

Thème 3-B

Neurone et fibre musculaire : la communication nerveuse

Chapitre II

Motricité volontaire et plasticité cérébrale

La percussion du tendon achilléen par le marteau du médecin induit un réflexe incontrôlable. Il s'agit d'une contraction inconsciente. Ce diagnostic est utilisé pour détecter des anomalies du système nerveux central. Cependant, la plupart de nos contractions musculaires sont conscientes et volontaires.

Après des accidents, certains de ces mouvements ne sont plus possibles.

Nous verrons dans ce chapitre comment fonctionne la commande volontaire du mouvement et comment fonctionne la plasticité cérébrale.

I- La commande volontaire du mouvement

Problème : Comment les mouvements volontaires sont-ils contrôlés ?

1) Le cortex moteurs et les aires spécialisées

Fiche technique : L'IRM ou comment "regarder" à l'intérieur du cerveau sans "ouvrir le crâne"...

L'**imagerie par résonance magnétique (IRM)** est une technique non invasive d'imagerie médicale d'apparition relativement récente (début des années 1970) permettant d'obtenir des vues 2D ou 3D du corps vivant.

L'IRM repose sur la **résonance magnétique nucléaire (RMN)**.

Son **principe** est le suivant :

En appliquant sur une partie du corps un fort champ magnétique associé à une combinaison d'ondes électromagnétiques à haute fréquence (appelées ondes radio) et en mesurant le signal réémis par certains atomes (en particulier l'hydrogène), il est possible de déterminer la composition chimique et donc la nature des tissus biologiques en chaque point du volume auquel le champ magnétique a été appliqué.

L'IRM fonctionnelle (IRMf)

À partir des années 1990 a été mise au point la technique d'IRM fonctionnelle qui **permet de mesurer l'activité des différentes zones du cerveau**.

La technique consiste à enregistrer des variations minimes et locales des propriétés (débit sanguin, oxygénation) du flux sanguin cérébral lorsque des zones du cerveau sont stimulées.

La localisation des zones cérébrales activées est basée sur l'**effet BOLD (Blood Oxygen Level Dependant)**, lié à l'aimantation de l'hémoglobine contenue dans le sang.

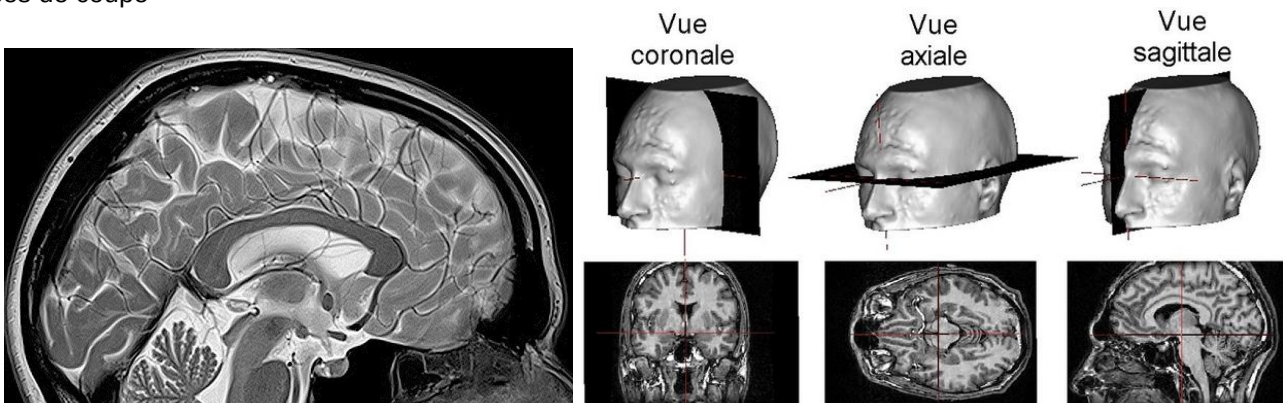
« L'exploitation de ces données est inséparable de la compréhension des protocoles expérimentaux qui ont présidé à leur construction. Le protocole le plus simple consiste à acquérir une série d'images en condition ON (tâche sensorielle ou motrice par exemple) et une série en condition OFF (sans stimulation ou sans mouvement). A partir des images moyennes obtenues dans chaque condition, on construit alors une image de différence (pour chaque voxel (=pixel en 3D) un test de différence statistique représentatif est réalisé entre les conditions ON et OFF), cette image est appelée calque fonctionnel. Le calque fonctionnel est ensuite superposé à l'image anatomique correspondante pour une interprétation des régions cérébrales statistiquement actives ».

