

**CHAPITRE IV**  
**LE CONTRÔLE REFLEXE DE LA**  
**MOTRICITE**

***LES REFLEXES SPINAUX***

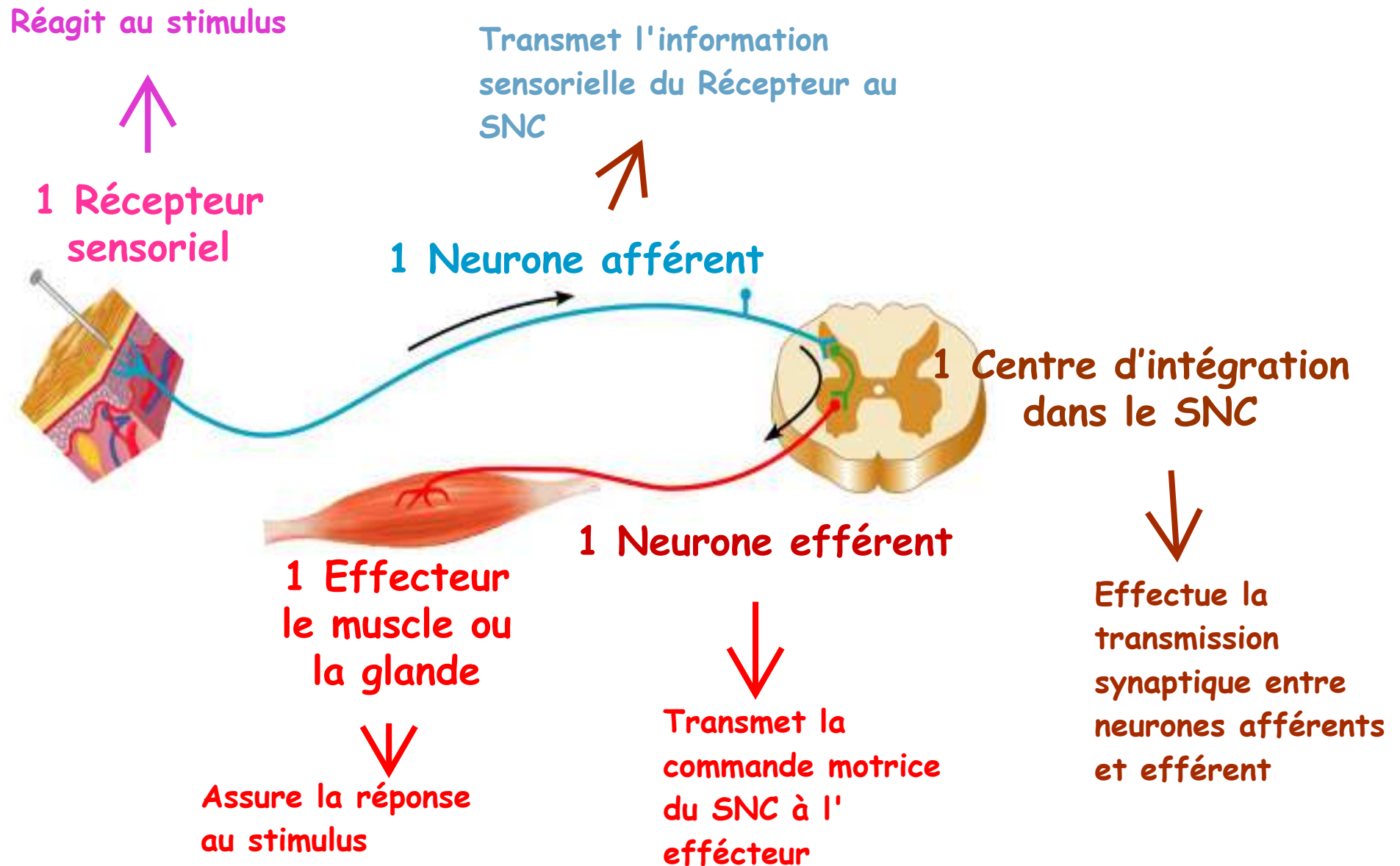
# I. La notion de réflexe

Un réflexe est une réponse rapide, prévisible, automatique et involontaire à un stimulus

Un réflexe peut être **inné** (ex. réflexe rotulien) ou **acquis** : il devient automatique par la répétition (ex. conduite automobile)

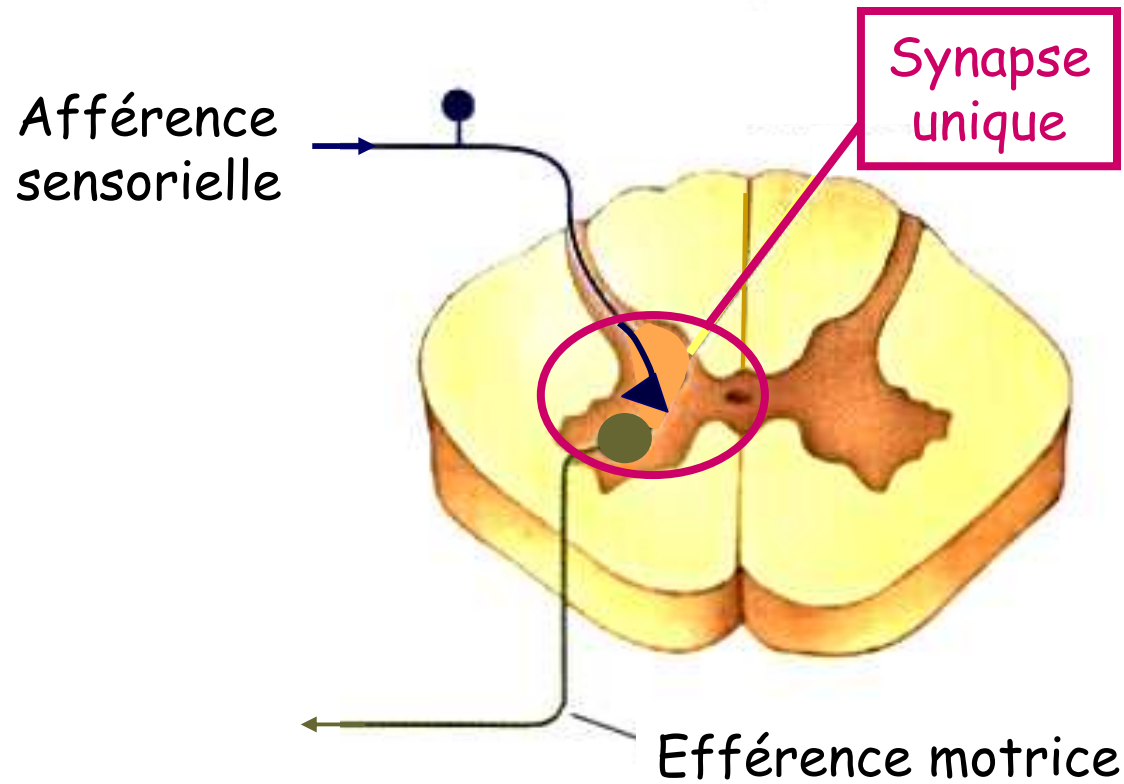
Un réflexe se produit dans une voie nerveuse appelée « arc réflexe » qui relie un neurone sensitif à un ou plusieurs neurones moteurs.

# Tout « Arc Réflexe » nécessite la présence d'au moins 5 éléments



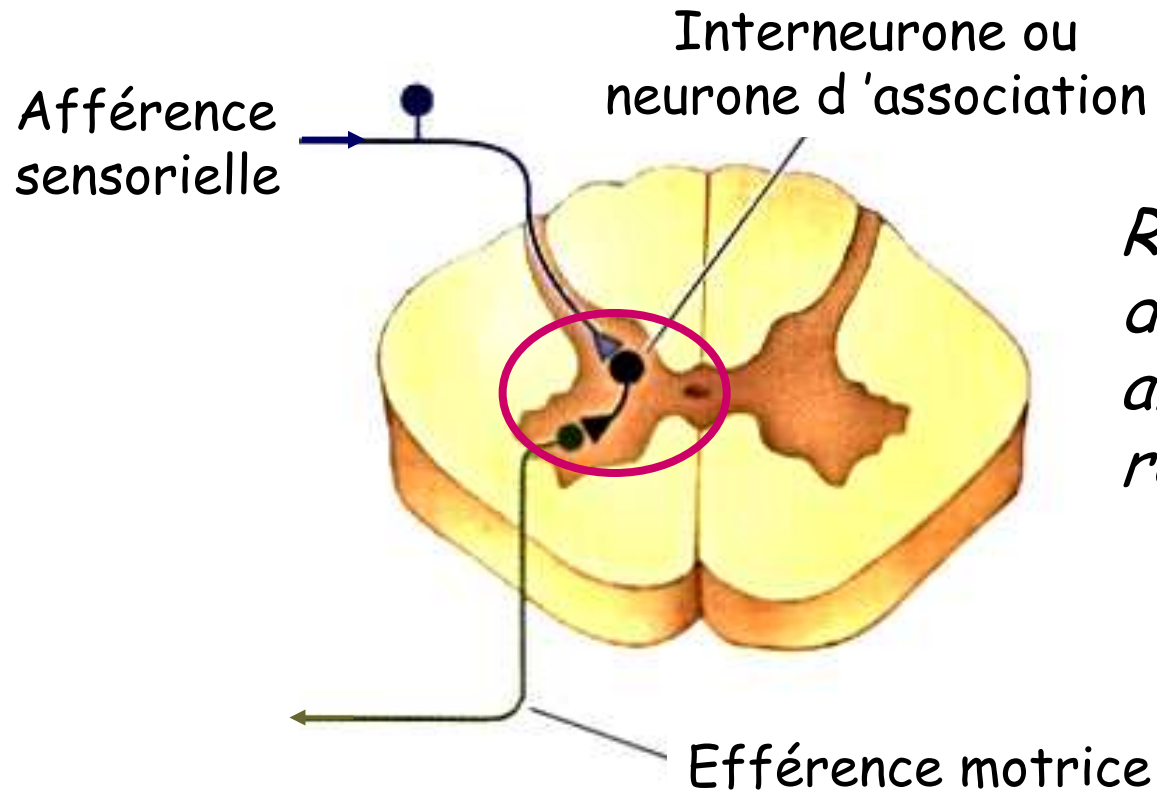
# Un réflexe peut être :

☞ **monosynaptique**



Il existe une synapse unique entre le neurone afférent et le neurone efférent.

## ☞ polysynaptique



*Remarque : plus il y a de synapses dans un arc réflexe, plus le réflexe est long.*

Il existe 1 ou plusieurs neurones d'association appelés aussi interneurones, entre afférences sensorielles et efférences motrices dont les synapses sont situées dans le SNC.

## Le système nerveux autonome

SN de la vie de la régulation  
du milieu intérieur

Les réflexes viscéraux  
régissent l'activité des  
muscles lisses, du muscle  
cardiaque et des glandes, de  
même que diverses  
fonctions.

Exemples : réflexe salivaire,  
réflexe pupillaire, fonction  
digestive, pression artérielle,  
transpiration ...

## Le système nerveux somatique

SN de la vie de relation avec  
le milieu extérieur

Les réflexes somatiques  
stimulent les muscles  
squelettiques.

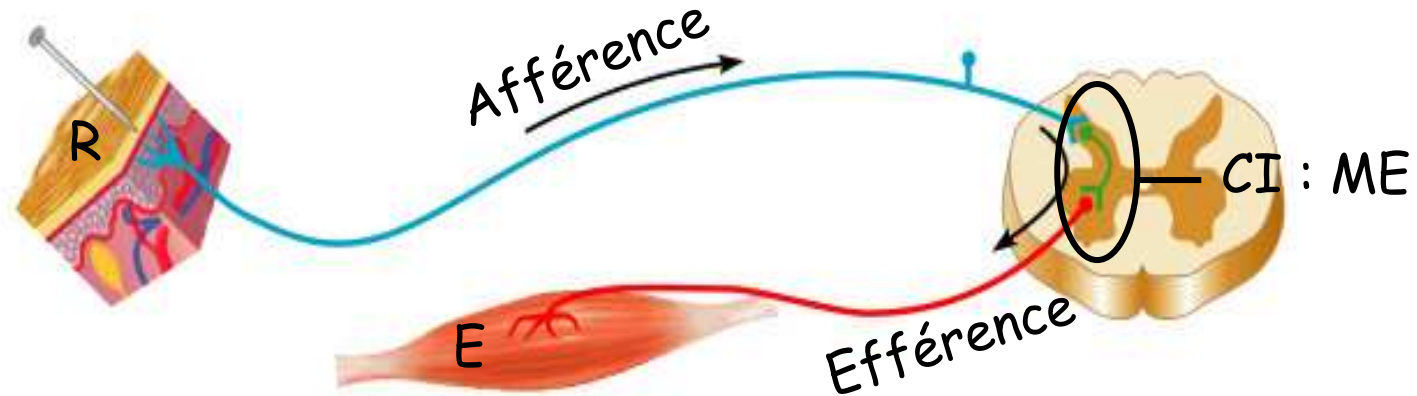
Exemples : réflexes oculaires,  
réflexe de retrait de la main d'un  
objet brûlant, réflexe rotulien,  
mettre les mains en avant quand on  
tombe ...



Une grande partie des activités courantes de  
l'organisme est programmée sous forme de réflexes

=> intérêt de les tester

# De nombreux réflexes sont **des réflexes spinaux**



**Par définition :** Les réflexes spinaux ne font intervenir que de neurones de la moelle épinière et se produisent sans que l'encéphale y participe.

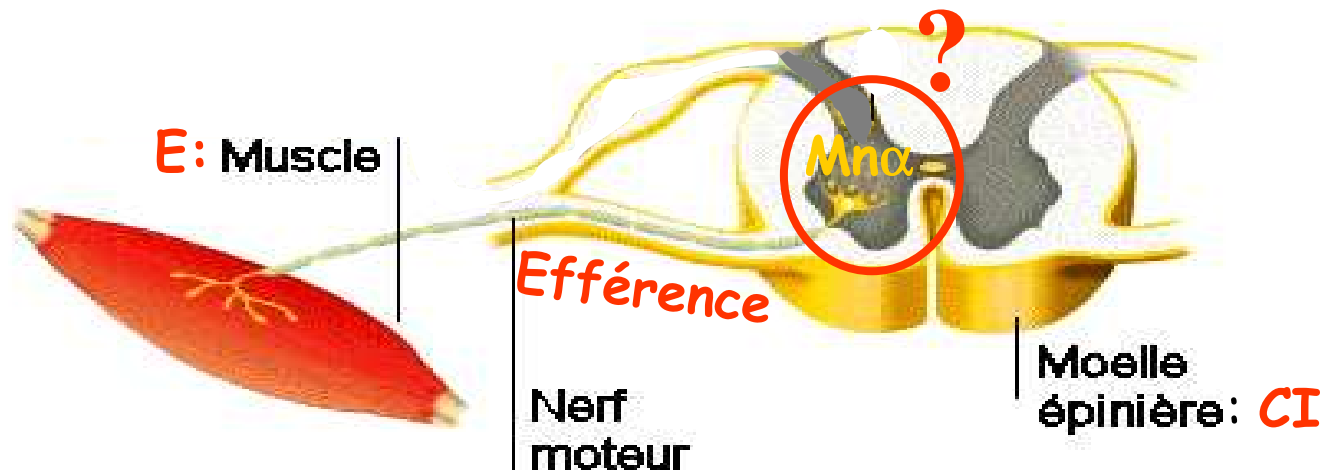
⇒ La moelle épinière est alors le centre d'intégration dans l'arc réflexe.

