

La cellule musculaire : une structure spécialisée permettant son propre raccourcissement

Introduction :

Le corps humain est constitué de différents types de **muscles** : les muscles lisses et les **muscles striés squelettiques**. Les muscles striés squelettiques permettent la production de mouvement et le maintien de la posture du corps. Ils représentent plus de **40 %** de la masse moyenne d'un·e adulte.

Comment nos muscles sont-ils organisés afin de permettre les mouvements ?

L'organisation et le fonctionnement de la cellule musculaire (niveau microscopique) permettent de comprendre le fonctionnement des muscles (niveau macroscopique). Aussi, dans un premier temps, nous nous pencherons sur l'organisation et le fonctionnement d'un muscle à l'échelle de l'organe ; puis nous étudierons son organisation et son fonctionnement aux échelles cellulaires et moléculaires. Enfin, nous traiterons d'un type de pathologie musculaire : les myopathies.

1 | Le muscle, un tissu complexe

a. Organisation du muscle



Définition

Myocytes :

Les myocytes ou fibres musculaires sont de longues cellules capables de se contracter, réunies en faisceau.

Chaque muscle est constitué de nombreuses **fibres**, de longues cellules capables de se contracter, aussi appelées **myocytes**. Ces fibres sont rassemblées en faisceaux et un ensemble de faisceaux constituent un muscle.

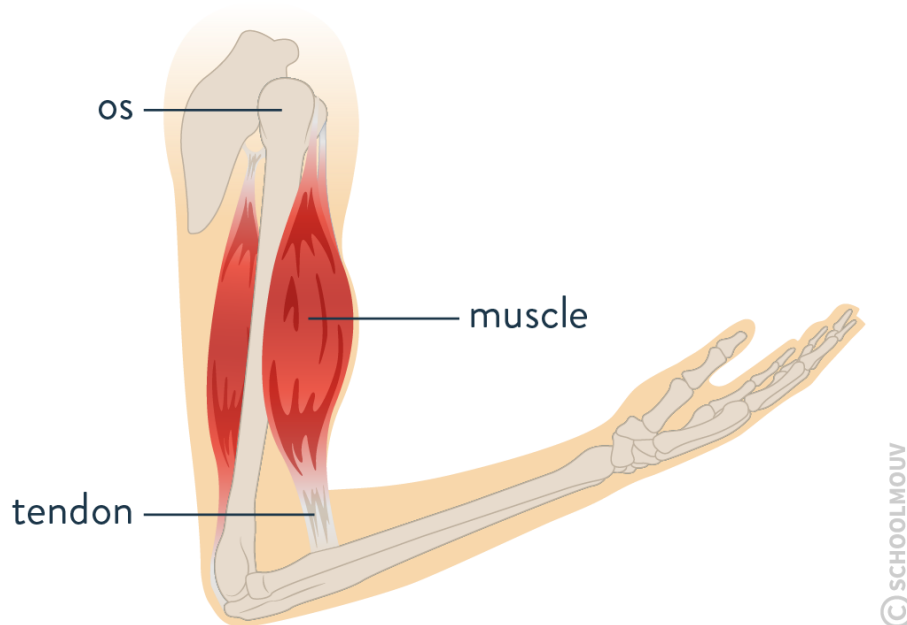


À retenir

Les muscles striés sont séparés en deux groupes :

- le muscle strié cardiaque ;
- et les muscles striés squelettiques.

Les **muscles striés squelettiques** sont reliés aux os par les tendons. Ils permettent le **mouvement**, ainsi que le maintien de la posture du corps. Lorsque le muscle se contracte, il se raccourcit et entraîne avec lui l'os (ou les os) auquel il est relié. Cette contraction est volontaire.



© SCHOOLMOUV



Définition

Muscle strié squelettique :

Muscle relié au squelette dont la contraction permet le mouvement et le maintien de la posture du corps.

Les faisceaux d'un muscle sont entourés d'une **gaine de tissu conjonctif** qui leur apporte du soutien, de l'élasticité et leur permettent de transmettre leur force à l'os. Le tissu conjonctif qui relie le muscle à l'os s'appelle un **tendon**.



Définition

Tissu conjonctif :

Ensemble de cellules de soutien et de protection pour d'autres tissus.

Un muscle est toujours desservi par une **artère** et une **veine**. Cette irrigation permet de satisfaire les besoins du tissu en nutriments et oxygène, tout en récupérant ses déchets et le CO_2 .

