

THEME 3A - Réflexe et motricité

Chapitre 2 : Motricité volontaire et plasticité cérébrale

INTRODUCTION :

Contrairement aux réflexes myotatiques qui mobilisent les centres nerveux de la moelle épinière, les mouvements volontaires mobilisent le cortex cérébral et ses aires motrices. La mobilisation volontaire des muscles est donc organisée par le cerveau, en lien avec les autres signaux (visuels, auditifs ...).

Problématique : Comment le cerveau contrôle-t-il les mouvements volontaires et quelles sont les voies motrices (neurones) permettant la commande des muscles ?

Plan :

- 1- Les aires motrices et l'initiation du mouvement
- 2- Les voies motrices
- 3- La plasticité cérébrale et la fragilité du cerveau

TP2 : La commande volontaire du mouvement et la plasticité cérébrale

Objectif :

- Comprendre l'origine de la commande du mouvement et identifier les voies motrices
- Identifier les aires motrices et l'impact de lésions (AVC/Tumeurs)
- Comprendre le phénomène de plasticité, appliqué à la motricité.

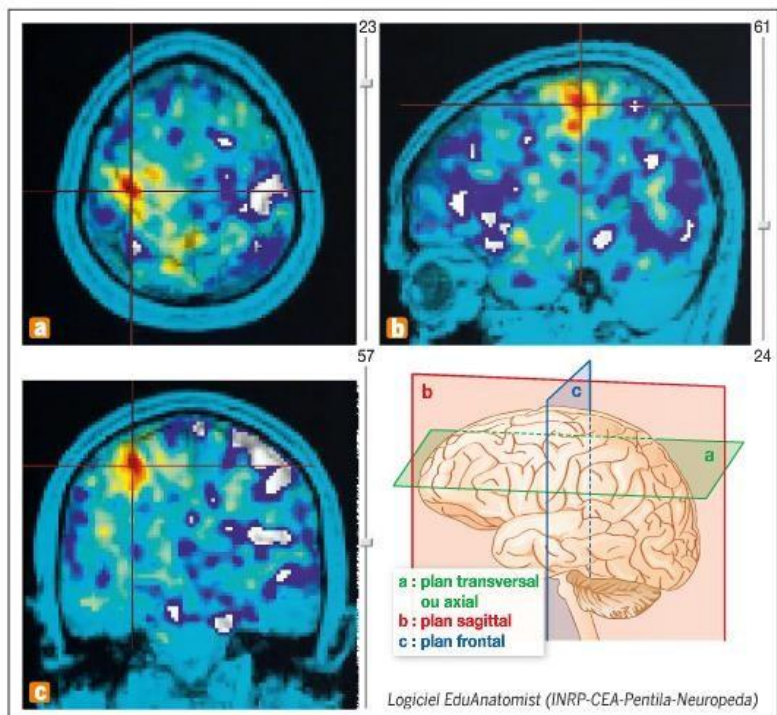
I. De la volonté au mouvement

1- L'identification des aires motrices par l'IRM

L'IRM fonctionnelle est basée sur la technique TEP (Tomographie par Emission de Positons), également appelée « TEP Scan » (*anglicisme*).

Cette technique permet d'identifier les zones actives lors de la mobilisation des différentes parties du corps. Les aires actives vont métaboliser un « traceur » qui se dégrade et qui peut être visualisé par l'IRM.

