

THÈME : COMPORTEMENTS, MOUVEMENTS ET SYSTÈME NERVEUX

Chapitre : Cerveau et mouvement volontaire

Contrairement aux réflexes 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 ?

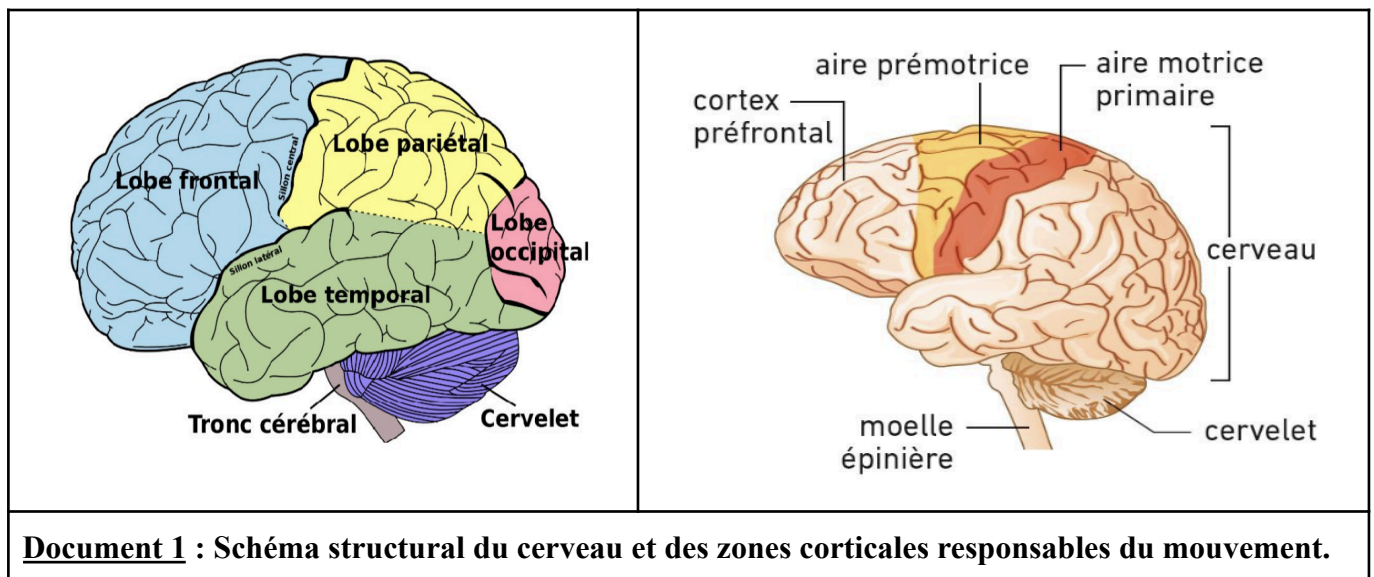
I. Le cerveau, un organe complexe

A) Le cerveau, un organe structuré en aires cérébrales

L'encéphale correspond à la partie du système nerveux central contenue dans la boîte crânienne. Il est constitué de 3 parties : le cerveau, le cervelet et le tronc cérébral.

Le cerveau est lui-même organisé en deux hémisphères (les hémisphères cérébraux) dont la partie externe est le cortex qui correspond à la substance grise du cerveau (contenant donc le corps cellulaires des neurones). La partie interne des hémisphères correspond à la substance blanche et contient donc les prolongements cytoplasmiques des neurones (axones et dendrites).

Autrefois explorée par l'étude de cas cliniques ou l'expérimentation animale, l'organisation du cortex cérébral est aujourd'hui accessible grâce aux techniques de l'imagerie médicale. L'IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) est une technique permettant d'obtenir des images anatomiques du cerveau sous forme de coupes virtuelles, sur lesquelles il est possible de visualiser les zones actives lorsque le sujet effectue une tâche déterminée (IRM fonctionnelle ou IRMf).



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

Le cortex cérébral est divisé en zones fonctionnelles, appelées aires corticales, chacune assurant une fonction précise. On distingue trois grands types de zones : les aires sensorielles (qui reçoivent des informations sensorielles), les aires motrices (qui envoient des informations motrices) et les aires d'association (80 % du cortex humain; elles reçoivent des informations simultanées et les mettent en relation; ces aires sont impliquées dans la mémorisation, le langage, notre personnalité ...).

