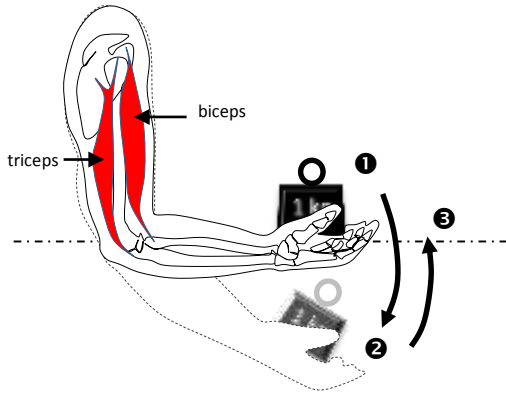


# Le réflexe myotatique

## Document 1 : Mettre en évidence le réflexe myotatique.



Description de l'expérience : les yeux bandés, la personne tient son bras fléchi. Au moment où l'on dépose un haltère dans sa main, l'avant-bras s'abaisse. L'avant-bras retrouve alors presque instantanément sa position initiale.

Cette simple expérience permet de simplement mettre en évidence l'existence d'un circuit réflexe, ne faisant pas intervenir la volonté. Ici, il s'agit du réflexe myotatique : le muscle se contracte en réponse à son propre étirement.

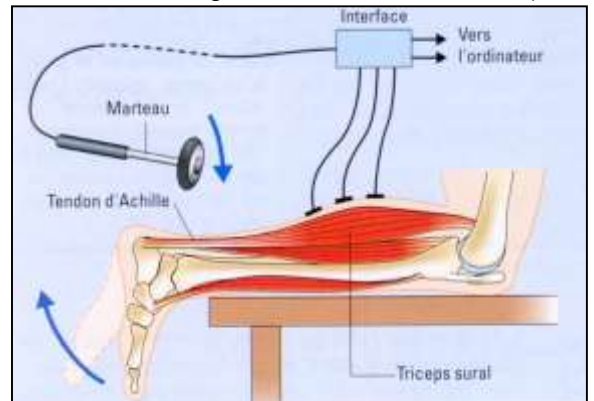
Lorsque le médecin, lors d'une visite médicale, teste les réflexes, il utilise un marteau réflexe revêtu de caoutchouc et tape – modérément - sur le tendon (rotulien en général mais le réflexe achilléen fonctionne de la même manière). Le choc sur le tendon étire le muscle qui répond alors par réflexe. Voir une vidéo du [réflexe rotulien](#).

## Document 2 : Enregistrement de l'activité musculaire lors d'un réflexe myotatique : le réflexe achilléen.

On peut mesurer à l'aide d'un dispositif ExAO, l'activité musculaire. En effet, lorsqu'un muscle se contracte, il est le siège d'une activité électrique. Cette activité peut être enregistrée à la surface de la peau par des électrodes réceptrices et transformée en un tracé appelé : électromyogramme (EMG).

### ⊕ PROTOCOLE EXPERIMENTAL avec le logiciel NEUROR et SCHEMA DU DISPOSITIF EXPERIMENTAL

- Allumer l'interface ; lancer **NEUROR** ; cliquer sur **Branchements**.
- Effectuer ou vérifier les branchements indiqués, choisir l'entrée AMP1.
- Vérifier que le module électrophysiologie est allumé (bouton marche) ; placer ses deux commutateurs sur **EMG** et **2,5 mV**.
- Placer les électrodes comme indiqué dans le logiciel. Cliquer sur **Mesures**.
- Entrer les paramètres suivants : **durée de la mesure** (100 ms) ; déclenchement de l'enregistrement **avec le marteau** (il ne doit pas être barré en rouge) ; **une seule voie** (une silhouette) ; choix du calibre modifiable si besoin avec le bouton décalage du module.
- Lancer l'enregistrement en cliquant sur l'icône rouge. C'est le choc du marteau qui déclenchera la mesure : le jambier étant au repos (genou posé sur une chaise), appliquer une secousse sèche sans prévenir le sujet, à l'aide du marteau, sur le tendon d'Achille. L'opérateur tient le manche du marteau dans la main droite de manière très souple, l'autre main élève la tête du marteau à 60° environ puis la laisse tomber sur le tendon d'Achille. Le seul poids du marteau doit suffire à déclencher la réaction.
- Observer le tracé apparu à l'écran. Recommencer le protocole 2 fois de suite.



