

# Les réflexes

**Le fonctionnement neuromoteur inclue des réflexes situés dans la moelle épinière mais modulé par le SNC**

**Il existe 3 types de motoneurones dans la corne ventrale antérieure de la moelle épinière :**

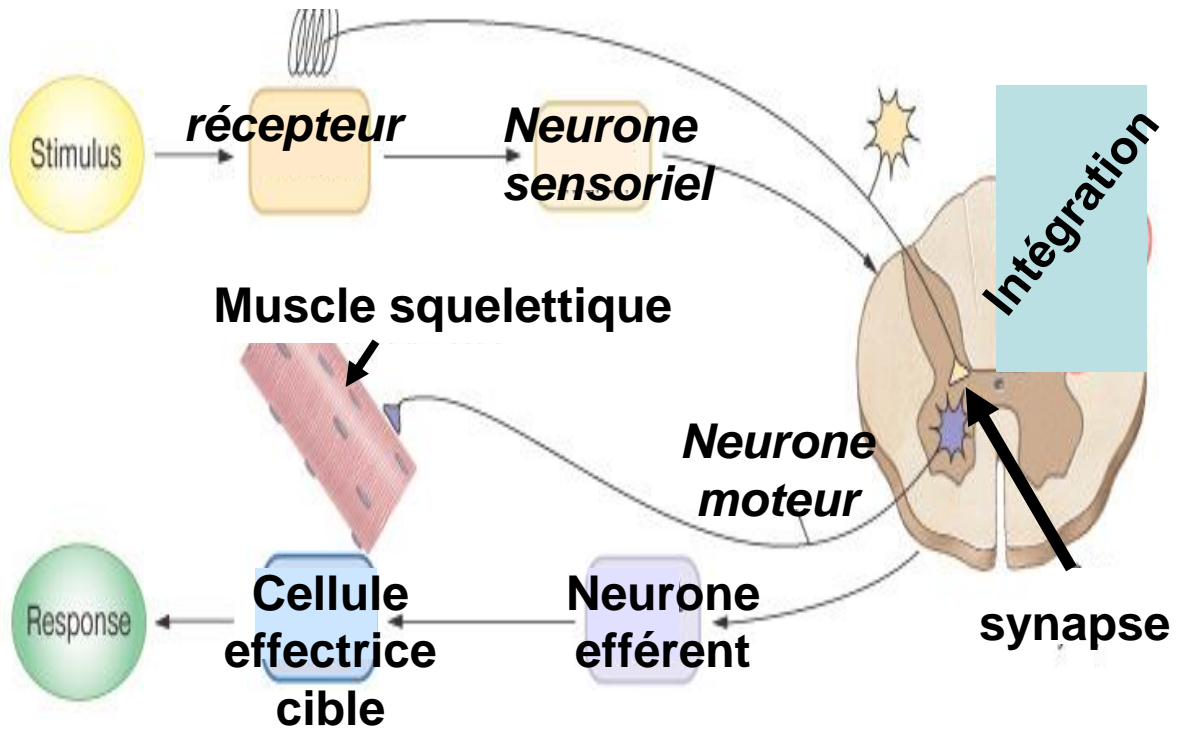
- **Alpha**
- **Beta**
- **Gamma**

**\* pour les muscles de la tête et du cou : localisation dans le tronc cérébral.**

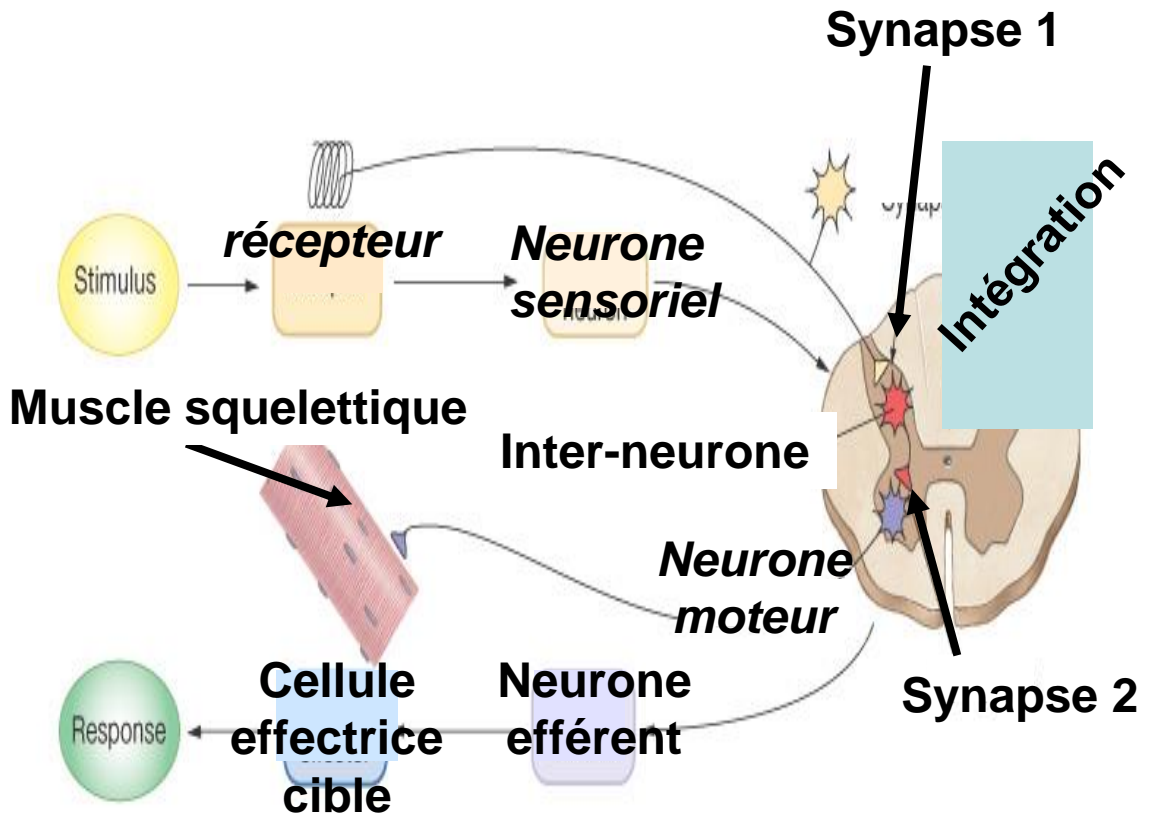
## **Un réflexe moteur exige 5 éléments :**

- 1) Un récepteur pour « coder » un message physique**
- 2) un axone sensitif afférent pour transporter le message à la moelle épinière**
- 3) Un centre d'intégration comportant une ou plusieurs synapses aboutissant au/**
- 4) ...motoneurone et à son axone efférent qui met en jeu/**
- 5) ...l'effecteur composé des fibres musculaires de l'unité motrice du motoneurone**

# Reflexe monosynaptique



# Reflexe poly-synaptique



**Les réflexes se caractérisent par un délai entre stimulation et réponse :**

**Le temps de latence**

**-> 0.5 ms pour les réflexes monosynaptiques les plus simples**

**Plus le nombre de synapses est grand, plus le temps de latence est grand**

**Il comprend :**

- Temps de transmission afférent**
- Temps d'intégration**
- Temps de transmission efférent**

