

# Chapitre II Motricité, volonté et plasticité cérébrale

réflexe : contraction automatique et inconsciente de certains muscles

mouvements volontaires : contractions liées à notre volonté

## - I - La commande volontaire du mouvement

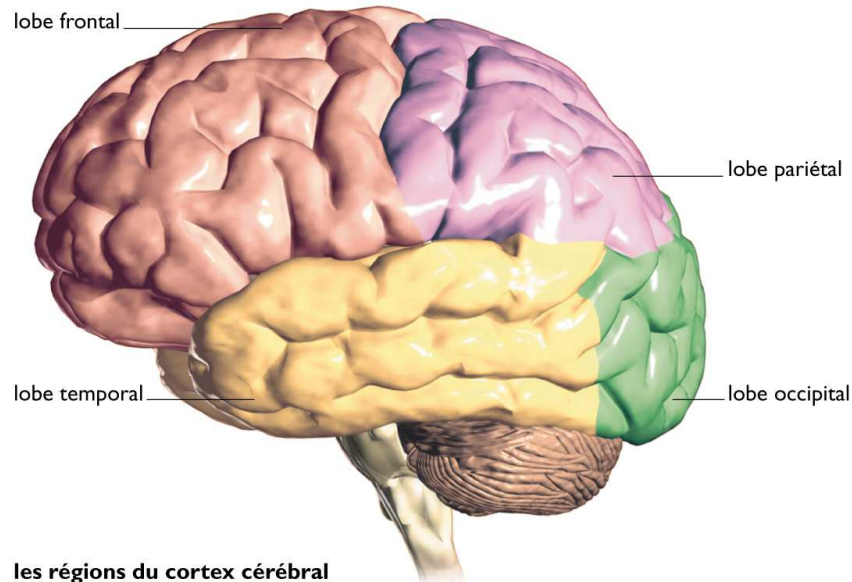
1) Analyser des données médicales et anatomiques



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.

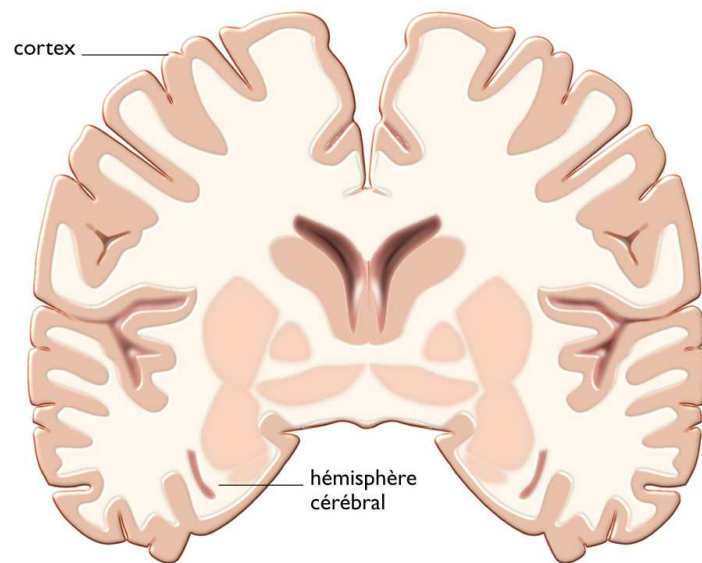
L'IRM révèle une fracture sévère de la 7<sup>ème</sup> vertèbre cervicale avec atteinte de la moelle épinière. Le patient est tétraplégique (bras et jambes paralysés et perte de la sensibilité de la même région).

La moelle épinière conduit des informations sensibles et motrices.  
Les nerfs qui contrôlent les membres empruntent la moelle épinière.  
Lorsque la moelle épinière est lésée, la transmission du message nerveux du cerveau vers les muscles est altérée : le contrôle volontaire des mouvements devient impossible.

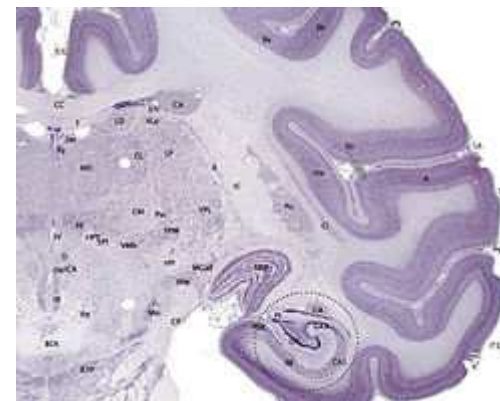


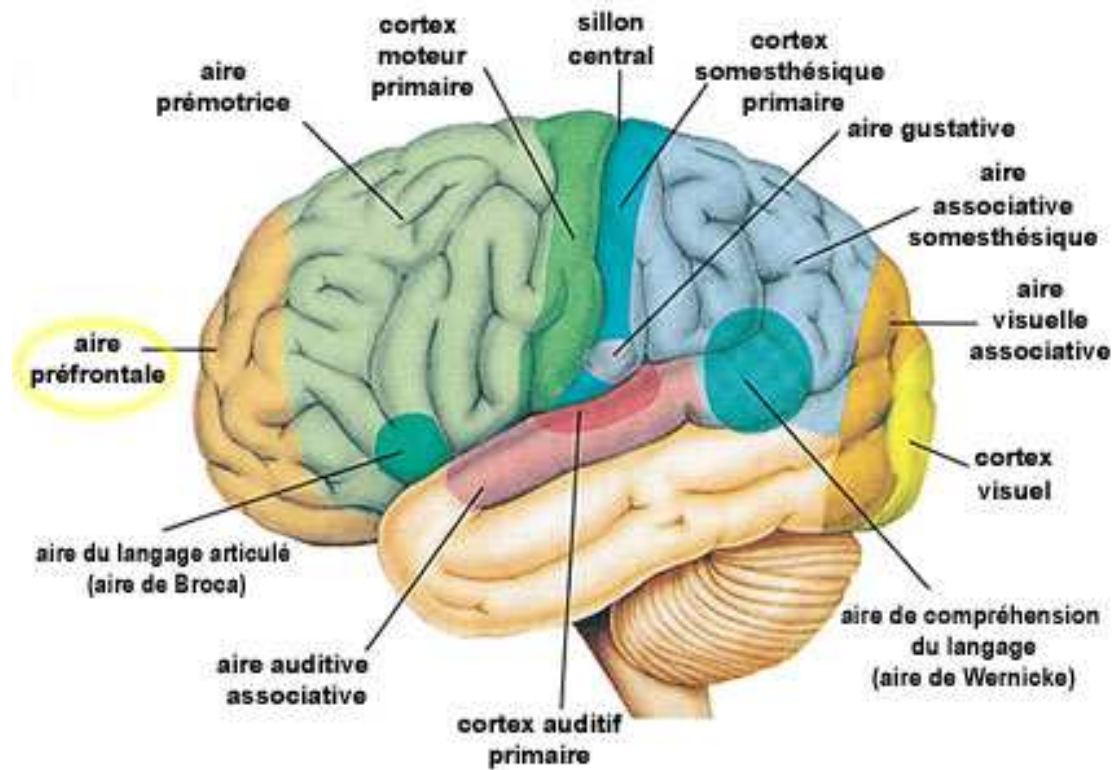
Cortex cérébral : partie superficielle du cerveau constituée de substance grise. Le cortex cérébral est organisé en différentes aires corticales qui ont chacune une fonction spécialisée (aire auditive, aire visuelle, aire motrice ...).

Cortex moteur : partie du cortex cérébral impliqué dans la motricité volontaire.