### ⊕ PROTOCOLE EXPERIMENTAL avec le logiciel VISUEL ORPHY



- Allumer l'interface ; lancer **VISUEL ORPHY** ; attendre que l'interface soit reconnue puis cliquer sur « **Ouvrir un thème** ».
- Choisir le module « **Électrophysiologie** » et « **EMG – Réflexe achilléen (GTS/GTI)** ».
- ☑ Tout est déjà préconfiguré pour les interfaces GTS II mais il peut être nécessaire de changer les paramètres selon la connectique pour GTI en ce qui concerne le marteau-réflexe (port EA0 sur prise A) et en particulier le mode de déclenchement de la mesure : dans « paramètres de l'acquisition » choisir l'onglet « synchroniser » et vérifier que c'est bien le marteau qui sera le déclencheur.

### Document 3 : Enregistrement de l'activité musculaire associant réflexe myotatique et activité volontaire.

⊕ PROTOCOLE EXPERIMENTAL avec le logiciel NEUROR ou VISUEL ORPHY

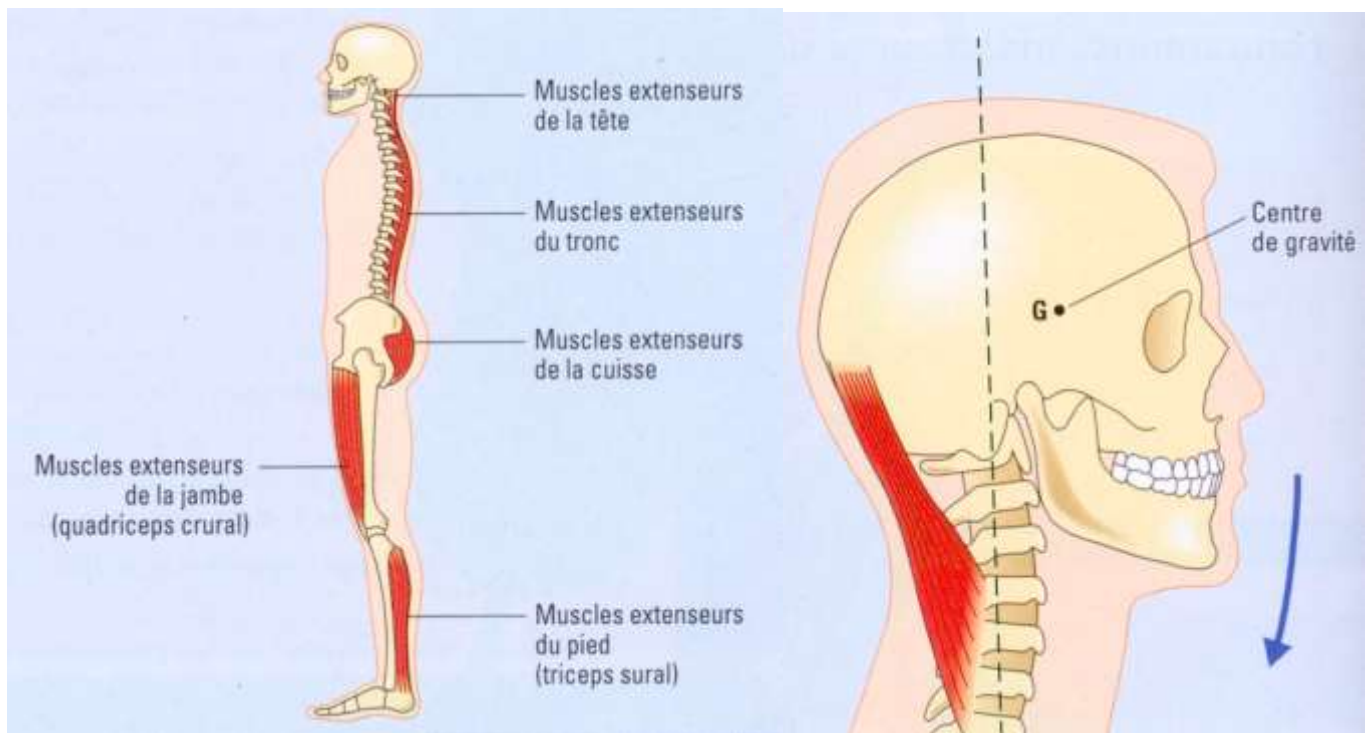
- Placer les 3 électrodes réceptrices sur le muscle sural.
- Relier les électrodes au dispositif ExAO.
- Déclenchement de l'enregistrement avec le marteau
- Appuyer sur la touche « démarrer » pour enregistrer les activités électriques.
- Enregistrer les électromyogrammes pour les 3 cas suivants :
  - a : Choc sur le tendon : le sujet contracte son muscle volontairement au moment où il détecte le choc.
  - b : Choc sur la table : le sujet contracte son muscle quand il entend le son.
  - c : Choc sur la table : le sujet contracte le muscle quand il voit le marteau frapper la table.