Sources :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Imagerie_par_résonance_magnétique

http://accres.inrp.fr/accres/ressources/neurosciences/methodes_etude_cerveau/irm_atomique_et_fonctionnelle/irm_generalites/generalites-sur-irm

IRM + types de coupe



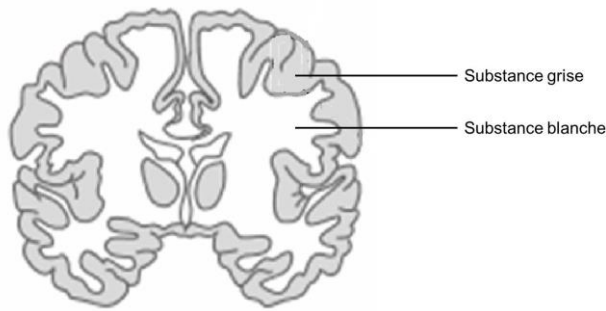
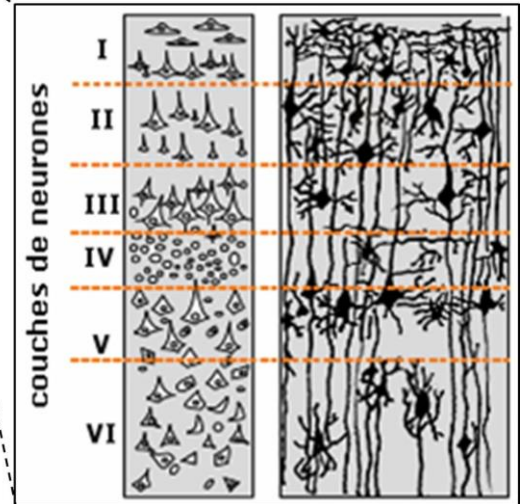


Schéma d'une coupe de
cortex au niveau de
l'aire somatosensorielle



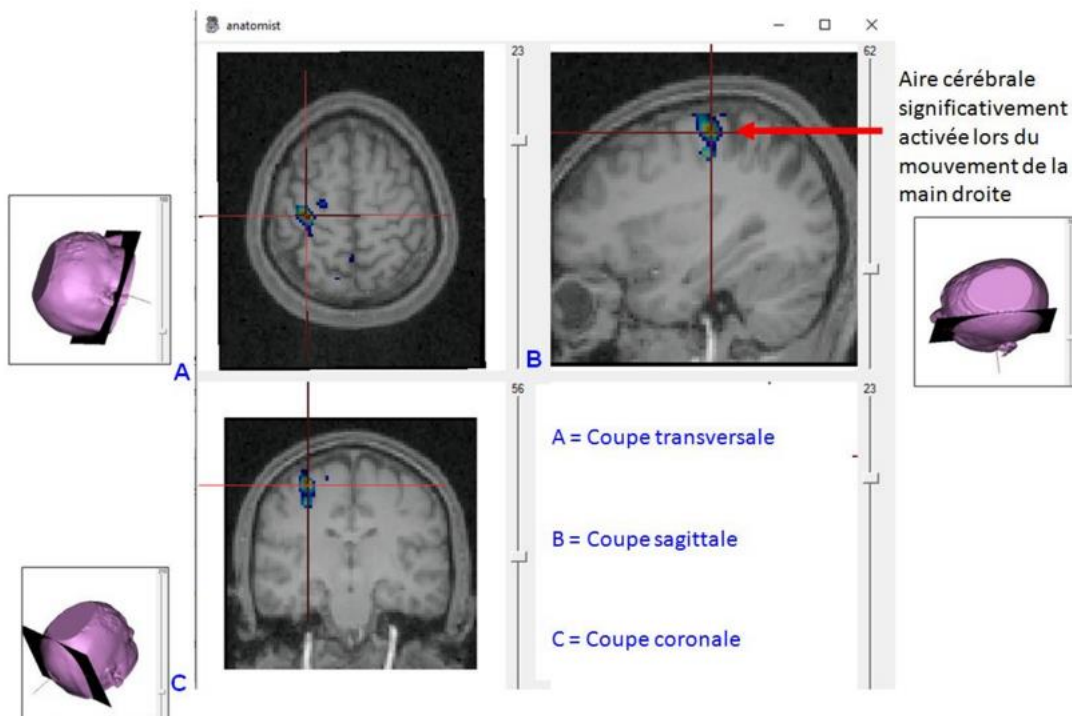
Schéma d'une coupe de
cortex au niveau de
l'aire somatosensorielle

