

# **Synapses non obligatoires :**

**Un seul PA arrivant en zone pré-synaptique ne peut déclencher un PA en zone post- synaptique**

**- Un PA génère un potentiel post synaptique excitateur (PPSE) dure 15 msec;**

**Si un second PA arrive pendant ces 15 Msec, le PPSE augmente**

**→ Somation temporelle**

**- Si plusieurs PA arrivent de façon synchrone dans des zones pré-synaptiques à proximité, les courants locaux se recouvrent au niveau de la membrane post-synaptique**

**→ somation spatiale**

**- Somation temporelle et spatiale permettent l'atteinte du seuil de déclenchement du PA post- synaptique**

Neurone  
pyramidal

Cortex

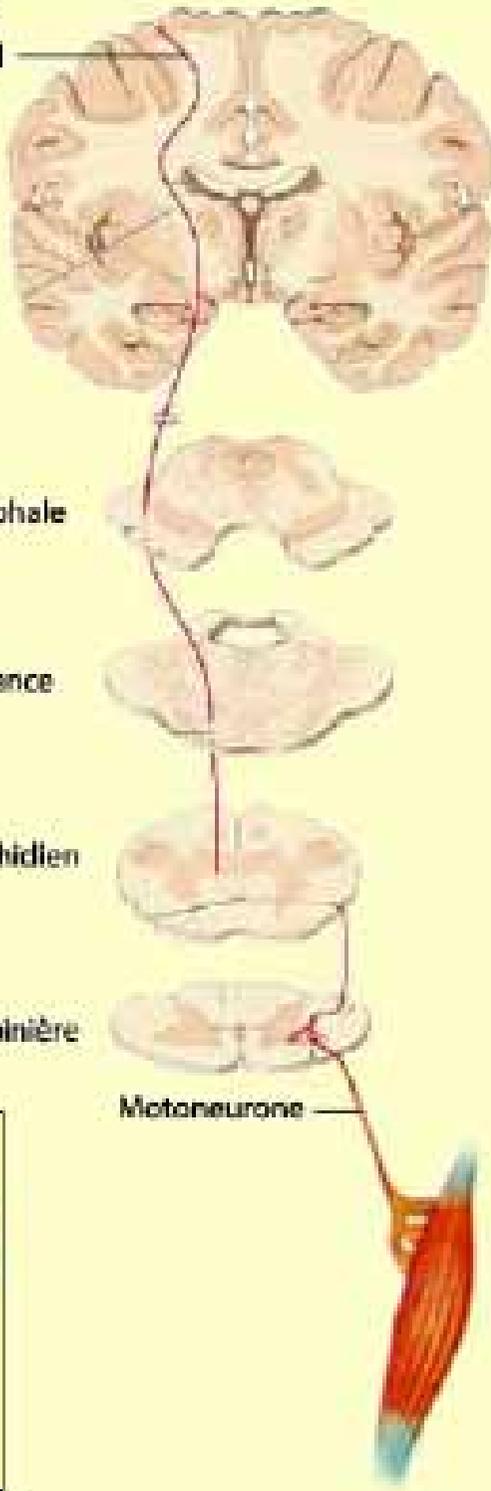
Mésencéphale

protubérance

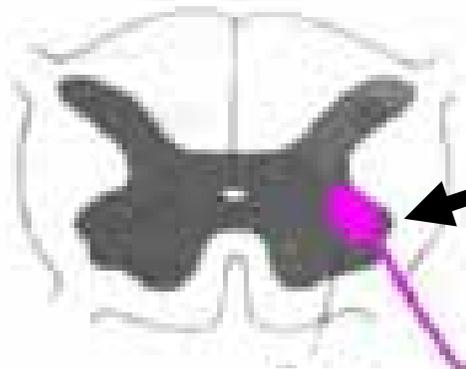
Bulbe rachidien

Moelle épinière

Motoneurone



# Unité motrice

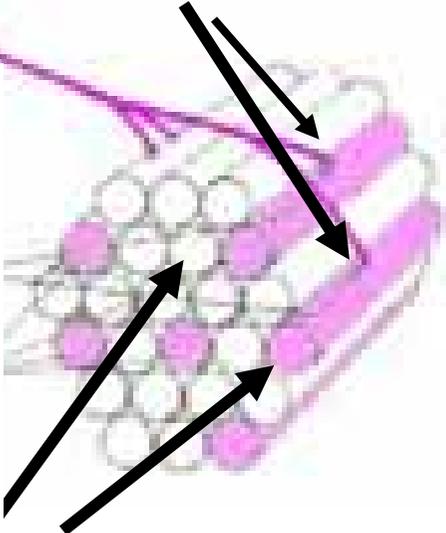


**Neurone moteur**

**(ventral/ antérieur)**

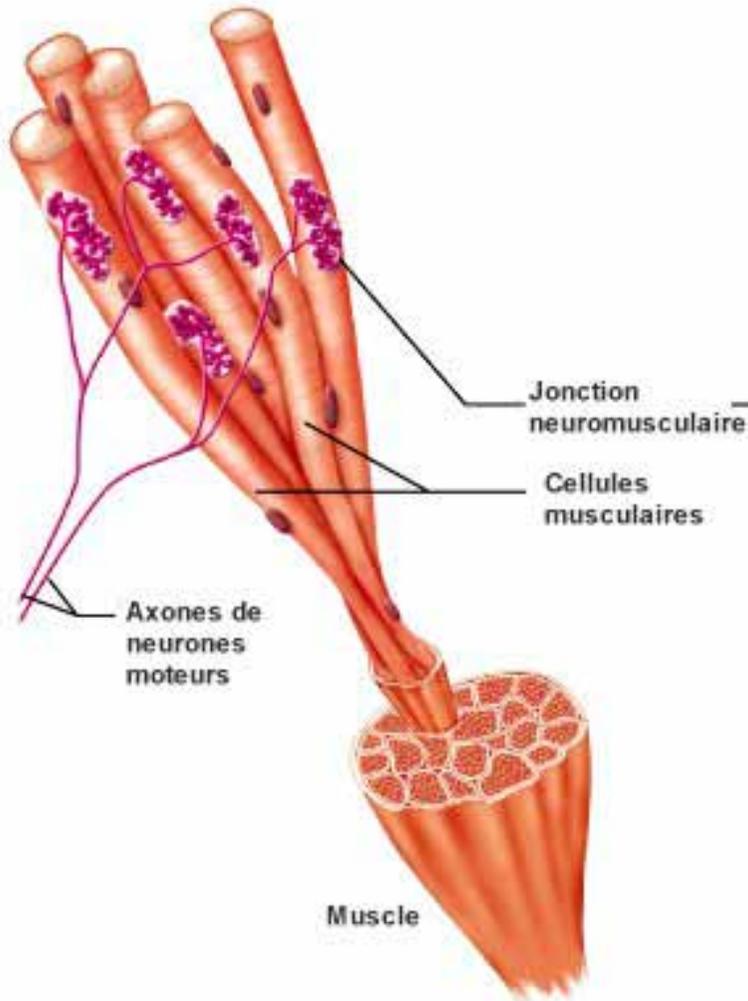


