

PREPARATION aux CONCOURS PARAMEDICAUX : MASSEUR KINESITHERAPEUTE, PODOLOGUE, ERGOTHERAPEUTE, PSYCHOLOGUE, SAGE-FEMME

Présentation du cours de BIOLOGIE CELLULAIRE, GENETIQUE et PHYSIOLOGIE

L'enseignement élaboré en fonction du programme officiel paru au Bulletin Officiel, et complété chaque année en fonction des thèmes et détails demandés aux Concours, comporte 2 grandes facettes :

- **une partie théorique** ou le cours, présenté sous forme de 3 fascicules correspondant aux 3 grandes parties du programme, et illustrés par de nombreux schémas est lu et commenté en classe.
- **une partie mise en œuvre des connaissances** qui comporte :
 - * **le travail des sujets rédactionnels** à partir :
 - d'un cahier de TD rassemblant pour chaque thème une grande variété d'exercices
 - de devoir, relevés tous les 15 jours et corrigés personnellement, vous permettant d'apprécier votre niveau.
 - * **Le travail des QCM** à partir d'annales concours classées par thème, ce qui vous permet de brasser un maximum de QCM provenant de divers centres de Concours pour chaque chapitre.
 - * **Des contrôles réguliers**, sous forme de QCM ou de rédactionnels (selon les concours choisis) qui vous permettent de vérifier vos connaissances à la fin chaque grand chapitre.

Vous disposez en outre de locaux accessibles en journée ou vous pouvez consulter les annales disponibles in extenso, les enseignants pouvant répondre à vos questions au moment des interclasses. Vous êtes fortement incités à y travailler par petits groupes, ce qui permet un travail beaucoup plus fructueux comme le montrent les résultats de ceux qui y participent.

Organisation du temps :

Les cours commencent la **3^{ème} semaine de septembre pour être terminés fin février**, de manière à réserver le **mois de mars pour des révisions** en salle.

Outre les interrogations régulières, 3 examens blancs en condition de Concours sont répartis sur le semestre

Après les premiers concours (fin Mars), plusieurs séances de questions-réponses sont réparties jusqu'en Juin pour corriger les derniers Concours ou lever les dernières interrogations sur certains points du cours.

Aperçu de l'enseignement : COURS et QCM

PHYSIOLOGIE : Activité réflexe des muscles squelettique :

III ACTIVITE REFLEXE des MUSCLES SQUELETTIQUES

Le système musculaire est un état de semi-contraction permanente des muscles du sujet (sauf en période de sommeil paradoxal, caractérisé par une inhibition du tonus pour la majorité des muscles squelettiques).

1) La contraction musculaire

A – au niveau de la fibre musculaire

La contraction musculaire résulte du glissement des myofilaments les uns par rapport aux autres au niveau du sarcomère. Une contraction efficace nécessite la **contraction simultanée** de l'ensemble des unités contractiles. Grâce au **système T**, le PA musculaire active directement et simultanément chaque sarcomère.

L'amplitude de la contraction est fonction de la fréquence des trains de potentiels d'action.

Mécanisme : voir cours de BIO.CEL.

B – au niveau du muscle :

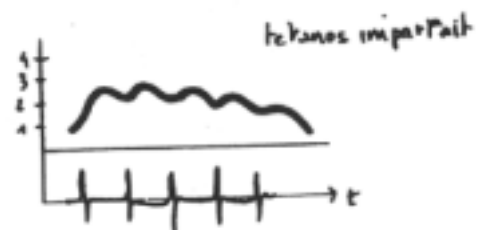
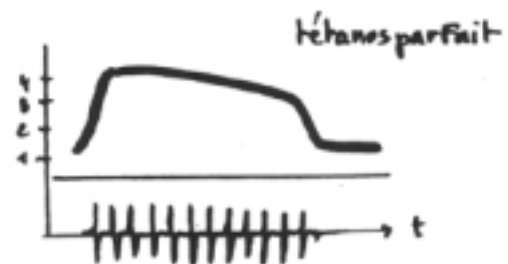
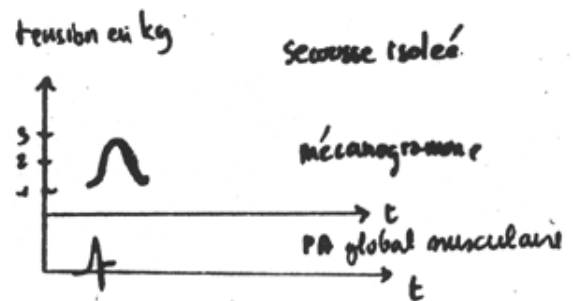
- mécanogramme :

* Réponse du muscle à une stimulation isolée

* Réponse du muscle à une stimulation répétée :

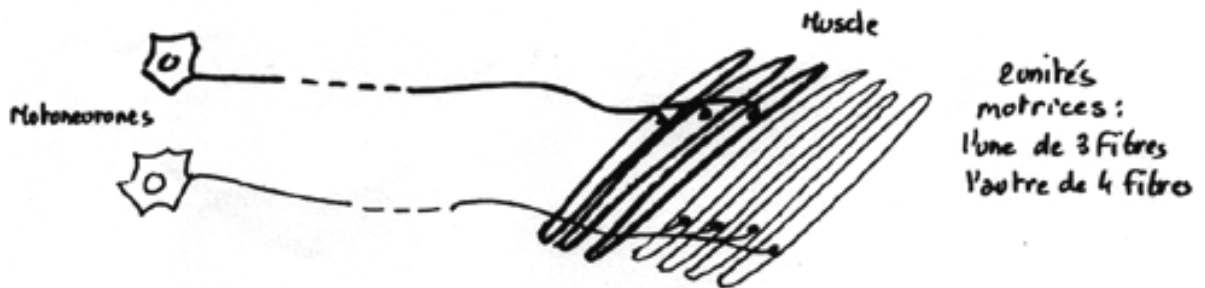
L'allure de la courbe sera différente selon que la 2^{ème} stimulation a lieu *pendant la phase de contraction du muscle*, on obtient un **tétanos parfait** dont l'amplitude est nettement supérieure à celle de la secousse isolée. Si la 2^{ème} stimulation (et les suivantes) ont lieu pendant la phase de relâchement, on obtient un **tétanos imparfait**, d'amplitude intermédiaire.