Les aires motrices primaires commandent directement les mouvements. La cartographie des ces aires motrices primaires montre que chaque partie du corps humain est associée à un territoire défini du cortex qui assure sa commande. Les parties du corps douées d'une motricité fine (main, bouche...) sont contrôlées par une surface plus importante de l'aire motrice primaire. Les aires motrices contrôlant la partie droite du corps sont situées sur l'hémisphère gauche et inversement : la commande est contralatérale.

B) Le cerveau, un organe composé de cellules spécialisées

Le cerveau est constitué de deux types de cellules :

- Les neurones (environ 100 milliards) qui assurent la formation, le transport et la transmission des messages nerveux.
- Les cellules gliales (environ 100 milliards de cellules réparties en astrocytes, oligodendrocytes et cellules de la microglie) qui assurent différentes fonctions :
 - a. Les astrocytes, intervenant dans la protection, la nutrition et l'activité des neurones.
 - b. Les oligodendrocytes, responsables de la formation de la gaine de myéline.
 - c. Les cellules de la microglie, responsables de la défense immunitaire du cerveau.

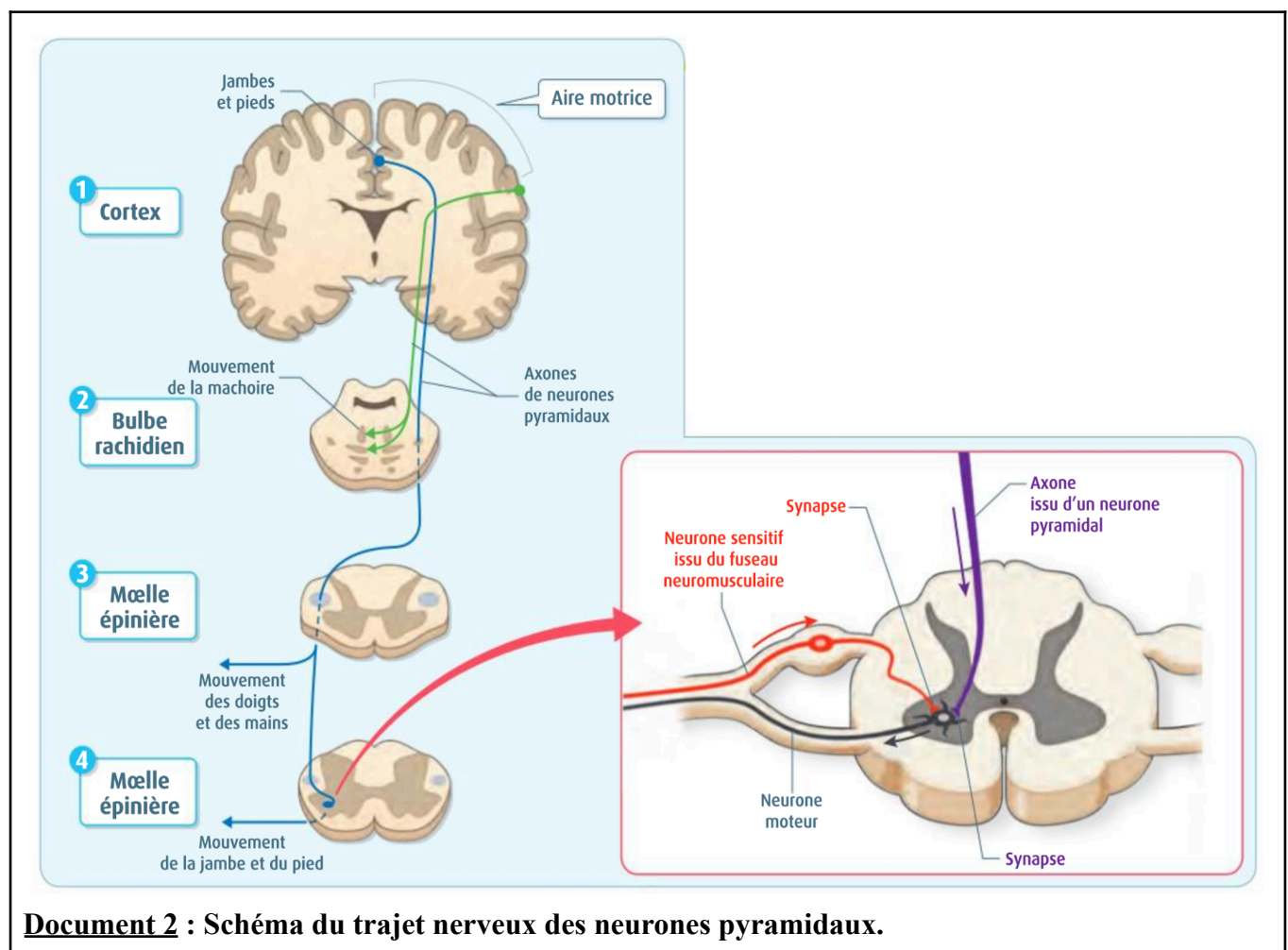
Bilan : Le cerveau est constitué de neurones, traitant et propageant les messages nerveux, et de cellules gliales assurent le bon fonctionnement du système nerveux. La partie superficielle du cerveau, formée de plusieurs couches de neurones, constitue le cortex cérébral. Grâce à l'IRM, il est possible 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 réalisation d'un mouvement complexe comme l'écriture nécessite la coopération de nombreuses aires corticales et de centres nerveux situés à l'intérieur du cerveau. Ces différentes régions du cerveau communiquent entre elles par des réseaux de neurones formant des voies neuronales, le long desquelles l'information circule sous forme de trains de potentiels d'action (PA).

