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 :

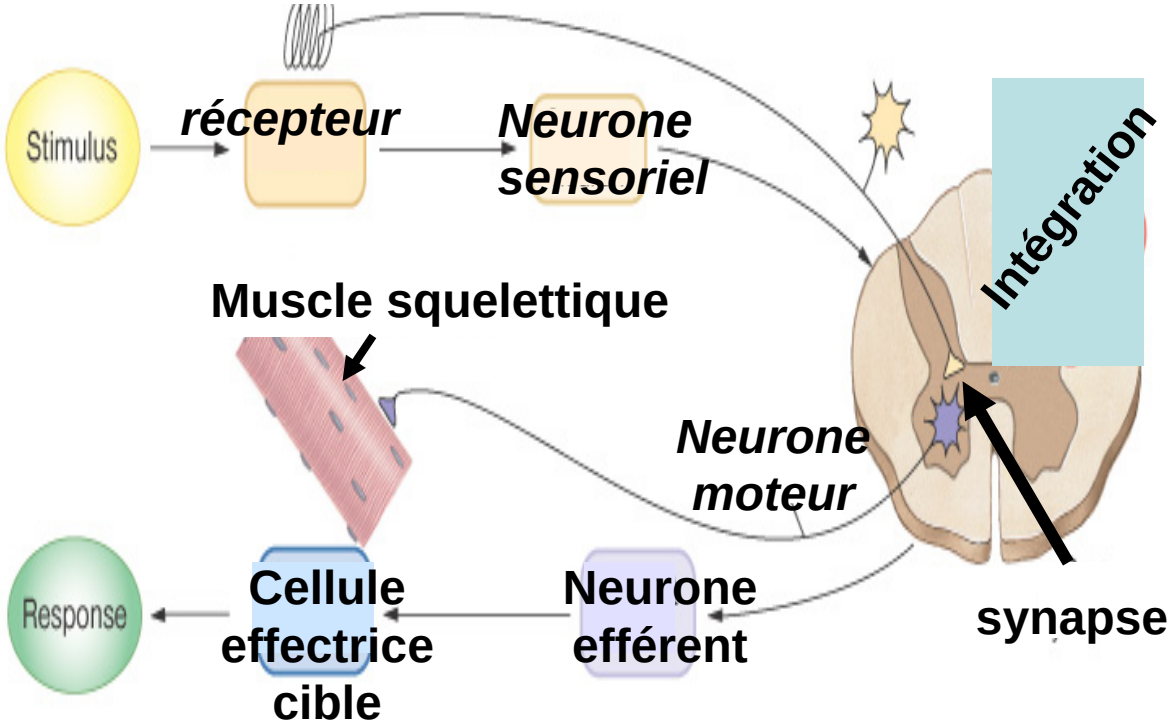
- **Alpha**
- **Beta**
- **Gamma**

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

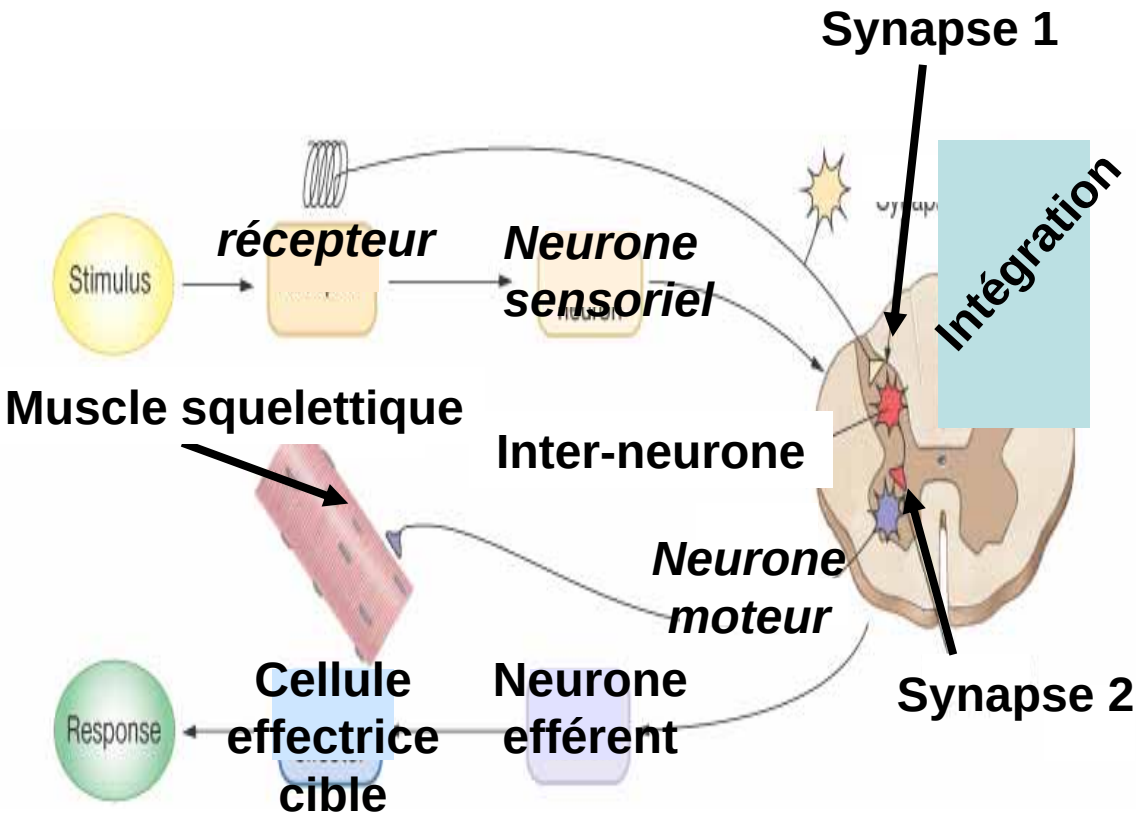
Un réflexe moteur exige 5 éléments :

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 tems 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.

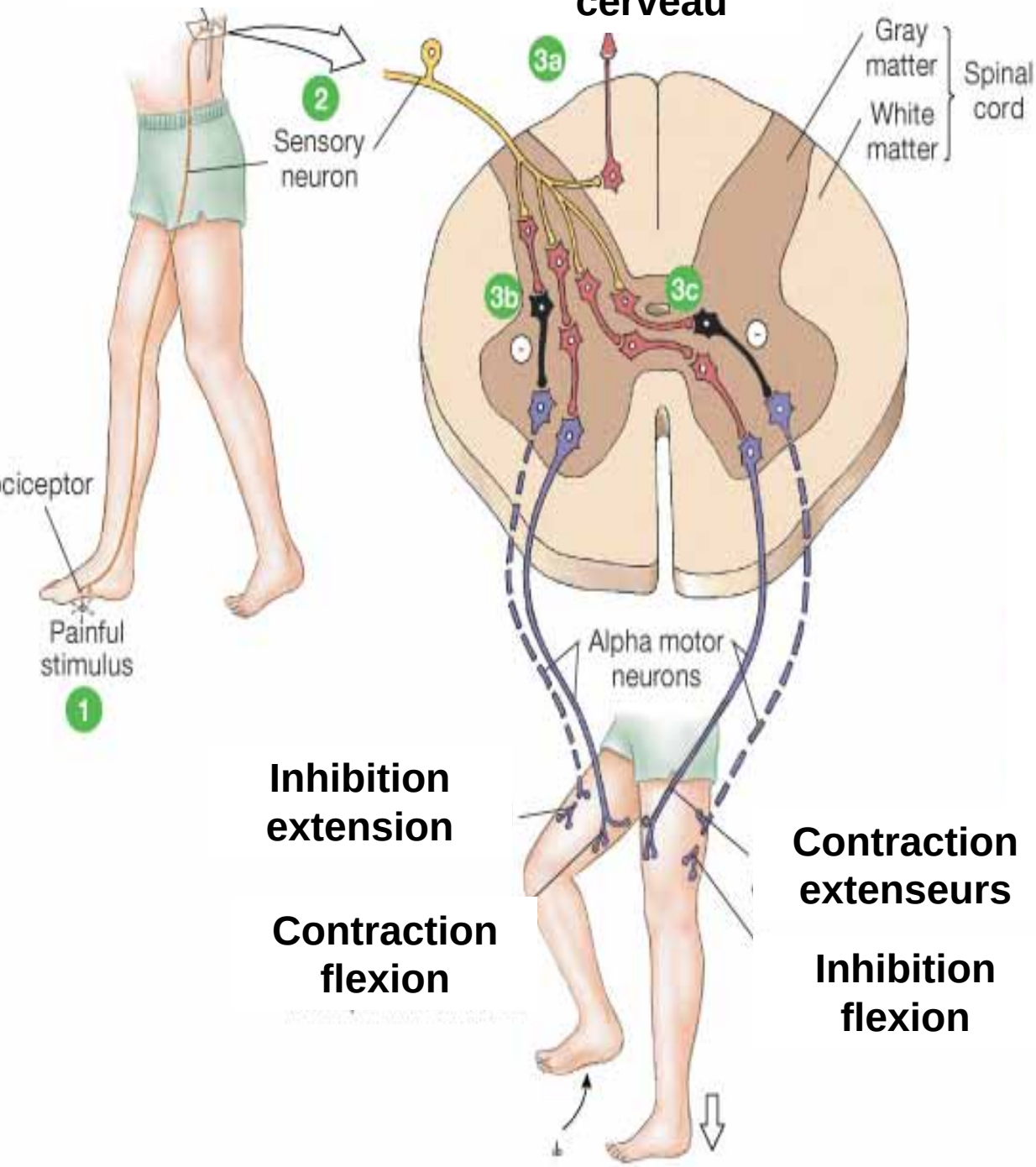
Ceci s'accompagne :

