

10. LE SYSTÈME MUSCULAIRE

Il y a très longtemps, parce que les muscles au travail lui faisaient penser à des souris s'activant sous la peau, un homme de science leur a donné le nom de **muscles**, du mot latin *mus* signifiant petite souris. En effet lorsqu'on entend parler de muscles, ce sont ceux des boxeurs ou des haltérophiles qui viennent à l'esprit. Mais le cœur et la paroi des organes creux contiennent aussi une certaine proportion de tissu musculaire.

Tes systèmes musculaire et osseux sont corrélés : les os (*figure 49*), au nombre de 206 chez toi, agissent comme des leviers lors de la contraction des muscles auxquels ils sont reliés soit directement par leurs fibres charnues soit indirectement par l'intermédiaire des tendons. En outre, les os protègent tes organes, emmagasinent le calcium et d'autres minéraux et sont également le siège de la production des cellules sanguines.

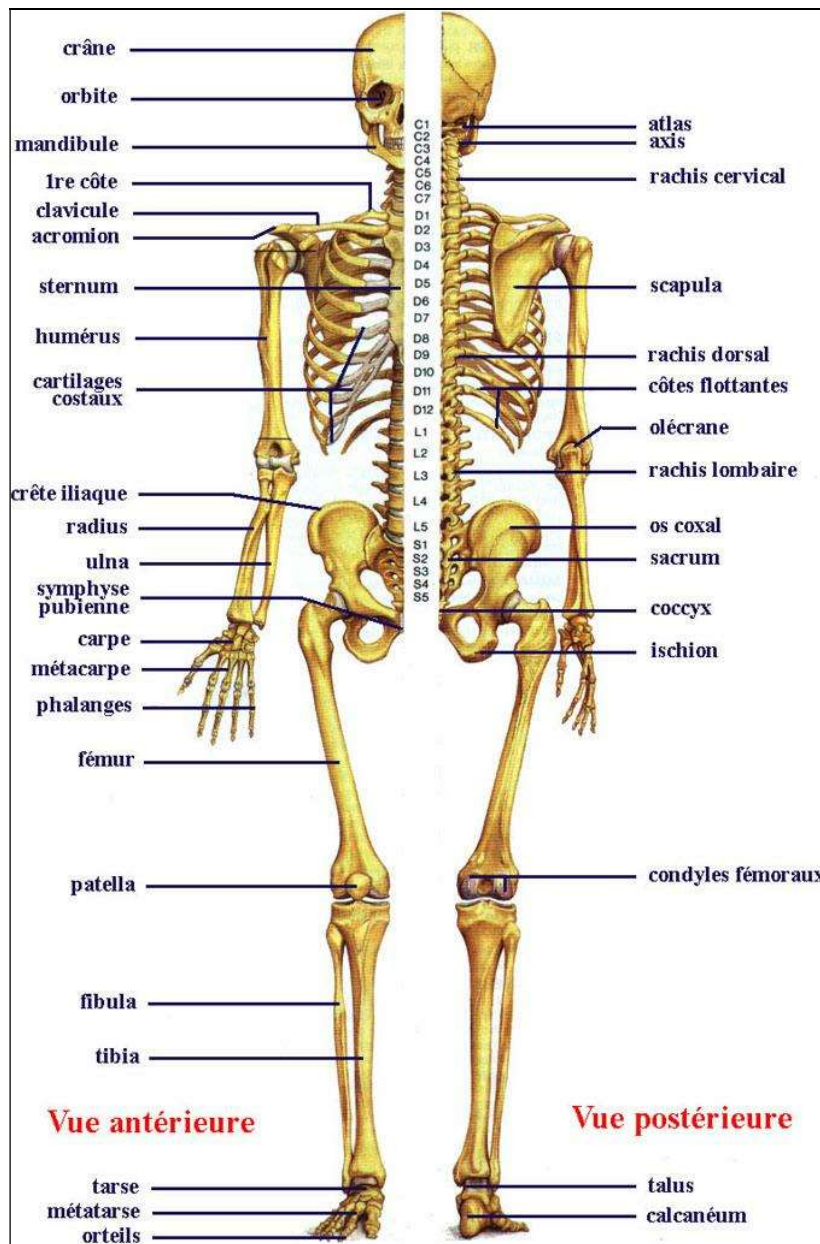


Figure 49 : le squelette humain

Ton corps comprend plus de 600 muscles dont la taille varie suivant la fonction (figure 50). Ces muscles constituent environ 30 à 40 % de la masse corporelle chez la femme et 40 à 50 % chez l'homme.