## Réflexe général de flexion/ de retrait (polysynaptique) :

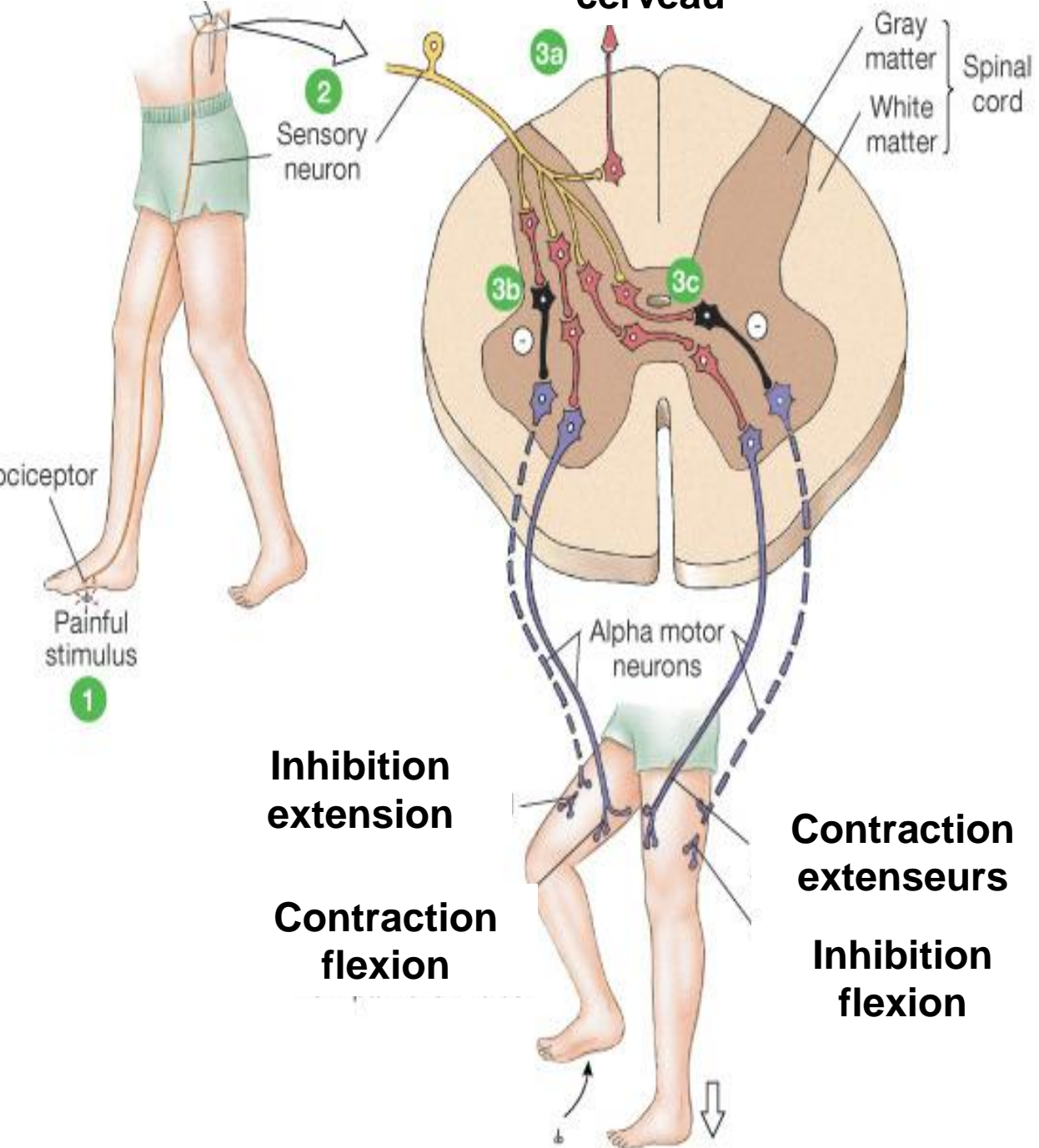
Douleur (stimulation d'un nerf cutané) entraîne la **flexion** du membre pour soustraire celui-ci à la stimulation.

*Ceci s'accompagne :*

- Une **inhibition des muscles extenseurs**  
→ **inhibition réciproque**
- Une **extension** du membre contralatéral

# Moelle épinière

# Ascendant cerveau





## Réflexe myotatique (monosynaptique) :

Force de résistance à l'allongement lorsqu'on étire un muscle/ contraction réflexe qui s'oppose à l'étirement du muscle.

A l'origine du tonus musculaire qui s'oppose à la pesanteur.

Récepteur musculaire à l'étirement et fibres afférentes de la boucle myotatique :

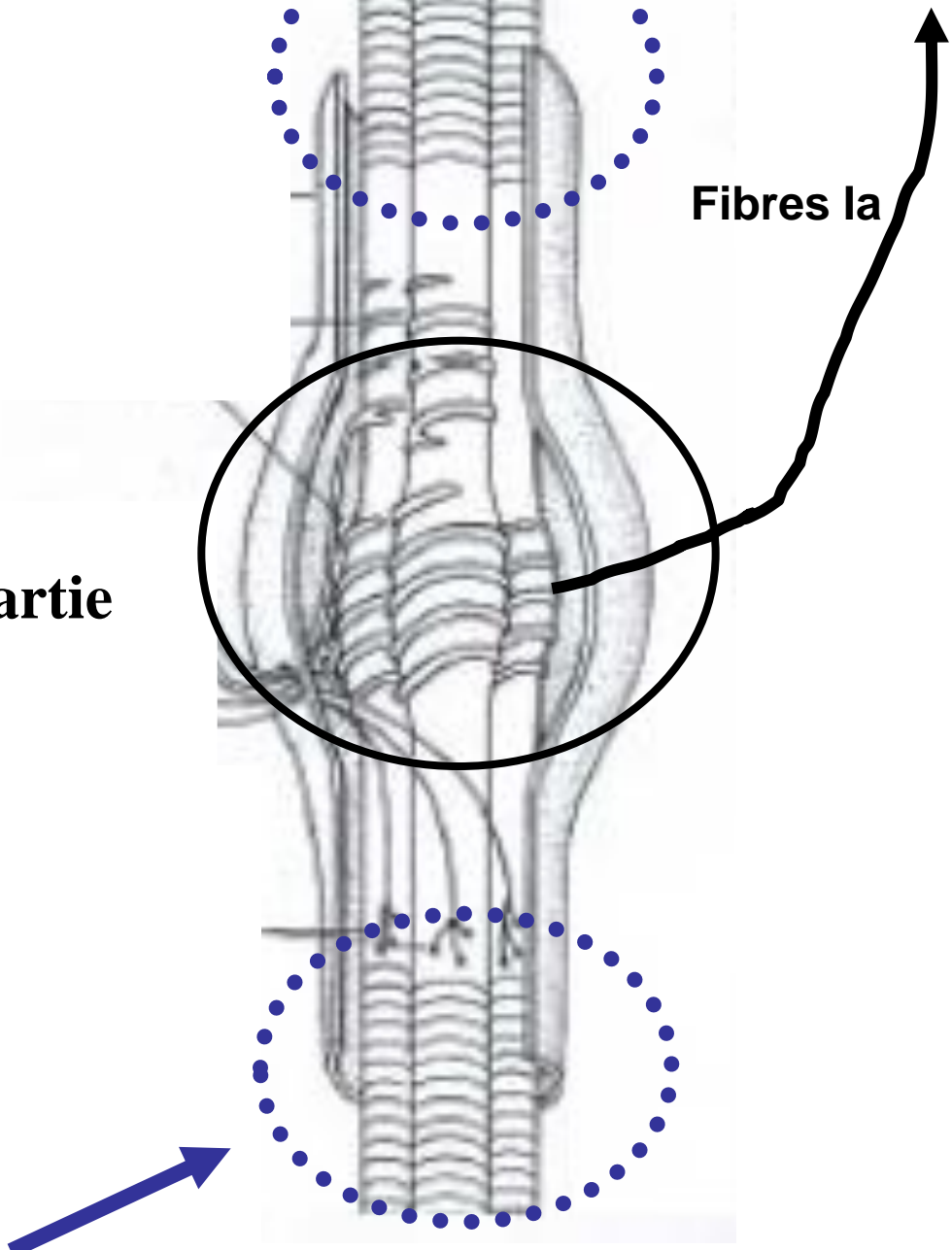
Des fibres afférentes de gros diamètre, **fibres Ia**, déchargent à une fréquence continue quand une tension constante est appliquée au muscle.

Ces fibres innervent un récepteur : les **fuseaux neuromusculaires**, situés en parallèle des fibres musculaires.

# Fuseaux neuromusculaires

**Fibres enroulés dans la partie centrale**

**Fibres Ia**



**La partie contractile module la sensibilité des récepteurs en les déformant mécaniquement**

## **Fuseaux neuromusculaires :**

- **Deux extrémités tendineuses reliés aux deux tendons musculaires.**
- **Une partie centrale qui constitue le récepteur proprement dit.**
- **Intercalés, de part et d'autre de la partie centrale, une partie contractile.**
- **La fibre Ia s'enroule autour de la partie centrale.**
- **La fibre Ia va activer le motoneurone pour contracter le muscle et s'opposer à l'étirement.**
- **Un élément déterminant du maintien des postures.**

## **Deux types de fibres musculaires :**

- **Fibres extrafusales (fibres squelettiques)**
- **Fibres intrafusales (fibres fusimotrices)**