- Une inhibition des muscles extenseurs
→ inhibition réciproque

- Une extension du membre contralatéral

Moelle épinière

Ascendant cerveau



Inhibition extension

Contraction flexion

Contraction extenseurs

Inhibition flexion

Réflexe myotatique (monosynaptique) :

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

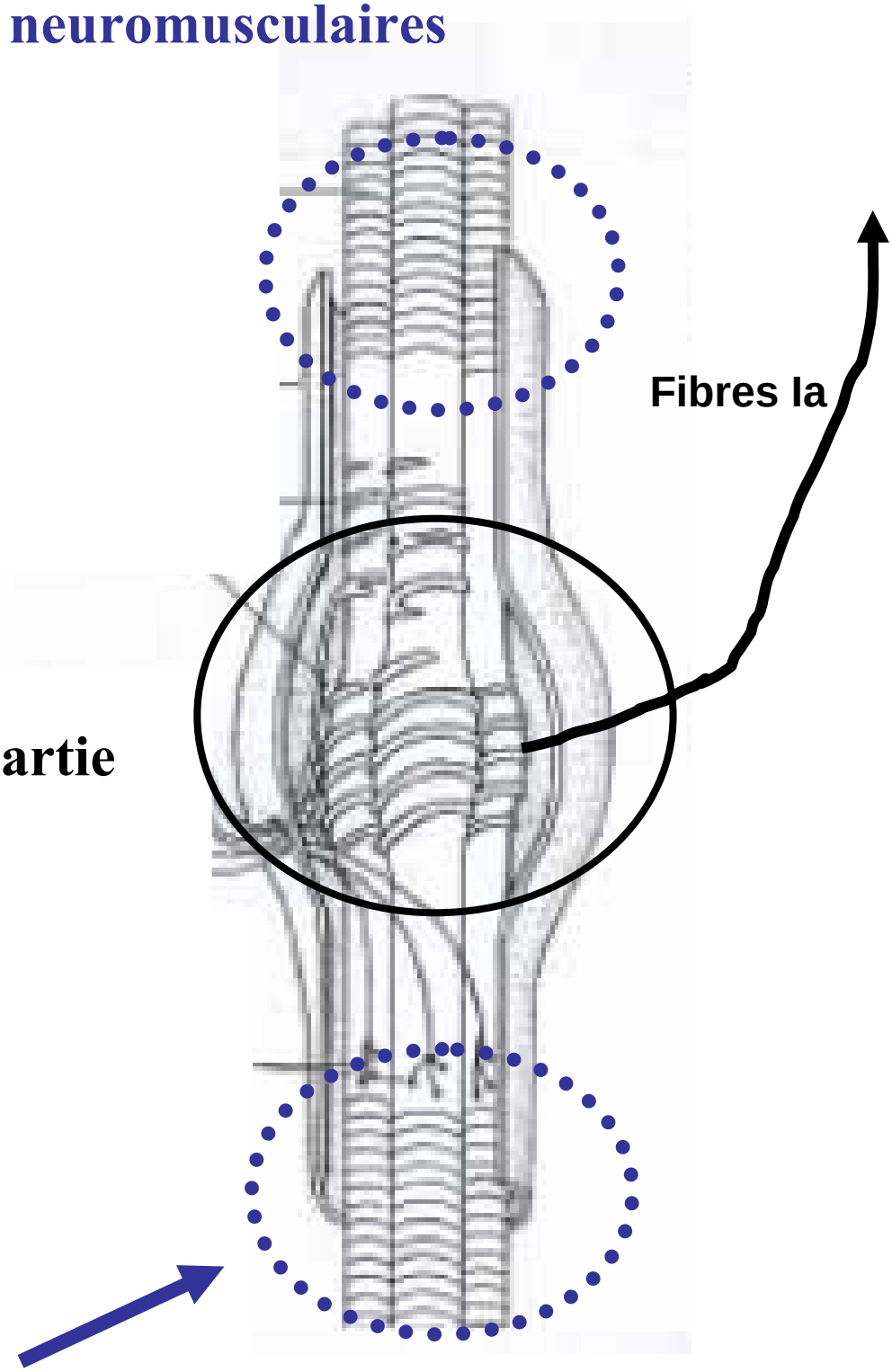
A l'origine du tonus musculaire qui s'oppose à la pesanteur.

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

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.**

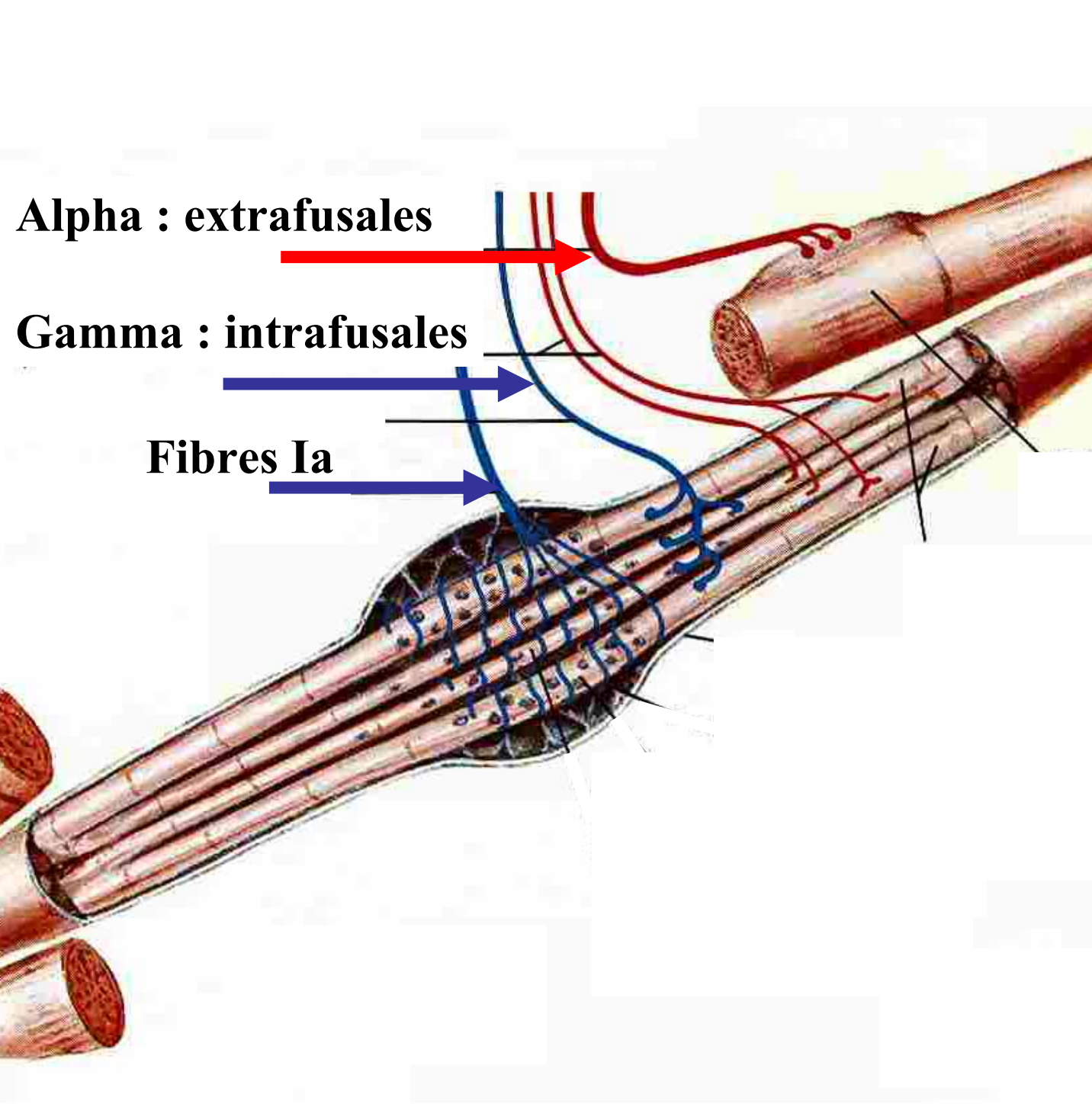
- **La fibre Ia va activer le motoneurone pour contracter le muscle et s'opposer à l'étirement.**

