



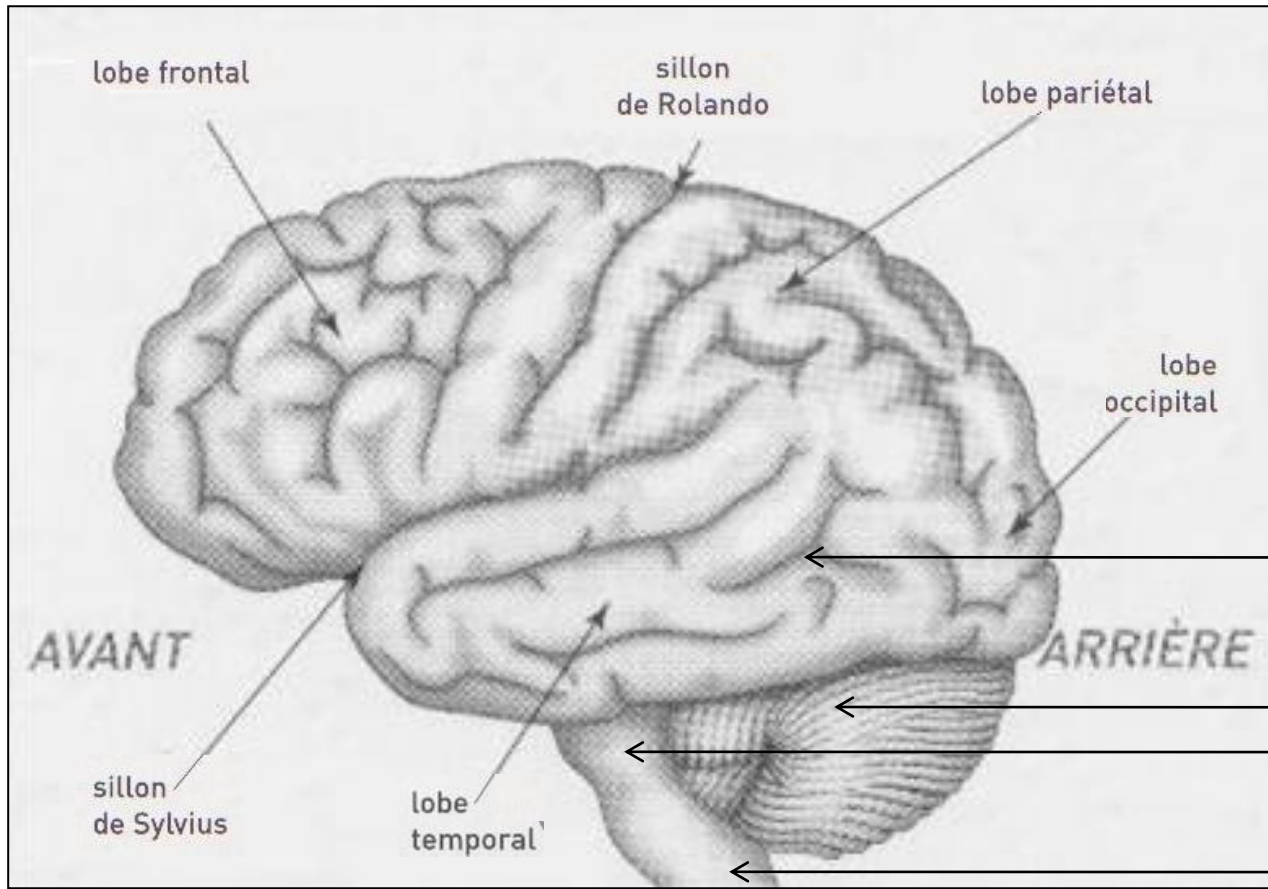
Chapitre 2 : le cerveau, rôle dans les mouvements volontaires et fragilité.

Remplir le tableau des dysfonctionnements mettant en évidence le circuit de la motricité volontaire



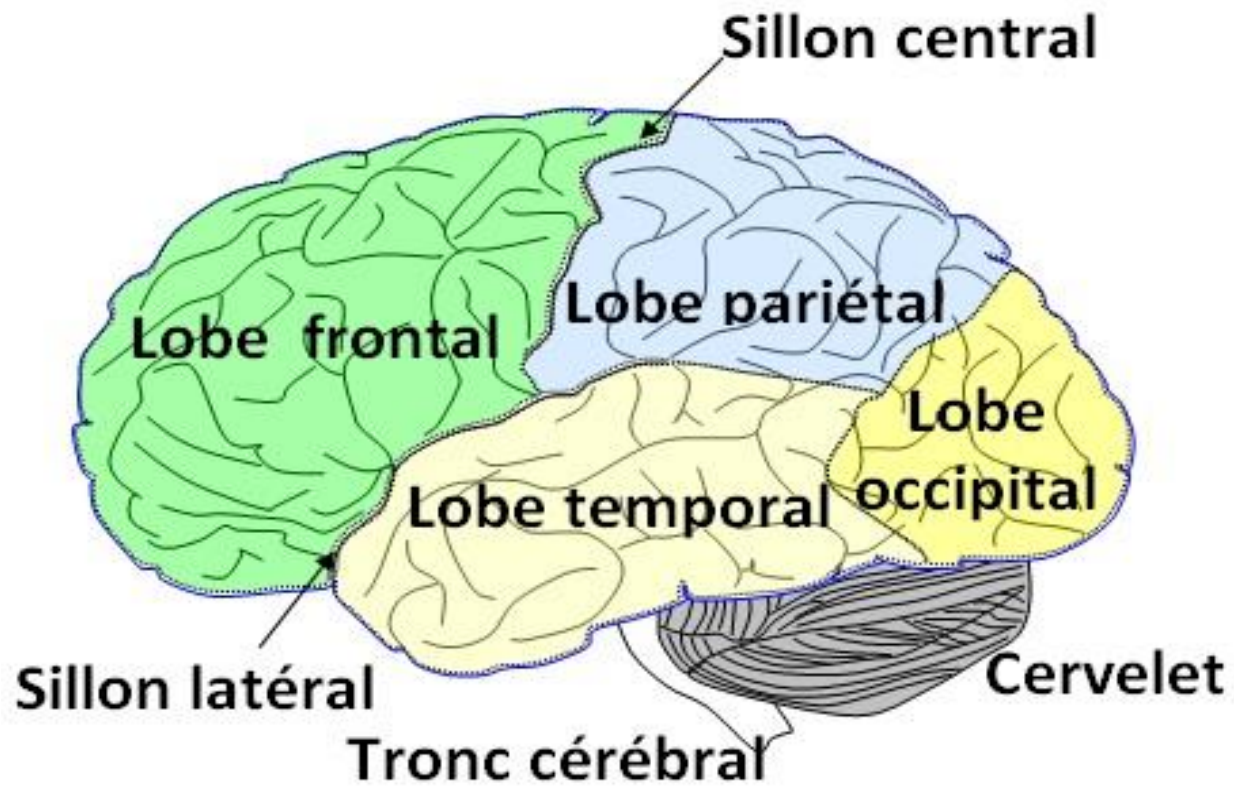
I. La commande volontaire d'un mouvement.

A. Le cortex moteur.

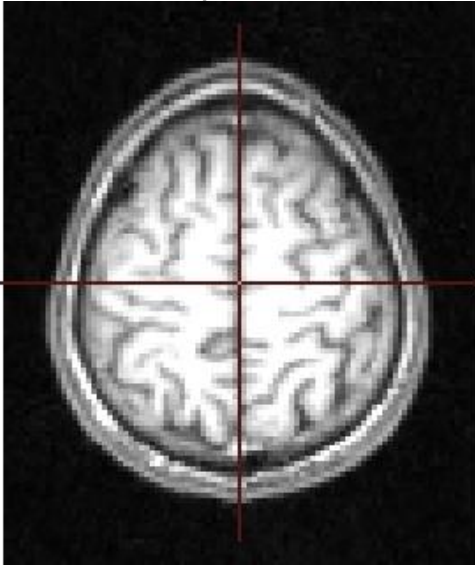


- Hémisphère cérébral
- Cervelet
- Tronc cérébral = bulbe rachidien
- Moelle épinière