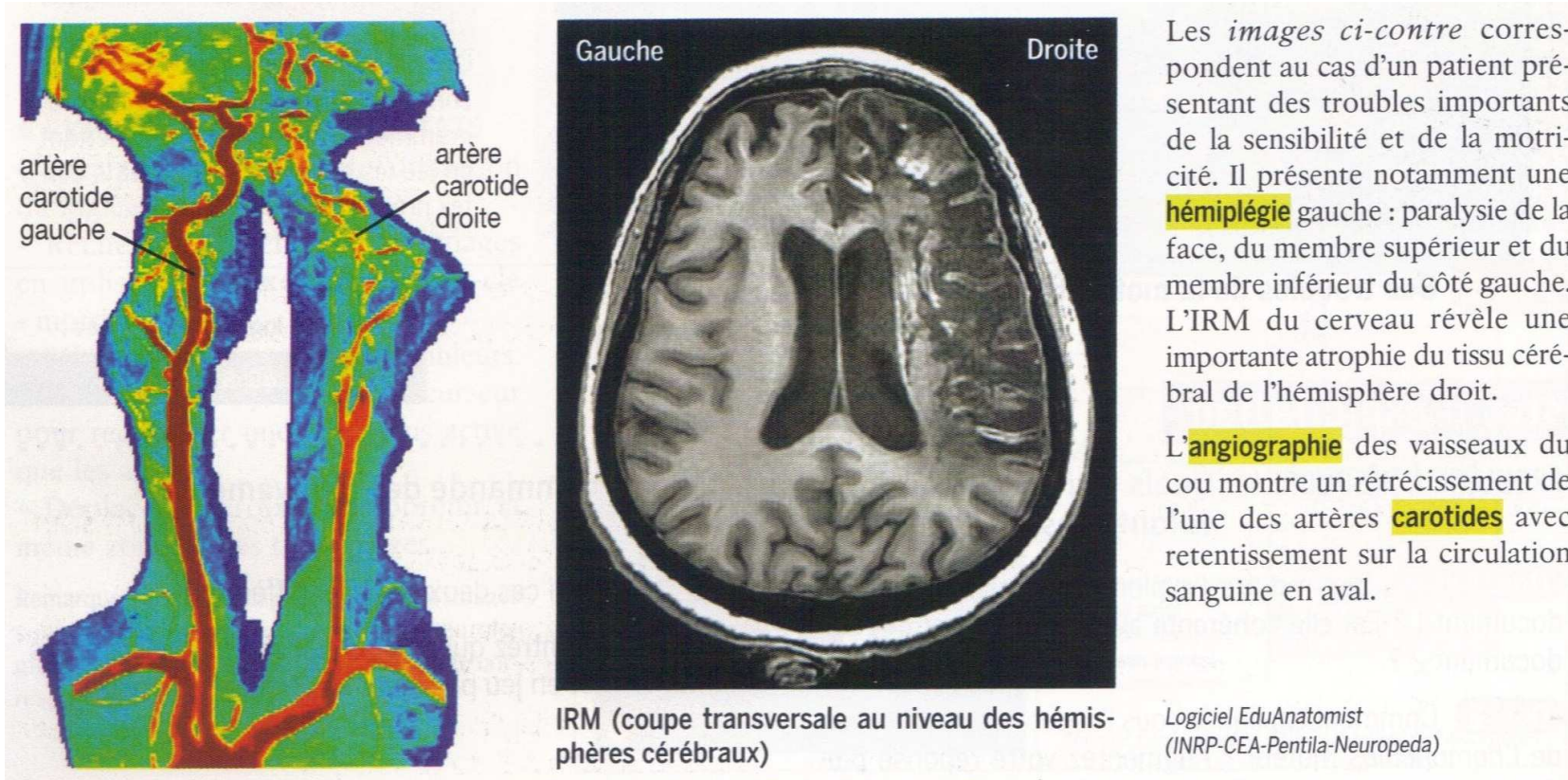


**vue en coupe**



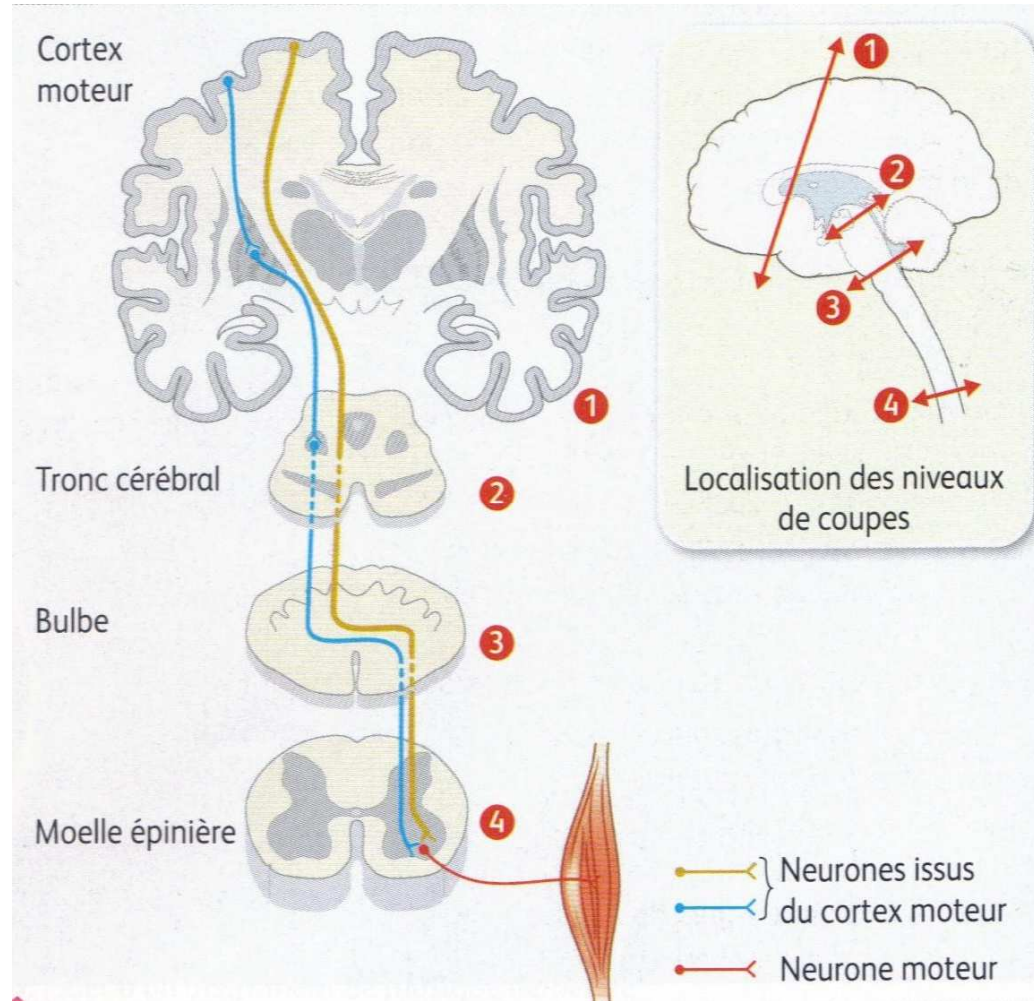


## Les conséquences d'un accident vasculaire cérébral (AVC)

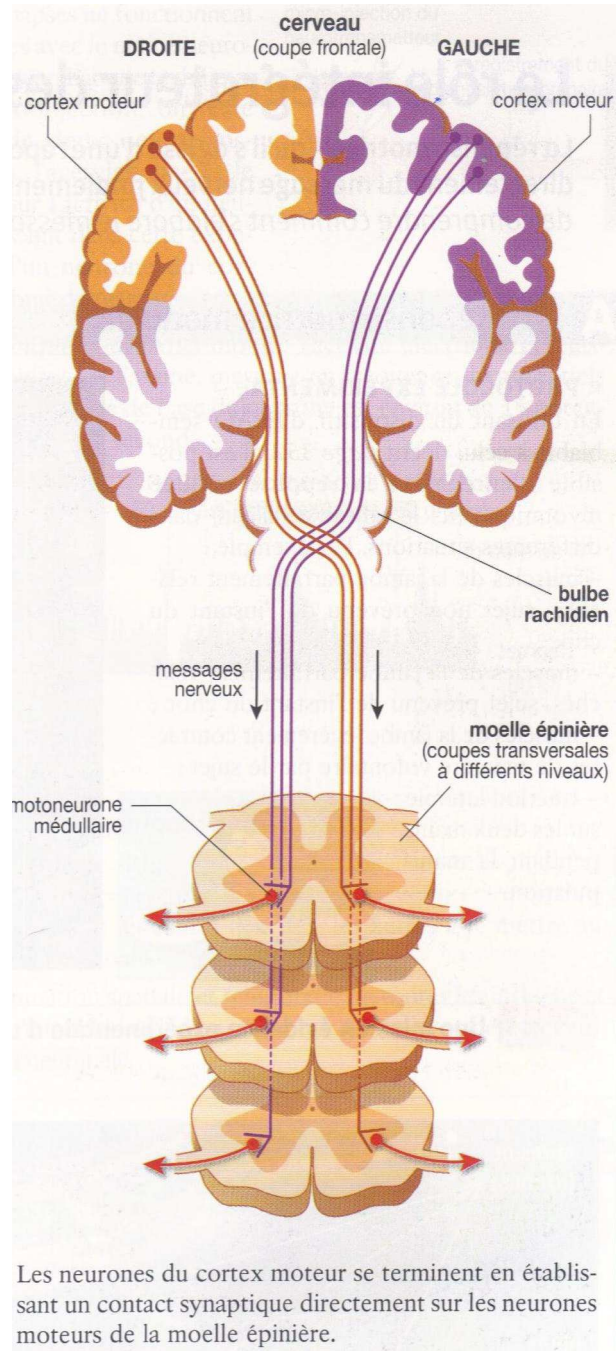


## 2) Le trajet suivi par les messages nerveux moteurs

# Du cortex moteur à l'effecteur







Des faisceaux de neurones dans la moelle épinière

## Accident Vasculaire Cérébral

Du fait du croisement des voies motrices, le cerveau commande la motricité de la partie opposée du corps.

Un AVC qui affecte une aire motrice cérébrale se traduit par une hémiparésie du côté opposé du corps.

## Paraplégie – Tétraplégie

Les messages nerveux cheminent par des neurones qui sont en connexion synaptique, à différents niveaux, avec les motoneurones médullaires : une lésion de la moelle épinière peut se traduire, suivant le niveau atteint, par une paraplégie ou une tétraplégie.

# Bilan

## Les voies motrices

Les messages nerveux moteurs qui partent du cerveau cheminent par des faisceaux de neurones et descendent dans la moelle épinière. A différents niveaux, ces neurones sont en connexion synaptique avec les motoneurones. Ces voies motrices sont croisées, de telle sorte que la commande des mouvements volontaires est controlatérale : c'est l'aire motrice de l'hémisphère cérébral droit qui commande la partie gauche du corps, et inversement.

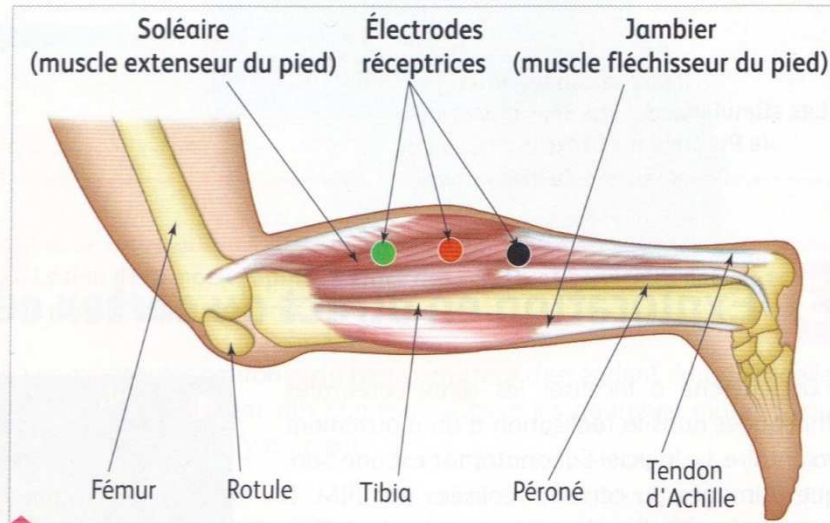
## Des lésions qui se traduisent par des dysfonctionnements musculaires

Un accident vasculaire cérébral (AVC) est un trouble de la circulation sanguine irriguant un territoire du cerveau. Le terme d'« accident » est utilisé pour souligner le caractère soudain de l'apparition des symptômes : il peut en effet arriver qu'un caillot obstrue subitement une artère cérébrale ou bien que la paroi d'un vaisseau sanguin se rompe, provoquant alors une hémorragie cérébrale. La partie normalement irriguée par ce vaisseau cesse alors de fonctionner. On comprend aisément que si une partie d'une aire motrice est atteinte, la conséquence en soit une paralysie : on parle d'hémiplégie lorsque la paralysie touche une partie du corps située d'un seul côté du corps.

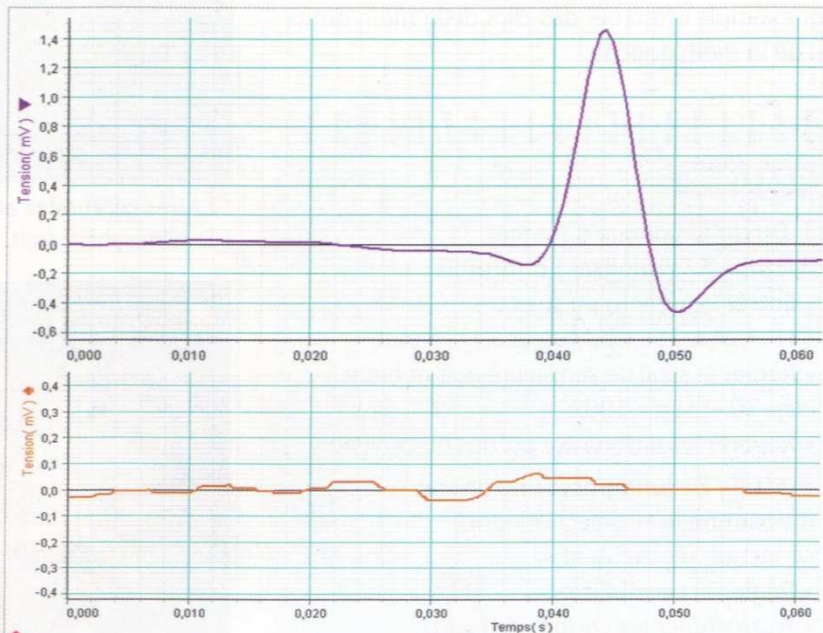
Des lésions accidentelles de la moelle épinière, dues cette fois-ci à un choc violent (accidents de la circulation, chute, ...) peuvent aussi entraîner des paralysies : le territoire concerné dépend notamment du niveau de la moelle concerné par la lésion. On parle de paraplégie lorsque la paralysie concerne les membres inférieurs et la partie basse du tronc.

## - II - Le rôle intégrateur des motoneurones médullaires

## Commande volontaire et réflexe myotatique

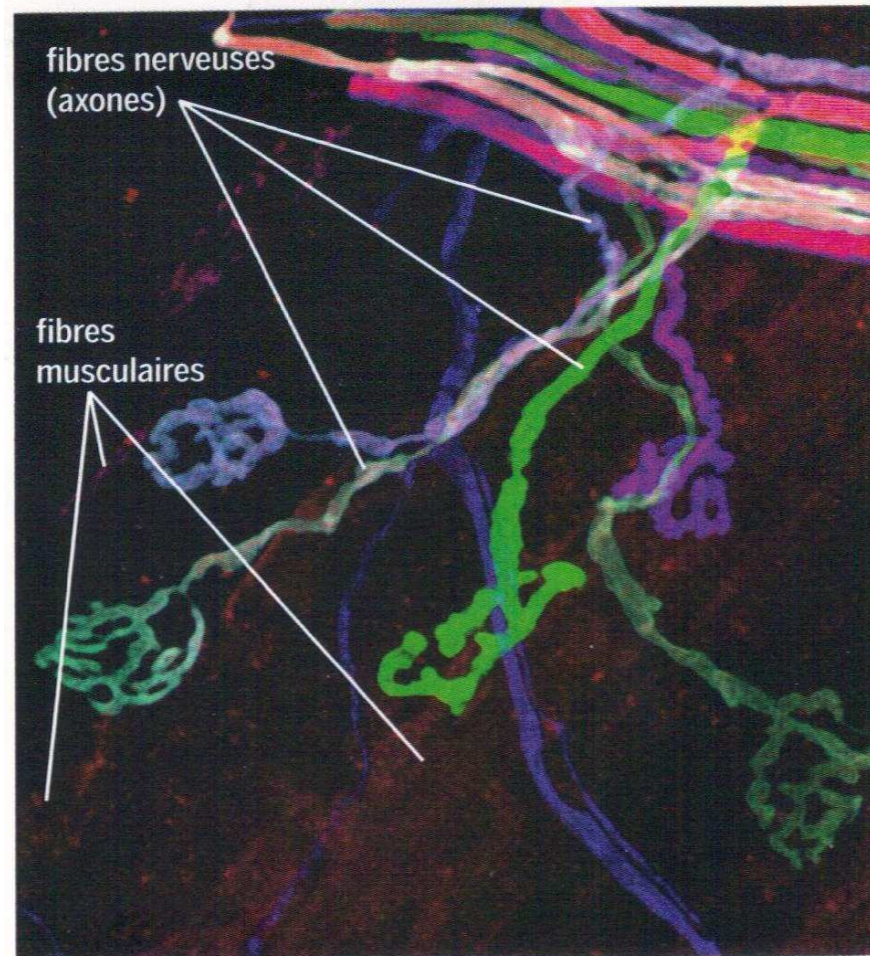


**a** Schéma du positionnement des électrodes sur le soléaire.



**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.

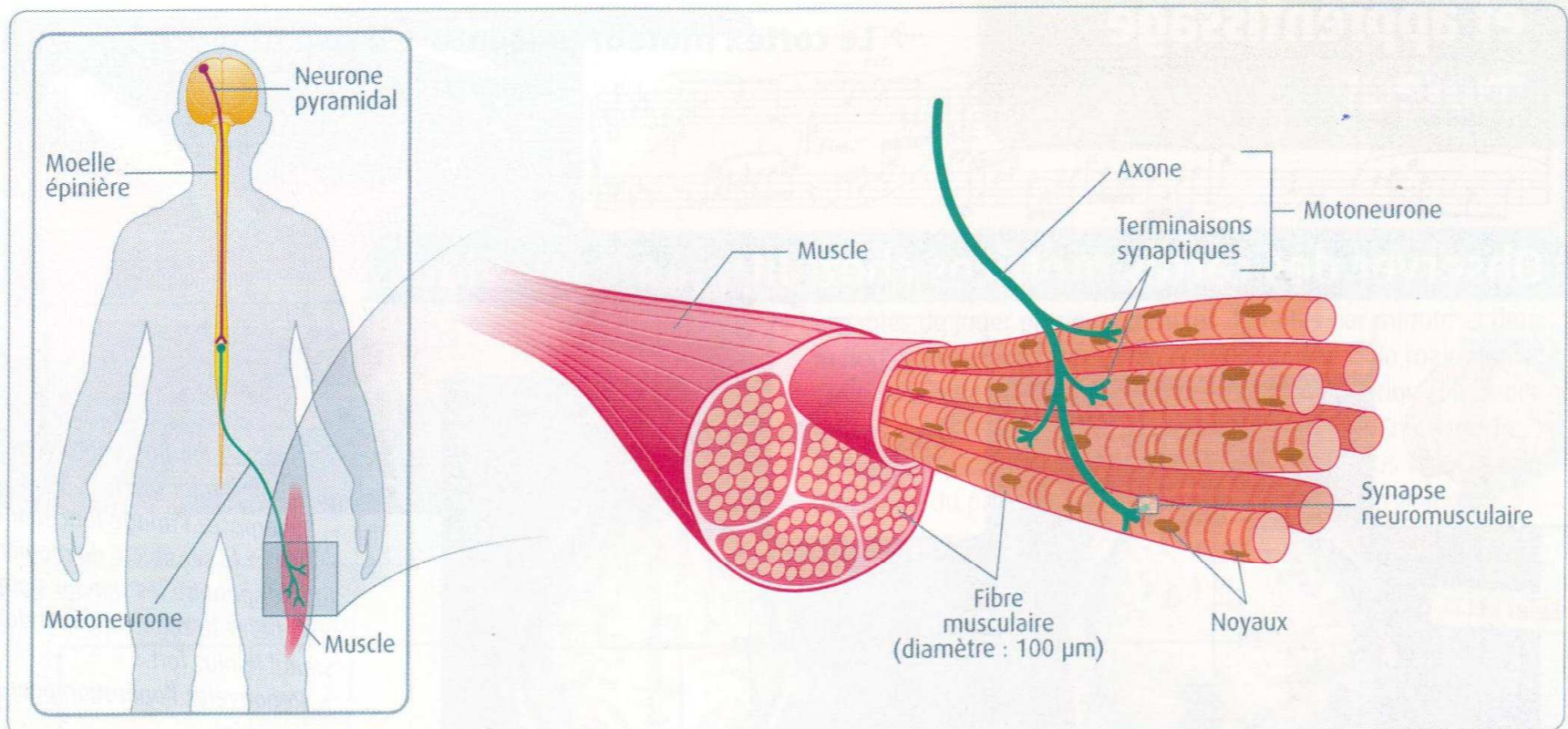
## Une étude précise des relations fibre nerveuse – fibre musculaire