**Remarque :** avec Visuel Orphy, il est nécessaire de cocher la case « **continuer après le temps total** » dans les paramètres de l'acquisition.

### Document 4 : Rôle du réflexe myotatique dans le maintien de la posture.

Lorsque, chez un Vertébré en état de veille, on observe un muscle squelettique dans sa situation anatomique normale, en préservant l'intégrité de ses connexions nerveuses et tendineuses, on constate que sa consistance n'est pas molle, mais ferme et élastique, et qu'il ne se laisse pas étirer sans qu'apparaisse une résistance. Cet état de tension légère et cette résistance à l'étirement d'un muscle possédant l'intégrité de ses connexions tendineuses et nerveuses portent le nom de tonus musculaire. Le tonus musculaire est d'une extrême importance et forme en quelque sorte la «toile de fond» des activités motrices et posturales, préparant le mouvement, fixant l'attitude, sous-tendant le geste, maintenant la statique et l'équilibre.

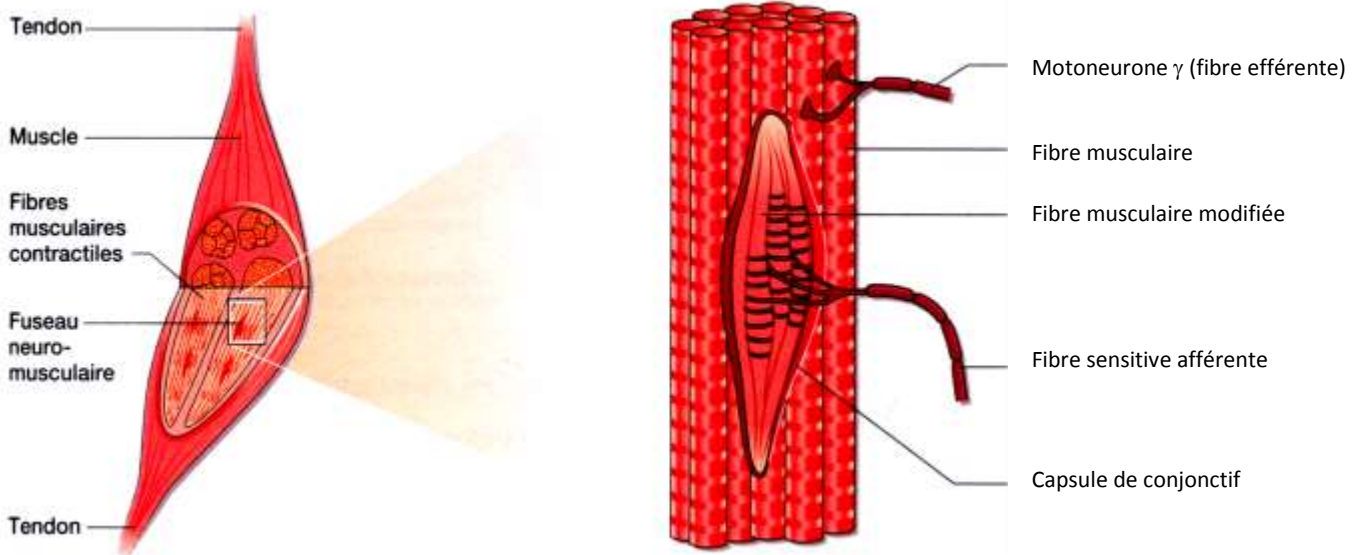
D'après Encyclopédie Universalis



La posture érigée n'est pas une position d'équilibre physique. La pesanteur tend à provoquer l'effondrement des différentes parties du corps. Le tonus des muscles extenseurs exerce une force antagoniste à la pesanteur permettant la station debout.

Chaque segment osseux mobile possède des muscles squelettiques antagonistes : l'un fléchisseur, l'autre extenseur. Quand l'un se contracte, l'autre doit se relâcher. Lors d'une crampe, un muscle reste contracté de manière excessive et parfois même les deux muscles antagonistes se contractent en même temps. Dans le cas du pied, le muscle extenseur est le triceps sural et le fléchisseur est le jambier antérieur. Dans le cas du réflexe rotulien le muscle extenseur est le quadriceps fémoral (ou crural) et le fléchisseur est le triceps crural.

