

Physiologie – Athlétisme
Cours numéro 5

La contraction musculaire

La contraction musculaire

I. Le muscle

1. Description anatomique
2. La typologie musculaire
3. La morphologie musculaire

II. La contraction musculaire

1. Fonctionnement chimique
2. Les modes de contractions musculaires
3. Facteurs de force musculaire

I. Le muscle

1. Description anatomique

« Le muscle est un **tissu** formé de **fibres douées de contraction** permettant de produire un mouvement. Les muscles participent à diverses fonctions essentielles à la vie de l'organisme (respiration, digestion...) et à son adaptation au milieu environnant (locomotion, thermorégulation...). » *Institut de Myologie (2003)*

Les fonctions et types d'innervations des différents muscles ont permis de distinguer deux grands groupes de muscles :

- **Les muscles à contractions volontaires**
- **Les muscles à contractions involontaires**

I. Le muscle

1. Description anatomique

	Muscle lisse	Muscle strié cardiaque	Muscle strié squelettique	Muscle strié à insertion conjonctive
Fibres	Allongées, disposées en couche mince	Striées	Striées	Striées
Noyaux	Un seul noyau central	Un seul noyau central	Multinucléée (syncytium), noyaux périphériques	Multinucléée (syncytium)
Myofibrilles	Dans l'axe de la cellule (longitudinale)	Groupées, divisées dans le sens longitudinal en disques sombres et clairs alternés	Groupées, divisées dans le sens longitudinal en disques sombres et clairs alternés	Groupées, divisées dans le sens longitudinal en disques sombres et clairs alternés
Contraction	Involontaire Lente	Involontaire	Volontaire	Mixte
Localisation	Parois viscéres creux, vaisseaux sanguins	Myocarde		Sphincters, autres

I. Le muscle

1. Description anatomique

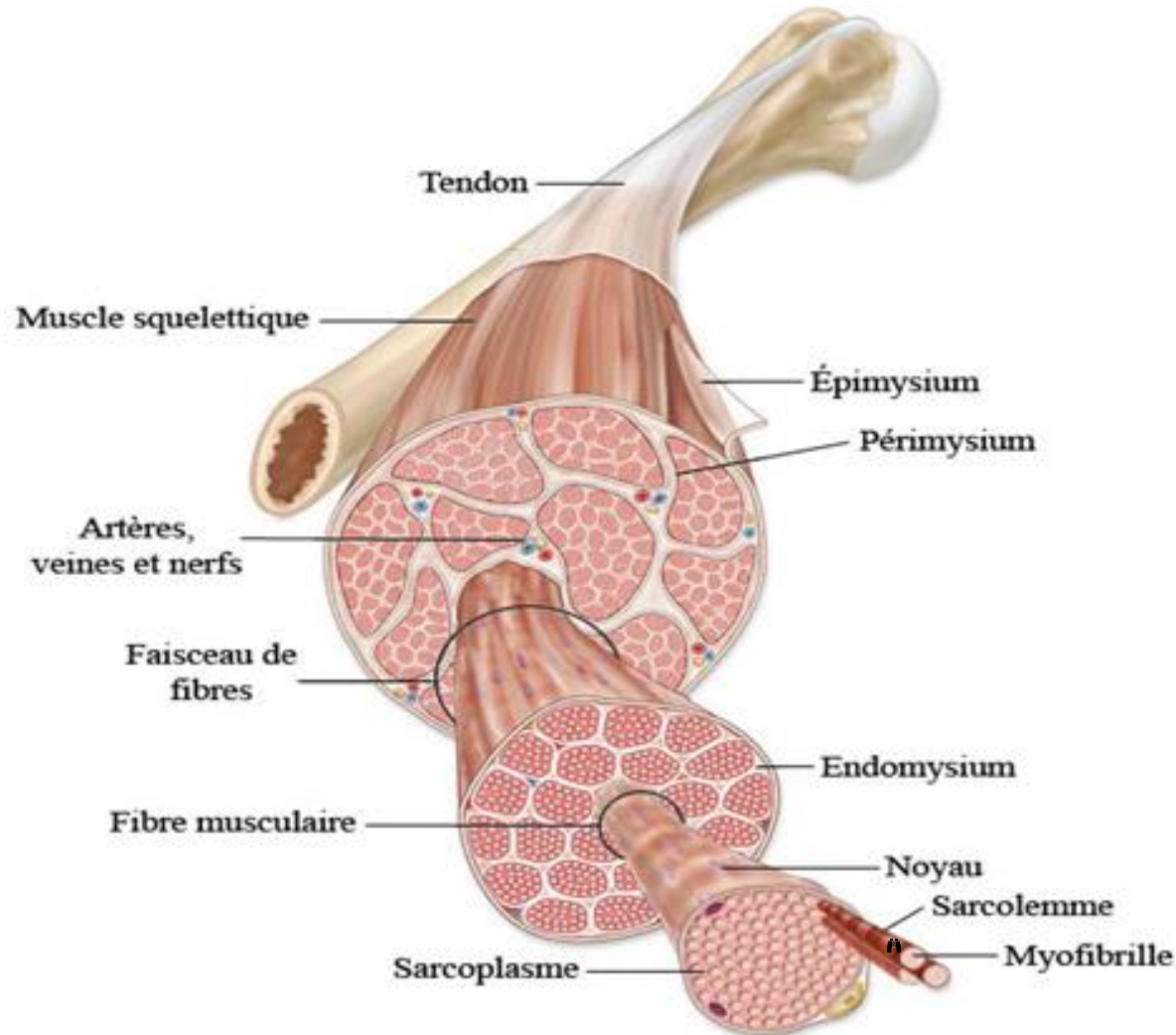
Les muscles striés squelettiques sont attachés sur deux os articulés ensemble.

La contraction ou le relâchement de ce muscle va créer du mouvement autour de l'articulation.

Les muscles squelettiques sont rattachés aux os via les tendons, on parle alors de complexe **myotendineux**.