**Pourquoi les réflexes spinaux sont-ils nombreux ?**

## II. Les réflexes spinaux somatiques

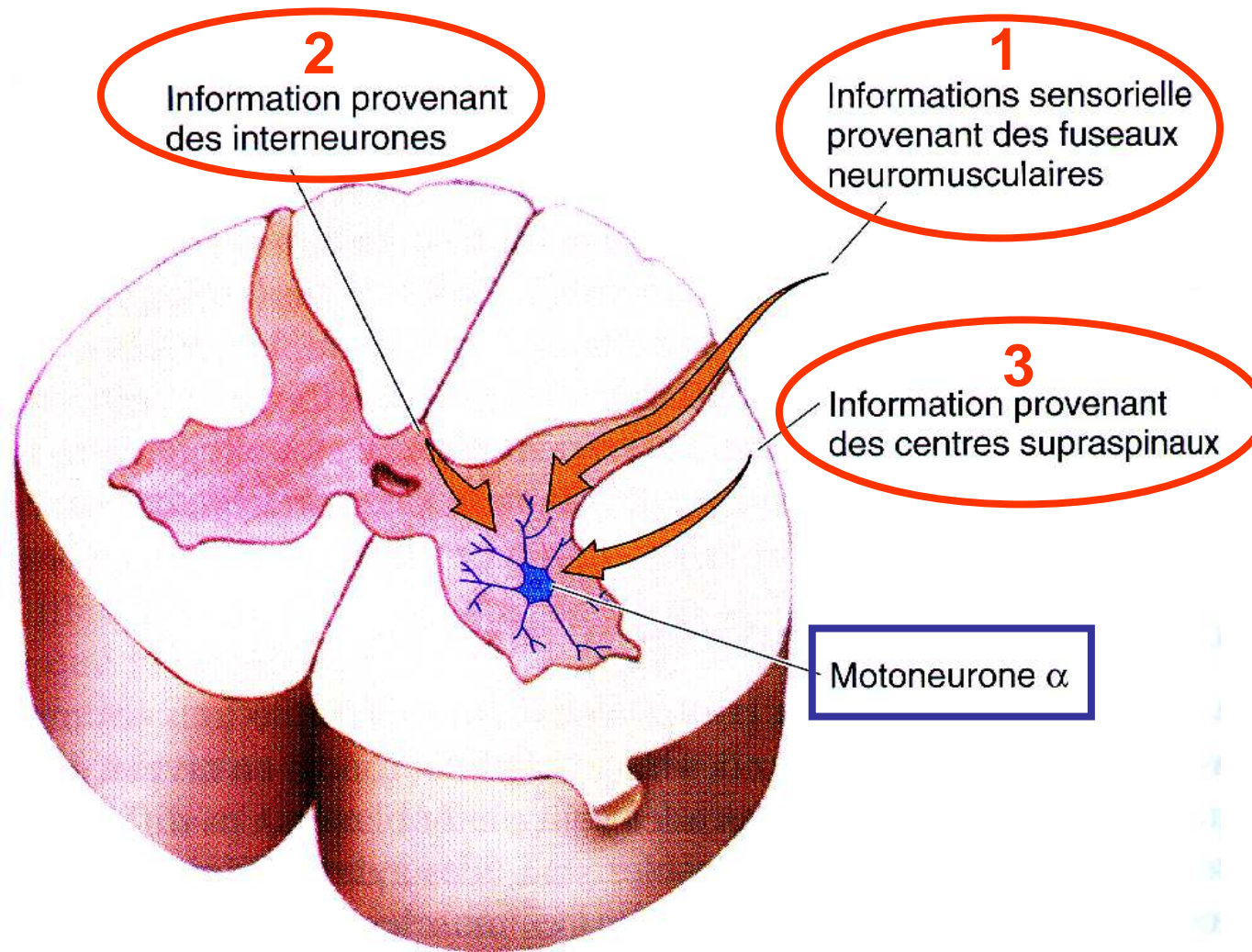
S'agissant du système somatique :

L'effecteur est le muscle strié squelettique dont la contraction résulte de l'activation des Mn  $\alpha$ .

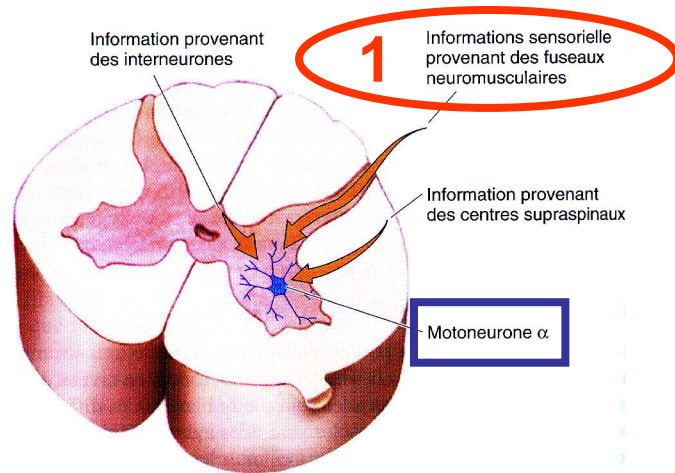


Quelles sont les afférences qui parviennent aux Mn alpha ?

# Les Mn $\alpha$ reçoivent 3 sources d'informations afférentes.



# 1 - Le contrôle spinal des unités motrices par les informations sensorielles provenant des FNM



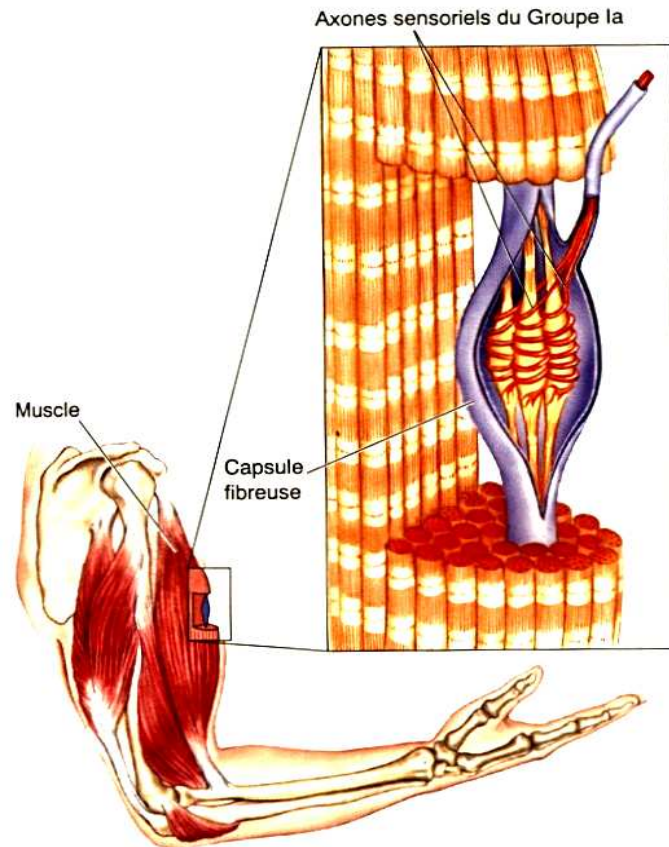
## Source 1

=> Réflexe myotatique  
(reflexe d'étirement)

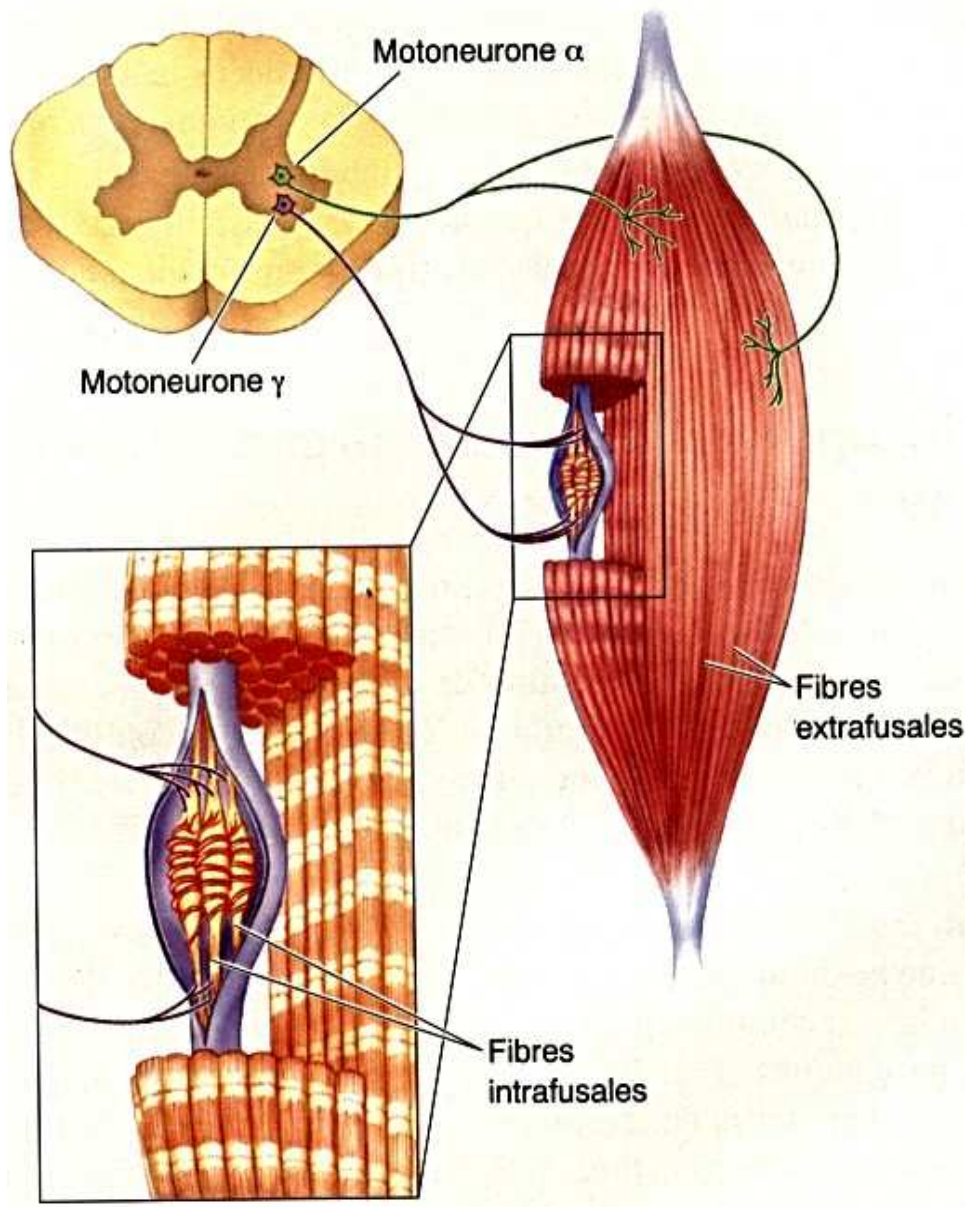
Les Mn alpha reçoivent des afférences provenant **directement des neurones des ganglions sensoriel** des racines dorsales véhiculant les messages sensoriels issus d'un récepteur spécialisé dans la détection de la longueur du muscle : le fuseau neuromusculaire (FNM)

# FNM = récepteurs proprioceptifs

Les FNM sont des récepteurs encapsulés, situés dans la partie charnue du muscle.



La capsule protège 4 à 15 fibres intrafusales disposées parallèlement aux fibres musculaires squelettiques et qui s'insèrent sur les cloisons conjonctives intra musculaires.



La densité de FNM varie en fonction des muscles

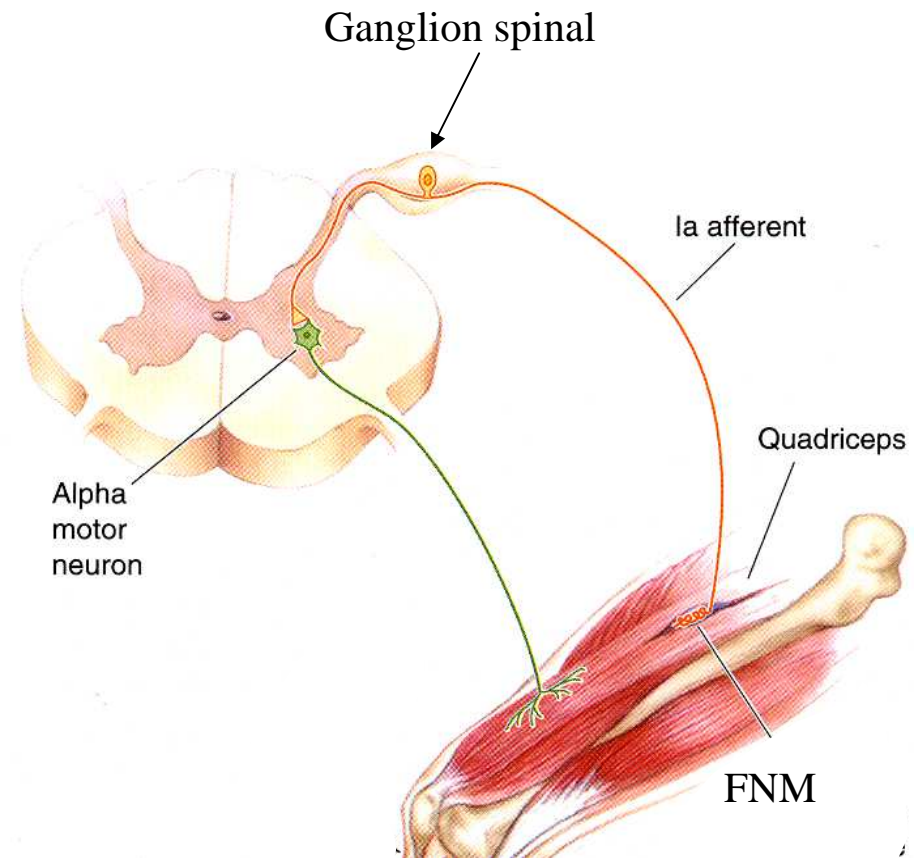
Densité importante :

- Muscles de la main et des doigts
- Muscles de la nuque
- Muscles extra oculaires

