



UE 20 Classe inversée Mr SEIZEUR

DATE : 10/09/2024

GROUPE : Groupe 2

REMARQUES : Connaître ++ le schéma p.15 avec les deux voies, ne retenir que l'anatomie et l'anatomie fonctionnelle.

NOYAUX GRIS CENTRAUX

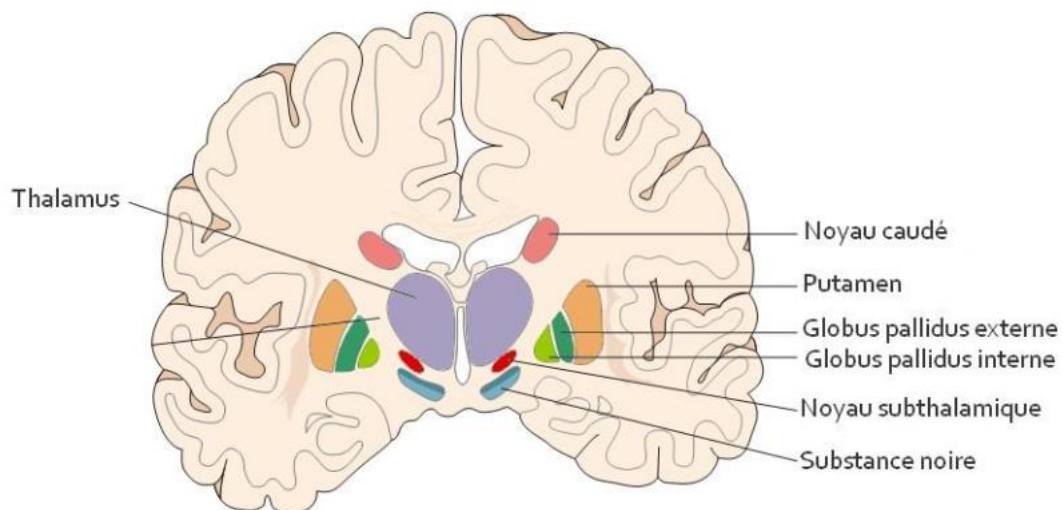
Table des matières

I. Introduction	1
II. Anatomie	2
A) Généralités	4
B) Noyau caudé	5
C) Noyau lenticulaire	6
D) Substance noire ou Locus Niger	8
E) Noyau subthalamique ou corps de Luys	9
F) Complexe nucléaire amygdaloïde	10
III. Anatomie fonctionnelle	
A) Les 3 rôles fonctionnels des NGC	11
B) Neurobiochimie du Néostriatum : Noyau caudé & Putamen	12
C) Neurobiochimie des autres noyaux gris centraux	12
D) Les 3 principes d'organisation et de fonctionnement des NGC	13
E) Les afférences du système des NGC	14
F) Deux voies	17
1) La voie directe :	18
2) La voie indirecte (ou voie de défacilitation corticale) :	19
3) La voie nigro-striée :	21
G) Pathologies des NGC	22

I) Introduction

Les noyaux gris centraux (amas de substance grise sous corticale) représentent quatre structures paires interconnectées situées en dessous du cortex et en profondeur des deux hémisphères cérébraux. Ils sont situés dans le télencéphale, le diencephale et le mésencéphale, sont constitués de substance grise et entourés de substance blanche. Ils sont notamment riches en corps cellulaires, ce qui leur permet de créer des liaisons avec le cervelet, le diencephale ou encore le cortex moteur.

Les noyaux gris centraux (NGC) sont notamment impliqués dans le contrôle de la **motricité** (rôle principal) mais ont également un rôle dans le **comportement**, les **émotions** et la **cognition**.



Durant la vie embryonnaire, ces noyaux subissent l'enroulement télencéphalique, ce qui leur donne une forme de C ouvert en bas et en avant. Le pivot de l'enroulement se trouve sur la ligne médiane, ce pourquoi en se rapprochant de cette ligne, on retrouvera moins cet enroulement.

II) Anatomie

Le groupe des noyaux gris centraux est constitué d'un ensemble de structures sous corticales comportant anatomiquement plusieurs noyaux principaux et des noyaux annexes.

Les noyaux principaux sont :

- Le **thalamus**
- Le noyau **lenticulaire**, lui-même constitué du **pallidum** (ou Globus pallidus) et du **putamen**
- Le noyau **caudé**

Les noyaux annexes sont :

- Le noyau **rouge**
- Le noyau **sub-thalamique**

- Le noyau **accumbens**
- La **substance noire**, qui rassemble la substance noire pars compacta (SNpc) et la substance noire pars reticulata (SNpr).

Il existe également une division fonctionnelle en **4 éléments principaux** :

- Le **striatum**, constitué du putamen, du noyau caudé et du noyau accumbens
- Le **pallidum** interne et externe
- Le **noyau sub-thalamique**
- La **substance noire**

Ces quatre structures fonctionnelles sont interconnectées au niveau télencéphalique et diencephalique grâce à des **interconnexions réciproques**. Ces connexions peuvent d'ailleurs être expliquées par l'embryologie.

Les boucles fonctionnelles les plus importantes sont celles entre :

- Le striatum et la substance noire
- Le pallidum et le noyau subthalamique.

Il existe également des projections striatopallidales (=entre le striatum et le pallidum) abondantes.

Sur le plan fonctionnel, on associe également à ces noyaux principaux, le noyau pédonculopontin et l'aire tegmentale ventrale.

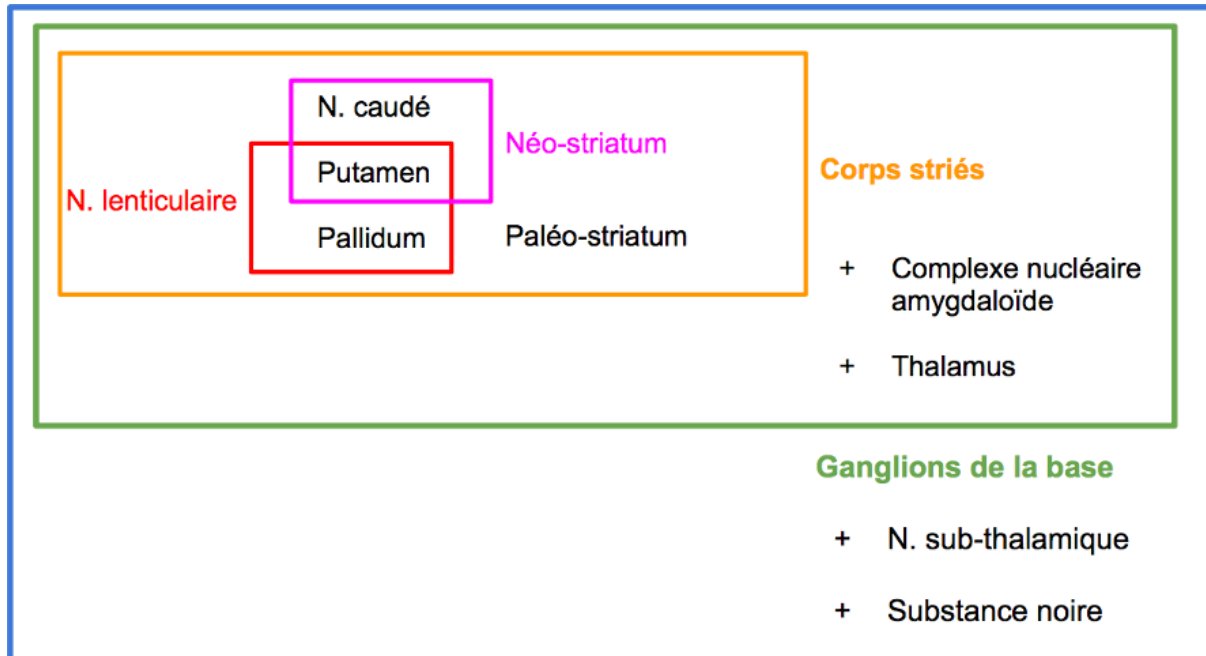
Le thalamus représente la structure de relais des informations issues des noyaux gris centraux vers le cortex cérébral mais ne fait pas partie des noyaux gris centraux à proprement parler. Lorsqu'on l'inclut, on parle alors de ganglions de la base.

Le thalamus est une structure paire du diencephale ayant un rôle de relais des voies sensitives, sensorielles et motrices indirectes. Il s'enroule autour d'une cavité impaire et médiane : le 3ème ventricule.

Il faut différencier les noyaux gris centraux à proprement parler (=corps striés) du groupe des noyaux gris centraux.

Le groupe des noyaux gris centraux comporte les ganglions de la base (N. caudé, N. lenticulaire qui font partie des corps striés, le thalamus et le complexe nucléaire amygdaloïde) associés au noyau subthalamique et à la substance noire.

- **Néostriatum** = striatum = unité fonctionnelle ++ = lieu d'afférences des ganglions de la base. Se compose anatomiquement des **noyaux caudés** et du **putamen** (putamen = partie externe du noyau lenticulaire). Il joue un rôle clé dans le contrôle de la motricité et de certaines fonctions cognitives. Exemple : Maladie de Huntington, caractérisée par des symptômes moteurs (chorées), cognitifs et psychiatriques.
- **Paléostriatum = pallidum** : dégénérescence du pallidum = syndrome de Hallervorden-spatz → hypertonie entraînant des troubles de la marche, des problèmes de déglutitions et d'élocution ainsi qu'une agitation psychique et des mouvements involontaires.