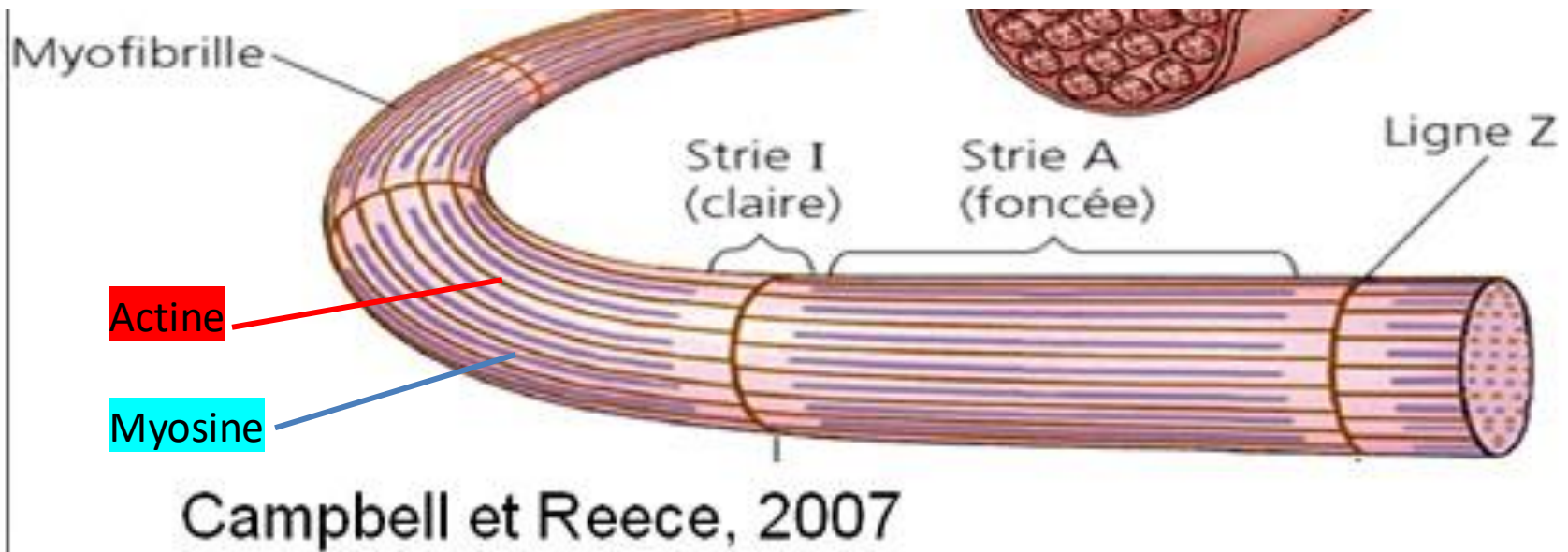
I. Le muscle

1. Description anatomique



I. Le muscle

1. Description anatomique



I. Le muscle

1. Description anatomique

- **L'épimysium** : Aussi appelé **aponévrose** ou **fascia**, recouvre la surface des muscles en les empaquetant. Cette membrane est enrichie en **vaisseaux sanguins**, **nerfs** et **tissus conjonctifs**. Cette membrane assure un lien continue entre l'os, le tendon et le muscle.
- **Le périmysium** : Nappe de tissus conjonctif, prolongement interne de l'épimysium isolant les différents faisceaux musculaires.
- **L'endomysium** : Prolongement conjonctif isolant les fibres musculaires entre-elles.

I. Le muscle

1. Description anatomique

Chaque **muscle** est composé de...

- **Faisceaux de fibres musculaires**, eux même composés de...
 - **Fibres musculaires**, contenant en leurs seins les...
 - **Myofibrilles**, étant une succession de **sarcolemmes** étant...
 - Un enchevêtrement de deux protéines : **l'Actine** et la **Myosine**.
 - Ce sont ces deux protéines qui vont glisser l'une par rapport à l'autre et vont influencer l'état de contraction ou de relâchement du muscle.

1. Le muscle

2. La typologie musculaire

La typologie musculaire définit la **composition en fibre de nos muscles**. Selon le type de fibres musculaires que possède un muscle, sa typologie sera différente d'un autre muscle.

Dans un même muscle, les fibres musculaires peuvent différer selon leurs compositions et leurs innervations.

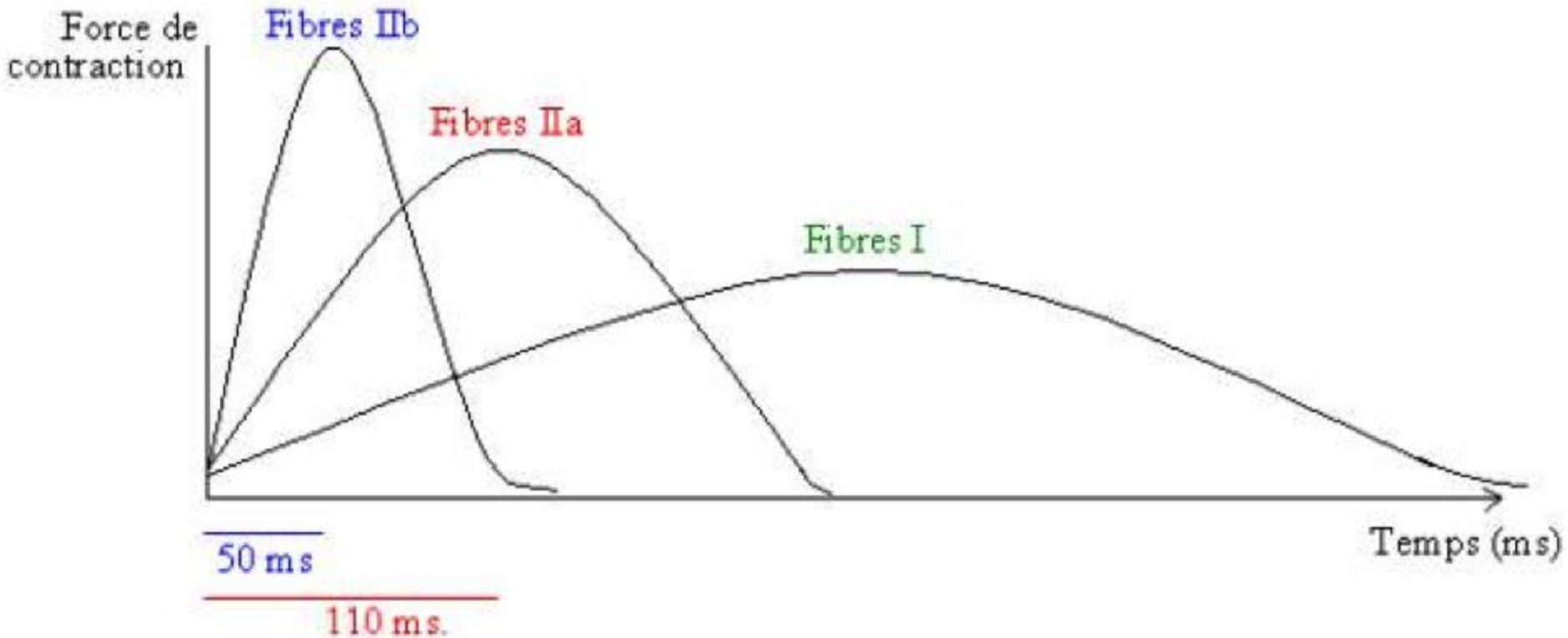
La **typologie musculaire** d'un muscle est donc la représentation des différents types de fibres musculaires présent dans le muscle.