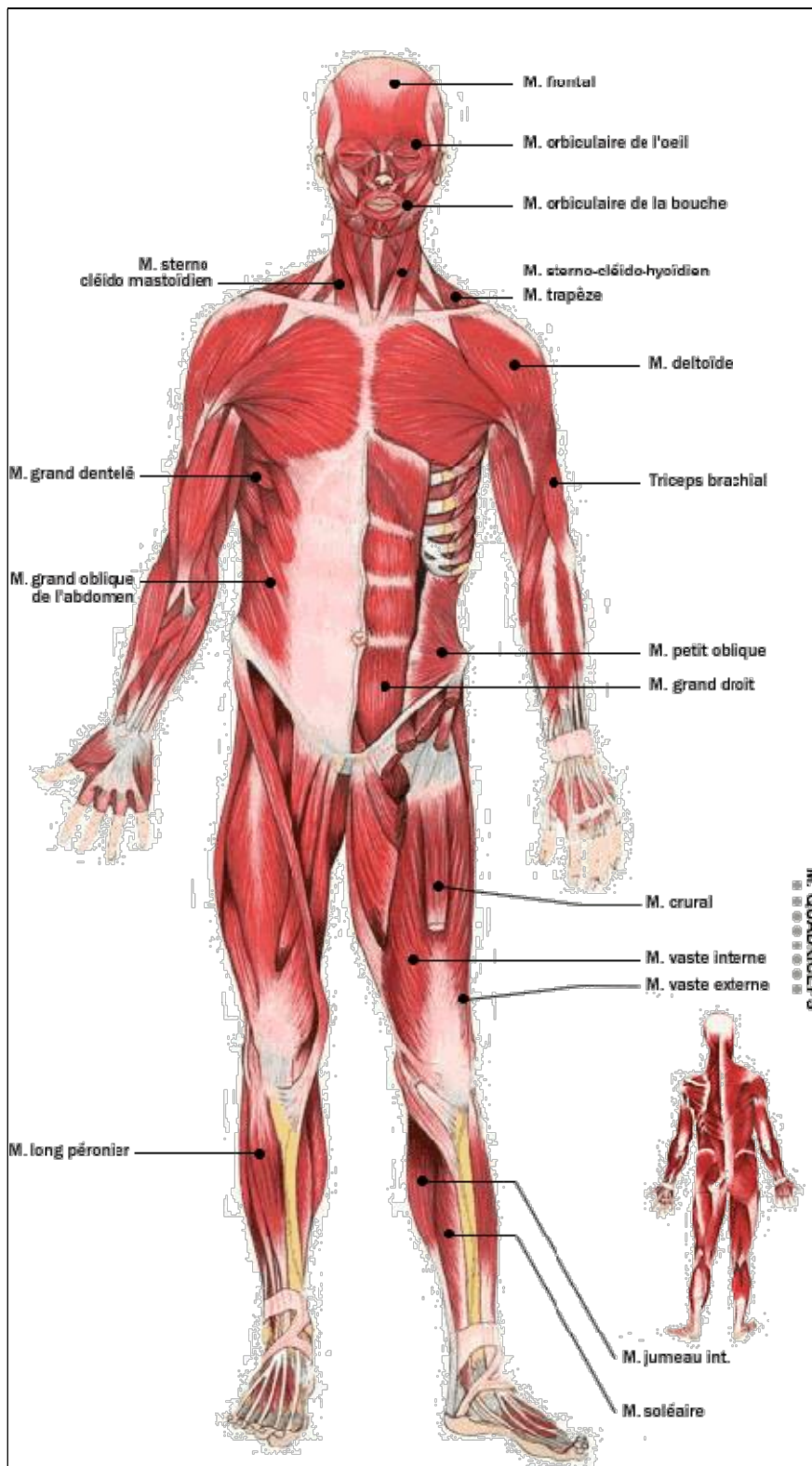


Figure 50 : Les principaux muscles du corps humain (vue antérieure)

10.1 Les types de muscles

Si l'on s'en tient à la structure cellulaire, les muscles peuvent être répartis en 3 catégories (*figure 51*) :

- A. Les **muscles squelettiques** ou striés : ils sont rattachés aux os et situés sous la peau. Ils sont composés de **fibres musculaires striées**. Ils permettent les *mouvements volontaires* et le *maintien postural*.