**Plaque motrices**



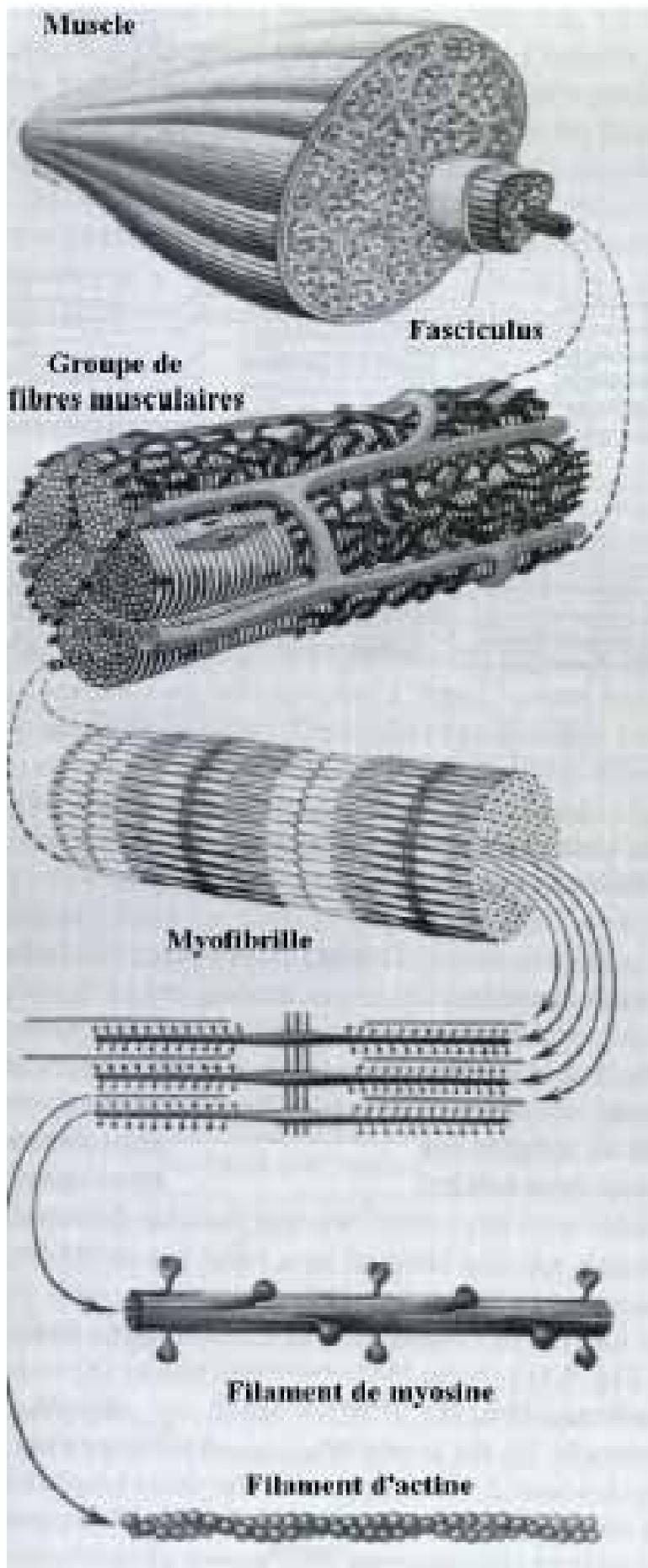
**Fibres musculaires**

# La jonction neuro-musculaire = Plaque Motrice



**La jonction neuromusculaire est la région de contact fibre nerveuse pré-synaptique et une fibre musculaire**

**Les synapses neuromusculaires sont du type « obligatoire » : un PA pré-synaptique déclenche toujours un PA post-synaptique, et donc une contraction**



- **Sarcolemme** : membrane musculaire, jonction neuro-musculaire.

- **sarcomère**

- **Reticulum sarcoplasmique** : stock des ions Calcium

Muscle = ensemble de *fibres musculaires*

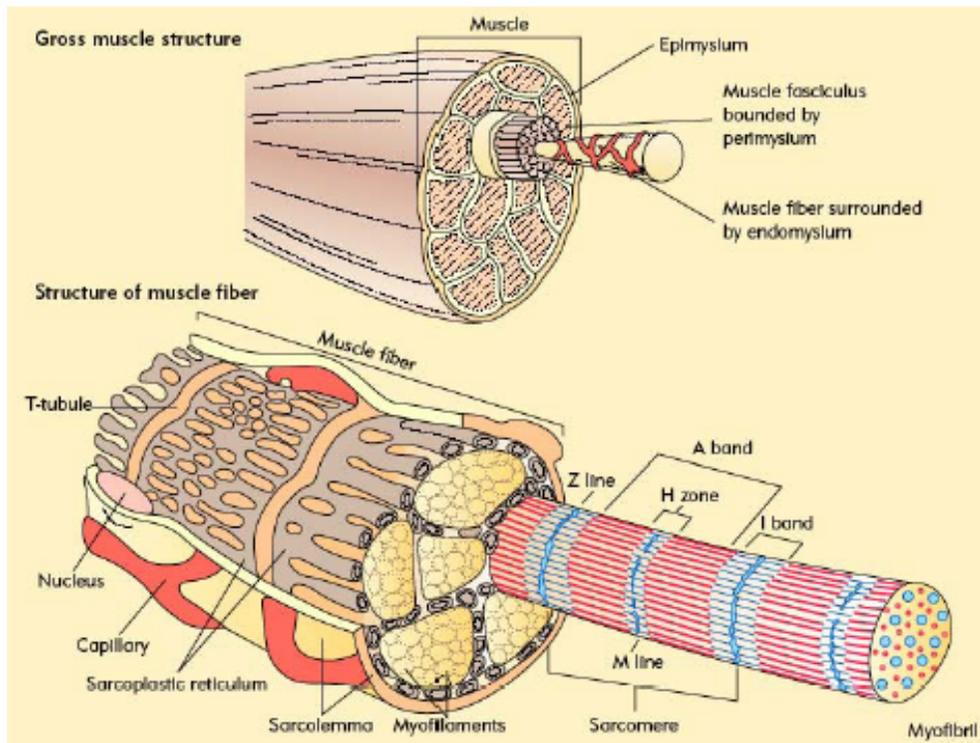
Fibre musculaire = ensemble de *myofibrilles*

Myofibrille = ensemble de *sarcomères*

Sarcomère = plus petite partie

contractile = filaments fins (*actine*)

+ filaments épais (*myosine*)



## **Etape 1**

**PA pré-synaptique → ouverture des canaux calcium  $Ca^{++}$  dépendants du voltage, entrée d'ions  $Ca^{++}$  très brusque dans l'espace pré-synaptique.**

**Déplacement des vésicules vers la membrane pré-synaptique, fusion vésicules- membrane.**

## **Etape 2**

**Libération d'acétylcholine dans la fente synaptique, qui va se fixer sur les récepteurs post-synaptiques, puis est très rapidement transformée par l'enzyme *acétylcholinestérase*. Action postsynaptique phasique (rapide, transitoire).**

## **Etape 3**

**Modification de la perméabilité ionique de la membrane post-synaptique, création d'un potentiel dépolarisant (PPSE) toujours > seuil.**

## **Etape 4**

**Le PA se propage le long de la membrane de la cellule musculaire (sarcolemme) et pénètre le muscle le long des tubules T.**

**Ouverture des canaux à calcium, entrée massive de  $\text{Ca}^{++}$ , stockés dans le reticulum sarcoplasmique, dans le sarcoplasme.**

## **Etape 5**

**Les ions  $\text{Ca}^{++}$  libèrent les sites de fixation de la myosine sur l'actine : création de ponts actine-myosine (ATP nécessaire).**