Il existe dans le corps humain 3 types de fibres musculaires (*4 dans le règne animal*) :

- Les fibres rapides **IIb**
- Les fibres rapides **IIa**
- Les fibres lentes **I**
- *Les fibres super-rapides de type IIX (uniquement dans le règne animal)*

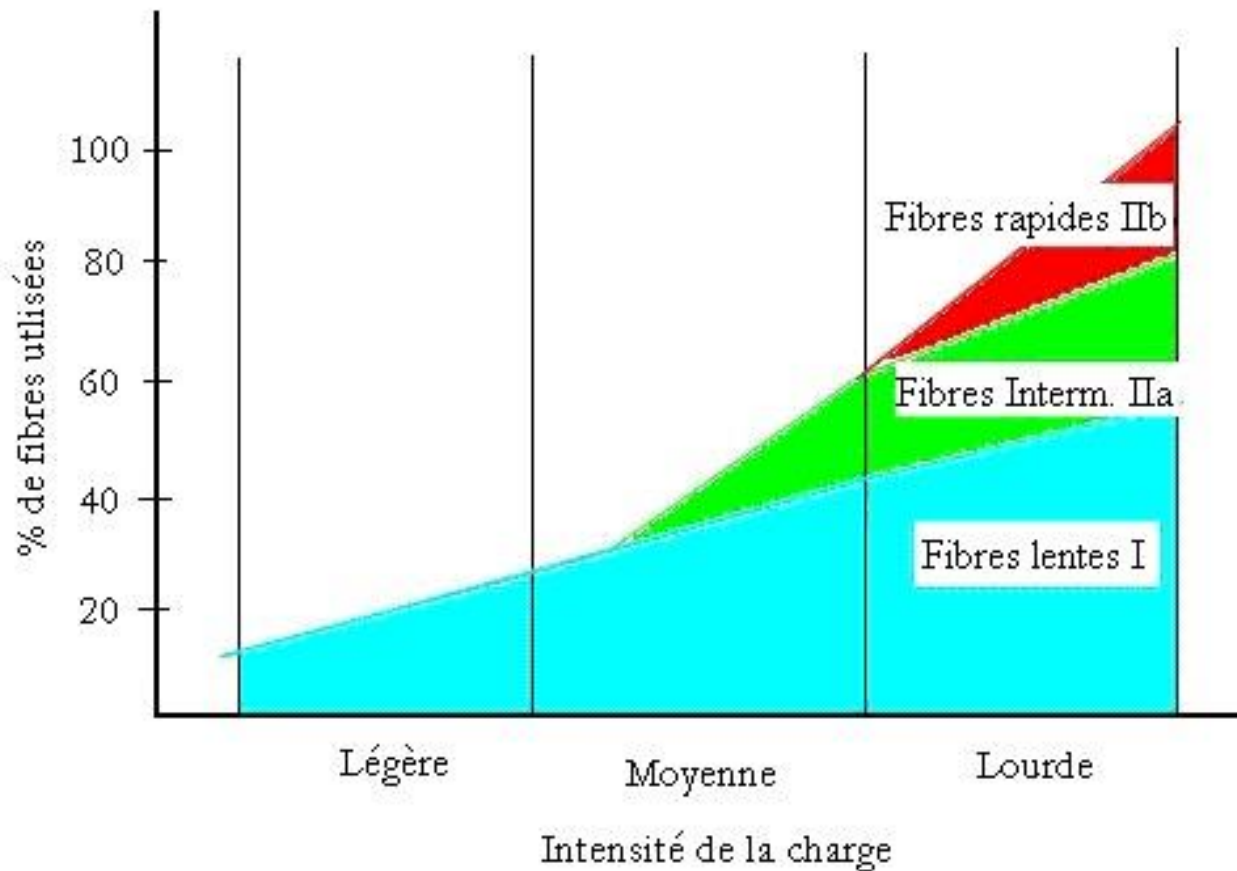
1. Le muscle

2. La typologie musculaire



1. Le muscle

2. La typologie musculaire



De Costill (1980)

1. Le muscle


2. La typologie musculaire

	FIBRES I	FIBRES IIa	FIBRES IIb
Diamètre	Faible	Grand	Très grand
Couleur (présence myoglobine)	Rouge	Rose	Blanche
Vascularisation	Importante	Intermédiaire	Plus faible
Contractions	+ faibles et + longues	Fortes et moyenne	Très forte mais brève
Source ATP	Oxydation (Aérobie)	Glycolyse et Pcr	Glycolyse et Pcr
Enzymes anaérobies	Faible	Intermédiaire	Forte
Fatigabilité	+	++	+++
Nbres mitochondries	+++++	++	+ ou -
Métabolisme dominant	Aérobie	Mixte	Anaérobie