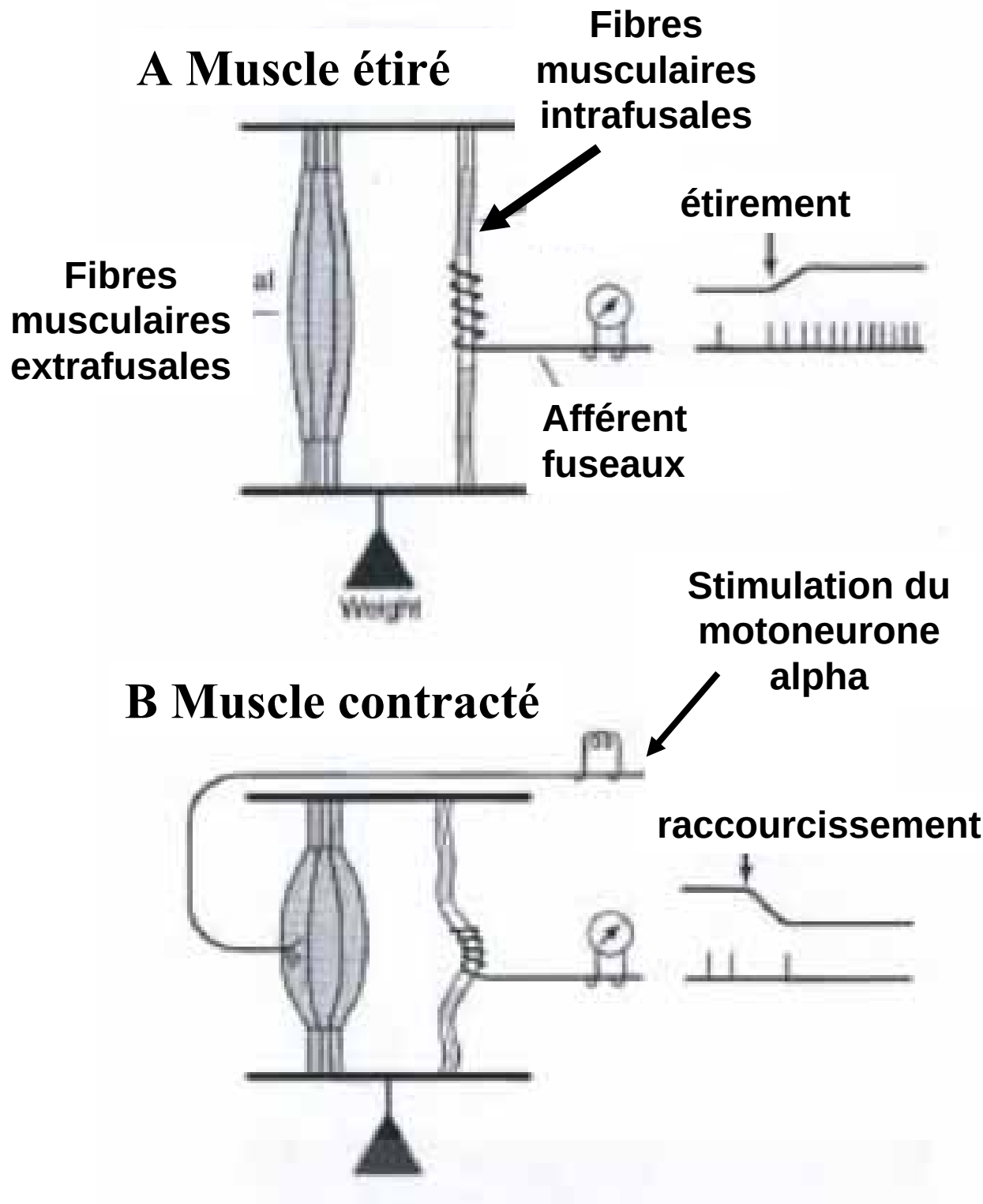
- **Un élément déterminant du maintien des postures.**

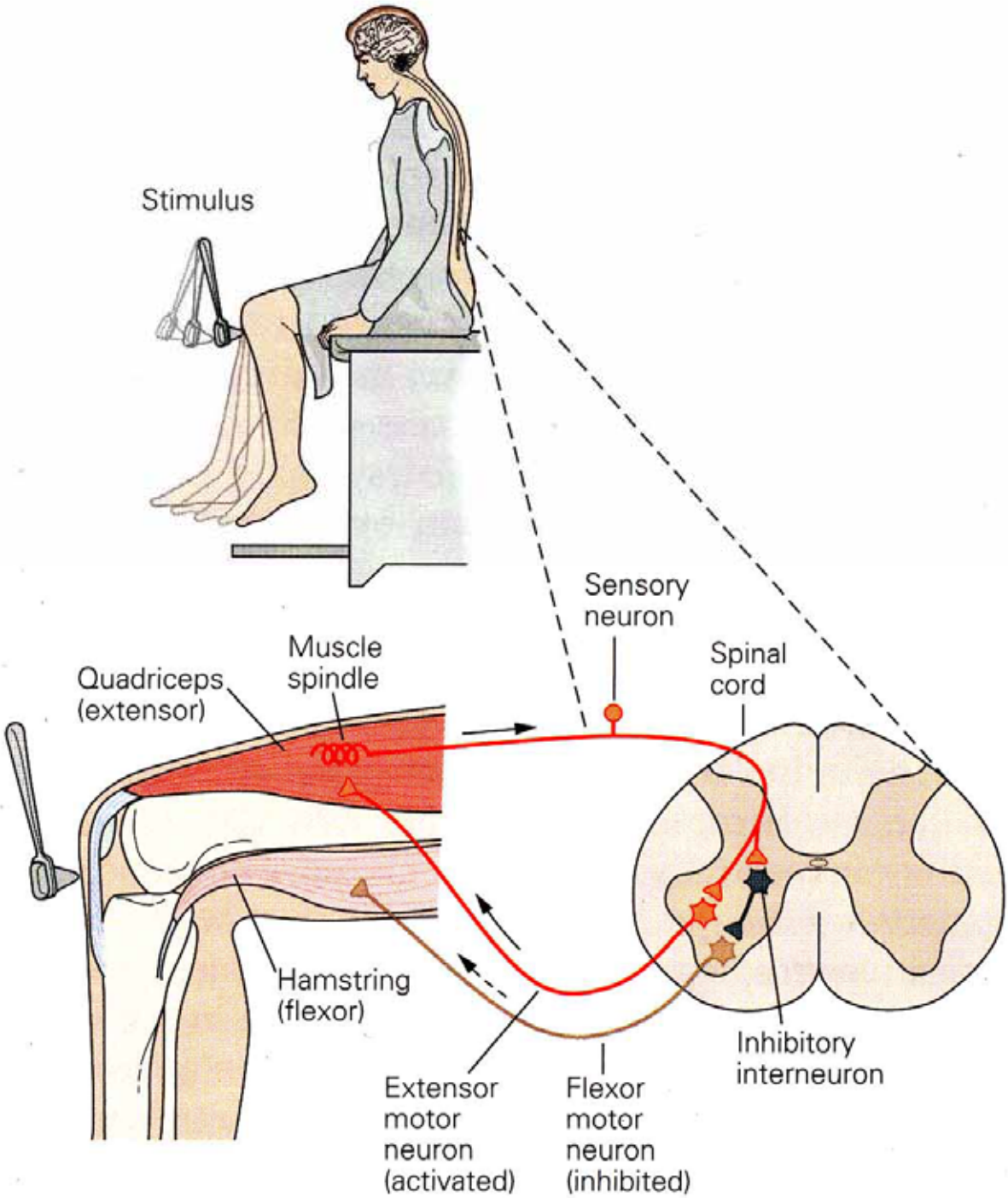
Deux types de fibres musculaires :