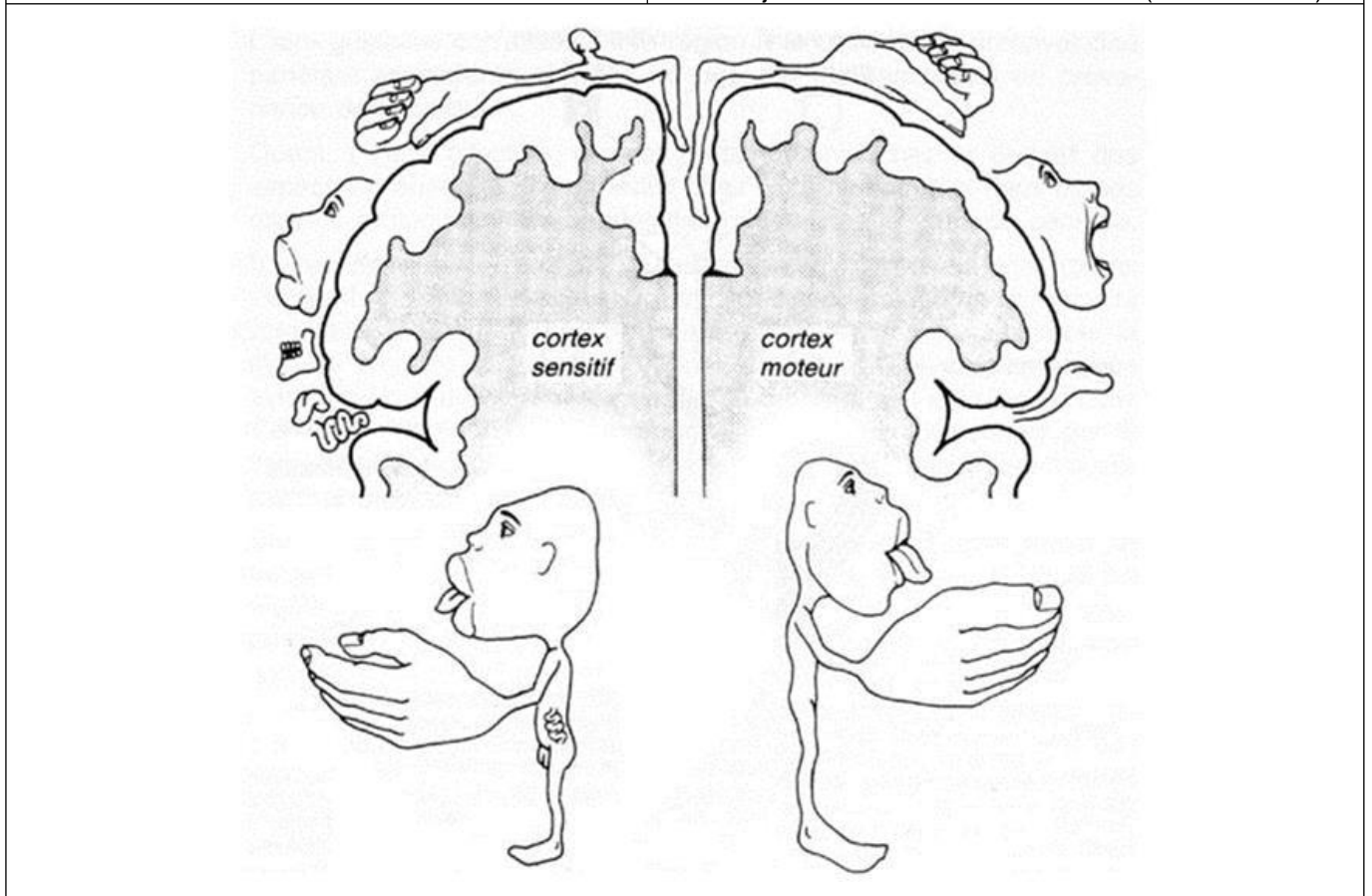
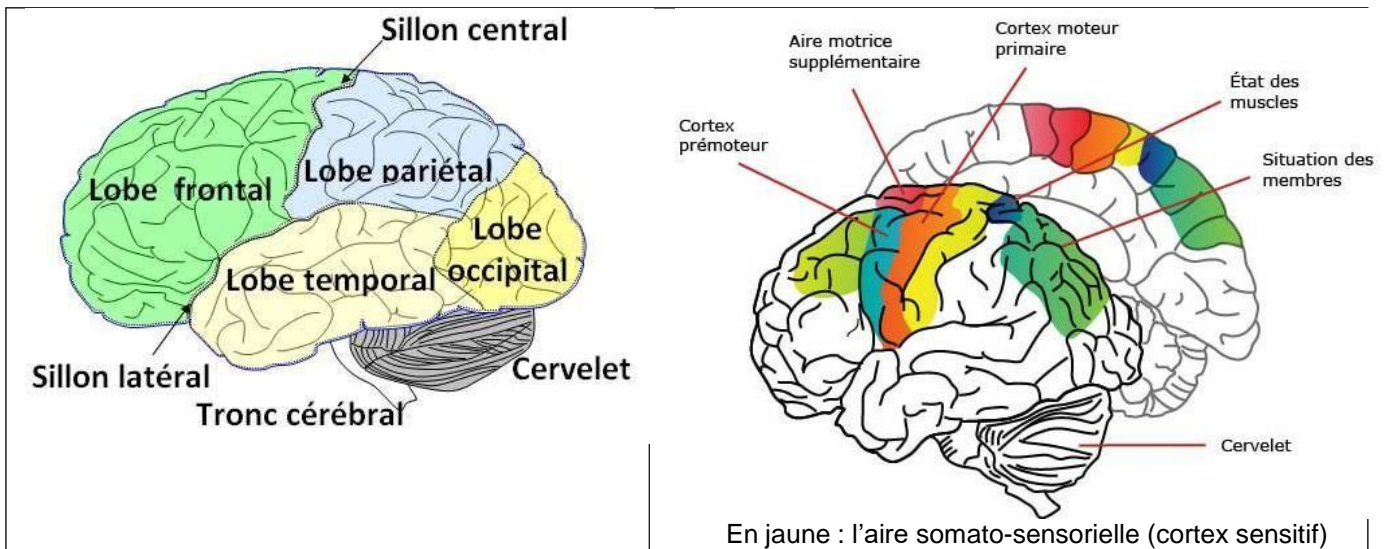
Des logiciels spécialisés permettent de calquer les IRM anatomiques et les IRM fonctionnelles. Il est important de traiter les images (seuils) afin d'éliminer le bruit de fond et ne conserver que le signal représentatif du mouvement.



