

## 3.2 *LES MUSCLES* (Chap. 9)

### 3.2.1 TYPES DE TISSU MUSCULAIRE

- Types de muscles

- **Muscles squelettiques:** *striés, volontaires* ; s'attachent au squelette osseux.
- **Muscle cardiaque:** *striés, involontaires* ; seulement dans le cœur.
- **Muscles lisses:** *non striés, involontaires* ; principalement dans les parois des organes viscéraux creux.

- Caractéristiques générales des cellules musculaires (= *fibres musculaires*)

- Pour tous les types, leur contraction est causée par l'interaction entre les filaments d'*actine* et de *myosine*.
- Terminologie : “*myo-*” et “*sarco-*” = “muscle”

- Caractéristiques fonctionnelles

- **Excitabilité** : « capacité de percevoir un stimulus et d'y répondre »
  - Stimulus: généralement une substance chimique (ex.: neurotransmetteur, hormone)
  - Réponse: potentiel d'action → contraction musculaire.
- **Contractilité** : « capacité de se contracter »
- **Extensibilité** : « capacité d'étirement »
- **Élasticité** : « capacité de se rétracter lorsqu'on les relâche »

# 3.2.2 LES MUSCLES SQUELETTIQUES

## 1. ANATOMIE MACROSCOPIQUE

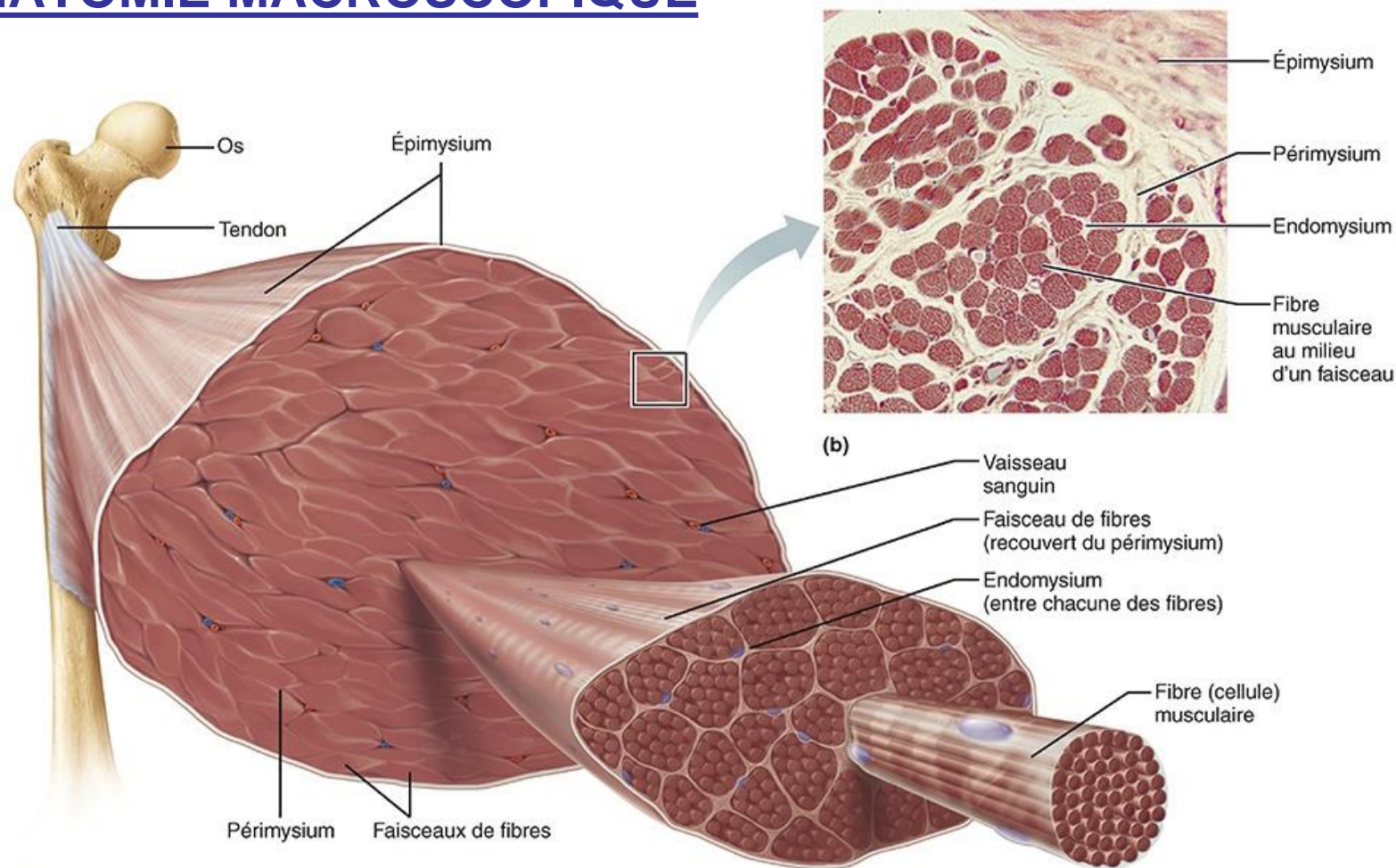


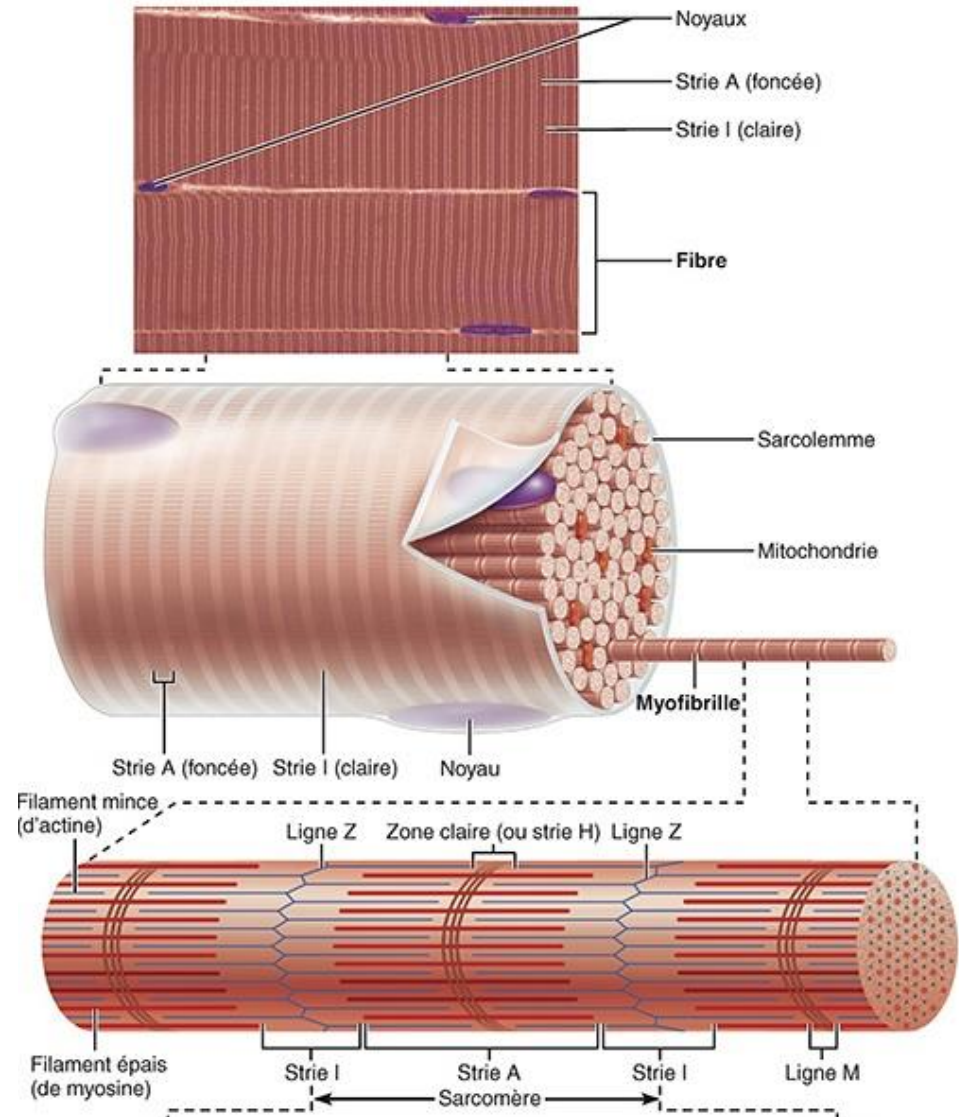
Figure 9.1

## 2. ANATOMIE MICROSCOPIQUE

Figure 9.2 a-b

### Fibres musculaires squelettiques :

- Longues cellules cylindriques (quelques mm à 30 cm)
- Diamètre: 10 à 100  $\mu\text{m}$
- *Multinucléées*: souvent >100 noyaux
- Produites par la fusion de cellules embryonnaires appelées *myoblastes*
- **Sarcolemme** : membrane plasmique
- **Sarcoplasme** : cytoplasme; contient :
  - organites habituels
  - de grandes quantités de **glycogène** et de **myoglobine**
- **Myofibrilles** :
  - Parcourent toute la longueur de la cellule.
  - Constituées de *protéines contractiles*.
  - Présence de bandes (*stries*) :
    - **Stries A** : bandes foncées
    - **Strie H** : région médiane
    - **Ligne M** : au milieu de la strie H
    - **Stries I** : bandes claires
    - **Ligne Z** : ligne dense au milieu de chaque strie I





Les myofibrilles sont composés de deux types de **myofilaments** :

- **Filaments épais** : parcourent toute la longueur de la strie A ; maintenus ensemble à la ligne M.
- **Filaments minces** : s'étendent le long de la strie I et d'une partie de la strie A.
  - Strie H: région sans filaments minces.
  - Ligne Z: ancre les filaments minces.
  - Un filament mince s'étend de la ligne Z jusqu'à la strie H.
- Chaque filament épais est entouré de 6 filaments minces; chaque filament mince est entouré de 3 filaments épais.
- **Sarcomère** :
  - Unité fonctionnelle d'une fibre musculaire.
  - Région entre deux lignes Z; correspond à une strie A et deux  $\frac{1}{2}$  stries I.
  - Longueur  $\cong 2 \mu\text{m}$ .