le tonus musculaire résulte d'une activité de type tétanos parfait.



- notion d'unité motrice :

- **Aspect quantitatif** : 1 motoneurone innerve plusieurs fibres musculaires (3 à 2000) ; sa stimulation déclenche la contraction de toutes ces fibres
La réponse musculaire dépend donc
du nombre de motoneurones stimulés
du nombre de fibres innervées par chaque motoneurone



- **Aspect qualitatif** : chaque muscle renferme plusieurs types de cellules musculaires. Une fois formée, la cellule musculaire reste présente durant toute la vie ; elle se développe, devient mature et **module son caractère en fonction des besoins fonctionnels** du muscle où elle se trouve : son génome contient en effet de multiples copies des gènes ; leurs transcrits peuvent être épissés de plusieurs façons, donnant naissance à différents **variants protéiques** en fonction du rôle que doivent jouer ces fibres.

Les 2 principaux types sont les *fibres rouges*, riches en myoglobine et les *fibres blanches* qui en sont pauvres.

Ces 2 types sont aisément distinguables à l'œil nu.

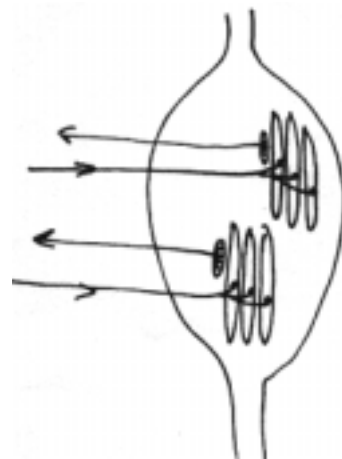
Cette différence est le reflet de besoins en oxygènes différents.

Les fibres rouges sont spécialisées dans les *phosphorylations oxydatives* ; elles répondent par une contraction lente à une stimulation ; elles se fatiguent peu et résistent à un effort prolongé ; elles sont responsables des mouvements lents, soutenus (posture, exercices de longue durée). Elles assurent les **contractions isométriques**.

Les fibres blanches ou **glycolytiques** sont spécialisées dans la *glycolyse anaérobie*, elles interviennent dans les contractions rapides, se fatiguent facilement et sont donc réservées pour les mouvements rapides et intermittents. Elles assurent les **contractions isotoniques**.

Chaque muscle contient un mélange de plusieurs types de fibres dans des proportions adaptées à sa fonction **MAIS toutes les fibres musculaires d'une unité motrice sont du même type !!!!**

Rem. Un muscle renferme autant de fuseaux neuromusculaires que d'unité motrice



2) Notion de réflexe

Les réflexes sont des mouvements **involontaires** et **innés** (sans apprentissage) ; ce sont des réponses **stéréotypées** (identique quelque soit l'individu) et **inéluctable**.

Dans le réflexe de base, c'est une réponse **ipsilatérale** = du même côté que la stimulation.

Il peut s'agir d'une réponse de protection vis à vis d'un stimulus nociceptif, ou d'un réflexe de posture.

Rem. A ne pas confondre avec les **réflexes conditionnés** (qui ne sont pas au programme) ou un réflexe de base est associé à un **stimulus conditionnant** qui, au bout d'un apprentissage plus ou moins long déclenche à lui seul la réponse réflexe.

2-1 Les réflexes musculo-tendineux ou de posture :

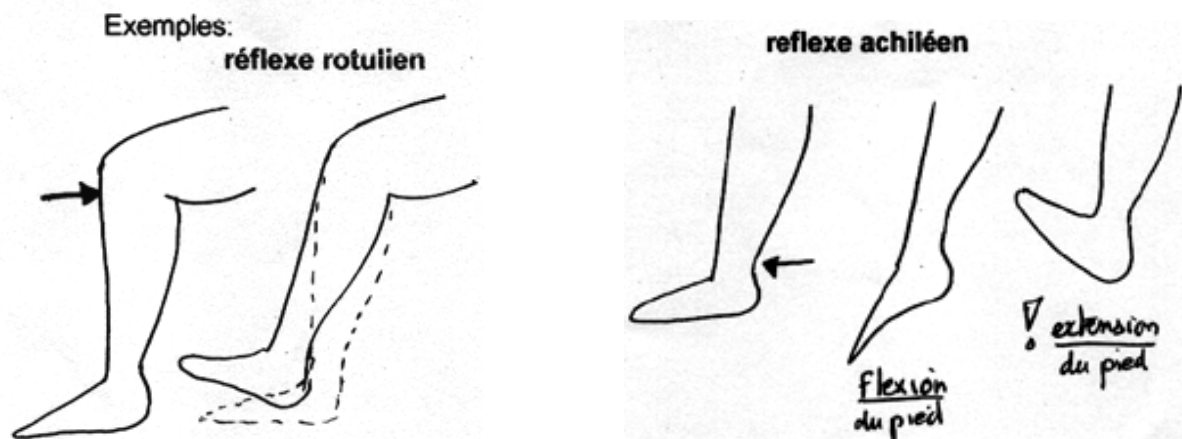
On regroupe sous ce terme les réflexes myotatiques au sens large, c'est à dire tous les réflexes où un récepteur musculaire est engagé.

a- le réflexe myotatique de base = réflexe tendineux = réflexe tendineux :

C'EST LE SEUL EXEMPLE DE REFLEXE MONOSYNAPTIQUE !!!