2- La commande volontaire du mouvement

L'étude des IRMf a permis de montrer que la commande volontaire du mouvement est contrôlée par une région du cortex cérébral appelée aire motrice primaire ou M1. Cette zone est située pour tous les individus dans le lobe pariétal du cortex. Chaque partie de cette aire contrôle une région particulière du corps. La cartographie des aires motrices conduit à la construction d'un homonculus moteur (ou Gnome de Penfield : c'est une forme humanoïde représentant les aires motrices en fonction de leur taille respective dans le cortex).

D'autres aires corticales collaborent avec l'aire motrice primaire dans la commande motrice volontaire et forment avec elle le complexe moteur. C'est le cas des aires prémotrices (Aire Motrice Supplémentaire AMS et cortex prémoteur) qui jouent un rôle dans la planification et l'organisation du mouvement.



II. Les voies motrices : du cerveau aux muscles

1- Du cerveau à la moelle : les neurones pyramidaux

Le message nerveux commandant un mouvement volontaire est élaboré au niveau du lobe pariétal du cortex cérébral. La substance grise du cerveau (en périphérie) contient les corps cellulaires des neurones qui vont commander le mouvement : ce sont les neurones pyramidaux. Le message nerveux est créé dans les corps cellulaires de ces neurones puis il est transmis au niveau de leurs axones qui vont traverser la substance blanche (au centre du cerveau) puis suivre la moelle épinière jusqu'aux vertèbres situées à la hauteur du compartiment à mobiliser.

2- De la moelle épinière au muscle : les motoneurones

Le mouvement volontaire va ensuite mobiliser les motoneurones dont les corps cellulaires sont présents dans la substance grise de la moelle épinière. Ce sont les mêmes motoneurones que ceux mis en action lors du réflexe myotatique mais cette fois-ci, ils reçoivent une commande depuis le cerveau. Le motoneurone va également intégrer les messages en provenance du cerveau et de la voie sensitive afin de déterminer la nature du message à produire. Une fois ce message produit, il se transmet le long de l'axone jusqu'au muscle (plaque motrice), ce qui permet la contraction de ce dernier et le mouvement.

