

Produire le mouvement : la contraction musculaire

Cours

Sommaire

I La structure du muscle squelettique

- A Le muscle squelettique et le mouvement
- B La cellule musculaire striée, une cellule spécialisée

II Les mécanismes de la contraction musculaire

- A La synapse neuromusculaire
- B La contraction musculaire

III La myopathie de Duchenne

RÉSUMÉ

Le muscle squelettique est un assemblage de cellules musculaires qui regroupent des myofibrilles. Les myofibrilles sont constituées de protéines dont les glissements déterminent le raccourcissement du muscle, donc la contraction. La contraction musculaire nécessite du calcium et de l'énergie. Des maladies, telles que la myopathie de Duchenne, peuvent être la conséquence de défauts héréditaires dans la structure des muscles.

I La structure du muscle squelettique

Le muscle squelettique assure le mouvement par la mobilité des os et des segments du corps. Il est formé de cellules musculaires, spécialisées dans la contraction.

A Le muscle squelettique et le mouvement

Le muscle squelettique est un faisceau de fibres ou cellules musculaires. Il est relié aux os par les tendons. La contraction du muscle squelettique est un raccourcissement qui engendre un mouvement des os.

Les mouvements du corps sont assurés par des contractions des muscles squelettiques. Ceux-ci sont des faisceaux de fibres musculaires qui ont la capacité de se contracter, c'est-à-dire de se raccourcir en réponse à une stimulation.

La contraction des muscles squelettiques est déclenchée par le système nerveux. Les muscles squelettiques sont attachés de manière solide aux os par des tendons. La contraction d'un muscle s'accompagne donc du mouvement des os.

La contraction d'un muscle doit s'accompagner du relâchement du muscle antagoniste.

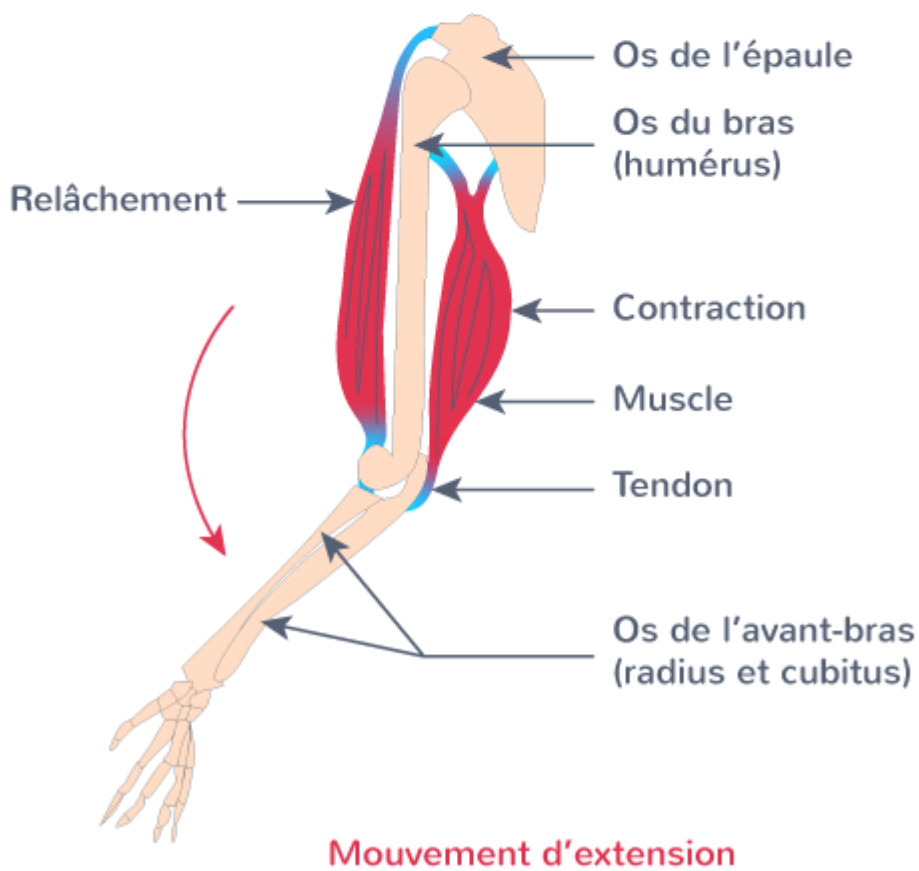
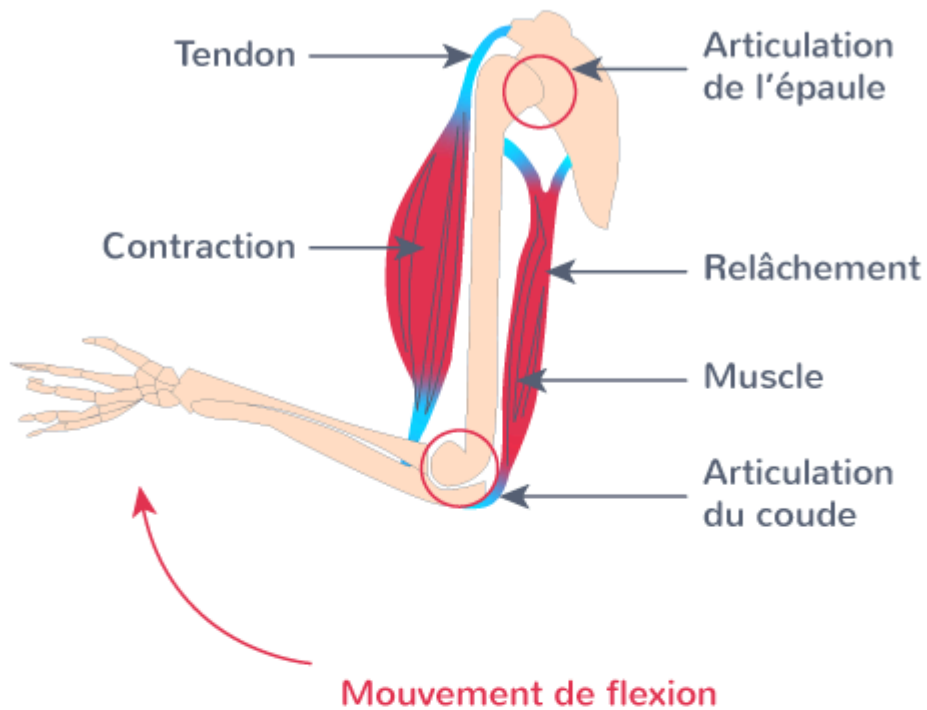