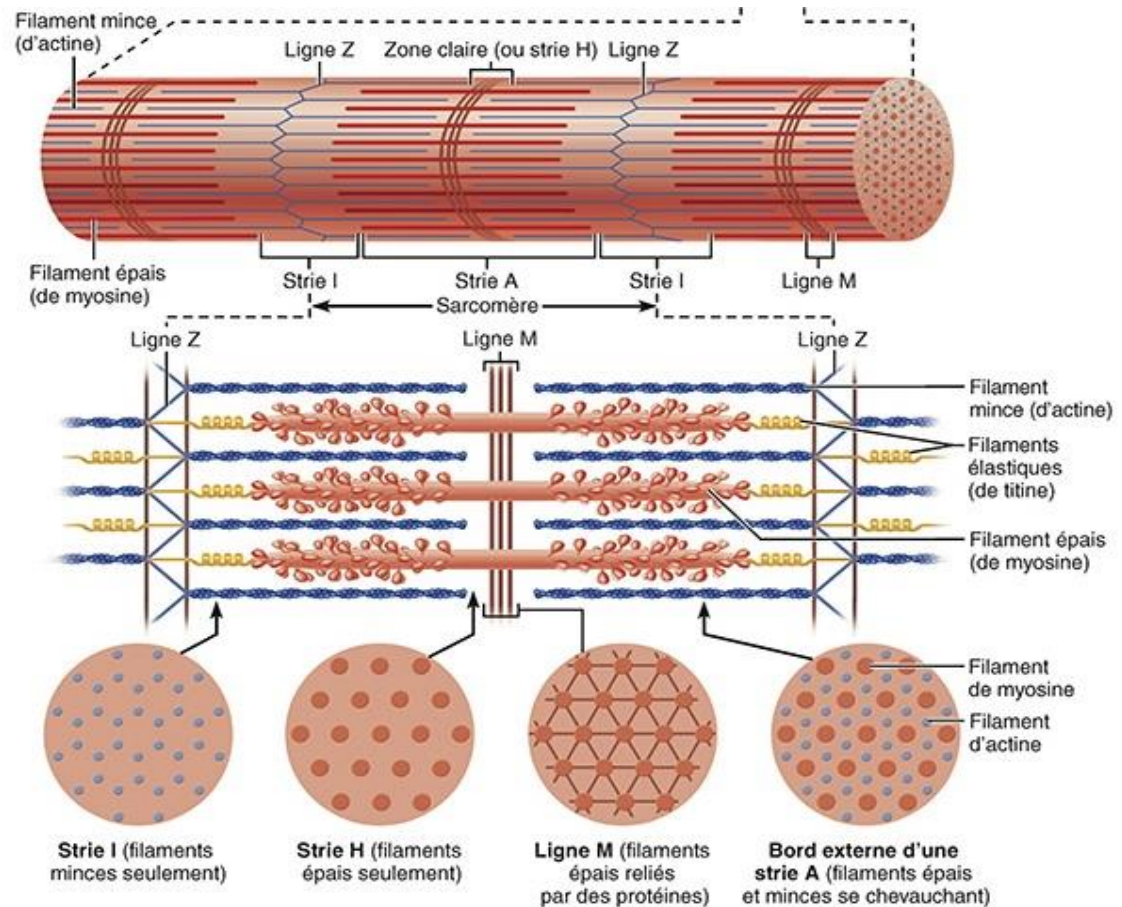


Figure 9.2 c-e

### 3. COMPOSITION MOLÉCULAIRE DES MYOFILAMENTS

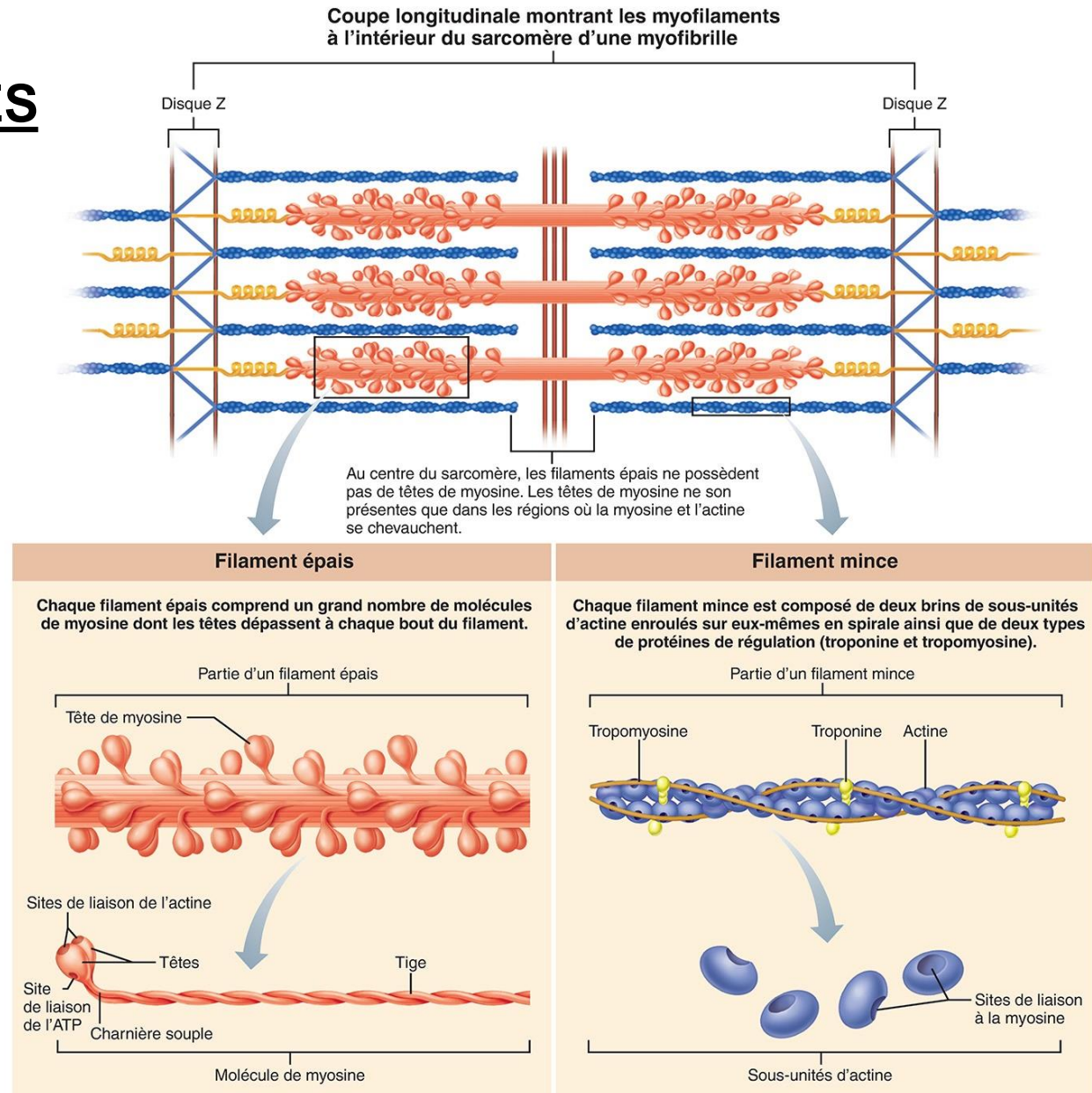


Figure 9.3

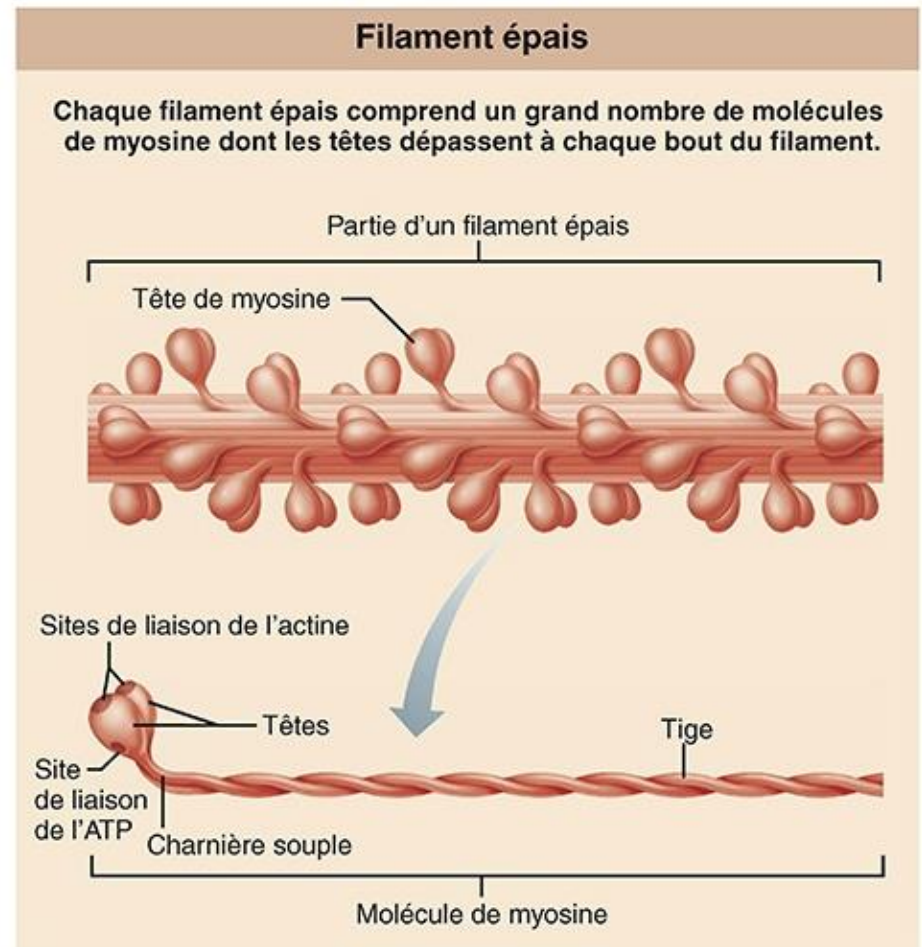
# Filaments épais :

- Composés principalement de la protéine **myosine** (quelque 200 molécules de myosine par filament épais).
- Chaque myosine a deux régions :
  - **Tige** : composée de deux chaînes entrelacées; les tiges constituent la partie centrale du filament épais.
  - **Tête** : extrémité globulaire de chacune des deux chaînes.

Chaque tête possède un site de liaison pour :

- i. L'ATP : les têtes sont des **ATPases**.
- ii. Une molécule d'actine : durant la contraction, les têtes lient ensemble les filaments épais et minces, formant ainsi des **ponts d'union**.

- Les têtes sont flexibles, ce qui leur permet de pivoter durant la contraction.
- Les têtes se dressent en direction opposée par rapport à la ligne M.





# Filaments minces :

Composés de trois protéines: *actine*, *tropomyosine*, et *troponine*.

- **Actine :**

Structure en hélice formée d'*actine F* ("actine fibreuse")

- Chaque actine F est composée de sous-unités d'*actine G* ("actine globulaire")
- Chaque actine G porte un site de liaison qui peut interagir avec une tête de myosine.

- **Tropomyosine :**

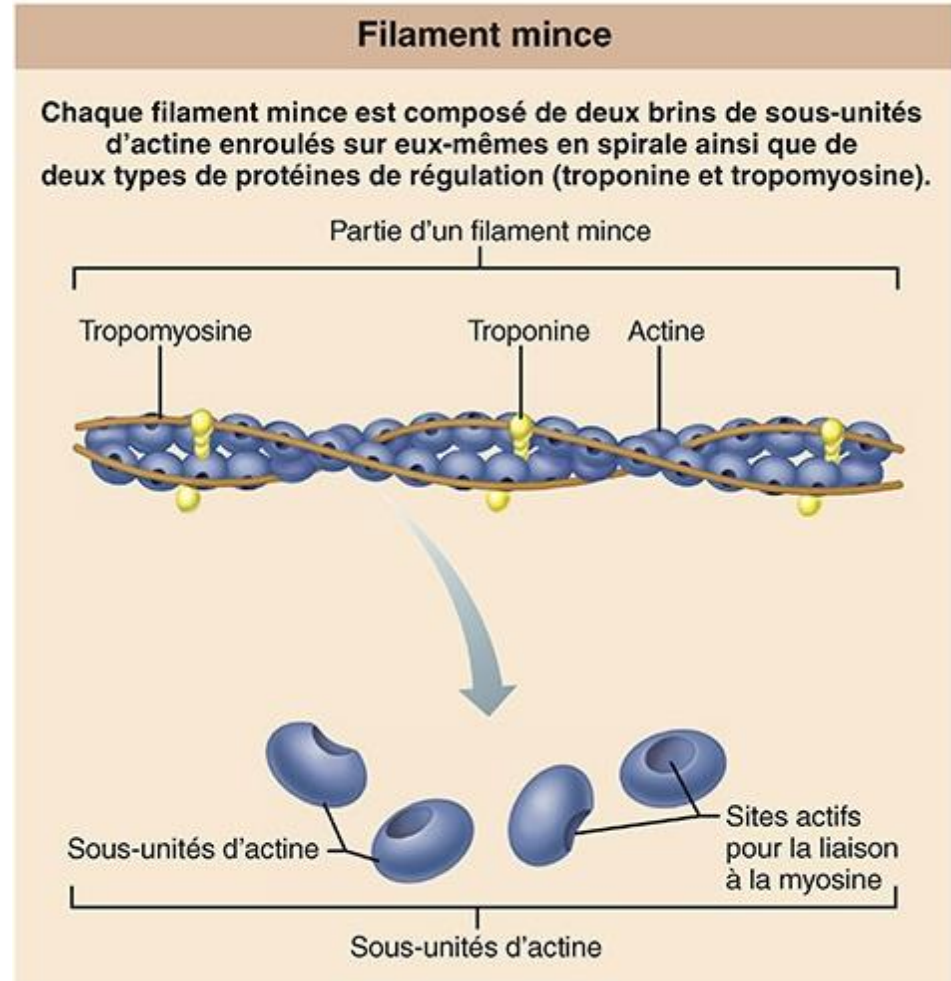
Brins de protéine qui entourent l'hélice d'actine F.

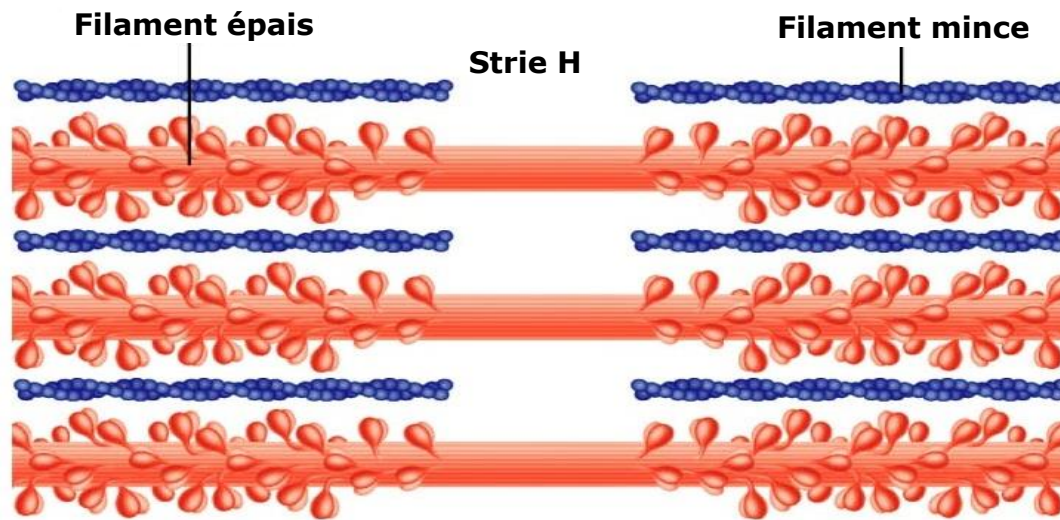
- Au repos, la tropomyosine interfère avec les sites de liaison de l'actine.

- **Troponine :**

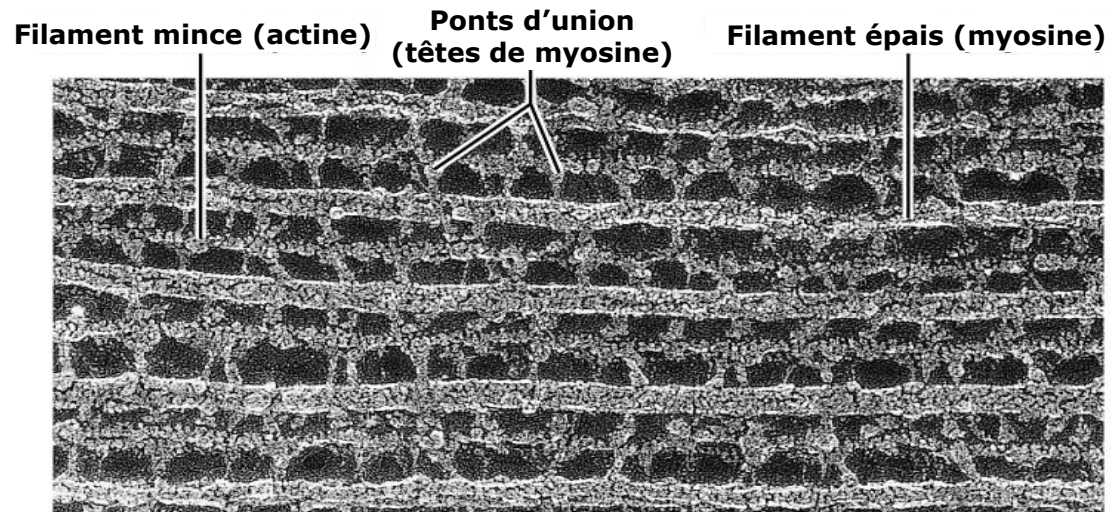
Complexe de trois sous-unités, chacune ayant un rôle spécifique:

- **Troponine I** : se lie à l'actine et **i**nhibe la contraction
- **Troponine T** : se lie à la **t**ropomyosine
- **Troponine C** : se lie aux ions **c**alcium





Disposition des filaments dans un sarcomère



Micrographie électronique d'une partie d'un sarcomère



#### 4. LE RÉTICULUM SARCOPLASMIQUE (RS) ET LES TUBULES TRANSVERSES (*Tubules T*)

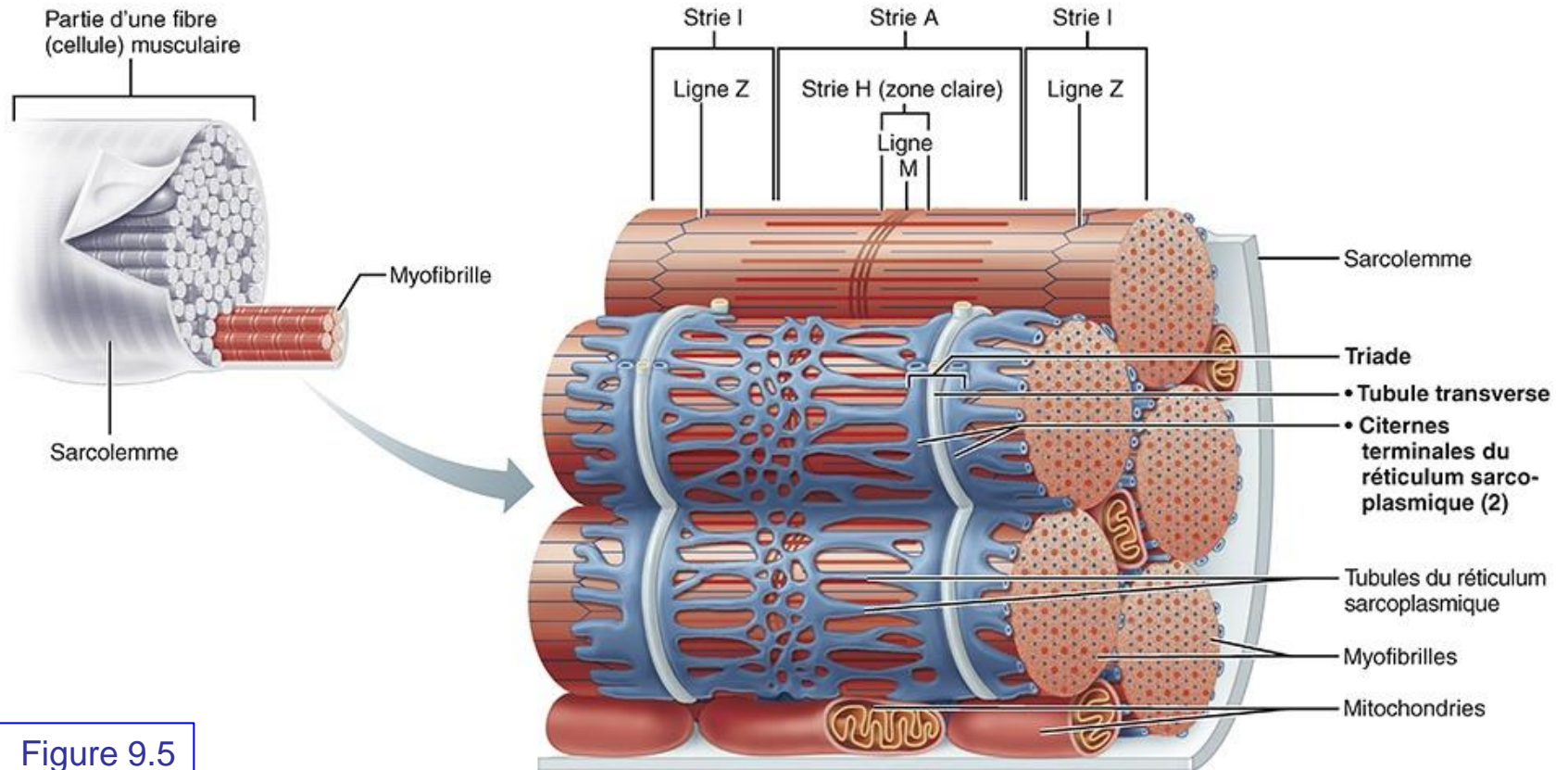


Figure 9.5

- **Réticulum sarcoplasmique (RS) :**

- Réseau élaboré de réticulum endoplasmique lisse qui entoure chaque myofibrille.
- Constitué de deux parties principales :
  - **Tubules:** parallèles aux myofibrilles.
  - **Citernes terminales:** canaux perpendiculaires aux myofibrilles, à la jonction des stries A et I.
- Rôle du RS: contrôle la concentration intracellulaire des ions  $\text{Ca}^{2+}$ .
  - Emmagasine les ions  $\text{Ca}^{2+}$  : des pompes à  $\text{Ca}^{2+}$  dans la membrane des tubules du RS peuvent concentrer les ions  $\text{Ca}^{2+}$  quelque 10,000 fois à l'intérieur du RS.
  - Les ions  $\text{Ca}^{2+}$  sont libérés dans le cytosol quand le muscle est stimulé.