Exemple : _____

- B. Le **muscle cardiaque** : ils forment les parois du cœur. Il est constitué de **fibres striées ramifiées**. Il se contracte automatiquement (**involontaire**) de façon rythmique, et permet la *propulsion du sang* dans les vaisseaux sanguins.

Exemple : _____

- C. Les **muscles lisses** ou **viscéraux** : ils sont situés dans les parois des organes creux du corps. Ils sont composés de **fibres musculaires lisses**. Ils sont **involontaires** et ils permettent le *déplacement des substances dans les différentes voies* de l'organisme.

Exemple : _____



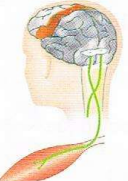

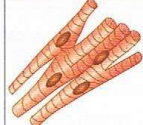
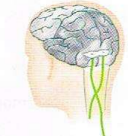
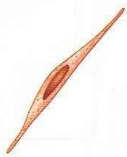
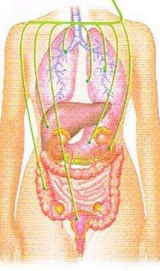
Types de muscles et localisation	Forme de la fibre musculaire	Contrôle de la contraction
<p>Les muscles squelettiques</p> 	 <p>fibre striée avec plusieurs noyaux</p>	<p>Système nerveux cérébro-spinal</p>  <p>contraction volontaire</p>
<p>Le muscle cardiaque</p> 	 <p>fibre ramifiée et striée avec un seul noyau</p>	<p>Système nerveux végétatif</p> 
<p>Les muscles viscéraux sont présents dans la paroi :</p> <ul style="list-style-type: none"> • des voies respiratoires • du tube digestif et de l'estomac • des voies urinaires • des vaisseaux sanguins • de l'utérus et de l'appareil génital • des muscles horripilateurs de la peau. 	 <p>fibre non striée avec un seul noyau</p>	 <p>contraction involontaire</p>

Figure 51 : Les trois types de muscles

Dans ce chapitre, nous limiterons notre étude aux muscles squelettiques.

10.2 La structure du muscle squelettique

Le muscle squelettique a généralement la forme d'un fuseau aux extrémités duquel se trouvent des tendons assurant sa fixation sur les os. Il se caractérise par un emboîtement d'unités parallèles de plus en plus petites entourées de tissu conjonctif (*figure 52*). Un muscle squelettique consiste en plusieurs **faisceaux** de longues fibres musculaires disposées dans le sens de la longueur. Chaque **fibre musculaire** est une cellule unique munie de plusieurs noyaux et des autres organites habituels. Chaque fibre est un assemblage de **myofibrilles** placées dans le sens de la longueur. Les myofibrilles comprennent elles-mêmes deux types de **myofilaments** :

- A. Les filaments minces constitués d'**actine**.
- B. Les filaments épais constitués de **myosine**, en forme de club de golf.