REMARQUE

EXEMPLE

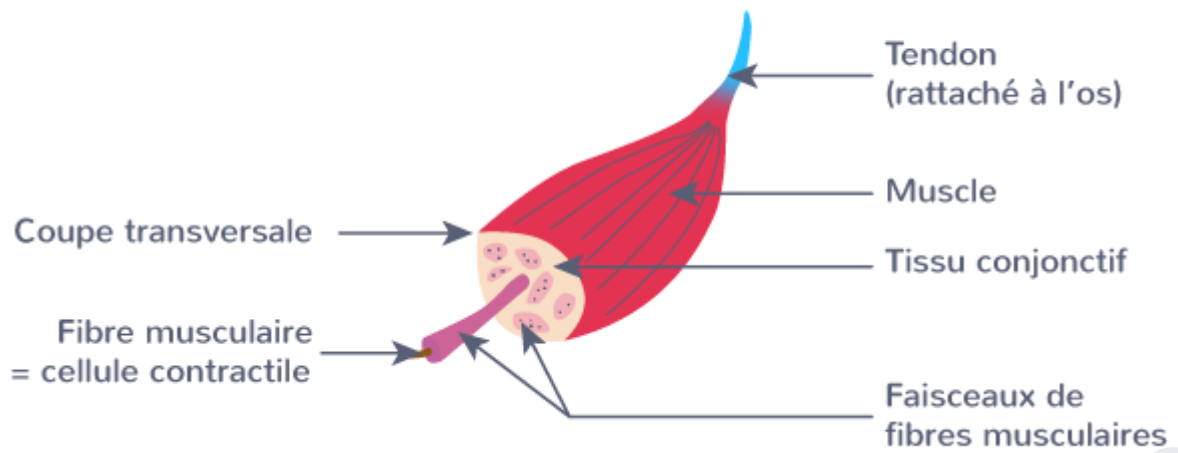
Le muscle extenseur et le muscle fléchisseur de l'avant-bras sont des muscles antagonistes.

Deux mouvements opposés assurés par des muscles antagonistes



Les muscles sont formés de cellules, ou fibres musculaires. Il s'agit de cellules allongées, disposées en faisceaux, et capables de se contracter, donc de se raccourcir.

Schéma d'un muscle



B La cellule musculaire striée, une cellule spécialisée

Les cellules musculaires possèdent un cytoplasme riche en protéines. Ces protéines sont assemblées en myofilaments épais (myosine) et fins (actine). Elles sont organisées en une unité structurale : le sarcomère. Les myofibrilles sont entourées d'un réticulum assurant le stockage du calcium. Le cytoplasme est riche en mitochondries.