- **Fibres extrafusales (fibres squelettiques)**

- **Fibres intrafusales (fibres fusimotrices)**


Alpha : extrafusales
Gamma : intrafusales
Fibres Ia


A Muscle étiré
Fibres musculaires intrafusales
étirement
Fibres musculaires extrafusales
Afférent fuseaux
Weight
Stimulation du motoneurone alpha
B Muscle contracté
raccourcissement


Stimulus
Sensory neuron
Muscle spindle
Quadriceps (extensor)
Spinal cord
Hamstring (flexor)
Inhibitory interneuron
Extensor motor neuron (activated)
Flexor motor neuron (inhibited)

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).

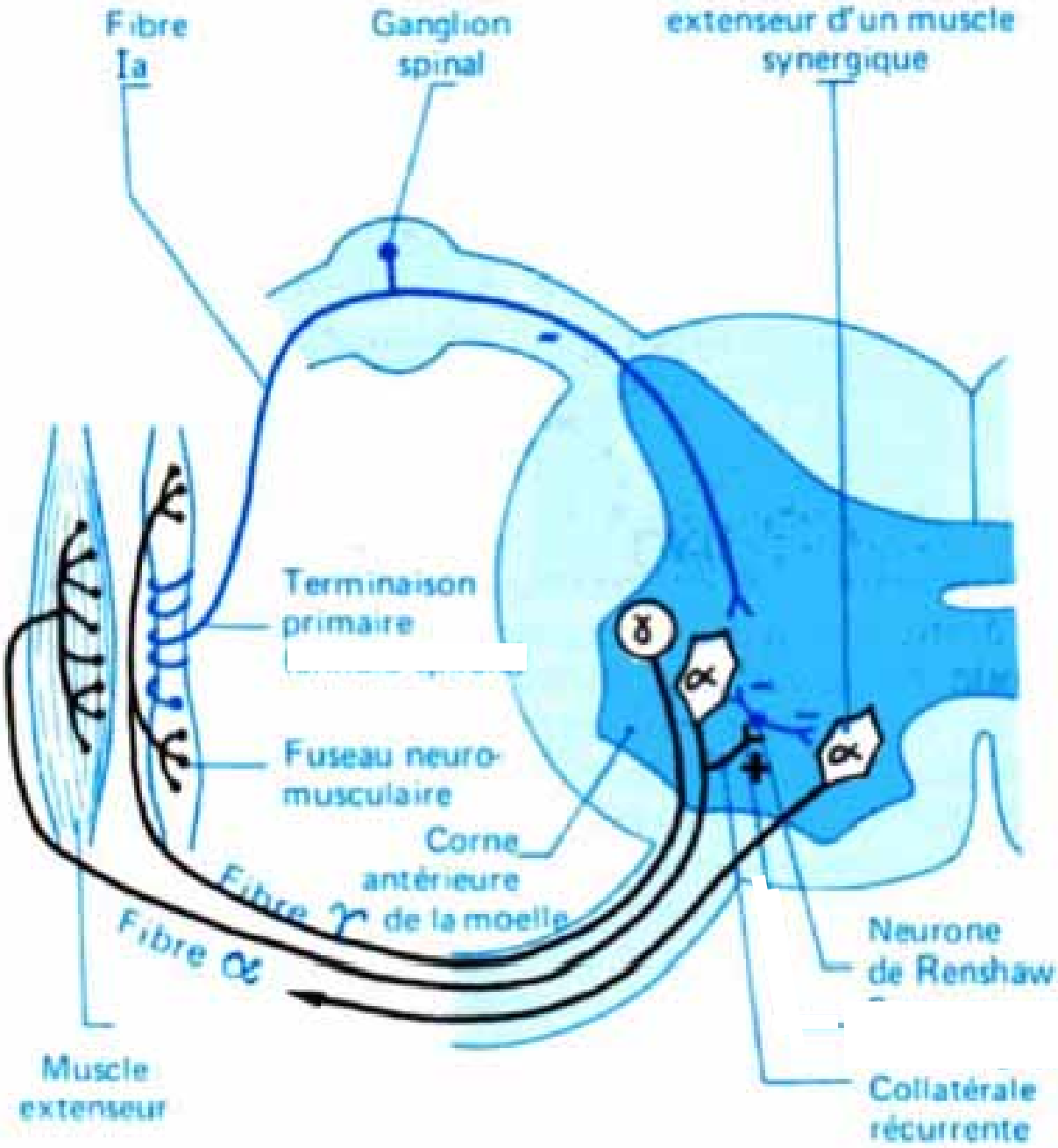
Fuseaux neuromusculaires reçoivent une innervation motrice :

- **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.


Fibre Ia
Ganglion spinal
extenseur d'un muscle synergique
Terminaison primaire
Fuseau neuro-musculaire
Corne antérieure de la moelle
Fibre γ
Fibre α
Neurone de Renshaw
Muscle extenseur
Collatérale récurrente

Les organes tendineux de Golgi :

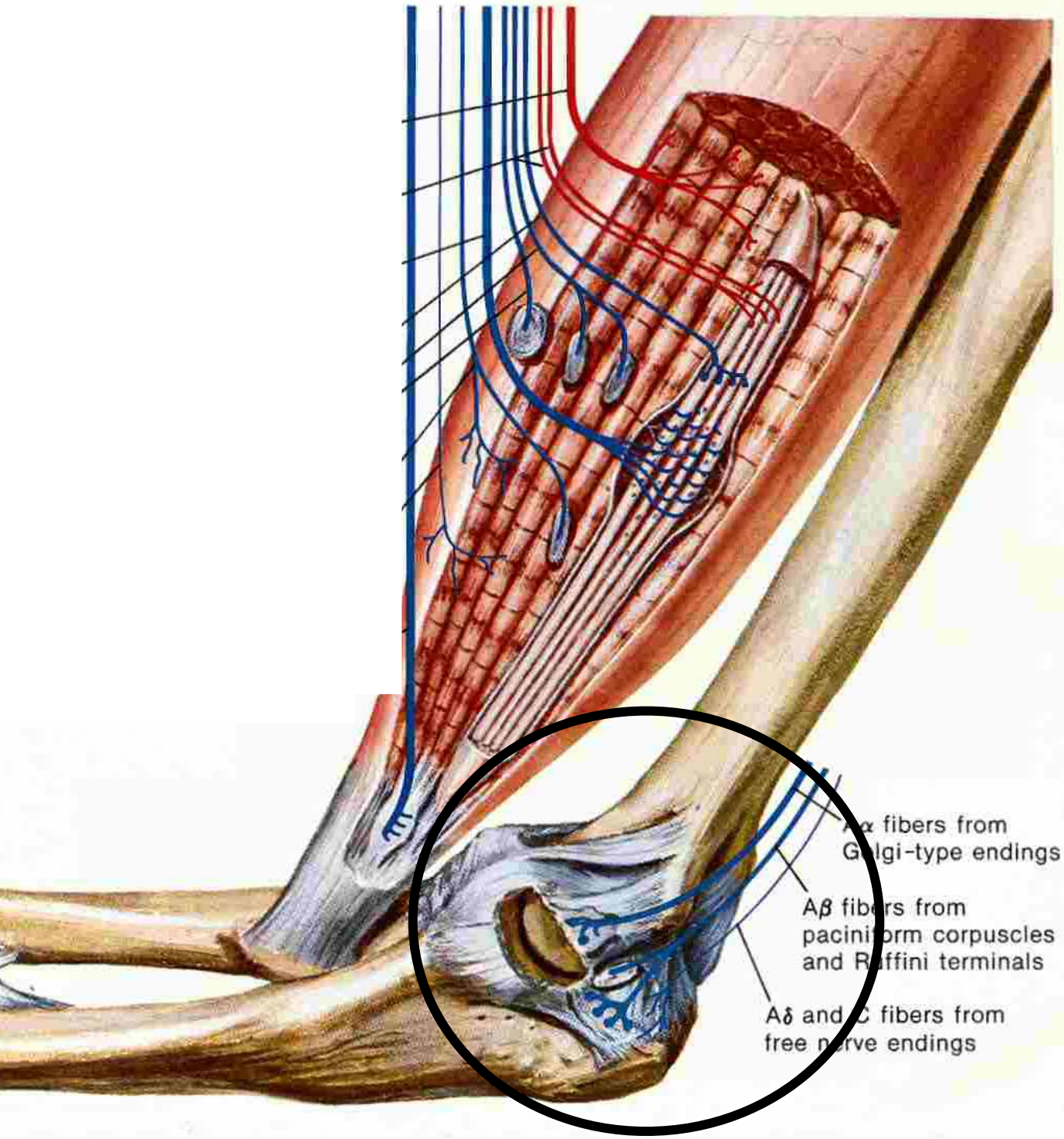
- **Sensibles à la force développée dans le muscle.**