- **Tubules transverses (Tubules T) :**

- Prolongements internes du sarcolemme, leur lumière étant en continuité avec le milieu extracellulaire.
- Traversent complètement la fibre musculaire au niveau des jonctions des stries A et I.
- Permettent la propagation du potentiel d'action profondément à l'intérieur des fibres.
- Chaque tubule T passe entre les paires de citernes terminales du RS, formant ainsi une **triade** ( = citerne terminale – tubule T – citerne terminale).

- **Triades :**

- Aux triades, la membrane du tubule T est étroitement associée à la membrane des citernes terminales par l'intermédiaire de protéines spécialisées.
- Quand le potentiel d'action se propage dans le T tubule, il cause l'ouverture rapide de canaux à  $\text{Ca}^{2+}$  dans la membrane des citernes terminales.
- Ces canaux à  $\text{Ca}^{2+}$  demeurent ouverts durant quelques millisecondes; période durant laquelle les ions  $\text{Ca}^{2+}$  sont libérés dans le sarcoplasme qui entoure les myofibrilles.

## 5. CONTRACTION DES FIBRES MUSCULAIRES SQUELETTIQUES

### Modèle de contraction par glissement des filaments :

- Durant la contraction, la longueur des myofilaments demeure constante.
- Les sarcomères raccourcissent parce que les filaments minces glissent le long des filaments épais.

#### ① Fibre musculaire au repos :

Chevauchement partiel entre les filaments minces et épais.

#### ② Fibre musculaire en contraction :

Les filaments minces pénètrent plus profondément dans la strie A.

- Les lignes Z sont tirées vers les filaments épais.
- Le sarcomère raccourcit.

- Changements observés durant la contraction:
  - Le sarcomère raccourcit
  - Les stries I raccourcissent.
  - La strie H raccourcit et peut même disparaître.
  - La strie A demeure constante.

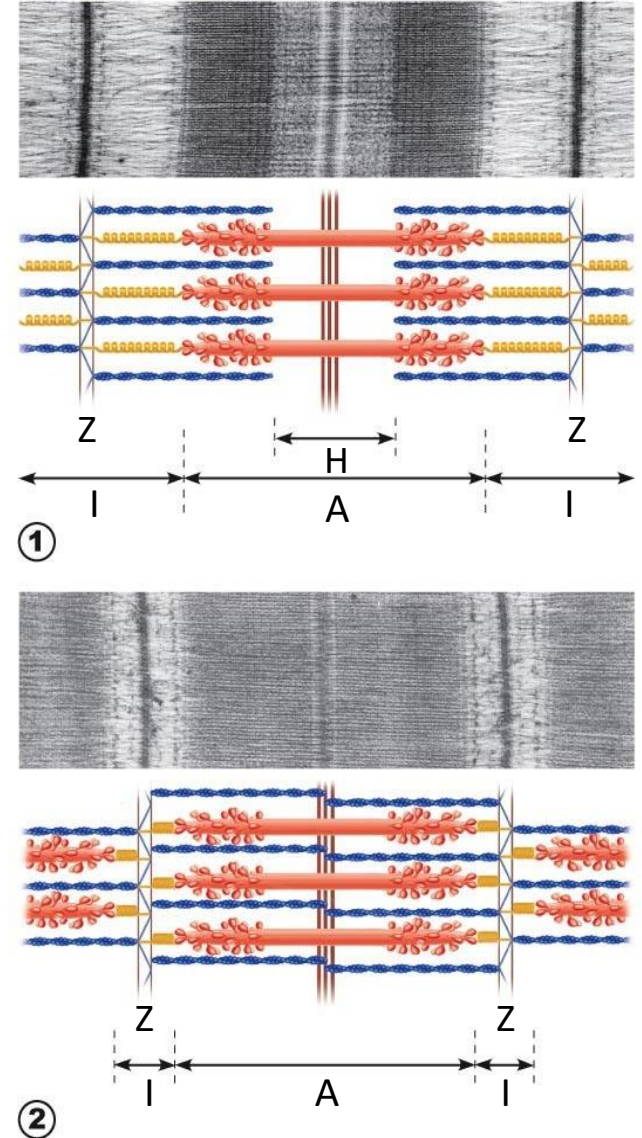


Figure 9.6



## 6. CYCLE DES PONTS D'UNION

- Le glissement des filaments minces est causé par la traction des têtes de myosine sur les filaments d'actine.
- L'interaction entre l'actine et la tête de myosine implique un cycle de 4 étapes successives:

- ① **Formation du pont d'union**
- ② **Phase active**
- ③ **Détachement de la tête de myosine**
- ④ **Mise sous tension de la tête de myosine**

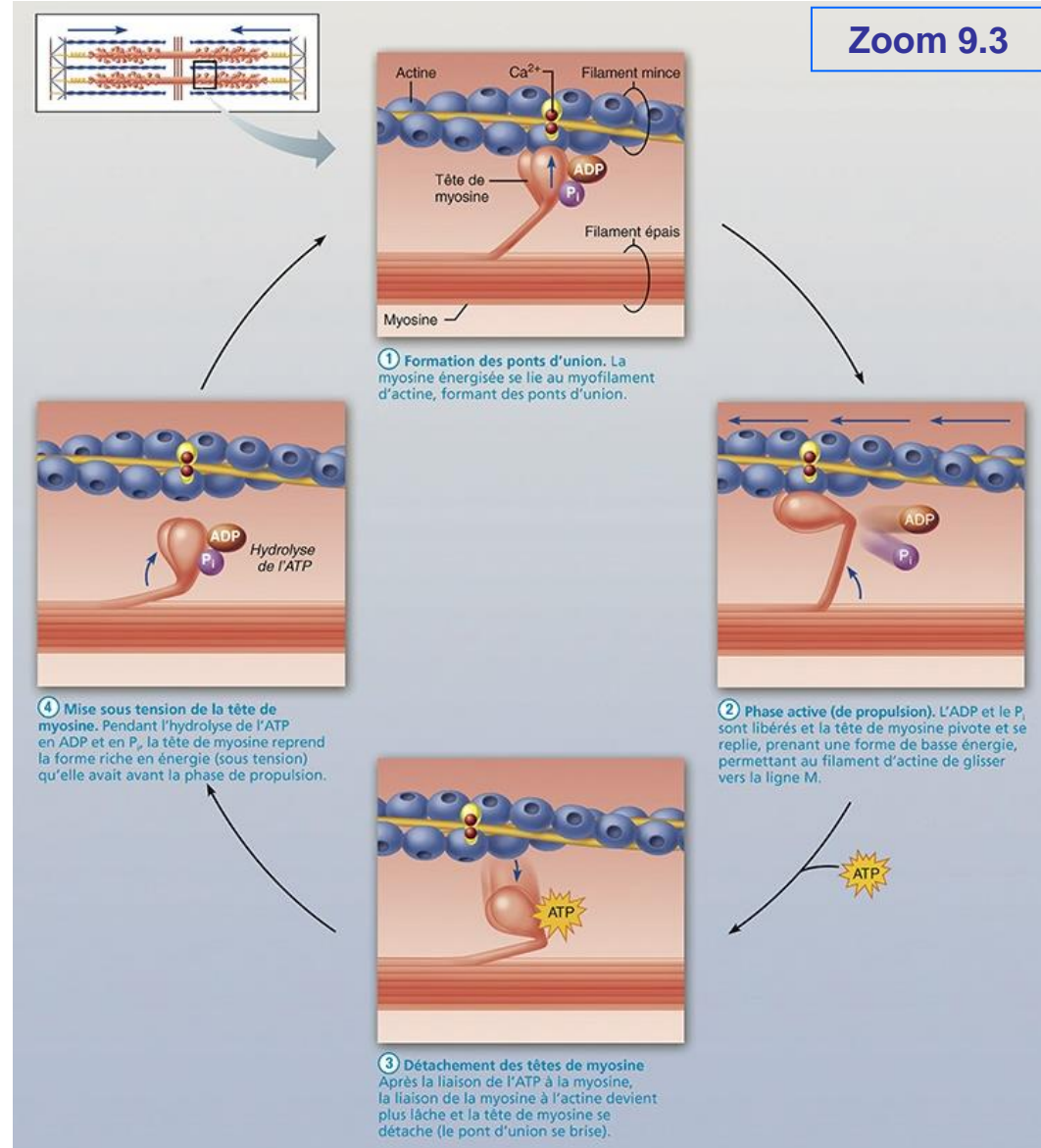
### Deux rôles de l'ATP:

- Active les têtes de myosine.
- Cause la dissociation des ponts d'union.

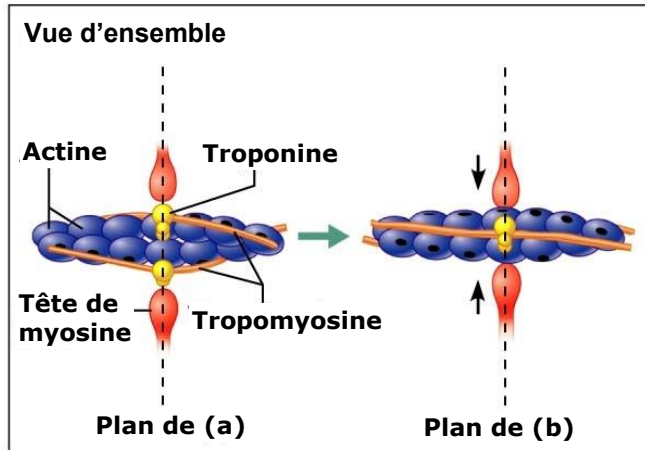
**\*\* Expliquez le phénomène de *rigidité cadavérique*.**

Voir aussi l'animation

Zoom 9.3



## 7. RÔLE DES IONS CALCIUM DURANT LA CONTRACTION



À très faible  $[Ca^{2+}]$  intracellulaire ( $10^{-7}$  M) :

La tropomyosine “masque” les sites de liaison sur l’actine

→ **Inhibition de la contraction**

À  $[Ca^{2+}]$  intracellulaire élevée ( $\approx 10^{-6}$  M) :

Les ions  $Ca^{2+}$  se lient à la TnC

→ Changement de conformation du complexe de la troponine

→ La troponine écarte la tropomyosine des sites de liaison

→ Interaction myosine-actine

→ **Contraction**

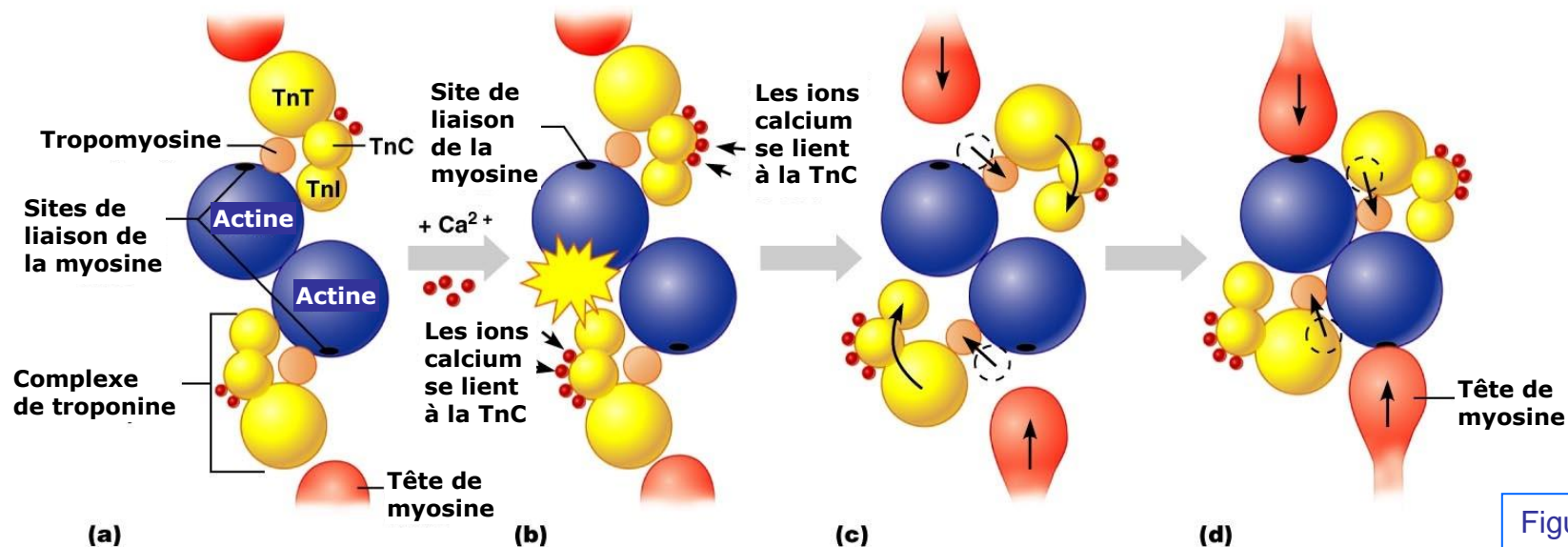
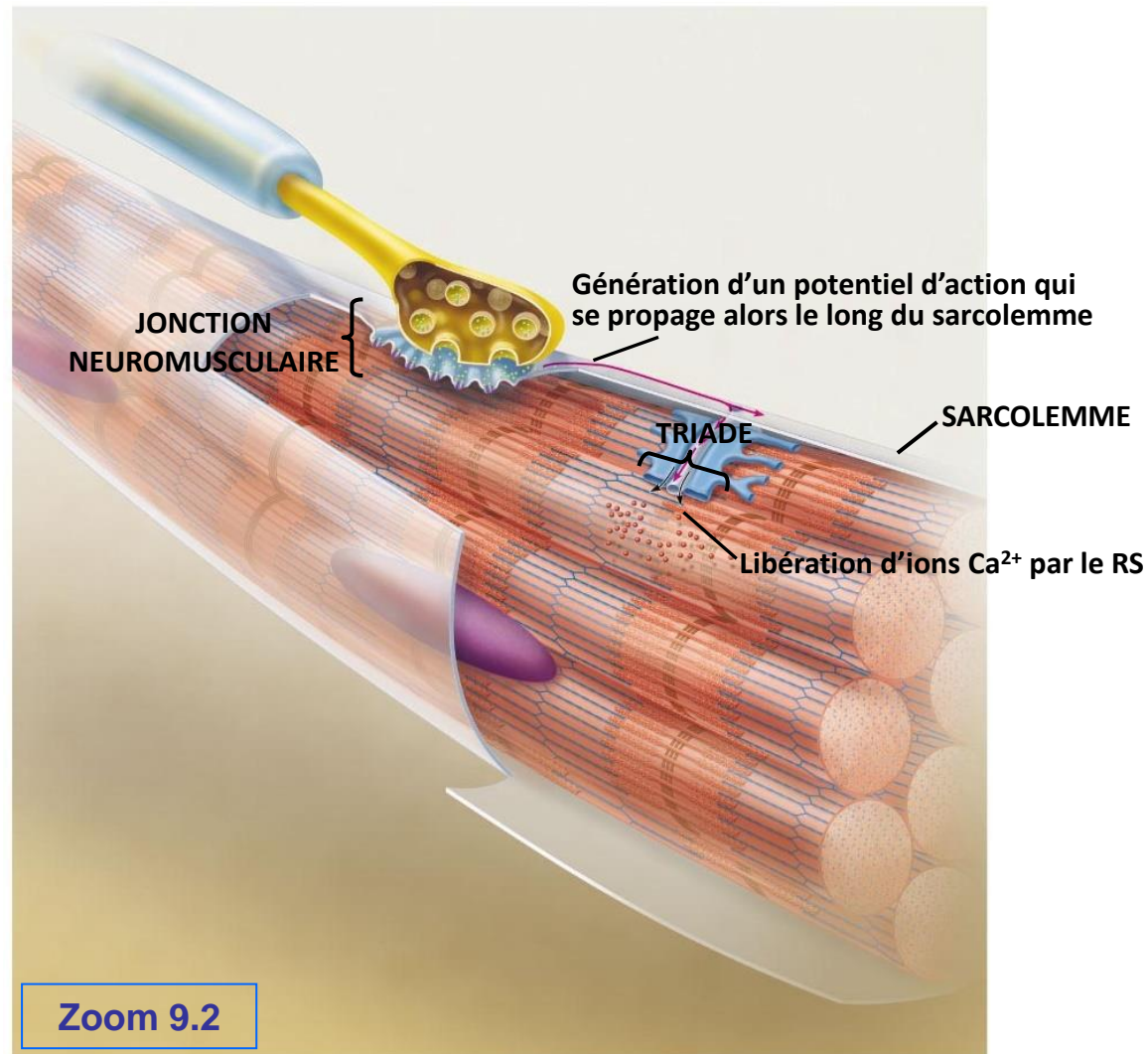