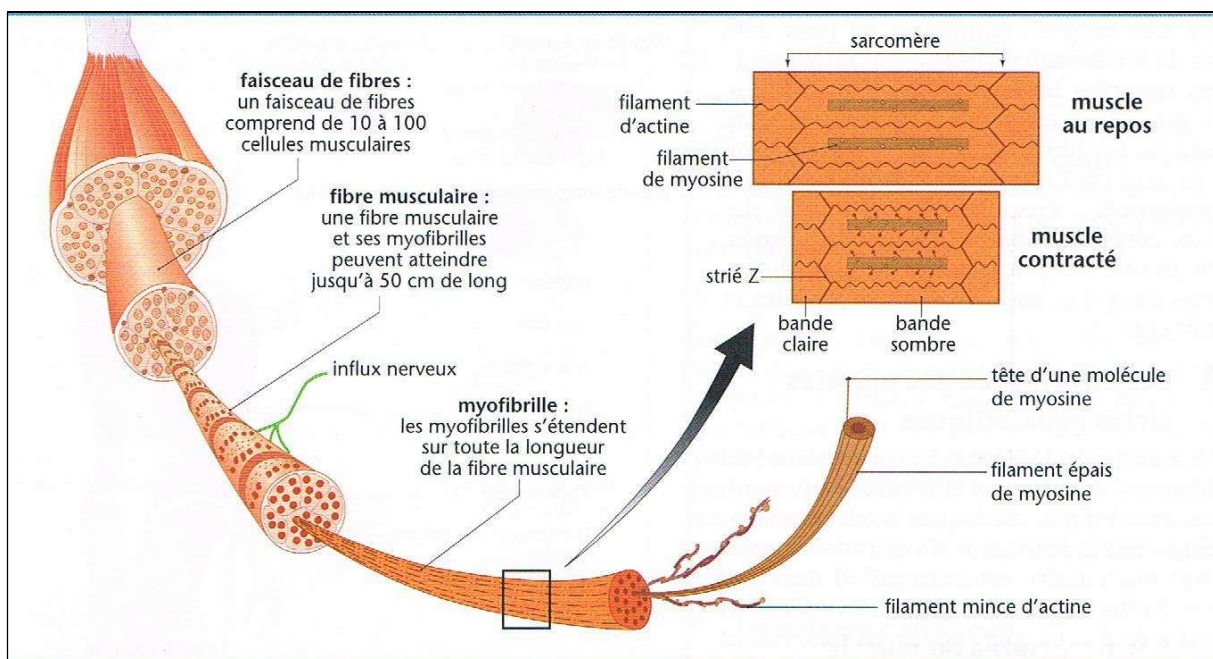


Figure 52 : Structure et niveaux d'organisation du muscle squelettique

10.3 Le mécanisme de la contraction

Un muscle squelettique ne se contracte qu'à la suite d'une stimulation par un neurone moteur au niveau d'une structure appelée **plaque motrice** (figure 53). L'ensemble formé par le neurone moteur et les fibres qu'il régit constitue l'**unité motrice** (figure 54). L'**influx nerveux** (= message nerveux) circule sous forme électrochimique.

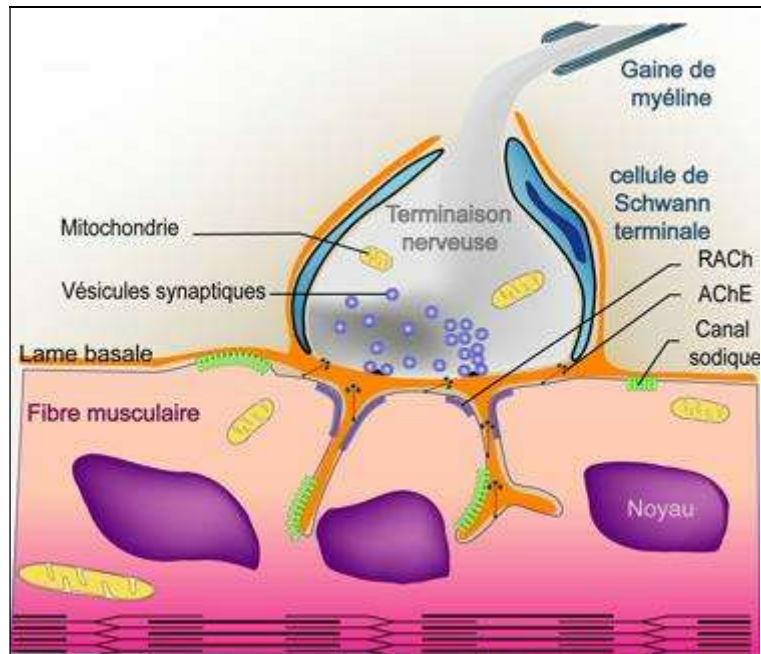


Figure 53 : Plaque motrice (terminaison neuromusculaire)