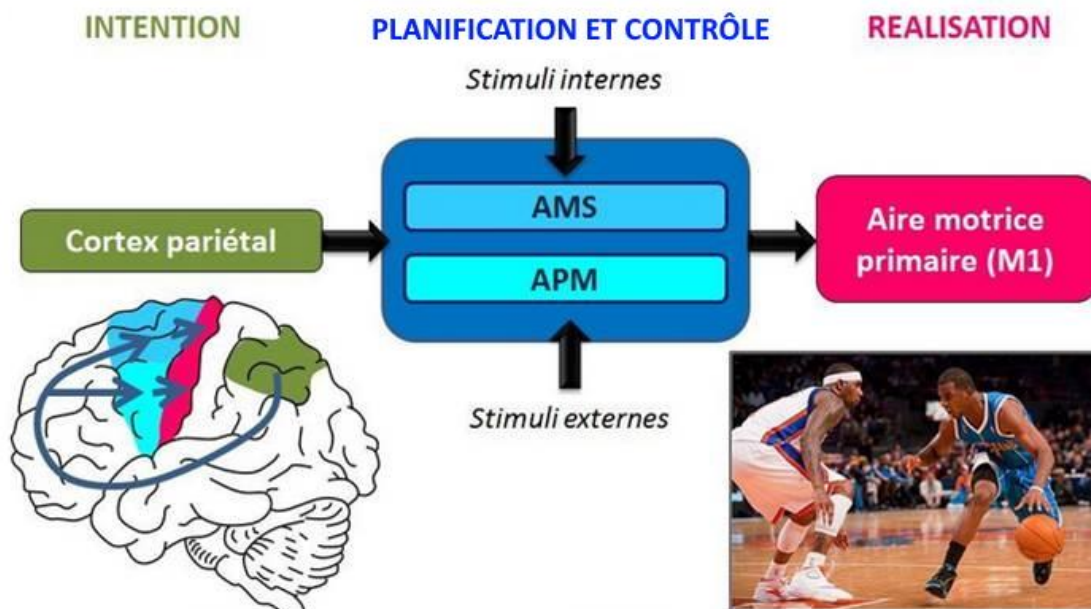
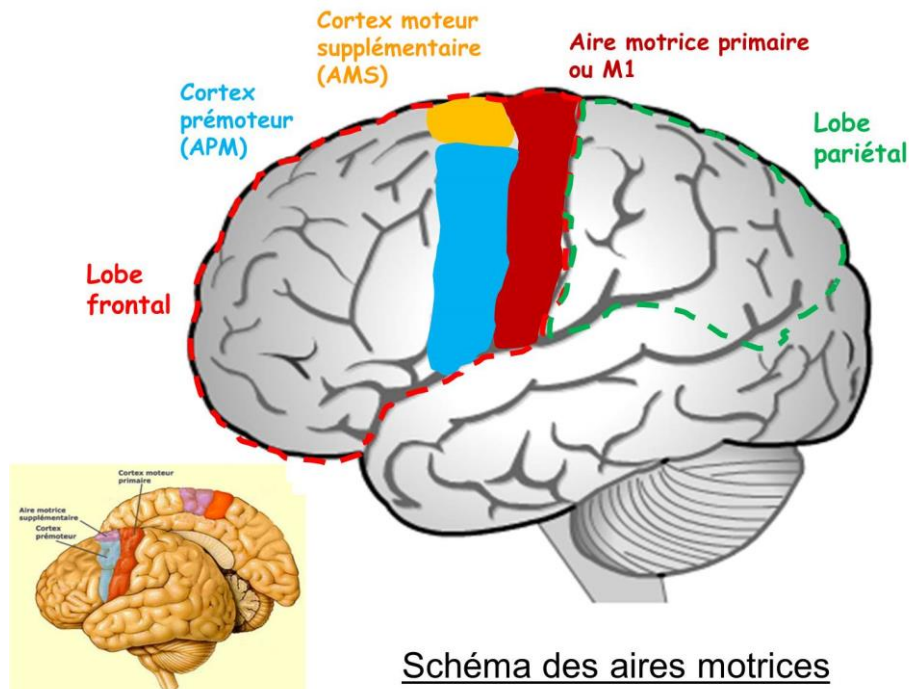


Le **cortex** est la partie superficielle du cerveau formée par la substance grise. Il est constitué par 6 couches de neurones superposés interconnectés.

Le cortex somato-sensoriel reçoit des informations provenant de la surface du corps par l'intermédiaire de neurones relais et de neurones sensitifs.

Comme vu dans le premier document, il y a une IRM particulière, l'IRMf.
L'IRMf permet de voir où sont les aires par visualisation des zones actives du cerveau.





- 1- Intention
- 2- Préparation = planification et contrôle
- 3- Réalisation

Conclusion :