Quand on étire un muscle squelettique, il se contracte. C'est le réflexe myotatique qui assure une tension permanente ou **tonus musculaire** responsable de la **posture**.

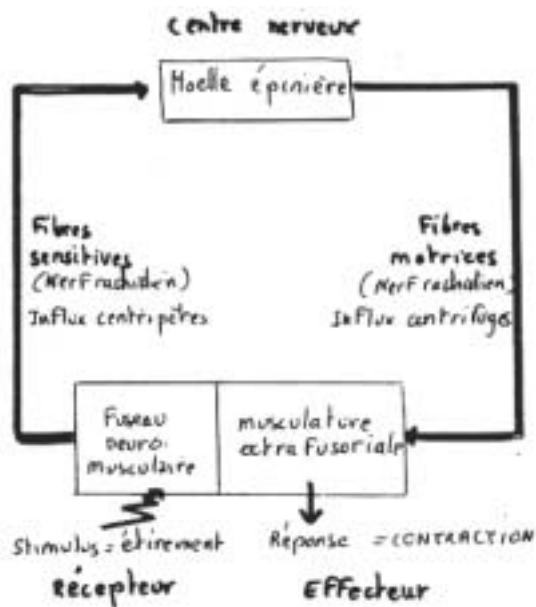
C'est un **réflexe médullaire** qui peut être modulé par les centres supérieurs du système nerveux central (voir chapitre suivant).



Description de l'arc réflexe myotatique :

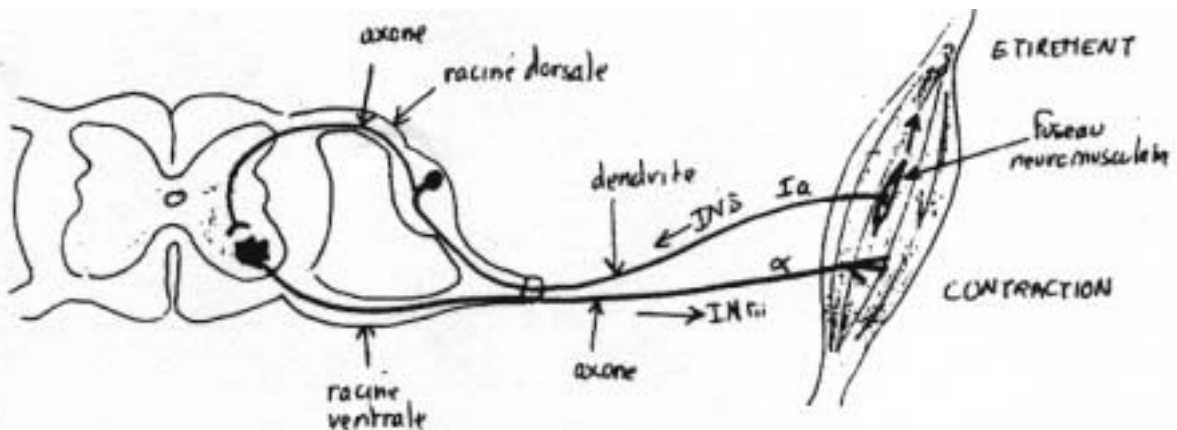
L'**étirement** du fuseau neuro-musculaire déclenche des **influx** nerveux **centripètes** conduits par les **fibres sensibles** ou **afférentes** (la) jusqu'à la **corne antérieure de la moelle épinière**.

Ils stimulent directement les **moto-neurones** qui envoient des influx nerveux **centrifuges** véhiculés par les **fibres motrices** ou afférentes () jusqu'à l'organe effecteur qui est le **muscle**.



Ce réflexe fait donc intervenir :

- * un organe récepteur : le **fuseau neuromusculaire** (sensible à l'étirement) pour les faibles tensions
- * une voie afférente, **sensitive ou centripète**
- * un centre nerveux : la **moelle épinière**
- * une voie afférente **motrice ou centrifuge** !!! obligatoirement excitatrice !!! QCM
- * un organe effecteur : le **muscle strié** du bras ou de la jambe.

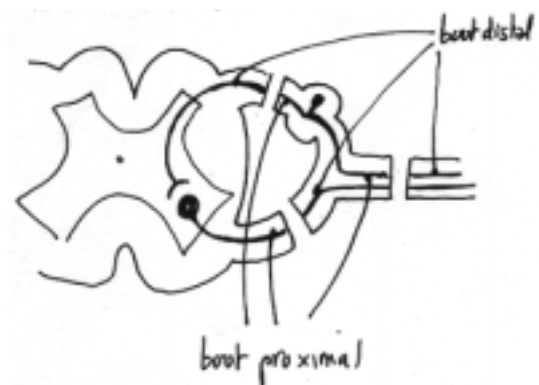
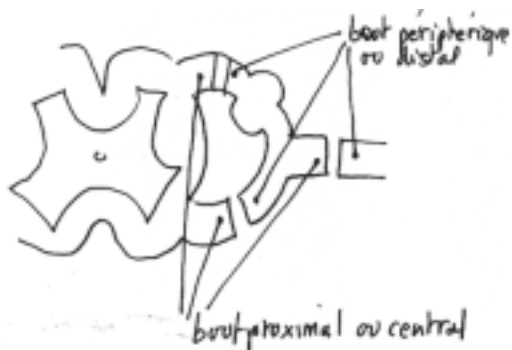


Les différents éléments mis en jeu dans ce réflexe ont été mis en évidence grâce à des expériences de section et stimulation dans des délais variables.