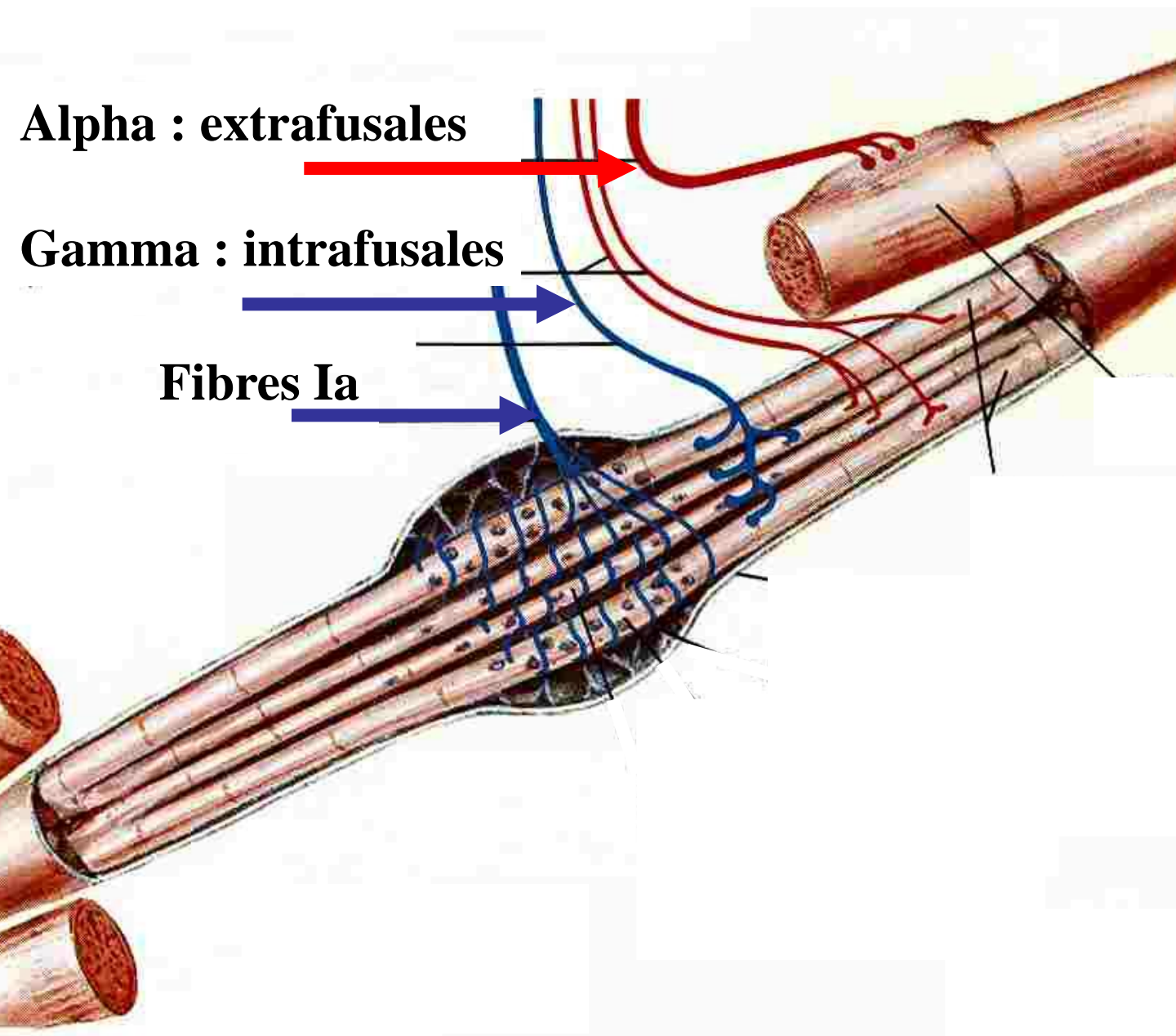
**Alpha : extrafusales**



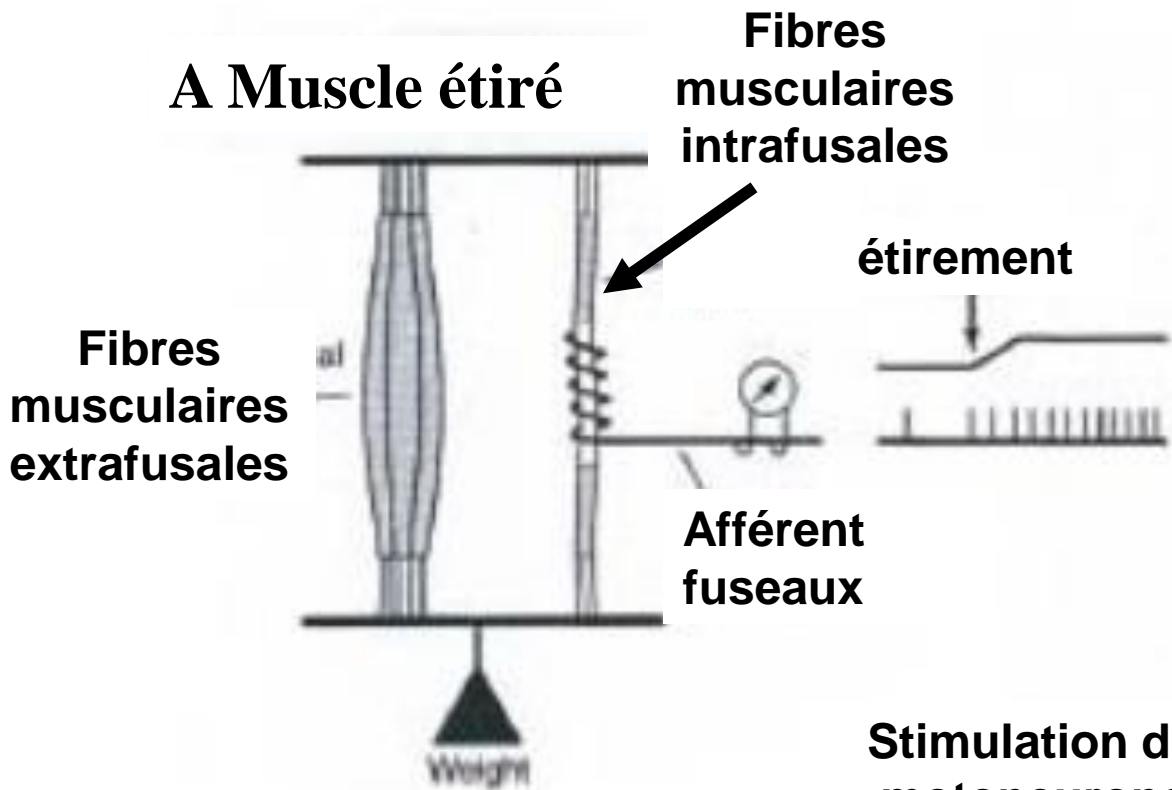
**Gamma : intrafusales**



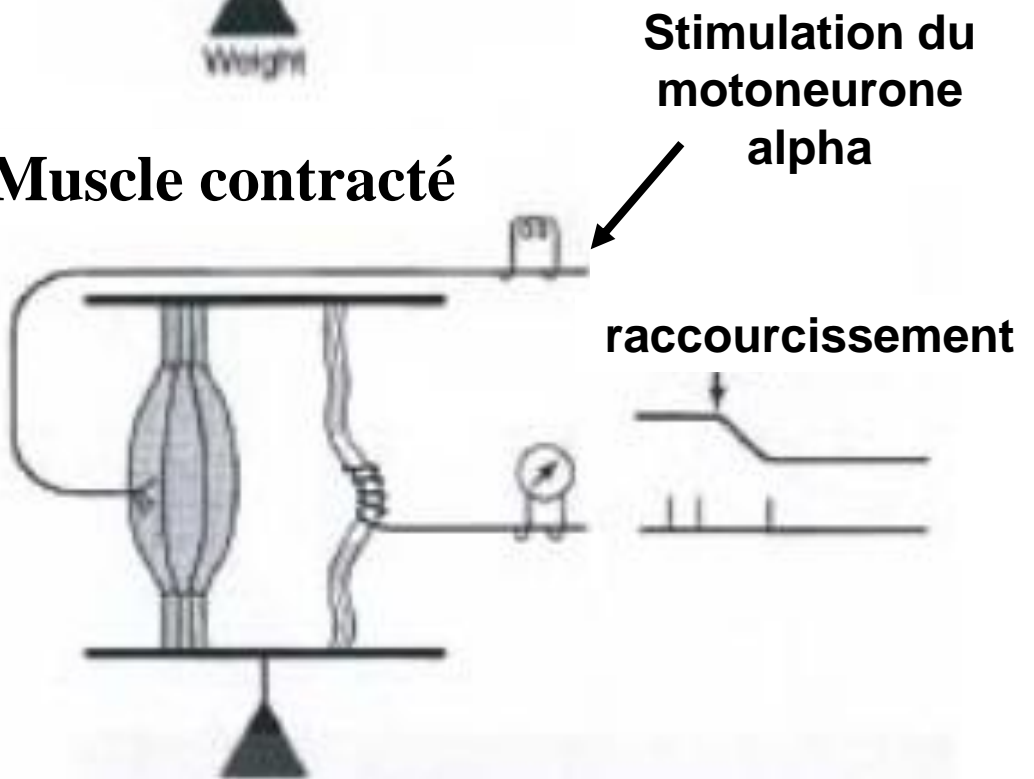
**Fibres Ia**

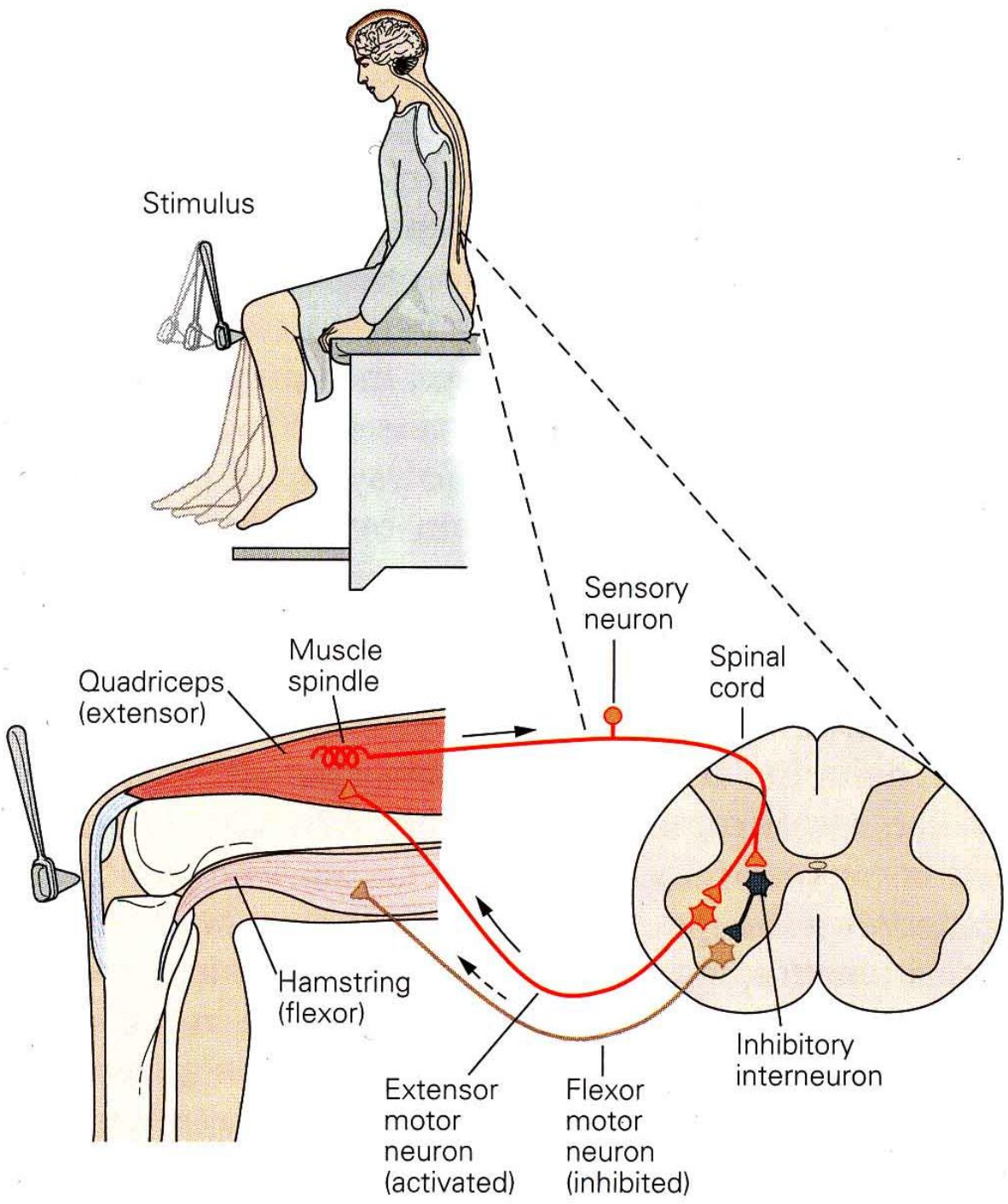


## A Muscle étiré



## B Muscle contracté





**Fuseaux primaires : déchargent en réponse à la longueur et à la vitesse de changement de longueur (fibres afférentes Ia).**

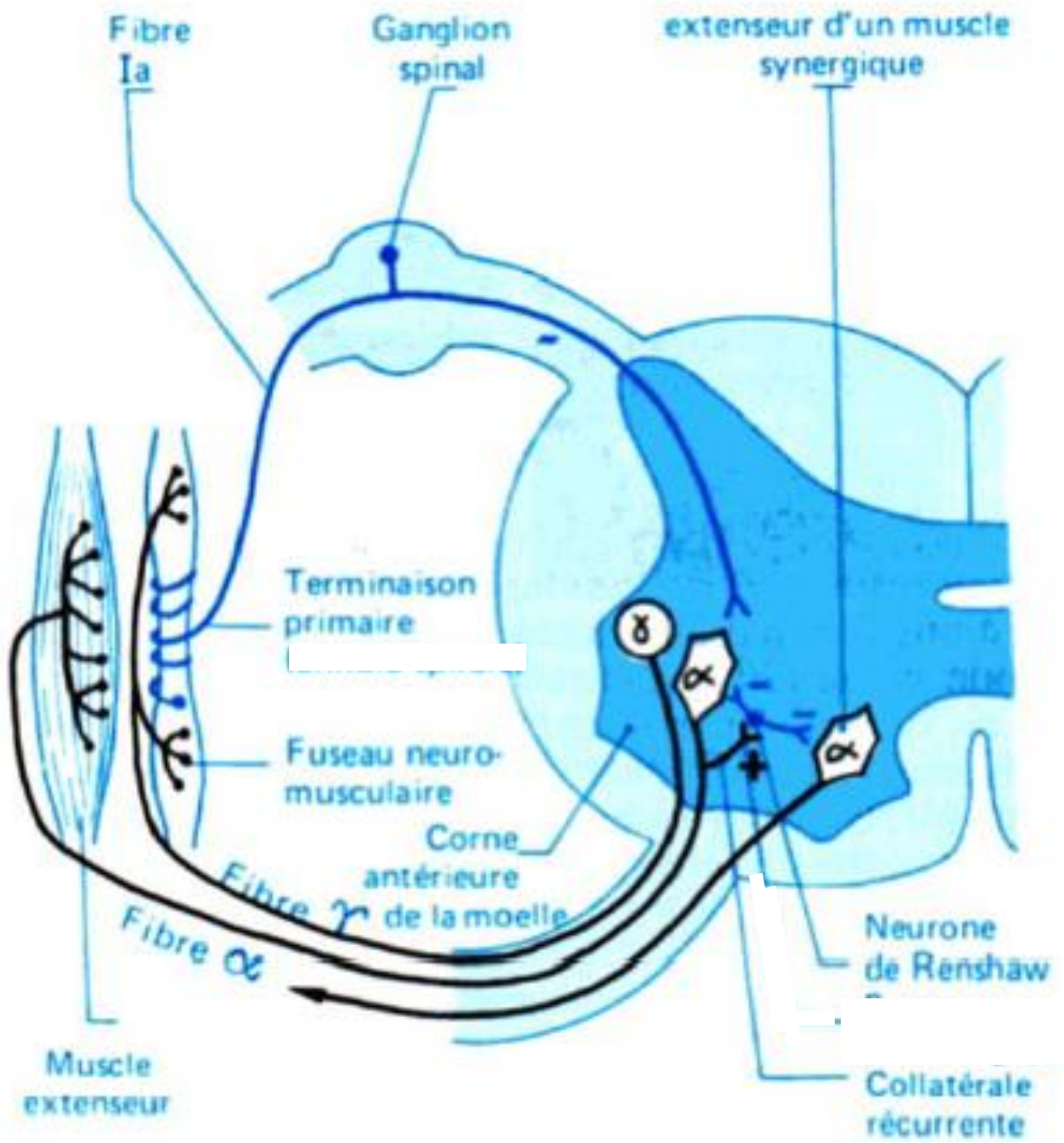
**Fuseaux secondaires : sensibles seulement à la longueur instantanée. (fibres afférentes II).**



## **Fuseaux neuromusculaires reçoivent une innervation motrice :**

- les motoneurones Beta et **Gamma**
- Action des neurones Gamma sélective de la sensibilité à la longueur (statique), et aux variations de longueur (dynamique) :  
**→ Modulation du niveau d'activité d'une fibre afférente.**

**Pendant le raccourcissement du muscle par activation des motoneurones **alpha**, les fibres fusimotrices se contractent pour retendre le fuseau et donc conserver sa sensibilité quelque soit la longueur du muscle.**

