



Cerveau et mouvement volontaire



Problématique générale : Comment le cerveau contrôle-t-il les mouvements volontaires ?

I. Le cerveau, un organe complexe

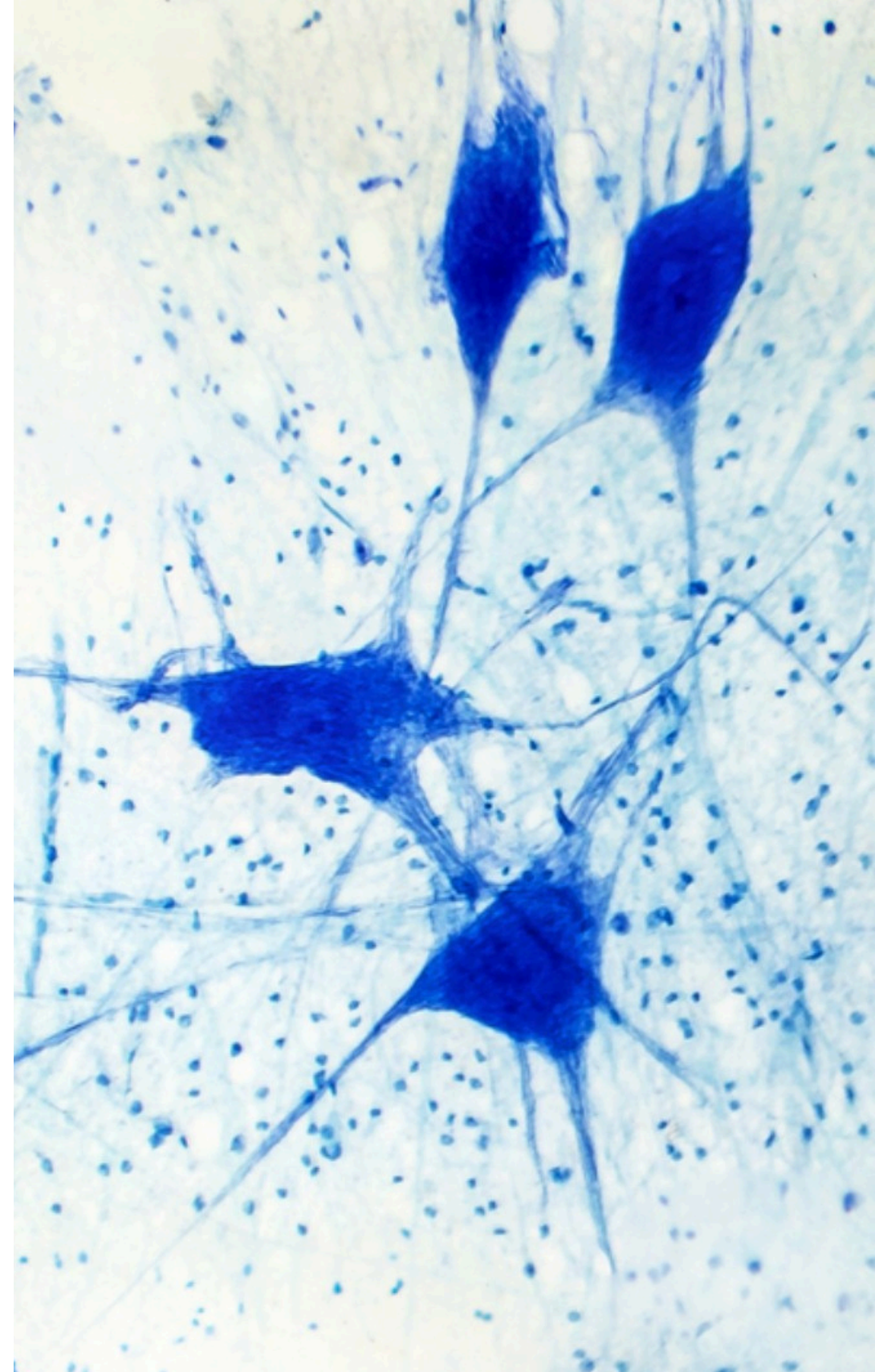
- A) Le cerveau, un organe structuré en aires cérébrales
- B) Le cerveau, un organe composé de cellules spécialisées

II. Le cerveau, un centre d'aires cérébrales interconnectées

- A) Les voies motrices
- B) L'intégration neuronale

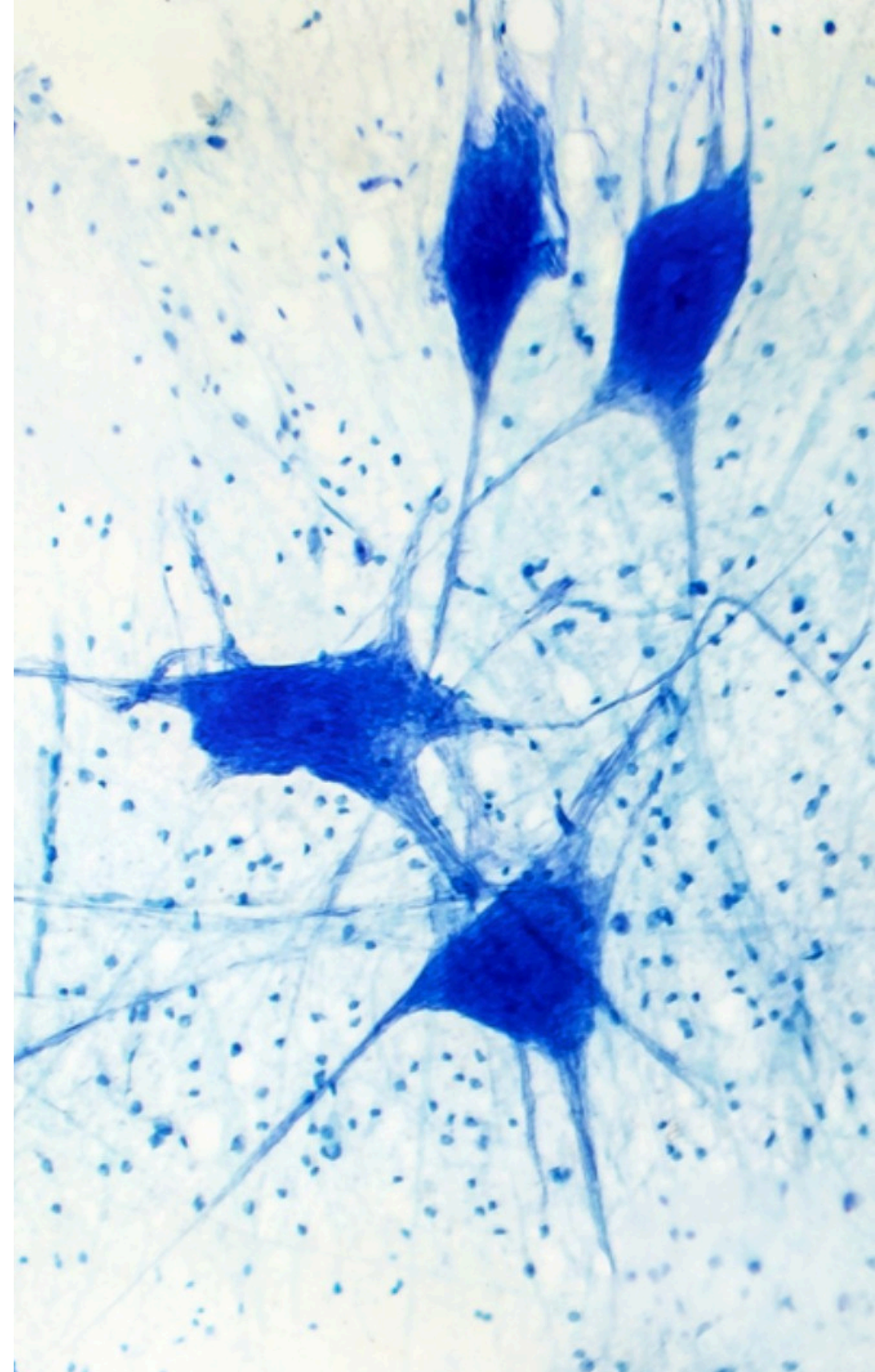
III. Le cerveau, un organe fragile à préserver

- A) Les dysfonctionnements du système nerveux
- B) L'action des substances exogènes sur le cerveau
- C) La plasticité cérébrale

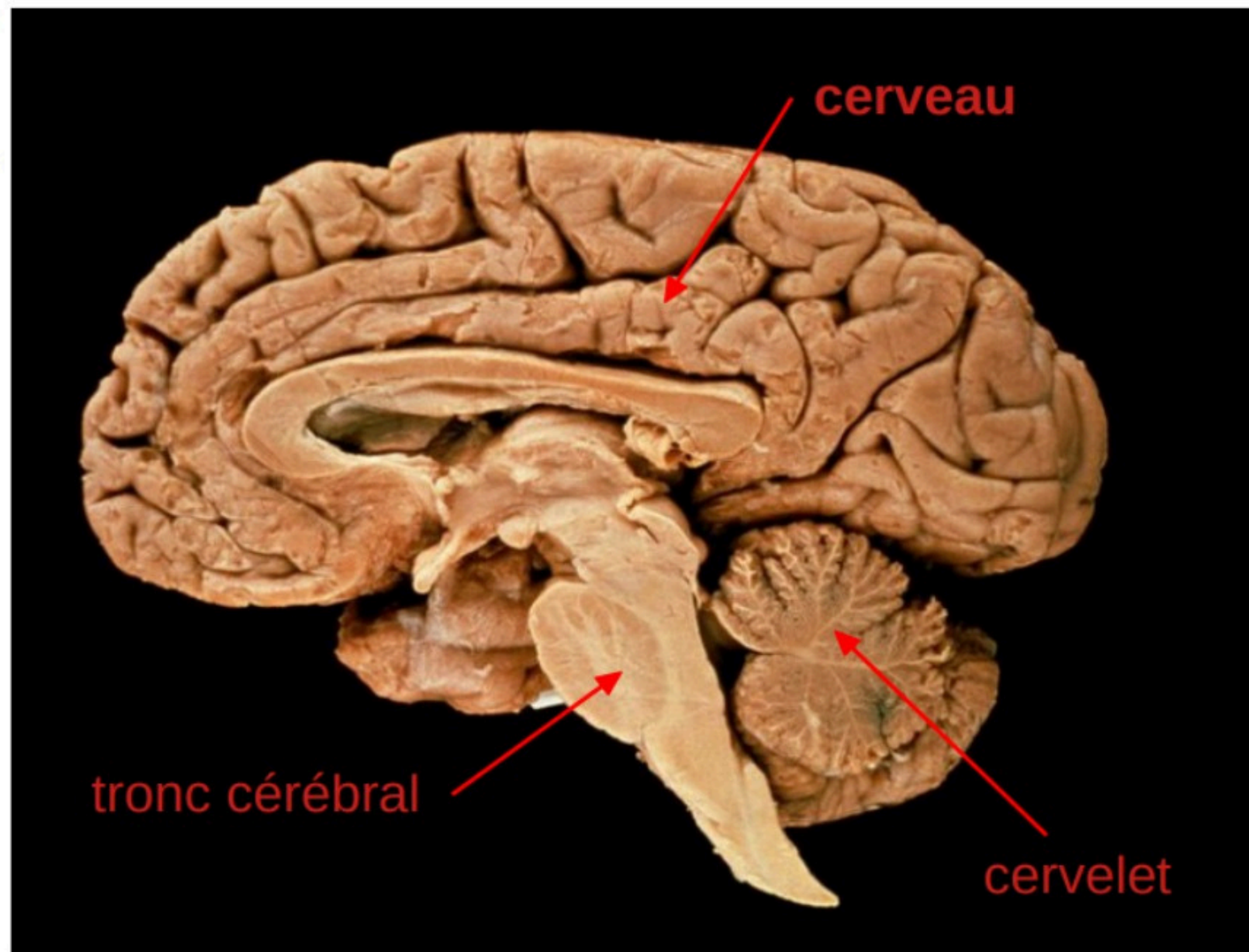
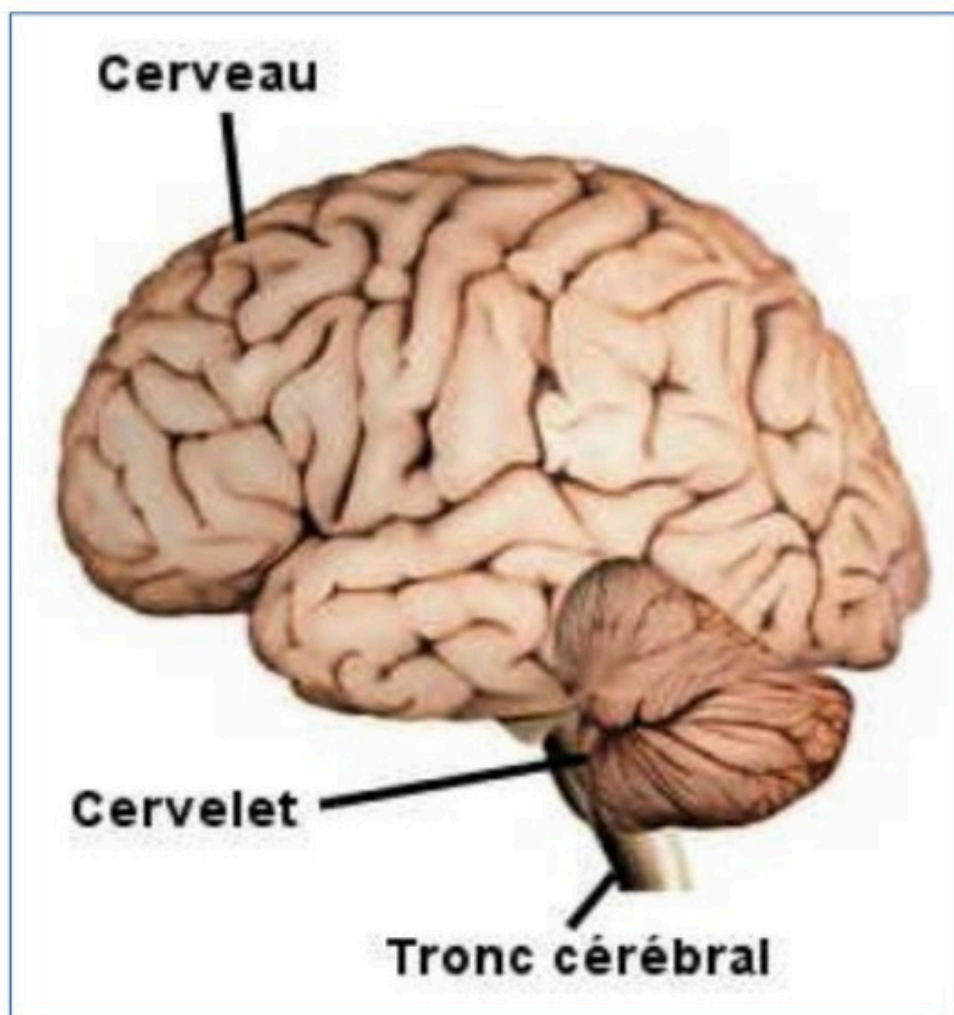


I. Le cerveau, un organe complexe

→ A) Le cerveau, un organe structuré en aires cérébrales



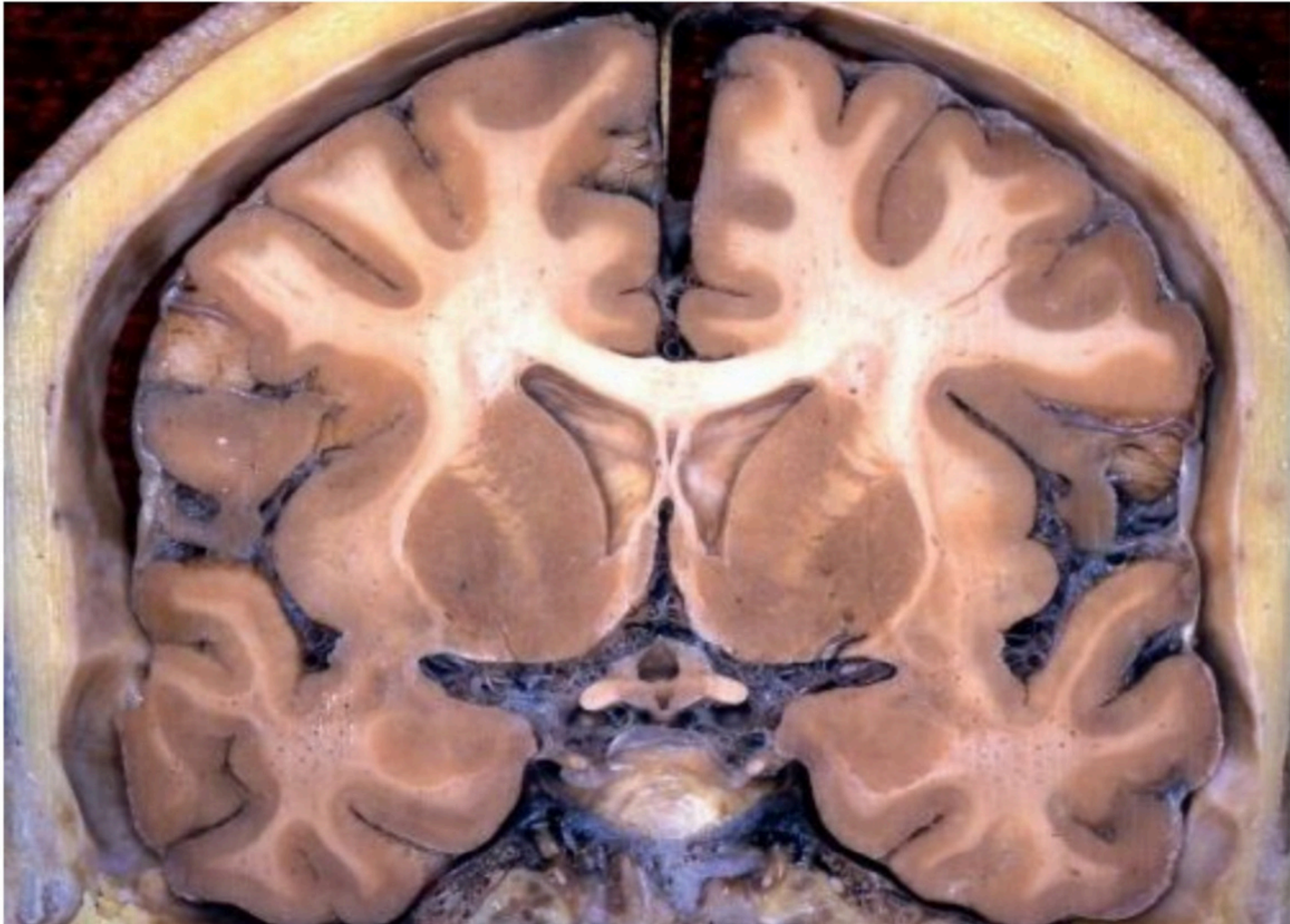
Le **cerveau** est une des trois parties de l'encéphale



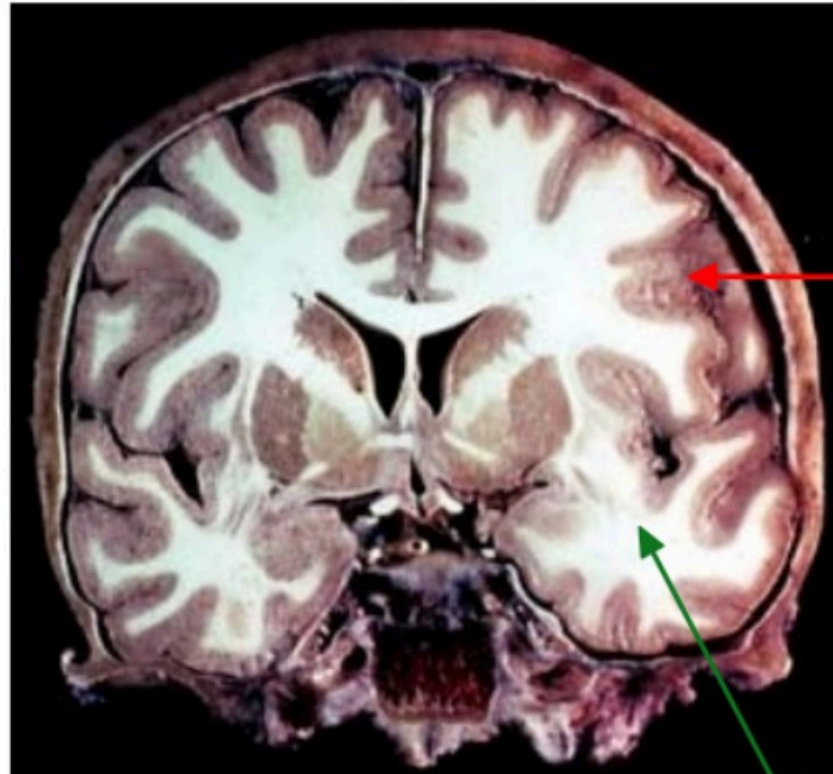
Encéphale : coupe sagittale



Encéphale : coupe frontale ou coronale



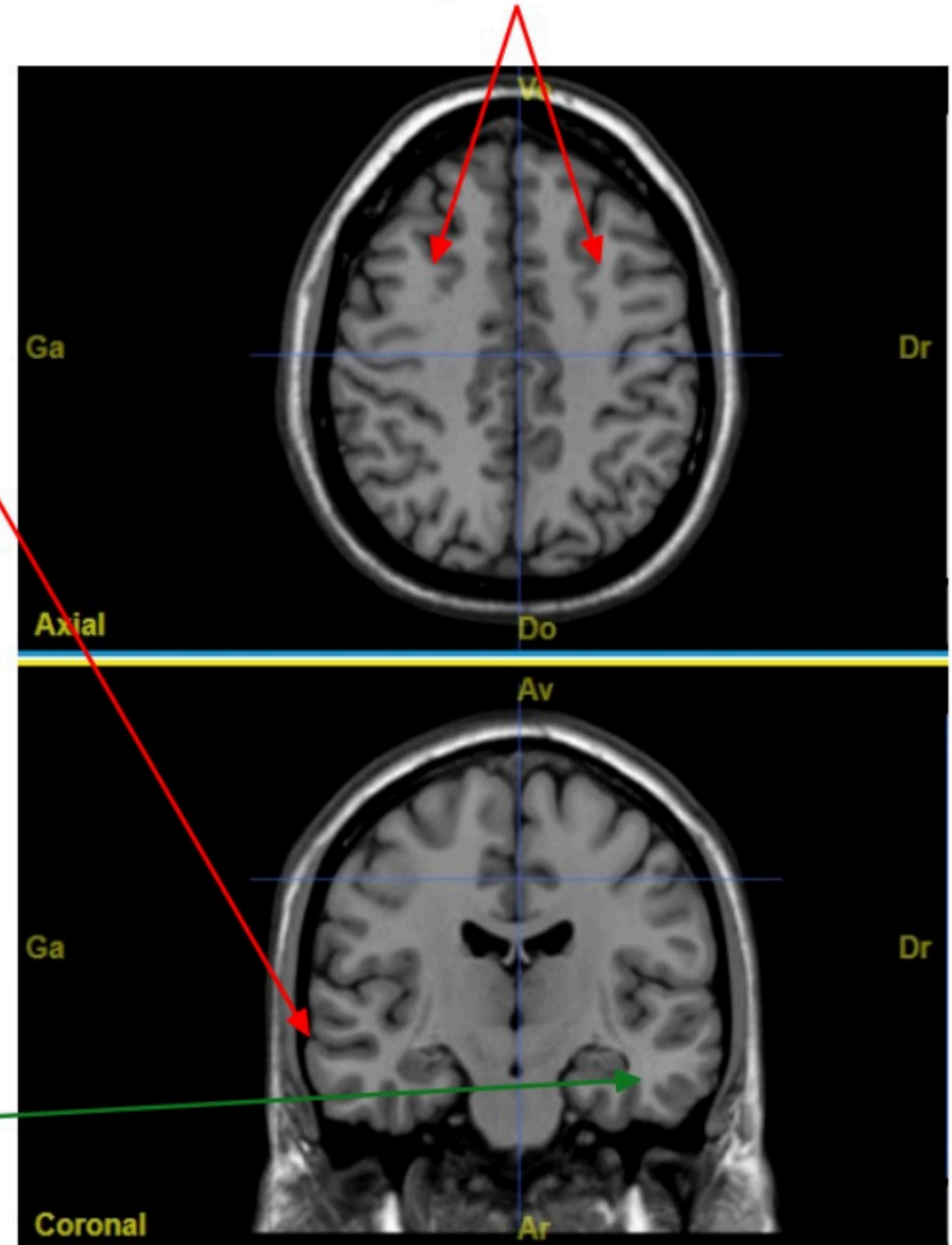
Le **cortex** : partie superficielle du **cerveau** correspondant à la **substance grise**