Rem. Dénomination des racines après section :

Expériences de stimulation

Expériences de dégénérescence



- Expériences de stimulations juste après section :

= Expériences de **MAGENDIE, 1822**, qui mettent en évidence par section récente le rôle des racines des nerfs rachidiens :

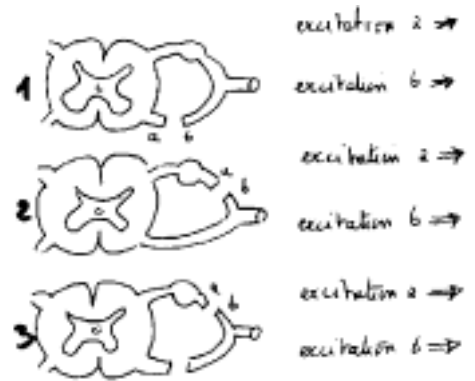
* la racine dorsale ou postérieure :

conduit les **influx sensitifs**

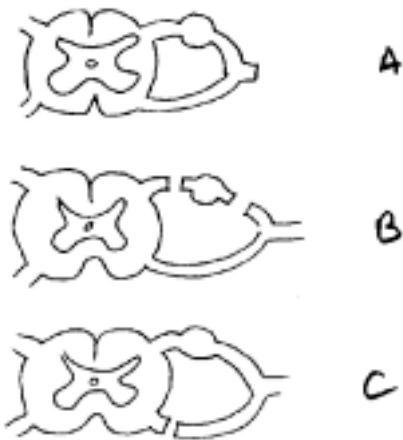
* la racine ventrale ou antérieure :

conduit les **influx moteurs**

!!!! (avant 8 jours)



- Expériences de stimulation après dégénérescence :



Expériences de WALLER, 1850, qui permettent de localiser les **corps cellulaires des neurones concernés** : la portion d'axone qui n'est pas en relation avec le corps cellulaire dégénère après section

* neurones sensitifs : corps cellulaire dans le **ganglion spinal**

* neurones moteurs : corps cellulaire dans la **corne antérieure de la moelle épinière**.

!!! + de 8 jours après sections*

Indiquer par des hachures la zone de dégénérescence

Récepteur et effecteur étant localisés dans le même organe, on parle de **réflexe proprioceptif**.

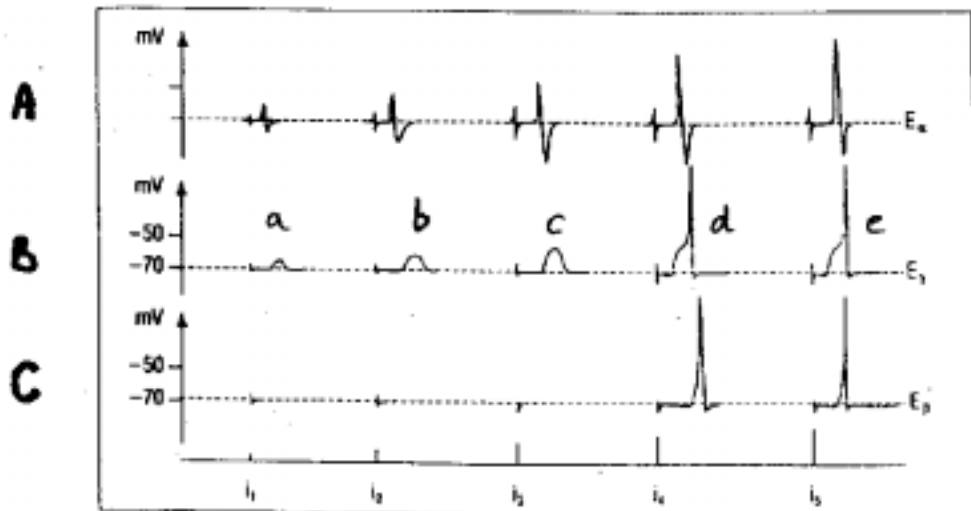
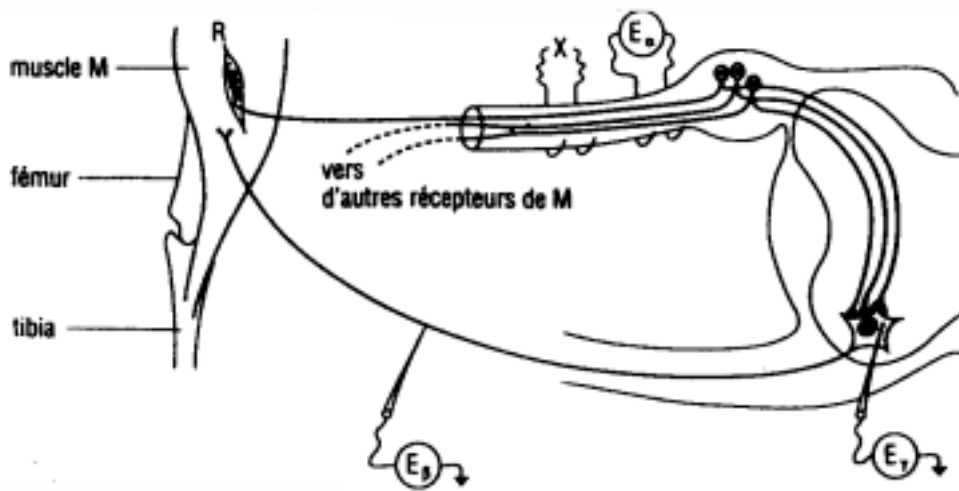
L'allongement du muscle provoque son raccourcissement : la réponse modifie le stimulus qui lui a donné naissance : on parle de boucle de régulation avec, dans le cas présent un **rétrocontrôle négatif**.