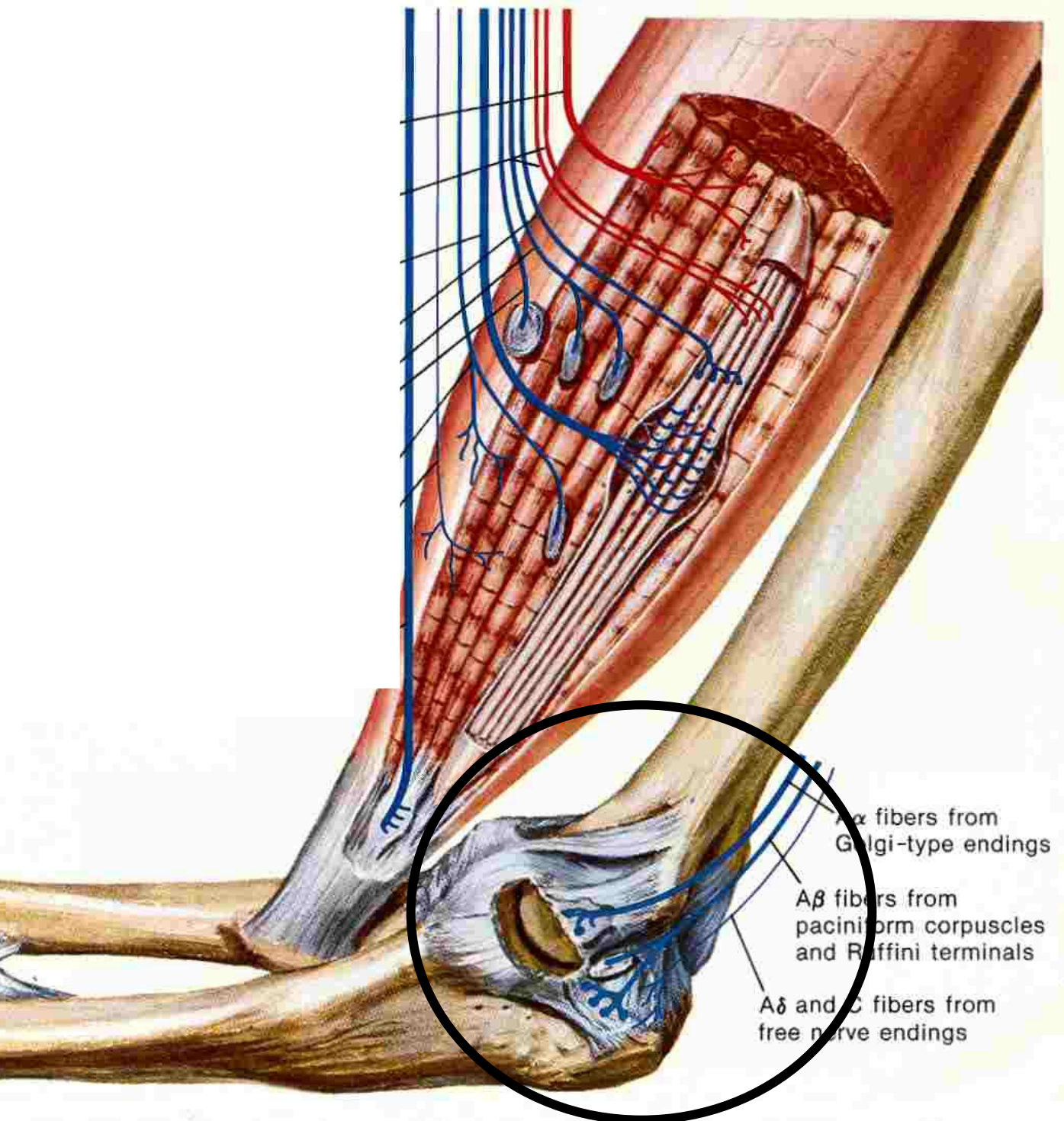


## **Les organes tendineux de Golgi :**

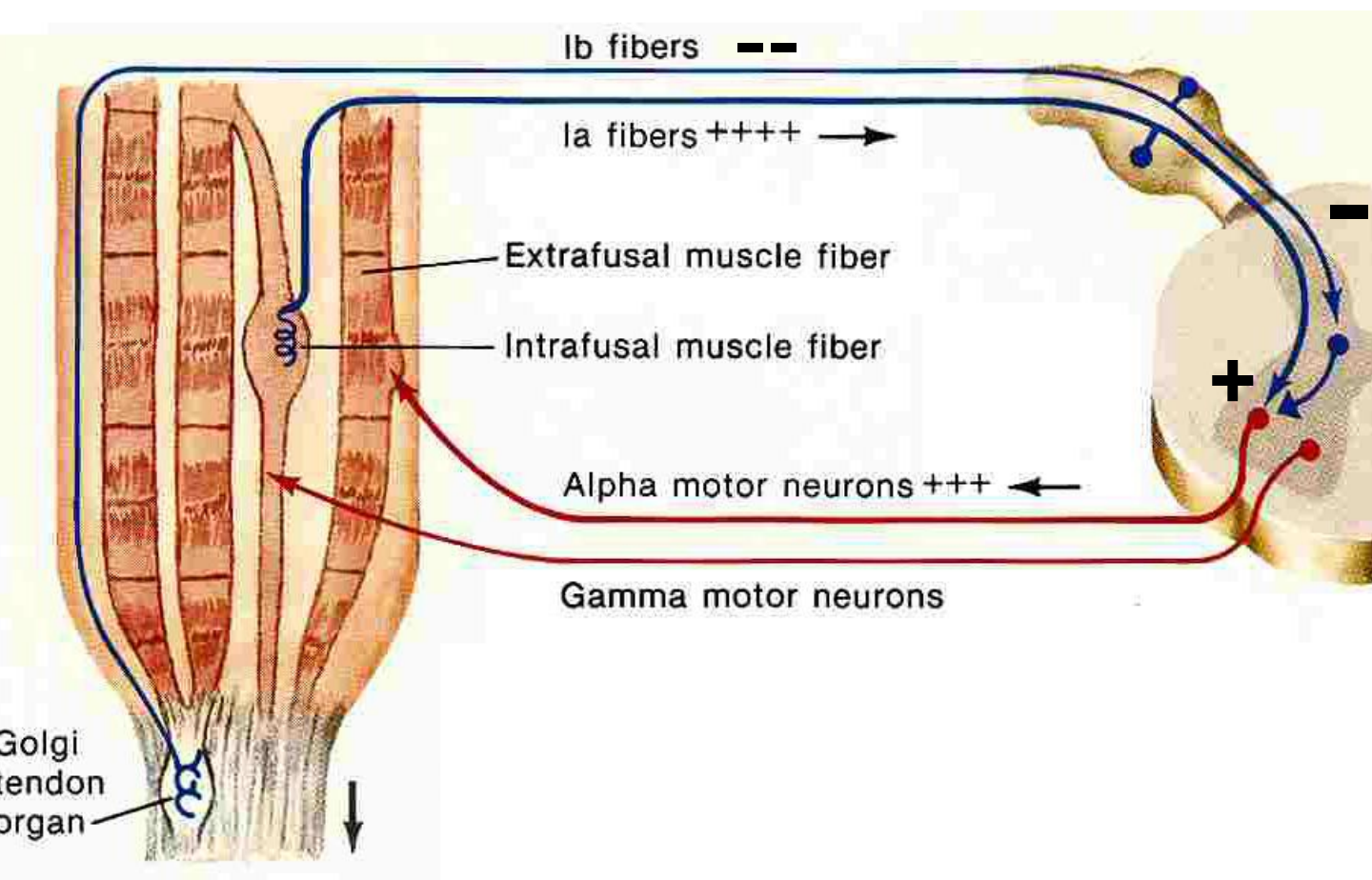
- **Sensibles à la force développée dans le muscle.**
- **Leur fréquence de décharge est proportionnelle à la force développée.**
- **La dépolarisation est causée par déformation mécanique des terminaisons sensibles.**