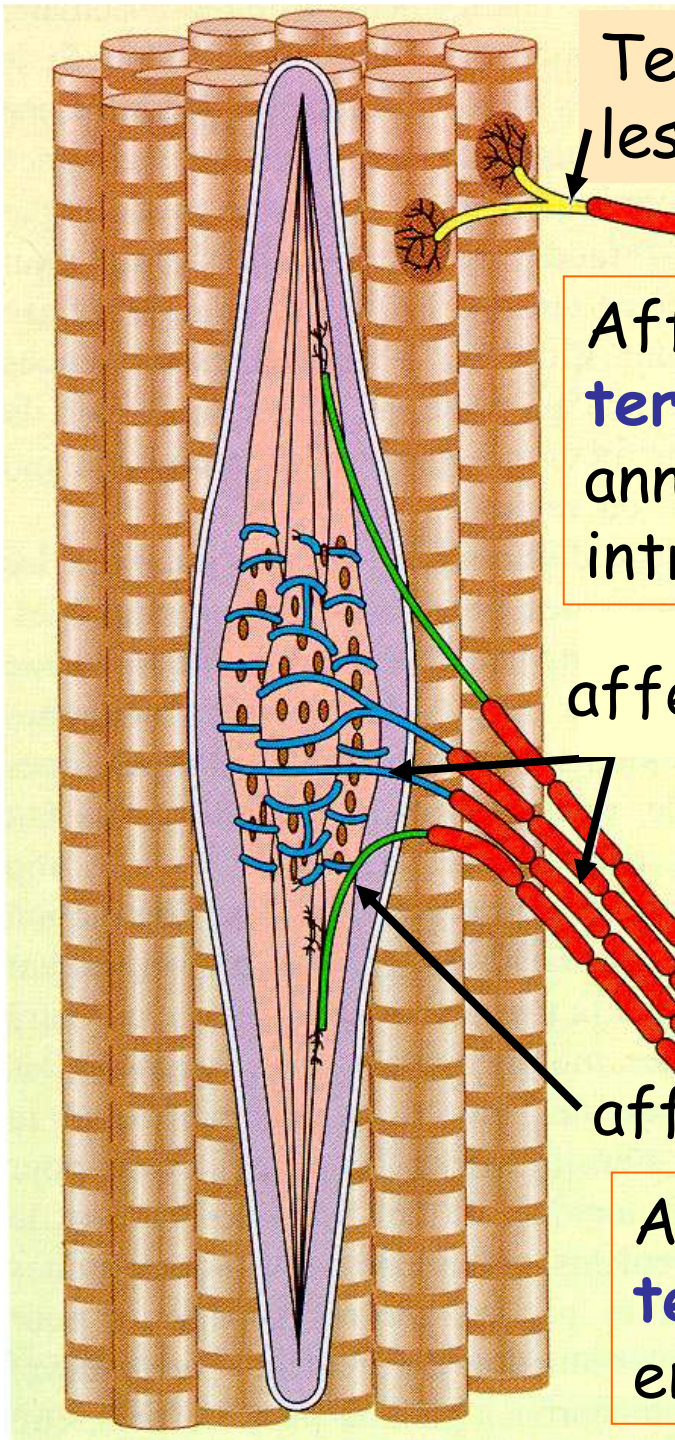
Densité faible :

- Muscles posturaux

Les fibres intrafusales sont innervées par des terminaisons sensorielles de 2 types de neurones dont les corps cellulaires sont situés dans un ganglion spinal de la racine dorsale de la moelle épinière.



⇒ *On distingue donc 2 types d'afférences sensorielles fusoriales (type Ia et type II) sensibles à la longueur et aux variations de longueur du muscle.*



Terminaisons motrices  $\alpha$  innervant les fibres musculaires extra fusales

Afférences fusoriales de type Ia ou terminaisons sensibles primaires ou annulo-spiralées enrobant les fibres intra fusales ( $V_c$ : 70-110 m/sec)

afférences de type Ia

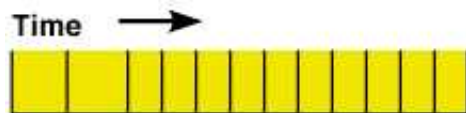
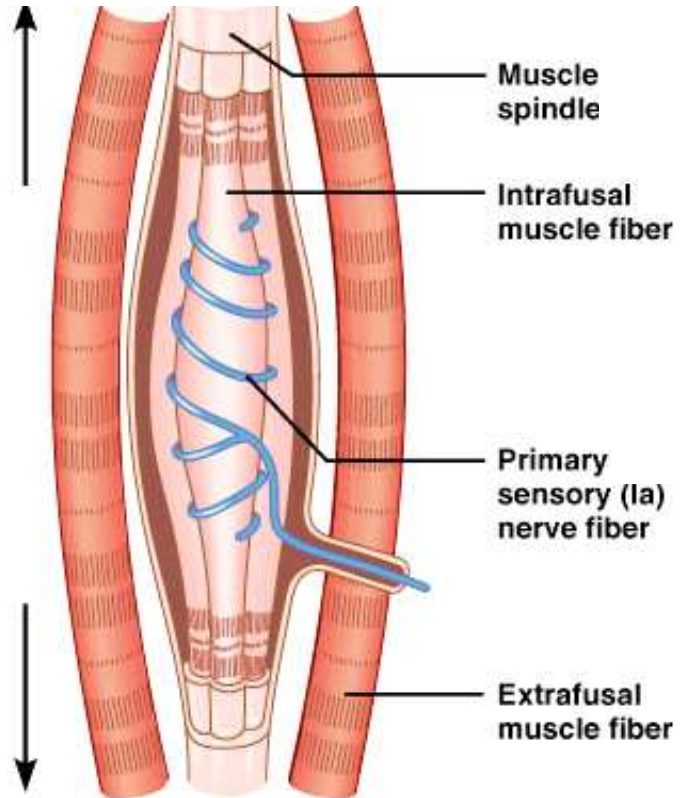
afférences de type II

Elles sont activées par l'allongement de la région de la fibre sur laquelle elles reposent.

Afférences fusoriales de type II ou terminaisons sensibles secondaires ou en bouquet ( $V_c$ : 30-70 m/sec)

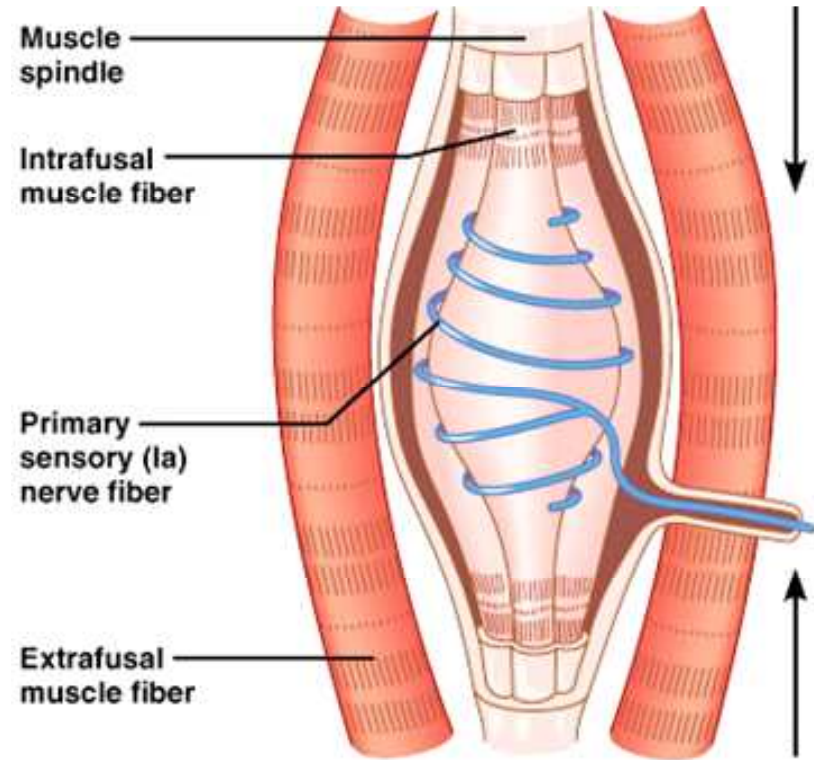
# Fonctionnement global du FNM

Au cours de l'étirement du muscle



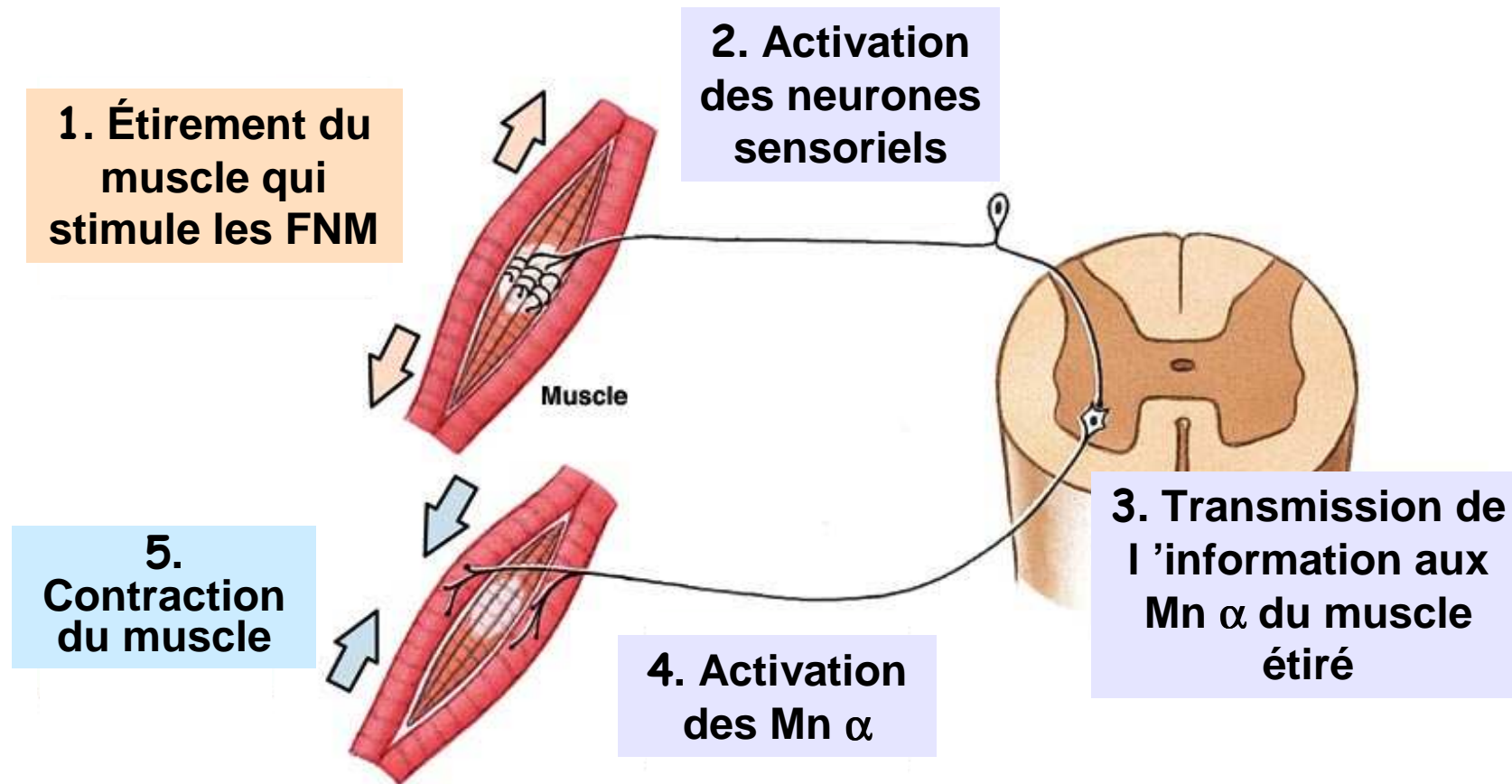
La fréquence des potentiels d'action augmente

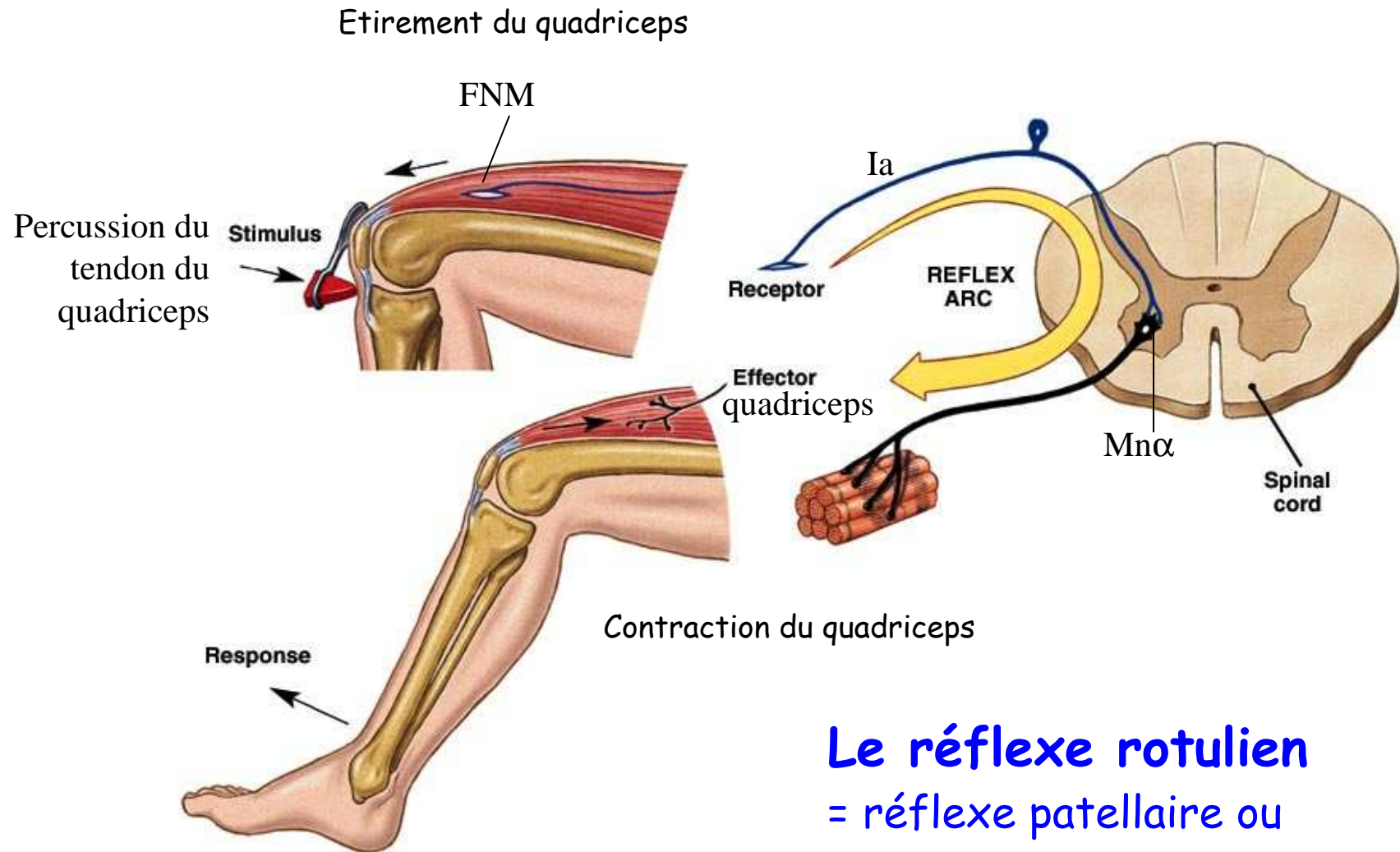
Au cours de la contraction du muscle



La fréquence des potentiels d'action diminue

# La voie du réflexe myotatique

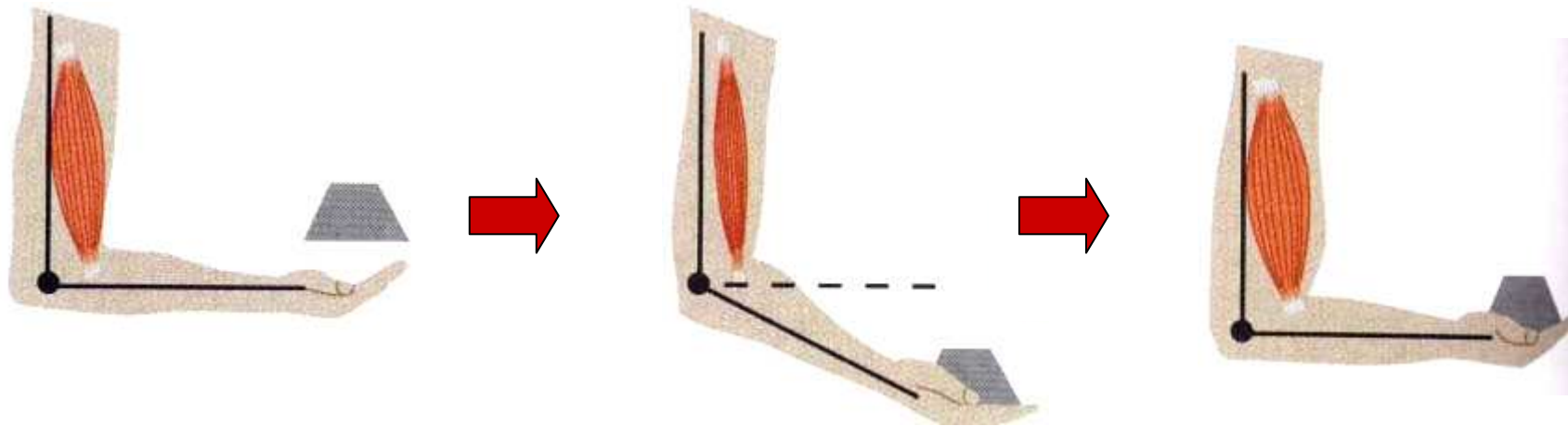




**Le réflexe rotulien**  
 = réflexe patellaire ou  
 réflexe tendineux

# Le réflexe myotatique est donc un réflexe d'étirement

En effet : la tension (contraction) d'un muscle augmente de manière réflexe en réponse à son propre étirement.