R. Autres types de réflexes, **tous pluri synaptiques !!!**

- **réflexe extéroceptif** : stimulus provenant de l'**extérieur** (récepteur cutané)

- **Réflexe intéroceptif** : stimulus provenant du **milieu intérieur**

Fonctionnement de l'arc réflexe :



Tracé A Que représente chaque élément ?
Pourquoi ?

Que provoque l'& d'intensité du stimulus ?
Pourquoi ?

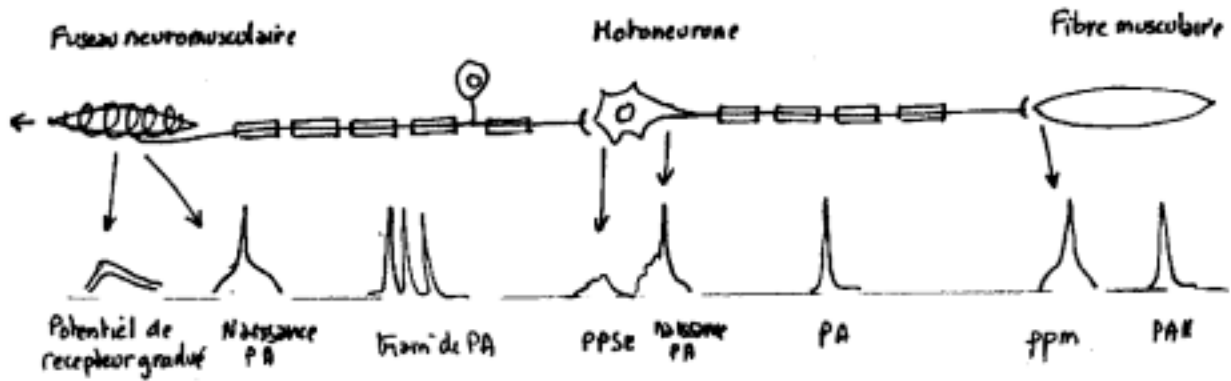
Au vu des courbes B et C, peut-on parler de stimulation infraliminaire ?

Tracé B Que représentent a, b, c ?
Pourquoi ?

Que représentent d et e
Pourquoi ?

Que pouvez-vous déduire de la comparaison de ces 3 tracés ?
Quel rôle du moto-neurone est mis en évidence ?

On peut donc schématiser l'arc réflexe de base sous forme d'une chaîne comportant 2 neurones et fonctionnant ainsi :

