

Lundi 6 février 2012
10h à 12h
Physiologie du système nerveux
Pr Duriez
Binôme n°43 : Sarah et Victor

La motricité et son contrôle central.

Quand vous souhaitez effectuer un mouvement il y a mise en jeu de différentes structures du SNC.

Quand vous devez effectuer un mouvement il faut d'abord le planifier puis mettre en jeu un programme qui permet d'exécuter le mouvement en grande partie de façon automatique.

Ensuite le mouvement va être exécuté et se sont différentes structures qui vont intervenir.

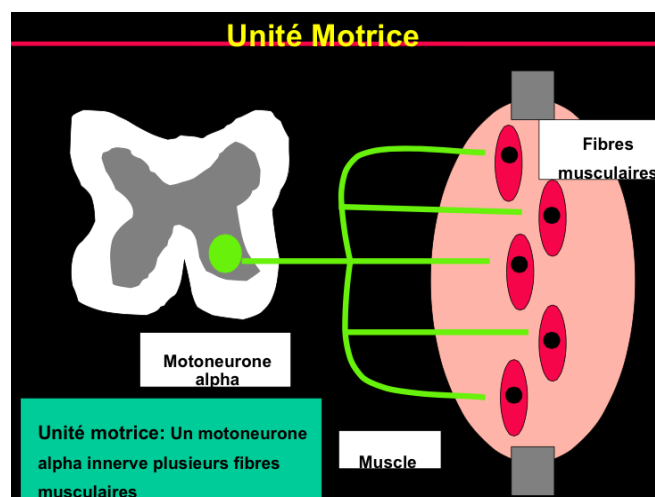
Nous allons commencer par les fonctions d'exécutions les plus simples en regardant ce qui se passe d'abord au niveau des muscles, puis la moelle épinière, ensuite nous remonterons au niveau du tronc cérébral et enfin nous verrons ce qui se passe au niveau des noyaux gris centraux ou ganglions sous corticaux ainsi que le cervelet au s'effectue l'essentiel de la programmation et du contrôle du mouvement et nous terminerons par les centres supérieurs, cortex moteur et cortex associatif, où le mouvement est planifié et exécuté.

- Au niveau de la moelle et du tronc cérébral on se trouve face à un système réflexe.
- Au niveau des noyaux gris centraux il s'agit d'effectuer un mouvement sans réfléchir, on ne contrôle pas volontairement l'intégralité des ordres moteurs qui se dirigent vers les différents muscles parce qu'il existe des systèmes de programmation présents dans ces structures.
- Le cervelet permet d'adapter parfaitement le mouvement et de le rendre très précis.
- Au niveau de cortex moteur il y a le système de commande du mouvement volontaire en particulier au niveau des extrémités.
- Les centres supérieurs permettent également la décision d'exécuter le mouvement.

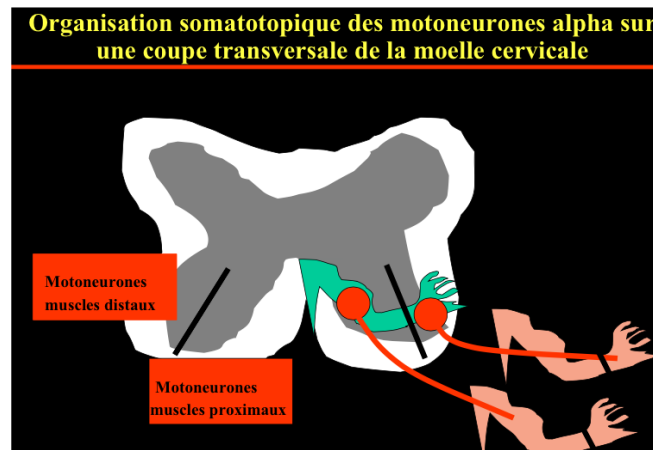
I) Muscle et moelle épinière.

C'est la fonction élémentaire du mouvement.

Nous avons vu, en ce qui concerne la partie sensitive, l'existence d'afférence à la partie postérieure de la moelle. Dans le cadre du mouvement on va s'intéresser à la partie antérieure de la moelle, on y trouve les motoneurones alpha, ce sont des fibres nerveuses qui se dirigent vers les muscles et qui vont les exciter pour permettre leur contraction et de fait l'exécution des mouvements. Ces motoneurones alpha sont présents dans la corne antérieure de la moelle épinière, l'axone va quitter cette corne par la racine rachidienne antérieure puis emprunter les nerfs mixtes rachidiens et se diriger vers les différents muscles. L'axone se divise au niveau du muscle en une multitude de collatérales, le nombre est variable selon le muscle et sa fonction. Chaque collatérale va établir une synapse avec une fibre musculaire, il s'agit en fait d'une cellule musculaire, ceci permet d'exciter le muscle. Un motoneurone alpha innervé plusieurs fibres musculaires : l'ensemble correspond à l'unité motrice.



Au niveau de la moelle épinière, il y a une topographie plus ou moins respectée. La partie latérale du motoneurone se dirige vers les extrémités pour les muscles fléchisseurs, permettant l'exécution de mouvements très fins et la partie plus interne du motoneurone se dirige vers les muscles proximaux, c'est-à-dire proche du tronc, pour muscles fléchisseur et de façon importante les muscles extenseurs. Il y a donc une répartition des motoneurones alpha entre la partie distale et la partie proximale des membres.



Le taux d'innervation est très variable. Quand la contraction du muscle ne correspond pas à un mouvement précis mais à une activité de contraction permanente alors c'est un muscle à activité tonique. La précision de mouvement n'est pas nécessaire et donc l'innervation va être très importante, un seul neurone peut s'occuper de 200 fibres musculaires. C'est le cas du quadriceps pour nous maintenir debout, il doit être contracté en permanence et donc l'innervation est importante (1/200).

A l'inverse certains muscles doivent être précis, par contre la contraction n'est pas permanente. C'est le cas des muscles oculomoteurs pour le déplacement des globes oculaires, il faut une grande précision de mouvement, le taux d'innervation est très faible. Un motoneurone innerve 10 cellules contractiles (1/10).

Unités motrices
Unité motrice:
Un motoneurone alpha innerve plusieurs fibres musculaires
Taux d'innervation:
Nombre d'axones innervant le muscle / nombre de fibres musculaires:
- Muscles à activité tonique (quadriceps) : 1/200
- UM lentes
- Muscles à contraction phasique (oculo-moteur) : 1/10
- UM rapides et fatigables
- UM rapides et résistantes à la fatigue

1) Organisation du mouvement au niveau de la moelle épinière.

Les motoneurones alpha innervent les cellules musculaires de façon à permettre leur contraction de fait le muscle va se raccourcir et permettre l'exécution du mouvement.

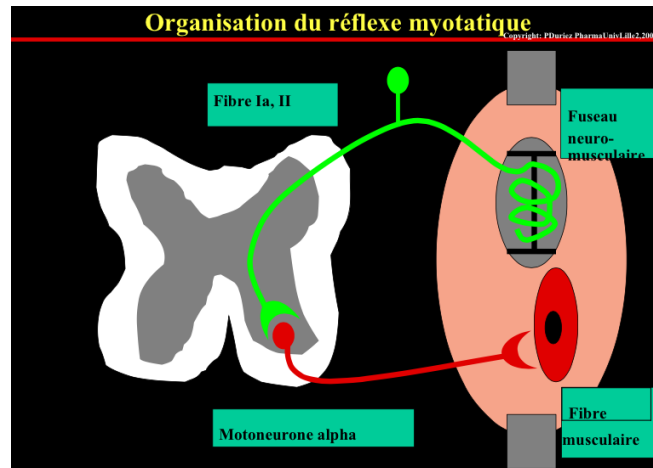
Synapse entre le motoneurone alpha et la cellule musculaires : c'est la plaque motrice, son neuromédiateur est l'acétylcholine ; sur la cellule on a les récepteur nicotiniques.