1. Le muscle

3. La morphologie musculaire


Convergent



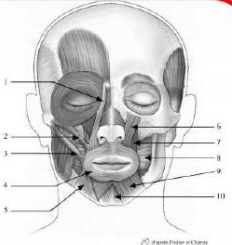
Dentelé




En ruban



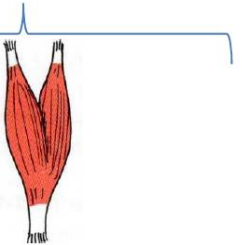
Circulaire



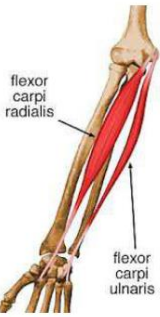
Fusiforme



Polygastrique




Monogastrique




flexor carpi radialis
flexor carpi ulnaris


Biceps




Triceps




Quadriceps




Penniforme






Penniform
SARTORIUS



Penniform
BICEPS FEMORIS



Multipenniform
DELTOID

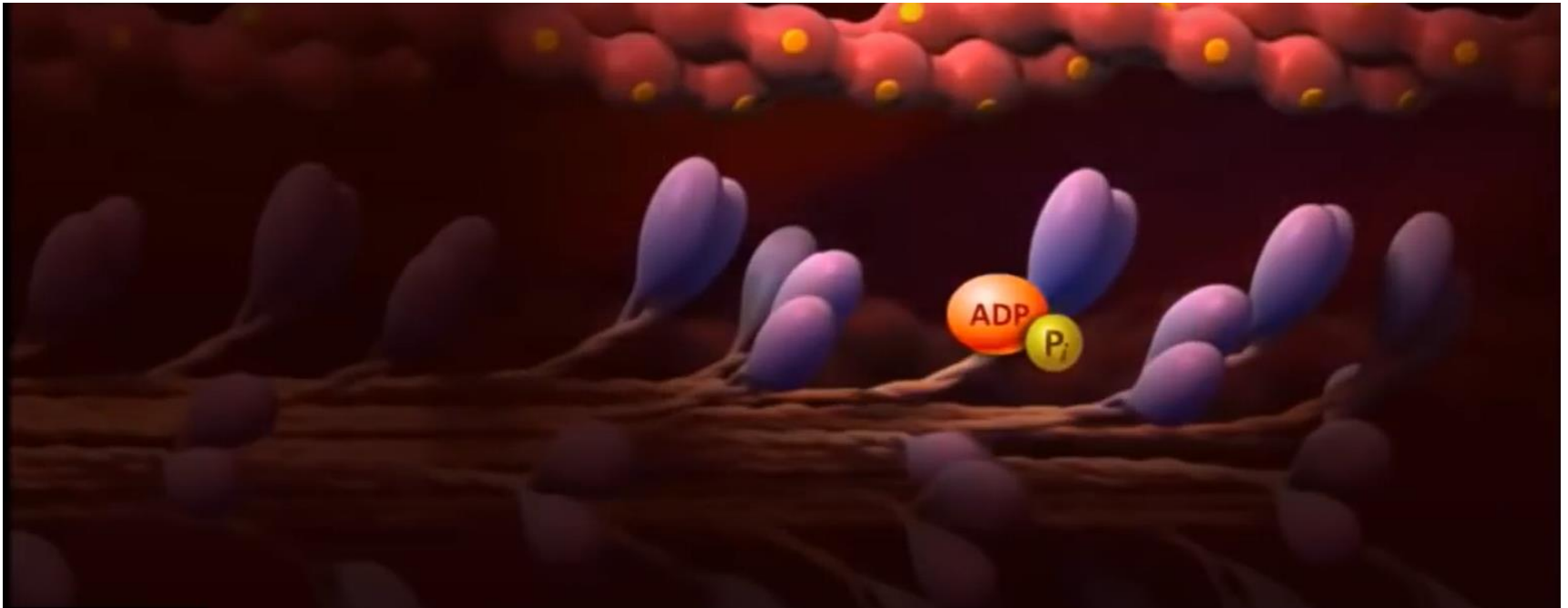
II. La contraction musculaire

1. Le fonctionnement chimique



II. La contraction musculaire

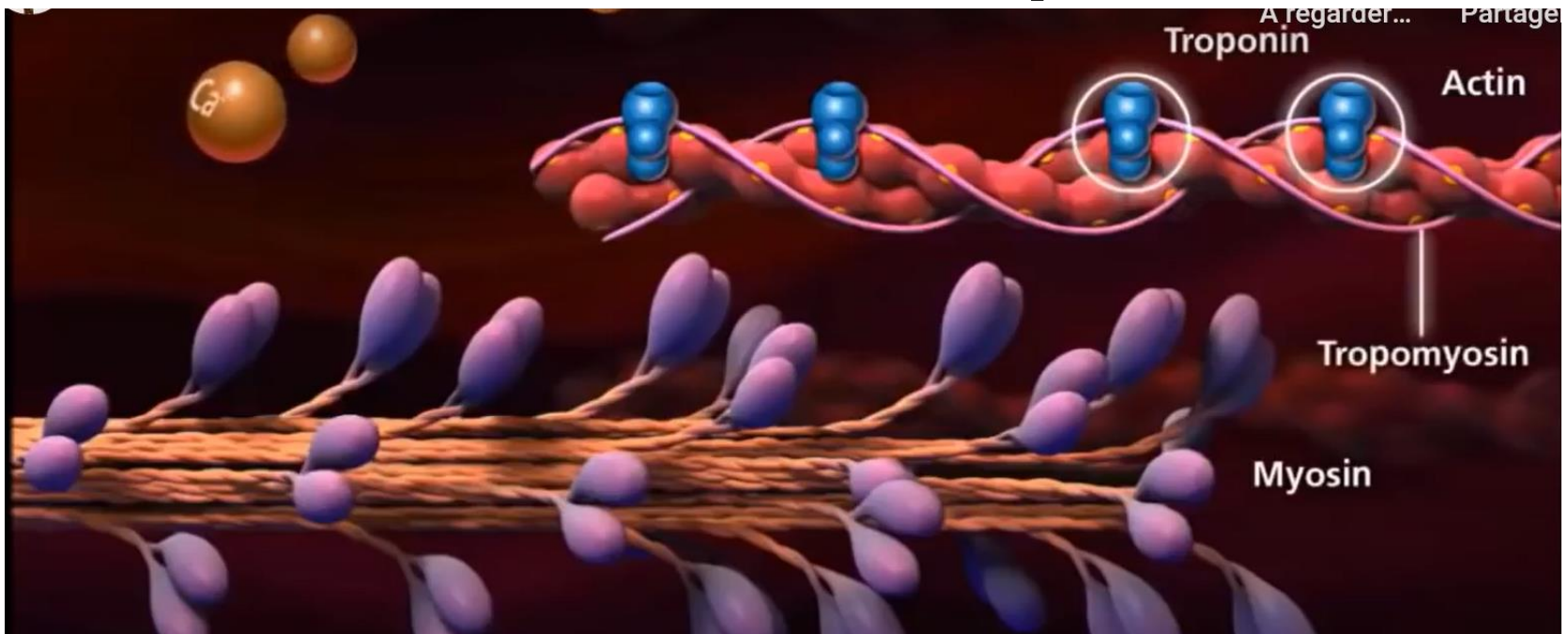
1. Le fonctionnement chimique



1. La molécule d'ATP (précédemment formée grâce à l'utilisation de diverses filières énergétiques) présente sur la **tête de Myosine** est **hydrolysée**, entraînant la formation d'ADP + Pi