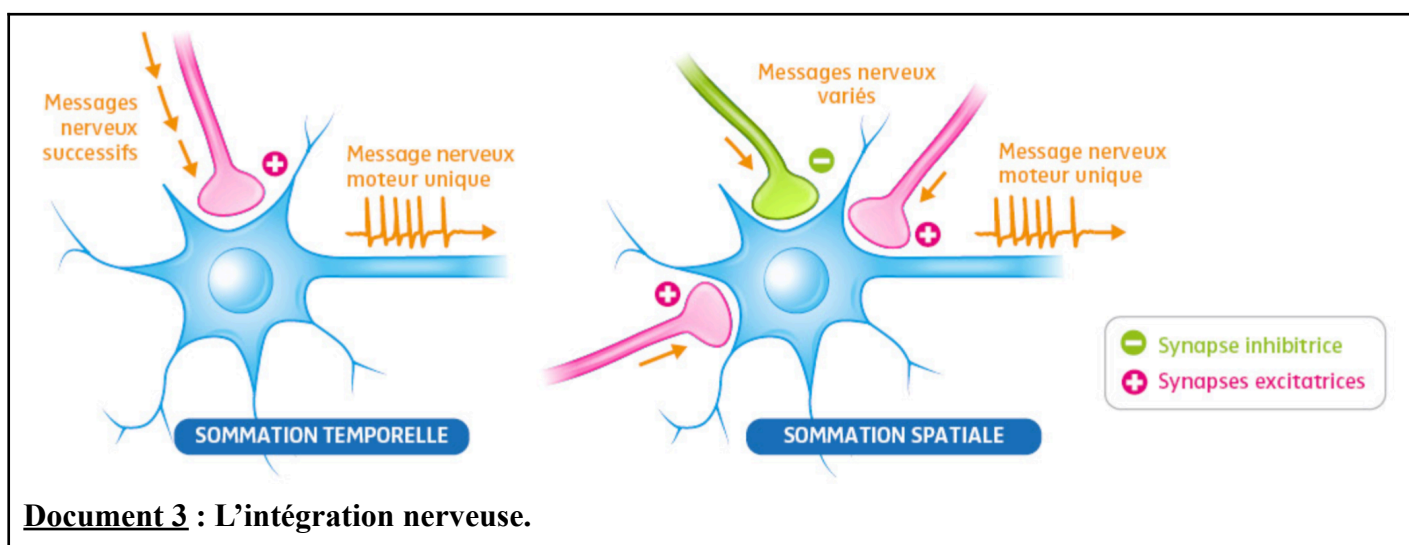


Document 2 : Schéma du trajet nerveux des neurones pyramidaux.