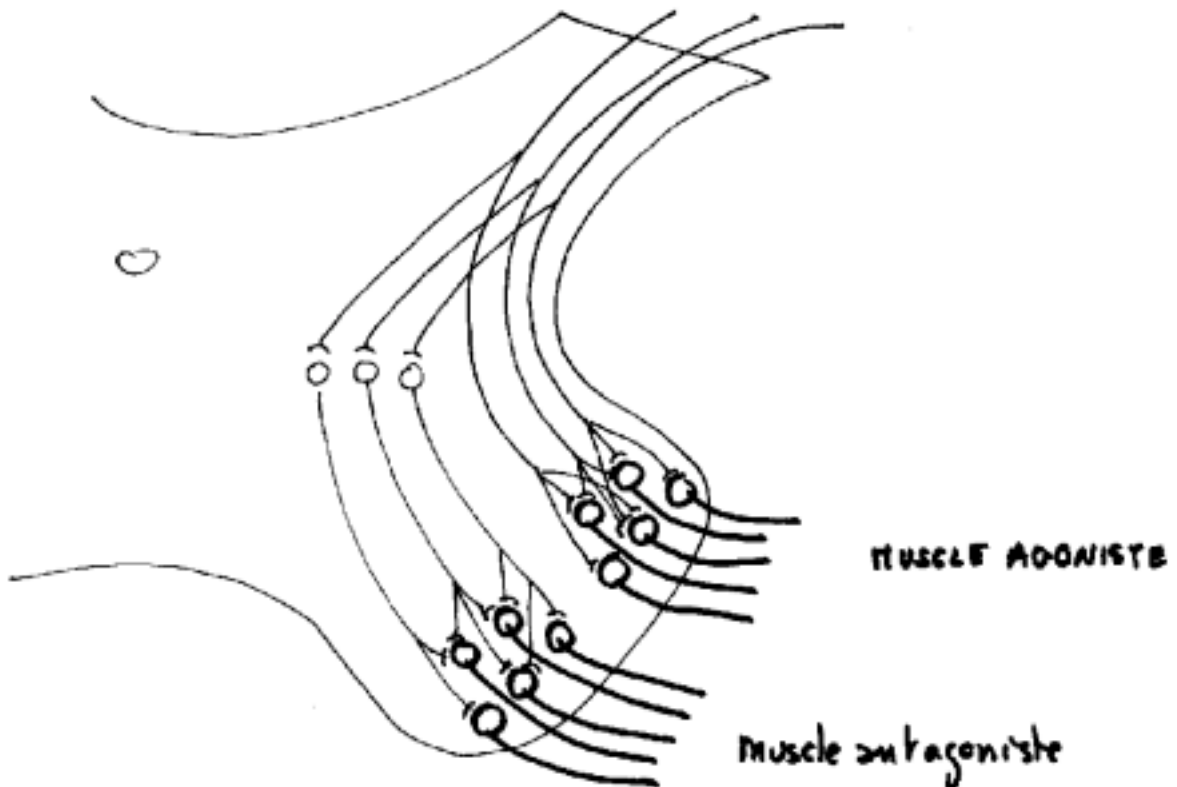


En fait, **la synapse ne fonctionne pas au coup par coup** : une stimulation liminaire (=au seuil) ne permet pas la naissance d'un potentiel d'action au niveau du moto-neurone !!!

L'organisation de la boucle réflexe est donc plus complexe, reposant sur les processus de **divergence** et **convergence** :

Chaque neurone sensitif informe plusieurs moto-neurones du muscle concerné (divergence) et, par conséquent, chaque motoneurone reçoit les informations apportées par plusieurs fibres fusoriales (convergence).

Il en résulte un **système d'amplification** qui permet, par **sommation spatiale**, d'obtenir des réponses pour des stimulations d'intensité légèrement supralimaires



Rem1. ne pas oublier que les synapses neuro-neuroniques ne fonctionnent pas au coup par coup ; un moto-neurone ne sera li siège d'un potentiel d'action que s'il a reçu plusieurs stimulations : minimum 3.

Rem2. un moto-neurone EST TOUJOURS EXCITATEUR = les trains de PA qu'il véhicule ne peuvent que stimuler les fibres musculaires qu'il innerve !!!!

MAIS il peut-être inhibé par l'intermédiaire d'inter-neurons inhibiteurs et dans ce cas, il n'est plus parcouru par des trains de PA → les fibres musculaires qu'il innerve ne sont plus stimulées

B – réflexe myotatique élargi (met en jeux l'innervation réciproque de Scherrington) :

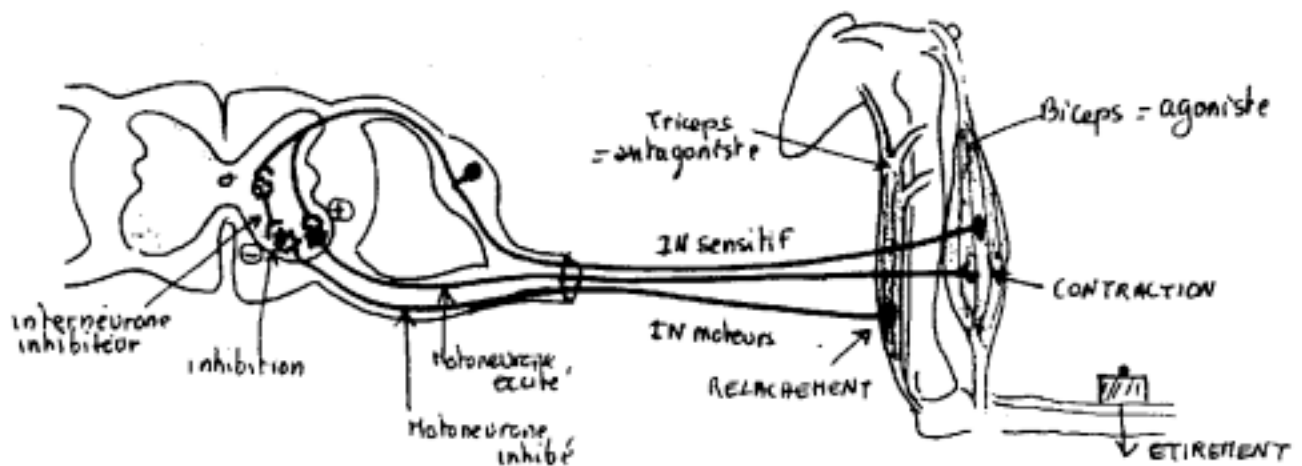
Le **circuit excitateur monosynaptique** est doublé d'un **circuit inhibiteur polysynaptique** : c'est l'innervation réciproque qui permet la **coordination musculaire**.

La posture est définie par l'action de **muscles antagonistes**, la contraction de l'un s'accompagnant du relâchement de l'autre.

L'arc réflexe concerne donc également le **muscle antagoniste dont les motoneurones** reçoivent des **influx nerveux inhibiteurs** par des **interneurones médullaires**.

Physiologiquement, l'étirement d'un muscle est provoqué par la contraction de son antagoniste ==> phénomène de balance :

C'est l'interaction entre les muscles antagoniste qui permet de maintenir automatiquement une attitude (posture) ou de compenser un déséquilibre