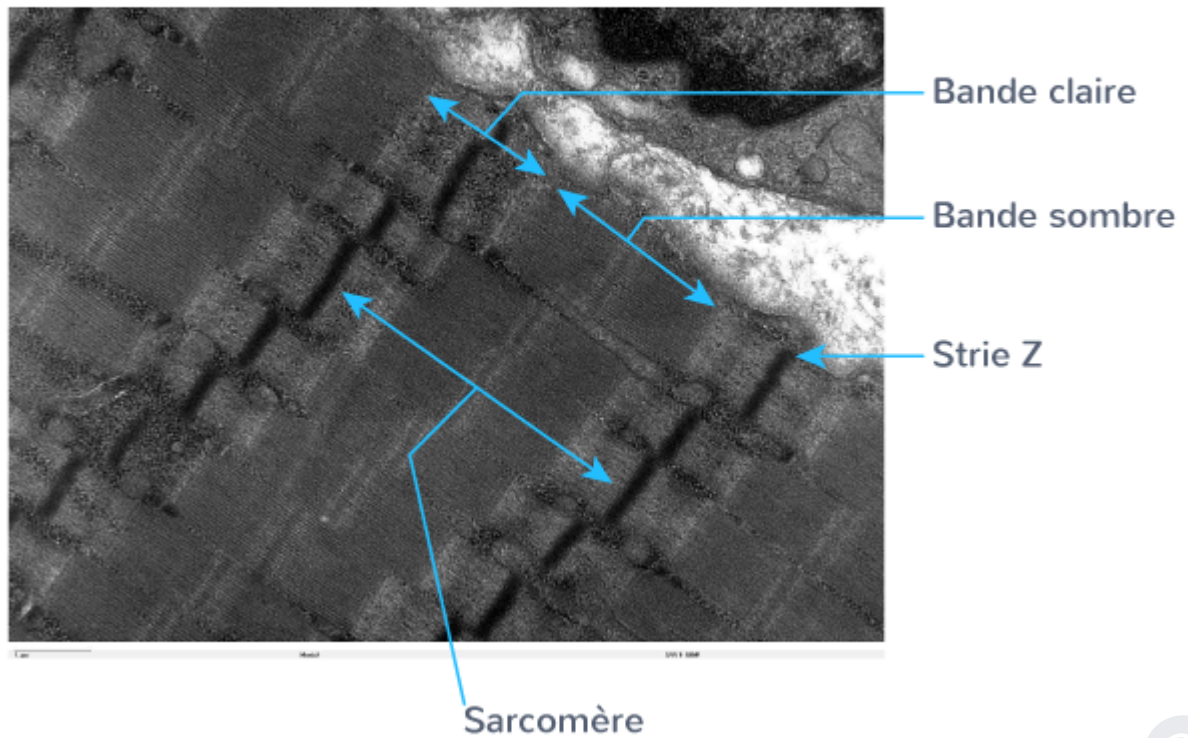
Les cellules musculaires squelettiques sont des cellules différenciées. Elles possèdent une membrane, des noyaux et un réticulum endoplasmique très développé.

PROPRIÉTÉ

Le réticulum endoplasmique a de grandes capacités de stockage de calcium.

Les cellules musculaires squelettiques présentent une striation transversale caractéristique, constituée par l'alternance de bandes claires (= bandes I) et de bandes sombres (= bandes A). Cette alternance est liée à la disposition de filaments protéiques appartenant au cytosquelette : les myofilaments fins (actine) et épais (myosine). L'unité de structure et de fonction de cette organisation est nommée sarcomère.