GRUPE DES NOYAUX GRIS CENTRAUX

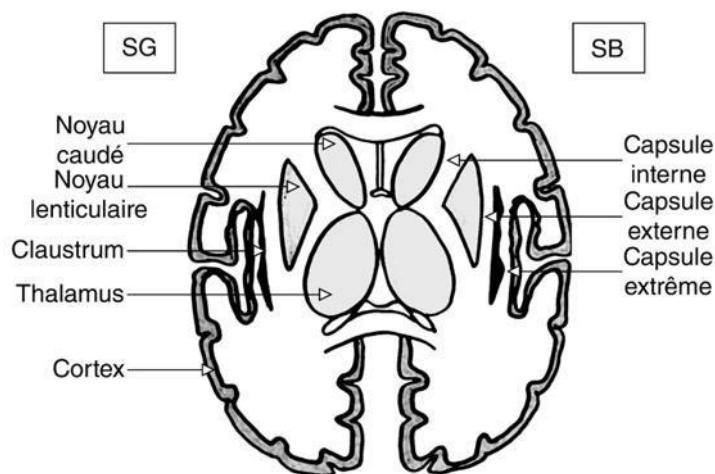
Ganglions de la base = Thalamus + Complexes amygdaloïdes + Corps striés (noyaux gris centraux).

A) Généralités

On peut définir les noyaux gris centraux comme des regroupements de substance grise en profondeur. Ceux-ci sont séparés par des bandes de substance blanche : les capsules

- En dedans du noyau lenticulaire, nous retrouvons la capsule interne qui véhicule en particulier la motricité volontaire.
- Entre le noyau lenticulaire et le claustrum se trouve la capsule externe.
- En dehors du claustrum, nous retrouvons enfin la capsule extrême.

Le claustrum est une couche mince de substance grise située entre l'insula et le putamen. L'ensemble des faisceaux dont le trajet continue dans les structures profondes est contenu dans le centre semi-ovale (substance blanche).



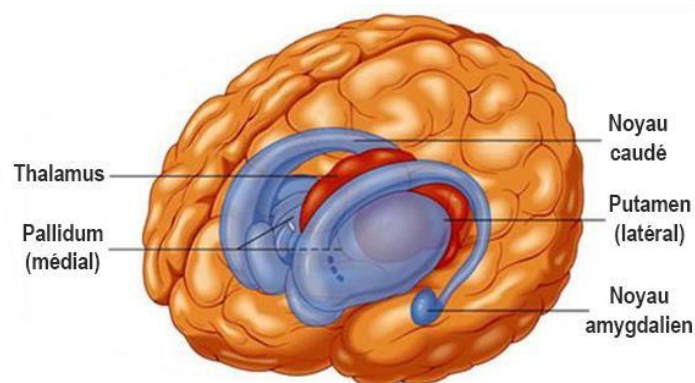
Coupe axiale du cerveau passant par les noyaux gris centraux.

B) Noyau caudé

Le noyau caudé est une composante paire d'origine télencéphalique. Il présente une forme comparable à un "C" composée d'une extrémité antérieure renflée (la tête), d'un corps effilé de volume décroissant et d'une queue fine. Il s'enroule d'avant en arrière autour du thalamus de telle sorte que la queue et la tête apparaissent dans le même plan en coupe coronale.

Lorsque le noyau caudé est associé au putamen, ils forment le striatum, probablement la zone cérébrale la plus importante dans la prise de décision.

Il se réfléchit d'arrière en avant au sein du lobe temporal, au-dessus de la corne temporale du ventricule latéral, pour se terminer en arrière du corps amygdaloïde.



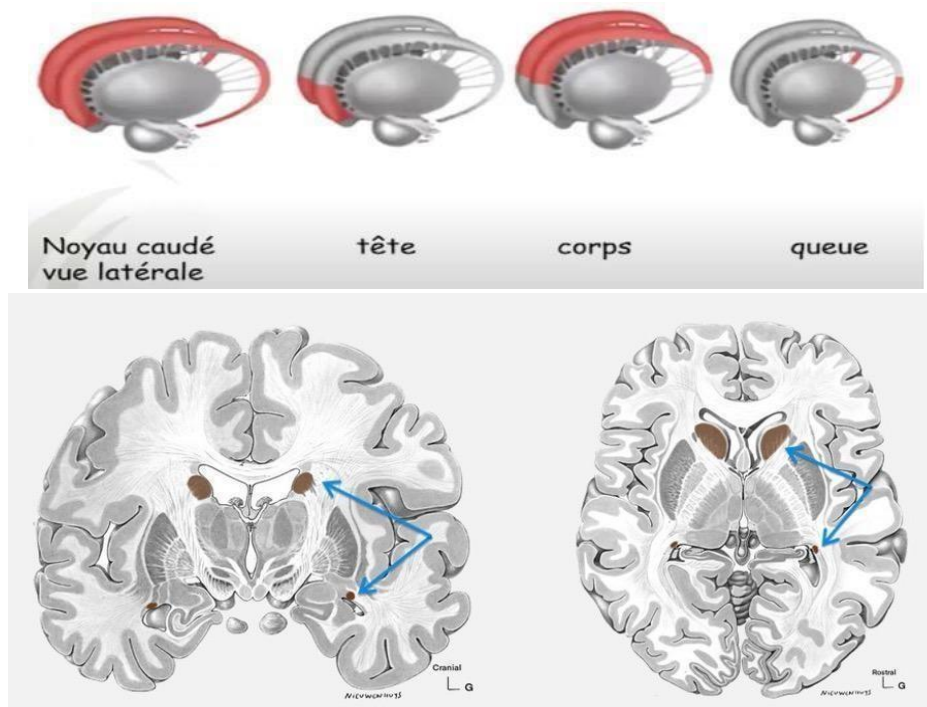
Noyaux gris centraux

Le noyau caudé est divisé en 3 parties :

- **La tête** : partie la plus grosse ayant une longueur de 3 cm et un diamètre de 1,5 à 2 cm. Elle est séparée de son homologue par le septum pellucidum. Sa face médiale et supérieure forme la paroi inférieure de la corne frontale du ventricule latéral. Elle est recouverte de l'épendyme.

Ses faces latérale et inférieure sont en rapport avec le bras antérieur de la capsule interne. Elles sont unies au noyau lenticulaire par des lames de substance grise. Son extrémité antérieure est située en avant de l'espace perforé antérieur.

- **Le corps** : long de 3 cm
Sa face supérieure constitue la partie latérale de la paroi inférieure de la partie centrale du ventricule latéral.
Sa face inférieure surplombe le thalamus et limite en haut la capsule interne.
- **La queue** : effilée et longue de 4 à 5 cm
Se dirige en avant et latéralement pour s'unir au noyau amygdaloïde.
Sa face convexe constitue la paroi supérieure de la corne temporale du ventricule latéral.
Sa face concave répond au bras postérieur de la capsule interne et à la région sub-lenticulaire.



C) Noyau lenticulaire

Le noyau lenticulaire est constitué de trois parties :

- **Le putamen** : partie latérale du noyau lenticulaire
Il est séparé de l'insula par le claustrum et du globus pallidus latéral par la lame médullaire latérale
- **Globus pallidus ou pallidum** d'origine diencéphalique subdivisé en deux parties :
 - **Le globus pallidus externe** : entre les lames médullaires latérale et médiale ventrale = communication au système limbique. Régulateur de la faim : activation pour activer la faim → coordination des mouvements

- **Le globus pallidus interne** : partie médiale du noyau lenticulaire dorsal : participe à des fonctions cognitives et motrices → contrôle du tonus

Rapports :

- Sa face latérale convexe est en rapport avec l'insula, dont elle est séparée par le claustrum compris dans les capsules extrêmes et externes.
- Sa face médiale répond au bras antérieur, au genou et à la partie thalamo-lenticulaire du bras postérieur de la capsule interne.
- Sa face inférieure répond à la partie sub-lenticulaire de la capsule interne.
- Ses bords supérieur, antérieur et postérieur sont en rapport avec la corona radiata. Ils sont unis au noyau caudé par des lames de substance grise.
- Son apex médial répond au genou de la capsule interne.

Au sein de chaque hémisphère cérébral, ils sont situés latéralement aux noyaux caudés. Le noyau lenticulaire provient à la fois du diencephale et du télencéphale

Le noyau caudé et la partie basse renflée du noyau lenticulaire sont fonctionnellement identiques et forment le striatum.

Donc le **striatum = néo striatum = noyau caudé + putamen (du noyau lenticulaire).
Provient du télencéphale.**

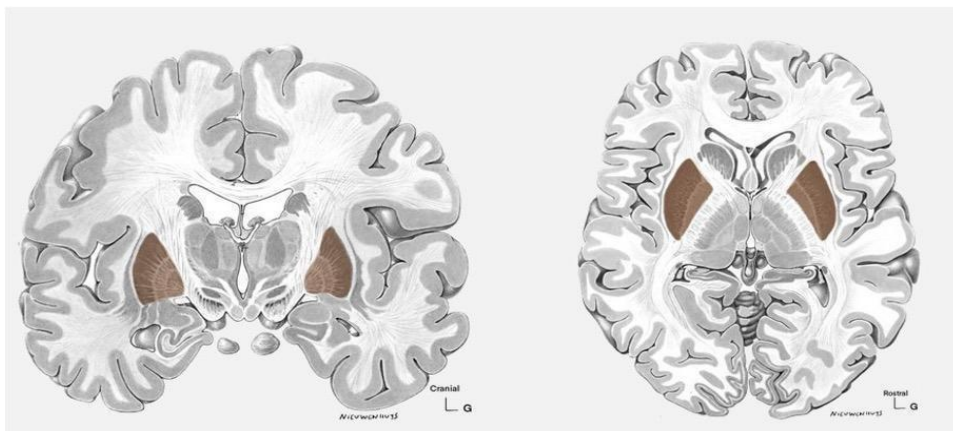
Le paléostriatum provient du diencephale.