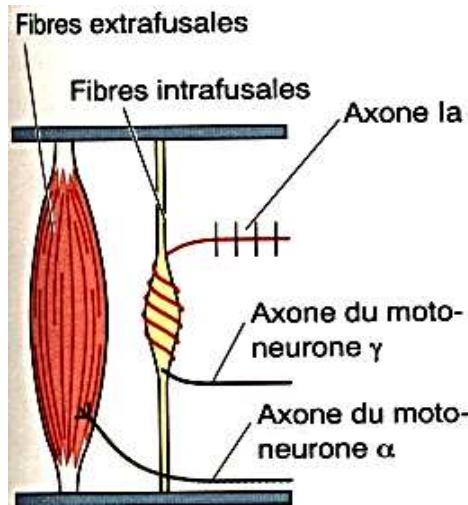


Le réflexe myotatique a pour finalité de maintenir une longueur déterminée du muscle en s'opposant à un étirement plus important de ce muscle.

Le circuit réflexe est **monosynaptique** (latence de 0,5ms) et **homolatéral**.

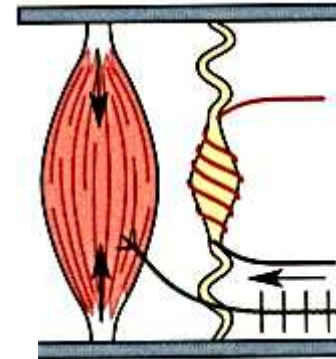
# Problème

Le muscle est relâché, les fibres intrafusales sont sensibles à l'étirement.



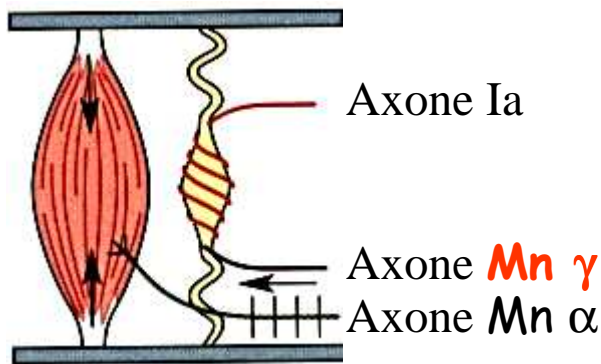
Activation du Mn  $\alpha$

L'activation des Mn alpha provoque la contraction des fibres musculaires extrafusales.



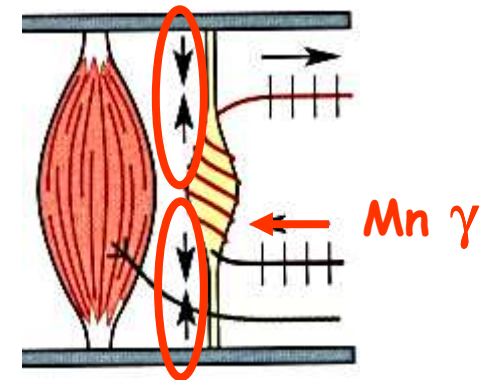
Si le FNM est détendu, il devient inefficace pour transmettre des informations sur la longueur du muscle.

Les Mn  $\gamma$  vont permettre de moduler la sensibilité du récepteur à l'étirement.

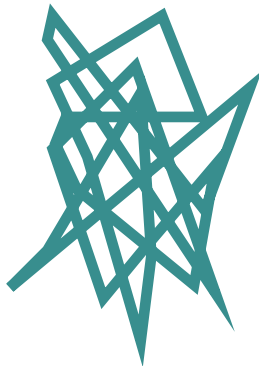


Le muscle se contracte

Activation Mn  $\gamma$

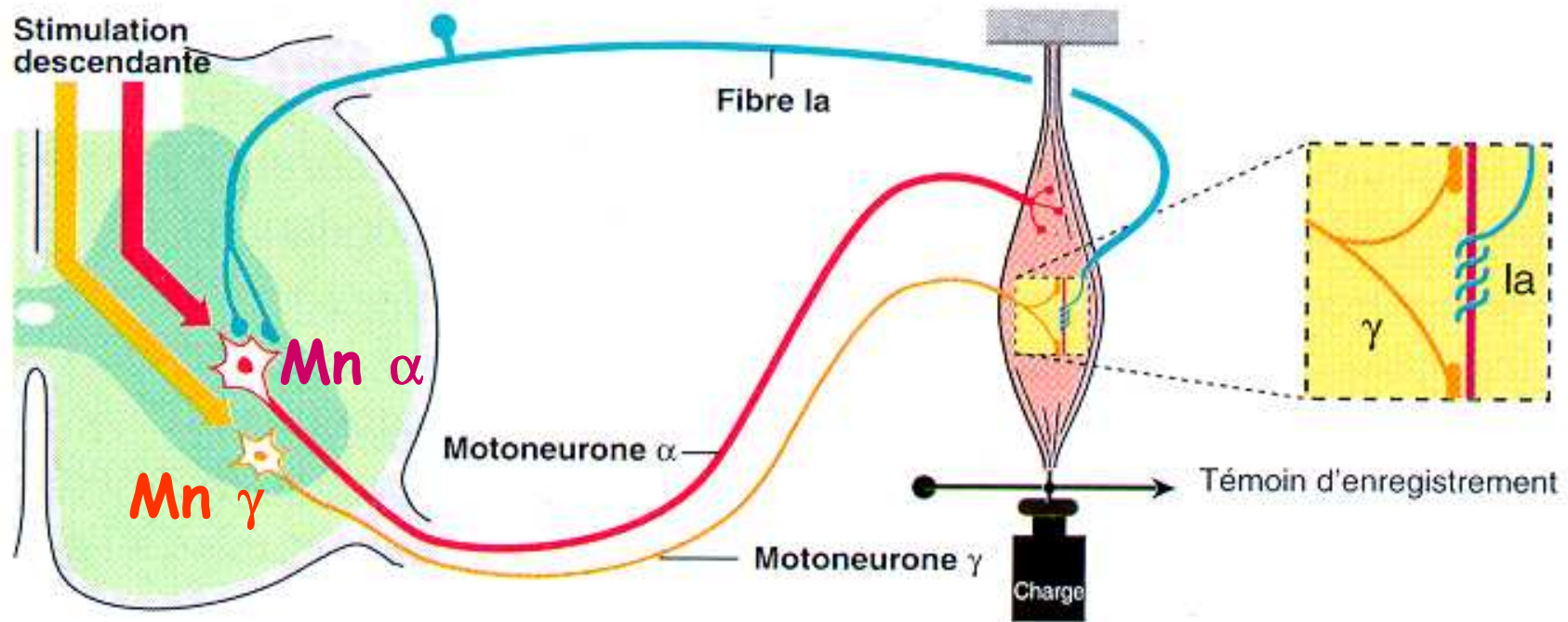


⇒ contraction des extrémités des fibres intrafusales



# A côté des **Mn $\alpha$** existent au sein de la corne ventrale des petits neurones moteurs : les **Mn $\gamma$**

Ces Mn gamma reçoivent surtout des informations des centres supra spinaux.  
Leurs axones passent par la racine ventrale pour rejoindre le nerf rachidien et viennent innerver les parties "polaires" contractiles des fibres intrafusales.



**Mn  $\gamma$**   $\Rightarrow$  ajustement de la longueur du fuseau à la longueur du muscle pendant la contraction du muscle :

- $\Rightarrow$  les fibres Ia demeurent actives
- $\Rightarrow$  la précision du mouvement musculaire augmente

Les effets du réflexe myotatique ne se limitent pas au seul muscle étiré.

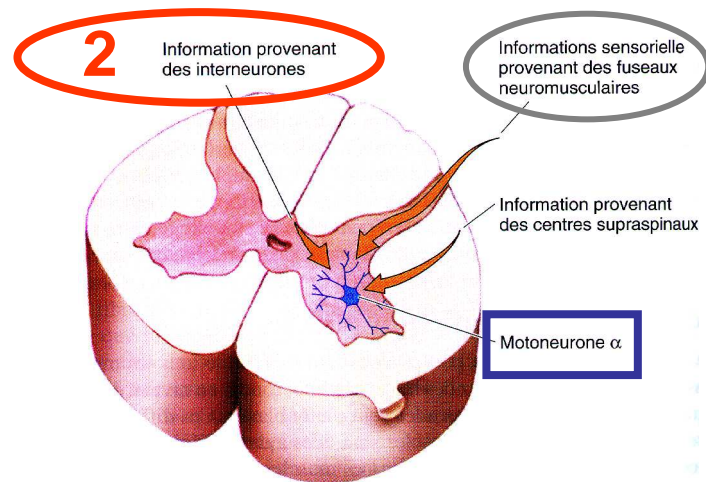
Les fibres Ia du muscle étiré ont aussi des articulations directes avec les Mn  $\alpha$  des muscles agonistes agissant en synergie sur la même articulation



**L'augmentation de l'étirement d'un muscle donné produit une contraction coordonnée des muscles synergiques**

Un étirement du biceps, muscle fléchisseur, provoque la contraction du biceps ainsi que celle du brachial antérieur.

## 2- Le contrôle spinal des unités motrices par des interneurones spinaux excitateurs ou inhibiteurs



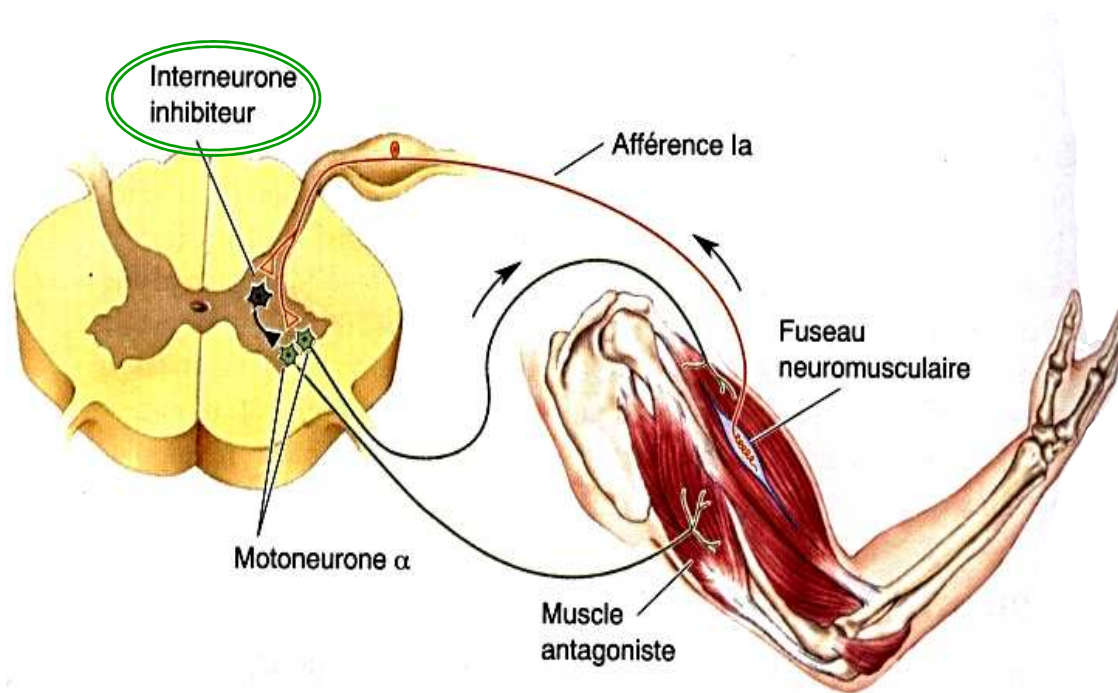
Source 2 majoritaire

Les Mn alpha reçoivent des afférences en provenance d'interneurones excitateurs ou inhibiteurs, faisant partie de circuits impliqués dans les programmes moteurs spinaux.

## **a/ L'inhibition réciproque**

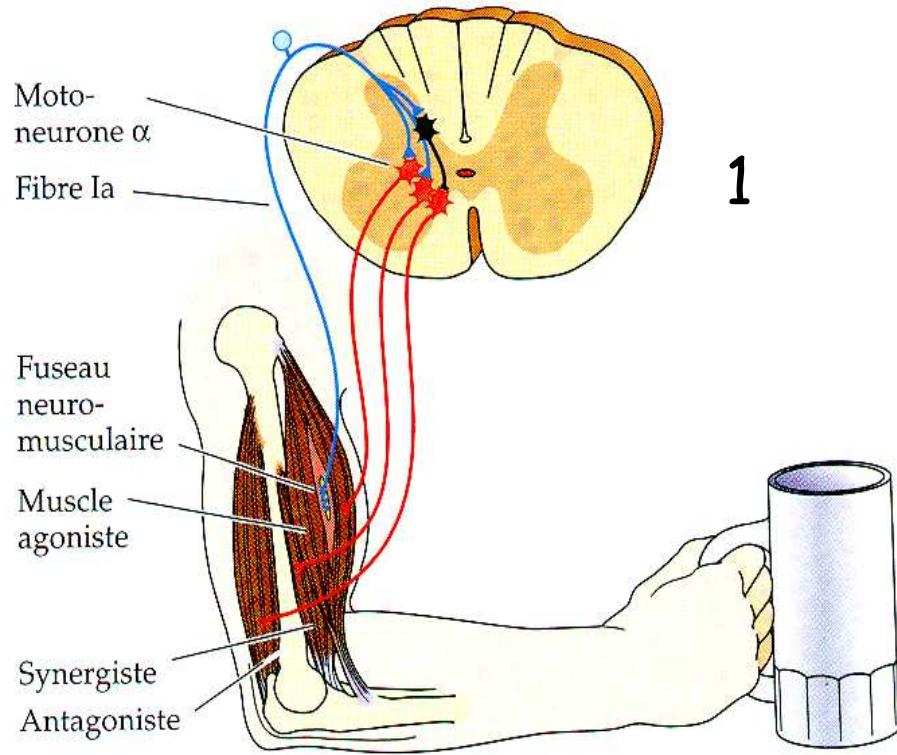
### **Les fibres Ia du muscle étiré s'articulent**

Avec les Mn alph du muscle étiré et ceux des muscles antagonistes sur la même articulation.