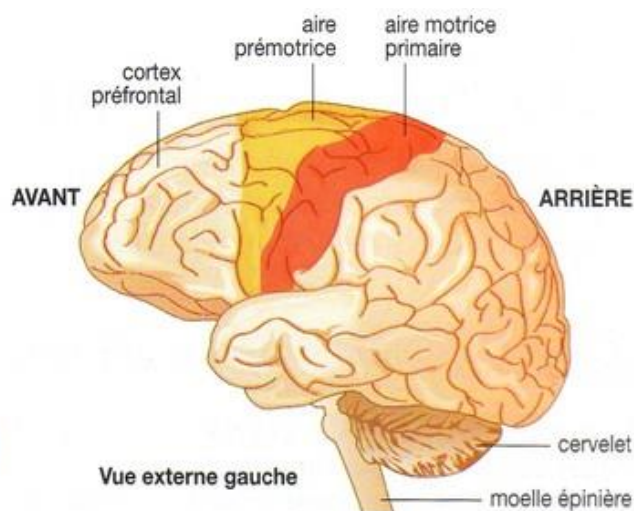
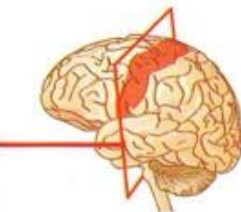
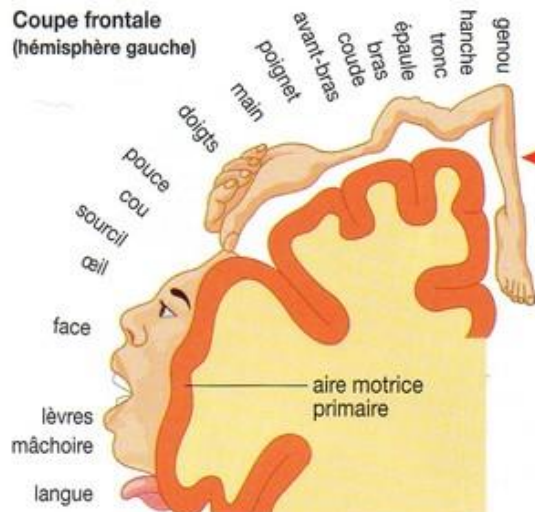
L'exploration du cortex cérébral par IRM permet de localiser une zone du cerveau spécialisée dans le contrôle volontaire du mouvement appelée cortex moteur : en effet il est possible de déterminer des variations d'activités de certaines zones lorsque le sujet effectue une tâche déterminée (IRMf).

Le cortex moteur est constitué de plusieurs aires qui collaborent entre elles :

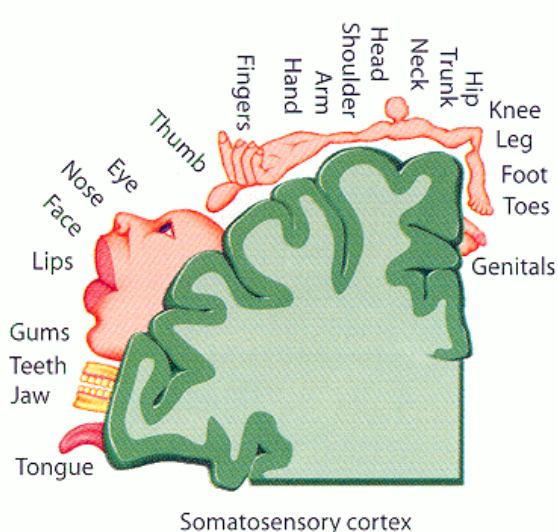
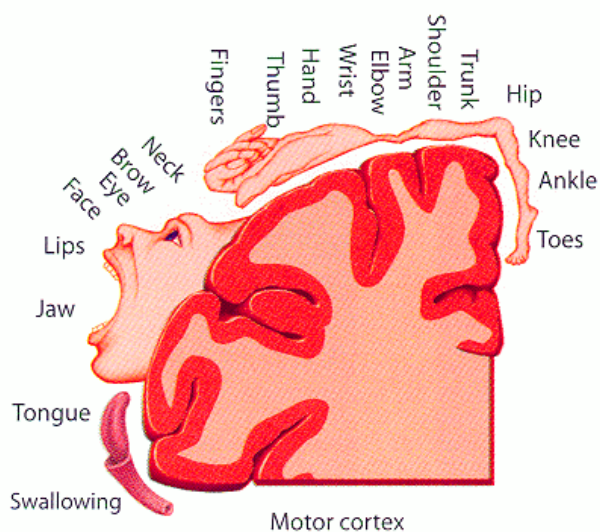
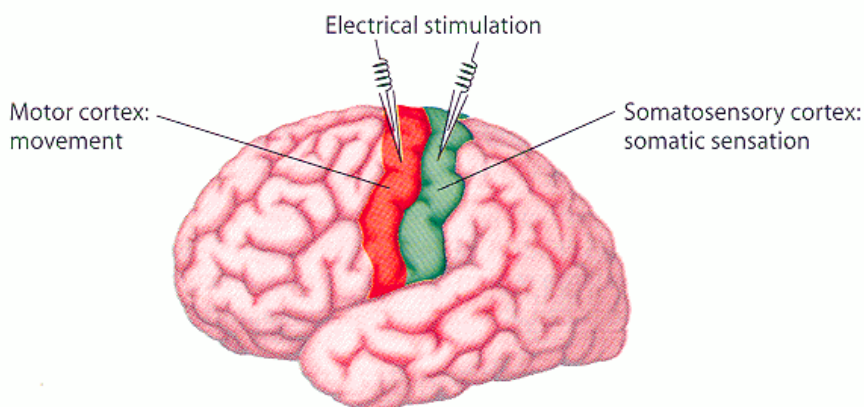
- l'aire motrice primaire ou aire M1 commande directement les mouvements.
- Les intentions du mouvement sont élaborées, entre autres, dans le cortex pariétal, en lien avec les informations sensorielles reçues.
- l'aire prémotrice (APM) et l'aire motrice supplémentaire (AMS) permettent quant à elles, la préparation du mouvement en fonction des stimuli externes ou internes reçus.