II. La contraction musculaire

1. Le fonctionnement chimique

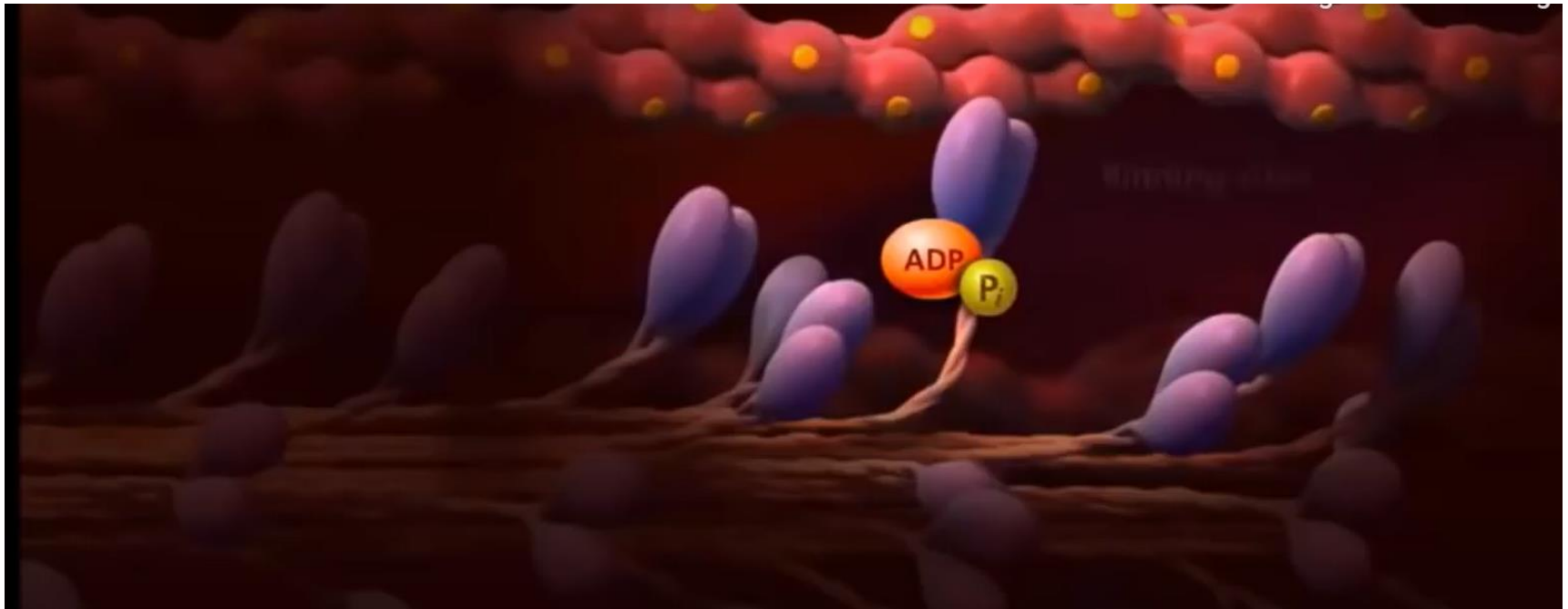


1bis. En parallèle, des **ions calciums** libérés par l'influx nerveux vont venir se fixer sur les molécules de **troponines**.

En ce faisant, les molécules de **troponines** vont faire se déplacer les petits filaments de **tropomyosine** entourant le filament **d'actine**, afin de libérer les **sites de fixations** et les rendre disponible pour un couplage avec une **tête de myosine**.

II. La contraction musculaire

1. Le fonctionnement chimique



2. L'hydrolyse de la molécule d'ATP va donner l'énergie nécessaire à la tête de myosine pour se redresser. On dit alors que l'on **active** la tête de Myosine qui va former **un pont d'union** avec **l'actine** sur un **site de fixation**.