L'activation de ces récepteurs entraîne l'ouverture de canaux sodique, entrée de sodium et dépolarisation de la cellule. Il en résulte des potentiels d'action sur la cellule musculaire permettant la contraction de la cellule.

Le motoneurone alpha va être stimulé par une fibre descendante provenant du système moteur du SNC, ceci permet l'exécution du mouvement.

L'exécution du mouvement va être contrôlée, pour éviter notamment que le mouvement soit trop violent, et le premier contrôle dans l'exécution du mouvement se fait au niveau même de la moelle épinière. C'est un contrôle élémentaire qui est lié au réflexe myotatique : c'est le premier élément intervenant dans la régulation du mouvement.

a) Organisation du réflexe myotatique.



Nous avons ici représenté un muscle avec aux deux extrémités les tendons qui sont accrochés de part et d'autre d'une articulation permettant quand le muscle se contracte le mouvement de flexion ou d'extension de l'articulation.

Dans un muscle il y a des cellules contractiles qu'on appelle les fibres musculaires mais également d'autres cellules : des cellules sensibles, cf. cours précédent, fuseau neuromusculaire qui vont intervenir dans la proprioception. La proprioception est une sensibilité qui permet de reconnaissance du corps dans l'espace. Ce sont des fibres musculaires qui ont évoluées. Ils sont disposés parallèlement aux fibres musculaires. Ce qui veut dire que quand vous tirez sur un muscle vous allonger les fibres musculaire et le fuseau neuromusculaire, quand le muscle se contracte le fuseau va se détendre. Le fuseau neuromusculaire est un système qui va permettre de détecter le degré d'étirement d'un muscle.

La partie centrale de ces fuseaux est entourée par une fibre sensitive dont le corps cellulaire est situé dans le ganglion spinal, l'axone entre par la racine rachidienne postérieure. Cet axone forme une synapse avec le corps cellulaire du motoneurone alpha qui se dirige vers le même muscle qu'elle.

Cette fibre sensitive est une fibre de type Ia, une fibre de type II, c'est-à-dire qu'il s'agit d'une fibre épaisse avec une gaine de myéline et donc avec une vitesse de conduction de l'influx nerveux très importante de l'ordre de 100m.s^{-1} .

- Il s'agit d'une synapse activatrice allant de la fibre sensitive au corps cellulaire du motoneurone alpha, quand l'influx nerveux arrive au motoneurone alpha le motoneurone alpha va être stimulé.
- Cet axone forme une synapse avec le corps cellulaire du motoneurone alpha qui se dirige vers le même muscle qu'elle.
- Il n'y a pas d'interneurone entre la fibre sensitive et le motoneurone.
- Il y a ici une boucle entre le muscle, la moelle épinière et retour sur le muscle. Il s'agit d'une boucle réflexe.
- Il n'y a qu'une seule synapse et c'est donc un réflexe monosynaptique.

C'est le réflexe myotatique ou réflexe myotatique d'étirement ou réflexe monosynaptique d'étirement.

Electrophysiologie.

- Comment ça marche ?

Le point de départ va être l'étirement d'un muscle, il va donc y avoir un étirement du fuseau neuromusculaire. Ceci va entraîner une stimulation de la fibre sensitive et la naissance de potentiel d'action, on a donc un influx nerveux du muscle vers la moelle. Cet influx arrive sur le motoneurone alpha qui va être activé. L'influx se dirige vers le muscle et entraîne sa contraction.

C'est donc l'étirement d'un muscle qui provoque sa contraction.

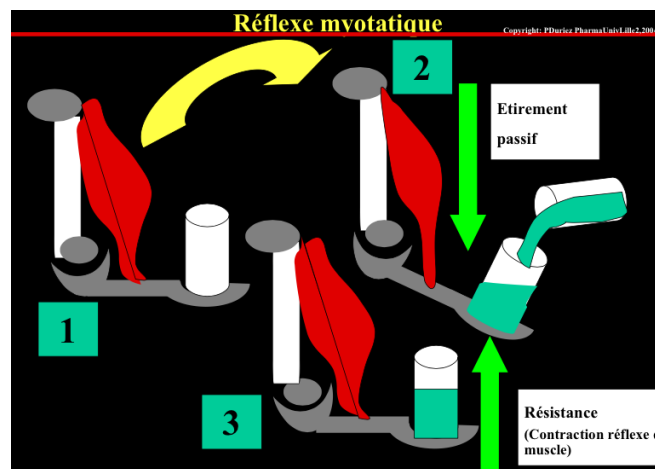
Pour que ce réflexe fonctionne il faut que l'intégralité de la boucle soit préservée, s'il y a une lésion quelque part le réflexe ne fonctionne pas.

Il est extrêmement important car il permet de contrôler et d'adapter les mouvements, force adaptée à une action.

Il permet également de lutter contre la gravité et de se tenir debout ou rester assis, sans lui il n'y aura pas de contraction permanente nécessaire à cette lutte.

Cette contraction permanente des muscles s'appelle le tonus musculaire. Si il y a une lésion alors on a une disparition du tonus musculaire, on se retrouve incapable de lutter contre la gravité.

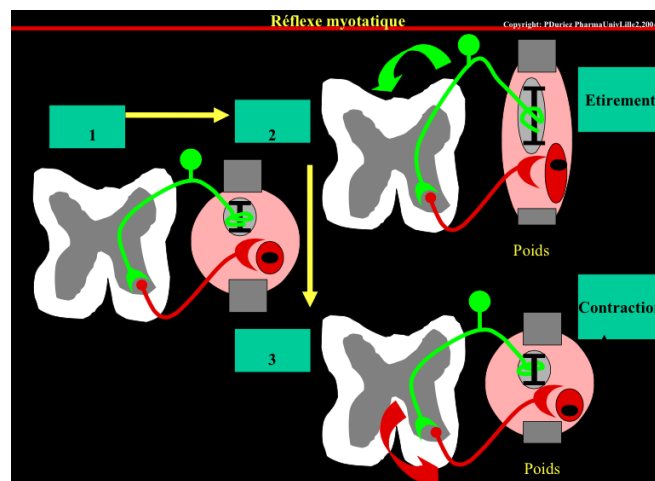
- Exemple de l'utilité de ce réflexe.



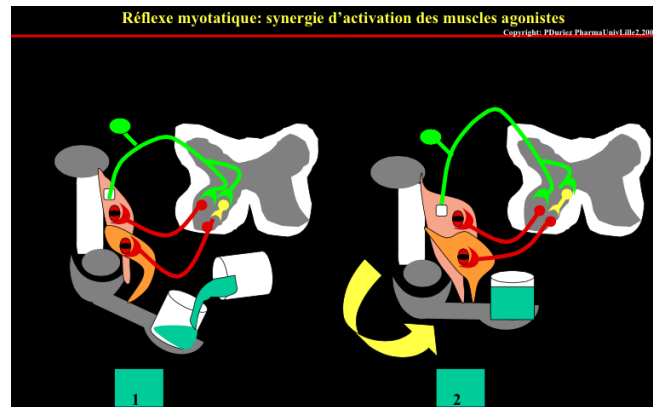
Un bras en flexion avec un verre vide dans la main. On remplit brutalement le verre.

Il y a alors un étirement passif pour l'application d'un poids supplémentaire, on est donc confronté à une surcharge par rapport à la force de contraction appliquée.

Cette extension de l'articulation de quelques degrés va déclencher le réflexe myotatique pour éviter la chute du verre : mise en place d'un système de résistance.