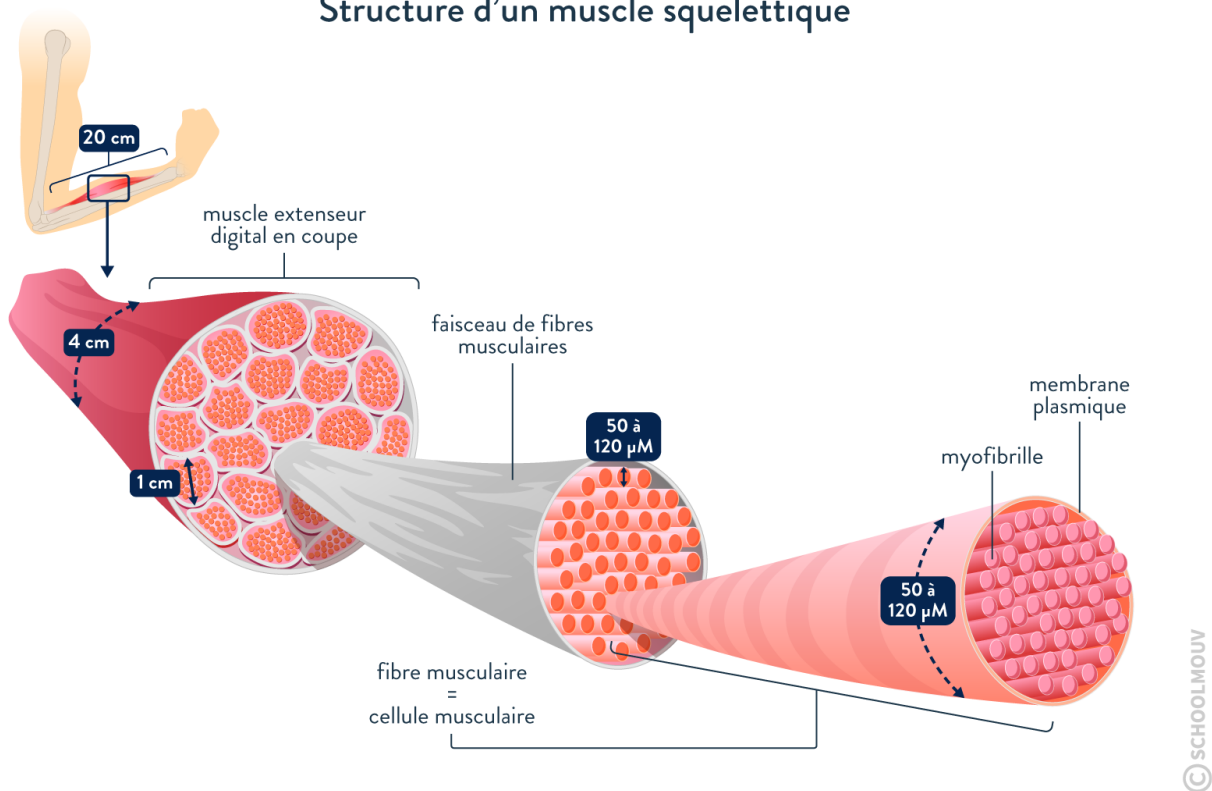
Des terminaisons nerveuses régissent l'activité du muscle. Ces **nerfs** font partie du système nerveux somatique : la contraction des muscles squelettiques est volontaire.



Rappel

Des mouvements involontaires peuvent également survenir, on parle alors de **réflexes**.