Les messages nerveux moteurs qui partent des aires motrices primaires cheminent par des faisceaux de neurones et descendent dans la moelle épinière (faisceaux pyramidaux). À différents niveaux, ces neurones sont en connexion synaptique avec les neurones moteurs de la moelle, qui produisent un nouveau message moteur commandant la contraction des muscles responsables du mouvement. Ces voies motrices sont croisées (au niveau du bulbe rachidien), expliquant la commande controlatérale des mouvements volontaires.

B) L'intégration neuronale

Un neurone moteur de la moelle épinière reçoit des informations de nombreux neurones qui établissent avec lui des synapses excitatrices (neurones sensitifs du réflexe myotatique, neurones du cortex moteur) ou inhibitrices (interneurones inhibiteurs). Au niveau des synapses excitatrices, la fixation du neurotransmetteur sur les récepteurs postsynaptiques favorise la formation d'un nouveau message nerveux par le motoneurone (PPS puis PA). À l'inverse, le neurotransmetteur des synapses inhibitrices, en se fixant sur ses récepteurs, s'oppose à cette formation. Le neurone moteur, soumis à l'action des différents neurotransmetteurs, est capable d'intégrer l'ensemble des informations lui parvenant et de produire éventuellement un nouveau message nerveux codé en fréquence de potentiels d'action. Cette intégration s'effectue par deux mécanismes de sommation.



Document 3 : L'intégration nerveuse.

- La sommation spatiale est la capacité du motoneurone de prendre en compte les informations excitatrices et inhibitrices lui parvenant de différents neurones présynaptiques.
- La sommation temporelle est la capacité du motoneurone d'additionner les informations lui parvenant successivement d'un même neurone présynaptique.

Si le résultat de cette double sommation est une excitation suffisante (PPS), des potentiels d'action sont émis le long de l'axone en direction de plusieurs fibres musculaires avec une fréquence proportionnelle à l'excitation. Sinon, le neurone reste au repos. Contrairement au neurone moteur, la fibre musculaire ne reçoit un message que d'un seul motoneurone, elle n'a donc aucun rôle d'intégration.

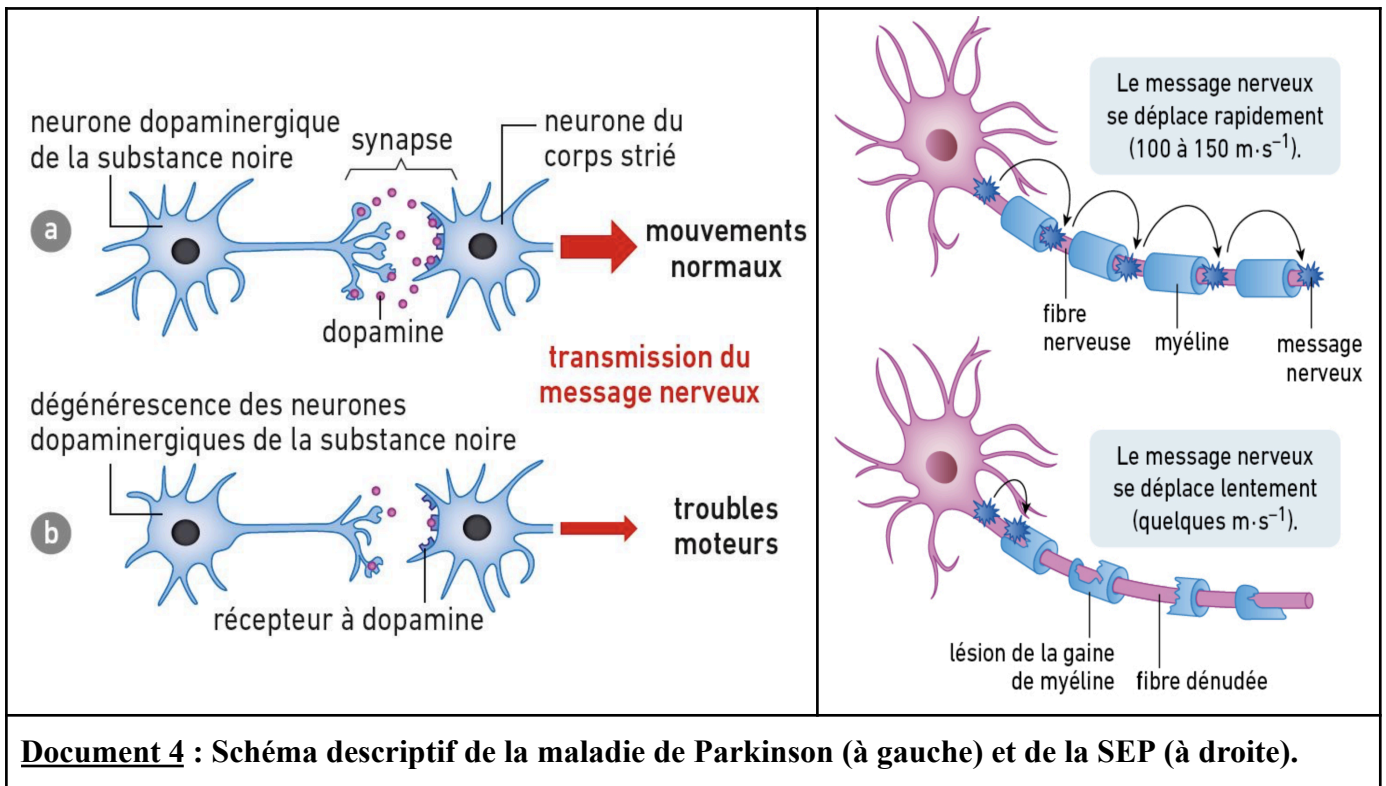
Bilan : Le cerveau est constitué de neurones, traitant et propageant les messages nerveux, et de cellules gliales assurant le bon fonctionnement du système nerveux. La partie superficielle du cerveau, formée de plusieurs couches de neurones, constitue le cortex cérébral.