**→ Contraction par glissement des filaments.**

## **Etape 6**

**Avec l'arrêt de l'excitation, les  $\text{Ca}^{++}$  sont transportés hors du sarcoplasme.**

**Terminaison nerveuse**

**Sarcolemme  
(membrane musculaire)**

**Fente  
synaptique**

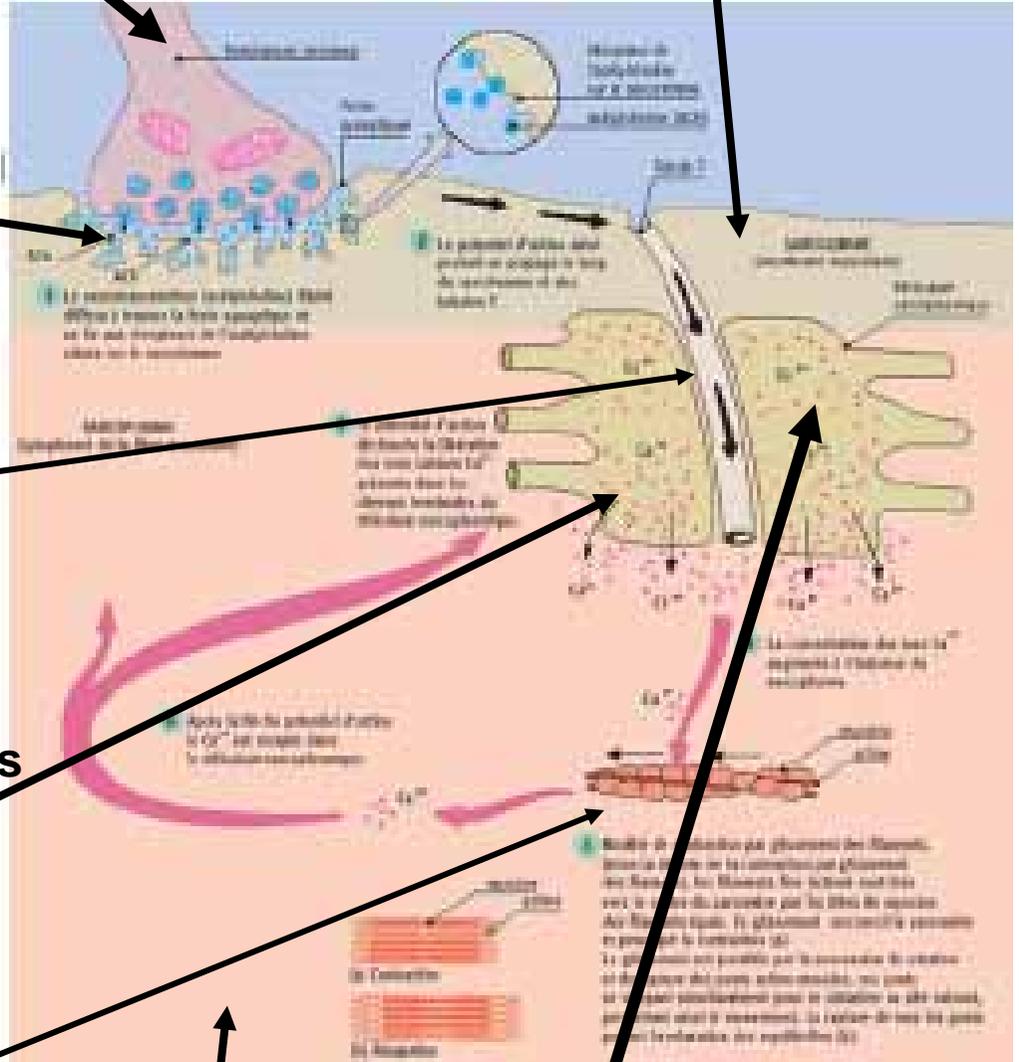
