

Cours de Neurophysiologie de la 2ème année médecine.  
Module de Physiologie Clinique.

## **Fonctions de la moelle**

### **Réflexes médullaires**

#### **Introduction**

#### **Organisation de la moelle épinière**

### **1-Les réflexes médullaires:**

#### **Définition**

#### **Les réflexes médullaires : Types**

##### **Le réflexe myotatique :**

Exploration clinique

Définition

Motoneurones gamma

Innervation réciproque

Le réflexe myotatique inverse

L'Inhibition récurrente des motoneurones

#### **Les réflexes cutanés extéroceptifs : Réflexes polysynaptiques de flexion**

a) Flexion ipsilatérale

b) Extension croisée

### **2 - Fonction de conduction**

#### **• Le système pyramidal**

Le faisceau pyramidal direct; le Faisceau pyramidal croisé.

Le faisceau géniculé

*Modulation par les centres supra-médullaires: Exemple du réflexe cutané plantaire*

#### **• Les voies extrapyramidales**

#### **Conclusion**

Dr. ARDISOUN Z. Ed. LEKHAL  
Maître Assistant en  
Neurophysiologie Clinique

# Fonctions de la moelle

## Réflexes médullaires

### Introduction

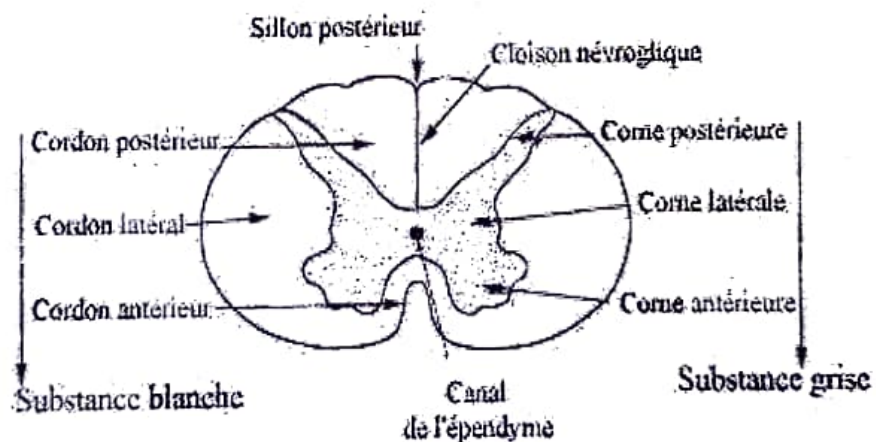
On peut distinguer 2 fonctions à la moelle épinière:

- une fonction dans l'activité dite réflexe dont la substance grise est le centre "intégrateur";
- une fonction de conduction ascendante ou descendante des faisceaux de substance blanche.

### Organisation de la moelle épinière

- La substance blanche : organisée en cordons et contient des fibres nerveuses motrices et sensitives qui s'étendent entre le cerveau et la ME.
- La substance grise : divisée en 2 cornes dorsales (postérieures) et 2 cornes ventrales (antérieures). Elle contient les corps cellulaires des neurones, leurs dendrites et leurs synapses. C'est le centre nerveux de la moelle.

#### Coupe transversale de la moelle



La substance grise = centre nerveux segmentaire

- Centre nerveux car, c'est là que se déroulent les phénomènes réflexes.
- Segmentaire, car la ME est formée de 31 segments étagés qui donne naissance aux racines d'un nerf spinal.  
Chaque segment = neuromère.

Neuromères : 8 cervicaux, 12 thoraciques, 5 lombaires, 5 sacrés et 1 coccygien.

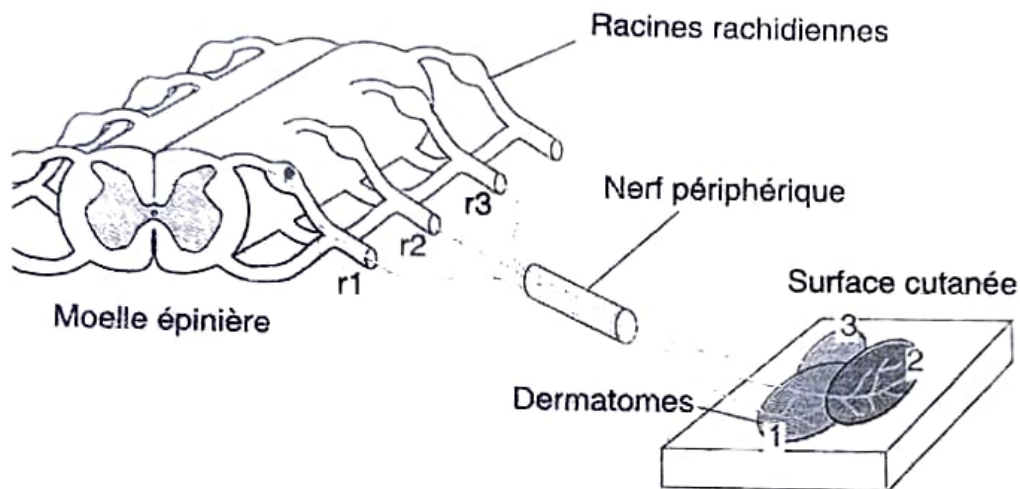
### La corne antérieure de la substance grise :

- fonction motrice.
- contient les motoneurones dont les axones forment les fibres motrices des nerfs périphériques

### Notion de métamérie

Chaque racine innerve un territoire corporel précis.