Structure d'un muscle squelettique



👁 À retenir

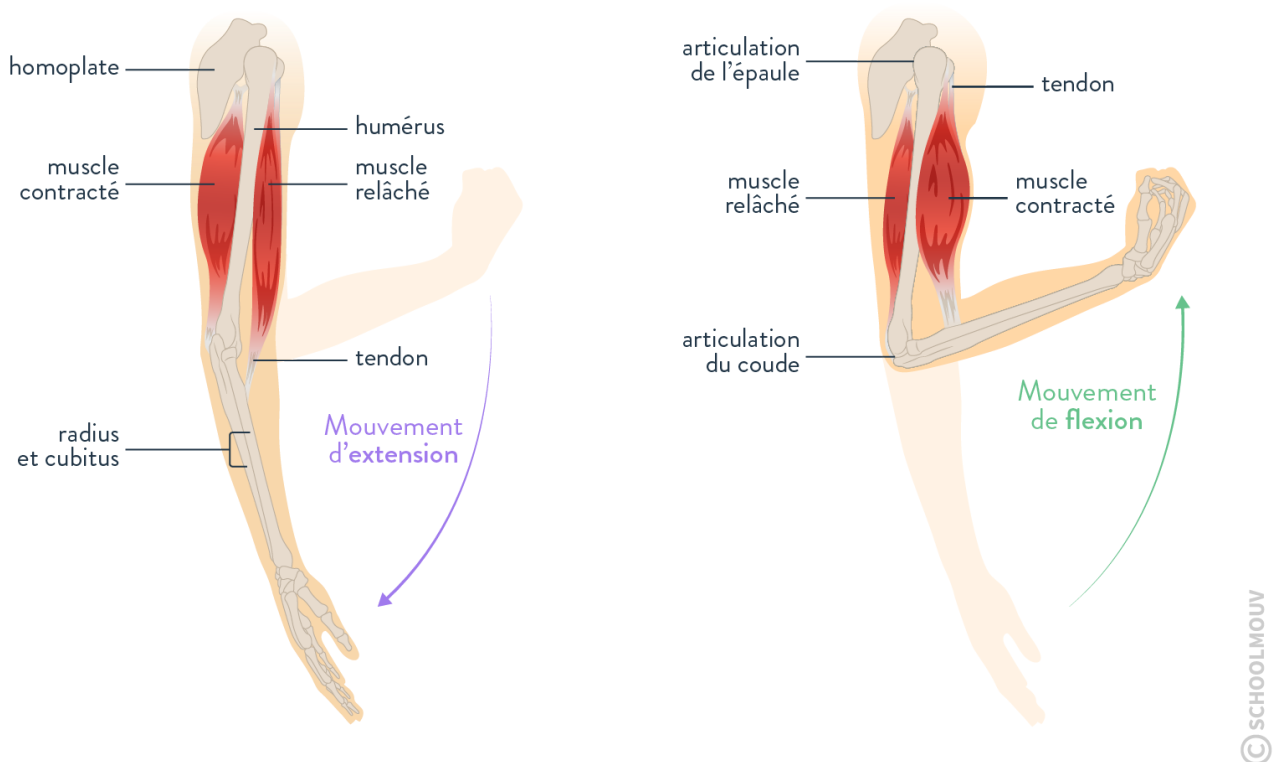
- Un ensemble de fibres cellulaires est rassemblé en faisceau, et un ensemble de faisceaux musculaires constitue un muscle.
- La force d'un muscle dépend du nombre de cellules qui le compose (plus elles sont nombreuses, plus le muscle est gros et fort), mais aussi du taux de contraction.

b. Fonctionnement du muscle

Pour qu'un muscle puisse faire bouger un os, il faut qu'il se **raccourcisse**. Le phénomène se déroule en plusieurs étapes.

Le muscle est tout d'abord stimulé par un message nerveux relayé par le nerf, le muscle se raccourcit (contraction) puis il retrouve sa longueur initiale (relâchement). En se raccourcissant, le muscle tire sur l'os auquel il est relié par le biais du tendon : cette action permet le mouvement.

Détail d'une flexion et d'une extension du bras



le muscle peut se raccourcir grâce à la **contraction** des fibres qui le constituent. Plus le nombre de fibres se contractant est important, plus la contraction du muscle est puissante.



Remarque :

Si le muscle est trop stimulé, sa capacité de travail diminue, mais cette fatigue est réversible par le repos. La pratique régulière d'une activité physique permet d'augmenter la durée et la puissance de l'effort en entraînant une croissance du muscle en épaisseur, de sa masse, son irrigation et de son métabolisme.



Le raccourcissement du muscle (appelé aussi « contraction ») entraîne l'os auquel il est relié grâce au tendon, ce qui permet le mouvement relatif aux deux os.