Technique de coloration « Brainbow » :

- utilise une combinaison de gènes codant pour des protéines fluorescentes
- permet ainsi de distinguer individuellement plusieurs dizaines de neurones

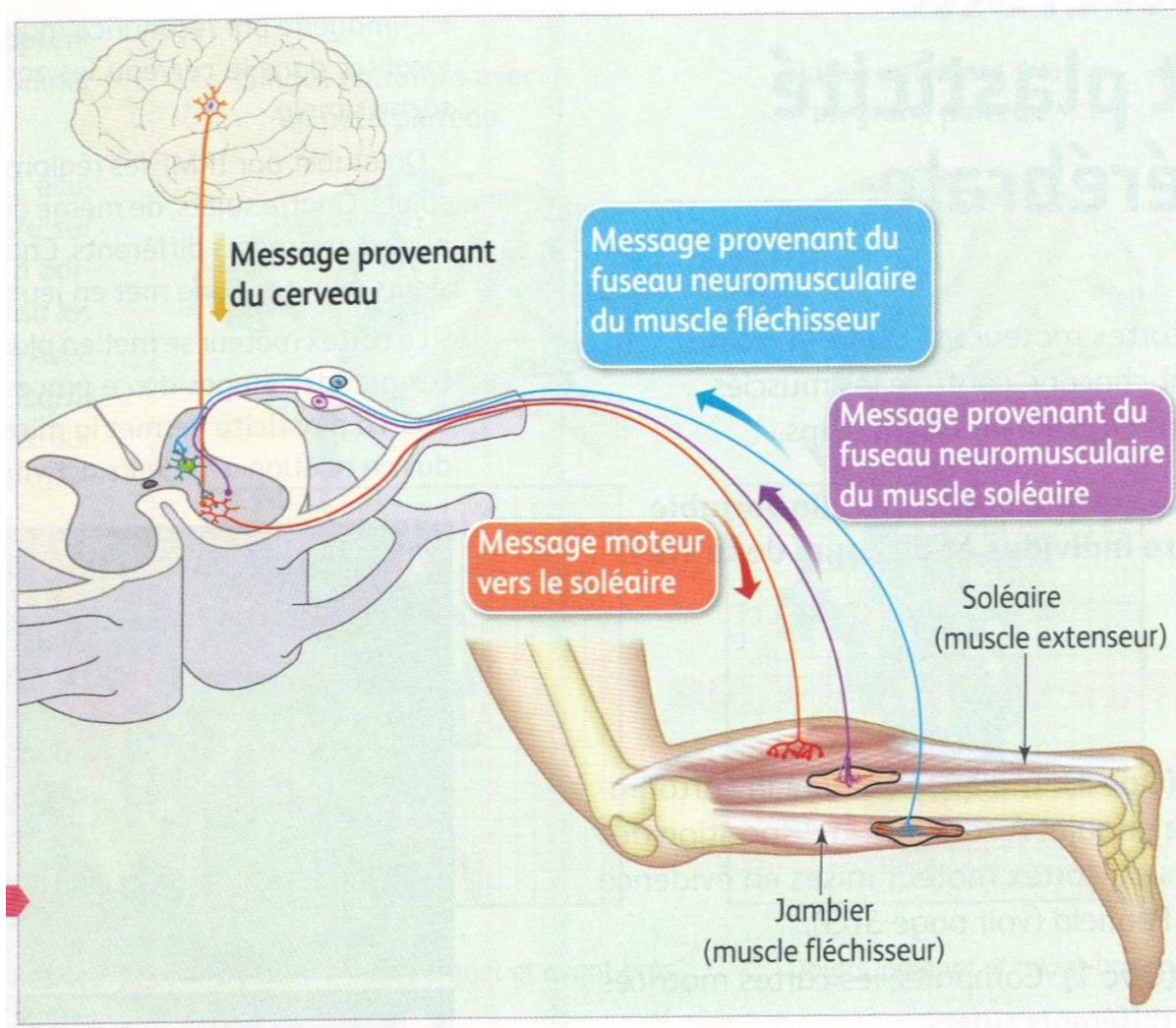
Un tel marquage réalisé pour étudier les relations nerf-muscle a montré qu'une fibre nerveuse peut innerver plusieurs fibres musculaires mais qu'une fibre musculaire ne reçoit de message nerveux que d'un seul motoneurone.

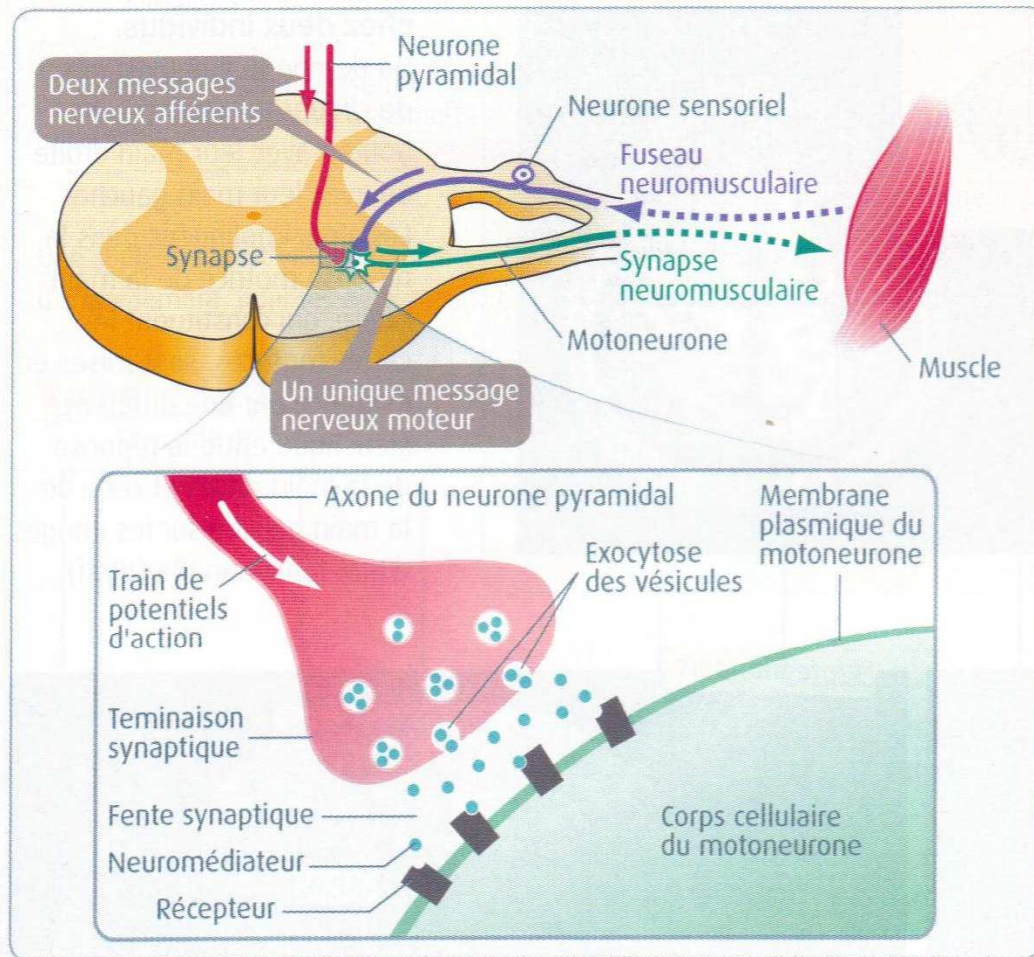


**4** L'innervation des muscles par les motoneurones. Une même fibre musculaire (cellule musculaire) n'est innervée que par un seul motoneurone. Un même motoneurone innerve plusieurs fibres d'un même muscle.



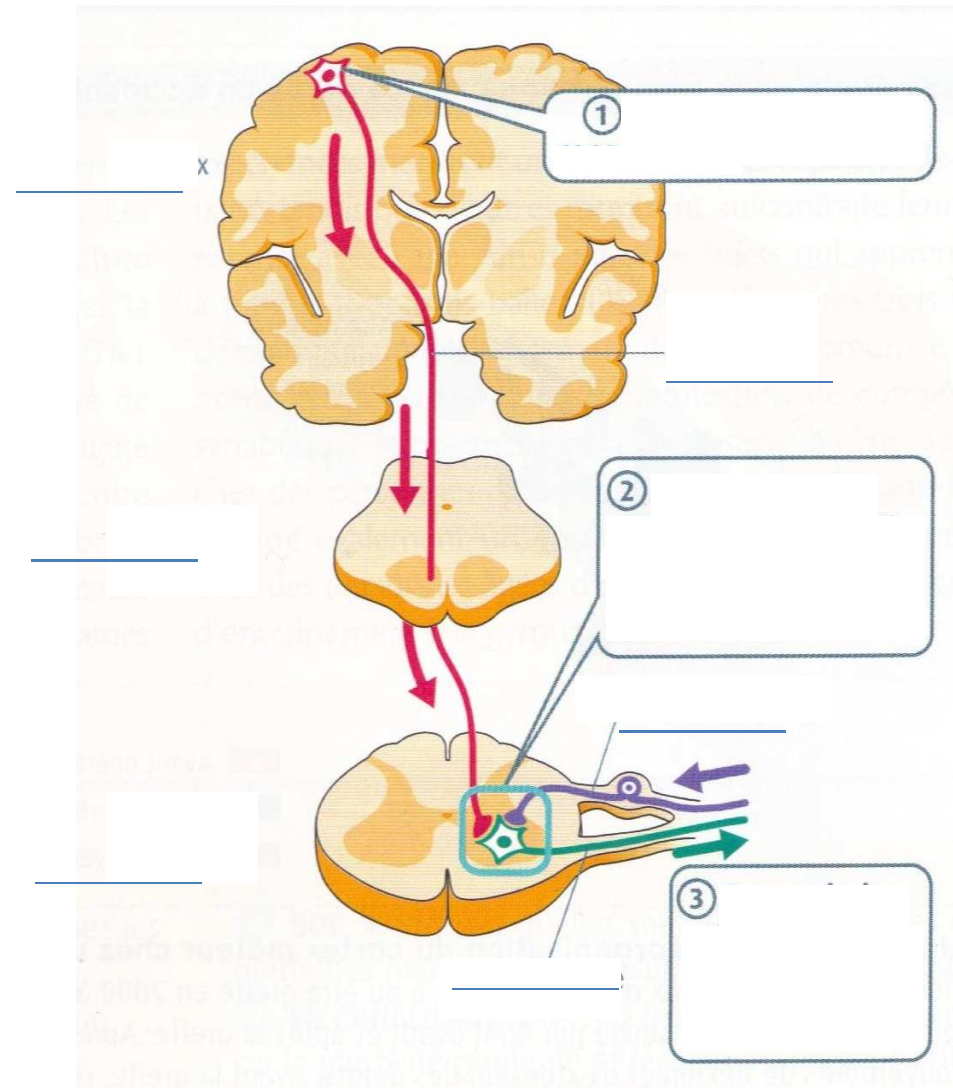
# Représentation schématique du réseau de neurones impliqués dans le réflexe myotatique et la commande du mouvement