- **Leur fréquence de décharge est proportionnelle à la force développée.**

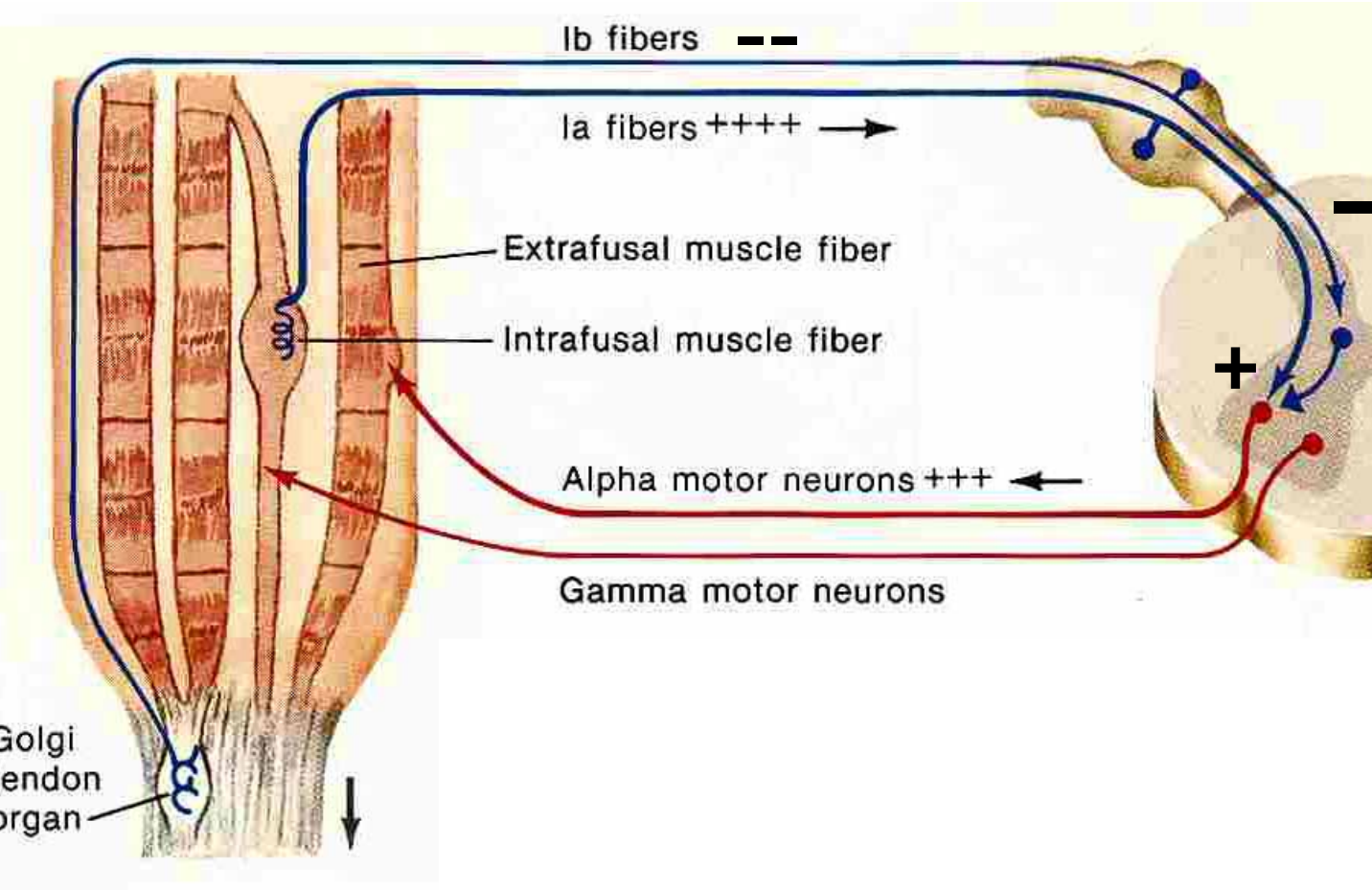
- **La dépolarisation est causée par déformation mécanique des terminaisons sensitives.**

Les organes tendineux de Golgi reçoivent les fibres Ib.