On appelle métamérie, la correspondance entre une racine rachidienne et une partie du corps.



Les 2 aspects de la métamérie :

### Les 2 aspects de la métamérie :

racine  
rachidienne  
(branche  
sensitive)

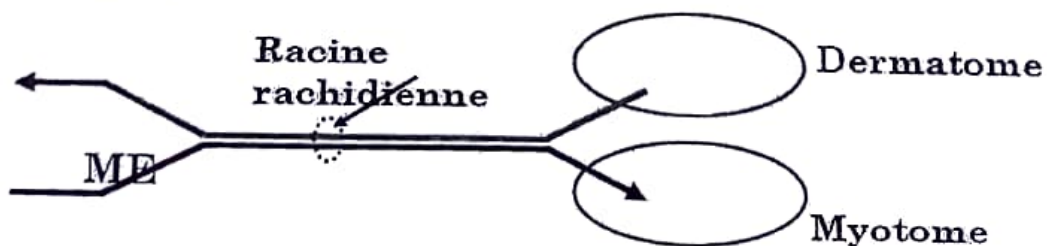


territoire cutané

racine  
rachidienne  
(branche  
motrice)



territoire musculaire



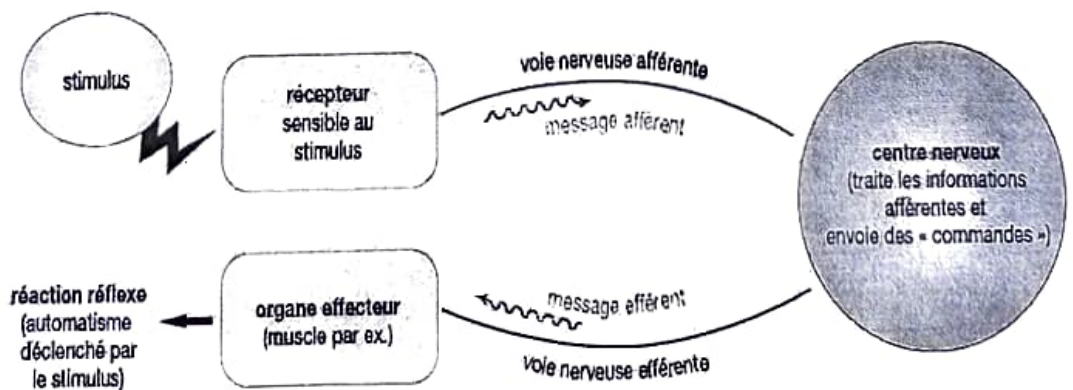
Dr. ARDISCUN Z. E. LEKHAL  
Maître Assistant en  
Neurophysiologie Clinique

# 1-Les réflexes médullaires:

## Définition

- Le mot « réflexe » est très utilisé dans le langage populaire
- Étymologie du mot « réflexe »
  - Vient du latin *reflexus* qui veut dire «réfléchi»
  - Le réflexe est donc une réponse qui se produit en retour de quelque chose
- Définition des physiologistes
  - Les réflexes sont des *réponses physiologiques* (motrices, viscérales ou glandulaires) qui succèdent à des stimuli sensitifs ou sensoriels.
  - Caractéristiques des réflexes : Les réflexes sont des réponses
    - Rapides
    - Involontaires
    - Innées
    - StérotypéesOn peut avoir conscience ou non du résultat de l'activité réflexe
  - Suivent des voies nerveuses particulières (arcs réflexes)
- L'arc réflexe est constitué par:
  - Récepteur
  - Neurone sensitif
  - Centre d'intégration
  - Neurone moteur
  - Effecteur

## LE « CIRCUIT GÉNÉRAL » D'UN RÉFLEXE

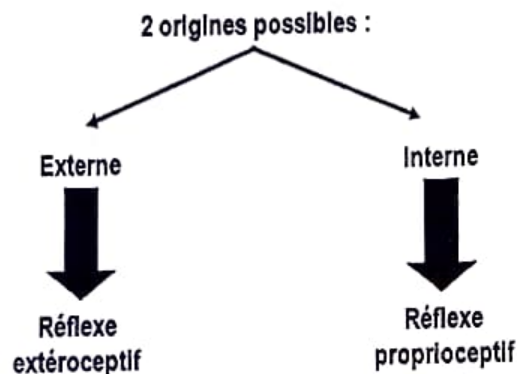


## Réflexe somatique:

- Réaction motrice (suite à une stimulation)
- Prédicible, constante
- Involontaire, inconsciente
- Rapide (anticipant toute réflexion)

La moelle en tant que premier relais présente une activité majoritairement réflexe, mais on observe des réflexes dans des systèmes de plus haut niveau.