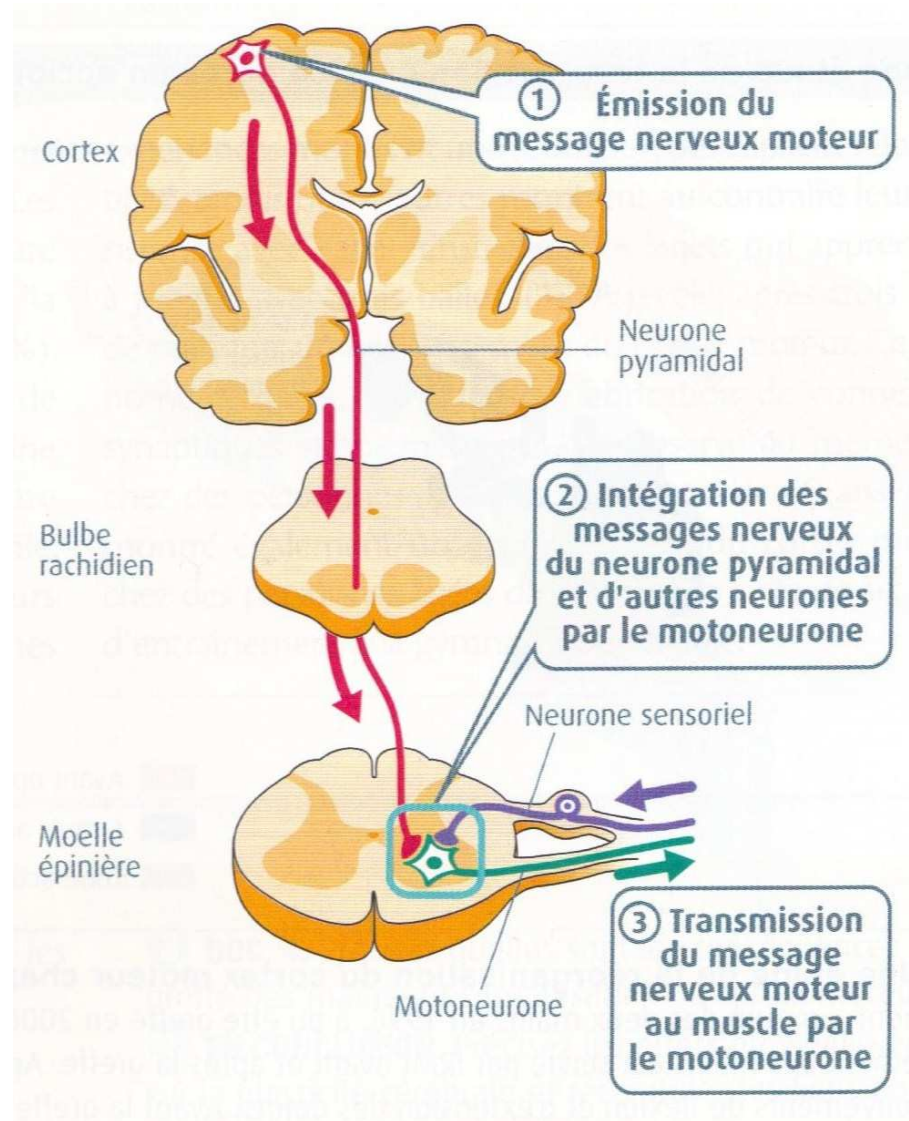


**5 Les synapses et le rôle intégrateur des motoneurones.** Par l'intermédiaire de synapses, un motoneurone est en contact avec les terminaisons synaptiques d'un neurone pyramidal et avec celles de neurones sensoriels (impliqués dans les réflexes myotatiques par exemple). L'arrivée d'un train de potentiels d'action dans la terminaison synaptique d'un neurone pyramidal (ou d'un neurone sensoriel) provoque l'exocytose des vésicules qui s'y trouvent et la libération dans la fente synaptique des molécules de neuromédiateur qu'elles contiennent. Leur fixation sur des récepteurs situés sur la membrane plasmique du motoneurone provoque des modifications des propriétés électriques de cette membrane. Les modifications résultant du fonctionnement des différentes synapses sont « additionnées » par le motoneurone, qui émet alors, au niveau de l'axone, un unique message nerveux. Le motoneurone a ainsi intégré les messages nerveux qu'il a reçus.

## Schéma des voies motrices : du cortex aux muscles

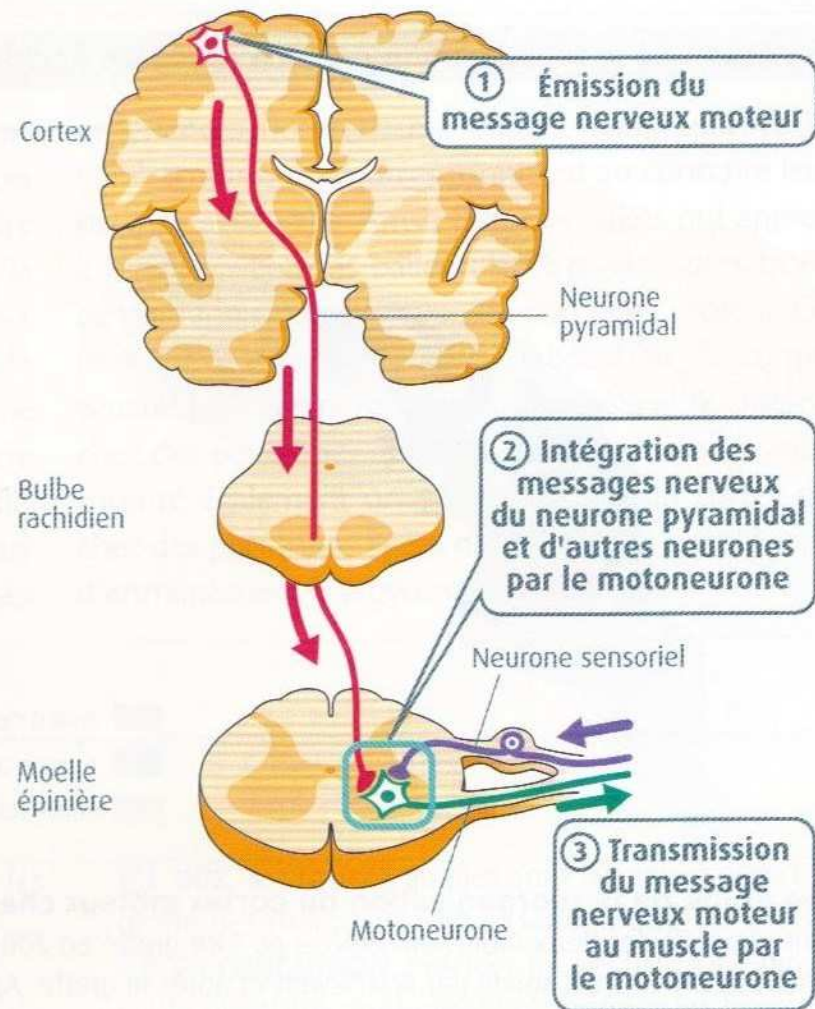


## Schéma des voies motrices : du cortex aux muscles



# Bilan

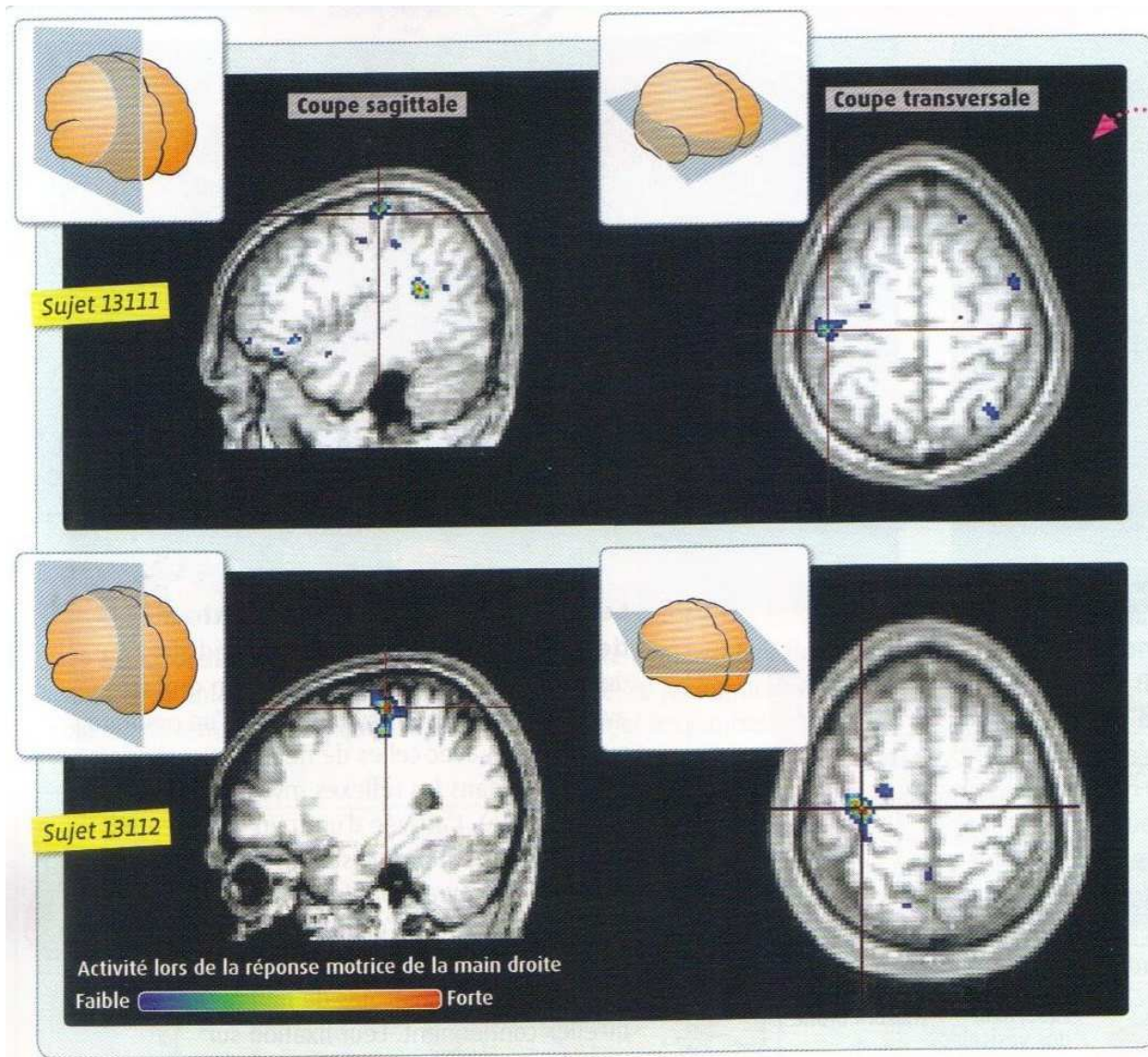
- Le message nerveux moteur commandant un mouvement volontaire est élaboré au niveau des neurones pyramidaux de l'aire motrice primaire. Ces derniers projettent leurs axones vers le bulbe rachidien puis vers la moelle épinière.
- Dans la moelle épinière, les terminaisons synaptiques des neurones pyramidaux établissent des connexions appelées **synapses** avec les extrémités dendritiques des **motoneurones**.
- Par l'intermédiaire de synapses, les motoneurones de la moelle épinière sont en contact avec de nombreux autres neurones dont ils reçoivent différentes informations. Chaque motoneurone intègre toutes ces informations et émet un unique message nerveux qui est transmis, via son axone, aux terminaisons synaptiques.
- Au niveau des synapses neuromusculaires associées aux terminaisons synaptiques du motoneurone, le message nerveux induit la contraction des fibres musculaires.



Les voies motrices.

## - III - La plasticité du cortex moteur

### 1) Des cartes motrices différentes

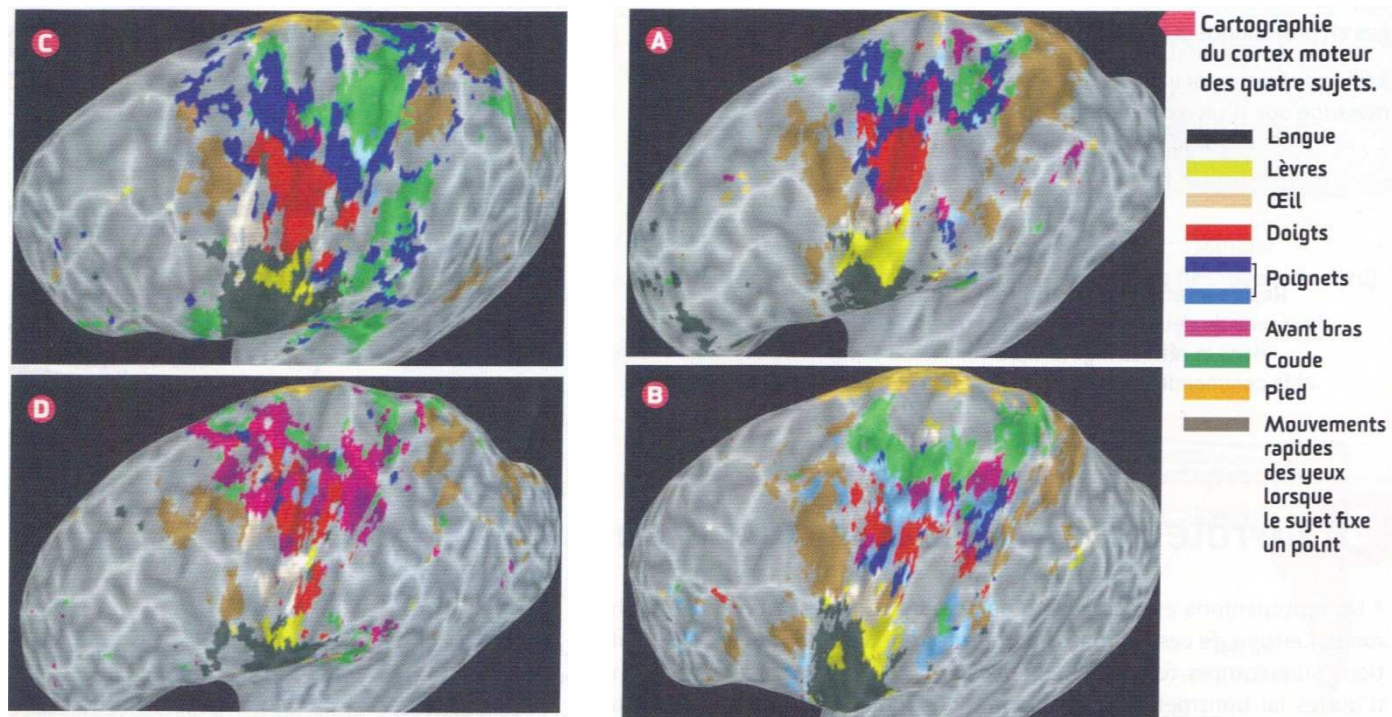


**1** Une étude de la **carte motrice de la main droite** chez deux individus. On demande à deux sujets de cliquer trois fois sur un bouton avec leur main droite ou avec leur main gauche. Les aires impliquées dans la réponse motrice de la main droite, qui constituent les cartes motrices, sont mises en évidence par une différence statistique entre la réponse de la main droite et celle de la main gauche sur les images d'IRM fonctionnelle (IRMf).

