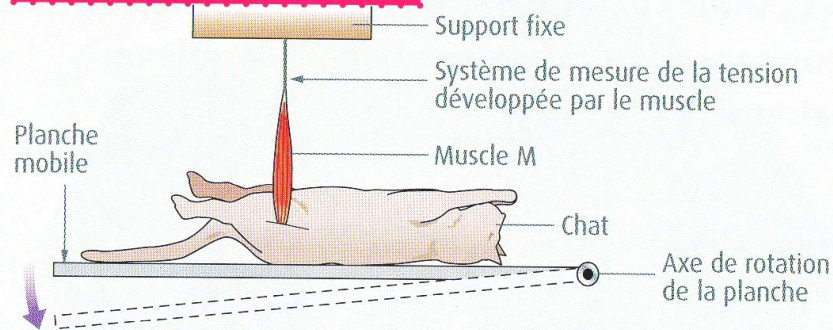
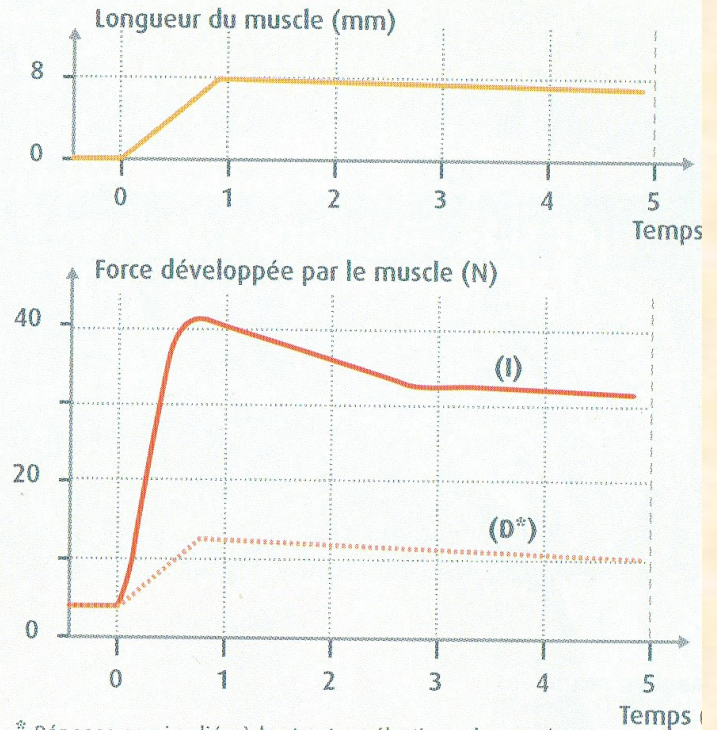


HISTOIRE DES SCIENCES



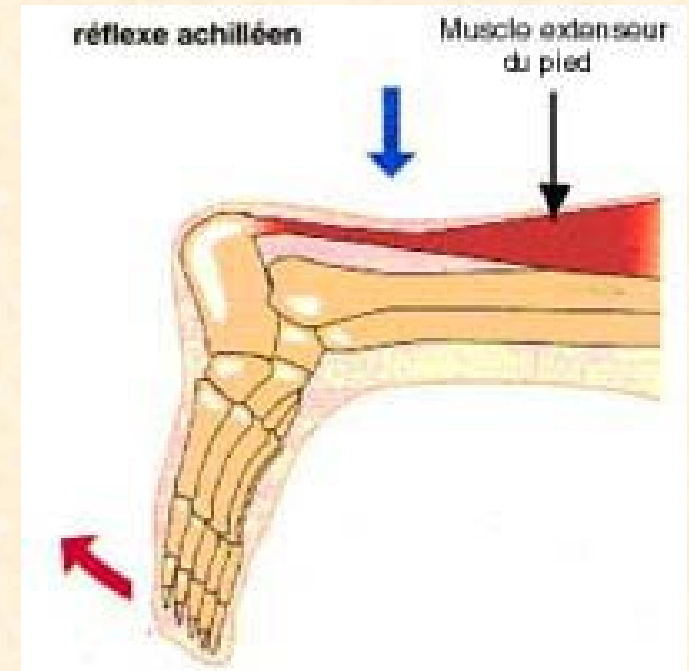
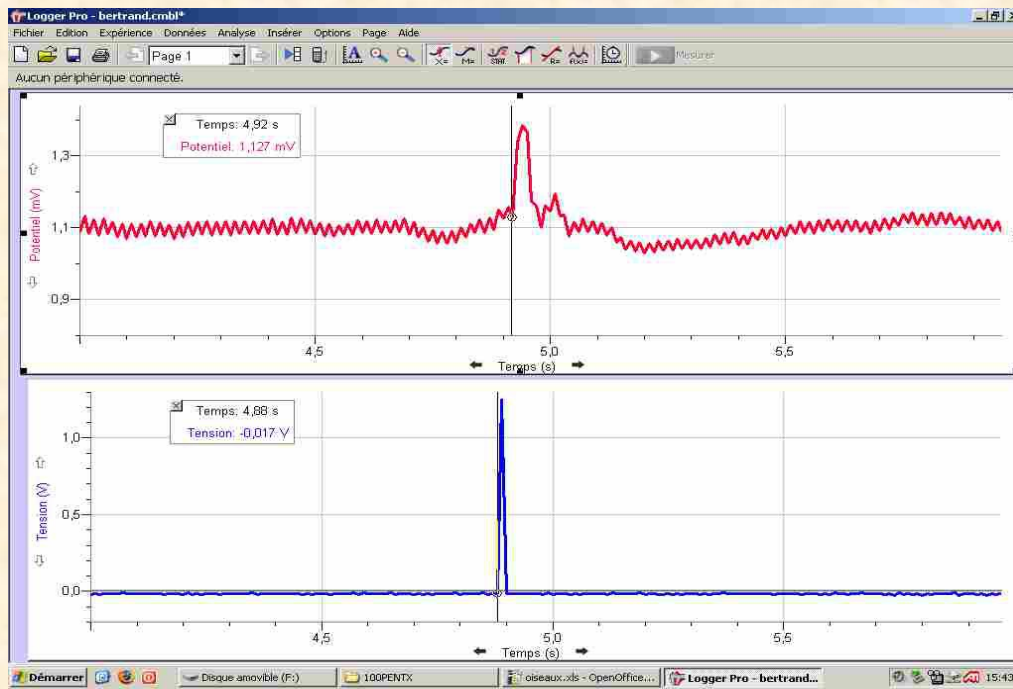
C. S. Sherrington cherche à comprendre les mécanismes de la rétraction réflexe de la patte chez le chat. Il anesthésie un animal, sectionne sa moelle épinière juste sous l'encéphale puis il l'allonge sur une planche pivotante. Il isole le muscle extenseur de la jambe (M) et le relie à un dispositif mesurant la longueur et la tension développée par le muscle. En faisant pivoter la planche, il obtient une extension du muscle comme lors du choc avec un marteau réflexe. Les mesures sont effectuées sur des chats dont le muscle est encore innervé (I) ou dont les nerfs ont été sectionnés (D).



* Réponse passive liée à la structure élastique du muscle

4 Les expériences de C. S. Sherrington (1924).

Tp1 et Livre Belin page 329 doc. 4



Les réflexes sont impliqués, entre autres, dans le maintien de la posture : ils font que le corps reste en équilibre lorsque nous marchons, courons ou portons des charges. Les réflexes myotatiques sont des contractions involontaires de muscles provoquées par leur étirement. Ainsi, un choc sur le tendon d'Achille, qui induit l'étirement du muscle triceps sural, entraîne la contraction réflexe de ce même muscle et l'extension du pied : c'est le réflexe myotatique achilléen (voir doc. 2). Les réflexes myotatiques permettent aux médecins de vérifier le bon fonctionnement du système neuromusculaire responsable de la contraction du muscle. En effet, dans certaines situations pathologiques ces réflexes sont abolis. C'est par exemple le cas chez certaines personnes ayant subi une lésion accidentelle de la moelle épinière.

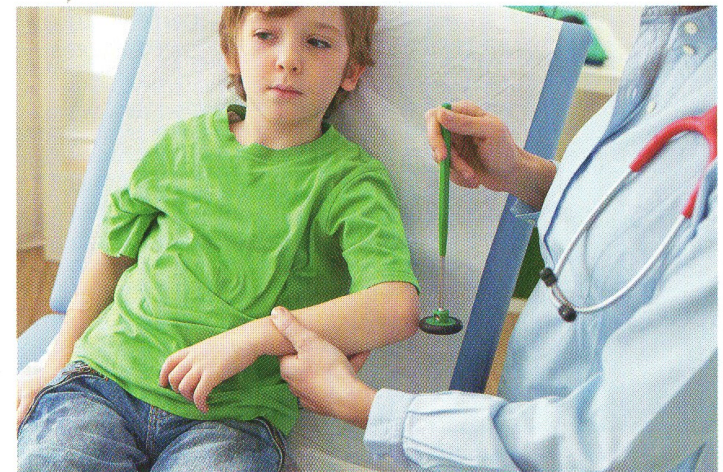
1 Que sont les réflexes myotatiques ?

- L'importance de la réponse peut être estimée sur une échelle allant de 0 à 4+ :

0	pas de réponse
1+	contraction visible mais diminuée
2+	réponse normale
3+	contraction plus vive que la moyenne
4+	hyperactivité, réponse excessive

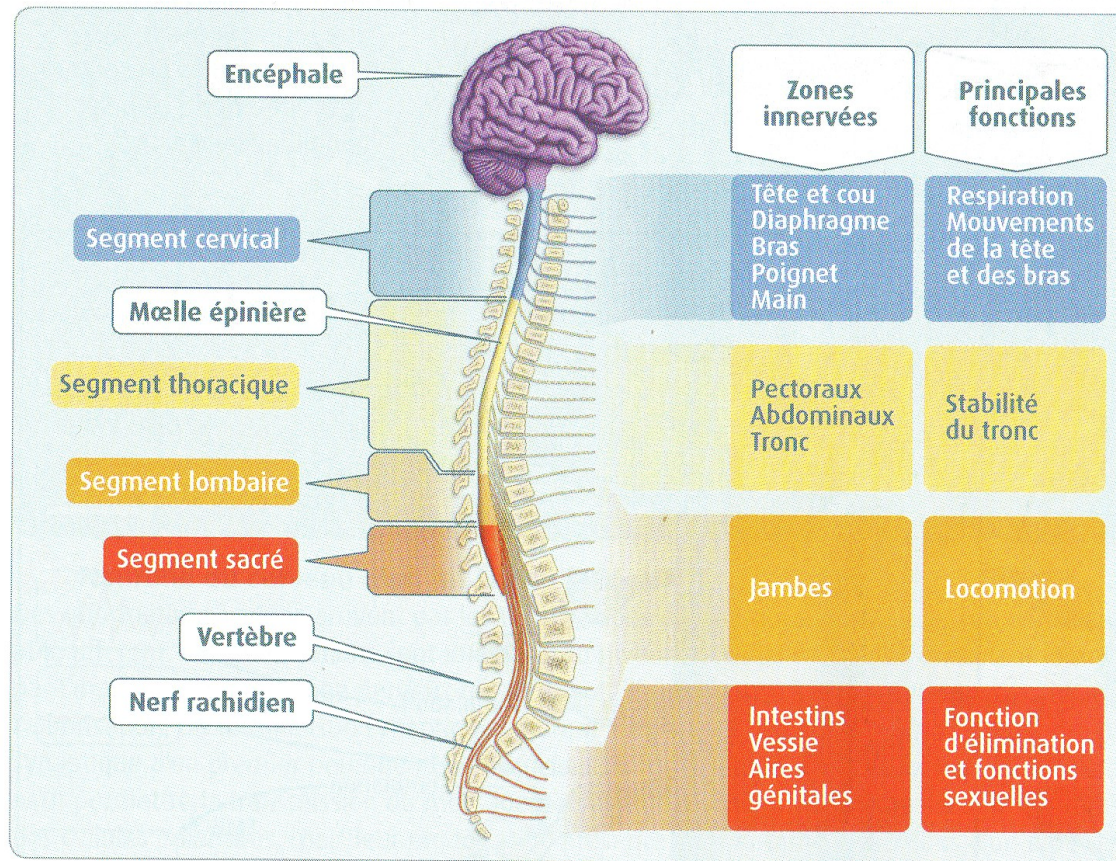
Quelques exemples

Nom du réflexe	Muscle stimulé	Réponse
rotulien	quadriceps de la cuisse	extension de la jambe
achilléen	soléaire	extension du pied
bicipital	biceps	flexion de l'avant-bras
tricipital	triceps	extension de l'avant-bras



