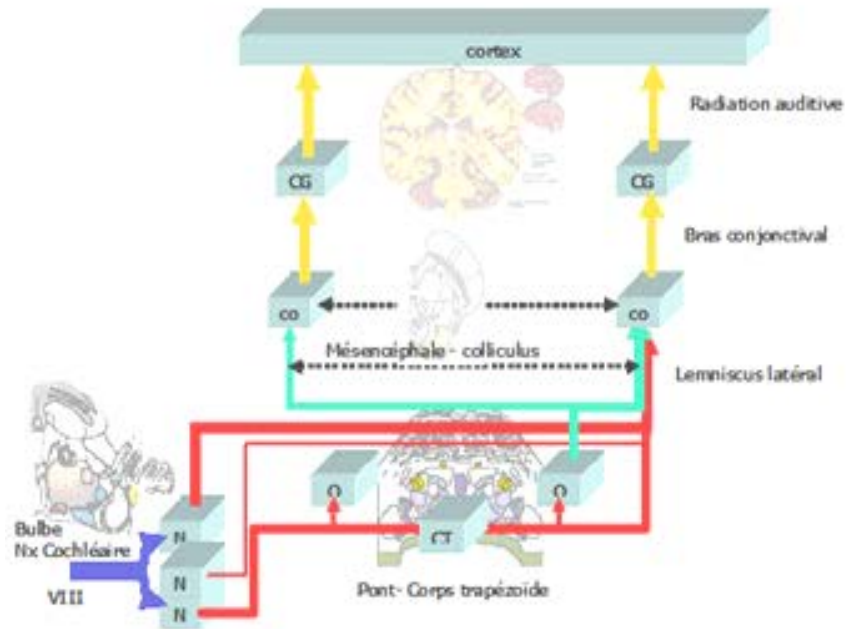




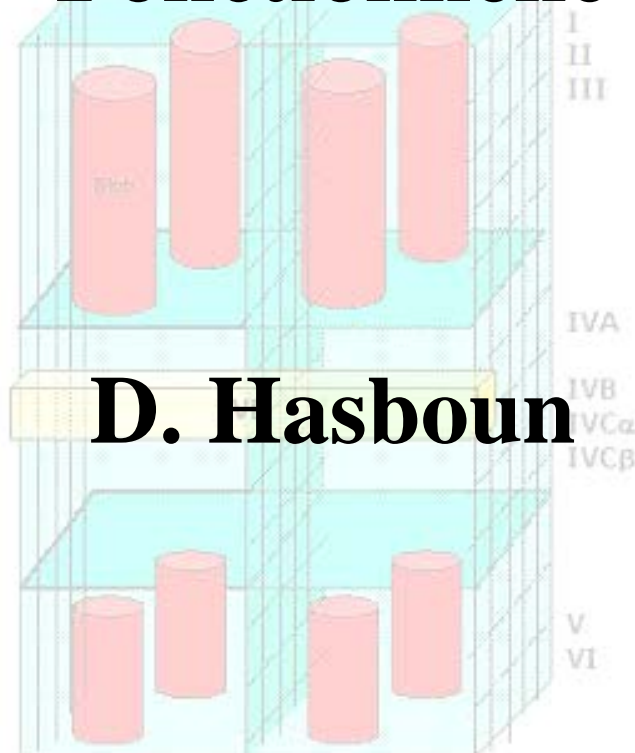
Année universitaire 2012/2013

PCEM2
EIA NEUROLOGIE
PSYCHIATRIE

Anatomie fonctionnelle



Neuroanatomie Fonctionnelle



SOMMAIRE

I/ Sensibilité	5
INTRODUCTION	5
1/ La sensibilité consciente	5
2/ La sensibilité inconsciente	6
3/ Sémiologie	6
LE SYSTEME LEMNISCAL (colonne dorsale) :	7
1/ Le premier neurone :	7
2/ Premier relais : noyaux de la colonne dorsale	8
3/ Deuxième neurone : bulbothalamique	9
4/ Deuxième relais : thalamus	9
5/ Le troisième neurone : thalamocortical.	10
6/ Conclusion	11
Le système anterolatéral	12
7/ La voie spinothalamique :	12
8/ La voie spino-réticulaire	15
9/ Autres voies :	15
10/ Conclusion :	16
11/ Annexes	16
LA SENSIBILITE DE LA FACE	17
CONTROLE DE LA DOULEUR	18
12/ Le Contrôle Segmentaire : théorie du « gate control » (Melzack et Wall)	18
13/ Le Contrôle suprasegmentaire :	19
II/ La Motricité	20
DEFINITIONS :	20
Hiérarchisation Anatomo-fonctionnelle :	22
1/ hiérarchie séquentielle :	22
2/ hiérarchisation parallèle :	23
LA VOIE PYRAMIDALE	23
1/ INTRODUCTION	23
2/ La voie corticospinale :	23
3/ La voie corticonucleaire ou géniculée :	30
LES VOIES EXTRAPYRAMIDALES	32
Les autres voies	32
PATHOLOGIE :	33
III/ Cervelet	34
Morphologie	34
1/ Situation :	34
2/ Anatomie descriptive :	34
ORGANISATION GENERALE DES CONNEXIONS	40
LE CORTEX CEREBELLEUX	41
1/ Organisation	41
2/ la couche moléculaire	41
3/ la couche des cellules de Purkinje	42
4/ La couche granulaire :	42

LES CONNEXIONS DU CERVELET	44
1/ Vestibulocervelet	44
2/ le spinocervelet :	46
3/ le néocervelet :	49
IV/ Ganglions de la base (Noyaux gris centraux)	51
INTRODUCTION	51
1/ Définition anatomique	51
2/ AUTRES NOYAUX ASSOCIÉS :	52
3/ Histologie et histochimie	52
CONNEXIONS	53
1/ La voie directe	54
2/ La voie indirecte	55
3/ La boucle nigrostriée	55
4/ La boucle pallido-sous-thalamique	57
5/ Synthèse par noyau	57
6/ Circuits cortico-souscortico-corticaux	59
Pathologie extrapyramidale :	61
1/ la maladie de Parkinson :	61
2/ le ballisme :	61
3/ la chorée :	61
V/ Oculomotricité et noyau vestibulaire	62
a) Les noyaux :	62
b) La réticulée :	62
c) Le cortex :	62
MOUVEMENTS DE LA LATÉRALITÉ :	63
MOUVEMENTS DE LA VERTICALITÉ :	64
VI/ Thalamus	65
Systematisation des noyaux	66
Les connexions du thalamus :	67
1/ Le groupe antérieur	67
2/ Le groupe médial	67
3/ le groupe latéral :	69
4/ Pulvinar :	71
5/ le complexe postérieur :	73
6/ la réticulée thalamique :	75
7/ les noyaux de la ligne médiane :	75
VII/ Audition	76
INTRODUCTION :	76
Anatomie descriptive	77
SUR LE PLAN FONCTIONNEL :	79
Les voies de l'audition	81
1/ Les voies ascendantes :	82
2/ Les voies descendantes :	85
3/ Les voies réflexes :	85

VIII/ Vision	86
Introduction	86
Le globe oculaire :	86
1/ Le cristallin :	86
2/ Les grandes régions de l'œil :	87
3/ structure histologique de la rétine :	87
4/ Conclusion :	89
Voies visuelles :	96
1/ Anatomie macroscopique	96
2/ Systématisation :	97
3/ Réflexes :	99
4/ Applications pratiques :	99
IX/ Olfaction et système limbique	100
Introduction	100
PHYLOGENESE :	100
L'olfaction :	100
1/ Les voies olfactives :	101
2/ Aire olfactive latérale : aire olfactive primaire	101
3/ Aire olfactive intermédiaire : espace perforé antérieur	101
Le système limbique :	102
1/ Les aires corticales :	102
2/ La région septale :	104
3/ Les noyaux du système limbique :	104
4/ Les connexions du système limbique :	105

I/ Sensibilité

INTRODUCTION

La sensibilité (ou **somesthésie**) est une fonction cérébrale qui assure la **réception** et le **traitement** de stimuli externes et internes. Elle participe au maintien de l'**éveil** et à la régulation de la **motricité**.

Elle recouvre deux domaines :

- la sensibilité **somatique**, consciente, traite les informations cutanées, superficielles et les stimuli profonds issus des muscles, tendons et articulations
- la sensibilité **végétative**, inconsciente, véhicule des informations issues des organes profonds.

Il est classique de définir un système **sensoriel** dans lesquels *les récepteurs sont regroupés* dans un organe (vision, audition, olfaction et gustation) et un système **sensitif** où les récepteurs ont une répartition plus ubiquitaire.

La sensibilité de la **face**, véhiculée par le nerf trigéminal emprunte des voies différentes de celles de l'hémicorps.

Les voies sensitives croisent la ligne médiane (décussation) et se terminent sur l'**hémisphère controlatéral**.

1/ La sensibilité consciente

Les informations de la sensibilité consciente atteignent le **cortex cérébral** et sont analysées par le **langage**. Elles empruntent deux grands systèmes :

a/ Le système lemniscal médial (colonnes dorsales) :

La voie lemniscale est aussi appelée système **cordonnal postérieur** car elle emprunte les cordons postérieurs de la moelle ou **colonnes dorsales**. Elle véhicule des informations fournies par des mécanorécepteurs encapsulés :

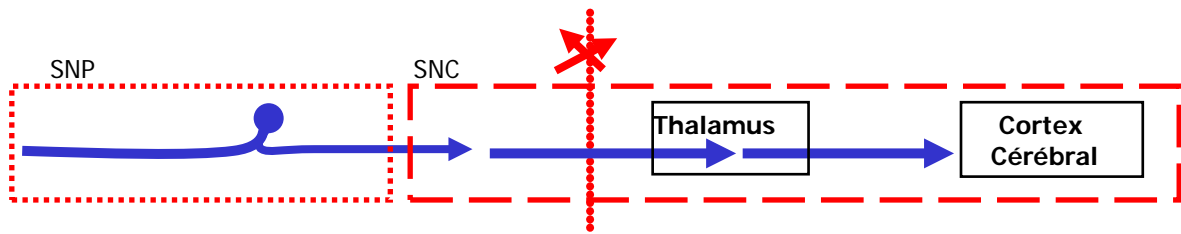
Le **tact épicrotique** est une modalité rapide, précise et discriminative. Il comprend le tact fin, la perception de deux points proches : compas de Weber, la stéréognosie et la graphesthésie.

La **sensibilité profonde proprioceptive** : le **sens de position segmentaire** dans l'espace, grâce à des récepteurs profonds (Golgi,...) et la **sensibilité vibratoire** ou la pallesthésie.

b/ Le système antérolatéral ou spinothalamique (extra lemniscal) :

Il véhicule la **sensibilité thermo-algique** et le **tact protopathique**. Ce système participe à la préservation de l'espèce. Il est beaucoup plus *diffus*, plus *lent*, moins *précis*

c/ Ces 2 systèmes ont une organisation commune :



Les voies sensibles transmettent l'information du récepteur au cortex cérébral par un réseau de **3 neurones et 2 relais**. Les noyaux relais sont constitués par le regroupement des corps cellulaires des neurones d'ordre supérieur.

- Le **premier neurone** présente des caractéristiques particulières :
 - Neurone **pseudo unipolaire**
 - Le corps cellulaire forme un ganglion (spinal ou d'un nerf crânien).
 - Les dendrites viennent de la périphérie. Elles cheminent dans les **nerfs périphériques**. Leurs extrémités sont différenciées en récepteurs.
 - L'axone issu du ganglion pénètre dans la moelle spinale par la racine dorsale (nerfs rachidiens) ou dans le tronc cérébral (nerfs crâniens).
- Le niveau du premier relais est variable, le **deuxième relais est constant : le thalamus**. Le thalamus est à l'origine du troisième neurone de la voie. C'est un **neurone thalamocortical**

La sensibilité de la face est véhiculée par les branches sensibles du nerf trijumeau.

2/ La sensibilité inconsciente

La sensibilité inconsciente est analysée au niveau sous-cortical, en particulier par le cervelet.

3/ Sémiologie

- **Stéréognosie** : reconnaissance des formes par le tact
- **Graphesthésie** : reconnaissance de l'écriture dessinée sur la peau
- **Pallesthésie** : perception des vibrations (diapason)
- **Proprioception** : sens de position des segments de membres dans l'espace
- **Topoesthésie** : localise une sensation
- **Baresthésie** : évalue un poids
- **Discrimination spatiale** : compas de Weber

LE SYSTEME LEMNISCAL (COLONNE DORSALE) :

Véhicule le tact épicrotique et la proprioception.

Les fibres sont **myélinisées** et de gros calibre, assurant une conduction saltatoire **rapide**.

1/ Le premier neurone :

pseudo-unipolaire.

- son corps cellulaire est situé dans le **ganglion spinal**.
- les dendrites empruntent les nerfs périphériques, puis la **racine postérieure**.
- l'axone pénètre dans le **cordon postérieur homolatéral** et traverse toute la moelle spinale jusqu'au bulbe bas.

somatotopie :

Le territoire sensitif de chaque racine dorsale forme un **dermatome**. Les dermatomes ont une organisation segmentaire en bandes.

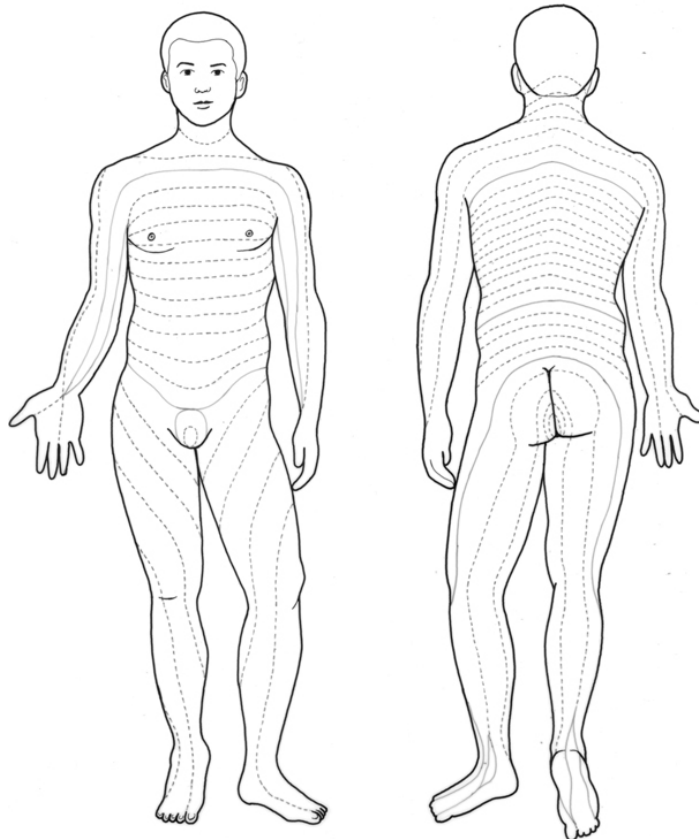


Figure 1 : organisation segmentaire des dermatomes

Les fibres **sacrées**, puis **lombaires** pénètrent dans le cordon postérieur. Elles se placent en position *médiale*, près du septum, formant ainsi le **faisceau gracile (Goll)**.

Au fur et à mesure que le cordon postérieur s'enrichit de nouvelles fibres, celles-ci s'apposent de dedans en dehors, déterminant une somatotopie (de dedans vers dehors : sacré à cervical). Les fibres **thoraciques** et **cervicales** forment le **faisceau cuneiforme (Burdach)**.

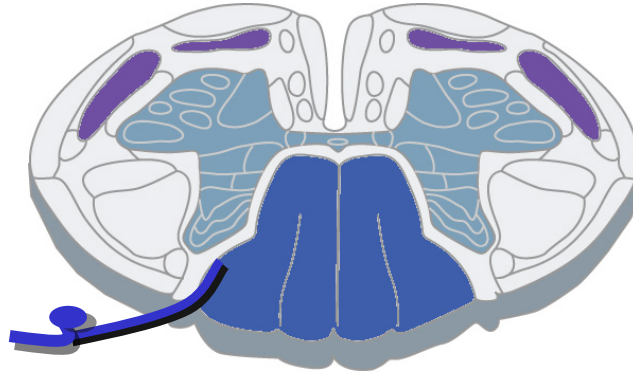


Figure 2 : coupe axiale de moelle spinale

Près de **15%** des axones du cordon postérieur sont **post-synaptiques**, après relais dans les lames profondes de la corne dorsale. Ils sont influencés surtout par des afférences extra sensitives (systèmes de contrôle).

2/ Premier relais : noyaux de la colonne dorsale

Noyaux de Gracile (Goll) et Cunéiforme (Burdach) homolatéraux, situés dans la partie dorsale de la **moelle allongée basse** (bulbe bas, au-dessus de la décussation des pyramides). Ils forment le relais entre les neurones de premier et second ordre de la voie lemniscale.

Ces noyaux assurent un traitement de l'information sensitive permettant d'augmenter le **contraste et la résolution spatiale** du système.

La **somatotopie sensitive** est conservée dans ce relais.

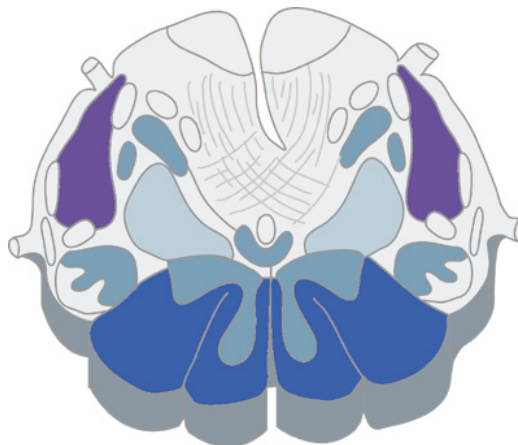


Figure 3 : coupe axiale basse de la moelle allongée (bulbe)

3/ Deuxième neurone : bulbothalamique

- ❑ Les corps cellulaires constituent les **noyaux gracile et cunéiforme**.
- ❑ **Décussation** : l'axone croise immédiatement la ligne médiane au-dessus de la décussation des pyramides (*fibres arquées internes*).
- ❑ La voie lemniscale reste en position paramédiane. Elle forme le **lemniscus médian**, qui traverse le tegmentum des trois étages du tronc cérébral. Au niveau du mésencéphale, cette voie est refoulée latéralement par le noyau rouge.

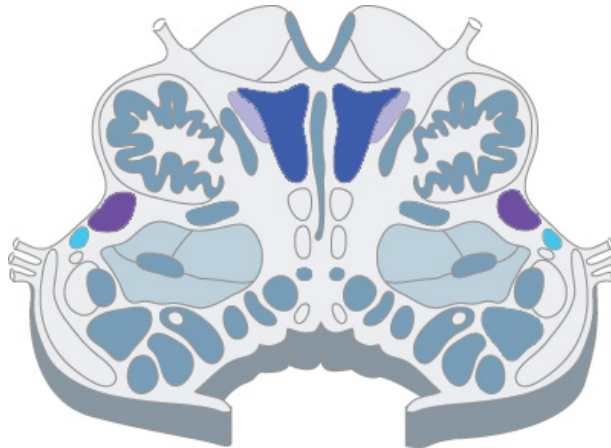


Figure 4 : coupe axiale de la moelle allongée au niveau des olives inférieures

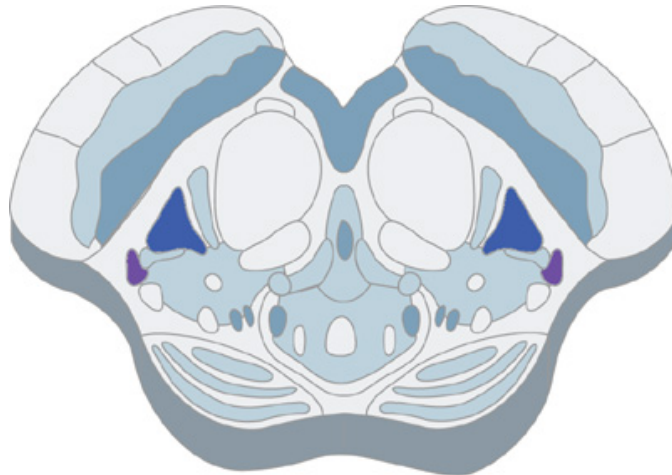


Figure 5 : coupe axiale du mésencéphale au niveau des noyaux rouges

4/ Deuxième relais : thalamus

Le deuxième relais est un noyau du groupe latéral du thalamus : le **noyau Ventral Postérieur Latéral (VPL)**.

La terminaison à ce niveau est **organisée** selon la modalité sensitive et selon une **somatotopie**. Les informations du membre inférieur se projettent en dehors puis plus en dedans, celles du tronc, du membre supérieur et du cou. Il joue un rôle dans la discrimination sensitive.

Les informations sensibles de la **face** se projettent plus en dedans, dans le noyau **Ventral Postérieur Médial** (VPM).

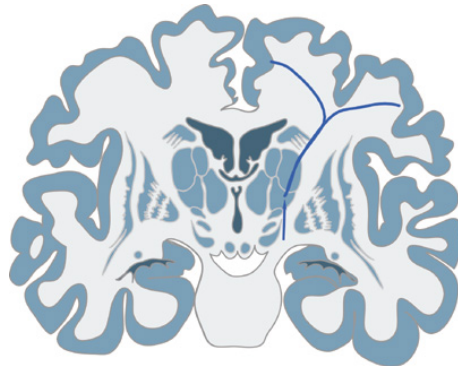


Figure 6 : coupe coronale du cerveau passant par le VPL

5/ Le troisième neurone : thalamocortical.

Les axones issus du VPL empruntent le **bras postérieur de la capsule interne**. Ils se projettent sur le **gyrus post-central** (circonvolution pariétale ascendante), en arrière du sillon central (scissure de Rolando), selon une **somatotopie** décrivant l'**homonculus sensitif** :

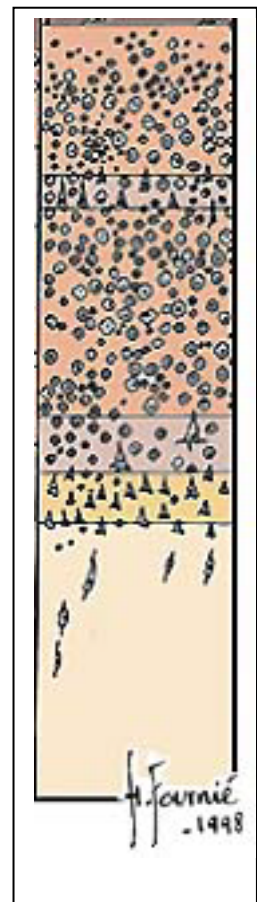
- La **face externe** de la circonvolution reçoit de bas en haut les informations sensibles de la face, puis de la main, avant-bras, bras et tronc de l'hémicorps opposé (territoire **brachio-facial**).
Ce territoire est vascularisé par les branches de l'*artère cérébrale moyenne*.
- La **face interne**, au niveau du lobule paracentral, reçoit les informations du **membre inférieur** et des organes génitaux de l'hémicorps opposé.
Ce territoire est vascularisé par les branches de l'*artère cérébrale antérieure*.

L'étendue de chaque projection dépend de la **richesse en récepteurs** (extrémité des doigts mieux représentée) et se modifie **dynamiquement** en fonction de l'utilisation fonctionnelle.

Le cortex somesthésique ou **koniocortex** est un néocortex dont la *couche granulaire* (surtout IV) se développe au dépens de les couches pyramidales.

Il présente une **organisation en colonne**, de la couche I à la couche VI. Les **afférences** thalamiques atteignent la **couche IV** et la partie profonde de la couche III.

Le gyrus post-central correspond d'avant en arrière aux aires **3a, 3b, 1 et 2** de Brodmann ou **aire somesthésique primaire (SI)**. Il existe plusieurs somatotopies car les aires **3a et 2** reçoivent des informations issues de **structures profondes** (récepteurs musculaires et articulaires : discrimination des formes et sens de position). Les aires **3b et 1** reçoivent des informations issues des mécanorécepteurs de la **peau (toucher)**.



Les **projections efférentes** concernent 3 cibles

- cortico-corticales (issues des couches 2 et 3)

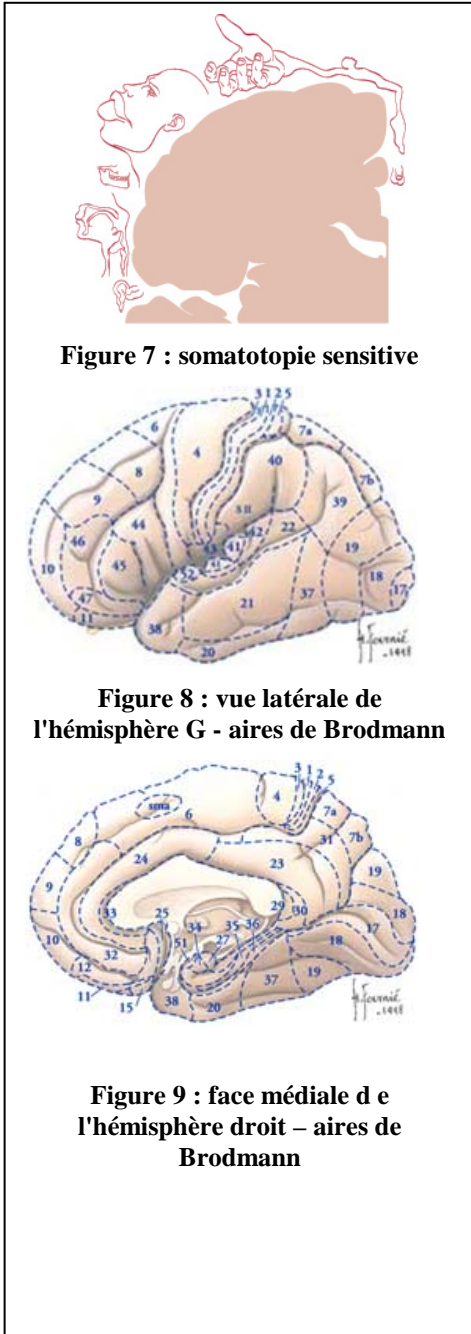


Figure 7 : somatotopie sensitive

Figure 8 : vue latérale de l'hémisphère G - aires de Brodmann

Figure 9 : face médiale de l'hémisphère droit - aires de Brodmann

- ✚ Projection de S_1 sur l'**aire somesthésique secondaire SII** situé dans la région de l'opercule pariétal. SII possède une organisation somatotopique moins précise.
- ✚ SII et partiellement S_1 se projettent sur le cortex **insulaire** et l'**opercule temporal**.
- ✚ Projection de S_1 sur le **cortex pariétal postérieur** (aires 5 et 7). Il joue un rôle dans la perception de l'image du corps. Les lésions de l'hémisphère non dominant entraînent une négligence de l'hémicorps.
- ✚ commissurales
 - ne concernent pas mains et pieds
- ✚ et projections descendantes (issues des couches 5 et 6):
 - striatum
 - thalamus VP
 - noyaux de la colonne dorsale

6/ Conclusion

La voie lemniscale est rapide, discriminative, croisée et fortement organisée : elle envoie l'information sensitive de la périphérie au cortex avec précision, sans diffusion.

LE SYSTEME ANTEROLATERAL

Nommé aussi voie spinothalamique, système extralemniscal)

Fibres peu ou non myélinisées, de **petit calibre**, la vitesse de conduction est donc plus **lente**. Système moins précis.

Deux voies principales :

- La voie **spinothalamique** (néo-ST): véhicule le **tact protopathique**.
- La voie **spino-réticulaire** (paléo-ST) : véhicule la sensibilité **thermo-algique** (nociception), caractérisée par la diffusion de l'information vers de **nombreuses cibles** dont la **la substance réticulée** (formation réticulaire médiale, le noyau réticulaire latéral, les olives accessoires médiales et dorsales, les noyaux parabrachiaux, la substance grise périaqueducule, le noyau amygdaloïde et l'hypothalamus.)

7/ La voie spinothalamique :

a/ Le premier neurone

- ✚ Neurone **pseudo-unipolaire**, peu myélinisé.
- ✚ Corps cellulaire dans le **ganglion spinal**.
- ✚ Les dendrites viennent de la périphérie. Leurs terminaisons libres forment les récepteurs (**nocicepteurs**).
- ✚ l'axone pénètre dans la moelle spinale où il se divise en *branches ascendantes et descendantes* sur 1 à 4 segments dans le **tractus de Lissauer** (recouvre la face dorsale de la corne dorsale).

b/ Premier relais : lames superficielles (I, II) de la corne dorsale.

La lame I reçoit des afférences nociceptives spécifiques à champs récepteurs restreint par des **fibres non myélinisées (C)** et quelques fibres **peu myélinisées Aδ**. Elle donne un contingent de fibres (néo) spinothalamiques qui va croiser la ligne médiane.