**Tubule T**

**PA libère ions  
calcium**

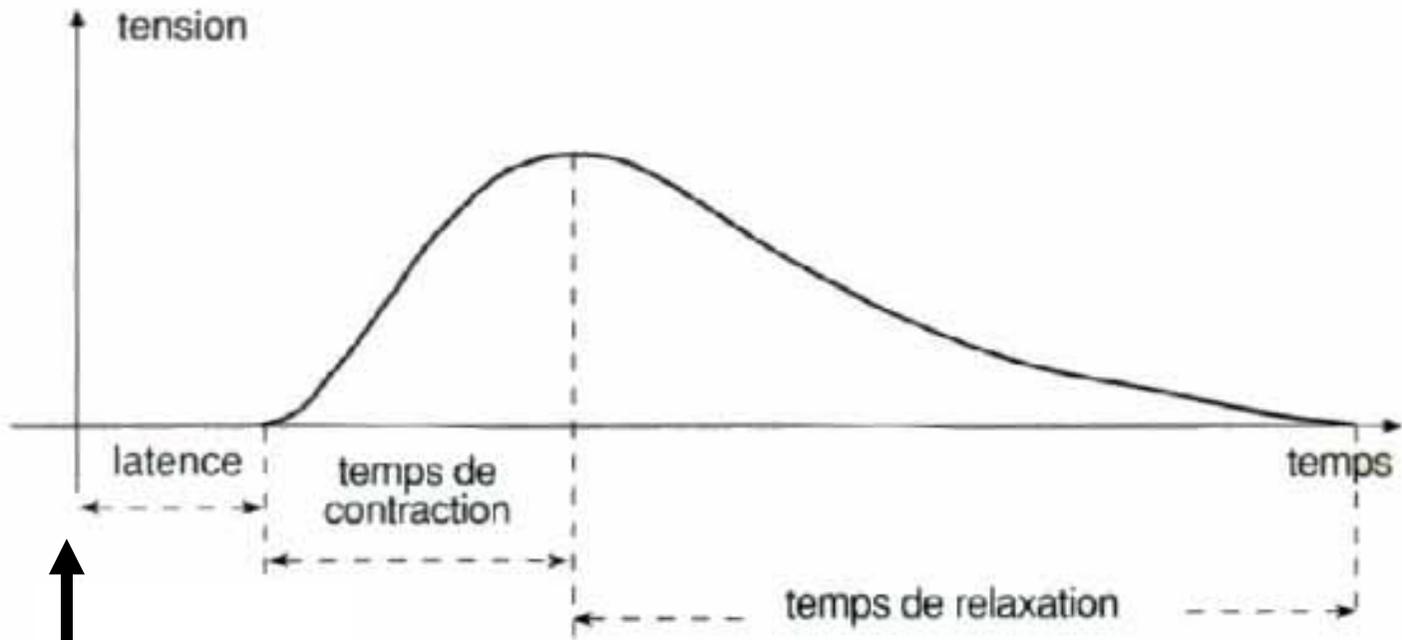
**contraction**

**Reticulum endoplasmique**

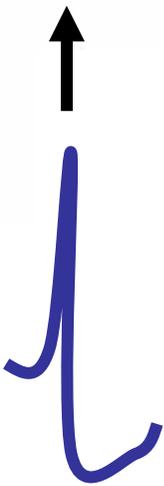
**Sarcoplasme**



# La secousse musculaire

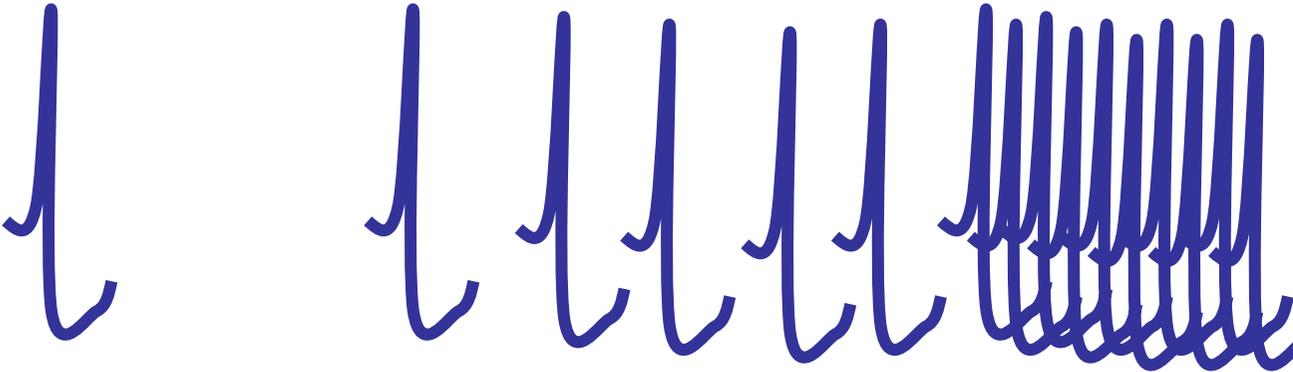
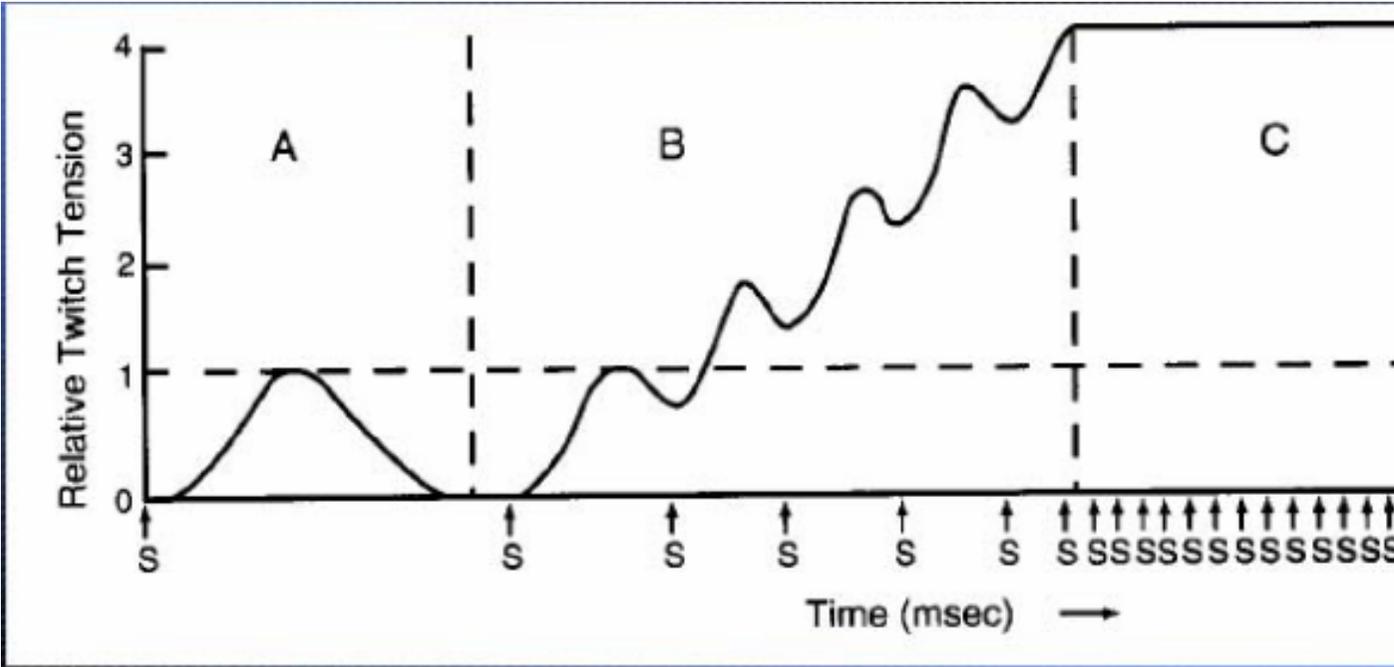