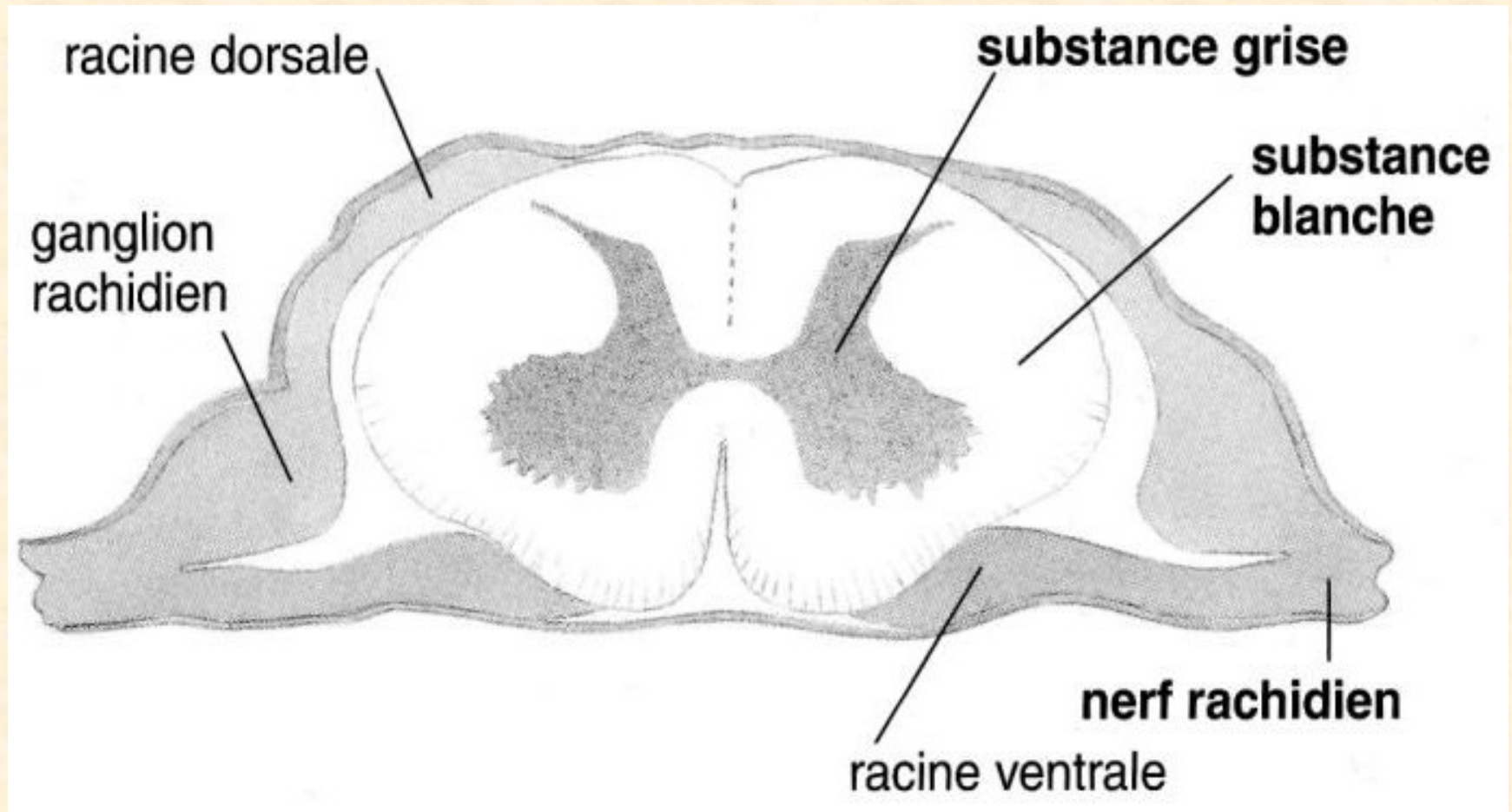
L'abolition ou la diminution d'un réflexe est parfois l'indice d'une lésion nerveuse (lésion d'un nerf engendrant une **sciaticque**, par exemple).

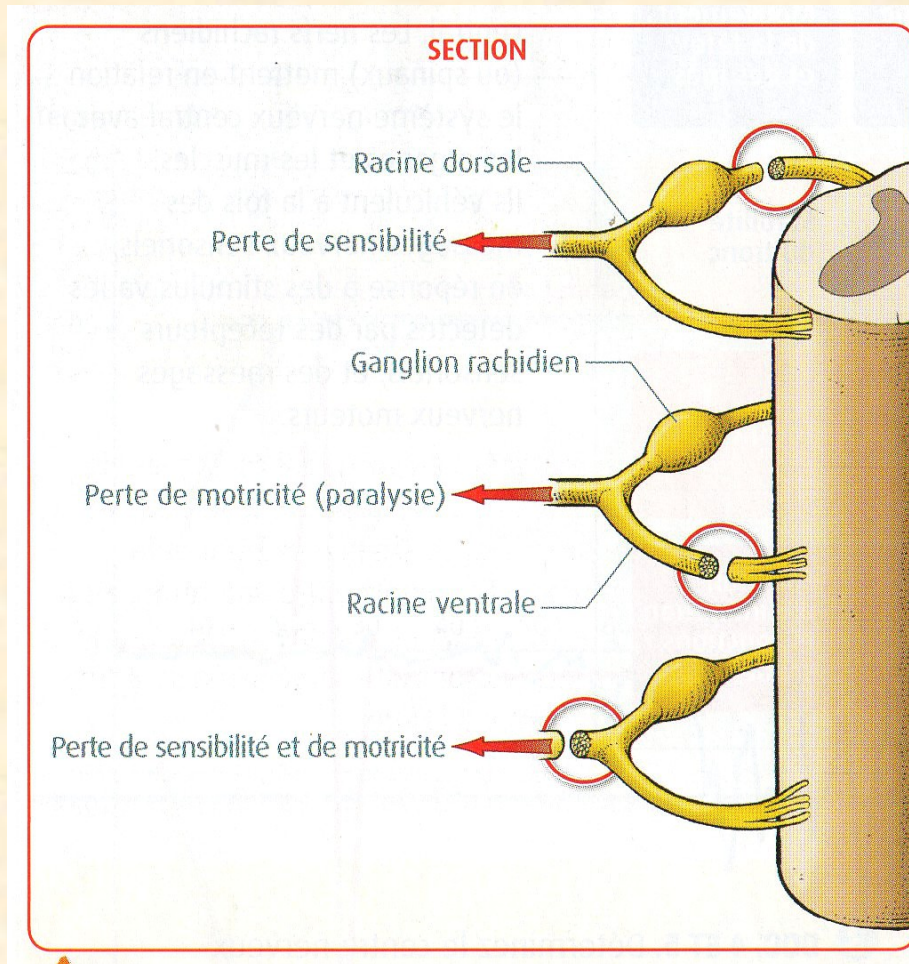
L'exagération de la réponse réflexe, ou spasticité, peut être d'origine très diverse. Elle traduit en général une levée de l'**inhibition** de la réponse réflexe normalement exercée par les **centres nerveux supérieurs**.



- 5 L'organisation du système nerveux chez l'Homme.**
- L'encéphale et la moelle épinière sont des **centres nerveux**. Ils forment le système nerveux central. Les nerfs rachidiens (ou spinaux) mettent en relation le système nerveux central avec les organes et les muscles. Ils véhiculent à la fois des **messages nerveux sensoriels**, en réponse à des stimuli variés détectés par des **récepteurs sensoriels**, et des **messages nerveux moteurs**.

Le trajet du message nerveux dans les racines rachidiennes et les nerfs

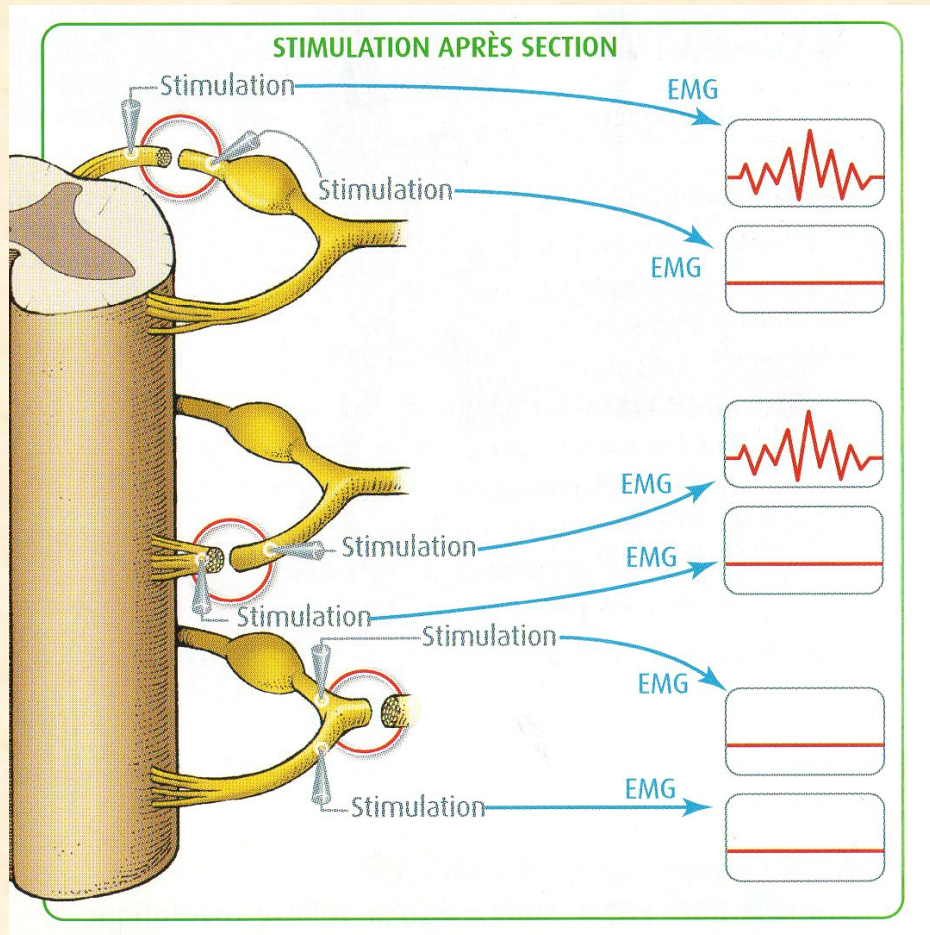




Les messages nerveux sensitifs
passent par la racine dorsale

Les messages nerveux
moteurs passent par la racine
ventrale

Des messages sensitifs et
moteurs passent par les nerfs
rachidiens

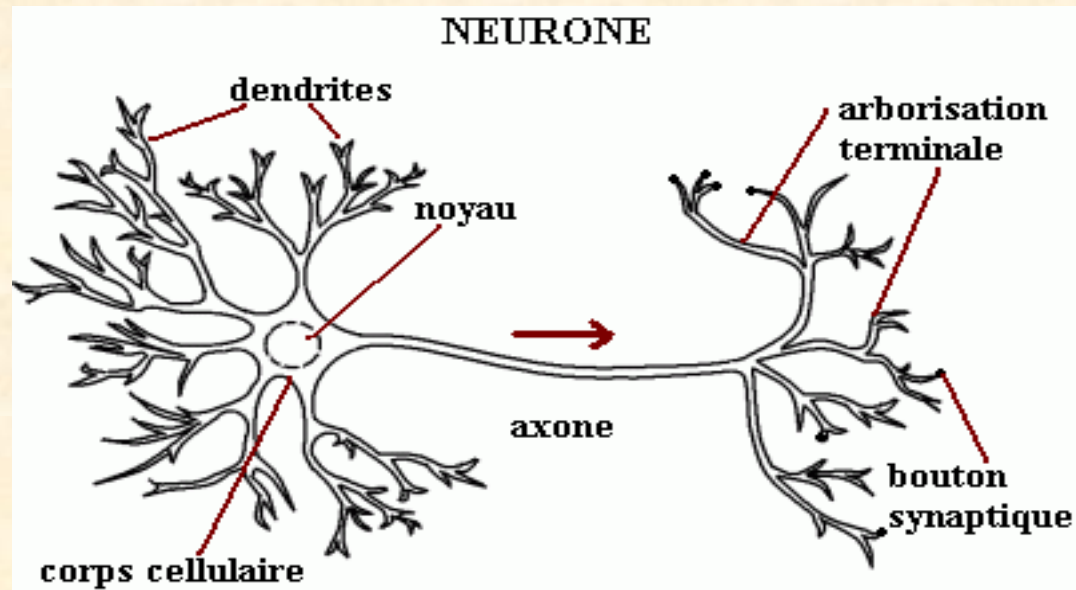
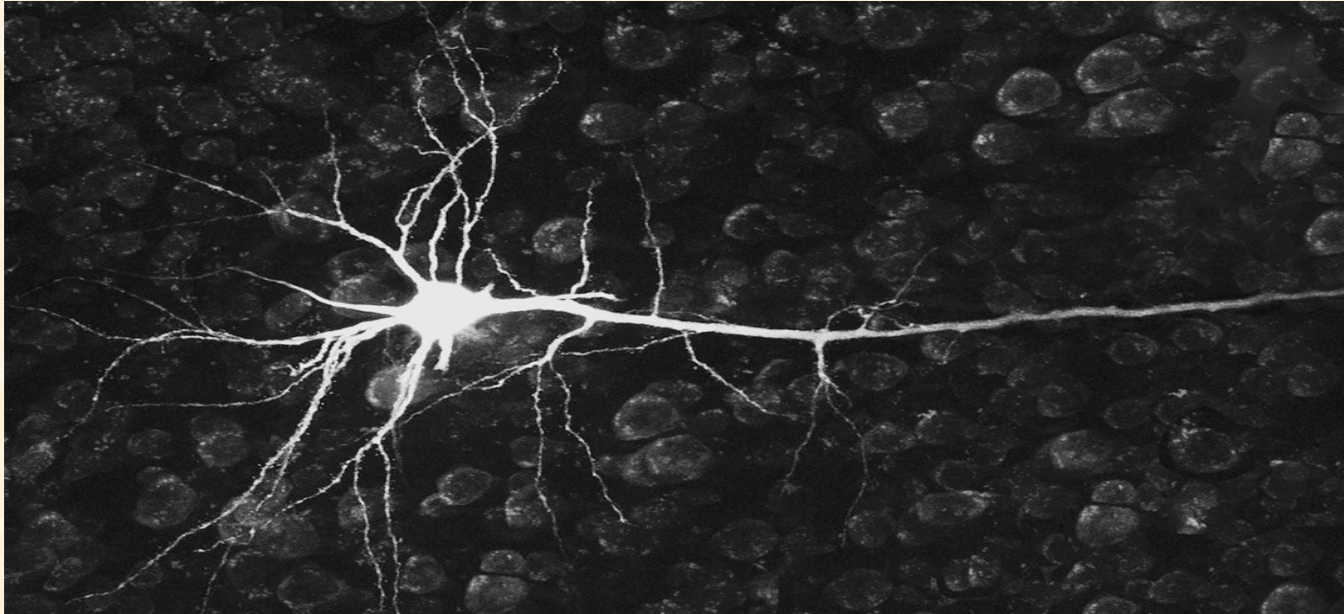