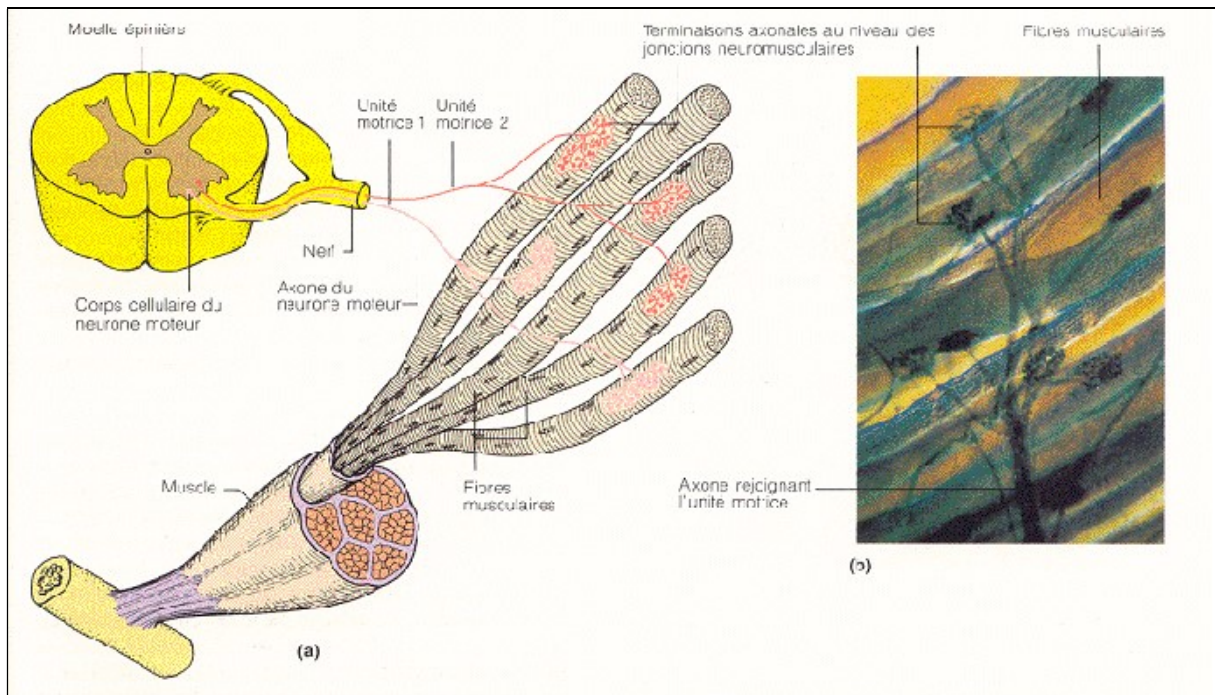


Figure 54 : Unité motrice

10.3.1 Le mécanisme de la contraction étape par étape

Lorsqu'un muscle se contracte, chaque sarcomère raccourcit. Toutefois la longueur des filaments d'actine et de myosine ne varie pas pendant la contraction. On peut expliquer ce phénomène par la **théorie de la contraction par glissement des filaments**. Son principe est simple : à chaque contraction, les filaments d'actine glissent le long des filaments de myosine et pénètrent plus en avant vers le centre du sarcomère (figure 52). Conséquence : celui-ci rétrécit de 30 à 50 %.

Comment les filaments glissent-ils ?

Lorsque la fibre musculaire est au repos, les têtes de myosine sont en retrait. La stimulation nerveuse du muscle leur permet de s'accrocher sur les filaments d'actine. Puis la tête pivote et ce mouvement fait alors glisser les filaments d'actine qui se déplacent de proche en proche le long des filaments de myosine (figures 55 et 56). A raison de 5 cycles par seconde, chacune des 500 têtes de myosine que comporte un filament épais contribue, de ce fait, à raccourcir la fibre musculaire et le muscle tout entier.