Figure de la 3ème édition de Marieb

### 3.2.3 LA JONCTION NEUROMUSCULAIRE ET LE COUPLAGE EXCITATION-CONTRACTION





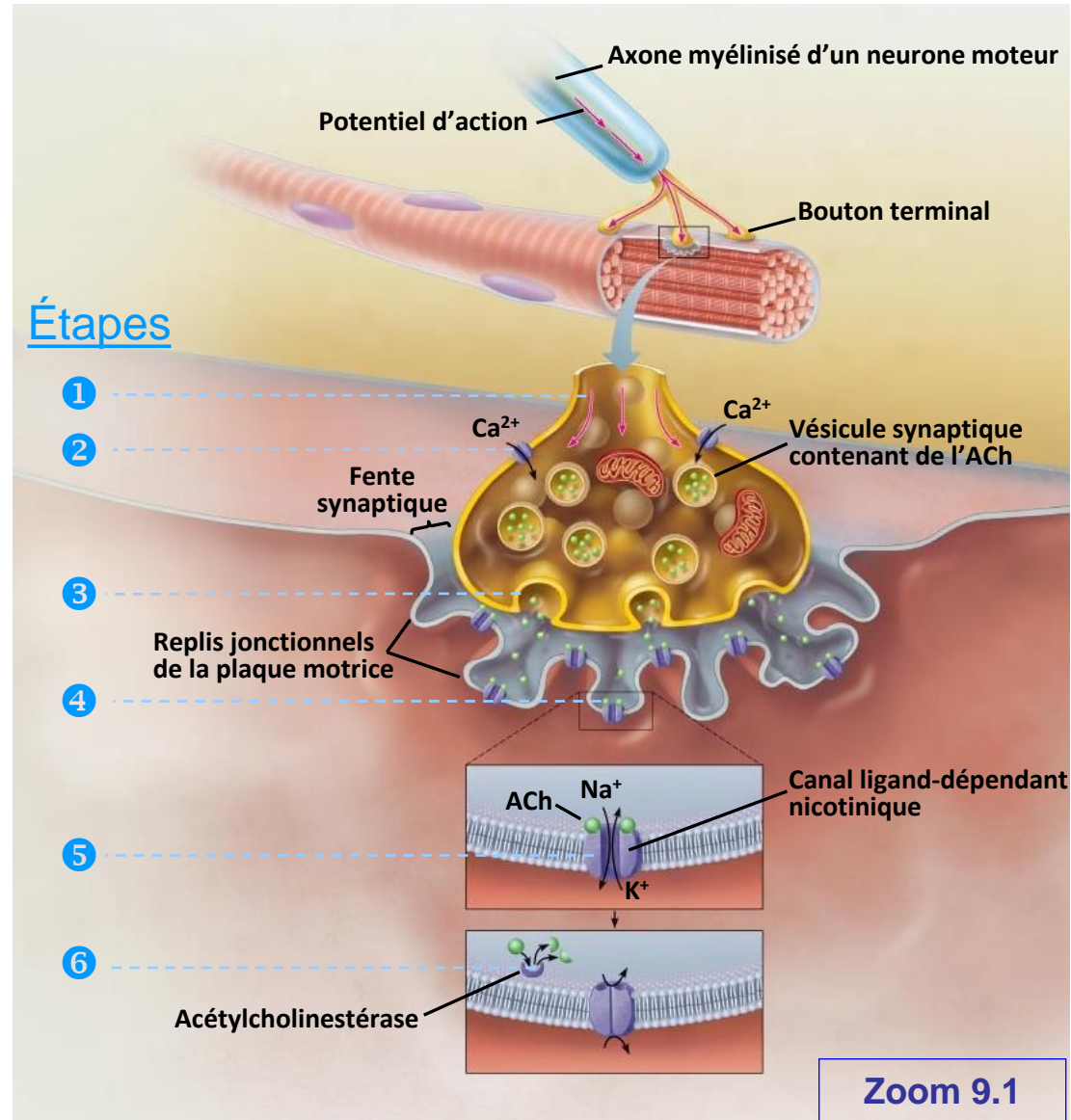
# 1. LA JONCTION NEUROMUSCULAIRE

Voir aussi l'animation

Les muscles squelettiques sont stimulés par les **neurones moteurs** du système nerveux **somatique** (volontaire).

## Étapes de la transmission synaptique à la jonction neuromusculaire :

- 1 Arrivée du potentiel d'action au corpuscule terminal du neurone moteur
- 2 Ouverture de canaux à  $\text{Ca}^{2+}$  voltage-dépendants  
→ Entrée des ions  $\text{Ca}^{2+}$  dans le bouton terminal
- 3 Exocytose de l'acétylcholine (ACh) dans la fente synaptique
- 4 Liaison de l'ACh avec les canaux ligand-dépendants de la membrane postsynaptique (récepteurs nicotiniques)
- 5 Ouverture de canaux perméables aux ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$   
→ Entrée nette d'ions  $\text{Na}^+$  → PPSE
- 6 Dégradation de l'acétylcholine par l'acétylcholinestérase présente dans la fente synaptique.



- **Caractéristiques particulières de la jonction neuromusculaire:**

- Habituellement, une seule synapse par fibre musculaire (située au centre de la fibre).
- Le neurotransmetteur est uniquement l'acétylcholine (ACh).
- L'acétylcholine cause toujours un PPSE.
  - Le récepteur est un récepteur nicotinique, ionotrope.
  - La liaison de l'ACh entraîne l'ouverture du canal, qui est perméable aux cations ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ); ceci a pour résultat une entrée nette d'ions  $\text{Na}^+$ .  
→ Dépolarisation de la membrane.
- Un seul PPSE est suffisant pour atteindre le seuil d'excitation et de déclencher ainsi un potentiel d'action sur le sarcolemme.
  - **Plaquette motrice**: région du sarcolemme qui forme la jonction neuromusculaire. La présence de *replis jonctionnels* assure une grande superficie de la plaque motrice avec une quantité appréciable (des millions) de récepteurs à l'ACh. Leurs ouvertures simultanées entraînent une entrée massive d'ions  $\text{Na}^+$ , ce qui amène le potentiel de membrane à des valeurs beaucoup plus positives que le seuil d'excitation.  
→ Potentiel d'action.
- La durée du PPSE est très brève parce que l'ACh est rapidement détruite par l'**acétylcholinestérase** présente sur la plaque motrice et dans la fente synaptique. Cette enzyme hydrolyse l'ACh en acétate et en choline, produits qui ne peuvent pas activer le récepteur de l'ACh.

- **Caractéristiques particulières de la jonction neuromusculaire:**

Plusieurs toxines puissantes agissent au niveau de la jonction musculaire. Prédisez les effets des trois toxines suivantes sur la contraction musculaire :

- i) La toxine botulique (qui est le Botox!), un inhibiteur de l'exocytose de l'acétylcholine.
- ii) Le curare, un inhibiteur du récepteur nicotinique qui empêche sa liaison avec l'acétylcholine.
- iii) La physostigmine, un inhibiteur de l'acétylcholinestérase.



## Déclenchement du potentiel d'action suite à la dépolarisation de la plaque motrice :

Le PPSE produit par l'ouverture des canaux sensibles à l'acétylcholine (❶) déclenche à son tour l'ouverture de canaux à  $\text{Na}^+$  voltage-dépendants (❷) → Potentiel d'action (❸) qui se propage le long du sarcolemme en direction des extrémité de la cellule musculaire.

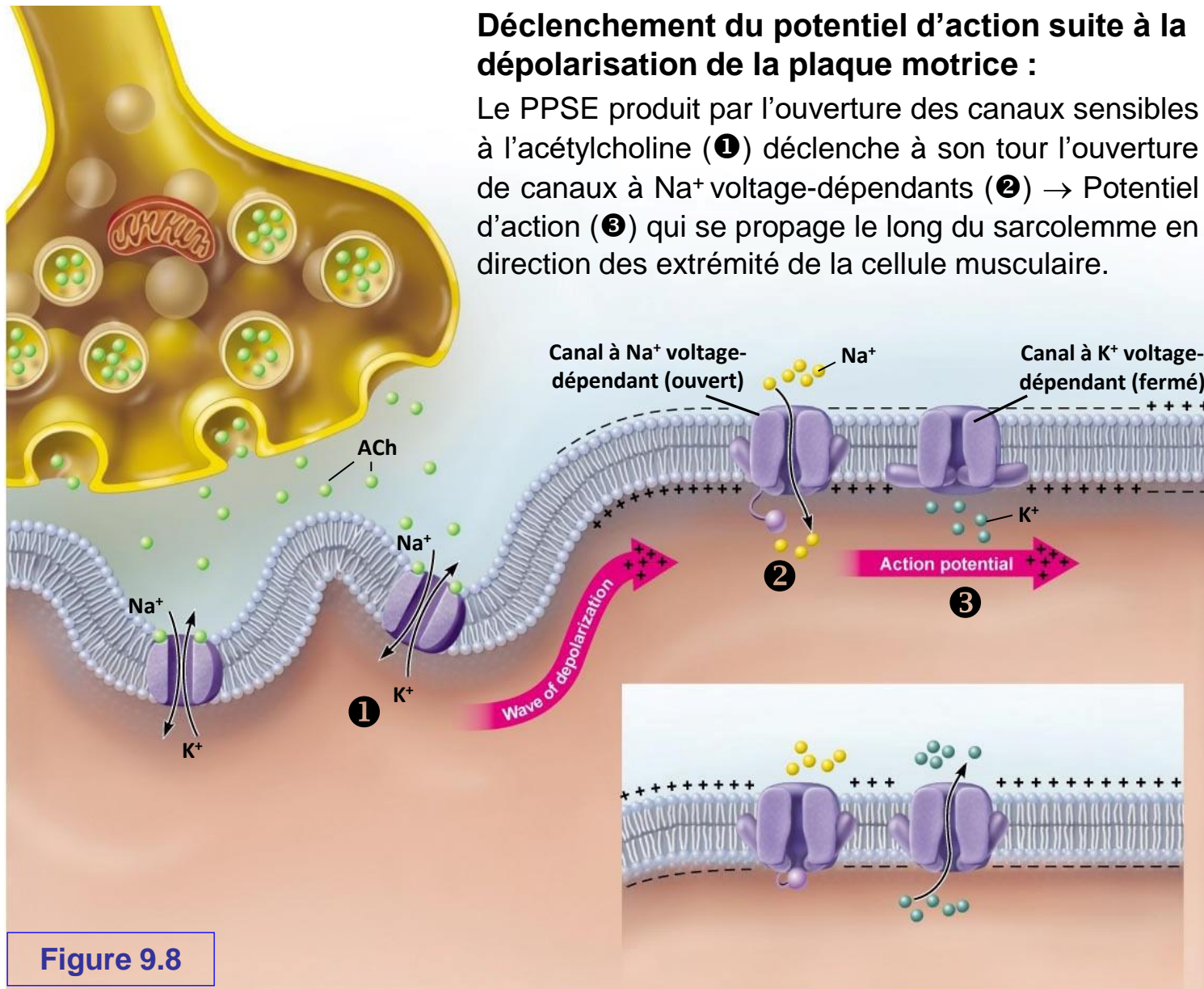
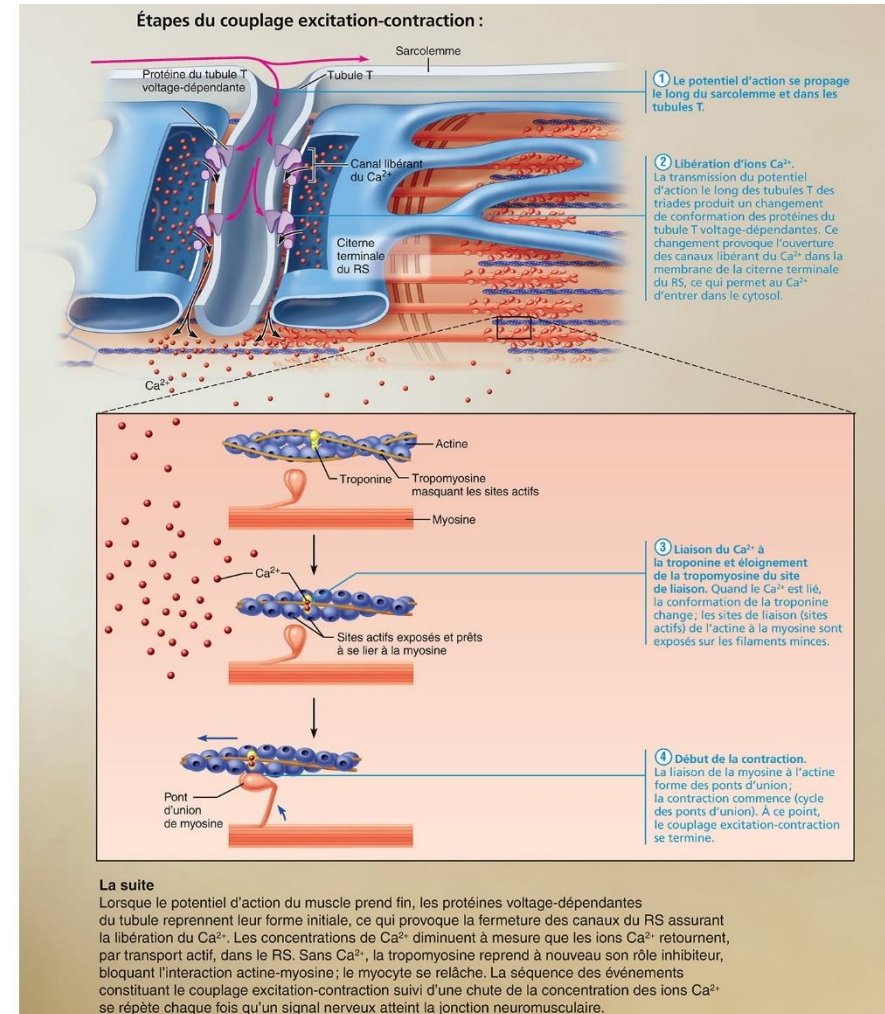
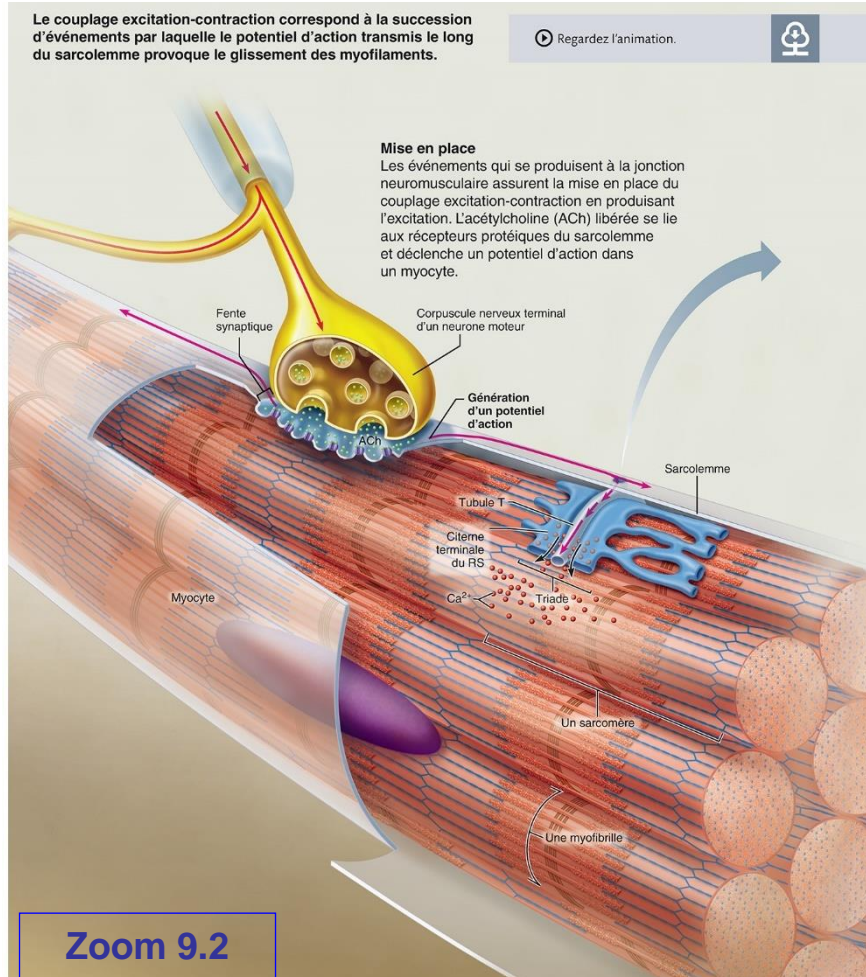