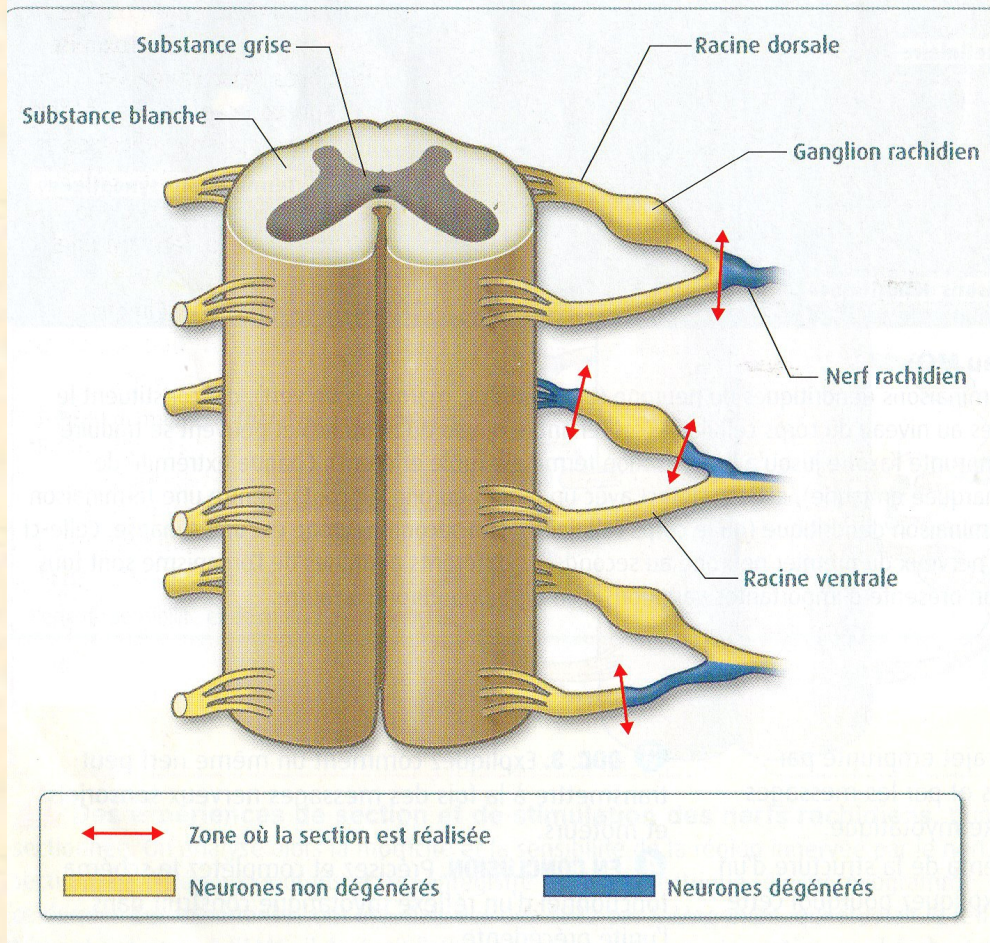
Dans la racine dorsale le message sensitif circule du nerf vers la moelle épinière

Dans la racine ventrale le message moteur circule de la moelle épinière vers le nerf

Le message moteur circule dans le nerf de la moelle vers la périphérie

Les neurones impliqués dans le réflexe myotatique





Lorsqu'un neurone est sectionné seule la partie contenant le corps cellulaire survit

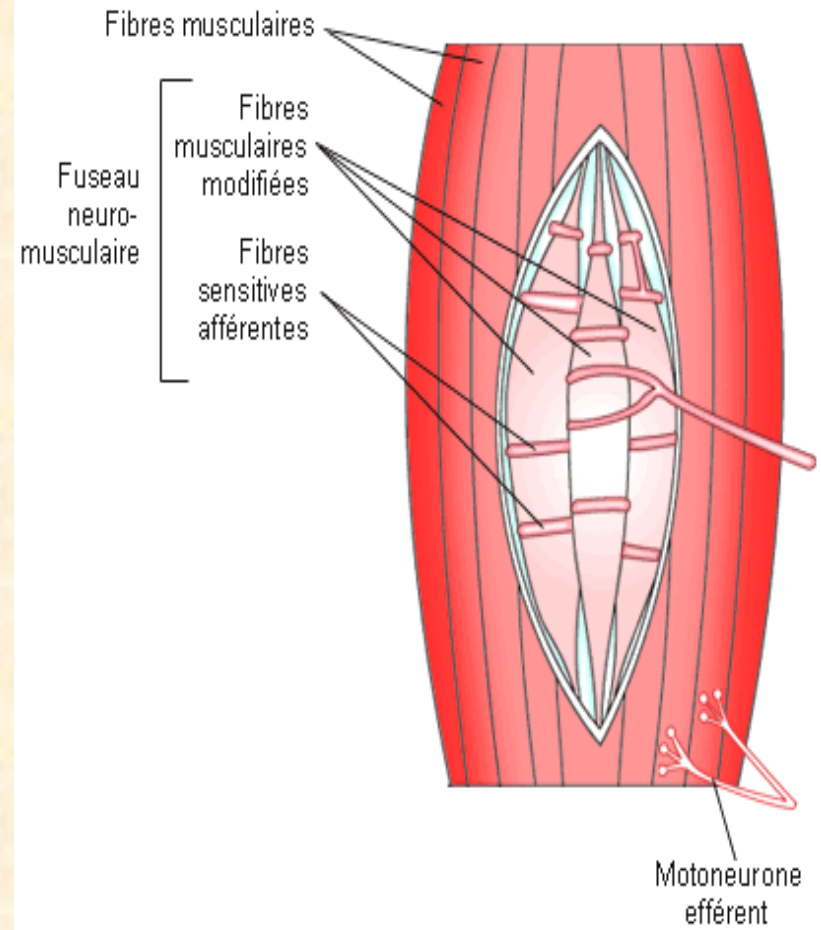
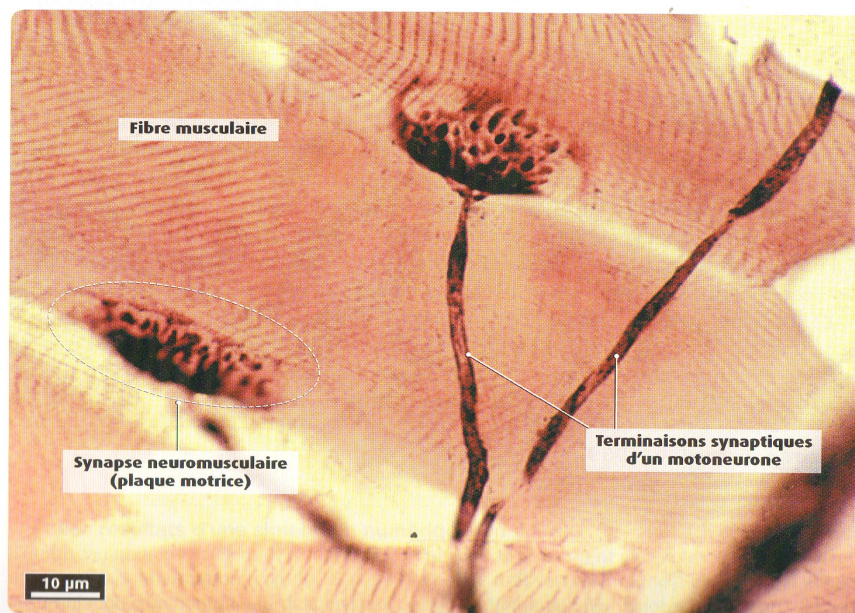
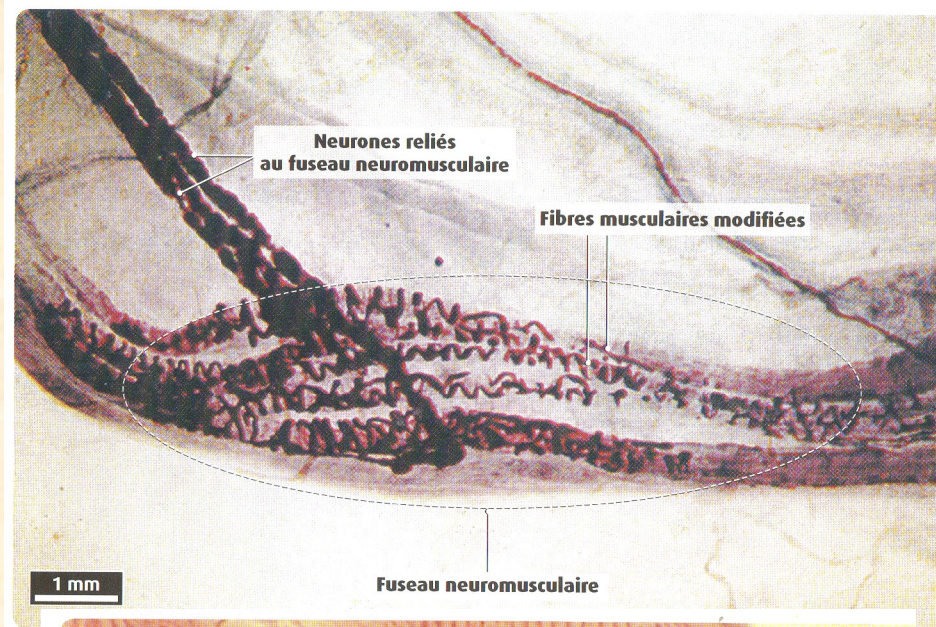
Le corps cellulaire se trouve à droite de la section .

Les message sensitifs passent par la racine dorsale. Les corps cellulaires neurones sensitifs se situent entre les deux sections, dans le ganglion rachidien

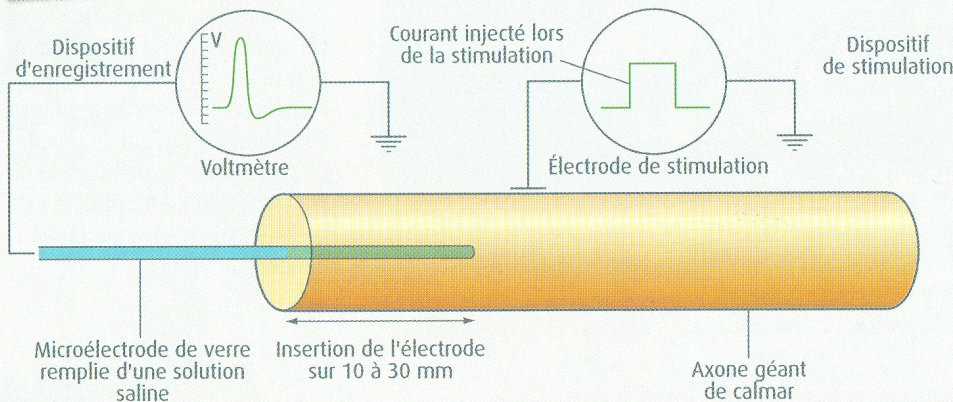
Les corps cellulaires des neurones moteurs se trouvent à gauche de la section