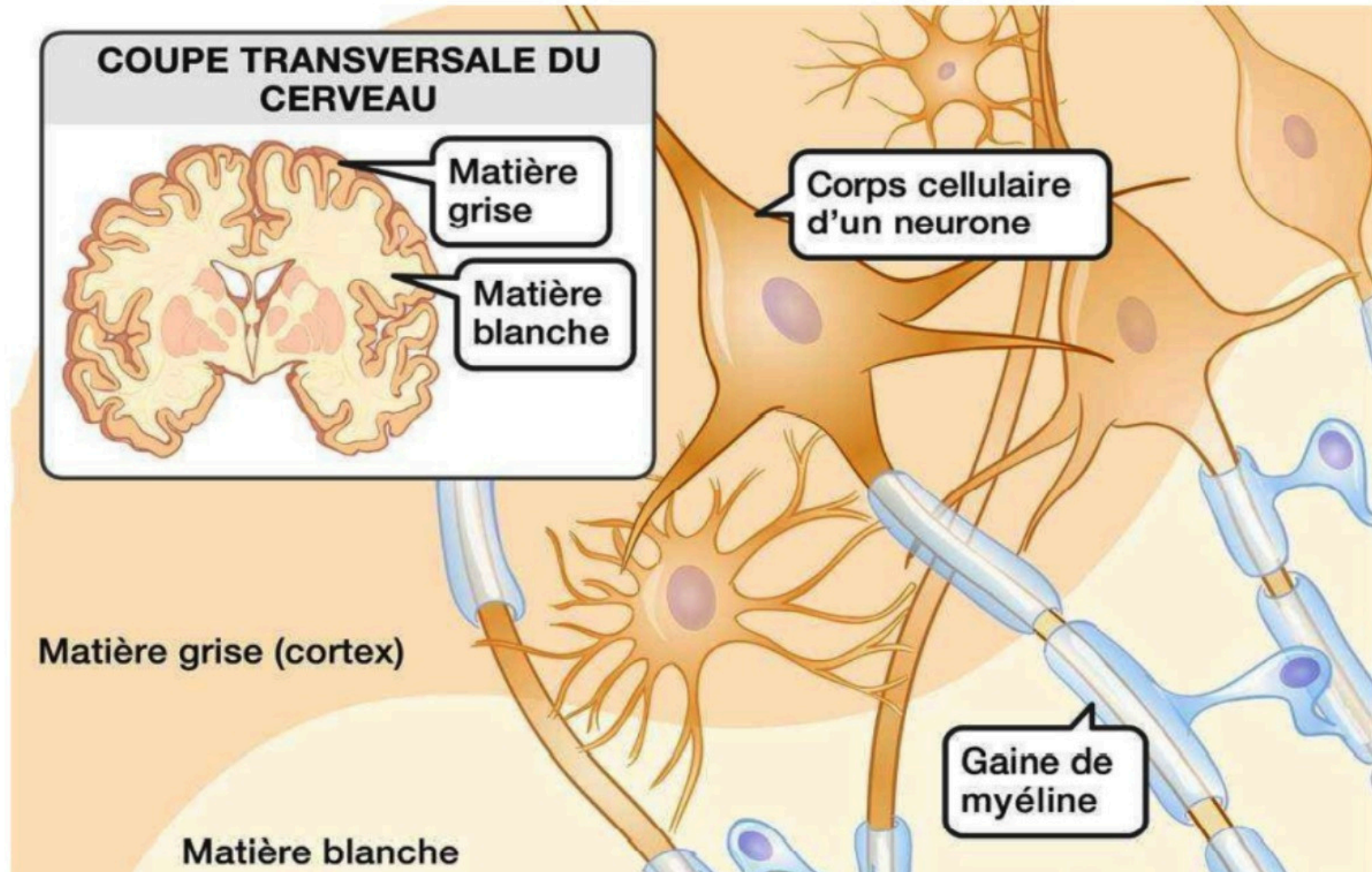
Cortex ou substance grise du cerveau

Substance blanche

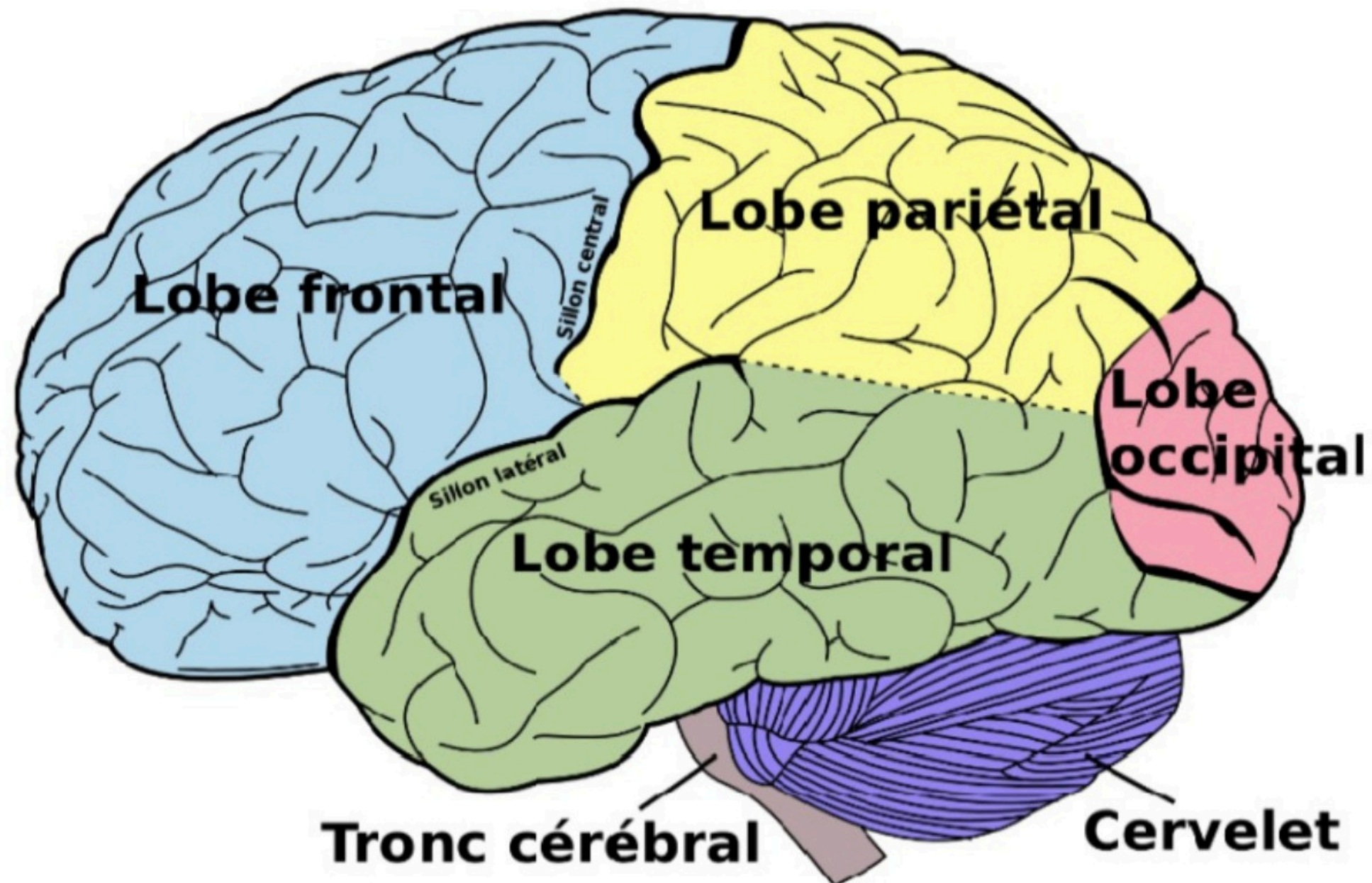
Les deux hémisphères cérébraux



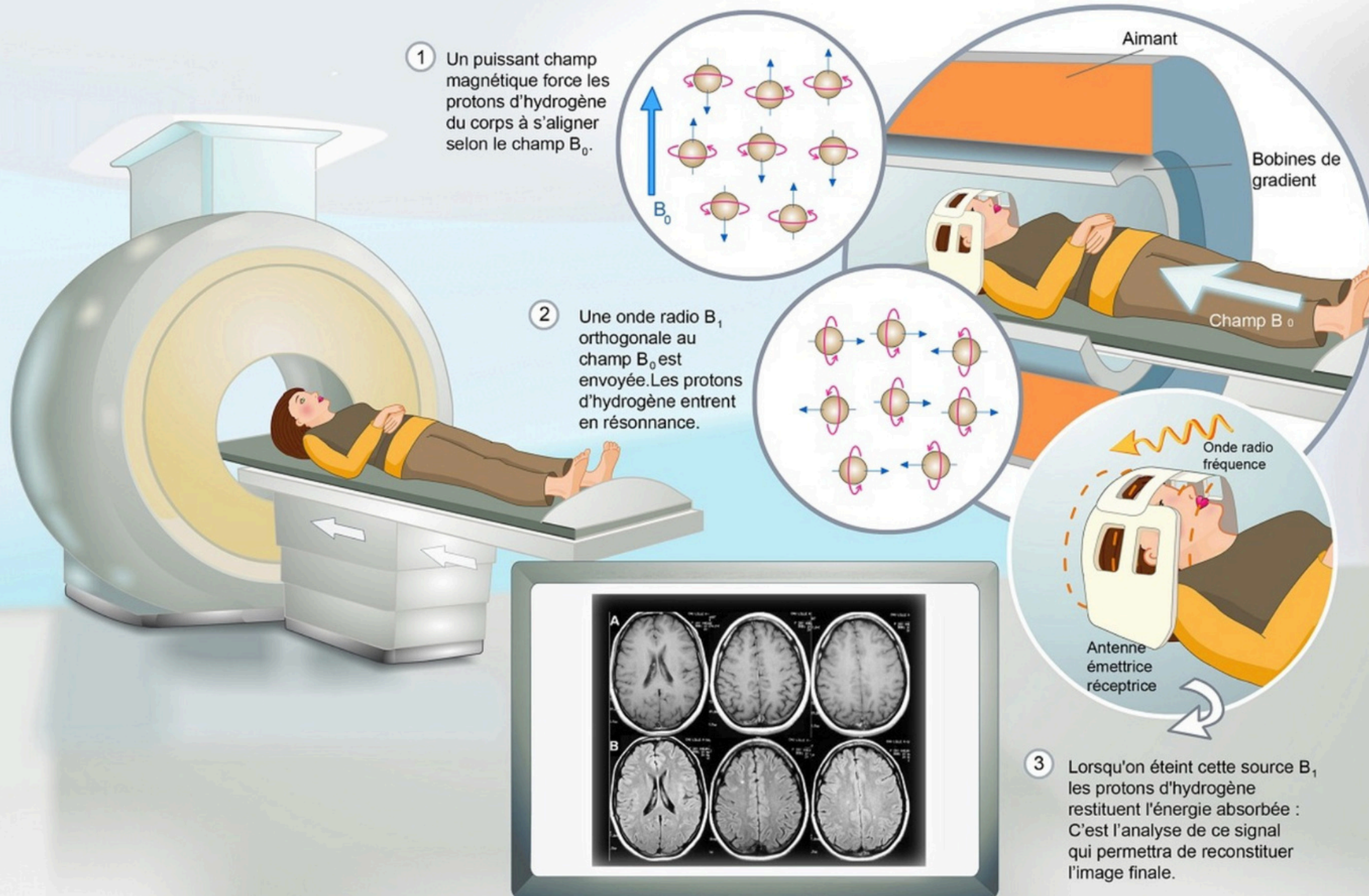
Le cortex : partie superficielle du cerveau correspondant à la substance grise qui renferme les corps cellulaires des neurones



Document référent :



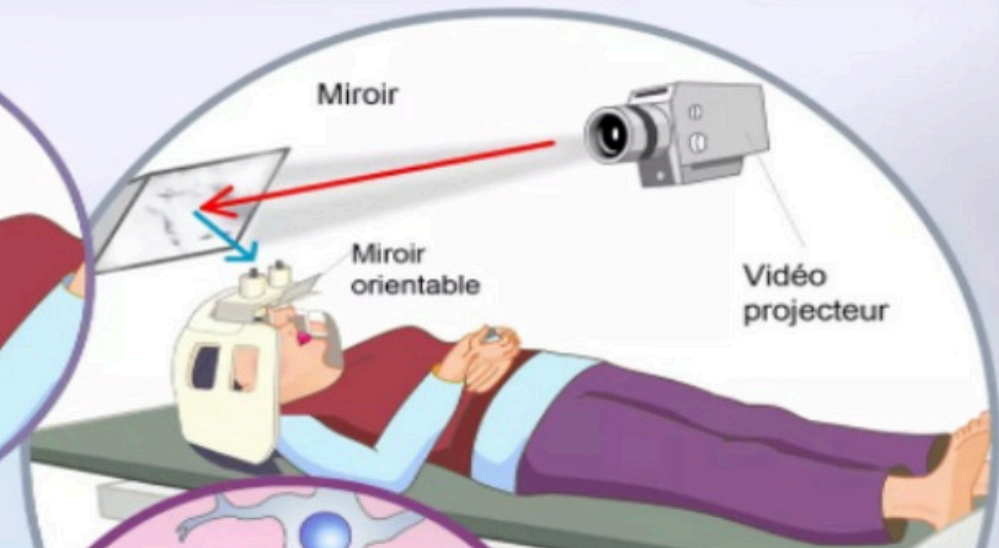
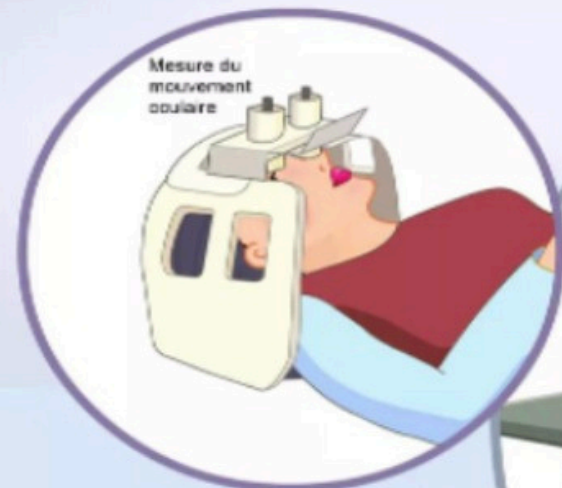
L'IRM anatomique



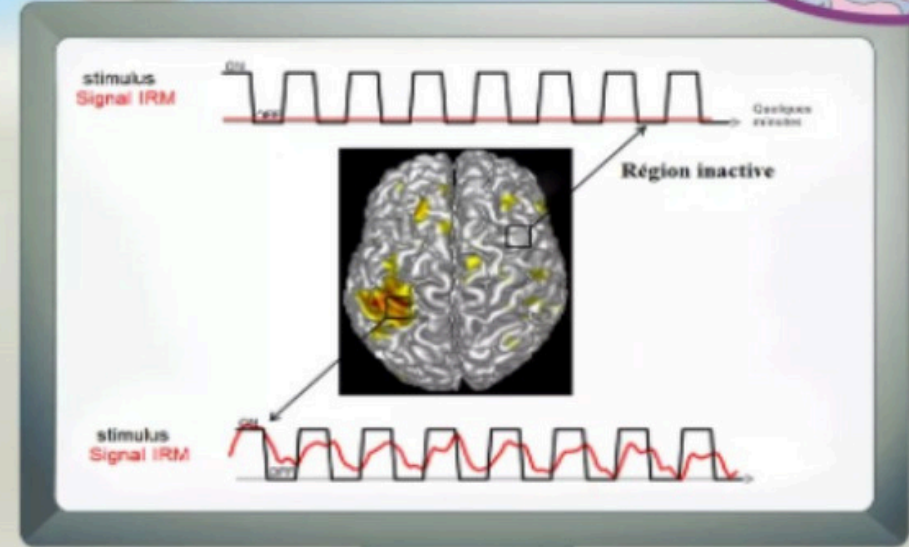
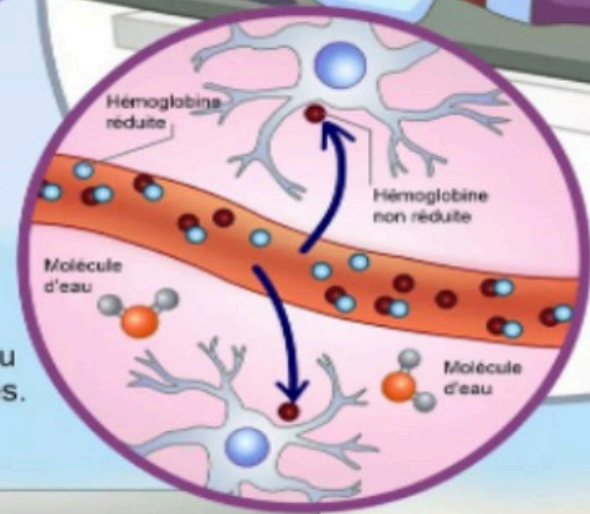
L'IRM fonctionnelle



1 L'activité cérébrale due à la stimulation visuelle s'accompagne d'un enrichissement en oxygène des régions mises en jeu indispensable à l'utilisation optimale du glucose.



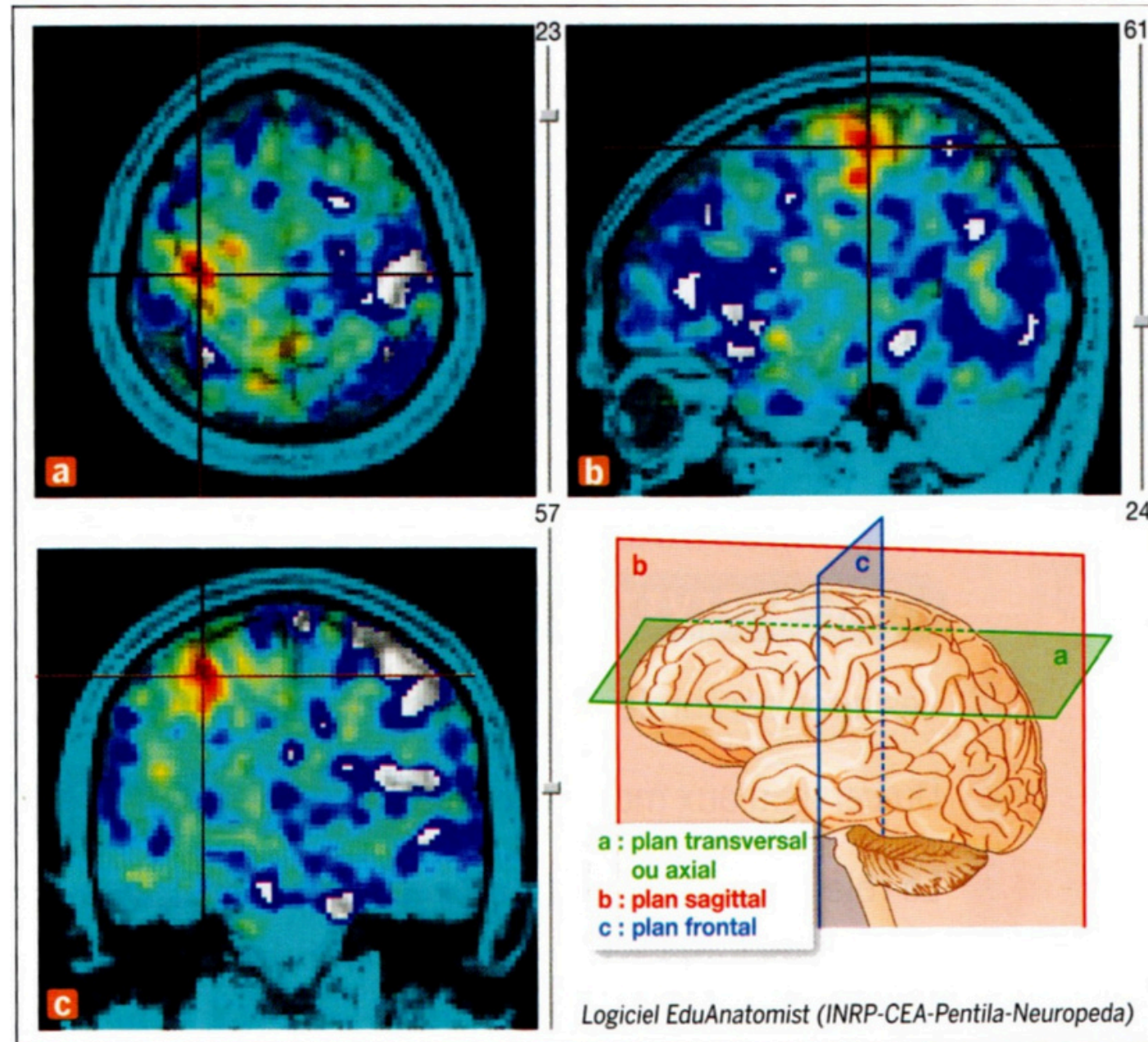
2 L'hémoglobine, selon qu'elle transporte ou non de l'oxygène a des propriétés magnétiques différentes. La circulation du sang chargé en hémoglobine + oxygène, puis en hémoglobine plus ou moins oxygénée, perturbe le champ magnétique local. Les protons de l'eau y sont sensibles.

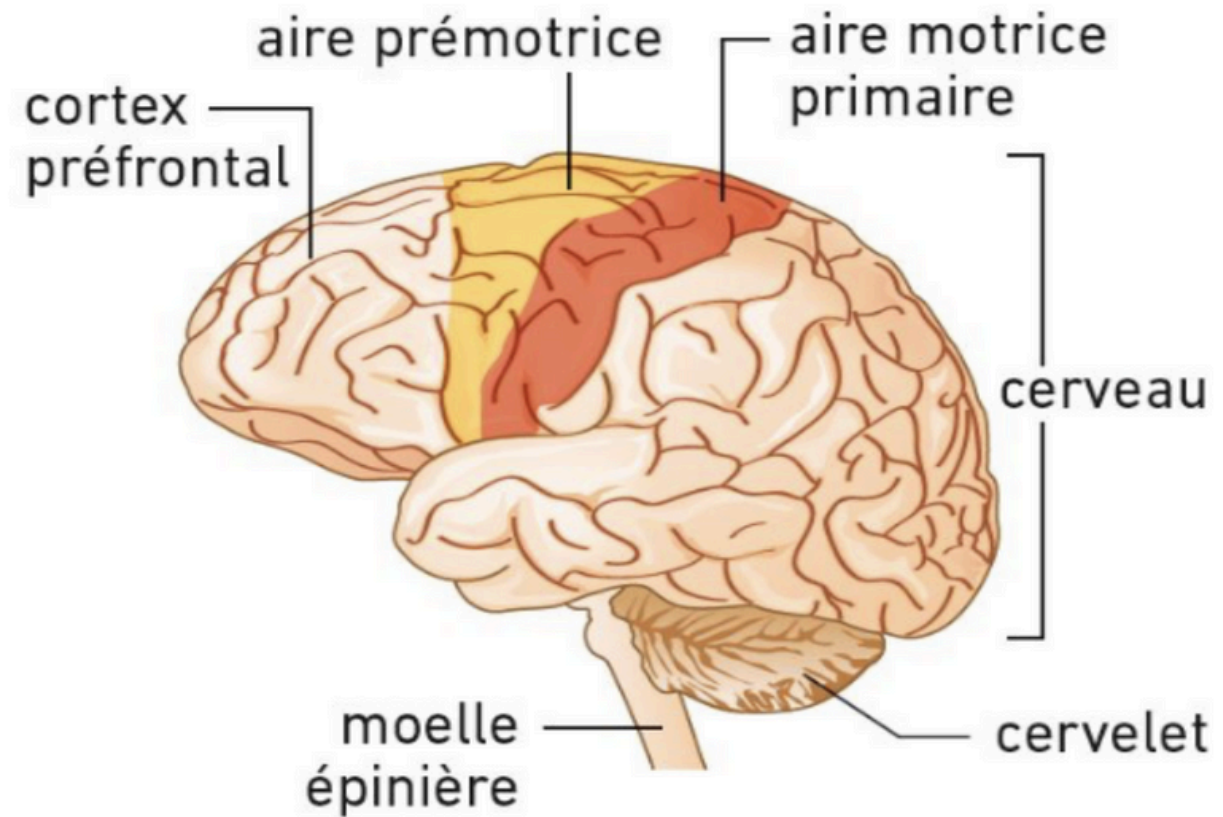
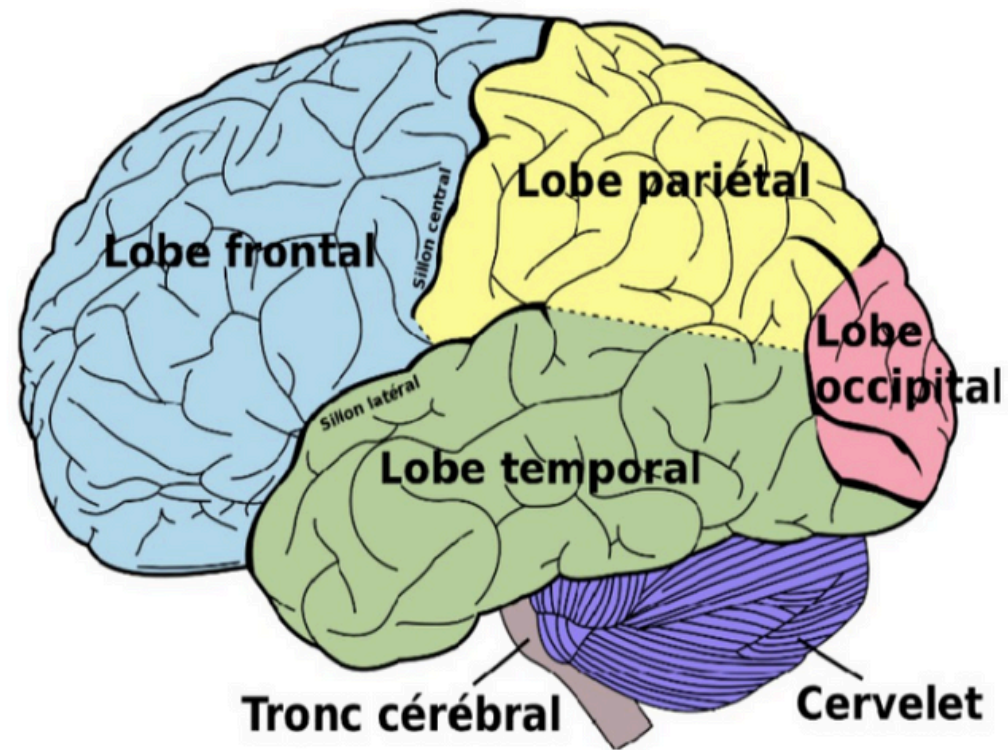


3 C'est l'apport en grande quantité d'oxygène via l'oxyhémoglobine qui réhausse le signal IRM (phénomène BOLD).



ARGUMENT : Activité cérébrale observable sur d'IRMf dans diverses situations de mouvement volontaire ou cas cliniques



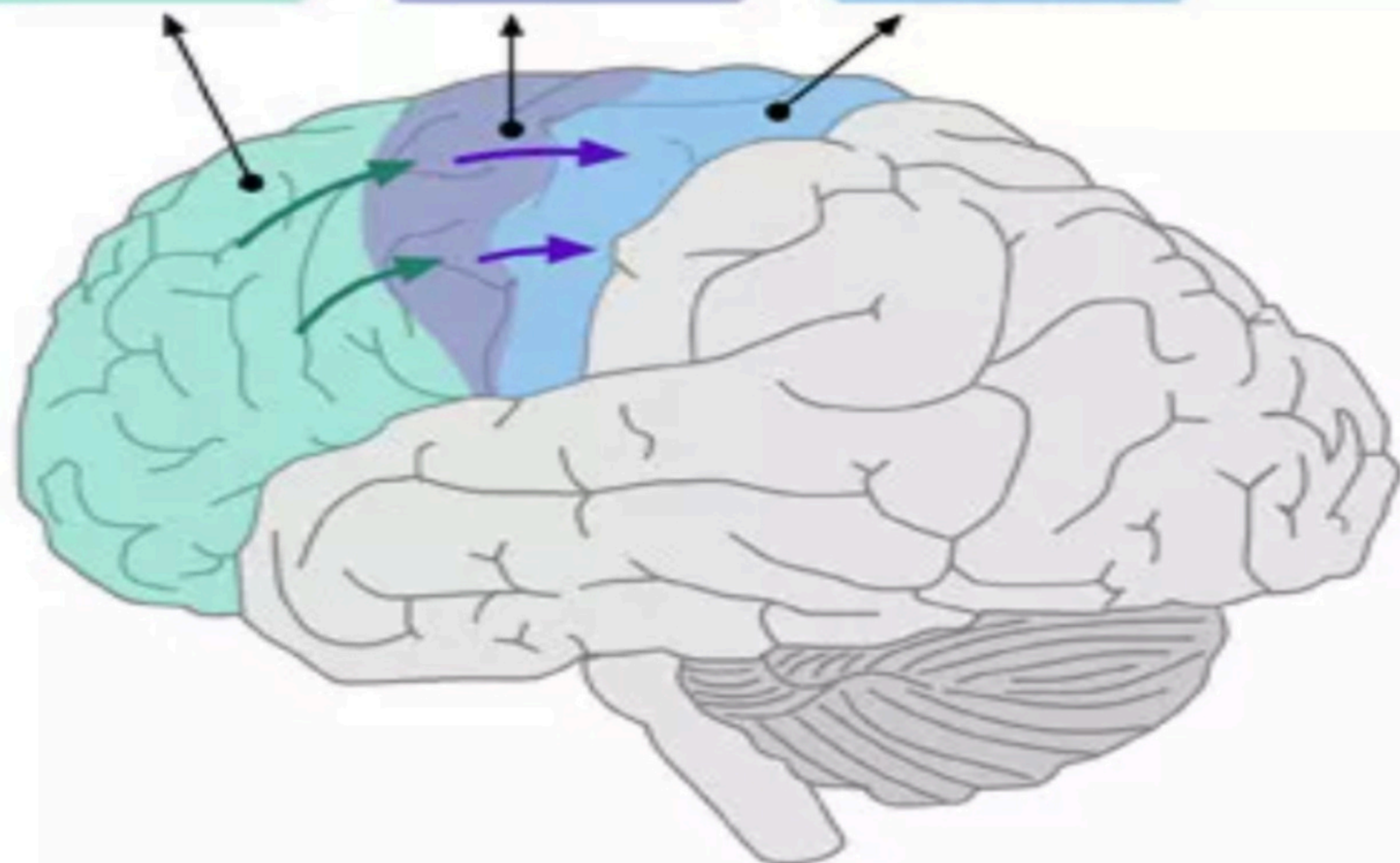


Document 1 : Schéma structural du cerveau et des zones corticales responsables du mouvement.