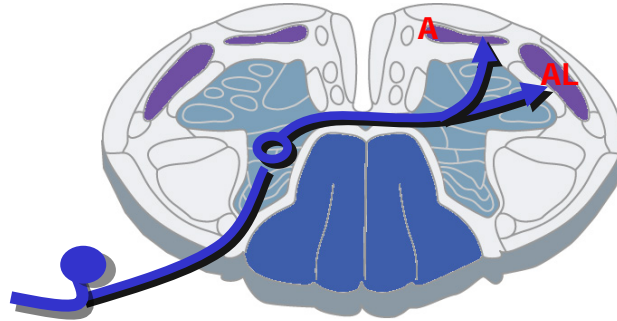


Figure 10 : coupe axiale de moelle spinale

c/ Le deuxième neurone :

- naît dans la corne postérieure.
- **croise** immédiatement la ligne médiane dans la **commissure blanche antérieure** : les axones se dirigent vers la partie antérieure du cordon latéral de la moelle.
- ces voies montent alors dans la moelle spinale selon une **somatotopie** moins nette. Les afférences les plus caudales (*membres inférieurs*) sont plus antérolatérales.
- la voie spinothalamique remonte les **trois étages du tronc cérébral** en dehors du lemniscus médian jusqu'au thalamus.

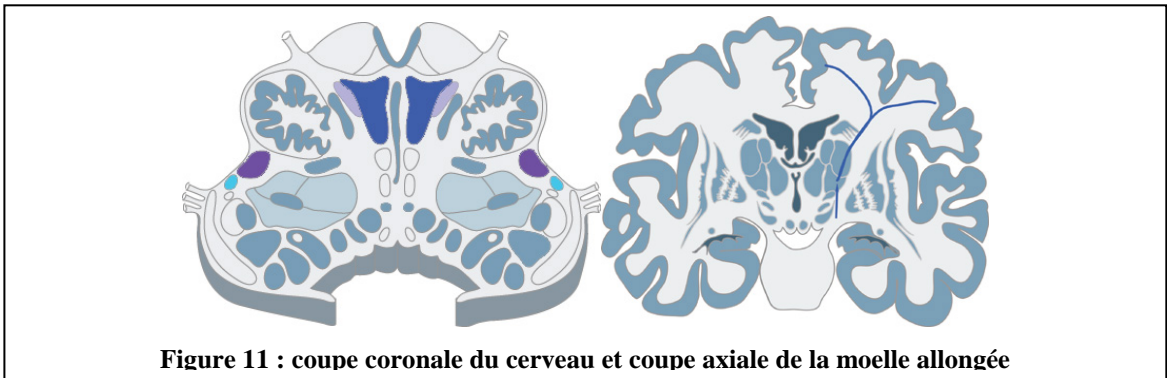


Figure 11 : coupe coronale du cerveau et coupe axiale de la moelle allongée

- ✚ **l'aire somesthésique secondaire** plus en arrière, sur l'opercule pariétal, en arrière de l'opercule rolandique (berge pariétale du sillon latéral). La somatotopie est moins nette et rostrocaudale (face en avant).
- ✚ **le cortex insulaire** postérieur
- ✚ le **gyrus cingulaire antérieur** (composante réactive et affective de la douleur).
- ✚ La participation du gyrus **post central** (S_I aire somesthésique primaire, aires de Brodmann : 3a, 3b, 1, 2) est discutée. Il interviendrait dans la localisation du stimulus nociceptif.

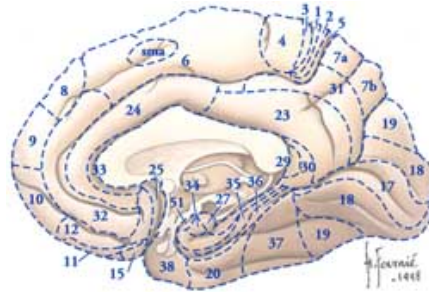


Figure 12 : face médiale d e l'hémisphère droit – aires de Brodmann

Tableau 1 : aire S_I somatotopies sensibles

aires	récepteurs	somatotopie
3a, 2	récepteurs profonds	approchée
3b, 1	mécanorécepteurs cutanés	détaillée

8/ La voie spino-réticulaire

Classiquement, on distingue les systèmes paléo spinothalamique et le néo spinothalamique :

Différences fonctionnelles : tact protopathique (néo), sensibilité thermo-algique (paléo).

Différences anatomiques : le néo est plus antérieur dans la moelle. Le néo rejoint le lemniscus médian.

Les neurones de la voie spinoréticulothalamique sont localisés plus profondément dans la corne postérieure, au niveau des lames V et VI.

Leurs dendrites atteignent dorsalement les lames II et III (substance gélatineuse de Rolando) où elles sont influencées par :

- les *fibres afférentes* peu myélinisées $A\delta$
- des *interneurones* centraux (islet cells) inhibiteurs (GABA, Enképhalineroniques) excités par des collatérales des *afférences lemniscales $A\beta$ segmentaires* assurant le « gate control »
- des *afférences suprasegmentaires* telles que les voies sérotoninergiques issues des noyaux du raphé. Elles descendent dans le cordon latéral

Elle croise la ligne médiane dans la commissure blanche antérieure

Au cours de son trajet dans le tronc cérébral, la voie spino-réticulo-thalamique donne des projections sur la substance réticulée. Elle diffuse donc l'information vers un système impliqué en particulier dans l'éveil cortical.

Le relais thalamique diffère partiellement car il comprend :

- les noyaux **intralaminaires** situés dans la lame médullaire interne du thalamus. Ils se projettent de façon diffuse sur le cortex frontal, pariétal et le striatum.
- Le **groupe postérieur** qui comprend une partie du pulvinar, du corps genouillé médial et les noyaux supragéniculé et limitans. Il se projette sur l'insula et le cortex pariétal adjacent (SII).

Au total, la voie spinothalamique est un système plus lent, moins précis. En diffusant l'information à la substance réticulée, il participe à la conservation de l'espèce (système d'alerte face à une agression).

9/ Autres voies :

Se projettent sur :

- ✚ **Mésencéphale** : *colliculus supérieur* (tubercule quadrijumeau supérieur) et *substance grise périaqueducule* (SGPA) : rôle dans l'orientation de la tête et du corps à des stimuli externes, contrôle suprasegmentaire de la douleur.

✚ Le **système limbique** (noyau amygdalien) : aspect affectif et émotionnel de la douleur.

✚ **L'hypothalamus** : souligne les liens entre douleurs et réactions viscérales.

10/ Conclusion :

2 systèmes fonctionnels :

Le premier assure une localisation de la douleur (information mécanique).

Le second transmet l'information thermoalgique, plus lent et diffus, véritable système d'alerte et donc de protection.

11/ Annexes

Tableau 2 : modalités sensibles somatiques, récepteurs et fibres afférentes

Modalité sensitive	Récepteur	Diamètre des axones (µm)	Catégorie	Myélinisation
Sensibilité superficielle (toucher) profonde Pallesthésie	Mécanorécepteurs : Corpuscules de Meissner, Ruffini, Pacini	6-12	A-β	myélinisées
Sens de position (proprioception)	Mécanorécepteurs Articulaires Etirement musculaire	13 – 20 6-12	A-α A-β	Myélinisées
Sensibilité thermique Froid chaud	Thermorécepteurs Terminaisons libres	1-5 0.2-1.5	A-δ C	Myélinisées Non myélinisées
Sensibilité à la douleur Rapide lente	Nocicepteurs	1-5 0.2-1.5	A-δ C	Myélinisées Non myélinisées

Tableau 3 : Organisation de la corne dorsale de la moelle spinale : lamination de Rexed, noyaux et afférences

Noyau dorsomarginal	Lame I o	Moelle entière	Afférences racine dorsale quelques efferences spinothalamiques Substance gélatineuse de Rolando
Substance gélatineuse de Rolando	Lame II	Lame II Moelle entière	Moelle entière Relais spinothalamique interneurons
Noyau propre de la corne dorsale	Lame III, IV, V	Moelle entière	Afférences racine dorsale et voies suprasegmentaires Donne la voie spinothalamique
	VI médiale et latérale	Régions des membres C4-T1 et L2-S3	Traite des informations proprioceptives musculaires (médial) Afférences suprasegmentaires (latéral)
Noyau dorsal de Clarke	VII	C8-L3	Origine du faisceau spinocérébelleux dorsal

LA SENSIBILITE DE LA FACE

Véhiculée par le **nerf trijumeau** (nerf V). 5ème paire de nerfs crâniens

- premier neurone : nerf trijumeau.
C'est un nerf périphérique qui possède un ganglion : **le ganglion de Gasser** qui reçoit trois branches sensitives : nerfs ophtalmique, maxillaire et mandibulaire.
- premier relais: **Le noyau du trijumeau**, étendu sur les 3 étages du tronc cérébral (tegmentum) jusqu'aux premiers segments médullaires. Ce noyau est scindé en trois parties :

- **Noyau principal** au niveau pontique : tact épicrotique.
- **Noyau descendant** tout le bulbe : relais de la nociception (sensibilité thermo-algique).
- **Noyau ascendant mésencéphalique** : relais de la proprioceptivité.

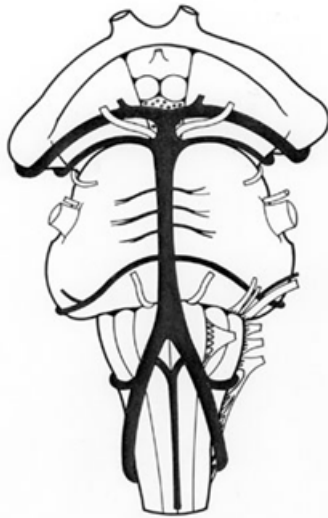


Figure 13 : vue antérieure du

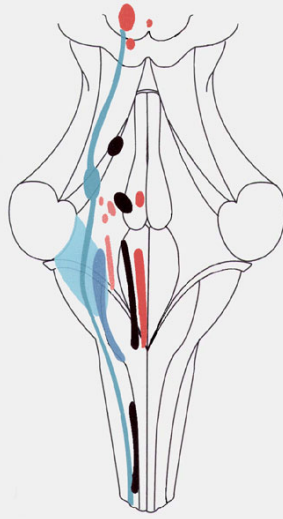


Figure 14 : noyaux des nerfs crâniens vus en transparence

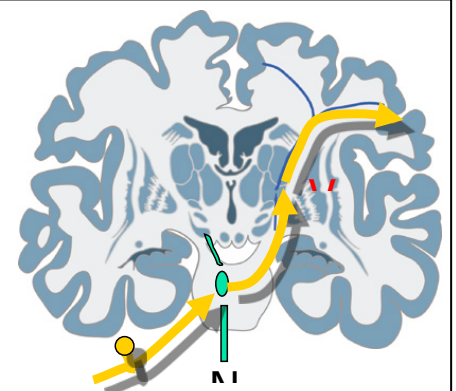


Figure 15 : sensibilité de la face

- deuxième neurone : est constitué par les axones provenant du noyau du V (trijumeau), se projetant sur le thalamus : faisceau quinto-thalamique.
- deuxième relais : Le **noyau ventro-postéro-médian (VPM)**, dans le thalamus. La projection sur ce noyau est fortement organisée : somatotopie.
- troisième neurone : Neurone thalamocortical.

Il se projette sur la partie inférieure de la face latérale du gyrus post central selon une somatotopie. Territoire de l'artère cérébrale moyenne.

CONTROLE DE LA DOULEUR

Il existe un double système de régulation :

- **contrôle segmentaire** (à chaque segment de la moelle spinale).
 - **contrôle supra segmentaire**, dont l'origine est située dans le tronc cérébral.
- Le but est d'inhiber les afférences douloureuses.

12/ Le Contrôle Segmentaire : théorie du « gate control » (Melzack et Wall)

Principe : il s'agit d'une **interaction** entre le système *lemniscal* et le système *spinothalamique*. La voie lemniscale, plus rapide, donne à chaque segment **une collatérale** dont le rôle est d'exciter un **interneurone inhibiteur**. Cet interneurone bloque le premier relais de la douleur dans la corne postérieure.

Lors d'une stimulation, deux types d'influx sont générés :

- **une stimulation lemniscale** qui véhicule plus vite l'information que la voie spinothalamique. Elle module, contrôle à l'avance le premier relais spinothalamique dans la corne postérieure.
- **Un influx douloureux** (stimulation spinothalamique) qui arrive donc sur un relais déjà inhibé.

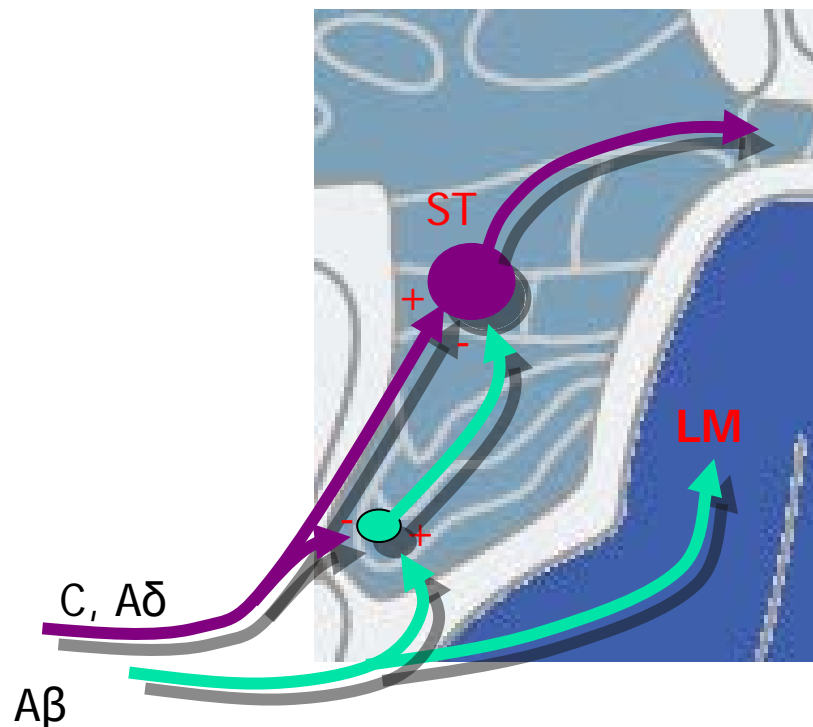


Figure 16 : gate control

13/ Le Contrôle suprasegmentaire :

Origine dans la **substance réticulée**, ensemble de neurones regroupés en noyaux qui remplissent le tronc cérébral entre les voies et les noyaux du tronc cérébral.

Il y a plusieurs systèmes dans la réticulée, dont un qui est médian et sérotoninergique : **le raphé**.

Le contrôle suprasegmentaire a deux origines :

Deux régions sont importantes :

La **substance grise périaqueducale (SGPA)**

- ✚ Située autour de l'aqueduc cérébral dans le tegmentum mésencéphalique.
- ✚ se projette sur les **noyaux du raphé bulbaire**.
- ✚ Ces noyaux (obscurus et pallidus), **sérotoninergiques**, se projettent sur la corne postérieure, donc sur le premier relais spinothalamique.

Ce système

- ✚ **Inhibe** directement les afférences ST
- ✚ **Excite** les *interneurones inhibiteurs enképhalinergiques* (molécules endogènes, proche des opiacés), inhibant la douleur.

Leur stimulation provoque une analgésie profonde, bloquée par les antagonistes de la morphine.

Le deuxième système comprend des noyaux adrénargiques (noradrénaline) de la **réticulée centrale**.

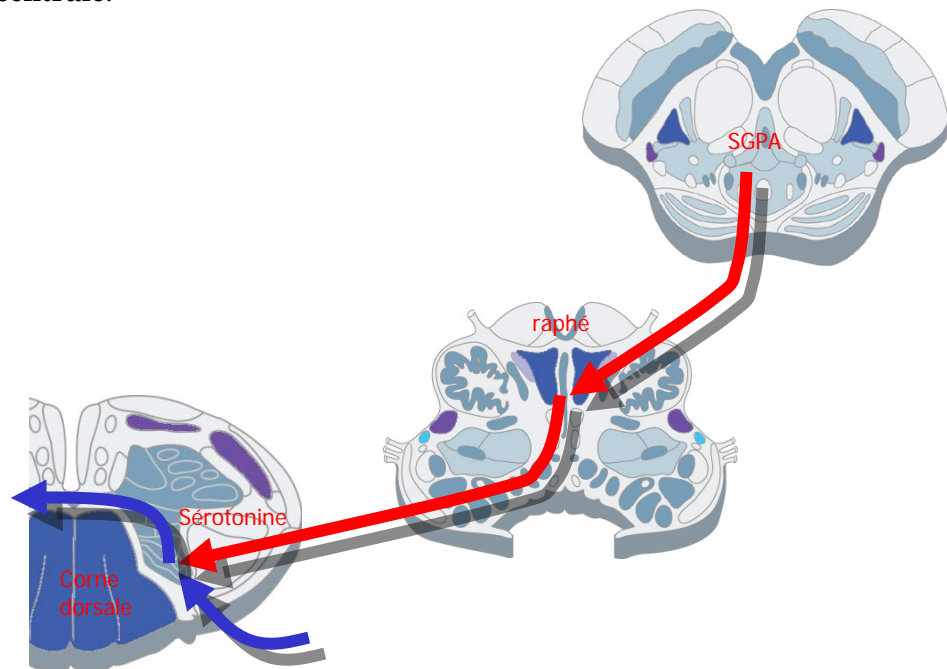


Figure 17 : contrôle suprasegmentaire

II/ La Motricité

DEFINITIONS :

La **motricité volontaire** permet d'agir sur les muscles squelettiques sous le contrôle de la conscience, en synergie avec les voies de la sensibilité.

La **motricité automatique** est hors du champ de la conscience. Elle implique les structures sous-corticales (moelle spinale, réticulée...) par exemple pour le ballant du bras pendant la marche, les mimiques et leur contenu émotionnel.

La **motricité réflexe** assure des réponses rapides et non volontaires aux stimuli externes ou internes

La motricité volontaire

La motricité peut être :

✚ **Axiale** (tonique) : posture, attitude. Elle est **holocinétiq**ue.

✚ **Distale** (phasique) : motricité fine, lente (mouvements de rampe, ajustables) et rapide (mouvements balistiques, non modifiables en cours d'exécution).

L'acte volontaire conscient est dit **idiocinétiq**ue

Les phases et les structures mises en jeu en cours de mouvements volontaires :

1°) l'**intention**, **motivation** et **stratégie motrice**

Phase préparatoire, identification de la cible dans l'espace perceptible. Elle dépend du niveau d'attention. Elle met en jeu les **aires associatives préfrontales** et le système **limbique** (affect) pour préparer une stratégie motrice.

2°) **planification** du mouvement, **initiation**

Se joue dans :

- la **région prémotrice**, aire 6, située en avant du gyrus précentral.

- l'**aire motrice supplémentaire**, aire 6, est une extension de l'aire prémotrice sur la face médiale du lobe frontal.

Ces régions encodent les données spatiales et temporelles du mouvement. Elles coordonnent les segments de membres, la direction du regard et l'orientation du corps. Les noyaux gris centraux jouent un rôle important dans ces phases préparatoires. Leur lésion entraîne des troubles de coordination bimanuelle

3°) la **réalisation** de la tâche motrice.

Elle dépend d'un ensemble de voies qui aboutissent directement ou indirectement aux motoneurones :

- le **neurone central**, c'est-à-dire la *voie pyramidale* dont l'origine est située au niveau cortical en particulier dans le gyrus précentral (aire 4) qui constitue l'**aire motrice primaire**. De nombreuses *autres voies* (extrapyramidales) participent à cette fonction. Elles ont pour la plupart une origine sous-corticale.
- le **neurone périphérique** sur lequel il s'articule : le motoneurone dont le corps cellulaire est localisé dans des colonnes (noyaux de la lame IX) de la corne antérieure de la moelle spinale. Il emprunte les racines, plexus et nerfs avant d'établir une synapse avec le muscle cible.

La pathologie suit cette organisation, on distingue deux grands cadres:

- Le syndrome pyramidal : hypertonie. (neurone central)
- Le syndrome neurogène périphérique : (atrophie du muscle, amyotrophie, aréflexie)

HIERARCHISATION ANATOMO-FONCTIONNELLE :

1/ hiérarchie séquentielle :

- la **moelle spinale** (niveau le plus bas) : contient les **motoneurones** et des circuits locaux, précablés, qui assurent des réponses stéréotypées. Le motoneurone reçoit directement ou indirectement (via des interneurones) les influences **pyramidales** et **extrapyramidales** suprasegmentaires (origine supraspinale).

- la **substance réticulée et les noyaux propres du tronc cérébral** intègrent les données sensibles et motrices. Les faisceaux issus de ces noyaux, voies extrapyramidales, ont pour cible les motoneurones ou des interneurones de la moelle spinale.

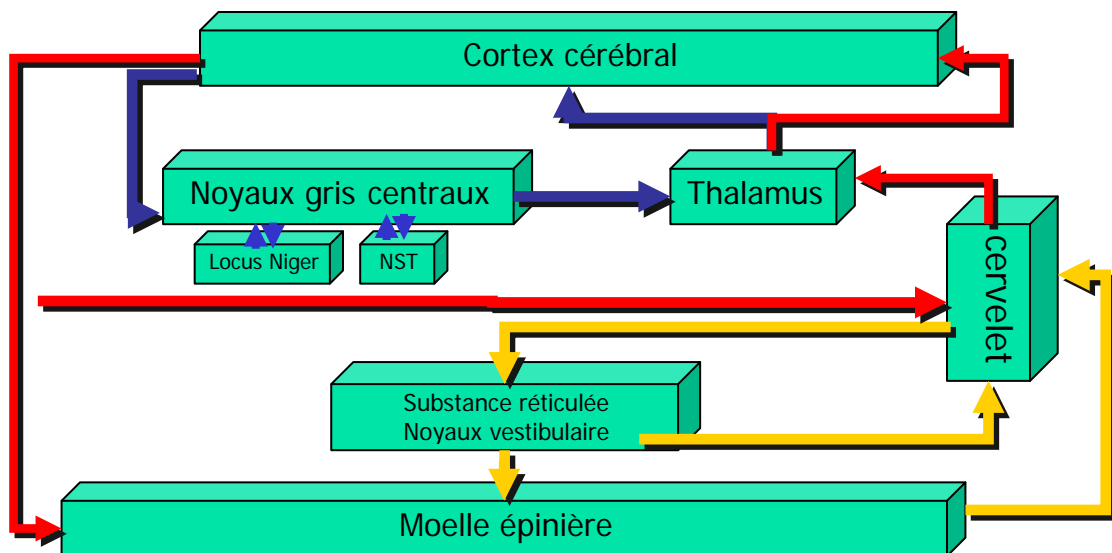


Figure 18 : motricité - organisation générale

- le **cervelet** compare le programme moteur élaboré au niveau cortical avec la tâche motrice réalisée. Le cervelet contrôle:

- les synergies musculaires (agonistes / antagonistes)
- la coordination motrice
- la régulation du tonus
- l'apprentissage des tâches motrices

- et aurait une action sur les fonctions cognitives
- les **ganglions de la base (noyaux gris centraux)** appartiennent au système extrapyramidal. Ils traitent les données corticales (projet moteur) en formant une boucle avec le cortex au travers du thalamus. Ils influencent le planning et l'exécution du mouvement. Ils présentent aussi un rôle cognitif.
- **le cortex cérébral** génère et contrôle l'activité motrice.

2/ hiérarchisation parallèle :

La motricité présente aussi une organisation fortement parallèle. Le cortex cérébral se projette massivement et de façon parallèle sur les noyaux gris centraux. De nombreux circuits de contrôle fonctionnent simultanément.

LA VOIE PYRAMIDALE

1/ INTRODUCTION

C'est la voie de la motricité volontaire.

Deux grands systèmes :

- un système moteur *latéral* qui a pour cible les motoneurones innervants les muscles distaux : **motricité distale**, fine et précise.
- un système *médial* qui a pour cible la musculature **axiale** (dos, tronc). Rôle dans la posture.

La voie pyramidale comprend :

- **la voie corticospinale** qui a pour cible les motoneurones spinaux.
- **la voie corticonucléaire** qui a pour cible: noyaux moteurs des nerfs crâniens.

De nombreuses autres voies (extrapyramidales) sont impliquées dans la motricité.

2/ La voie corticospinale :

voie de la motricité, constitué 1 à 2 millions de fibres

a/ Origine

Son origine corticale est assez large.

Un seul neurone du cortex à la moelle ou au noyau moteur du nerf crânien.

Chaque voie contrôle l'hémicorps **controlatéral**

Classiquement, elle naît du **cortex moteur primaire** mais plus précisément, du gyrus précentral (circonvolution frontale ascendante) : *aire 4* de Brodmann ou *aire motrice primaire M1*, en avant du sillon central (scissure de Rolando).

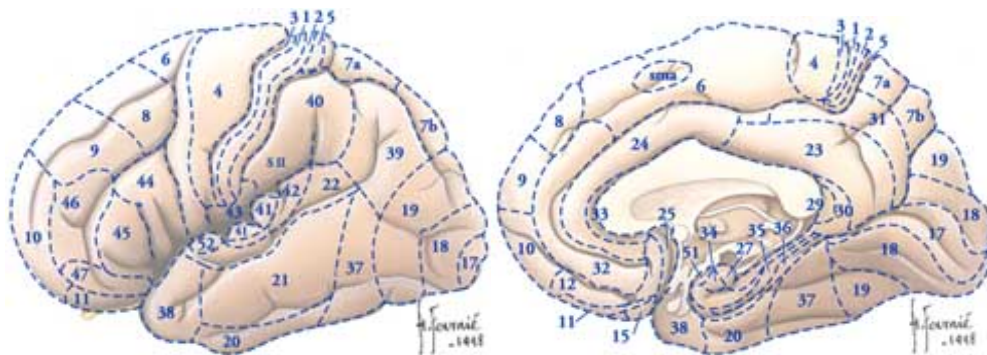


Figure 19: aires de Brodmann, face latérale de l'hémisphère gauche

Figure 20 : aires de Brodmann, face médiale de l'hémisphère gauche

Cette aire a quelques caractéristiques :

- les voies descendantes naissent de la **couche V** du cortex (cellules pyramidales).
- l'aire 4 est exceptionnelle par la présence de cellules pyramidales géantes : **cellules géantes de Betz**. Cependant elles ne représentent que 2% des cellules d'origine de la voie pyramidale soit moins de 50.000 cellules de Betz).
- la commande motrice est topographiquement organisée dans le cortex moteur.

Cette **somatotopie motrice**, forme *l'homonculus* de Penfield :



- ✓ sur la face externe du gyrus précentral, de bas en haut : motricité de la face, main (pince pouce index), membre supérieur, tronc de l'hémicorps controlatéral. Cette face, vascularisée par l'artère

cérébrale moyenne, commande la motricité brachiofaciale.

- ✓ *sur la face interne (lobule paracentral)* : motricité du membre inférieur controlatéral. Cette région est vascularisée par *l'artère cérébrale antérieure*.

M1 reçoit des informations du cortex prémoteur, des aires sensitives somatiques et du thalamus (VL, relais des efférences cérébelleuses et VA, relais des NGC)

L'origine de la voie corticospinale est en réalité beaucoup plus large. Elle comprend :

- ✓ Le **cortex prémoteur** (aire 6 de Brodmann). Il s'étend verticalement en avant du gyrus précentral, sur les 1ère, 2ème et 3ème circonvolutions frontales. Subdivisé en régions dorsale et ventrale. Ses principales afférences viennent du *cervelet* après relais dans le *noyau Ventral Latéral du thalamus*. Les lésions préfrontales altèrent la réalisation de mouvements complexes alternés (coordination interarticulaire).
- ✓ L'**aire motrice supplémentaire (AMS)**. Activée en imaginant l'action. Elle reçoit des informations du *thalamus* (noyau Ventral Antérieur, relais des noyaux gris centraux) et du *cortex préfrontal*. Les lésions de l'AMS altèrent la coordination bimanuelle.
- ✓ Le **gyrus cingulaire** situé à la face interne des hémisphères participe aux comportements moteurs sous l'angle des *émotions* et de la *motivation*.
- ✓ Le **cortex pariétal** donne aussi des fibres corticospinales.

b/ Trajet de la voie corticospinale

Elle descend dans *le bras postérieur de la capsule interne*

en dedans : thalamus et noyau caudé.

en dehors : noyau lenticulaire.

Somatotopie : membre supérieur, tronc et membre inférieur d'avant en arrière



Figure 21 : coupe de Charcot



Figure 22: coupe de Fleschsig dans le plan axial

Au niveau du *mésencéphale*, Elle descend dans le *tiers moyen du pied du pédoncule*

La voie pyramidale descend toujours dans la partie antérieure (*crus cerebri*) du tronc cérébral.

En dehors de la voie corticonucléaire (généralisée) et en avant du locus niger (*substantia nigra*)

Somatotopie : de dedans en dehors, membre supérieur, tronc et membre inférieur

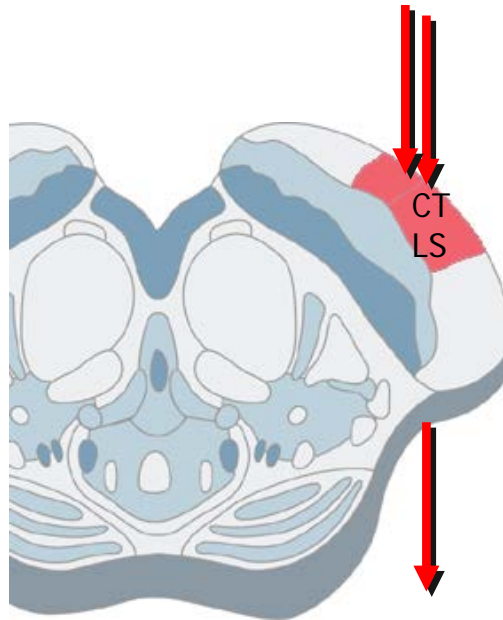


Figure 23: coupe axiale du mésencéphale

La voie pyramidale descend dans *le pied de la protubérance*.