Selon l'origine du stimulus, on peut avoir 2 types de réflexes:



### • Les réflexes médullaires : Types

On distingue 3 types:

- Réflexe myotatique (ou d'étirement) boucle **monosynaptique** – fuseau neuro-musculaire
- Réflexe **di-synaptique** – l'organe de Golgi
- Réflexes cutanés **poly-synaptiques**.

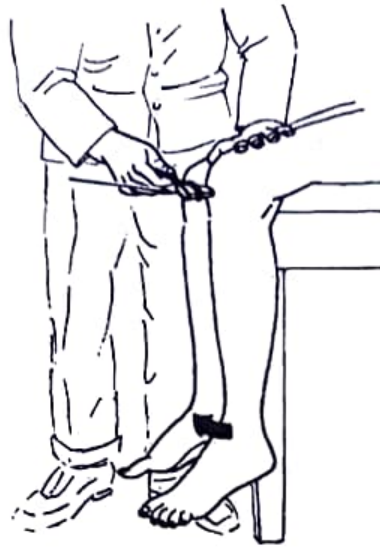
On peut aussi les classer en:

- Réflexes segmentaires ne mettant en jeu qu'un (ou deux segments médullaires) représentés par les **réflexes "ostéo-tendineux"**.
- Réflexes inter-segmentaires mettant en jeu plusieurs segments médullaires, faisant intervenir de très nombreux interneurons et synapses (réflexes polysynaptiques) et qui sont généralement des réflexes de défense d'**origine nociceptive** et cutanée.



# Le réflexe myotatique : Réflexe proprioceptif d'extension

## Exploration clinique



Bicipital (C5-C6 / musculo-cutané)

Tricipital (C7-C8 / tricipital)

Rotulien (L3-L4 / fémoral)

Achilléen (S1 / tibial)

Diminution isolée  $\delta$  lésion sur la boucle

## Définition :

- Le réflexe myotatique est le réflexe le plus simple de l'organisme car c'est un réflexe monosynaptique.
- C'est un réflexe dit "**proprioceptif**", car le stimulus auquel il est sensible est l'étirement musculaire. (récepteur situé à l'intérieur de l'organe effecteur).

Le réflexe myotatique met en jeu un arc réflexe qui comporte 5 éléments:

- Récepteur : Ce sont les Fuseaux neuromusculaires.

Ils sont des récepteurs capables de détecter l'étirement du muscle et le convertir en stimulus.

- Voie afférente : Ce sont des fibres sensibles qui partent à partir du fuseau.

On distingue deux types : les **afférences primaires** (fibres Ia), et **secondaires** (fibres II).

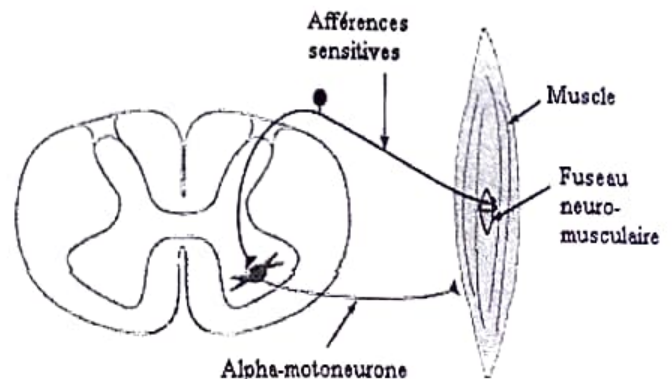
- Centre d'intégration

C'est le motoneurone alpha qui se trouve dans la corne antérieure du segment médullaire correspondant au muscle étiré.

- Voie efférente

Ce sont des fibres myélinisées et de grand diamètre qui correspondent aux axones des motoneurones alpha.

- Effecteur  
C'est le même muscle qui a été étiré au départ.



Dr. ABDOUL Z. ED. LEKHAL  
Maître Assistant en  
Neurophysiologie Clinique

## Que se passe-t-il?

Le muscle est sensible à l'étirement.

Quand il s'allonge (comme dans le cas du coup de marteau), l'allongement des fibres intra fusoriales va activer les afférences IA

entraînant la libération du Glutamate (neurotransmetteur excitateur) dans la fente synaptique.