## Des cartes motrices différentes

On établit par IRMf les régions du cortex moteur activées de différents sujets. Quatre sujets, de même âge, A, B, C et D exécutent successivement huit mouvements différents. Chaque mouvement est répété pendant plusieurs minutes et ne met en jeu qu'une région musculaire restreinte.

Le cortex moteur se met en place lors du développement embryonnaire. Les grandes étapes de ce processus sont identiques pour tous les individus.

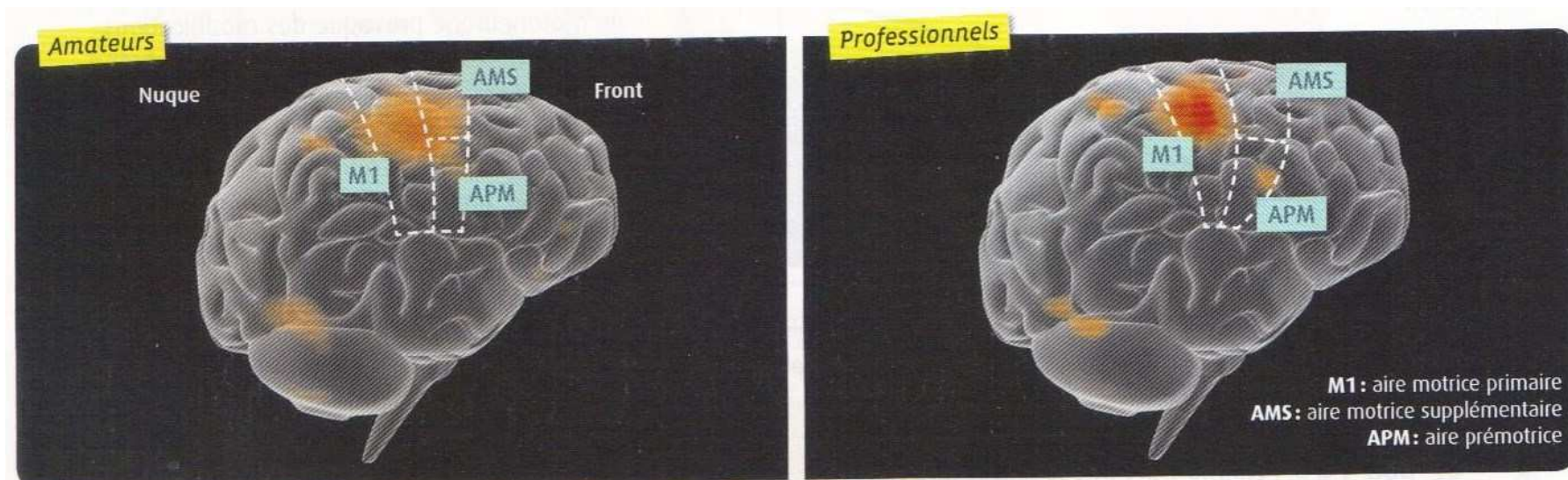




Les cartes motrices des différents individus ne sont pas identiques, elles montrent des différences importantes. Si la localisation du cortex moteur est toujours identique, la disposition et la surface de chacune des aires sont très variables d'un individu à l'autre.

Les grandes étapes de la mise en place du cortex moteur sont identiques pour tous les individus mais leurs activités en relation avec la plasticité sont à l'origine des différences observées.

Plasticité : capacité qu'a le cerveau de modifier les réseaux de neurones en réponse à une stimulation environnementale.



**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.

Il apparaît donc ici que les différences entre les cartes motrices des professionnels et des amateurs est due essentiellement à leur pratique de l'instrument, et donc aux apprentissages moteurs. Ces différences ont donc été acquises au cours de leur entraînement et témoignent de la plasticité du cortex moteur.

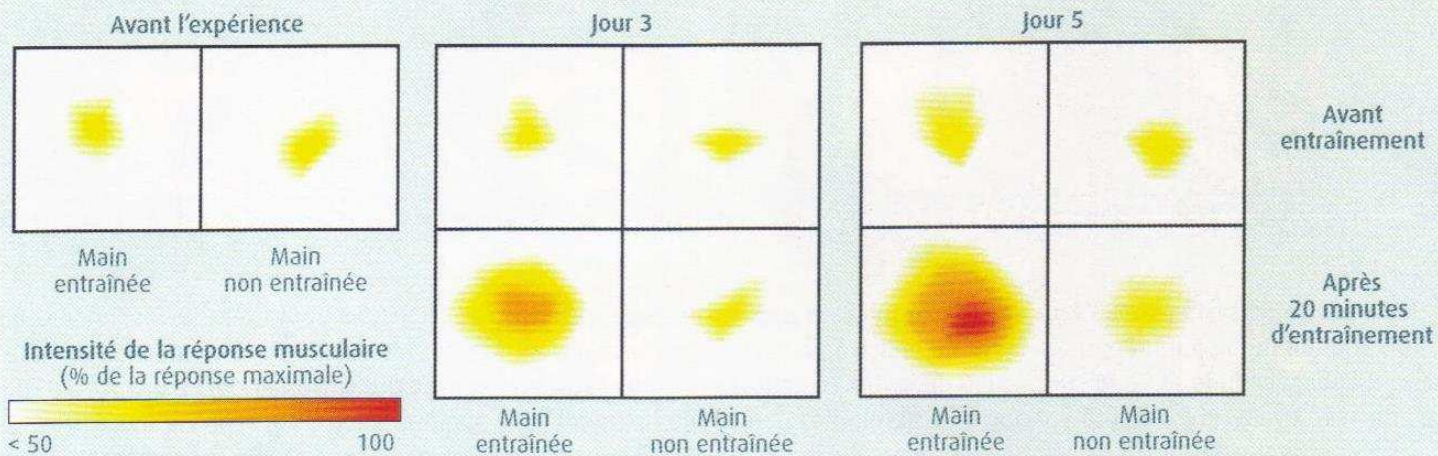
La plasticité permet la mise en place de différences entre les individus en relation avec leurs activités.

## 2) Plasticité cérébrale et apprentissage



**3 Les mains d'un pianiste.** Les pianistes professionnels sont capables de jouer plusieurs dizaines de notes par minute et deux mélodies indépendantes (avec la main gauche et la main droite). Cette virtuosité est acquise au prix d'un travail continu (plusieurs heures par jour), le plus souvent depuis l'enfance. En cartouche, un extrait de la partition de l'une des pièces les plus virtuoses du répertoire du piano: le 3<sup>e</sup> concerto de Sergeï Rachmaninov.

### Expérience 1



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.

Les expériences mettent en évidence deux types de modifications corticales liées à l'entraînement.

D'une part, les cartes motrices des différents muscles des doigts présentent une surface croissante pour la main entraînée d'un jour sur l'autre (expérience 1) et d'une semaine sur l'autre (expérience 2). On peut parler d'apprentissage et de plasticité à long terme.

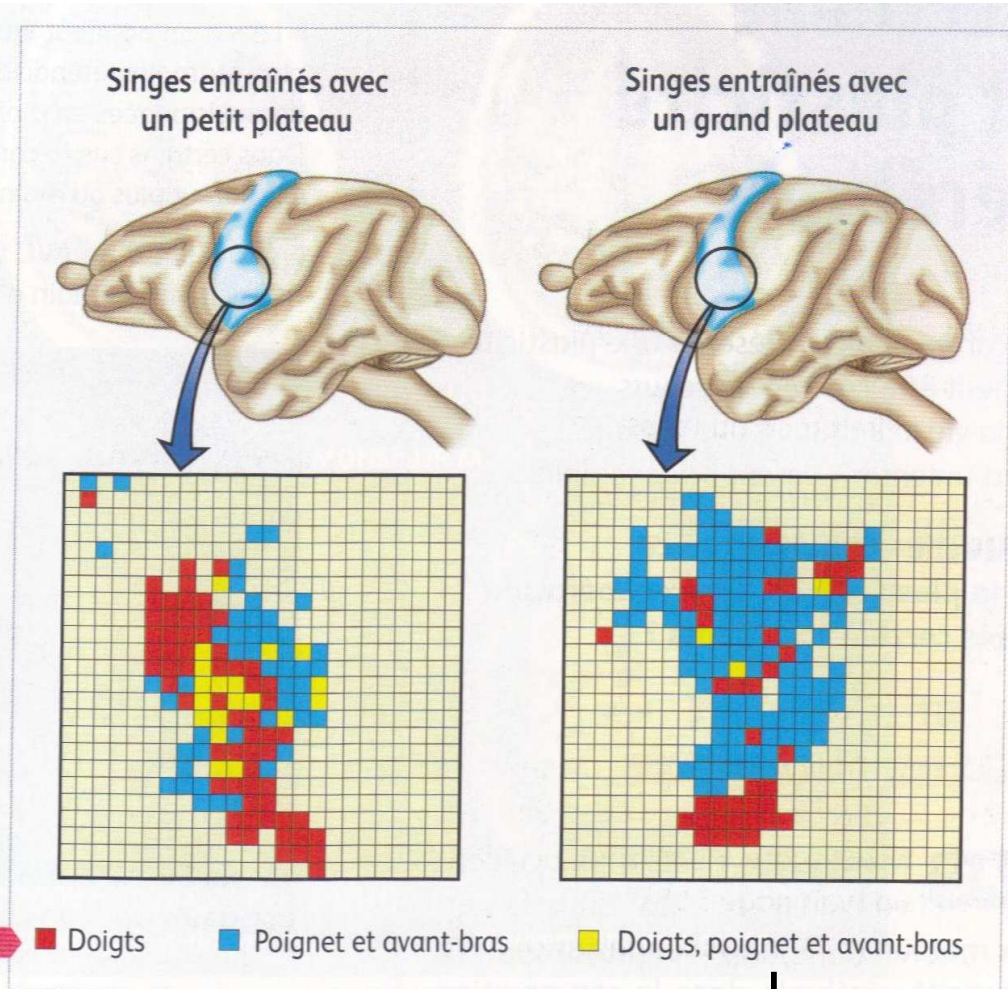
D'autre part, on constate que la surface des cartes motrices est également croissante après 20 minutes d'entraînement. Ceci témoigne d'un apprentissage et d'une plasticité à plus court terme.

# Plasticité cérébrale et apprentissage

Des chercheurs se sont demandés si l'**apprentissage** d'une nouvelle tâche pouvait modifier l'organisation du cortex moteur.

Ils ont entraîné un groupe de singes écureuils à saisir des croquettes de nourriture sur un petit plateau à l'extérieur de la cage à barreaux, alors qu'un autre groupe devait saisir les croquettes sur un plateau bien plus grand. Avec les grands plateaux, les singes peuvent saisir les croquettes avec l'ensemble de la main. Sur les petits plateaux, les singes ne peuvent saisir les croquettes qu'avec un ou deux doigts.

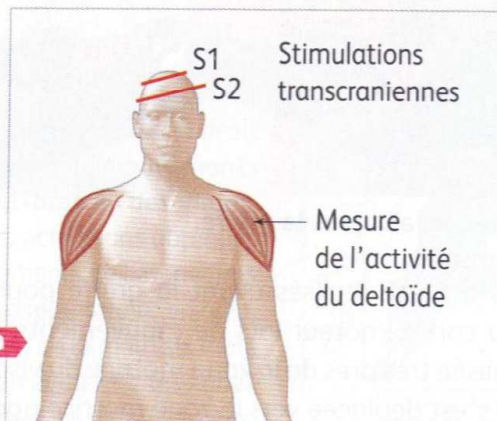
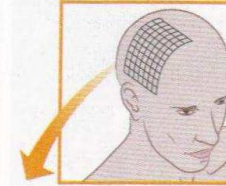
Après 12 000 récupérations de croquettes pour chacun des groupes, les chercheurs ont établi les cartes motrices correspondant à la main. Pour les singes qui saisissaient les croquettes sur le grand plateau, les chercheurs n'ont pas observé de modification dans l'organisation de cette carte motrice.



# Plasticité et entraînement physique

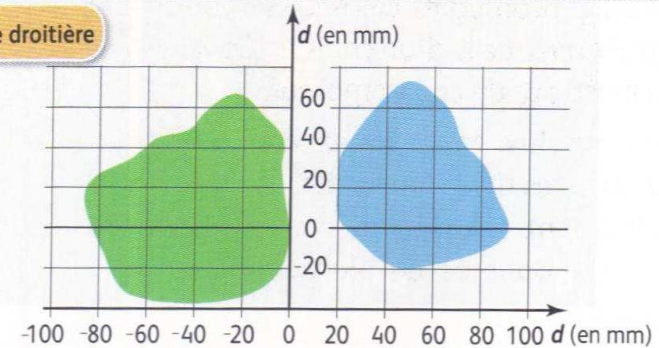
► Pour savoir si la pratique intensive d'un sport modifie la représentation motrice des muscles impliqués, on a étudié l'organisation du cortex moteur d'athlètes pratiquant à haut niveau le volley ou la course à pied. Le volley sollicite particulièrement les muscles deltoïdes contrairement à la course. Le bras droit est davantage utilisé que le bras gauche si le volleyeur est droitier.