<http://dnb35.ac-rennes.fr/pedagogie/svt/applic/moelle/moelle.htm>

<http://dnb35.ac-rennes.fr/pedagogie/svt/applic/nerf/nerf.htm>

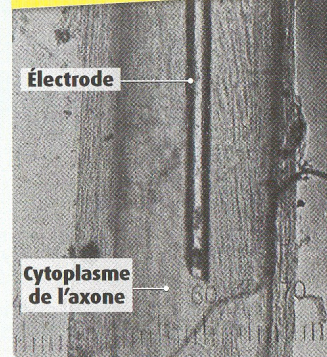


Dispositif expérimental

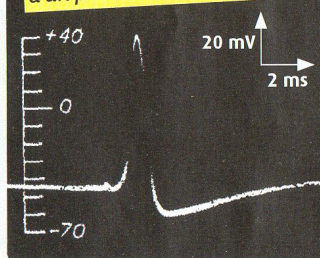


HISTOIRE DES SCIENCES

Électrode d'enregistrement



Le premier enregistrement d'un potentiel d'action

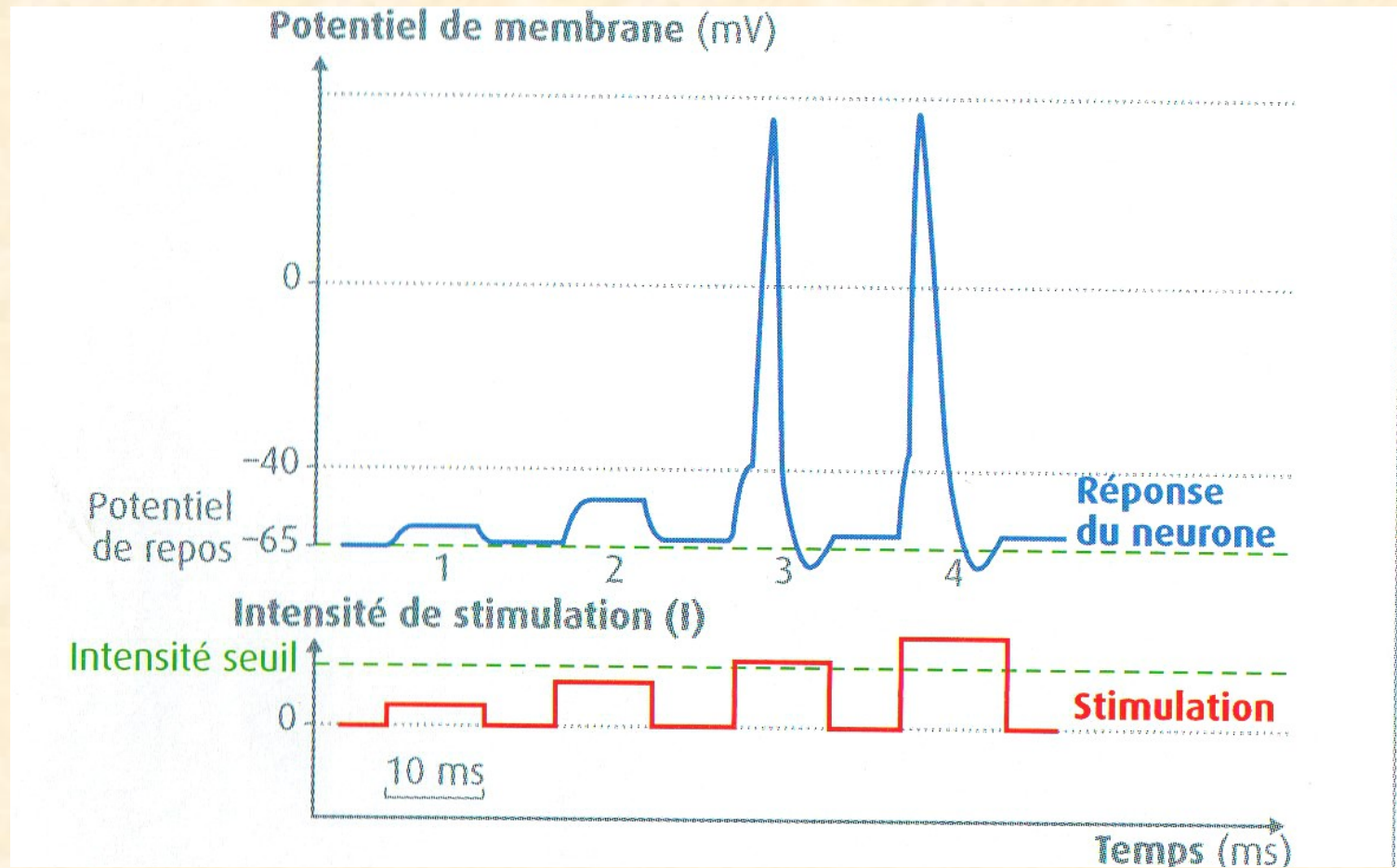


électriques à l'échelle du neurone. L'année précédente, on a mis en évidence l'existence de neurones « géants » chez le calmar: le diamètre de leur axone peut atteindre 0,8 mm. Les chercheurs insèrent dans un tel axone une

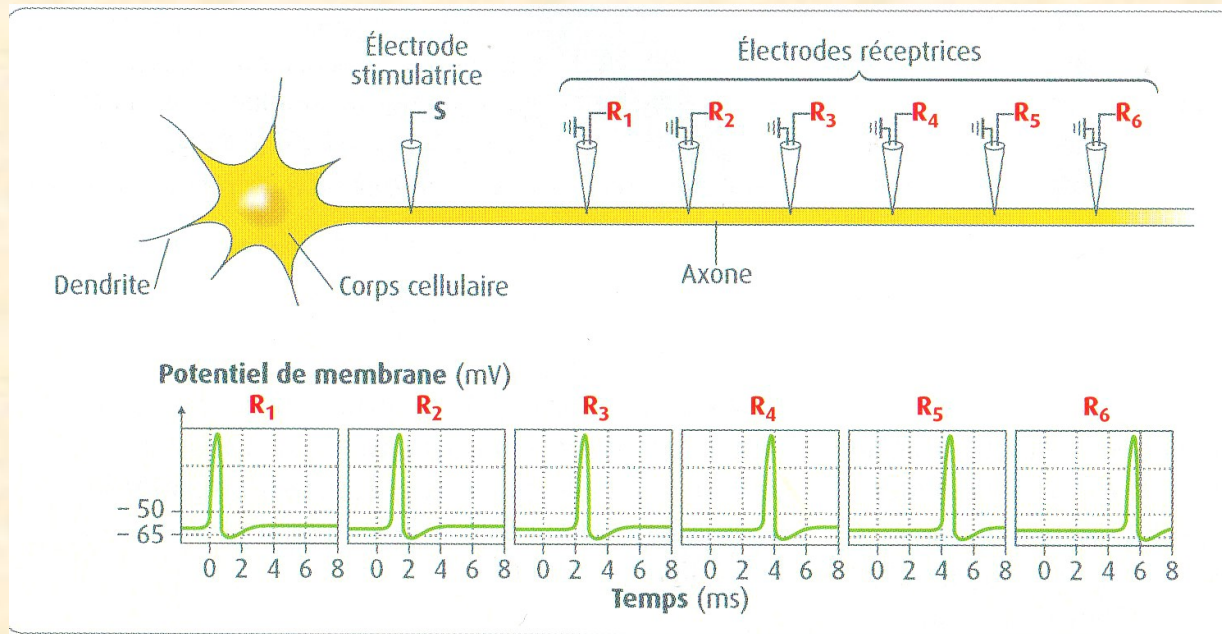
Au xix^{e} siècle, plusieurs expériences ont montré que des différences de potentiel se propageaient le long d'un nerf stimulé. En 1939, deux physiologistes, A. L. Hodgkin et A. F. Huxley vont caractériser ces phénomènes

électrode miniaturisée permettant de mesurer le **potentiel de membrane**, c'est-à-dire la différence de potentiel (ddp) entre le cytoplasme et la face externe de la cellule. Au repos (sans stimulation), ils mesurent une ddp négative: c'est le **potentiel de repos**. Ils stimulent ensuite l'axone en injectant pendant quelques millisecondes un courant électrique. Ils observent une inversion brusque et transitoire du potentiel de membrane: c'est le **potentiel d'action**. D'autres expériences vont montrer que toutes les cellules vivantes possèdent un potentiel de repos (sa valeur varie d'un type de cellule à l'autre), alors que l'existence de potentiels d'action est spécifique aux neurones et aux autres cellules dites excitables.

1 Les expériences de A. L. Hodgkin et A. F. Huxley (1939).



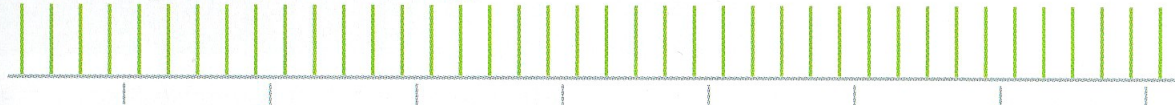
Propagation et codage du message nerveux



2 D'autres expériences sur l'axone géant de calmar.
Un axone géant de calmar reçoit une brève stimulation électrique, puis le potentiel de membrane est enregistré à des distances croissantes de l'électrode de stimulation.

DYNAMOMÈTRE	
Étirement	Tension
1 mm	9 N

Électroneurogramme (neurone sensoriel)

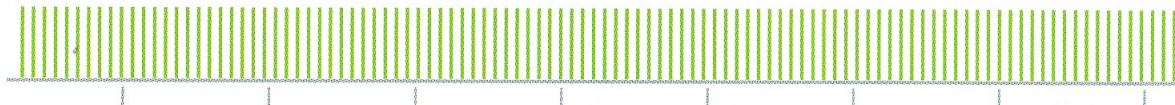


Électroneurogramme (motoneurone)

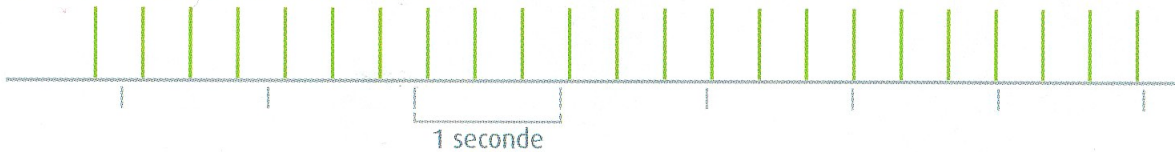


DYNAMOMÈTRE	
Étirement	Tension
4 mm	14 N

Électroneurogramme (neurone sensoriel)

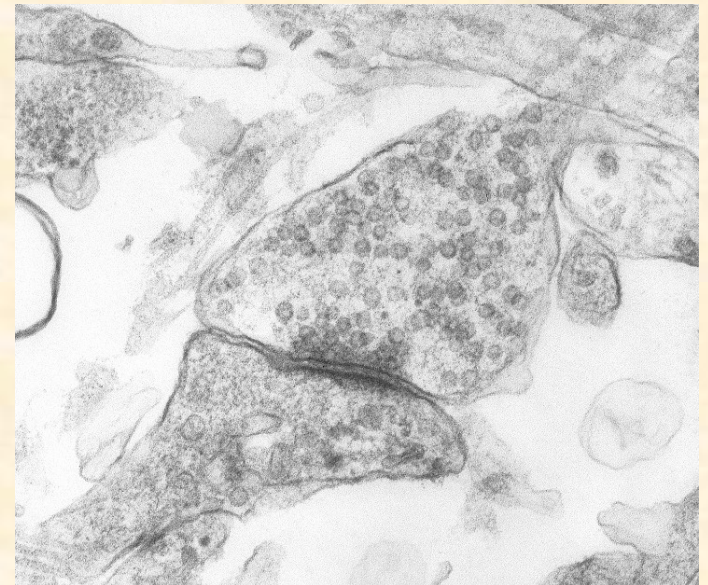
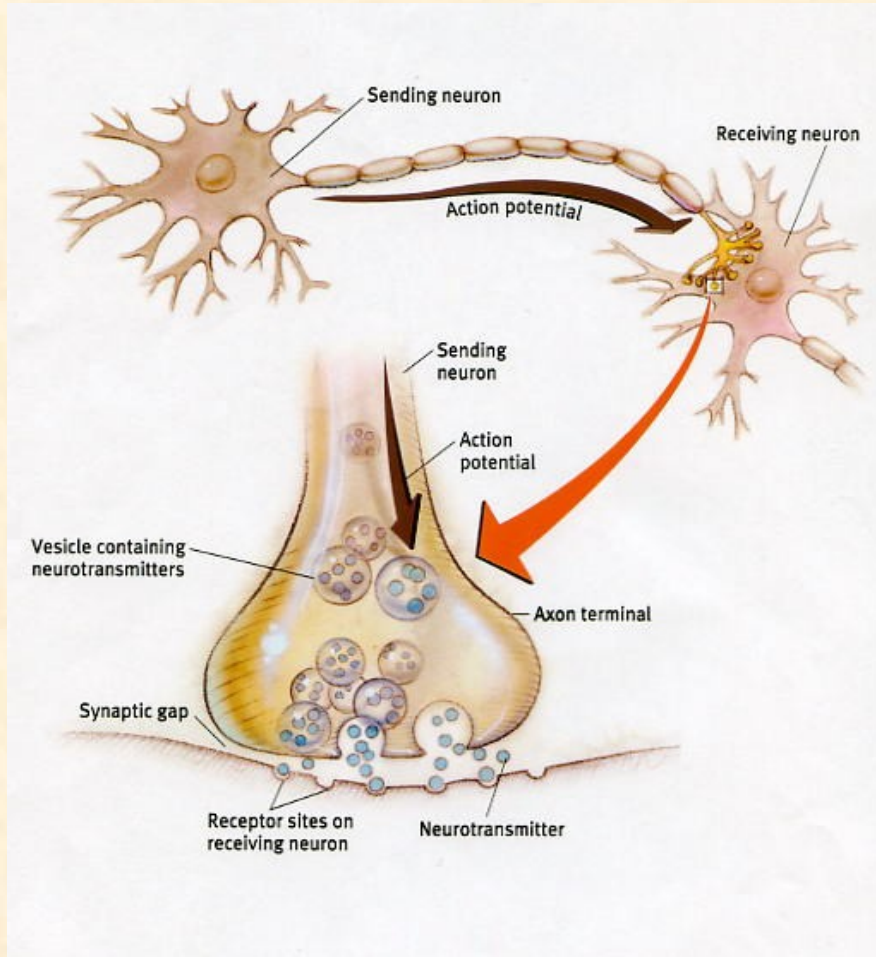


Électroneurogramme (motoneurone)



La synapse neuromusculaire: le codage chimique du message nerveux

TP 2



Les travaux de Penfield

► Au cours d'opérations du cerveau, Penfield a stimulé localement différentes zones du cortex moteur et observé la localisation des mouvements provoqués.