3- La décussation motrice (croisement des voies)

Les voies motrices qui partent d'une aire motrice vont se croiser avant d'entrer dans la moelle épinière pour commander la partie opposée du corps : on parle de décussation motrice. Ainsi c'est l'aire motrice de l'hémisphère cérébral droit qui commande la partie gauche du corps et inversement. Ceci rappelle également le fonctionnement des nerfs optiques qui se croisent au niveau du chiasma optique.

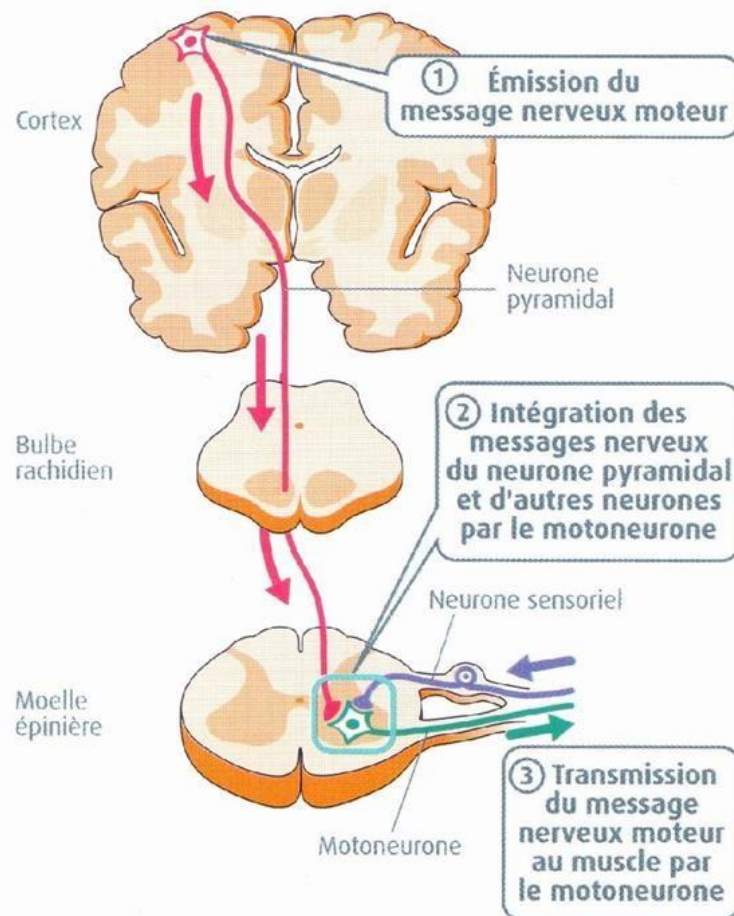


Schéma des voies motrices volontaires

III. Mouvement volontaire et santé

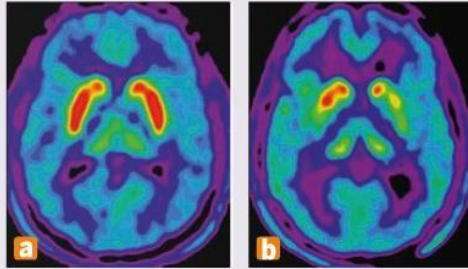
1- Mouvement et déficience cérébrale

Certaines lésions des aires motrices (AVC/Tumeurs) ou de la moelle épinière entraînent des paralysies partielles ou totales (hémiplégie, paraplégie, tétraplégie). Il peut également y avoir des compressions qui perturbent le message nerveux seulement de façon temporaire (hernie discale : cf TP1 avec Mme DUPOND).