Le motoneurone  $\alpha$  est excité et va sécréter de l'acétylcholine,

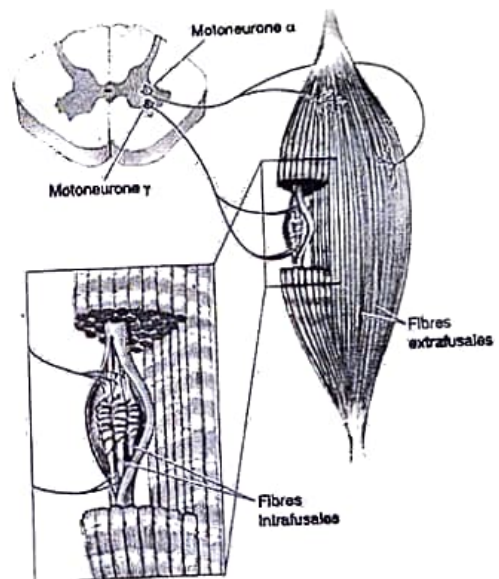
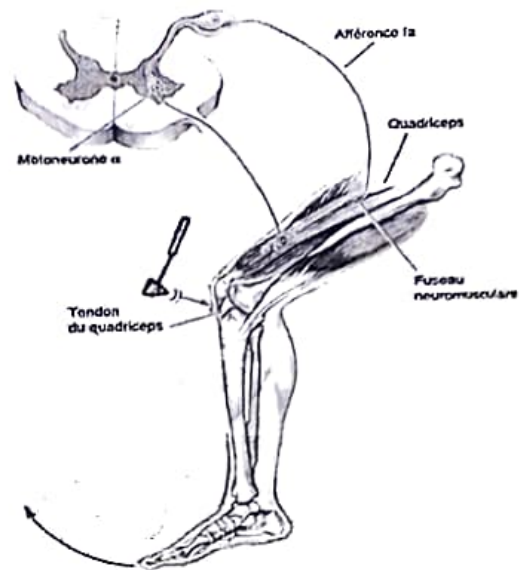
entraînant la contraction du muscle pour empêcher l'étirement.

→ Extension

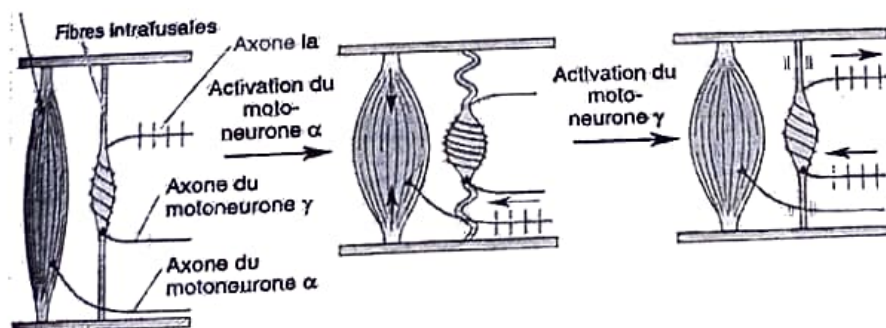
### Motoneurones gamma:

Tandis que les motoneurones  $\alpha$  innervent les fibres extrafusales du muscle (celles à l'extérieur qui sont contractiles),

Il existe un autre type de motoneurones :  $\gamma$  qui innervent les fibres intrafusales de part et d'autre du fuseau neuromusculaire.



### Fonction des motoneurones gamma



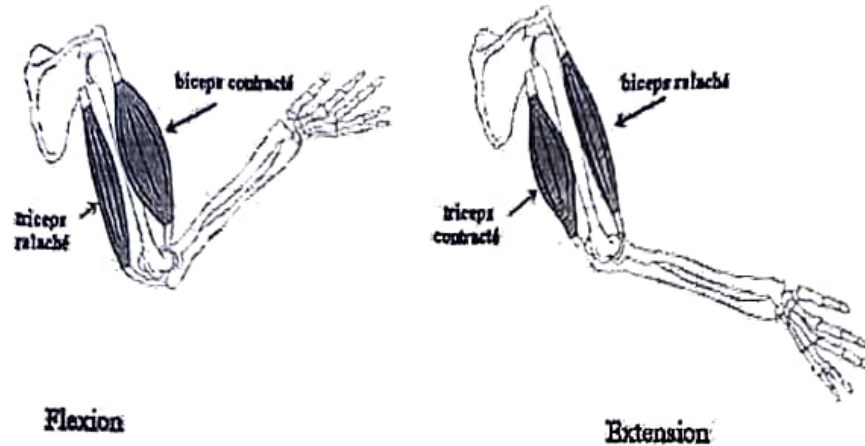
L'activation des motN  $\alpha$  provoque la contraction des FM extrafusales. Si le fuseau NM se détend, il devient inefficace ou silencieux pour transmettre des info sur la longueur du M.

L'activation des motN  $\gamma$  a pour effet de faire contracter les fibres situées aux 2 extrémités du fuseau NM pour qu'il retrouve son efficacité.