La striation des cellules musculaires



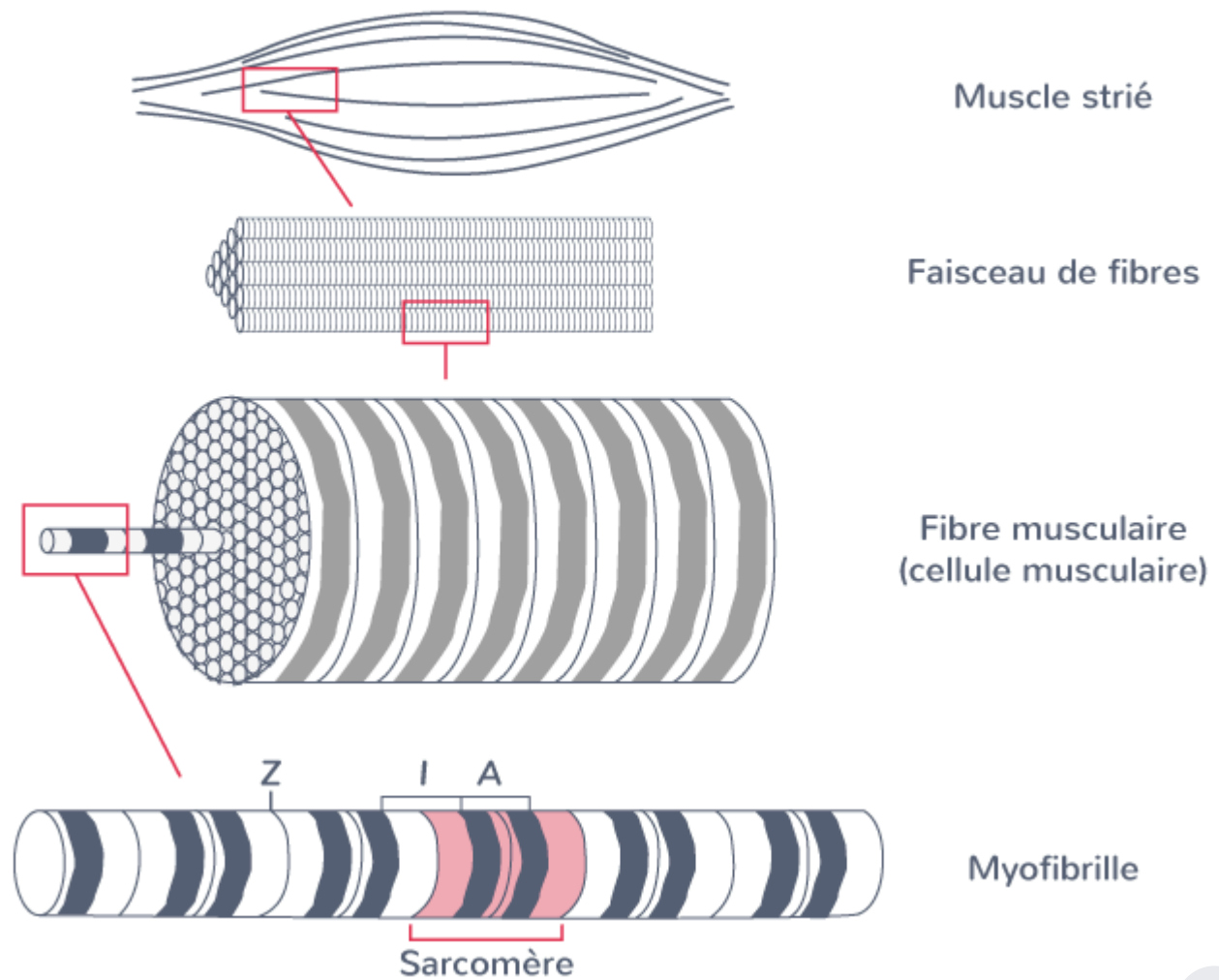
DÉFINITION

Sarcomère

Le **sarcomère** est la portion de myofibrille délimitée par deux stries Z successives.