le cortex
préfrontal
planifie les
mouvements

le cortex
prémoteur
organise les
séquences
motrices

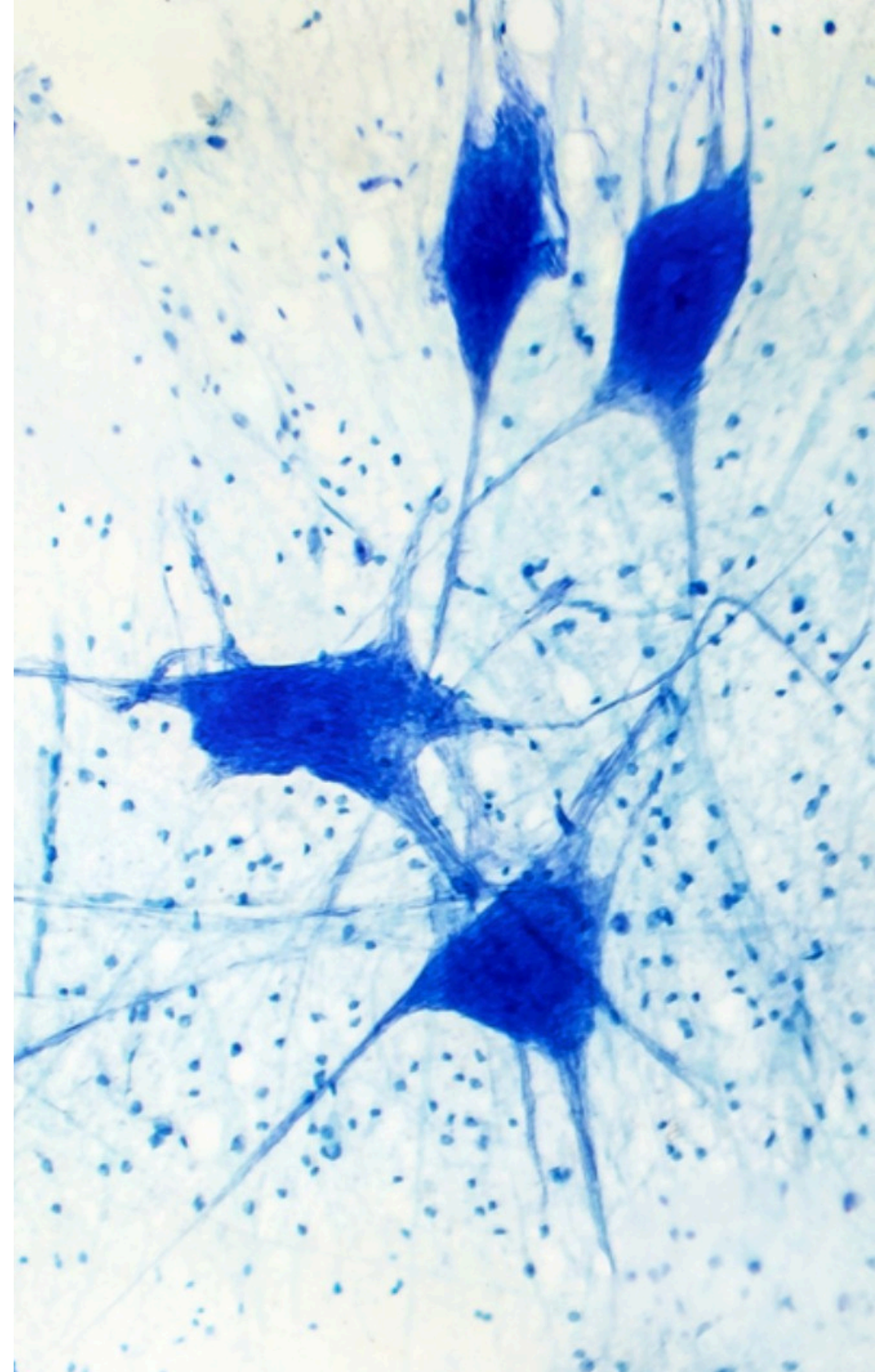
le cortex
moteur
exécute les
mouvements
spécifiques

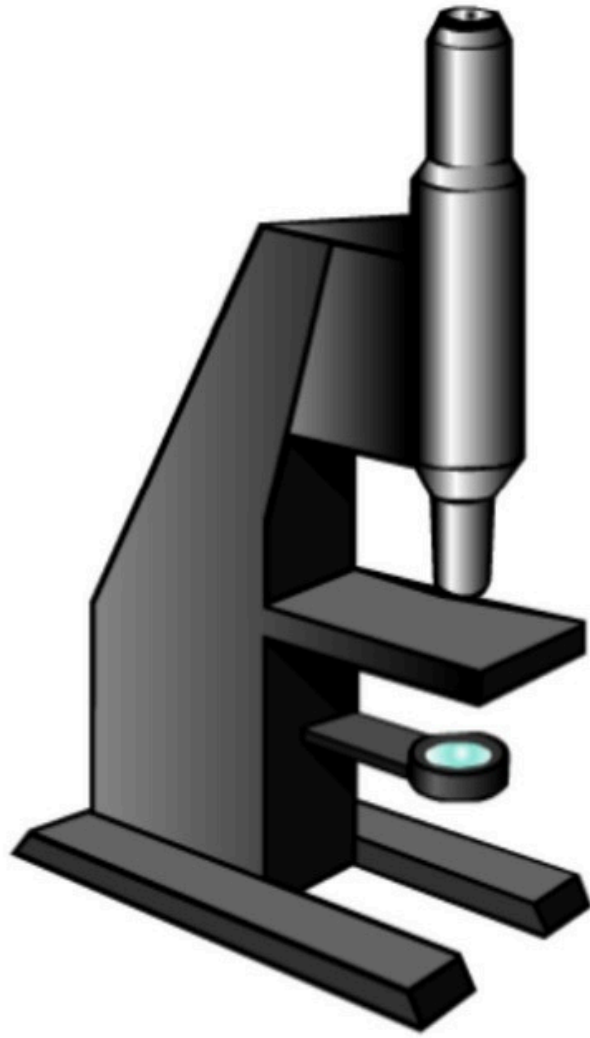


I. Le cerveau, un organe complexe

A) Le cerveau, un organe structuré en aires cérébrales

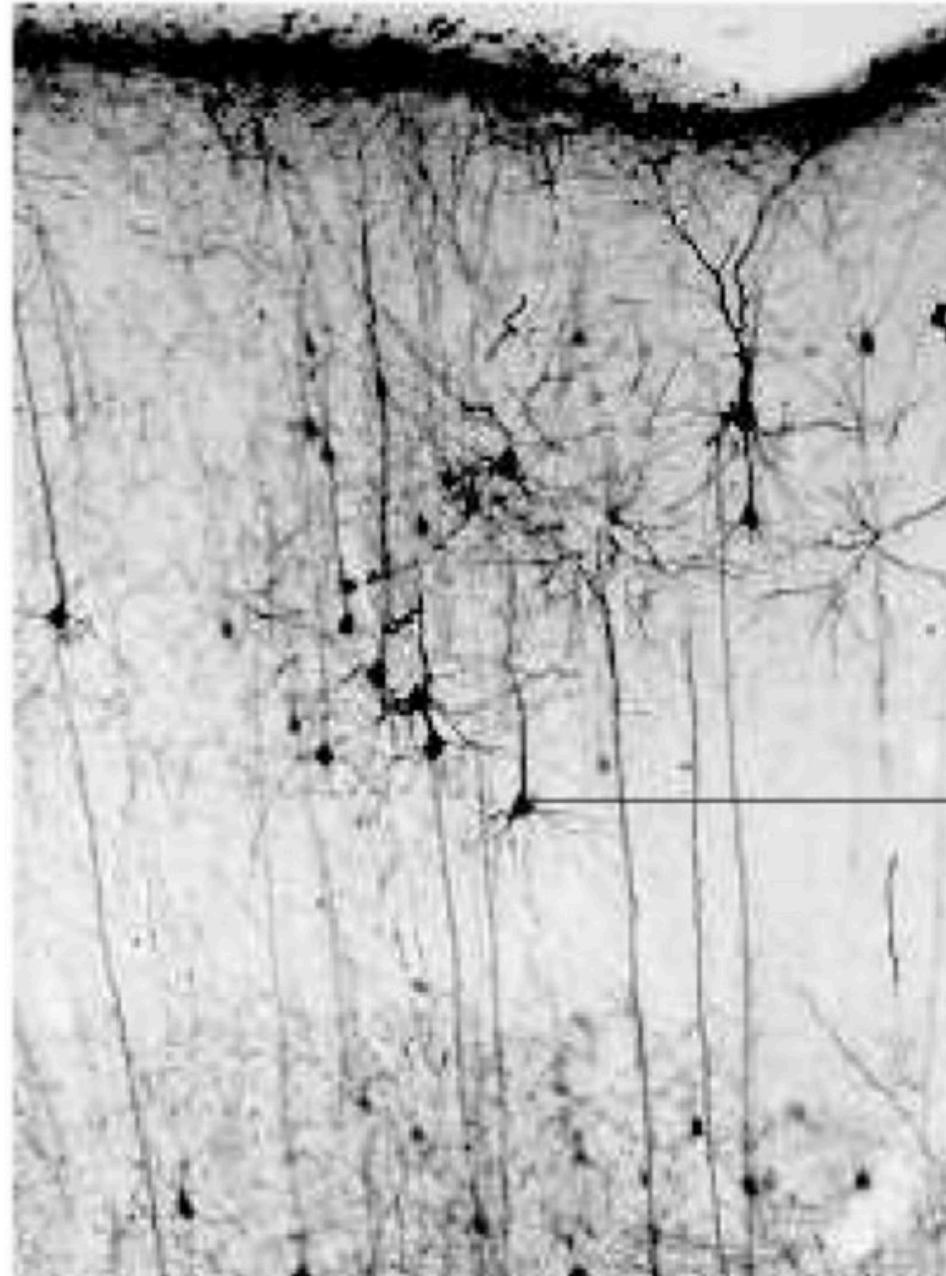
→ B) Le cerveau, un organe composé de cellules spécialisées





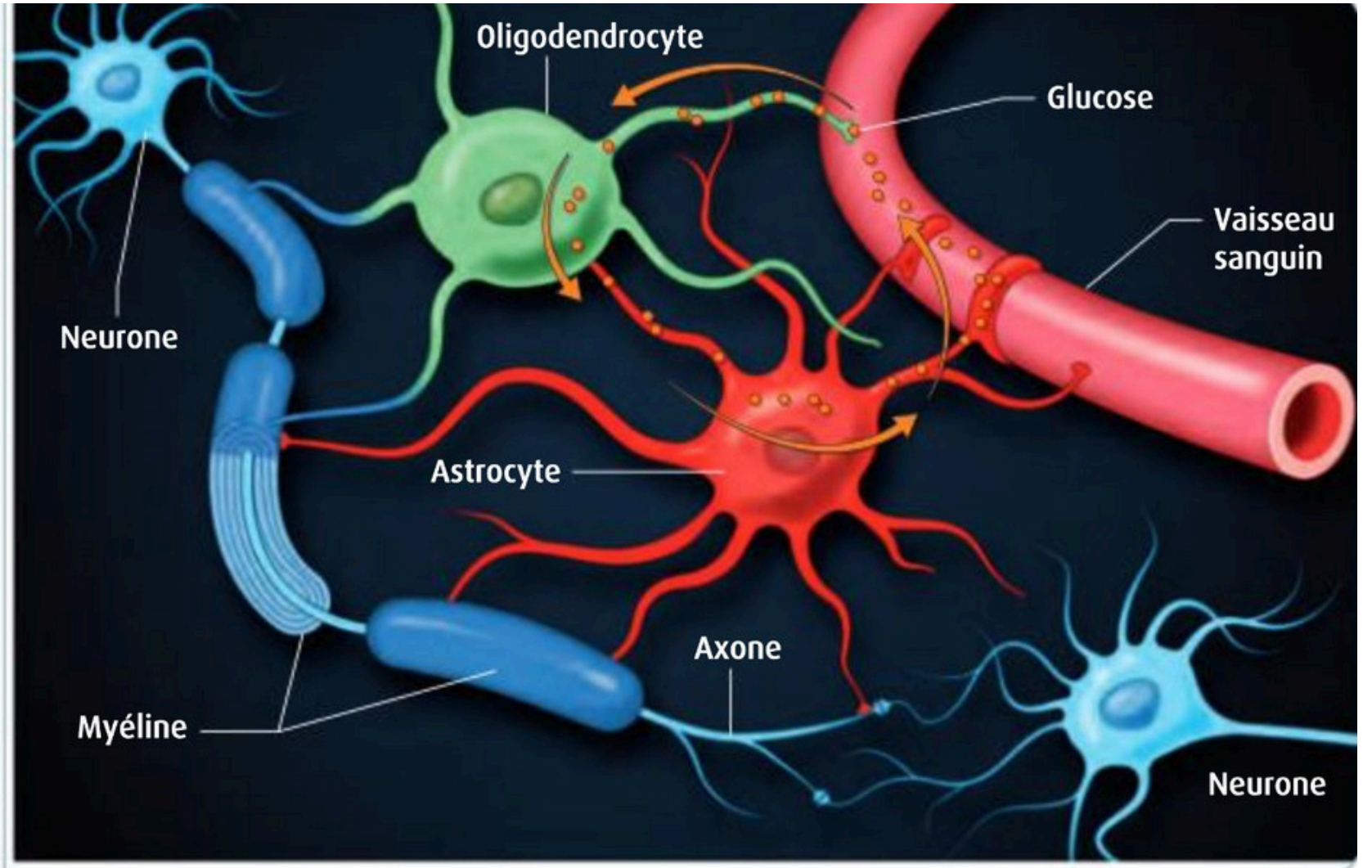
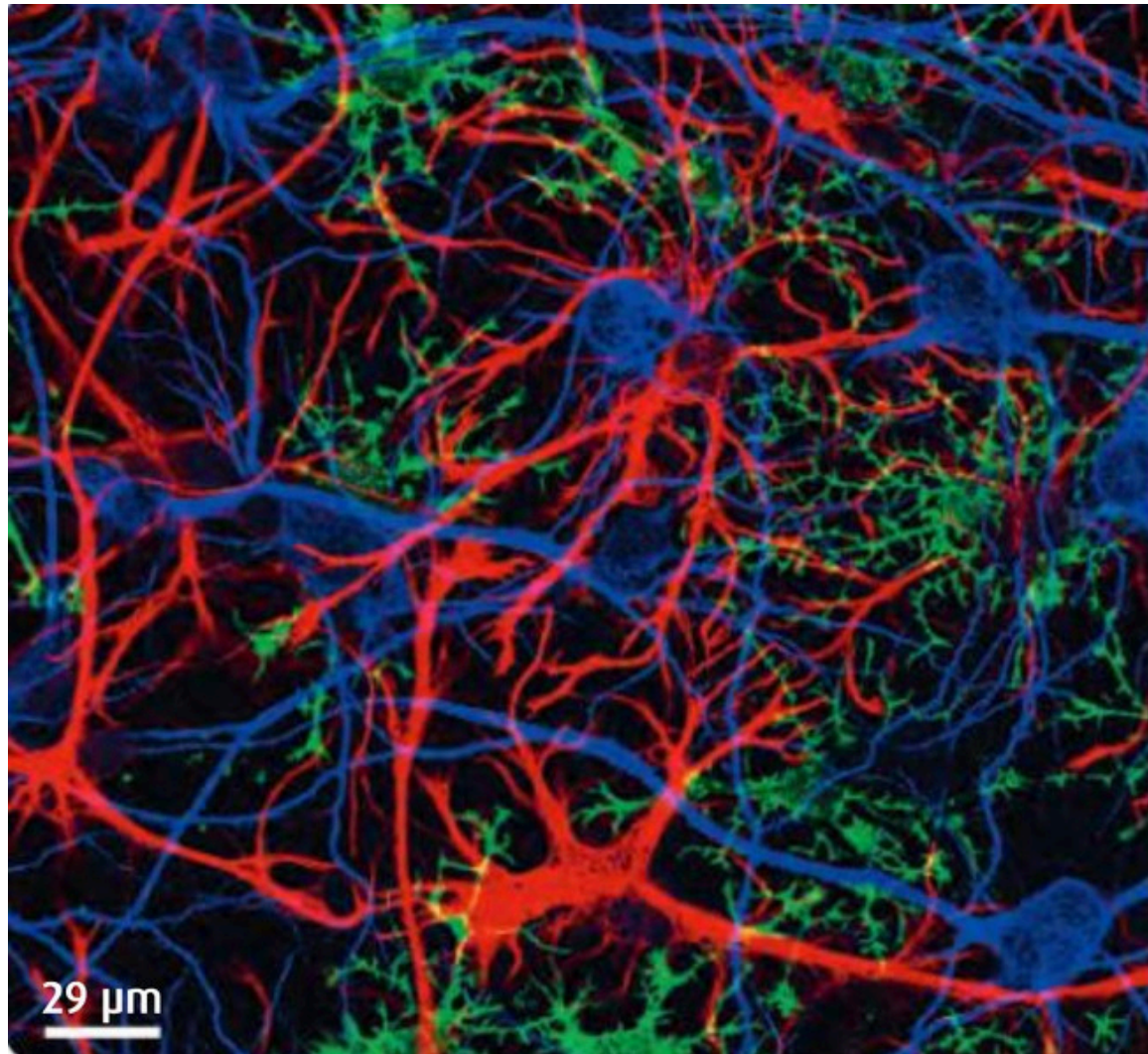
Observé au microscope optique
coloration de Golgi.

Grossissement x 200



CORTEX
PYRAMIDAL

*corps cellulaire
d'un neurone
pyramidal*





ARGUMENT : Tableau descriptif des différentes cellules 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.



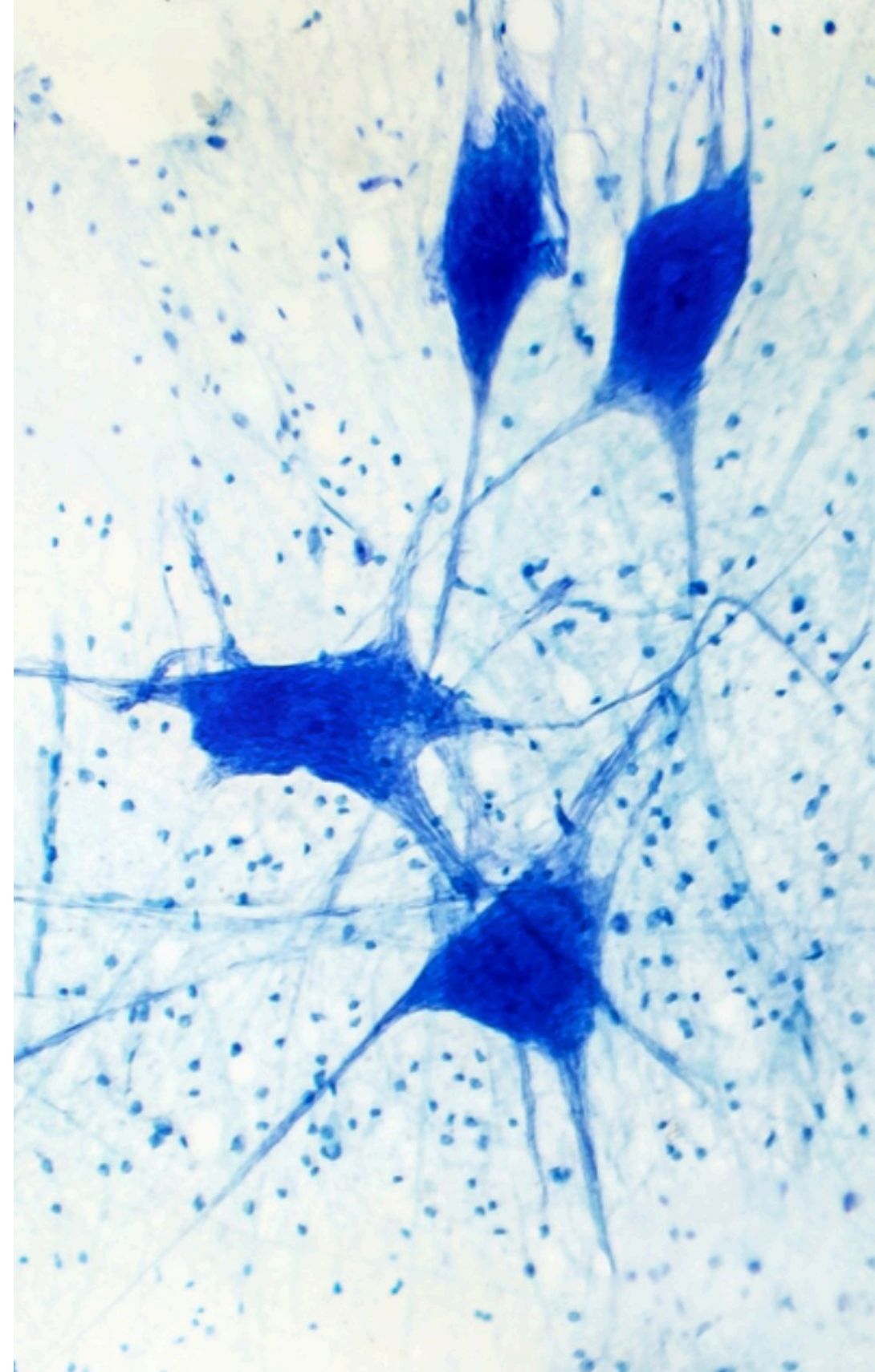
Bilan: Le cerveau est constitué de neurones, traitant et propageant les messages nerveux, et de cellules gliales assurent le bon fonctionnement du système nerveux. La partie superficielle du cerveau, formée de plusieurs couches de neurones, constitue le cortex cérébral.

Grâce à l'IRM, il est possible de localiser les aires motrices responsables de la commande volontaire du mouvement.

On a pu ainsi mettre en évidence des territoires du cortex cérébral dont l'activité est liée à l'exécution d'un mouvement volontaire : les aires motrices. Les aires motrices primaires commandent directement les mouvements.

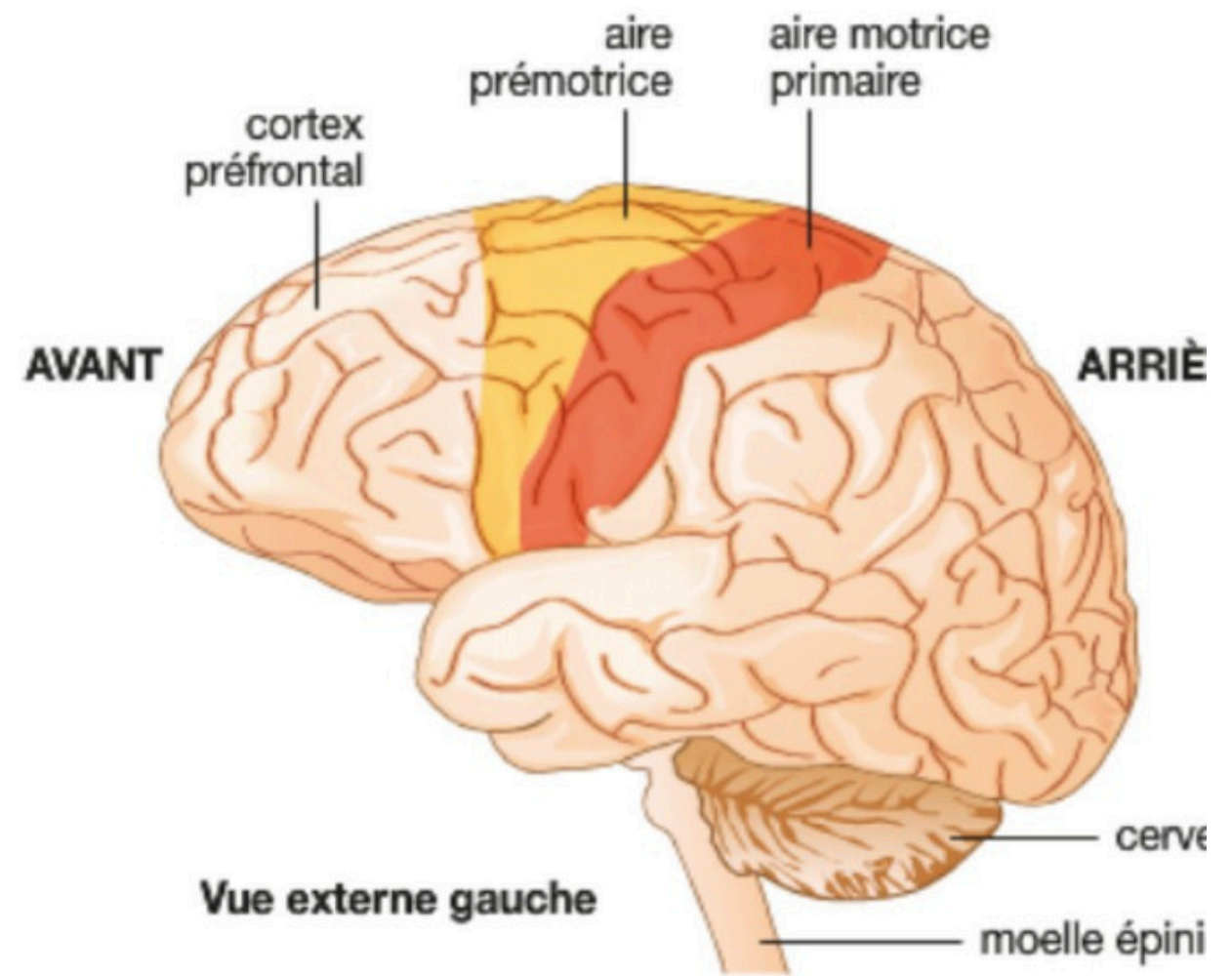
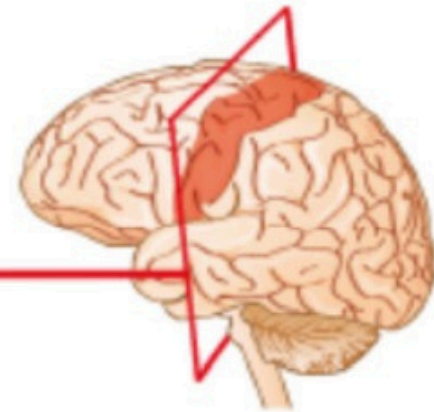
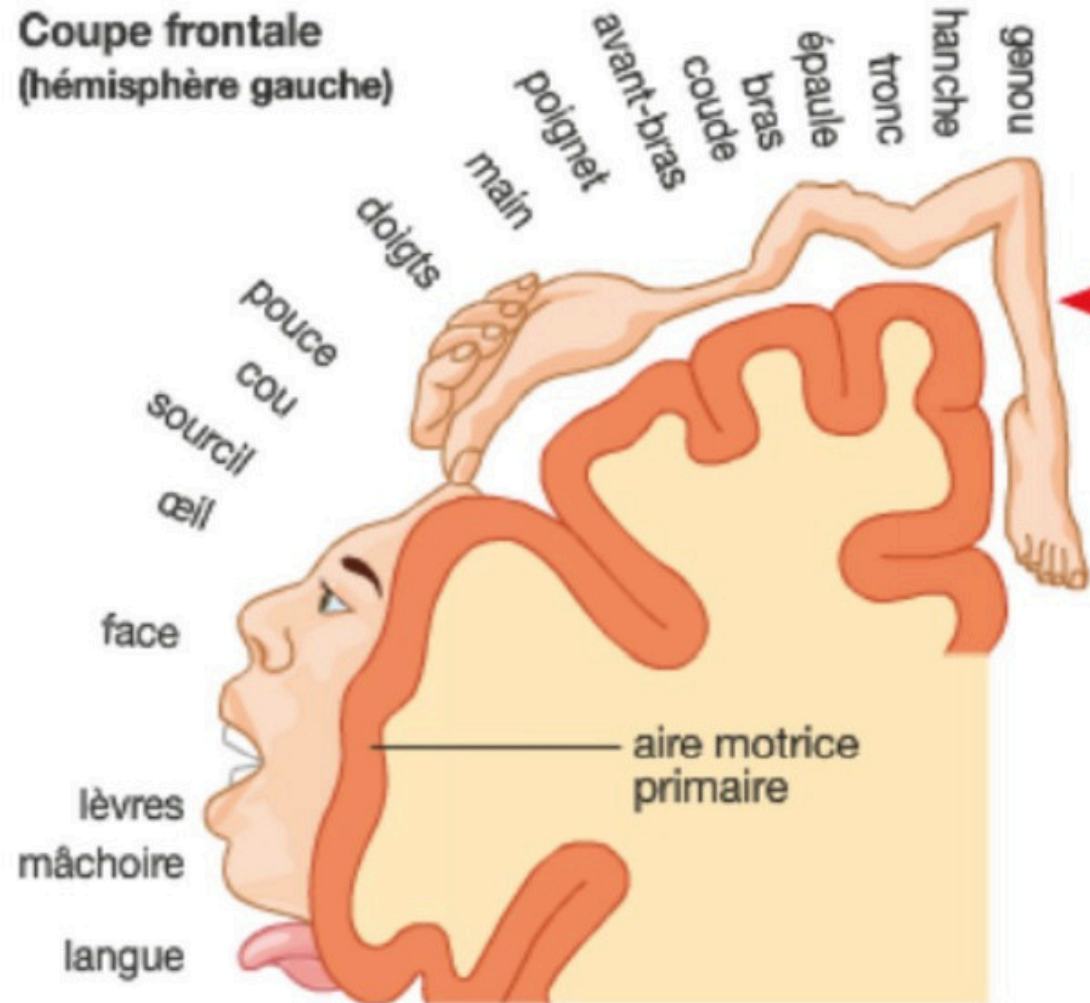
II. Le cerveau, un centre d'aires cérébrales interconnectées