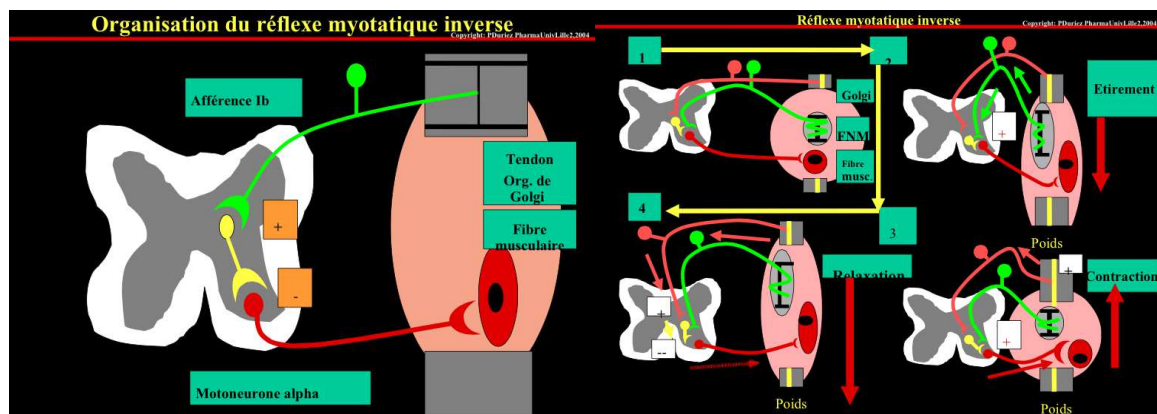


Il existe des synergies entre les muscles agonistes, c'est-à-dire un muscle situé du même côté de l'articulation et ayant le même rôle.



- Reprenons l'exemple du verre d'eau, le fuseau sensitif déploie des collatérales sur les motoneurones alpha des muscles agonistes. Le système passe par un interneurone activateur. Le muscle agoniste va être stimulé, plus lentement mais il sera stimulé.

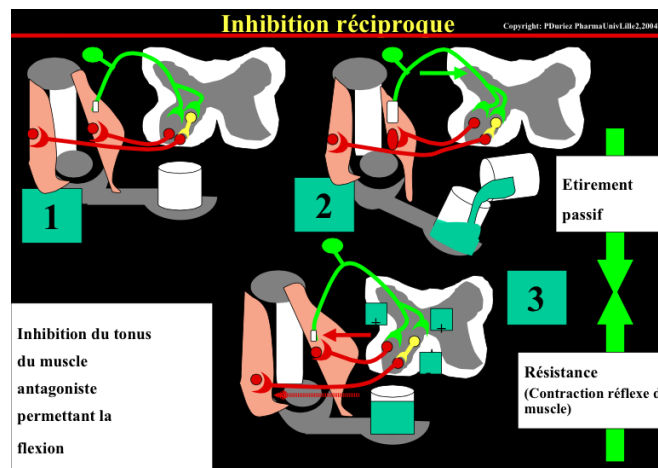
b) Reflexe myotatique inverse.



Cette fois ci les récepteurs sont situés dans les tendons, ce sont les récepteurs de golgi ou organe de golgi, également sensibles à l'étirement. Un récepteur est associé à une fibre sensitive dont le corps cellulaire est situé dans le ganglion spinal, elle arrive par la racine postérieure. Il s'agit de fibre de type Ib donc encore une fois une fibre épaisse à gaine de myéline. La différence réside au niveau du seuil de stimulation, en effet il faut que l'étirement soit beaucoup plus important sur l'organe de golgi pour qu'ils soient stimulés, ils sont beaucoup moins sensibles. Quand le muscle est fortement étiré il y a un message qui arrive à la moelle épinière. Le premier neurone établi dans la substance grise une synapse activatrice avec un interneurone, celui-ci établit une synapse inhibitrice avec le motoneurone alpha. On inhibe donc l'activité du motoneurone alpha et par extension on provoque un relâchement du muscle.

Il s'agit d'éviter la contraction violente en continue donc éviter la rupture, le déchirement du muscle. C'est un réflexe de protection qui évite les déchirures musculaires quand la contraction est trop importante c'est pourquoi la sensibilité est plus faible.

c) Inhibition réciproque.

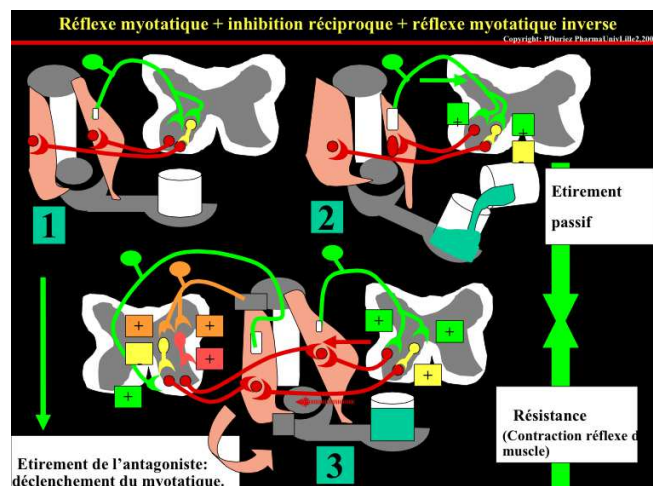


C'est un mécanisme qui permet une inhibition du tonus du muscle antagoniste permettant le déplacement d'une articulation.

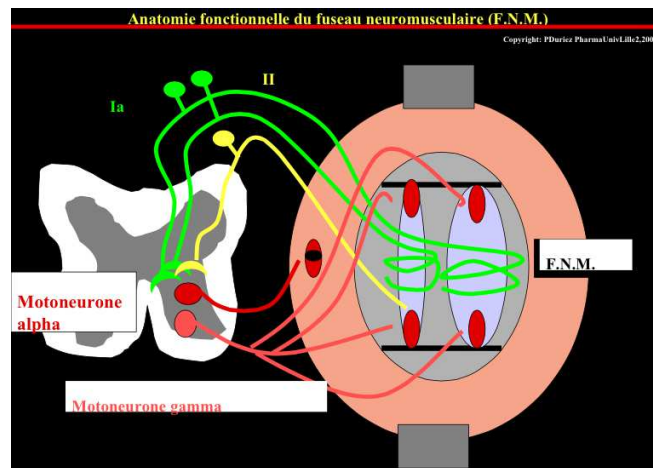
- Le biceps permet la flexion du bras et derrière le triceps permet l'extension du bras. Des collatérales de la fibre sensitive, celle qui se lie au fuseau neuromusculaire, vont former des synapses activatrices avec des interneurons. Ces interneurons forment des synapses inhibitrices avec des motoneurons dirigés vers le muscle antagoniste : ici le triceps. Au moment où on replie l'articulation, quand le verre se remplit, on tire sur le triceps. Le réflexe myotatique appliqué au triceps provoquerait sa contraction, la résultante serait l'absence totale de mouvement. L'inhibition réciproque va permettre d'inhiber le réflexe myotatique du triceps.

Mécanisme qui permet l'inhibition du tonus du muscle antagoniste permettant la flexion du muscle agoniste.

Dans le cadre d'un simple mouvement de flexion on a la mise en jeu des trois phénomènes simultanément.



2) Anatomie fonctionnelle du fuseau neuromusculaire (FNM).



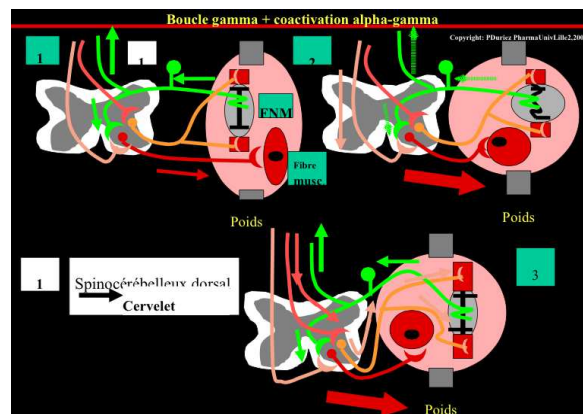
C'est une structure correspondant à une fibre musculaire évoluée qui va permettre de détecter l'étirement. On a une partie axiale autour de laquelle s'entourent des fibres sensibles. On aura deux types de fuseau : à sac, ventru, et à chaîne, allongé. La réponse est plus ou moins rapide en fonction du type. À l'extrémité de cette partie centrale où s'entourent les fibres sensibles on a des protéines contractiles : molécules d'actines et myosine identiques à celles présentes dans la cellule musculaire. Si on stimule ces molécules contractiles, elles vont glisser les unes sur les autres provoquant des phénomènes de contraction aux extrémités du fuseau qui entraînent l'étirement de la partie centrale.

a) Stimulation des extrémités axonales.