La fonction : protection des tendons par inhibition des motoneurones alpha



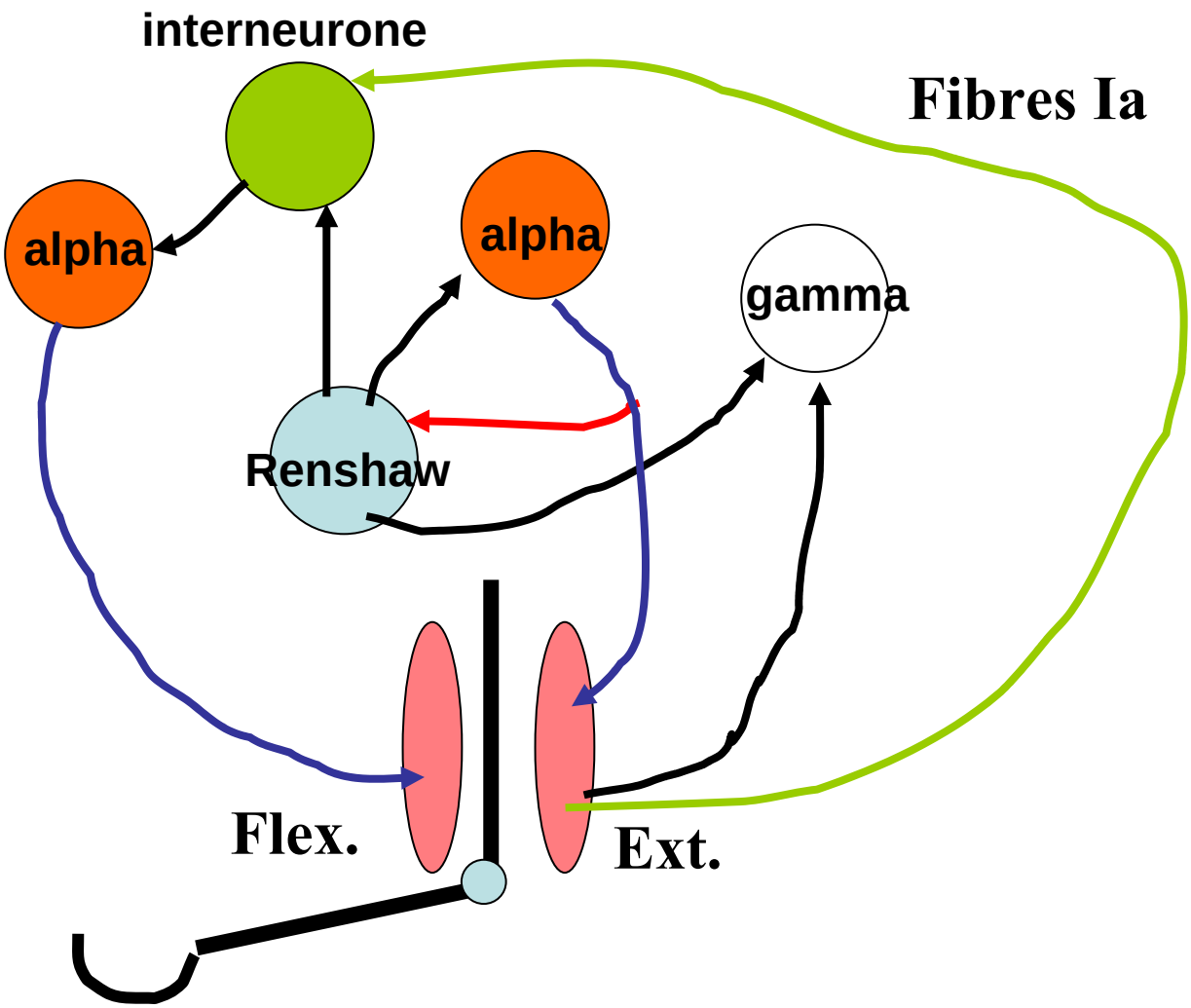
Organes tendineux de Golgi


Ib fibers
Ia fibers ++++
Extrafusal muscle fiber
Intrafusal muscle fiber
Alpha motor neurons +++
Gamma motor neurons
Golgi
endon
organ

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).**



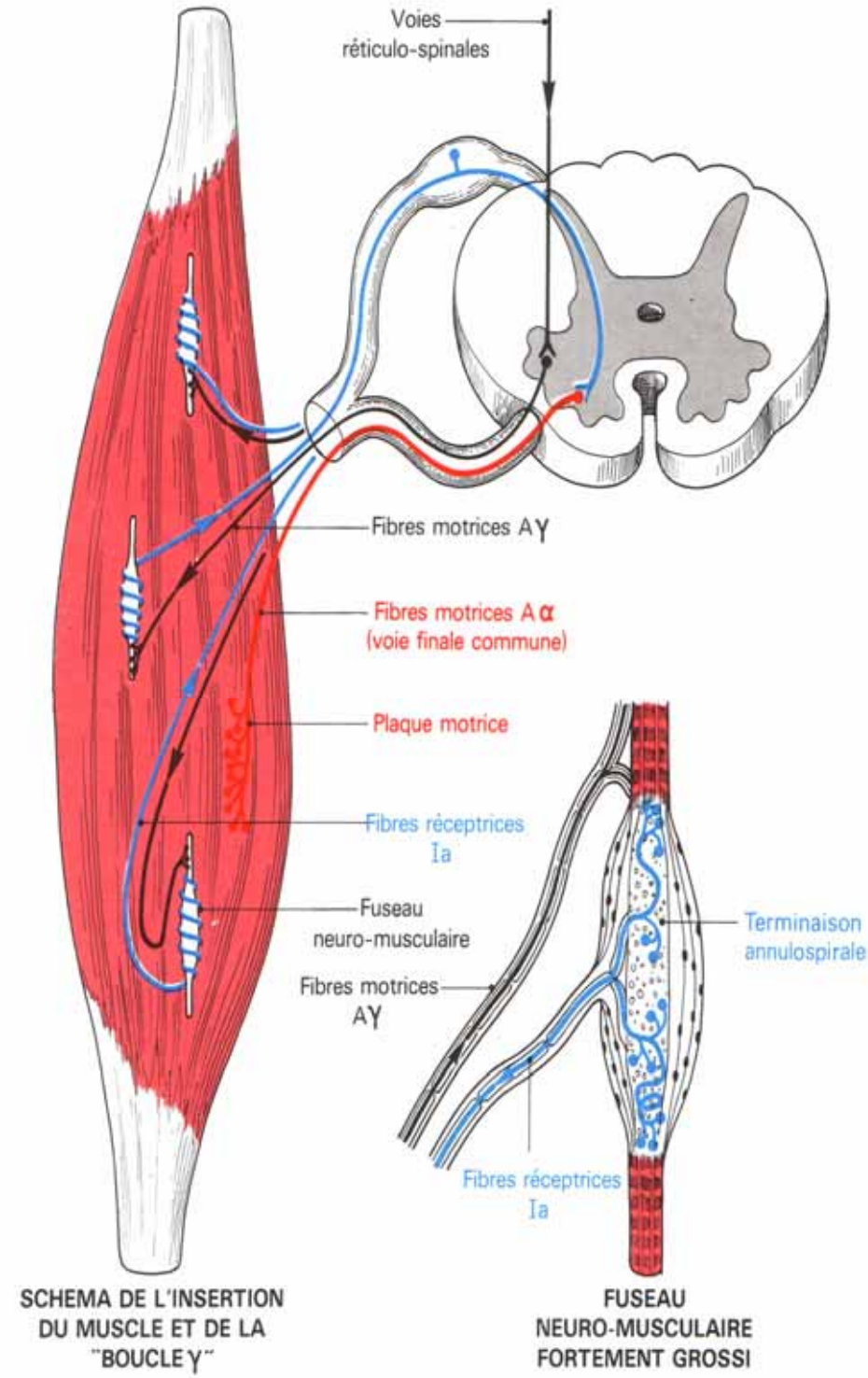
Fonction de la cellule de Renshaw:

- **Inhibe (hyperpolarisation)**

- **répond à la stimulation avec une décharge > 100 Hz**

- **Limite/ régule la fréquence de décharge maximum des motoneurones**

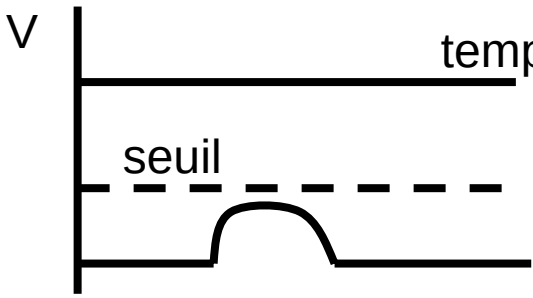
Contrôle du tonus musculaire : Motoneurone Gamma « boucle γ »



L'inhibition :

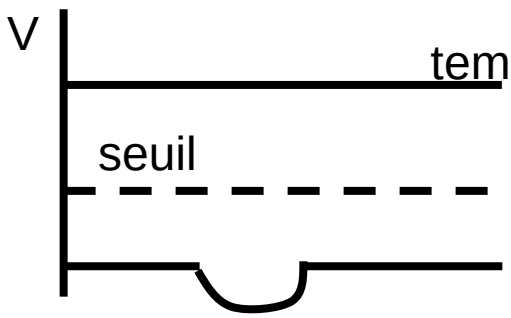
Des synapses excitatrices et inhibitrices

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

- Renshaw :
Inhibition des motoneurones alpha et gamma du pool de motoneurones, et des interneurones Ia.