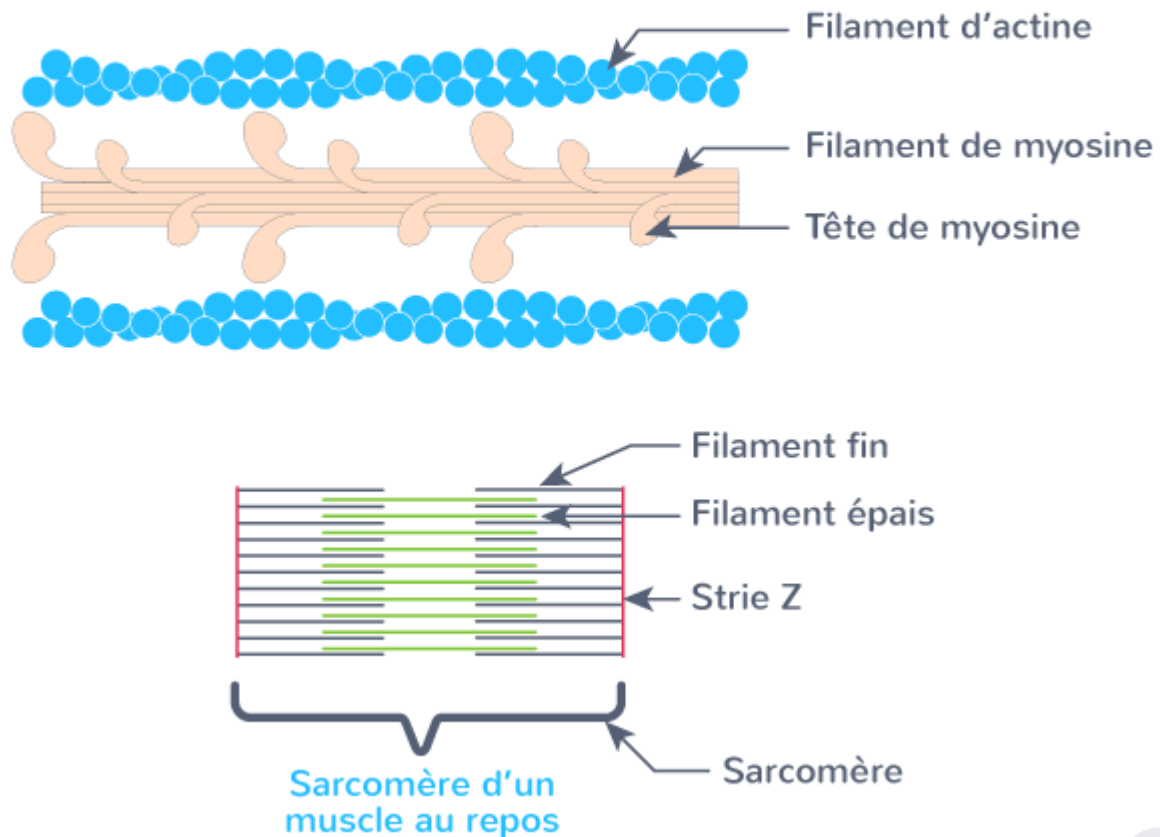


Organisation du muscle et de la cellule musculaire



La disposition particulière des myofilaments est à l'origine de la striation des myofibrilles et des cellules.

La disposition des myofilaments dans un sarcomère



Le cytoplasme des cellules musculaires est très riche en mitochondries, organites producteurs d'énergie, sous forme de molécules d'ATP (adénosine triphosphate).

II Les mécanismes de la contraction musculaire

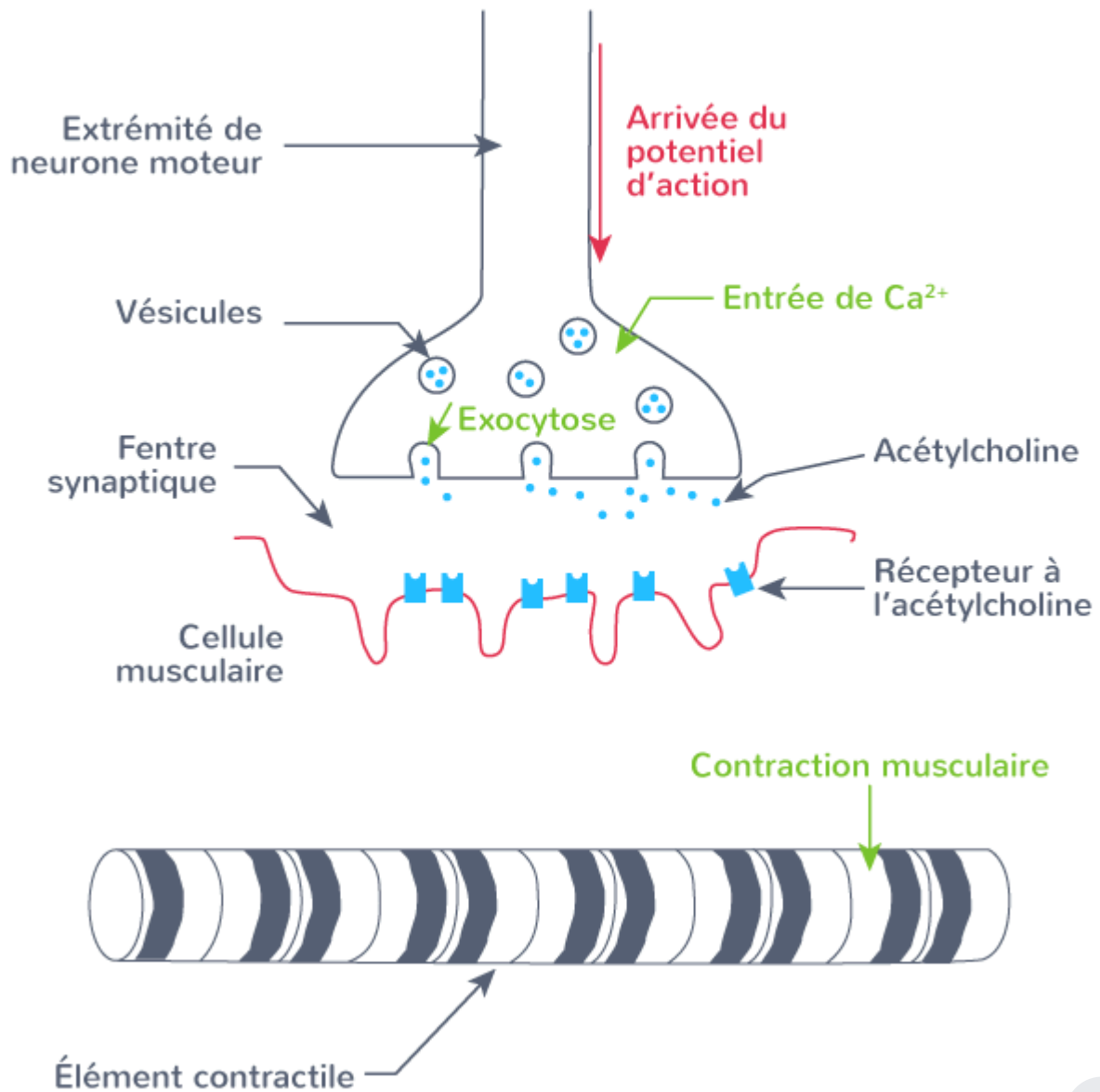
La stimulation nerveuse parvient au muscle par l'intermédiaire d'une synapse neuromusculaire. La stimulation du muscle a pour effet des interactions entre les myofilaments et le calcium, avec consommation d'énergie. Ce sont ces interactions qui génèrent le raccourcissement des fibres musculaires et permettent la contraction musculaire.