**Les organes tendineux de Golgi reçoivent les fibres Ib.**

**La fonction : protection des tendons par inhibition des motoneurones alpha**

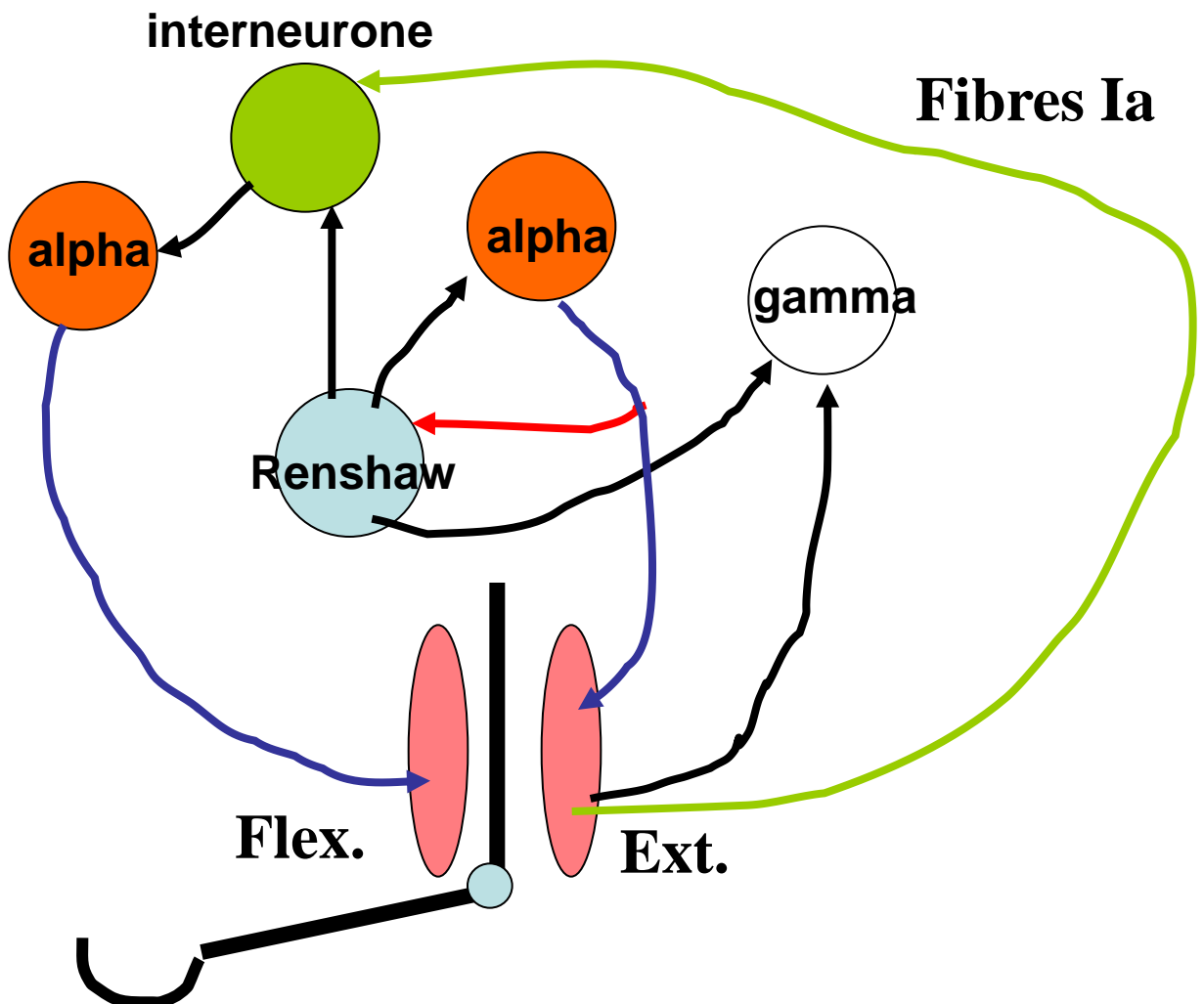


## Organes tendineux de Golgi



## La cellule de Renshaw situé dans la corne antérieure :

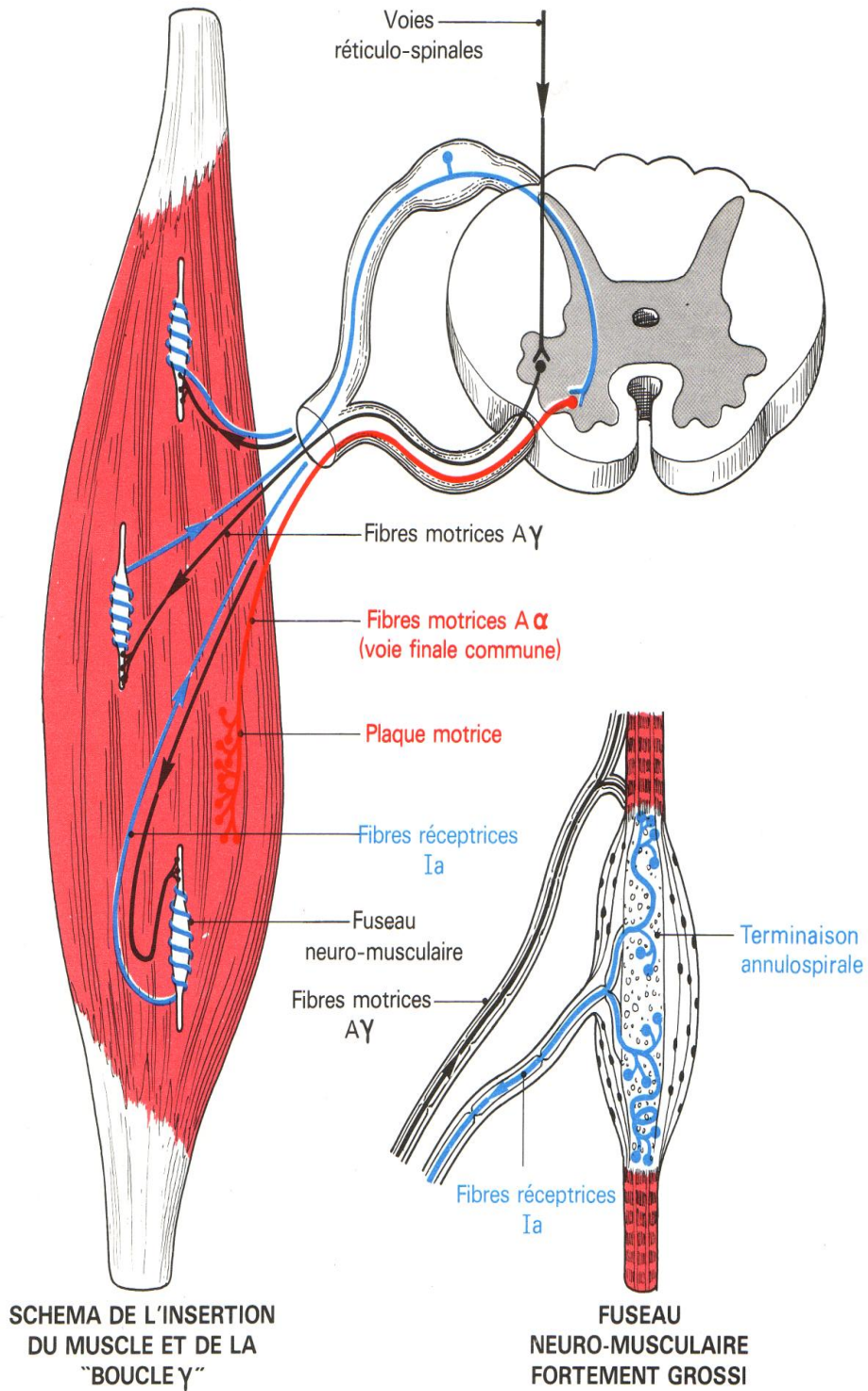
- **Excitée par un motoneurone alpha, en retour inhibe celui-ci ainsi que le motoneurone alpha des muscles synergistes**
- **Et inhibe les motoneurones fusimoteurs (Beta, Gamma).**



## **Fonction de la cellule de Renshaw:**

- **Inhibe (hyperpolarisation)**
- **répond à la stimulation avec une décharge > 100 Hz**
- **Limite/ régule la fréquence de décharge maximum des motoneurones**

# Contrôle du tonus musculaire : Motoneurone Gamma « boucle $\gamma$ »

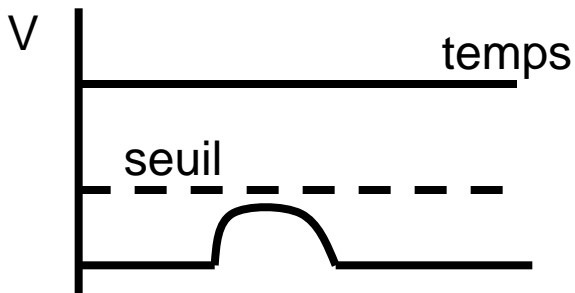




## L'inhibition :

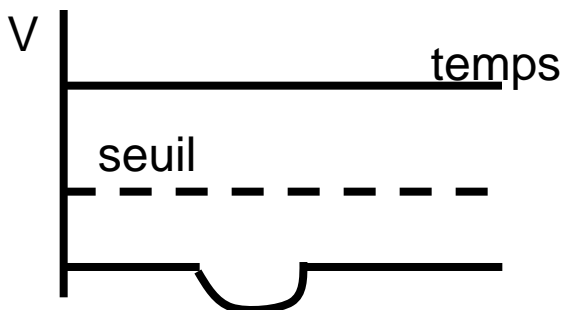
### *Des synapses excitatrices et inhibitrices*

- Potentiel post synaptique de dépolarisation



Excitatrices  
PPSE

- Potentiel post synaptique d'hyperpolarisation



Inhibitrices  
PPSI

*modulateurs  
spécifiques*

Pour les deux types : sommation spatiale et temporelle

## Deux types d'inhibitions :

- Interneurones **la** :

Inhibition des motoneurones alpha des muscles **antagonistes** par les interneurones **la** recevant une excitation par les fibres **la** suite à un étirement.

- Renshaw :

Inhibition des motoneurones alpha et gamma du pool de motoneurones, et des interneurones **la**.

→ Fonction = “rétro- contrôle négatif”, minimiser les changements brusques.

## Rétro- contrôle Renshaw

→ évite une destabilisation face à une perturbation externe

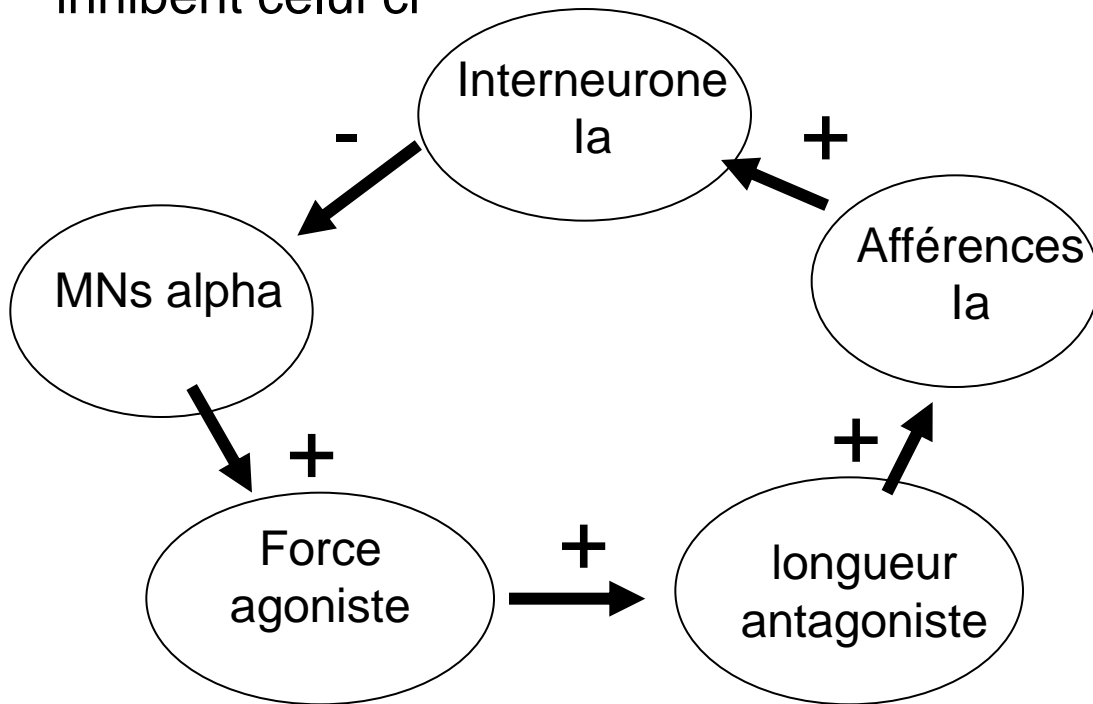
→ reçoit un **flux descendant** des centres supérieurs