► On applique des stimulations magnétiques à la surface du crâne au niveau du cortex moteur à différents endroits et l'on observe les muscles qui se contractent en réponse à ces stimulations. On peut ainsi établir la carte des aires motrices impliquées dans le contrôle de différents muscles. On détermine la surface des représentations corticales pour les muscles deltoïdes droit et gauche de deux athlètes de haut niveau.

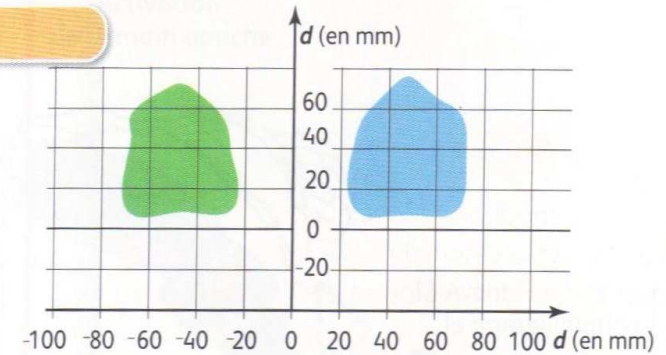


**Localisation des muscles impliqués.**

**Volleyeuse droitère**



**Coureuse**



**Carte corticale gauche (en vert) et droite (en bleu) pour les muscles deltoïdes d'une volleyeuse droitère et d'une coureuse.**

# Conclusion

Il apparaît que les différences de cartes motrices interindividuelles peuvent essentiellement s'expliquer par les apprentissages moteurs. Ces apprentissages sont permis par une plasticité du cortex moteur, qui s'exerce à court terme ou à plus long terme. Un apprentissage moteur doit donc être répété régulièrement et sur une longue durée pour entraîner des modifications corticales durables.

Les structures cérébrales présentes à la naissance ne sont pas figées : sous l'effet de l'apprentissage et de l'entraînement, le cortex moteur peut se modifier contribuant ainsi à l'amélioration des performances motrices. C'est une conséquence de la plasticité cérébrale.

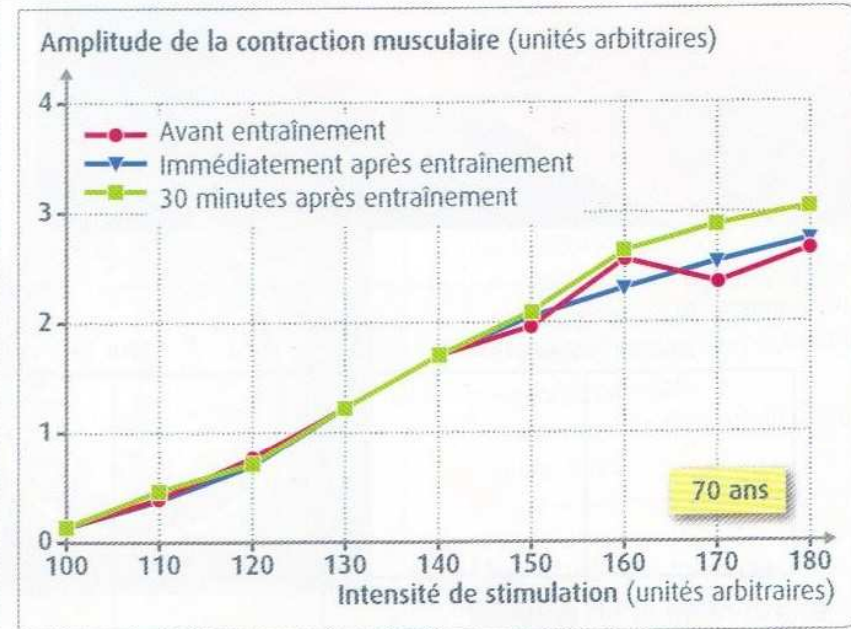
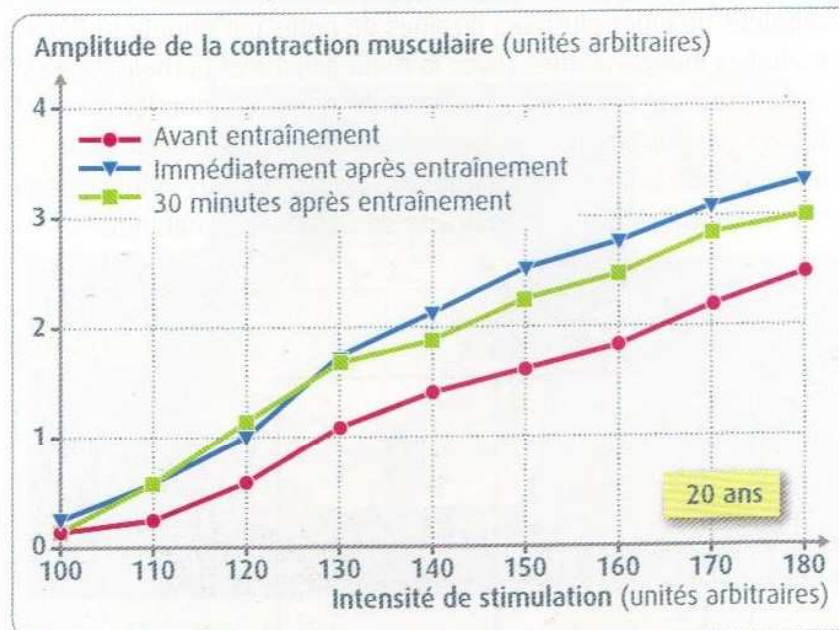


# Bilan

- La comparaison des **cartes motrices** de plusieurs individus révèle l'existence de différences importantes. De fait, tout comme le cortex visuel, le cortex moteur présente des capacités de remaniement au cours de la vie, c'est-à-dire une **plasticité**. Cette plasticité est due à différents facteurs et, en particulier, à l'entraînement moteur.
- Des études réalisées par IRMf ont ainsi montré qu'un entraînement quotidien au piano pouvait considérablement accroître la taille des territoires de l'aire motrice primaire contrôlant certains des muscles de la main. Cet effet est observé après quelques dizaines de minutes d'entraînement seulement, mais les modifications du cortex moteur sont alors transitoires et réversibles. L'accroissement des territoires concernés de l'aire motrice primaire est toutefois stabilisé par un entraînement répété sur une période de temps plus grande (plusieurs semaines).
- La plasticité du cortex moteur est à la base des apprentissages moteurs.

## - IV - Plasticité cérébrale et médecine

### 1) 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.

Chez des individus âgés de 20 ans, l'amplitude de la contraction musculaire du pouce est globalement plus élevée immédiatement après l'entraînement qu'avant. Elle est légèrement inférieure 30 minutes plus tard. Ces résultats témoignent certainement de l'apprentissage moteur et de la plasticité cérébrale qui lui est associée.

Chez les individus âgés de 70 ans, le document ne montre pas de différence significative entre les 3 conditions, ce qui tend à témoigner de l'absence d'apprentissage moteur et de plasticité associée. On pourrait donc penser que les capacités de remaniement se réduisent tout au long de la vie, peut-être en lien avec une dégradation des cellules cérébrales.



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 du 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.

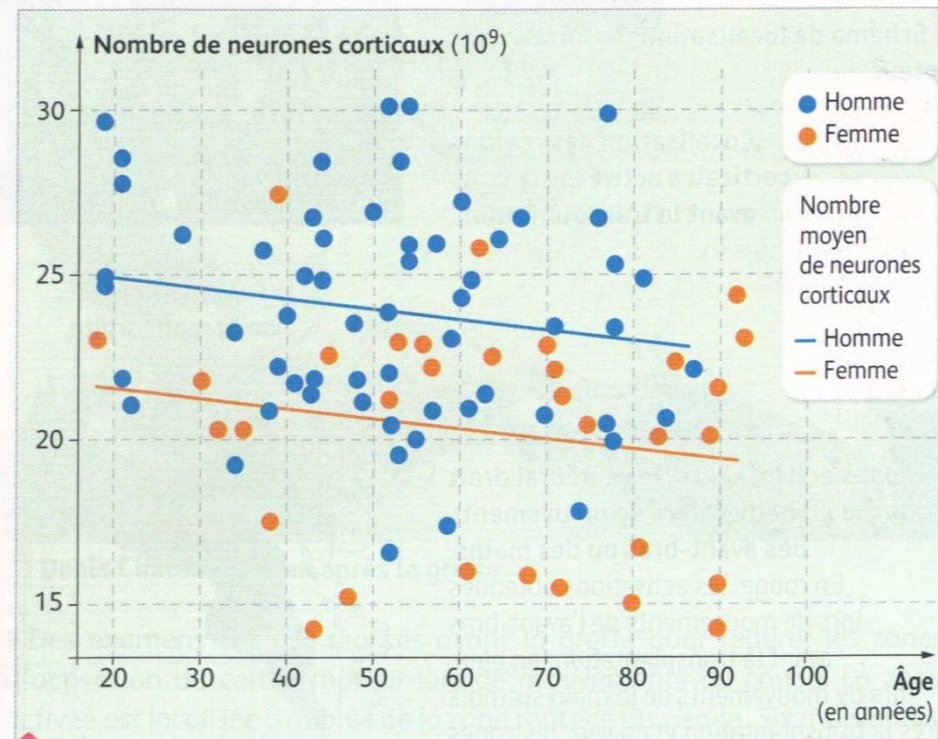
#### 2 Le cortex moteur vieillit-il ?

Ce document module fortement les conclusions précédentes. D'après C. Vidal, la perte de neurones est mineure avec l'âge (- 10%), même si on observe une diminution de la connectivité du réseau.

De plus, certaines expériences montrent au contraire une persistance avec l'âge des capacités de remaniement cortical.

# Nombre de neurones

Le nombre de neurones corticaux a été évalué dans le cortex d'individus d'âges différents et une moyenne a été établie.



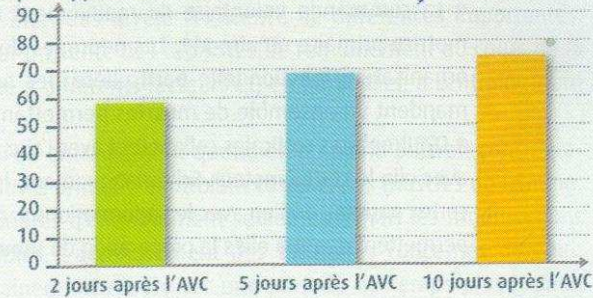
Nombre de neurones entre 20 et 90 ans.

## 2) Plasticité cérébrale et facultés de récupération motrice

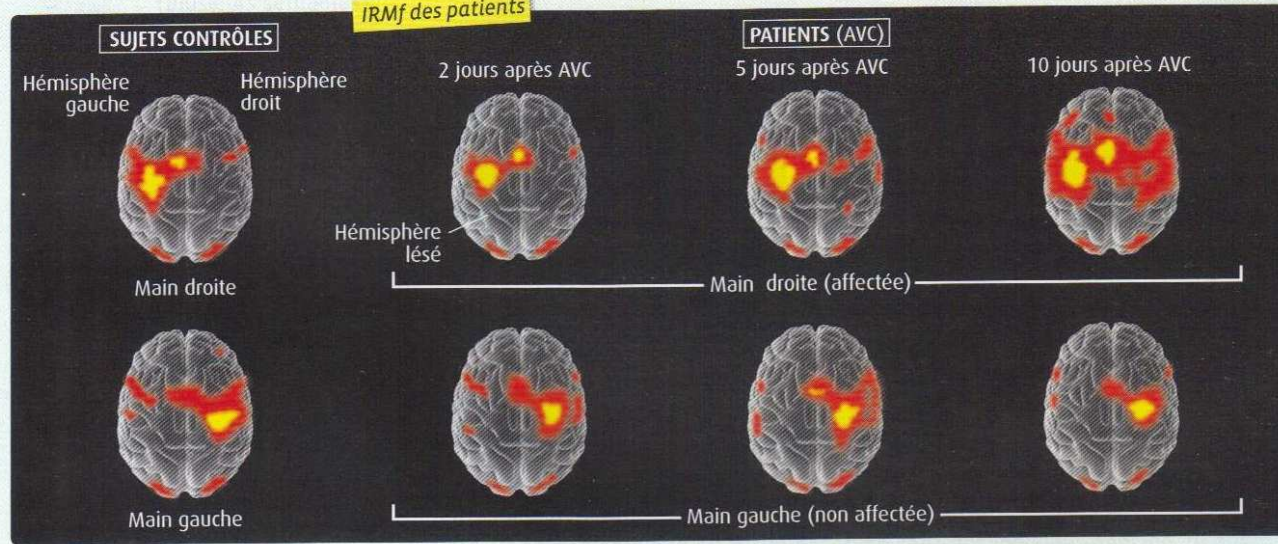
Lors d'un AVC, l'obstruction d'une petite artère interrompt la circulation sanguine dans la région qu'irriguait le vaisseau. Cela entraîne la mort d'un grand nombre de neurones dans cette zone. Onze patients ayant subi un AVC affectant le cortex moteur gauche ont été suivis. Tous présentaient un déficit moteur de la main droite. On a étudié par IRMf l'activité du cortex lorsque les patients fermaient le poing gauche ou le poing droit. L'expérience a été réalisée 2, 5 et 10 jours après l'AVC. Dans le même temps, la force de fermeture du poing droit a été évaluée.