► La stimulation électrique du cortex moteur droit déclenche des mouvements dans la région gauche du corps et inversement.

► La stimulation de la partie dorsale du cortex moteur provoque des mouvements des membres inférieurs alors que celle des régions ventrales provoque des mouvements dans la partie supérieure du corps (main, face). Il a ainsi pu déterminer les régions commandant les différents muscles et cartographier le cortex moteur.

**Les stimulations
de Penfield.**

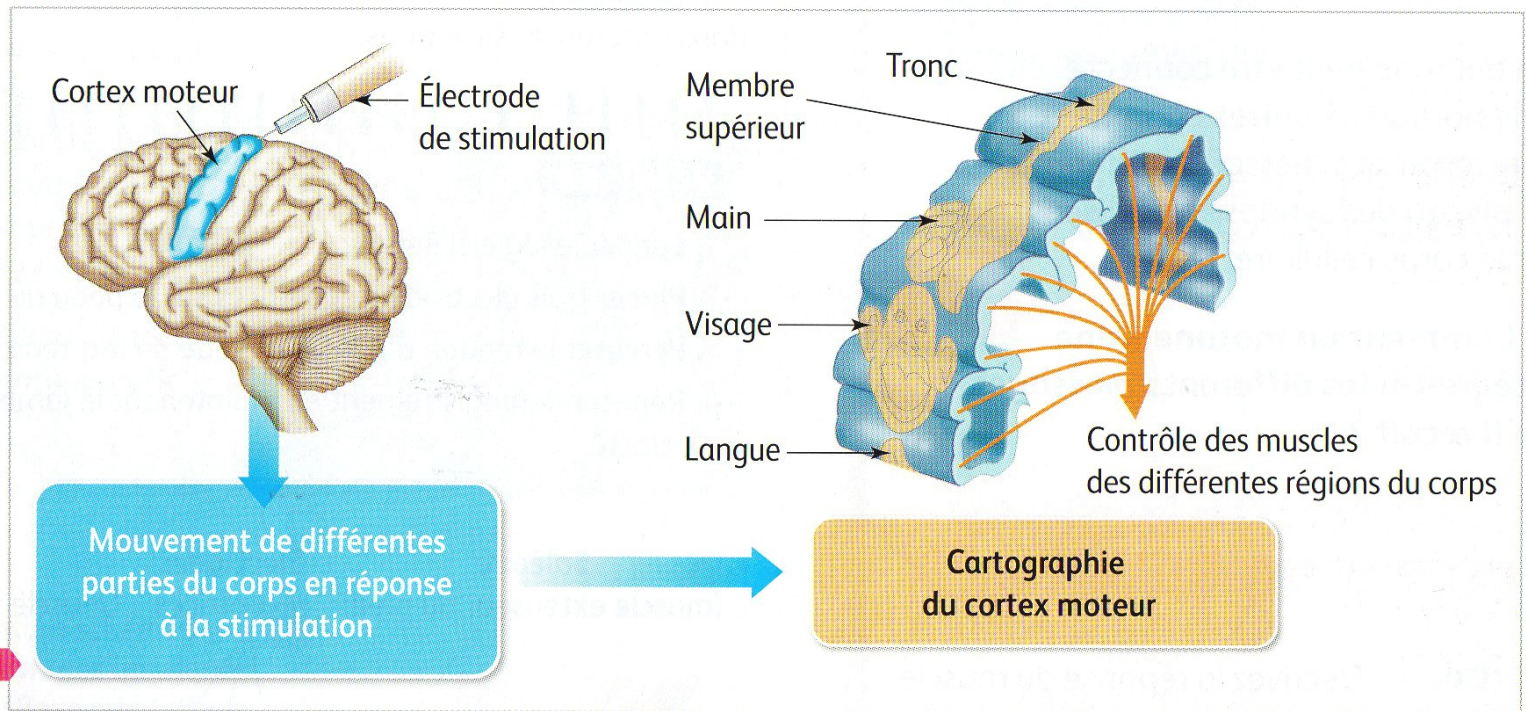
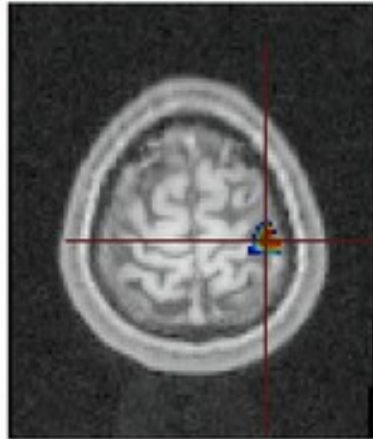
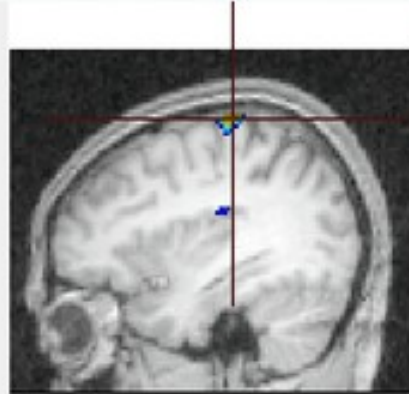


Image IRM f lorsque le patient bouge la main gauche

Coupe axiale



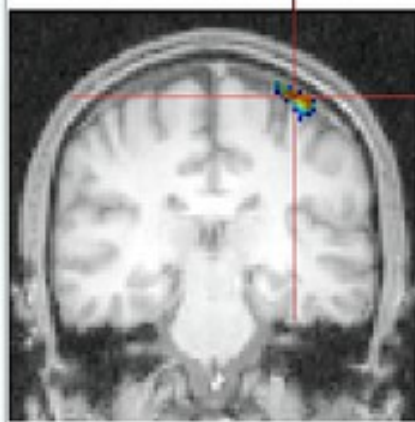
18



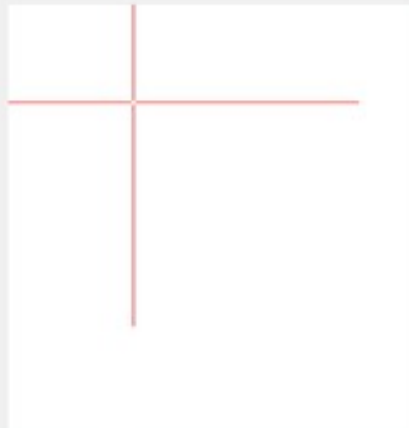
27

Coupe sagittale

Coupe coronale



59

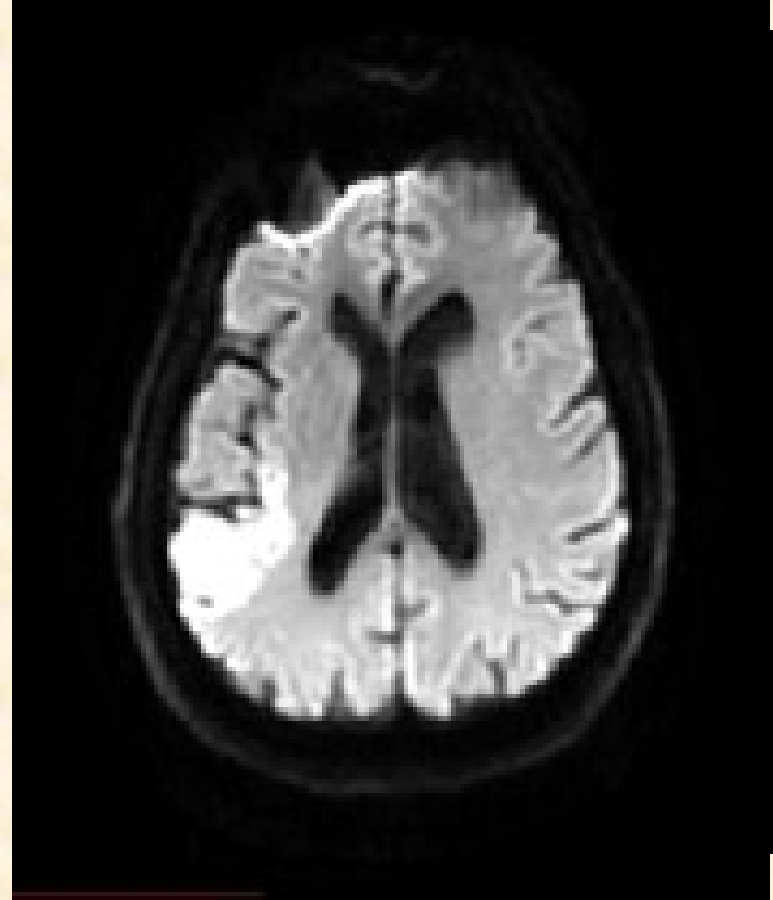


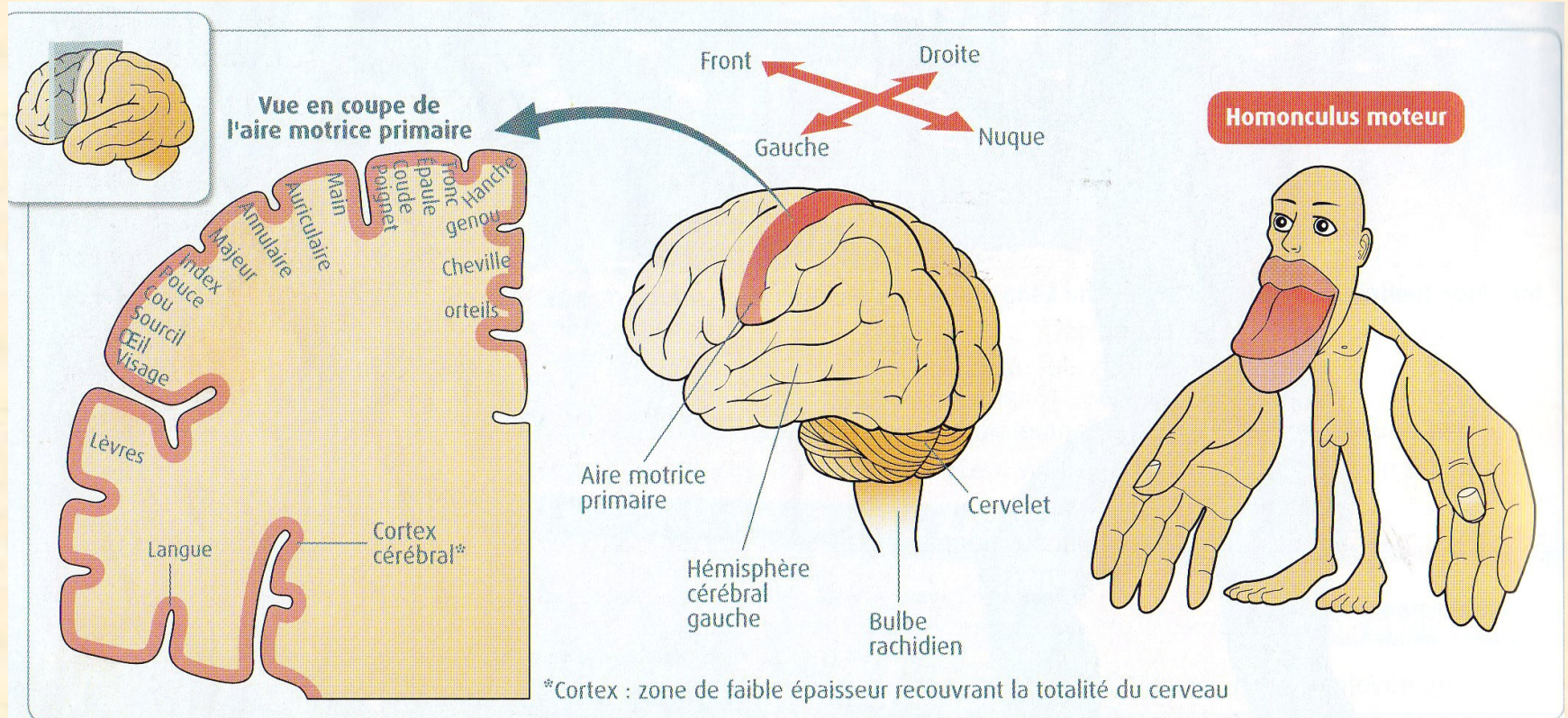
18

Après AVC du sujet 12212

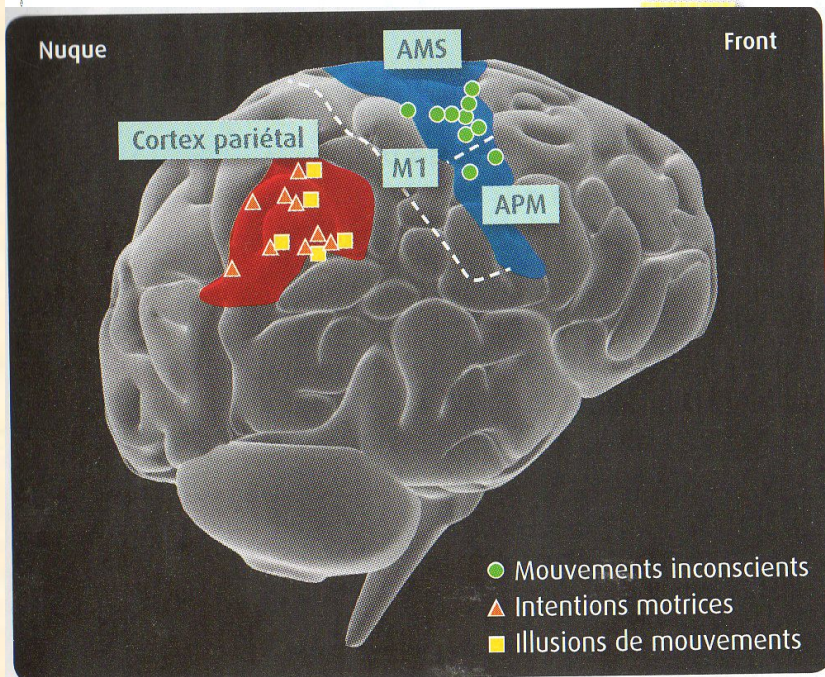


Autres exemples





3 L'aire motrice primaire et l'homunculus moteur. Grâce à de nombreuses études, les zones de l'aire motrice primaire (M1) dont l'activation induit la contraction d'un muscle donné du corps ont été déterminées. On a ainsi établi une cartographie de l'aire M1. Dans chaque hémisphère, les zones contrôlant les mouvements des différentes régions du corps sont adjacentes. L'aire M1 de l'hémisphère gauche contrôle les muscles de la partie droite du corps et réciproquement. L'homunculus moteur figure un humain dont les différentes parties du corps ont une taille proportionnelle à la surface des zones de l'aire M1 qui en contrôlent la motricité.