Elle est dissociée par les noyaux du pont et les fibres pontocérébelleuses.

- les fibres pontocérébelleuses sont issues des noyaux du pont.
- elles sont transversales, croisées (donnent l'aspect volumineux et transversal à la protubérance).
- elles se dirigent en arrière pour former les pédoncules cérébelleux moyens (brachium pontis).

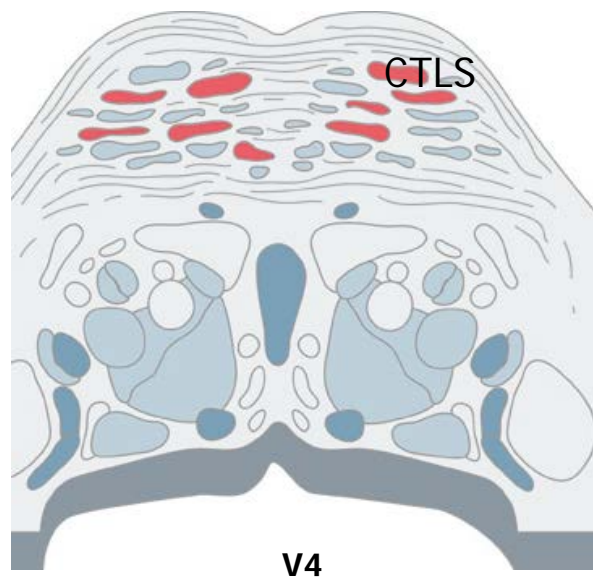


Figure 24: coupe axiale de la protubérance annulaire

Elle descend dans les *pyramides bulbaires*

Au niveau bulbaire, elle redevient compacte, de chaque côté du sillon médian.

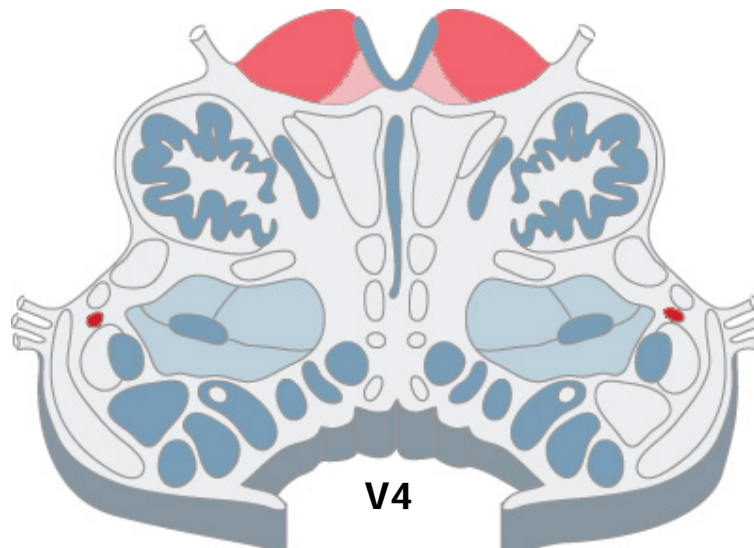


Figure 25: coupe axiale au niveau du bulbe haut

La voie pyramidale *croise la ligne médiane au niveau du bulbe bas*

Zone importante : *décussation de la voie pyramidale.*

environs 90% des fibres croisent la ligne médiane.

Ce croisement forme alors la voie corticospinale croisée.

les autres 10% restent du même côté pour former **la voie corticospinale directe**.

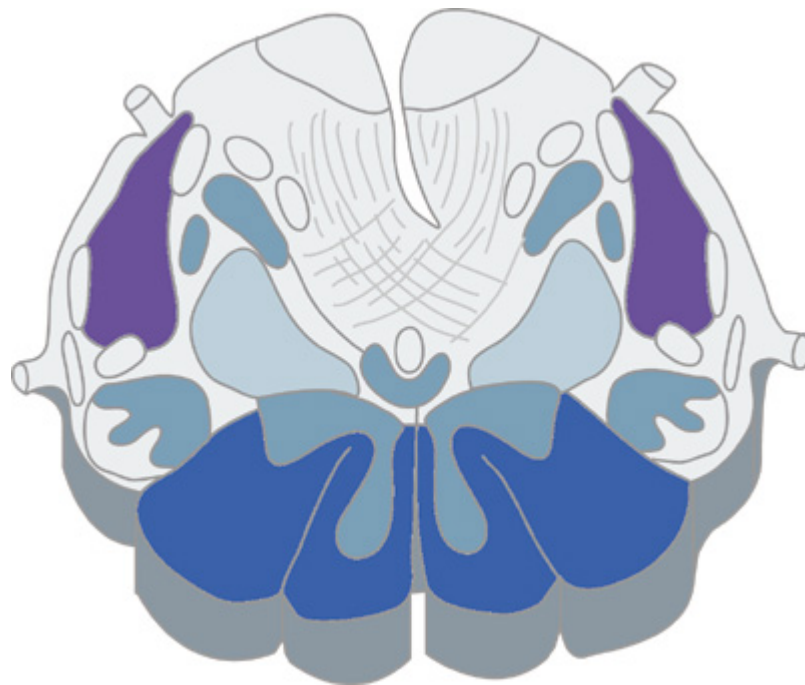


Figure 26: coupe axiale au niveau du bulbe bas –décussation des pyramides

Deux voies descendent dans la moelle spinale :

La voie corticospinale croisée chemine dans le *cordons latéral*, à la base de la corne postérieure de la moelle.

A chaque segment médullaire, une partie des fibres de cette voie se termine sur les colonnes de motoneurones

- ✓ les plus latérales innervant les muscles distaux.
- ✓ Les plus ventrales innervent les extenseurs

La voie corticospinale directe descend du même côté dans le cordon antérieur de la moelle.

A chaque segment, elle se termine sur les colonnes de motoneurones les plus internes.

Les projections de cette voie sont plutôt *bilatérales*.

Elle a pour cible les *muscles axiaux*.

Ces deux voies s'épuisent donc au fur et à mesure de leur trajet vers le cône terminal

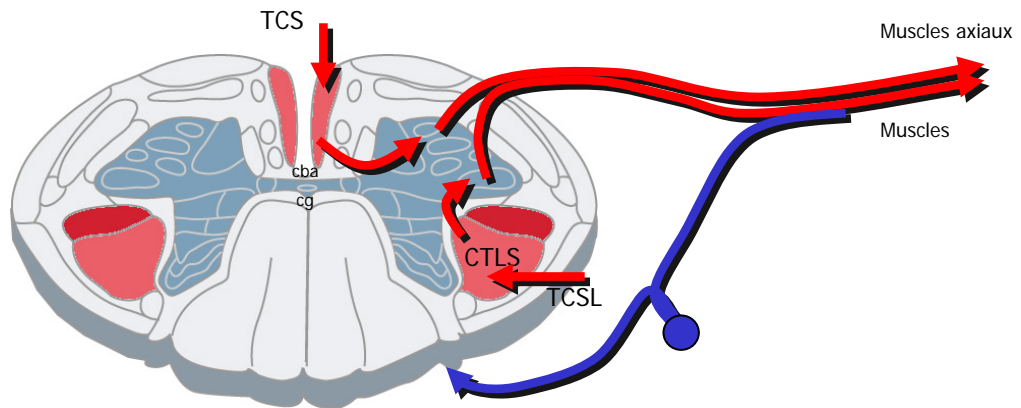


Figure 27: coupe axiale de la moelle spinale

c/ La cible de la voie corticospinale peut être :

- soit le *motoneurone* lui-même.
- soit des *interneurones*

3/ La voie corticonucléaire ou géniculée :

C'est la voie de la motricité volontaire qui commande les nerfs crâniens moteurs (motricité de la face).

1°) Origine :

Partie inférieure du gyrus précentral (frontale ascendante) à la face externe du lobe frontal

Cette région répond à la somatotopie motrice de la face.

2°) trajet :

Il est identique à celui de la voie corticospinale, avec quelques spécificités :

- elle descend dans le genou (qui lui donne son nom) de la capsule interne.
- elle chemine en dedans de la voie corticospinale dans le tronc cérébral.
- à chaque étage du tronc cérébral, cette voie se termine sur les noyaux moteurs des nerfs crâniens (III, IV, VI, IX, X, XI, XII) directement ou indirectement (interneurones réticulaires).

a- mésencéphale :

noyaux du **III** (oculomoteur) et **IV** (pathétique).

C'est le centre de la **verticalité**.

b- protubérance :

noyau moteur du **V** : mastication.

noyau du **VI**, nerf abducens (moteur oculaire externe)

noyau du **VII** : nerf facial, motricité de l'hémiface.

c- bulbe :

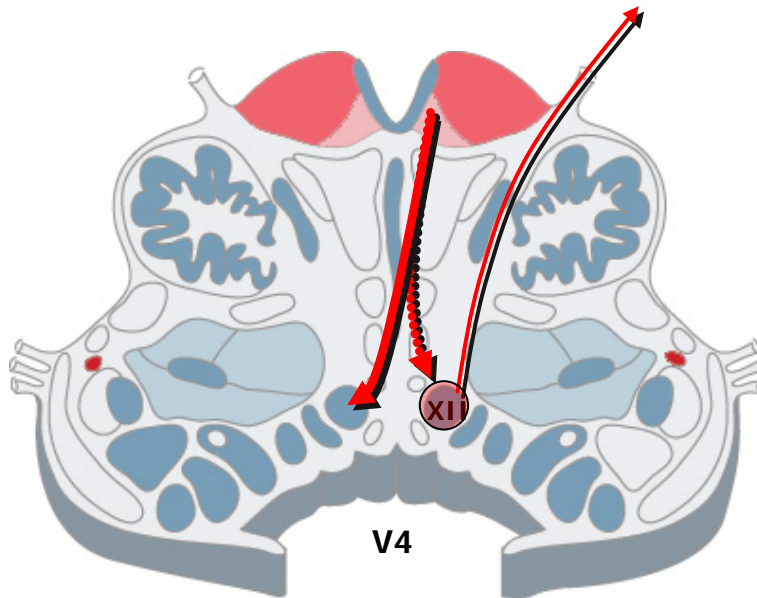


Figure 28 : voie corticonucléaire - nerf hypoglosse

Noyaux du **IX, X, XI**, nerfs mixtes : sensibilité et motricité du carrefour pharyngolaryngé (déglutition, phonation, sécrétion salivaire...).

Noyaux du **XII** : nerf grand hypoglosse. motricité de la langue.

Les projections sont bilatérales.

Les **noyaux du VII** présentent deux parties :

-dorsale : commande la moitié supérieure de l'hémiface (autour des yeux).

-ventrale : s'occupe de la moitié inférieure de l'hémiface.

Or la voie pyramidale se projette :

- de façon bilatérale sur la partie supérieure

- et controlatéral sur le noyau inférieur (comme prédominance).

Donc, en cas de syndrome pyramidal : paralysie faciale qui n'est pas complète ; le noyau inférieur ne reçoit que la projection pyramidale controlatérale.

Cela oppose la paralysie centrale, liée à la voie pyramidale (lésion du neurone central) et la paralysie faciale périphérique liée à l'atteinte du nerf crânien lui-même (VII) qui entraîne une paralysie complète de l'hémiface.

LES VOIES EXTRAPYRAMIDALES

Elles forment un ensemble de voies issues pour la plupart de noyaux tels que : noyau vestibulaire, noyau rouge, etc.

1°) Les voies réticulospinales ont deux origines :

- une origine bulbaire : descend dans la moelle dans le cordon latéral.
 - une origine pontique : descend dans le cordon antérieur.
- > ces voies vont influencer les motoneurones.

2°) La voie vestibulospinale :

Son origine est le noyau vestibulaire (VII). Il est situé à la jonction bulboprotubérentielle.

Les fibres descendent de ce noyau vers la moelle spinale en deux faisceaux : latéral et médial.

LES AUTRES VOIES

issues de structures sous corticales telles que la région tectale

Les voies extrapyramidales vont agir sur le tonus, sur l'activité des motoneurones (certains vont activer le tonus, d'autres vont l'inhiber).

Le motoneurone est influencé par :

- la voie corticospinale, volontaire.
- les voies extrapyramidales.
- l'organisation synaptique locale.

Sherrington a appelé le motoneurone : "la voie finale commune".

PATHOLOGIE :

- Si lésion médullaire : cela supprime l'influence suprasegmentaire. On va retrouver l'activité élémentaire, liée à l'organisation des synapses locales. Dans un premier temps : l'activité synaptique est totalement sidérée (stade de **paralysie flasque**). Puis, l'organisation synaptique locale, non contrôlée par les voies descendantes, fait apparaître un "**syndrome pyramidal**" : **paralysie spastique** (hypertonie élastique et réflexes très vifs).

- Pour le **syndrome extrapyramidal**, toute la voie est intègre. Les circuits de régulation du mouvement et du tonus sont déficients => **hypertonie plastique**.

III/ Cervelet

MORPHOLOGIE

1/ Situation :

dans la **fosse postérieure**, fermée par la **tente de cervelet**.

- en arrière du **tronc cérébral**. Le cervelet recouvre le 4ème ventricule

-Il est rattaché au tronc cérébral par **trois paires de pédoncules cérébelleux** :

- **inférieurs** (corps restiforme et juxtarestiforme) réunit le cervelet au bulbe.
- **moyen** réunit le cervelet à la protubérance.
- **supérieur** (brachium conjunctivum) réunit le cervelet au mésencéphale.

Les afférences et les efférences empruntent ces pédoncules.

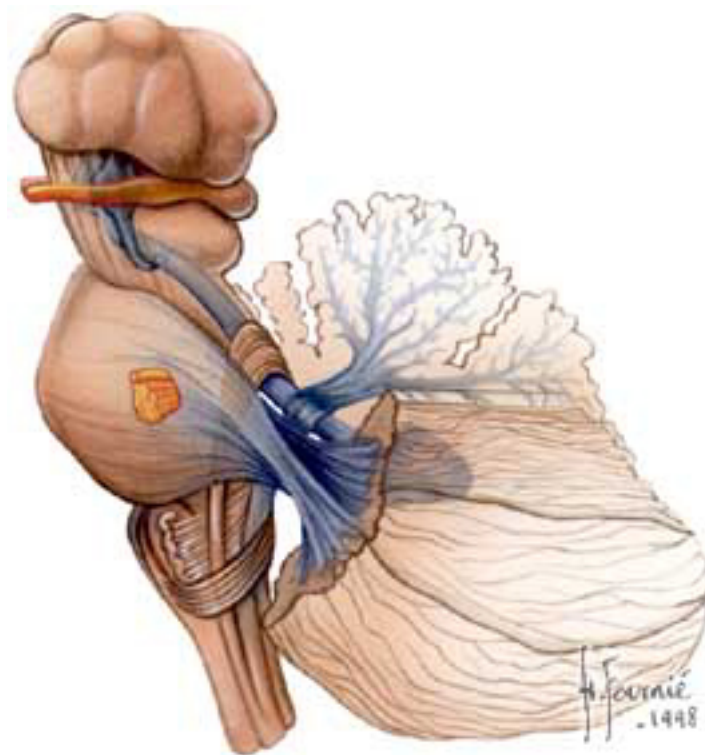


Figure 29: vue latérale du tronc cérébral et du cervelet. Les pédoncules cérébelleux sont mis en évidence.

2/ Anatomie descriptive :

- un cortex cérébelleux (surface du cervelet).
- de la substance blanche en profondeur.

- trois paires de noyaux :

- **Noyaux du Faîte (fastigiaux).**
- **Noyaux interposés (Globuleux et Emboliforme).**
- **Noyaux Dentelés.**



Figure 30: coupe anatomique axiale. Les noyaux dentelés sont parfaitement visibles sans coloration spécifique.

Trois faces :

- **antérieure**, recouvre le toit du quatrième ventricule, à l'étage bulbo-protubérantiel.
- **supérieure**, séparée de la face inférieure du cortex occipital par la tente du cervelet, oblique en haut et en avant
- **inférieure**, en rapport avec l'écaille de l'occipital, ses méninges et la faux du cervelet.

Les trois faces du cervelet après section des pédoncules cérébelleux.



Figure 31: face supérieure du cervelet

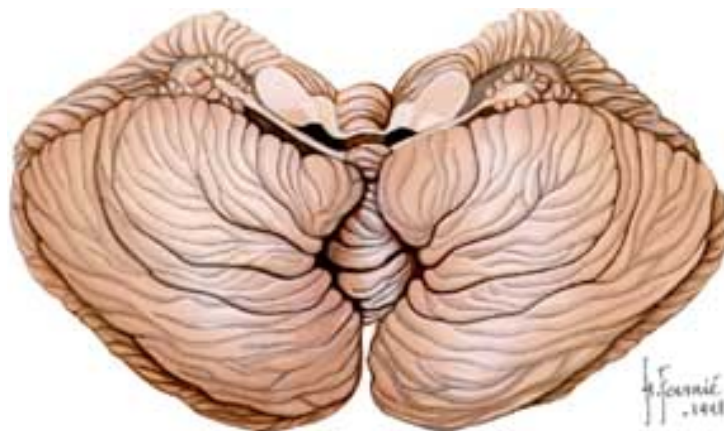


Figure 32: face inférieure du cervelet

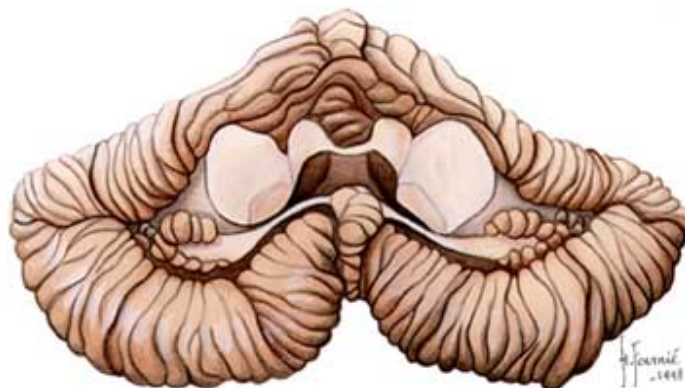


Figure 33: face antérieure du cervelet. Les pédoncules cérébelleux sont sectionnés.

Trois zones de dedans en dehors déterminées seulement par les connexions entre le cortex cérébelleux et les noyaux cérébelleux :

- **vermis cérébelleux** : région purement sagittale. S'étend sur les faces supérieure et inférieure. Le vermis inférieur est enfoui au fond d'une dépression profonde et large, la **vallécule**.
- **région paravermienne** s'étend sur 1 ou 2 cm de part et d'autre du vermis sans limites anatomiques évidentes à la surface corticale. Elle constitue avec le vermis le **spinocerevet**, en rapport avec la moelle spinale
- **hémisphères cérébelleux** ou **néocerevet** représentent la plus grande partie du cervelet chez l'homme.

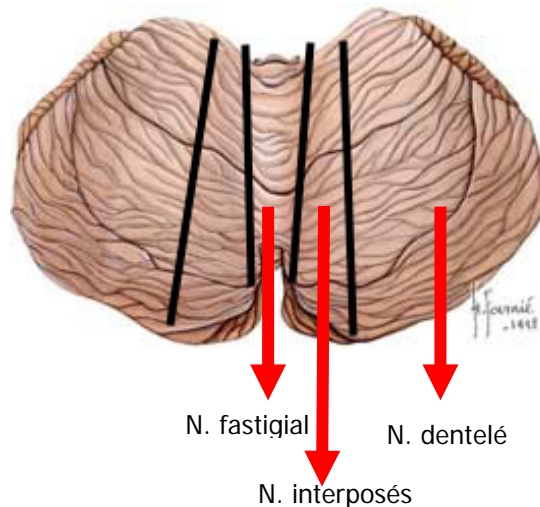


Figure 34 : relations corticonucléaires

Trois grandes parties sur le plan de la phylogénèse et des grandes connexions

- **l'archéocerevet** : partie la plus ancienne. Elle répond au lobe noduloflocculaire. Caractérisé par ses connexions vestibulaires.
- **le spinocerevet** : répond aux régions vermiennes et paravermiennes. En relation avec la moelle spinale.
- **le néocerevet** : répond aux hémisphères cérébelleux. En relation avec le néocortex cérébral. C'est l'acquisition la plus récente ; elle s'est développée parallèlement à l'acquisition d'une motricité distale fine.

Segmentation en trois lobes par des sillons profonds ou fissures :

- **Lobe flocculonodulaire**, petit, le plus ancien phylogénétiquement. Comprend l'extrémité antérieure du vermis inférieur ou **nodule** relié aux deux **flocculus**, petits lobules irréguliers situés de part et d'autre. Il est séparé du reste du cervelet par la **fissure postérolatérale**. Ce système contrôle les noyaux vestibulaires (vestibulocervelet, rôle dans l'équilibre).
- **Lobe antérieur** comprend les lobules cérébelleux situés en avant de la **fissure primaire**.
- **Lobe postérieur** comprend tous les lobules situés en arrière de la fissure primaire.



Figure 35: vue supérieure du cervelet



Figure 36: vue antérieure du cervelet

Chaque lobe est subdivisé en lobules par des sillons moins profonds : à chaque **lobule vermien** correspond un **lobule hémisphérique**

Le **diagramme de Larsell** déplie le cortex cérébelleux pour mettre en évidence les faces supérieure et inférieure sur le même dessin.

Figure 37: diagramme de Larsell

<u>Lobe antérieur</u>	
Lingula	
sillon précentral	
lobule central	ailes du lobule central
sillon préculmien	
Culmen	lobule quadrangulaire
fissure primaire	
<u>lobe postérieur</u>	
Déclive	lobule simplex
Folium	lobule semi-lunaire supérieur
fissure horizontale	
Tuber	lobule semi-lunaire inférieur lobule gracile
Pyramide	lobule gracile lobule digastrique
uvula (luette)	amygdales (tonsil) paraflocculus
fissure postéro-latérale	
<u>lobe flocculo-nodulaire</u>	
Nodule	flocculus

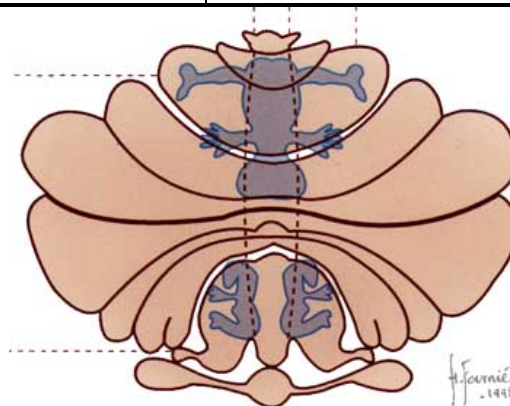


Figure 38 : Diagramme de Larsell - somatotopie

ORGANISATION GENERALE DES CONNEXIONS

- Les structures qui envoient des informations au cervelet reçoivent un feed-back du cortex cérébelleux.
- Des informations circulent dans le cervelet selon 3 étapes :
 - les **afférences** se projettent directement sur le cortex cérébelleux (**fibres moussues** et **grimpantes**) et donnent des collatérales aux noyaux cérébelleux.
 - le **cortex cérébelleux** se projette sur les noyaux du cervelet (**projection corticonucléaire**).
 - les **noyaux** du cervelet donnent les **efférences** du cervelet.

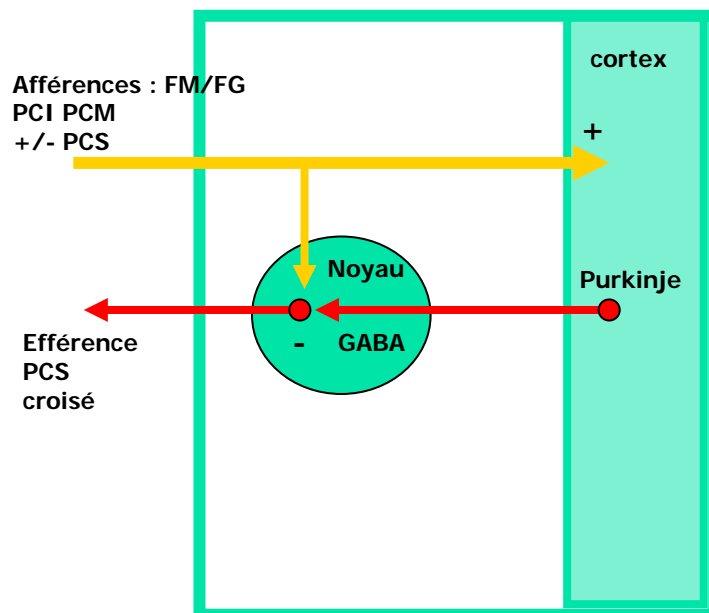
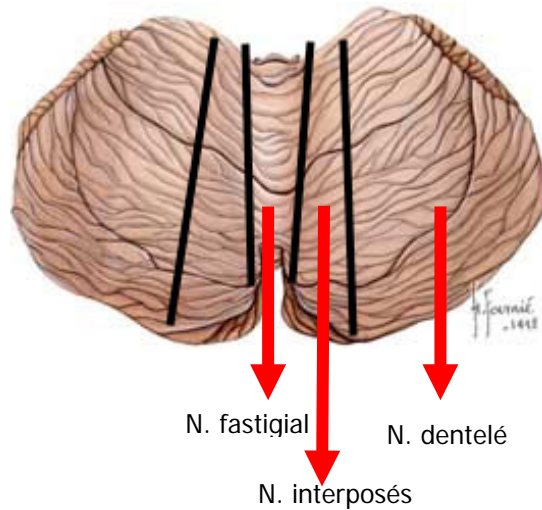


Figure 39 : cervelet - organisation générale

- en fonction des projections corticonucléaires, le cortex cérébelleux peut être subdivisé en trois grandes régions sagittales :
 - ✓ **Vermis** en rapport avec **les noyaux du faîte**
 - ✓ **Régions paravermiennes** de chaque côté du vermis, se projettent sur les **noyaux interposés**.

- ✓ Les **hémisphères** connectés avec les **noyaux dentelés**



LE CORTEX CEREBELLEUX

1/ Organisation

Le cortex présente trois couches de la surface à la profondeur :

2/ la couche moléculaire

la plus superficielle

contient principalement les **axones des cellules granulaires** et les **dendrites des cellules de Purkinje**

présence de quelques **interneurones** inhibiteurs : cellules en corbeille

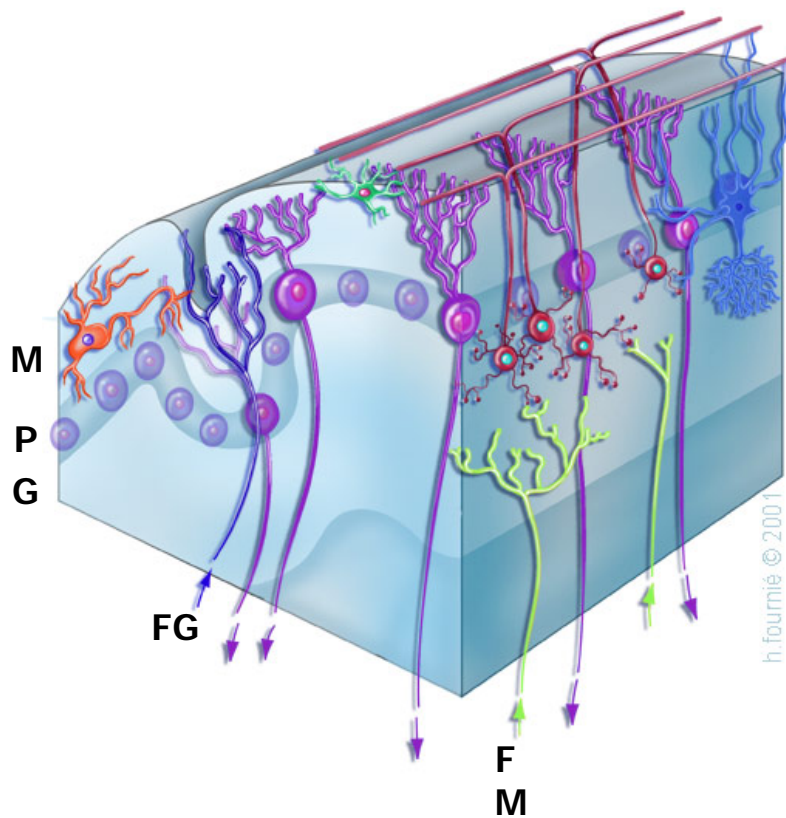


Figure 40 : cortex cérébelleux

3/ la couche des cellules de Purkinje

couche intermédiaire

cellules piriformes

arborisation dendritique apicale en espalier, **monoplanaire**

l'axone, basal, descend dans la substance blanche pour se terminer sur un noyau cérébelleux.

elles sont **gabaergiques** : inhibent les noyaux.

4/ La couche granulaire :

- la plus **profonde**

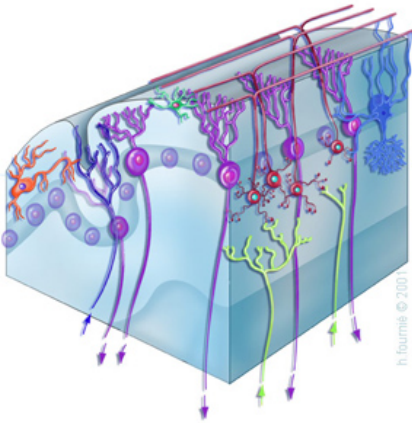
- formée de cellules excitatrices : **les cellules granulaires**.