2 | Les cellules musculaires

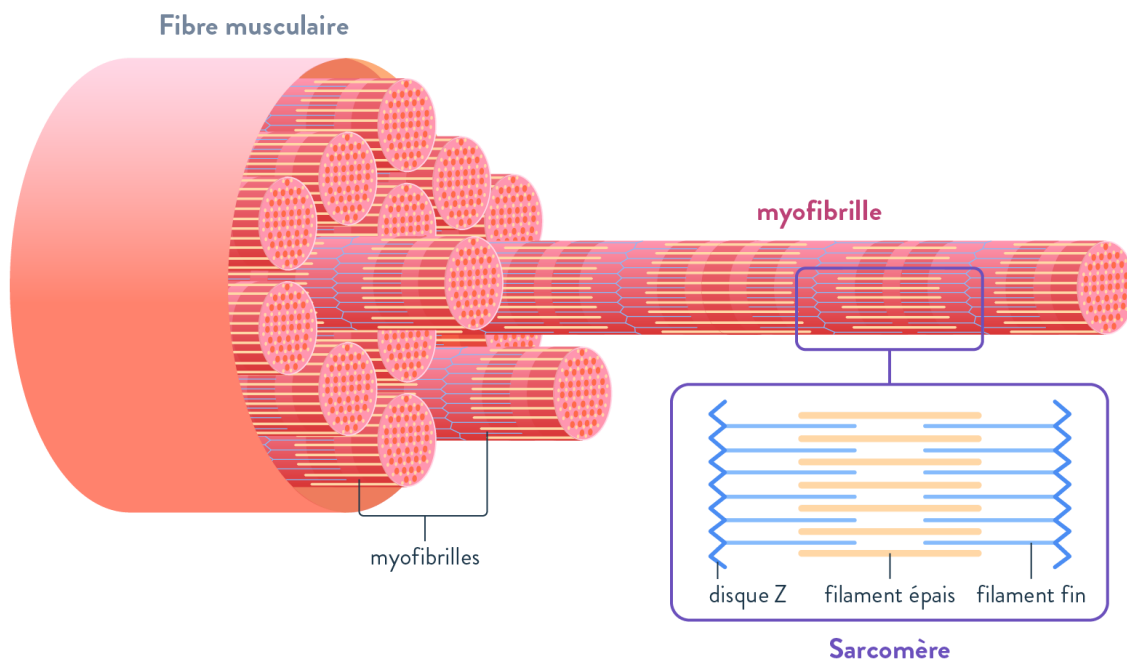
a. Organisation des cellules musculaires

Une cellule musculaire striée (ou fibre musculaire) est un ensemble de plusieurs cellules fusionnées qui partagent leur cytoplasme et **2 à 500** noyaux. Cette fusion explique la longueur de la cellule musculaire : **2 à 3 cm** de long.

Les cellules musculaires comportent des **myofibrilles** organisées en unités très ordonnées, répétitives et contractiles : les **sarcomères**. Un sarcomère est constitué d'une bande foncée (bande A ou filament épais) limitée par deux demi-bandes claires (bandes I ou filaments fins) et deux disques Z.

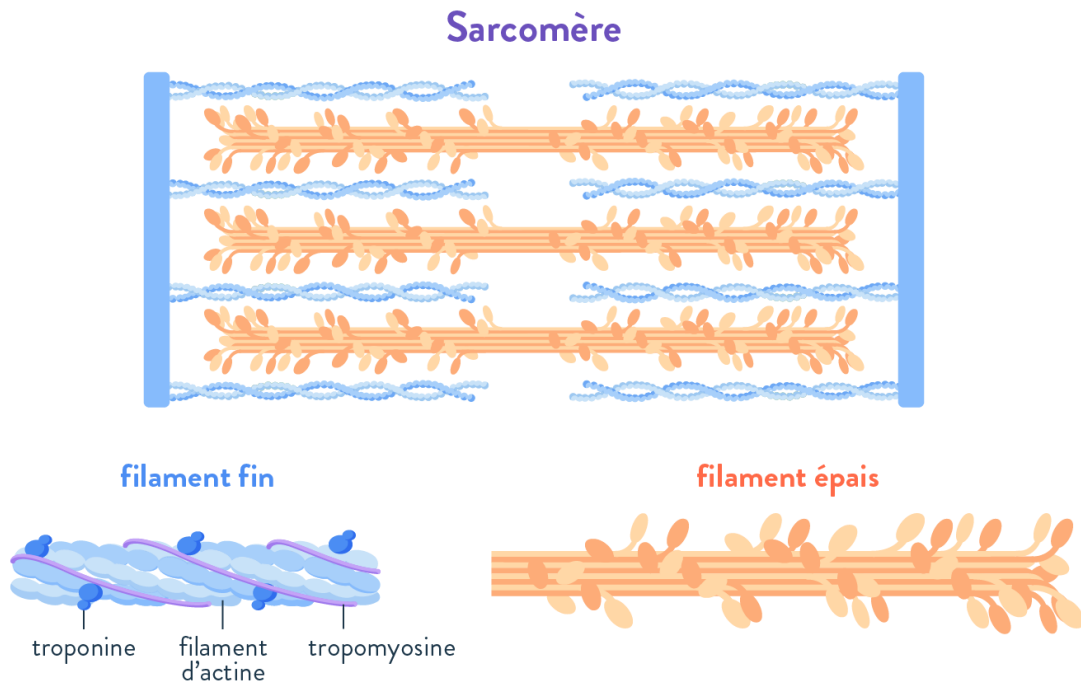
→ C'est cette disposition qui donne leur apparence striée aux muscles squelettiques.