Il existe une innervation motrice de ces deux extrémités du fuseau qui est assurée par des motoneurones gamma. Ces motoneurones ont leur corps cellulaire dans la moelle épinière, l'axone emprunte la racine antérieure et va se diviser pour innervier les extrémités axonales du fuseau. Quand il y a une stimulation des motoneurones gamma alors il y a un raccourcissement des deux extrémités du fuseau et donc il y a un étirement du fuseau. On peut provoquer l'étirement du fuseau sans étirer un muscle de façon mécanique. Si on stimule le motoneurone gamma, on stimule les fibres Ia et II et on renforce le réflexe myotatique.

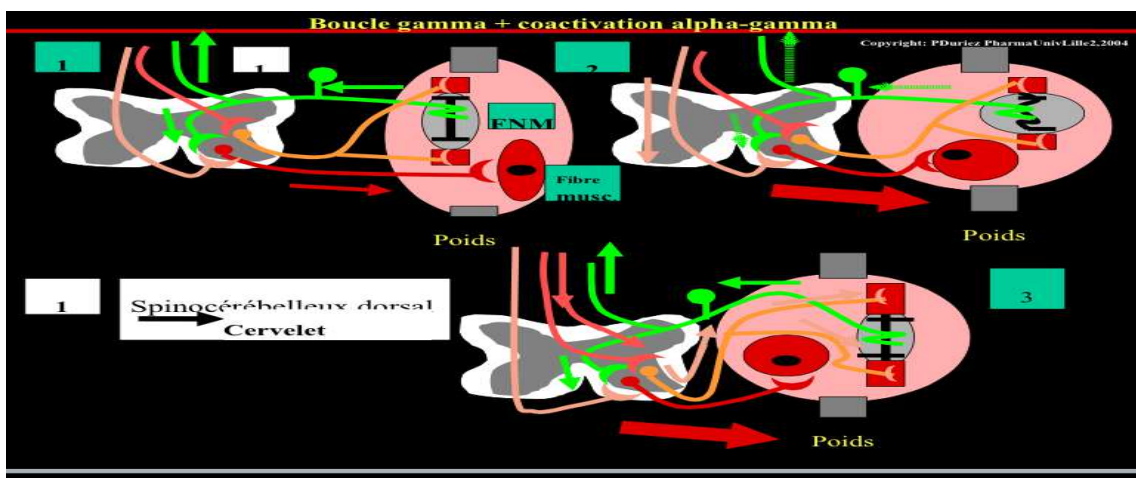
b) Motoneurone Gamma.

Le SNC, donc le cerveau, le cervelet, doit être informé en permanence de ce qui se passe en périphérie. À tout moment le SNC, Cervelet et Cerveau, doit connaître quel est le degré d'étirement des muscles, quel est le niveau d'extension ou de flexion des muscles ? Il est informé en recevant des informations concernant le niveau d'étirement des muscles. Une collatérale de la fibre sensitive du fuseau neuromusculaire grimpe vers le cervelet, en particulier. Ce sont les voies spinocérébelleuses dont on va parler plus tard. Cette collatérale grimpe vers le cervelet et lui envoie en permanence des informations concernant le degré d'étirement du fuseau et donc le niveau de tension des muscles. Si le cervelet ne reçoit plus d'information alors le SNC perd le contrôle. Il existe un système qui permet au système nerveux de récupérer le contrôle instantanément. Les fibres descendantes viennent stimuler le motoneurone alpha pour l'exécution d'un mouvement.



Electrophysiologie.

Le fuseau neuromusculaire et le réflexe myotatique, imaginons un niveau de repos du muscle avec un certain allongement du muscle, le fuseau au repos présente une petite activité électrique, envoi info en permanence au cervelet. Les fibres contractiles se contractent, provoquent contraction du muscle => raccourcissement du muscle : les fuseaux neuromusculaires se détendent, il n'y a plus de stimulations sur la fibre sensitive, plus d'influx nerveux : le cervelet ne sait plus ce qu'il se passe. Le système nerveux central perd le contrôle pendant quelques secondes, ça ne peut pas durer => boucle reflexe qui passe par le cervelet. Ordres moteurs qui descendent, agissent sur fibres gamma, les motoneurone gamma sont stimulé et eux même stimulent les extrémités du fuseau, ici le fuseau se détend bien que le muscle soit globalement détendu, le fait de stimuler les motoneurones gamma, le fuseau se retend et de nouveau il y a une stimulation sur la fibre sensitive qui est issue du fuseau et de nouveau on a un influx nerveux qui grimpe vers le cervelet et le cervelet est informé du degré d'étirement en périphérie. C'est ce qu'on appelle la boucle gamma, lorsqu'un muscle se raccourcit elle permet au système nerveux central par les voies descendantes de stimuler les motoneurones gamma, de retendre le fuseau et ainsi d'emmètre des infos en direction du système nerveux de façon à ce qu'il soit de nouveau informé. La boucle gamma est un réflexe long qui remonte jusqu'au cervelet et elle permet de maintenir l'information permanente par le système nerveux et de ne pas perdre la commande.



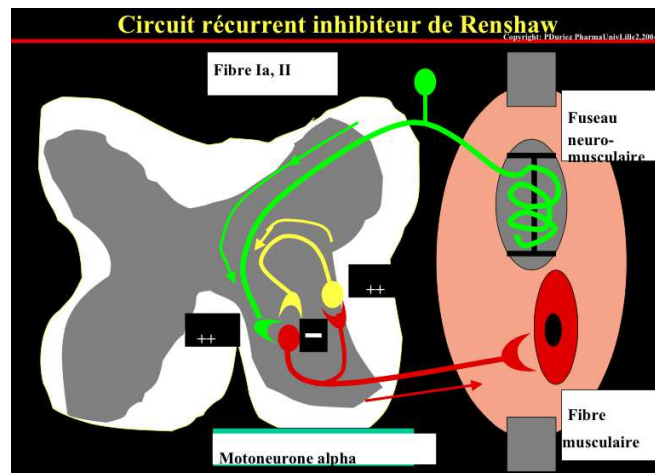
Lors de l'exécution d'un mouvement, la boucle gamma a 2 effets :

- Lors de la stimulation des extrémités du fuseau : renforce le myotatique, renforce la contraction, on parle de Co activation alpha gamma.
- reprise de la commande par le système nerveux, permet de maintenir l'info (de savoir ce qu'il se passe en périphérie)

Les mouvements sont déclenchés par les motoneurones alpha (uniquement), les motoneurones gamma le renforcent.

Nous venons de voir les systèmes qui renforcent le myotatique (la boucle gamma) et il y a aussi des systèmes qui sont là pour limiter le myotatique. Autrement le myotatique serait beaucoup trop violent et il y aurait une contraction permanente des muscles beaucoup trop importante. Le tonus musculaire serait beaucoup trop important, c'est malheureusement ce qu'il se passe en pathologie par exemple à distance de l'accident vasculaire cérébral : on a une exagération du myotatique ce qui fait que les personnes ont des difficultés quand elles récupèrent une motricité liée à cette exagération.