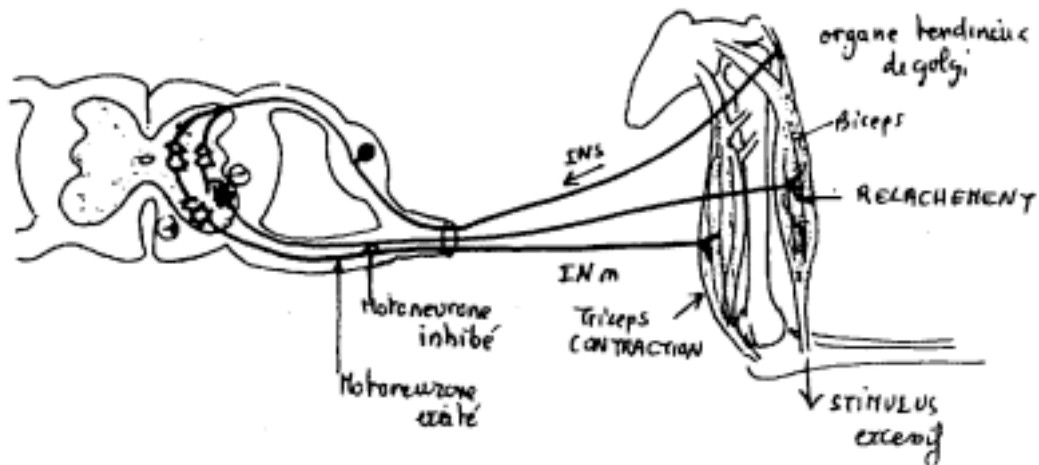
C- réflexe myotatique inverse = réflexe d'inhibition autogène :

Jusqu'à une certaine limite, plus le muscle est étiré, plus la contraction est importante pour tenter de maintenir une longueur normale ; mais au delà d'un certain étirement, la contraction cesse brutalement et le muscle se relâche.

Cette réponse a une double origine :

* Le muscle est tellement raccourcis que les **fuseaux neuromusculaires** sensibles surtout à la longueur du muscle ne plus stimulés et n'envoient **plus de message**

- Les **organes neuro-tendineux** sensibles aux fortes tensions sont stimulés et commandent le **relâchement du muscle concerné** et la **contraction du muscle antagoniste**



!!!! si le récepteur n'est pas situé au niveau de l'effecteur, un interneurone est obligatoire !!!!

Ce réflexe évite aussi bien les tensions excessives que l'étirement trop important du muscle.

Rem1. Chaque muscle possède donc **2 systèmes de rétro-contrôle** faisant intervenir le muscle et son antagoniste et reposant chacun sur un type de récepteur.

- le **fuseau neuromusculaire** qui permet de contrôler la **longueur**
- l'**organe tendineux** qui permet de limiter la **tension**

Rem2. !!!! attention à la formulation dans les QCM : vrai ou faux ?

- dans le réflexe myotatique, le motoneurone peut recevoir des afférences inhibitrices
- le motoneurone, impliqué dans le réflexe myotatique, peut recevoir des afférences inhibitrices

d – autres éléments intervenant dans le réflexe médullaire :

- **neurone de Renshaw :**



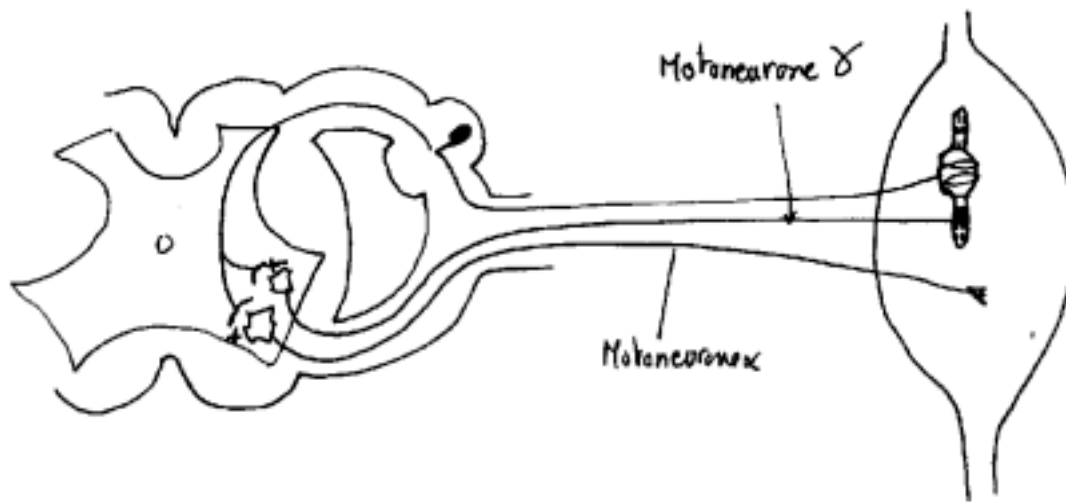
Il existe également un **rétro-contrôle** du motoneurone par lui-même : l'axone envoie un tout petit **neurone inhibiteur, dit de RENSCHAW**, dont l'axone fait synapse avec ce même motoneurone. Ainsi, les influx en partance pour le muscle vont en même temps inhiber le motoneurone qui les émet.

- boucle gamma :

Le fuseau neuromusculaire est lui-même innervé par un **motoneurone gamma** qui est directement stimulé par une collatérale de la fibre sensitive la qui en part. C'est la **boucle gamma** (monosynaptique elle aussi) qui permet de régler le degré de contraction, et par conséquent la longueur du fuseau neuromusculaire en fonction sur celle du muscle qu'il est chargé de contrôler.

Si le fuseau ne se raccourcissait pas dans les mêmes proportions que son muscle, il ne serait plus étiré et ne permettrait plus de moduler les trains d'influx qu'il émet en fonction de la longueur du muscle.