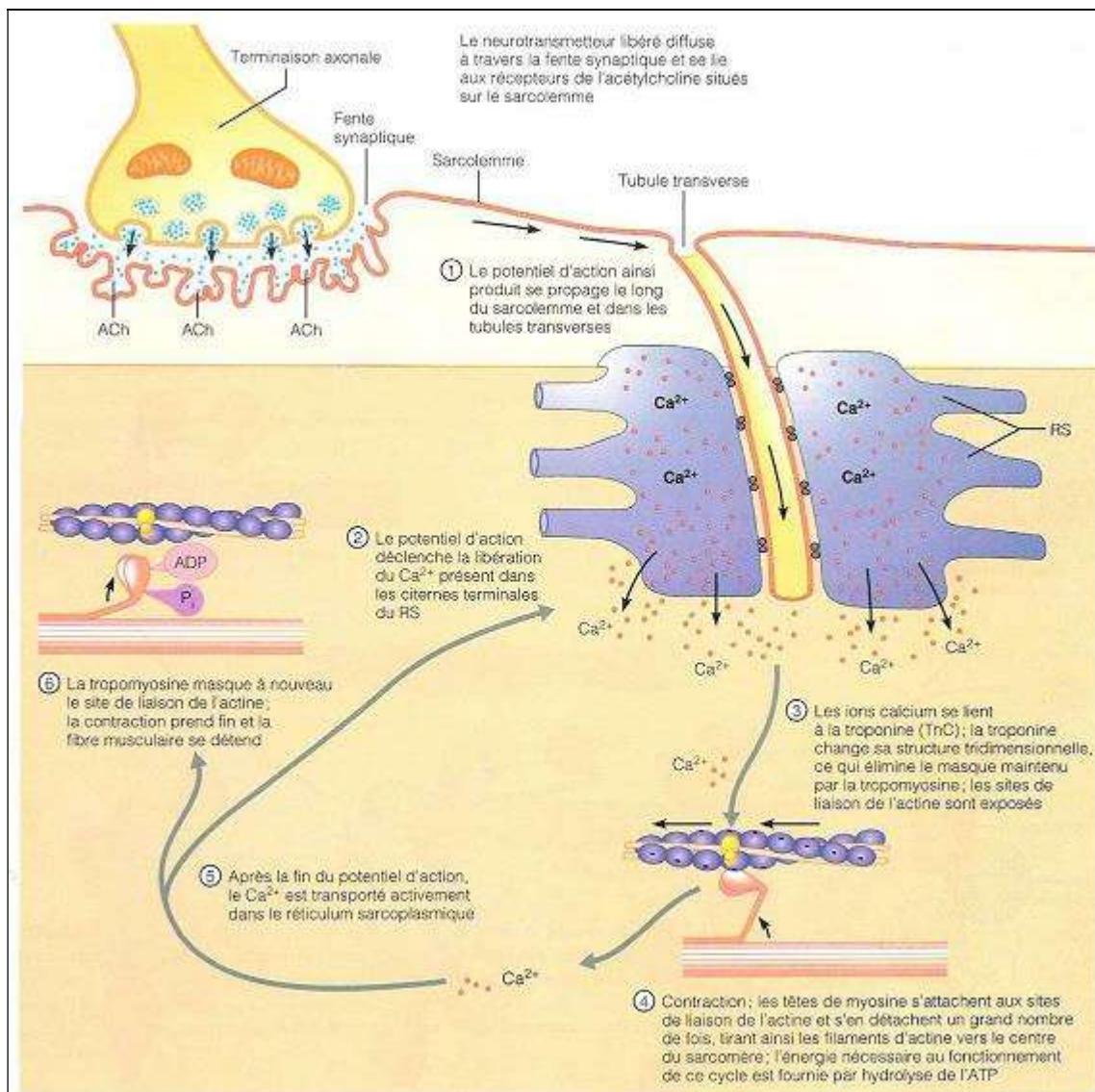


Figure 55 : Couplage excitation - contraction

- Etape n°1 :* L'influx nerveux (courant électrique) arrive à la terminaison nerveuse à travers le neurone moteur.
- Etape n°2 :* Les vésicules synaptiques, qui contiennent de l'acétylcholine (ACh), fusionnent avec la membrane de la terminaison nerveuse.
- Etape n°3 :* L'acétylcholine (substance chimique) est libérée dans l'espace synaptique.
- Etape n°4 :* L'acétylcholine se fixe sur ses récepteurs sur la membrane de la fibre musculaire (plaque motrice).
- Etape n°5 :* Un courant électrique (potentiel d'action = PA) est produit.
- Etape n°6 :* Le PA se propage dans la fibre musculaire pour atteindre le réticulum endoplasmique (RE).
- Etape n°7 :* Le RE libère le calcium (Ca^{2+}) qu'il stocke.
- Etape n°8 :* Le calcium se lie sur les filaments d'actine et y provoque des modifications structurales.
- Etape n°9 :* Les filaments d'actine glissent sur les filaments de myosines.
(Figure 56 étapes a – f)

Etape a : Les têtes de myosines sont liées à une molécule d'ATP et sont abaissées.

Etape b : $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{P} + \text{énergie}$.
L'énergie libérée provoque l'élévation des têtes de myosines.

Etape c : Les têtes de myosines se lient aux filaments d'actine.

Etape d : L'ADP et le P se détachent des têtes de myosine, ce qui provoque leur abaissement.

Etape e : Les filaments d'actine glissent vers le centre du sarcomère.

Etape f : Une molécule d'ATP se lie à chaque tête de myosine et elle se détache du filament d'actine.

Les étapes 9a à 9f se répètent de manière cyclique pour que le sarcomère se raccourcisse au maximum.

- Etape n°10 :* Fin de l'arrivée de l'influx nerveux à la terminaison nerveuse qui entraîne la fin de la génération du PA. Le calcium se détache des filaments d'actine, ce qui entraîne de nouvelles modifications structurales sur ceux-ci.