→ A) Les voies motrices

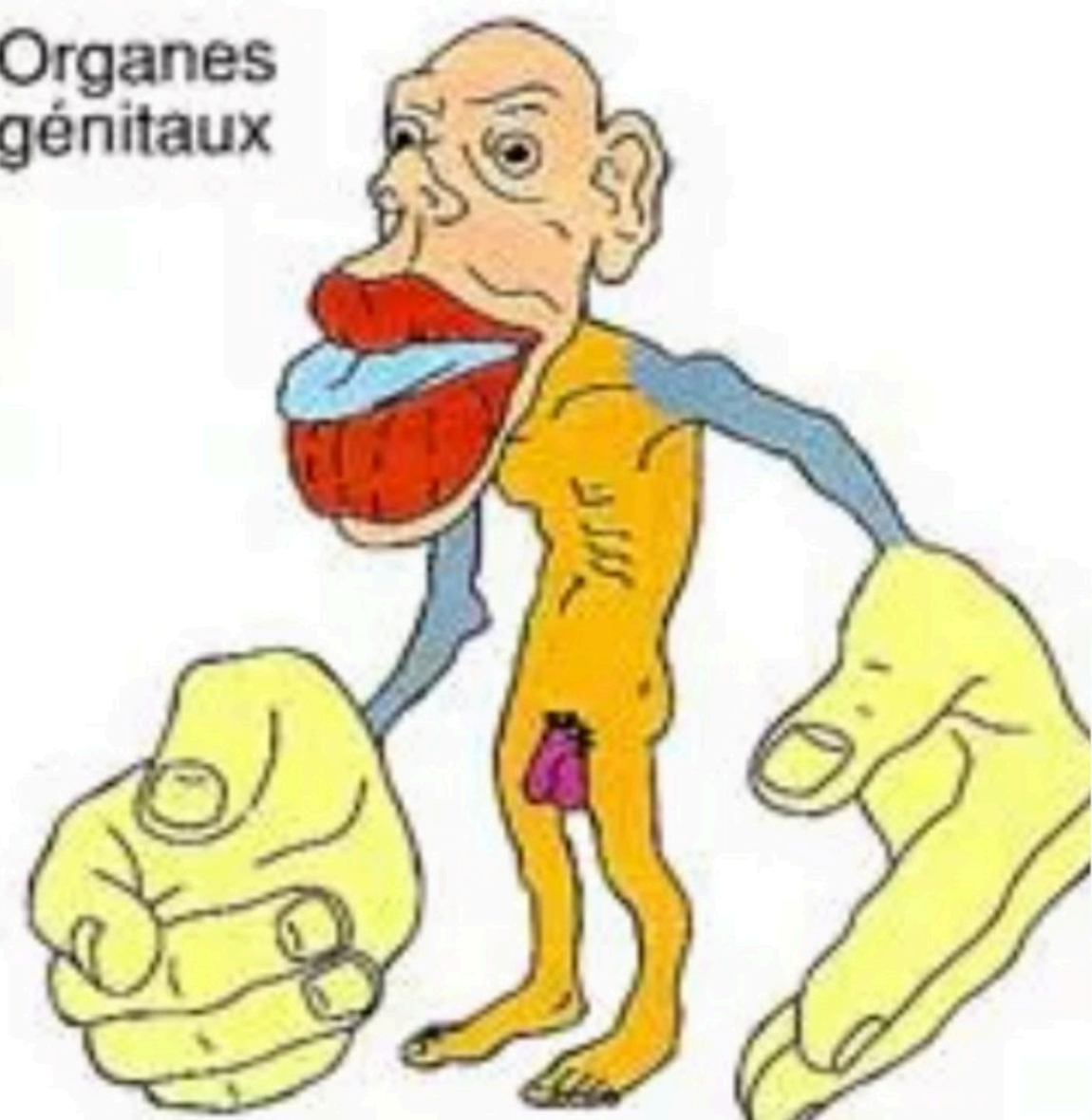
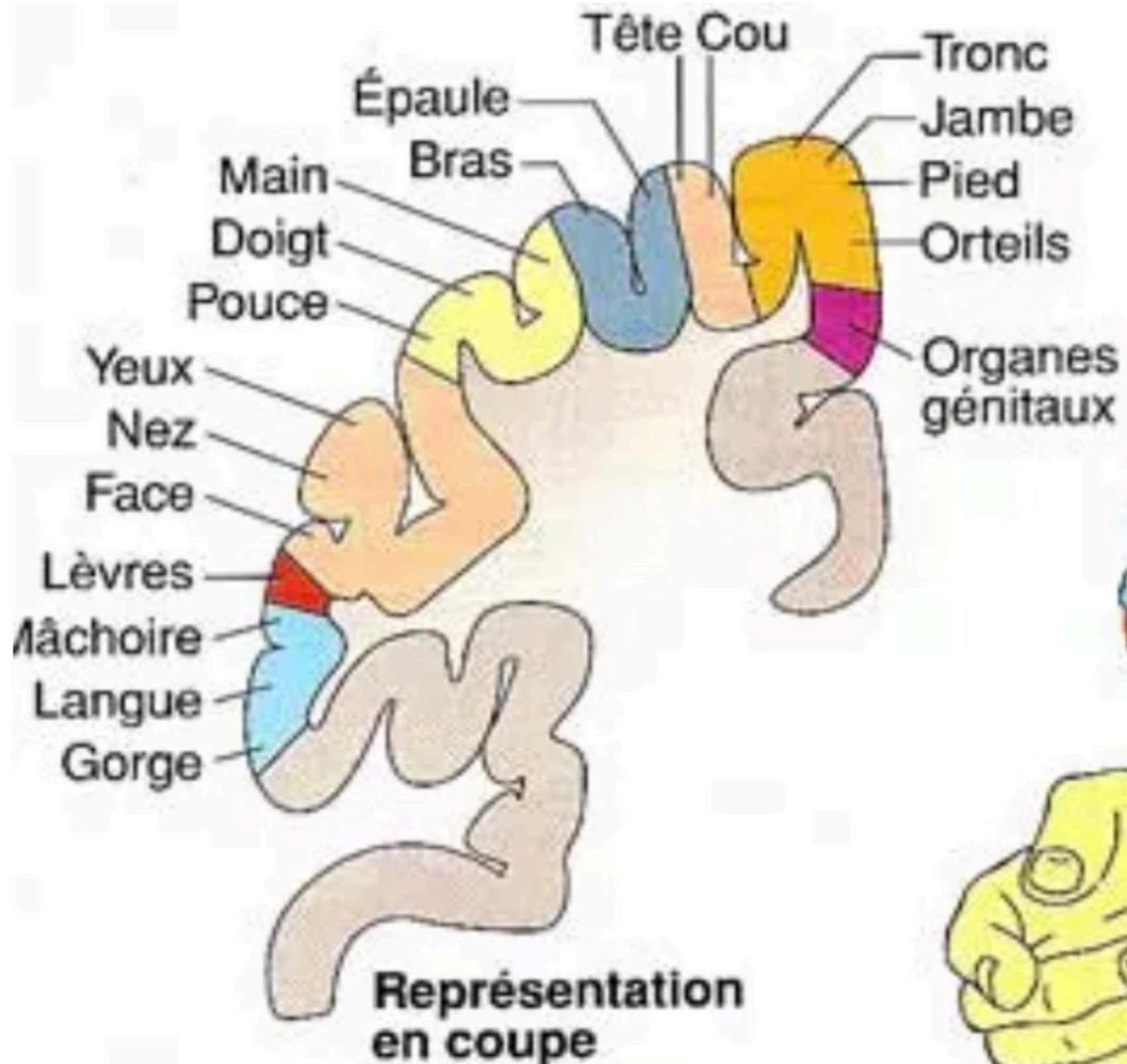


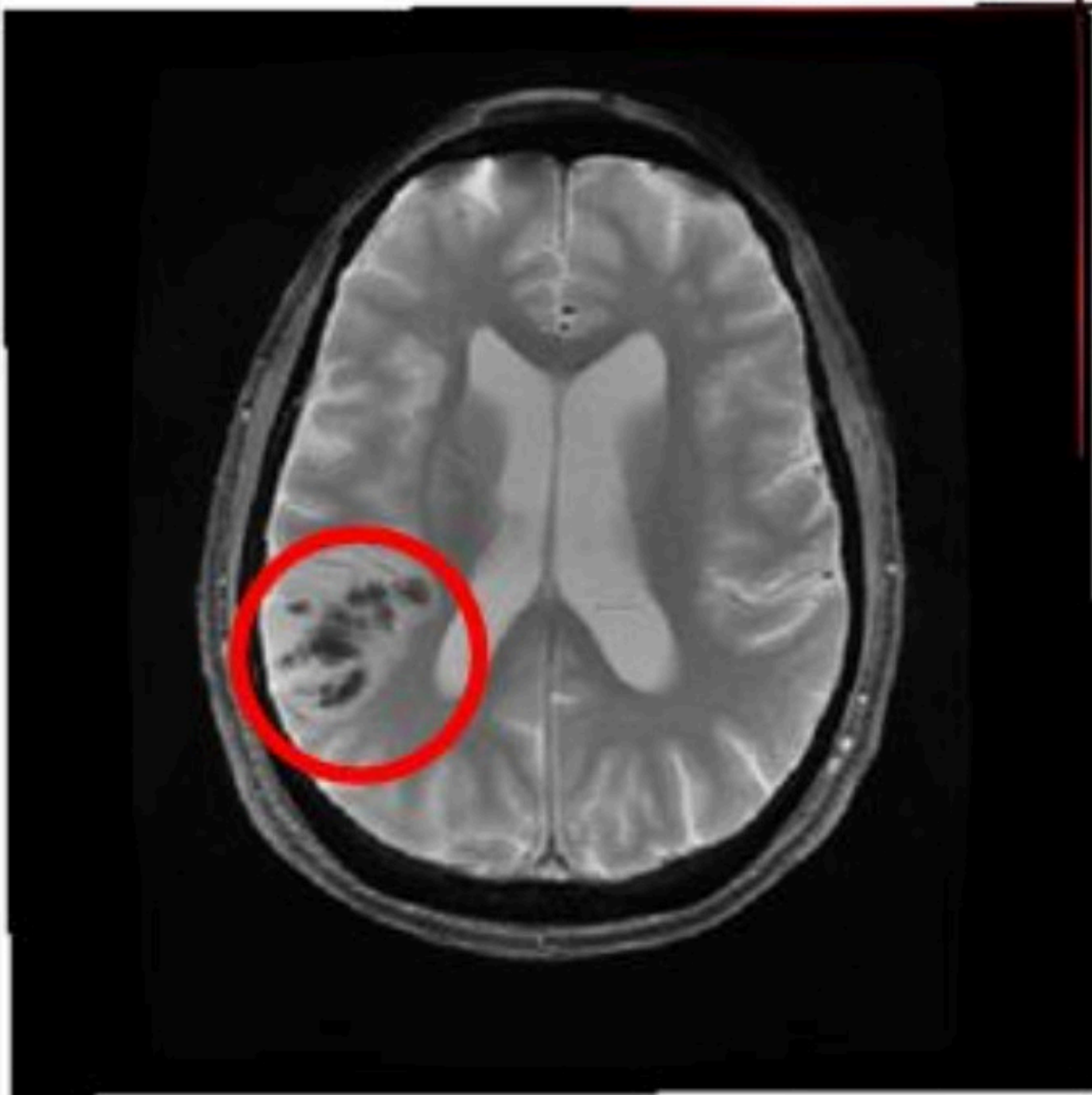
La commande des mouvements volontaires met en jeu des territoires bien déterminés du **cortex** cérébral, appelés pour cette raison **aires corticales motrices**. Alors que l'aire motrice primaire commande directement les mouvements, l'aire qualifiée de prémotrice, située plus en avant, est impliquée 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)



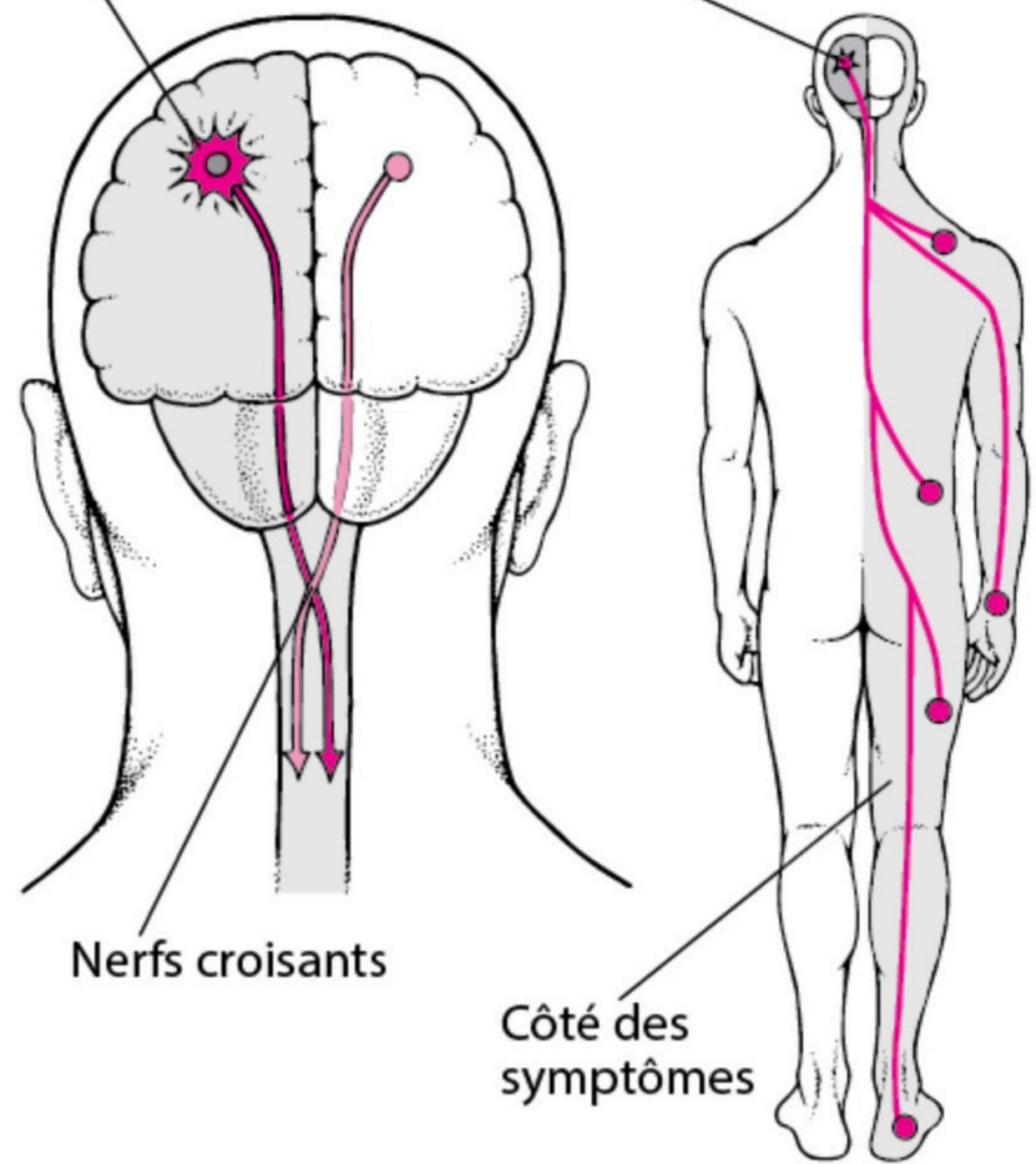
◀ Toute stimulation pratiquée dans l'aire motrice se traduit par l'exécution d'un mouvement d'une partie du corps alors qu'une lésion entraîne une paralysie de cette même partie. Des expériences systématiques de stimulation, qui confirment une investigation par imagerie cérébrale, ont permis de dresser 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.





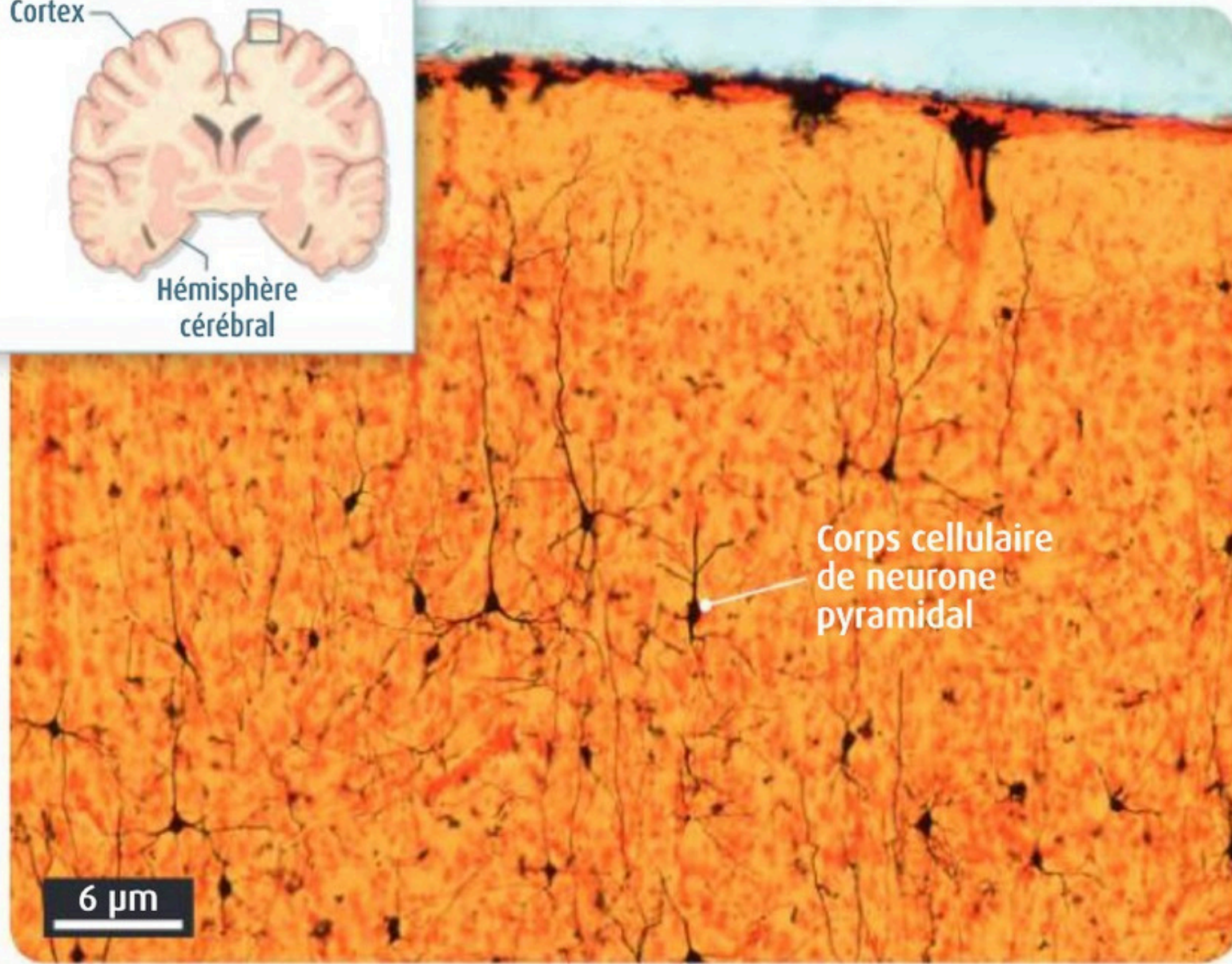
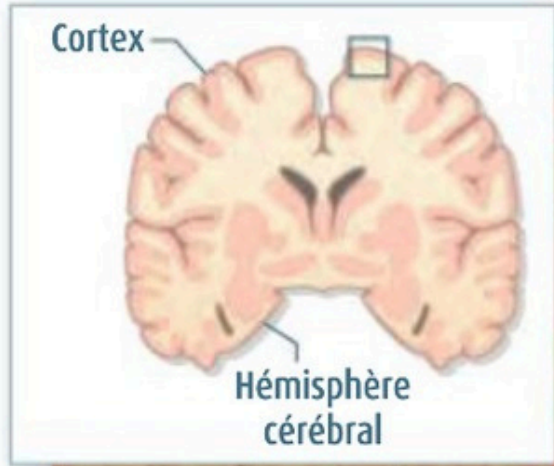
Site de l'accident vasculaire