Composition d'une cellule musculaire



- Les **filaments fins** sont constitués de deux molécules d'une protéine filamenteuse en double hélice, l'**actine** (couplée à deux autres protéines que sont la tropomyosine et la troponine).

- Les **filaments épais** sont constitués d'un assemblage de plusieurs molécules d'une protéine à deux têtes globulaires, la **myosine**.



👁️ À retenir

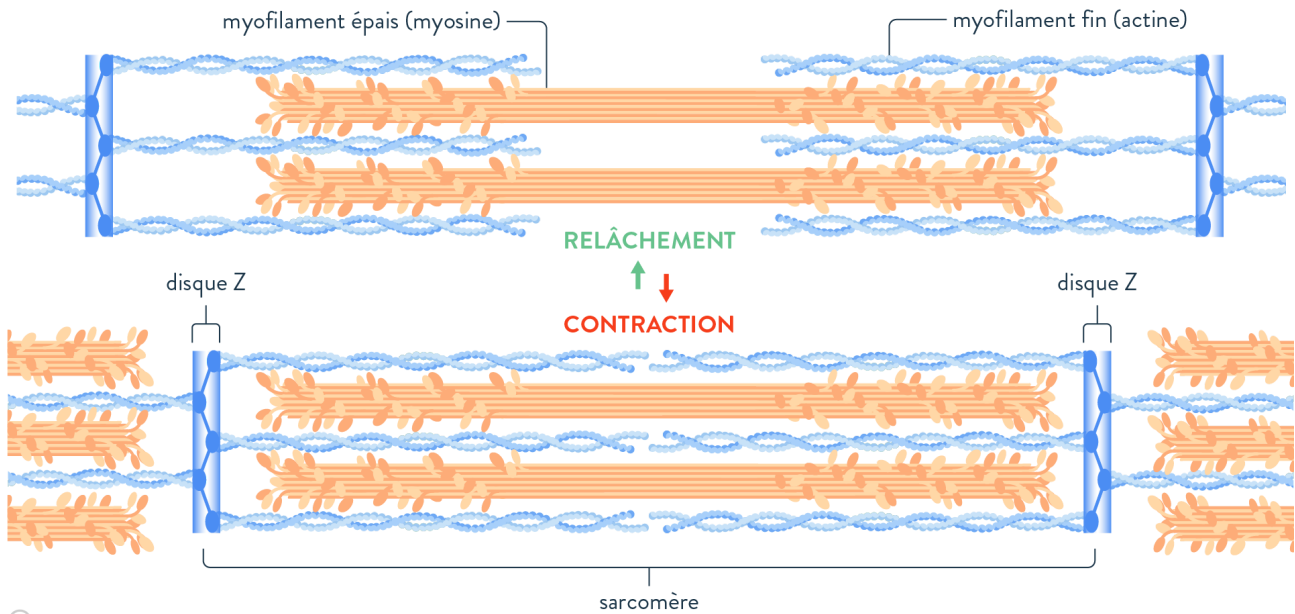
- La cellule musculaire est une cellule longue (d'où son nom de « fibre »).
- Elle possède une structure particulière, composée de filaments d'actine et de myosine, qui permet sa spécialisation et son fonctionnement singulier.

b. Les mécanismes moléculaires mis en jeu

Lorsque le signal de se contracter est donné aux fibres musculaires par le système nerveux, on assiste au phénomène de contraction.

- ➔ Lors de la contraction, les filaments fins en vis-à-vis se rapprochent, provoquant le raccourcissement du sarcomère, et donc celui du muscle.