E
N
C
E
P
H
A
L
E



Coupe axiale

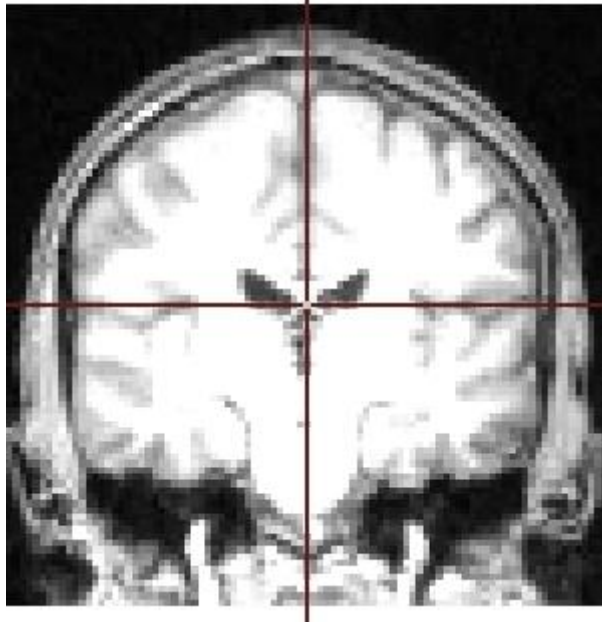


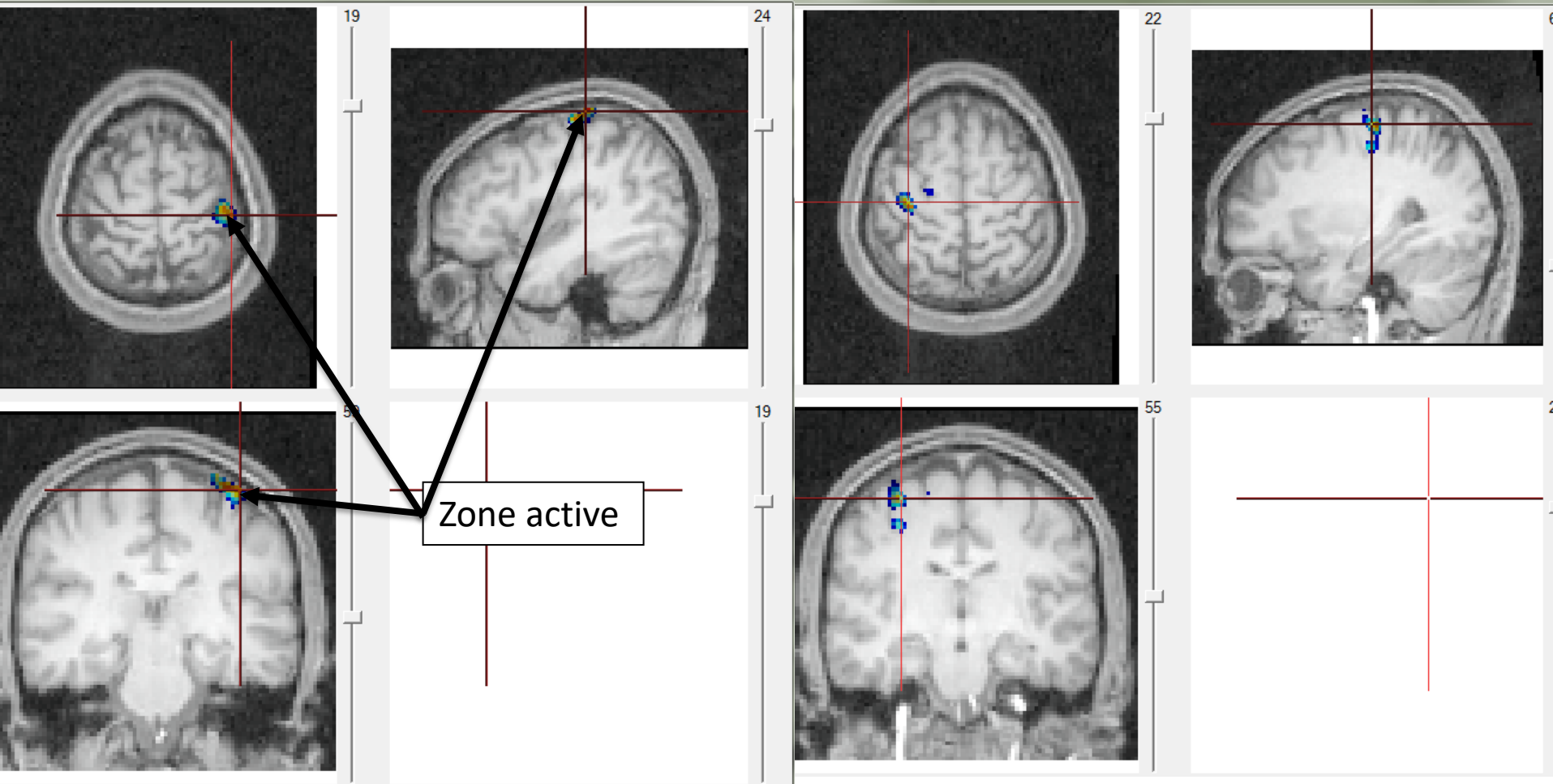
Coupe sagittale



IRM anatomique d'une
personne saine

Coupe frontale

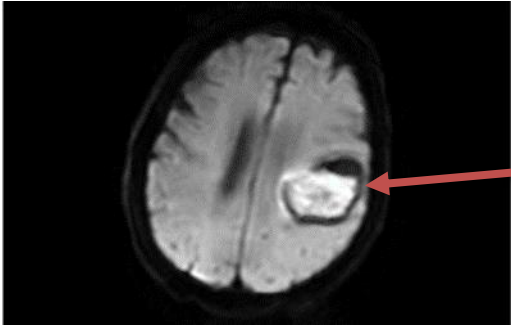




IRMf Motricité main
gauche

IRMf Motricité main
droite

Localisation : cortex hémisphère droit, lobe frontal



Lésion due à l'AVC

Etape 3 : présentation des résultats

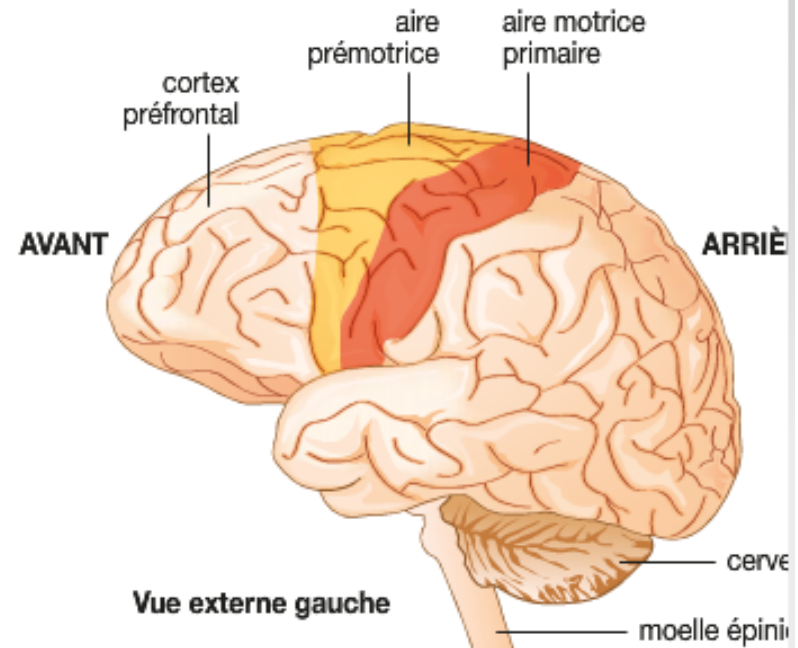
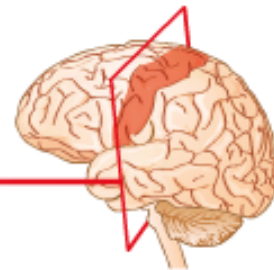
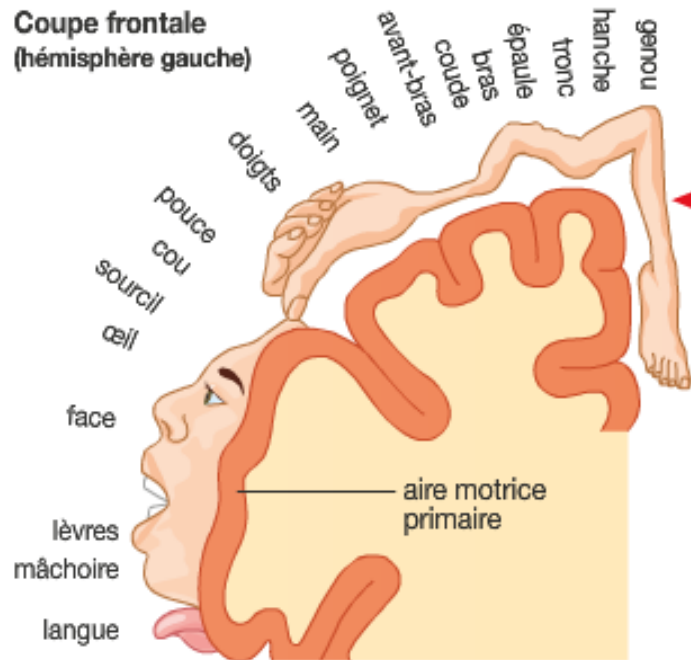
- Images des IRM titrées, légendées
- Témoin présent
- Possibilité de relier l'image de l'AVC avec l'activation de la main gauche pour déjà montrer à l'examineur que vous avez localisé l'AVC au même endroit que l'aire motrice.

Etape 4 : conclusion

- « Je vois que » : on décrit uniquement les résultats présentés dans l'étape 3
- « je sais que » : on sélectionne les informations fournies dans le doc référence/connaissances pour expliquer/commenter les résultats
- « j'en déduis que » : on répond au problème posé à l'aide des déductions tirées des expériences.

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)

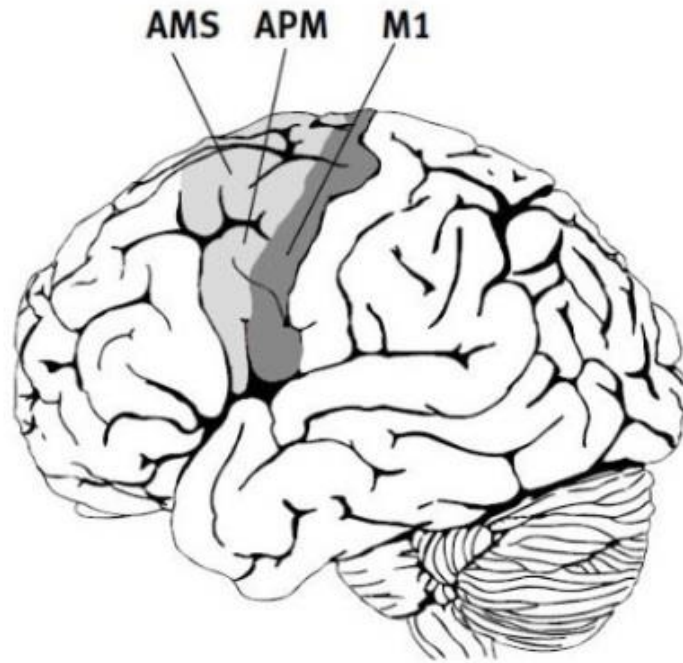


◀ Toute stimulation pratiquée dans l'aire motrice se traduit par l'exécution d'un mouvement d'une partie du corps alors qu'une lésion entraîne une paralysie de cette même partie.

Des expériences systématiques de stimulation, qui confirment 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.

Doc. 2 Une « carte motrice » à la surface du cerveau.

Les aires corticales intervenant dans la motricité



M1 : aire motrice primaire

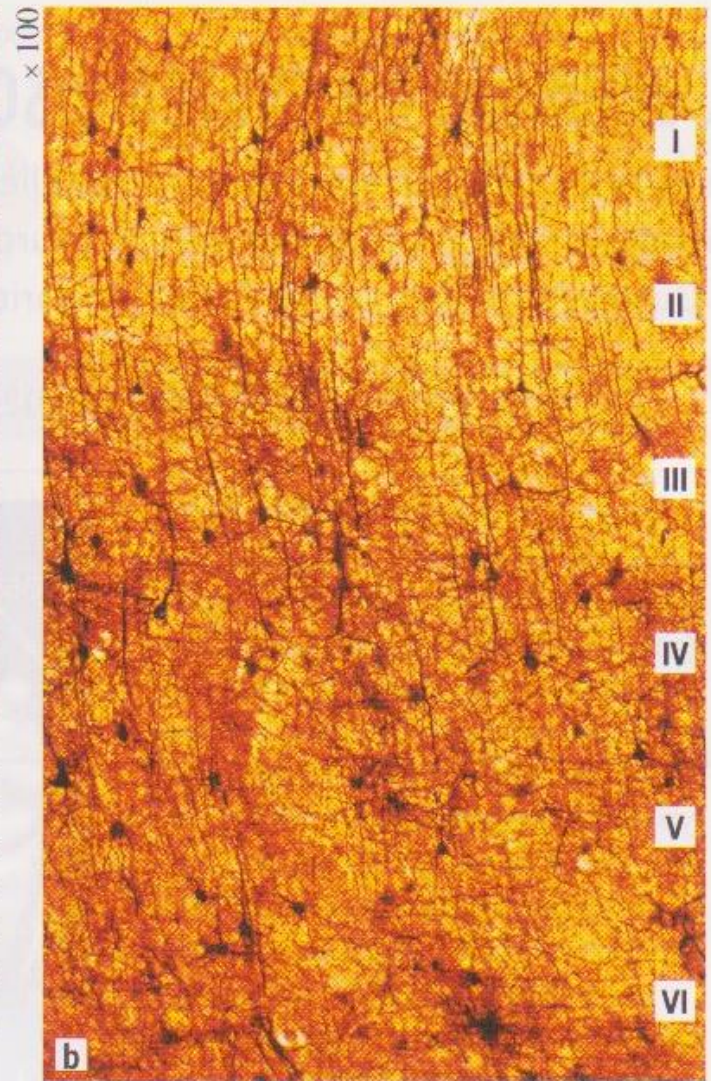
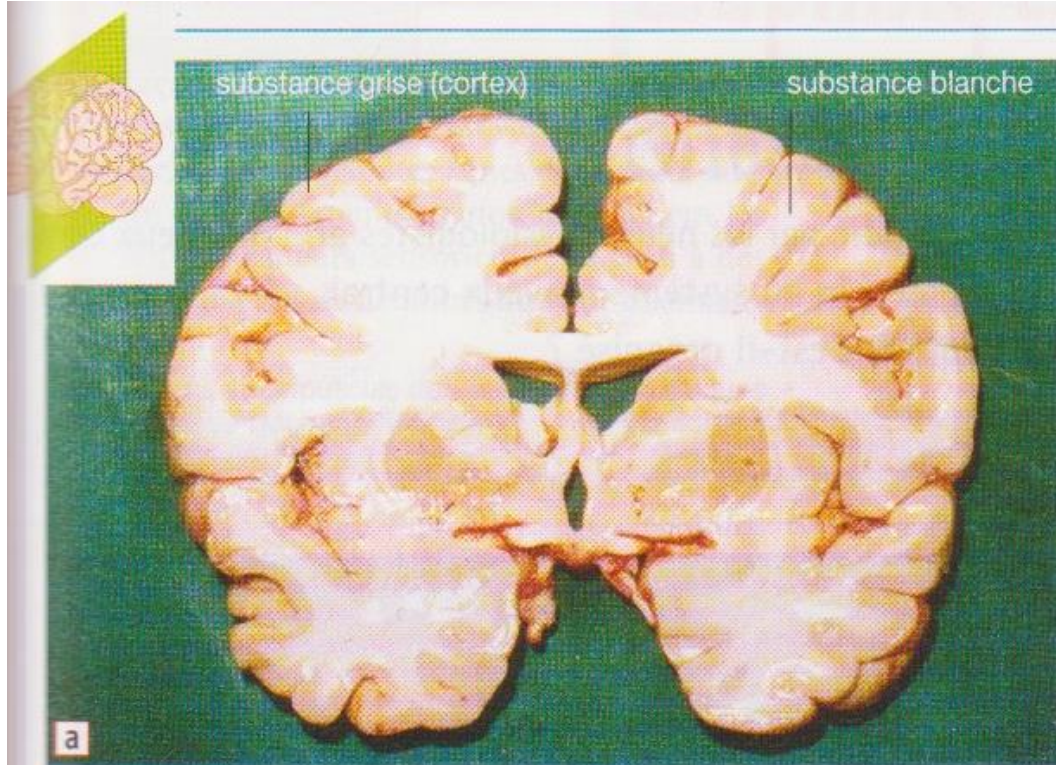
APM : aire prémotrice

AMS : aire motrice
supplémentaire



Représentation en 3D
du corps humain
montrant l'organisation
de la commande
motrice des muscles du
corps humain à la
surface du cerveau.

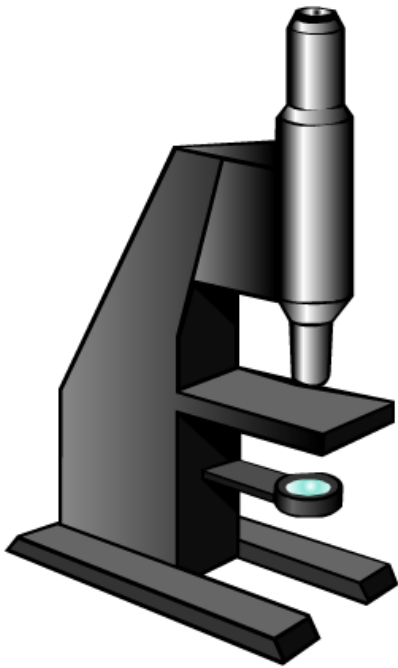
HOMONCULUS MOTEUR



Le cortex cérébral n'a que 2 à 4 mm d'épaisseur, mais les nombreux plissements du cerveau triplent sa surface. Le cortex contient 100 milliards de neurones interconnectés. Ces neurones sont répartis en **six couches superposées** numérotées de I à VI de la périphérie vers la base (**photo b**). La couche IV est la voie d'entrée du cortex puisque c'est là qu'aboutissent les fibres nerveuses sensibles. En établissant des multitudes de connexions entre elles, les autres couches constituent des voies de traitement de l'information.

Doc. 3 Le cortex cérébral, une mince pellicule de « matière grise ».

Coupe des hémisphères cérébraux



Observé au microscope optique
coloration de Golgi.