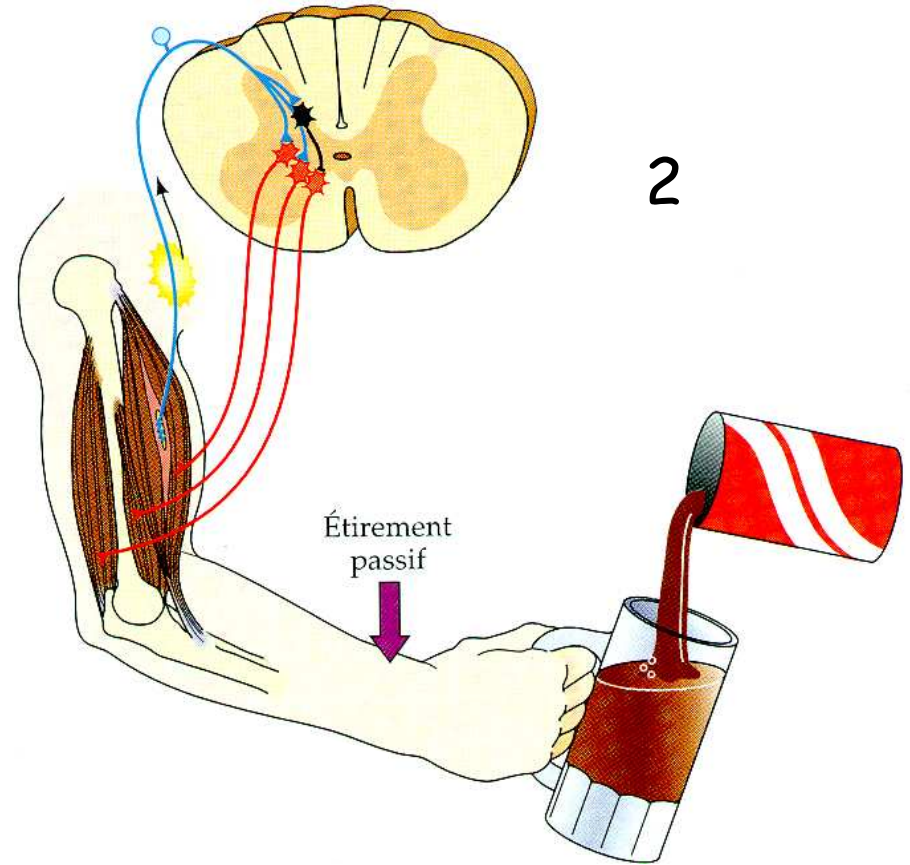


=> Avec des **interneurones inhibiteurs** en contact synaptique avec les Mn des muscles antagonistes (ici le triceps)  
=> relachement des antagonistes.