Dr. ARDOUN Z. Ep. LEKHAL  
Maître-Aspirante en  
Neurophysiologie Clinique

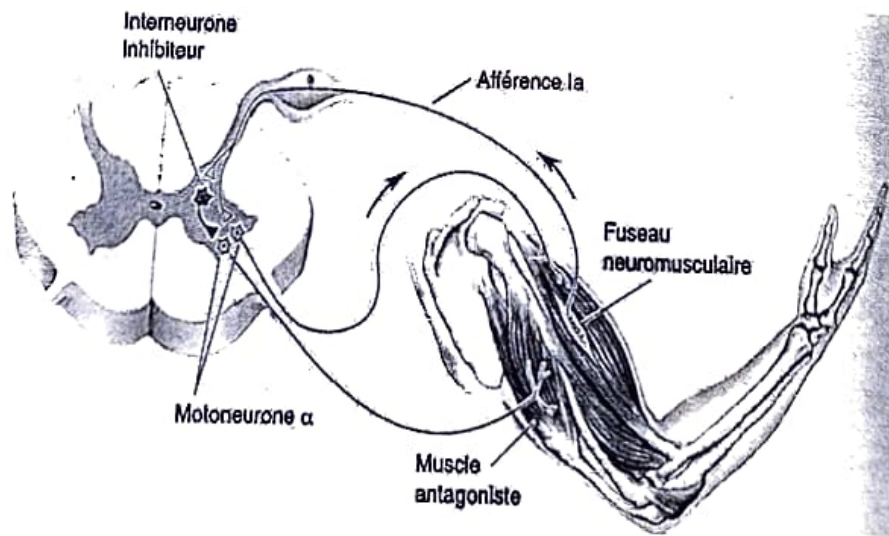
## ***Innervation réciproque :***

Un réflexe aussi simple que le réflexe myotatique est toujours associé à d'autres mécanismes qui modifient le degré de tension des muscles **antagonistes**: ceux-ci se relâchent pendant que l'agoniste se contracte, c'est l'innervation réciproque de Sherrington.



## **Mécanisme:**

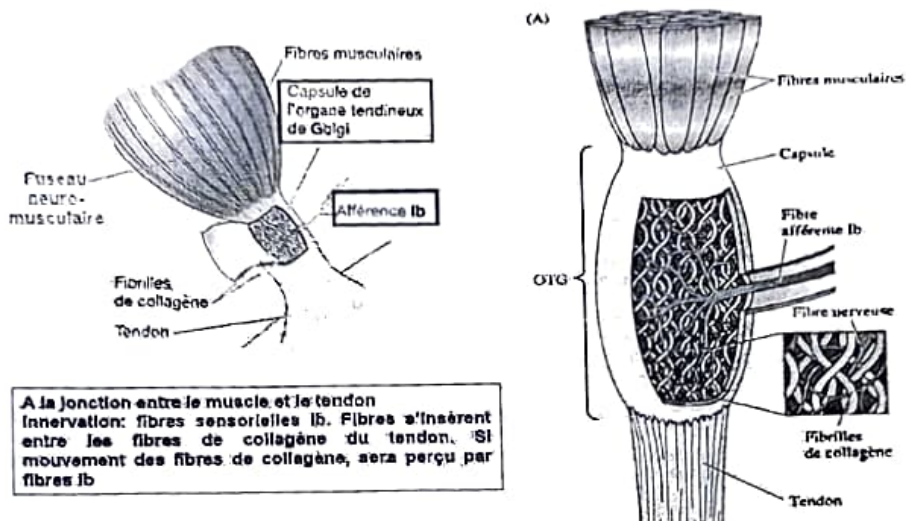
Le mécanisme de ce relâchement correspond à une dérivation de l'information transmise par la fibre Ia vers le noyau moteur du groupe antagoniste. Cette bifurcation de la fibre IA vient au contact d'un interneurone inhibiteur (inhibition directe IA).





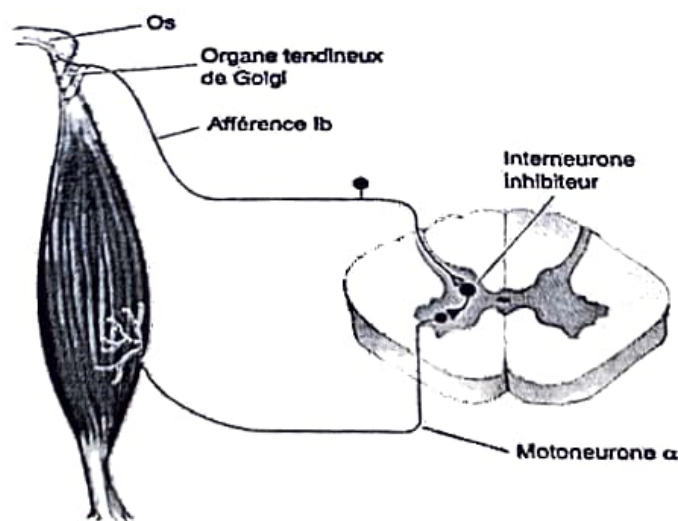
## Le réflexe myotatique inverse:

- Un autre type de récepteur entre en jeu : l'organe tendineux de Golgi.
- Ce récepteur qui se trouve à la jonction entre la partie contractile du muscle et le tendon, donne des indications sur la tension du muscle. Lorsque celle-ci est importante, il déclenche un réflexe d'inhibition de la contraction du muscle considéré, provoquant ainsi son relâchement. C'est le réflexe myotatique inverse.



○ Ce "réflexe myotatique inverse" est organisé selon le même schéma que le réflexe myotatique :

- l'organe récepteur est l'organe de **GOLGI** un autre mécanorécepteur tendineux, sensible à la tension.
- la transmission du message proprioceptif est assurée par des **fibres Ib**,
- qui viennent faire synapse, de façon **indirecte**, par l'intermédiaire d'un **interneurone** (circuit **disynaptique**), avec l'alpha motoneurone correspondant.