100 msec



Potentiel d'action

# Tétanos



Potentiels d'action

**L'unité de base du système neuromoteur est l'unité motrice.**

**Les cellules nerveuses qui innervent un muscle sont les motoneurones **alpha**.**

**Leurs axones se ramifient en plusieurs terminaisons axonales qui innervent plusieurs fibres musculaires, d'abord par une **racine rachidienne** puis **un nerf musculaire**.**

**Chaque neurone obéit à une loi « tout ou rien », donc toutes les fibres innervées par un même motoneurone sont contractées de façon synchronisée en réponse à un potentiel d'action.**

## **Le motoneurone :**

**- est situé dans la partie la plus ventrale de la corne antérieure de la moelle épinière**

**- comporte en moyenne 6000 synapses, excitatrices et inhibitrices, provenant d'autres neurones situés dans la moelle épinière, dans le tronc cérébral, dans le cortex cérébral.**

**- le motoneurone est la partie finale de l'ensemble des systèmes moteurs (cortex moteur, thalamus, noyaux gris, cervelet, tronc cérébral, moelle épinière).**

**L'unité motrice désigne l'ensemble fonctionnel constitué du motoneurone et des fibres musculaires qu'il innerve.**

**Chaque fibre musculaire n'est innervée que par une seule ramification axonale**

**Le nombre de fibres musculaires innervées et la taille du motoneurone (taille corps cellulaire et diamètre & longueur de l'axone) et sont approximativement proportionnels.**

**Le nombre de fibres innervées par un seul motoneurone = le rapport d'innervation.**

**La taille des unités motrices est variable :**

- 10 fibres musculaires pour les muscles oculaires**
- 100 pour des muscles de la main**
- 1000 fibres musculaires pour les gros muscles impliqués dans la posture.**

**Les propriétés des unités motrices pour le mouvement sont liées à leur caractéristiques biochimiques et morphologiques.**

**Le muscle dispose de 3 filières pour produire de l'énergie :**

- 1) ATP contenue dans les myofibrilles, son importance est mesurée par l'activité de l'enzyme ATPase qui métabolise l'ATP**
- 2) métabolisme oxydatif opérant dans la mitochondrie. Son importance est mesuré par l'activité de 2 enzymes : succinate déshydrogénase et la NADH déshydrogénase.**
- 3) le glycogène, dont le métabolisme est anaérobie.**

## Trois types d'unités motrices :

1- « fibres » rapides fatigables (*A, FF*)

2- « fibres » rapides résistantes à la fatigue (*B, FR*)

3- « fibres » lentes résistantes à la fatigue (*C, S*)

- **Les unités motrices rapides fatigables :**

Vitesse de conduction la plus élevée, peu vascularisées (capillaires) , ATP & glycogène.

- **Les unités motrices rapides résistantes:**

ATP & glycogène, vascularisées.

- **Les unités motrices lentes :**

Très peu de fibres musculaires, motoneurones de petit diamètre, vitesse de conduction lente, grand nombre de mitochondries, type oxydatif, très vascularisées.