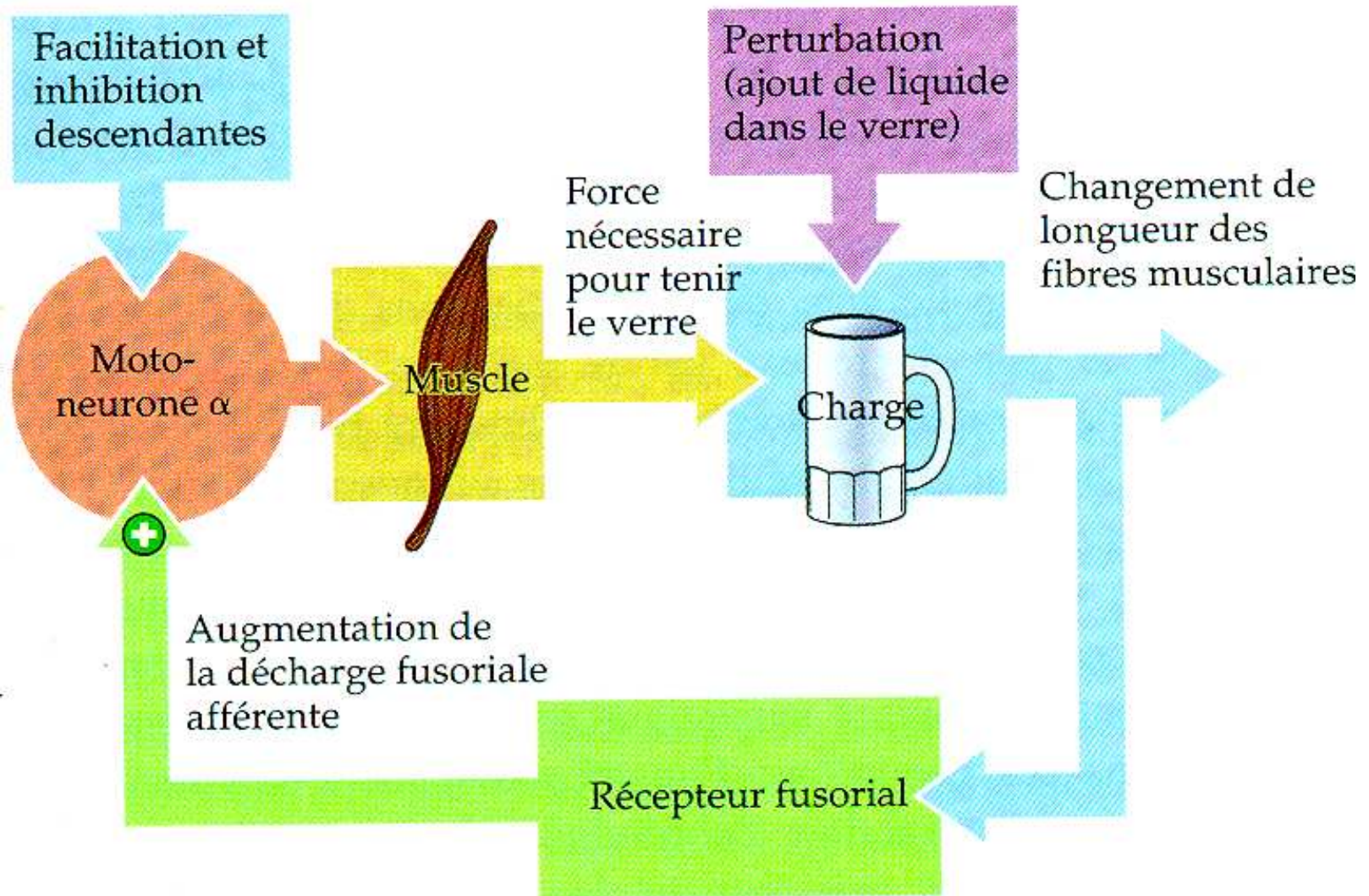
# Situation



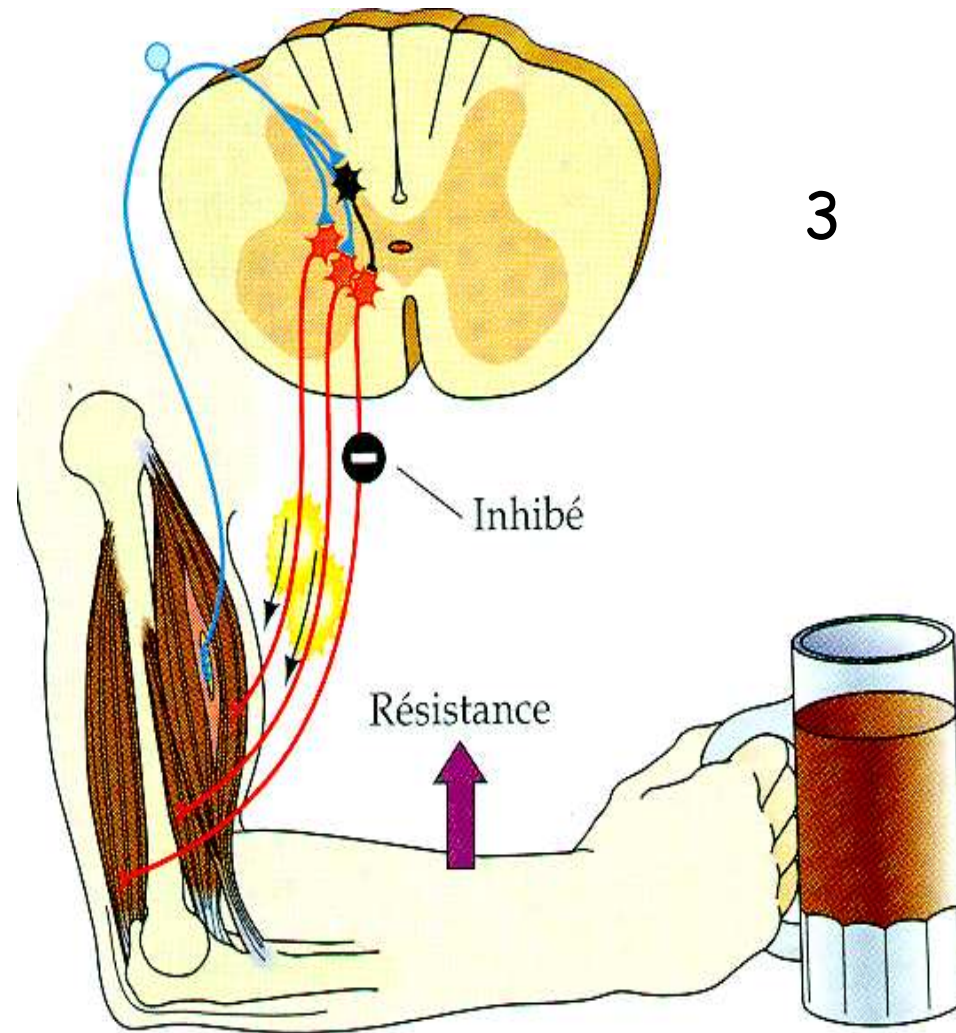
# Perturbation



# Explication



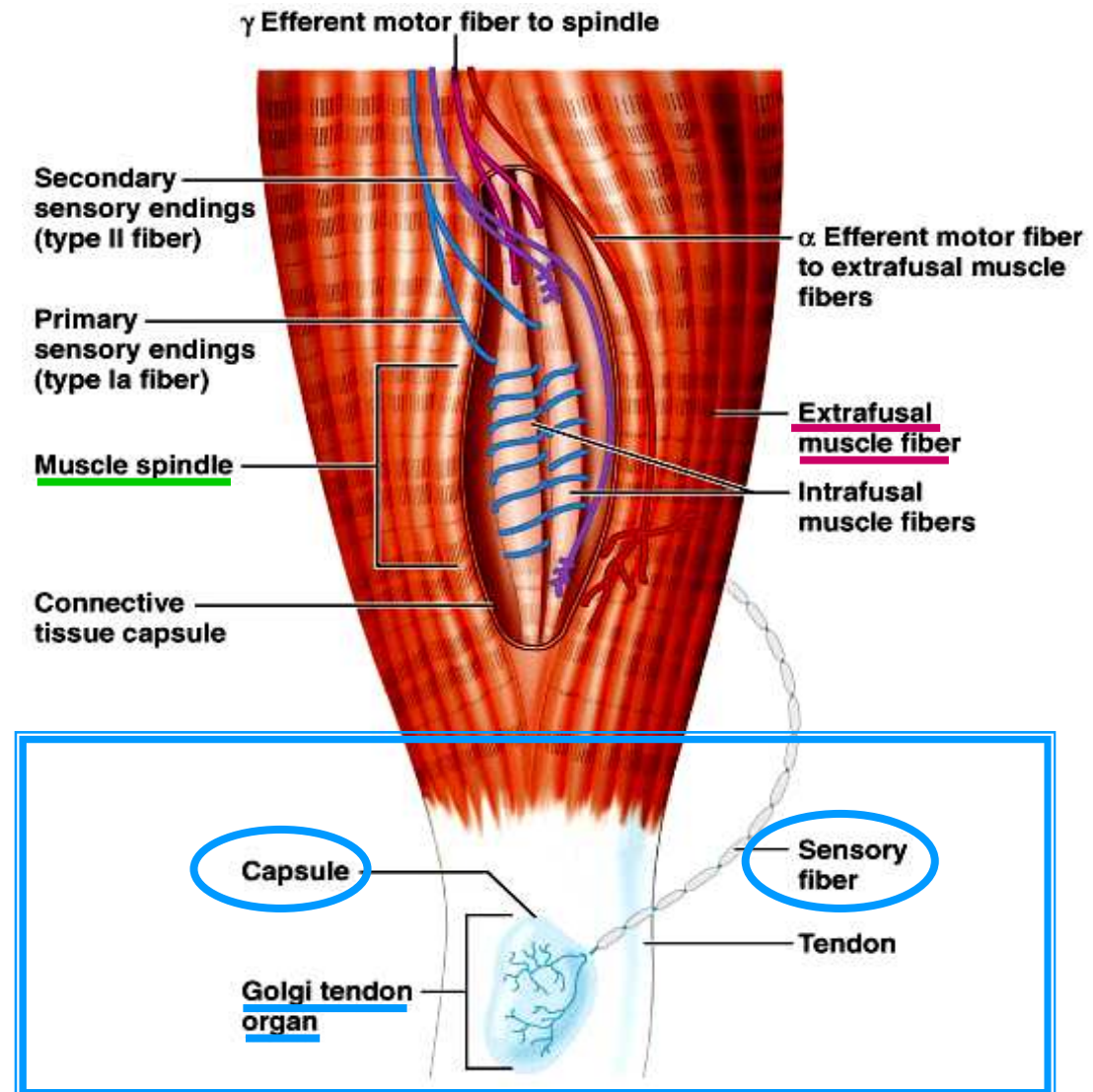
# Résultat



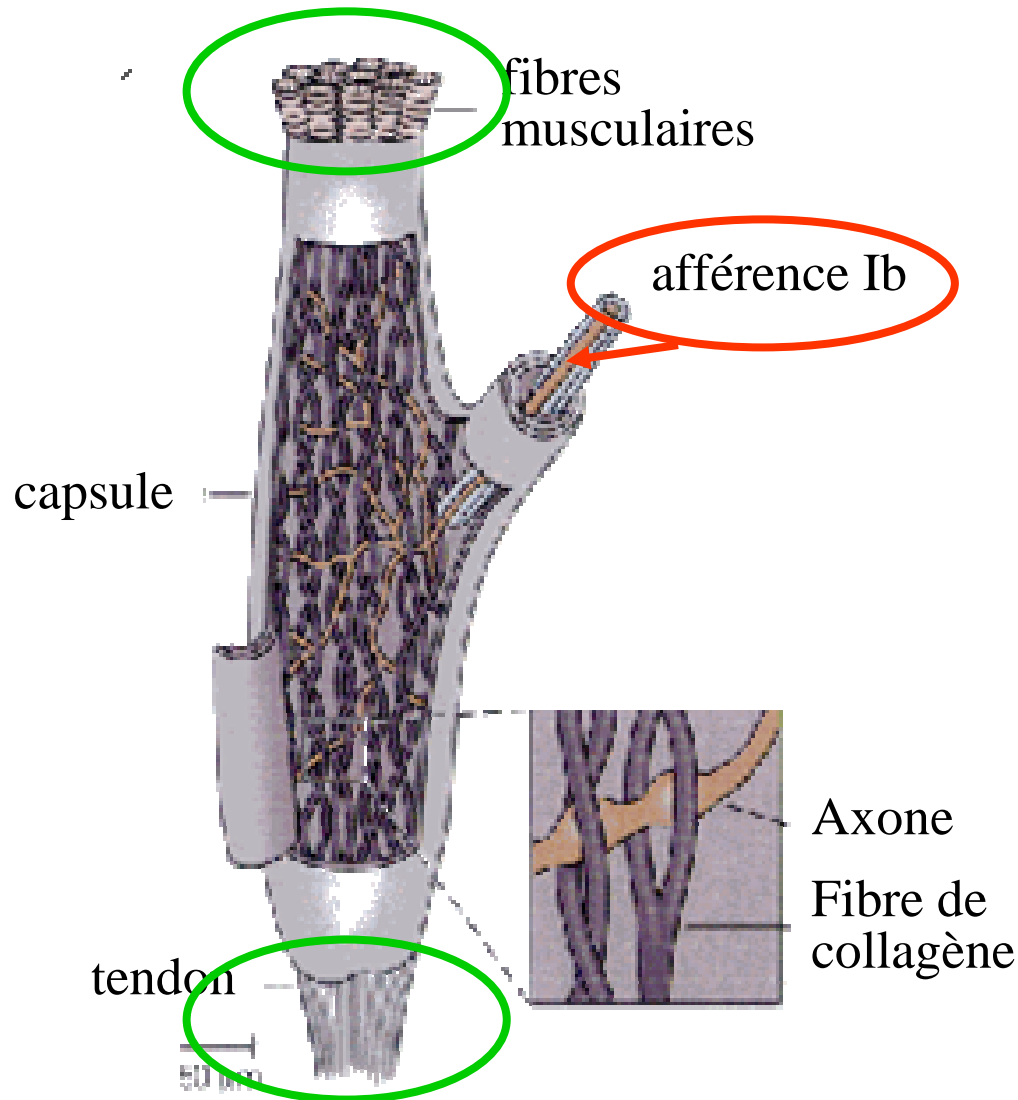
## b/ Proprioception à partir des Organes Tendineux de Golgi

FNM et OTG

OTG : Récepteurs encapsulés présents au niveau des jonctions myotendineuses notamment.



# L'OTG est constitué de faisceaux de collagène entourés par une capsule.



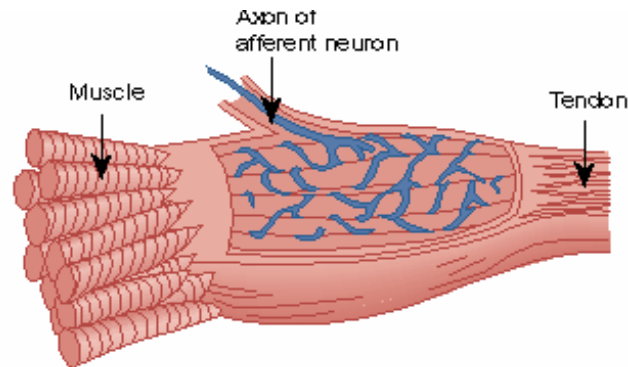
L'OTG est innervé par une fibre de gros diamètre de type Ib (Vc 60-125m/sec) qui se ramifie en entrant dans la capsule et s'insinue dans les fibres de collagène.

Les fibres de collagène s'insèrent :

- sur les fibres musculaires à l'une des extrémités,
- sur les aponévroses des tendons à l'autres.

La capsule protège les fibres de collagène et les afférences sensorielles.

L'OTG est un mécanorécepteur placé entre l'extrémité de fibres musculaires et le tendon.

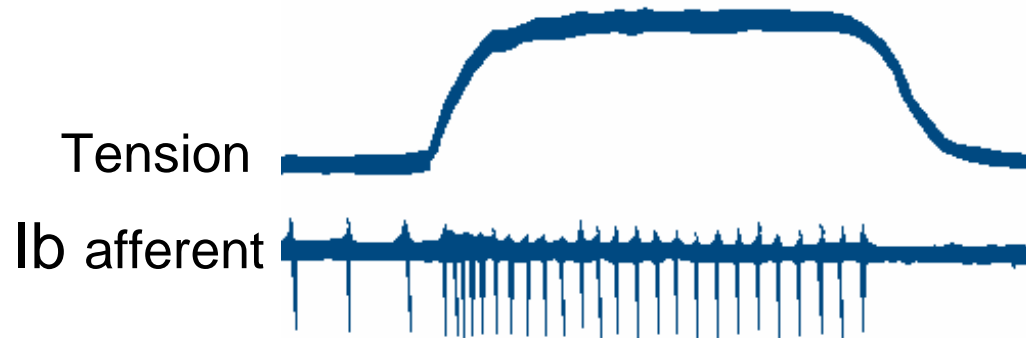


La contraction des fibres musculaires en série

=> Augmentation de la tension des fibres de collagène.

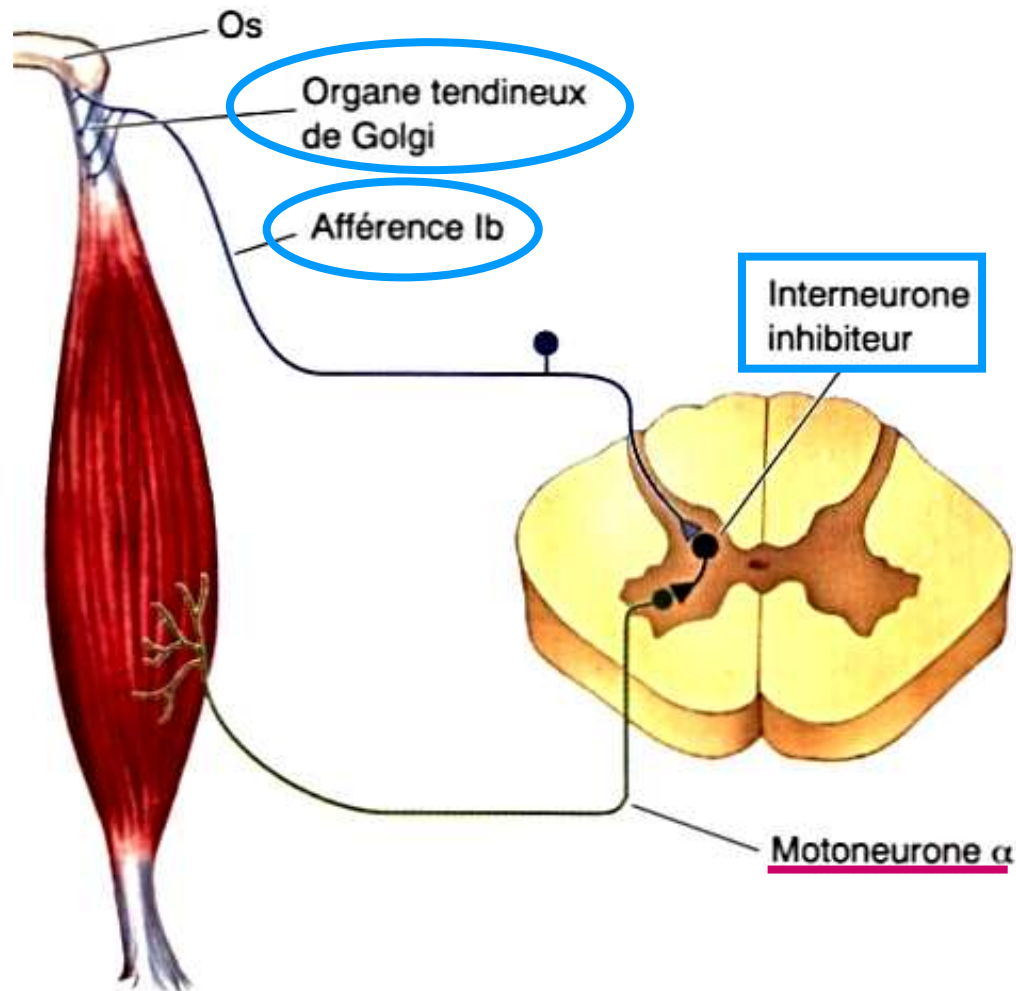
=> Compression des fibres sensorielles qui s'y entremêlent.

=> Activation (Augmentation de la décharge) des fibres Ib.



Les OTG sont sensibles à la tension des fibres musculaires squelettiques

## Arc réflexe à partir des OTG



La fibre Ib parvient dans la ME et vient inhiber les  $Mn\alpha$  du muscle homonyme

⇒ Réflexe myotatique inverse ou inhibition autogénique

qui se traduit par une réduction voire une suppression de la contraction du muscle à l'étirement de son tendon.

⇒ Le réflexe myotatique inverse est donc un réflexe inhibiteur.

# Parallèlement, les fibres Ib s'articulent avec des interneurones

## - inhibiteurs

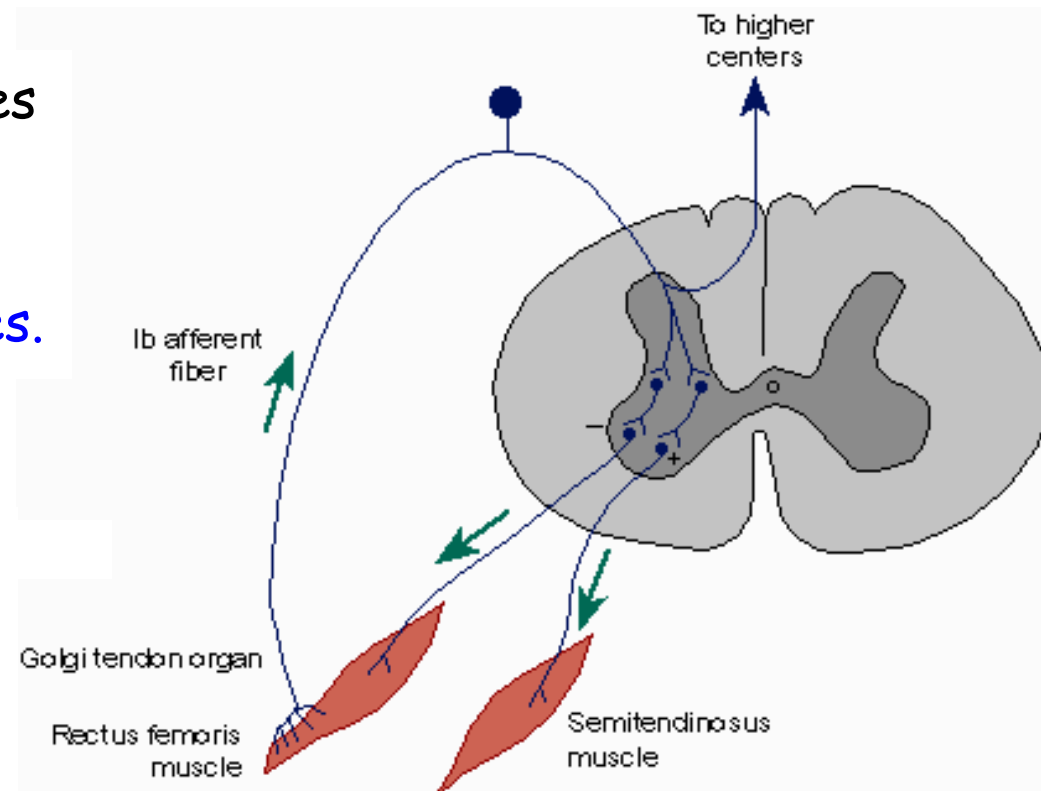
en contact avec les Mn des muscles synergiques (voie généralement disynaptique).

=> Inhibition des muscles agonistes.

## - excitateurs

(une voie polysynaptique) en contact avec les muscles antagonistes.

=> Excitation des muscles antagonistes.



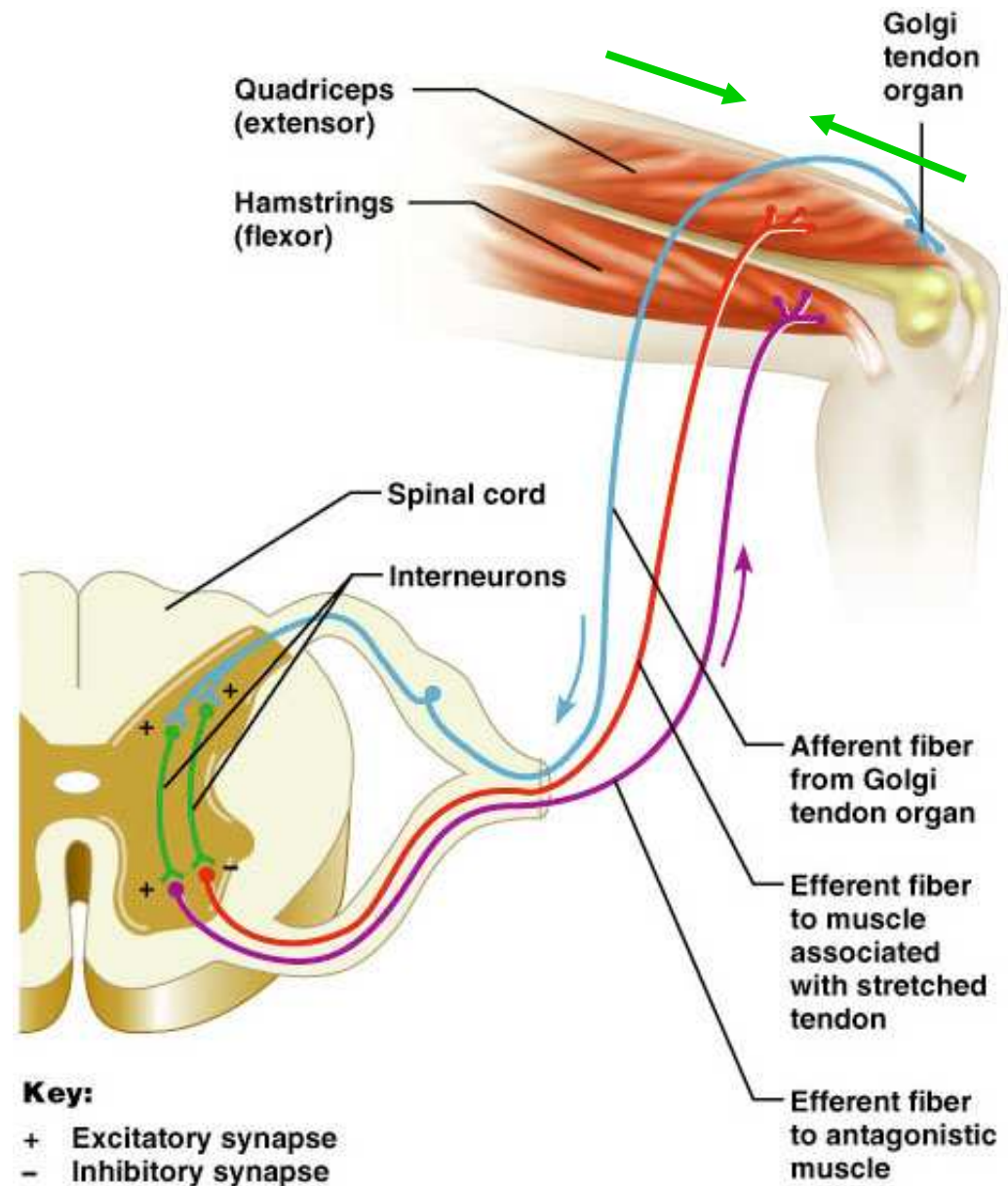
# LE REFLEXE MYOTATIQUE INVERSE ET L'INNERVATION RECIPROQUE

## Contraction du quadriceps

=> augmentation de la tension dans le tendon rotulien sur lequel il s'attache.