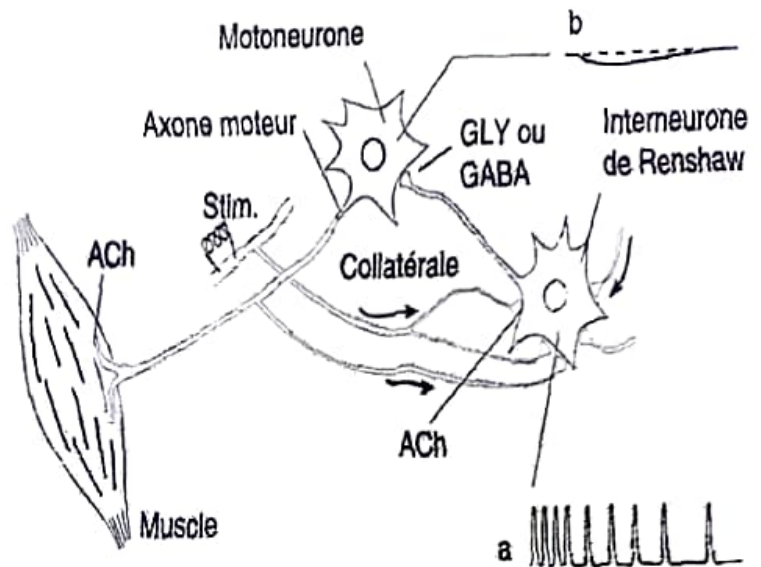


Dr. Abdelhakim A. A. EL-AMRI  
A.  
Neurophysiologie

### ***L'inhibition récurrente des motoneurones :***

- La **cellule de Renshaw** est située dans la corne antérieure de la moelle épinière.
- Elle reçoit une excitation directe du motoneurone  $\alpha$  grâce à une branche collatérale de l'axone.

L'inhibition de Renshaw rend les motoneurones temporairement inexcitables, et l'un des rôles probables de la boucle est de limiter la fréquence maximum des décharges motoneuronales.



### **Les réflexes cutanés extéroceptifs : Réflexes polysynaptiques de flexion**

- mettant en jeu plusieurs segments médullaires, faisant intervenir de très nombreux interneurons et synapses (réflexes polysynaptiques) et qui sont généralement des réflexes de défense d'origine nociceptive et cutanée.

Les caractéristiques sont différentes de celle du myotatique

- le temps de latence est plus long (arc pluri-synaptique) → Réflexe polysynaptique
- Il existe une after-discharge : la flexion persiste un certain temps après l'arrêt de l'excitation.
- la réponse n'est pas localisée mais extensive si le stimulus est suffisant → Réflexe intersegmentaire.

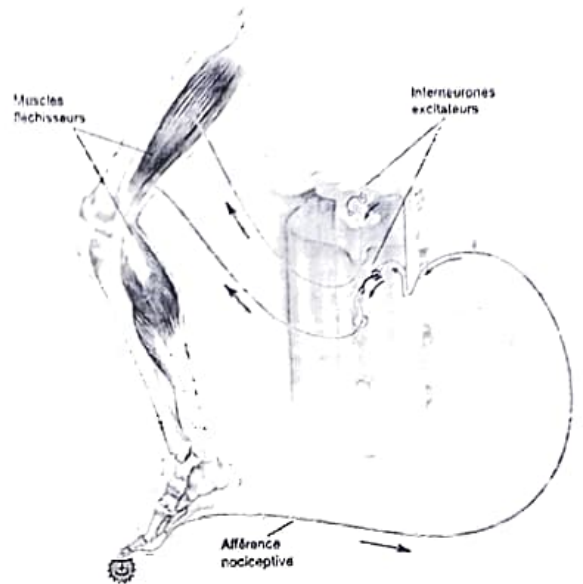
Dr. ABDELHAKIM EL KHALIL  
M  
Neurophysiologie Clinique

## a) Flexion ipsilatérale

réflexe exteroceptif

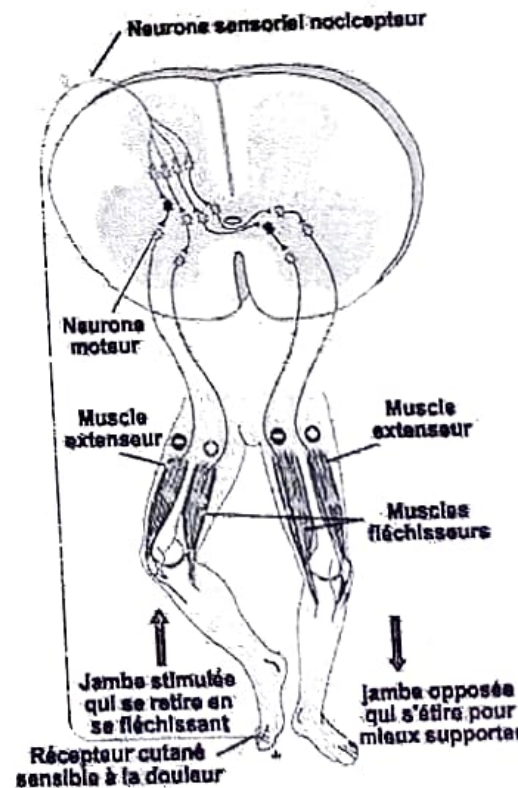
(Rc en dehors de la structure cible, du muscle)  
 peut également induire une contraction musculaire  
 = réflexe de flexion ou de retrait  
 = réflexe de protection  
 = réflexe polysynaptique