Ce striatum va s'opposer fonctionnellement au pallidum, qui correspond à la pointe du noyau lenticulaire.

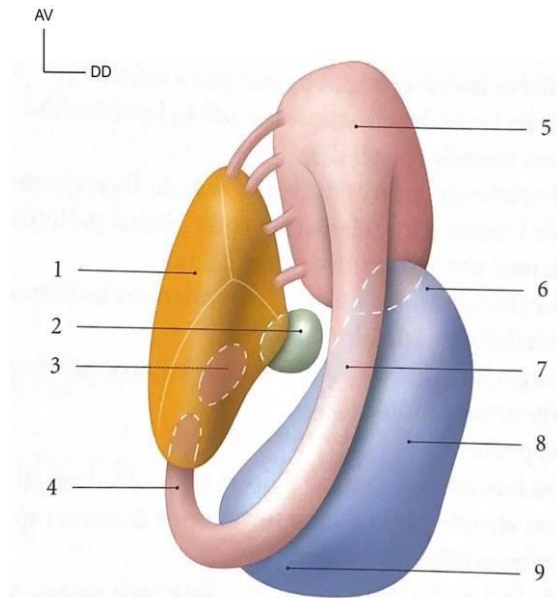
Le noyau caudé s'apparente plus au domaine du **cognitif, de l'émotion** alors que le putamen s'occupe plus de la **motricité**.

De gros faisceaux relient le noyau caudé et le putamen (partie externe du noyau lenticulaire) : les **ponts putameno-caudés**.

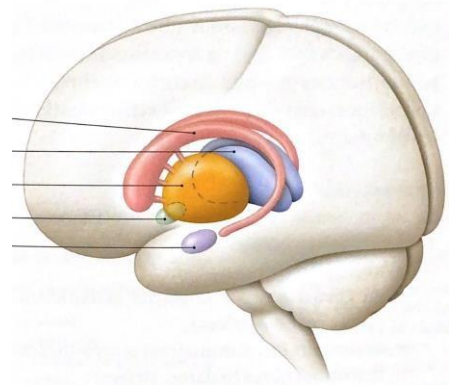
Cet ensemble constitue la zone de "réception" car ils reçoivent la majorité des afférences des ganglions de la base.



Une forme de lentille biconvexe d'aspect pyramidal mesurant 4cm de longueur, 2cm de largeur et 3cm de hauteur.



1. Noyau lenticulaire
2. Noyau accumbens
3. Corps amygdaloïde
4. Queue du noyau caudé
5. Tête du noyau caudé
6. Tubercule antérieur du thalamus
7. Corps du noyau caudé
8. Thalamus
9. Pulvinar



D) Substance noire ou Locus Niger

On parle de substance noire car on trouve de la neuromélanine dans les cellules composant le noyau. La substance noire participe au contrôle de la motricité.

Située au niveau du mésencéphale entre le tegmentum et le pédoncule cérébral, le locus niger se subdivise en deux parties principales :

- La pars compacta : les neurones la constituant sont **dopaminergiques** (hormones de la récompense). La disparition de ces neurones dopaminergiques entraîne la maladie de Parkinson.
- La pars reticulata : **GABAnergique** et cette partie est rapprochée sur le point de vue fonctionnel au globus pallidus interne (GPi).

La substance noire a une **origine mésencéphalique**.



Coupe axiale du mésencéphale

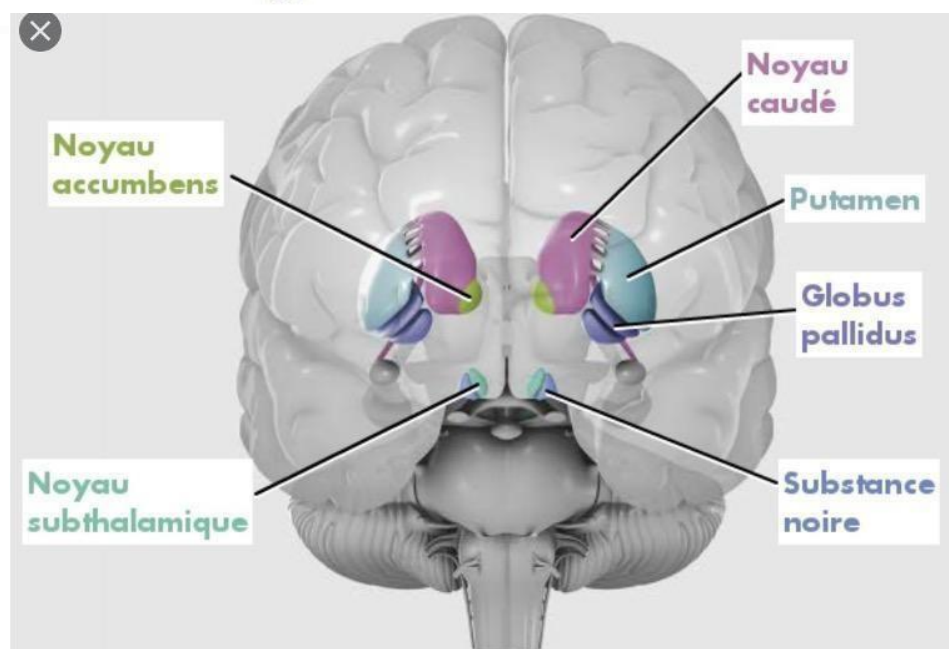
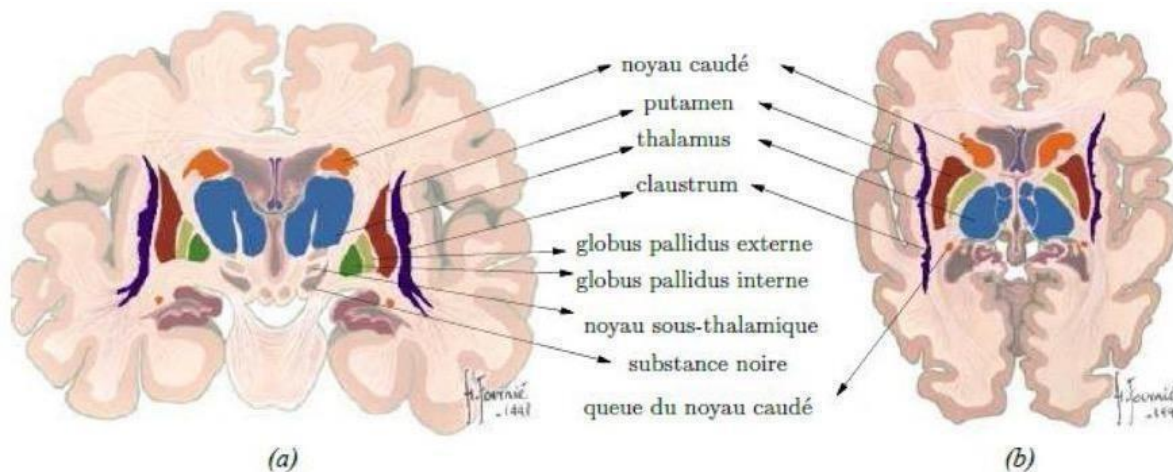
E) Noyau subthalamique ou corps de Luys

Les noyaux subthalamiques, encore appelés corps de Luys, sont localisés bilatéralement dans le diencephale. De petite taille, à la partie caudale du diencephale en avant et au-dessus de la substance noire. Ce sont des noyaux très denses et richement vascularisés. Ils sont encapsulés en avant et latéralement par un faisceau dense de fibres myélinisées : **la capsule interne**. Ils sont composés de neurones glutaminergiques activateurs à long axone.

Le noyau subthalamique (NST) a une origine diencephalique.

Ils sont découpés en trois régions : limbique, sensitivo-motrice et associative.

Fonction : le **noyau subthalamique** appartient à une boucle pallido-subthalamo-pallidale. Il ajuste l'excitabilité des neurones pallidaux aux stimulations nigrales et striatales (stimuli du striatum et de la substance noire), **capacité d'inhiber le thalamus**. Mais son rôle exact reste encore inconnu.



Il existe une forte régulation avec les noyaux subthalamiques et la substance noire qui agissent sur le circuit d'entrée par le putamen SN et la régulation du pallidum avec un renforcement/inhibition.

Ils mettent en jeu la prise de décision d'effectuer le mouvement: à quel moment le mouvement doit être fait précisément.

Le noyau accumbens a un grand impact dans l'émotion en lien direct avec la motricité

F) Complexe nucléaire amygdaloïde

Localisé dans la partie dorso-médiale du lobe temporal.

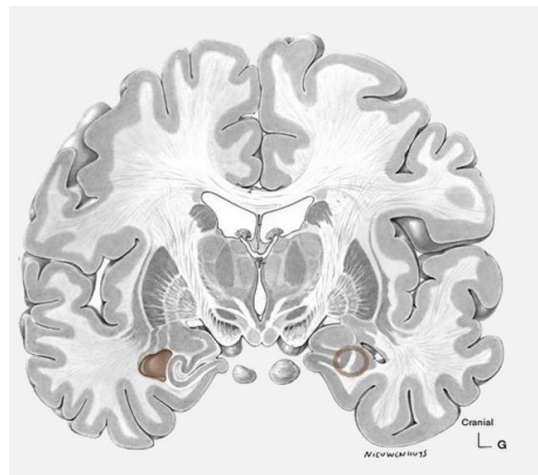
Le noyau amygdalien a un rôle dans l'émotion et dans la mémorisation des odeurs.

Rapports : au-dessus et en avant de l'extrémité de la corne temporale du ventricule latéral.

- Sa partie supérieure continue avec le claustrum et est unie au noyau lenticulaire par des lames de substance grise.
- Sa partie inférieure, en rapport avec la partie ventrale de l'hippocampe, fusionne avec l'extrémité de la queue du noyau caudé.