Côté lésé

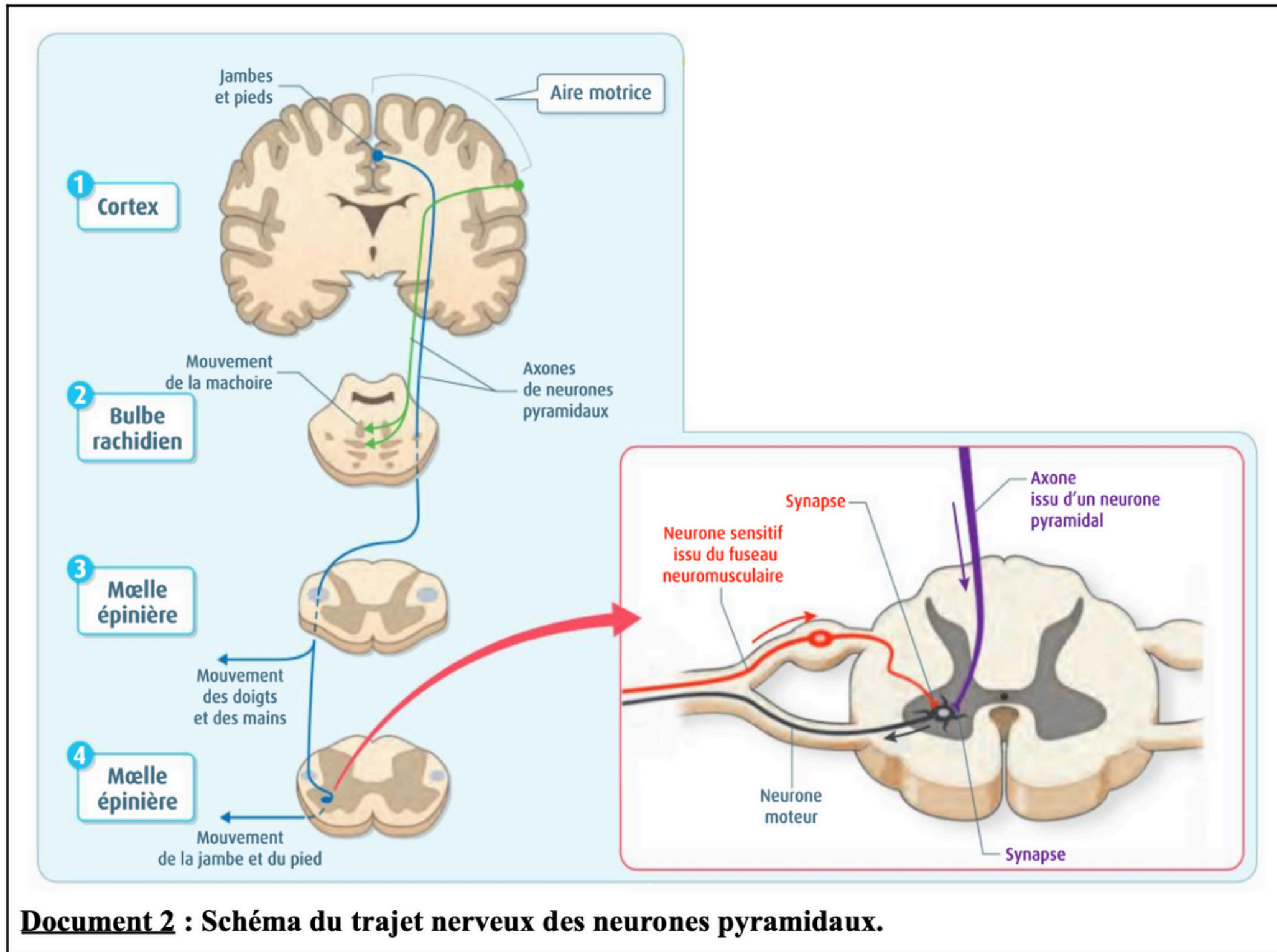


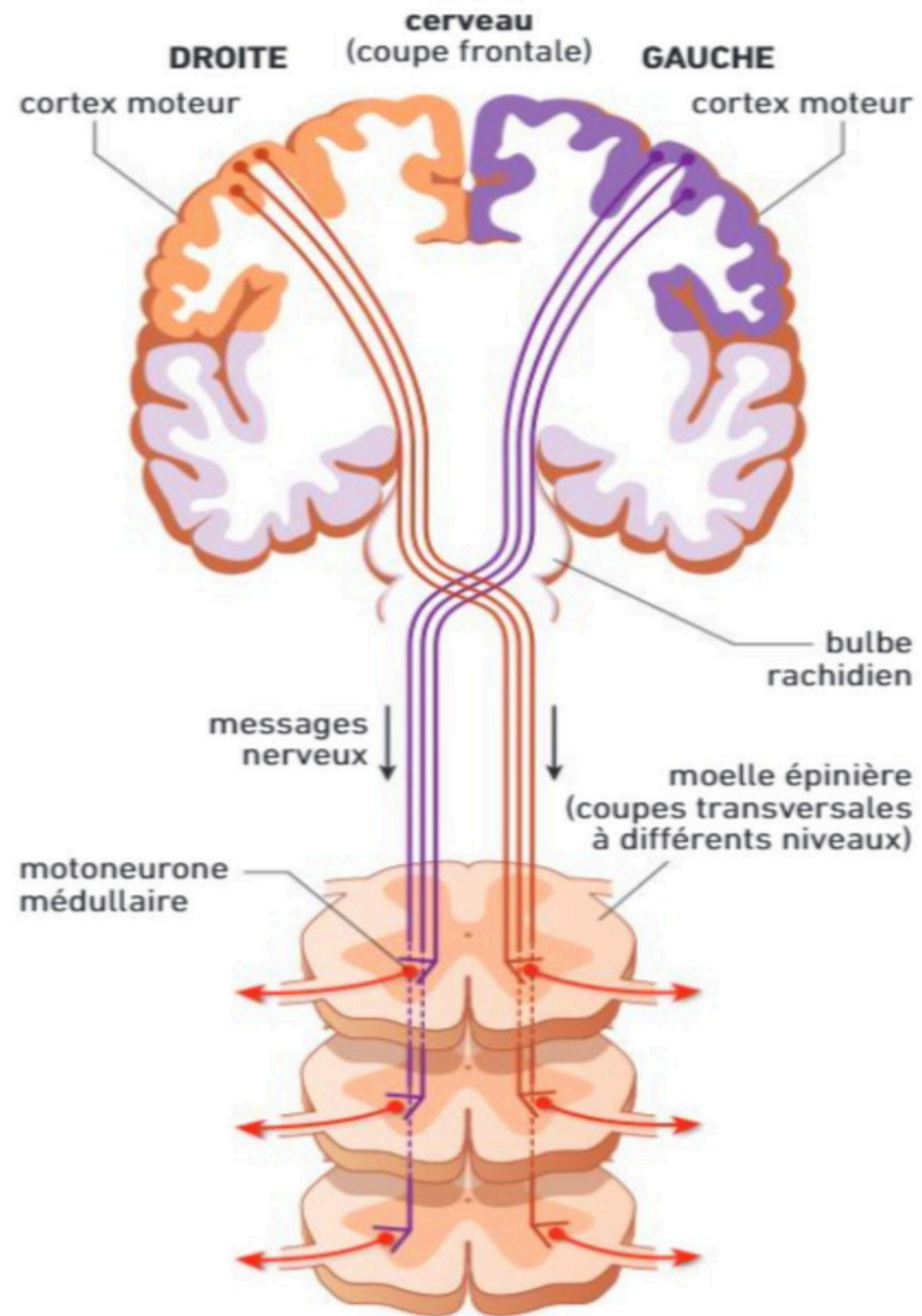
Nerfs croissants

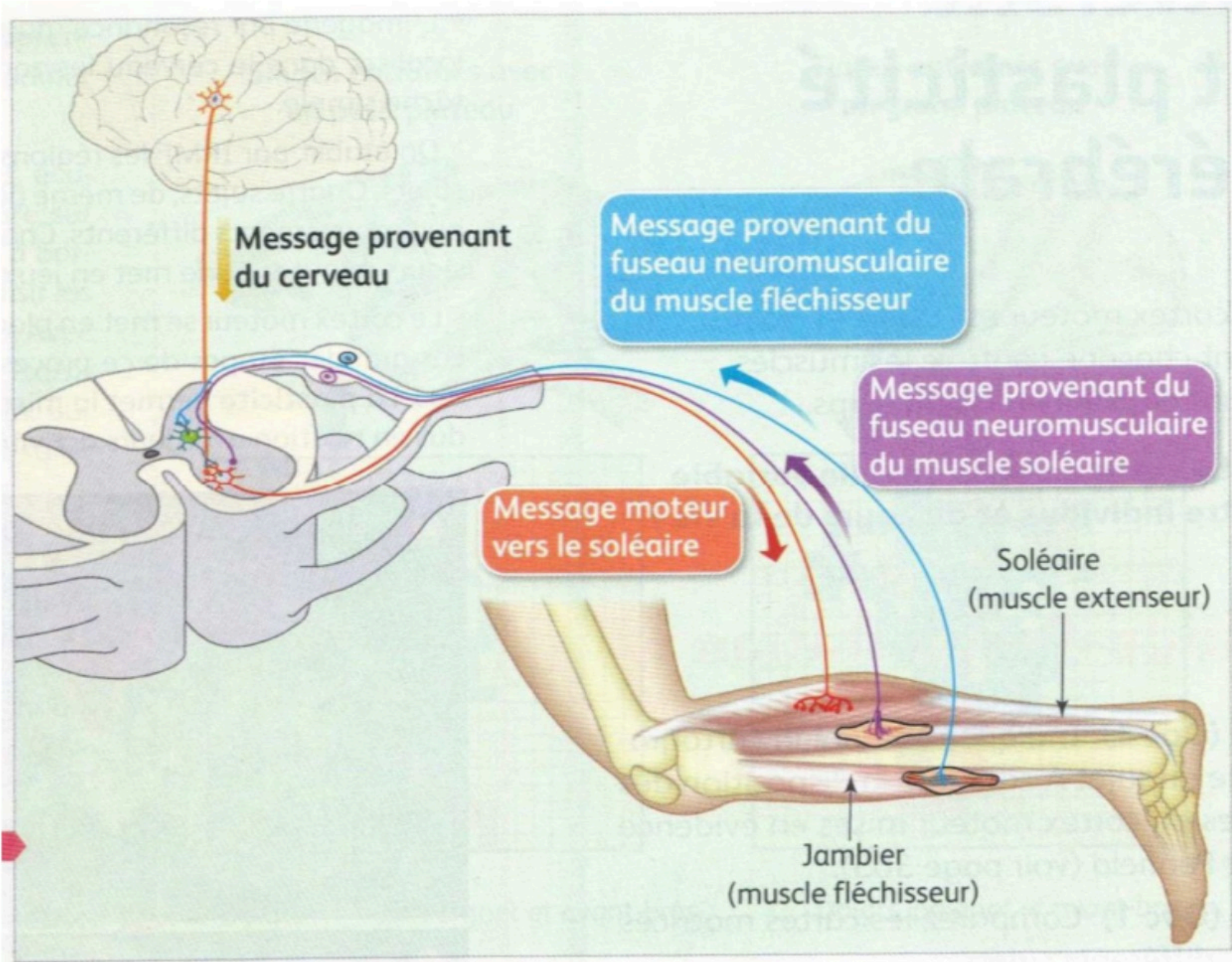
Côté des symptômes



1 Observation du cortex cérébral au microscope optique. On trouve dans le cortex cérébral des neurones en forme de pyramide : les cellules pyramidales. Ces neurones possèdent un réseau dendritique très développé qui leur permet de recevoir de nombreuses informations d'autres cellules nerveuses via des synapses. En fonction des différents messages nerveux reçus, les neurones pyramidaux émettent ou non un unique message nerveux qui se propage le long de leur axone : on dit que les neurones pyramidaux ont intégré les messages nerveux qui leur sont parvenus.







Message provenant du cerveau

Message provenant du fuseau neuromusculaire du muscle fléchisseur

Message provenant du fuseau neuromusculaire du muscle soléaire

Message moteur vers le soléaire

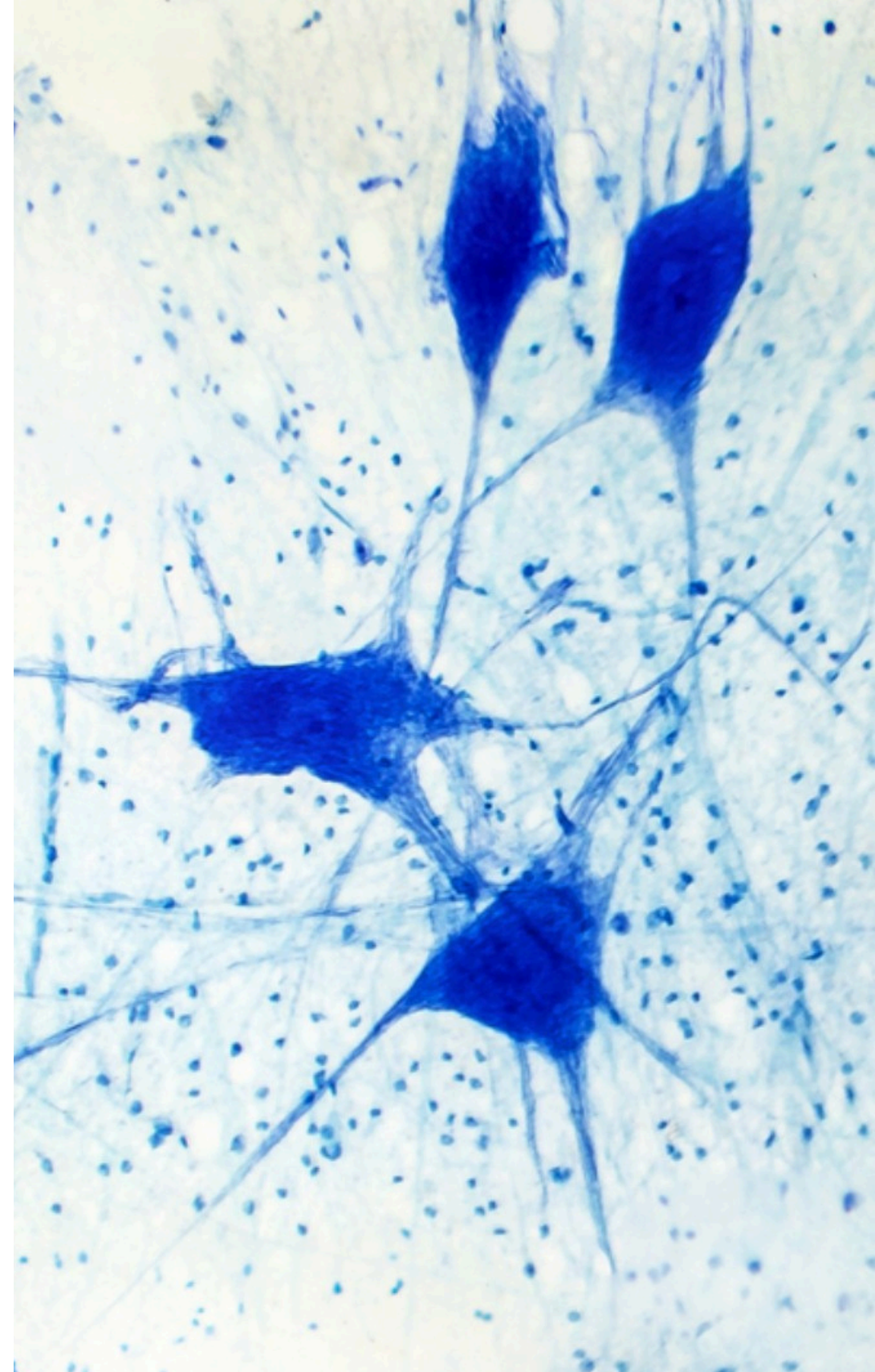
Soléaire (muscle extenseur)

Jambier (muscle fléchisseur)

II. Le cerveau, un centre d'aires cérébrales interconnectées

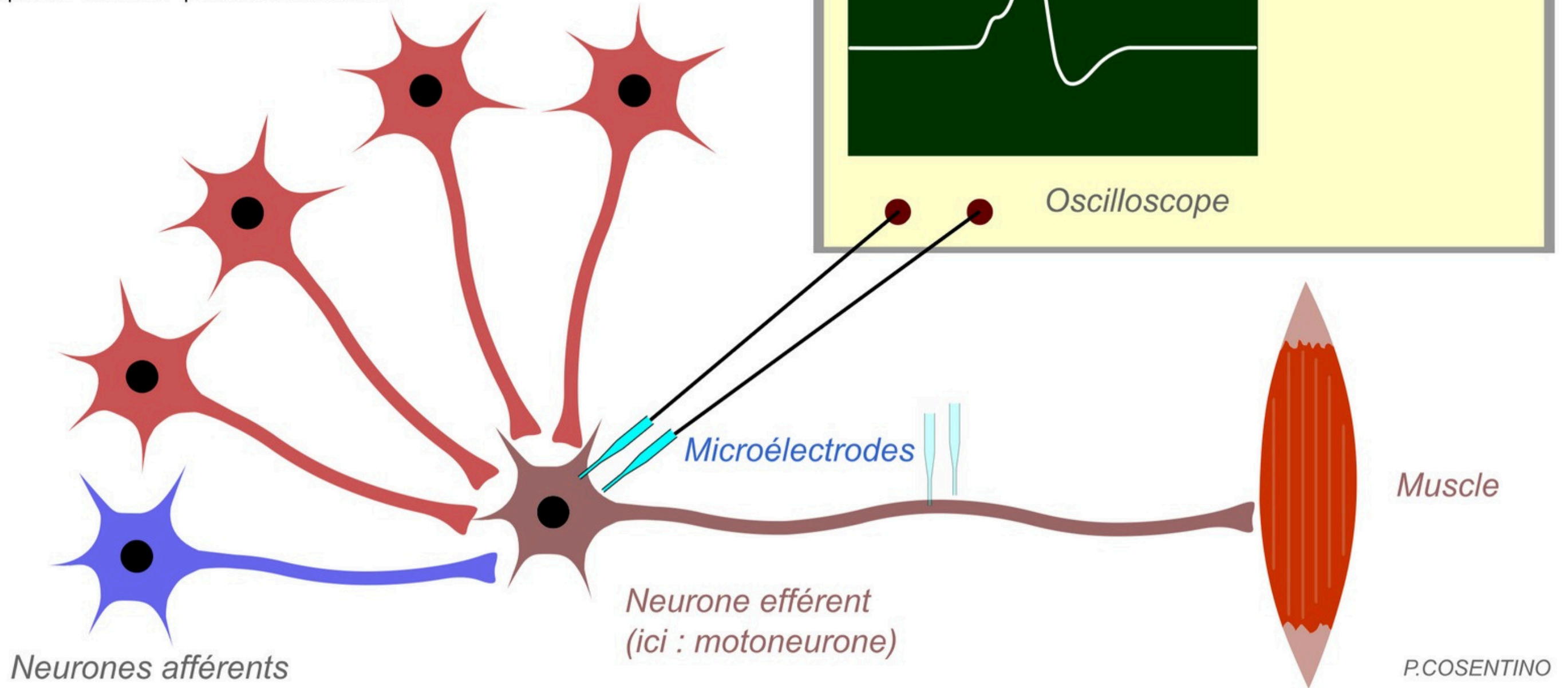
A) Les voies motrices

→ B) L'intégration neuronale



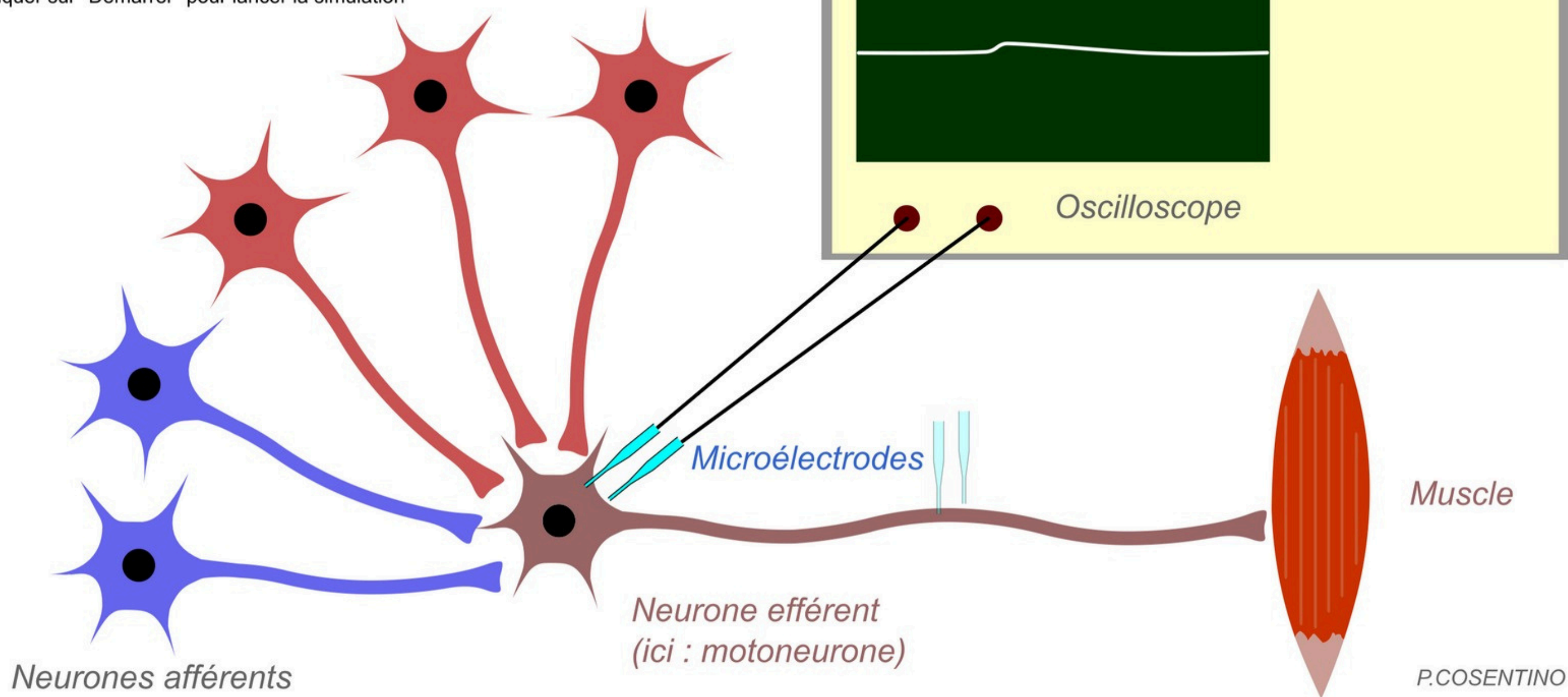
Sommation spatiale

- cliquer plusieurs fois sur les neurones afférents pour déterminer s'ils véhiculent un **message excitateur (rouge)** ou **inhibiteur (bleu)**
- cliquer sur les microélectrodes pour les changer d'emplacement
- cliquer sur "Démarrer" pour lancer la simulation



Sommation spatiale

- cliquer plusieurs fois sur les neurones afférents pour déterminer s'ils véhiculent un **message excitateur (rouge)** ou **inhibiteur (bleu)**
- cliquer sur les microélectrodes pour les changer d'emplacement
- cliquer sur "Démarrer" pour lancer la simulation



Sommation temporelle

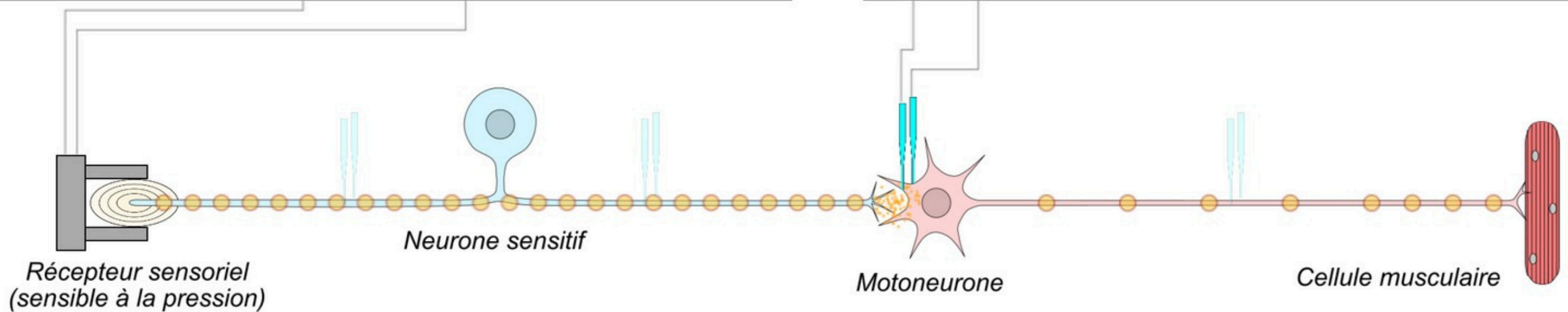
Dispositif de stimulation

Mode : Mécanique Electrique

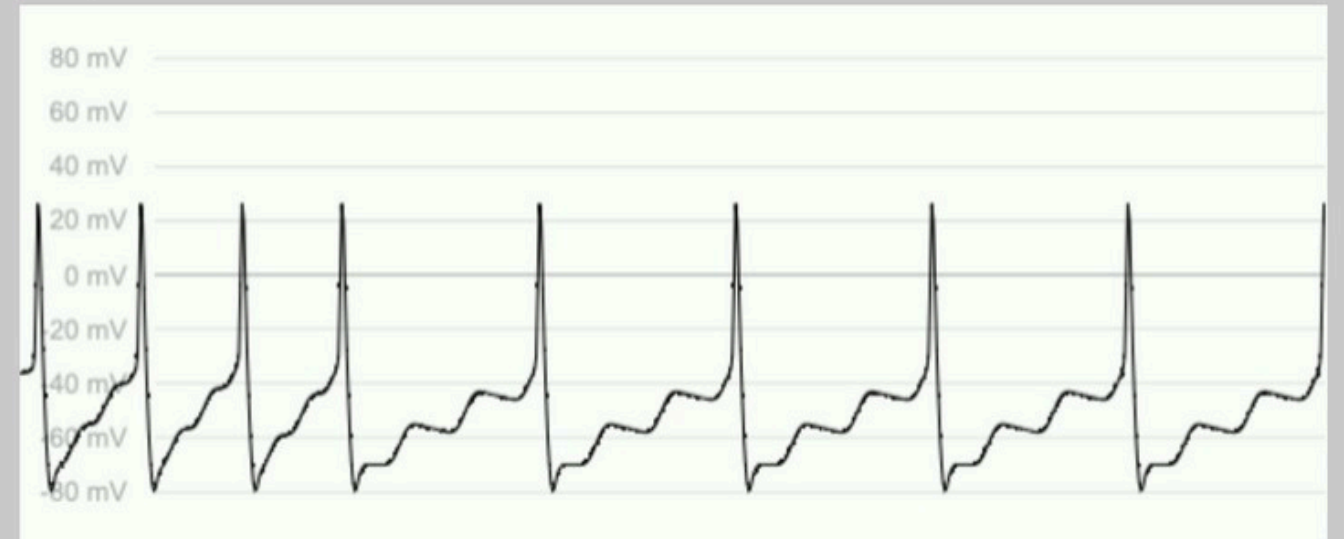
A l'aide du curseur ci-dessous, modifier la pression mécanique exercée sur le récepteur sensoriel.

Remarque : dans la réalité ce type de récepteur est plus souvent phasique. Pour simplifier la modélisation, son comportement est ici tonique.

Pression exercée :



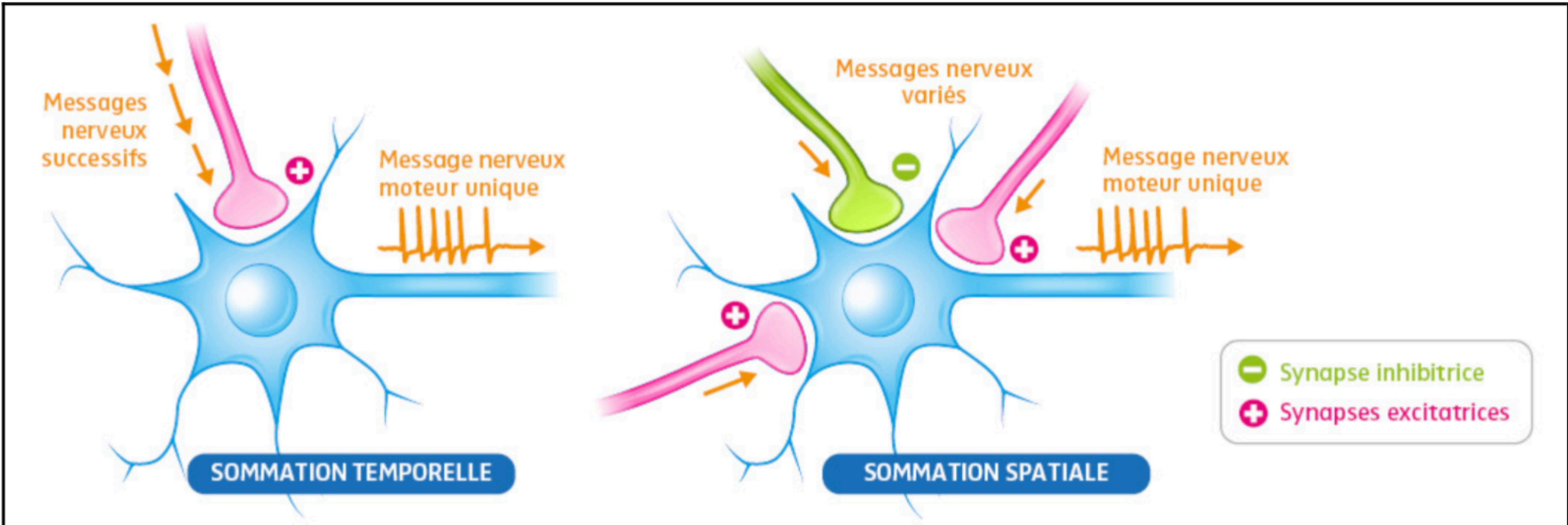
Dispositif d'enregistrement du signal



Cliquer sur une paire d'électrodes en verre pour mesurer la différence de potentiel à un autre emplacement



ARGUMENT : Schéma de l'intégration nerveuse afin de montrer la sommation spatiale et temporelle



Document 3 : L'intégration nerveuse.