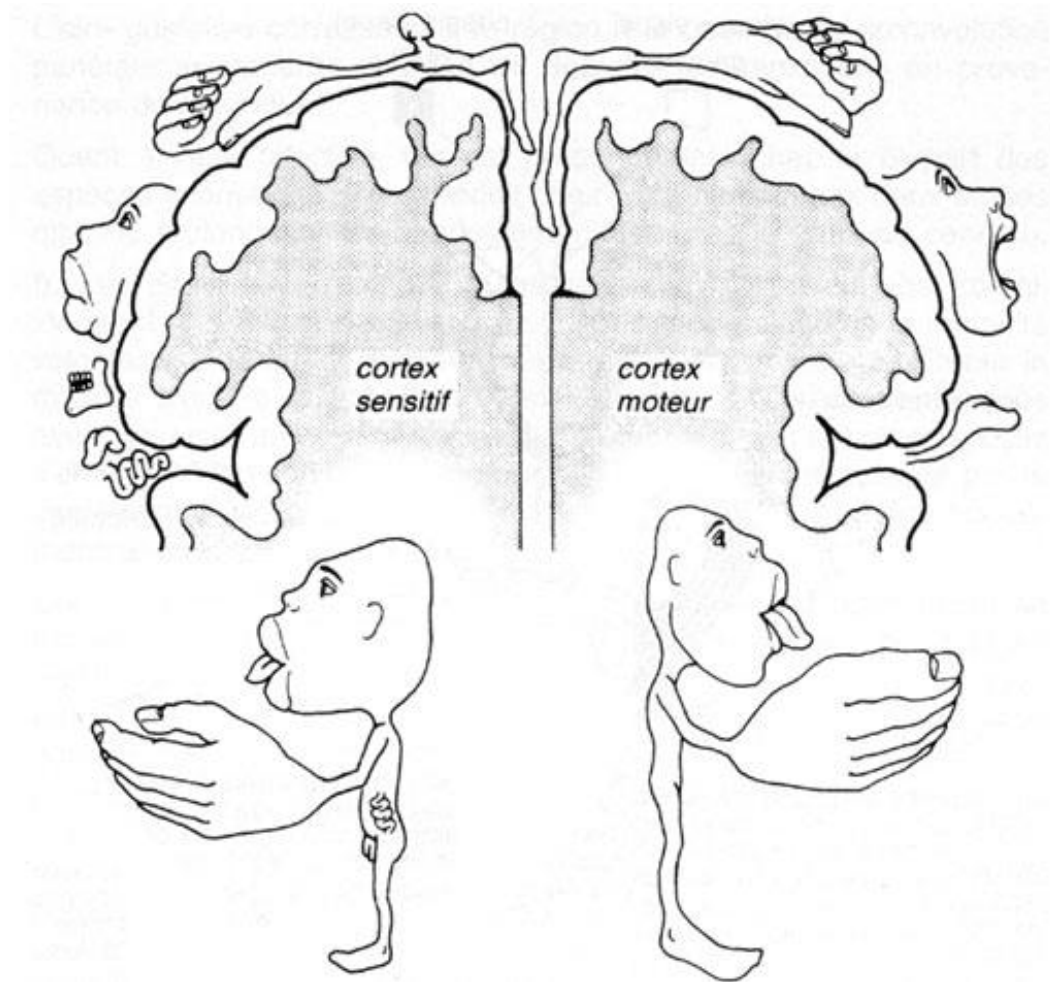
La commande des mouvements volontaires met en jeu des territoires bien déterminés du **cortex** cérébral, appelés pour cette raison **aires corticales motrices**. Alors que l'aire motrice primaire commande directement les mouvements, l'aire qualifiée de prémotrice, située plus en avant, est impliquée quant à elle dans la planification et le contrôle de l'exécution des mouvements. Les aires motrices sont présentes symétriquement dans les deux **hémisphères cérébraux**.

Coupe frontale
(hémisphère gauche)



► Toute stimulation pratiquée dans l'aire motrice se traduit par l'exécution d'un mouvement d'une partie du corps alors qu'une lésion entraîne une paralysie de cette même partie. Des expériences systématiques de stimulation, que confirme une investigation par imagerie cérébrale, ont permis de dresser une cartographie de l'aire motrice : sur la *représentation ci-contre*, appelée *homunculus* moteur, chaque partie du corps humain a été associée au territoire du cortex qui assure sa commande motrice.