- leur axone monte jusqu'à la couche moléculaire et se divise en "T" pour former les **fibres parallèles**. Elles contactent alors une ligne de cellules de Purkinje (environ 200).

1°) Les afférences :

Elles sont de deux types :

- ❑ **les fibres moussues** : représentent toutes les afférences du cervelet, sauf les afférences issues de l'olive bulbaire. Elles excitent les cellules granulaires. Au passage, elles excitent le noyau de sortie par des collatérales.



- ❑ **les fibres grimpantes** :
- ❑ Origine exclusive : l'olive inférieure. Traversent toutes les couches jusqu'à la couche moléculaire.
- ❑ Chaque fibre se termine sur l'arborisation dendritique d'une cellule de Purkinje.
- ❑ Nombreuses synapses sur une cellule de Purkinje -> excitation puissante.

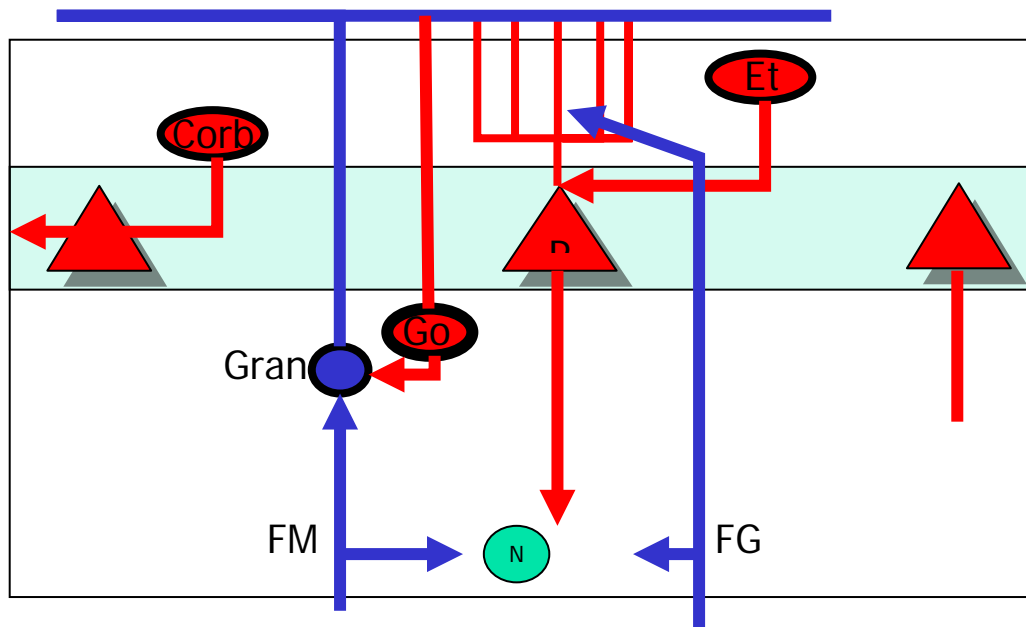


Figure 41 : cytoarchitecture - synthèse

2°) **Les interneurons** :

Les couches moléculaires et granulaires contiennent des interneurons **inhibiteurs**.

Ils régulent les excitations afférentes et renforcent le contraste de stimulation par une **inhibition latérale**.

3°) **Les noyaux** : fournissent la majorité des efférences cérébelleuses (empruntent principalement les pédoncules cérébelleux supérieurs).

Ils sont excités par les collatérales des afférences et inhibés par les cellules de Purkinje.

LES CONNEXIONS DU CERVELET

1/ Vestibulocervelet

Le vestibulocervelet correspond à l'**archéocervelet**, région du cervelet étroitement connectée au système vestibulaire.

Sur le plan morphologique, il répond au **nodule** (extrémité antérieure du vermis inférieur), à l'**uvula** (en arrière du nodule sur le vermis inférieur et aux deux **flocculus**, reliés par le **voile médullaire inférieur** (valvule de Tarin). L'ensemble forme le lobe flocculonodulaire.

a/ afférences

□ Afférences vestibulaires primaires

Une partie des fibres du VIII se projette directement sur le cortex cérébelleux.

□ Afférences vestibulaires secondaires :

Les fibres primaires du VIII font relais dans le noyau vestibulaire. Il fournit des fibres vestibulocérébelleuses (fibres moussues). Les afférences vestibulaires empruntent le corps restiforme (PCI) dans sa partie interne

□ Afférences de l'**olive inférieure**.

Les fibres grimpantes issues de l'**olive inférieure** se projettent sur le vestibulocervelet et sur le noyau fastigial par des collatérales.

b/ Le cortex cérébelleux : lobe noduloflocculaire

Il se projette :

- sur le **noyau vestibulaire**
- et sur le **noyau fastigial**

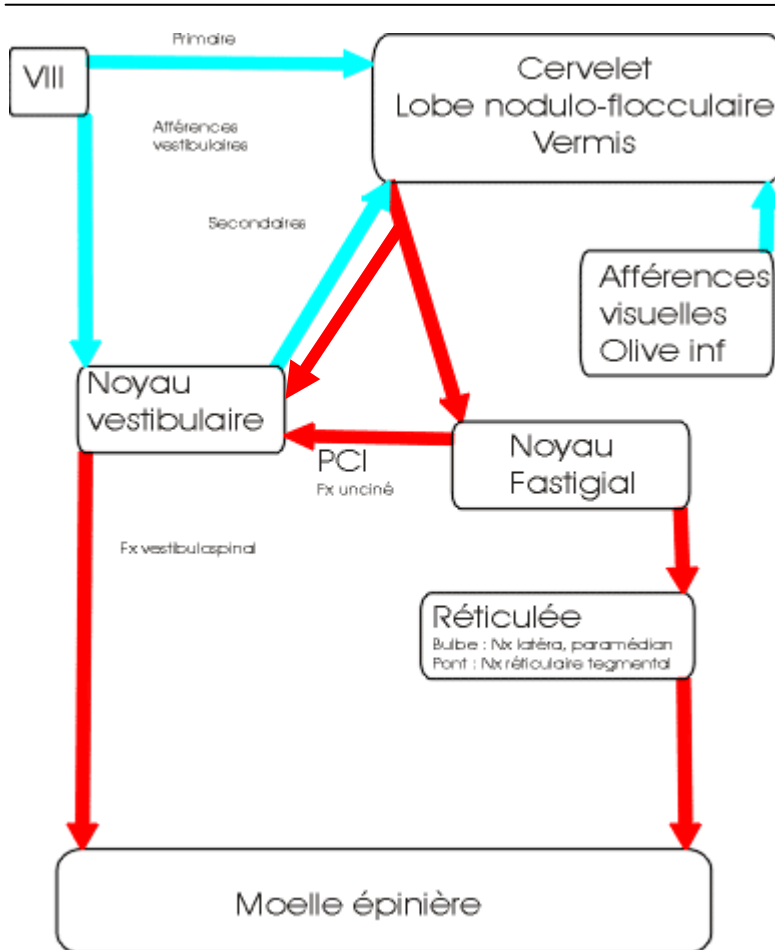
c/ Le noyau fastigial

Le noyau fastigial fournit les afférences du vestibulocervelet qui empruntent le PCI.

Elles ont pour cible :

- le **noyau vestibulaire**.
- la **substance réticulée**.

Ces noyaux donnent les voies **vestibulospinales** et **réticulospinales**. Elles influencent l'activité des motoneurones médullaires. Ces noyaux fournissent aussi des projections pour le faisceau longitudinal médial (FLM).



Une partie des fibres fastigiobulbaires forment le **faisceau unciné de Russell**. Ce faisceau croise la ligne médiane et passe au-dessus du PCS controlatéral pour rejoindre les efférences vestibulocérébelleuses dans le corps restiforme (PCI) controlatéral

d/ Rôle du vestibulocervelet

Le vestibulocervelet contrôle l'ajustement du **tonus** musculaire, **l'équilibre** et les réponses motrices aux stimulations vestibulaires

2/ le spinocervelet :

Il répond aux régions vermiennes (sauf nodule et uvula) et paravermiennes.

Sa cible : le noyau du Faîte et les noyaux interposés.

Synergie musculaire et contrôle du tonus

a/ Afférences

Les afférences médullaires.

La moelle donne des voies spinocérébelleuses :

- ❑ **la voie spinocérébelleuse dorsale** (de Flechsig) : elle naît du noyau Thoracique (T1~L3). Elle chemine à la périphérie du cordon latéral de la moelle en arrière de la voie SC ventrale. Cette voie directe emprunte le pédoncule cérébelleux inférieur homolatéral.
- ❑ **la voie spinocérébelleuse ventrale** (de Goewers) elle naît de la lame VII dans la moelle, des interneurons de la région lombosacrée. Elle croise la ligne médiane, pénètre dans le cervelet par le pédoncule cérébelleux supérieur. Comme le PCS croise la ligne médiane dans le mésencéphale, elle revient de son côté d'origine.
- ❑ Ces voies spinocérébelleuses véhiculent les informations issues des récepteurs profonds du membre inférieur et du tronc.
- ❑ **La Voie cunéocérébelleuse**
- ❑ véhicule aussi des informations du membre supérieur et du cou jusqu'au cervelet. Les fibres empruntent le cordon postérieur et relaient dans le noyau cunéiforme latéral.

Ces voies se projettent sur le cortex cérébelleux selon une somatotopie, informent le cervelet sur la réalisation de la tâche motrice (sensibilité inconsciente)

Afférences réticulaires

Plusieurs noyaux de la rétillée se projettent sur le cervelet : Noyau réticulaire latéral, noyau réticulaire paramédian et noyau réticulaire tegmental.

Les noyaux réticulaires ont des afférences multiples : corticales, médullaires et nerfs crâniens

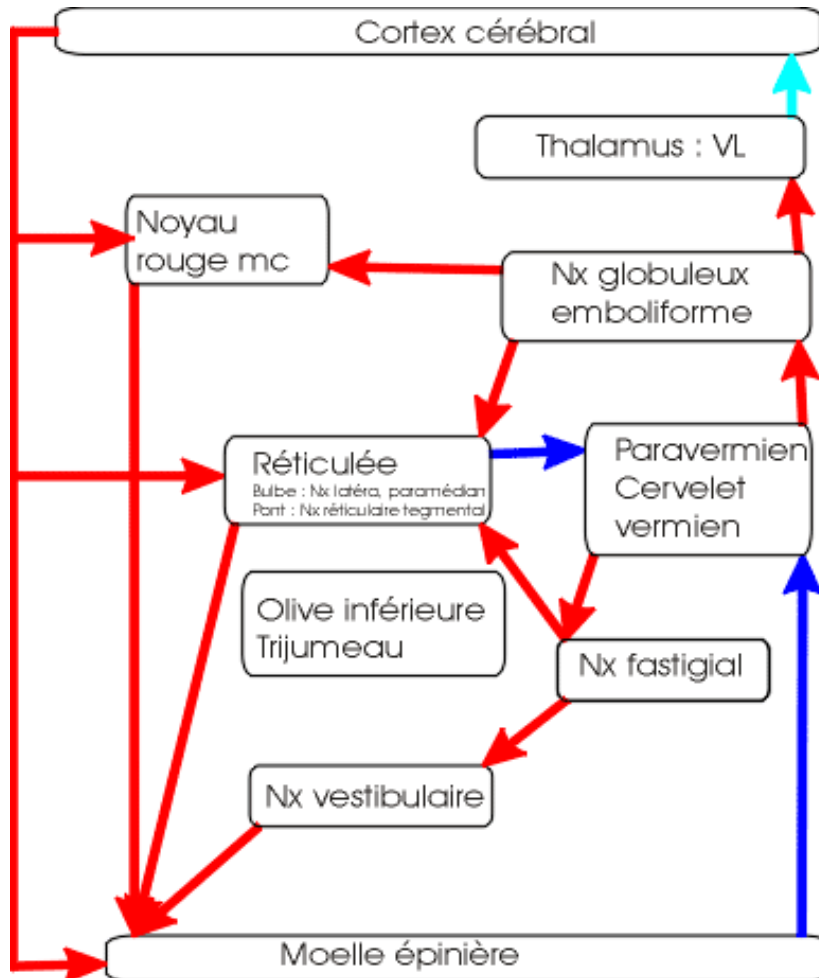
Autres afférences

Trijumeau : sensibilité de la face

Olive inférieure (accessoire)

b/ Projections corticonucléaires

le cortex spinocérébelleux se projette sur le noyau interposé et sur le noyau fastigial.



c/ Efférences

le noyau interposé a trois cibles principales

- **le noyau rouge** (magnocellulaire) :

Le noyau rouge, partie magnocellulaire (NRmc) est à l'origine de la **voie rubrospinale**. Elle **croise** la ligne médiane et descend en avant de la voie pyramidale dans le **cordon latéral** (système latéral de la motricité).

- **le thalamus (VL)** influence le cortex cérébral (aire motrice primaire , MI).

- **la substance réticulée** fournit les voies réticulospinales.

—> les efférences des noyaux empruntent le **pédoncule cérébelleux supérieur** (PCS), qui **croise** la ligne médiane dans le mésencéphale.

—> Ces efférences influent les **voies descendantes** qui **croisent à nouveau** la ligne médiane.

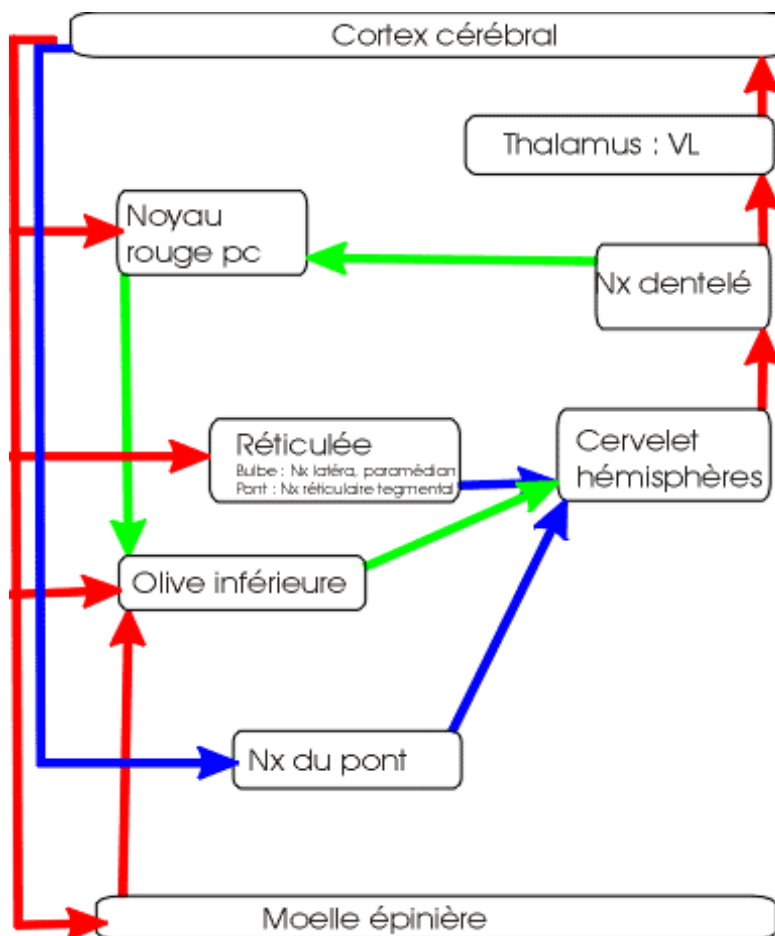
=> La **sémiologie** des lésions cérébelleuses gauche reste **homolatérale**.

=> Le spinocervelet traite des informations proprioceptives qui concernent la motricité en cours de réalisation. Ceci permet de comparer cette tâche motrice réalisée avec le projet moteur d'origine corticale, **détecter des erreurs** et les corriger. Par ailleurs il contrôle le **tonus musculaire** et les **synergies musculaires**.

3/ le néocerevet :

a/ les afférences

- Afférences **corticales**, nombreuses issues de tous les lobes. Elles sont projetées sur les **noyaux du Pont**. Ces noyaux fournissent les **fibres pontocérébelleuses** (PCmoyen) qui **croisent** la ligne médiane. Ces fibres se projettent sur le cortex cérébelleux : **hémisphères** cérébelleux et donnent des collatérales au **noyau dentelé**.
- L'**olive inférieure** fournit toutes les **fibres grimpantes**. Ces fibres se projettent directement aux **cellules de Purkinje** dans le cortex cérébelleux et donnent une collatérale aux **noyaux cérébelleux**. L'olive bulbaire reçoit des afférences du **cortex cérébral** et de la **moelle spinale**.



b/ les projections corticonucléaires

c/ Le cortex du néocervelet a pour cible le noyau dentelé.

d/ Les efférences

le noyau dentelé fournit les efférences du néocervelet. Elles empruntent le Pédoncule Cérébelleux Supérieur qui croise la ligne médiane et a deux cibles :

- **le noyau ventrolatéral (VL) du thalamus** qui se projette sur le **cortex cérébral**.

- **le noyau rouge** parvocellulaire (NRpc) qui se projette sur l'**olive inférieure (bulbaire)** pour former une boucle. L'olive bulbaire se projette à son tour sur le cervelet.

Le cervelet a un rôle dans l'**apprentissage moteur** par modification de la plasticité synaptique des cellules de Purkinje sous l'influence puissamment excitatrice des fibres grimpantes.

Des projections visuelles et auditives atteignent le cervelet.

IV/ Ganglions de la base (Noyaux gris centraux)

INTRODUCTION

1/ Définition anatomique

Ensemble de **noyaux sous corticaux** télencéphaliques et diencéphaliques contrôlant l'activité corticale. Ils sont appelés aussi ganglions de la base (basal ganglia)

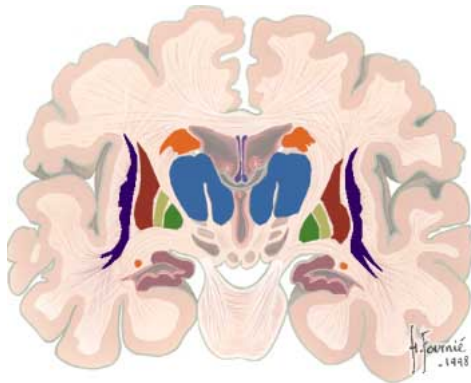


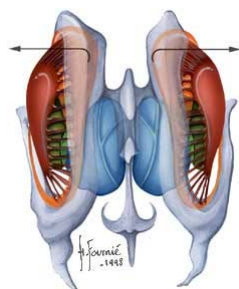
Figure 42 : coupe de Charcot

Intégrés dans des **boucles cortico-sous-corticales**. Ils contribuent à la préparation, au déroulement et à l'automatisation du mouvement.

Ils influencent l'origine corticale des voies descendantes.

Leurs lésions entraînent des symptômes concernant la régulation du tonus et de la motricité.

Le striatum comprend plusieurs parties :



- l'**archéostriatum**, le plus ancien : **complexe amygdalien**. Il est situé en avant de l'hippocampe, à la face interne du lobe temporal. Il fait partie du système limbique.
- le **paléostriatum** : le **pallidum** ou **globus pallidus interne (GPi) et externe (Gpe)**.
- le **néostriatum** ou striatum comprend le **noyau caudé** et le **putamen**.

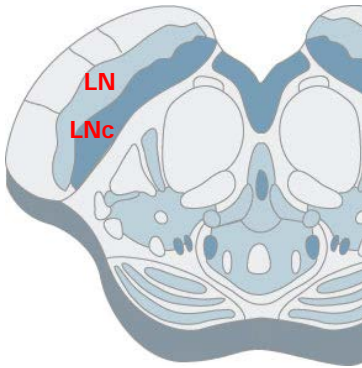
L'ensemble paléostriatum et néostriatum forme le **corps strié**.

Le **noyau lenticulaire** regroupe le putamen et le globus pallidus

Figure 43 : vue supérieure des noyaux gris centraux

2/ AUTRES NOYAUX ASSOCIÉS :

- le **locus Niger** (LN, substance noire) : noyau mésencéphalique qui contrôle le néostriatum. Il forme la limite entre, en avant, le pied du mésencéphale (crus cerebri) et le tegmentum mésencéphalique en arrière. Le locus niger comprend deux parties :



- La **partie compacte** (LNc) contient les neurones **dopaminergiques** au niveau desquels est colocalisée la **neuromélanine**, naturellement pigmentée.
- La **partie réticulaire** (LNr) contient les neurones **gabaergiques**. Cette région partage les mêmes caractéristiques que le Gpi.

- le **noyau sous-thalamique** (NST ou corps de Luys) : situé sous le thalamus, est connecté avec le pallidum.

On différencie aussi :

- le **néo-striatum dorsal** : partie supérieure de néostriatum (reçoit les afférences néocorticales).
- le **néo-striatum ventral** : partie inférieure du néostriatum (intègre les afférences limbiques). Comprend le nucleus accumbens septi (relie la portion inférieure et antérieure de la tête du noyau caudé au putamen), hippocampe, GPH, amygdale, couches profondes du tubercule olfactif.

3/ Histologie et histochimie

Le néostriatum contient deux populations de neurones :

- **neurone de projections** épineux: représentent 90% des neurones striés. Ils contiennent du **GABA**, de la taurine et des neuropeptides.

- **interneurones** non épineux : grands interneurones **cholinergiques** et des petits interneurones **GABA**.

Quand deux neurones gabaergiques font synapse, le premier neurone inhibe le pouvoir inhibiteur du deuxième neurone. La cible de ce réseau sera alors désinhibée.



L'étude de la réactivité des neurones à l'**acétylcholinestérase** montre que le néostriatum est compartimentalisé en îlots faiblement réactifs ou **striosomes** dispersés sur un fond fortement marqué ou **matrice**.

Ces deux compartiments diffèrent par leurs connexions, leurs neurotransmetteurs et leurs neuromodulateurs.

Le **Gpi** et le **LNr** sont proches par leur histologie et leur biochimie : grands neurones multipolaires

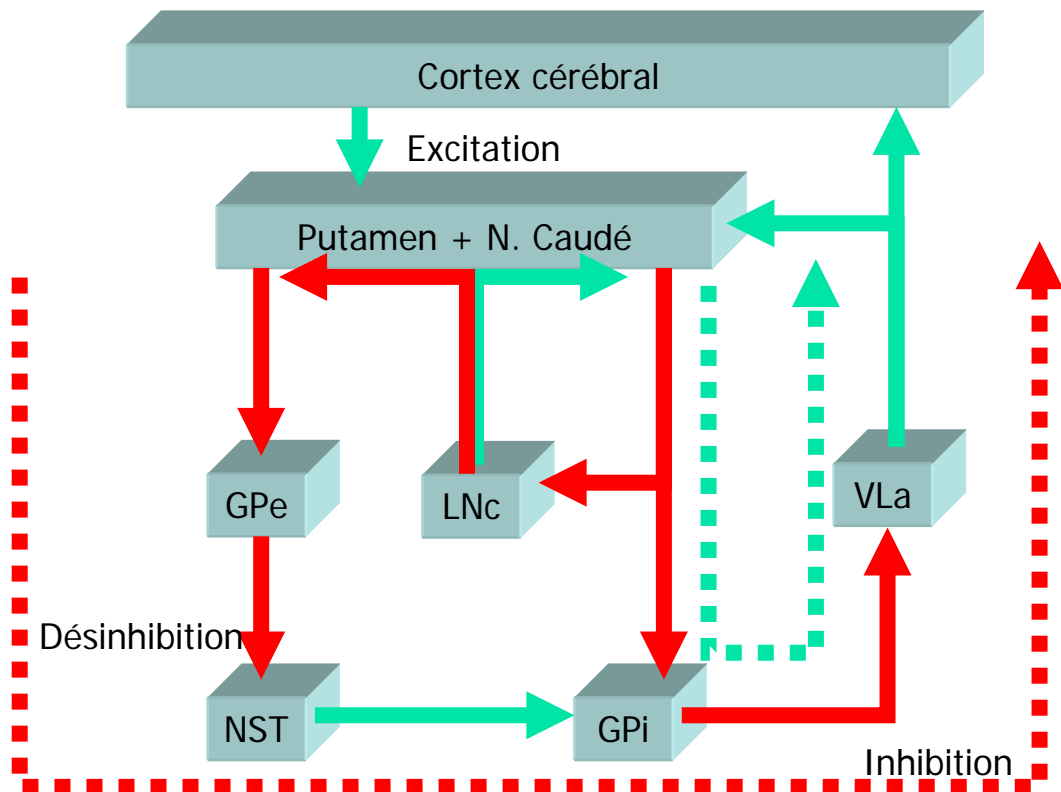
Figure 44 : activité acétylcholinestérasique

gabaergiques.

CONNEXIONS

Le néostriatum reçoit des informations de tout le **cortex** cérébral. Les projections corticostriées sont très **organisées**. Chaque région corticale se projette à un niveau précis du néostriatum. Les NGC vont se projeter à nouveau sur le cortex via le thalamus. Ces circuits sont donc organisés en véritables **boucles cortico-souscortico-corticales**. Selon les cibles du néostriatum, on distingue les **voies directe et indirecte**.

1/ La voie directe

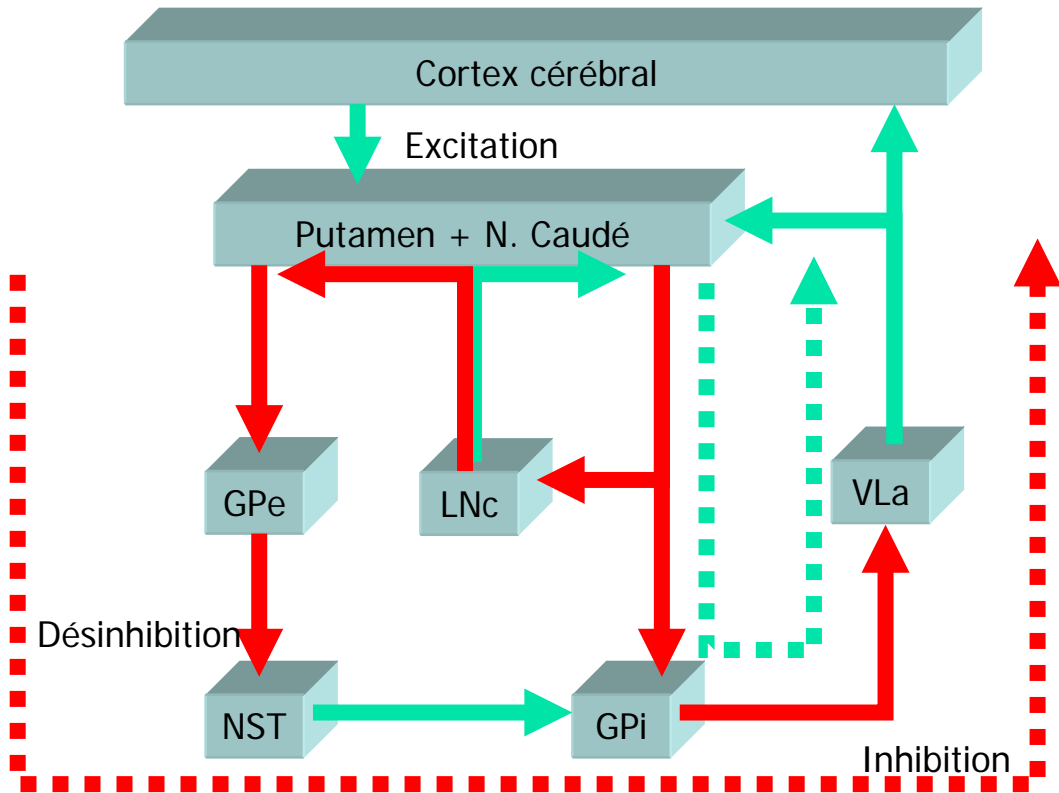


- Les neurones de projection **gabaergiques** du **néostriatum** se projettent directement sur le globus pallidus interne (**Gpi**) et sur la partie réticulaire du locus Nigra (**LNC**). Le néostriatum ne présente pas d'activité spontanée.
- **le Gpi** et le **LNC** représentent la cible finale des NGC avant le thalamus. Ces deux noyaux gabaergiques ont un puissant effet inhibiteur sur le thalamus (**VLa**, noyau ventrolatéral antérieur).
- **le thalamus** (**VLa**) 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**).

⇒ Cette voie directe :

- **désinhibe le thalamus** quand elle est mise en jeu.
- **renforce l'activité corticale**.

2/ La voie indirecte



Elle passe par une boucle pallidothalamique.

les neurones **gabaergiques** de projection du **néostriatum** (NC + Putamen) se projettent sur le globus pallidus externe (Gpe).

- le **Gpe**, gabaergique, se projette sur le noyau sous-thalamique.
- le **noyau sousthalamique**, fortement excitateur, a pour cible le GPI.
- le **GPI** se projette sur le thalamus (Vla).
- le **thalamus (Vla)** se projette sur le **cortex** cérébral (aire motrice supplémentaire).