Nocicepteur □ fibres Aδ (peu myélinisée, lentes)



## b) Extension croisée :

- En effet si l'excitation augmente d'intensité, on assiste à l'extension du membre controlatéral.
- Il s'agit du recrutement d'autres populations de motoneurons : dans le triple retrait, les influx gagnent des noyaux moteurs plus éloignés verticalement, ici ils traversent la moelle et atteignent des groupes de motoneurons extenseurs, ce réflexe est évidemment polysynaptique.
- La réponse homolatérale fait soulever le pied blessé, tandis que la réponse controlatérale active les muscles extenseurs de la jambe opposée afin qu'ils supportent la masse qui leur est soudainement transférée.
- Le réflexe d'extension croisée est particulièrement important pour le maintien de l'équilibre.





## 2 - Fonction de conduction

- Les connexions entre les segments médullaires et les centres encéphaliques (connexions supra-segmentaires) se font par des faisceaux ascendants (sensitifs) ou descendants (moteurs) qui forment l'essentiel de la substance blanche.
- Pour ce qui concerne la systématisation des grands faisceaux de conduction supra-segmentaires, il faut distinguer:

### a) les voies ascendantes

- Elles véhiculent les informations provenant des différents types de récepteurs jusqu'aux centres encéphaliques de perception.
- Elles représentent la Sensibilité extéroceptive et sensibilité proprioceptive consciente constituant la somesthésie ou sensibilité somatique générale, par opposition aux sensibilités somatiques spéciales que fournissent les organes des sens (oreille, œil, langue et nez).

### b) les voies descendantes

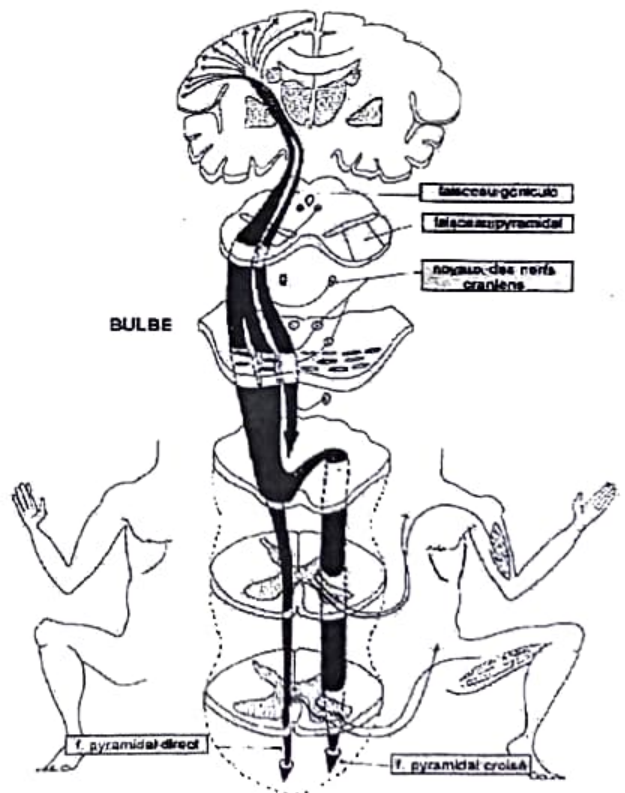
Ces voies contrôlent la motricité. Elles se terminent, soit directement, soit le plus souvent par des relais interneuronaux, sur les motoneurons alpha ou gamma des cornes ventrales de la moelle dont elles modulent l'activité à tout instant.

Selon leur origine (et leur rôle dans la motricité), on distingue deux grands systèmes : S pyramidal et S extrapyramidal.

## • Le système pyramidal

**Le faisceau pyramidal direct;  
le Faisceau pyramidal croisé.**

- Ces deux faisceaux sont constitués d'axones dont les corps cellulaires, les cellules pyramidales, sont situées dans l'épaisseur du cortex cérébral moteur (en partie l'aire A4 de Brodmann : cortex moteur primaire).
- Leurs axones descendent directement de la frontale ascendante jusqu'à la partie basse du bulbe. A ce niveau, 10% des fibres seulement continuent à descendre dans la moelle homolatérale (faisceau pyramidal direct), les 90% restant décussent pour ensuite descendre dans la moelle controlatérale (faisceau pyramidal croisé).
- Quoi qu'il en soit, chaque faisceau pyramidal commande la motricité volontaire, c'est à dire les mouvements les plus acquis, les moins élaborés.