Subdivisé par des lames ténues de substance blanche en 5 noyaux :

- Le noyau amygdalien basolatéral
- Le noyau amygdalien baso-médial
- Le noyau amygdalien central
- Le noyau amygdalien cortical
- Le noyau amygdalien interstitiel



Pour résumer (important++)

→ **Corps striés = néostriatum + paléostriatum.**

Néostriatum = striatum = unité fonctionnelle ++ = entrée des ganglions de la base, des informations provenant du cortex (lieu d'afférences des ganglions de la base). Se compose anatomiquement des **noyaux caudés** et du **putamen** (putamen = partie externe du noyau lenticulaire).

Paléostriatum = **pallidum**. Efférences vers le putamen. Le pallidum se compose de deux parties :

- GPe = **Globus pallidus externe** = ventral = communication au système limbique (possède ++ de similarités avec le subthalamus). Régulateur de la faim : activation pour activer la faim et inactivation = aversion d'un aliment. Coordination des mouvements.
- GPi = **Globus pallidus interne** = dorsal = connexion avec le pallidus ventral mais structure proche de la substance noire. Participe à des fonctions cognitives et motrices. Contrôle du tonus.

→ Ces deux structures sont séparées d'une lame médullaire externe de substance blanche.

/!\ dégénérescence du pallidum = **syndrome de Hallervorden-spatz** = augmentation de Fer dans le locus niger et le pallidum = hypertonie entraînant des troubles de la marche, des problèmes de déglutitions et d'élocution ainsi qu'une agitation psychique et des mouvements involontaires.

Néostriatum et Paléostriatum forment ensemble les **corps striés** qui participent à la régulation dans l'espace. Contrairement au cervelet qui s'occupe de la régulation dans le temps → le thalamus et les noyaux striés appartiennent tous les deux à la partie paléencéphalique du cerveau (que l'on divise en néencéphale et en paléencéphale).

Rappel : le **noyau lenticulaire** = **putamen** (partie externe) + **pallidum** (partie interne). Le tout forme une pyramide de base parallèle au claustrum et à sommet interne formé par le GPi. Le noyau lenticulaire est séparé du thalamus par de la substance blanche : la capsule interne.

III) Anatomie fonctionnelle

Les circuits des noyaux gris centraux, leurs connexions entre eux et avec les autres structures cérébrales sont particulièrement complexes et il persiste encore aujourd'hui de nombreuses inconnues à ce sujet.

On considère que les NGC agissent comme un filtre capable de moduler les informations corticales par l'intermédiaire de boucles cortico-sous-corticales (plus exactement de boucles cortico-NGC-thalamo-corticales). Sachant que les NGC sont des aires sous corticales, ils n'interviennent pas dans la prise de décision, ainsi que dans la régulation.

Les ganglions de la base sont essentiellement connus pour leur rôle dans le contrôle **moteur**, mais leur fonction ne se limite pas au traitement de l'information sensorielle et motrice (segmentaire, axiale et oculomotrice), ils participent également à diverses fonctions **cognitives** (fonctions exécutives) et **comportementales**, dites limbiques (support des émotions et de la motivation).

On attribue ainsi aux NGC un rôle majeur dans les processus attentionnels, la motivation, la mémoire de travail, la sélection, la planification, l'initiation, l'anticipation des différentes étapes d'une action. Ceux-ci permettent ainsi **le maintien de l'action jusqu'à la réalisation de son but**. Ils participent enfin à l'automatisation des tâches par implication de la mémoire dite procédurale. Chacune de ces fonctions serait sous le contrôle de territoires différents au sein de chacune des structures sous-corticales et en intime relation avec différentes régions fonctionnelles du cortex.

A) Les 3 rôles fonctionnels des NGC

On définit 3 principaux rôles fonctionnels aux NGC :

→ **Contrôle moteur** pour le maintien de l'**action** jusqu'à son but

- Facilitation des plans moteurs et cognitifs pertinents (habitude, fluidité)
- Inhibition des mouvements non appropriés et des interférences de la pensée

→ **Automatisation** des tâches par application de la **mémoire** dite procédurale.

→ Apprentissage et mémorisation de comportement (faire du vélo).

→ *Autres fonctions* : processus attentionnels, motivation, mémoire de travail, sélection, planification, initiation, anticipation des différentes étapes d'une action.

Chacune de ces fonctions serait sous le contrôle de territoires différents au sein de chacune des structures sous-corticales et en intime relation avec différentes régions fonctionnelles du cortex.

Rôle du thalamus :

Comme dit précédemment, le thalamus ne fait pas partie des NGC à proprement parler. Il est le **relais des informations issues des NGC (entre autres) vers le cortex.**

Il fournit des projections excitatrices importantes sur le cortex cérébral (Aire Motrice Supplémentaire) et envoie au passage des projections sur les NGC.

→ **Noyau spontanément actif** ayant une action excitatrice sur le cortex frontal et plus particulièrement sur l'aire motrice supplémentaire.

B) Neurobiochimie du Néostriatum : Noyau caudé & Putamen

Plusieurs types de neurones :

- **Neurones de projections épineux** (90% des neurones striés)
 - **GABAnergique inhibiteurs**
 - Enképhalines, dynorphine
 - Substance P
 - Taurine
- **Interneurones non épineux**
- Grands interneurones **cholinergiques**
- Petits interneurones GABA

Dans la maladie de Parkinson : moins de dopamine et hypercholinergie relative.

C) Neurobiochimie des autres noyaux gris centraux

- Globus Pallidus ou Putamen : GABA → action inhibitrice
- Substance noire compacte : Dopamine
 - Action excitatrice par les récepteurs D1
 - Action inhibitrice par les récepteurs D2
- Substance Noire réticulaire : GABA

- Noyau sous-thalamique : GLU (= glutamen, noyau glutamatergique) → action excitatrice

Les **NGC** sont **interconnectés par un réseau complexe de voies afférentes et efférentes, excitatrices ou inhibitrices** qui leur confèrent une fonction essentielle au sein d'activités cérébrales variées.

Boucle motrice: l'exécution de l'ordre moteur est assurée par aire motrice primaire d'où part le faisceau pyramidal qui va transmettre info au 2eme motoneurone responsable de la contraction musculaire. MAIS, pour lancer le mouvement l'aire motrice primaire doit recevoir le signal de l'air motrice supplémentaire (donne le feu vert) , ce rôle de l'AMS est facilité par cette boucle avec les noyaux gris centraux.

D) Les 3 principes d'organisation et de fonctionnement des NGC

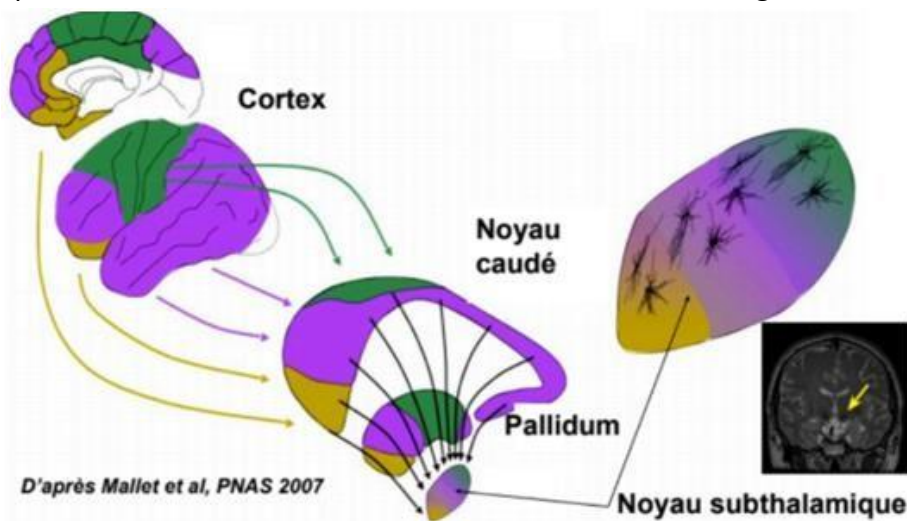
Principes d'organisation des circuits cortico-sous-corticaux :

- Modèle à 3 circuits (sensori-moteur, associatif et limbique)
- Même organisation globale des trois circuits
- Pour chaque NGC : un compartiment sensorimoteur, associatif et limbique

- 1) Convergence de l'information corticale
- 2) Intégration et couplage des données
- 3) Traitement des informations en vue du contrôle des actions

1. **Convergence de l'information** issue de multiples régions corticales (cortex sensoriels associatifs en particulier) et sous-corticales vers le noyau subthalamique.

Compartimentation en trois territoires fonctionnels selon l'origine corticale des signaux :



2. Intégration et couplage des données :

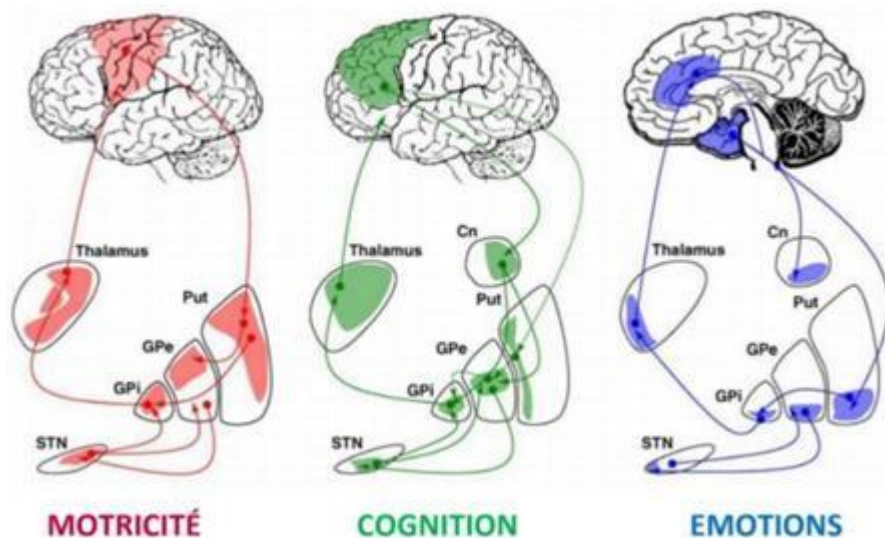
- **Sensori-motrices**

→ Sensorielles relatives à l'environnement dans lequel le mouvement sera réalisé.