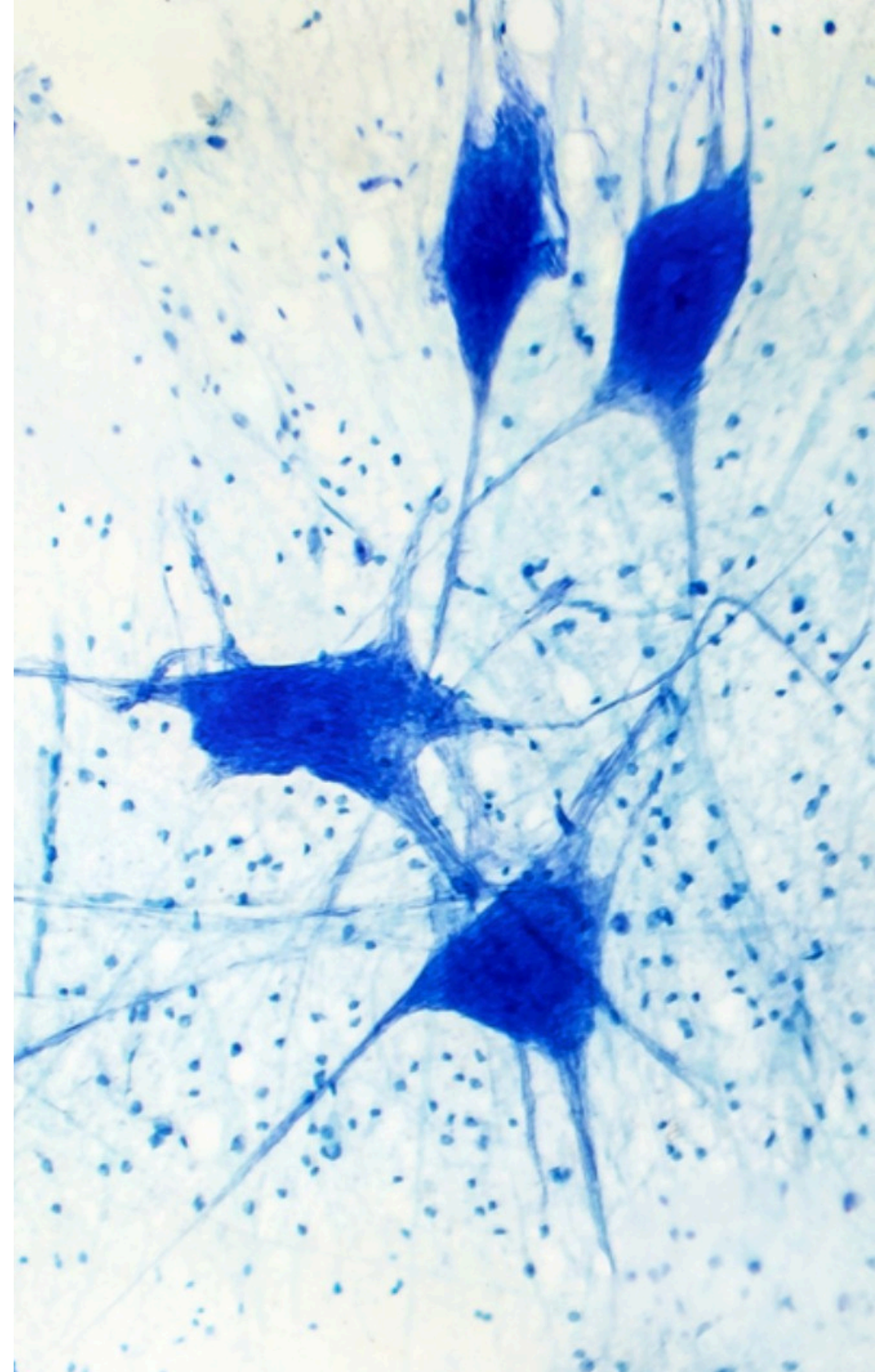


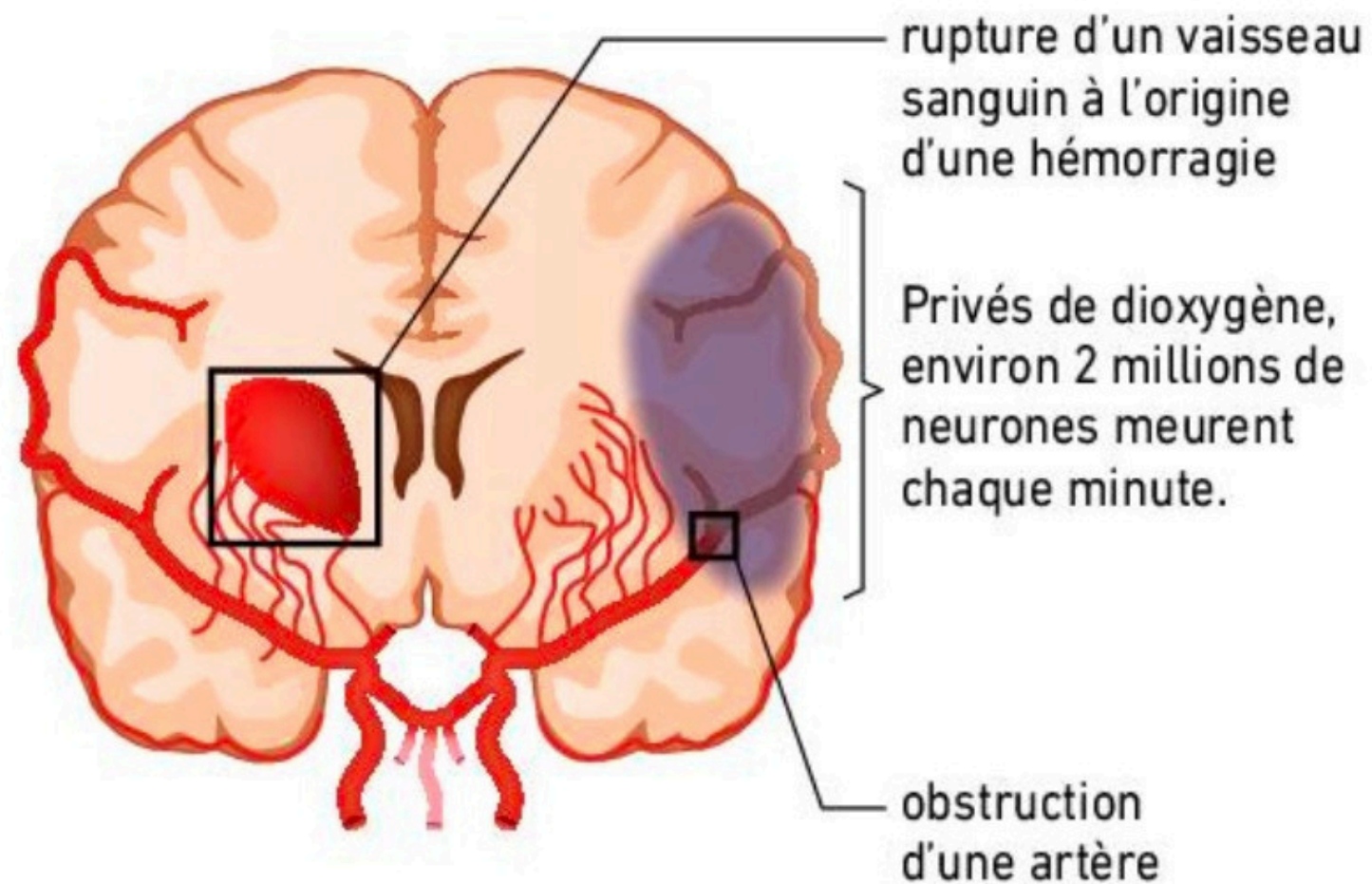
Bilan: Le cerveau est constitué de neurones, traitant et propageant les messages nerveux, et de cellules gliales assurant le bon fonctionnement du système nerveux. La partie superficielle du cerveau, formée de plusieurs couches de neurones, constitue le cortex cérébral.

Les messages nerveux moteurs issus des aires motrices empruntent des faisceaux de neurones qui descendent jusqu'à la moelle épinière. Dans un centre nerveux, chaque neurone reçoit des informations en provenance de nombreux autres neurones grâce aux milliers de terminaisons axoniques établissant des contacts synaptiques avec ses dendrites ou son corps cellulaire. À tout moment, il est soumis à une véritable « pluie » de neurotransmetteurs. Le neurone doit alors intégrer ces signaux, qui peuvent s'additionner ou s'opposer : c'est ce qu'on appelle la sommation spatiale et temporelle des informations. Ainsi, grâce à cette capacité intégratrice, un motoneurone produit un message nerveux moteur unique, destiné à être transmis à l'unité motrice du muscle.

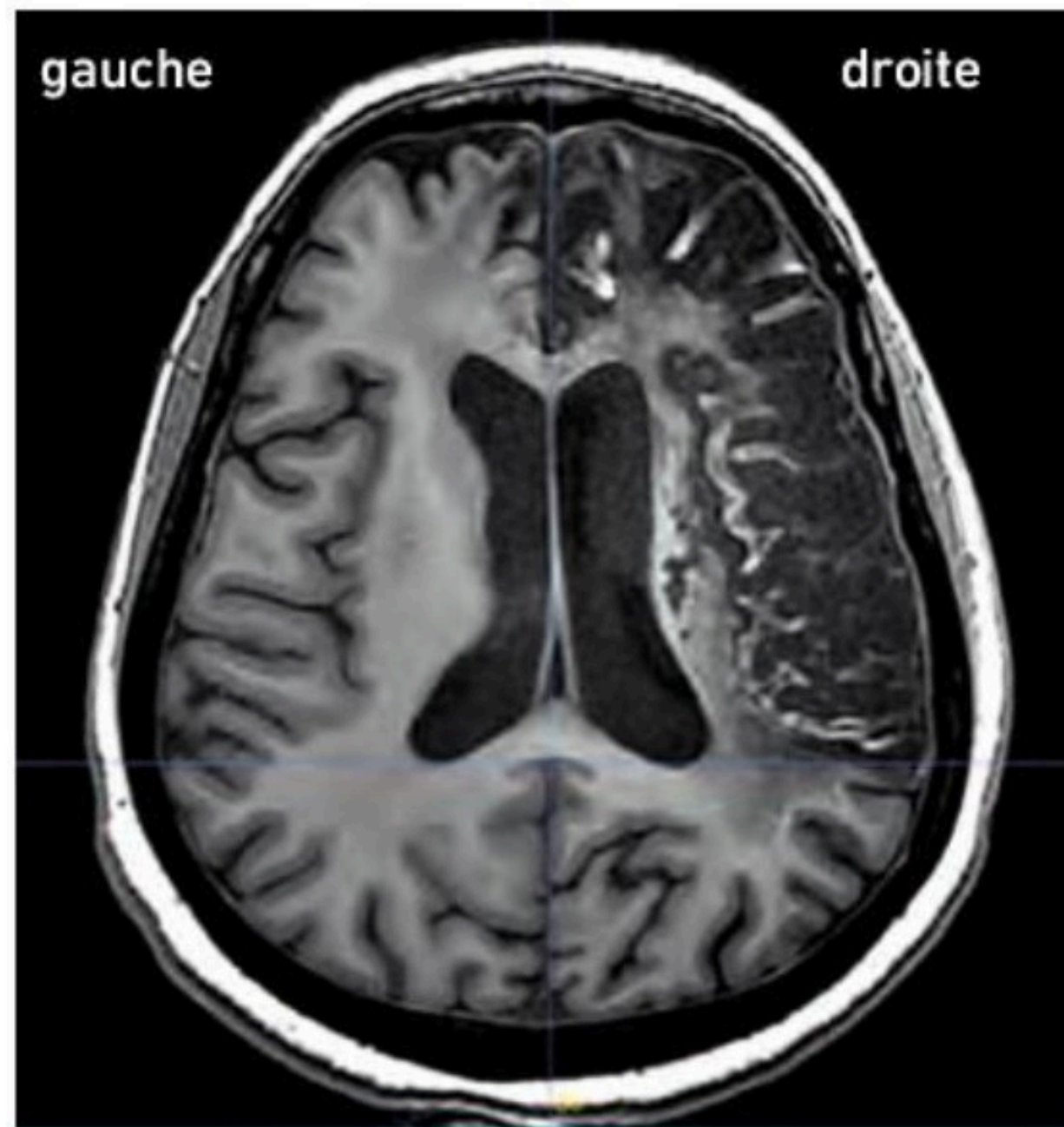
III. Le cerveau, un organe fragile à préserver

→ A) Les dysfonctionnements du système nerveux

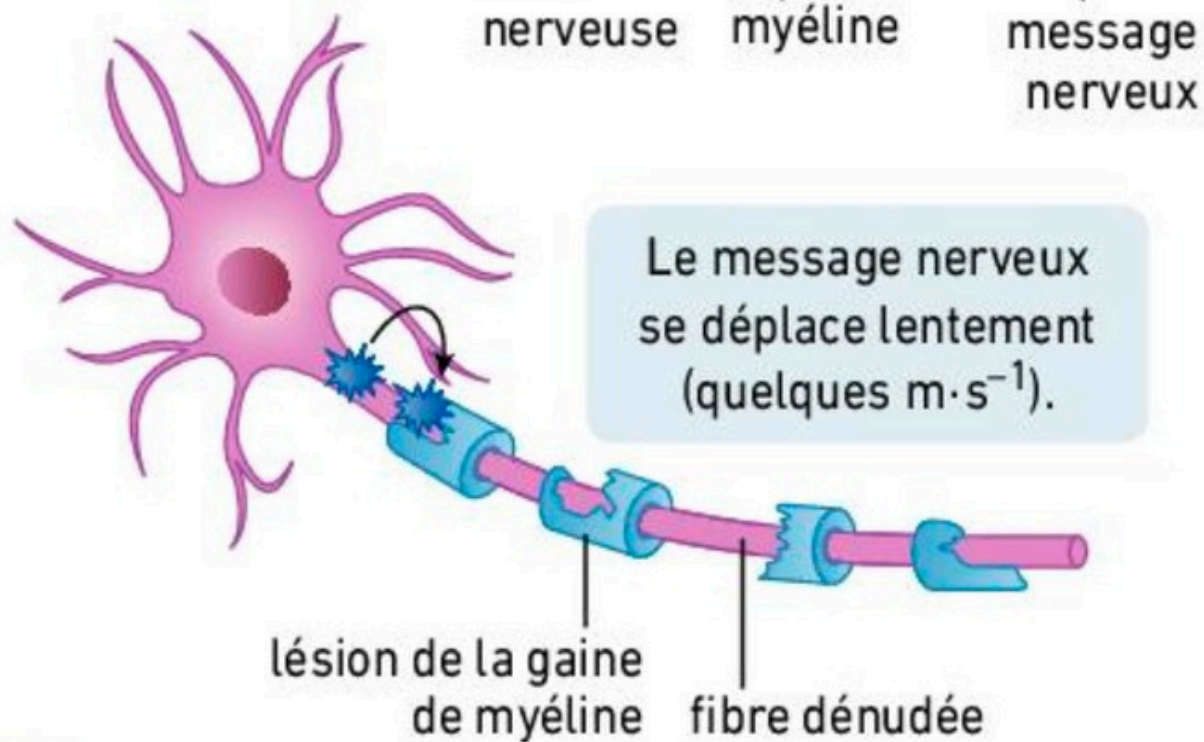
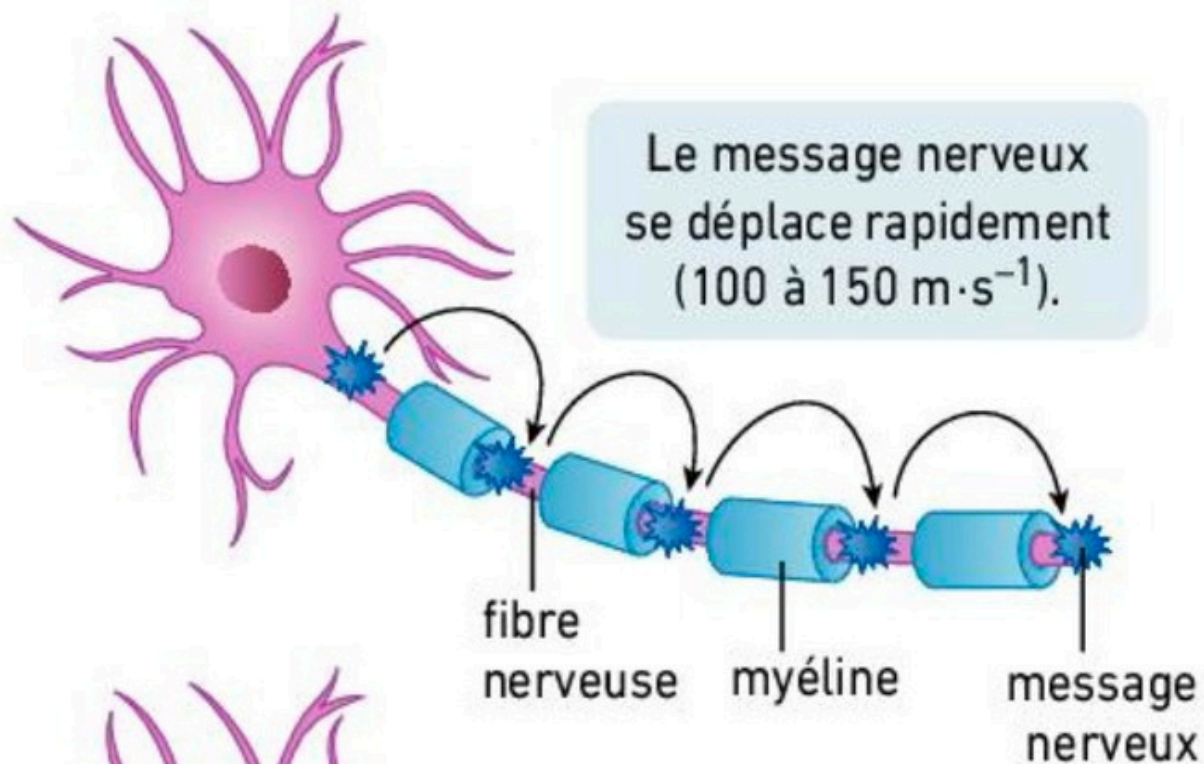




A Les causes des accidents vasculaires cérébraux.

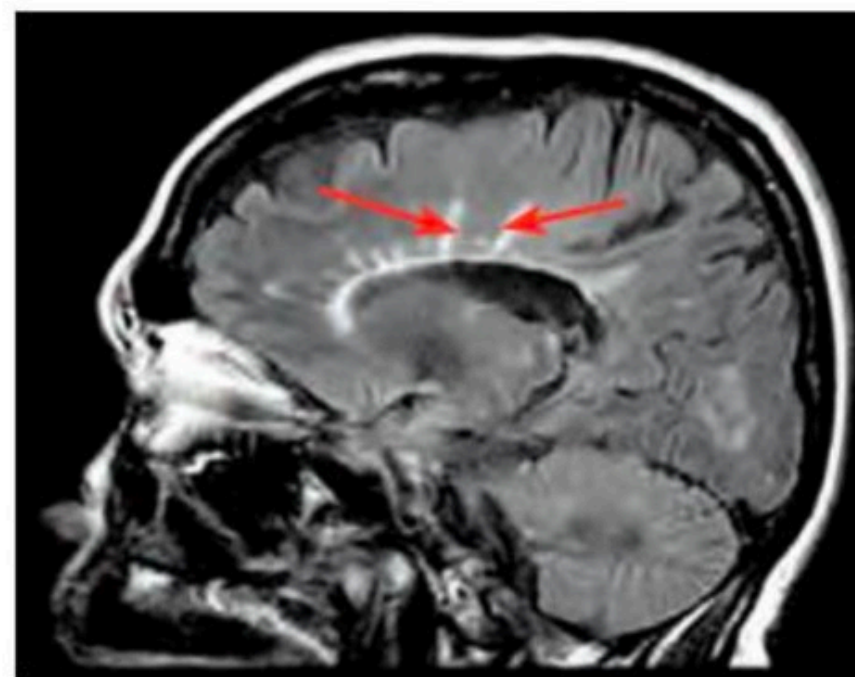


B IRM cérébrale du patient (plan axial médian).



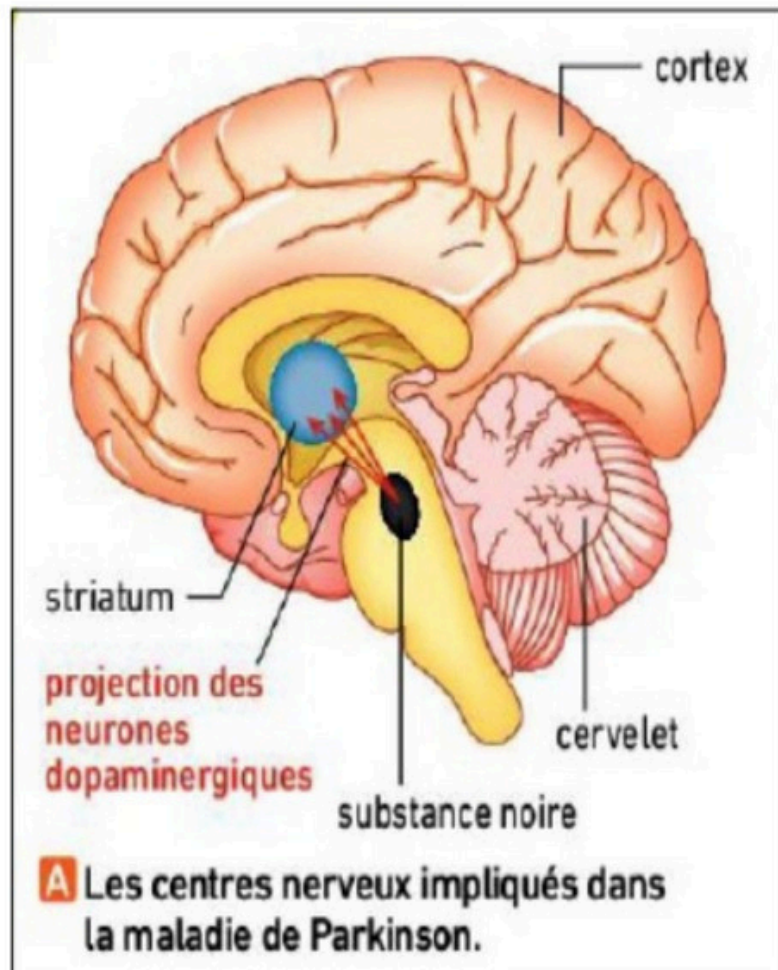
B Des perturbations de la conduction des messages nerveux.

Il est difficile de diagnostiquer la maladie à ses débuts. L'IRM révèle cependant des plaques blanches, caractéristiques de la démyélinisation (flèches sur les IRM).



C IRM de cerveau et de moelle épinière d'une personne atteinte de SEP (coupes sagittales).



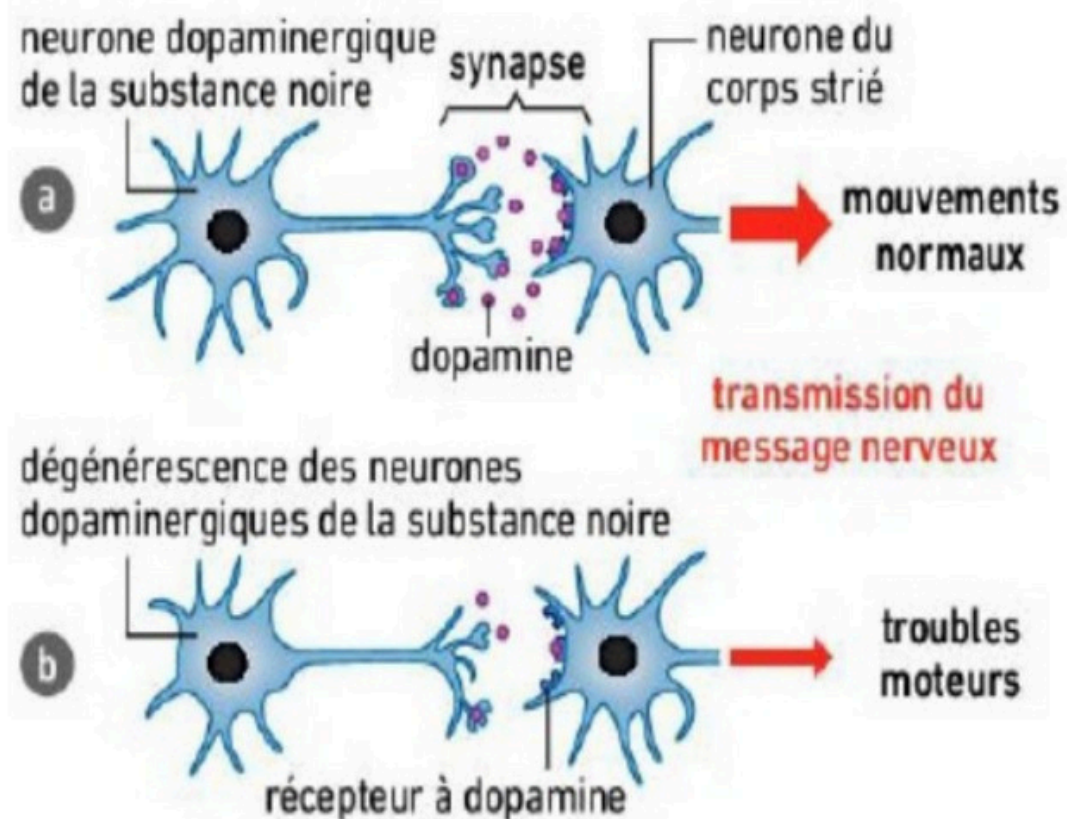


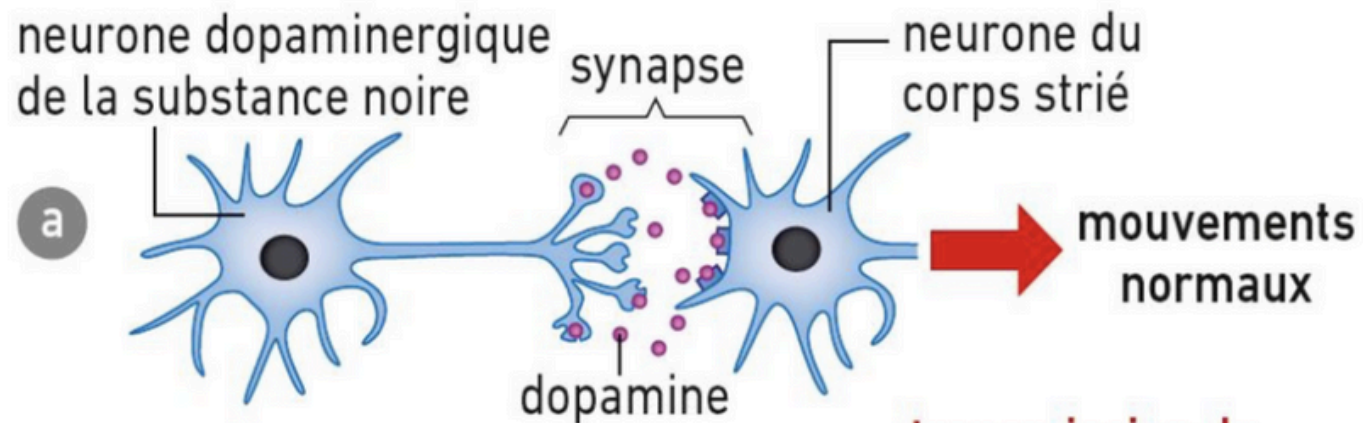
La **dopamine est indispensable pour assurer le contrôle des mouvements** du corps. La diminution de sa concentration est la conséquence de la dégénérescence progressive des neurones qui la produisent.

Les personnes atteintes présentent essentiellement des troubles du mouvement (tremblements, lenteur et difficulté, difficulté d'élocution, raideur ...) auxquels seront associés plus tard un état dépressif, des troubles du sommeil et cognitifs.