### Récupération motrice des patients

Pourcentage de force de la main affectée par rapport à la main non affectée



### IRMf des patients



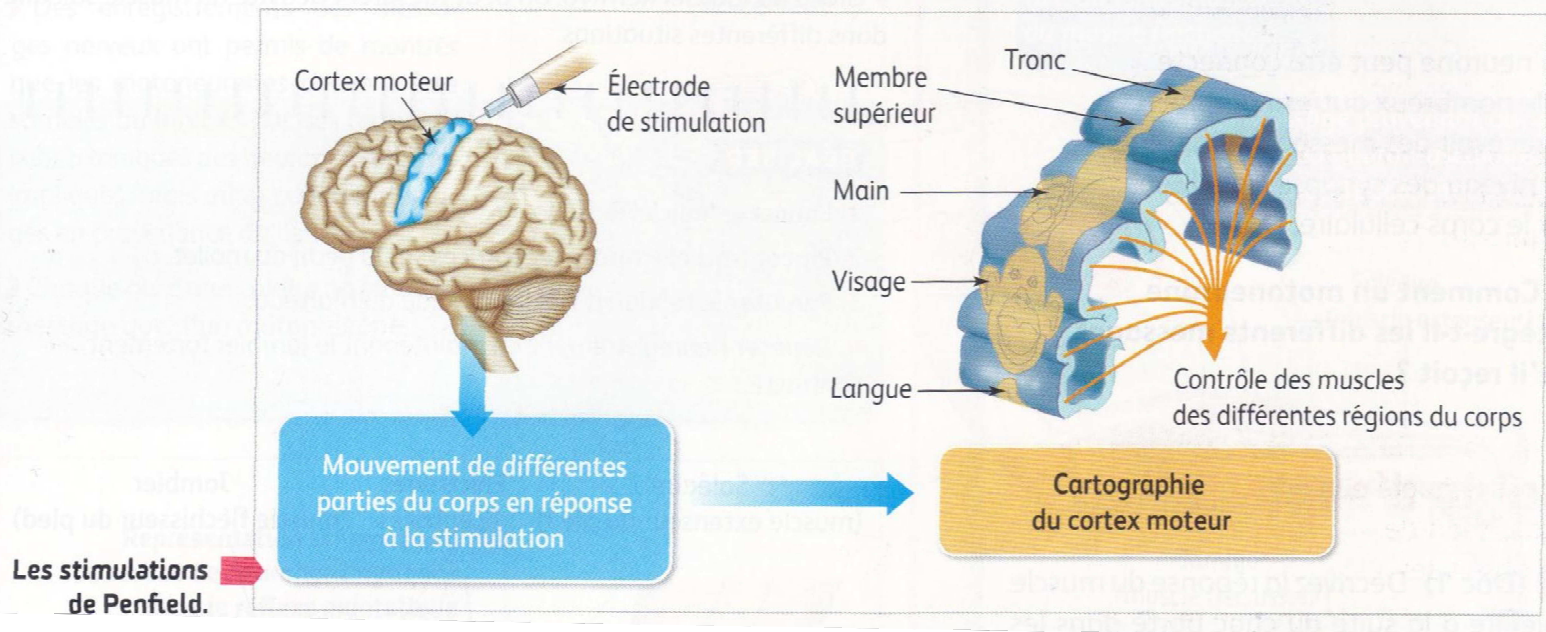
3 Une étude de la récupération motrice après un accident vasculaire cérébral (AVC).

On constate qu'après leur AVC, les patients récupèrent progressivement leur force motrice au cours du temps : on passe de 60% après 2 jours à 75% après 10 jours. Les IRMf des patients présentent des modifications des cartes motrices de la main droite (par rapport à une absence de modification pour la main gauche non affectée). On constate une extension des zones corticales mobilisées et en particulier le recrutement de zones situées au sein de l'hémisphère opposé. Ce phénomène témoigne de la plasticité du cortex moteur.

# Découverte historique des aires cérébrales

- ▶ 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.

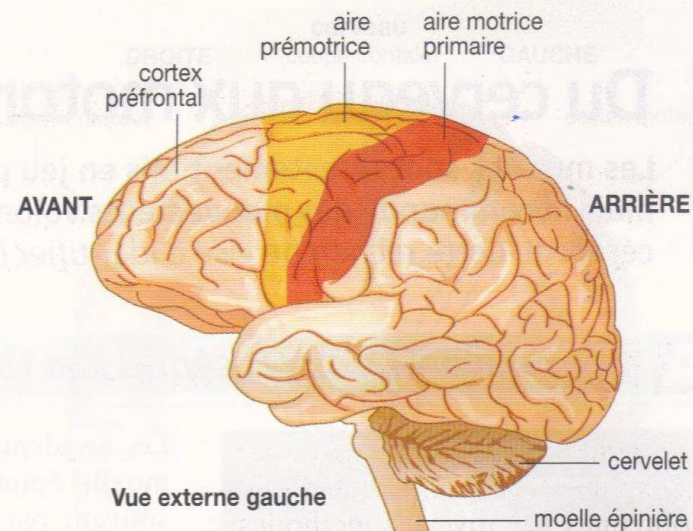
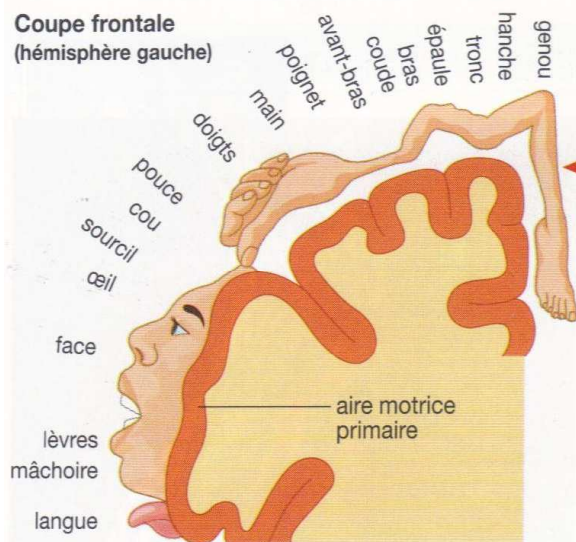




## Une « carte motrice » à la surface du cerveau

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**.

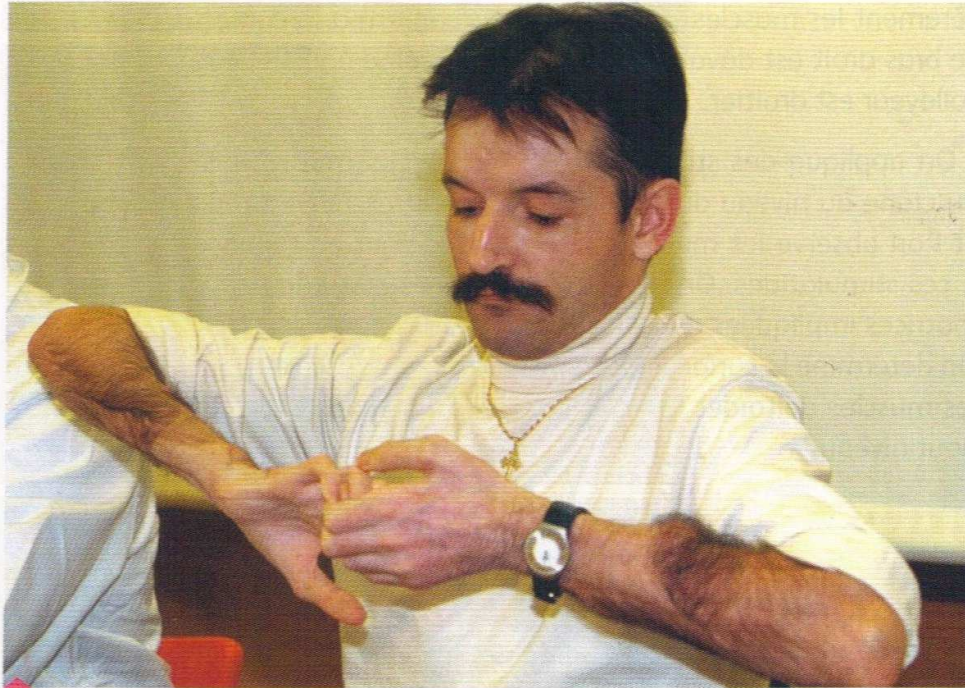
**Coupe frontale**  
(hémisphère gauche)



◀ 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.

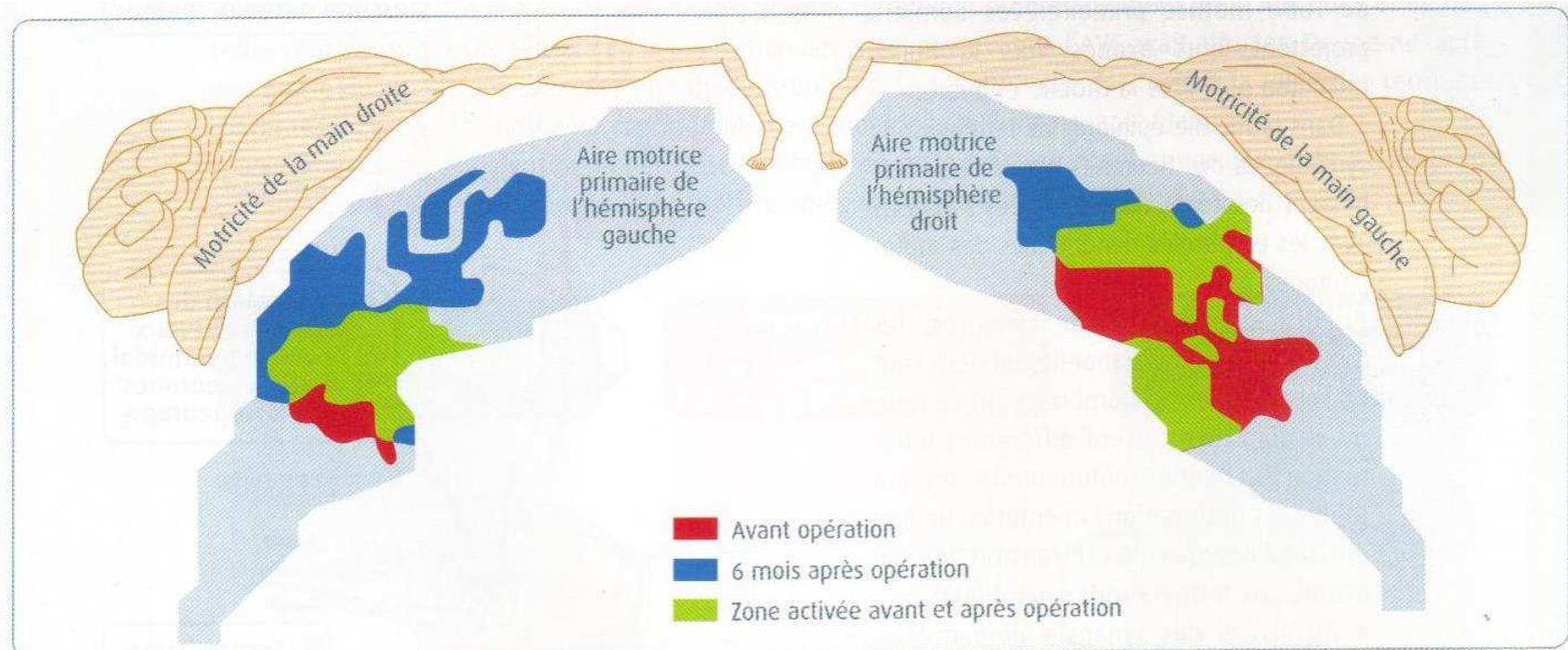
## Plasticité et greffe

En Janvier 2000, le professeur Dubernard, à l'hôpital Édouard Herriot à Lyon, greffe deux mains à un homme qui avait été amputé de ses mains en 1996.



**a** Denis Chatelier, un an après la greffe.

Un mois et demi après, le patient pouvait ébaucher des mouvements des doigts et au bout de 6 mois, il pouvait commencer à saisir des objets. Aujourd'hui, il se sert normalement des deux mains.

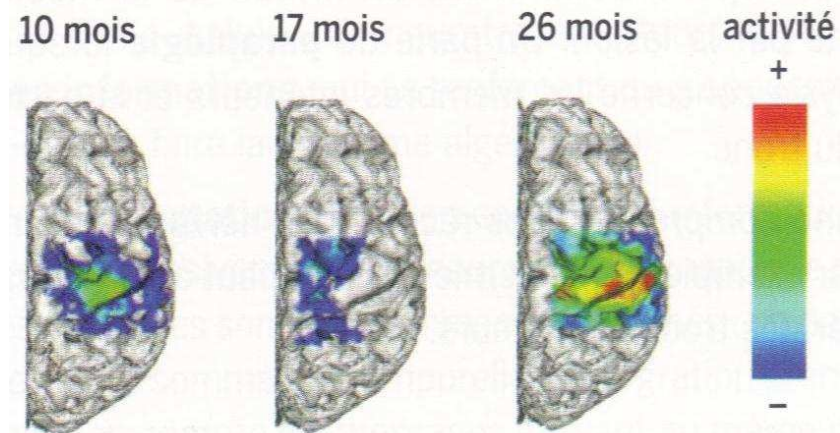


**4** Une étude de la réorganisation du cortex moteur chez un patient ayant subi une greffe des deux mains. Ce patient, amputé des deux mains en 1996, a pu être greffé en 2000 à Lyon. L'activité du cortex moteur primaire contrôlant le mouvement des mains est suivie par IRMf avant et après la greffe. Après la greffe, l'IRMf a été réalisée alors que le patient réalisait des mouvements de flexion et d'extension des doigts. Avant la greffe, ces mouvements ont été reproduits par une contraction assistée (palpation) des muscles de l'avant-bras. Cette contraction est normalement associée aux mouvements des doigts.

Suite à une greffe des 2 mains, on constate chez le patient un décalage vers le haut des cartes motrices de la main gauche et de main droite. On peut penser que l'amputation des deux mains avait modifié les cartes motrices en les décalant vers le bas, et que la greffe a restauré les cartes motrices originales. Il s'agit ici encore d'un témoignage de la plasticité cérébrale du cortex moteur.