Etape n°11 : Le calcium retourne dans le RE.

Etape n°12 : Fin de la contraction et le muscle se relâche.

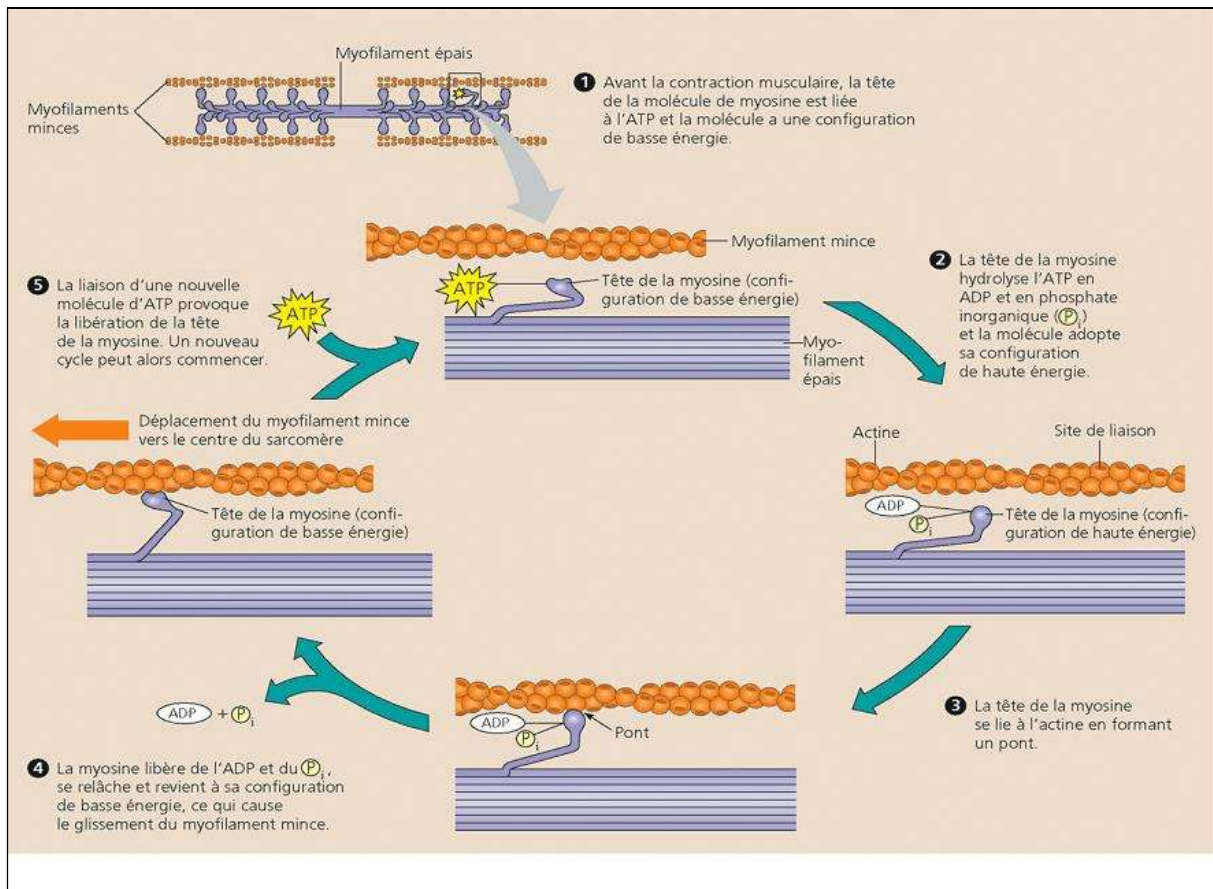


Figure 56 : Séquence des événements qui provoquent le glissement des filaments d'actine lors de la contraction

10.4 Les sources d'ATP du muscle

L'ATP est la seule source d'énergie qui peut alimenter directement la contraction. Il doit être régénéré de façon continue afin que la contraction puisse se poursuivre.

Il existe 4 sources d'ATP pour le muscle (*figure 57*) :

1. ATP stocké dans le muscle

Energie pour 4 à 6 secondes de contraction.

Pas d'utilisation d'oxygène par le muscle.

2. ATP régénéré grâce à la créatine phosphate (*figure 57a*)

Ces deux premières sources permettent la contraction maximale du muscle pendant 15 secondes environ.

Pas d'utilisation d'oxygène par le muscle.