II. La contraction musculaire

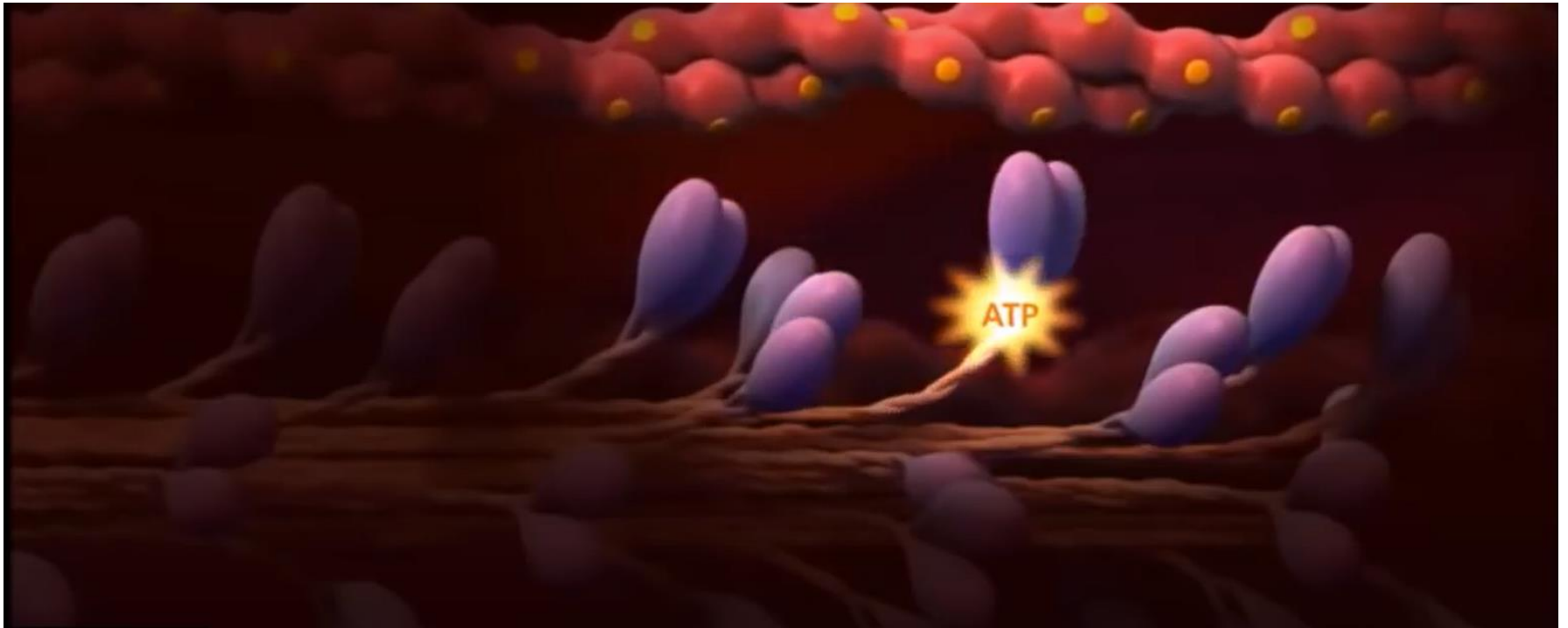
1. Le fonctionnement chimique



3. L'ADP et le Pi sont **libéré de la tête de myosine** ce qui entraîne un mouvement de **rame** de la tête de myosine. Ce mouvement va entraîner avec lui **l'actine**, c'est **la contraction musculaire**.

II. La contraction musculaire

1. Le fonctionnement chimique



4. Une nouvelle molécule d'ATP vient se fixer sur la **tête de myosine** permettant de briser le lien avec le **filament d'actine**. La tête de myosine revient à sa position initiale. C'est le **relâchement musculaire...** Et ça recommence...

II. La contraction musculaire

2. Les modes de contractions musculaires

Afin de pouvoir s'adapter aux **contraintes** et de répondre aux différents mouvements que nous voulons exécuter, les muscles sont capables de générer différents types de contractions afin d'ajuster :

- La **vitesse** du mouvement
- Le **sens** du mouvement
- La **force** du mouvement
- L'**amplitude** du mouvement

A ce titre, nos muscles sont capables d'exécuter 3 modes de contractions musculaires.

II. La contraction musculaire

2. Les modes de contractions musculaires

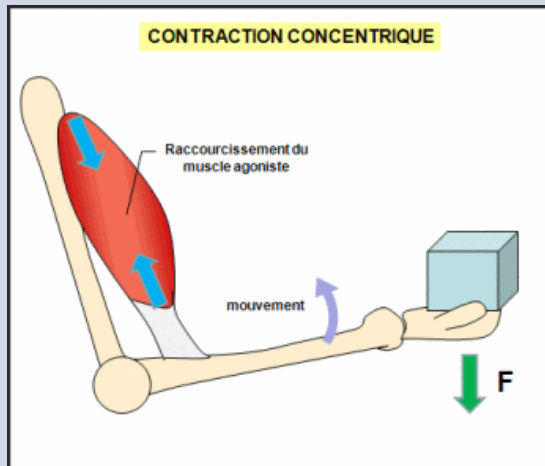
CONCENTRIQUE	ISOMETRIQUE	EXCENTRIQUE
<p>Les points d'insertions se rapprochent.</p> <p>Les sarcomères (donc le muscle) se raccourcissent.</p> <p>Les têtes de myosines « rame » les filaments d'actines.</p>	<p>Les points d'insertions ne s'éloignent ni ne se rapproche.</p> <p>Les sarcomères n'observent aucuns changements dans leurs longueurs.</p> <p>L'action de « rame » des têtes de myosines est inexistante mais les ponts d'unions empêchent les filaments d'actines de bouger.</p>	<p>Les points d'insertions s'éloignent.</p> <p>Les sarcomères s'allongent (donc le muscle aussi)</p> <p>L'action de « rame » est inexistante. Cependant les têtes de myosine vont venir freiner le mouvement des filaments d'actines.</p>

II. La contraction musculaire

2. Les modes de contractions musculaires

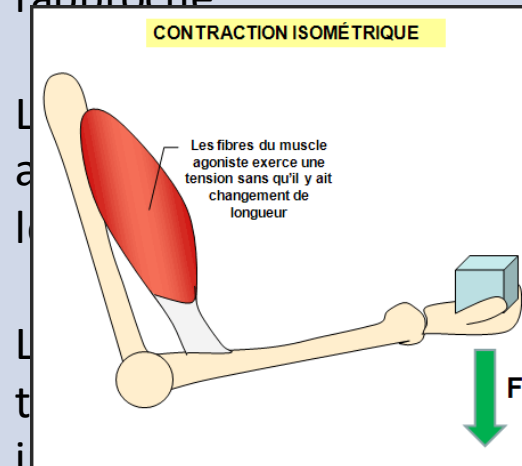
CONCENTRIQUE

Les points d'insertions se rapprochent.



ISOMETRIQUE

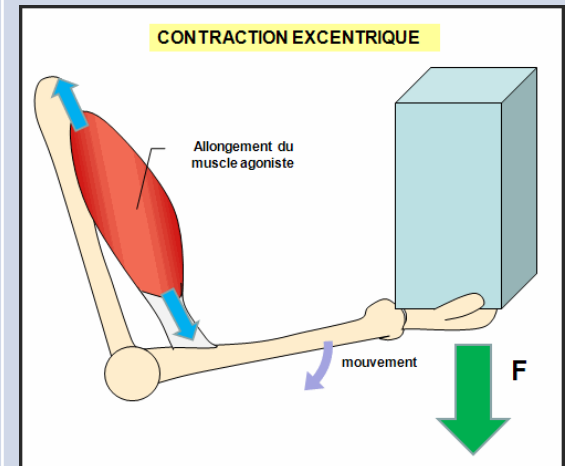
Les points d'insertions ne s'éloignent ni ne se rapprochent



d'unions empêchent aux filaments d'actines de bouger.

EXCENTRIQUE

Les points d'insertions s'éloignent.



II. La contraction musculaire

3. Les facteurs de force musculaire

« La force musculaire se définit comme étant la **tension** qu'un muscle ou plus exactement un groupe de muscles, peut opposer à une résistance en un seul effort maximal. »

Matthew & Fox (1983)

Weineck préciseras plus tard qu'il existe 3 modalités d'expression de la force :

- La force maximale
- La force-vitesse
- L'endurance de force

II. La contraction musculaire

3. Les facteurs de force musculaire

- La force maximale

Il faut distinguer ici la **force maximale statique** et la **force maximale dynamique**.