- **inhibition** Renshaw : permet un changement soudain d'activité des motoneurones pour la production soudaine de force

- **excitation** Renshaw : diminution de possibilité d'accidents dans l'activité des motoneurones alpha

## Les interneurones Ia (afférences fuseaux neuromusculaires) :

- Envoyent leur axones vers le muscle antagoniste, inhibent celui ci



Diminution de l'activité des MNs du muscle antagoniste

## Réflexes de protection, extrinsèques, polysynaptiques

- coordination de l'un des membres pour le soustraire à une stimulation douloureuse, (réflexe ipsilatéral de flexion).
- inhibition réciproque des extenseurs.
- propagation (verticale, moelle épinière) aux autres ceintures (quadrupèdes) pour assurer la posture.

## Réflexes contrôlant la contraction musculaire, intrinsèque, oligosynaptiques

- “rétro-contrôle”, le **réflexe myotatique** contrôle la longueur du muscle.
- utilise les fuseaux neuromusculaires pour mesurer le paramètre “asservi” (*contrôlé*).
- **interneurone Ia** inhibe les antagonistes.

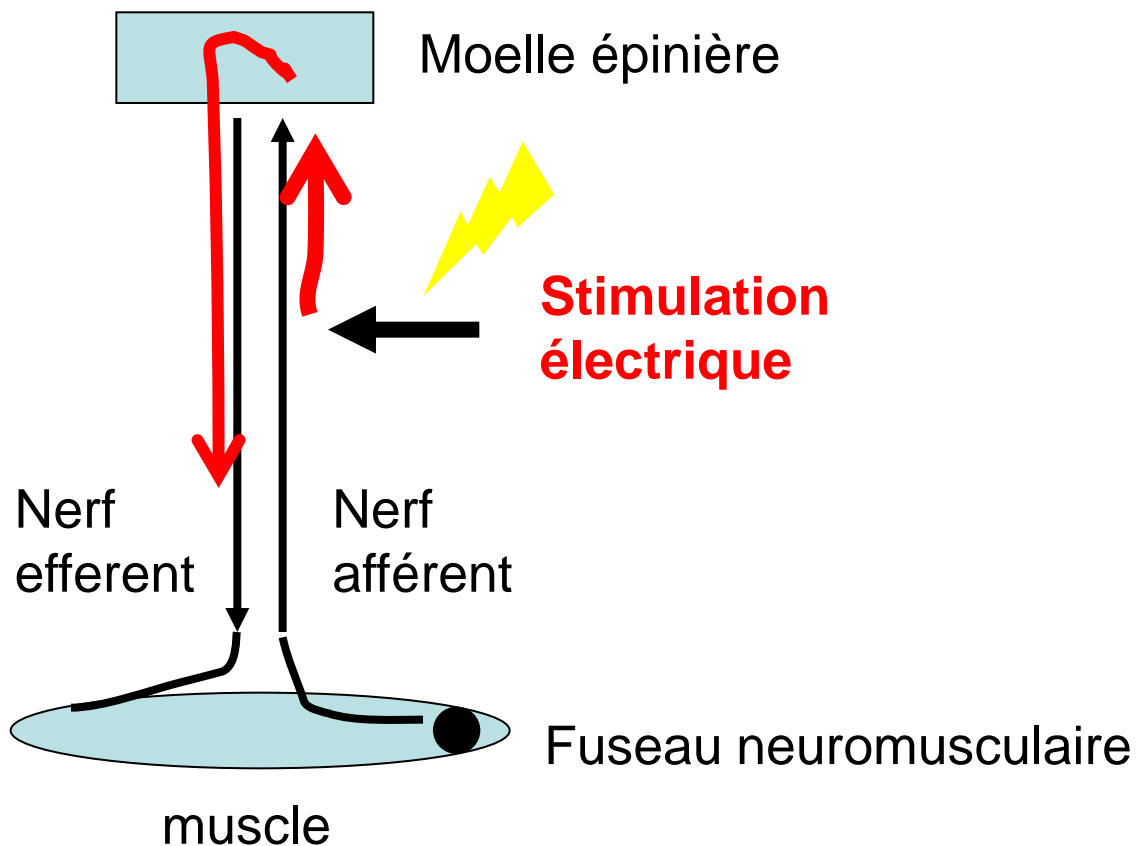
## Fonction du réflexe myotatique

Maintien de la position : posture

- Particulièrement développé dans les muscles antigravitaires (extenseurs)
- Mais : entrave potentielle du mouvement qui modifie la longueur du muscle, il faut une nouvelle consigne de position à maintenir correspondant au mouvement désiré
- **Clinique** : “réflexe tendineux” (“réflexe T), percussion par un marteau allonge le muscle et cause la contraction (détection des détériorations nerveuses)
- Stimulation électrique d'un nerf musculaire pour le recrutement des fibres Ia : réflexe H (Hoffman)

## Réflexe H

- Électrode sur un nerf moteur (nerf tibial pour activer le muscle triceps sural du molet.
- Voies efférentes et afférentes sont activées.
- **Mais** : les plus grosses fibres sont les voies afférentes la des fuseaux neuromusculaires, plus grosses que les axones des motoneurones alpha, elles s'activent en premier, vont activer les motoneurones.



**Si l'intensité de la stimulation est augmentée :**

- Activation directe du muscle par les axones des motoneurones alpha : **Réponse M.**

**Deux directions :**

- Activation directe vers le muscle : **orthodromique.**

- Vers la moelle épinière puis activation du muscle par réflexe : **antidromique.**



## Reflexe d'inhibition autogénique

- Contrôle la force de contraction.
  - Déclenchement par activité des organes tendineux de Golgi (aponevroses et tendons).
  - Inhibition des muscles agonistes, et synergistes, par les fibres Ib.
- Fonction : protection des tendons ? “Réflexe myotatique inverse” ?
- détecteur très sensible des variations de force mais stoppe quand la contraction est prolongée :
- amortir, “lisser”, les mécanismes transitoires dans la contraction, éviter des secousses quand la variation de la force est importante.