D'autre part, la déficience de certaines zones du cortex peut également empêcher la réalisation des mouvements : maladie de Parkinson et destruction du « locus niger », une aire cérébrale prémotrice (neurones à dopamine).

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.

Doc. 3 Des troubles de la motricité dus à des déficiences cérébrales.

Enfin, le cerveau comprend plusieurs types cellulaires : les neurones mais aussi les cellules gliales : ce sont des cellules qui soit entourent, protègent ou nourrissent les neurones (astrocytes). Par exemple, les cellules de Schwann ou oligodendrocyte sont des cellules qui s'enroulent autour des axones pour former la gaine de myéline. Ce sont ces cellules qui sont dégradées en cas de sclérose en plaque (déjà évoquée dans le chapitre 1). Une dégradation des cellules gliales implique donc également des difficultés motrices.

2- Plasticité et apprentissage

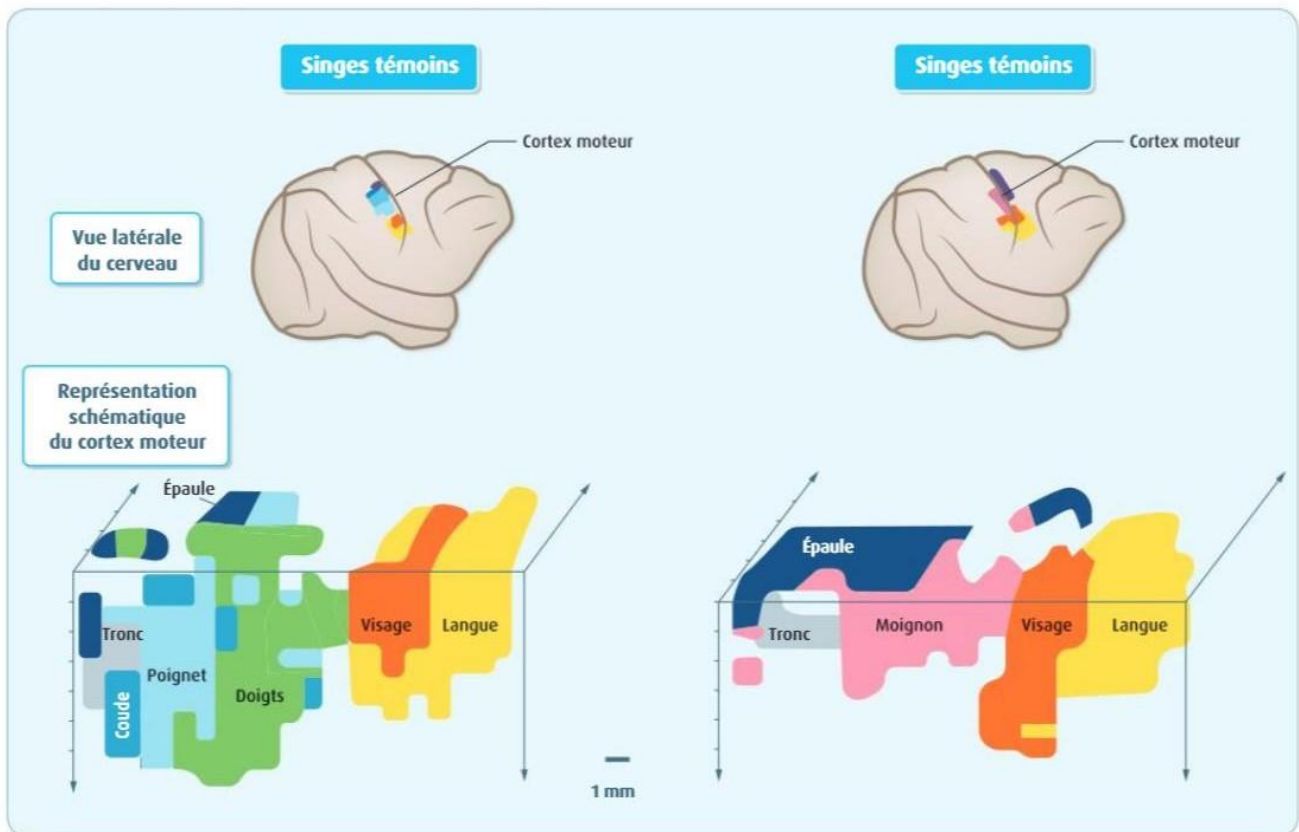
La comparaison des aires motrices de plusieurs individus par IRMf montre des différences qui peuvent être importantes en taille ou en localisation des aires. C'est le cas notamment entre les droitiers/gauchers mais également en fonction des apprentissages (musique, dactylographie, ...). Exemple : un entraînement quotidien au piano développe chez l'individu certains territoires de l'aire motrice primaire contrôlant les muscles de la main.