=> stimulation des OTG

=> relâchement du quadriceps (extenseur) et contraction des muscles de la loge post de la cuisse (fléchisseurs).



## II. Les réflexes spinaux somatiques

...

### 2- Le contrôle spinal des unités motrices par des interneurones spinaux excitateurs ou inhibiteurs

a/ L'inhibition réciproque

b/ La proprioception à partir des OTG

c/ Les récepteurs extéroceptifs : les AFR, afférences aux réflexes de flexion

Les **AFR** sont des fibres sensibles fines d'origine

- cutanée (A gamma et C)

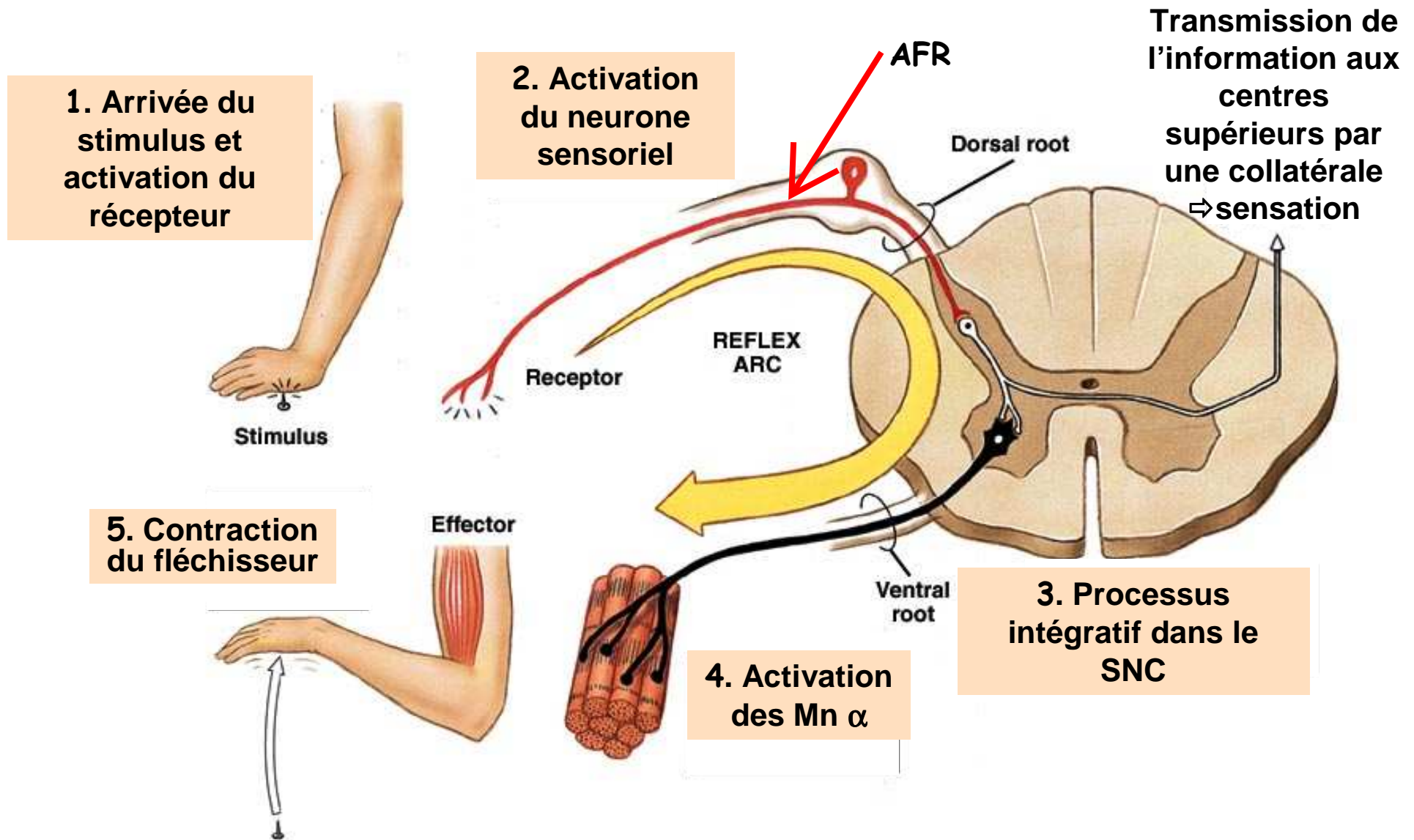
- *ou musculaires (III et IV)*

émanant généralement de récepteurs nociceptifs, (la douleur)

qui arrivent directement dans la corne dorsale de la ME et font synapse dans la substance grise.

Elles sont à l'origine de réflexes complexes beaucoup plus **lents** que le réflexe myotatique car **impliquant de nombreuses synapses**.

# Arc réflexe à partir des AFR comporte au moins 3 neurones



## Le Réflexe ipsilatéral de flexion

### Son but:

éloigner de façon automatique du stimulus la partie du corps menacée.

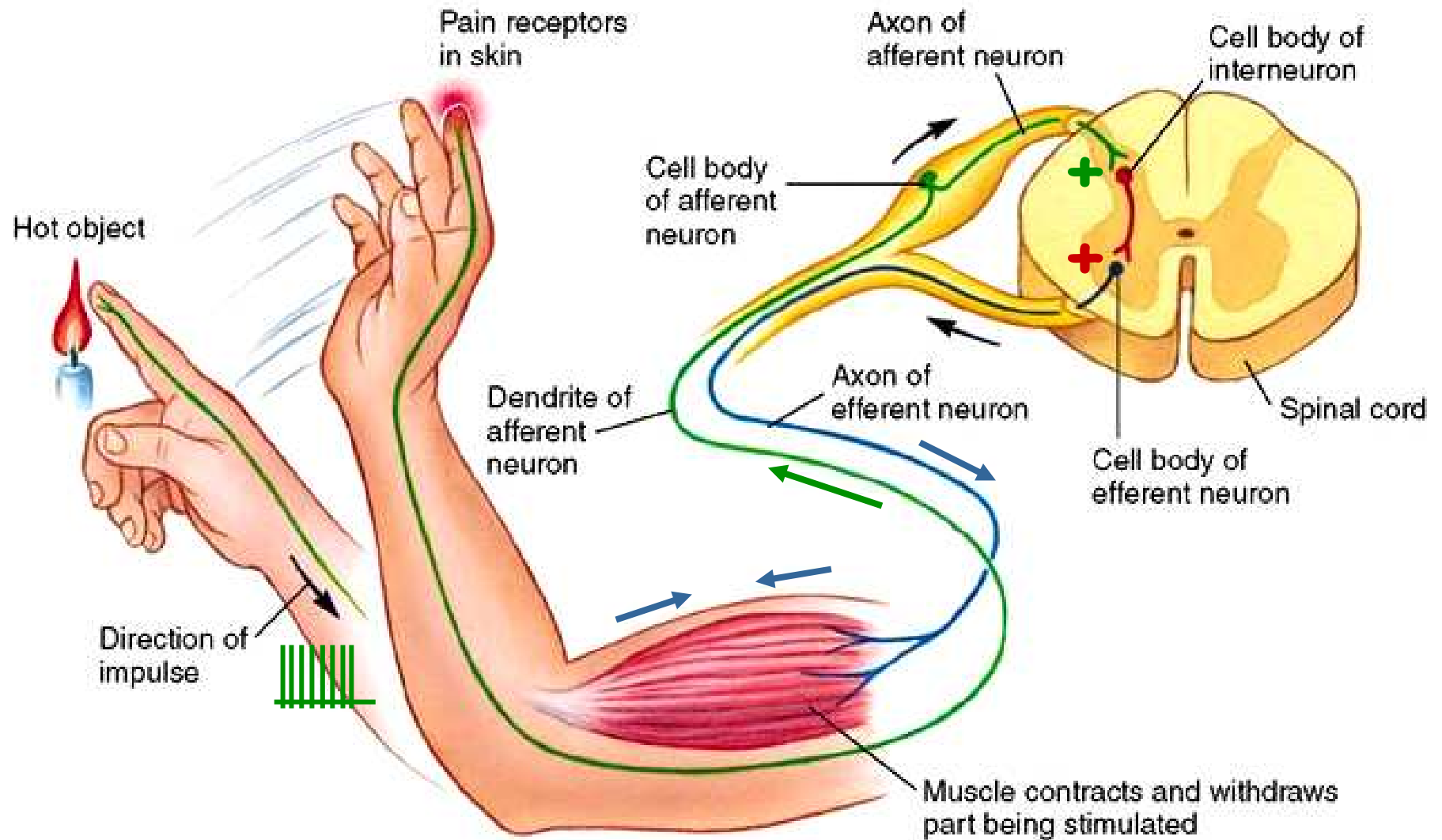
Apparaît **comme une légère flexion articulaire ipsilatérale** de courte durée, en réponse à une stimulation tactile légère de l'extrémité du membre.

=> Réflexe ipsilatéral de flexion.

**D'autres effets peuvent se surajouter** selon que le stimulus réflexogène est léger, intense ou prolongé.

=> quand la stimulation est forte, un retrait complet du membre apparaît.

# LE REFLEXE IPSILATERAL DE FLEXION



C'est donc un réflexe de retrait, de défense qui affecte la musculature squelettique en réponse à des stimuli généralement douloureux ou agressifs

- réels (quand on se pique ou se brûle légèrement)
- ou perçus (flexion du tronc si quelqu'un veut vous donner un coup de poing dans l'abdomen)

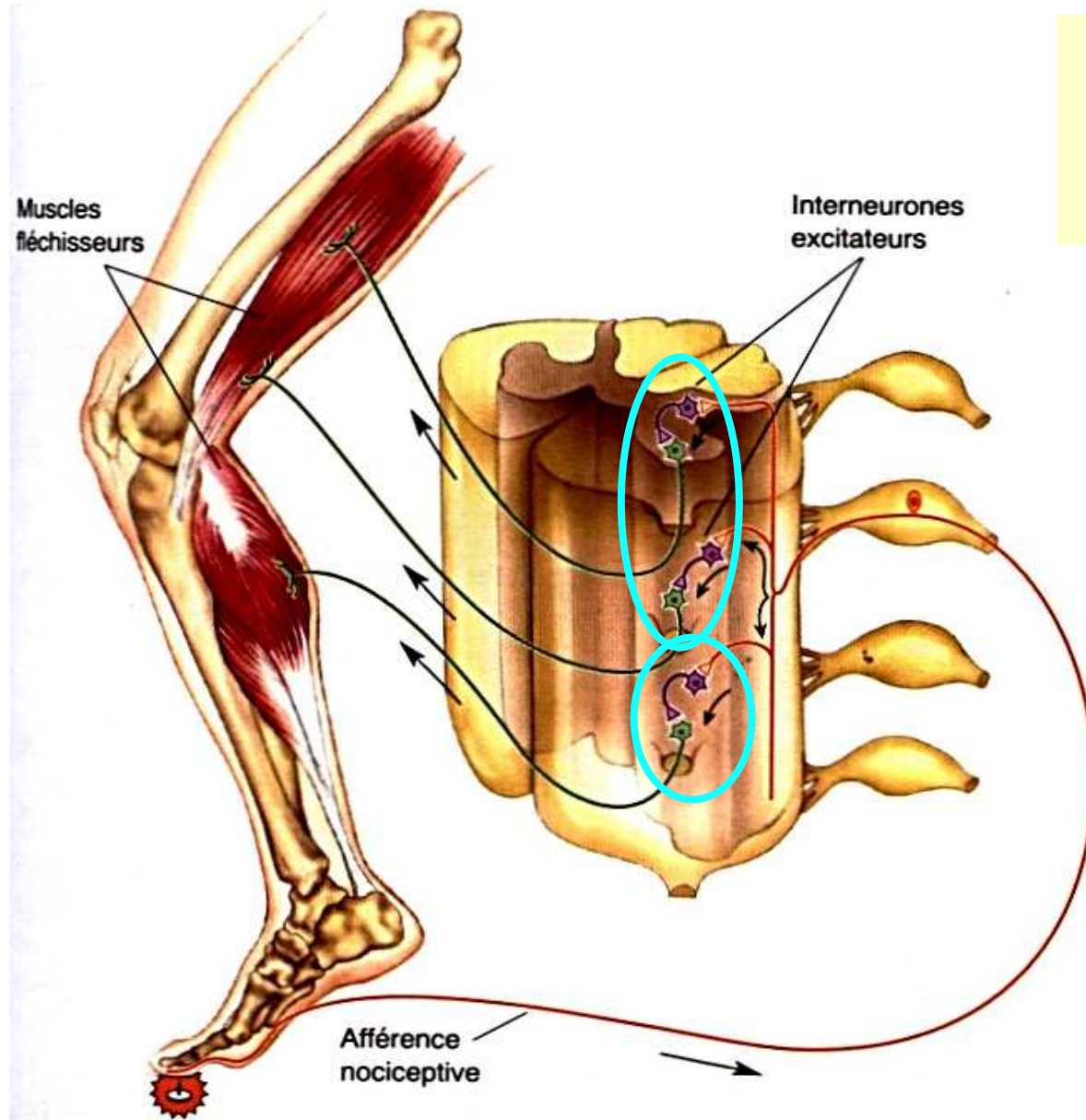
## Connections des AFR

- **indirectes excitatrices** avec les Mn des muscles fléchisseurs du membre stimulé,
- **indirectes inhibitrices** avec les extenseurs du même membre.

Le réflexe de flexion est polysynaptique.