→ Environnement externe ou interne (position des segments à mobiliser par exemple).

- **Cognitives** (associatives)

- **Limbiques** relatives au but de l'action (motivation) et au **contexte émotionnel**.

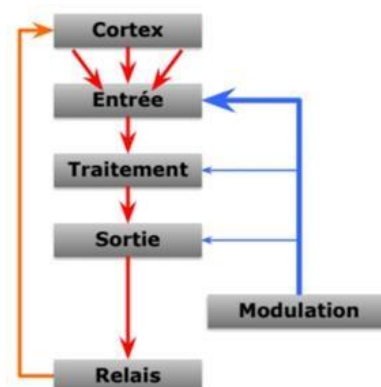


GPe : Globus Pallidus externe ; STN : noyau sous-thalamique ; GPI : Globus Pallidus interne ; Put : Putamen

3. Traitement des informations en vue du contrôle des actions

Interaction entre motivation, émotions, pensées et mouvements, par l'intermédiaire de boucles cortico-sous-corticales (avec relais de l'information par le thalamus).

Schématiquement :



E) Les afférences du système des NGC

Il y a un côté **morphologique** et un côté **fonctionnel**. La différence entre les 2 c'est l'embryologie, en effet, **l'origine embryologique est différente :**

- Le télencéphale pour le circuit d'entrée
- Le diencephale pour le circuit de sortie

Le **striatum** (noyau caudé + putamen) représente la porte d'**entrée principale** des messages afférents en provenance du cortex vers les NGC.

Les principales afférences des NGC sont issues du cortex, principalement des régions associatives frontales et pariétales (cortex secondaires). Les projections corticales sur le striatum sont organisées d'un point de vue anatomique et fonctionnel.

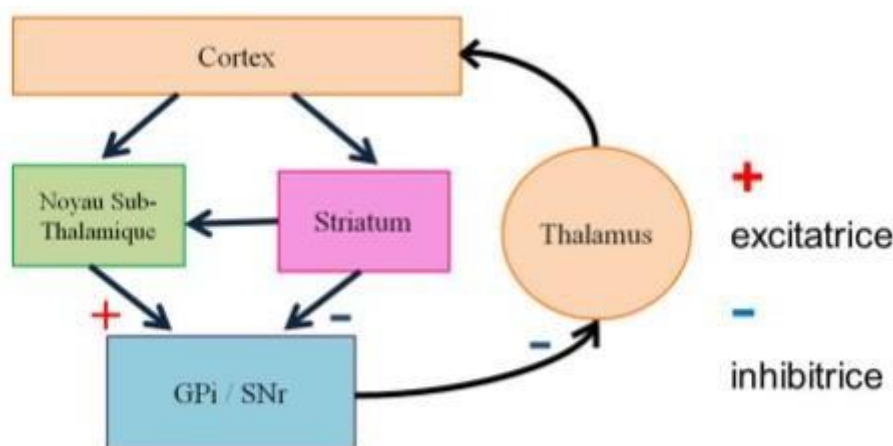
Le pallidus externe et le noyau sous-thalamique représentent des structures intermédiaires et de contrôle.

Outre le cortex, le striatum reçoit des projections du thalamus (complexe centromédian - noyau parafasciculaire).

Enfin, il reçoit également des afférences modulatrices de la substance noire et du globus pallidus interne.

Le globus pallidus interne (GPi) et la substance noire (SNr) servent de "porte de sortie" vers le cortex moteur via des noyaux relais spécifiques du thalamus.

Les projections dopaminergiques issues de la substance noire se distribuent largement sur la totalité du striatum et sont capitales dans la modulation de celui-ci. La substance noire reçoit elle-même d'importantes projections corticales et du striatum.



Connaitre ce schéma +++

Explication schéma : Thalamus exerce **effet stimulant** sur cortex (à savoir l'aire motrice supplémentaire). Cet effet est à **inhibée** par le pallidum interne. (Donc excès activité pallidum int entraînera raréfaction mvmt, raideur .. et un défaut de son activité entraînera un excès d'activité du cortex.)

Le NST contient des neurones activateurs du pallidum int.

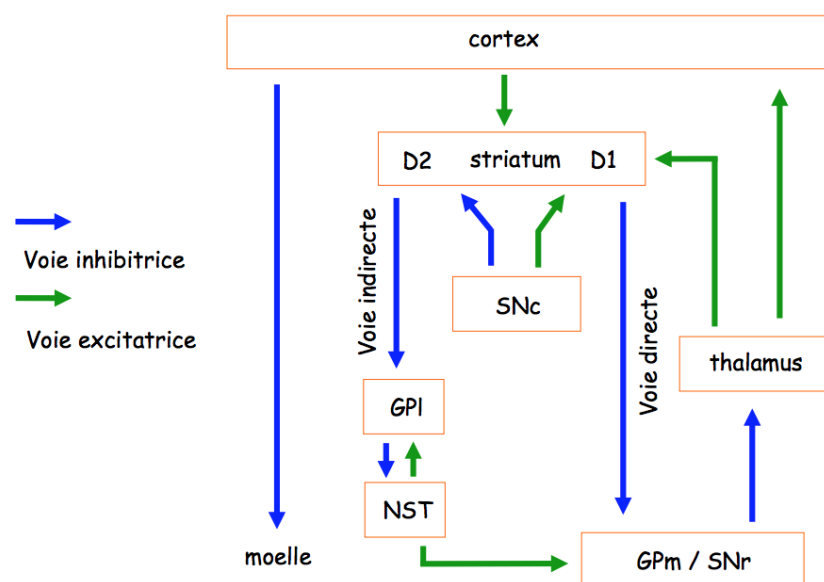
La stimulation corticale du striatum (putamen) va activer un neurone inhibiteur qui va **inhiber** le pallidum interne et donc cette double inhibition va activer le thalamus qui va ainsi stimuler l'aire motrice. = VOIE DIRECTE

VOIE INDIRECTE (antagoniste de la directe): toujours mise en jeu par cortex frontal. Contient neurones inhibiteurs se projetant **sur pallidum externe**. Les neurones du Pallidum externe

sont eux mêmes inhibiteurs du noyau subthalamique. Or les neurones du NST sont activateurs du pallidum int. Donc cette voie indirecte a pour rôle de faciliter l'activité neuronale du NST ce qui va entraîner activation pallidum int qui a effet inhibiteur sur thalamus donc **inhibition mouvement**.

La **sub noire** contient des neurones dopaminergiques qui vont avoir projection sur striatum. En fonction neurones dopaminergiques, elle va pouvoir être activatrice de la voie directe donc de la voie activatrice du cortex moteur et peut être inhibitrice de la voie indirecte qui inhibe le thalamus. Tout s'explique par la nature des neurones dopa.

Noyau sous thalamique ou corps Luys stimule pallidum et renforce son inhibition sur thalamus.

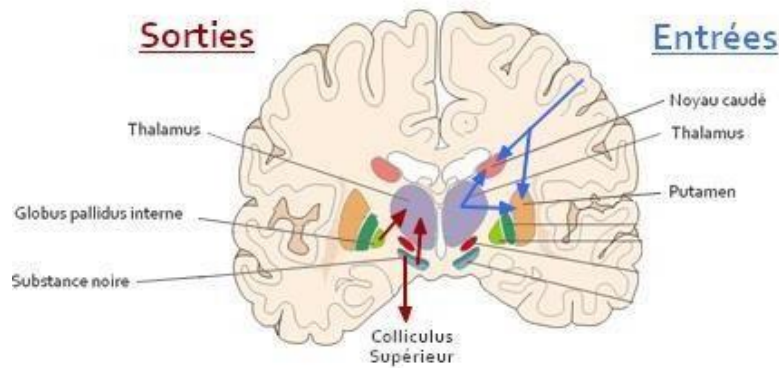


Dysfonctionnement:

Parkinson : concerne portion compacte sub noire, disparition des projections dopaminergique nigrostriatale, donc interruption voie stimulatrice voie directe et inhibitrice voie indirecte en résulte alors une diminution du tonus thalamo corticale: raideur, akinésie... (tremblements pas expliqué par ce dysfonctionnement). TTT: L-DOPA pour compenser ce défaut d'activation. Possibilité électrodes dans NST pour inhiber son fonctionnement (cessant de stimuler le pallidum int ce qui diminue l'effet freinateur sur le thalamus et donc facilite mvmt).

Hémiballisme (patho des NGC par excès de mvmts); altération NST entraînant une disparition de l'activation du pallidum int lui-même inhibiteur du thalamus donc activation de l'influ thalamo cortical → mvmt désordonnés.

Chorée Huntington; lésion niveau striatum ,ex voie indirecte: arrêt inhibition pallidum ext entraîne excès inhibition NST donc défaut activation palli int or ce dernier étant modérateur du thalamus, excès activité tonus thalamo corticale → mvmt anormaux.



