

Notions	Activités, exemples
I. Alors que la réalisation du réflexe myotatique implique la moelle épinière comme seul centre nerveux, la commande des mouvements volontaires met en jeu des structures cérébrales. Ainsi les motoneurones de la moelle épinière reçoivent à la fois des messages sensitifs provenant des fuseaux neuromusculaire et des messages en provenance d'aires cérébrales motrices. Ils réalisent une intégration de ces messages pour générer un message moteur unique. 1. Le cortex cérébral constitue l'essentiel de la substance grise du cerveau. Il est localisé dans une couche superficielle de quelques millimètres d'épaisseur. Il présente des replis lui permettant d'augmenter sa surface tout en occupant un volume minimal imposé par la taille de la boîte crânienne. 2. Il existe au niveau du cortex cérébral une zone spécialisée dans la commande des mouvements volontaires : l'aire cérébrale motrice, située dans le lobe frontal, à la limite du sillon central. a. L'analyse des effets de lésions ou de stimulations localisées du cortex cérébral, et plus récemment, les techniques d'imagerie médicale (IRMf) ont permis de localiser les aires motrices de la commande volontaire des mouvements affectant les différentes parties du corps. b. La répartition des aires corticales motrices peut être établie sous forme d'une cartographie (carte motrice) où on associe chaque région du corps à une zone cérébrale. c. Cette cartographie montre que l'importance du territoire de l'aire motrice associée à chacune des différentes régions du corps est en relation avec les capacités de mouvement de la partie du corps concernée (plus la motricité est fine et complexe (exemple : main, bouche), plus la zone corticale correspondante est étendue). 3. Les messages nerveux moteurs en provenance des aires cérébrales motrices cheminent par des faisceaux de neurones qui descendent dans la moelle épinière et établissent des connexions avec les motoneurones qui commandent les fibres musculaires. Cela explique que des lésions de la moelle épinière à la suite d'accidents puissent entraîner des paralysies. a. Ces voies motrices sont croisées au niveau du bulbe rachidien. b. Ainsi les aires motrices contrôlant la partie droite du corps sont situées sur l'hémisphère cérébral gauche et inversement. 4. Le corps cellulaire d'un motoneurone reçoit de nombreuses informations provenant de neurones excitateurs ou inhibiteurs. Il intègre l'ensemble de ces informations par sommation spatiale et temporelle afin de produire un message moteur unique codé en fréquence de potentiels d'action. a. Dans la moelle épinière, chaque motoneurone commande une seule fibre musculaire mais il peut recevoir à la fois : - Les informations provenant du neurone sensitif issu du fuseau	

neuromusculaire

- Les informations provenant d'interneurones connectés à un neurone sensitif du muscle **antagoniste**

- Les messages nerveux en provenance du cortex **moteur**

b. Ainsi plusieurs **synapses** peuvent s'établir au niveau du même corps cellulaire d'un motoneurone : certaines sont **excitatrices** et d'autres **inhibitrices**.

c. Les synapses excitatrices provoquent au niveau post synaptique une **dépolarisation**, c'est-à-dire une augmentation de la différence de potentiel membranaire (PPSE)

d. Les synapses inhibitrices provoquent au contraire une **hyperpolarisation** post synaptique (PPSI)

e. C'est la nature du neurotransmetteur (NT) libéré qui détermine la nature de la synapse (**acétylcholine** = NT excitateur et **GABA** = NT inhibiteur)

f. Ces modifications de la **différence** de potentiel membranaire sont additionnées dans l'espace et dans le temps au niveau du **corps cellulaire** du motoneurone :

- La sommation **spatiale** désigne la capacité du motoneurone de prendre en compte les informations excitatrices et inhibitrices qui lui parviennent en même temps de différents neurones pré-synaptique.

- La sommation temporelle désigne la capacité du motoneurone d'additionner les informations lui parvenant **successivement** d'un même neurone pré-synaptique.

g. Si à l'issue de l'intégration, la dépolarisation **membranaire** globale du corps cellulaire du motoneurone est **supérieure** à une valeur seuil, le motoneurone émet un train de potentiel d'action en direction du **muscle**.

5. La réalisation d'un mouvement complexe (exemple : l'écriture) nécessite la **coopération** entre différentes zones cérébrales. Ainsi les aires du cortex cérébral **communiquent** entre elles par des réseaux de neurones formant des voies neuronales le long desquelles se propagent des potentiel d'action dont la **fréquence** est modulée par un ensemble de neurotransmetteurs excitateurs (glutamate, acétylcholine) et inhibiteurs (GABA).

II. Le système nerveux central (cerveau et moelle épinière) est fragile. Il peut être sujet à différents types de dysfonctionnements : lésions suite à des traumatismes ou accidents vasculaires cérébraux (AVC), atteintes dues à des maladies neurodégénératives, infections virales ou bactériennes. Ces dysfonctionnement peuvent avoir des conséquences variées et souvent graves pour la santé (paralysies, troubles de la mémoire et du comportement...etc)

1. Le bon fonctionnement du système nerveux repose sur l'existence de cellules **gliales** assurant des fonctions variées : nettoyage, nutrition, protection et croissance des neurones ainsi que la myélinisation des axones.

