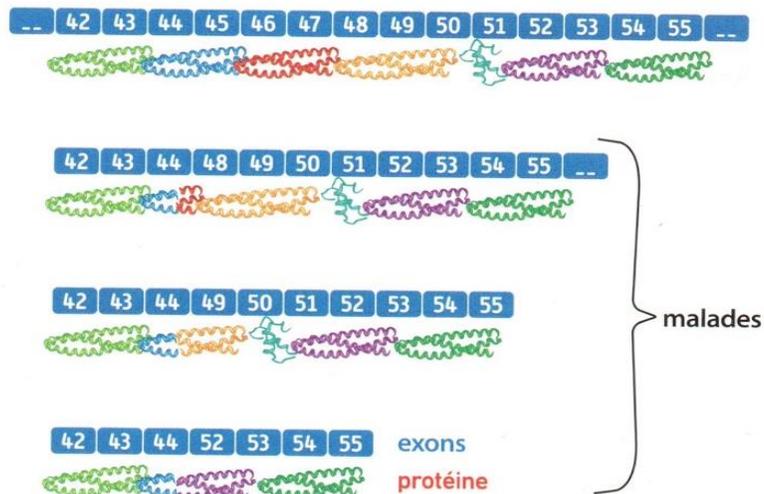
Durée de transcription
16 heures



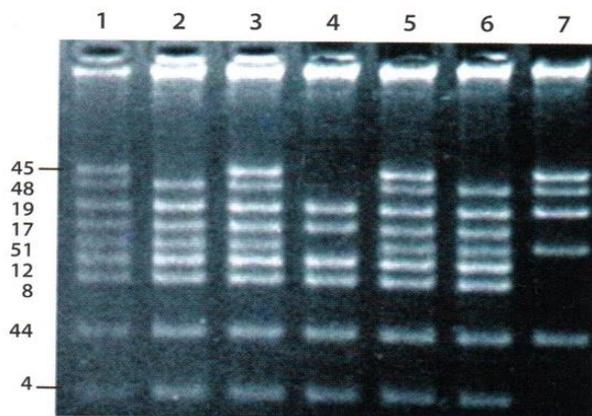
1 Arbre génétique d'une famille présentant des cas de myopathie de Duchenne avec un enfant à naître.



- Le gène responsable de la DMD a été localisé sur le chromosome X (voir p. 33). Il est constitué de $2,3 \cdot 10^6$ paires de nucléotides, ce qui en fait le gène humain le plus long, et donc le plus susceptible de subir des mutations.
- Ce gène est constitué de 79 exons*, permettant aux fibres musculaires de diriger la synthèse de la dystrophine. Chez les sujets en bonne santé, la partie centrale de la dystrophine, qui se lie au sarcolemme, est composée de motifs en hélice se répétant jusqu'à 24 fois. Chez les malades, on constate une réduction de cette partie de la protéine.



A La production de protéines défectueuses à l'origine de la DMD.



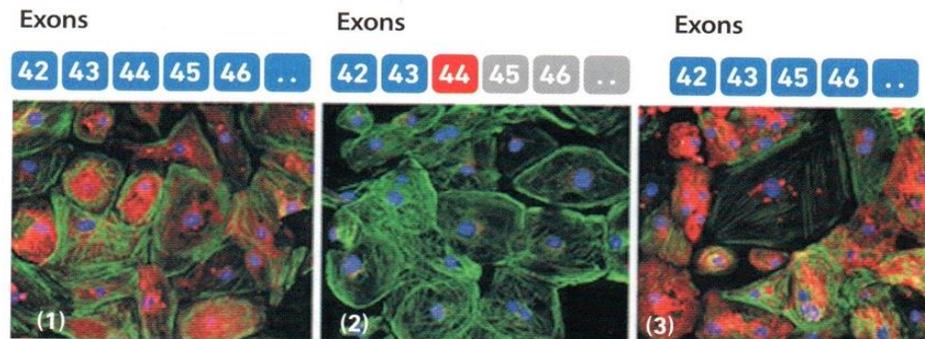
B Résultats de la recherche par PCR de certains exons du gène de la DMD.

◀ Grâce à la technique de PCR*, neuf exons du gène ont été recherchés chez plusieurs sujets (exons 4, 8, 12, 17, 19, 44, 45, 48 et 51).

L'électrophorèse ci-contre montre les résultats obtenus :

- 1, 3, 5 : sujets en bonne santé.
- 2, 4, 6 et 7 : sujets atteints de DMD.

- L'une des formes graves de la DMD provient d'une mutation de l'exon 44 : un codon stop* arrête de façon très prématurée la synthèse de la dystrophine. Par **thérapie génique*** utilisant le « scalpel moléculaire CRISPR-Cas9* », des chercheurs parviennent à éliminer cet exon.
- Les photographies ci-contre montrent les fibres musculaires cardiaques d'un témoin non malade (1), d'un sujet avant le traitement (2) et d'un sujet après traitement (3). La dystrophine apparaît en rouge dès lors qu'elle est suffisamment longue.



C Un essai de thérapie génique prometteur.

100 μ m

(d'après Yi-Li Min et al, CRISPR-Cas9 corrects Duchenne muscular dystrophy exon 44 deletion mutations in mice and human cells)