Grossissement x 200

*Cliché réalisé au laboratoire
de neurobiologie du CNRS
ch J. Aiguier, MARSEILLE*



CORTEX
PYRAMIDAL

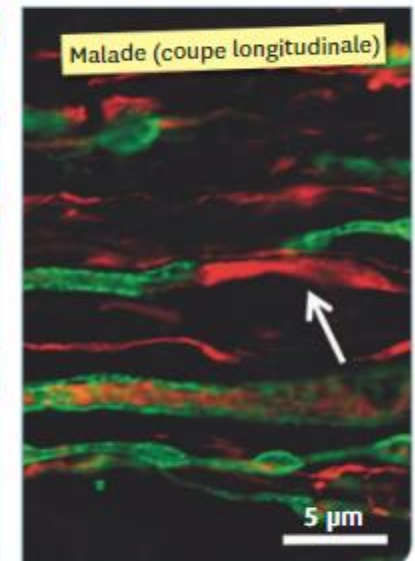
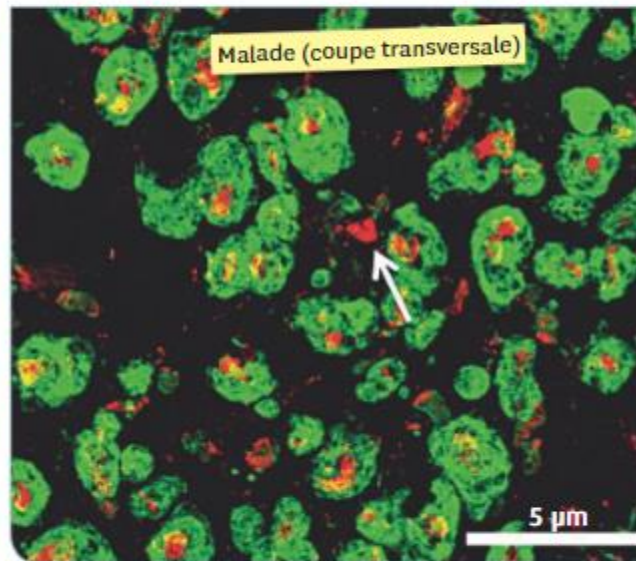
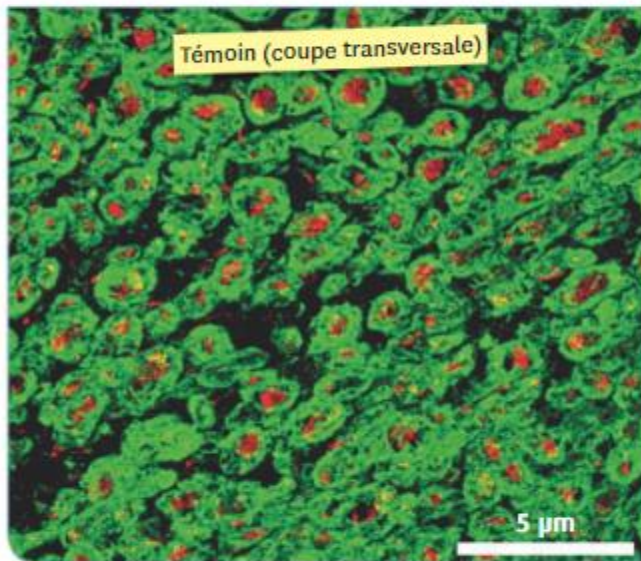
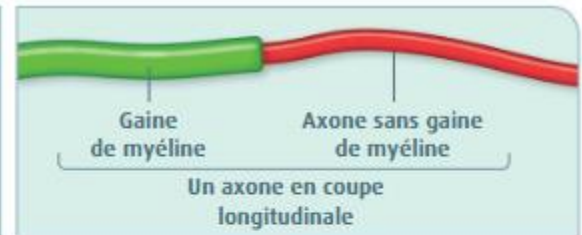
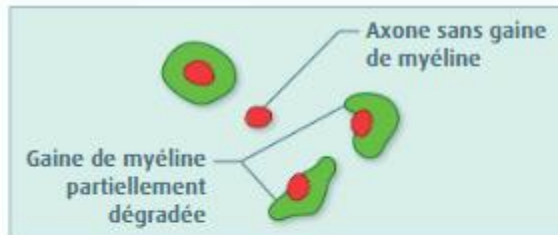
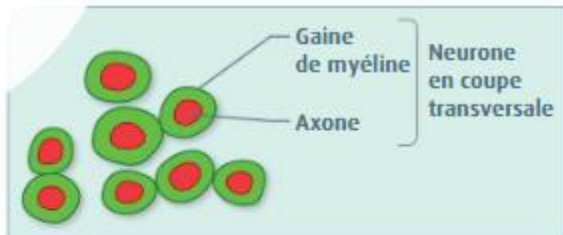
*corps cellulaire
d'un neurone
pyramidal*

RETOUR

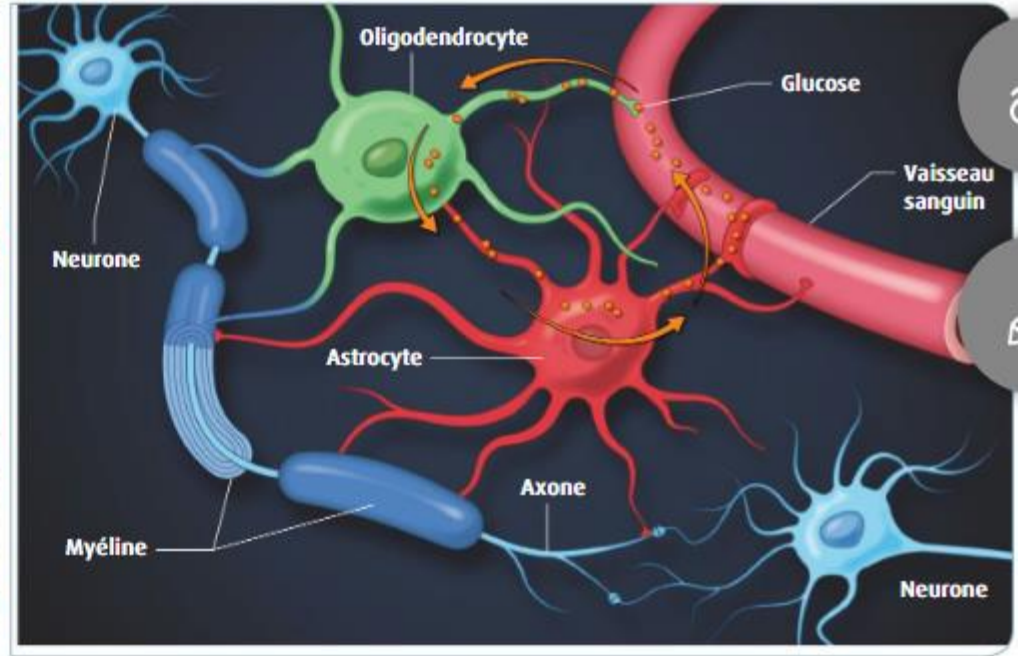
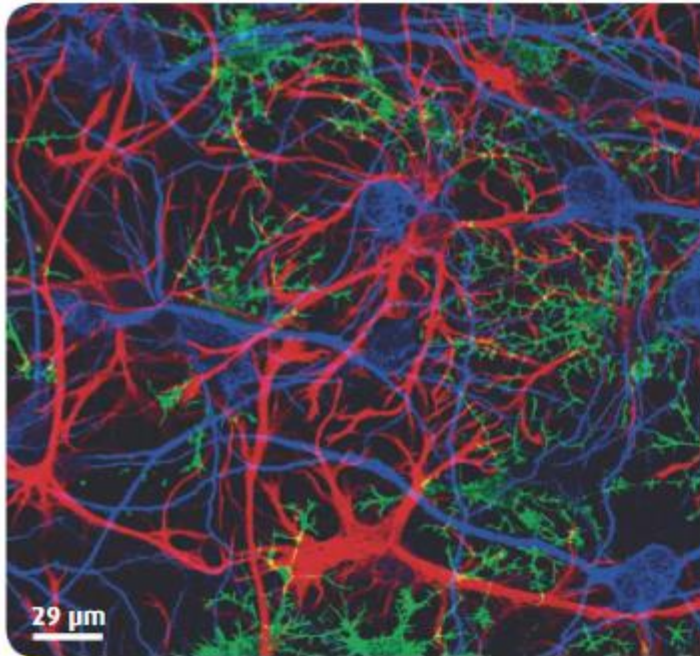
2. Les cellules du cerveau

activité p 403 : identifiez les cellules du système nerveux central et leur rôle

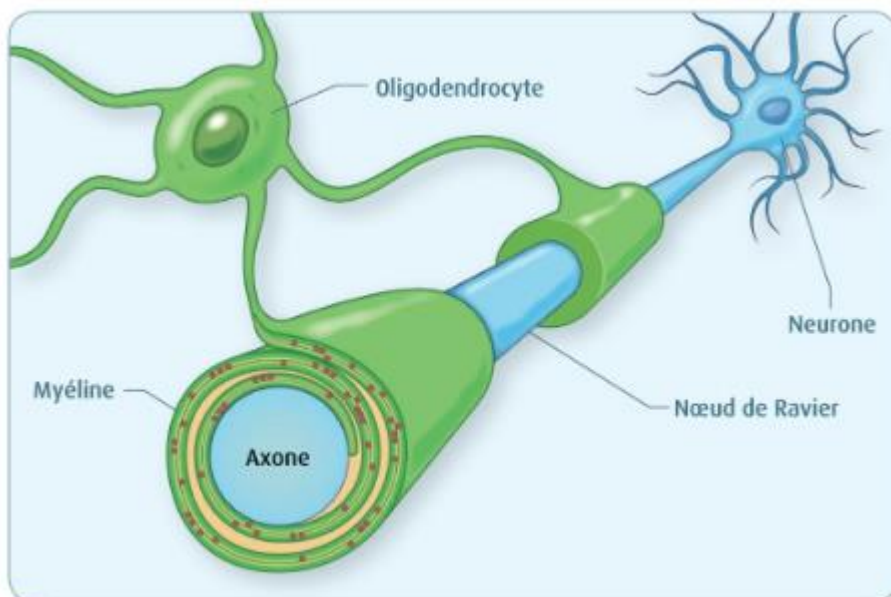
Type cellulaire	rôle



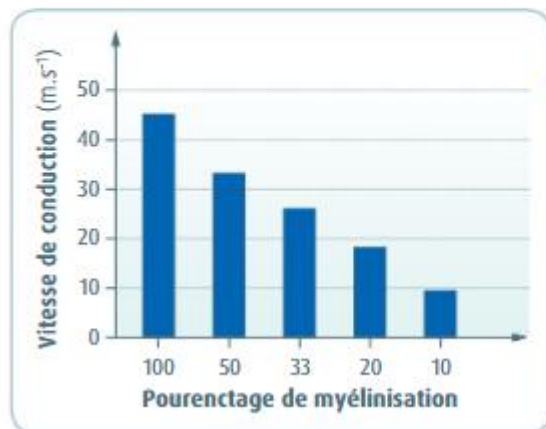
3 **Neurones observés au microscope optique à fluorescence et schémas d'interprétation.** L'axone des neurones du cerveau et de la moelle est entouré d'une gaine de myéline. Chez les malades atteints de sclérose en plaque, cette gaine est progressivement détruite : on parle de démyélinisation.



4 Coupe dans un cerveau de rat observé au microscope optique à fluorescence et schéma interprétatif. On observe trois types de cellules : les neurones (en bleu), les astrocytes (en rouge) et les oligodendrocytes (en vert). Astrocytes et oligodendrocytes sont des cellules dites gliales. Dans le cerveau, ces dernières sont quatre fois plus nombreuses que les neurones.



5 Vue en coupe d'un axone de neurone. Les prolongements cytoplasmiques des oligodendrocytes sont riches en myéline, une molécule principalement constituée de lipide. Ces prolongements s'enroulent autour des axones et forment une gaine de myéline.



6 Vitesse de conduction de l'information nerveuse dans des axones normaux et des axones démyélinisés. La valeur 100 % correspond à un axone normalement myélinisé.



Interview de Catherine Lubetzki, directrice de recherche à l'Institut du cerveau et de la moelle épinière (ICM) et lauréate du prix Charcot 2019.

La sclérose en plaques est une maladie auto-immune au cours de laquelle une réaction inflammatoire, associant immunité innée et immunité adaptative, entraîne, dans le système nerveux central, une destruction de la gaine de myéline et une souffrance des axones. Dans la plupart des cas, la maladie évolue au début par une alternance de « poussées » inflammatoires et de phases de rémission. Elle peut aussi évoluer, d'emblée ou secondairement, sous une forme progressive, qui se caractérise par l'absence ou la disparition des poussées, et l'aggravation progressive d'un handicap neurologique irréversible. Les mécanismes impliqués dans l'apparition de cette phase progressive sont incomplètement connus, mais l'insuffisance de réparation de la gaine de myéline (remyélinisation) joue un rôle important. On sait maintenant que les lésions de la maladie (les plaques) touchent non seulement la substance blanche du cerveau et de la moelle épinière (là où prédominent les fibres myélinisées) mais aussi la substance grise et notamment le cortex. Les travaux de recherche développés au sein de l'équipe que je codirige avec Bruno Stankoff à l'ICM sont centrés sur la compréhension de la remyélinisation dans le système nerveux central.