(schéma très simplifié)

F) Les deux voies

Voir vidéo Youtube à partir de 5 min : https://youtu.be/5Eud9eHFpcI?si=Z8FmS-xMnEEP2g_m

Les NGC forment entre eux deux voies parallèles, les voies dites "directes" et "indirectes" dont les effets sont opposés. Ces deux voies catégorisent le circuit d'entrée, s'il y existe des voies directes et indirectes c'est qu'elles ont des objectifs différents : attrait au tonus ou attrait au mouvement puis tout va vers le thalamus.

L'action des NGC résulte d'une régulation entre la voie directe, globalement activatrice et la voie indirecte, frénatrice.

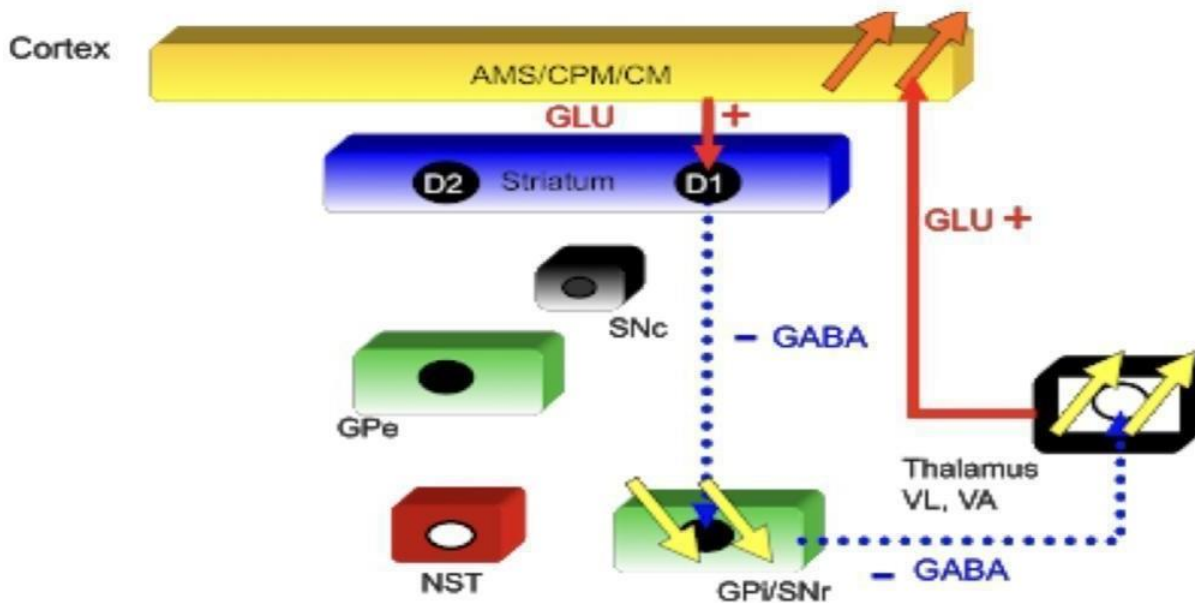
L'équilibre entre les 2 voies serait ajusté grâce au contrôle dopaminergique de la substance noire pars compacta (SNpc).

Fonctions motrices des NGC :

- initiation
- planification
- choix des stratégies motrices adaptées
- assemblage et organisation des séquences nécessaires à la réalisation de l'action
- changements rapides de l'activité
- harmonie du mouvement (plutôt dans l'espace alors que le cervelet s'occupe de l'harmonie dans le temps)

Fonctions non motrices des NGC

- **Boucle oculo-motrice** : contrôle des mouvements oculaires saccadiques
- **Boucle limbique** : contribue probablement à donner aux émotions une expression motrice
- **Boucle cognitive** : participe à l'apprentissage moteur et à la planification préalable des intentions motrices complexes

1) La voie directe :

Les neurones de projection **GABAnergique** du **Néostriatum** se projettent directement sur le globus pallidus interne (GPi) et sur la partie réticulaire de la substance noire (SNr).

Le Néostriatum ne présente pas d'activité spontanée.

Le GPi et la SNr représentent la cible finale des NGC avant le thalamus.

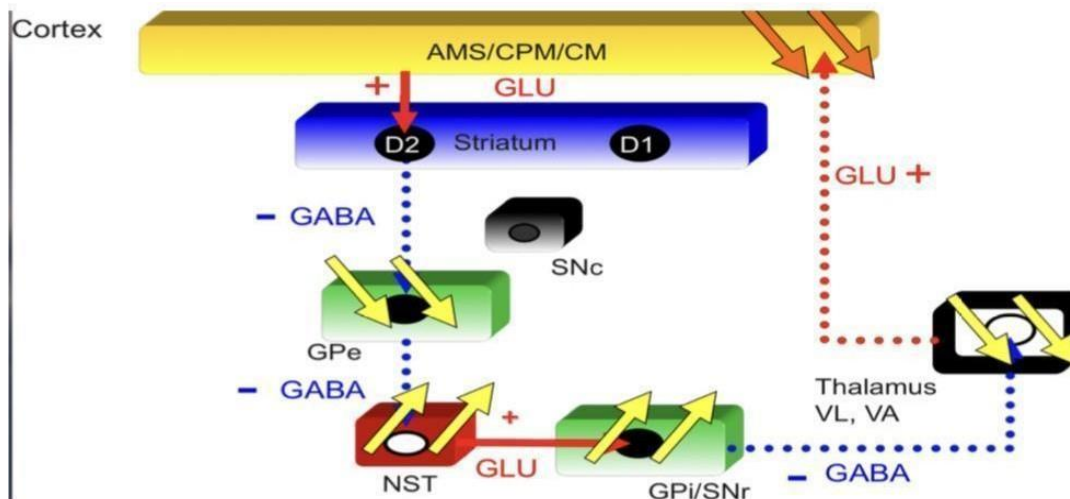
Ces deux noyaux GABAnergiques ont un puissant effet inhibiteur sur le thalamus (VL, noyau ventrolatéral antérieur)

Le **thalamus** (VL) fournit des projections excitatrices importantes sur le **cortex** cérébral et envoie au passage des projections sur les NGC. Ce noyau, spontanément actif, a une action excitatrice sur le cortex frontal, particulièrement sur l'**aire motrice supplémentaire** (AMS, elle donne le feu vert à l'aire motrice primaire).

Cette voie directe :

- **Désinhibe le thalamus** quand elle est mise en jeu
- **donc Renforce l'activité corticale**

2) La voie indirecte (ou voie de défacilitation corticale) :



Elle passe par une **boucle pallido-thalamique**.

- Les neurones **GABAnergiques** de projection du Néostriatum (NC + putamen) se projettent sur le globus pallidus externe (GPe).
- Le **GPe**, GABAnergique, se projette sur le noyau sous-thalamique.
- Le **noyau sous-thalamique**, fortement exciteur, a pour cible le GPI.
- Le **GPI** se projette sur le thalamus (VLa).
- Le **thalamus** (VLa) se projette sur le **cortex** cérébral (AMS).

Cette voie indirecte **désinhibe le noyau sous-thalamique** quand elle est activée. Le noyau sous-thalamique **renforce donc l'inhibition du thalamus** par le GPI.

Cela réduit donc l'activité thalamo-corticale

Ce qu'il faut comprendre (Récap simplifié):

Il y a :

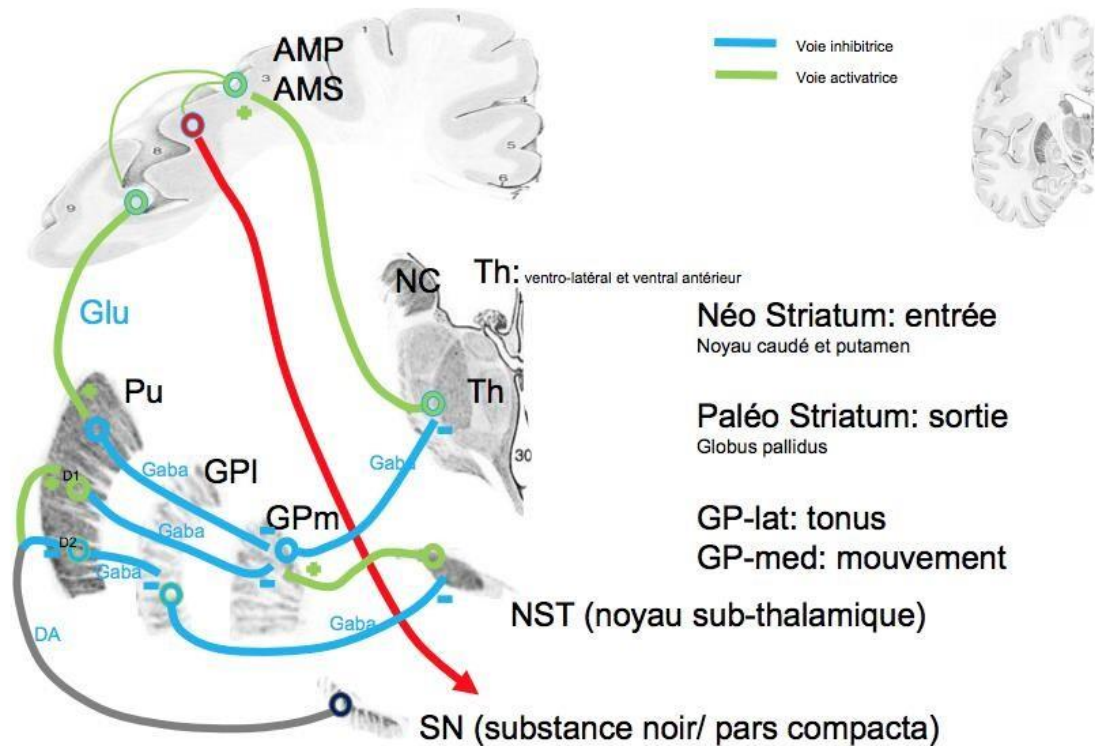
- Le néo striatum = voie d'entrée dans le corps strié = putamen et noyau caudé.
- Le paléostriatum/pallidum = voie de sortie de ces corps striés = GPI ou médial + GPe ou latéral, **c'est là que va jouer la voie directe et indirecte.**

→ voie directe passe du point d'entrée (putamen) vers sortie GPI (médial).