Le cortex moteur présente donc des capacités de remaniement au cours de la vie : c'est la plasticité. La plasticité du cortex moteur est à la base du processus d'apprentissage.

3- Plasticité cérébrale et récupération

D'autre part, chez des patients ayant subi des accidents soit au niveau du cerveau (AVC, Tumeur) soit au niveau des membres (amputation), la plasticité permet un remaniement des aires cérébrales et une récupération de tout ou partie des capacités motrices. Au niveau cellulaire, on constate que de nouvelles connexions (synapses) sont créées et que de nouveaux neurones peuvent être formés.

Par exemple, un AVC affectant une partie de l'aire motrice pourra être compensé par le recrutement d'aires situées à proximité, ce qui permettra une récupération progressive des capacités motrices.



5 Réorganisation du cortex cérébral après une amputation. Des singes macaques ayant subi une amputation de la patte antérieure après un accident ont été comparé à des singes témoins. La carte motrice a été obtenu par stimulation directe du cortex cérébral à l'aide de microélectrodes. L'amputation avait été effectuée 1 à 7 ans avant l'accident.

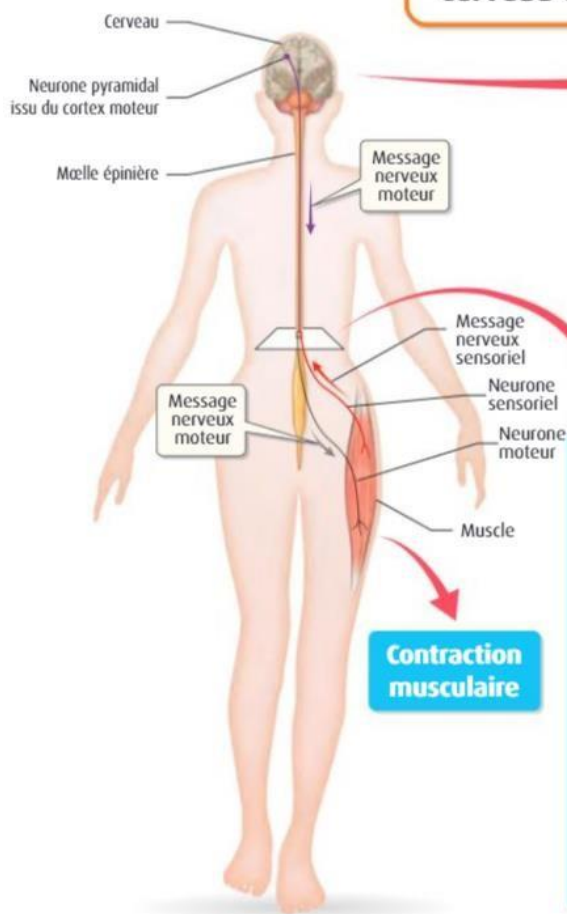
4- Le cerveau, un organe fragile

Malgré tout, le cerveau est un organe fragile qui est très sensible aux perturbations extérieures (manque de dioxygène, consommation de substances psychoactives ...).