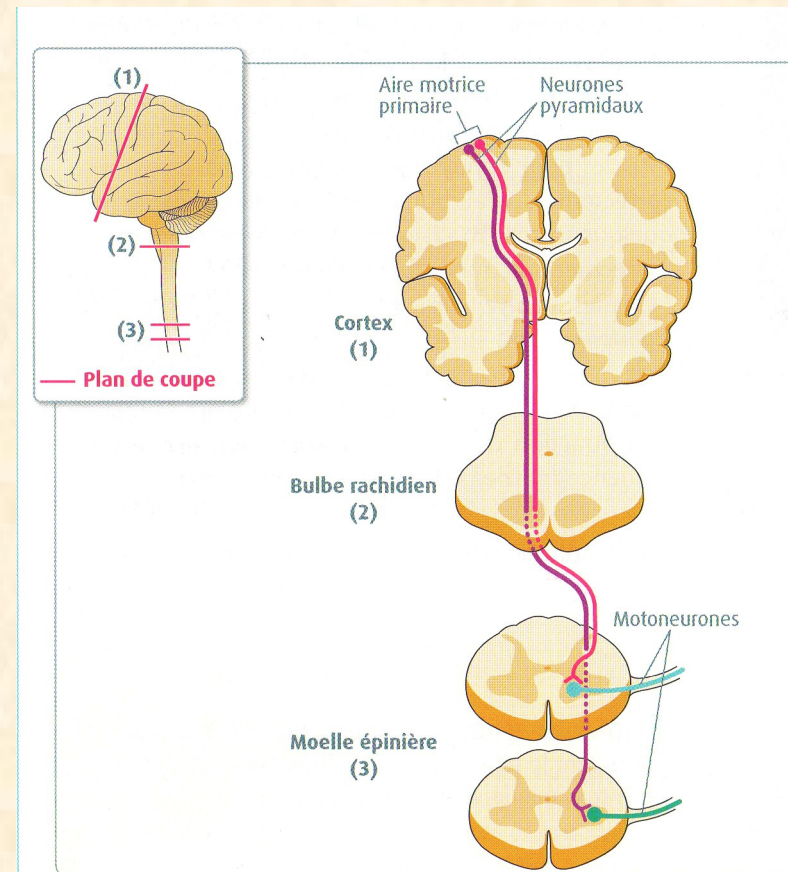
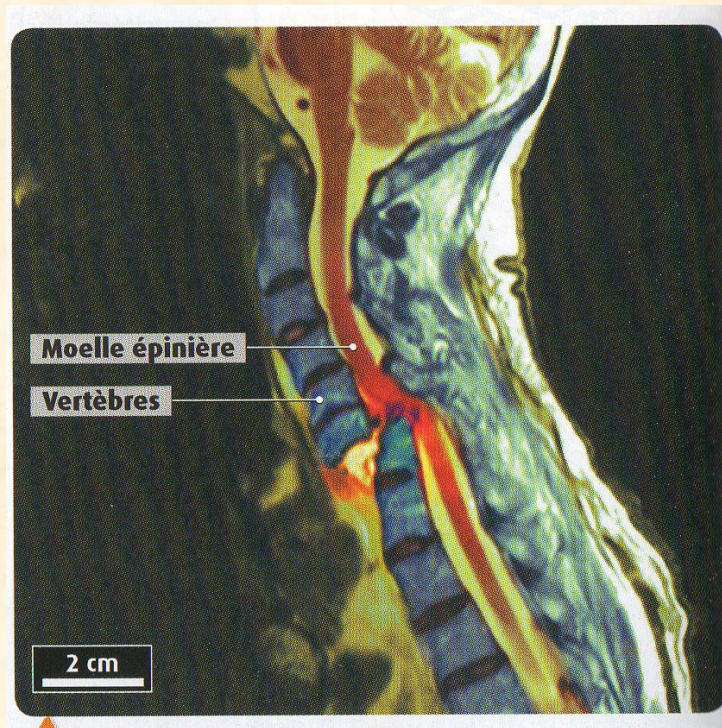


5 Une étude du rôle du cortex pariétal. Des stimulations électriques du cortex sont pratiquées chez des patients éveillés lors d'une opération sous anesthésie locale. Selon la région stimulée, les patients réalisent des mouvements inconscients ou bien restent immobiles tout en indiquant au chirurgien qu'ils ont envie de bouger une partie du corps (intention motrice) ou qu'ils ont l'impression d'avoir réalisé un mouvement.

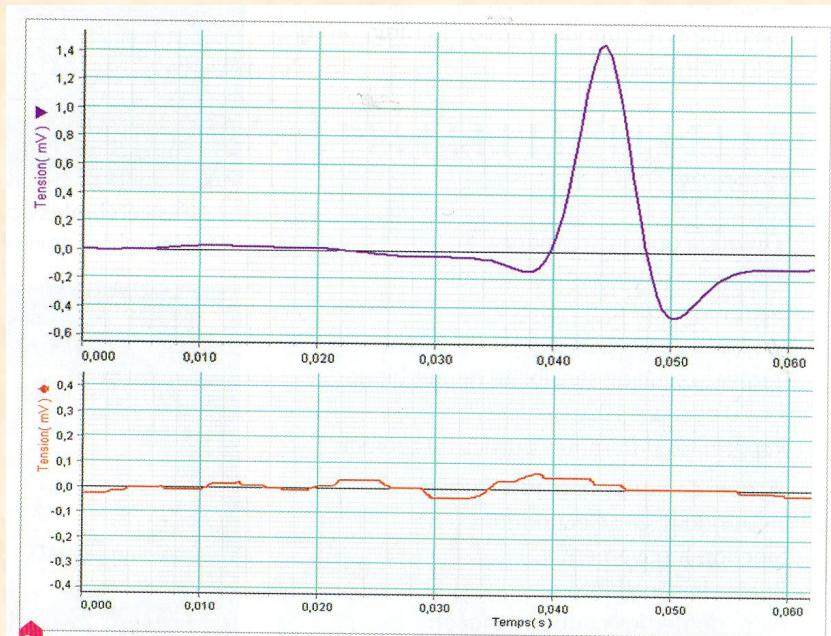
De façon très simplifiée, on peut dire que la réalisation des mouvements volontaires implique la collaboration entre trois types d'aires corticales connectées entre elles. Certaines aires sont impliquées dans l'intention du mouvement, c'est-à-dire dans la décision de réaliser tel ou tel mouvement. D'autres aires sont impliquées dans la sélection des mouvements qui vont être nécessaires pour réaliser une séquence motrice donnée (contracter certains muscles pour appuyer sur un bouton par exemple) correctement et au bon moment : elles préparent en quelque sorte le mouvement. Cette préparation peut s'effectuer soit sur la base d'informations externes (« je dois appuyer sur le bouton dès que cette lumière s'allume »), soit sur la base d'informations internes (« je me souviens que je dois maintenant appuyer sur ce bouton »). Enfin, certaines zones commandent la contraction de tel ou tel muscle de sorte que la séquence motrice est réalisée.

6 Des collaborations entre les aires corticales.

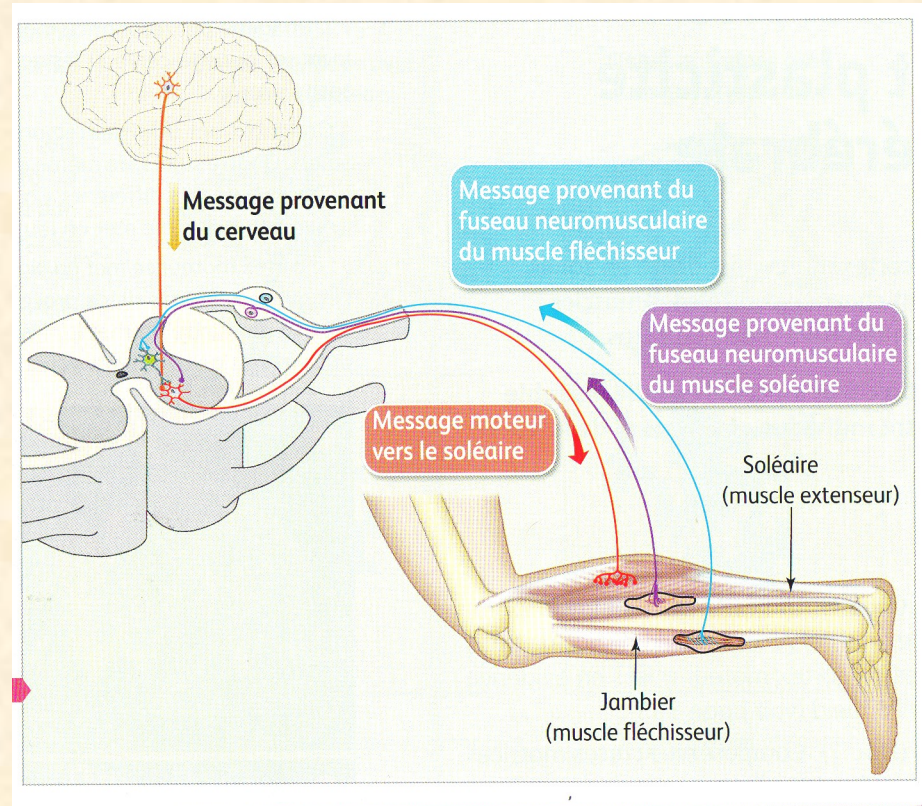
Les lésions de la moelle épinière montrent que les messages moteurs cheminent par la moelle épinière