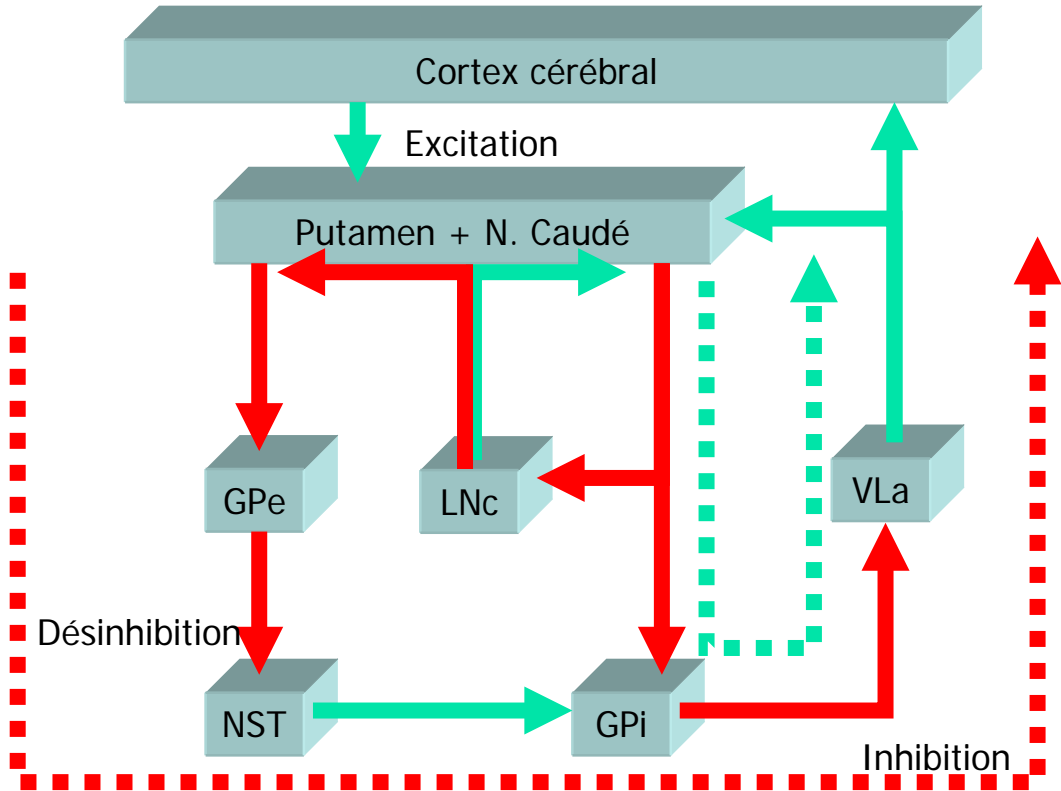
=> Cette voie indirecte

- **désinhibe le noyau sous-thalamique** quand elle est activée.
- le noyau sousthalamique **renforce donc l'inhibition du thalamus** par le Gpi.

Cela réduit donc l'activité thalamo-corticale.

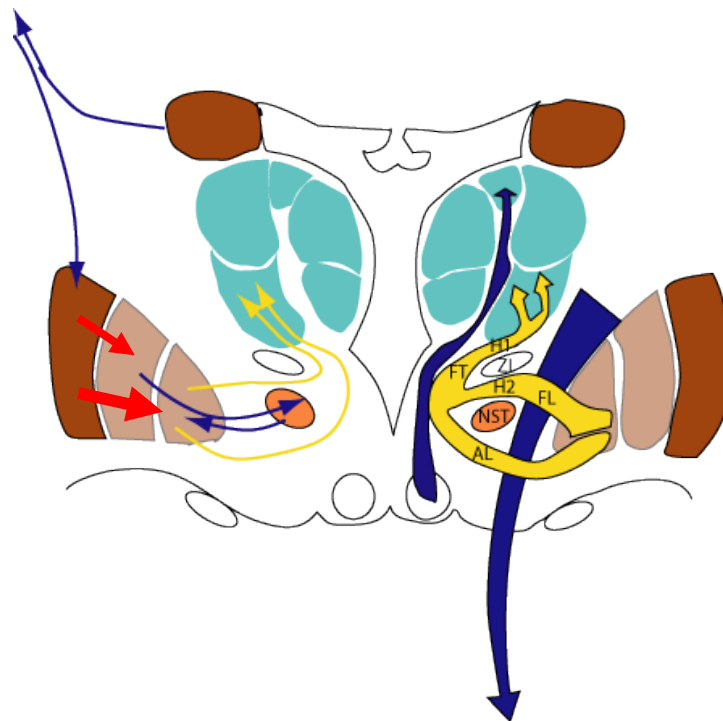
3/ La boucle nigrostriée

4/ La boucle pallido-sous-thalamique



Noyau essentiel par l'activation qu'il opère sur le GPi (pallidum interne).

5/ Synthèse par noyau



Le **néostriatum** reçoit :

- Des **afférences corticales**, les plus importantes de presque tout le cerveau. Elles empruntent les capsules interne, externe et le faisceau sous-calleux. Elles peuvent provenir de collatérales de voies descendantes. Ces afférences excitatrices sont **glutamaergiques**. Les afférences corticales associatives (PréF, P, T et cingulaires) se projettent sur le noyau caudé. Les afférences *néocorticales* ont pour cible le **striatum dorsal**. Les afférences *limbiques* se projettent sur le **striatum ventral**.
- Des **afférences thalamiques** par les noyaux intralaminaires. Le *centre médian* se projette sur le putamen, territoire strié sensori-moteur. Le *noyau parafasciculaire* se projette sur le striatum associatif (noyau caudé) et le striatum limbique ou ventral. Ces projections sont excitatrices, **glutamaergiques**.
- Des **afférences mésencéphaliques** viennent principalement de la pars compacta du **locus niger**. Ces neurones dopaminergiques excitent la voie directe par les récepteurs dopaminergiques D1 (neurones striés inhibant le GPi et LNr). Ils inhibent la voie indirecte par les récepteurs D2.

Les neurones de projection GABA du néostriatum ont pour cible :

- Le Gpe
- Le GPi
- Le LNr
- Le pallidum ventral

Le **GPi et le LNr**, principales structures de sortie des NGC, reçoivent :

- Des afférences glutamaergiques du noyau sous thalamique
- Des afférences gabaergiques du putamen (GPi) et du noyau caudé (LNr)

Le GPi et le LNr se projettent sur le thalamus :

- Noyau ventral antérieur (VA)
- Noyau ventral latéral antérieur (Vla)
- Noyau dorsomédian (DM)
- Noyaux intralaminaires (IL)

Les afférences du GPi empruntent trois voies :

- le **faisceau lenticulaire** apparaît à la face *dorsale* du GPi. Il traverse la capsule interne et passe *au-dessus* du noyau sous thalamique en formant le **champ H2 de Forel**.
- l'**anse lenticulaire** naît à la face *ventrale* du GPi suit un trajet oblique en dedans et en arrière jusqu'au **champ H de Forel** sous le NST (noyau sous thalamique).

- Le faisceau lenticulaire rejoint l'anse lenticulaire en dedans de la **zona incerta**. Leur réunion forme le **faisceau thalamique** ou **champ H1 de Forel**.

6/ Circuits cortico-souscortico-corticaux

a/ Système massivement parallèle.

Les NGC traitent :

- Des **informations motrices** qui intéressent le cortex moteur et prémoteur. De nombreux paramètres du programme moteur sont traités parallèlement.

4, 6, AMS, 3, 1, 2, 5 → NGC → VIa → AMS

- Des informations concernant l'**oculomotricité** mis en jeu au cours de la fixation du regard et des saccades (mouvements rapides).

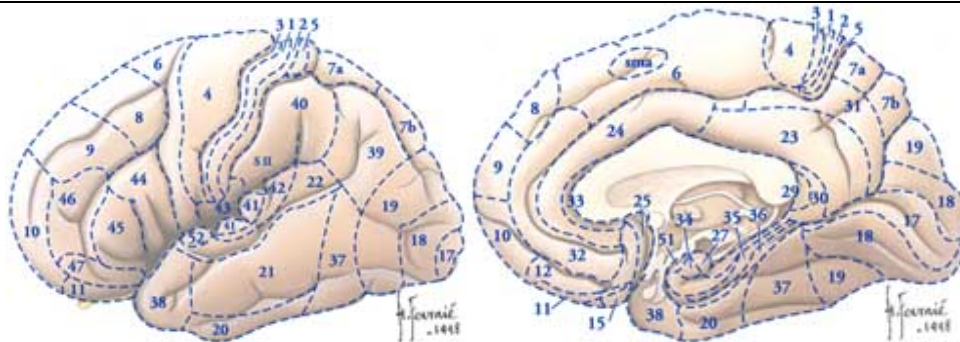
8, 9, 10, 7 → NGC → DM → 8

- Les aires associatives **préfrontales dorsolatérales** se projettent aussi sur les NGC.

9, 10 → NGC → Vapc → 9

- Des circuits intéressants le **système limbique**. Ce système limbique est en relation avec le striatum ventral. Ce circuit concerne les **motivations** du comportement.

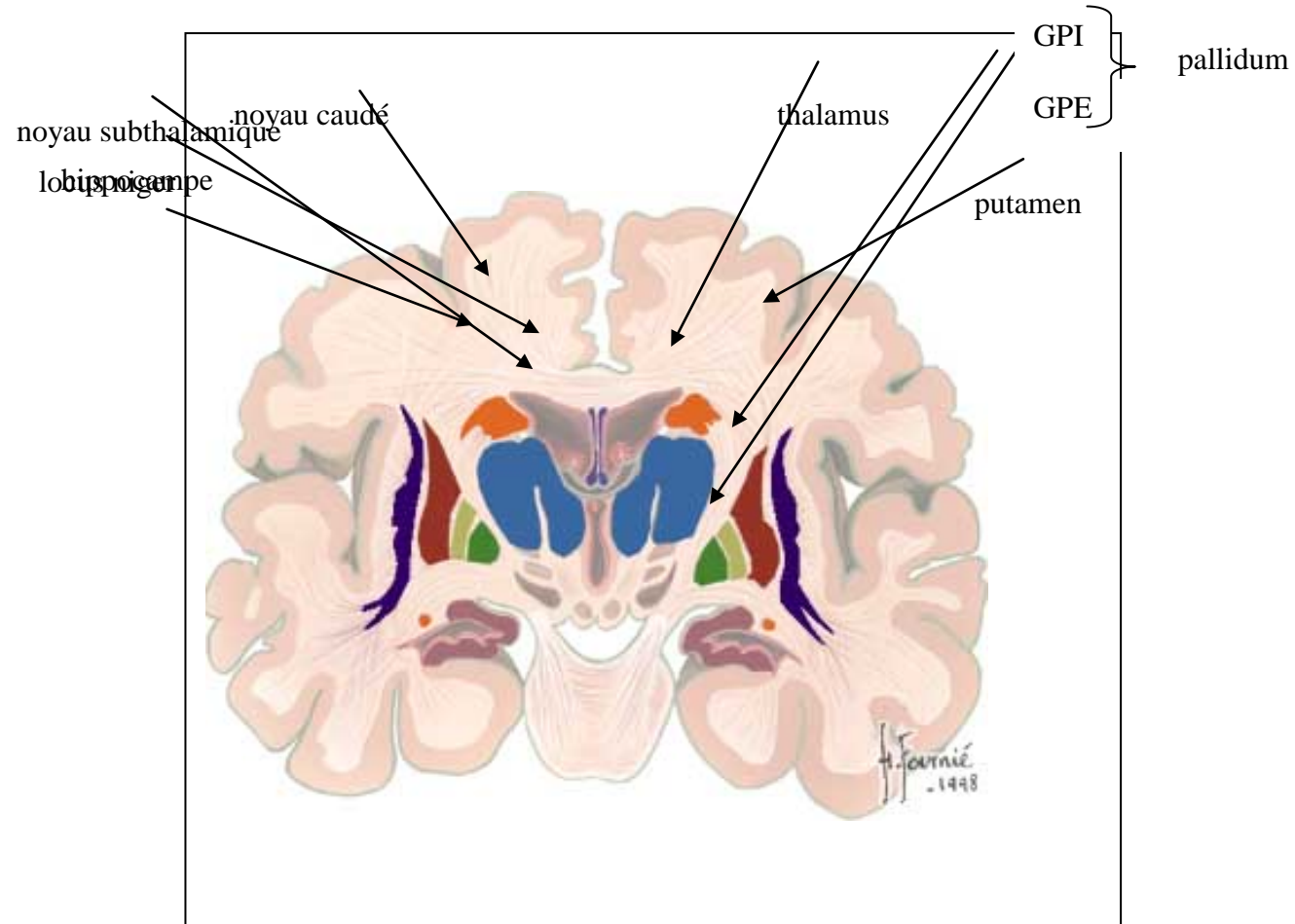
Cingulaire, Hippocampe, GPH (entorhinal et périrhinal) → striatum ventral → Gpi → tegmentum mésencéphalique → DM → cingulaire



—> Il existe un couplage cortex - NGC important pour l'initialisation de la motricité et sa modulation.

Ce système est sous l'influence du locus Niger, dont les connexions réalisent **la boucle nigrostriée.**

coupe coronale



PATHOLOGIE EXTRAPYRAMIDALE :

1/ la maladie de Parkinson :

elle est due à une lésion du **locus Niger**. Elle entraîne une baisse d'activité du noyau ventrolatéral du thalamus. Elle est caractérisée par un trépied symptomatique:

- akinésie
- Rigidité, hypertonie plastique.
- tremblements

2/ le ballisme :

Il est dû à une lésion du **noyau sousthalamique**.

Est caractérisé par :

- Mouvements anormaux.
- Hypotonie, liée à une lésion du noyau sousthalamique.

3/ la chorée :

Elle touche le néostriatum : **noyau caudé**.

La *chorée de Huntington* est une maladie génétique autosomique dominante, caractérisée par :

- mouvements anormaux
- hypotonie
- démence progressive.

La *chorée de Sydenham* apparaît après une infection à streptocoque.

V/ Oculomotricité et noyau vestibulaire

1°) L'OCULO-MOTRICITÉ :

3 niveaux :

A) LES NOYAUX :

L' oculomotricité est réglée par trois noyaux oculomoteurs : III, IV et VI dont les cibles sont les muscles de l'œil.

Il existe des voies d'association entre ces noyaux, pour les synchroniser.

B) LA RETICULEE :

La substance réticulée comprend des régions qu'on appelle des centres de la latéralité (protubérance) et des centres de la verticalité (mésencéphale).

C) LE CORTEX :

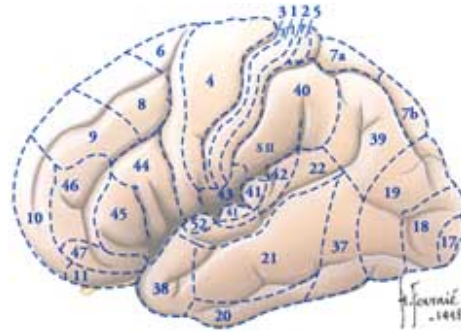
3aires corticales

COF champ oculomoteur frontal	gyrus et sillon précentral à hauteur de F2 au contact de l'aire motrice de la main	Exploration visuelle volontaire : Sacades intentionnelles, mémorisées et prédites.
COP Champ oculomoteur pariétal	Sillon intrapariétal	Exploration visuelle réflexe : Saccades réflexes
COS Champ oculomoteur supplémentaire	Partie antérieure de l'aire motrice supplémentaire	Saccades vestibulaires déclenchées par les mouvements du corps Prépare les programme moteurs associant saccades et mouvements du corps

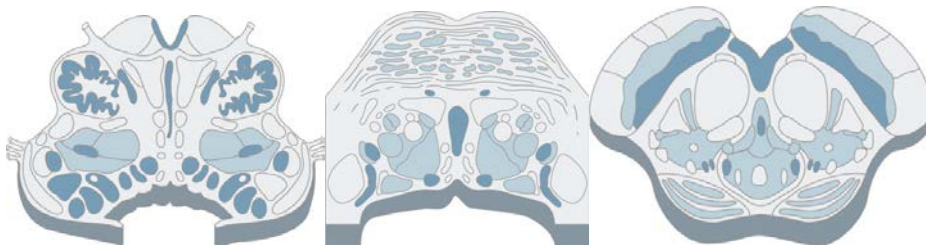
Le cortex occipital reçoit les afférences visuelles primaires

Le cortex pariétal postérieur (gyrus angulaire ?) assure l'intégration visuomotrice : conversion en un vecteur moteur. Il est activé par le lobule P sup (attention visuelle).Le

cortex préfrontal gère les saccades mémorisées grâce à sa mémoire de travail. Spatiale, inhibition et anticipation des saccades.



Mise en place :
VI dans la protubérance
IV dans le mésencéphale inférieur
III dans le mésencéphale supérieur.



Le système d'association est formé par **le faisceau longitudinal médial (FLM)**.

Il descend de chaque côté de la ligne médiale.

Il associe tous les nerfs oculomoteurs entre eux, ainsi que les motoneurones qui commandent les mouvements de la tête (segments cervicaux de la moelle).

Il véhicule les informations du noyau vestibulaire qui se projettent sur les noyaux oculomoteurs et les motoneurones cervicaux.

MOUVEMENTS DE LA LATÉRALITÉ :

Le mouvement d'abduction d'un œil est commandé par le noyau du VI (protubérance).

L'autre œil doit se porter en dedans, c'est-à-dire en adduction, grâce au III (mésencéphale).

Le lien entre les deux est le FLM. Il fait la jonction VI-III.

Ce mouvement a été initié par le cortex cérébral : aire 8 et lobe occipital.

MOUVEMENTS DE LA VERTICALITÉ :

Le centre de la verticalité est dans la substance grise péri-aqueducule.

Il commande le III et le IV.

2°) LE NOYAU VESTIBULAIRE :

Il influence tous les noyaux oculomoteurs et les motoneurones cervicaux.

Il est influencé par la moelle spinale.

Grâce à ce système, il existe une véritable coordination des mouvements des yeux et des mouvements de la tête.

VI/ Thalamus

Introduction

Noyau **diencéphalique**.

Forme une grande partie de la **paroi latérale du 3ème ventricule** avec le sous thalamus et l'hypothalamus.

Il présente une forme **ovoïde** :

à grosse extrémité postérieure : le *pulvinar*.

Et une petite extrémité antérieure située juste en arrière du trou de Monro.

Les deux thalami sont **réunis** par une *adhésion interthalamique* (nucléus reuniens)

La partie supérieure de leur face médiale est parcourue par la *strie médullaire* (habenula)

Le thalamus est un **complexe nucléaire**, il est subdivisé en de nombreux noyaux.

C'est un **relais** essentiel des informations sensitives et sensorielles avant le cortex cérébral.

Il existe des **relations thalamo-corticales** très riches et en majorité bidirectionnelles.

Le thalamus est recouvert par de fines lames de **substance blanche** :

- Dorsale : le *stratum zonale*, mieux marqué en avant
- Latérale : une *lame médullaire latérale* recouverte du noyau réticulaire latéral sépare le thalamus de la capsule interne
- Une *lame médullaire interne* subdivise le thalamus en régions antérieure, latérale et médiale.

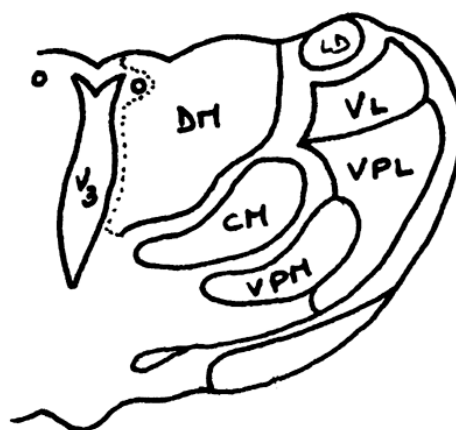
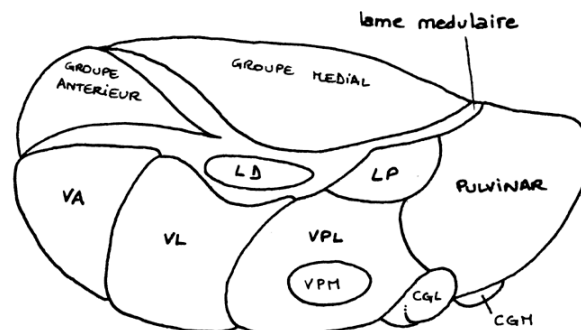
SYSTEMATISATION DES NOYAUX

En fonction de leurs connexions corticales, on distingue **2 types de noyaux** :

- les noyaux à **projections diffuses**
- les noyaux **relais** qui se projettent sur des régions corticales déterminées (rôle dans la perception, motricité et cognition).

Anatomiquement, le noyau thalamique est divisé en trois grandes parties par une lame de substance blanche appelée **lame médullaire interne (LMI)**. Cette lame se divise en deux branches en avant. Elle subdivise le thalamus en **trois grandes régions**

- la *région antérieure* qui est compris entre les deux branches antérieures de division de la lame.
- la *région médiale* se trouve en dedans de la lame médullaire interne.
- la *région latérale*, en dehors de la LMI.



La systématisation complète des noyaux thalamique comprend :

le *groupe antérieur* entre les deux branches antérieures de la LMI

le *groupe médial en dedans de la LMI*

le *groupe latéral* en dehors de la LMI

les *noyaux intralaminaires*, dans la LMI.

le *noyau réticulaire thalamique* à la face latérale du thalamus

les *noyaux de la ligne médiane*, à la face du médiale du thalamus.

La **lame médullaire externe** recouvre la face latérale du thalamus.

LES CONNEXIONS DU THALAMUS :

1/ Le groupe antérieur

Ne comporte qu'un noyau, **le noyau antérieur**

Il peut être subdivisé en 3 parties : ventrale (Av), dorsale (Ad) et médiale (Am)

Type : relais

situation : entre les deux branches antérieures de division de la LMI.

afférences : les **corps mamillaires** qui reçoivent des informations de l'hippocampe par le fornix (trigone).

projections : sur le **gyrus cingulaire** à la face interne du cerveau). Ce dernier se projette sur l'hippocampe par le cingulum, faisceau de SB sous-jacent au cortex cingulaire.

Le noyau antérieur appartient ainsi au circuit de Papez.

Rôle : Apprentissage, mémoire, émotions

2/ Le groupe médial

Noyau dorsomédial.

Ce noyau présente une portion parvocellulaire (petites cellules) et une partie magnocellulaire (grandes cellules)

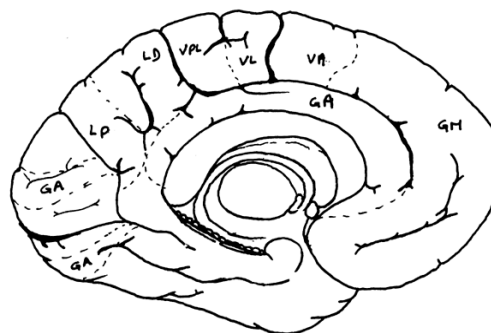
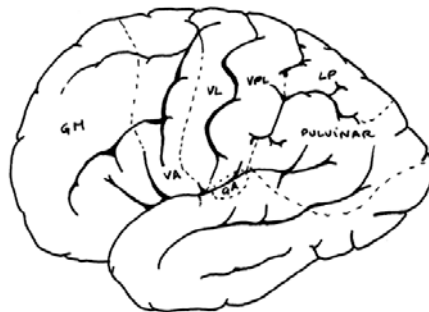
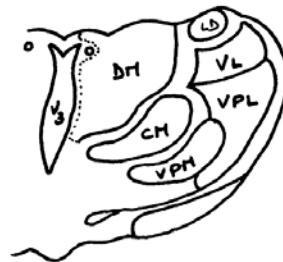
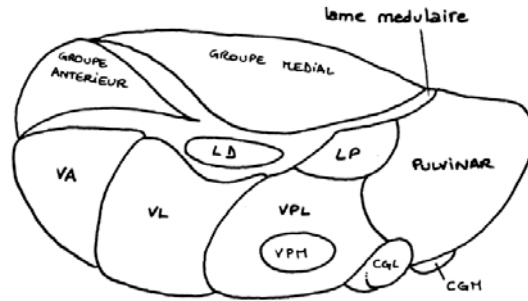
(un noyau médioventral, peu connu, possède des connexions avec l'hippocampe et le gyrus parahippocampique)

situation : en dedans de la LMI

afférences : afférences **limbiques** (noyau amygdalien, aire entorhinale), NGC, hypothalamus, olfaction.

projections : connexions réciproques avec le **cortex associatif préfrontal**. Le pédoncule thalamique inférieur associe le noyau MD au cortex orbitofrontal

Rôle : mémoire, émotions, cognition, apprentissage : sous-tend l'activité préfrontale.



3/ le groupe latéral :

Subdivisé en deux grandes catégories : En dehors de la LMI, les noyaux latéraux se répartissent sur deux étages. Les noyaux latéraux les plus haut situés sont *dorsaux*. Les noyaux latéraux sous jacents sont des noyaux *ventraux*.

a/ noyaux dorsaux

le noyau latéral dorsal

type : relais

afférences : **hippocampe**, pretectum.

efférences : **gyrus cingulaire**.

Rôle : appartient au système limbique

Le noyau latéral postérieur.

Type : relais

Afférences : colliculus supérieur (tubercule quadrijumeau sup), préteectum, lobe occipital

projections : aires pariétales associatives.

Rôle : intégration sensorielle

b/ Les noyaux ventraux :

noyaux relais spécifiques

VA : noyau ventral antérieur, relais des NGC

Portions à grandes cellules, magnocellulaire Vamc, et à petites cellules, parvocellulaire (Vapc).

afférences (avec V1a) : **Globus pallidus interne** (GPi).

Efférences : **aire motrice supplémentaire** (AMS).

Rôle : programmation de la motricité

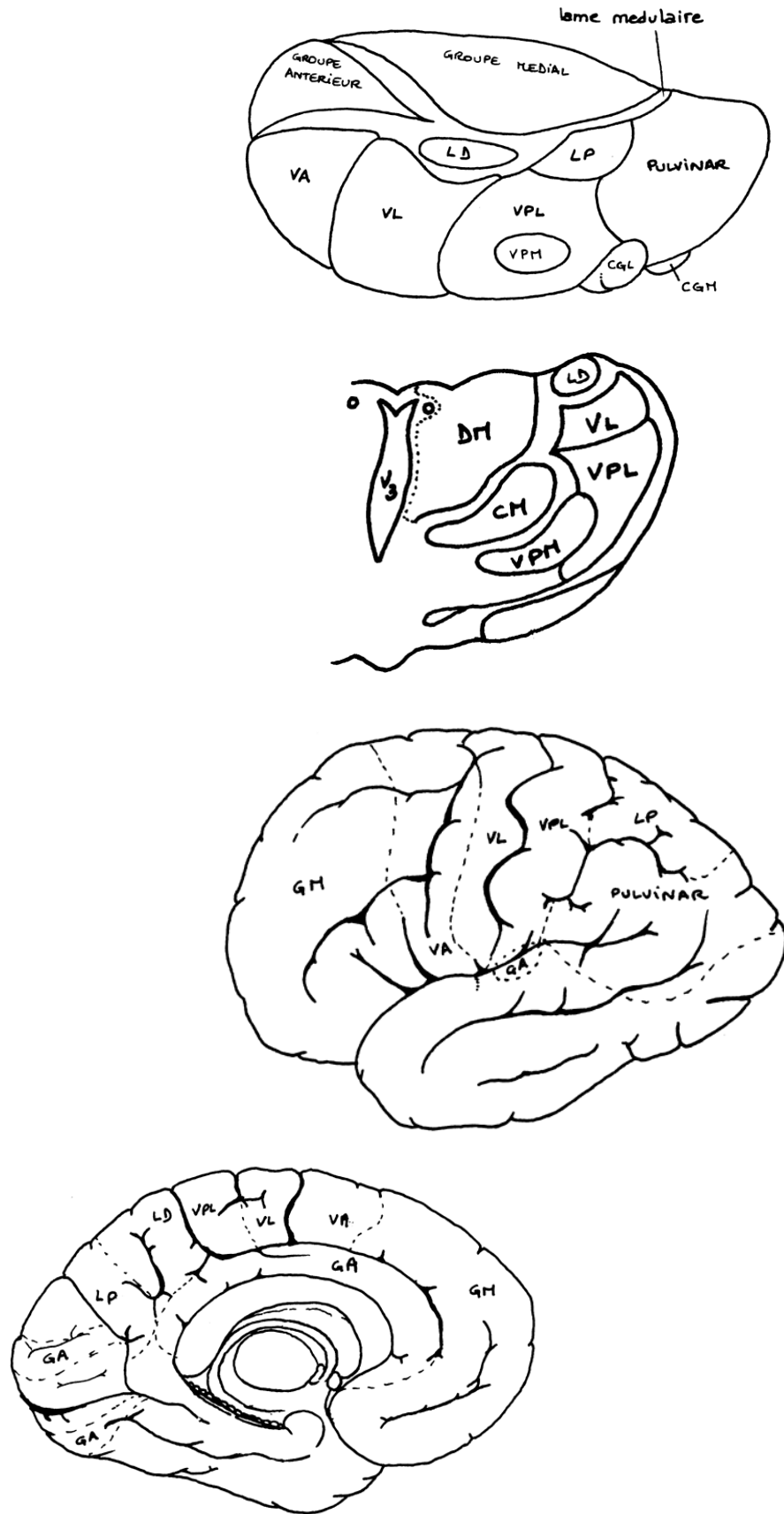
VL : noyau ventral latéral, relais du cervelet

Portions orale (V1o), caudale (VLc) et médiale (VLm)

afférences : **cérébelleuses** (VL postérieur) et du **Globus pallidus interne** (VL antérieur).

projections : aires **motrices** (MI) et **prémotrices** (6).