Figure 9.8

## 2. LE COUPLAGE EXCITATION-CONTRACTION :

Couplage entre le stimulus électrique (potentiel d'action) et la contraction.

Ce couplage se fait par l'intermédiaire des ions  $\text{Ca}^{2+}$  libérés par le RS lorsque le potentiel d'action se propage dans les tubules T. Les étapes successives sont décrites dans les figures ci-dessous.





# 3.2.4 PROPRIÉTÉS DES MUSCLES SQUELETTIQUES

## 1. UNITÉS MOTRICES

**Unité motrice:** un neurone moteur et toutes les fibres musculaires innervées par ce neurone.

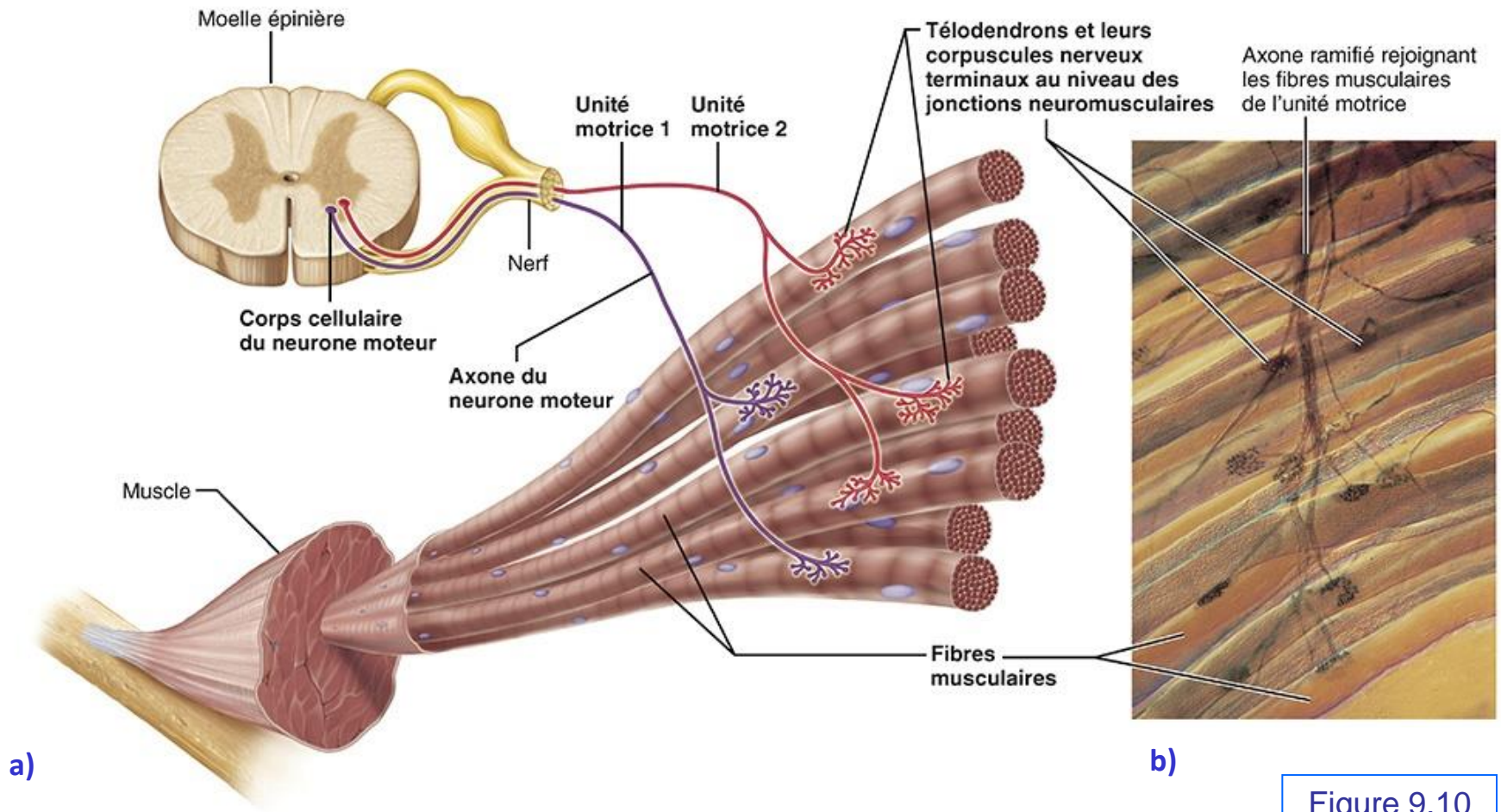


Figure 9.10



## **Unités motrices:**

- Les corps cellulaires des neurones moteurs résident dans la moelle épinière; ce sont leurs axones qui se rendent jusqu'au muscle.
- Dans le muscle, chaque axone se ramifie en plusieurs terminaisons, et chaque terminaison fait synapse avec une seule fibre musculaire distincte.
  - Quand le neurone déclenche son potentiel d'action, toutes les fibres de son unité motrice se contractent.
- Le nombre de fibres musculaires par unité motrice peut varier d'aussi peu que 2-4 à plusieurs centaines.
  - Les petites unités motrices permettent un contrôle précis du mouvement alors que les grandes unités motrices permettent une contraction forte.
- Les fibres musculaires d'une seule unité motrice ne sont pas regroupées ensemble, elles sont plutôt dispersées dans le muscle.
  - La stimulation d'une seule unité motrice cause une contraction partielle mais uniforme du muscle.

## 2. SECousse MUSCULAIRE

Réponse d'une unité motrice à un seul potentiel d'action de son neurone moteur.

Contraction brève (20 à 200 msec); consiste en 3 phases :

**i. Période de latence :**

Délai entre le potentiel d'action et l'activation des têtes de myosine.

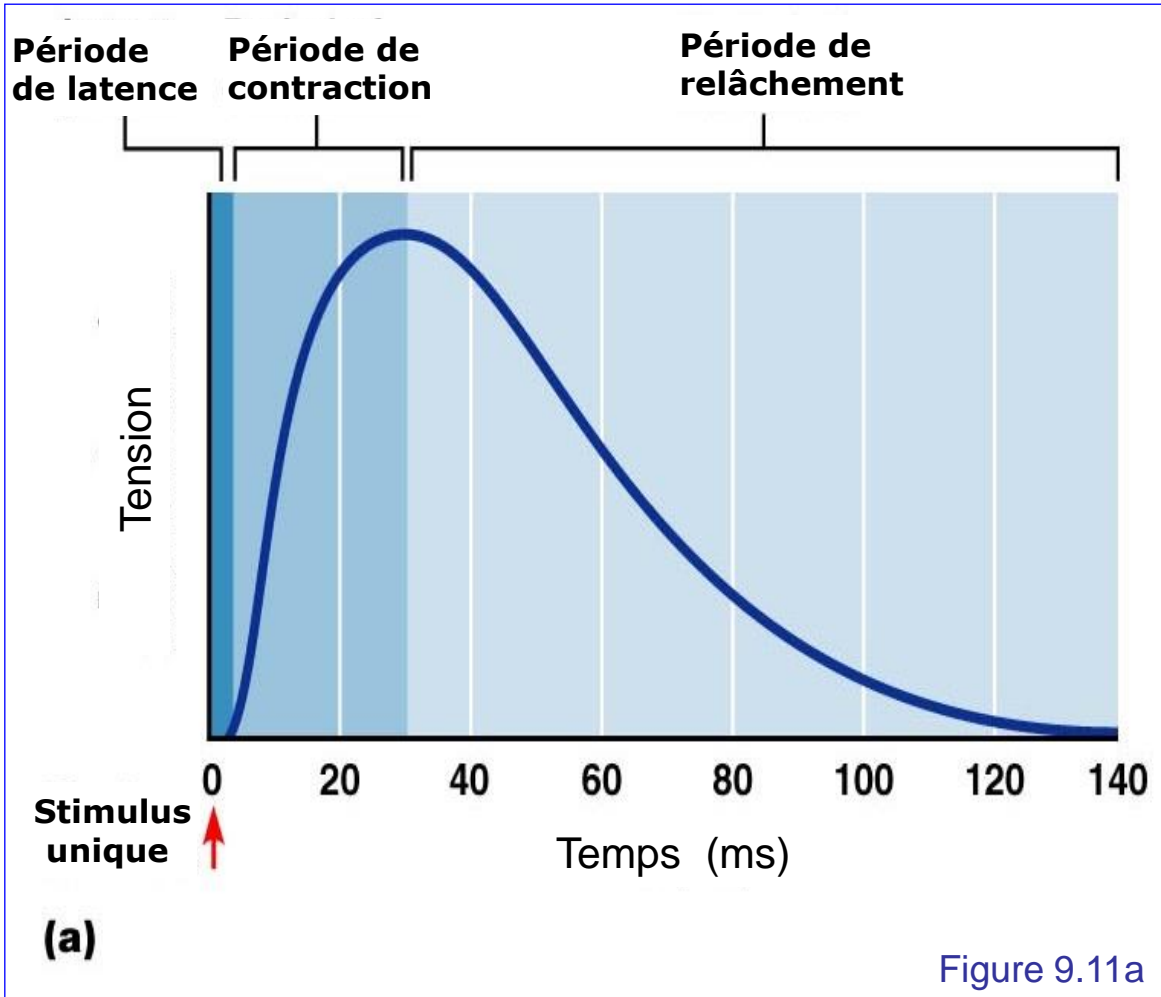
→ La secousse se produit après la fin du potentiel d'action.

**ii. Période de contraction :**

Du début de la force jusqu'à son maximum.

**iii. Période de relâchement :**

Provoquée par un retour des ions  $\text{Ca}^{2+}$  dans le RS.

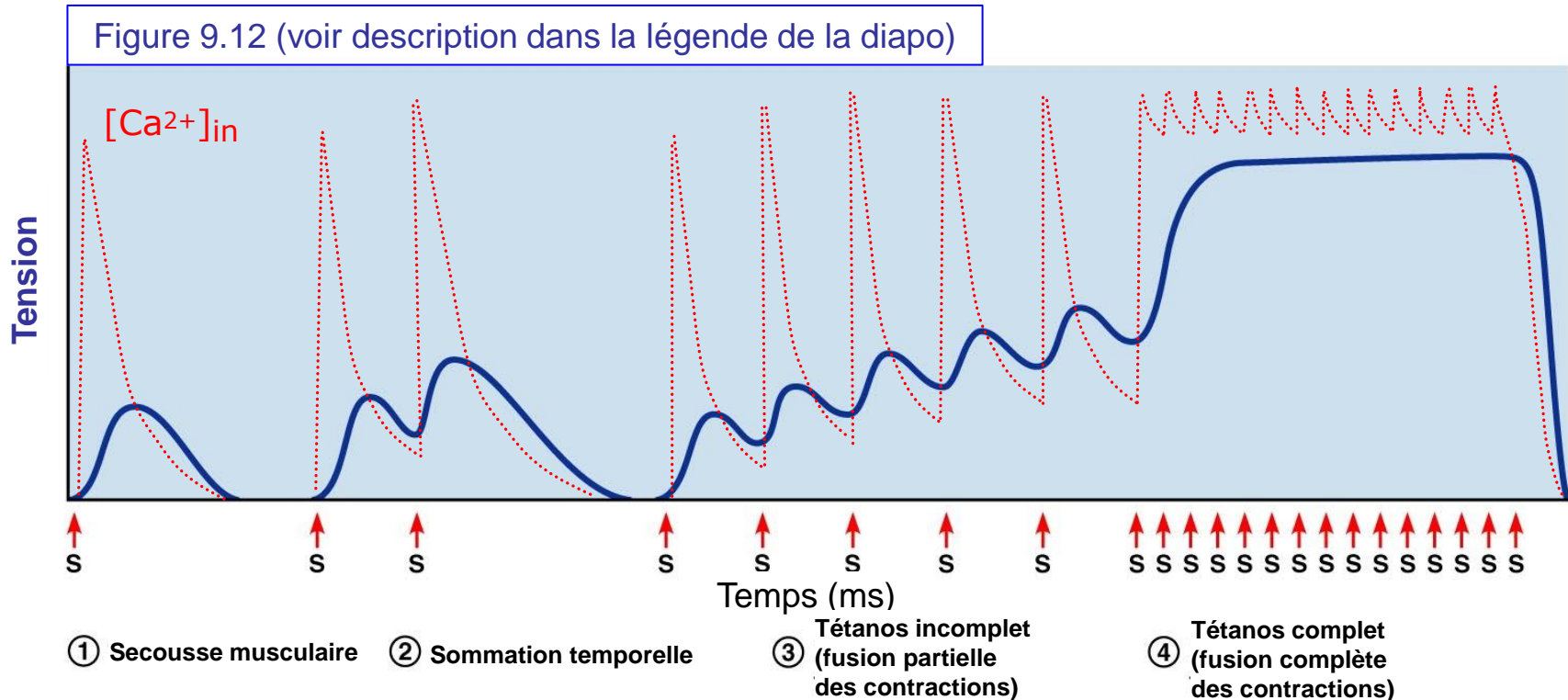


### 3. RÉPONSES MUSCULAIRES GRADUÉES

- Contractions relativement longues et continues d'un muscle entier.
- Obtenues par *sommation*; i.e. par l'addition de secousses individuelles.
- Se produisent de 2 façons :
  - i) Par ***sommation temporelle***
  - ii) Par ***sommation spatiale***

## i) Sommation temporelle des secousses musculaires :

- Lorsque le deuxième stimulus survient avant la fin de la première contraction.
- **Tétanos**: contractions fusionnées; obtenues à haute fréquence de stimulation.  
→ Tension maximale qu'une unité motrice peut générer.
- Principalement due au fait que le niveau de  $[Ca^{2+}]$  augmente progressivement durant les contractions successives. Durant le téτανos, suffisamment d'ions  $Ca^{2+}$  sont présents entre les potentiels d'action pour saturer tous les TnC des complexes de troponine → état de contraction maximale.