## Propriétés des unités motrices :

<b>Type</b>	<b>Rapides fatigables</b>	<b>Rapides résistantes</b>	<b>Lentes</b>
<b>Diamètre fibre</b>	<b>Large</b>	<b>Moyen</b>	<b>Petit</b>
<b>ATPase</b>	<b>Élevé</b>	<b>Élevé</b>	<b>Bas</b>
<b>Glycogène</b>	<b>Élevé</b>	<b>Élevé</b>	<b>Bas</b>
<b>Succinate déshydro.</b>	<b>Bas</b>	<b>Moyen</b>	<b>Élevé</b>
<b>NADH déshydro.</b>	<b>Bas</b>	<b>Moyen</b>	<b>Élevé</b>
<b>Vitesse conduction</b>	<b>80 m/s</b>	<b>intermédiaire</b>	<b>60 m/s</b>

**Les muscles contiennent une combinaison des trois types d'unités motrices dans des proportions très variables.**

**Les muscles lents (unités motrices lentes) sont typiquement rouges.**

**Les muscles rapides (unités motrices rapides) sont typiquement blancs.**

**Dans le muscle l'ordre de recrutement des unités motrices est déterminé par le SNC; il obéit **une règle de coordination.****

## **Principe d'Henneman (principe de la taille) :**

**Au sein d'un muscle les petites unités motrices sont recrutées avant les grandes**

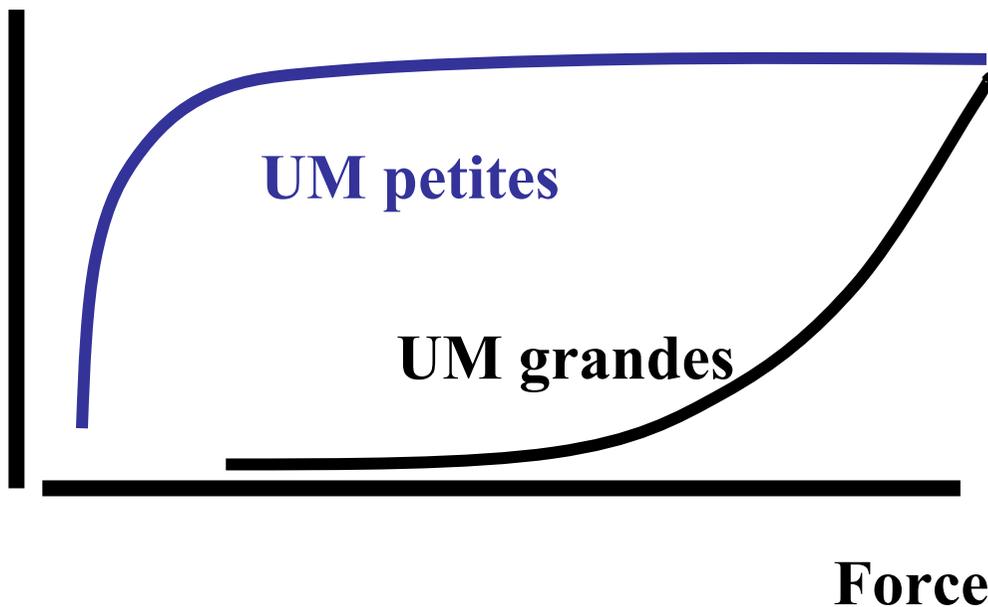
**Pour une contraction d'intensité modérée la force est produite essentiellement par les unités lentes.**

**Si la force de contraction est augmentée, les motoneurones plus volumineux rentrent en jeu et permettent le recrutement d'unités motrices plus grandes.**

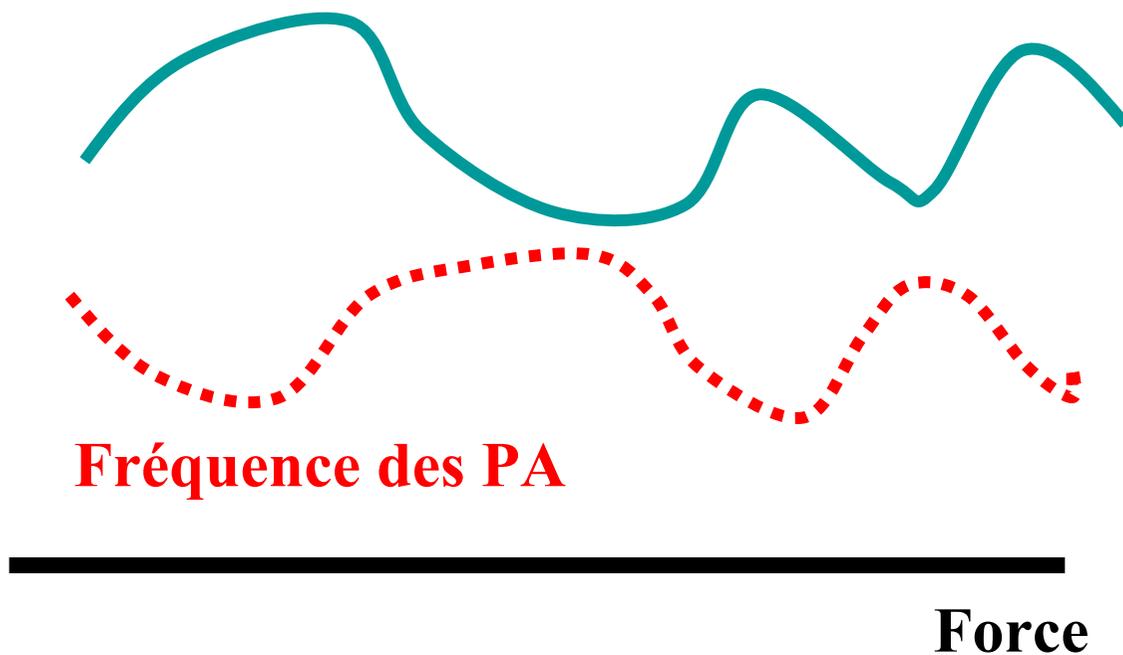
**L'ordre de relâchement est inverse : d'abord les plus grandes unités, puis les plus petites.**