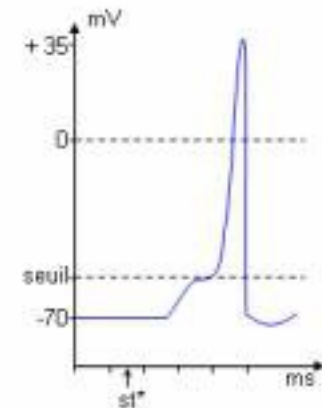
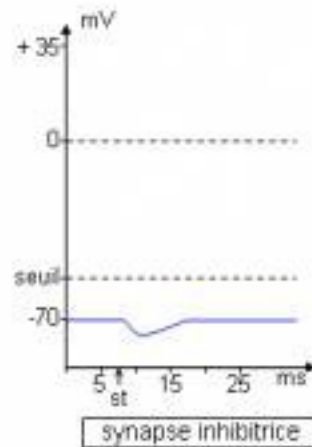
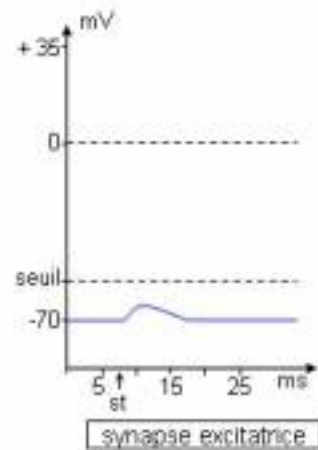
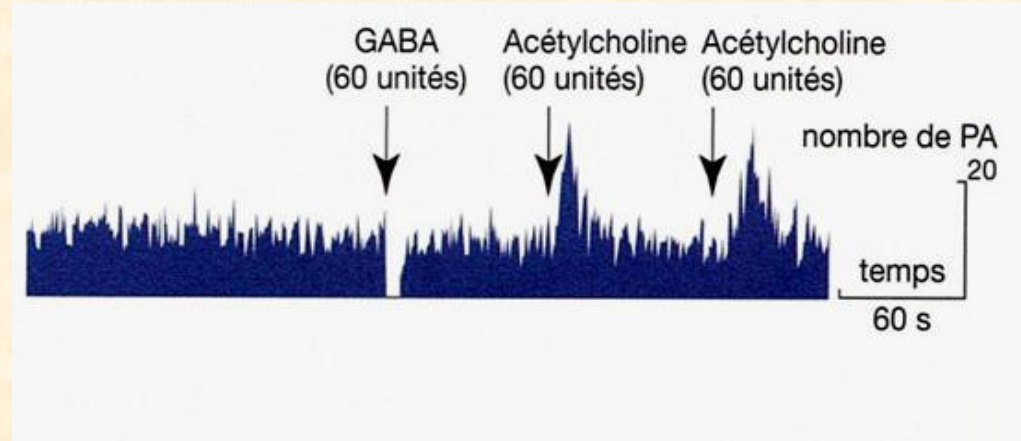
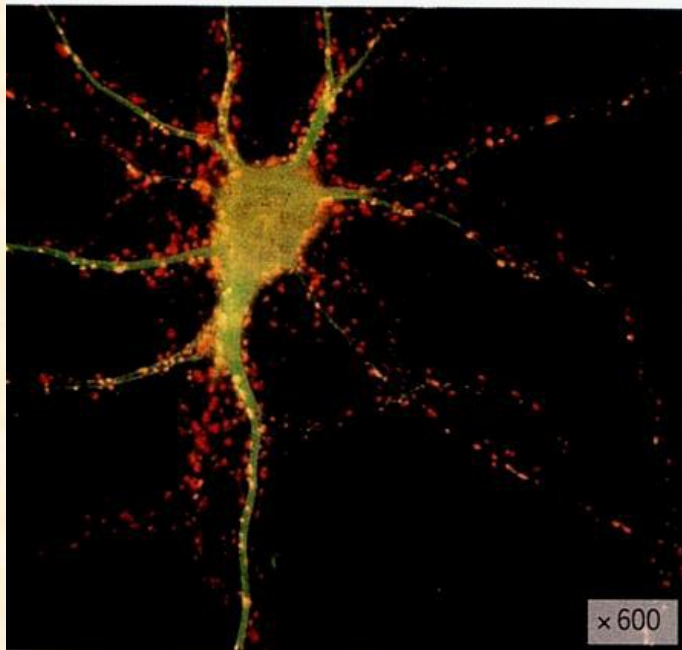


Les motoneurones intègrent les messages qu'ils reçoivent

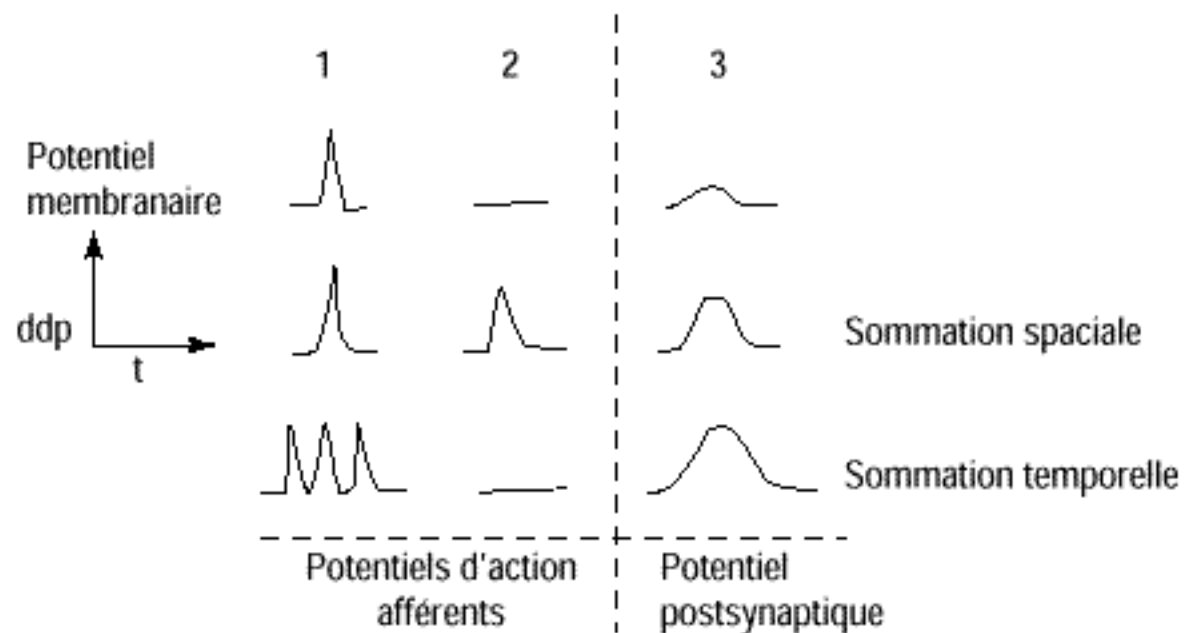
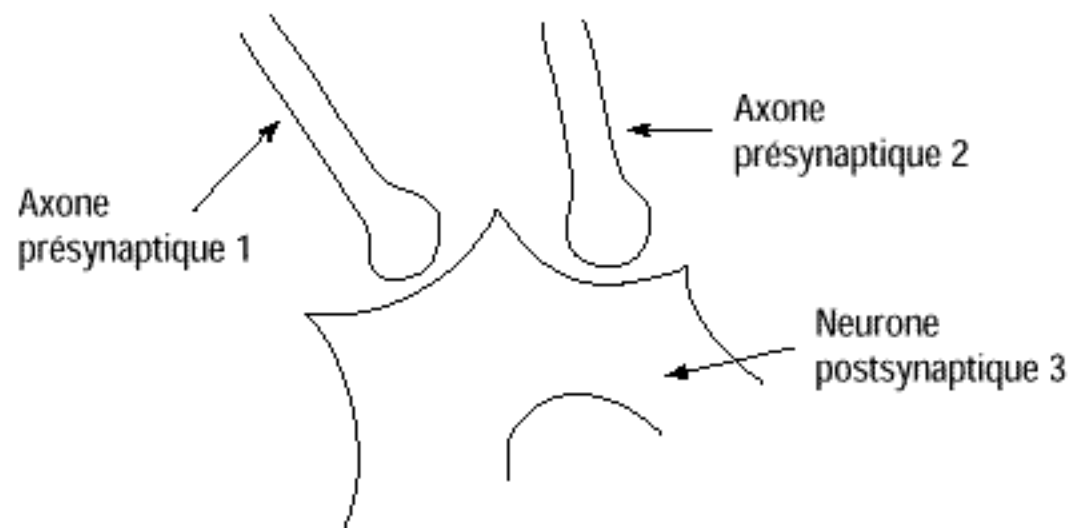


b Enregistrements obtenus sur le muscle soléaire. La courbe du haut montre la contraction du muscle soléaire lorsque les muscles sont initialement relâchés; celle du bas, la contraction lorsque le jambier est volontairement contracté.





enregistrement au niveau du site
générateur de la cellule
postsynaptique suite à une
stimulation forte du neurone
présynaptique (synapses
excitatrices uniquement)

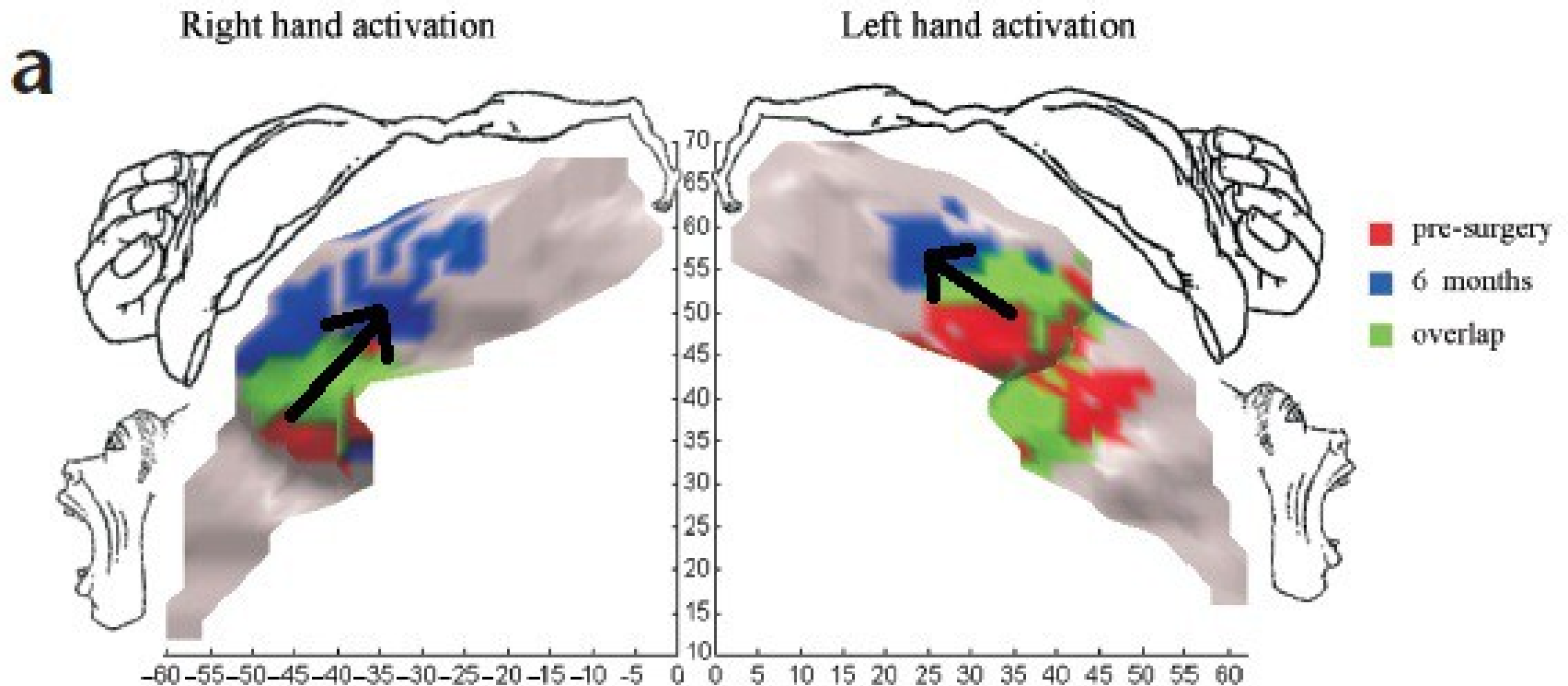


4 examens avec IRMf ont été réalisés : le premier, 6 mois avant l'opération, les suivants, 2, 4 et 6 mois après la greffe.

A chaque fois, le sujet a réalisé 4 tâches :

- flexion et extension des 4 derniers doigts de la main droite
- flexion et extension du coude droit
- -flexion et extension des 4 derniers doigts de la main gauche
- -flexion et extension du coude gauche.

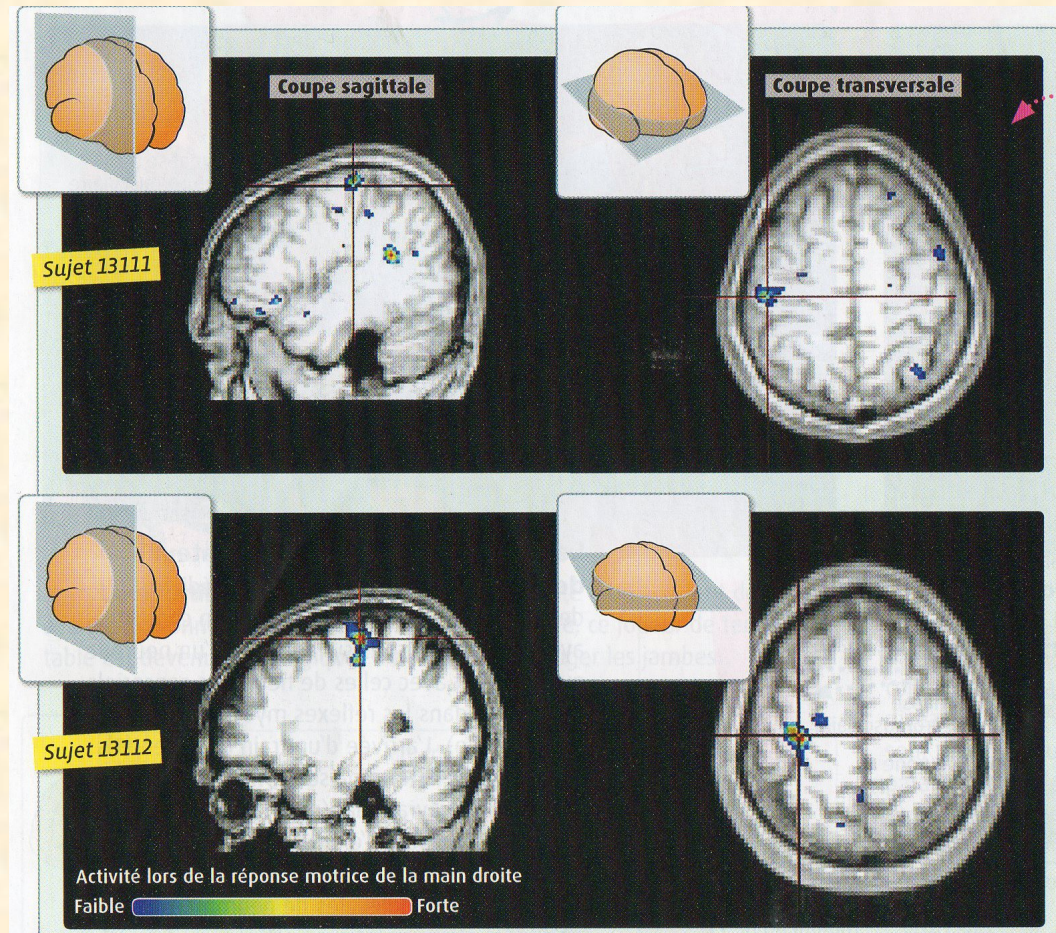
Avant la greffe, les tâches concernant les doigts étaient réalisées en suivant la contraction des muscles de l'avant-bras dédiés au mouvement des doigts