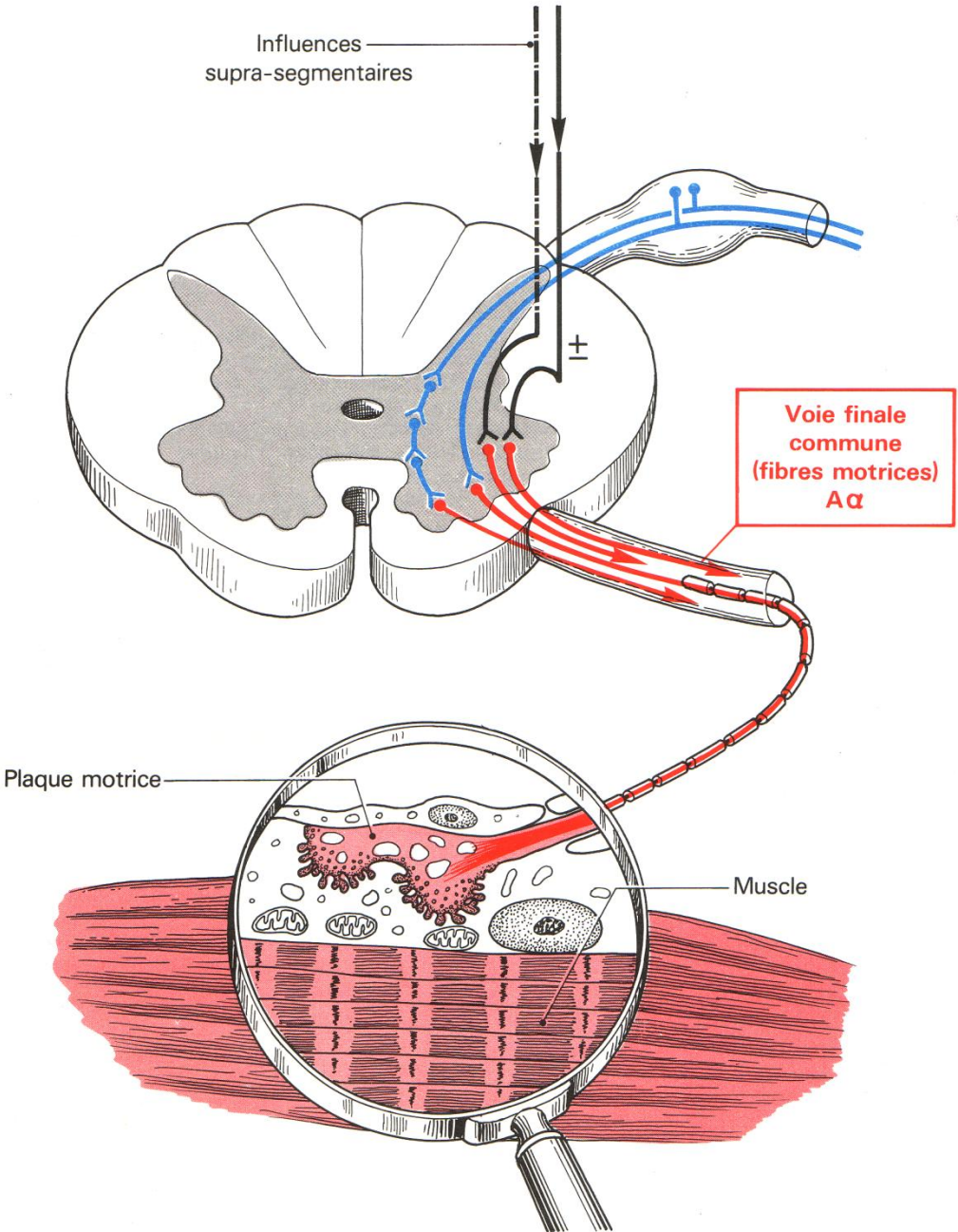
## Réflexe de vibration

Vibration musculaire d'amplitude 1 mm et de fréquence 100 Hz active les terminaisons de tous les fuseaux du muscle.

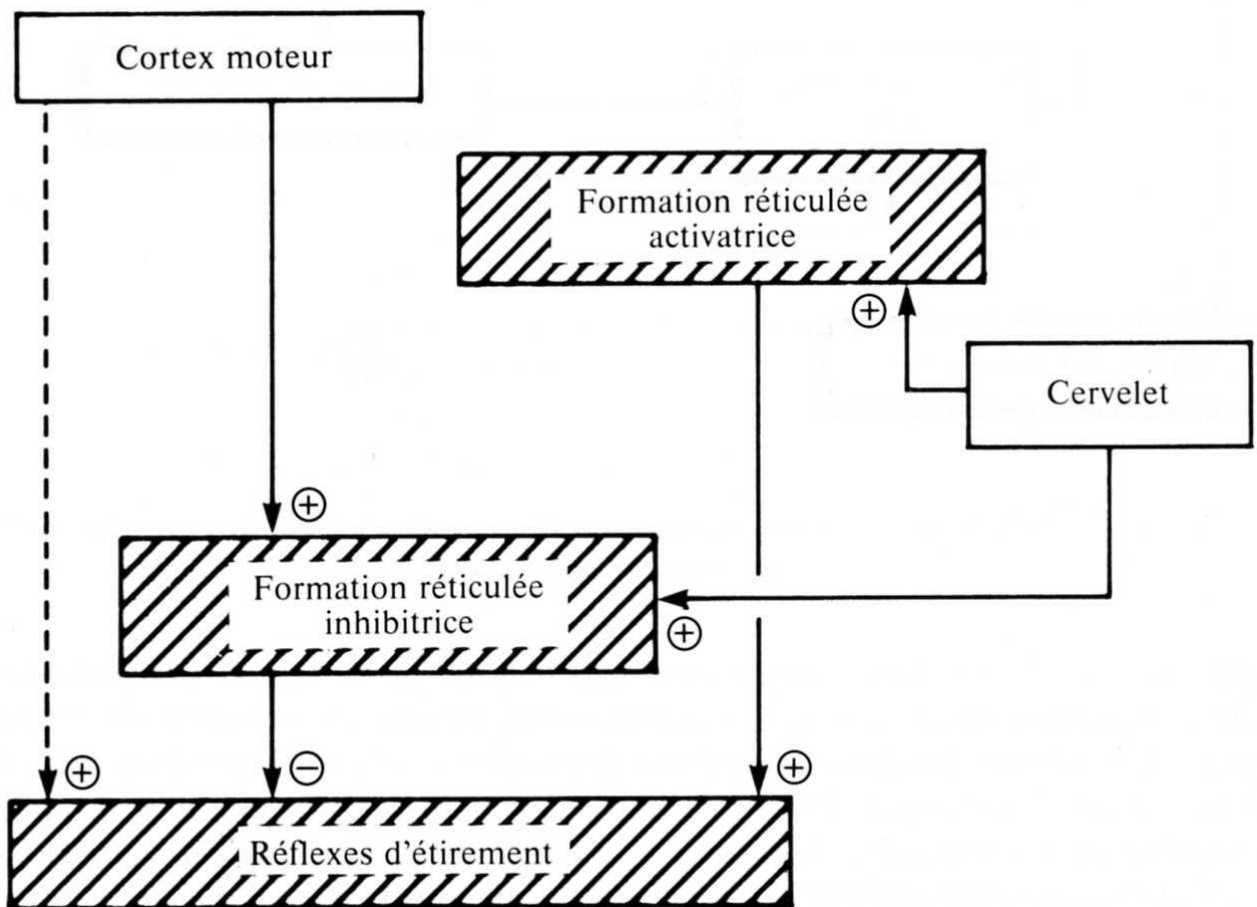
→ Contraction tonique du muscle stimulé.

Peut être volontairement supprimer par le sujet.

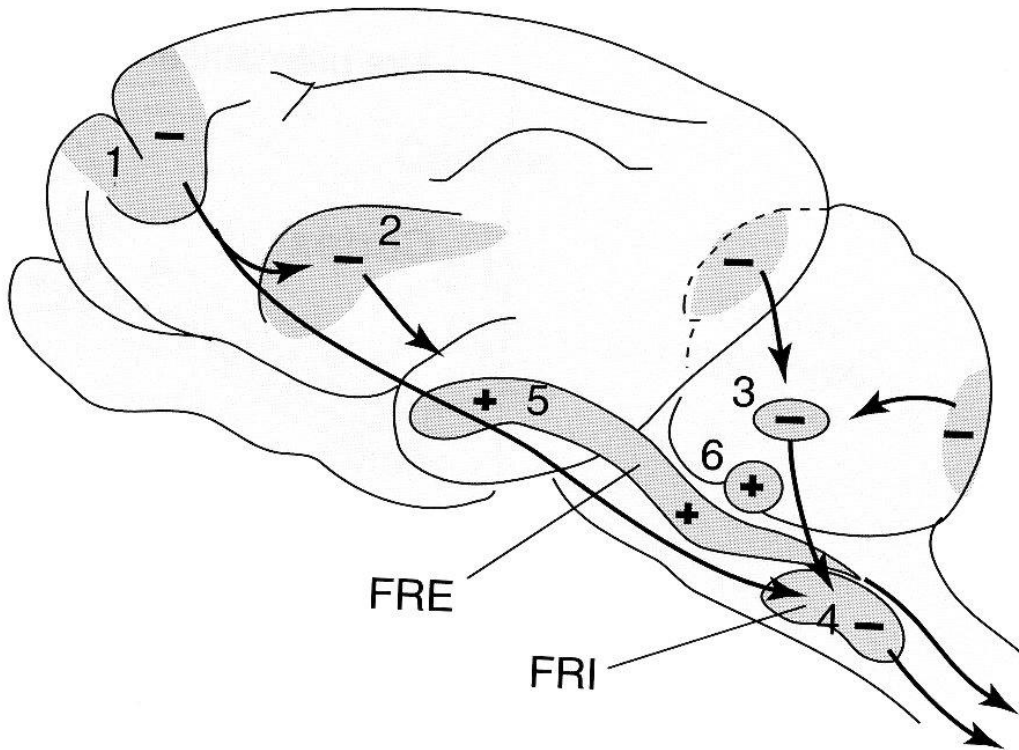
# La voie finale commune = Motoneurone A alpha



# Contrôle du tonus musculaire par formations réticulées du tronc cérébral via la boucle Gamma



# Contrôle du tonus musculaire par formations réticulées du tronc cérébral via la boucle Gamma



**Réflexes d'étirement**

## Interactions entre voies réflexes

La plupart des interneurones, Ia, Ib, reçoivent des informations d'origine très multiples.

Exemple :

Le niveau de décharge des afférences Ib étant constant, la sortie des Ib peut varier à cause d'une influence des afférences Ia.

→ Couplages entre voies, interactions entre circuits rétro-actifs.

\* Attention au réductionnisme simpliste !

# Fibres motrices

	<b>Alpha</b>	<b>Beta</b>	<b>Gamma</b>
<b>type</b>	<b>myélinisée</b>	<b>myélinisée</b>	<b>myélinisée</b>
<b>Vitesse m/s</b>	<b>90 à 55</b>	<b>70 à 30</b>	<b>45 à 10</b>
<b>Cellules innervées</b>	<b>Fibres musculaires squelettiques</b>	<b>Fibres musculaires squelettiques <i>Et</i> <b>intrafusales</b></b>	<b>Fibres musculaires intrafusales</b>
<b>fonction</b>	<b>contraction</b>	<b>Contraction <i>Et</i> sensibilité fusoriale</b>	<b>sensibilité fusoriale</b>