A La synapse neuromusculaire

La synapse neuromusculaire est une synapse chimique à acétylcholine qui agit sur des récepteurs spécifiques. La fixation du neurotransmetteur génère un potentiel d'action musculaire responsable de l'élévation du taux de calcium dans la cellule musculaire.

La transmission des ordres de contraction du nerf au muscle s'effectue au niveau d'une zone de communication chimique : la synapse neuromusculaire ou plaque motrice. Il s'agit d'une synapse chimique classique, dont le neurotransmetteur est l'acétylcholine.

La synapse neuromusculaire



Le fonctionnement de la synapse neuromusculaire, depuis l'arrivée du potentiel d'action nerveux jusqu'au déclenchement de la contraction musculaire, suit toujours la même chronologie :

- 1 - arrivée du potentiel d'action à l'extrémité du neurone moteur ;
- 2 - entrée de calcium dans l'extrémité du neurone ;
- 3 - déclenchement de la sécrétion par exocytose de l'acétylcholine ;
- 4 - diffusion de l'acétylcholine et fixation de cette dernière sur des récepteurs membranaires spécifiques de la cellule musculaire ;
- 5 - déclenchement d'un potentiel d'action musculaire ;
- 6 - augmentation de la concentration intracellulaire en calcium (par libération des stocks de calcium du réticulum essentiellement) ;
- 7 - déclenchement de la contraction par mise en activité d'interactions entre les myofilaments.

B La contraction musculaire

Le calcium interagit avec les protéines des myofilaments. Les liaisons entre myofilaments épais et myofilaments fins et leurs glissements entraînent le raccourcissement des sarcomères et la contraction des cellules. L'ensemble de ces phénomènes consomme de l'énergie sous forme d'ATP. Le relâchement se produit lorsque le taux de calcium revient à sa valeur initiale.

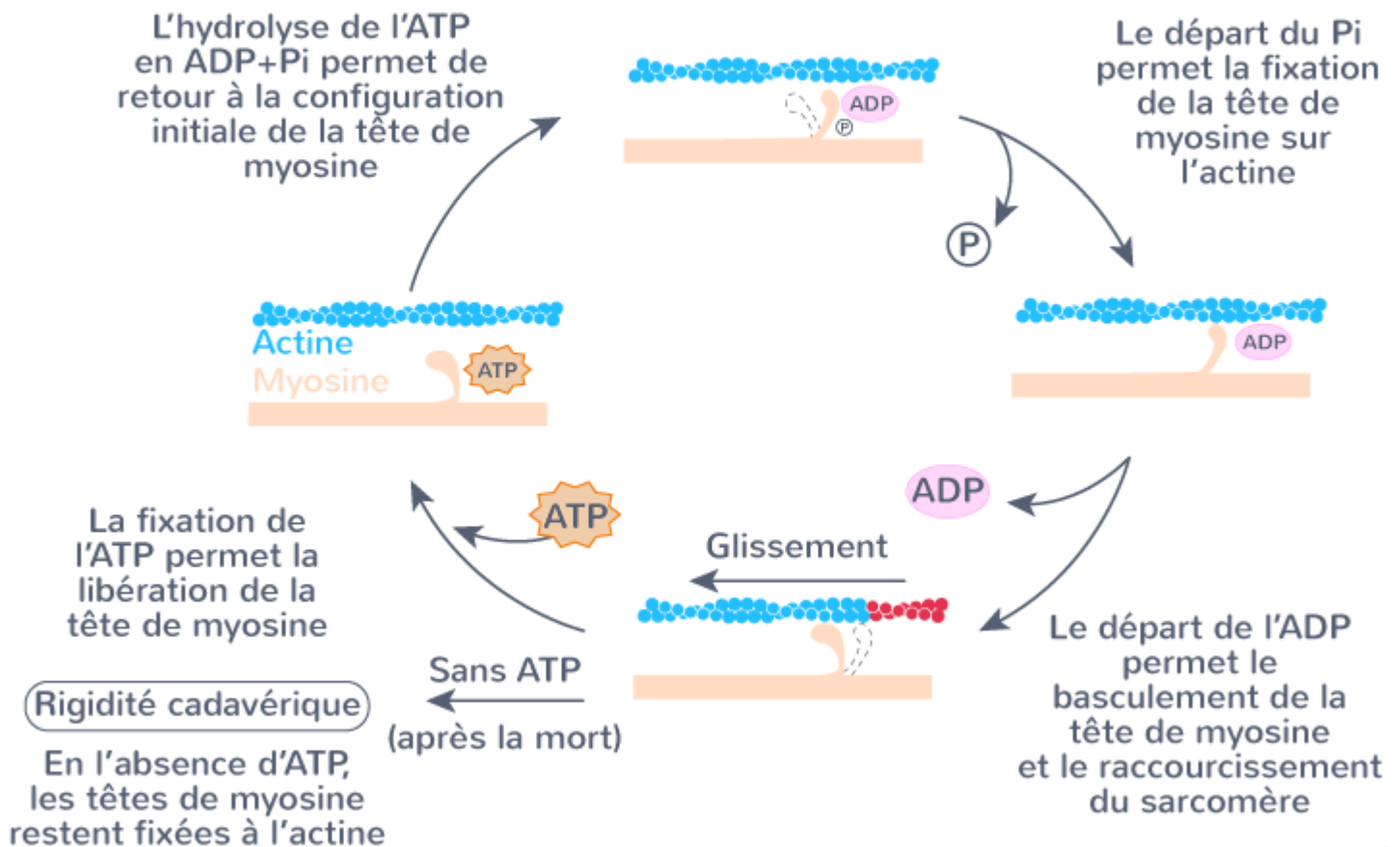
Lorsque la cellule musculaire a reçu un ordre de contraction, le taux de calcium cytoplasmique augmente. Le calcium se fixe alors sur certains myofilaments et provoque des interactions entre ces myofilaments, ce qui aboutit à la contraction.