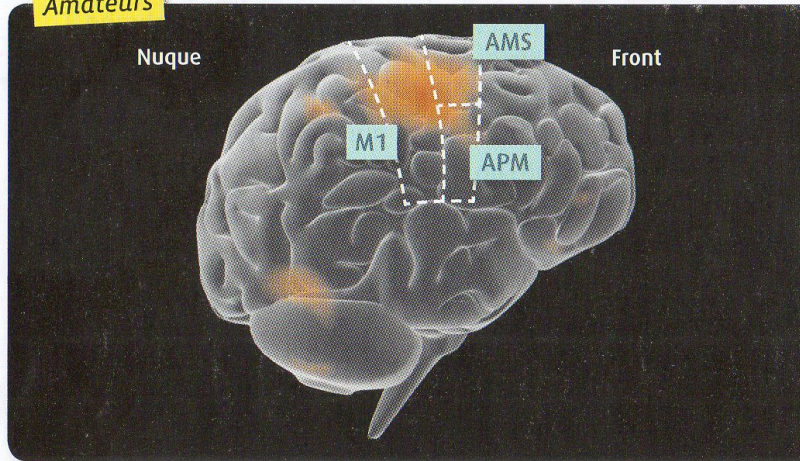
6mois après la greffe des mains, la région du cortex M1 activée par le mouvement des mains n'est plus à l'endroit initial : elle s'est déplacée vers le haut. Cela montre que d'autres neurones ont été dédiés à la commande motrice des mains.

La plasticité cérébrale permet l'apprentissage

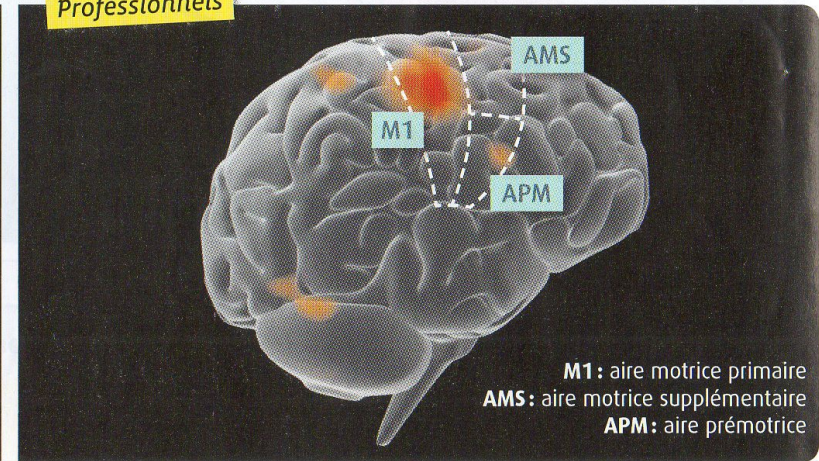
Livre Belin page 350



Amateurs

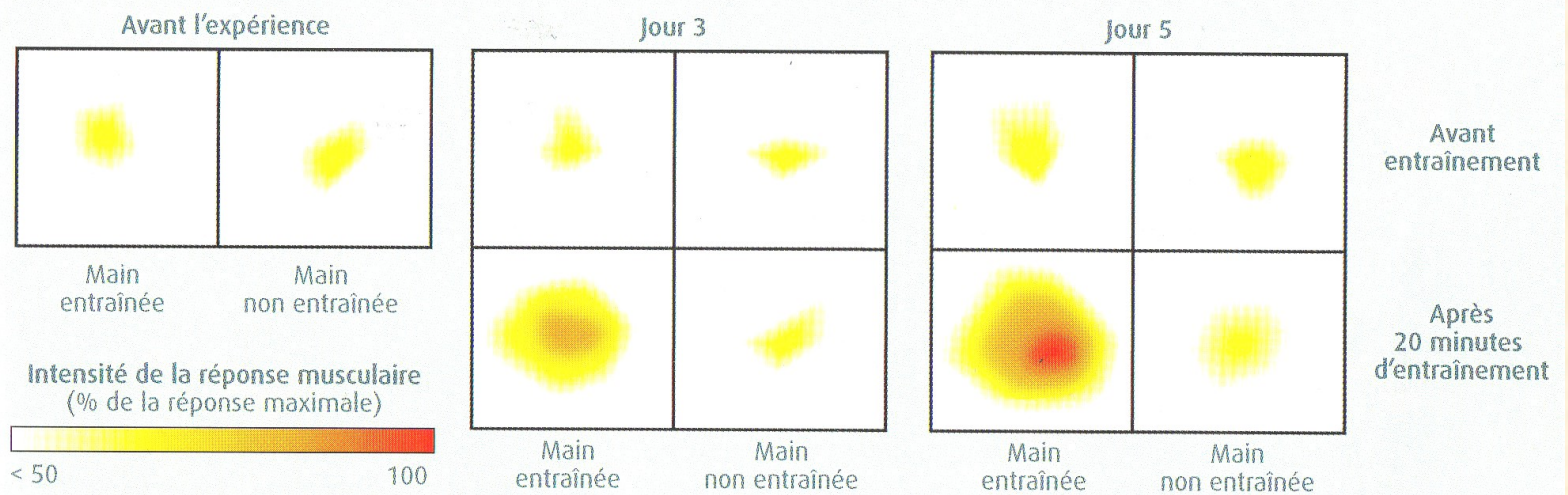


Professionnels



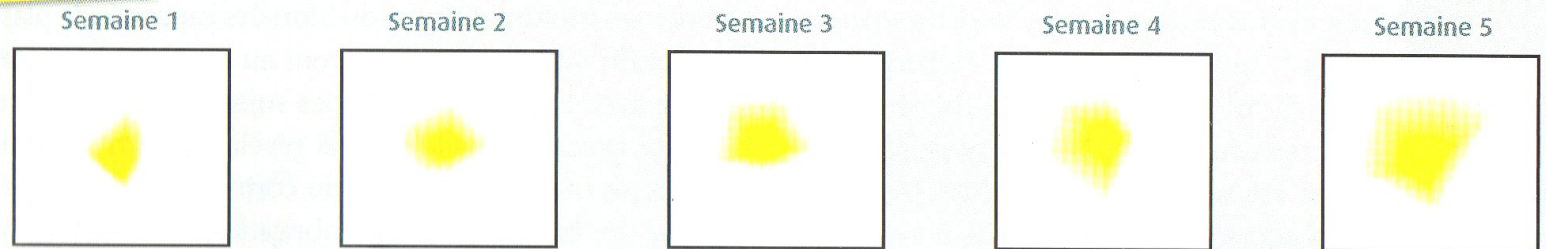
2 Analyse par IRMf de l'activité du cortex cérébral chez des violonistes amateurs ou professionnels.

Seize violonistes (8 amateurs et 8 professionnels) auxquels on a demandé d'exécuter les mouvements de la main gauche d'un concerto pour violon de Mozart ont été soumis à une analyse par IRMf. Sur les cartes d'activation des différentes zones du cortex moteur qui ont été obtenues, on observe que, comparés aux amateurs, les musiciens professionnels présentent une augmentation de l'activation de l'aire motrice primaire. Chez les amateurs, l'activation du cortex est plus diffuse et elle est étendue à d'autres aires corticales.



Une seule main est entraînée à un exercice de piano pendant 20 minutes. Les cartes motrices sont déterminées avant et après la séance d'entraînement, pour les deux mains. L'expérience est renouvelée pendant 5 jours consécutifs.

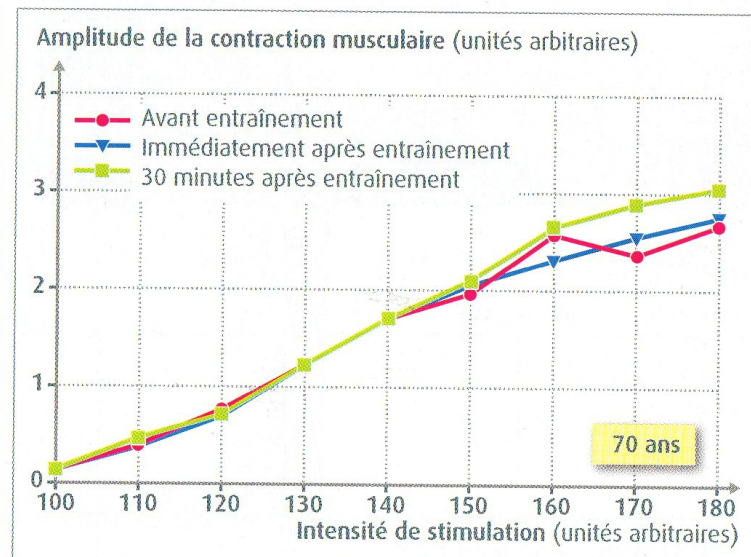
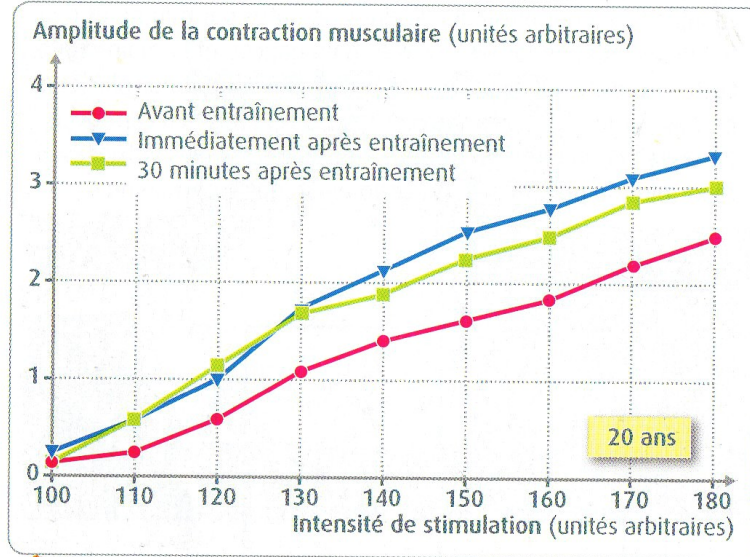
Expérience 2



Pendant 5 semaines consécutives, une seule main est entraînée quotidiennement à un exercice de piano du lundi au vendredi. Les cartes motrices de cette main sont déterminées le lundi avant chaque entraînement.

4 Des modifications des cartes motrices des muscles de la main lors de l'apprentissage du piano. Les cartes motrices sont obtenues par simulation transcranienne (SMT, voir doc. 2 p. 346) chez des individus non professionnels pour différents muscles fléchisseurs des doigts.

Plasticité cérébrale et vieillissement



1 Une étude des effets de l'âge sur les facultés d'apprentissage moteur. Des chercheurs ont examiné les modifications du cortex moteur induit par un entraînement du pouce à un exercice de force. Ils ont évalué l'amplitude de la contraction de deux muscles du pouce induite par une stimulation du cortex moteur d'intensité croissante réalisée par SMT (voir doc. 2 p. 346). La mesure a été effectuée avant, immédiatement après et 30 minutes après l'entraînement. Une augmentation de la réponse musculaire après entraînement est le reflet de réaménagements du cortex moteur et donc de sa **plasticité**. L'étude a été menée chez 14 jeunes adultes (âge moyen 20 ans) et chez 14 adultes âgés en moyenne de 70 ans.



Interview de **Catherine Vidal**, chercheuse en neurobiologie

Nos conceptions sur le vieillissement du cerveau ne cessent d'évoluer.

Les analyses microscopiques de la structure fine cerveau montrent qu'avec l'âge, la perte des neurones est relativement mineure (– 10%). En revanche, on observe une réduction du nombre de dendrites, d'axones et de synapses, ce qui serait à l'origine d'une moindre efficacité du transfert d'informations entre les neurones. Grâce aux techniques d'imagerie cérébrale, on peut désormais étudier la plasticité cérébrale au cours du vieillissement. Au niveau du cortex moteur, certaines

expériences montrent une réduction des capacités de plasticité, tandis que d'autres montrent au contraire leur persistance avec l'âge. Ainsi, chez des sujets qui apprennent à jongler avec trois balles, l'IRM révèle, après trois mois de pratique, un épaississement du cortex moteur. Ce phénomène, qu'on attribue à la fabrication de connexions synaptiques supplémentaires, est observé au même titre chez des personnes âgées de 20 ans ou de 60 ans. On a montré également un épaississement du cortex moteur chez des personnes âgées de 70 ans à la suite de six mois d'entraînement à la gymnastique aérobic.

2

Le cortex moteur vieillit-il ?