Rôle : programmation et contrôle de la motricité



VP : noyau ventral postérieur, relais des sensibilités

subdivisé en noyaux **ventro-postéro-latéral**, **ventro-postéro-médian** et ventral postérieur inférieur

Le noyau **ventral postérieur latéral (VPL)**

Subdivisé en deux parties orale (VPLo) et caudale (VPLc)

Afférences : **lemniscus médian, spinothalamique**.

Ce relais s'effectue selon une **somatotopie** : membres inférieurs en dehors, tronc puis membre supérieur en dedans.

Efférences : **gyrus post central**, aires 3a, 3b, 1 et 2

Rôle : Relais somatosensitif des voies de la **sensibilité** :

Le noyau **ventral postérieur médian (VPM)**

Relais des voies de la sensibilité de la face (quintothalamique)

Afférences : voie trijéminothalamique issue du noyau du trijumeau

Efférences : partie basse du gyrus post-central (circonvolution pariétale ascendante).

Les afférences vestibulaires se terminent dans ou près des régions qui reçoivent les afférences du trijumeau. Les afférences gustatives se projettent dans la partie basale du VPM.

4/ Pulvinar :

noyau **associatif**

Extrémité postérieure du thalamus, volumineux.

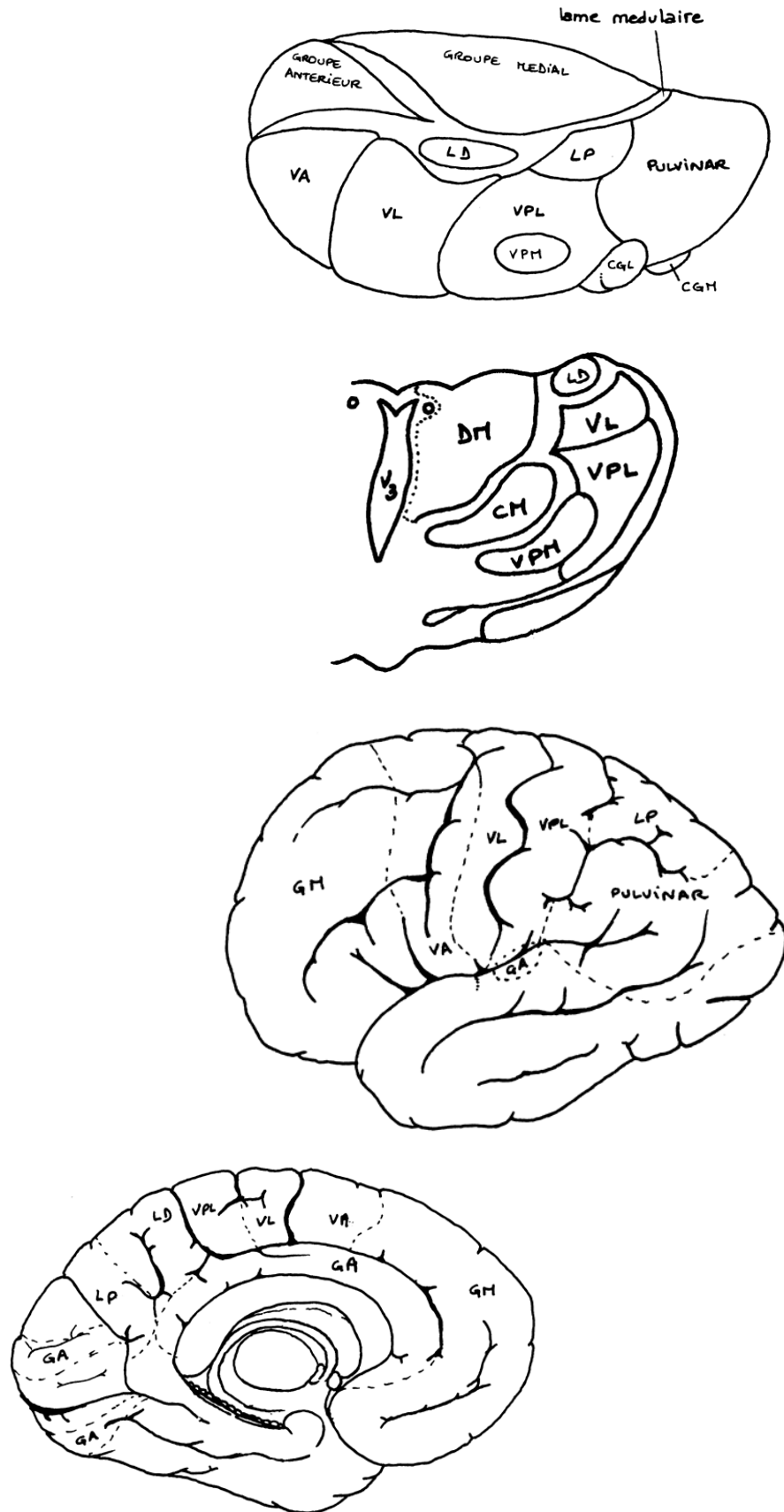
Comprend les parties médiale (Pum), latérale (Pul) et inférieure (Pui)

Type :

Afférences : **colliculus supérieur (TQS)**, **cortex Pariétal**, occipital et temporal

projections : **carrefour temporo-pariéto-occipital**.

Rôle : **intégration sensitive**.



Corps genouillé latéral :

Situé en dessous et en dehors du pulvinar : relais thalamique des voies visuelles. organisé en 6 couches.

Type : relais

afférences : voies optiques (bandelettes optiques). Les afférences rétiniennes relaient selon une rétinotopie en fonction des quadrants réiniens (quadrants réiniens supérieurs en dedans, quadrants réiniens inférieurs en dehors, macula en arrière) et en fonction du coté (Les fibres croisées se projettent sur les couches 1, 4 et 6, Les fibres directes sur les couches 2, 3 et 5)

Efférences : projection sur la scissure calcarine (aire 17 ou striée).

relais des voies de la visio

Corps genouillé médial

interne : relais thalamique de l'audition.

afférences : voies auditives issues du colliculus inférieur (TQI) par le brachium inferior (bras conjonctival inférieur). Relais selon une tonotopie.

Efférences : projection sur le gyrus de Heschl (1ère circonvolution temporale, aire 41 de Brodmann).

Rôle : relais des voies de **l'audition**

5/ le complexe postérieur :

Le complexe postérieur aux confins du pulvinar et du corps genouillé interne reçoit les voies spinothalamiques (thermoalgiques).

le groupe des noyaux intra laminaires :

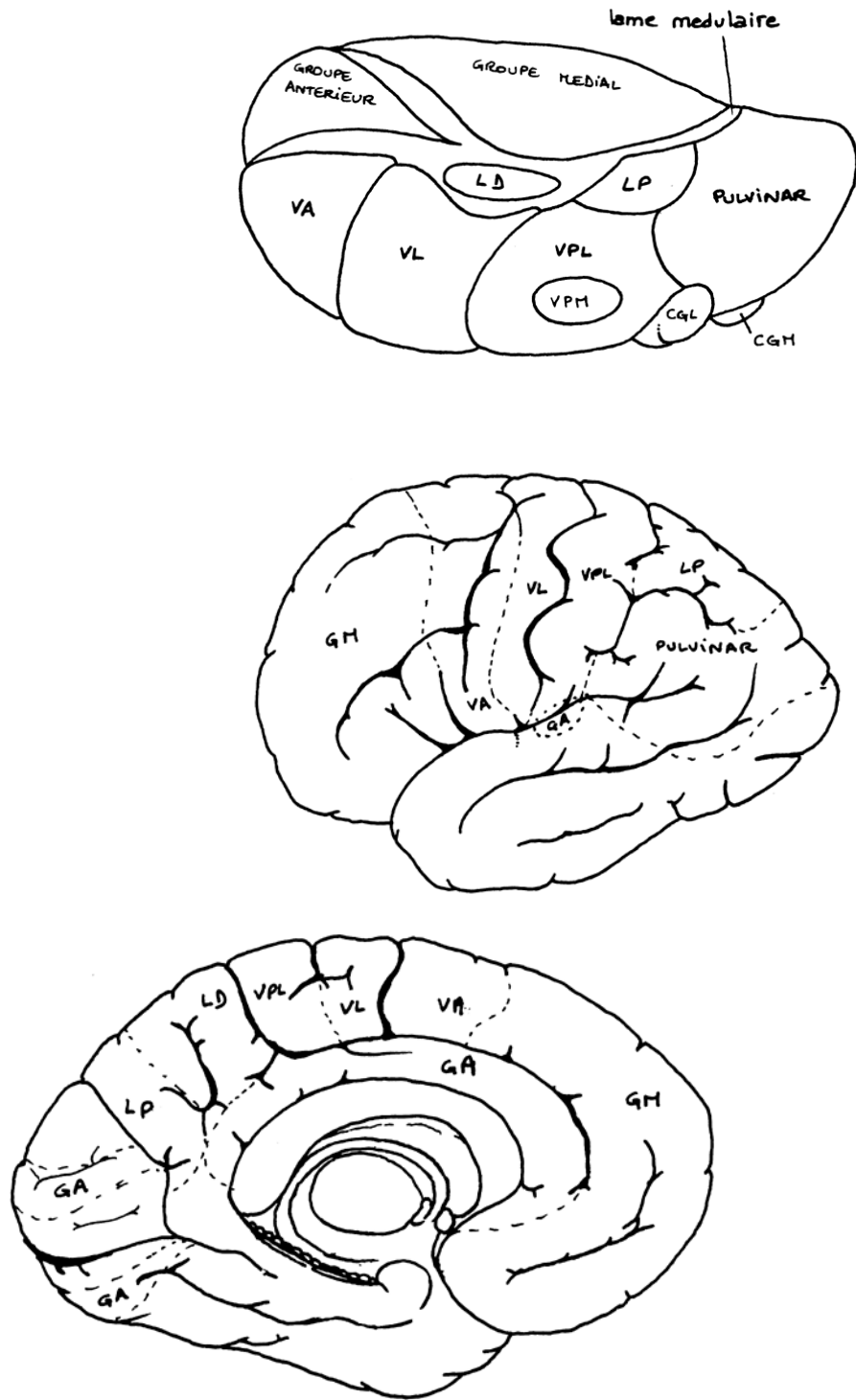
- le noyau centromédian (CM), le plus postérieur
- le noyau parafasciculaire (PF) en dedans du CM
- les noyaux central latéral, paracentral et central médial

type : projections diffuses

afférences : tronc cérébral (réticulée), moelle spinale (voies spinothalamique).

projections : néostriatum et cortex.

Rôle : régulation de l'activité corticale (éveil cortical : réticulée / NIL / cortex)



6/ la réticulée thalamique :

Fine couche de neurones située entre la capsule interne et la lame médullaire externe.

Non connectée à la substance réticulée du tronc cérébral.

Afférences : collatérales des fibres **corticothalamiques** et **thalamocorticales**.

Efférences : projections réciproques sur les **noyaux thalamiques** donnant les afférences.

Rôle : régulation de l'activité des noyaux thalamiques

7/ les noyaux de la ligne médiane :

Adhésion interthalamique (noyaux reuniens).

Type : projection diffuse

Afférences : réticulée, hypothalamus

Efférences : cortex, cerveau antérieur (basal forebrain)

Pathologie thalamique

Syndrome thalamique : dysfonctionnement du contrôle thalamique sur les voies de la sensibilité

Lésions souvent vasculaires du VP plus ou moins étendues à la capsule interne et aux structures adjacentes

Hémianesthésie controlatérale sur toutes les modalités (lemniscales et extra lemniscales)

Hyperpathie, douleurs spontanées et instabilité émotionnelle.

VII/ Audition

INTRODUCTION :

L'audition est un canal sensoriel qui a pour fonction de transformer les vibrations sonores en signaux intégrés en une perception sonore.

C'est un système conscient, somatique, intégré au niveau cortical.

Le spectre de l'audible va de 20 à 20000 Hertz (nombre de vibrations par seconde).

La fréquence = hauteur du son. (grave à aigu). Le timbre dépend de la richesse en harmoniques

Une fréquence n'est jamais pure. Il y a un équilibre entre harmonique paire et impaire.

Cela donne le timbre, c'est à dire la richesse harmonique. Un son comprend une fréquence fondamentale et des harmoniques

Le volume, exprimé en décibels (dB), est une fonction logarithmique des pressions sonores.

Les fréquences harmoniques sont des multiples de la fréquence fondamentale.

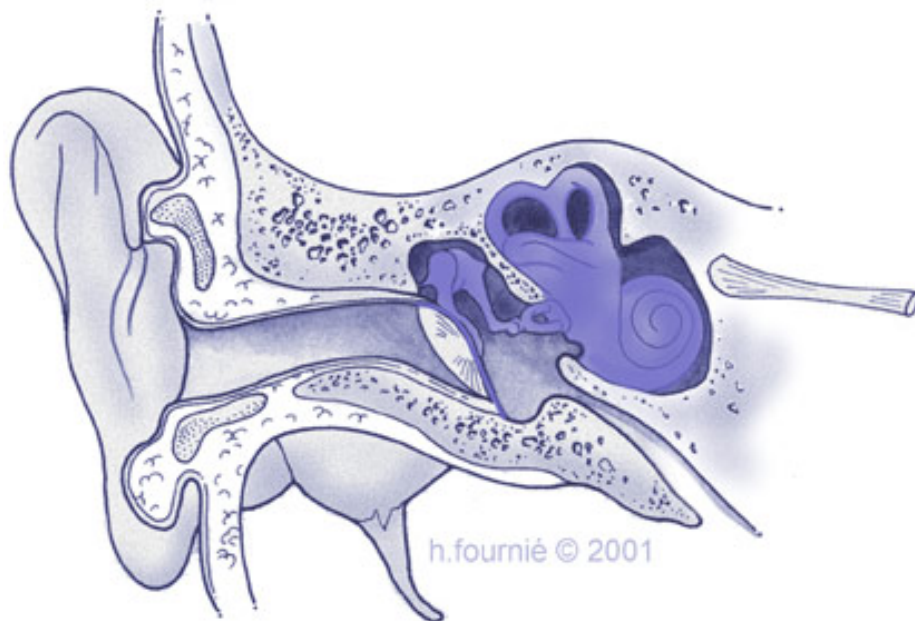


Figure 45 : coupe du rocher

ANATOMIE DESCRIPTIVE

Pour capter et transformer ces sons, l'oreille est divisée en trois parties

1°) l'oreille externe :

- pavillon
- conduit auditif externe : concentre, amplifie les sons.
- tympan : transmet les vibrations aériennes aux osselets.

2°) l'oreille moyenne :

Elle est centrée par la caisse du tympan : cavité plus en dedans de l'oreille externe.

C'est une cavité qui :

- contient **la chaîne des osselets** (marteau, enclume, étrier), qui va transmettre les vibrations du tympan à l'oreille interne.

La mobilité des osselets est contrôlée par 2 muscles :

- le **muscle du marteau** commandé par le nerf trijumeau (V).
- le **muscle stapédien** qui contrôle la mobilité de l'étrier (réflexe stapédien) par le nerf facial.

Ces muscles ont pour but de protéger l'oreille des stimuli trop violents.

comprend **des fenêtres** obturées par des membranes tympaniques :

à la jonction du conduit auditif externe et de l'oreille moyenne : **le tympan**

2 autres fenêtres situées à la jonction entre l'oreille moyenne et l'oreille interne, appelées :

- **fenêtre vestibulaire** en haut (ovale)
- **fenêtre cochléaire** en bas (ronde)

3°) l'oreille interne :

Elle comprend un ensemble de canaux creusés dans le rocher ou labyrinthe osseux, qui contiennent deux systèmes sensoriels ou labyrinthe membraneux.

On distingue :

a - la partie vestibulaire :

Elle comprend un ensemble de canaux semi-circulaires, situés dans les trois plans de l'espace.

Chaque canal présente un petit renflement : ce sont les **ampoules** qui contiennent **les cellules ciliées**.

Ces canaux sont branchés sur l'**utricule**, lui-même branché sur le **sacculé**, qui contiennent aussi des cellules réceptrices.

Ce système détecte les accélérations linéaires et circulaires. Ils informent l'individu de sa position dans l'espace.

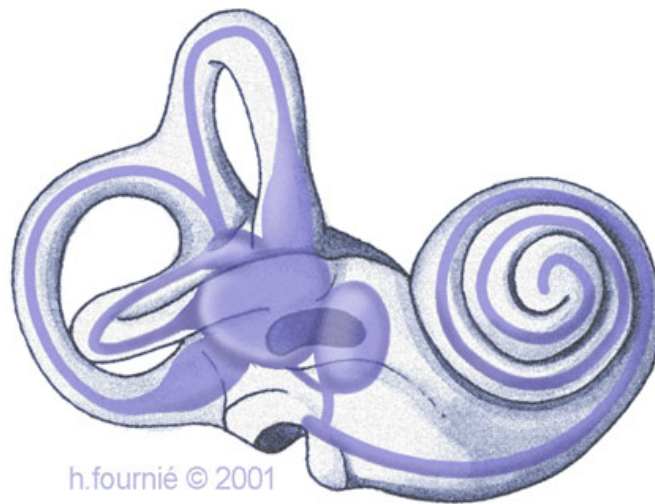


Figure 46 : labyrinthe membraneux

b - la partie cochléaire :

Elle correspond à **la cochlée** ou limaçon.

C'est un canal enroulé sur un axe : **la columelle**, en deux tours et demi de spires.

C'est un canal osseux dans lequel il y a un **labyrinthe membraneux** (LM). Ce LM est centré par un canal cochléaire qui présente :

Une **membrane basilaire** qui supporte les cellules ciliées (organe de Corti).

Une **membrane tectoriale**, gélatineuse qui coiffe le tout.

La **membrane de Reissner**, en haut.

Ce canal cochléaire contient de l'endolymphe.

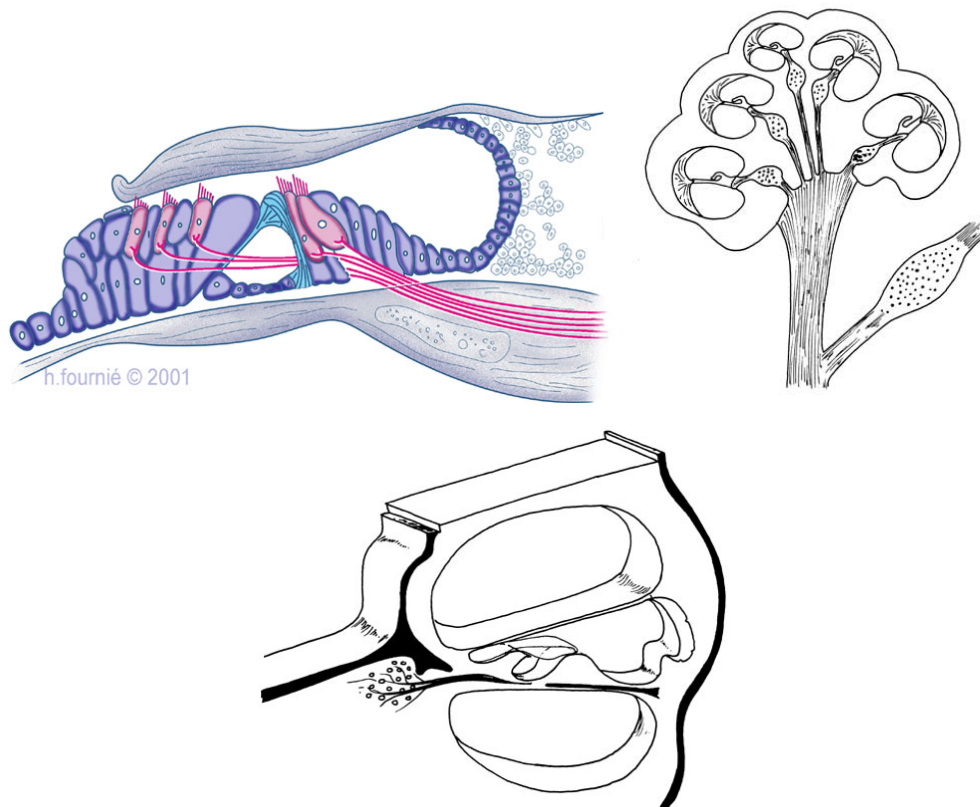
Au-dessus, on distingue une rampe : **la rampe vestibulaire (RV)**. Elle commence au niveau du tympan vestibulaire (fenêtre vestibulaire.) qui est mobilisé par les vibrations des osselets.

Au sommet de cette RV, l'**hélicotréma** : communication avec la RT.

En dessous, on distingue **la rampe tympanique (RT)** qui se termine au niveau du tympan de la fenêtre cochléaire.

Elle sont toutes les deux remplies de périlymphe.

Le nerf cochléaire est au centre du limaçon, pour aller vers le ganglion de Corti.



SUR LE PLAN FONCTIONNEL :

- concentration, amplification des sons par l'oreille externe.
- vibration du tympan.
- oscillation des osselets.

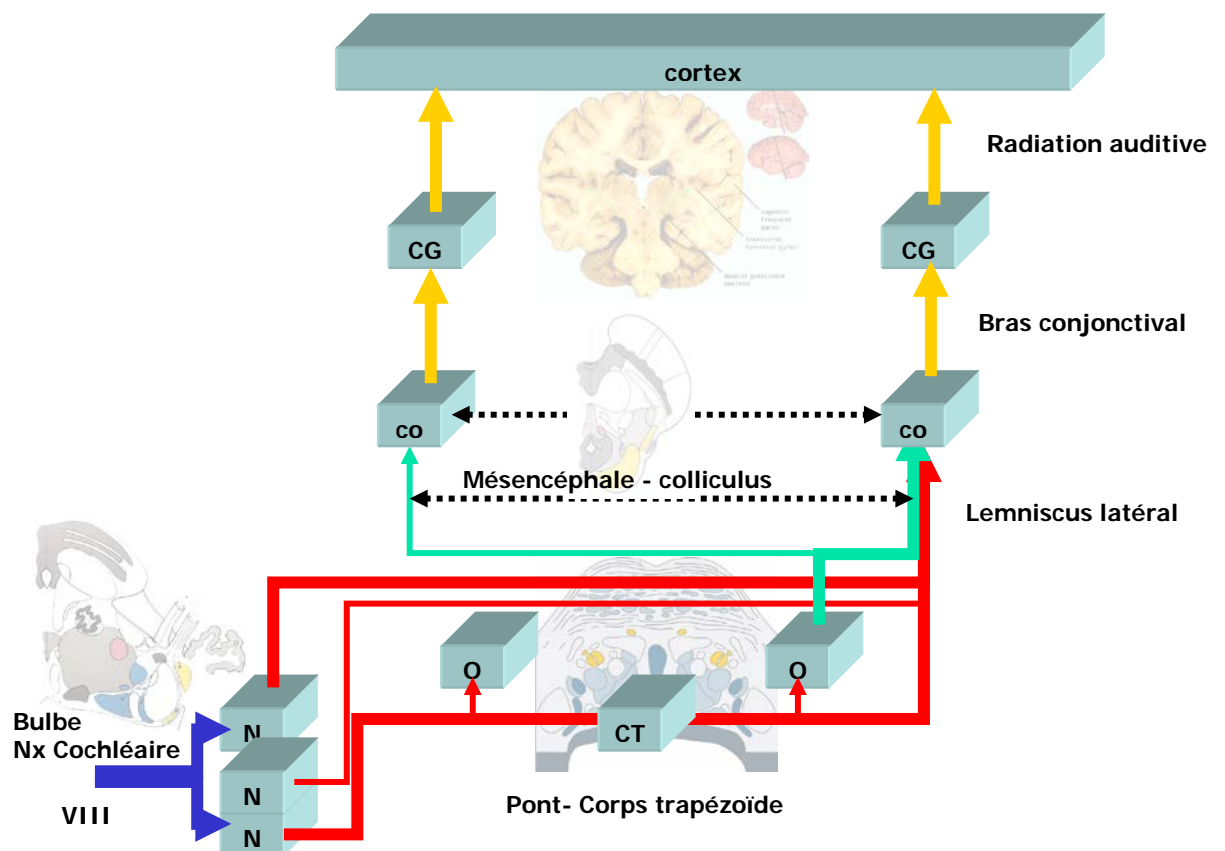
- vibration du tympan vestibulaire.
- transmission dans la périlymphe de la RV.
- passage dans la RT par l'hélicotréma.
- vibrations du canal cochléaire. Chaque région de l'organe de Corti répond préférentiellement à une fréquence (fréquence de résonance). La spire basale répond aux fréquences et la spire apicale aux basses fréquences.
- ces vibrations de la RT sont amorties par la membrane cochléaire.
- les vibrations de la membrane basilaire entraînent des oscillations des cellules ciliées qui stimulent les dendrites du nerf auditif (VIII). Leurs corps cellulaires sont rassemblés en un ganglion de Corti.

LES VOIES DE L'AUDITION

Elles vont de la cochlée à la circonvolution temporelle (T1).

- elles sont partiellement croisées. Sur certains noyaux, afférences bilatérales (binaurales).
- relais intermédiaires supplémentaires qui sont facultatifs.
- c'est un canal sensoriel qui a un dernier relais obligatoire et thalamique : le corps genouillé interne (CGI). Il est la source des radiations auditives qui montent au cortex temporal.

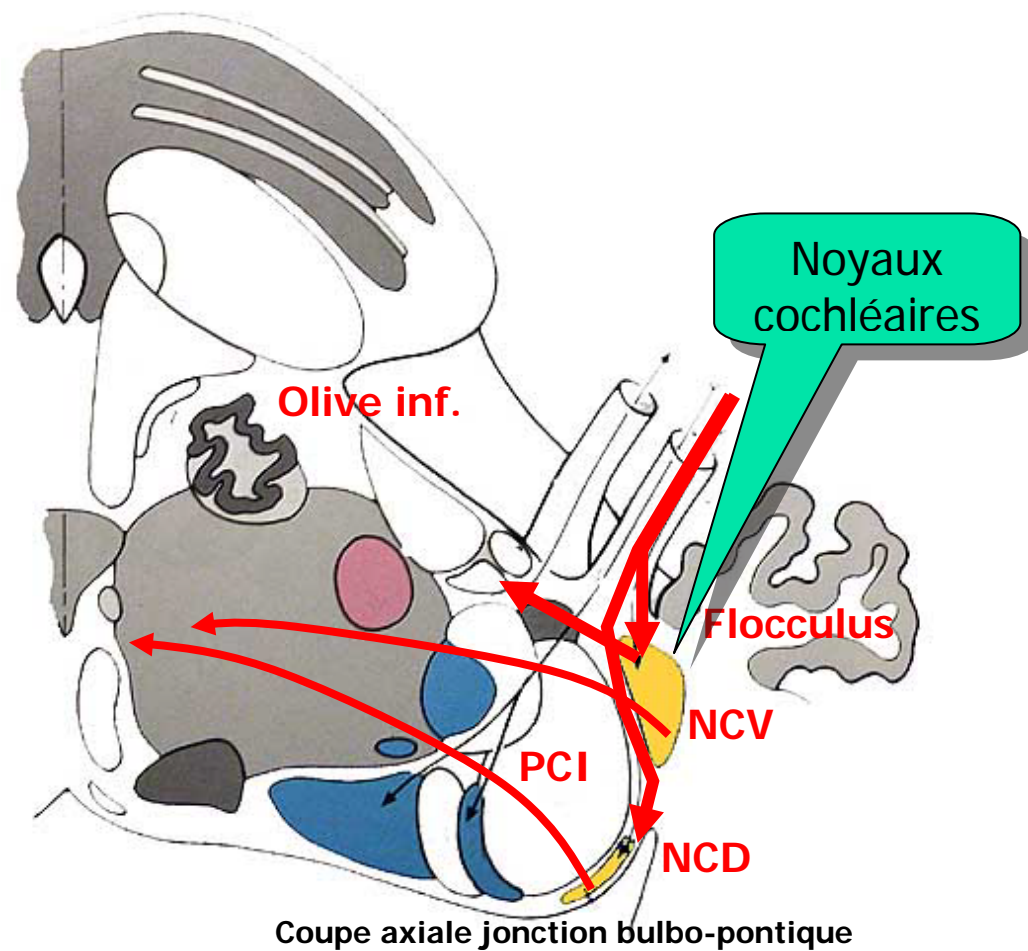
Tout le long de cette voie, il existe une organisation en fonction des fréquences ou tonotopie.