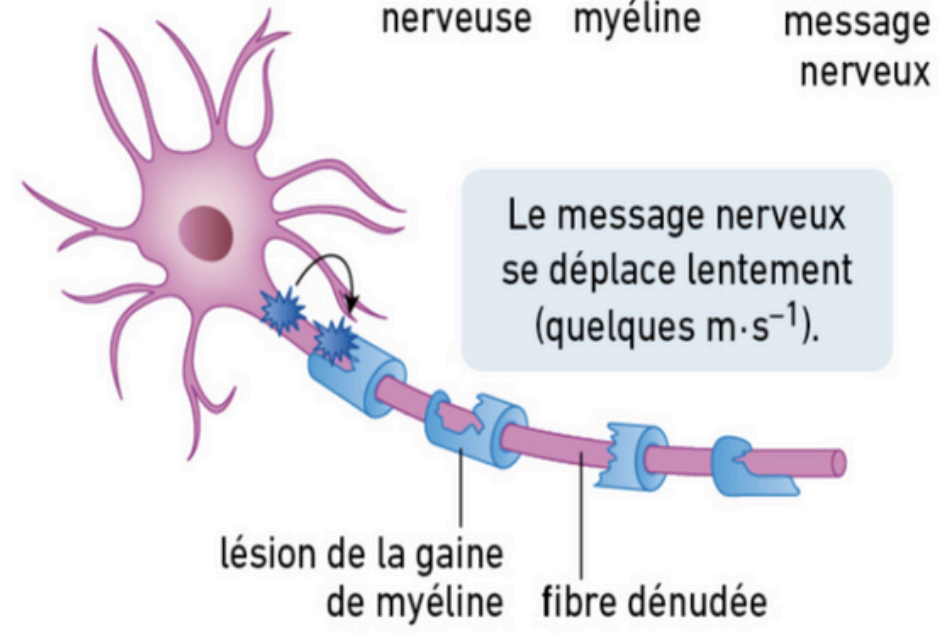
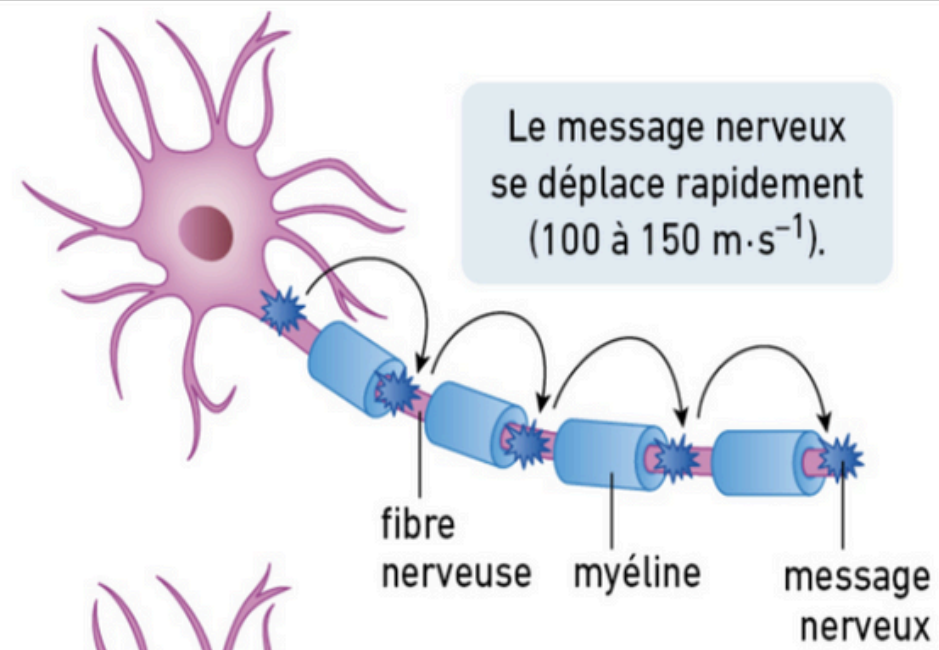
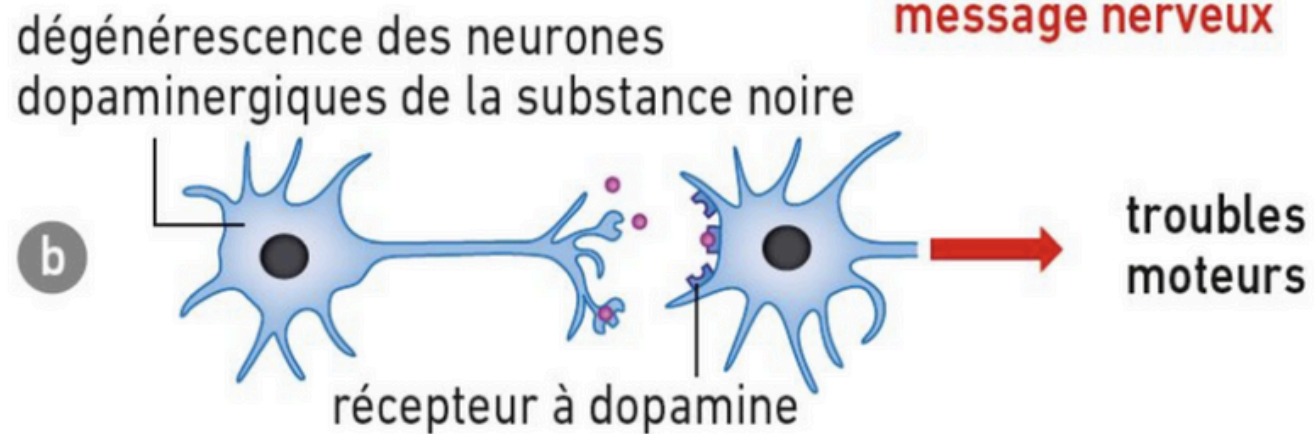
Des traitements médicamenteux (précurseurs et agonistes de la dopamine) existent mais ils sont contraignants et pas toujours très efficaces.

Transmission du message nerveux chez un sujet non atteint (a) et chez un individu atteint par la maladie de Parkinson (b).





transmission du message nerveux

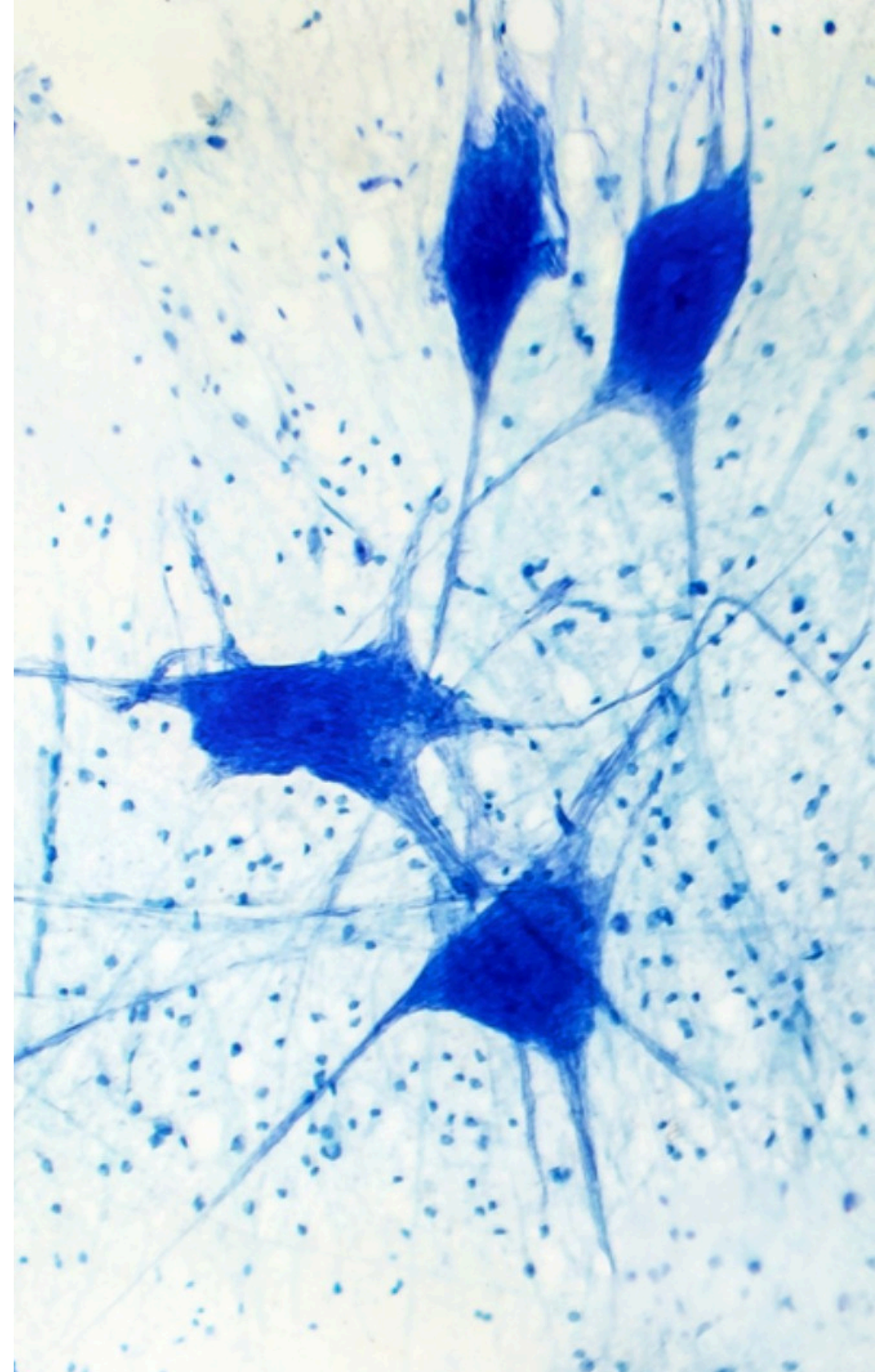


Document 4 : Schéma descriptif de la maladie de Parkinson (à gauche) et de la SEP (à droite).

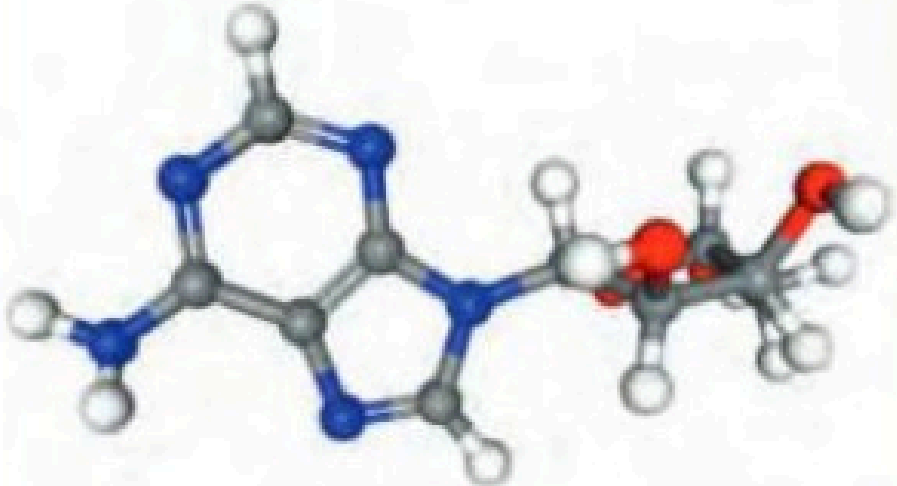
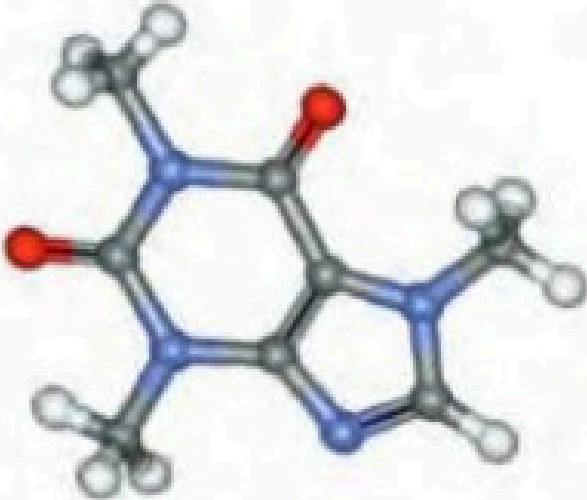
III. Le cerveau, un organe fragile à préserver

A) Les dysfonctionnements du système nerveux

→ B) L'action des substances exogènes sur le cerveau



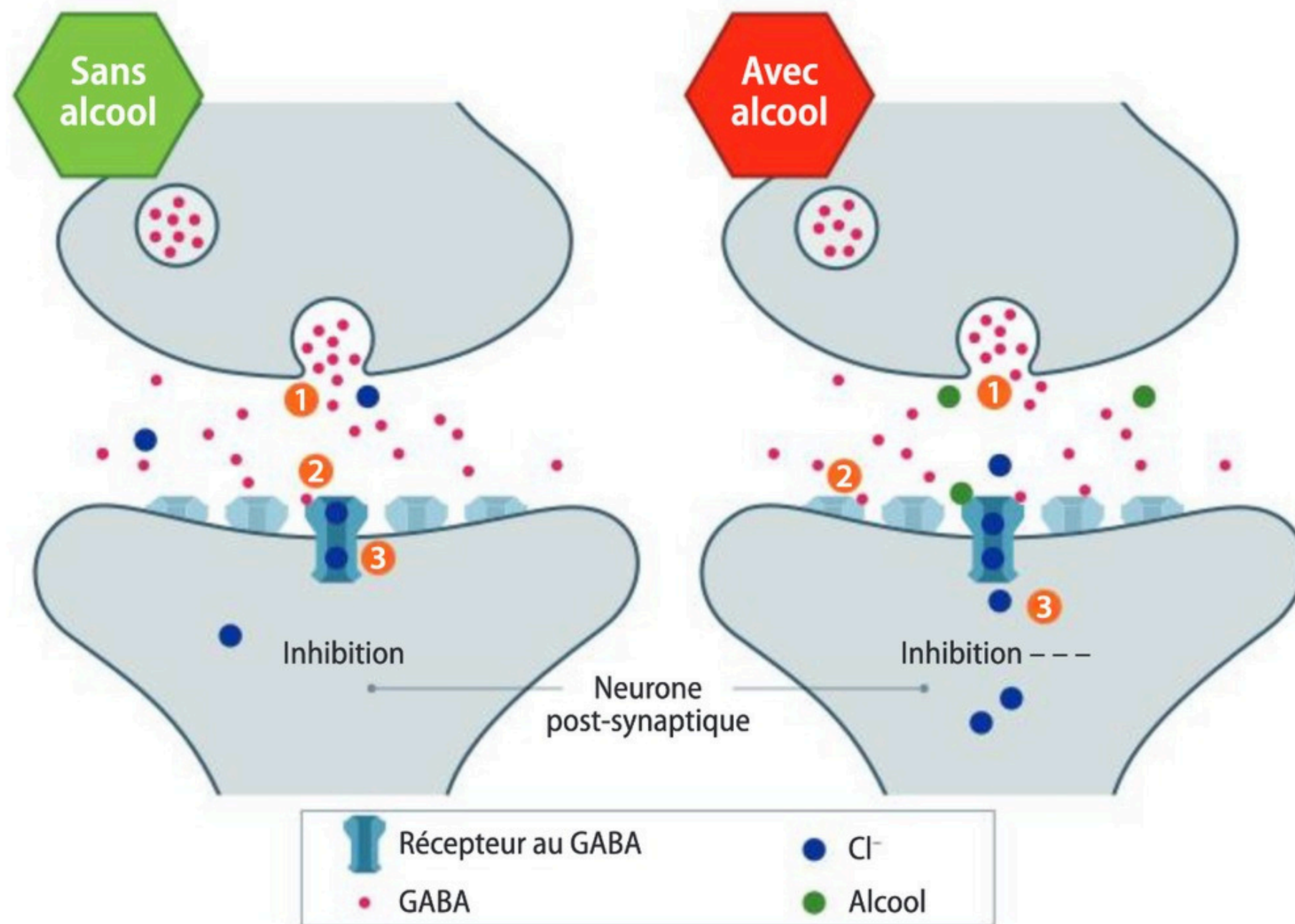


	Adénosine	Caféine
Modèle moléculaire		
Mécanisme d'action	<p>Certains neurones impliqués dans le maintien de l'éveil possèdent des récepteurs membranaires capables de se lier à l'adénosine. La liaison adénosine/récepteurs membranaires inhibe l'activité de ces neurones et déclenche ainsi la somnolence.</p>	<p>La caféine est une molécule capable de se lier aux mêmes récepteurs que l'adénosine et ainsi de bloquer son action.</p>

4 L'alcool et les comportements associés

La consommation d'alcool est associée à une altération de la coordination motrice responsable de pertes d'équilibre et à un effet sédatif pouvant aller jusqu'au « coma » éthylique.

L'acide gamma-amino-butyrique (GABA) est le principal neurotransmetteur inhibiteur de l'encéphale. Il joue un rôle important en empêchant l'excitation prolongée des neurones : l'interaction GABA/récepteurs membranaires diminue la possibilité de formation de messages nerveux au niveau du neurone postsynaptique (le neurone est moins excitable). Le récepteur au GABA possède une certaine affinité pour l'alcool.

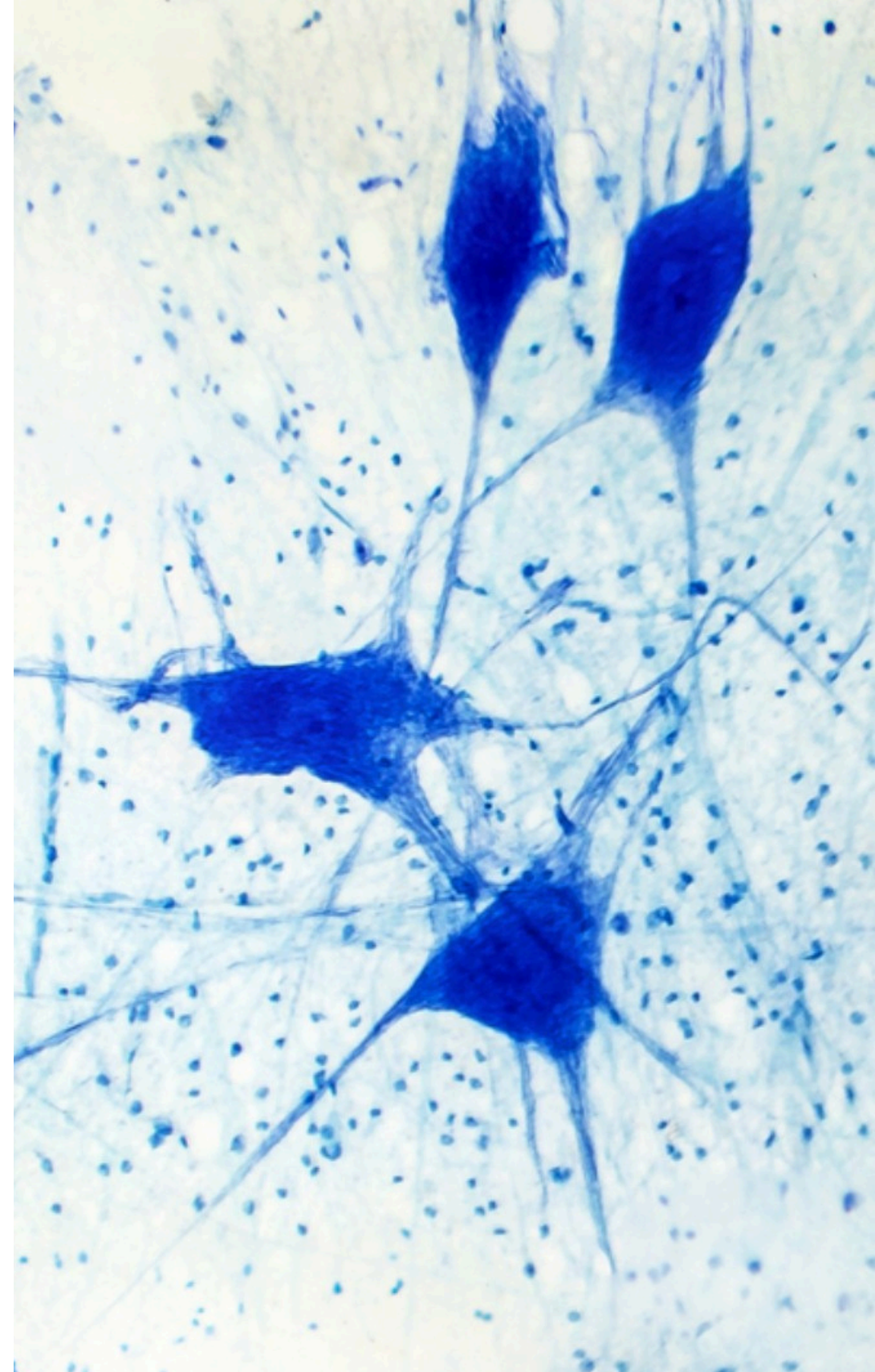


III. Le cerveau, un organe fragile à préserver

A) Les dysfonctionnements du système nerveux

B) L'action des substances exogènes sur le cerveau

→ C) La plasticité cérébrale

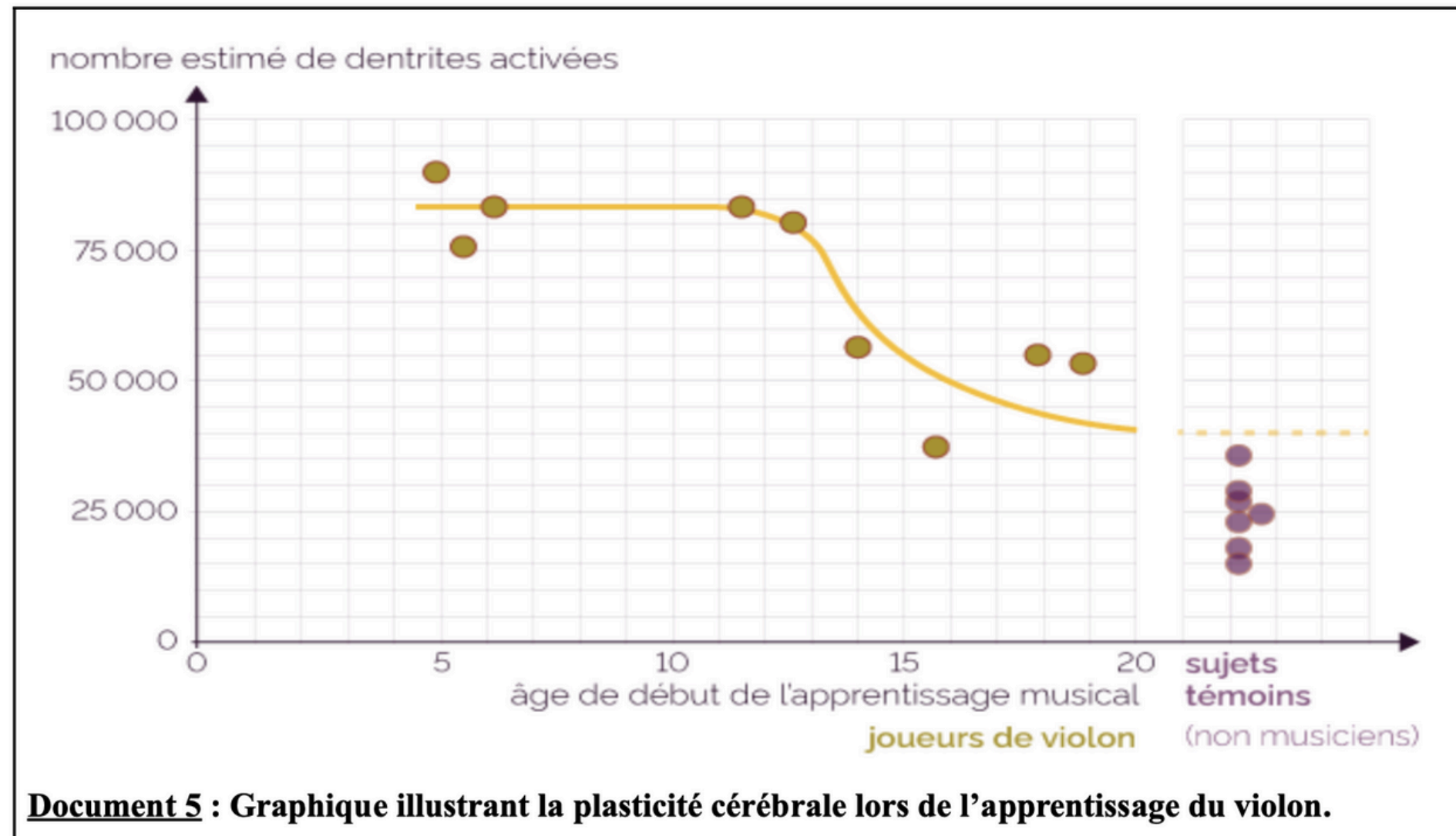


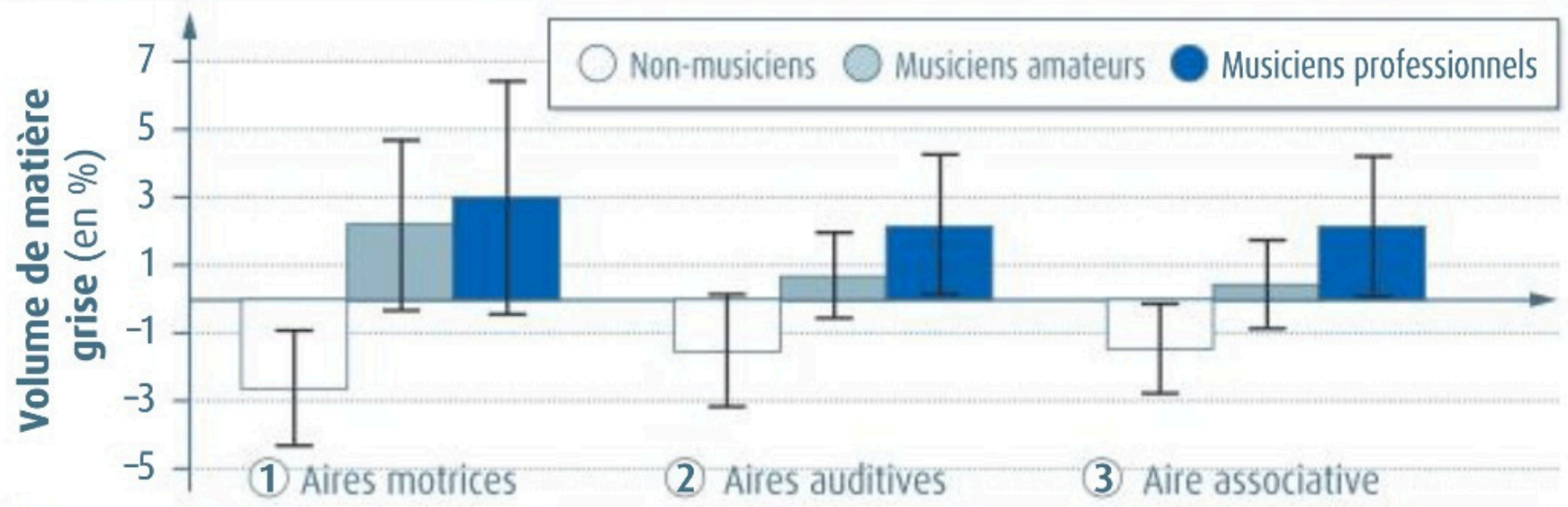
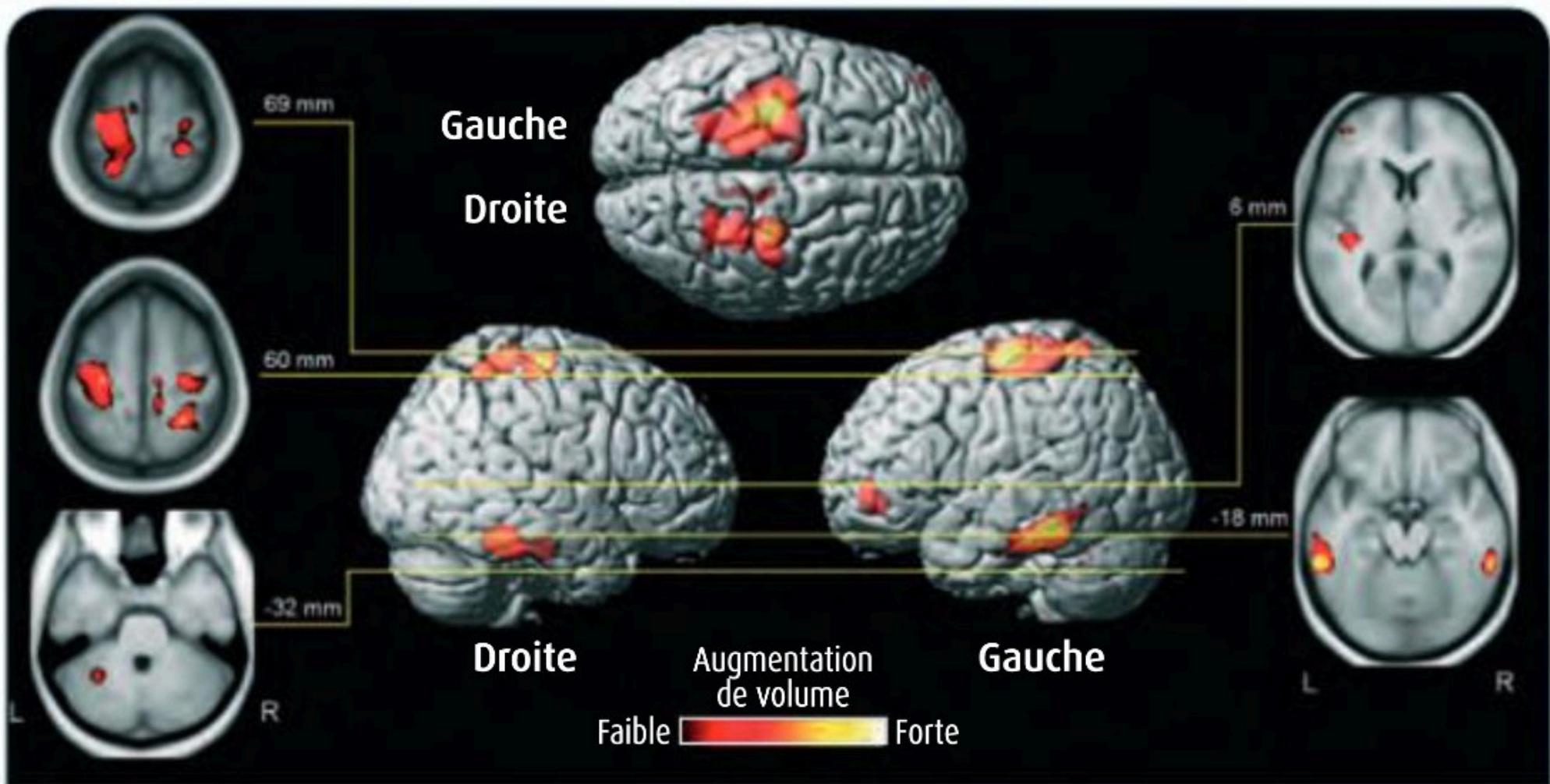