La contraction est obtenue sans raccourcissement des myofilaments, mais par un glissement des myofilaments fins par rapport aux myofilaments épais. Ce sont les sarcomères qui se raccourcissent, donc les myofibrilles et, finalement, les cellules musculaires.

Outre le calcium, la contraction musculaire nécessite de l'ATP. Elle se déroule en 4 phases :

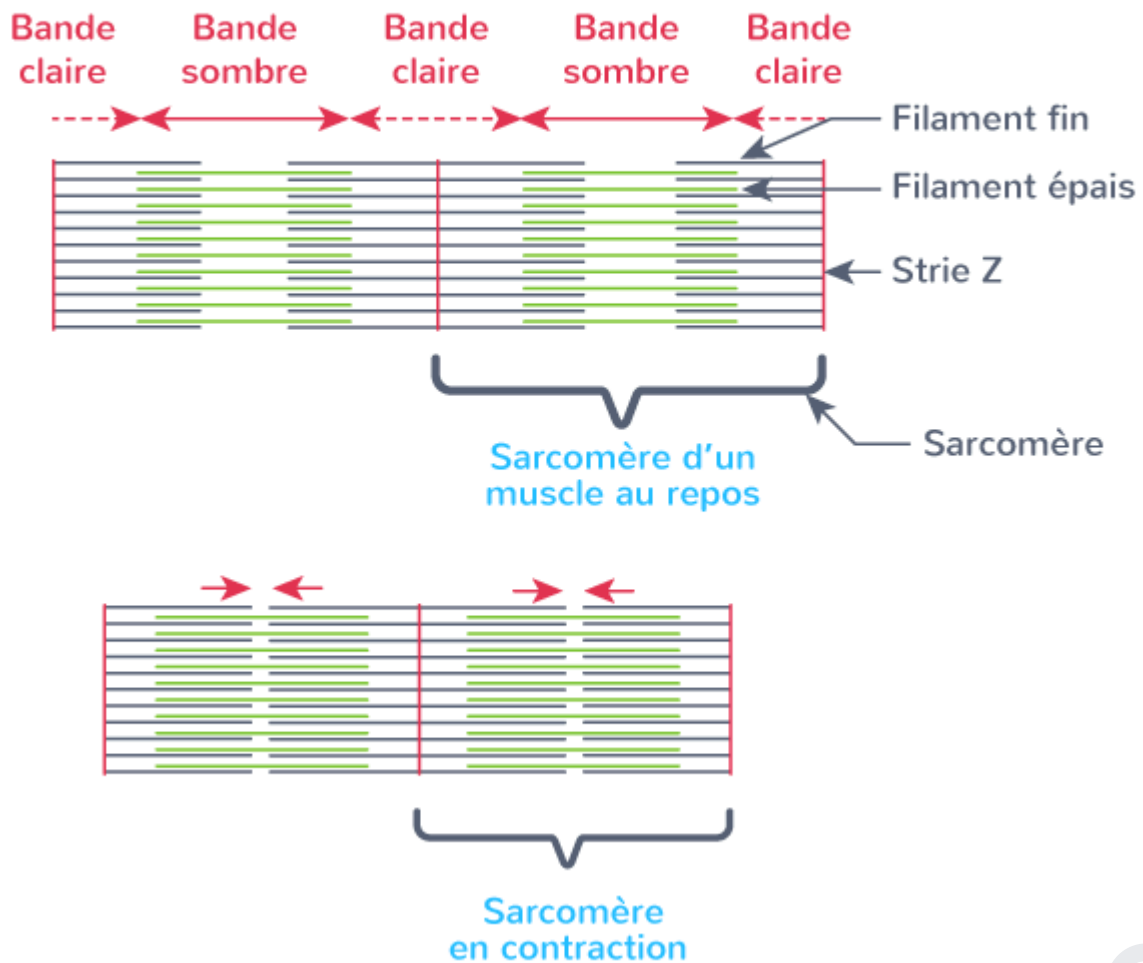
- L'ATP se fixe sur la tête de myosine qui est fixée à l'actine. Cette fixation permet de libérer la tête de myosine de l'actine.
- L'ATP est hydrolysée en ADP (adénosine diphosphate) et phosphate inorganique (P_i) qui restent fixés sur la tête de myosine, ce qui libère de l'énergie. Cette énergie permet le redressement de la tête de myosine.
- La tête de myosine se fixe sur l'actine.
- L'ADP et le P_i sont libérés, ce qui entraîne un basculement de la tête de myosine. Ce basculement provoque le déplacement du filament d'actine qui glisse entre les filaments de myosine : c'est la contraction.