Podcast

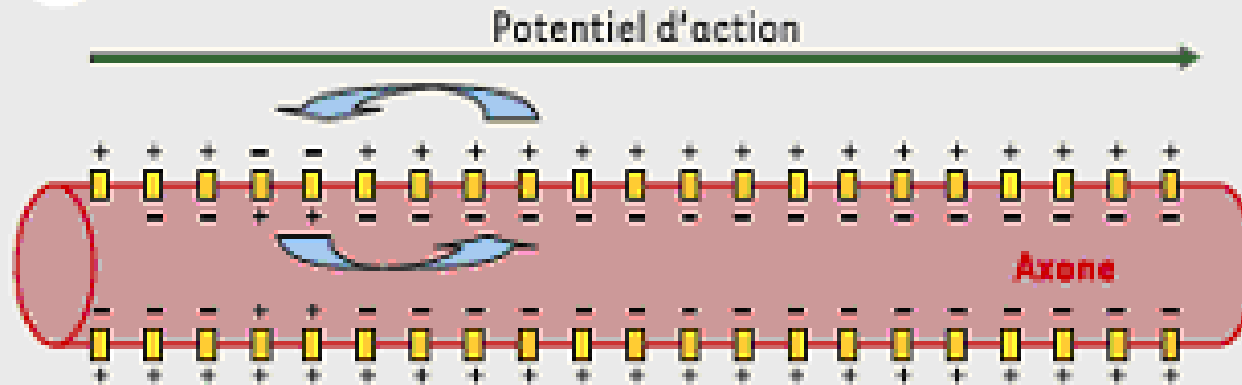


7 Pistes de recherche sur le traitement de la sclérose en plaques.

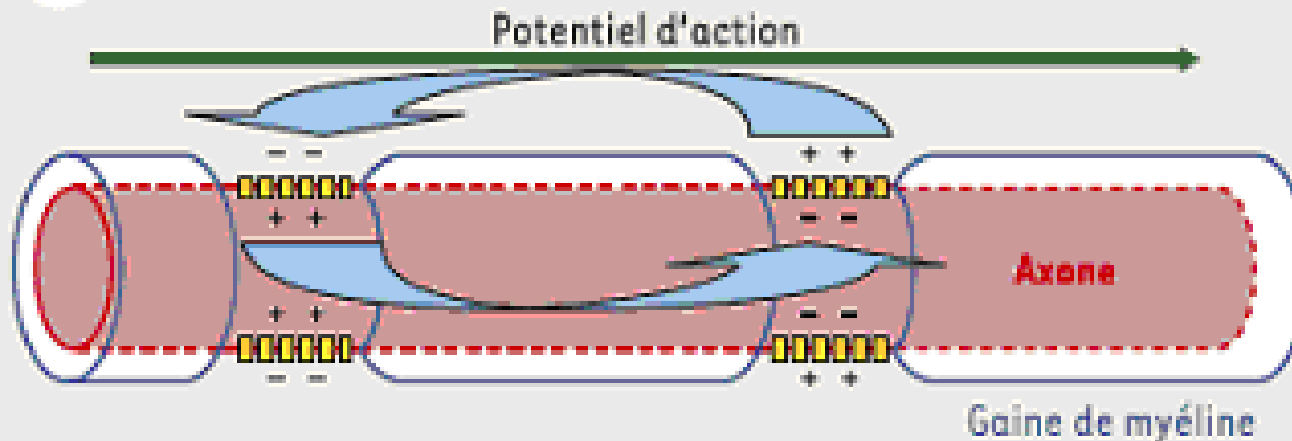
Vitesse du message

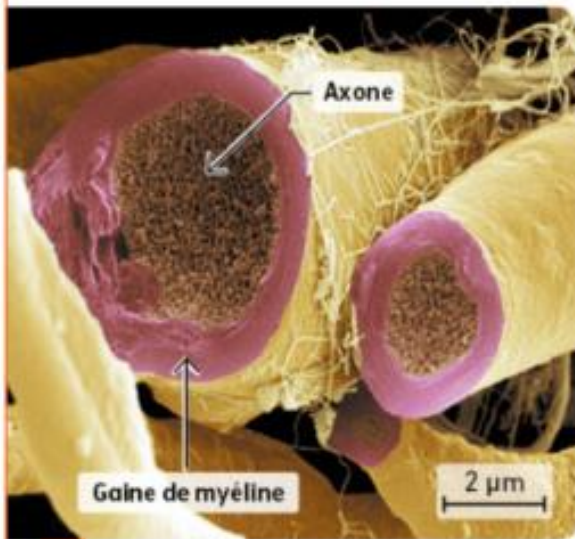
Ogulevetskala K, 2005 m/s

A Conduction dans les fibres non myélinisées : < 3 m/s

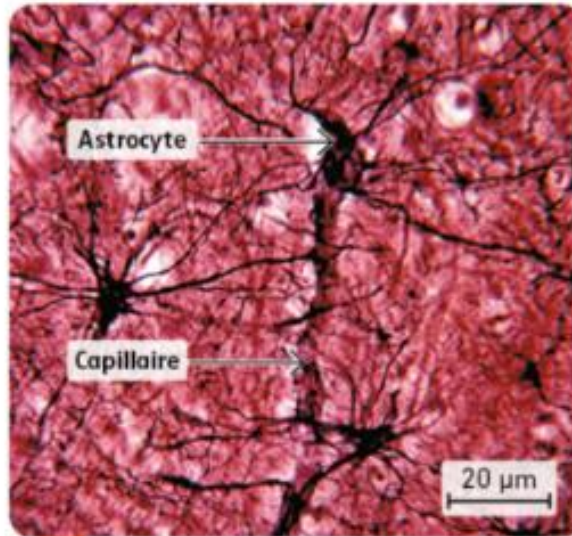


B Conduction saltatoire dans les fibres myélinisées : 10–100 m/s

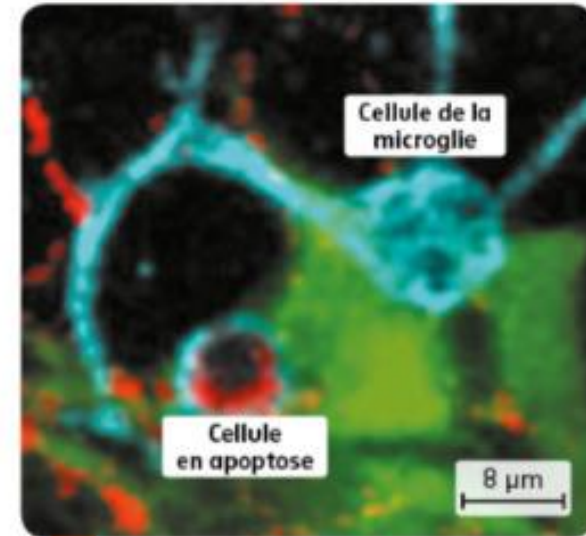




4 Axones de neurones myélinisés, observation au MEB. La gaine de myéline, synthétisée par les oligodendrocytes, a des propriétés isolantes et accélère ainsi la propagation des messages nerveux.



5 Astrocytes en contact avec un capillaire sanguin. Les astrocytes prélèvent du glucose dans le sang, le stockent sous forme de glycogène et le transforment en lactate directement utilisé par les neurones.



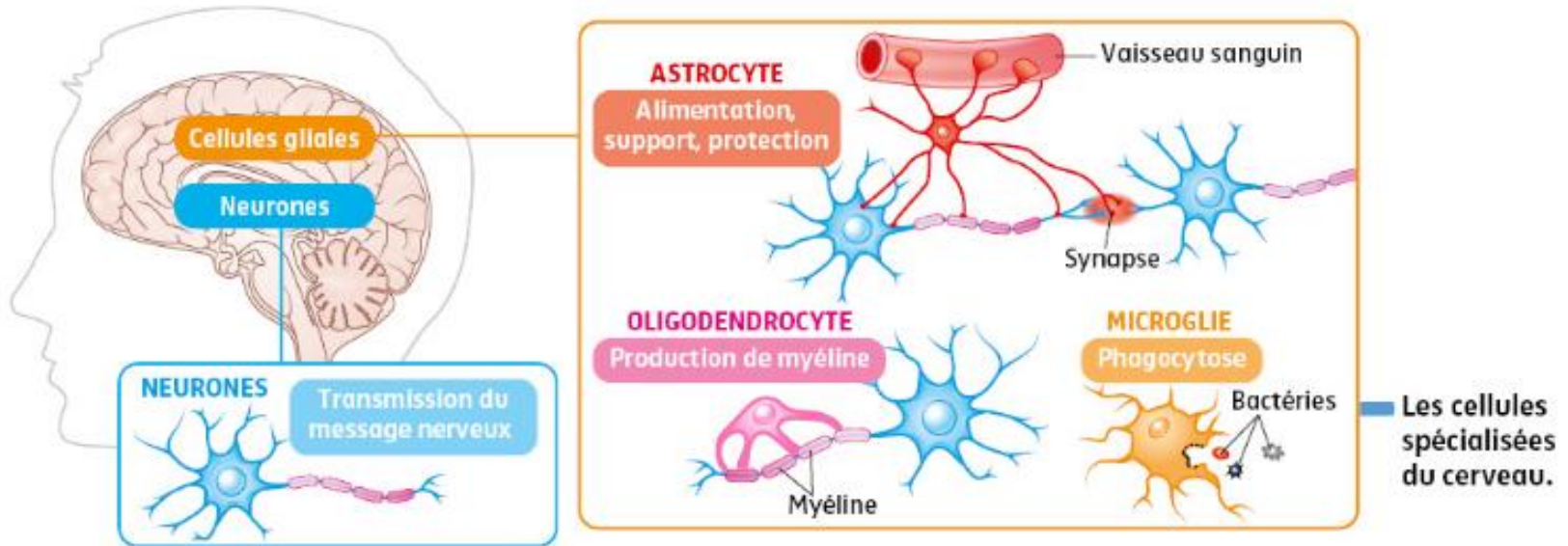
6 Cellule de la microglie phagocytant une cellule en apoptose (**mort cellulaire**). Observation en microscopie à fluorescence. Les cellules de la microglie sont de petites cellules mobiles ; ce sont les macrophages du cerveau.

Type cellulaire	rôle
Neurone	Conduction du message nerveux
Oligodendrocyte	Production de la gaine de myéline protectrice entourant les neurones. Permet d'accélérer le message nerveux.
Astrocyte	Support et protection des neurones. Alimentation des neurones en nutriments.
Microglie	Macrophage du cerveau Phagocytose.

► Le cerveau est un sous-ensemble de l'encéphale (le contenu de la boîte crânienne). Il est constitué de cellules spécialisées : les neurones et les **cellules gliales**.

– Les neurones assurent la genèse et la propagation des messages nerveux.

– Les cellules gliales ont des rôles variés. Par exemple, les astrocytes permettent l'approvisionnement en nutriments des neurones. Les oligodendrocytes synthétisent la gaine de myéline qui recouvre l'axone des neurones et accélère la propagation des messages nerveux. Les cellules de la microglie sont des phagocytes qui assurent la défense immunitaire de l'organe.

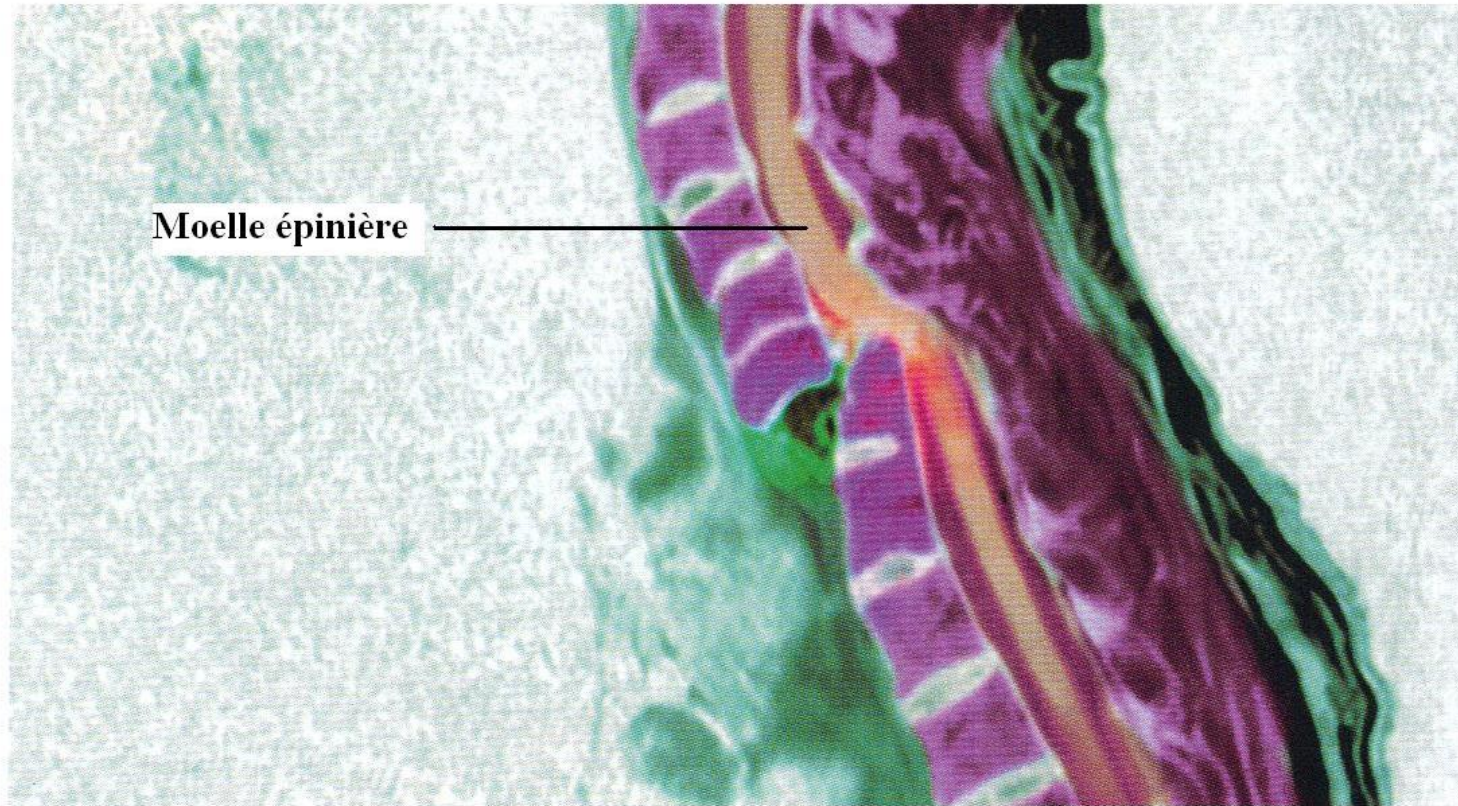


3. Les voies motrices.



Pathologies	Conséquences	Déductions
Un choc violent peut entraîner des lésions médullaires accidentelles.	Elles peuvent aussi entraîner des paralysies : le territoire concerné dépend notamment du niveau de la moelle concerné par la lésion. Paraplégie : paralysie qui concerne les membres inférieurs et la partie basse du tronc. Tétraplégie : paralysie qui concerne les membres inférieurs, supérieurs et le tronc.	