## Document 5 : les fuseaux neuromusculaires.

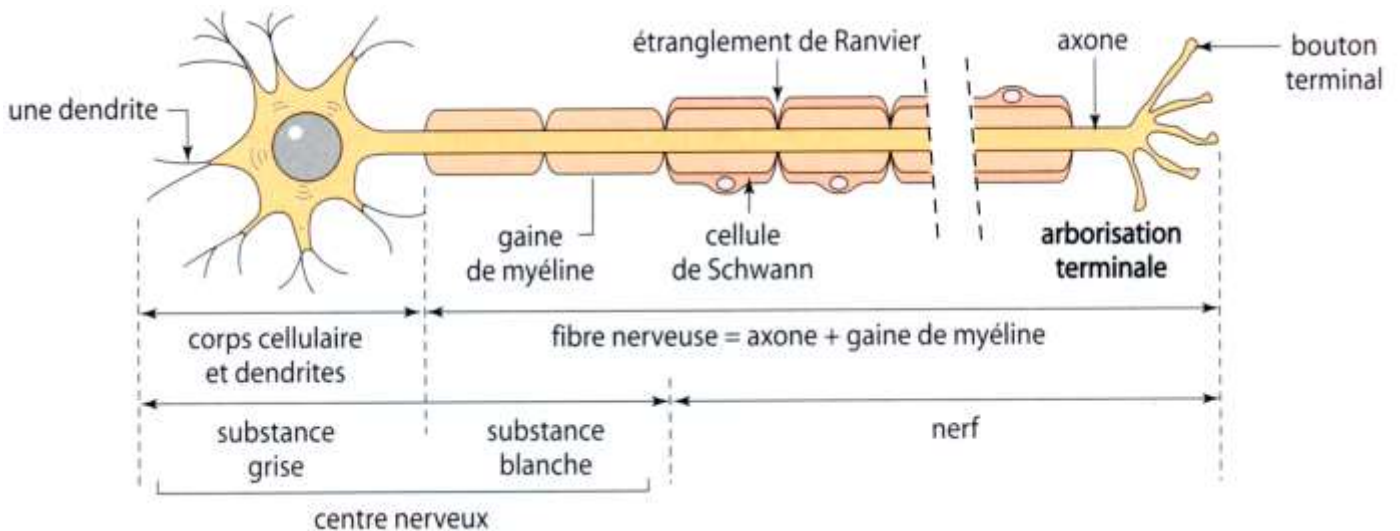


À l'intérieur du muscle se trouvent des fuseaux neuromusculaires, structures particulières de quelques millimètres de long. Chaque fuseau est constitué de 3 à 10 petites fibres musculaires, courtes et modifiées, enveloppées dans une capsule de tissu conjonctif. Une fibre nerveuse **afférente** (sensitive) – par opposition à efférente (motrice) – pénètre dans chaque fuseau et s'y ramifie ; elle constitue un récepteur percevant une déformation mécanique : il s'agit d'un mécano-récepteur.

Les fuseaux neuromusculaires sont disposés parallèlement aux fibres musculaires. Dans un muscle il y a plusieurs centaines à plusieurs milliers de fuseaux suivant le muscle considéré. En cas de lésions des fuseaux neuromusculaires d'un muscle, on constate que le réflexe myotatique n'a pas lieu. En revanche la contraction volontaire du muscle reste possible. Les fuseaux neuromusculaires sont innervés par des motoneurones gamma dont le rôle est d'étirer les fibres du fuseau. En effet, si le muscle est contracté, le rôle sensitif du fuseau neuromusculaire est perturbé. Le motoneurone gamma maintient donc l'étirement des fibres même quand le muscle est contracté.