→ voie indirecte, il y a un relais qui passe par le GPE (latéral).

Au sein de ce circuit **d'inhibition** et de **désinhibition**, il y a un noyau qui a sa propre autonomie de fonctionnement (le poti thalamus) et il faut soit le calmer soit le renforcer.

Ces contrôles réalisés notamment par le noyau sous-thalamique ou encore la substance noire vont jouer un rôle à différents endroits. Ce système d'inhibition et de désinhibition va ainsi favoriser soit le **tonus musculaire** soit le **mouvement en lui-même**.



Ce schéma est à connaître +++

La maladie de Parkinson est très liée à ce circuit. En effet s'il y a un défaut de transmission dû à un problème de régulation, cela mène à la maladie.

Les symptômes de celle-ci sont : bradykinésie, hypokinésie, rigidité, tremblements de repos. Cela entraîne un dysfonctionnement dans la voie putamen- substance noire

Le traitement proposé est L-DOPA.

Ce circuit d'inhibition et de désinhibition témoigne d'une boucle dopaminergique = site privilégié de la maladie de Parkinson. Le traitement chirurgical vise les noyaux subthalamiques en renforçant cette voie par la stimulation répétée.

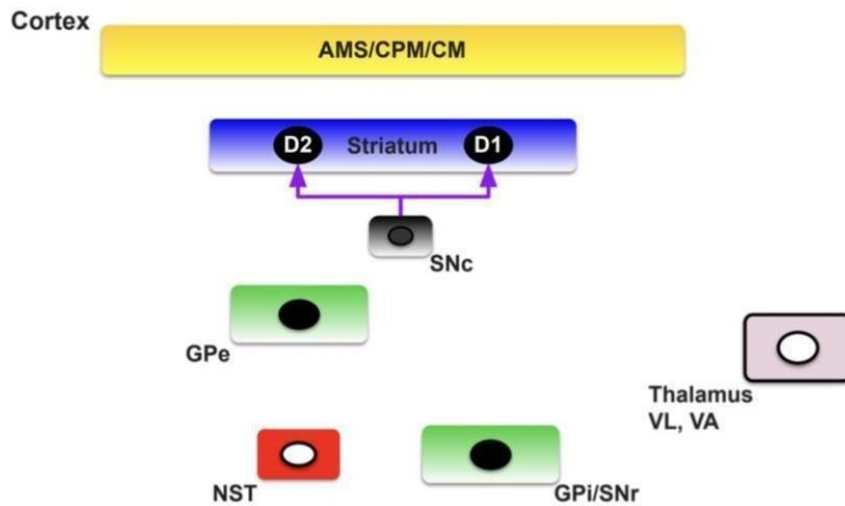
Sur le schéma, la flèche rouge est parallèle avec le cervelet, c'est la voie cortico spinale qui part du cortex (gyrus pré central étant le centre de la motricité primaire) et va directement vers son objectif, la moelle spinale.

Ce circuit est en dérivation pour la régulation des mouvements mais dans un autre registre que les décisions du cervelet.

Rq Seizeur année précédente: S'il existe des voies directe et indirecte, c'est qu'elles ont des objectifs différents : attrait au tonus ou attrait au mouvement puis tout va vers le thalamus. Les voies inhibitrices ont pour but de diminuer l'envie du thalamus de tout remonter mais le thalamus fait la synthèse de tout ce qui est reçu par les NGC (dont la douleur, voir ronéo du 16/09)

On a alors un renforcement d'inhibition pour s'assurer qu'on atténue le message qui n'est pas le bon à transmettre → transmission très importante car si on a un défaut de régulation, cela mène à des maladies comme Parkinson

3) La voie nigro-striée :



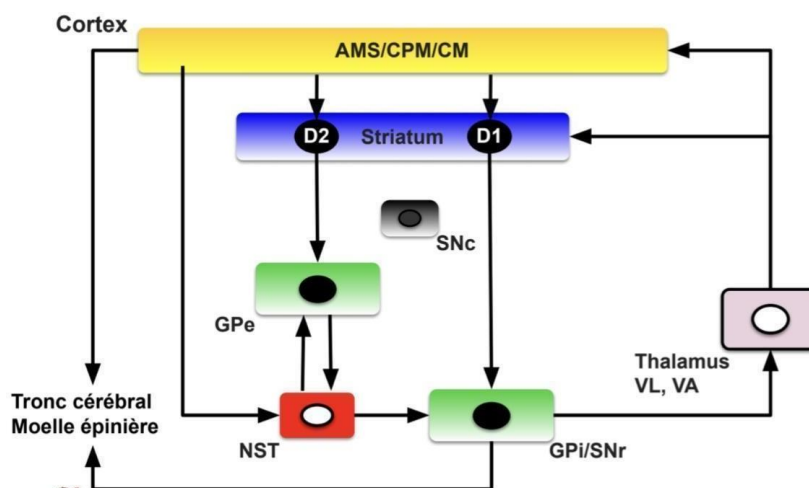
La Substance Noire (SN) contient des neurones **dopaminergiques** qui se projettent sur le Néostriatum.

Selon les récepteurs sur lequel elle se projette, la SN a globalement comme action un **renforcement de l'activité corticale au travers des NGC :**

- Active la voie directe
- Inhibe la voie indirecte

Il existe un **feed-back GABAnergique du Néostriatum sur la SN**, d'où la description classique d'une boucle nigro-striée.

Schéma fonctionnel des noyaux gris centraux :



G) Pathologies des NGC

Ces structures nerveuses, associées aux différentes aires du cortex moteur ainsi qu'au cervelet et aux noyaux moteurs du tronc cérébral participent au contrôle de la motricité bien qu'aucune d'elles n'ait de connexion directe avec la moelle épinière.

L'atteinte des noyaux gris centraux se traduit symptômes relatifs au un syndrome extrapyramidal entraînant des

troubles moteurs :

- Pauvreté des mouvements = bradykinésie (= Maladie de Parkinson par exemple) → comme vu précédemment. Dans la maladie de Parkinson, la dépression est liée à cette boucle de l'émotion et le tremblement est lié au fait qu'il n'y ait plus d'adaptation entre les différentes parties des NGC.
- Excès des mouvements (= Maladie de Huntington par exemple qui est le résultat d'un dysfonctionnement permanent entre le putamen et le GPM)
- Tremblement
- Dystonie
- Syndrome tardif aux neuroleptiques

Les noyaux gris centraux, ou substance grise interne, participent à la motricité automatique et sont indispensables à la motricité volontaire.

Ce syndrome extrapyramidal entraîne **également des troubles comportementaux et psychiatriques :**

- Syndrome de Gilles de la Tourette (ensemble de symptômes)
- Schizophrénie
- Dépression
- Troubles obsessionnels compulsifs
- Addiction

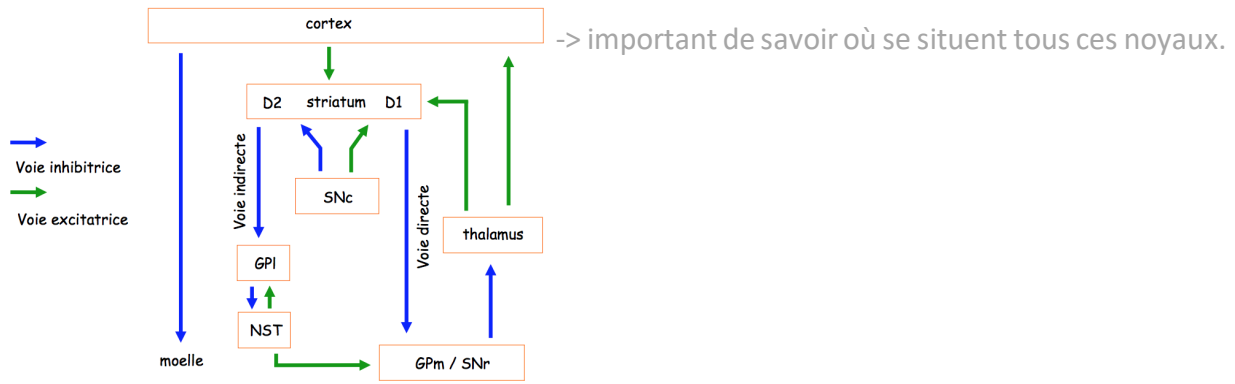
De plus, la vascularisation des NGC se fait principalement par l'artère cérébrale moyenne via les petites perforantes (artères lenticulo-striées) qui traversent les NGC, et provenant de l'artère sylvienne (portion M1 artère cérébrale moyenne). Les artères perforantes proviennent toujours de la proportion 1 des artères cérébrales.

Attention, les artères perforantes peuvent être altérées par le diabète, l'HTA et former des micro-anévrismes.

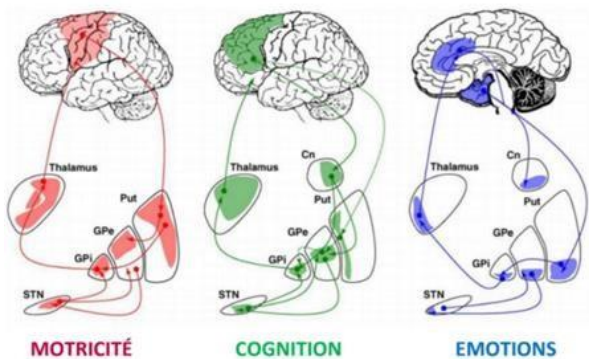
Rappel : /!\ quand on parle du cerveau, ventral = en bas, et caudal = en arrière.