Conclusion :

Des explorations ont permis de dresser une cartographie de l'aire motrice primaire, chaque partie du corps est associée à un territoire défini du cortex cérébral qui assure sa commande motrice.

Les parties du corps dotées d'une mobilité importante occupent une surface relativement importante.

Notion d'Homonculus.

2) Les voies motrices



Victime d'un accident de voiture ayant occasionné une lésion accidentelle de la moelle épinière au niveau des vertèbres lombaires, cet homme est paraplégique (paralysé des 2 jambes et de la partie basse du tronc et perte de la sensibilité de la même région) mais la motricité des membres antérieurs est conservée.

L'IRM révèle une fracture sévère de la 7^{ème} vertèbre cervicale avec atteinte de la moelle épinière. Le patient est tétraplégique (bras et jambes paralysés et perte de la sensibilité de la même région).

Ces deux cas laissent supposer que les informations circulent du cerveau vers les jambes.

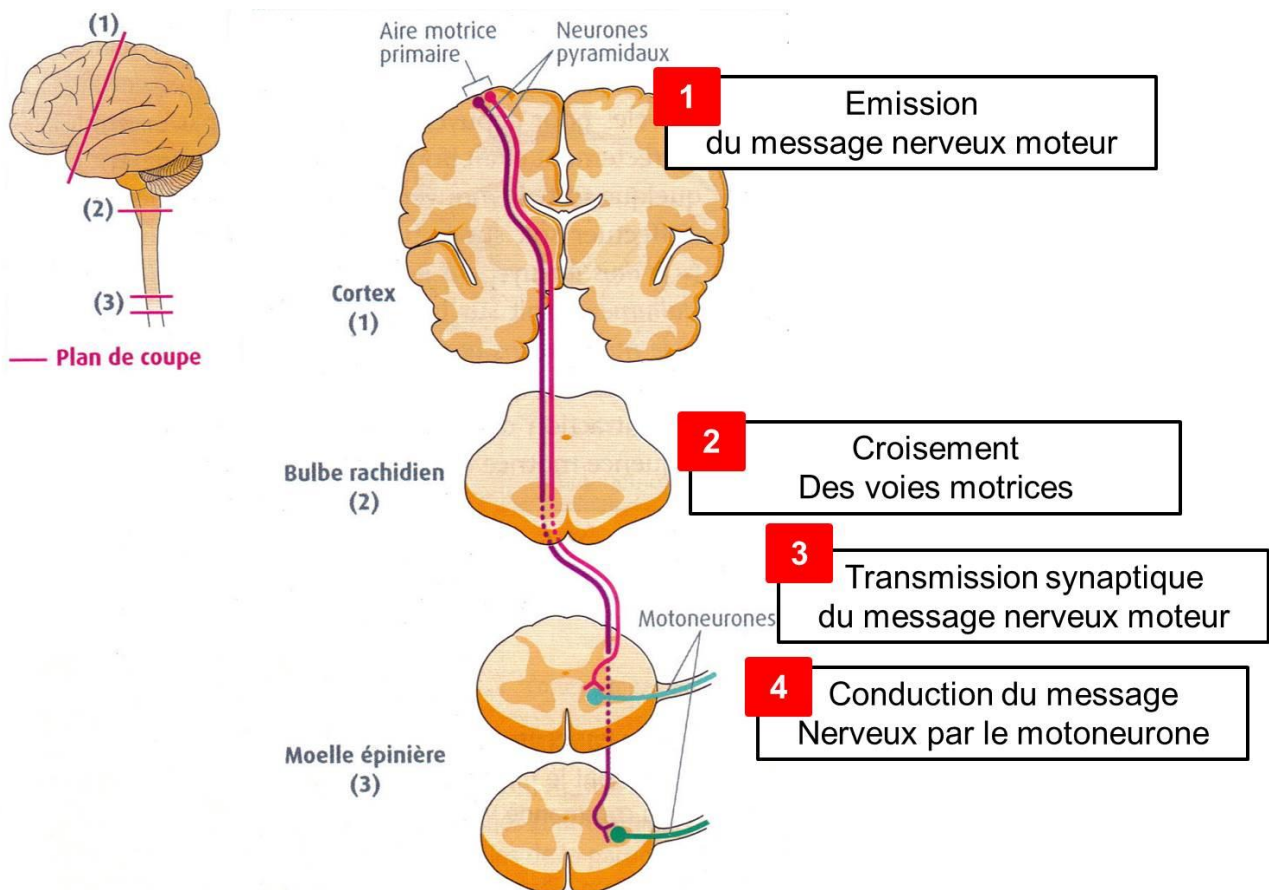
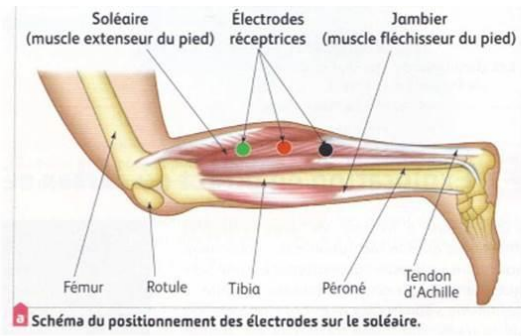