Les étapes de la contraction musculaire



L'ensemble du mouvement des myofilaments peut être représenté :

La contraction musculaire et le raccourcissement des sarcomères



L'ensemble de ces phénomènes se poursuit tant que la concentration cytoplasmique en calcium reste élevée. Dès que cette concentration décroît (lorsque le calcium est repompé dans le réticulum endoplasmique), la contraction cesse. On parle alors de relâchement.

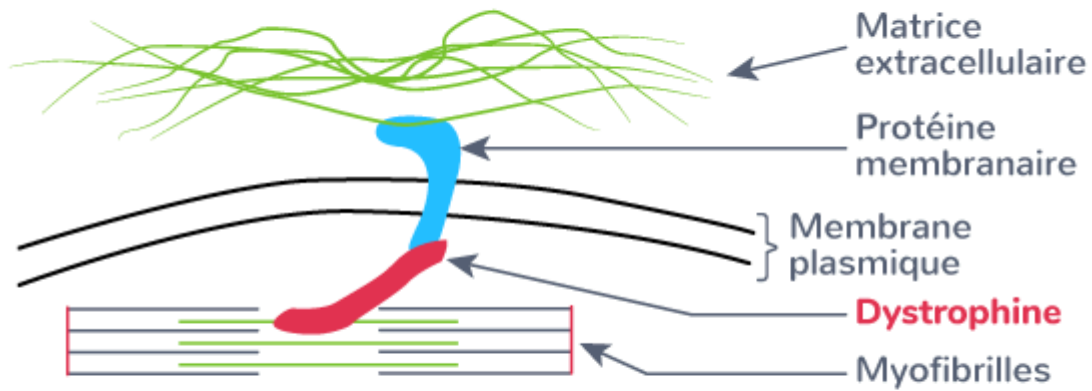
III La myopathie de Duchenne

La myopathie de Duchenne est une maladie responsable de dégénérescence musculaire. Il s'agit d'une maladie héréditaire entraînant l'absence de fabrication d'une protéine musculaire.

La myopathie de Duchenne est une maladie héréditaire par transmission gonosomique (X) récessive. Les garçons sont quasi exclusivement atteints avec environ 1 naissance masculine sur 4 000.

La présence de l'allèle anormal sans l'allèle normal empêche la fabrication d'une protéine du muscle : la dystrophine. Celle-ci permet habituellement l'ancrage de la cellule musculaire dans la matrice extracellulaire, indispensable à la cohésion du muscle et donc à son bon fonctionnement. Cette matrice extracellulaire est constituée par diverses molécules qui assurent le lien entre les cellules d'un même tissu. Si la cohésion cellulaire n'est plus assurée, le tissu se dégrade.

La dystrophine et la matrice extracellulaire



La dystrophine assure la cohésion du muscle en permettant l'adhésion des cellules et de leur cytosquelette à la matrice extracellulaire, par l'intermédiaire de protéines membranaires.



Sans la dystrophine, les cellules musculaires finissent par disparaître. La maladie de Duchenne est une maladie dégénérative progressive des muscles, qui aboutit à la mort de l'individu atteint.

Malgré des essais de thérapie génique (le principe étant de remplacer le gène défectueux par une version fonctionnelle), il n'existe pas de traitement pour cette maladie.