## Document 6 : structure d'un neurone.

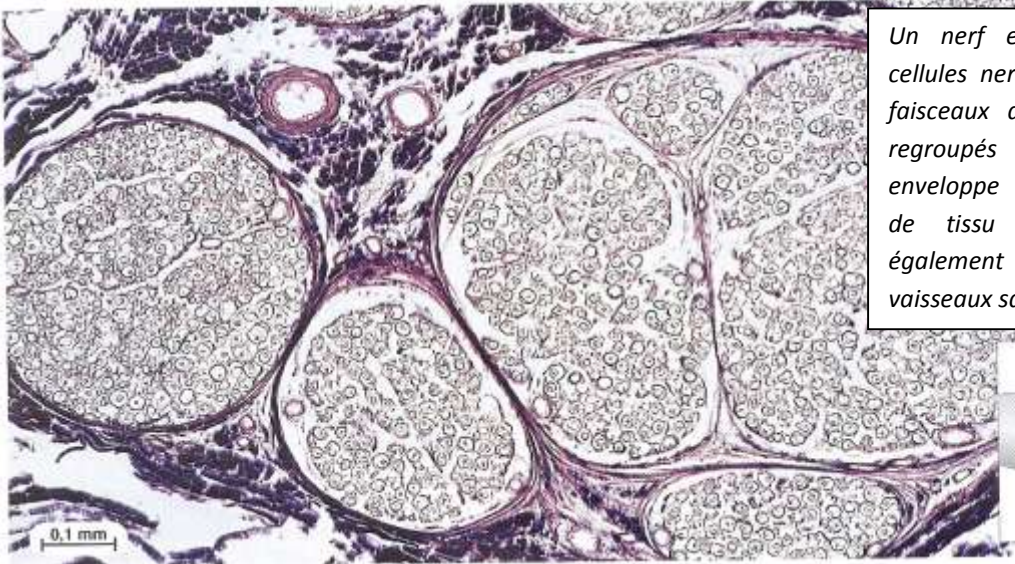
Un neurone est une cellule nerveuse qui présente la particularité d'être excitable et de transmettre un influx nerveux.



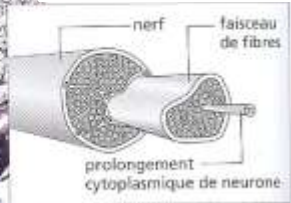
La partie centrale du neurone, le corps cellulaire (ou soma), qui contient le noyau possède généralement plusieurs prolongements. En règle générale, (dans la structure-type du neurone) les prolongements fins et courts sont appelés dendrites tandis que les autres, les axones, constituent les fibres nerveuses.

Les axones peuvent être recouverts, ou non, d'une gaine de myéline qui permet une conduction dite « saltatoire » de l'influx nerveux qui est très rapide (10 à 75 m/s).

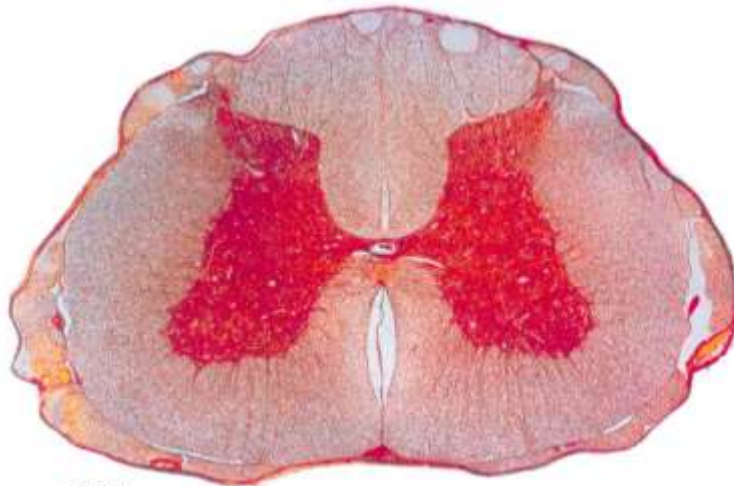
**Document 7 : coupe transversale de nerf (microscope optique).**



Un nerf est un ensemble de cellules nerveuses regroupées en faisceaux de fibres, eux-mêmes regroupés au sein d'une enveloppe conjonctive entourée de tissu adipeux. On peut également noter la présence de vaisseaux sanguins.