**\*\* Le signal  $Ca^{2+}$  d'une seule secousse est très bref ( $< 50$  msec); pourquoi ?**



## ii) Sommation spatiale:

- Dans les muscles entiers, augmentation de la force de contraction par augmentation du nombre d'unités motrices qui se contractent simultanément.
- Aussi appelé **recrutement**.

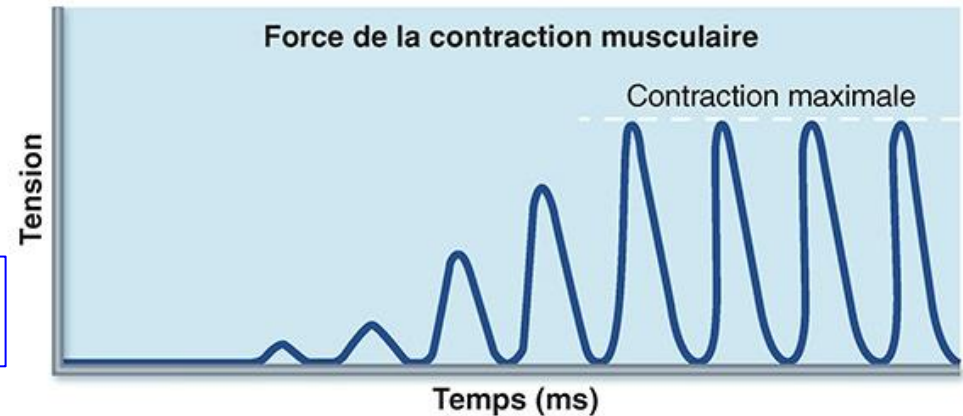
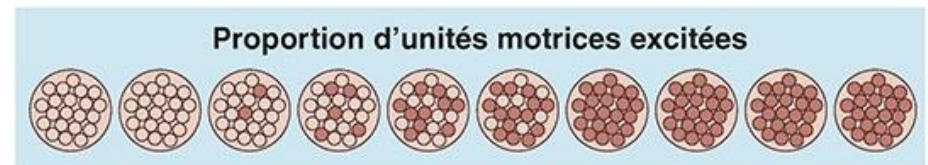
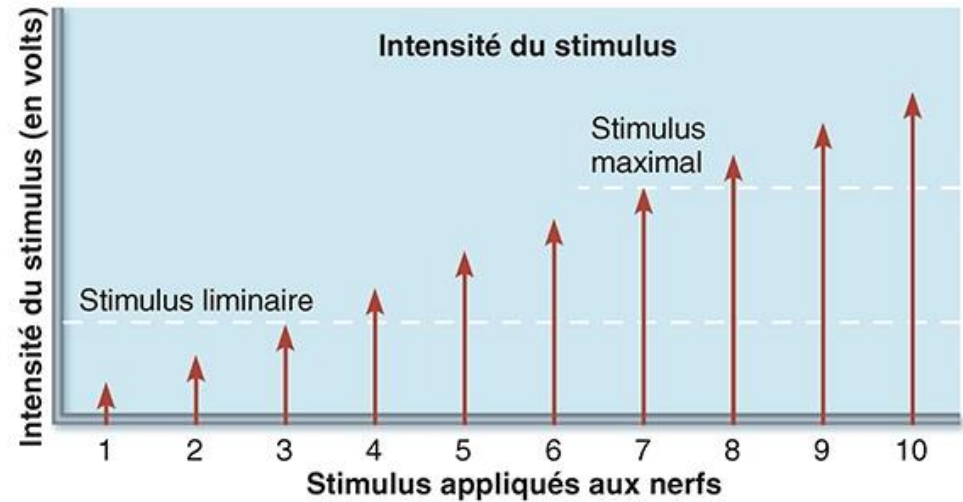
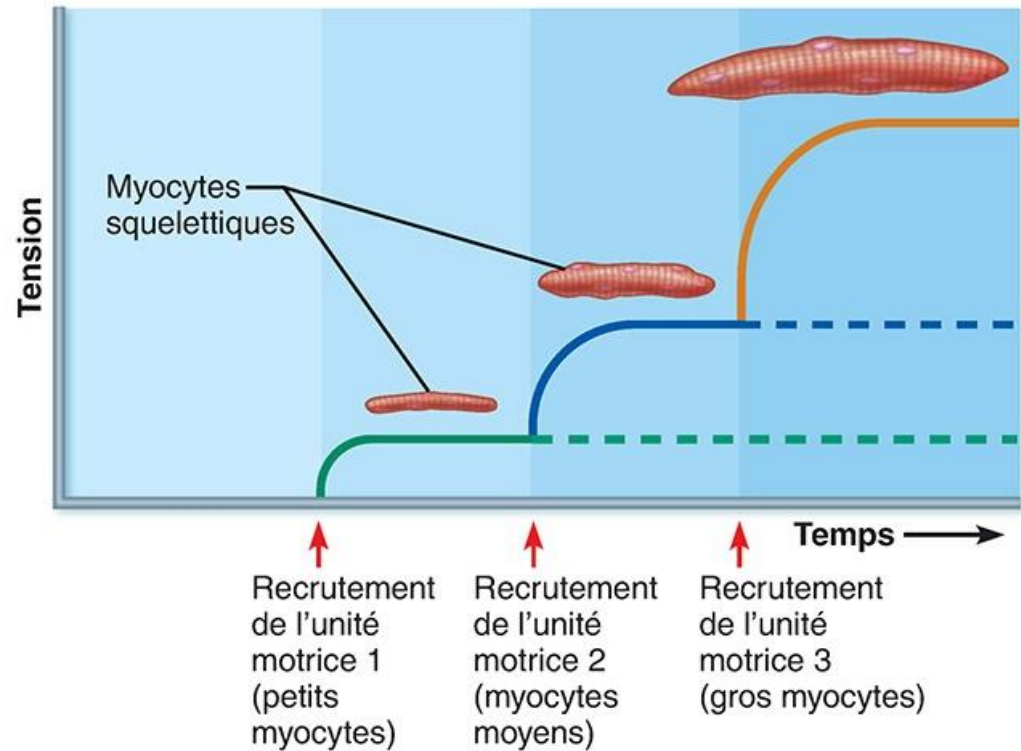


Figure 9.13  
(voir description dans la légende de la diapo)

## ii) Sommation spatiale:

- Dans les muscles entiers, augmentation de la force de contraction par augmentation du nombre d'unités motrices qui se contractent simultanément.
- Aussi appelé **recrutement**.



**Figure 9.14 Principe du recrutement des unités motrices selon la taille.** Les unités motrices possédant le moins de myocytes sont recrutées en premier, ce qui permet un contrôle précis de la contraction.

## 4. CONTRACTIONS ISOTONIQUES ET ISOMÉTRIQUES

- **Contraction isotonique :**

La longueur du muscle change pour déplacer une charge (la tension au muscle demeure constante).

- **Contraction isométrique :**

La tension augmente alors que la longueur du muscle demeure constante.

- La plupart des mouvements font intervenir les deux types de contractions.
- Lors des contractions isotoniques, les filaments minces glissent et les bandes I raccourcissent.
- Lors des contractions isométriques, les ponts d'union génèrent une tension sans provoquer de glissement des filaments minces.

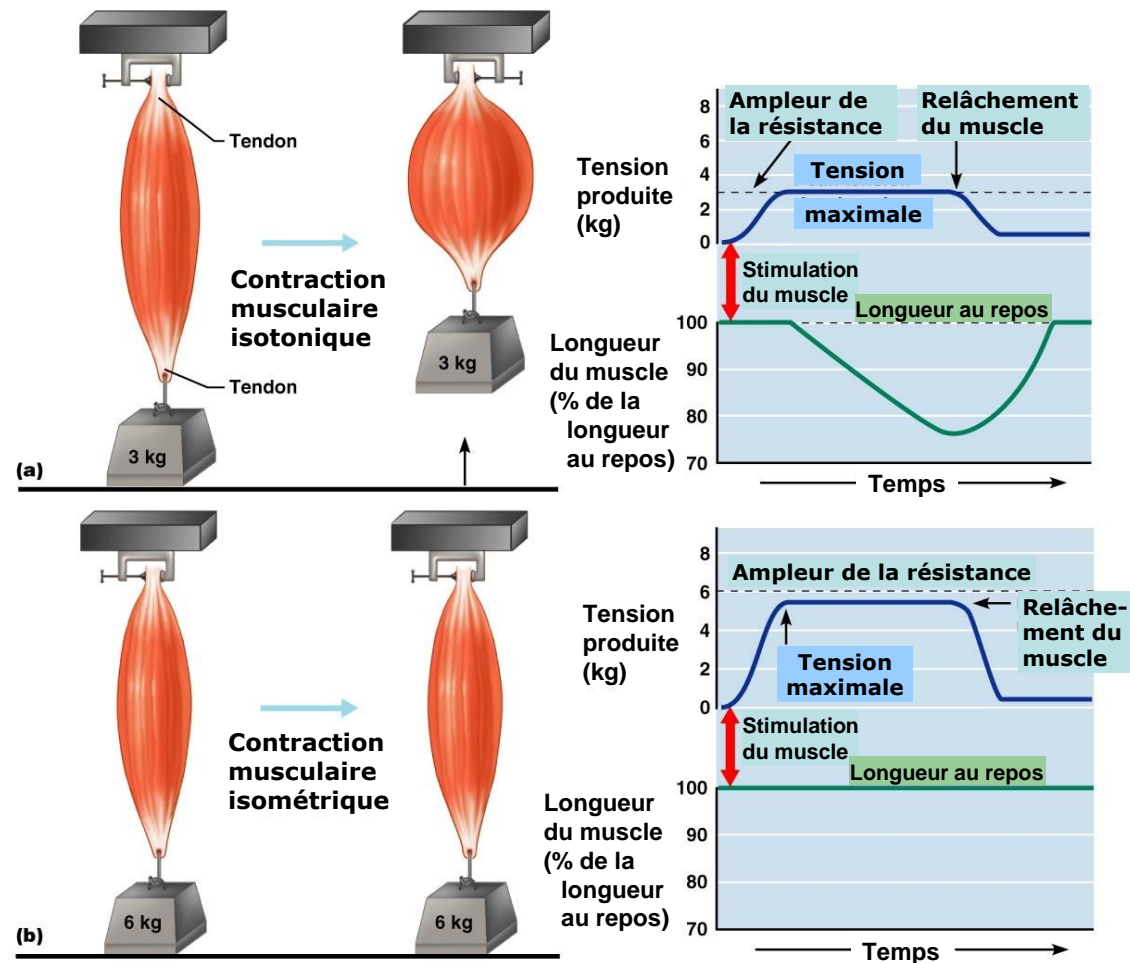


Figure 9.15

## 5. RAPPORT LONGUEUR-TENSION

- La tension générée par un muscle dépend de sa longueur au repos.
- La relation entre la longueur et la tension reflète le degré de chevauchement entre les filaments minces et épais:
  - À la **longueur optimale**, il y a un chevauchement maximal.
    - Tension maximale qui peut être générée par le muscle.
  - Si la fibre est trop étirée, les filaments ne se chevauchent plus.
    - La tension générée par le muscle activé est nulle.
  - Si la fibre est trop comprimée, les lignes Z touchent les filaments épais, et les filaments minces se gênent mutuellement. → La force de contraction diminue abruptement.
- Dans le corps, les muscles squelettiques au repos sont maintenus près de leur longueur optimale.