3. ATP produit par transformation du glucose en acide lactique (*figure 57b*)

Energie pour 30 à 60 secondes de contraction maximale).

Pas d'utilisation d'oxygène par le muscle.

L'accumulation d'acide lactique est néfaste pour l'activité musculaire.

4. ATP produit par la respiration cellulaire aérobie à partir du glucose, des acides gras ou des acides aminés (*figure 57c*)

Energie pour plusieurs heures de contraction modérée).

Oxygène absolument nécessaire.

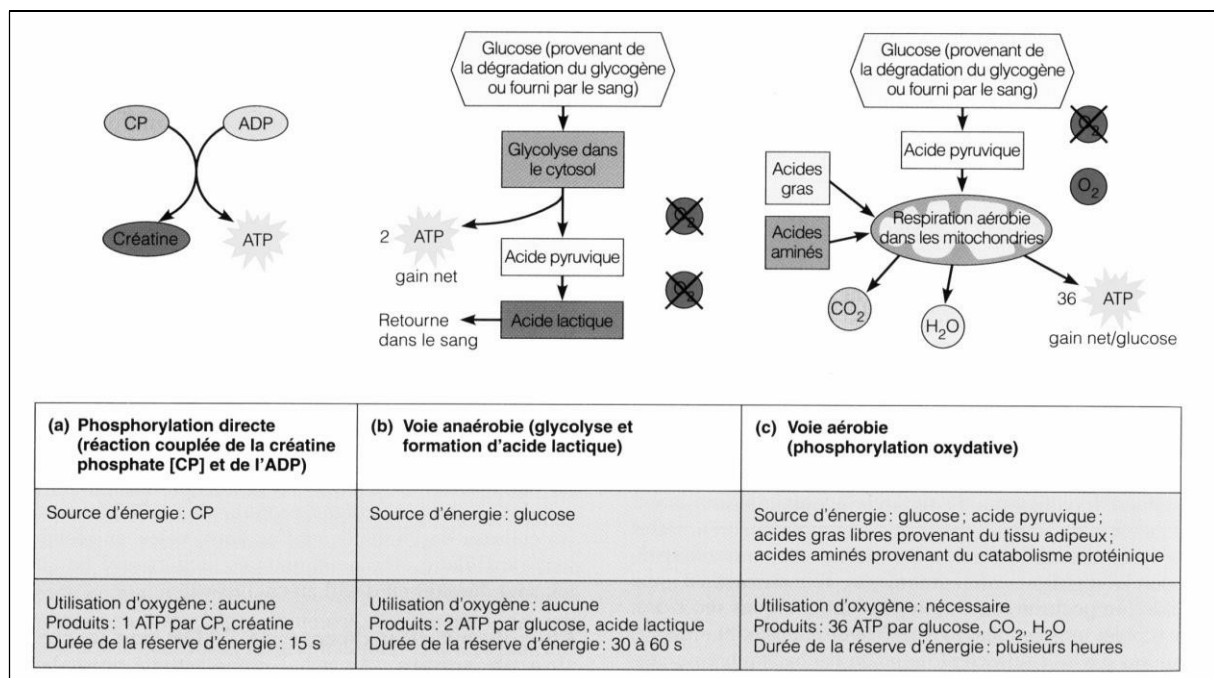


Figure 57 : Les voies de régénération de l'ATP musculaire

Lorsqu'il n'y a plus d'ATP, des contractures apparaissent parce que les têtes de myosine ne peuvent plus se détacher des filaments d'actine.

10.5 Les manifestations de l'activité musculaire

A. Au niveau du muscle :

- Le débit sanguin augmente.
- La consommation d'oxygène augmente (jusqu'à 12 fois).
- La réserve de glycogène diminue.
- L'acide lactique s'accumule.

B. Au niveau de l'organisme entier :

- Le rythme respiratoire s'accélère.
- La fréquence cardiaque augmente.
- La contraction cardiaque est plus puissante.
- L'organisme s'échauffe (→ transpiration → déshydratation possible).

10.6 Les effets de l'entraînement

La pratique régulière d'une activité physique se manifeste sur tout l'organisme, notamment par une :

- A. Augmentation de la masse musculaire (par épaissement des fibres musculaires existantes et non pas parce que leur nombre augmente).
- B. Augmentation du nombre de capillaires autour des muscles sollicités.
- C. Baisse de la fréquence cardiaque, augmentation de la masse et du volume du cœur.
- D. Adaptation du système respiratoire.