La force maximale statique est selon *Weineck (1986)* : « la force la plus grande que le système neuromusculaire peut exercer par une **contraction volontaire** contre une **résistance insurmontable**, c'est à dire que l'on ne peut déplacer. »

La force maximale dynamique est, toujours selon *Weineck (1986)*, : « la force la plus grande que le système neuromusculaire peut développer par une **contraction volontaire** dans la réalisation d'un **mouvement gestuel**. »

La force maximale statique étant toujours plus grande que la force maximale dynamique.

II. La contraction musculaire

3. Les facteurs de force musculaire

- La force vitesse

« Caractérisée par la capacité qu'a le système neuromusculaire de **surmonter des résistances** avec la plus **grande vitesse de contraction possible**. » *Harre & Frey (1986)*

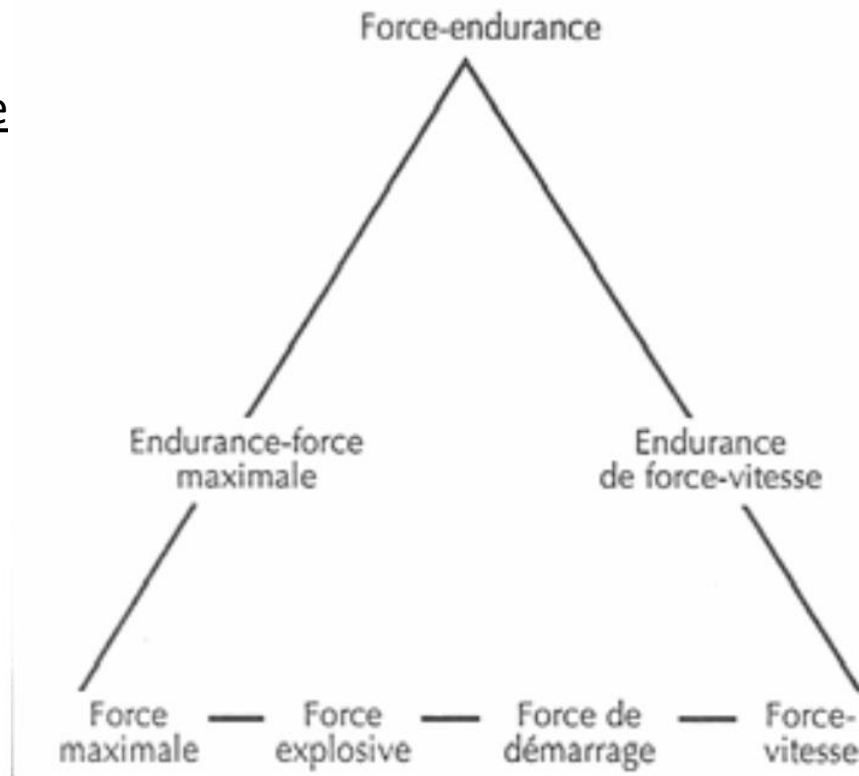
- L'endurance de force

« C'est la capacité qu'a un muscle à **répéter** un certain nombre de contractions ou à **maintenir** un certain temps une contraction musculaire isométrique » *Weineck (1986)*

II. La contraction musculaire

3. Les facteurs de force musculaire

Continuum de force



II. La contraction musculaire

3. Les facteurs de force musculaire

Cette force va dépendre de deux facteurs :

1. Des facteurs **structurels** (= les tissus)
2. Des facteurs **nerveux**

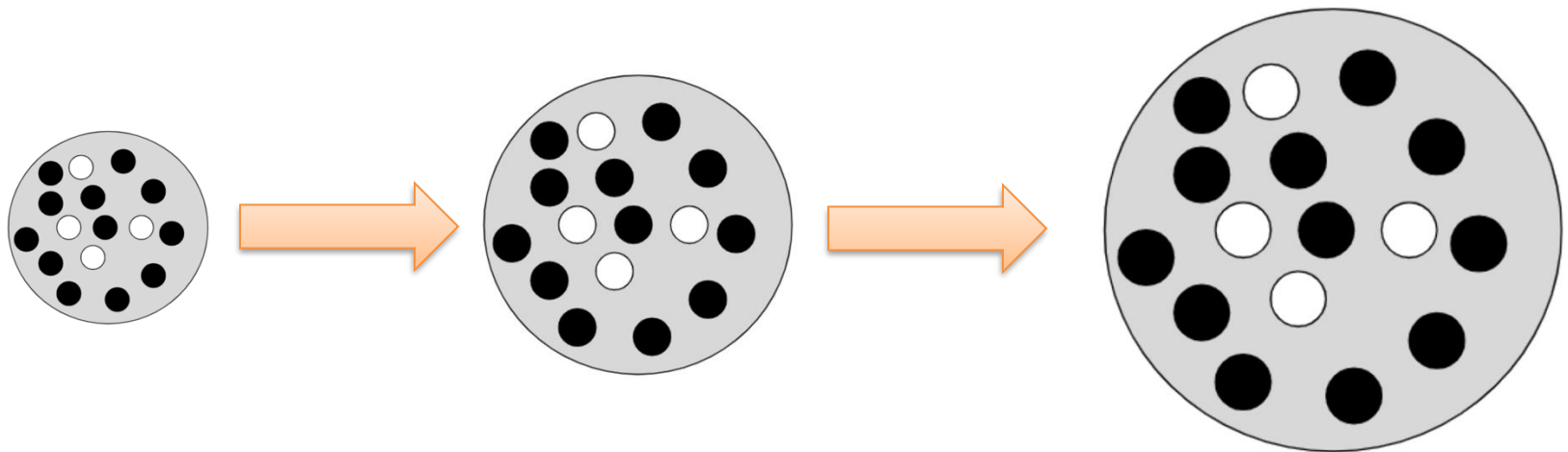
II. La contraction musculaire

3. Les facteurs de force musculaire

1. Des facteurs **structurels** (= les tissus)

- **La taille des fibres musculaires** ; plus elles sont grosses plus elles possèdent de sarcomères, plus elles peuvent développer une force importante.

Le travail en musculation visant à développer la taille des fibres musculaires (= **hypertrophie**) est un mode de travail aujourd'hui répandu, surtout pour des objectifs esthétiques.