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

Rétro- contrôle Renshaw

→ évite une destabilisation face à une perturbation externe

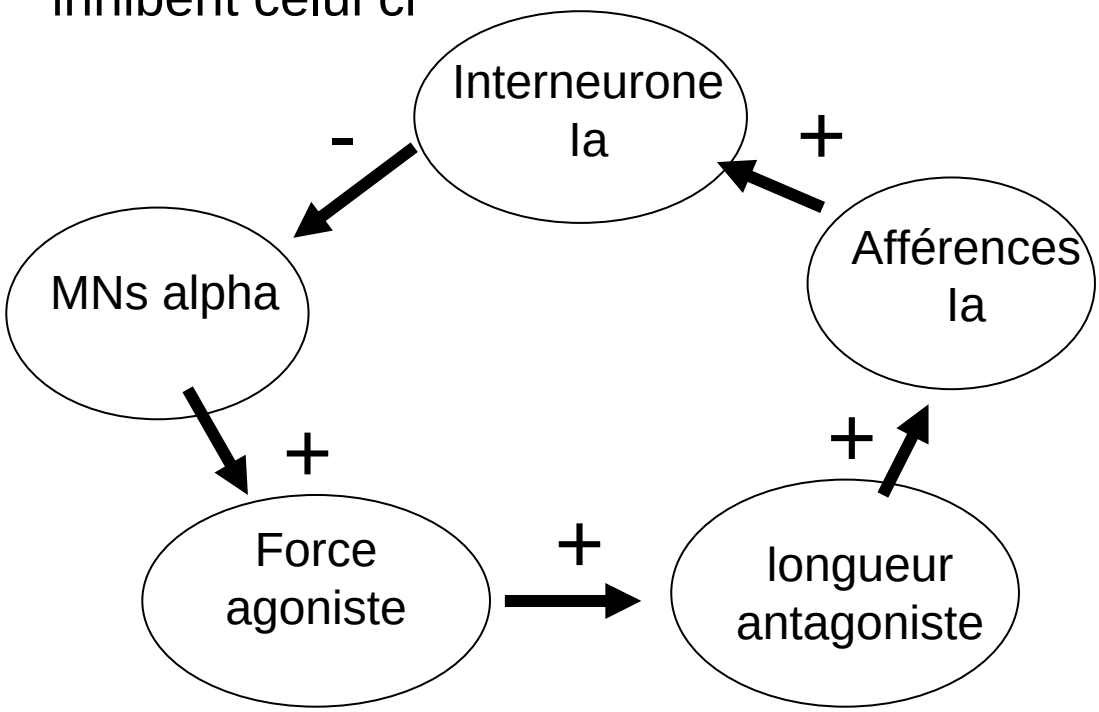
→ reçoit un **flux descendant** des centres supérieurs

- **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) :

- Envoient 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 dévelopé 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)

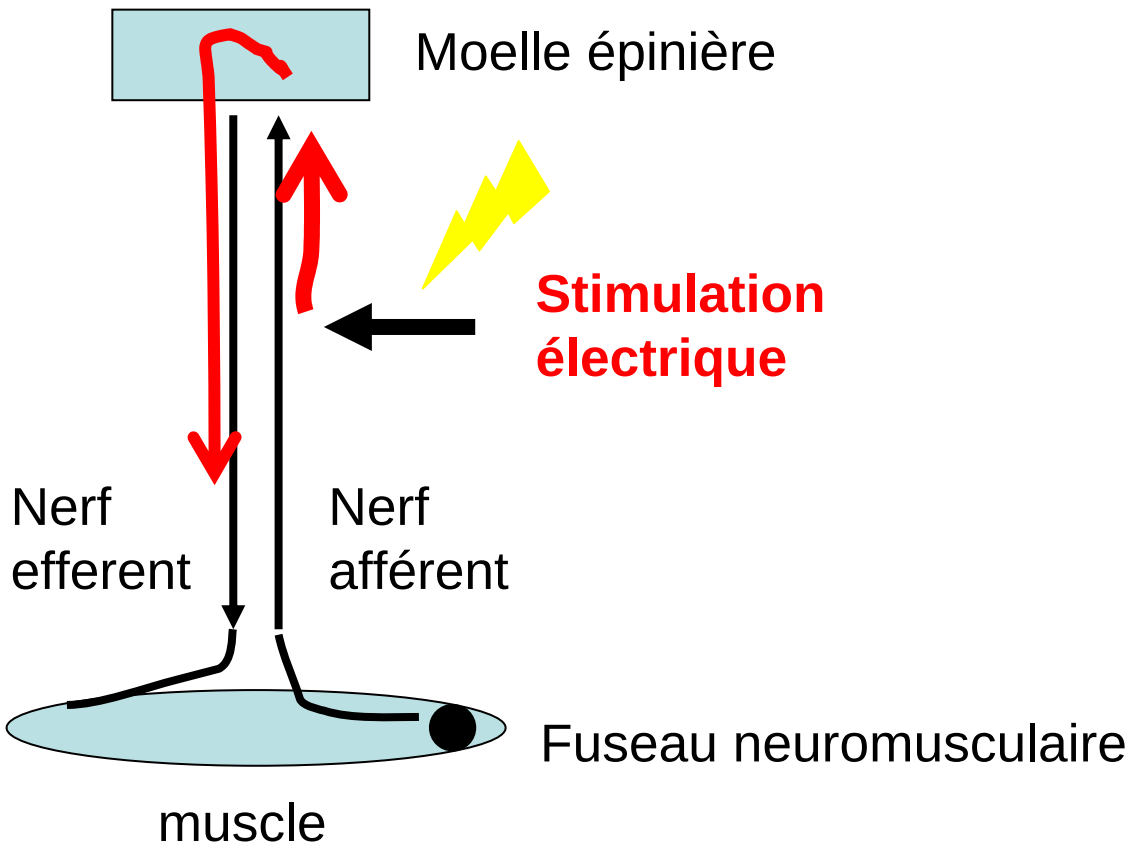
- Stimulation électrique d’un nerf musculaire pour le recrutement des fibres Ia : réflexe H (Hoffman)

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 Ia 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.