a. Les centres nerveux (cerveau et moelle épinière) contiennent autant de **neurones** de que cellules gliales (astrocytes, oligodendrocytes, cellules microgliales)

b. Les astrocytes **interviennent** dans la protection, la nutrition et l'activité des neurones

c. Les oligodendrocytes permettent la formation de la gaine de **myéline** autour des axones de certains **neurones**

d. Les cellules microgliales ont une fonction d'épuration, de phagocytose des déchets au niveau de la substance blanche et de la substance grise. e. Astrocytes et cellules microgliales peuvent aussi intervenir sur le fonctionnement synaptique, en libérant des molécules agissant sur des récepteurs pré- et post synaptiques ou en participant à la recapture de certains neurotransmetteurs. 2. Les sections accidentelles de la moelle épinière, en coupant les voies motrices, entraînent la paralysie des muscles commandés par les motoneurones situés en dessous de la section (paraplégie = paralysie des membres inférieurs ; tétraplégie = paralysie des 4 membres) 3. La destruction des cellules nerveuses de l'aire corticale motrice suite à un accident vasculaire cérébral (AVC) peut aussi conduire à une perte de motricité d'une région plus ou moins étendue du corps. a. Un AVC correspond à l'obstruction ou la rupture d'un vaisseau sanguin irrigant une région du cerveau. Cela entraîne rapidement la mort des neurones faute d'approvisionnement en oxygène. b. En France, les AVC sont la 1ère cause de handicap et la seconde cause des décès. c. Certains facteurs liés au mode de vie favorisent les AVC : tabagisme, alcool, sédentarité, alimentation non équilibrée, stress... 4. Les maladies neurovégétatives provoquent une détérioration du fonctionnement des cellules nerveuses, en particulier des neurones, pouvant conduire à la mort cellulaire. Ces maladies sont généralement évolutives avec une aggravation de l'état du patient par atteintes de ses capacités motrices ou cognitives. Les mécanismes à l'origine de ces maladies sont encore mal connus et font l'objet de nombreuses recherches. a. La maladie d'Alzheimer résulte d'une lente dégénérescence des neurones, débutant au niveau de l'hippocampe (une structure cérébrale essentielle pour la mémoire) puis s'étendant au reste du cerveau. b. La maladie de Parkinson résulte d'une dégénérescence des neurones d'une zone profonde du cerveau, la substance noire, qui établit des connexions avec les neurones du striatum et produisent la dopamine, neurotransmetteur impliqué dans le contrôle de la motricité.	
III. La plasticité cérébrale désigne la capacité du cerveau à se réorganiser en fonction des expériences vécues par l'individu et de ses interactions avec son environnement. Elle explique l'aptitude de l'être humain à apprendre, ainsi que la capacité de récupération suite à certains dysfonctionnements. 1. Suite à la perte d'un membre, le cortex moteur modifie ses connexions. Ainsi des zones motrices responsables d'une région du corps peuvent commander une autre région du corps. 2. De même, suite à un AVC, la rééducation par des exercices permet dans une certaine mesure une récupération du déficit moteur. Cette récupération ne correspond pas à un rétablissement du fonctionnement de la zone lésée mais à	

la **réaffectation** de neurones situés en dehors de cette zone afin de suppléer à la destruction des neurones.

3. La mise en place des cartes motrices dans le cerveau au cours du développement est en partie **déterminée** par notre génome mais l'apprentissage et l'**entraînement** (exemple : apprendre à jouer du piano) provoque son remodelage: La surface des zones corticales qui contrôlent les mouvements mis en jeu **augmente** au cours du temps.
4. La **plasticité** du cortex existe tout au long de la vie de l'individu, mais les capacités de remaniement (de même que le nombre de cellules nerveuses) se **réduisent** avec l'âge. C'est donc un capital à préserver et à entretenir. Avoir un comportement responsable en matière de santé permet de maintenir son capital nerveux

IV. De nombreuses substances **exogènes** consommées plus ou moins fréquemment (tabac, alcool, drogues, médicaments...) entraînent une **perturbation** de la transmission des messages nerveux par modulation de la **libération** de certains neurotransmetteurs et conduire à des **troubles** du comportement et des capacités cognitives. En stimulant le système de récompense par libération accrue de dopamine, ces substances peuvent provoquer une **addiction** à la substance.

1. [Exemple] Certains neurones du cerveau produisant la dopamine (**neurotransmetteur** impliqué dans le système de récompense) possèdent des **récepteurs** à l'acétylcholine (ACh). La fixation d'acétylcholine (ACh) sur ces récepteurs **déclenche** la libération de dopamine. La nicotine, agoniste de l'ACh, peut, en se fixant sur ces mêmes **récepteurs**, augmenter la libération de dopamine et **déclencher** ainsi le désir de renouvellement de sa consommation chez l'individu.
2. [Exemple] Le cannabis (THC), en se fixant sur des **récepteurs** présents sur les astrocytes et certains neurones de l'hippocampe, perturbe la transmission **synaptique** de cette zone du cerveau impliquée dans la mémoire de travail (permettant la réalisation d'opérations cognitives courantes : réfléchir, lire, écrire).
Le THC, en réduisant l'**activité** de neurones GABAnergiques contrôlant l'activité des neurones à dopamine, entraîne aussi une **libération** accrue de cette dernière.
3. Etant donné les **lourdes** conséquences de la consommation de ces substances exogènes (maladies cardiovasculaires, accidents de la route, violence...), la lutte contre les addictions liées à leur consommation est un **enjeu** important de santé publique.