En particulier, des substances comme l'éthanol sont à l'origine de la destruction des cellules nerveuses alors que d'autres comme le THC (TétraHydroCannabinol) modifient le fonctionnement des neurones, notamment concernant l'intégration des messages. Ceci contribue de façon immédiate à des perturbations (désinhibition, vertiges, endormissement ...) mais présente des effets néfastes à long terme, en particulier sur les capacités cognitives mais également sur l'humeur et l'adaptabilité.

D'autre part, ces molécules (alcool, THC, nicotine) sont capables de se fixer sur une zone du cerveau (noyau accumbens) qui est responsable du système de récompense : c'est une zone du cerveau qui renforce l'apprentissage par une décharge de dopamine à l'origine d'une sensation de plaisir (récompense). La consommation de drogue stimule cette zone, ce qui produit des sensations plaisantes et renforce l'envie de consommer : c'est un cercle vicieux qui aboutit à l'addiction.

Cerveau et mouvement volontaire

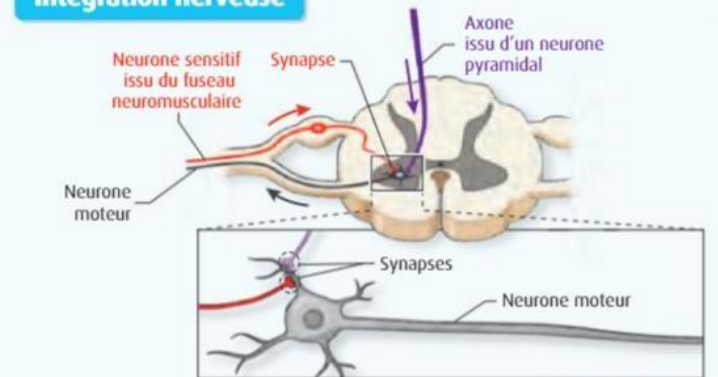


Cortex moteur



- 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

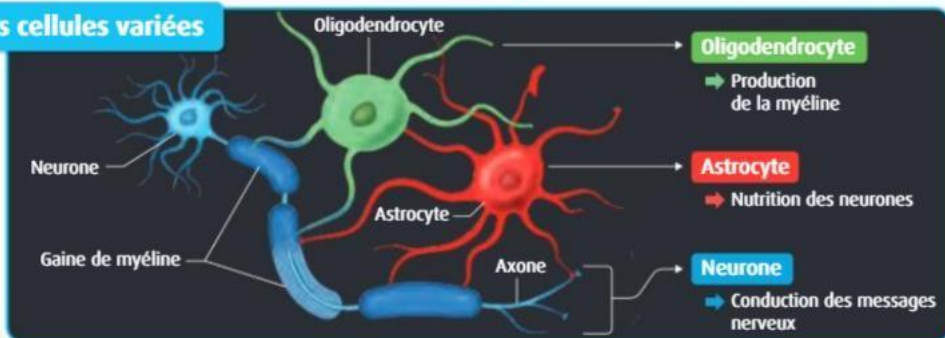


Arrivée de nombreux messages nerveux ➔ **Sommation spatiale et temporelle** ➔ **Intégration =** émission d'un unique message nerveux moteur