**Document 8 : la moelle épinière.**

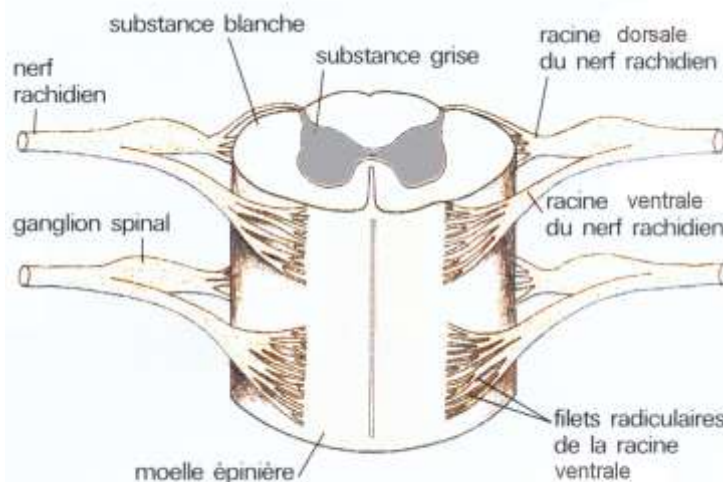


X 26

La moelle épinière est logée dans le canal vertébral, en arrière de la colonne et est en relation avec les différents organes du tronc et des membres grâce à 31 paires de nerfs rachidiens. La structure de la moelle épinière se caractérise par l'existence de deux parties distinctes :

- l'une centrale, de couleur grise, la substance grise qui contient les corps cellulaires des neurones.
- l'autre périphérique, de couleur claire, est appelée substance blanche et contient les prolongements cellulaires des neurones de la moelle.

Le canal de l'épendyme, au centre, résulte de la formation embryonnaire du tube neural.



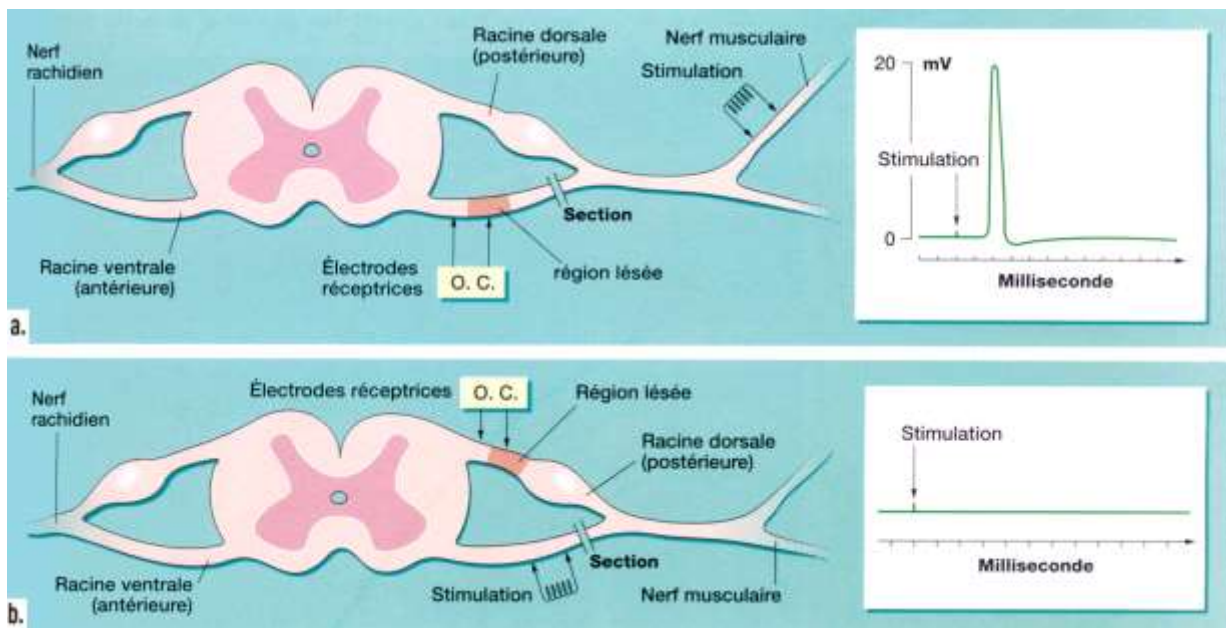
**Document 9 : vitesse du réflexe myotatique face à une commande volontaire.**

En moyenne, la durée de parcours de l'arc réflexe pour le réflexe achilléen est de 37,5 ms et elle est de 23,5 ms pour le réflexe rotulien. Une commande volontaire pour la contraction de ces muscles prend entre 100 et 120 ms. Si l'on pose comme postulat que la vitesse du message nerveux ( $48 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) est constante au cours de ce réflexe, il est alors possible de calculer la distance totale parcourue par le message pour déclencher le réflexe.