1/ Les voies ascendantes :

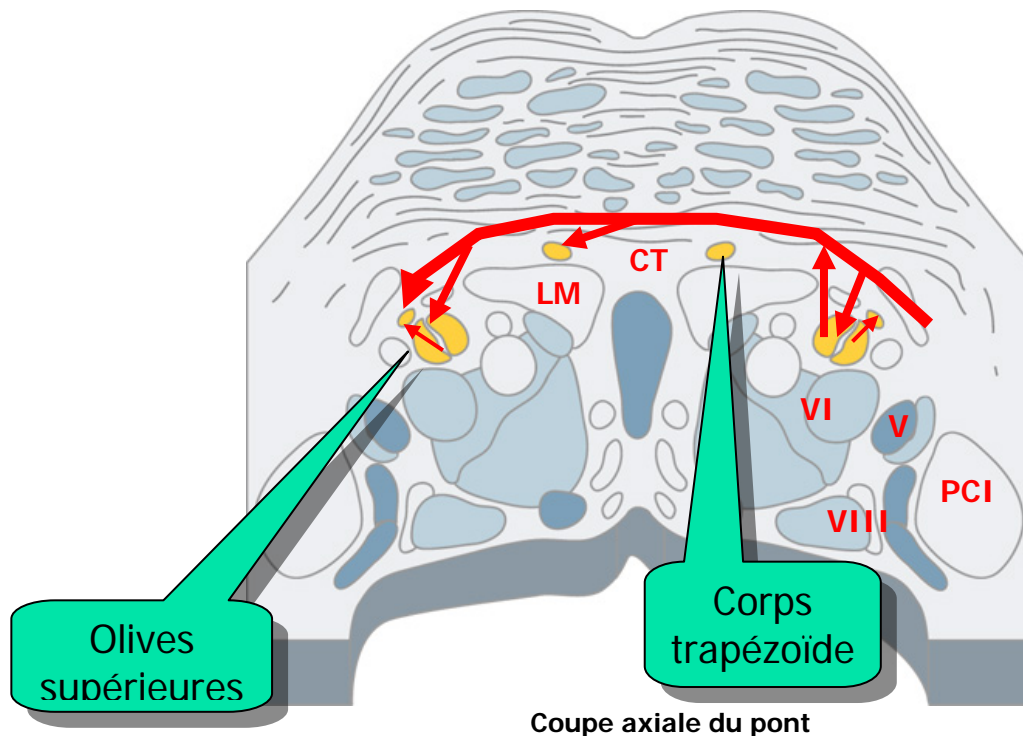
a/ Les relais :

- le noyau cochléaire
divisé en noyau cochléaire ventral et dorsal, positions très latérale et superficielle dans le bulbe haut, en dehors des PCI
- reçoit une projection organisée des afférences : tonotopie.
- ce relais est obligatoire.



le complexe olivaire supérieur

Ce complexe nucléaire est un relais facultatif. Il est situé dans le tegmentum de la protubérance annulaire, en position antérieure et latérale. Il reçoit des afférences des deux oreilles



- le TQI

Relais facultatif, organisé selon un tonotopie.

Puis les fibres forment le bras conjonctival pour atteindre le corps genouillé interne.

- le CGI

Relais thalamique obligatoire, selon une tonotopie. Il est à l'origine du dernier neurone de la voie : le neurone thalamocortical.

b/ Les voies :

Il y a un ou plusieurs relais entre le noyau cochléaire et le CGI.

- le premier neurone :

Les corps cellulaires forment le **ganglion de Corti** au niveau de la cochlée.

Les dendrites font synapses avec les **cellules ciliées**.

Les axones sortent de la cochlée et du conduit auditif interne. Ils atteignent le sillon bulboprotubérentiel.

- le premier relais obligatoire : **le noyau cochléaire**.

Le noyau cochléaire ventral donne des stries acoustiques ventrales et intermédiaires.

Le noyau cochléaire dorsal donne des stries acoustiques dorsales.

Ces stries croisent la ligne médiane.

- les **stries acoustiques ventrales** :

* donnent des fibres (minoritaires) qui ne croisent pas la ligne médiane. Ces fibres directes, en majorité, relaient dans le complexe olivaire supérieur homolatéral.

* la majorité des fibres croisent en AV du lemniscus médian, à la limite du tegmentum et du pied, et forment un faisceau, le **corps trapézoïde** avec des fibres issues de l'olive supérieure.

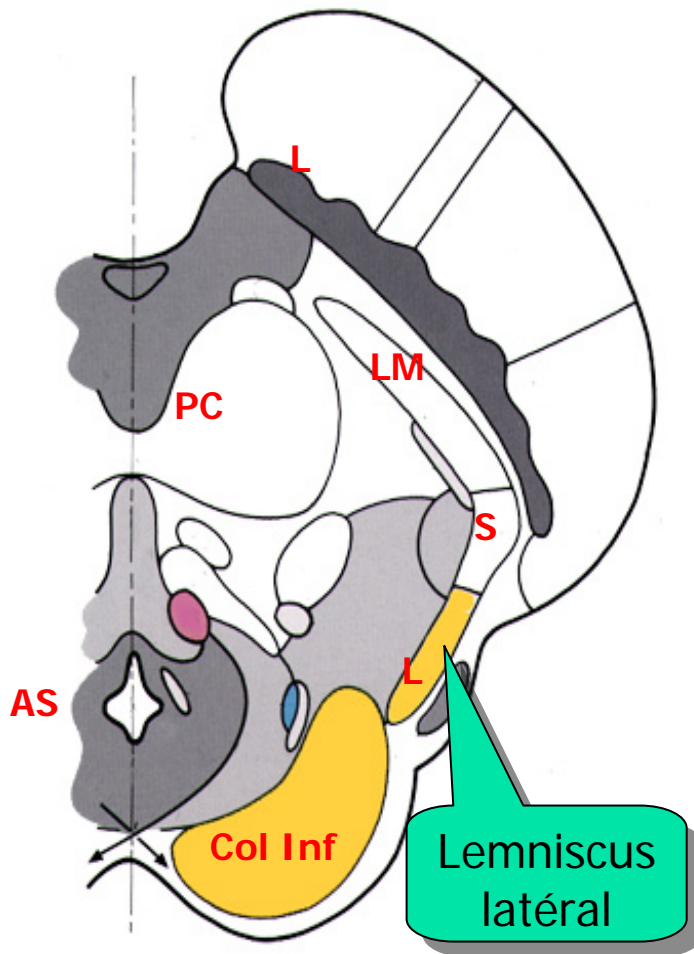
- donc chaque olive supérieure reçoit des afférences binaurales (important pour la localisation spatiale des sources sonores par détection des différences de phase).

- les fibres du corps trapézoïde peuvent faire relais dans le **complexe olivaire supérieur** controlatéral ou continuer leur trajet en montant dans le Tronc Cérébral sous la forme d'un faisceau, le lemniscus latéral (LL).

* le **lemniscus latéral** :

- chemine en dehors des voies des sensibilités (lemniscus médian et spinothalamique). Il atteint le **TQI** (relais facultatif organisé selon un tonotopie).

- puis les fibres forment le **bras conjonctival inférieur** pour atteindre le **corps genouillé interne** : relais thalamique obligatoire, selon une tonotopie. Il est à l'origine du dernier neurone de la voie : le neurone thalamocortical. Ces neurones forment un faisceau : les **radiations auditives**.



Coupe axiale du mésencéphale

- la terminaison de ces voies est organisée selon une **tonotopie**, sur T1 face supérieure : gyrus de Heschl (aires 41 et 42).

2/ Les voies descendantes :

Du cortex à la cochlée. Elles contrôlent les cellules ciliées externes dont la motilité de leurs cils modifie la sensibilité auditive et la sélectivité de l'oreille.

Cible : cellules ciliées externes.
Réaction de ces cellules : modifie la sensibilité de l'organe de Corti.

3/ Les voies réflexes :

Elles se projettent sur le noyau moteur du trijumeau, et sur le noyau moteur du facial (VII).

Elles réagissent à des stimuli importants et entraînent une contraction des muscles du marteau (V), stapédien (VII), diminuant ainsi l'amplitude de mouvement des osselets.

VIII/ Vision

INTRODUCTION

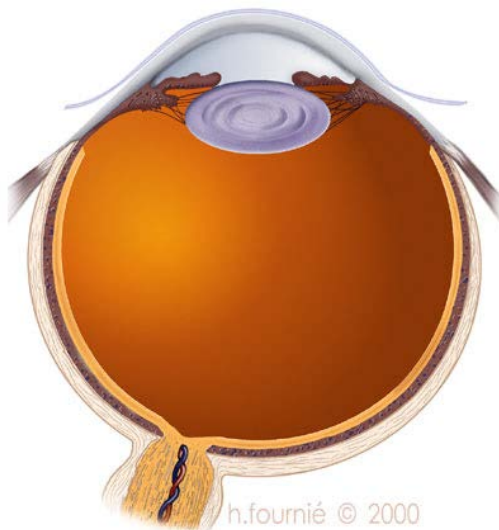
La vision assure la **conversion** de l'**information lumineuse** en une **information nerveuse** et son intégration au niveau **cognitif**.

Les voies de la vision ont pour origine les photorécepteurs de la **rétine**, elles empruntent le nerf optique (deuxième paire des nerfs crâniens). Elles atteignent la scissure calcarine à la face interne du **lobe occipital**. Les voies de la vision sont organisées selon une **rétinotopie** précise.

Le système visuel constitue un réseau neuronal complexe qui assure trois grandes fonctions : visuelle, réflexe somatique et réflexe végétatif. Ces trois composantes de la fonction visuelle partent toutes de la rétine où le signal lumineux subit son premier traitement. Plus en arrière, ces voies se séparent car elles ont respectivement pour cible le **thalamus**, le **colliculus supérieur** et la **région prétectale**.

LE GLOBE OCULAIRE :

Trois enveloppes :



Tapisse la face interne de la choroïde.

- la sclérotique :

couche fibreuse, solide, conjonctive.
Insertion des muscles oculomoteurs.
En avant, elle se différencie en **cornée** (transparente).

- la choroïde :

Couche vasculaire, tapisse la face interne de la sclérotique. elle se différencie en avant en :

* **corps ciliaire**

* **Iris** (perforé en son centre par la **pupille**).

- la rétine :

Couche la plus profonde

1/ Le cristallin :

Lentille biconvexe.

Suspendu aux corps ciliaires.

La courbure du cristallin peut être modifiée par la contraction ou le relâchement des muscles du corps ciliaire (accommodation).

2/ Les grandes régions de l'œil :

□ En avant du cristallin :

- la chambre antérieure de l'œil :

Entre la cornée et l'iris.

Remplie d'un liquide : l'**humeur aqueuse**.

L'augmentation de la pression de ce liquide conduit à un glaucome.

- la chambre postérieure :

Entre l'iris et le cristallin.

Contient de l'humeur aqueuse.

l'iris contient des muscles : la pupille peut se rétracter de façon réflexe selon le niveau d'éclairement :

- myosis, diminution du diamètre de la pupille
- mydriase, dilation du diamètre de la pupille.

□ En arrière du cristallin :

- le corps vitré (CV) :

Substance transparente.

3/ structure histologique de la rétine :

La rétine comprend **trois types de cellules** composées de dehors en dedans de : les récepteurs, cônes et bâtonnets, les cellules bi-polaires et les cellules ganglionnaires.

a/ - la couche des récepteurs

située en dehors, contre la choroïde

Les cellules réceptrices présentent de leur pôle apical au pôle basal quatre parties distinctes :

*Une structure typique : l'**article externe**, véritable transducteur sensoriel contient de très nombreux disques membraneux et tout l'équipement moléculaire nécessaire à la phototransduction.*

dans les bâtonnets, ces replis membraneux s'internalisent totalement.

*L'**article interne** contient les organites cellulaires. Ces deux segments sont reliés par un collet parfois multiple contenant des cils.*

*Le **corps cellulaire**, troisième segment, contient le noyau cellulaire.*

*La **terminaison synaptique** présente des zones spécialisées, assurant le contact avec les cellules bi-polaires et les interneurons (cellules horizontales et cellules amacriues).*

La rétine contient deux types de récepteurs :



- **récepteurs à bâtonnets** (130 millions)

L'extrémité apicale de ces cellules réceptrices est occupée par de nombreux disques qui contiennent **un pigment photosensible** : la rhodopsine (protéine : opsine ; et rétinol : dérivé de la vitamine A).

Le stimulus lumineux modifie la configuration de la rhodopsine.

Cette transformation entraîne une hyperpolarisation de la membrane donc une inhibition de la cellule qui sécrète en permanence des neurotransmetteurs dans le noir.

- **récepteur à cônes** (6 à 7 millions)

Trois cellules réceptrices différentes car trois pigments différents sensibles au **rouge**, **bleu**, et **vert**.

Le rétinol est associé à des molécules différentes de l'opsine des bâtonnets. On distingue ainsi trois types de cônes :

- les **cônes S** pour la perception dans la gamme des **bleus**
- les **cônes N** pour la perception dans la bande de couleur des **verts**
- les **cônes L** correspondant à la perception du **rouge**.

La macula est le centre optique de l'œil. C'est une petite région de la rétine qui contient les cônes.

Elle a deux caractéristiques :

- permet une vision précise : **acuité visuelle** maximum
- perception des **couleurs**
- peu sensible : **vision diurne** .

la **rétine périphérique**, autour de la macula, ne contient que des bâtonnets d'où les caractéristiques suivantes :

forte sensibilité : **vision nocturne**

- Faible acuité visuelle.
- pas de vision des couleurs
- forte sensibilité : **vision nocturne**

b/ - la couche des cellules bipolaires :

Interposée entre cellules réceptrices et cellules ganglionnaires.

Correspond au premier neurone de la voie de la vision.

Les photo récepteurs contactent les cellules bipolaires, véritables premier neurones de la voie visuelle. L'organisation du couplage des cellules réceptrices avec les cellules bipolaires est à l'origine de leurs caractéristiques :

- ❑ De nombreux bâtonnets convergent vers une seule cellule bi-polaire
- ❑ alors que les cônes ne contactent qu'une seule cellule bi-polaire.

Les cônes sont en relation avec un double système de cellules bi-polaires :

- Les cônes inhibent les cellules bi-polaires à centre ON
- Ils excitent les cellules bi-polaires à centre OFF.

Un stimulus lumineux hyper polarise les cônes et donc inverse ces effets. Levée de l'inhibition des cellules bi-polaires à centre ON et donc excitation des cellules ganglionnaires à centre ON et diminution de l'excitation des cellules bi-polaires à centre OFF et donc réduction d'activité des cellules ganglionnaires à centre OFF. Ainsi au repos, les cellules à centre ON sont inhibées. Cette inhibition est levée par le stimulus lumineux.

Des cellules horizontales, véritables inter neurones, ajustent en permanence l'étendue et la sensibilité de la réponse. Ces mécanismes optimisent le contraste et la résolution du système et va assurer une meilleur détection des limites et des bords.

Chaque cône entre en relation avec deux cellules bi-polaires : cellule à centre ON et une cellule à centre OFF

c/ - la couche des cellules ganglionnaires :

Deuxième neurone de la voie.

Ces cellules ganglionnaires ont un axone très long. Leurs axones convergent vers la **papille**, pour former le nerf optique. Ce nerf est donc constitué des axones du deuxième neurone de la voie de la vision. Ce n'est pas un nerf périphérique à proprement parler.

Conséquences : la papille est une **zone aveugle** qui ne contient pas de récepteur.

4/ Conclusion :

l'œil se comporte comme un système optique avec :

- un diaphragme : l'iris qui dose l'entrée lumineuse.
- une lentille : le cristallin qui permet de projeter une image précise sur la rétine.
- un système récepteur : la rétine.

Le nerf optique est formé par les axones des deuxièmes neurones de la voie.

*La transduction du stimulus lumineux en influx nerveux est basée sur la transformation d'un pigment : le **rhodopsine**. Ce pigment est formé de l'**opsine** et d'un groupement prosthétique, le **rétinal** qui peut s'isomériser sous l'action d'un photon. Ces pigments sont situés dans l'article externe des cellules sensorielles.*

*En l'absence de stimulation lumineuse, le récepteur visuel est dépolarisé à l'inverse des neurones. Lors d'une **stimulation**, le récepteur est **hyperpolarisé**. Le stimulus lumineux déclenche une cascade de réaction qui active un grand nombre de molécules GMPc (Guanylate MonoPhosphate cyclique). Ces molécules permettent la fermeture de nombreux canaux sodium (plus de cent pour une seule molécule de rhodopsine).*

La lumière **hyperpolarise** les récepteurs. Ils libèrent moins de neurotransmetteurs et excitent moins les neurones bi-polaires.

L'influx nerveux aboutira donc à une désinhibition des cellules à centre ON et au contraire une défacilitation des cellules à centre OFF. Chaque cône transmet donc deux signaux parallèles et opposés aux cellules ganglionnaires respectives. Les **cellules ganglionnaires à centre ON** et les **cellules ganglionnaires à centre OFF**.

Au niveau des bâtonnets il existe une convergence des bâtonnets sur les cellules bi-polaires ce qui augmente la sensibilité au dépend de l'acuité visuelle. Une autre différence importante : les cellules amacrines sont des inter neurones qui s'interposent entre les cellules bi-polaires et les cellules ganglionnaires.

Les **terminaisons** pré-synaptiques des cônes ont une organisation très particulière. On distingue sur ces terminaisons :

- des **invaginations** qui reçoivent trois prolongements postsynaptiques :
 - deux prolongements de cellules horizontales
 - et un prolongement d'une cellule bipolaire à centre ON.
- Des **surfaces planes** qui font synapses avec des cellules bipolaires à centre

OFF.

Le transfert de l'information se poursuit dans les couches plus profondes (couche plexiforme interne) selon deux courants :

- Les cellules bi-polaires font synapses avec les cellules ganglionnaires sous-jacentes.
- Transversalement, l'information est transmise par des interneurons : les cellules amacrines. Ces cellules modulent la transmission de l'information des cellules bi-polaires aux cellules ganglionnaires. Elles permettent une organisation complexe des interactions entre les champs récepteurs. (centre et périphérie).

Les cellules ganglionnaires.

Les cellules ganglionnaires sont les seules à générer de véritables **potentiels d'action**. Les photorécepteurs, les cellules bi-polaires et les inter neurones répondent aux stimuli par des variations continues des potentiels de membrane (dépolarisation ou hyperpolarisation).

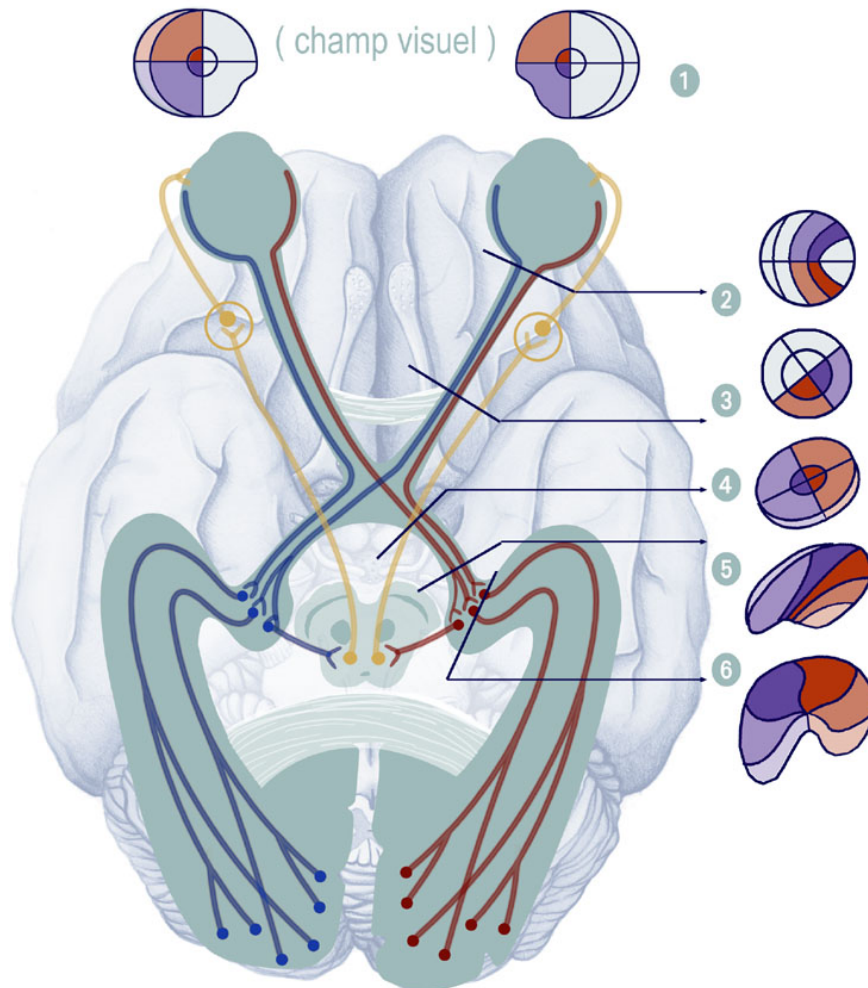
On distingue **trois types** de cellules ganglionnaires. Ces cellules représentent le **deuxième neurone** de la voie visuelle et tous les axones se regroupent au niveau de la papille pour former le **nerf optique**.

Les **cellules X**, à petits champs dendritiques et vitesse de conduction lente, assurent une bonne acuité visuelle. Elles relaient dans les lames trois, quatre et six du corps genouillé latéral et dans la région prétectale.

Les **cellules Y**, cellules à grand champs dendritiques et vitesse de conduction rapide, ne fournissent qu'une faible acuité visuelle. Elles jouent un rôle dans l'analyse visuelle globale et l'analyse du mouvement. Elles relaient dans les lames 1 et 2 du corps genouillé latéral et dans les colliculus supérieurs (tubercules quadrijumeaux supérieurs).

Les **cellules W**, lentes et à grands champs dendritiques, ont pour cible les colliculus supérieurs (TQS). Elles jouent un rôle dans la coordination des mouvements de la tête et des yeux en réponse aux stimuli visuels.

Voies visuelles : macroscopie



Corps genouillés latéraux : relais thalamique de la vision

L'information visuelle est adressée par les différentes cellules ganglionnaires (X, Y, W). Ces cellules sont à l'origine du nerf optique. Les axones forment en arrière le chiasma et les bandelettes optiques pour se terminer dans le corps genouillé latéral. Le corps genouillé contient le dernier neurone de la voie visuelle : **neurone thalamo cortical**.

Les neurones du corps genouillé latéral sont organisés en six couches :

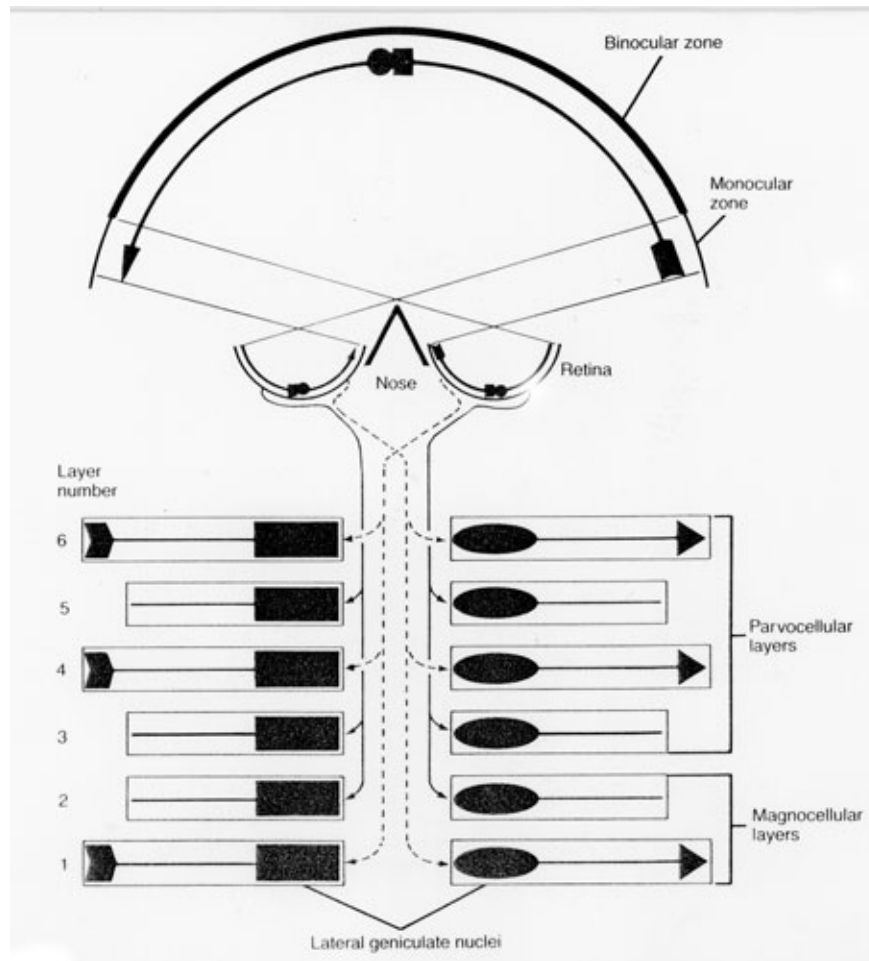
- ❑ les **couches 1 et 2 magnocellulaires** sont constituées de grandes cellules
- ❑ les **couches 3,4,5, et 6 parvocellulaires** sont constituées de petites cellules.

Les projections sur ces couches sont organisées selon la rétine d'origine:

- ❑ La **rétine controlatérale** attend les **couches 1,4 et 6**.
- ❑ La **rétine homolatérale** attend les **couches 2,3,5**.

Les différents types de **cellules ganglionnaires** se projettent sur des couches différentes :

- ❑ Les **cellules Y** atteignent les couches magnocellulaires **1 et 2**,
- ❑ les **cellules X** atteignent les couches parvocellulaires **3,4,5,6**.



Radiations optiques

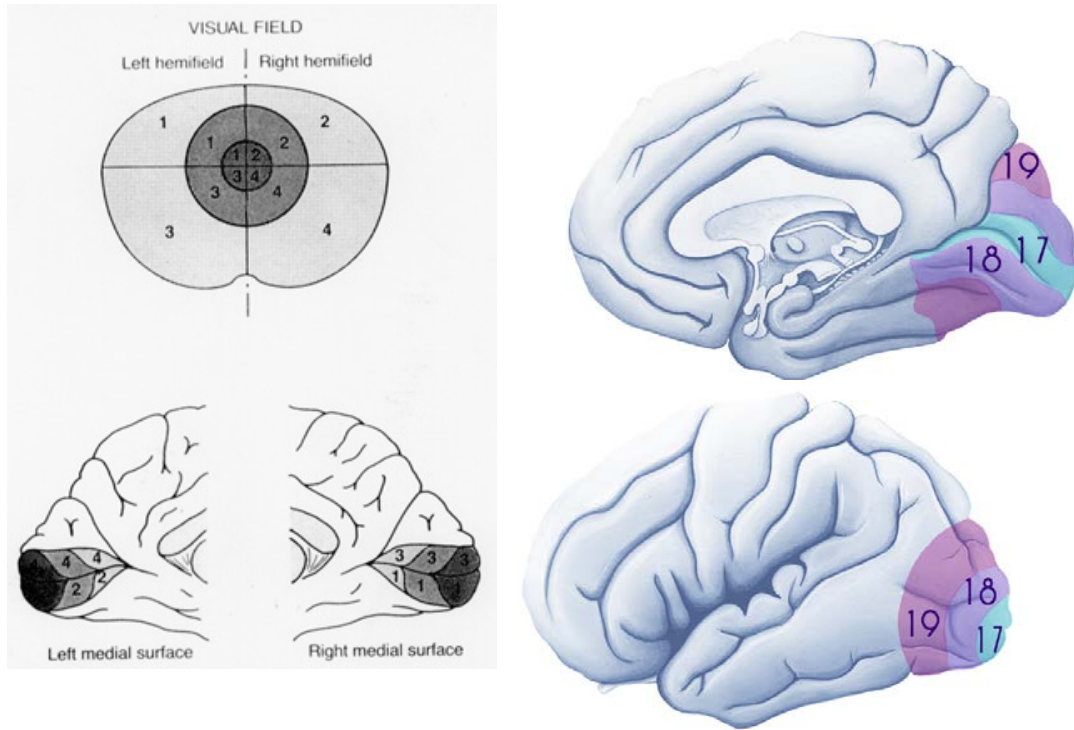
Le corps genouillé est à l'origine des **radiations optiques**. Ces radiations se scindent en deux composantes :

- ❑ la radiation optique **supérieure** passe par le **lobe pariétal** avant d'atteindre la berge supérieure de la scissure calcarine où elle se termine selon une rétinotopie précise.
- ❑ La **radiation optique inférieure** traverse le **lobe temporal** avant d'atteindre la berge inférieure de la scissure calcarine selon aussi une rétinotopie.

Cortex visuel

Le cortex visuel primaire est donc formé par l'**aire 17**, réparti sur les deux berges de la **scissure calcarine**. Une coloration de la myéline (de type weigert) met en évidence une bande nettement colorée ou **bande de Gennari** définissant la **couche IV B**. Cette bande caractéristique de l'aire 17 est à l'origine du nom de ce cortex : le cortex strié.