## Les suites d'une greffe

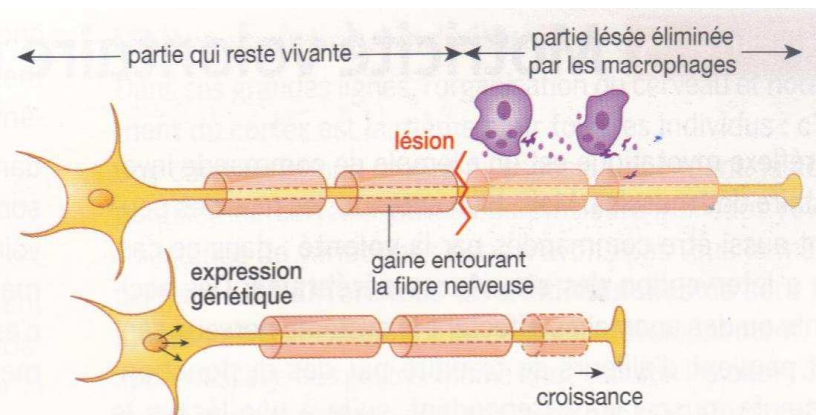
L'examen **IRMf** a permis de détecter, 10 mois après la greffe, des zones actives du cortex moteur correspondant aux muscles de la main greffée. Ces zones, diffuses au départ, se sont peu à peu déplacées pour occuper leur position normale : petit à petit, le cerveau « intègre » les muscles greffés dans le cortex moteur.



Activité du cortex moteur (hémisphère droit) correspondant aux muscles assurant la mobilité de l'index gauche dans les mois suivant la greffe.

## Limites et espoirs de la neurorégénération

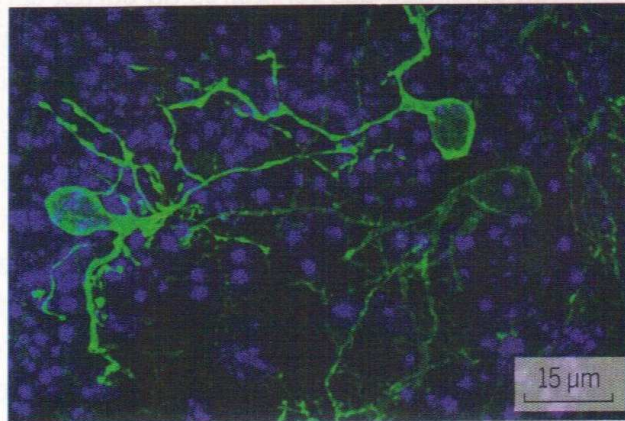
Il est bien connu qu'un neurone est capable de reconstituer une fibre lésée. Seule la partie comportant le corps cellulaire est capable d'une telle régénération. La croissance de la fibre peut s'effectuer sur plusieurs centimètres et les fibres régénérées peuvent rétablir des connexions synaptiques avec leur cible. Cependant, cette régénération, courante en ce qui concerne les **nerfs périphériques**, n'a jamais été observée dans les centres nerveux. Notons qu'il n'y a pas, ici, production de nouveaux neurones.



**Doc. 3** Une régénération limitée aux neurones périphériques.

On a longtemps cru que les neurones ne se renouvelaient pas et qu'une inexorable diminution de leur nombre expliquait les symptômes du vieillissement. On sait depuis peu que ces idées sont fausses. En effet, des **cellules souches** pouvant se différencier en nouveaux neurones ont été découvertes dans le cerveau d'un homme adulte. On sait aussi que ces neurones ont la possibilité de migrer, d'établir de nouveaux contacts synaptiques et de s'intégrer dans un réseau déjà existant. Cependant, leur nombre reste faible et leur intervention dans le remplacement d'un tissu lésé n'est pas établie. Par ailleurs, le développement de méthodes rigoureuses pour compter le nombre de neurones a conduit à la conclusion que la chute du nombre de neurones n'est pas significative dans le vieillissement normal. En revanche, elle l'est dans le cas d'une dégénérescence massive à l'origine des maladies dites neurodégénératives (Alzheimer, Parkinson).

Ainsi, il se confirme que la régénération du système nerveux est difficile : les neurones sont donc un capital qu'il convient de préserver !



Nouveaux neurones âgés de 3 semaines (en vert) venant de s'intégrer dans le cerveau d'une souris adulte.

**Doc. 5** La production de nouveaux neurones.

# Conclusion

Le vieillissement entraîne une légère perte du nombre de neurones et de connexions cérébrales. Il n'est en revanche pas certain que ces modifications entraînent une diminution des capacités de remaniements puisque les résultats de différentes études divergent sur ce point.

Il est en revanche très clair que la plasticité cérébrale est essentielle à la récupération motrice dans les cas d'AVC ou d'amputations suivies de greffes. Le patient est alors confronté à un nouvel apprentissage moteur qui grâce à la plasticité cérébrale permet la récupération motrice.

# Bilan

- Certaines expériences suggèrent une réduction des capacités de plasticité du cortex cérébral moteur lors du vieillissement, tandis que d'autres montrent, au contraire, leur persistance avec l'âge. Ainsi, des études montrent que, lors de l'apprentissage du jonglage, des individus âgés de 70 ans témoignent d'une plasticité au niveau du cortex moteur qui est comparable à la plasticité observée chez des individus âgés de 20 ans.
- Chez des patients ayant subi un accident vasculaire cérébral (AVC) affectant les aires motrices corticales (et donc la motricité de certains muscles), on constate une récupération progressive des capacités motrices. Dans le même temps, les régions corticales endommagées retrouvent progressivement leurs fonctions et de nouvelles régions sont recrutées lors de la réalisation des mouvements que l'AVC avait affectés. De même, après une greffe des mains, on constate une modification des cartes motrices des mains : la taille des territoires concernés de l'aire M1 augmente considérablement, pour les deux mains, après la greffe.
- Ces observations attestent de la plasticité cérébrale du cortex moteur et montrent que cette plasticité est essentielle aux facultés de récupération motrice après un accident.



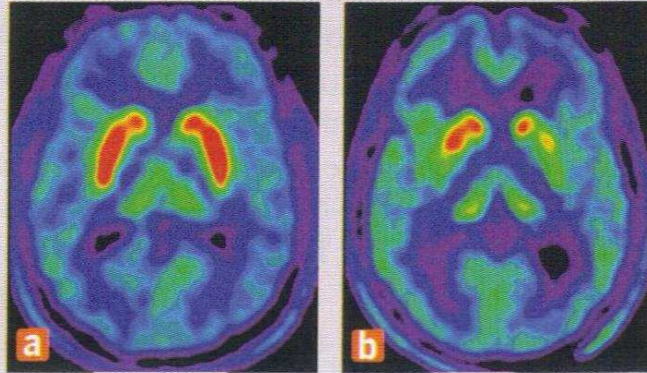
Causes et conséquences de la plasticité du cortex cérébral moteur.



# Des troubles de la motricité dus à des déficiences cérébrales

## La maladie de Parkinson

La maladie de Parkinson touche 1,5 % des personnes de plus de 65 ans. Elle se manifeste par des troubles de la motricité : tremblements au repos, surtout au niveau des mains, mouvements difficiles à exécuter, marche lente à petits pas, difficultés d'élocution... Cette maladie est due à la disparition progressive de neurones situés en profondeur dans l'encéphale.



Dr Gaëtan Garraux – Service de neurologie, CHU de Liège, Belgique

Coupes transversales montrant une diminution de l'activité des neurones utilisant de la **dopamine** comme neurotransmetteur.

a : sujet normal.

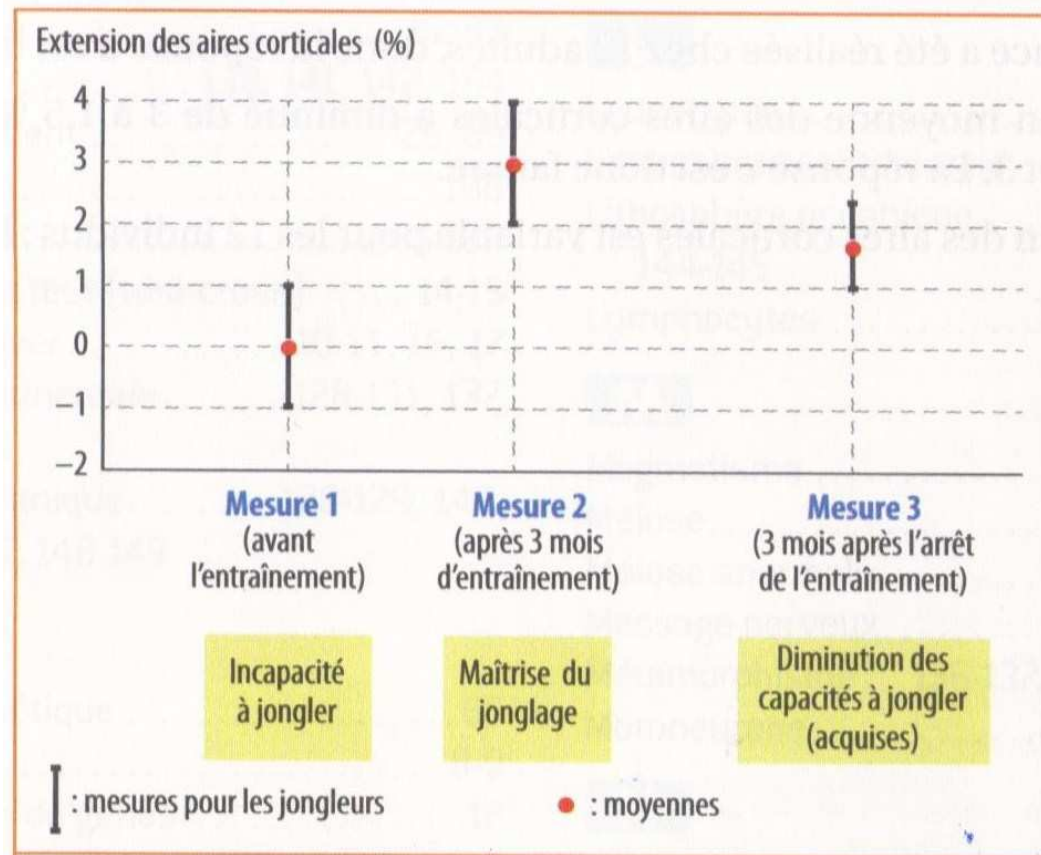
b : sujet atteint de la maladie de Parkinson.

## L'apraxie

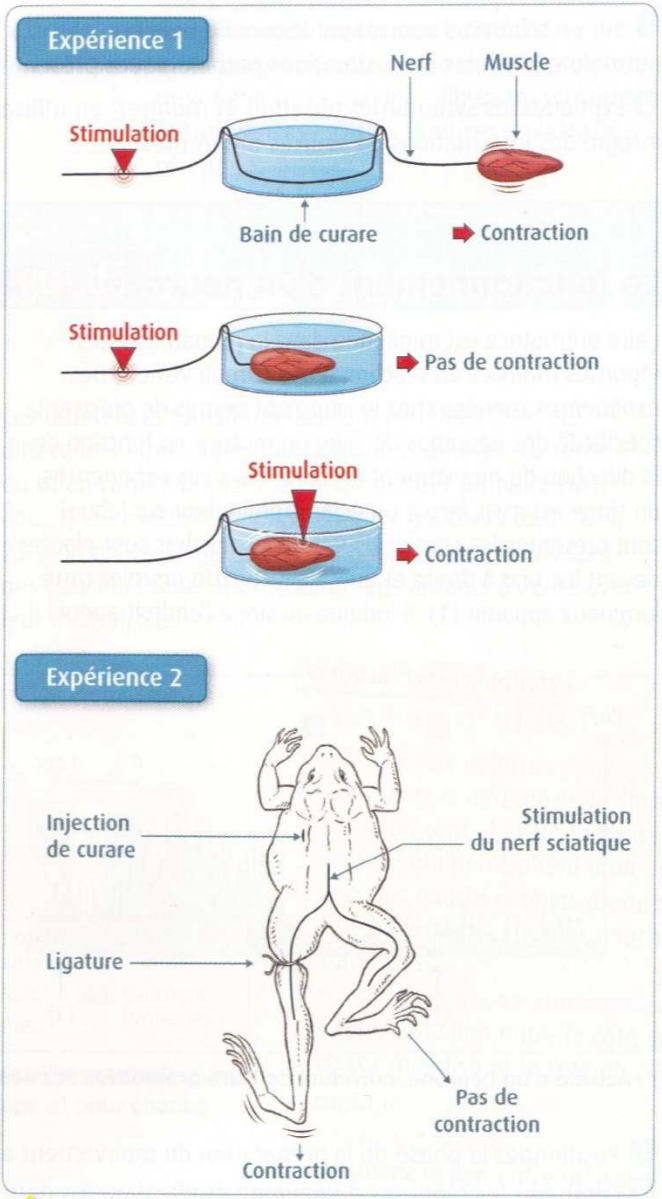
L'apraxie (du grec *praxis*, action) est un trouble de la réalisation des gestes : le sujet est incapable d'exécuter certains mouvements de façon intentionnelle ou lorsqu'on lui donne un ordre. Les fonctions motrices sont cependant intactes : le sujet ne présente aucune paralysie.

Ce déficit neurologique concerne la conceptualisation et l'exécution programmée des mouvements, mettant en jeu les aires prémotrices et le cortex préfrontal.

## Résultats des mesures des aires corticales



Avec des individus témoins n'ayant pas appris à jongler, on ne mesure aucune extension des régions étudiées lors des trois mesures.



**1** Les expériences de Claude Bernard.