Contraction musculaire

Le cerveau, un organe fragile

Des cellules variées



Des aires reliées entre elles par des réseaux de neurones

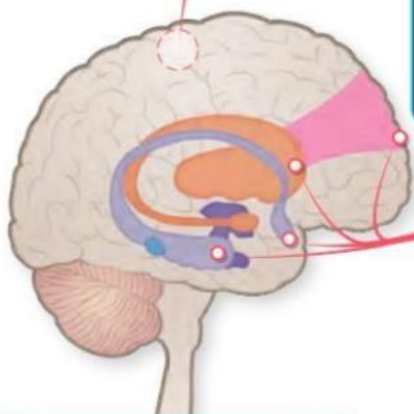
• Neurotransmetteur = dopamine

• Substances psychoactives



➔ Sécrétion de dopamine

- Modification du comportement
- Risque d'addiction, de maladie, d'accident



Circuit de la récompense

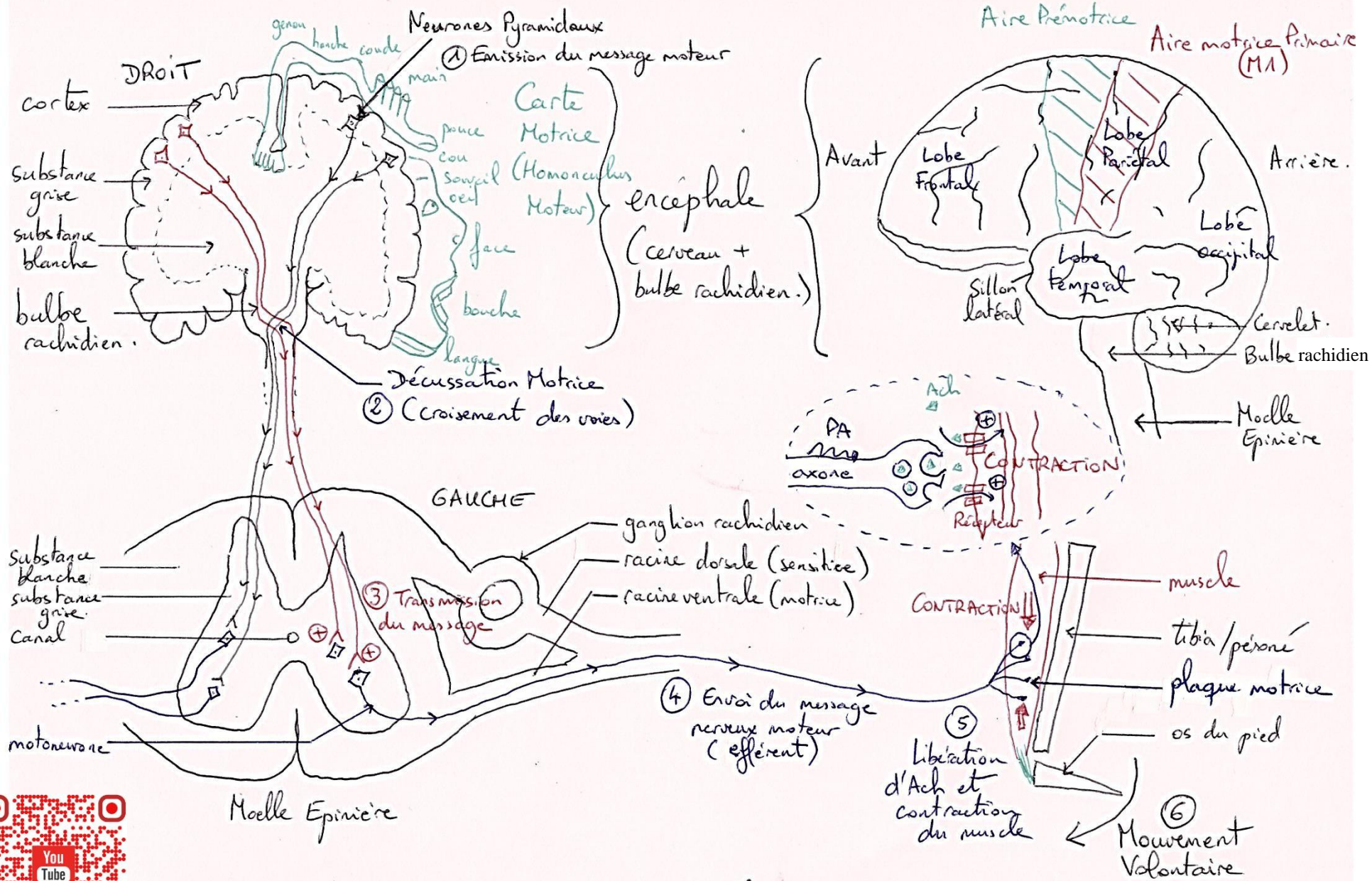


Schéma fonctionnel des voies motrices volontaires.