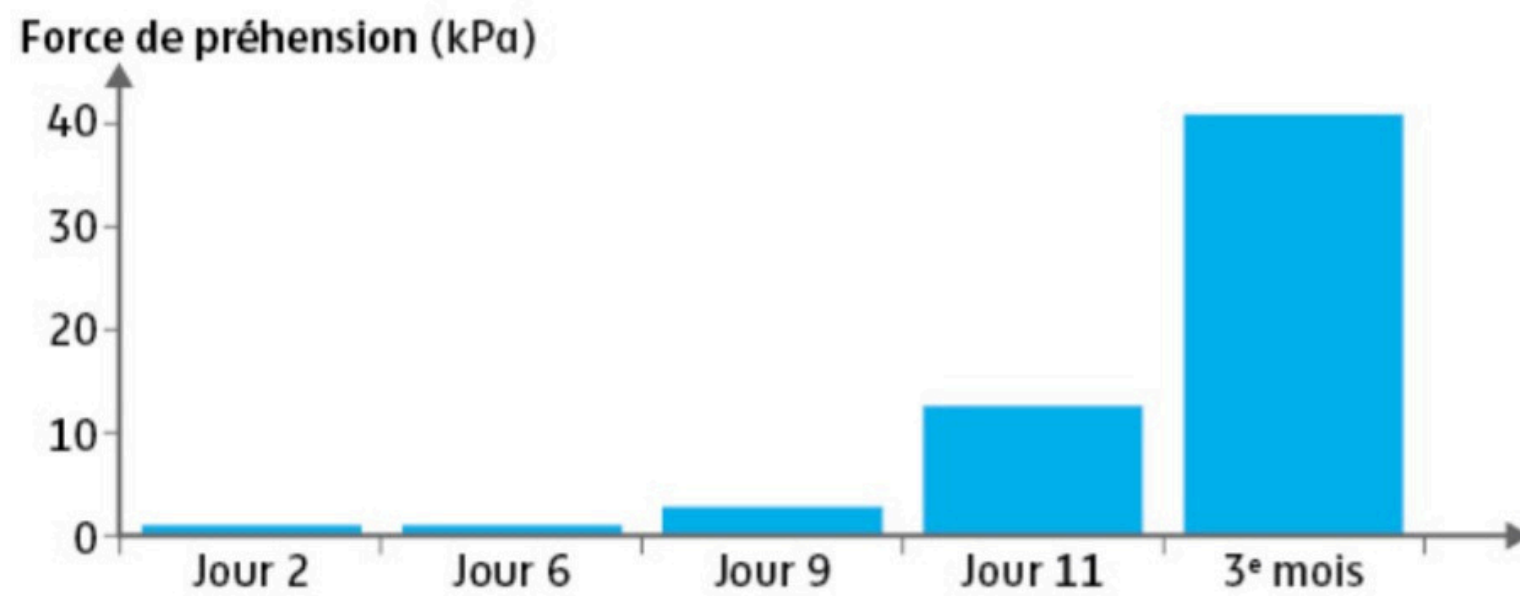
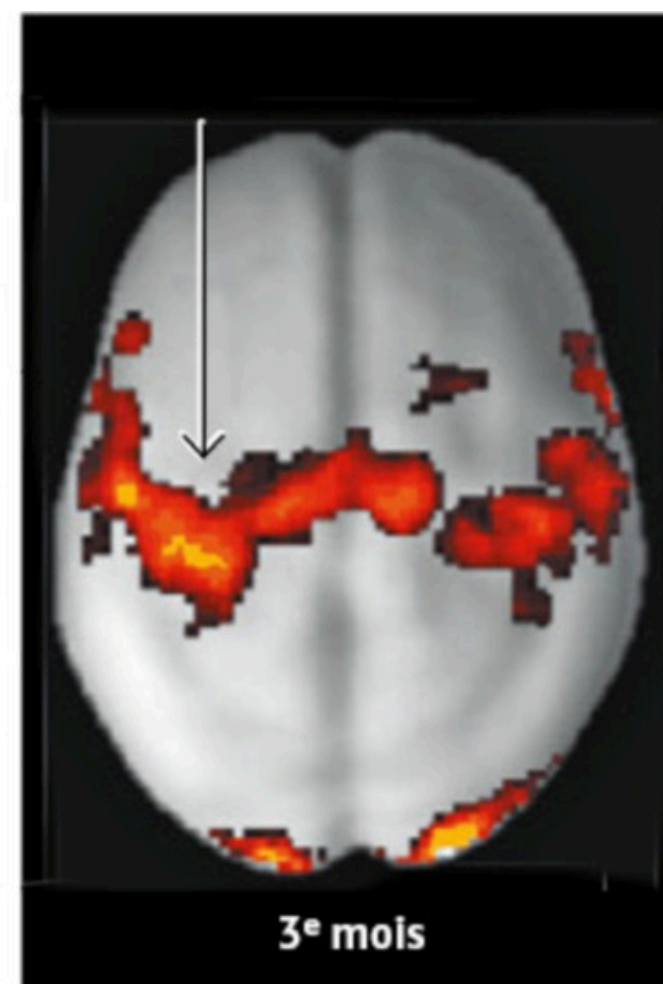
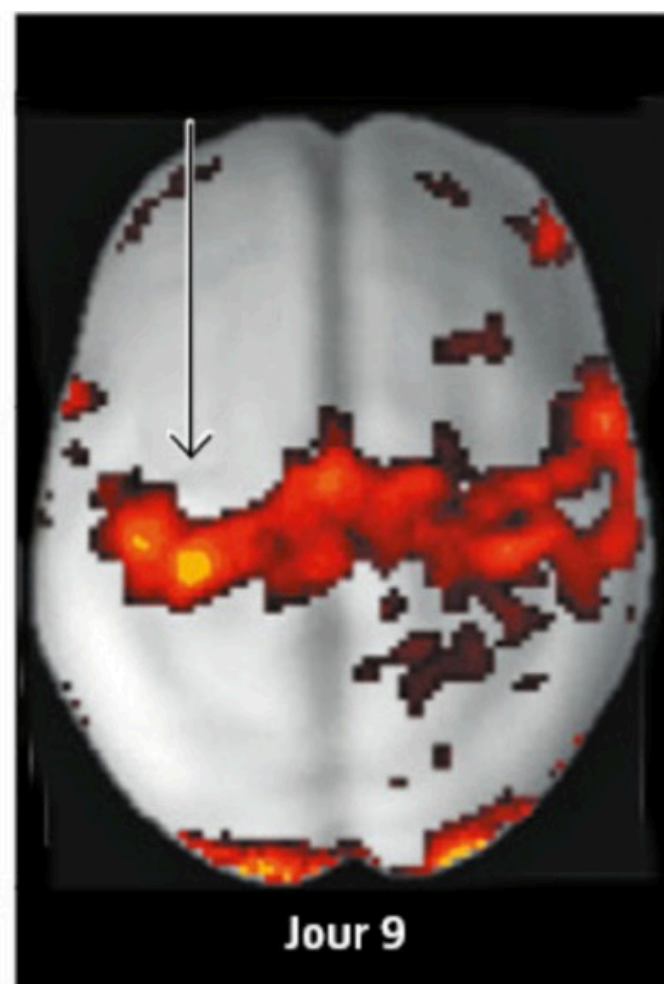
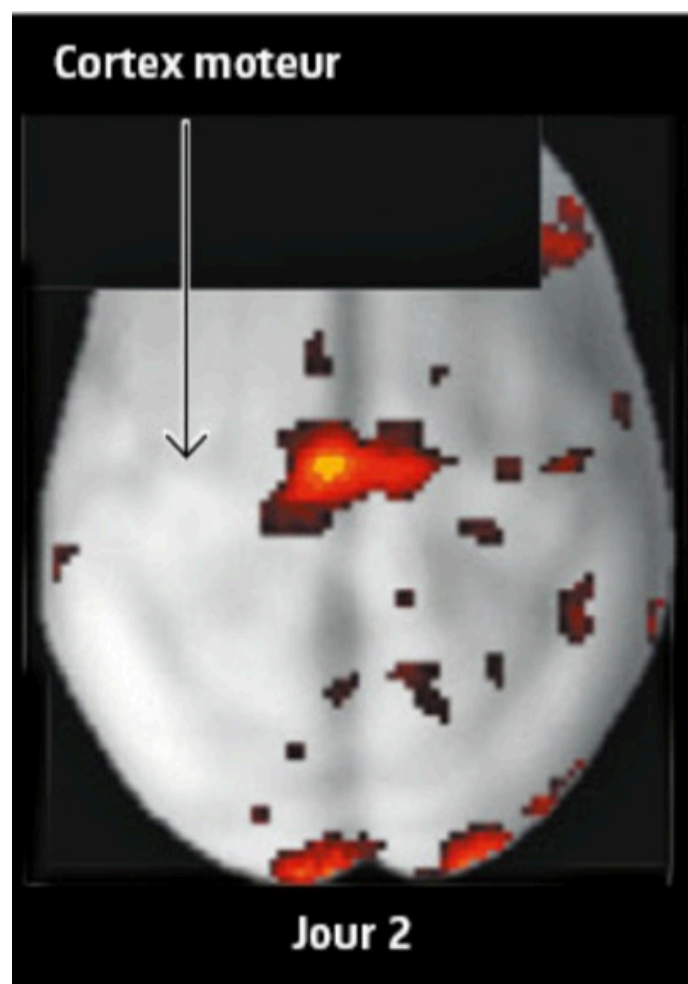
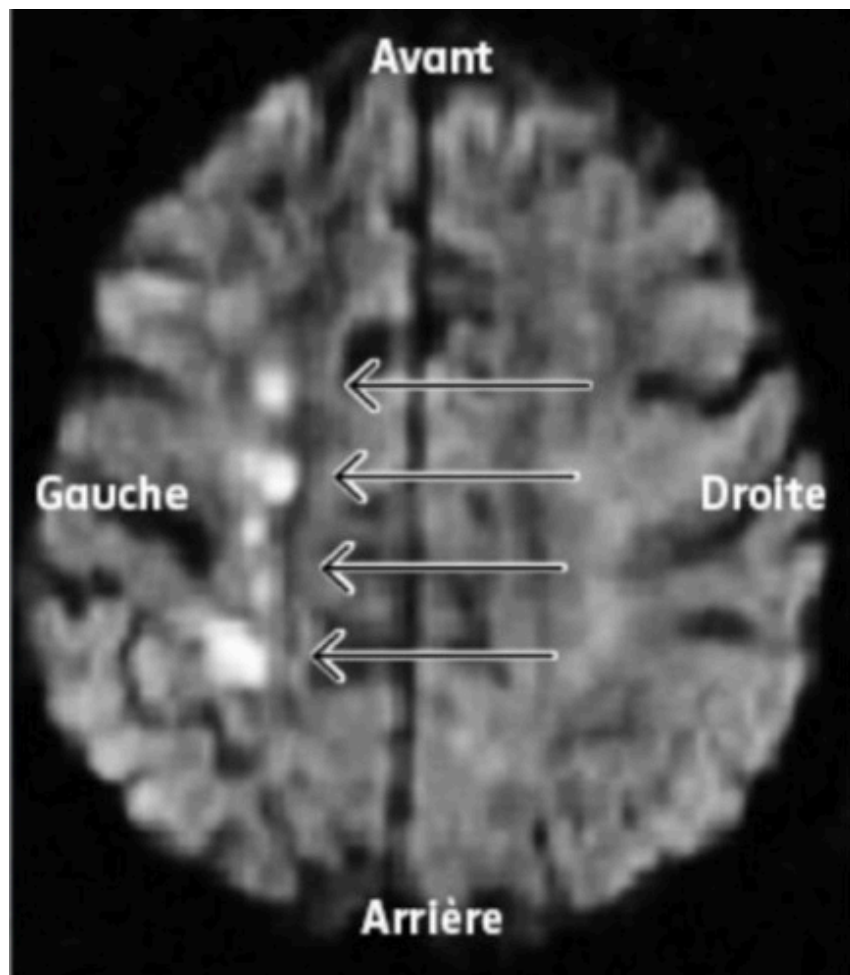
A page of musical notation for piano, consisting of two systems of staves. The first system includes dynamic markings such as "Piano", "sempre ff", and "f". The second system includes a measure number "70" in a box. The notation is in treble and bass clefs, with various note values and rests.



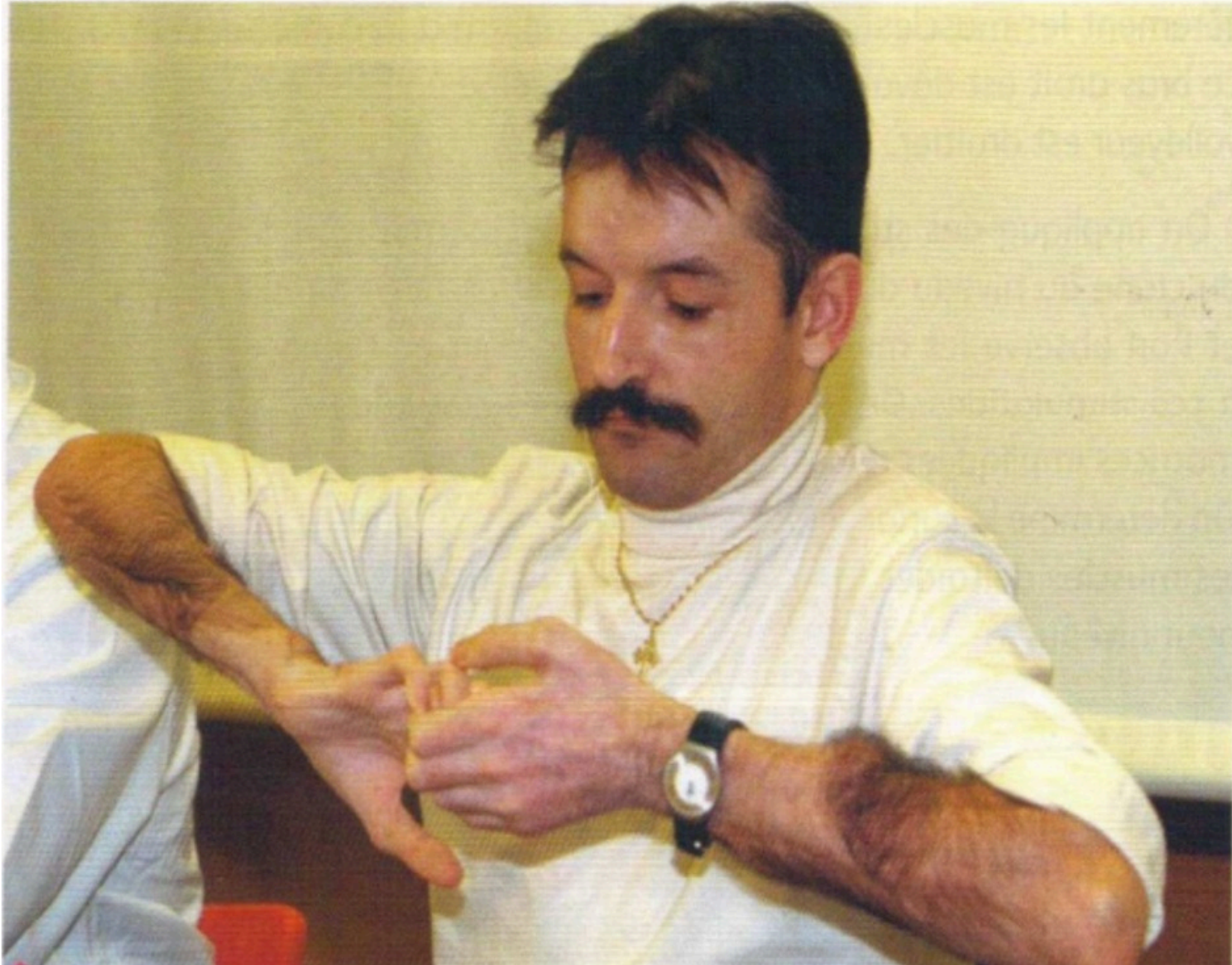
ARGUMENT : Graphique illustrant la plasticité cérébrale lors de l'apprentissage du violon.





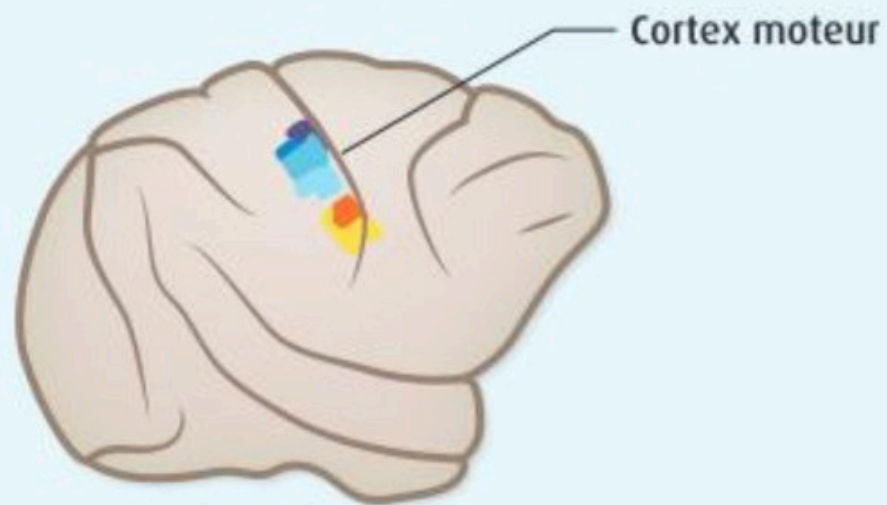


En Janvier 2000, le professeur Dubernard, à l'hôpital Édouard Herriot à Lyon, greffe deux mains à un homme qui avait été amputé de ses mains en 1996.

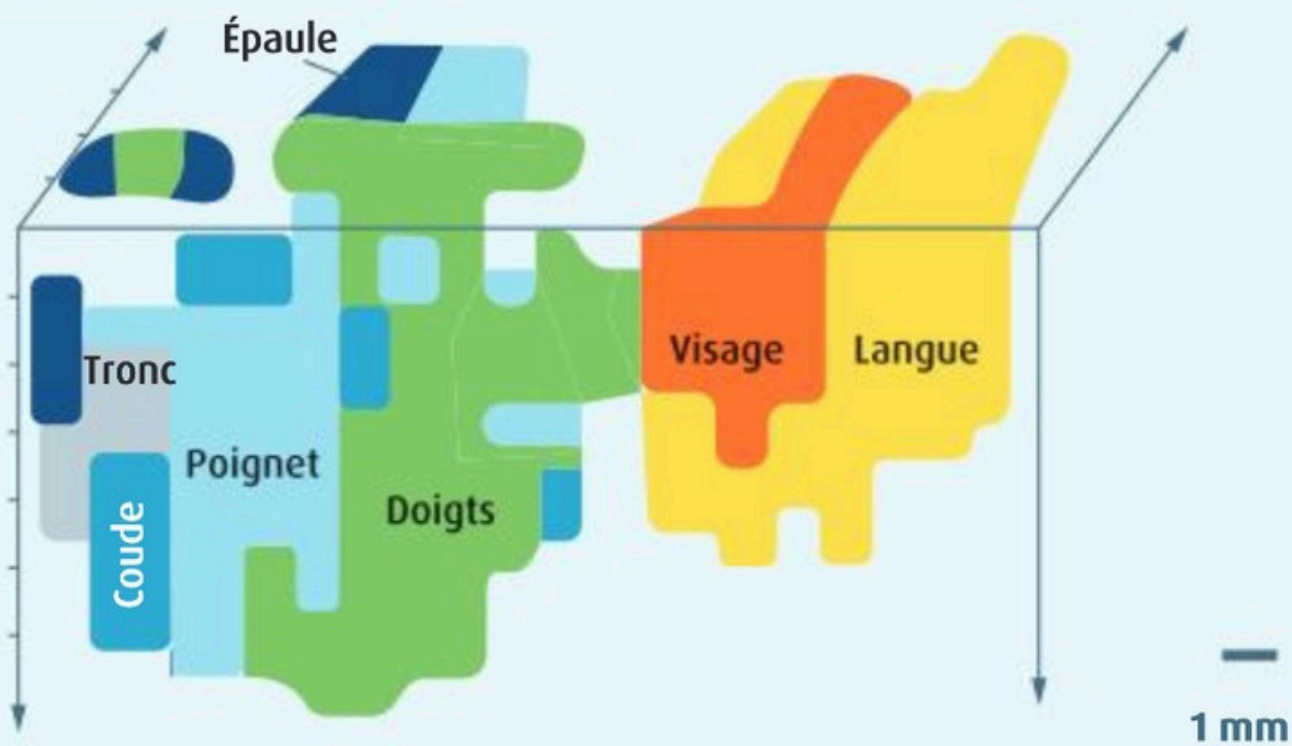


Un mois et demi après, le patient pouvait ébaucher des mouvements des doigts et au bout de 6 mois, il pouvait commencer à saisir des objets. Aujourd'hui, il se sert normalement des deux mains.

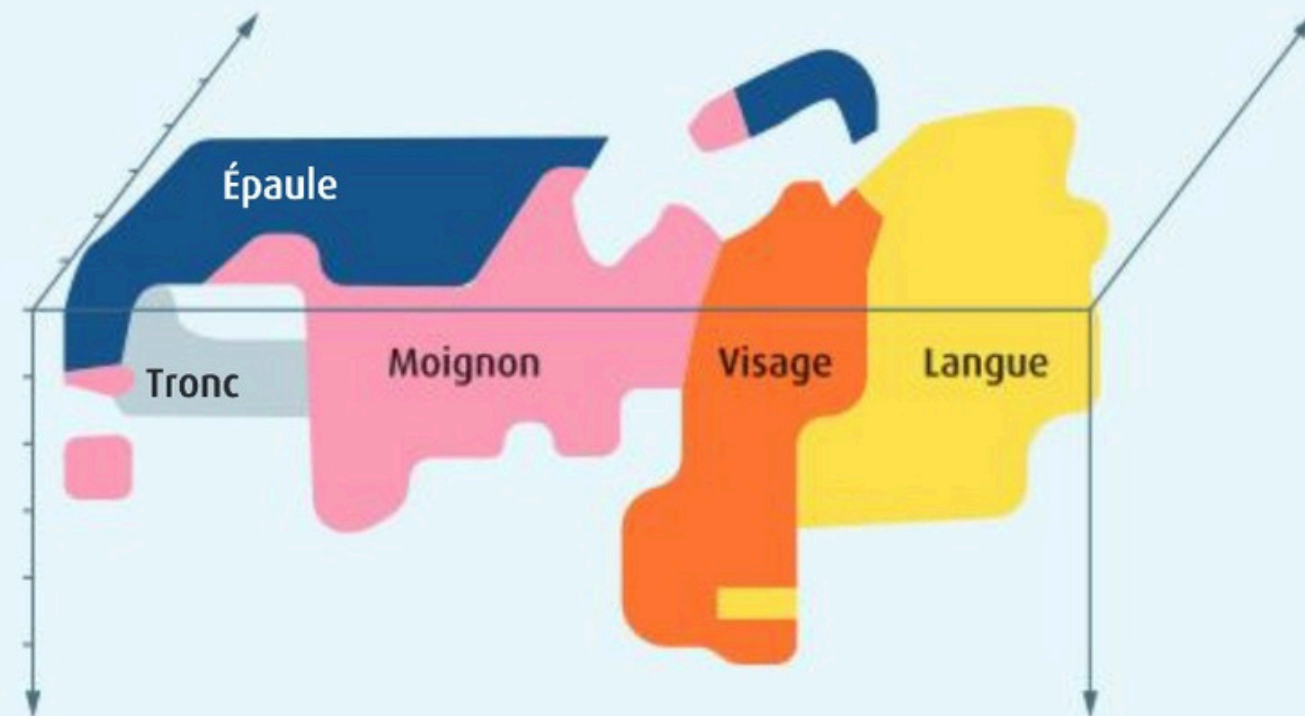
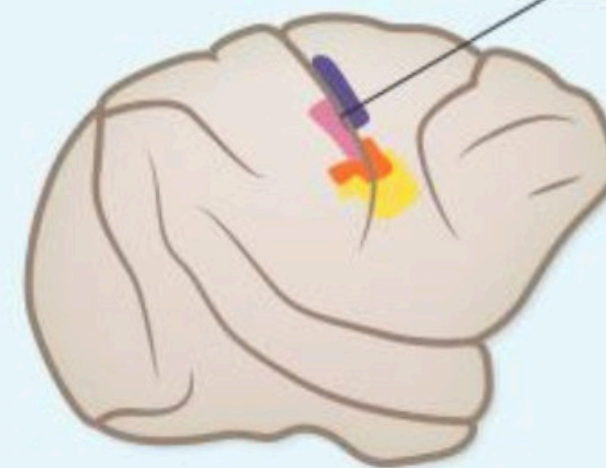
**Vue latérale
du cerveau**



**Représentation
schématique
du cortex moteur**



Cortex moteur





Bilan: Le système nerveux central est particulièrement vulnérable et peut subir divers types de dysfonctionnements, comme les lésions de la moelle épinière ou les accidents vasculaires cérébraux (AVC).

Ces atteintes peuvent entraîner des conséquences multiples, souvent graves, sur la santé. Par ailleurs, certaines substances extérieures (tabac, alcool, drogues ou encore certains médicaments) perturbent la transmission des messages nerveux. En agissant sur le système de récompense par une libération accrue de dopamine, elles peuvent induire des comportements de dépendance.



Bilan: De manière générale, l'organisation du cerveau, et en particulier celle du cortex, est similaire chez tous les individus : c'est une caractéristique propre à l'espèce humaine. Toutefois, l'étude des cartes motrices met en évidence des différences entre individus. Ces variations ne sont pas présentes dès la naissance, elles apparaissent progressivement au cours du développement, grâce à l'apprentissage des gestes.

Même à l'âge adulte, l'entraînement moteur peut améliorer les performances et s'accompagner d'une extension des aires motrices concernées. Ces modifications, rapides mais pas toujours permanentes, illustrent la plasticité cérébrale. Celle-ci repose sur des changements dans les connexions neuronales : certains circuits deviennent privilégiés, le nombre de connexions augmente, de nouveaux neurones sont mobilisés et la libération de neurotransmetteurs s'intensifie. Ainsi, loin de l'image d'un cerveau figé, on reconnaît désormais un organe capable d'évoluer tout au long de la vie en fonction de l'expérience et de l'environnement.