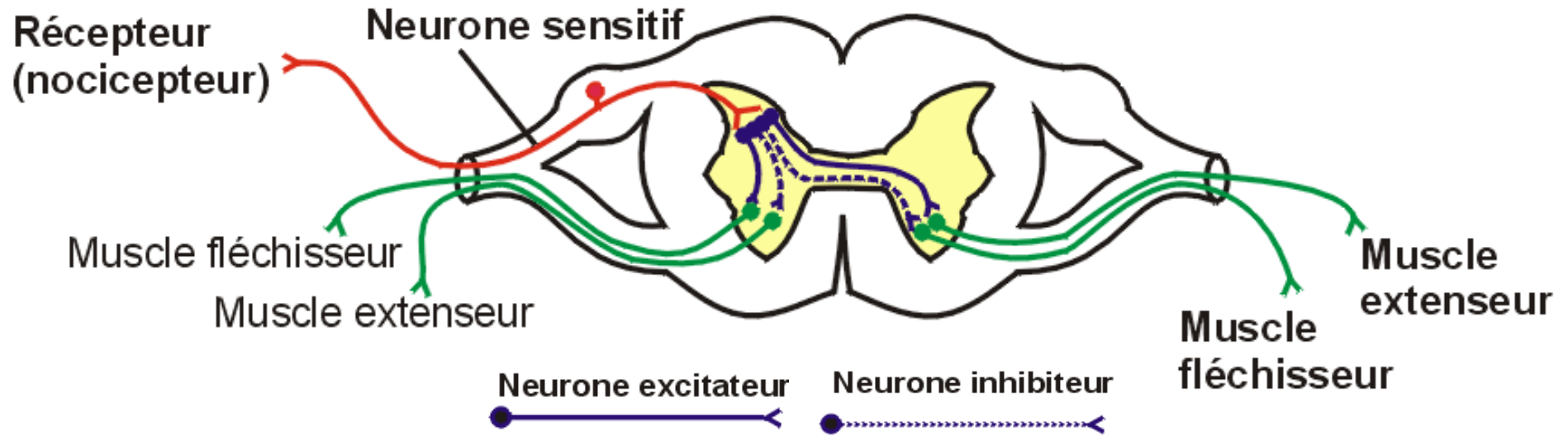
Il comporte au moins un interneurone (également plus) => latence supérieure à 2.5 - 3 msec.

*Les mouvements engendrés sont fonction de l'intensité et de la durée de la stimulation (contraction et durée de contraction ↗ avec l'intensité)*



LE REFLEXE DE FLEXION  
FAIT INTERVENIR  
PLUSIEURS SEGMENTS DE  
MOELLE EPINIERE

Les interneurones  
intercalés entre la  
voie afférente et les  
Mn susceptibles de  
fonctionner comme  
voie efférente  
assurent la réponse  
en fonction de  
l'intensité du  
stimulus (cf.réseau)

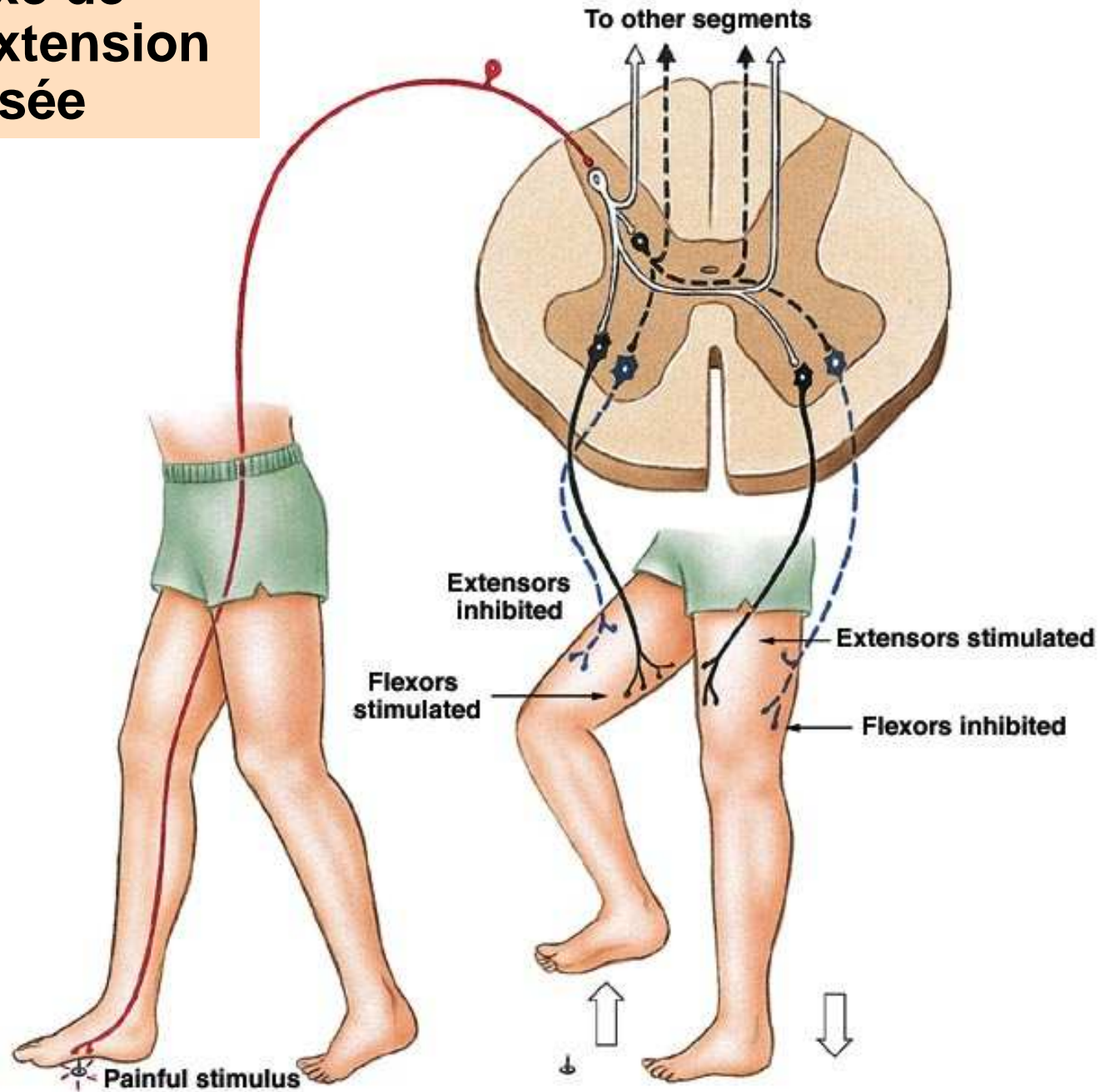


Souvent les réflexes ne se limitent pas au membre stimulé et la flexion ipsilatérale s'accompagne d'une extension controlatérale.

L'arc réflexe fait intervenir une chaîne d'interneurones qui excitent les extenseurs et inhibent les fléchisseurs contralatéraux

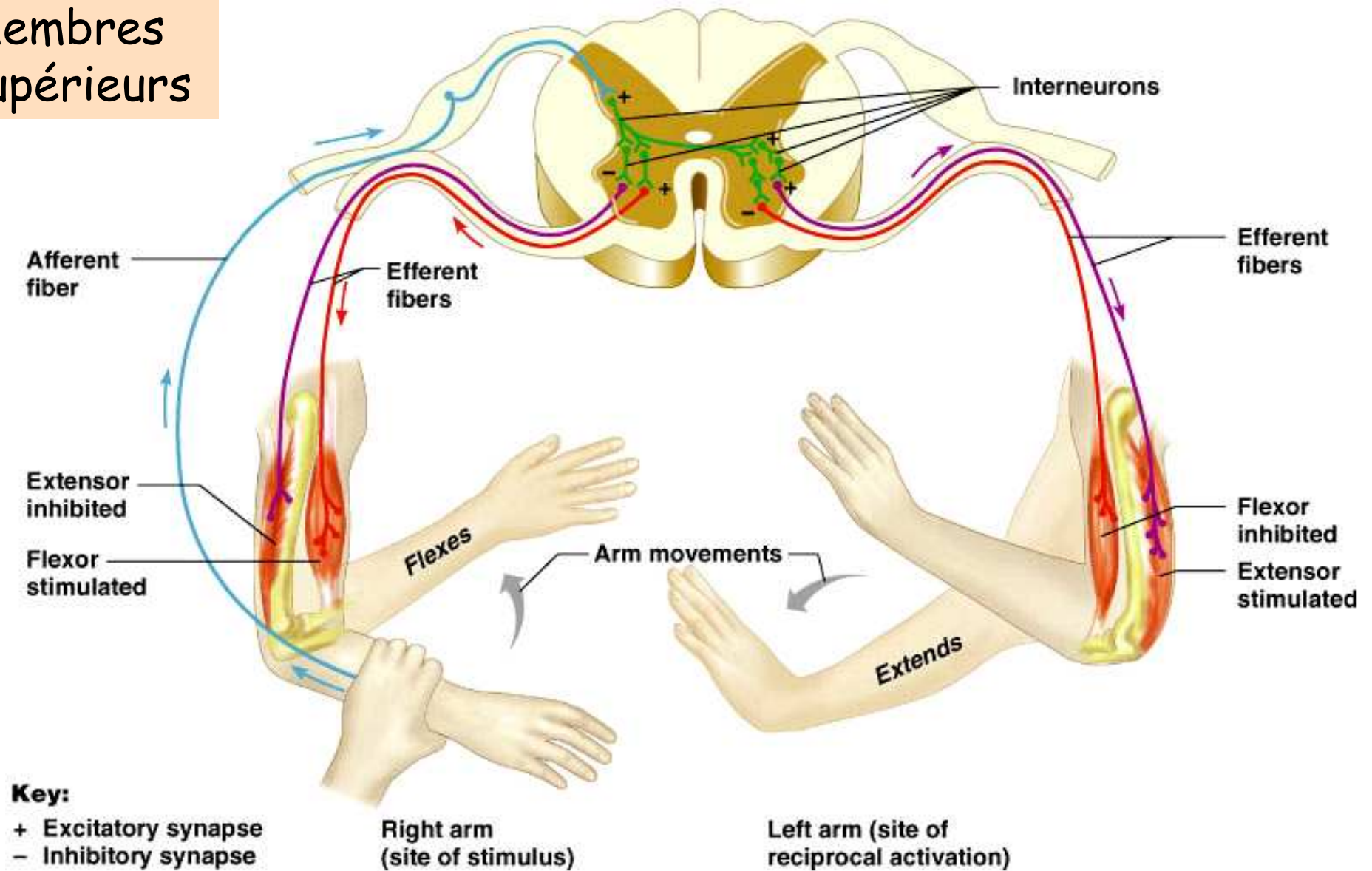
**C'est le réflexe de flexion-extension croisée**

# Réflexe de flexion/extension croisée



# Réflexe de flexion/extension croisée

## Membres supérieurs

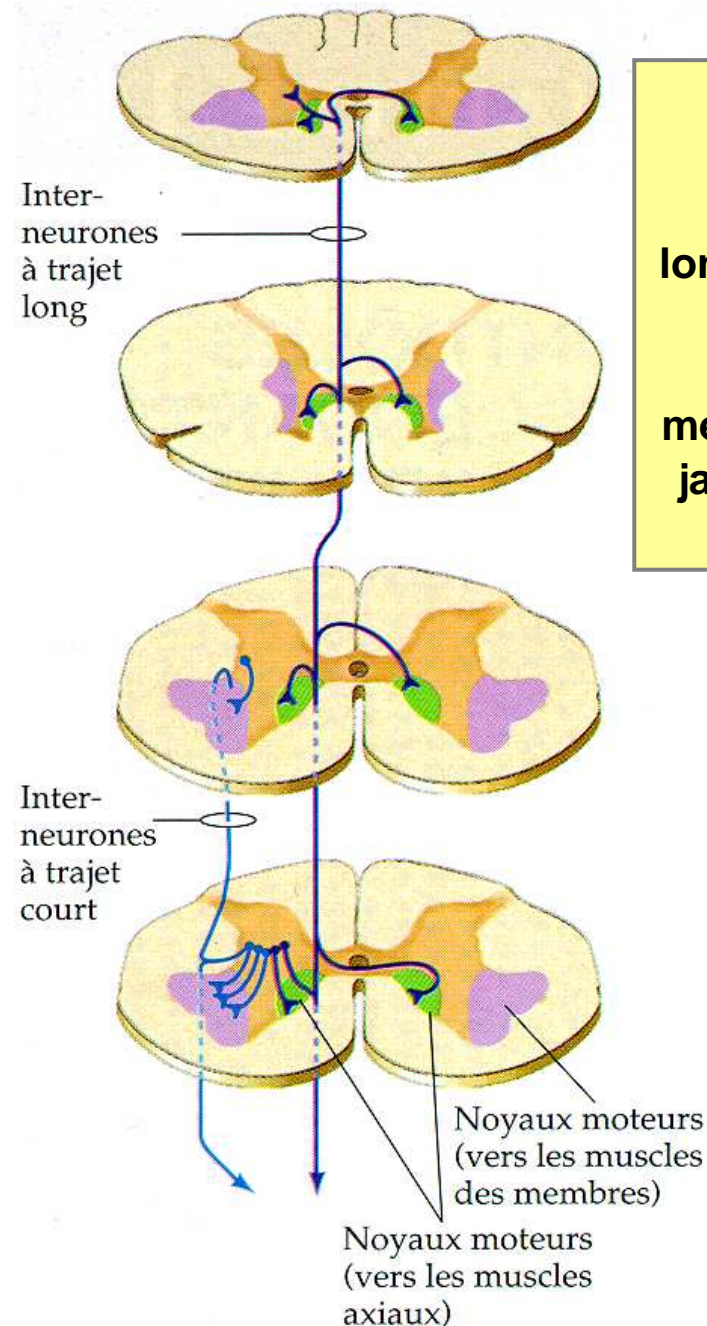


Il peut y avoir  
généralisation du réflexe  
à l'ensemble des autres  
membres

(toujours pour maintenir  
la posture nécessaire à la  
flexion du membre  
stimulé)

⇒ ces réflexes  
intéressent alors un très  
grand nombre de  
muscles et d'articulations

⇒ les arcs réflexes font  
intervenir de nombreux  
segments de moelle  
épineuse.



Rôle des In  
spinaux ⇒  
connexions  
longitudinales de  
différents  
segments  
médullaires sans  
jamais sortir de  
la ME.

## Les réflexes à partir des AFR

- ☞ sont pour la plupart des réflexes de protection
- ☞ conduisent à la réalisation de mouvements coordonnés

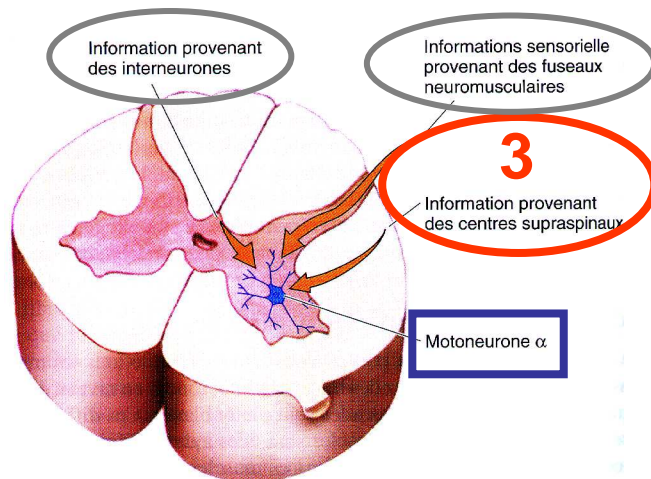
Les interneurones intercalés dans les voies réflexes, tout comme les Mn, sont soumis à **l'influence des voies descendantes supraspinales** qui peuvent moduler l'efficacité de chaque arc réflexe.

## II. Les réflexes spinaux somatiques

1- Le contrôle spinal des unités motrices par les informations sensorielles provenant des FNM

2- Le contrôle spinal des unités motrices par des interneurones spinaux excitateurs ou inhibiteurs

3- Le contrôle spinal des unités motrices par les niveaux supra-spinaux



Source 3

Exemple :

1. Action : vous commandez volontairement la flexion du coude.
2. => étirement des muscles antagonistes (les extenseurs) qui devrait s'opposer à la flexion.
3. => inhibition des muscles antagonistes.