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

Le système nerveux et en particulier le cerveau peut être affecté de plusieurs dysfonctionnements conduisant à des troubles du comportement qui peuvent conduire à une dégradation de l'état de santé souvent irréversible.



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

Il peut s'agir de troubles accidentels, comme les AVC (accidents vasculaires cérébraux) qui peuvent provoquer des pertes temporaires ou permanentes de l'activité de certaines zones cérébrales ou de la rupture accidentelle de voies nerveuses occasionnée par un choc traumatique.

Il peut également s'agir de maladies évolutives comme la sclérose en plaques (maladie auto-immune provoquant une dégradation des voies nerveuses), la maladie de Parkinson (maladie caractérisée par une dégénérescence des neurones à dopamine conduisant entre autre à des troubles moteurs) et la maladie d'Alzheimer (maladie caractérisée par la destruction de populations de neurones conduisant à des pertes de mémoire et différents troubles cognitifs).

B) L'action des substances exogènes sur le cerveau

Le fonctionnement des neurones peut être perturbé par des substances exogènes, c'est-à-dire extérieures à l'organisme (alcool, nicotine, autres drogues, médicaments psychoactifs, etc.).

Ainsi, la nicotine contenue dans le tabac agit sur le système nerveux en se fixant sur le récepteur du neurotransmetteur acétylcholine et en déclenchant son activation : c'est un agoniste de l'acétylcholine.

D'autres substances peuvent agir en bloquant le récepteur d'un neurotransmetteur, ce sont des antagonistes.

L'utilisation de substances exogènes psychoactives entraîne un risque plus ou moins important d'addiction au produit. L'addiction correspond au désir puissant de renouveler un comportement (ici la consommation du produit malgré la connaissance des effets néfastes de ce comportement).