Schéma du trajet des messages nerveux moteurs

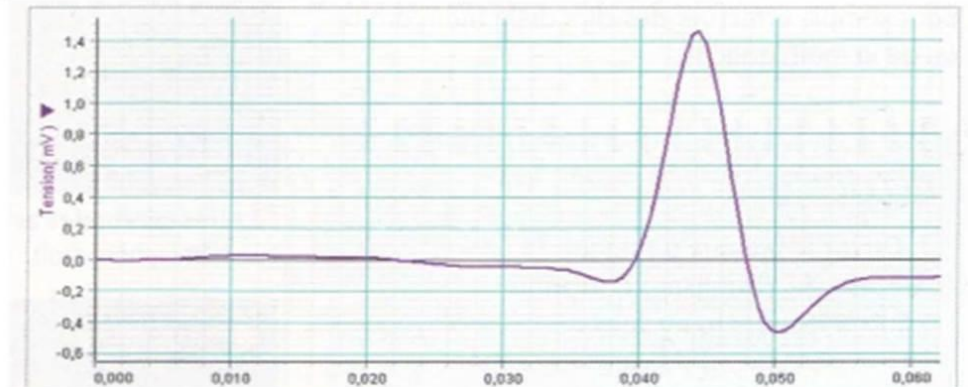
Conclusion :

Les messages nerveux moteurs qui partent du cerveau, cheminent par des faisceaux de neurones et descendent dans la moelle épinière jusqu'aux motoneurones.

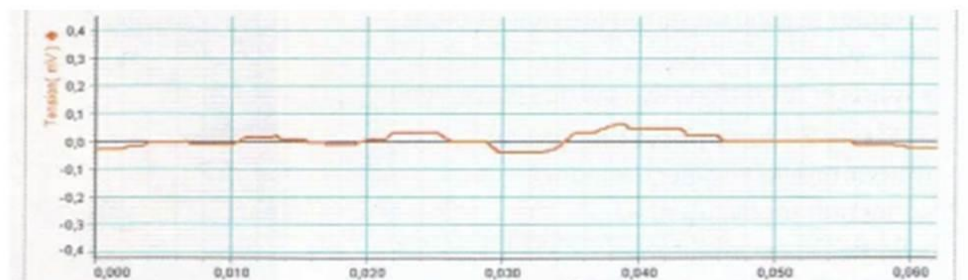
Ces voies motrices se croisent au niveau du bulbe rachidien de telle sorte que la commande des mouvements volontaires est contralatérale ; c'est l'aire motrice gauche qui contrôle la partie droite du corps et inversement.