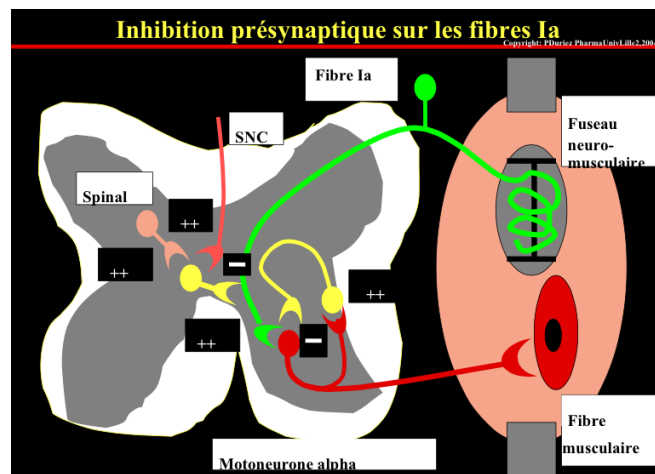
3) Circuit récurrent inhibiteur de Renshaw.



Il appartient aux systèmes qui limitent l'activité du myotatique (sans ces systèmes il y aurait un tonus musculaire beaucoup trop important)

Il existe une collatérale sur le motoneurone alpha, elle établit une synapse sur un court interneurone inhibiteur et celui-ci établit une synapse inhibitrice avec le corps neuronale du neurone à l'origine de la collatérale. Quand on déclenche le myotatique on provoque la contraction du muscle mais aussi le temps que la synapse soit franchie on a un phénomène d'inhibition du myotatique après qu'il ait commencé à s'exécuter (quelques millisecondes plus tard) de façon à empêcher l'emballement du système, de façon à empêcher que le myotatique soit permanent. C'est un système endogène. C'est très simple : une collatérale établit une synapse avec un interneurone inhibiteur qui se dirige vers le même motoneurone.

4) Inhibition pré synaptique sur les fibres Ia (sensitive).



C'est le deuxième mécanisme qui évite un myotatique trop violent.

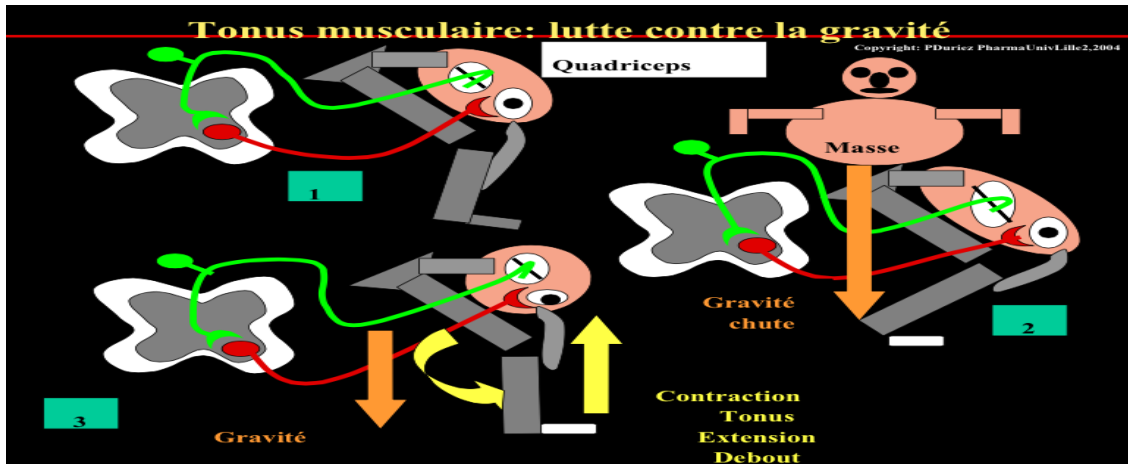
La fibre sensitive provient du muscle et établit une synapse avec le motoneurone alpha, par l'intermédiaire d'interneurone il va y avoir phénomène d'inhibition pré synaptique, l' interneurone établit une synapse inhibitrice avec la fibre sensitive de type Ia et cet interneurone va être stimulé par des voies descendantes(en stimulant les interneurons : viennent bloquer l'activité de la fibre Ia de façon à éviter que le myotatique soit trop violent) et également par d'autres interneurons situés dans la moelle épinière .

Quand il y a une section de la moelle épinière ou un accident vasculaire cérébral, après la disparition de la moelle épinière : on observe une hypertonie musculaire car les voies descendantes n'existent plus et la moelle épinière récupère quand même une activité donc il y a un retour du myotatique (avec une exagération) mais il n'est plus ralenti par les voies descendantes.

Rappel : deux systèmes qui viennent limiter l'activité du myotatique : l'interneurone de Renshaw (très simple) et l'inhibition pré synaptique (plus compliqué) liée à d'autres interneurones de la moelle épinière stimulés par des voies descendantes avec phénomène d'inhibition .

Le myotatique permet de rendre les mouvements précis, permet de faire des mouvements de flexions-extension et il permet de lutter contre la gravité.

5) Tonus musculaire : lutte contre la gravité.



Exemple du quadriceps (qui nous permet de tenir debout) :

La partie sup est connectée par un tendon au niveau de la hanche, et partie inférieure est connectée en dessous du genou (au niveau du tibia).

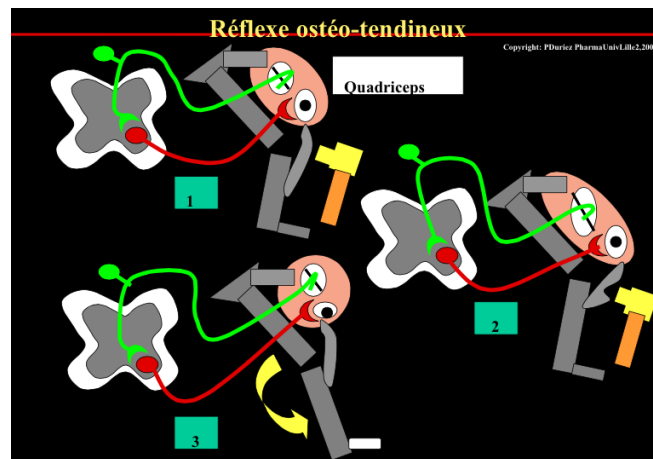
Le quadriceps dispos du myotatique, il va avoir des fuseaux neuromusculaires connectés à des fibres sensibles reliées à un motoneurone alpha qui se dirige vers le quadriceps.

Quand il y a étirement du quadriceps on déclenche le myotatique et sa contraction.

Au niveau de la jambe le fémur n'est pas exactement dans le prolongement au-dessus du tibia .Il a une angulation au niveau du genou. Avec le vecteur de gravité, le poids du corps appui sur le genou et tend à fléchir cette articulation du genou. Si il n'y avait pas de moyen de permettant de mettre en extension en permanence cette articulation, on aurait une flexion totale de l'articulation et bien sur la chute de l'individu .Quand on est en position debout : le poids du corps permet une discrète flexion de l'articulation du genou, cette flexion permet d'étirer légèrement le quadriceps et donc déclenche le myotatique du quadriceps, cette contraction permanente du quadriceps correspond au tonus musculaire du quadriceps. Le tonus musculaire du quadriceps permet le raccourcissement, tire le tendon du genou et ramène l'articulation en position d'extension et lutte contre le poids, on reste en position debout.

Si on sectionne le contingent sensitif ou moteur : incapable de tenir debout car on ne peut pas lutter contre la gravité. Le myotatique permet de lutter en permanence contre la gravité (rôle primordial du myotatique).

6) Reflexe ostéo tendineux.