**Fréquence d'excitation des motoneurones  $\alpha$  stimulant les unités motrices, taille des unités motrices, et nombre des unités motrices recrutés déterminent le niveau de force produit.**

**% d'unités motrices recrutées**



**Nombre d'unités motrices recrutées**



**• L'ordre de recrutement des unités et la fréquence de décharge des unités sont les deux principaux mécanismes de régulation de la force musculaire.**

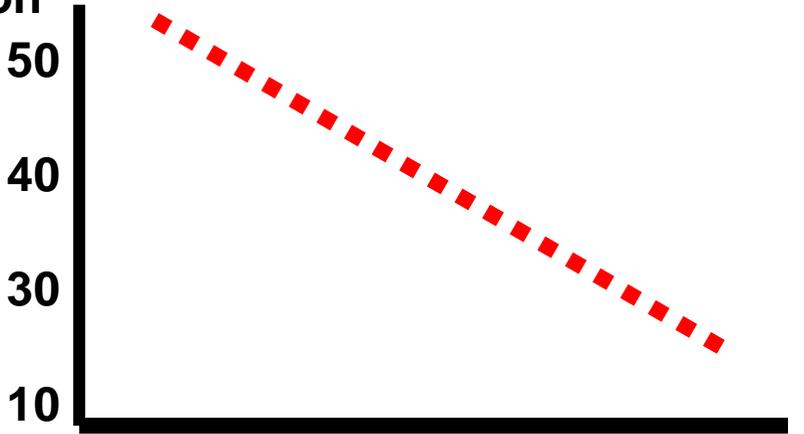
**• Lors de contractions musculaires soutenues certaines unités motrices sont alternativement contractées puis relâchées pendant que de nouvelles sont recrutées, ou que la fréquence de décharge de celles qui sont contractées varie.**

**• Le principe d'Henneman ne décrit pas pour un niveau de force donnée quelles unités motrices sont recrutées et à quelle fréquence de décharge mais délimite les solutions de séquences coordonnées de recrutement.**

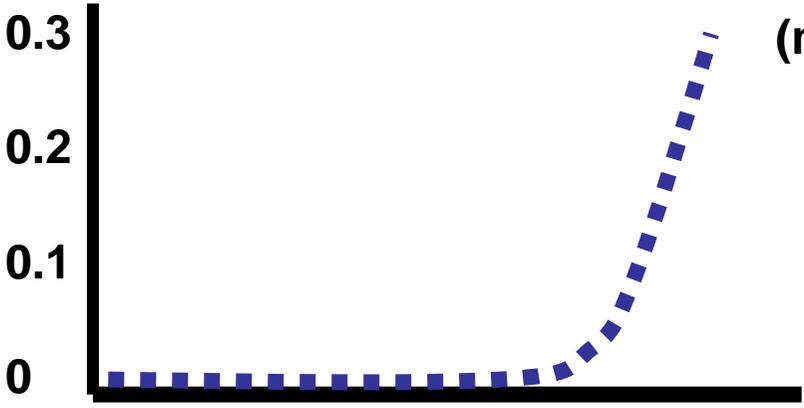
**La contribution d'une unité motrice à la production de force musculaire dépend de 2 facteurs :**

- la taille de l'unité motrice (indiquée par la vitesse de conduction par exemple)**
- la fréquence des potentiels d'action arrivant à l'unité motrice.**

**Temps de contraction (msec)**



**Force Tétanique maximum (N)**



**Vitesse de conduction (m/sec)**

**40 50 100**

**Vitesse de conduction (m/sec)**

**Les fréquences de décharges des motoneurones sont comprises entre 8 et 35 Hz, les secousses musculaires se fusionnent pour provoquer un tétanos.**

**Les unités motrices ne sont généralement pas synchronisées, mais lors de la fatigue musculaire la synchronisation apparaît pour maintenir un niveau de force élevé.**