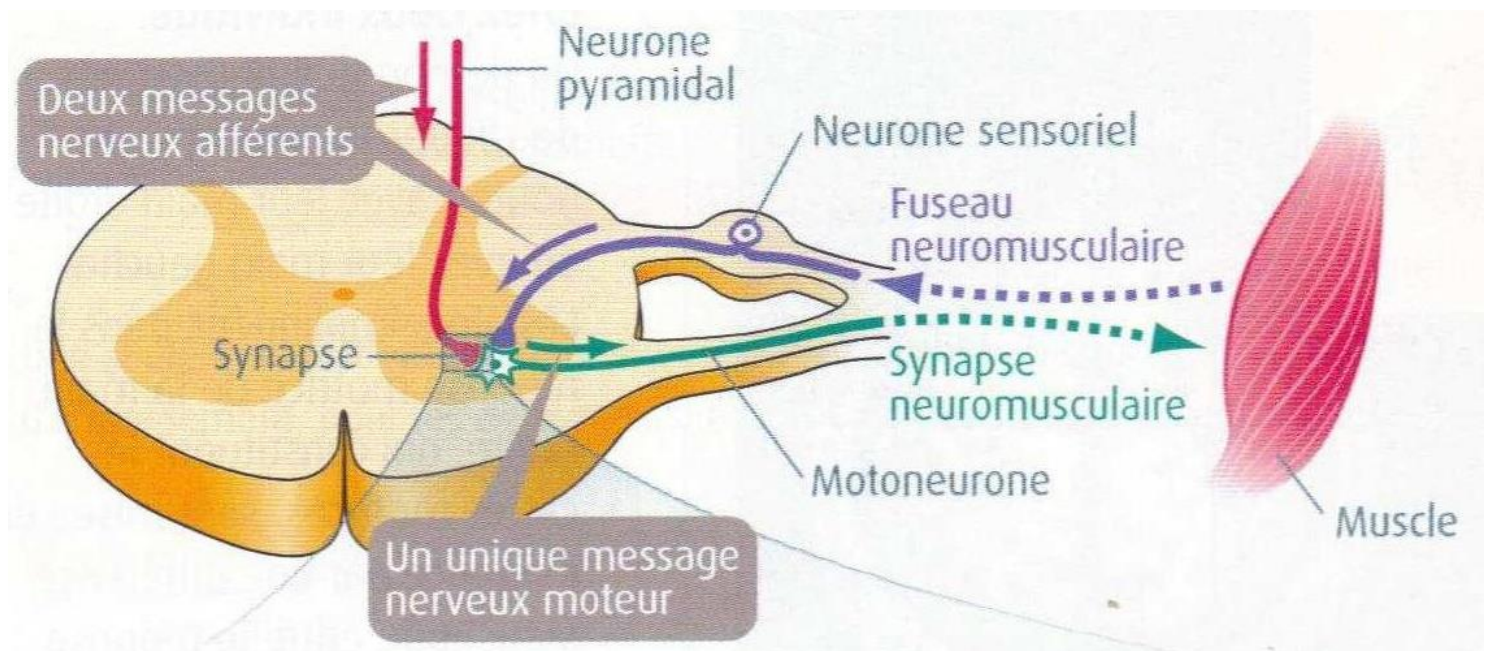
PA musculaire Reflexe myotatique



Electroneurogramme du réflexe myotatique achilléen avec flexion volontaire du pied



Remarque : Lors de l'étirement volontaire du mollet et du test simultané sur le tendon d'Achille pour provoquer sa contraction, on observe que le mollet répond plus ou moins bien à cette contraction : Le motoneurone prend en compte simultanément l'information provenant du cerveau et celle du neurone sensitif : on appelle cela l'intégration.



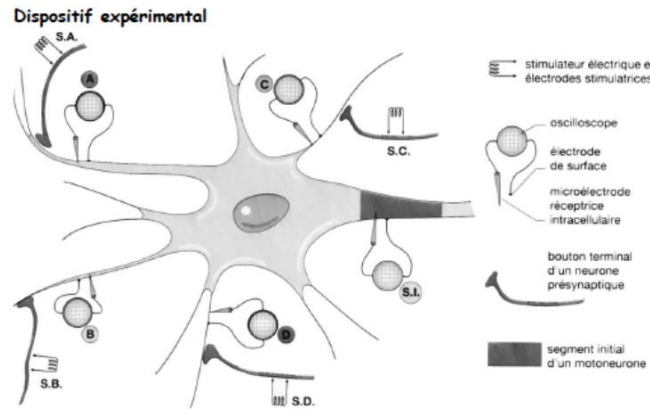
3) Le rôle intégrateur des neurones

TS T3B CII I 3)

TD Le rôle intégrateur des motoneurones

La réponse motrice réflexe ou volontaire dépend finalement du fonctionnement des motoneurones situés dans la moelle épinière. Ces derniers reçoivent une multitude de messages nerveux afférents à la fois des messages nerveux issus des neurones sensitifs et des messages nerveux provenant du cortex cérébral moteur (Ces messages étant eux-mêmes conditionnés par de nombreuses informations sensorielles, visuelles, auditives...).

Comment un motoneurone intègre-t-il ces différents messages ?



Vocabulaire :

PPSE : Un potentiel postsynaptique excitateur (PPSE) est un changement de la valeur du potentiel de membrane (dans le sens d'une dépolarisation) localisé dans le neurone postsynaptique.

PPSI : Un potentiel postsynaptique inhibiteur (PPSI) est un changement de la valeur du potentiel de membrane (dans le sens d'une hyperpolarisation) localisé dans le neurone postsynaptique.

Dépolarisation : La dépolarisation d'une cellule désigne le passage transitoire du potentiel de membrane d'une valeur négative, dite de repos, vers une valeur positive.

Hyperpolarisation : L'hyperpolarisation est un changement du potentiel membranaire d'une cellule qui la rend plus négative. C'est l'opposé d'une dépolarisation.

Potentiel d'action : Le potentiel d'action est un événement court durant lequel le potentiel électrique d'une cellule augmente puis chute rapidement (se forme si le seuil d'excitabilité est atteint).

Activité : Expliquer précisément pour chaque cas proposé ce qui se passe.

Enregistrement au niveau synaptique et au niveau du segment initial lors de la stimulation des trois fibres afférentes A, B et C			
Cas d'une stimulation efficace d'un neurone présynaptique appliqué en SA			
Cas d'une stimulation efficace d'un neurone présynaptique appliqué en SB			
Cas d'une stimulation efficace d'un neurone présynaptique appliqué en SC			
Enregistrement suite à la stimulation de la fibre D			
Enregistrement au niveau du segment initial			
P.R. = potentiel de repos seuil de potentiel ▲ Cas d'une stimulation efficace appliquée simultanément en SA, SB, SD. ◄ Cas d'une stimulation efficace appliquée simultanément en SA, SB, SC.			