Raccourcissement du sarcomère au cours de la contraction



Le raccourcissement du sarcomère est dû à un mouvement des têtes de myosine sur les filaments d'actine. Or, ce mouvement est rendu possible par une augmentation de la concentration intracellulaire en **ions calcium** Ca^{2+} lors de la stimulation de la fibre musculaire par la fibre nerveuse :

- 1 les têtes de myosine s'accrochent au filament d'actine ;
- 2 grâce à la présence d'ions calcium venant des réserves de la cellule (réticulum), elles basculent entraînant avec elles un mouvement du filament d'actine ;
- 3 ce mouvement provoque le raccourcissement du sarcomère.

L'utilisation d'**ATP** par le complexe actine-myosine est alors possible.

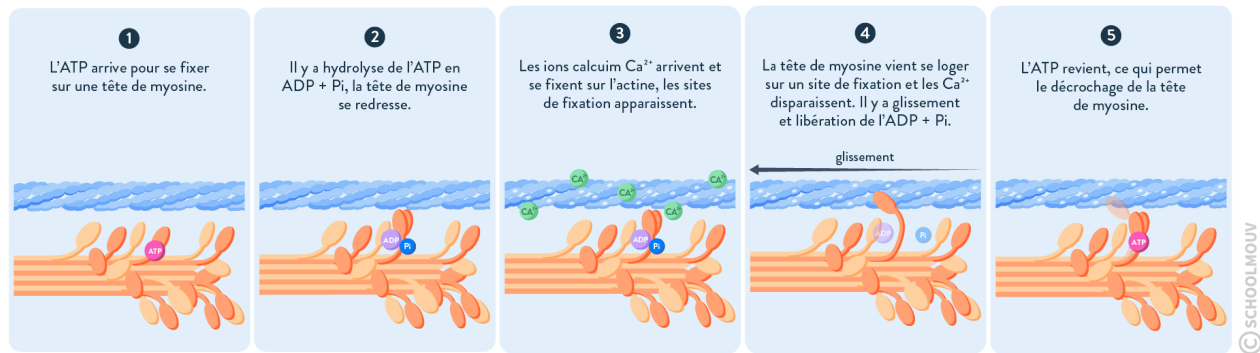


ATP :

L'ATP (sigle signifiant « Adénosine triphosphate ») est un nucléotide fournissant de l'énergie.

- 4 L'ATP est catalysé par une tête de myosine ;
- 5 l'énergie libérée par l'ATP permet aux têtes de myosine de retrouver leur position initiale et permet donc au muscle de se relâcher.

Tant que les ions Ca^{2+} sont présents, le mouvement se produit. Une fois que la concentration en ion calcium diminue, les protéines reprennent leur position de repos, la contraction cesse et le muscle est relâché.



 À retenir

- Lors de la contraction, les têtes de myosine glissent le long de l'actine et provoquent le raccourcissement du sarcomère.
 - La contraction de la fibre musculaire nécessite des ions calcium Ca^{2+} et de l'ATP.
- Le mouvement nécessite donc de convertir de l'énergie chimique en énergie mécanique.

3 | Les myopathies, des maladies dégénératives des muscles

a. Les maladies neuromusculaires

Les maladies neuromusculaires regroupent un ensemble de troubles liés aux muscles et aux nerfs. Elles empêchent le bon fonctionnement du muscle en ne lui permettant pas de se contracter normalement et/ou en ne permettant pas à l'information de circuler correctement du cerveau au muscle.

Les conséquences des maladies neuromusculaires sont nombreuses car elles peuvent toucher tous les muscles de l'organisme (striés squelettiques, cardiaques ou lisses). Les symptômes peuvent aller de la raideur à la paralysie, avec des douleurs plus ou moins importantes.

Remarque :

Ces maladies sont généralement génétiques mais peuvent être liées à un dysfonctionnement du système immunitaire (maladies auto-immunes), une infection bactérienne ou virale, voire même une intoxication.

Parmi les maladies neuromusculaires, nous pouvons citer :

- les dystrophies, se traduisant par une faiblesse et une taille réduite du muscle ;
- les myosites, des maladies auto-immunes causant une inflammation du muscle, une faiblesse musculaire et des douleurs ;
- les myopathies, correspondant à une dégénérescence du muscle.