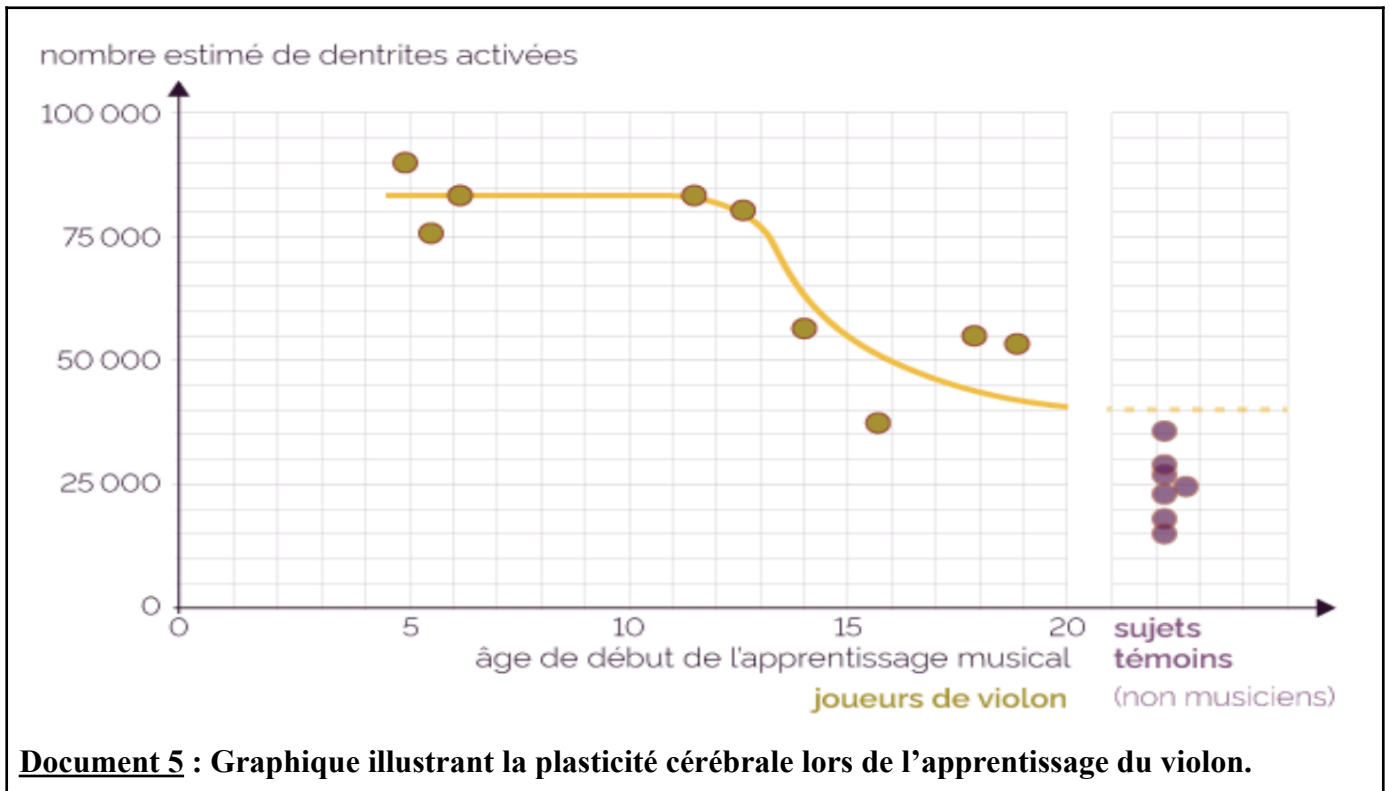
Le comportement addictif repose sur une perturbation du système de récompense.

En augmentant la libération de dopamine, neurotransmetteur impliqué dans le système de récompense, les substances addictives comme le tabac ou d'autres drogues déclenchent le désir de renouvellement de leur consommation chez l'individu.

Étant donné les conséquences de la consommation de ces substances (maladies cardiovasculaires, cancers, accidents de la route, violence, etc.), la lutte contre les addictions liées à leur consommation est un enjeu important de santé publique.

C) La plasticité cérébrale

La cartographie des aires corticales sensorielles et motrices peut varier partiellement entre les individus. Ces différences s'acquièrent progressivement au cours de la vie de chacun. Ainsi, l'apprentissage mais aussi les accidents provoquent une modification des connexions synaptiques avec par exemple une extension des zones corticales associées à certains muscles très sollicités.



Cela témoigne de la plasticité cérébrale, c'est-à-dire de la capacité du cerveau à modifier ses connexions synaptiques au cours de la vie de l'individu en réponse à des modifications « environnementales ». Par conséquent, après la perte d'un membre (amputation) et/ou la greffe d'un organe, on observe une modification de la cartographie des aires sensorielles et motrices : certaines zones initialement associées à un organe sont « connectées » à un autre organe. Le maintien de la plasticité paraît favorisé par l'entretien intellectuel, que l'on cherche en particulier à stimuler chez les personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer ou chez des personnes ayant subi une altération accidentelle du cortex moteur (ex AVC).

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.

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.

Schéma bilan :