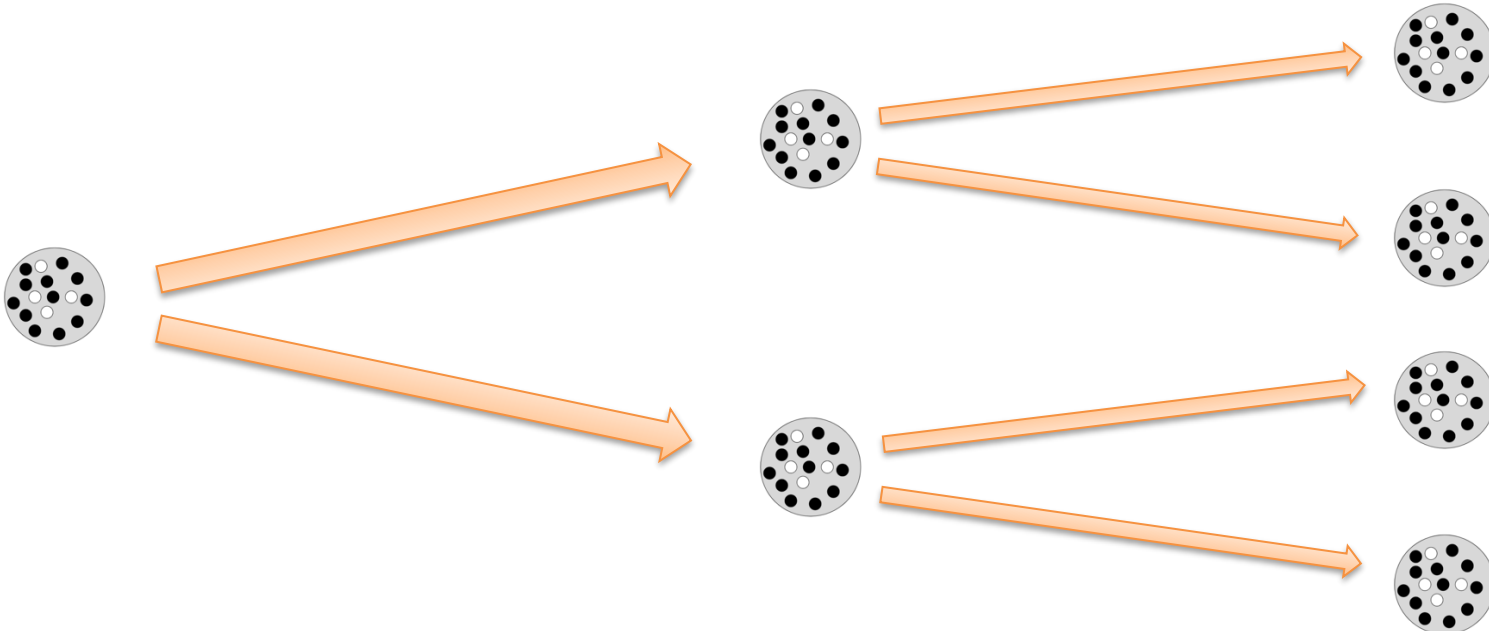


II. La contraction musculaire

3. Les facteurs de force musculaire

1. Des facteurs **structurels** (= les tissus)

- **Le nombre de fibres musculaires** ; plus nous avons de fibres musculaires capable de se contracter plus nous sommes capables de créer de la force. Le phénomène de dédoublement de fibres musculaires s'appelle **l'hyperplasie**. C'est un phénomène rarement observé chez l'humain or développement fœtal ou postnatale précoce



II. La contraction musculaire

3. Les facteurs de force musculaire

2. Des facteurs **nerveux**

C'est le cerveau (ou la moelle épinière dans le cas d'un réflexe) qui envoie l'information au muscle : « *Contracte toi à ce moment, à telle force, telle vitesse* ».

Les facteurs nerveux sont donc un levier (ou un frein...) important à l'expression de la force musculaire.

Ces leviers d'actions sont :

- **La fréquence de décharge nerveuse** } Somme temporelle
- **La synchronisation intermusculaire** } Somme spatiale
- **La synchronisation intra-musculaire** }

II. La contraction musculaire

3. Les facteurs de force musculaire

2. Des facteurs **nerveux**

- **La fréquence de décharge nerveuse**

Correspond à la fréquence de signal nerveux envoyée du cerveau vers le muscle. Plus cette fréquence est élevée, plus la force exprimée par le muscle le sera aussi. Les hautes fréquences répétées des efforts explosifs (anaérobie alactique) sont la source de fatigue nerveuse de ces efforts.

On parle de **sommation temporelle**.

- **La synchronisation intermusculaire**

Se définit par la collaboration entre tous les muscles participant à un même mouvement agoniste (synergistes). Un système parfaitement réglé de stimuli et d'effets inhibiteurs qui produit une alternance caractéristique de contraction et de décontraction.

II. La contraction musculaire

3. Les facteurs de force musculaire

2. Des facteurs **nerveux**

- **La synchronisation intra-musculaire**

Cette synchronisation est permise grâce au regroupement des fibres musculaires (FM) en **unité motrice** commandées par un même neurone moteur.

Plus une unité motrice (UM) regroupe de FM, plus elle activera de FM en même temps et sera capable d'exprimer une force importante. En contrepartie, le mouvement sera moins précis.

Les fléchisseurs tibiaux possèdent une UM pour 2000 fibres, les muscles oculaires une UM pour 5 fibres...

Cette synchronisation est régulée par les cellules de Renshaw venant empêcher une synchronisation trop importante de FM. Ceci afin d'éviter de créer des contractions musculaires dangereuses pour l'intégrité du corps.

- L'entraînement en force maximale (charge lourde) permet d'inhiber l'action des cellules de Renshaw et de devenir plus fort sans gain de masse musculaire.

II. La contraction musculaire

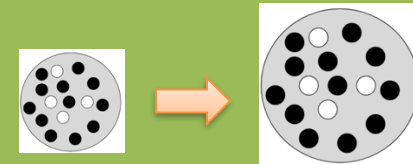
3. Les facteurs de force musculaire

FACTEURS NERVEUX

Fréquence de
décharge nerveuse



Taille des fibres
musculaires à
disposition



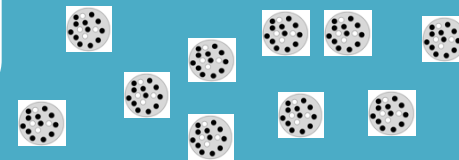
FORCE



Synchronisation
inter et intra-
musculaire



Nombre de fibres
musculaires à
disposition



FACTEURS PERIPHERIQUES