Remarques Seizeur 2023 :

Résumé fonctionnel des noyaux gris centraux

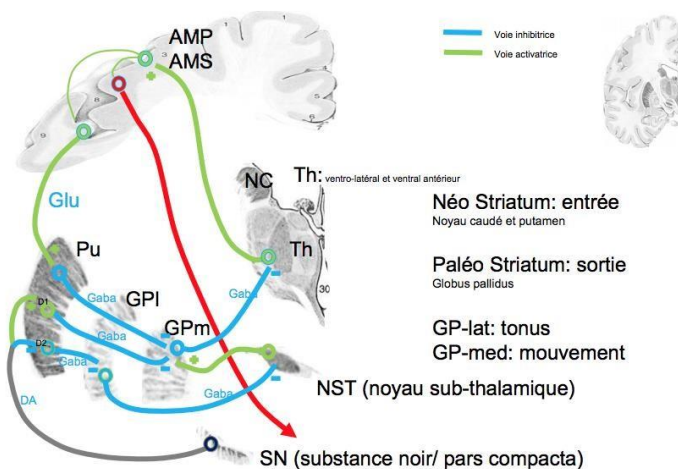


- Savoir qu'il y a des noyaux (systèmes) télencéphalique, diencephalique et rhinencéphale. Ils n'ont pas la même origine donc pas la même fonction.
- > Propriétés du télencéphale : Il regroupe tout ce qui est conscient (motricité, cognition...)
- > Diencephale : renseigner sur le monde extérieur mais de manière à peine consciente (pas d'automatisme)
- > Rhinencéphale : Peu d'action car c'est un système très primitif qui va réagir de façon primitive face aux stimulations (par exemple: via les odeurs sert à savoir si ce qu'il y a devant nous c'est une proie (je vais dessus) ou si c'est le prédateur (je m'en vais))



Les 3 principes d'organisation et de fonctionnement des NGC:
 Fonctionnant de la même façon, je pense à quelque chose (mentale, registre de l'émotion) il va y avoir le même circuit de l'analyse.
 Dans toutes ces voies il y a une voie inhibitrice et une voie activatrice pour avoir un système de régulation.

Schéma récap : diapo de synthèse



Ça permet de voir ça part du cortex, ça passe dans le striatum arrive dans le thalamus puis au cortex = système de boucle qui donne la régulation, pour la motricité par exemple. La boucle gère les informations, de la voie directe ou indirecte.

La voie indirecte est régulée par les noyaux sous-thalamiques.
 Signes de la maladie de parkinson -> Il n'y a pas que la substance noire qui est touchée mais également les noyaux sous-thalamiques.
 Pour réguler cette voie, il faudrait renforcer le noyau sous-thalamique.

Ce qu'il faut retenir ++++

Circuit d'entrée = télencéphalique (cortex et putamen)

Diencéphale = circuit qui va contrôler les voies ascendantes.

Origine embryologique car c'est le système général qui veut ça

Si ça part télencéphale : conscient point départ ou arrivée

rhinencephale, pas de réflexion, quelques choses qui est primitif (émotion primitive)

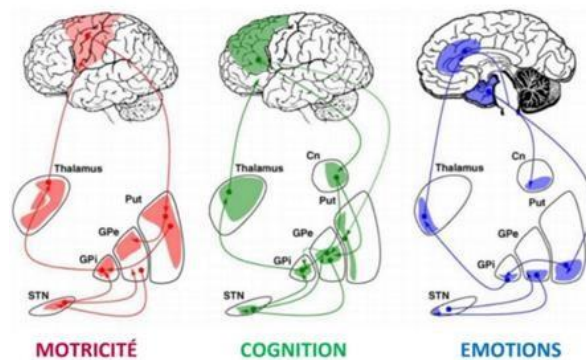
2 voies : directe ou indirecte vont avoir une action différente sur le mouvement et sur le tonus.
Et pour finir 3 parties principales : motricité, cognition, émotion : cette fois ci l'émotion n'est pas primitive car le point de départ et d'arrivée c'est le télencéphale.

La cognition = prise de décision (on supprime tout ce qui est pensées parasites pour la motricité c'est pareil).

Chacun fait sa fonction dans son coin

Remarques de Seizeur 2024 :

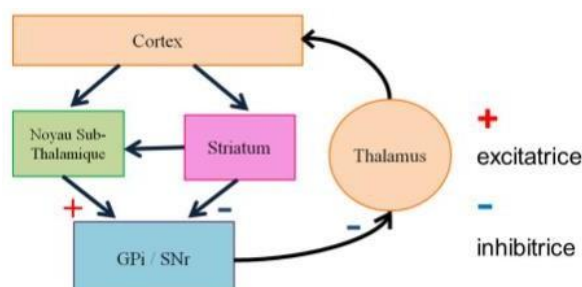
Différents rôles avec le cervelet (qui lui régule la statique et la cinétique). Les NGC régulent eux la motricité, de la cognition et des émotions. Ces boucles n'ont pas de liens directs avec les voies descendantes = régulation de cortex à cortex puis repart vers le bas si besoin d'un action motrice.



Une voie d'entrée (striatum, d'origine télencéphalique/cortex cérébral) et une voie de sortie (la pallidum, d'origine diencéphalique, en lien avec le thalamus). Sur le schéma du dessus : tout fonctionne ensemble et tout est lié : la motricité fonctionne en lien avec la cognition et les émotions.

Thalamus qui est la voie qui retourne vers le cortex. Toutes les voies qui remonte vers le cortex passent pas le thalamus.

« Si il y a une chose à retenir c'est ce schéma là »



Il y a 2 voies, une plutôt excitatrice et une plutôt inhibitrice. Il faut comprendre comment les mouvements vont être régulés correctement. C'est une histoire d'actions positives ou négatives sur chacun des noyaux et chacun des noyaux a une fonction propre qui va moduler le circuit suivant. Régulation un **peu plus** excitatrice ou inhibitrice = dosage des régulation.

Il y a une voie directe = régulation générale, et une indirecte = la régulation de la régulation.

Pour effectuer un mouvement :

- Régulation de l'organisation du mouvement par le lobe frontal, mais si c'est inconscient c'est au niveau cortical
- Suppression des mouvements parasites, prise en compte de la cognition et des émotions
- Régulation de la force musculaire : temps de contraction, le cortex cortico-spinal a le dernier mot (force et direction du mouvement)

La suppression de la voie dopaminergique entraîne la maladie de Parkinson. C'est là qu'on comprend qu'il n'y a plus la régulation nécessaire pour que le mouvement se fasse correctement. C'est depuis peu de temps qu'on comprend pourquoi le parkinsonien à l'air triste. En effet, ces voies de régulation entraînent cet aspect de tristesse et d'indifférence car son système est pauvre en dopamine.

Questions d'entraînement :

Parmi les structures suivantes, laquelle fait partie des noyaux principaux des noyaux gris centraux :

- A) Le noyau accumbens
- B) Le pallidum
- C) Le claustrum
- D) Le noyau pédonculopontin
- E) Le thalamus

Réponses et corrections détaillées :

A) Faux. Le noyau accumbens fait partie des noyaux annexes des noyaux gris centraux.

B) Vrai. Le pallidum (ou Globus pallidus) fait partie du noyau lenticulaire, une des principales structures des noyaux gris centraux.

C) Faux. Le claustrum est situé entre le noyau lenticulaire et l'insula, mais ne fait pas partie des noyaux gris centraux.

D) Faux. Le noyau pédonculopontin est associé aux noyaux principaux, mais ne fait pas directement partie des noyaux gris centraux.

E) Faux. Le thalamus ne fait pas partie directement des noyaux gris centraux, mais est une structure de relais. Cependant, lorsqu'on l'inclut, on parle des ganglions de la base

Quels sont les trois principaux rôles fonctionnels des noyaux gris centraux ?

- A) Contrôle moteur, automatisation des tâches, régulation émotionnelle
- B) Contrôle moteur, automatisation des tâches, apprentissage et mémorisation de comportements
- C) Contrôle moteur, perception sensorielle, apprentissage cognitif
- D) Régulation émotionnelle, apprentissage cognitif, automatisation des tâches
- E) Contrôle moteur, régulation émotionnelle, apprentissage des compétences sociales

Réponses et corrections détaillées :

A) Faux. Les noyaux gris centraux jouent un rôle crucial dans le contrôle moteur et l'automatisation des tâches, mais la régulation émotionnelle n'est pas leur fonction principale. Leur rôle principal est l'apprentissage et la mémorisation de comportements.

B) Vrai. Les principaux rôles des noyaux gris centraux sont le contrôle moteur (pour ajuster et coordonner les mouvements), l'automatisation des tâches (via la mémoire procédurale), et l'apprentissage et la mémorisation de comportements.

C) Faux. Les noyaux gris centraux ne sont pas directement impliqués dans la perception sensorielle. Ils sont plutôt associés au contrôle moteur, à l'automatisation des tâches, et à l'apprentissage de comportements.

D) Faux. Bien que les NGC aient des aspects liés à la cognition et aux émotions, leurs trois rôles principaux sont le contrôle moteur, l'automatisation des tâches, et l'apprentissage/mémorisation des comportements.

E) Faux. La régulation émotionnelle et l'apprentissage des compétences sociales ne sont pas des fonctions principales des noyaux gris centraux. Leur rôle principal est plutôt axé sur le contrôle moteur, l'automatisation des tâches, et l'apprentissage des comportements.