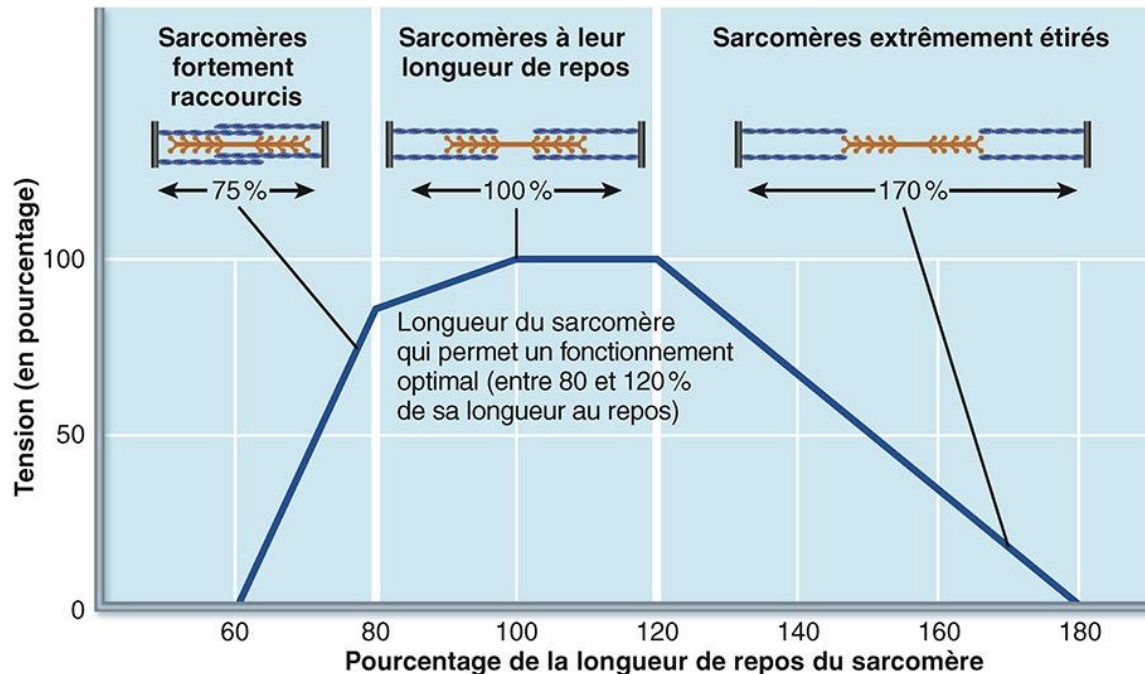
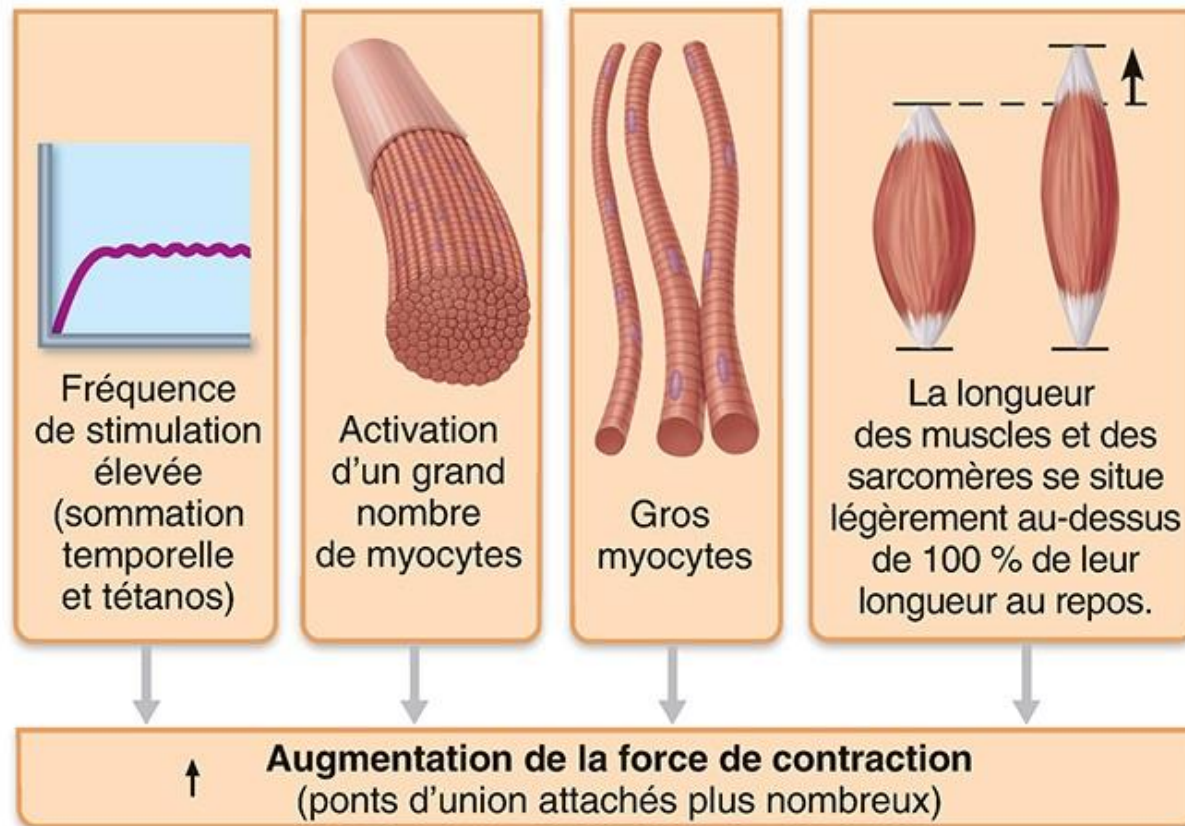


Figure 9.19



## 6. RÉSUMÉ DES FACTEURS QUI INFLUENCENT LA FORCE DE CONTRACTION

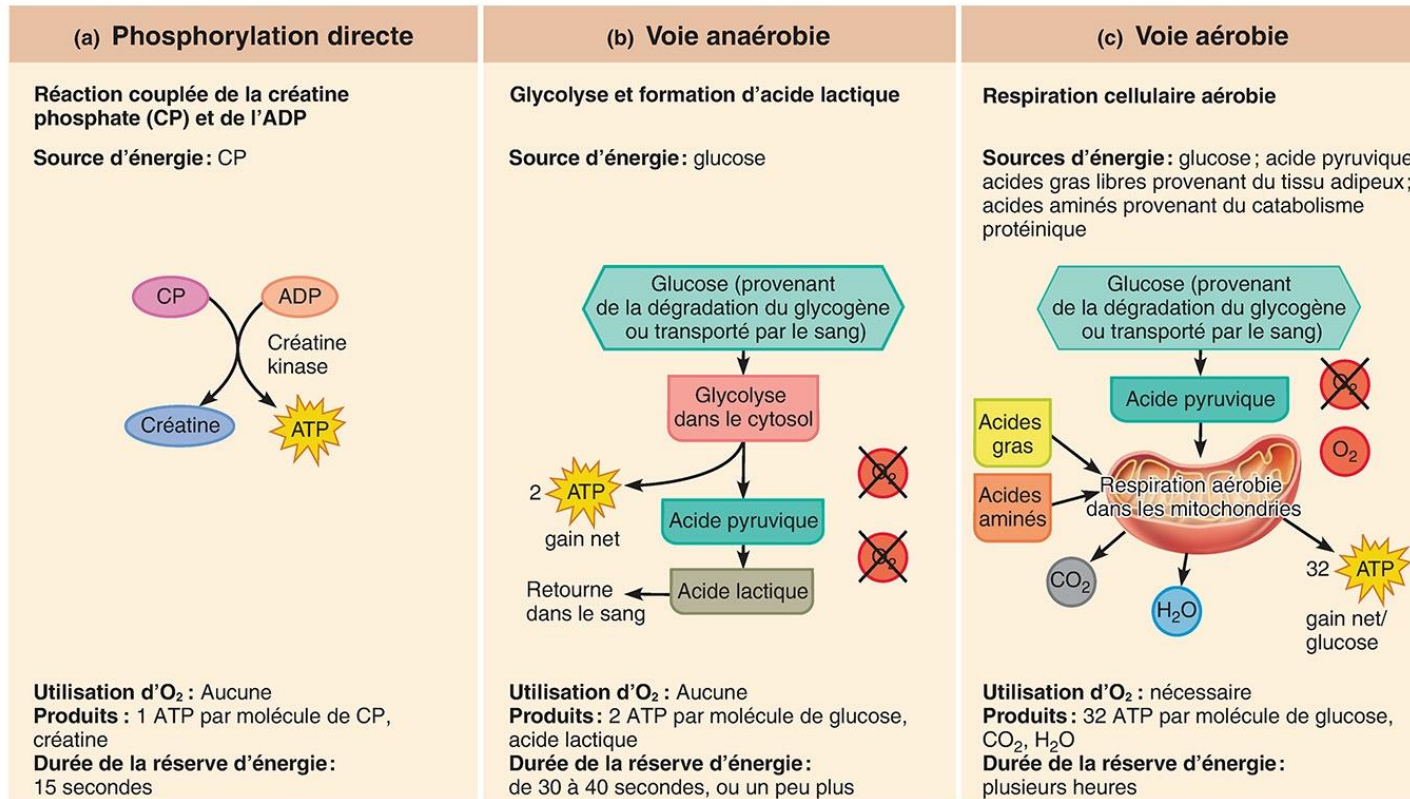


**Figure 9.18** Facteurs déterminant la force de la contraction d'un muscle squelettique.

# 3.2.5 MÉTABOLISME DES MUSCLES SQUELETTIQUES

## 1. SOURCES D'ÉNERGIE POUR LES CONTRACTIONS

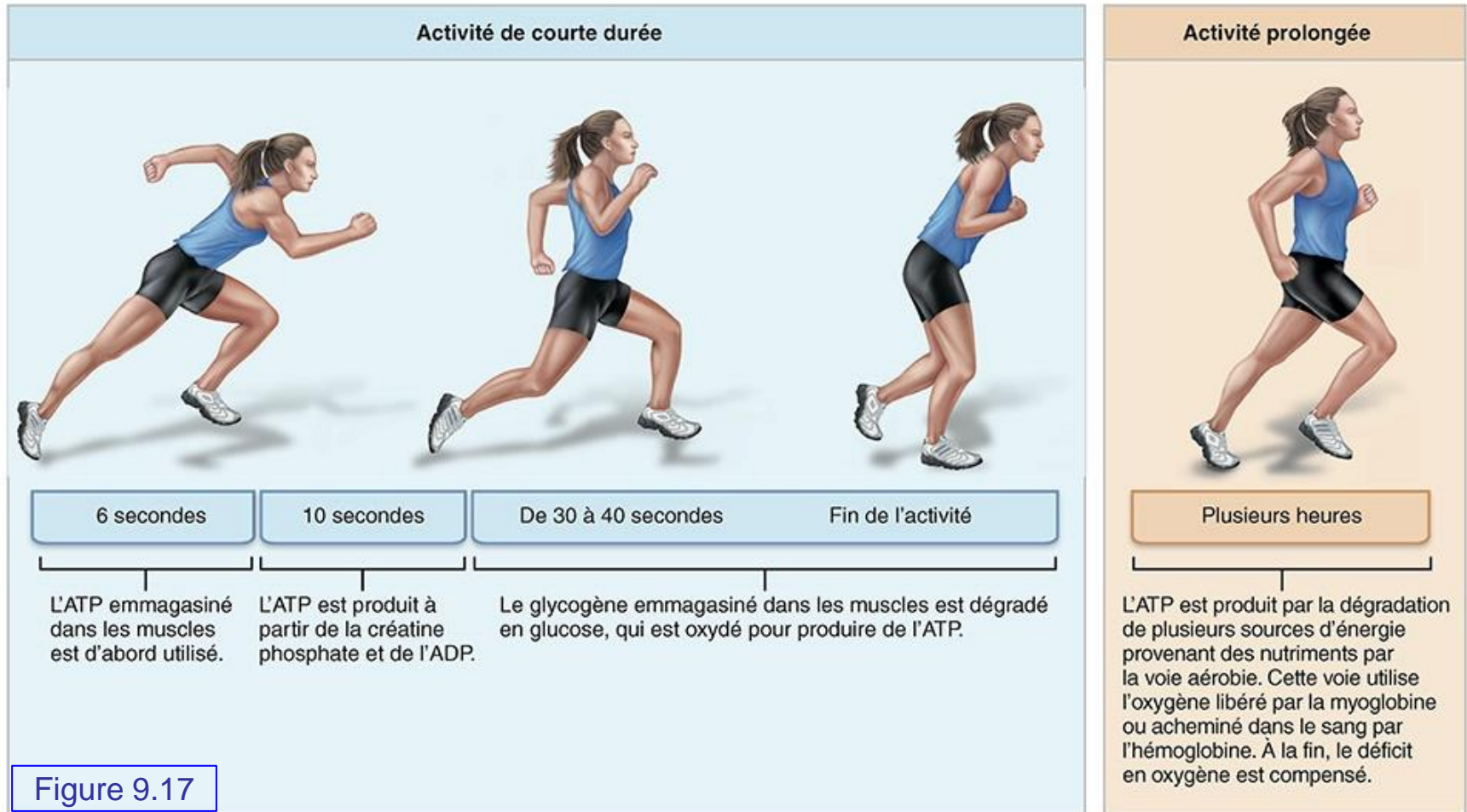
L'ATP emmagasinée est limitée, permettant 4 à 6 secondes de contraction, et trois voies métaboliques peuvent régénérer de l'ATP:



**Figure 9.16** Voies de régénération de l'ATP durant l'activité musculaire.

La voie la plus rapide est la phosphorylation directe (a) ; la plus lente est la voie aérobie (c).

# SOURCES D'ÉNERGIE POUR LES CONTRACTIONS



## 2. FATIGUE MUSCULAIRE

- ***Fatigue musculaire:*** « *incapacité physiologique de se contracter* »
- Elle est la conséquence d'un manque relatif en ATP; → une absence complète d'ATP entraînerait un état de contracture, similaire à la rigidité cadavérique.
- Les mécanismes qui sous-tendent la fatigue musculaire ne sont que partiellement compris. Les principaux facteurs sont:
  - Une accumulation d'acide lactique et une diminution du pH.
  - Des déséquilibres ioniques.
  - Une diminution de l'excitabilité des cellules, ou encore une diminution de la capacité à libérer les ions  $\text{Ca}^{2+}$  du RS.



### 3. TYPES DE FIBRES MUSCULAIRES SQUELETTIQUES

- La vitesse maximale de contraction varie selon les muscles.
- Dépend en grande partie du type de fibres musculaires et de leurs proportions.
- Principaux types, déterminés selon l'*isoforme de la myosine* dont les têtes hydrolysent l'ATP plus ou moins rapidement :
  - **Type I** (à contraction lente) **(+)** (*Les signes « + » indiquent la vitesse relative de contraction*)
  - **Type II** (à contraction rapide) :
    - **Type IIA** **(++)**
    - **Type IIX** **(+++)**
    - **Type IIB\*** **(++++)**  
(\*Très rare chez l'humain)

Exemples: muscles du mollet

- *Muscle soléaire* :  
Principalement composé de fibres de type I
- *Muscle gastrocnémien* :  
Principalement composé de fibres de type IIA et IIX

Les fibres à contraction rapide relaxent aussi beaucoup plus rapidement que celles à contraction lente. Qu'est-ce qui pourrait expliquer cette différence des phases de relaxation?

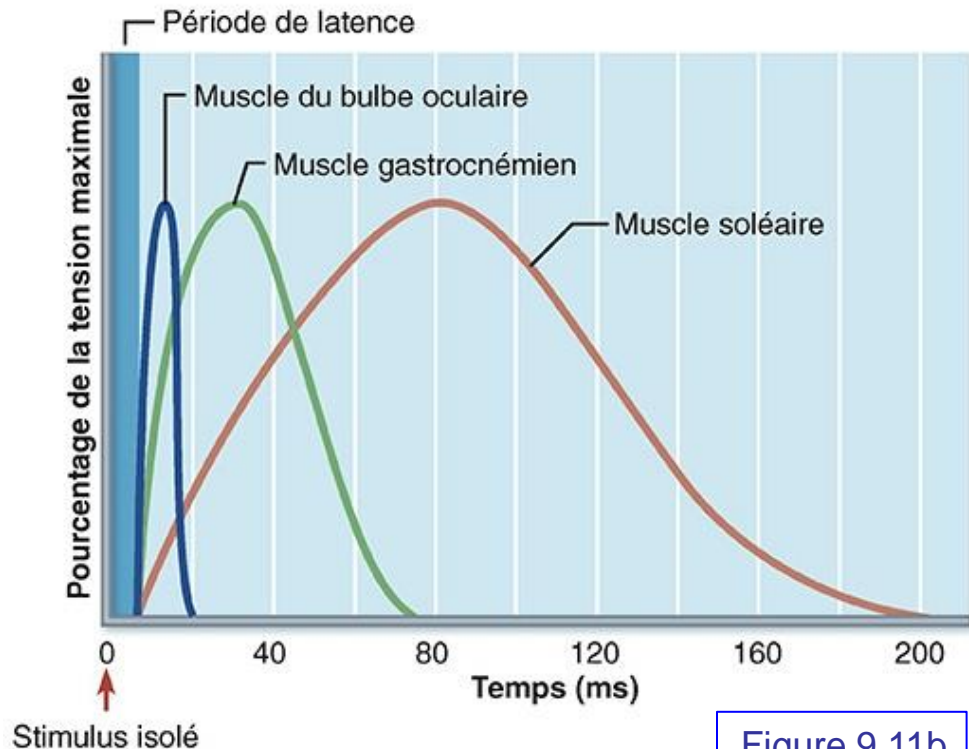


Figure 9.11b

# TYPES DE FIBRES MUSCULAIRES SQUELETTIQUES

## Type I. Fibres oxydatives à contraction lente ("fibres rouges") :

- Nombreuses mitochondries, myoglobine élevée, peu de glycogène.  
→ Résistantes à la fatigue
- Myosine ATPase: lente

## Type IIB. Fibres glycolytiques à contraction rapide ("fibres blanches") :

- Mitochondries peu nombreuses, peu de myoglobine, glycogène élevé  
→ Fatigables rapidement
- Myosine ATPase: rapide

## Type IIA. Fibres oxydatives à contraction rapide :

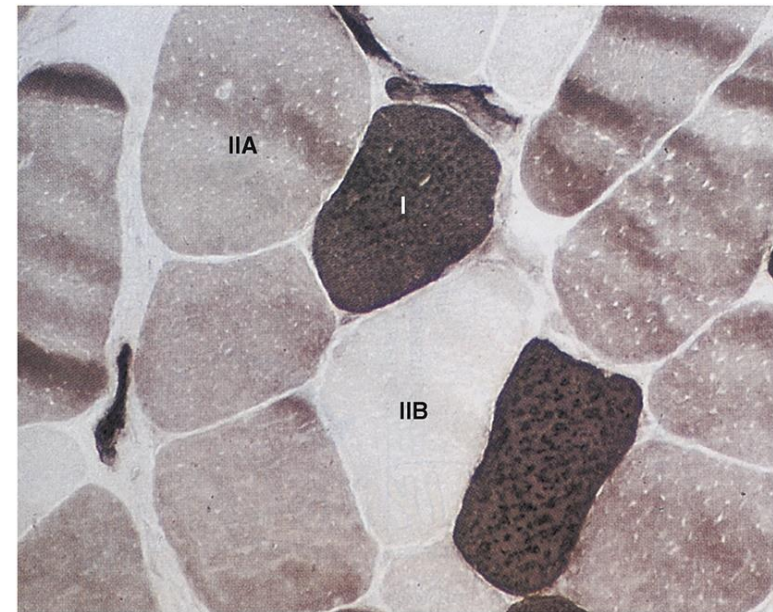
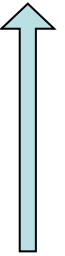
- Mitochondries nombreuses, myoglobine élevée, glycogène moyen.  
→ Résistance modérée à la fatigue
- Myosine ATPase: rapide

## Type IIX. Fibres à contraction rapide :

- Caractéristiques intermédiaires entre les types Ila et Iib.