**Document 10 : expériences de lésions, stimulations et sections des racines dorsales, ventrales et du nerf rachidien.**

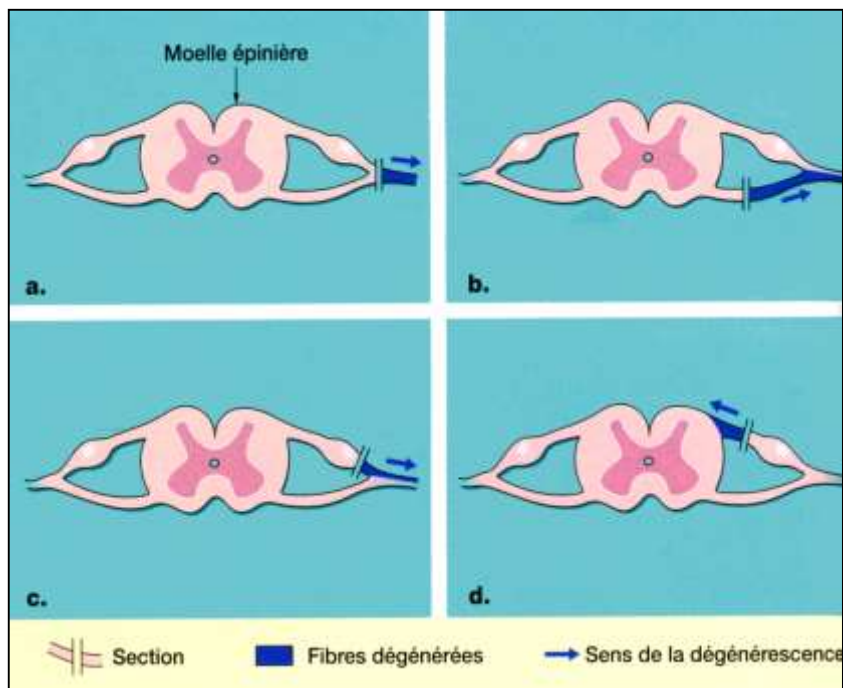
François Magendie (1784-1855), l'un des pionniers de la physiologie expérimentale en France, fut le premier à mettre en évidence le rôle des racines rachidiennes. Un extrait de son journal, publié en 1822, relate ses premières expérimentations chez le Chien.

« Depuis longtemps, je désirais faire une expérience dans laquelle je couperais sur un animal les racines postérieures des nerfs qui naissent de la moelle épinière (...) J'eus alors sous les yeux les racines postérieures des paires lombaires et sacrées et, en les soulevant successivement avec les lames de petits ciseaux, je pus les couper d'un côté, la moelle restant intacte. J'ignorais quel serait le résultat de cette tentative (...) et j'observais l'animal ; je crus d'abord le membre correspondant aux nerfs coupés entièrement paralysé ; il était insensible aux piqûres et aux pressions les plus fortes ; il me paraissait immobile, mais bientôt, à ma grande surprise, je le vis se mouvoir d'une manière très apparente, bien que la sensibilité y fut toujours tout à fait éteinte. Une seconde, une troisième expérience me donnèrent exactement le même résultat (...) Il se présentait naturellement à l'esprit de couper les racines antérieures en laissant intactes les postérieures (...) Comme dans les expériences précédentes, je ne fis la section que d'un seul côté, afin d'avoir un terme de comparaison. On conçoit avec quelle surprise je suivis les effets de cette section. Ils ne furent point douteux : le membre était complètement immobile et flasque tandis qu'il conservait une sensibilité sans équivoque. Enfin, pour ne rien négliger, j'ai coupé à la fois les racines antérieures et postérieures : il y eut perte absolue de sentiment et de mouvement. »

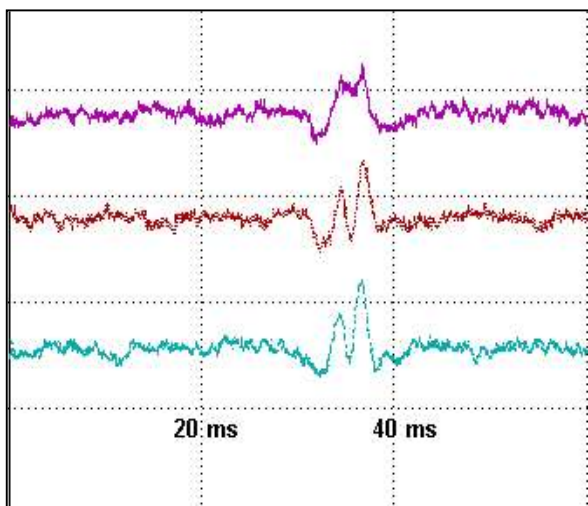


- a. Enregistrement sur la racine ventrale à la suite de la stimulation du nerf musculaire.
- b. Enregistrement sur la racine dorsale à la suite de la stimulation de la racine ventrale.