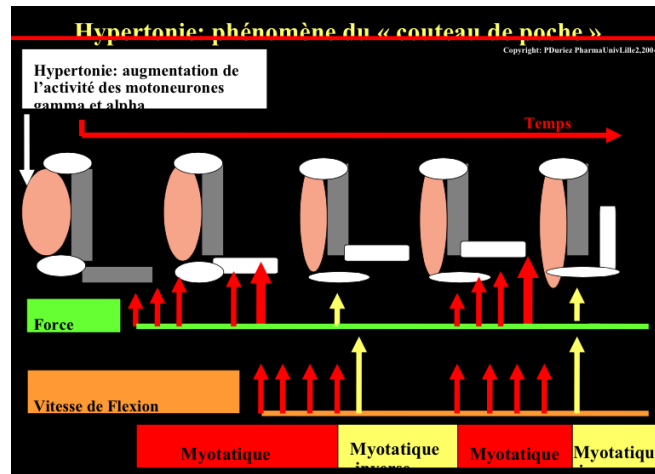
Il est pratiqué par le médecin pour rechercher si il y a une intégralité des boucles nerveuses .Il peut se pratiquer au niveau de différentes articulations, en particulier au niveau du genou.

Il est appelé reflexe ostéo tendineux mais c'est à tort car ce reflexe ne met du tout en cause les os.

Si on laisse pendre la jambe dans le vide et qu'on donne petit coup de marteau sur le tendon devant le genou: on provoque l'extension de la jambe, Pourquoi ? Car on tire sur le tendon, donc on tire sur le quadriceps. Cet allongement déclenche le reflexe myotatique et provoque contraction du quadriceps et donc l'extension de la jambe.

Ce reflexe très simple permet d'explorer l'intégralité de la boucle sensitive et de la boucle motrice.

7) Hypertonie : phénomène du couteau de poche.



Il existe en pathologie des phénomènes d'hypertonie qui peuvent apparaître en particulier à la suite de lésions médullaire ou d'accidents cérébraux.

Au moment de la lésion : disparition complète des réflexes et quelques semaines plus tard on observe un retour du reflexe myotatique avec une exagération : on parle d'hypertonie musculaire qui est liée à une augmentation de l'activité des motoneurones alpha et des motoneurones gamma.

On peut mettre en évidence cette hypertonie grâce au phénomène du couteau de poche, au niveau du bras par exemple :

On a une personne ayant fait un AVC quelques semaines auparavant, le médecin va prendre le bras et essayer de fléchir l'articulation .Chez une personne en bonne santé, on prend le bras on le plie, il n'y a aucun problème. Par contre lors d'une hypertonie musculaire : en fléchissant le bras on va tirer sur le triceps on va déclencher le myotatique. Dès le départ on a une contraction importante : si on déclenche le myotatique on va provoquer une contraction importante du triceps. On va rencontrer une résistance à la flexion car le triceps lutte en déclenchant

le myotatique, puis brutalement l'avant-bras va céder sur quelques degrés, car la tension était tellement importante sur le triceps qu'on a déclenché le myotatique inverse en stimulant les récepteurs de golgi présents dans les tendons (inhibition de l'activité des motoneurons alpha du tendon). Le muscle s'est détendu, il est revenu à un tonus important mais non excessif, on continue de fléchir l'articulation, de nouveau il va y avoir le déclenchement du myotatique puis de nouveau le myotatique inverse. On a une succession de résistances et d'arrêts de résistances avec une flexion de quelques degrés : c'est le phénomène du couteau de poche ou de la roue dentée.

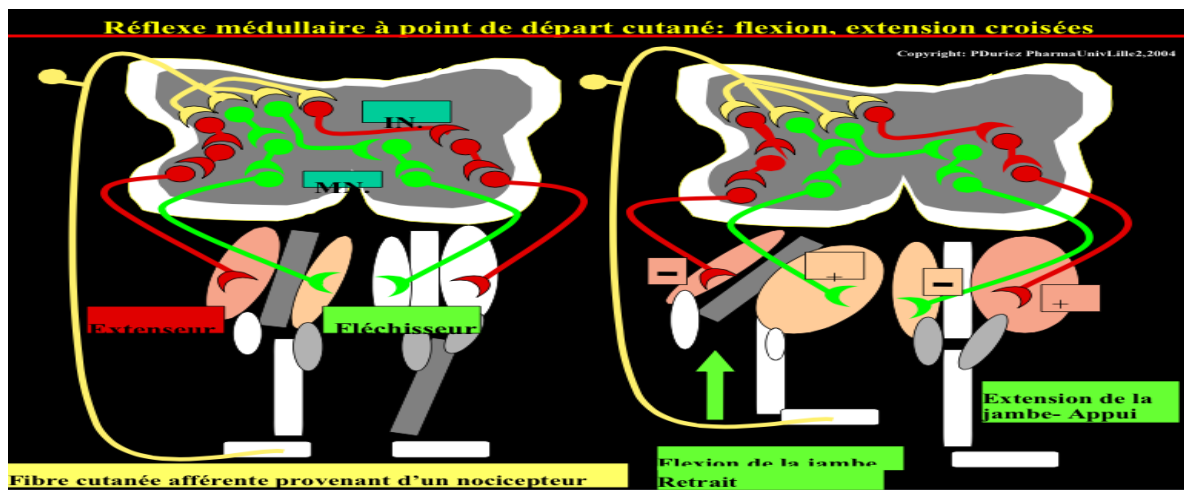
A la suite de lésions médullaires, en cas d'hypertonie musculaire on observe également le clonus, surtout au niveau du pied, on demande à la personne de mettre le pied en extension, la flexion brutale du pied va provoquer des phénomènes flexion rythmique au niveau de la cheville (succession d'augmentations du myotatique et de diminution grâce à l'apparition du myotatique inverse)

Nous quittons le réflexe myotatique, nous allons voir des réflexes qui n'interviennent pas à proprement parler dans la motricité mais qui sont des réflexes archaïques et en particulier des réflexes de défense. Ce sont des réflexes qui prennent naissance à partir de stimulations que l'on donne au niveau de la peau ou à la périphérie du corps.

Ce sont des réflexes particulièrement complexes qui ont un point de départ à la périphérie du corps. Ce sont des réflexes multi synaptique c'est à dire qu'entre fibre sensibles et motrices : il y a dans la moelle épinière une multitude de synapses.

Les réflexes médullaires à point de départ cutané sont des réflexes de défense essentiellement et en particulier le réflexe de flexion-extension croisés.

8) Le réflexe de flexion extension croisés.



Une fibre sensitive présente au niveau du pied arrive dans la moelle épinière par la racine rachidienne postérieure et va établir synapses avec des interneurons : des synapses avec du même côté le muscle extenseur, du même côté avec muscles fléchisseurs et de l'autre côté des interneurons qui croisent ; qui vont de l'autre côté et qui établissent des synapses avec des muscles extenseurs et fléchisseurs de l'autre jambe. C'est un système extrêmement complexe, à partir d'un point quelconque de votre corps vous allez stimuler des muscles fléchisseurs et extenseurs sur la jambe droite et la jambe gauche.

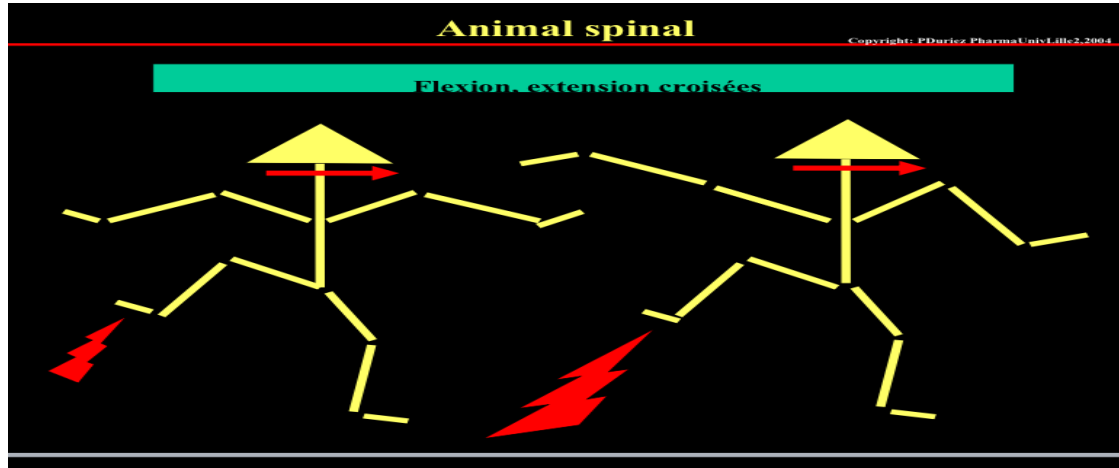
Imaginons une stimulation douloureuse sur le pied : sans réfléchir, on va avoir un réflexe d'évitement, on va avoir un phénomène de flexion de la jambe de façon à éviter la stimulation douloureuse. Pourquoi? Parce qu'on a stimulé la fibre sensitive dans la périphérie, elle arrive dans la moelle épinière par un système d'inter neurones elle stimule les muscles fléchisseurs : il va y avoir une flexion de l'articulation, mais pour avoir la flexion il faut éviter le myotatique => système d'interneurone qui inhibe l'activité du muscle extenseur. La fibre sensitive par un système d'interneurone permet la stimulation du muscle fléchisseur et d'un autre côté vient inhiber l'activité du muscle extenseur : pas de réflexe myotatique.