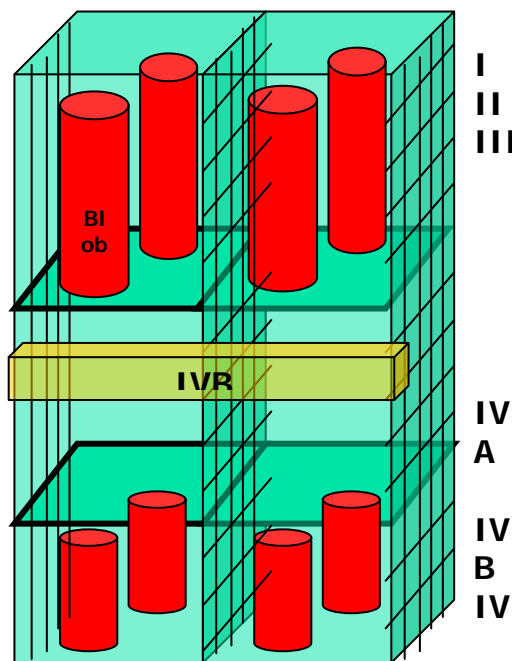
Les radiations optiques se projettent selon une rétinotopie précise sur les deux berges de la scissure calcarine. La partie postérieure du cortex strié reçoit les afférences maculaires.



cytoarchitectonie du cortex visuel

Le cortex visuel est un **néocortex** de type récepteur. Il présente **6 couches**. La couche IV est toujours la plus développée au détriment des couches 3 et 5 pyramidales.

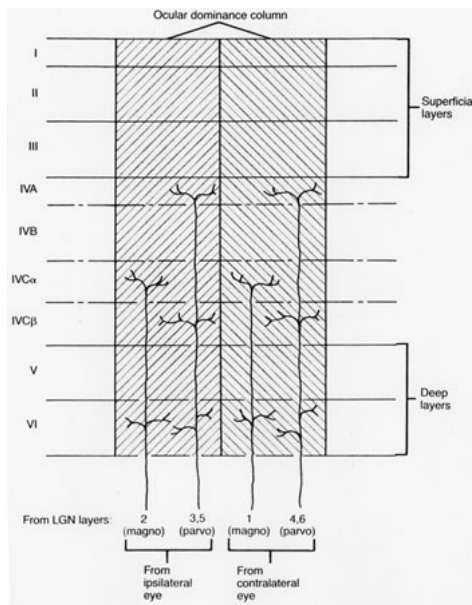
Hubel et Wiesel ont décrit dans le cortex visuel des **modules corticaux**. Chaque module comprend **deux colonnes de dominance oculaire** qui s'étale de la couche 1 à la couche 6 de l'aire 17.



2 colonnes de dominance oculaire (G et D)

I – III et V – VI :

- blobs (cytochrome oxydase +) -> couleur
- Interblob -> colonnes d'orientation



IV : Afférences des CGL

Sur la base de la réactivité à la cytochrome oxydase, on peut subdiviser chaque colonne en **trois régions**.

- Les couches superficielles, **I à III**, contiennent des groupes de neurones **marqués** à la cytochrome oxydase formant les **blobs**. Les neurones des blobs répondent aux **couleurs**. Entre les blobs, les aires **interblobs** correspondent à des **colonnes d'orientation**. Ces régions répondent à des stimuli lumineux orientés selon une engulation spécifique dans l'espace.
- Les couches profondes **V et VI** de l'aire striée contient aussi des **blobs** et des **aires**

interblobs contenant des colonnes d'orientation

- Entre ces deux régions, la **couche IV** ne présente pas de blobs. Elle peut être subdivisée en 4 régions : IVA, IVB, IVC α , IVC β . Elle reçoit des informations du **corps genouillé latéral**.
 - La portion *magnocellulaire* se projette sur la couche IVC α .
 - La couche *parvocellulaire* se projette sur la couche IVA.

Les aires visuelles se répartissent concentriquement autour de l'aire 17 :

V1 répond à l'aire 17 ou striée.

- **V2**, adjacente à V1 s'étend dans l'**aire 18**. Elle est marquée aussi par la cytochrome oxydase sous forme de bandes épaisses et fines et des zones interbandes moins réactives.
- Les aires **V3 et V4** s'étendent dans l'**aire 19**.

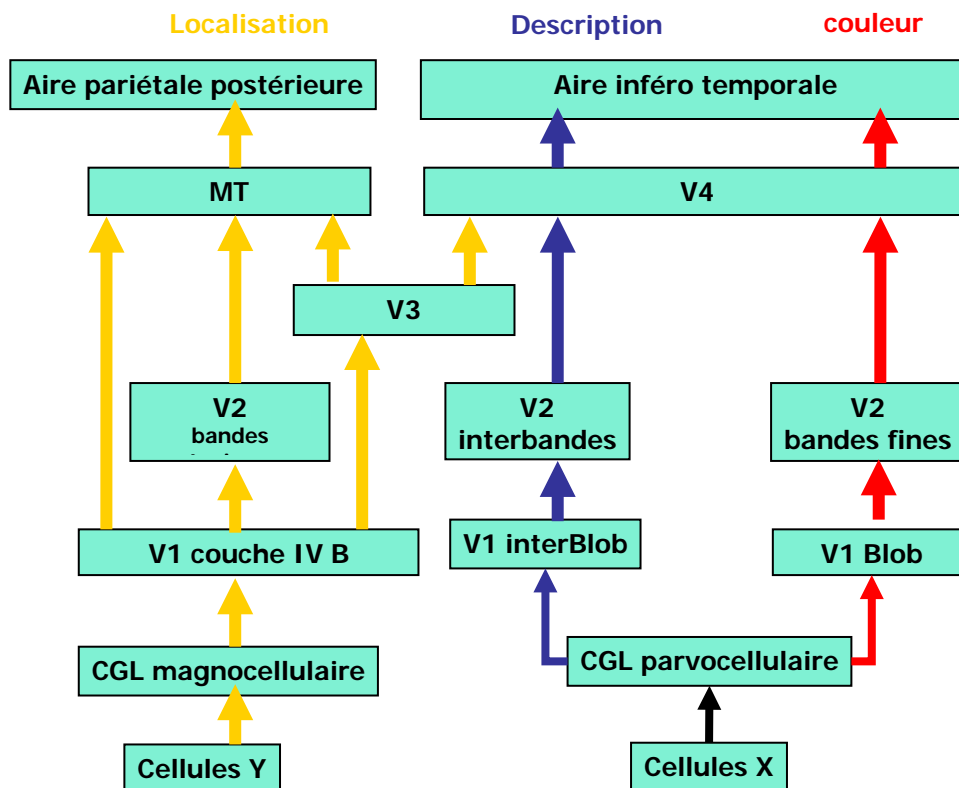
Traitement de l'information visuelle

Le traitement de l'information visuelle se poursuit dans le **lobe temporal**, le lobe pariétal et le lobe frontal avec :

- **L'aire visuelle temporale moyenne**, située en avant de l'aire 19, à la face latérale du lobe temporal, elle s'étend vers l'aire 39. Cette aire joue un rôle dans la détection des mouvements.
- L'aire inférotemporale (aires de Broadmann 20 et 21) joue aussi un rôle important dans la reconnaissance des stimuli visuels.
- L'aire pariétale postérieure (portion postérieure de l'aire 7) et le champ frontal oculaire (aire 8 dans le lobe frontal).

Le traitement de l'information visuelle peut-être résumé en plusieurs courants qui utilisent des canaux anatomiques différents :

- Un premier courant qui va véhiculer des informations **rapides** et donc tout particulièrement les informations de **mouvement** commence au niveau de la rétine avec les cellules ganglionnaires Y.
 - Les **cellules Y** se projettent dans la partie **magno cellulaire du corps genouillé latéral**
 - qui a pour cible la **couche IVB de l'aire striée (V1)**.
 - Cette aire qui ne comprend pas de blobs se projette ensuite sur **V2** (aire 18), **V3** et l'**aire médio-temporale**.
 - la principale cible de ce flux est l'**aire médio-temporale** puis l'**aire pariétale postérieure**.
- . L'information emprunte deux voies :
 - La première traite surtout l'information « couleur »
 - Elle commence dans la rétine par les **cellules ganglionnaires X**
 - qui se projettent sur la partie **parvo-cellulaire du corps genouillé latéral**,
 - puis vers les **blobs** du cortex strié (V1)
 - les bandes fines de l'aire V2
 - l'aire V4 et l'aire inféro-temporale.
 - Un deuxième canal plus lent et précis traite plus spécialement les informations de forme et d'acuité visuelle et permet une reconnaissance de la scène:
 - issu du **corps genouillé parvo-cellulaire**
 - Il atteint les **colonnes d'orientation** (régions interblobs de V1)
 - puis les zones interbandes de V2
 - les aires **V4** puis l'aire **inféro-temporale**.



VOIES VISUELLES :

1/ Anatomie macroscopique

Le **premier neurone** est situé dans la rétine : **cellules bipolaires**.

Le **deuxième neurone** constitué par les cellules ganglionnaires forme la suite des voies optiques jusqu'au thalamus :

Les axones des cellules ganglionnaires se regroupent au niveau de la papille pour former le **nerf optique**. Il pénètre dans le crâne par *le canal optique*, accompagné par *l'artère ophtalmique*. Cette artère donne une collatérale, *l'artère centrale de la rétine*, visible à l'examen du fond d'oeil.

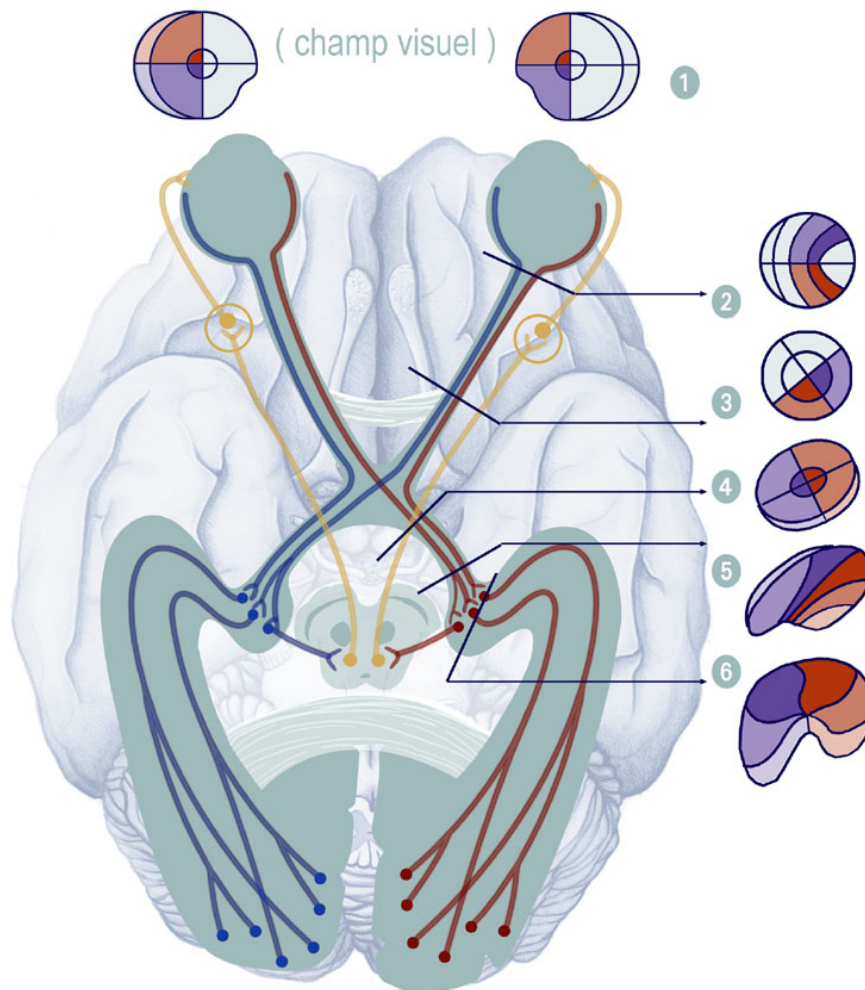
Arrivé au-dessus de la selle turcique, les deux nerfs fusionnent pour former le **chiasma**.

En arrière, le chiasma se poursuit avec les deux **bandelettes optiques** dont le trajet entoure le mésencéphale.

Elles se terminent dans le **corps genouillé latéral (CGL)**, relais thalamique selon une **rétinotopie**.

Le **troisième neurone** va du CGL à la scissure Calcarine, en formant deux faisceaux :

- **Radiation optique supérieure** : emprunte le lobe pariétal → scissure Calcarine.
- **Radiation optique inférieure** : emprunte le lobe temporal → scissure Calcarine.



Les radiations optiques se terminent sur les deux versants, supérieur et inférieur, de la **scissure calcarine** : **aire 17 de Brodmann** ou **aire striée**.

La projection se fait selon une **rétinotopie** précise avec les informations issues de la macula sur la partie postérieure de la scissure.

Le traitement de l'information se poursuit sur les aires 18 et 19 adjacentes, concentriques. Elles débordent sur la face externe du cerveau.

2/ Systématisation :

Le champ visuel : espace visuel perceptible. Chaque œil présente :

- un *hémichamp visuel temporal* en dehors (CVT)
- et nasal en dedans (CVN).

Chaque hémichamp est divisé en quadrant supérieur et inférieur.

On détermine sur la rétine des **hémichamps rétiniens** (CRT-CRN) subdivisés en **quadrants rétiniens** inférieurs et supérieurs.

Le cristallin **inverse** totalement l'image donc :

CVN se projette sur le CRT.

CVT se projette sur le CRV.

QVS se projette sur les QRI.

QVI se projette sur les QRS.

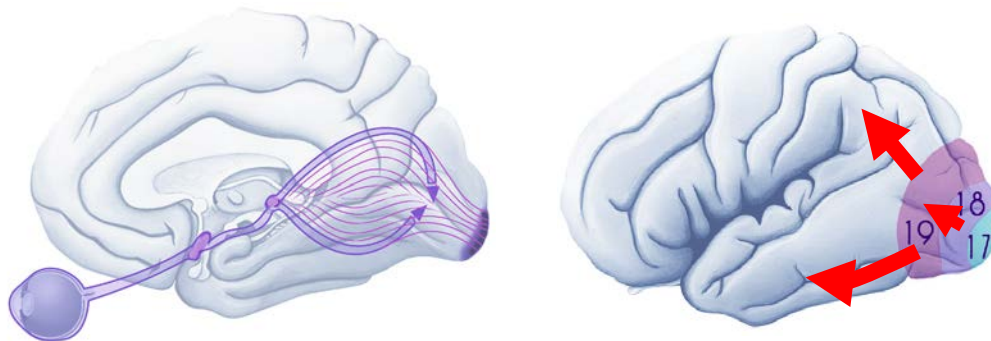
Les fibres issues de la **rétine temporale** sont **directes** : elles ne croisent pas la ligne médiane (dans le chiasma).

Les fibres issues de la **rétine nasale** **croisent** la ligne médiane dans le chiasma.

Les fibres de la macula se projettent des deux côtés.

Le troisième neurone se projette sur le cortex occipital, sur les 2 berges de la scissure calcarine :

- **radiations optiques supérieures** : sur la **lèvre supérieure** de la scissure calcarine
- **radiations optiques inférieures** : sur la **lèvre inférieure** de la scissure calcarine



Traitement cortical de la vision :

- projection des informations visuelles vers le cortex temporal inférolatéral : reconnaissance.
- projection des informations visuelles vers le cortex pariétal: perception dans l'espace et mouvement.

3/ Réflexes :

- Réflexe pupillaire :

- Projections des voies visuelles sur l'aire prétectale puis le noyau végétatif du III (Edinger Westphal).

- lumière : myosis.

- obscurité : mydriase.

- Réflexe d'accommodation convergence :

- En vision de près : convergence des deux yeux, constriction pupillaire et modification de la courbure du cristallin.

- Il recentre l'image sur la rétine.

4/ Applications pratiques :

1 - lésion du nerf optique gauche : cécité monoculaire gauche.

2 - syndrome chiasmatique (souvent dut une tumeur du cerveau qui compresse le chiasma) : hémianopsie bitemporale.

3 - lésion de la bandelette optique gauche : hémianopsie latérale homonyme droite.

Dans les voies optiques, les fibres issues des quadrants rétiniens supérieurs restent supérieures. Donc ces fibres empruntent la radiation supérieure et se terminent sur la lèvre supérieure de la scissure Calcarine. Et vice versa.

4 - lésion de la radiation optique supérieure gauche : le quadrant supérieur de la rétine temporale gauche et le quadrant supérieur de la rétine nasale droit sont lésés.

- ➔ quadranopsie latérale homonyme inférieure droite = les quadrants inférieurs droits disparaissent.

- ➔

Lesions corticales touchant l'encodage des paramètres visuels :

- ➔ mouvement : akinétopsie

- ➔ couleurs : achromatopsie

- ➔ spatialité : Négligence visuelle

Lésion corticale préservant la rétinotopie maculaire : Vision en tunnel

lésion corticale :

- Cécité corticale

- Agnosies visuelles

IX/ Olfaction et système limbique

INTRODUCTION

On distingue deux systèmes :

- **le rhinencéphale** : répond à toutes les structures cérébrales mises en jeu par l'olfaction.
- **le système limbique** : représente l'ensemble de structures cérébrales situées à la face interne du cerveau, mises en jeu dans les comportements, états émotifs et les mécanismes de la mémoire.

Ces deux systèmes possèdent des structures communes par exemple : l'amygdale.

PHYLOGENESE :

Ces deux systèmes sont anciens. On les retrouve dans toutes les espèces. Ils ont régressé chez l'homme (surtout le rhinencéphale).

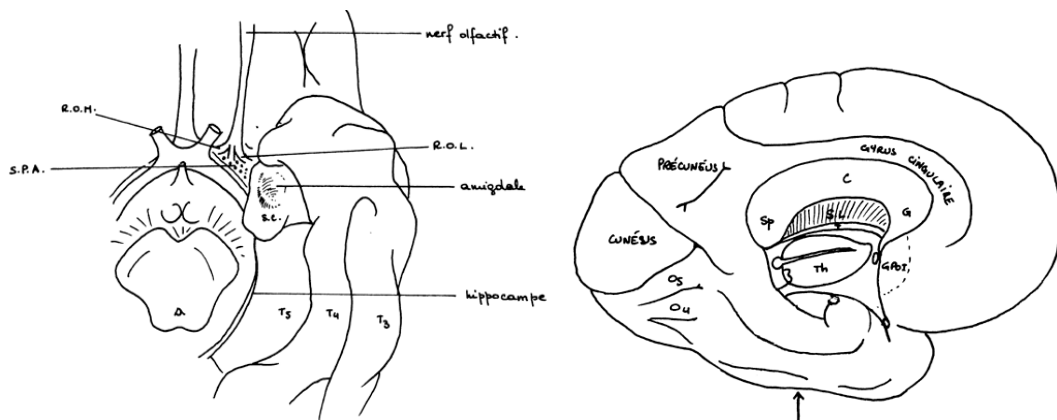
Ils ont une architecture particulière : cortex à trois couches (archicortex).

L'OLFACTION :

Présente une organisation différente des autres canaux sensoriels : pas de relais thalamique. L'olfaction atteint directement le cortex olfactif.

La langue donne la sensation de goût. Les papilles de la langue ne perçoivent que les saveurs : amer, acide/ doux ; salé/ sucré.

C'est l'olfaction qui colore les sensations gustatives en une sensation olfactive.



1/ Les voies olfactives :

- le premier neurone est intégré dans l'épithélium olfactif dans le plafond des fosses nasales : neurone bipolaire (cellules neurosensorielles olfactives)

- son extrémité dendritique donne des cils contenant les récepteurs - son axone traverse la lame criblée de l'éthmoïde et fait relais dans le bulbe olfactif (origine du nerf crânien, nerf olfactif).

Donc le nerf olfactif est formé de l'axone du 2ème neurone. Ce n'est donc pas un véritable nerf crânien : il s'agit d'une expansion télencéphalique.

- le nerf olfactif est situé à la face inférieure (orbitaire) du lobe frontal. Il longe le sillon olfactif.

- en avant, il est dilaté : c'est le bulbe olfactif.

- en arrière, il se divise en trois branches ou stries olfactives (SO) à la limite antérieure de l'espace perforé antérieur.

- Strie olfactive latérale (en dehors) : se dirige vers l'uncus de l'hippocampe (extrémité antérieure le T5).
- Strie olfactive intermédiaire : se dirige vers l'espace perforé antérieur (aire olfactive intermédiaire)
- Strie olfactive médiale (interne) : se dirige en dedans vers le cortex parolfactif, en avant du 3ème ventricule.

2/ Aire olfactive latérale : aire olfactive primaire

Formée du cortex piriforme :

- uncus
- aire entorhinale (moitié antérieure du gyrus parahippocampique)
- limen insulae

et du complexe amygdalien :

- noyau corticomédial
- situé dans l'uncus

3/ Aire olfactive intermédiaire : espace perforé antérieur

Limité par les stries olfactives en avant et la bandelette optique en arrière

Traversée par la bandelette diagonale de Broca (connexion amygdale - aire septale) et les noyaux de la bandelette diagonale

Projection des informations olfactives sur le système limbique (uncus, aire entorhinale)

Par ce biais elles atteignent l'hypothalamus et la rétículo mésentéphalique (aire septale --> faisceau médian du télencéphale --> hypothalamus et rétículo)

Ces connexions expliquent

- La mémoire olfactive
- Les réflexes viscéraux (salivation, nausées....) générées par des odeurs
- Les crises épileptiques focales olfactives mettant en jeu le complexe amygdalien

LE SYSTEME LIMBIQUE :

Il forme l'interface entre :

- le néocortex
- l'hypothalamus et la rétículo.

Comprend trois grands groupes de structures :

- des régions corticales
- la région septale
- des noyaux dont l'amygdale.

Ces structures sont connectées par de nombreuses voies et commissures

1/ Les aires corticales :

a/ Le cortex limbique

Comprend l'allocortex de la face interne :

- gyrus cingulaire
- gyrus parahippocampique

on peut y associer :

- le pôle temporal
- le cortex orbitaire médial

b/ Le grand lobe limbique de Broca

Le **gyrus cingulaire** est formé par le cortex de la face interne situé autour du corps calleux. Il comprend

le **gyrus subcalleux** : partie antéro-inférieure, en avant du V3 et sous le rostrum du corps calleux (bec).

Le **gyrus cingulaire antérieur** dans sa moitié antérieure, au-dessus du corps calleux et en avant du genou du corps calleux

Le **gyrus cingulaire postérieur**, dans sa moitié postérieure

L'**isthme**, en arrière du splénium du corps calleux (bourrelet)

L'extrémité antérieure du gyrus parahippocampique (GPH) se recourbe en crochet vers l'arrière pour former **l'uncus de l'hippocampe**.

L'uncus contient le *noyau amygdalien* et une partie de la *tête de l'hippocampe*.

L'uncus et l'aire entorhinale (partie antérieure du GPH) constituent le **cortex piriforme**.

En arrière, le GPH est scindé en 2 parties par le sillon antécalcarin, prolongement antérieur du sillon calcarin après sa fusion avec le sillon pariéto-occipital :

Au-dessus de ce sillon il se prolonge avec **l'isthme** (portion rétrospléniale du gyrus cingulaire)

au-dessous avec le **gyrus lingual** (O5) pour former le *gyrus temporo-occipital médial*

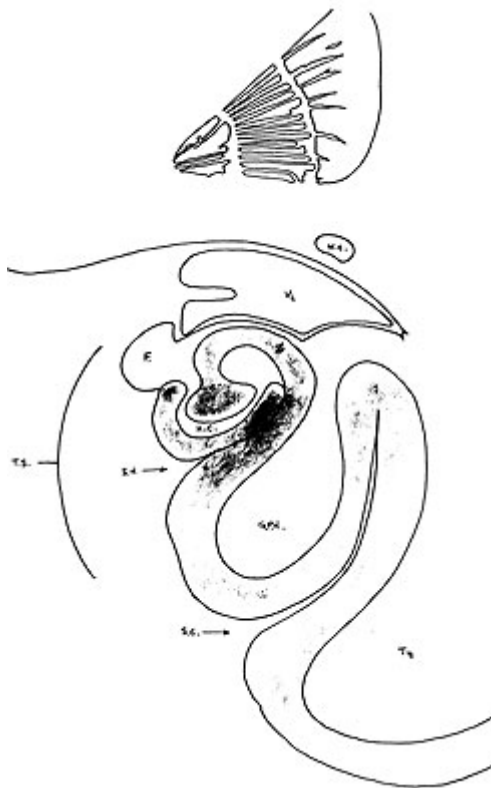
Le **gyrus cingulaire** se prolonge en arrière et en bas, après l'isthme, avec le **gyrus parahippocampique**. L'ensemble forme l'anneau de cortex le plus médial du cerveau, enroulé autour du corps calleux et du diencéphale : le grand lobe limbique de Broca.

c/ L'hippocampe

d/ Appartient à la 5ème circonvolution temporale.

e/ T5 est subdivisée en deux étages par le sillon de l'hippocampe :

- Au-dessus : **l'hippocampe** longé en dedans par un faisceau de fibres : la fimbria.
- En dessous : **gyrus parahippocampique** dont la moitié antérieure forme **l'aire entorhinale**.



f/ Le cortex parolfactif

En AV du 3ème ventricule, sous le genou du corps calleux à la face interne du lobe frontal.

2/ La région septale :

Située à la face interne du lobe frontal, sous le lobe du corps calleux.

Origine importante du faisceau médian du télencéphale.

Comprend :

- gyrus paraterminal entre le gyrus subcallosus (en avant) et le 3ème ventricule (en arrière).
- Les noyaux septaux en rapport avec la position inféro-interne du plancher des cornes frontales du VL en dessous du septum pellucidum. Ces noyaux sont cholinergiques et se projettent sur l'hippocampe via le trigone et la fimbria.

3/ Les noyaux du système limbique :

a/ Le noyau amygdalien :

Situé en AV de l'hippocampe, dans l'uncus.

Dérive du striatum (archistriatum).

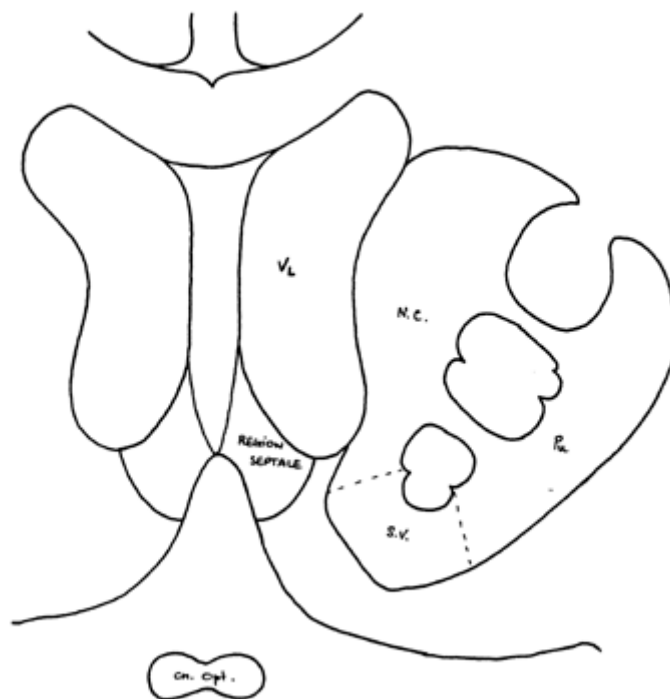
A des connexions olfactives et limbiques.

Projections vers l'aire septale et l'hypothalamus.

b/ Le striatum ventral :

Partie inférieure du striatum sous le plan de la commissure antérieure.

connexions limbiques



4/ Les connexions du système limbique :

a/ les afférences :

Néocorticales, nombreuses

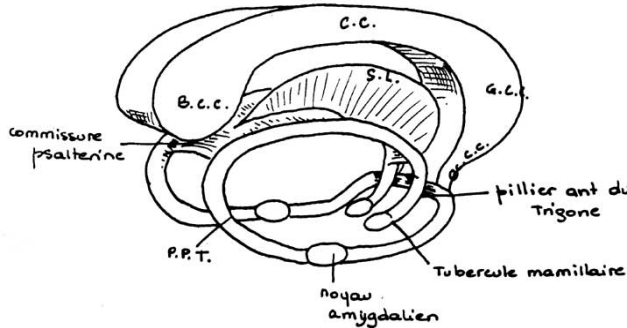
Atteignent l'aire entorhinale (GPH) qui se projette sur l'hippocampe.

b/ les voies d'association :

Le cingulum : grand faisceau de substance blanche du gyrus cingulaire qui l'associe au GPH.

Le trigone ou fornix associe l'hippocampe aux corps mamillaires, à la région septale et au thalamus. se continue en arrière avec le pilier postérieur du trigone.

La commissure antérieure associe les deux lobes temporaux et les deux amygdales.



c/ les efférences :

Le faisceau médian du télencéphale :

- Faisceau bidirectionnel.
- Origine la région septale.
- Traverse l'hypothalamus.

- terminaisons : réticulée du tronc cérébral.

L'habénula :

- origine : région septale.

- en arrière, le noyau habénulaire relaie les informations et les projette vers la réticulée du tronc cérébral.

d/ PATHOLOGIE :

syndrome de Kliver et Bucy (par ablation des 2 lobes temporaux)

- Diminution des réactions et réponses émotionnelles face au danger.
- Augmentation et modification de l'activité sexuelle.
- Trouble de la mémoire (si ablation des 2 hippocampes).
- Agnosie visuelle (cécité psychique).

Epilepsie du lobe temporal

Concerne souvent les structures amygdalo-hippocampique

Souvent résistantes au traitement antiépileptique

Bons résultats de la chirurgie en cas d'épilepsie réfractaire

Pathologie de la mémoire

Lésions des deux hippocampes, des corps mamillaires ou du thalamus