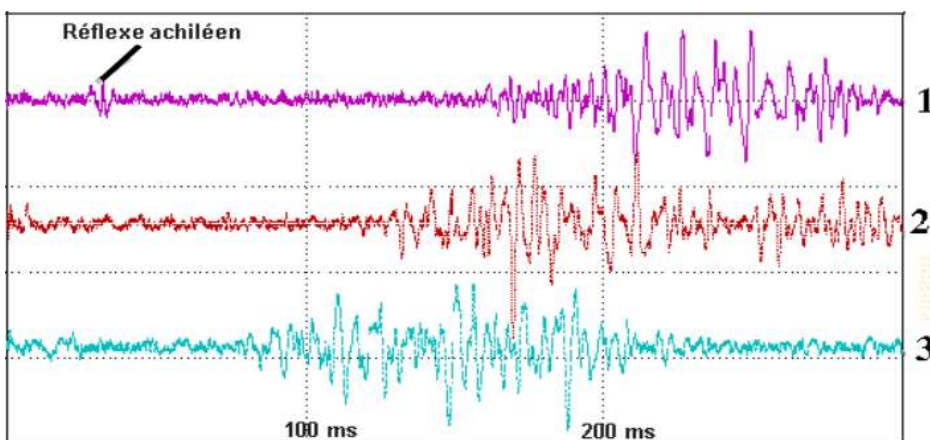
Dans les expériences suivantes, différentes sections sont réalisées. La zone foncée représente les fibres dégénérées et la flèche indique le sens de la dégénérescence qui fait suite à la lésion.



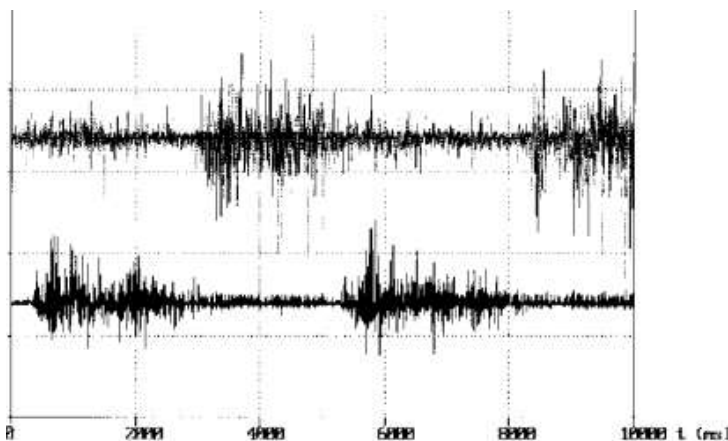
**Document 11 : quelques enregistrements d'électromyogrammes (EMG).**



Trois tracés d'EMG lors du réflexe achilléen.



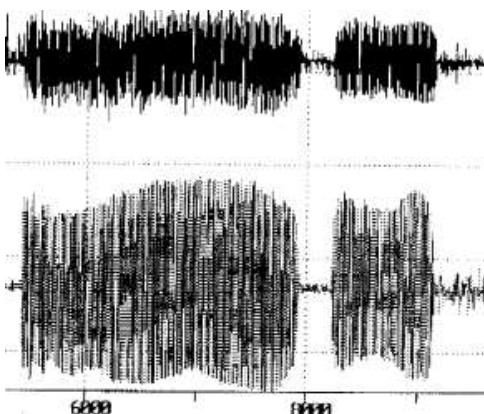
Réflexe et activité volontaire : 1. contraction volontaire au moment du choc sur le tendon ; 2. contraction volontaire au moment où le sujet entend le son du choc ; 3. contraction volontaire à la vue du choc.



Activité des muscles antagonistes pendant une succession de flexions et d'extensions.

Une étude plus en détail du signal parvenant aux muscles montre qu'il existe un léger décalage d'une milliseconde entre l'arrivée du signal afférent (neurone moteur) stimulant la contraction d'un muscle et l'arrivée du signal afférent (neurone moteur) provoquant le relâchement du muscle antagoniste dans le cas du réflexe myotatique.

Le signal inhibant le muscle antagoniste perd donc du temps par rapport à l'autre, alors que le signal afférent était le même, en provenance du fuseau neuromusculaire.



Activité des muscles antagonistes lors d'une crampe.