Les maladies neuromusculaires regroupent un ensemble de troubles liés aux muscles et aux nerfs. Elles empêchent le bon fonctionnement du muscle en ne lui permettant pas de se contracter normalement, souvent en raison d'un dysfonctionnement ou d'une anomalie de structure des protéines concernées (actine et myosine).

b. Exemple d'une maladie neuromusculaire : la myopathie de Duchenne

La myopathie de Duchenne est une maladie génétique récessive touchant le gène DMD présent sur le chromosome X. Elle touche principalement les individus mâles et provoque une dégénérescence de tous les muscles du corps.

Le gène DMD est en effet responsable de la production de la dystrophine, une protéine présente sous la membrane plasmique qui lui permet d'adhérer aux autres cellules musculaires. En l'absence de cette protéine, les fibres musculaires s'usent à chaque contraction et finissent par rompre,

entraînant une destruction progressive du muscle.

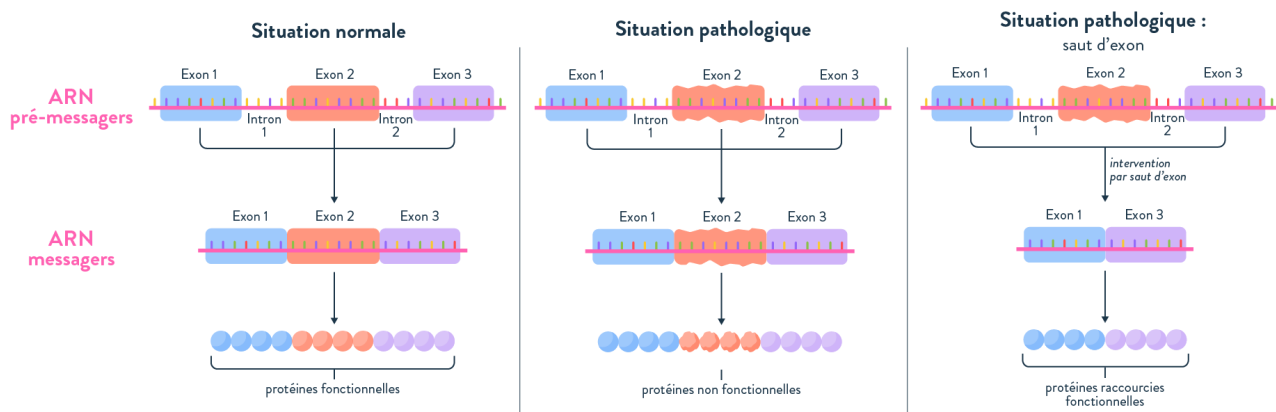
En toute logique, on relève des symptômes de type faiblesses musculaires et scoliose.

Il n'existe pas de traitement pour cette maladie mais de nombreuses recherches sont en cours pour isoler un traitement : on s'intéresse notamment de près à la thérapie génique. Cette solution consiste à inoculer à un patient le gène sain de la dystrophine pour que son organisme l'intègre et synthétise la protéine fonctionnelle.

Une autre voie de recherche, dite « technique du saut d'exon », envisage de forcer l'épissage de l'exon muté de l'ARN codant pour la dystrophine (c'est cette mutation qui empêche de synthétiser correctement la dystrophine). Par ce biais, on réduit la taille de la protéine, mais celle-ci est malgré tout fonctionnelle.



L'épissage est une étape de la transcription génétique au cours de laquelle le gène est amputé de ses introns et réunit les exons restants entre eux.



© SCHOOLMOUV

Conclusion :

Un muscle strié squelettique est constitué de faisceaux eux-mêmes constitués de cellules musculaires, aussi appelées fibres. Chaque cellule musculaire est composée de myofibrilles, d'actine et de myosine, organisées en sarcomères.

La contraction des muscles striés squelettiques se fait de manière volontaire et permet le maintien de la posture et les mouvements du

squelette. Au niveau cellulaire, la contraction est permise par le coulisement des myofibrilles d'actine et de myosine, entraînant le raccourcissement des sarcomères et ainsi celui des fibres et du muscle entier. Ce mécanisme nécessite des ions Ca^{++} et de l'énergie (sous forme d'ATP). L'énergie est donc à la base de tout mouvement. Des dysfonctionnements liés aux mauvais fonctionnement des molécules spécifiques des fibres musculaires peuvent entraîner des troubles musculaires comme la myopathie de Duchenne.