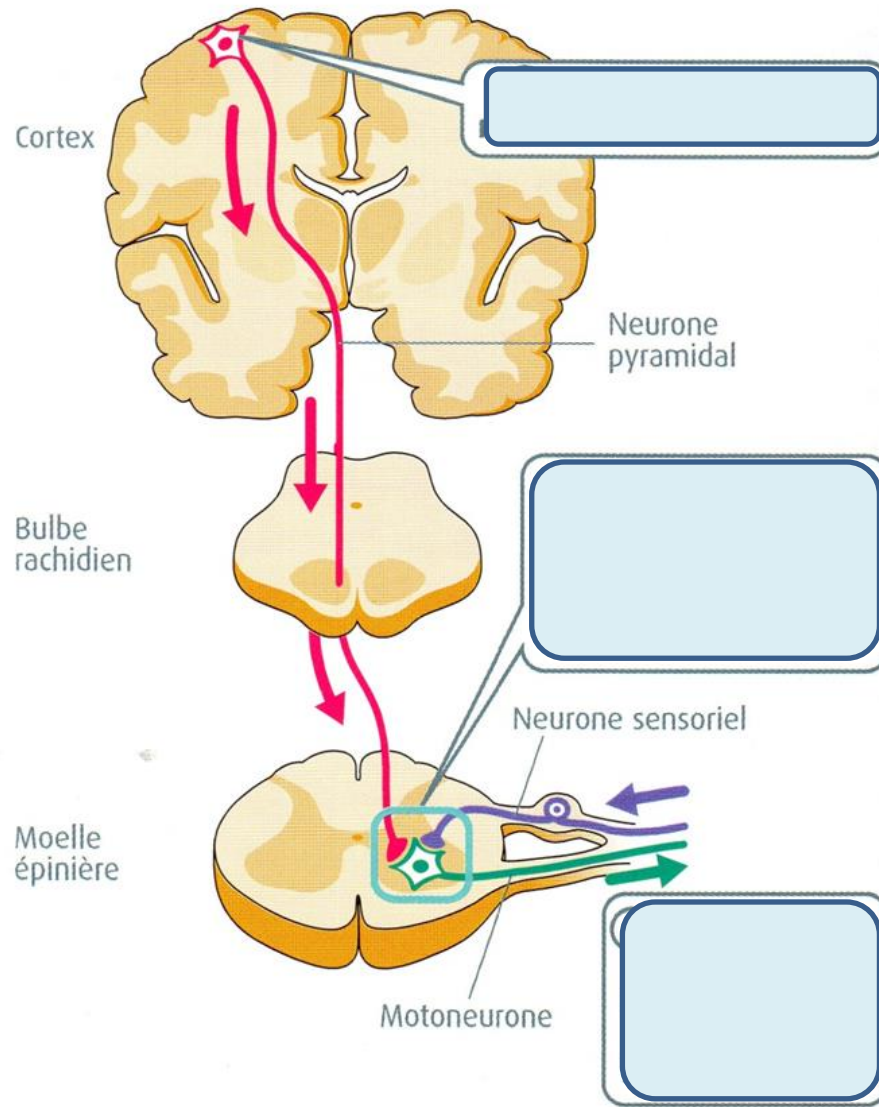
Patient souffrant d'une lésion médullaire



Moelle épinière

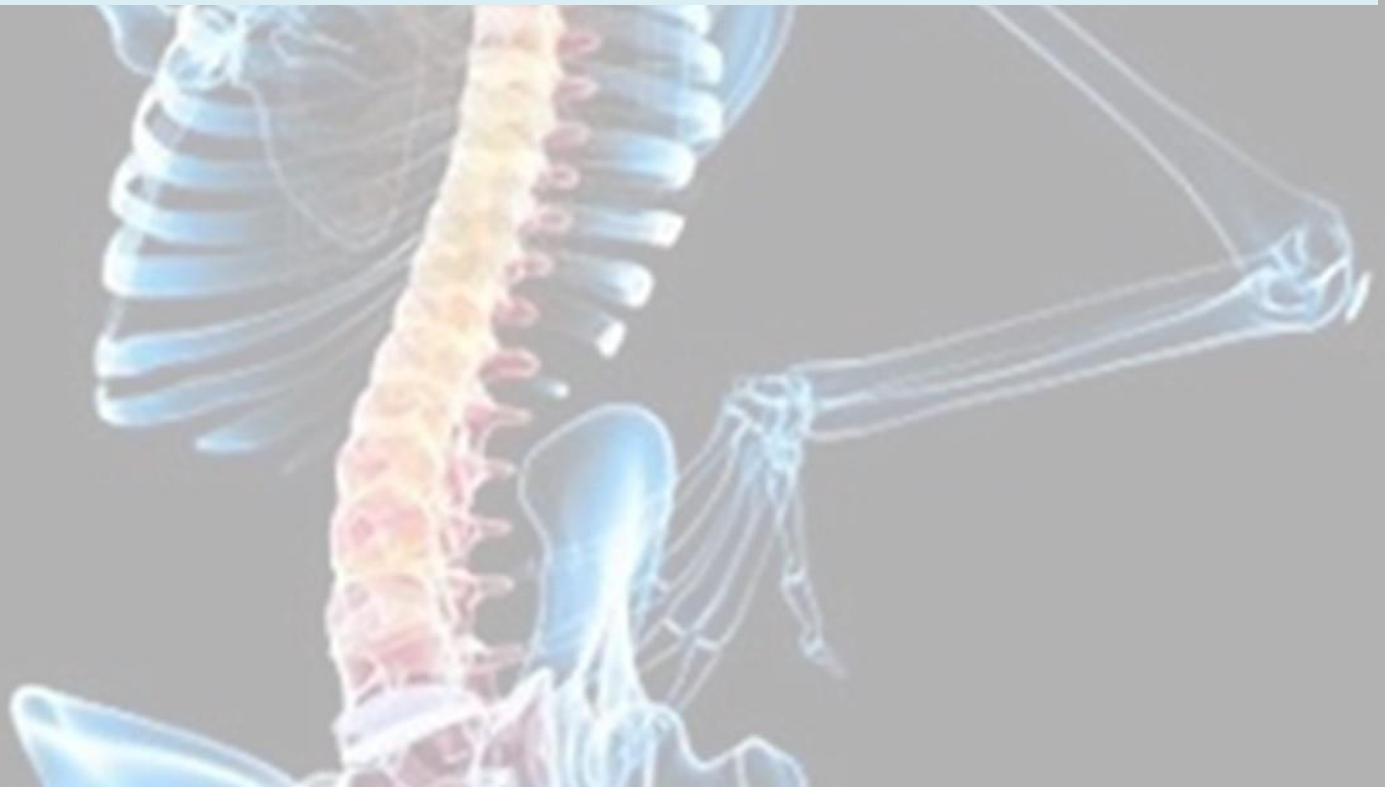
Colonne vertébrale

Pathologies	Conséquences	Déductions
<p>Un choc violent peut entraîner des lésions médullaires accidentelles.</p>	<p>Elles peuvent aussi entraîner des paralysies : le territoire concerné dépend notamment du niveau de la moelle concerné par la lésion.</p> <p>Paraplégie : paralysie qui concerne les membres inférieurs et la partie basse du tronc.</p> <p>Tétraplégie : paralysie qui concerne les membres inférieurs, supérieurs et le tronc.</p>	<p>Les messages nerveux moteurs cheminent par la moelle épinière.</p>



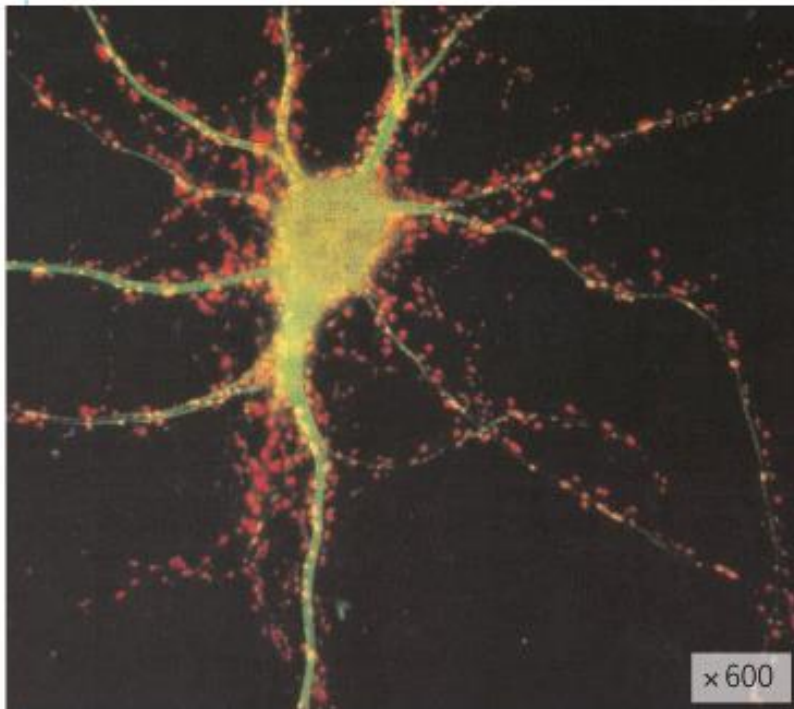
Les voies motrices.

II. L'activité intégratrice des motoneurones.

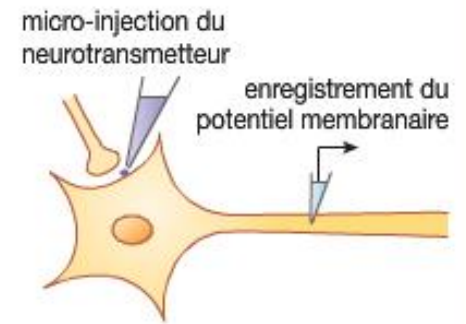


Décrire l'effet du GABA et de l'Acth sur l'activité du neurone postsynaptique

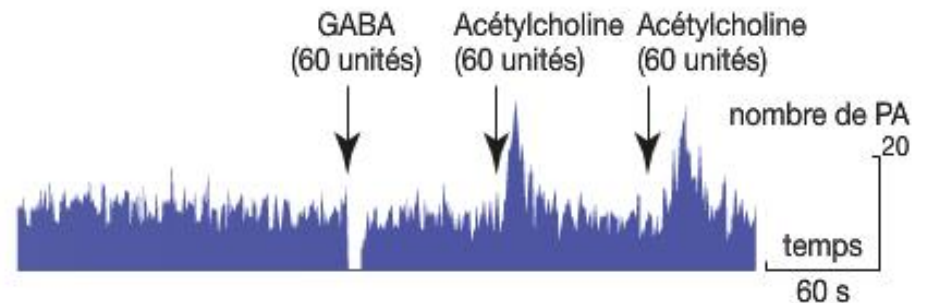
- Dans le système nerveux, chaque neurone peut être en connexion avec de très nombreux autres neurones : sur la *photographie ci-dessous*, chaque point rouge correspond à un contact synaptique établi sur le neurone figuré en jaune. On estime qu'un volume de cortex équivalent à une tête d'allumette contient environ un milliard de connexions.



- Les synapses ne fonctionnent pas toutes avec le même neurotransmetteur. Par une technique de micro-injection, on teste l'effet de deux neurotransmetteurs, l'acétylcholine et le GABA, sur l'activité d'un neurone (il s'agit dans cette expérience d'un neurone du cortex cérébral de rat).

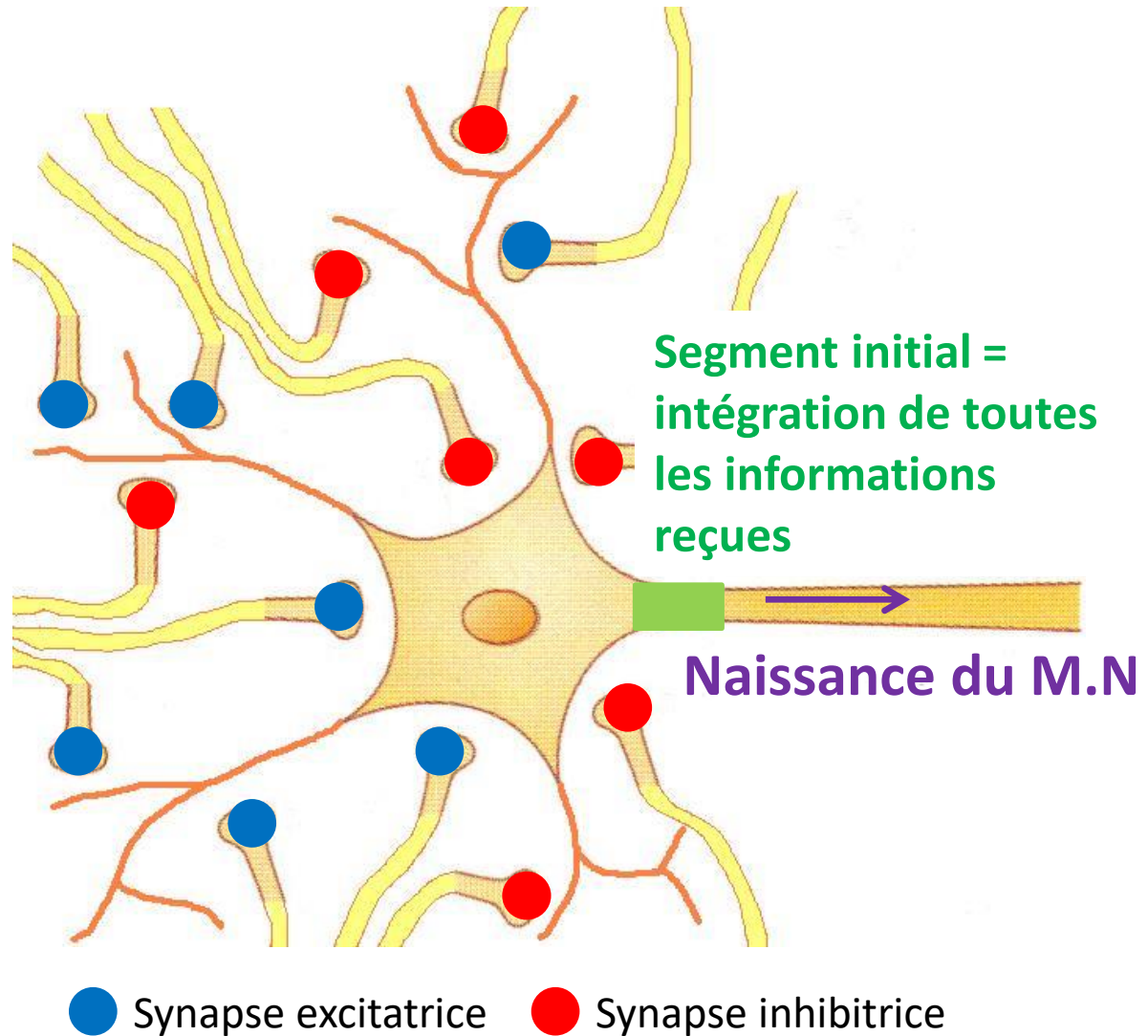


Le *graphique ci-dessous* montre l'activité électrique enregistrée au niveau de l'axone, mesurée en fréquence de potentiels d'action. L'activité de base du neurone est environ de 15 potentiels d'action par seconde.