### Résistance à la fatigue

- Type I (à contraction lente) (++++)
- Type II (à contraction rapide):
  - Type IIA (+++)
  - Type IIX (++)
  - Type IIB\* (+)  
(\*Très rare chez l'humain)



Photomicrographie de fibres musculaires dans un muscle après coloration de leurs mitochondries. On distingue ainsi les cellules de type I, IIA et IIB. La coupe est une section transversale du muscle ; les cellules musculaires projettent donc perpendiculairement par rapport à l'écran.

Quelles sont les différences fonctionnelles entre les poitrines (viande blanche) et les cuisses du poulet (viande brune) ?

## 3.2.6 LES MUSCLES LISSES

### 1. ORGANISATION GÉNÉRALE MUSCLES LISSES

**Les muscles lisses** sont surtout situés dans les parois des organes viscéraux creux.  
Ex.: estomac, intestin, vessie, utérus, vaisseaux sanguins, voies respiratoires, etc.

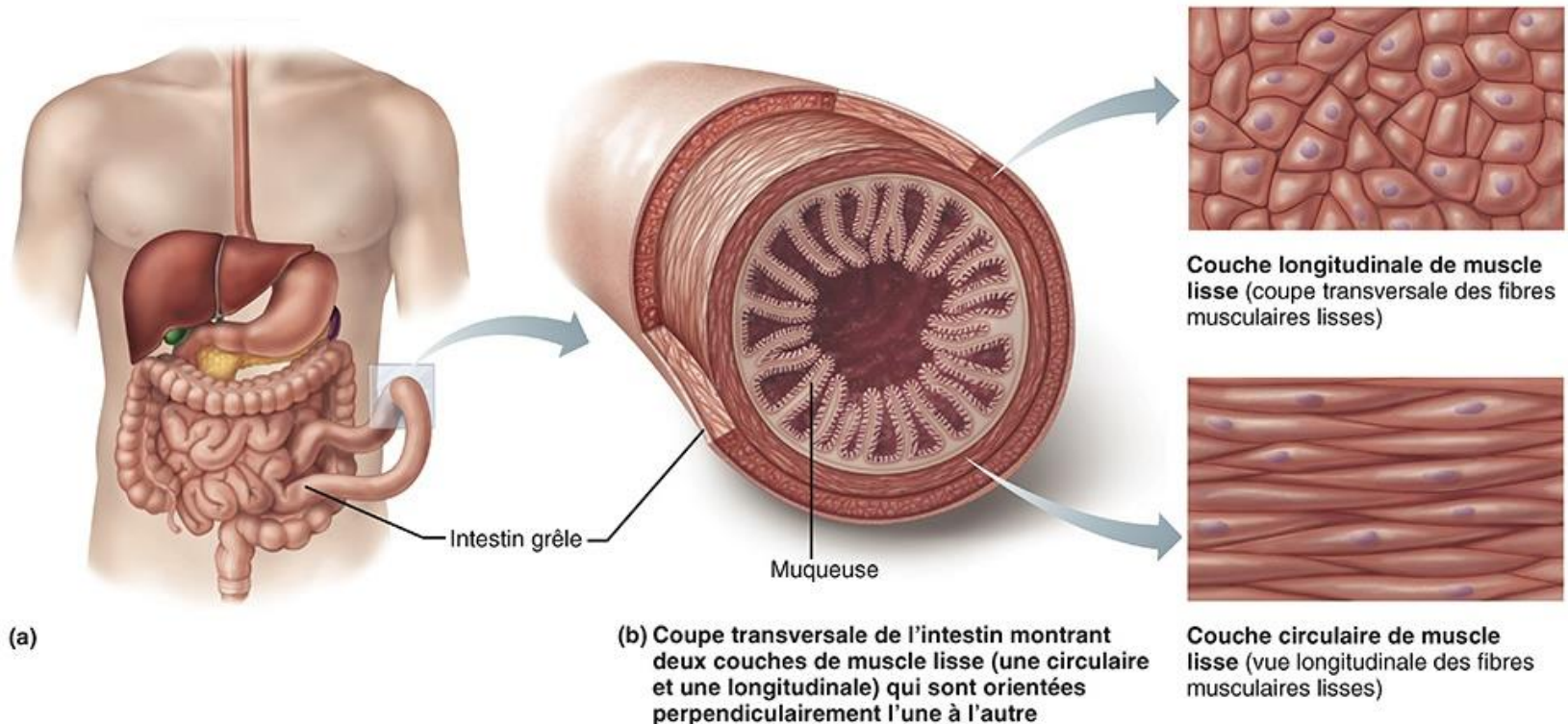
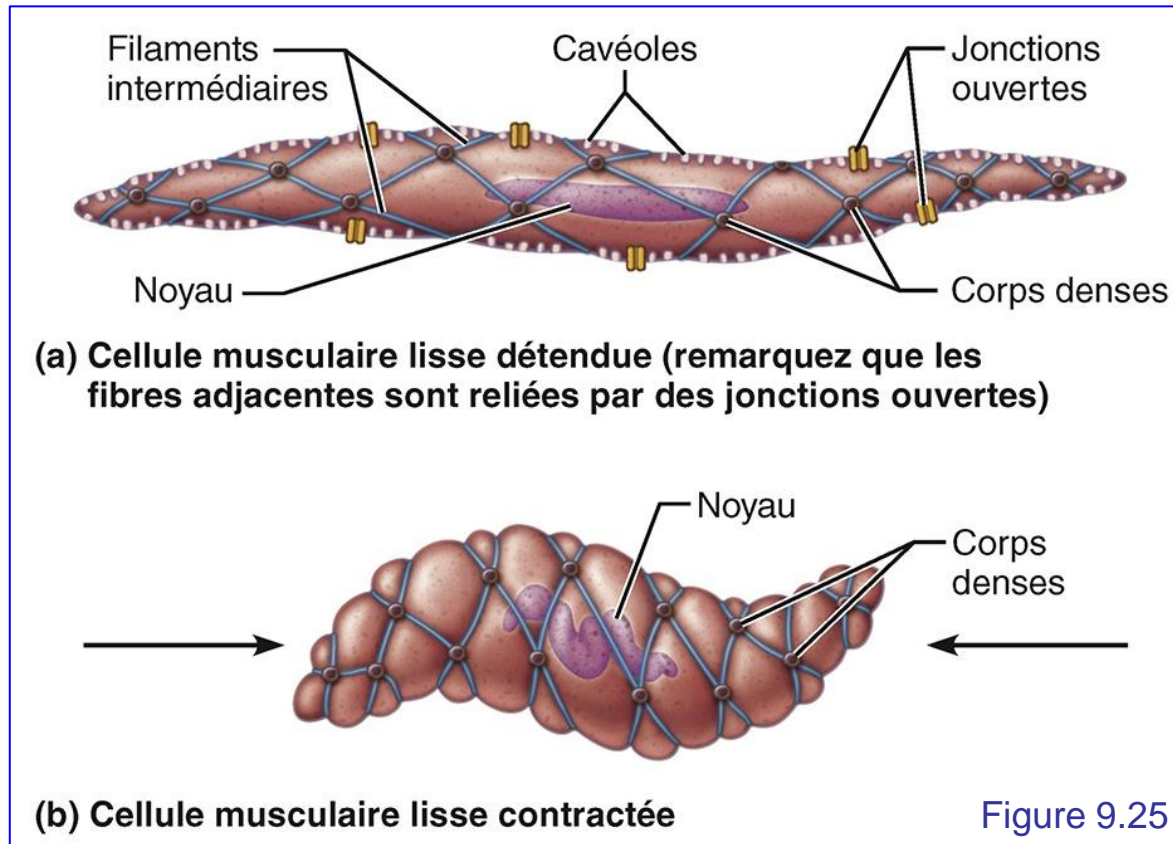


Figure 9.22

## 2. STRUCTURE DES FIBRES MUSCULAIRES LISSES

- Fusiformes, mononuclées • Longueur: 100-400  $\mu\text{m}$
- Absence de stries et de sarcomères • Présence de myosine et d'actine
- **Corps denses**: points d'ancrage pour les filaments d'actine  
→ correspondent aux lignes Z des muscles striés





### 3. COUPLAGE EXCITATION-CONTRACTION

- Absence de tubules-T ; RS peu développé.
- Absence de troponine
  - La régulation de la contraction par le  $\text{Ca}^{2+}$  se produit par la liaison des ions  $\text{Ca}^{2+}$  à la **calmoduline**.
- ❶ Potentiel d'action → Ouverture de canaux à  $\text{Ca}^{2+}$  voltage-dépendants dans le sarcolemme → Entrée de  $\text{Ca}^{2+}$   
(\* Contrairement aux muscles squelettiques, la contraction des muscles lisses dépend du  $\text{Ca}^{2+}$  extracellulaire)
- ❷  $\text{Ca}^{2+}$  + calmoduline → Complexe Ca-calmoduline
- ❸ Le complexe Ca-calmoduline active la *kinase des chaînes légères de myosine* (*myosin light chain kinase*), **MLCK**
- ❹ La MLCK activée stimule à son tour les têtes de myosine (en leur transférant des groupements phosphates).
- ❺ Les têtes de myosine activées interagissent avec les filaments d'actine
  - Cycle de formation et dissociation des ponts d'union (qui requiert de l'ATP, comme pour les muscles striés)
  - Contraction

La relaxation se produit lorsque le niveau de  $\text{Ca}^{2+}$  intracellulaire diminue.

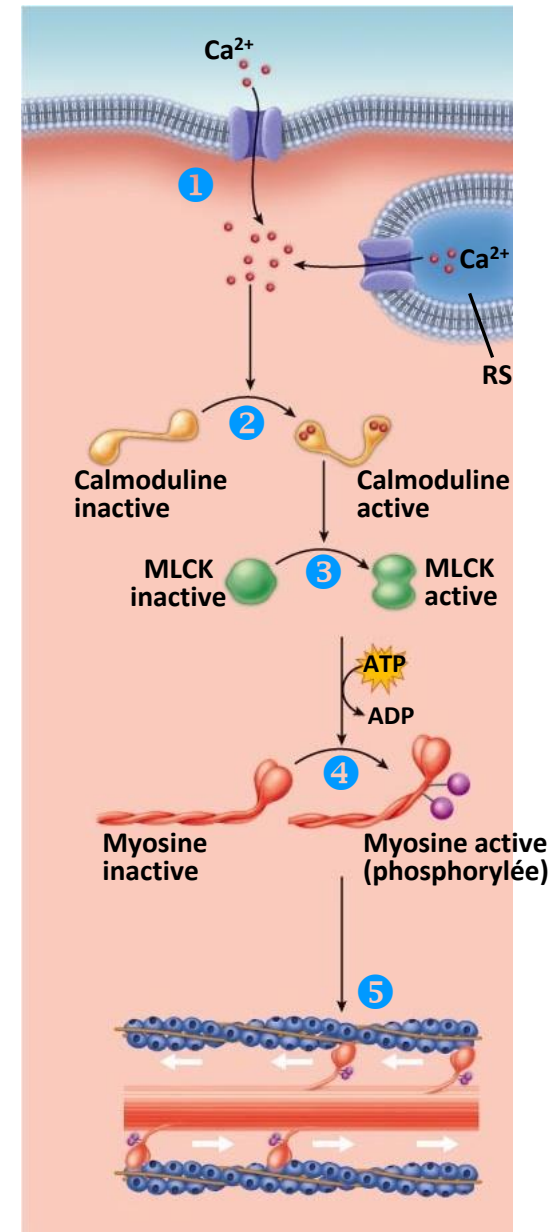


Figure 9.26

## 4. VITESSE DE CONTRACTION

- Dans les muscles squelettiques : secousse musculaire très rapide (20 à 200 millisecondes)
- Dans les muscles lisses: secousse musculaire très lente (200 msec à > 1 sec).

## 5. RÉGULATION NERVEUSE ET HORMONALE DE LA CONTRACTION DES MUSCLES LISSES

- Dans les muscles squelettiques: l'ACh est toujours le neurotransmetteur, lequel est toujours excitateur.
- Dans les muscles lisses :
  - L'ACh n'est pas le seul neurotransmetteur, et son effet peut être excitateur ou inhibiteur, selon le type de récepteurs présents sur les fibres musculaire lisses.
  - Plusieurs autres neurotransmetteurs peuvent aussi déclencher ou inhiber la contraction des muscles lisses.  
Ex. Noradrénaline : excitatrice (cause la contraction) pour la majorité des vaisseaux sanguins, mais inhibitrice (cause la relaxation) dans les voies respiratoires.
  - Plusieurs hormones et facteurs locaux peuvent aussi activer ou inhiber la contraction des muscles lisses.

## 6. TYPES DE MUSCLES LISSES

- ***Muscles lisses unitaires :***

- Représentent la très grande majorité des muscles lisses: dans la plupart des organes viscéraux.
- Les cellules sont interconnectées par des jonctions ouvertes
  - les cellules sont couplées électriquement
  - contraction synchronisée des fibres musculaires
- Contrairement aux muscles squelettiques, les cellules des muscles lisses unitaires ne requièrent pas de jonctions neuromusculaires individuelles puisque le potentiel d'action peut se propager d'une cellule à l'autre.

- ***Muscles lisses multiunitaires :***

- Jonctions ouvertes absentes ou rares
  - requièrent des jonctions neuromusculaires individuelles.
  - permettent un contrôle plus précis de la contraction du muscle
- Rares, exemples : muscles de l'œil qui contrôlent l'ouverture de la pupille et la forme du cristallin.