Le système nerveux central peut également intervenir sur la boucle gamma par le biais d'interneurones qui vont augmenter ou diminuer la tension du fuseau et par conséquent sa sensibilité à l'étirement. → **modulation du tonus musculaire** ; voir chapitre suivant.



e- Réflexe segmentaire et plurisegmentaire :

Nous avons vu que les axones des neurones sensitifs s'articulent directement avec les motoneurones du muscle qu'ils innervent et indirectement avec ceux de son antagoniste ; ils sont également connectés par des interneurones avec les motoneurones des muscles du membre opposé situé au niveau du même segment vertébral, ainsi qu'à ceux des autres membres situés dans un segment vertébral différent.

Le nombre de neurone que comporte chaque boucle augmente avec la distance, impliquant un nombre de synapses à franchir de plus en plus grand.

Il en résulte qu'une faible stimulation, qui ne permet de franchir qu'une synapse, ne mettra en jeu que la boucle réflexe simple ; une stimulation plus importante affectera également les muscles du membre opposé (réflexe segmentaire), enfin une stimulation d'intensité très forte provoquera la mobilisation des 4 membres (réflexe plurisegmentaire).

RESUME : Le réflexe myotatique lui-même est un réflexe monosynaptique

MAIS - son activation provoque l'inhibition de certains groupes musculaire par inhibition de l'activité de leurs motoneurones au moyen d'interneurones

- il est sensible à l'action des centres supérieurs

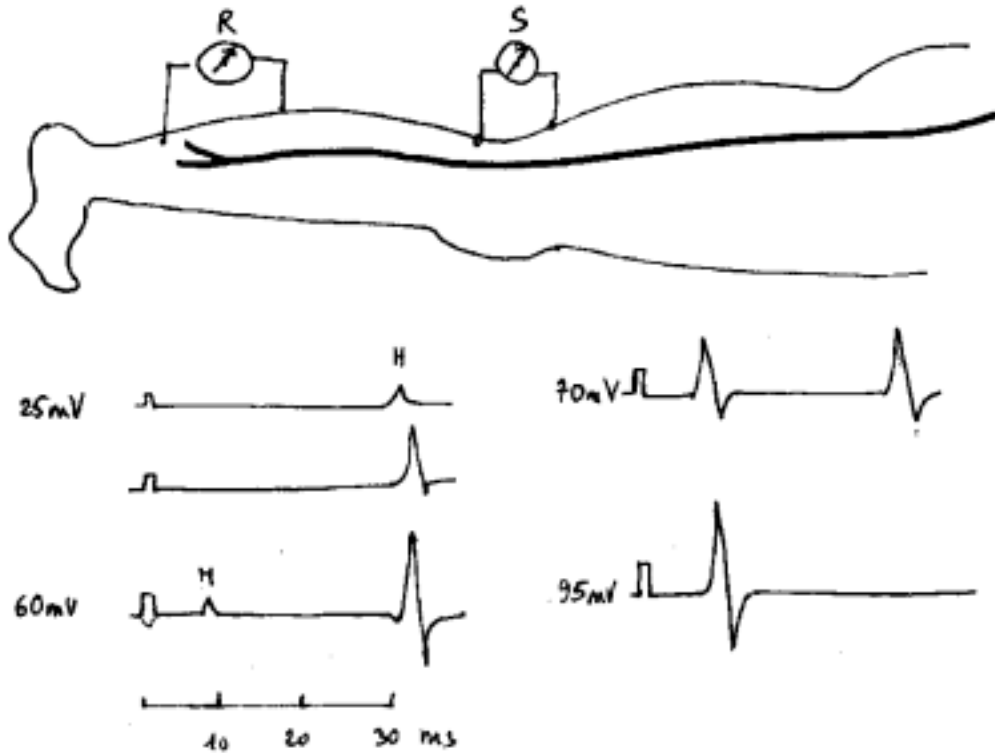
* soit pour contrôler le tonus au niveau d'un neurone gamma

* soit en agissant directement sur le motoneurone pour commander un mouvement (voir chapitre suivant)

2-2- Réflexe de Hoffman :

Il s'agit d'un **réflexe d'étirement** testé avec des **électrodes cutanées** et des intensités suffisantes **pour stimuler les nerfs mixtes musculaires**.

Les réponses sont enregistrées au niveau du muscle innervé sous forme de potentiels globaux du muscle.



- Si la stimulation est de faible intensité (25 mV), seules, les fibres Ia, dont le seuil est plus bas sont stimulées déclenchant une réponse après 30 ms environ = vague ou volée H
- Lorsque l'intensité augmente (60 mV), le seuil des motoneurones étant atteint, on obtient une volée M beaucoup plus précoce (5 à 10 ms) suivie par la volée H
- Plus l'intensité augmente, plus la vague M augmente, alors que la vague H diminue
- Au delà des 95 mV, la vague H disparaît, seule restant la vague M.

Ce phénomène est du à la propagation antidromique des PA sur les fibres motrices excitées qui remontent jusqu'au corps cellulaire des moto-neurones, les rendant inexcitables au moment où les trains de PA nés sur les fibres sensibles arrivent à la moelle

2-3 : Réflexes musculo-cutanés :

Une stimulation douloureuse au niveau des récepteurs cutané provoque le retrait de la main ;

Le stimulus douloureux exercé sur les récepteurs cutanés déclenche des trains de PA véhiculés jusqu'à la moelle par les fibres sensibles qui activent, **par le biais d'interneurones excitateurs** les motoneurones des muscles assurant le retrait du membre concerné.

Rem. L'interneurone est indispensable lorsque le récepteur et l'effecteur sont différents (ici, peau et muscle). (Le réflexe myotatique où le récepteur et l'effecteur sont au niveau du même muscle est le seul réflexe monosynaptique !!!!)