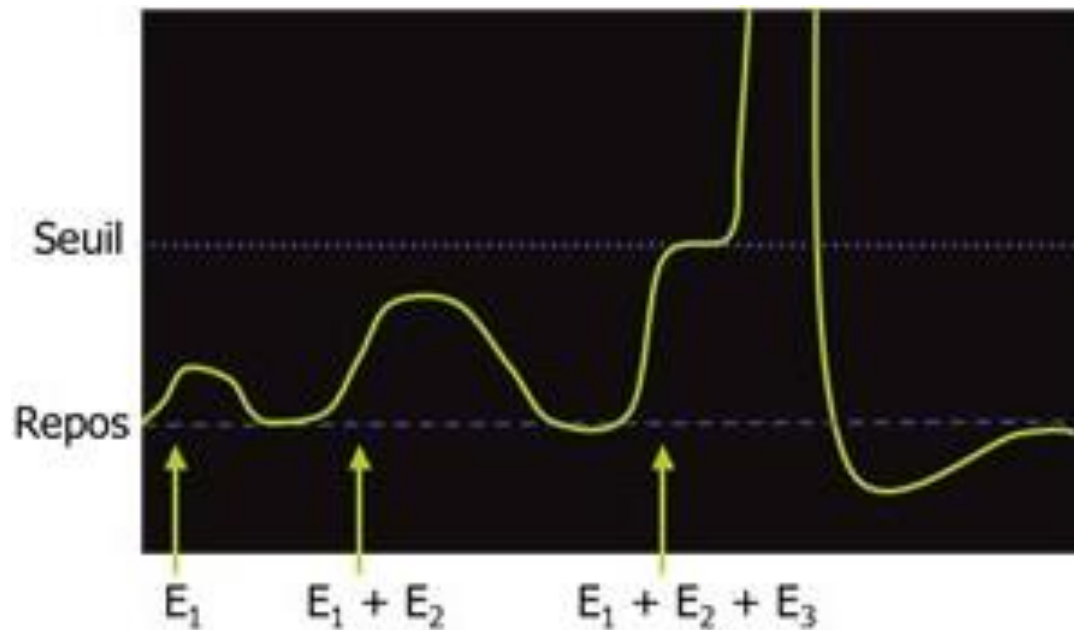


Doc. 3 Des milliers de contacts synaptiques sont établis sur un neurone.

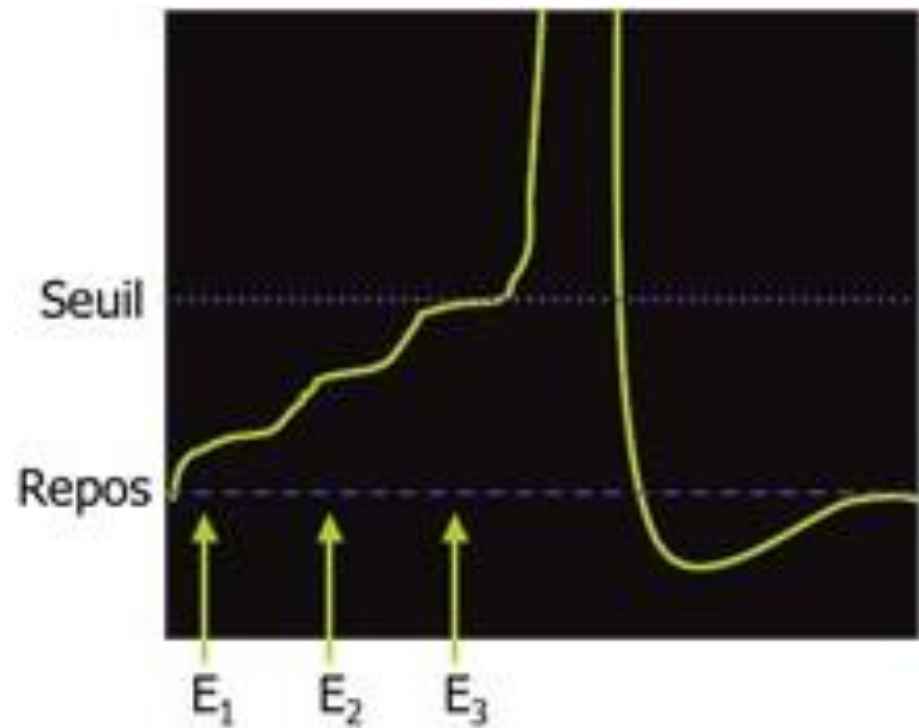
Document 4 distribué

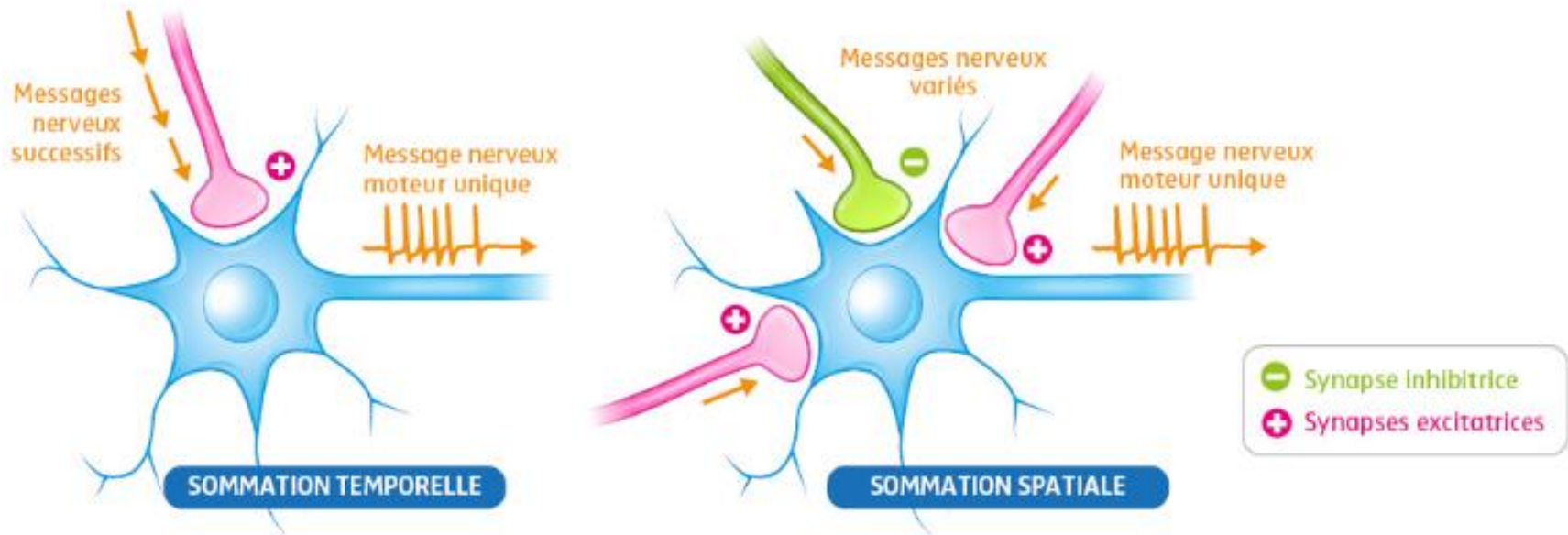


Sommation spatiale : le neurone postsynaptique est capable de totaliser les potentiels de membrane à un moment donné.

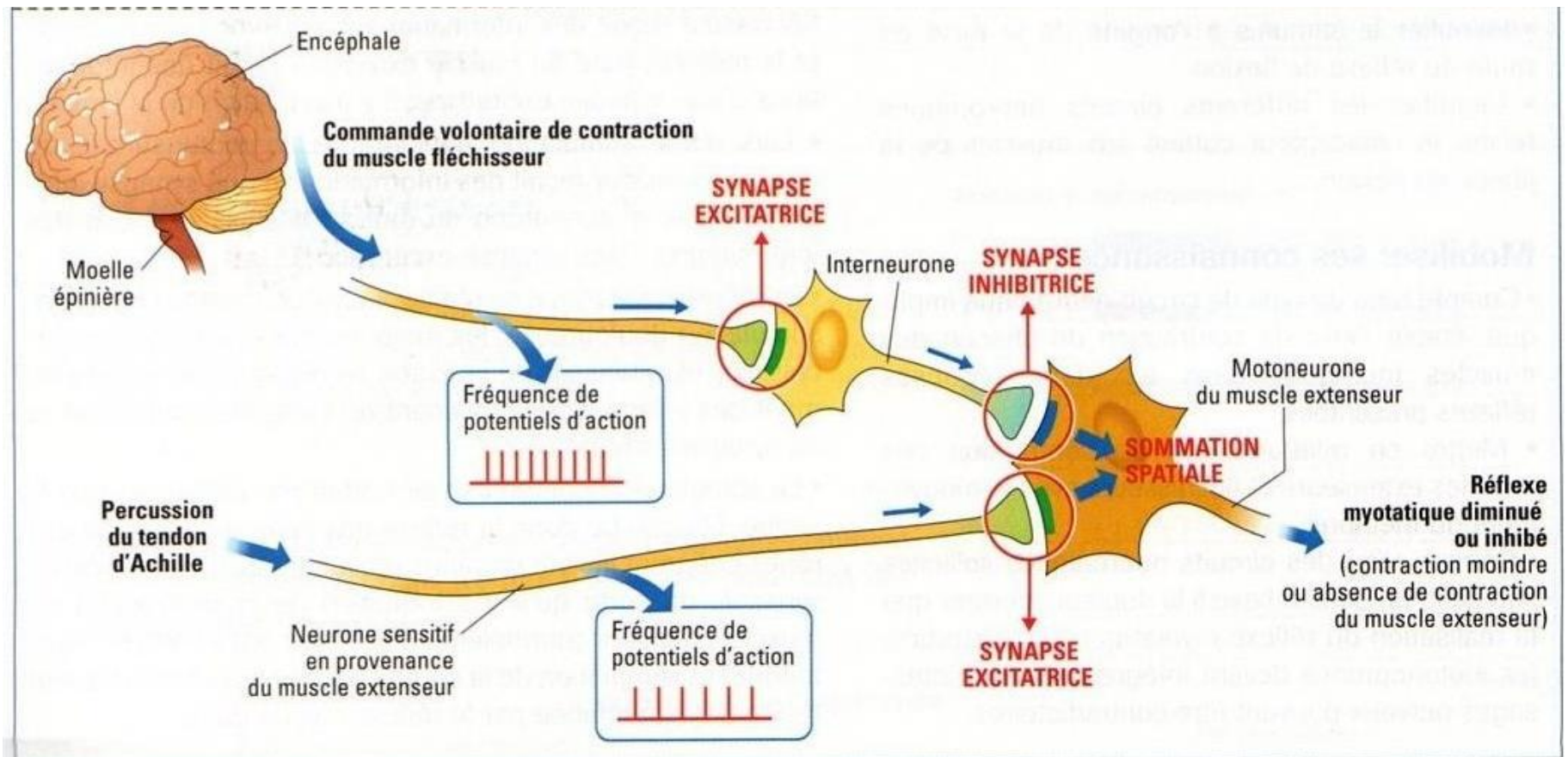


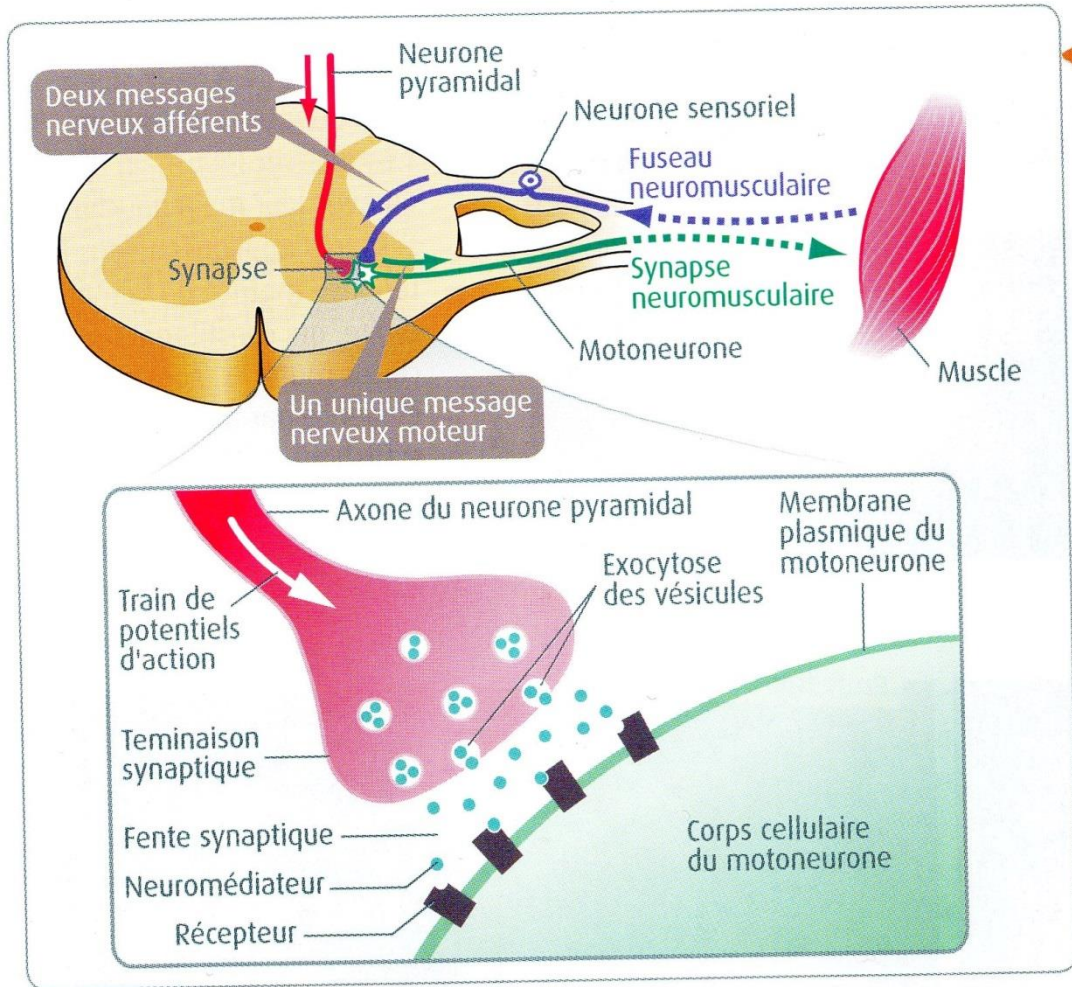
Sommation temporelle : le neurone postsynaptique est capable de totaliser des potentiels de membrane rapprochés dans le temps.





■ L'intégration des informations par les motoneurones.





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.