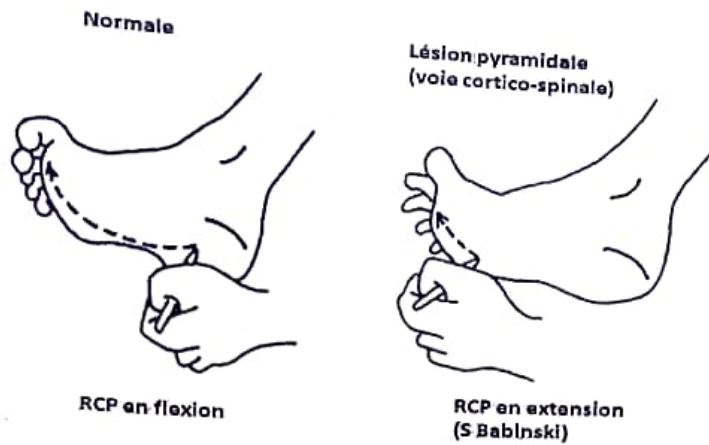
### Le faisceau géniculé

- Les fibres de ce faisceau, issues d'A4, régissent la motricité de la tête et du cou en allant se terminer sur les noyaux des nerfs crâniens moteurs.

Dr. ARDJOUN Z Ep. LEKHAL  
Maître Assistante en  
Neurophysiologie Clinique



**Modulation par les centres supra-médullaires**  
**Exemple du réflexe cutané plantaire**

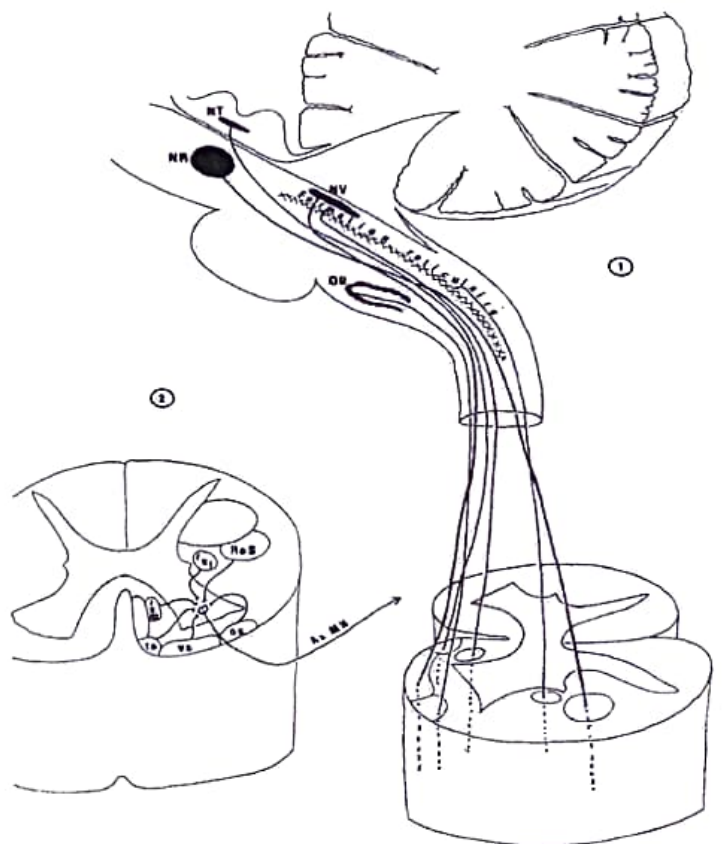


**Le signe de Babinski**

- Chez le sujet spinal c'est une extension en éventail des orteils qui est observée tout comme chez le nouveau né. Pour ce dernier le signe traduit le fait que la prise de contrôle supra-spinal n'est pas encore établie (immaturité)
- L'inclinaison plantaire (flexion) des orteils lorsqu'on stimule le bord externe du pied est la réponse normale chez l'adulte.

**• Les voies extrapyramidales**

- Elles sont formées par toutes les fibres, venues de différents centres suprasegmentaire (du tronc cérébral) qui font synapses avec les motoneurones alpha (mais aussi gamma) des cornes ventrales  
 NT, noyau du toit;  
 NR, noyau rouge;  
 NV, noyau vestibulaire;
- ts, faisceau tecto-spinal;  
 RoS, faisceau rubrospinal;  
 vs, faisceau vestibulo-spinal;  
 rsm, faisceau réticulo-spinal médian;  
 rsl, faisceau réticulo-spinal latéral;
- Ax MN, axone du motoneurone



DR. ANGOUN 75000  
 Maître Assesseur  
 Neurophysiologie

## Conclusion

- Il existe 3 grands types de réflexes médullaires classés en fonction du type d'afférence :
  - Le réflexe myotatique, mono-synaptique sensible aux variations de longueurs (fuseau neuromusculaire)
  - Le réflexe di-synaptique sensible aux variations de force ou de tension
  - Le réflexe poly-synaptique à la stimulation sensitive, (retrait à la douleur, tactile)
- Ils sont tous modulés par le contexte / les centres supraspinaux
- Ils permettent ainsi une réactivité rapide, mais flexible
- Tout en facilitant le travail de programmation des centres supérieurs.

Dr. Arnold Z. Liebowitz  
Psychiatrist  
Neuropsychologic Clinic