Problème : si la flexion excessive : chute car on se retrouve avec tout son poids sur la même jambe mais les interneurons qui croisent, stimulent les motoneurons alpha situés dans l'autre partie de la moelle et ces motoneurons alpha stimulent muscle extenseur, le quadriceps de l'autre jambe est donc prêt à soutenir l'intégralité du poids du corps.

Electrophysiologie.

C'est ce qu'on appelle le phénomène de flexion extension croisées : phénomène de flexion du côté homolatéral à la stimulation et phénomène d'extension du côté controlatéral de façon à éviter la chute. C'est totalement réflexe, on ne réfléchit pas. C'est un phénomène que l'on peut mettre en évidence chez l'animal.

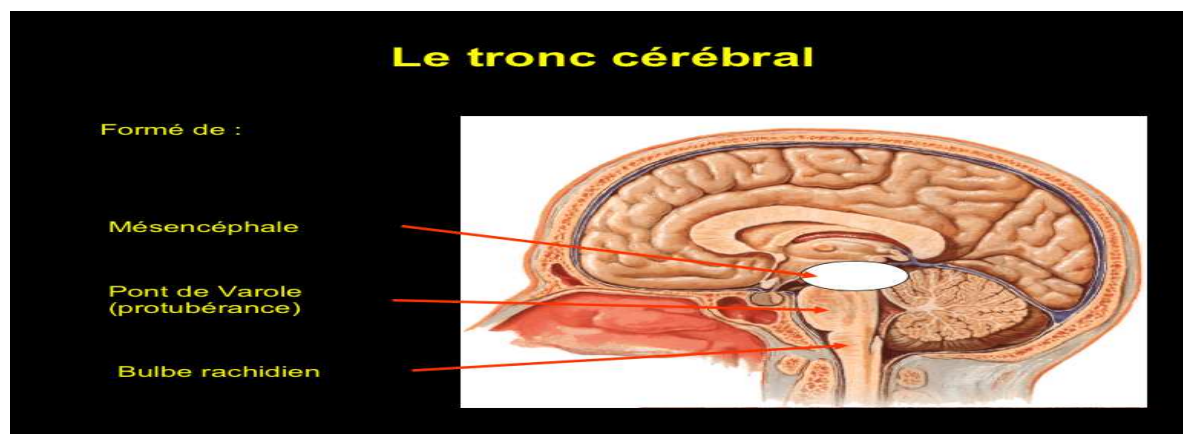
Chez l'animal spinal (on lui a coupé la tête : il n'y a que la moelle épinière qui contrôle les muscles, il n'y a plus de contrôle par les centres supérieurs)



Si on stimule la jambe droite (petite stimulation) : phénomène de flexion de la jambe stimulée et extension croisée de façon à rétablir l'équilibre.

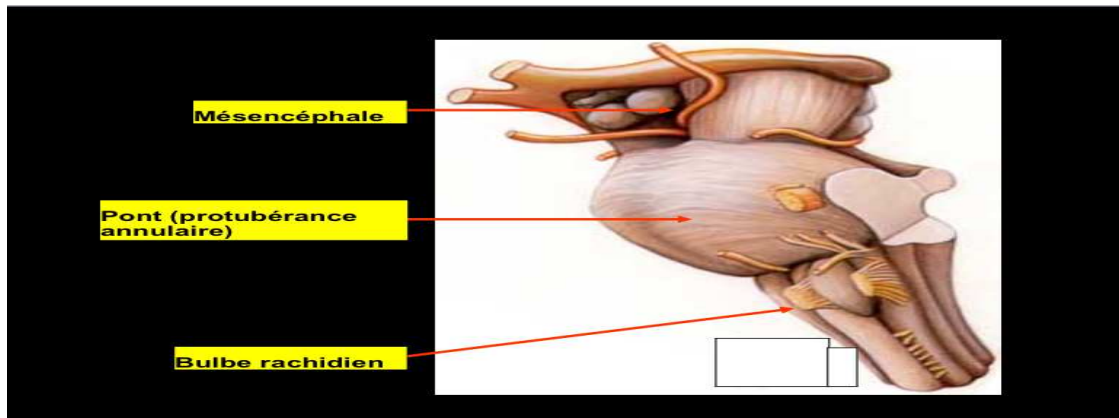
Pour une stimulation plus grande : on observe de nouveau un phénomène de flexion extension croisées au niveau de la partie postérieure. Mais en stimulant d'avantage, au niveau antérieur et opposée à l'articulation : on observe une flexion et une extension antérieure homolatérale à la stimulation. Ce qui veut dire qu'il y a connexions au niveau de la moelle épinière qui permettent de déclencher des réflexes sur les pattes antérieures, quand on regarde le mouvement on observe une préparation de l'animal à fuir. C'est un phénomène archaïque, destiné à la survie de l'animal (pour un animal qui marche sur 4 pattes).

II) Contrôle des réflexes par le tronc cérébral.



Le tronc cérébral va moduler l'activité des réflexes par l'intermédiaire de voies nerveuses descendantes qui arrivent sur les interneurons médullaires qui se projettent sur les motoneurons alpha.

Le tronc cérébral est composé du bulbe rachidien, de la protubérance annulaire et du mésencéphale. Il est situé juste au-dessus de la moelle épinière, cet ensemble contrôle l'activité des réflexes.

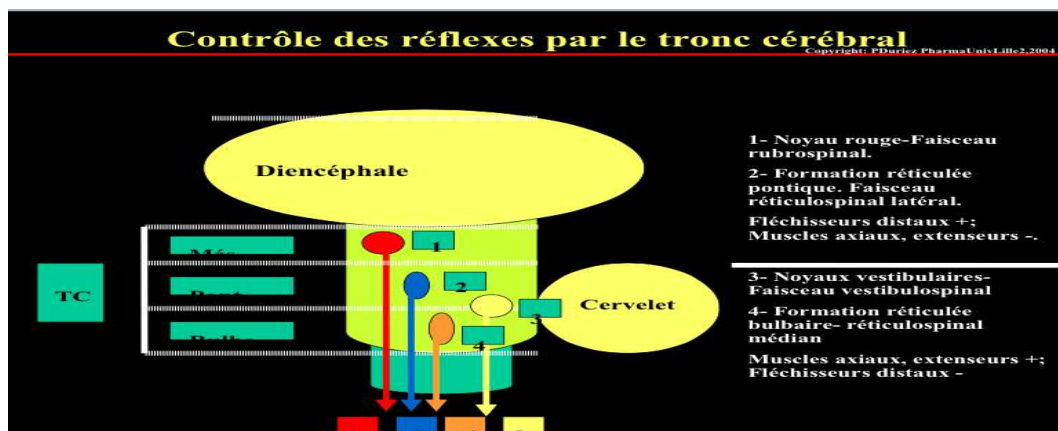


Ces différentes structures sont à l'origine de voies nerveuses descendantes vers la moelle épinière, il y a dans ces structures des amas de neurones= noyaux qui sont à l'origine d'axones qui descendent vers la moelle épinière et contrôlent l'activité des motoneurons alpha.