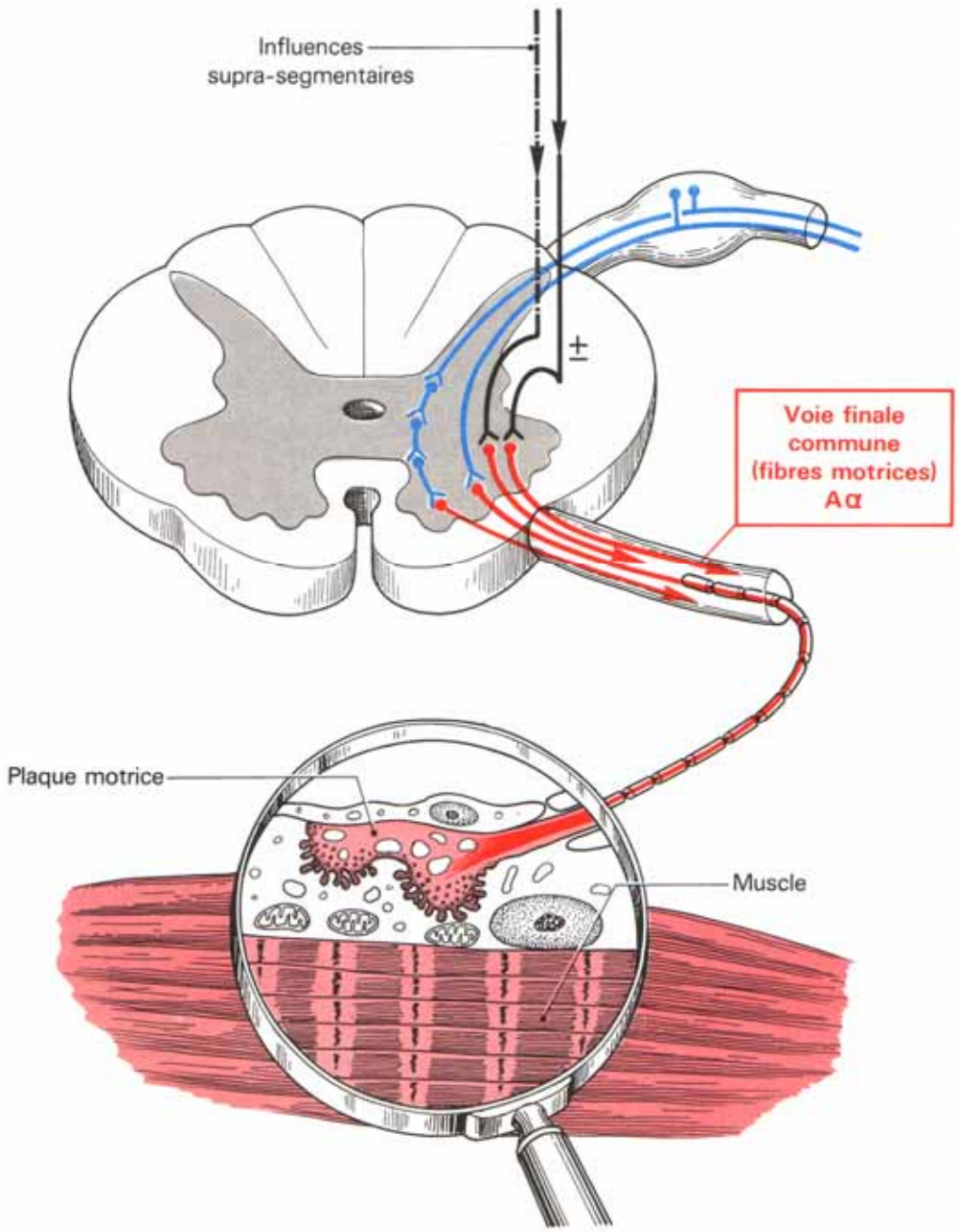
Réflexe de vibration

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

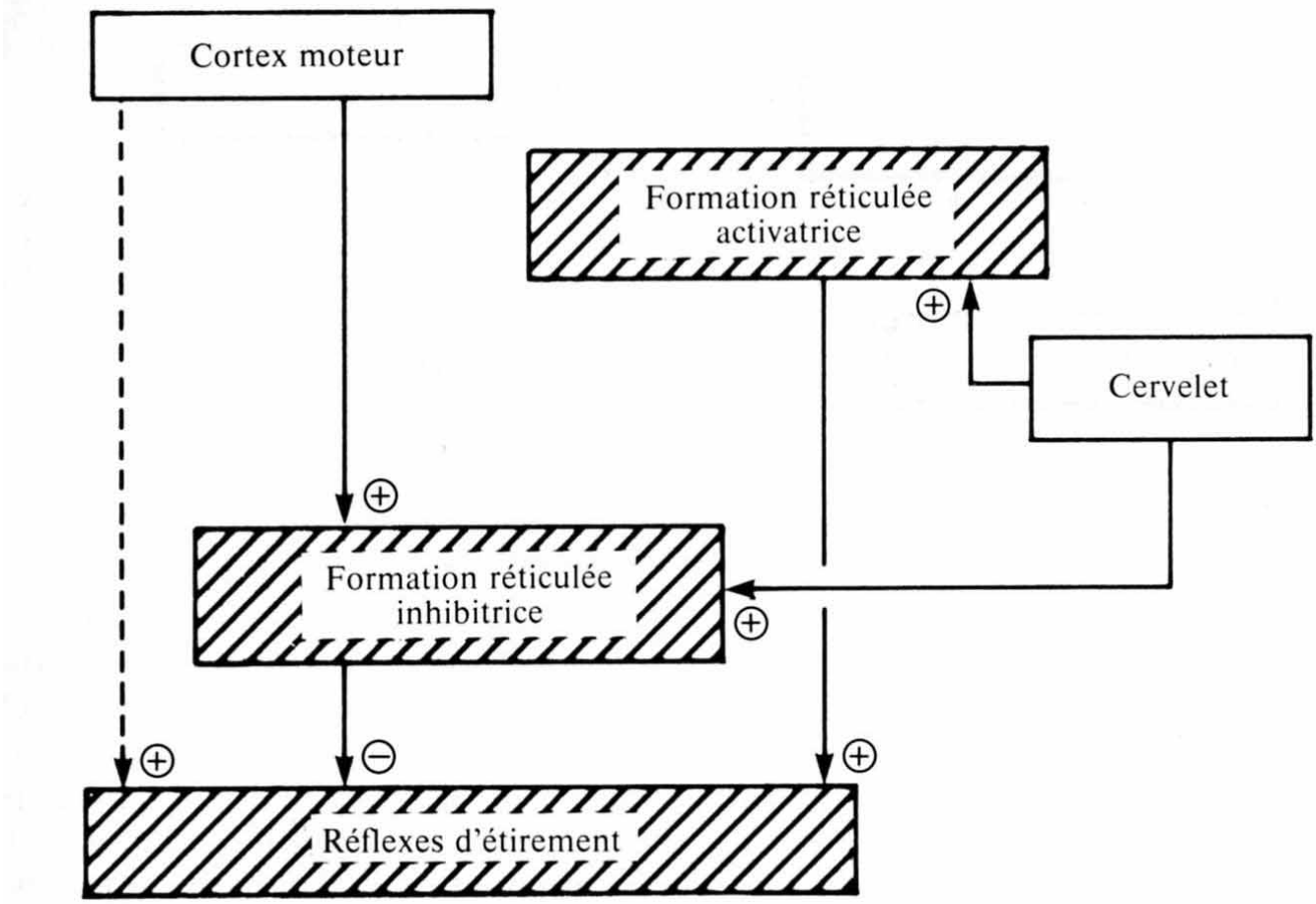
→ Contraction tonique du muscle stimulé.

Peut être volontairement supprimer par le sujet.

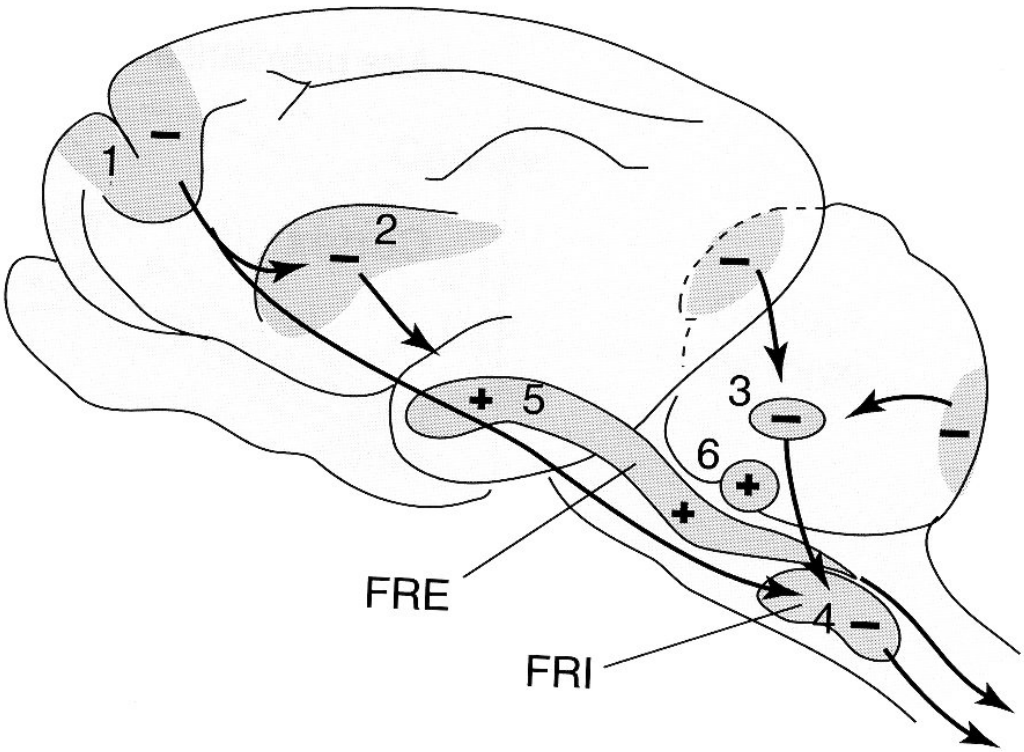
La voie finale commune = Motoneurone A alpha



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

	Alpha	Beta	Gamma
type	myélinisée	myélinisée	myélinisée
Vitesse m/s	90 à 55	70 à 30	45 à 10
Cellules innervées	Fibres musculaires squelettiques	Fibres musculaires squelettiques *Et* intrafusales	Fibres musculaires intrafusales
fonction	contraction	Contraction *Et* sensibilité fusorialle	sensibilité fusorialle

Fibres sensitives musculaires : de I à IV, par ordre des vitesses décroissantes

	I	II	III	IV ou C
type	myélinisé	myélinisé	myélinisé	myélinisé
Vitesse m/s	110 à 70	70 à 30	30 à 12	1 à 0.5
récepteur	Fibres Ia : -Terminaisons fusoriales primaires -longueur et vitesse d'allongement -Fibres Ib : Organe Golgi Force	Termin. fusoriales secondaire (longueur) Récepteur encapsulé (pression, vibration)	Termin. libres (pression)	Termin. libres (douleur)