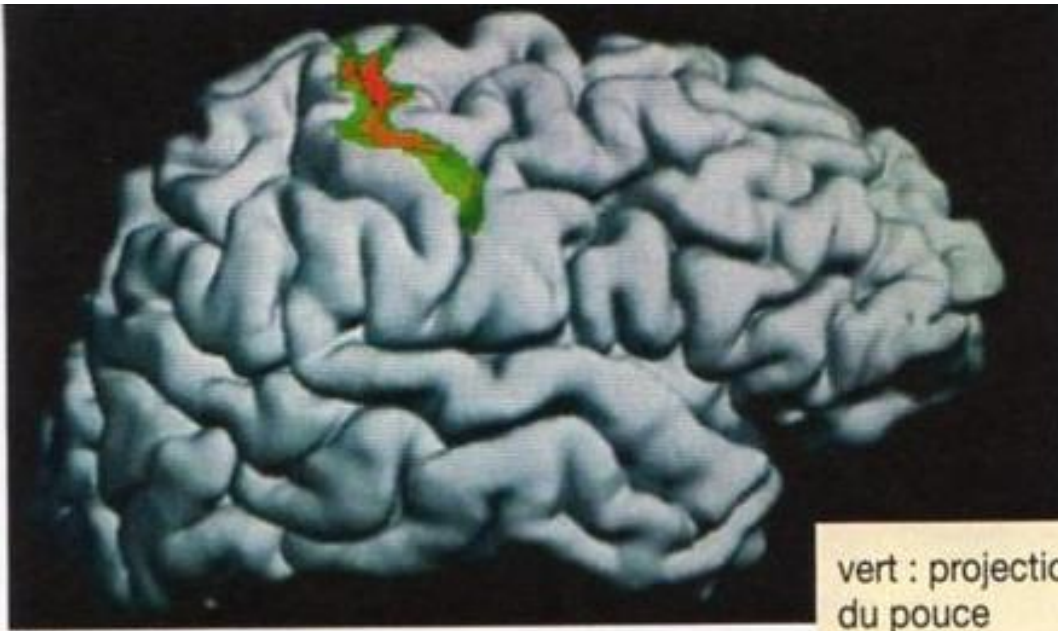


III. La plasticité cérébrale

Plasticité et apprentissage

activité à la maison TP5bis

Montrer que le cortex cérébral peut se modifier dans certaines situations.



Une violoniste

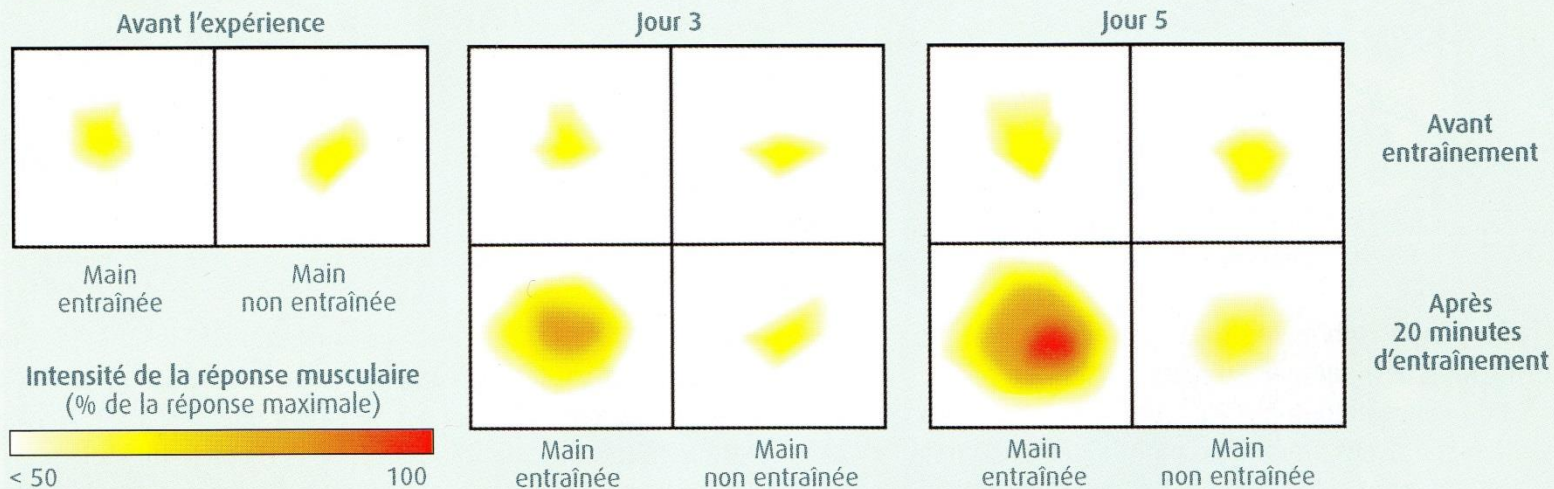
vert : projection
du pouce
rouge :
projection de
l'auriculaire



Une personne du même âge mais non-musicienne

Act3 p 351 : précisez les effets de l'entraînement sur la carte motrice de la main.

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.

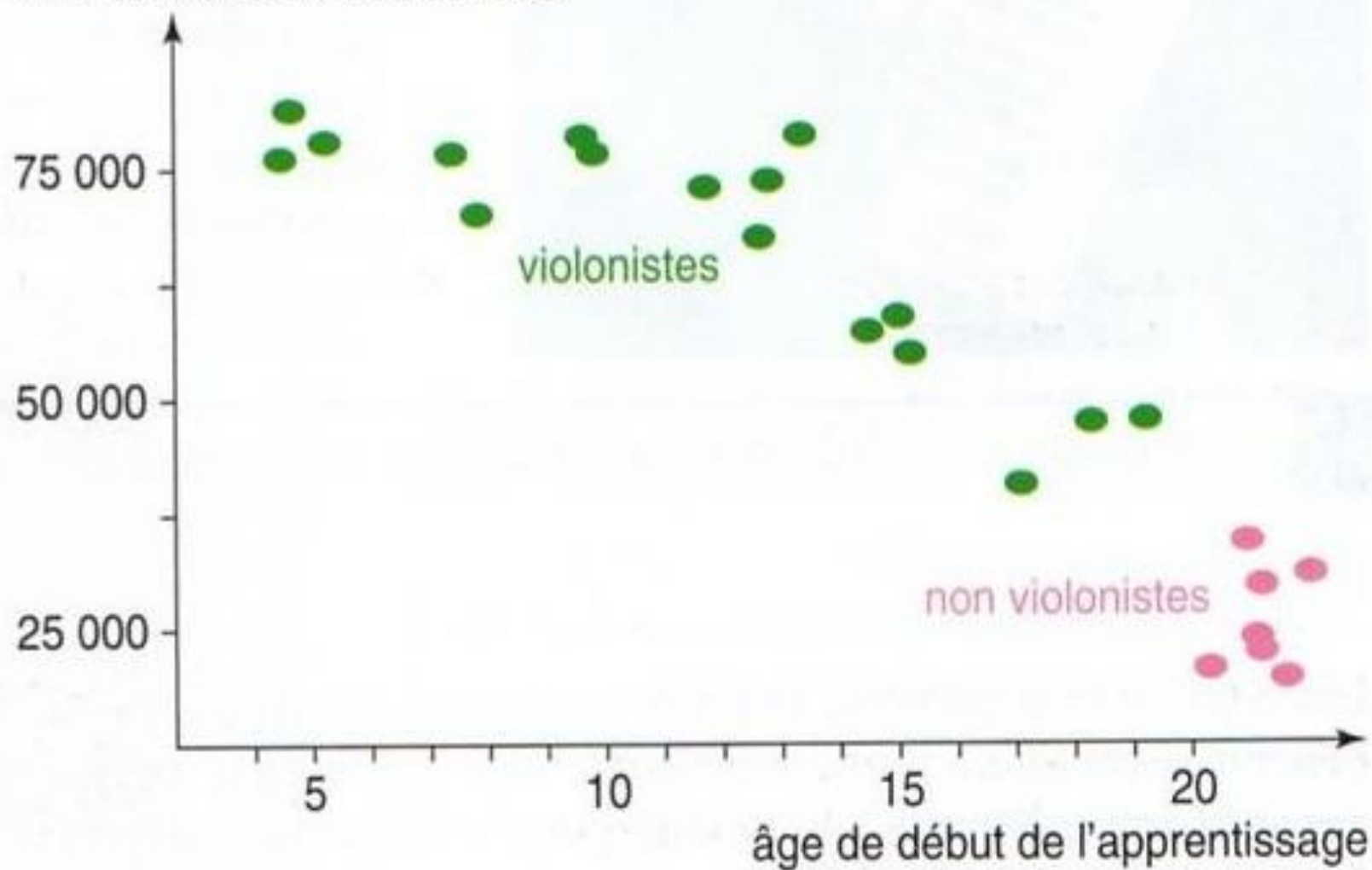
Expérience 2



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.

nombre de dendrites actives



Cartes motrices différentes selon les individus.

↳ **Différences acquises au cours du développement, apprentissage des gestes, entraînement.**

↳ **Elaboration d'un phénotype individuel**

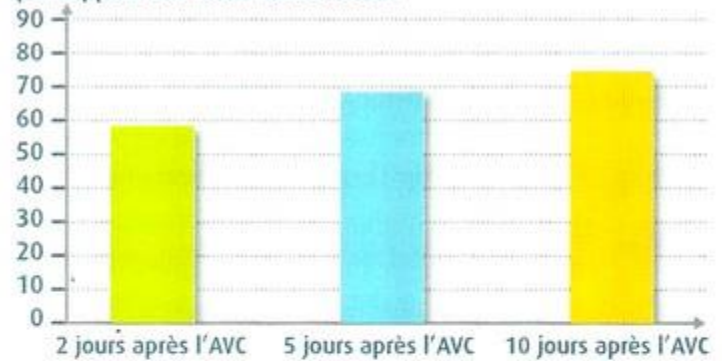
La plasticité est la capacité de remaniement des aires cérébrales au cours de la vie.

B. Plasticité cérébrale et récupération

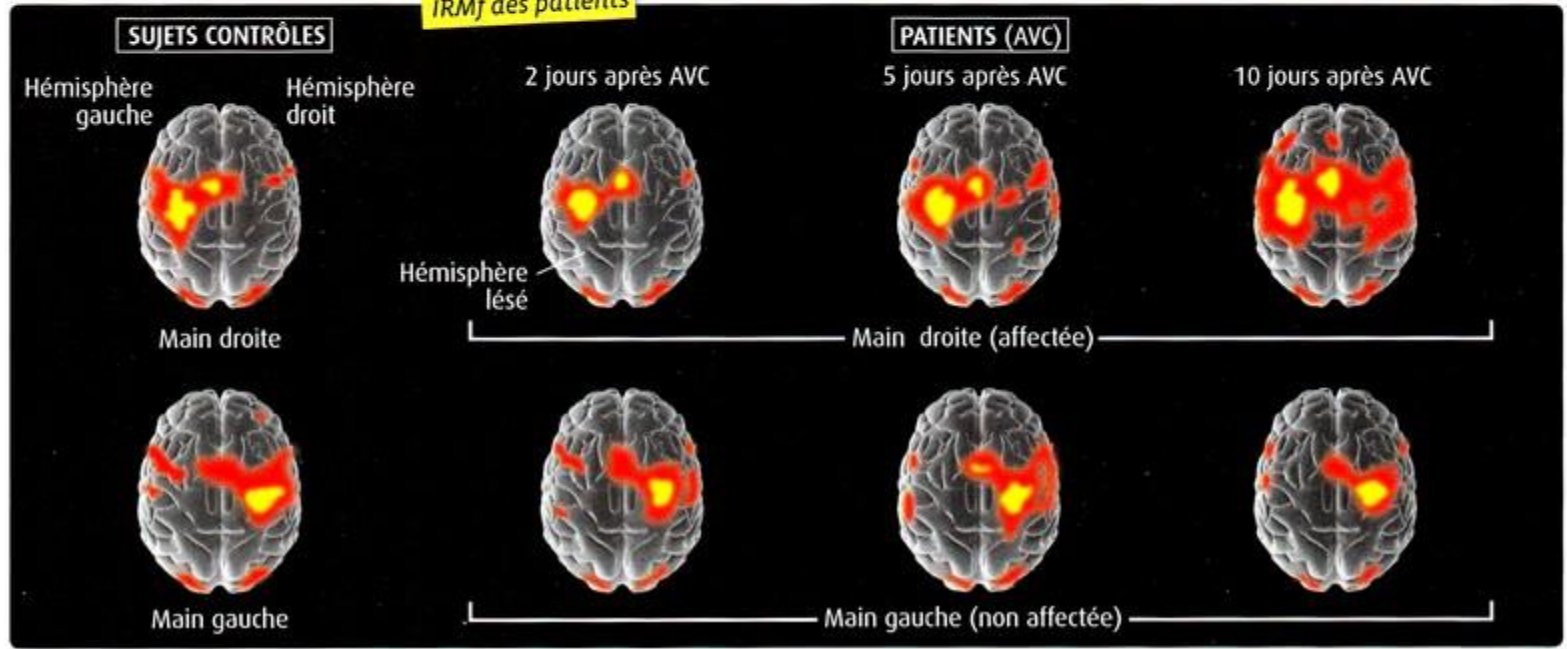
Lors d'un AVC, l'obstruction d'une petite artère interrompt la circulation sanguine dans la région qu'irriguait le vaisseau. Cela entraîne la mort d'un grand nombre de neurones dans cette zone. Onze patients ayant subi un AVC affectant le cortex moteur gauche ont été suivis. Tous présentaient un déficit 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