Le tronc cérébral a des activités importantes dans le contrôle des réflexes (la régulation de l'activité cardiaque, l'activité vasculaire, la respiration)

Dans la régulation des réflexes : nous sommes au-dessus de la moelle épinière et devant le cervelet ; au-dessus le diencéphale avec le cerveau.

Dans le tronc cérébral : on va trouver des amas de neurones qui constituent des noyaux qui contiennent des corps cellulaires prolongés par des axones qui constituent les voies nerveuses descendantes qui descendent vers la moelle épinière.



Il y a 4 structures qui vont nous intéresser :

1 – au niveau du mésencéphale : on a un amas de neurone appelé le noyau rouge, avec des axones qui descendent vers moelle épinière constituant un faisceau nerveux : le faisceau rubrospinal

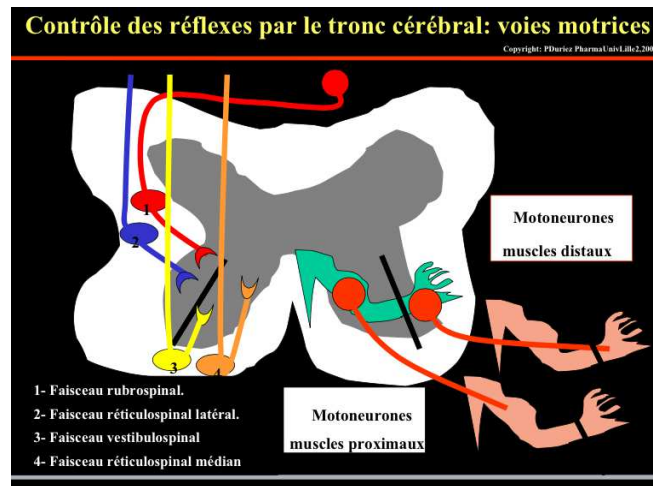
2- au niveau du pont : on a la formation réticulée avec une voie nerveuse descendante appelée faisceau réticulospinal latéral

3- juste derrière le cervelet, entre le bulbe et le pont : on a un noyau appelé le noyau vestibulaire, qui est à l'origine du faisceau vestibulospinal

4 – On a la formation réticulée bulbaire qui est à l'origine du faisceau réticulospinal médian

On a 4 noyaux à l'origine de voies descendantes : la voie rubrospinale, la voie réticulospinale latérale, la voie vestibulospinale et enfin la voie réticulospinale médiane.

Ces faisceaux se dirigent vers les motoneurons alpha de la moelle épinière mais ils vont avoir une certaine spécificité.

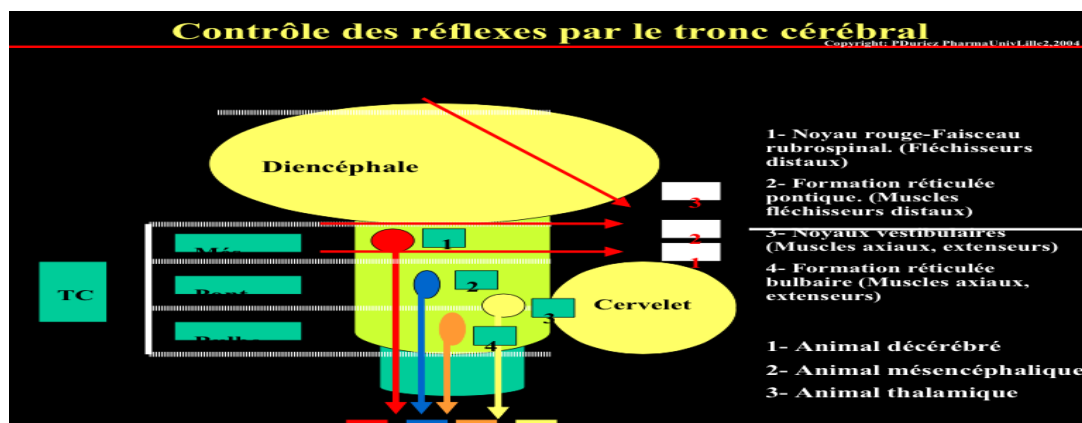


En 1 et 2, c'est à dire le noyau rouge et la formation réticulée respectivement à l'origine des voies rubrospinale et réticulospinale latérale, les faisceaux se projettent au niveau des muscles fléchisseurs distaux pour les activer (au niveau des mains et doigts pour les membres supérieurs, au niveau des pieds), permet la flexion des mains et pieds. Les faisceaux se projettent sur muscles axiaux en inhibant les muscles extenseurs axiaux des jambes et des bras

A l'inverse : 3 et 4 sont à l'opposé, les voies se projettent sur muscles axiaux en stimulant les muscles extenseurs et inhibent les muscles fléchisseurs distaux. Cela permet des mouvements différents entre les muscles fléchisseurs et les muscles extenseurs, il y a une répartition

Il y a également une répartition qui est topographique, la partie latérale vers les muscles fléchisseurs distaux.

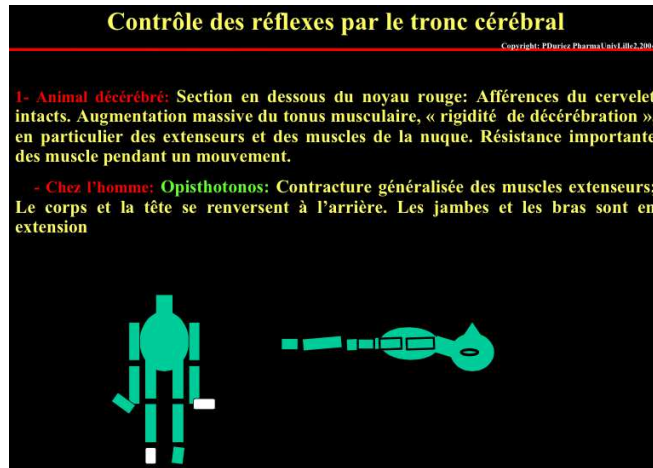
Comment a-t-on pu mettre en évidence ces phénomènes ?



En pratiquant des sections, sur des chats.

Section en 1 : en dessous du noyau rouge, on a un animal décérébré : l'activité du noyau rouge sur les muscles fléchisseurs disparaît et ne va rester essentiellement que l'activité des voies vestibulaires et l'activité de la formation réticulée bulbaire sur les muscles extenseurs. On obtient un animal décérébré : une augmentation considérable du tonus musculaire en particulier sur les muscles extenseurs, aussi des muscles de la nuque : rigidité de décérébration muscle des pattes et de la nuque. Le chat sera en extension sur les 4 pattes, la tête redressée en arrière et incapable de marcher parce qu'on a supprimé l'activité du noyau rouge qui inhibe les muscles extenseurs. C'est la rigidité de décérébration.

Chez l'homme à la suite d'accident vasculaire au niveau du Tronc cérébral ou à la suite de tumeur ou à la suite de processus infection: on appelle cela l'opisthotonos : on a une contraction généralisée des muscles extenseurs du corps et extension complète des mains en arrière, contraction complète des muscles de la mâchoire, impossibilité d'ouvrir la bouche.



Section en 2 au-dessus du noyau rouge : on a un animal mésencéphalique, l'animal sera sur ses 4 pattes, il y a aura une rigidité de décérébration mais moins importante, car le noyau rouge peut agir et diminuer la rigidité sur les muscles extenseurs.

Section en 3 : coupe au-dessus du diencephale, dans ce cas on parle d'un animal thalamique : l'animal sera sur ses 4 pattes, sera capable de marcher mais la marche ne sera pas harmonieuse à la façon d'un robot, elle sera encore rigide mais on conserve un contrôle de l'activité du myotatique.