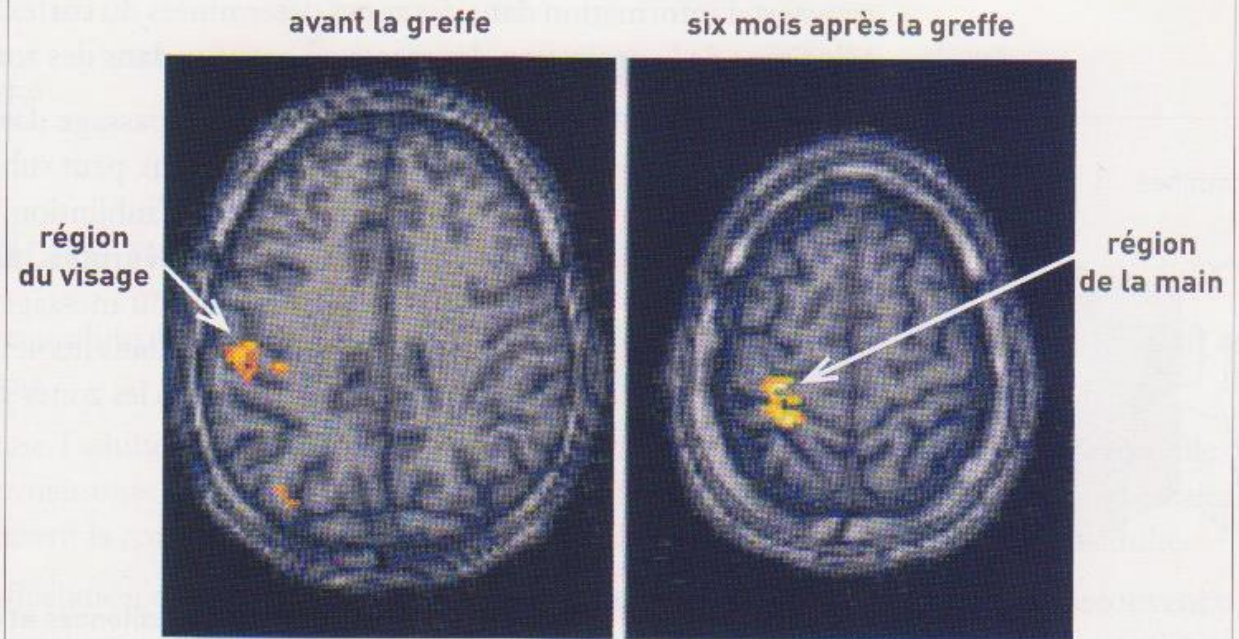
IRMf des patients



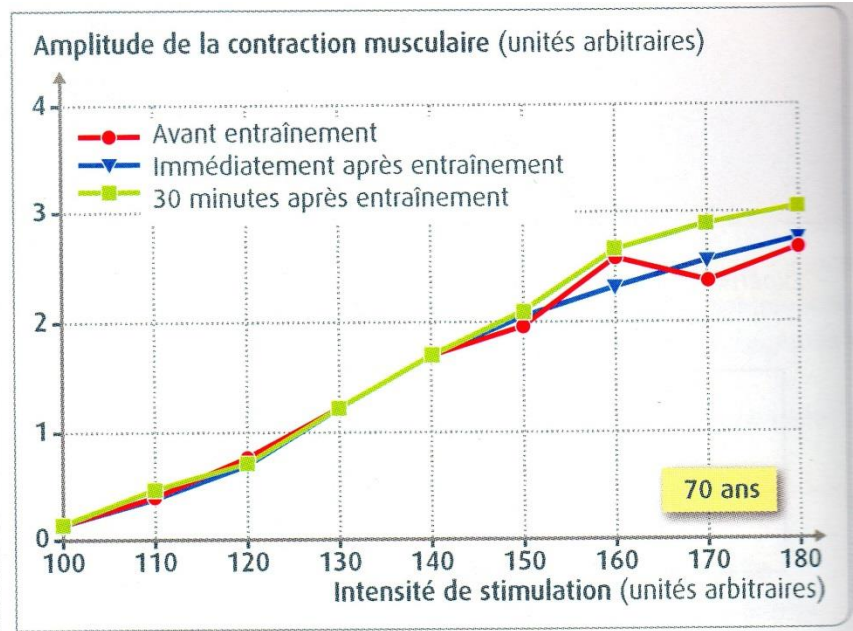
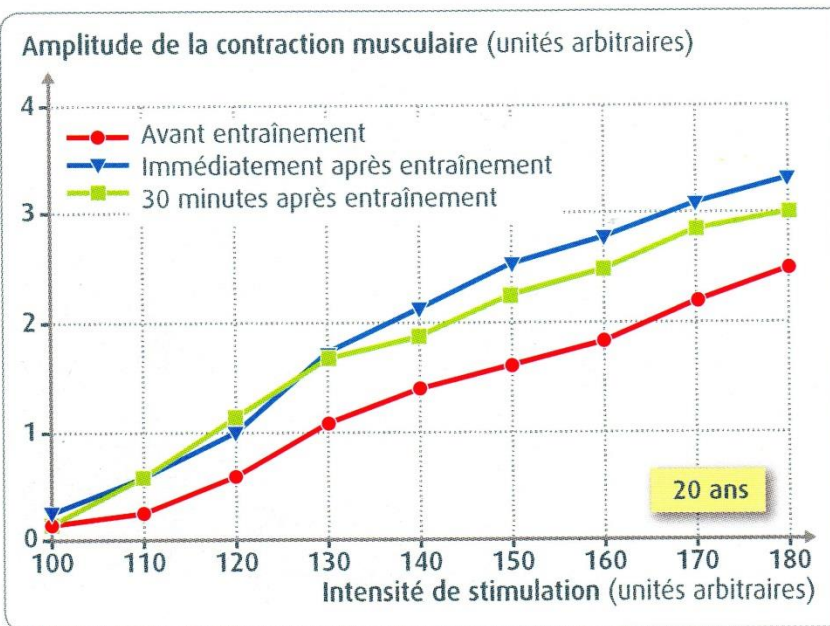
La récupération après perte de fonctions motrices repose sur des **remaniements impliquant des territoires situés dans les hémisphères, proche de la zone initialement touchée =**

↳ Établissement de nouvelles connexions avec des neurones intacts, intégration dans de nouveaux circuits de commande musculaire.

d **Vue du dessus du cortex moteur.** La zone colorée montre une activité. Avant la greffe, la stimulation des neurones moteurs de la main absente sollicite une région de l'aire corticale du visage. Six mois après la greffe, les neurones de l'aire motrice de la main sont activés correctement.



↳ Modification des cartes motrices pour compenser les pertes.



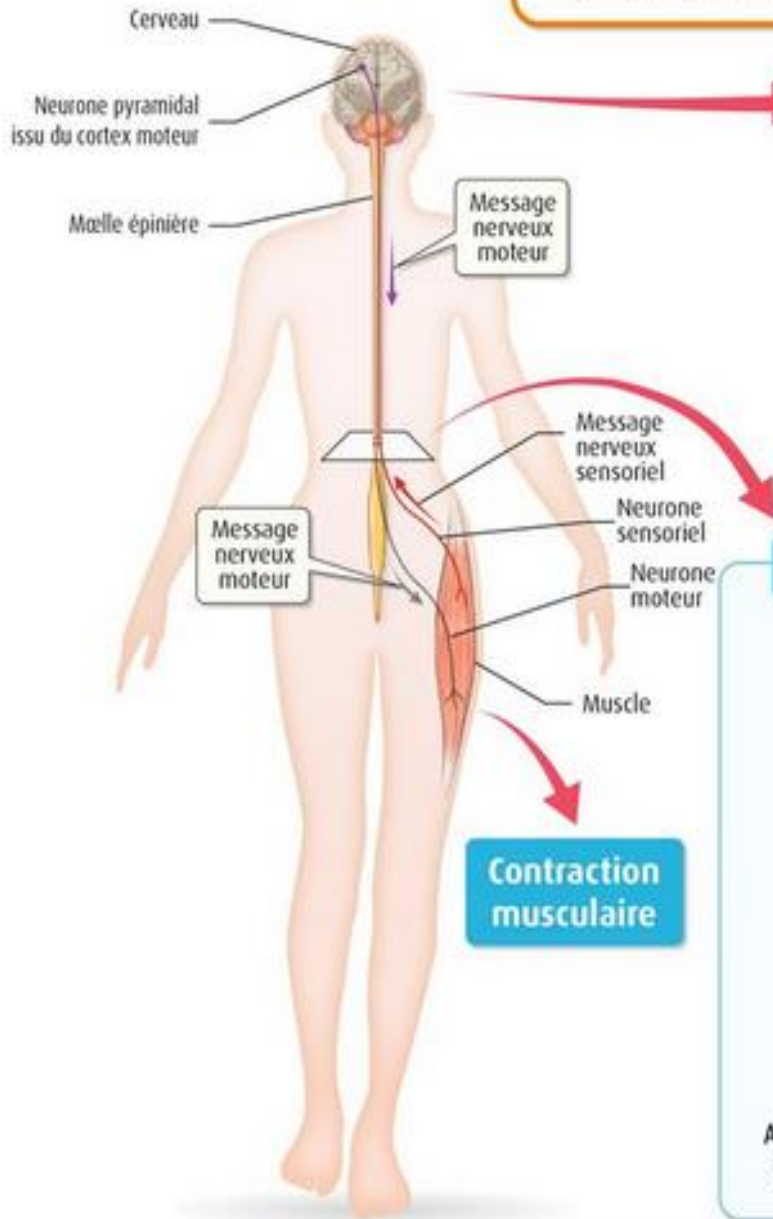
1 Une étude des effets de l'âge sur les facultés d'apprentissage moteur. Des chercheurs ont examiné les modifications du cortex moteur induit par un entraînement du pouce à un exercice de force. Ils ont évalué l'amplitude de la contraction de deux muscles du pouce induite par une stimulation du cortex 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.

**Plasticité possible tout au long de la vie ...
Mais capacités de remaniements réduites avec l'âge.**

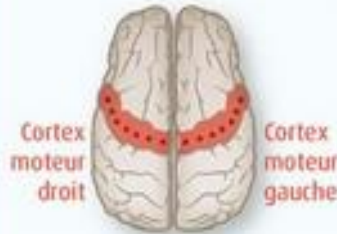


Causes et conséquences de la plasticité du cortex cérébral moteur.

Cerveau et mouvement volontaire

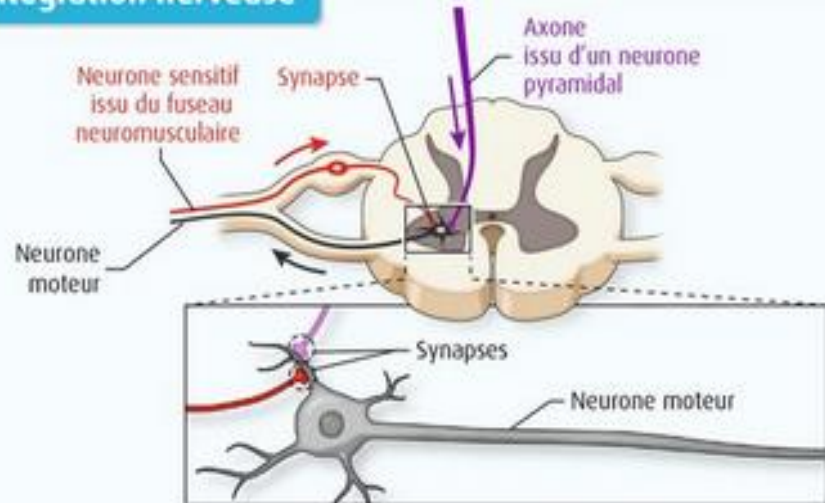


Cortex moteur



- Chaque zone du cortex induit la contraction d'un muscle donné
➔ Réalisation des mouvements volontaire
- Cortex moteur modifié par l'apprentissage ou suite à un accident
➔ Plasticité cérébrale

Intégration nerveuse



Arrivée de nombreux messages nerveux



Sommation spatiale et temporelle

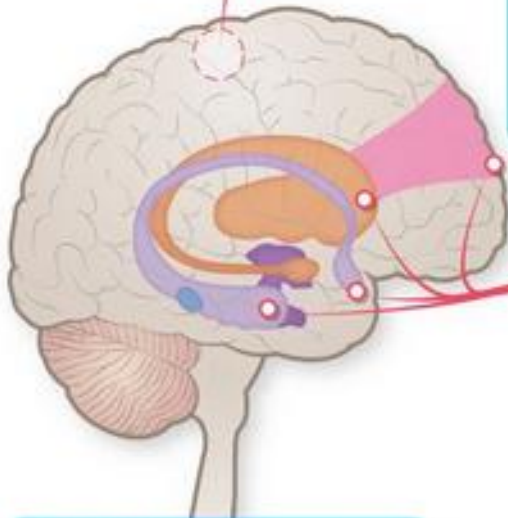
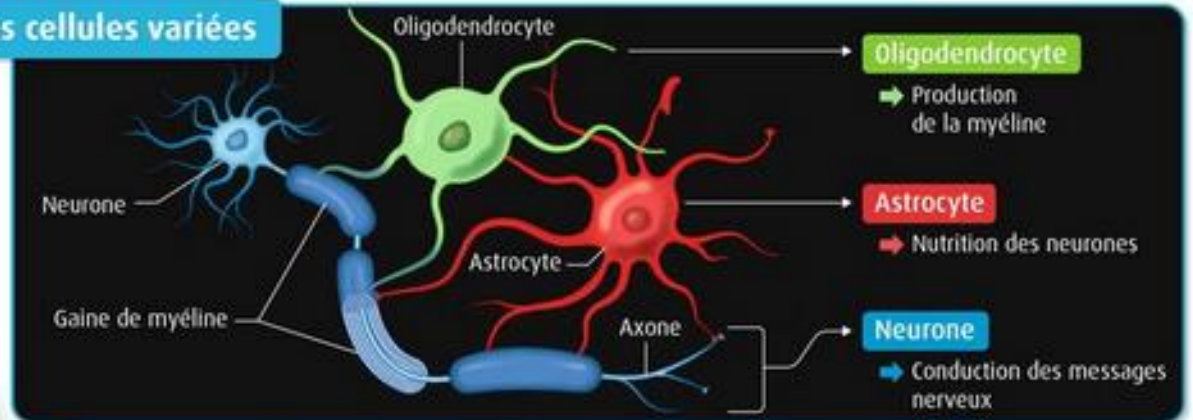


Intégration =
émission d'un unique message nerveux moteur

Contraction musculaire

Le cerveau, un organe fragile

Des cellules variées



Circuit de la récompense

Des aires reliées entre elles par des réseaux de neurones

● Neurotransmetteur = dopamine

● Substances psychoactives



Alcool



Nicotine



THC (cannabis)



Cocaine

↑ Sécrétion de dopamine

● Modification du comportement

● Risque d'addiction, de maladie, d'accident

