

Cahier de TP de Neuroanatomie

N°2 : Cerebrum

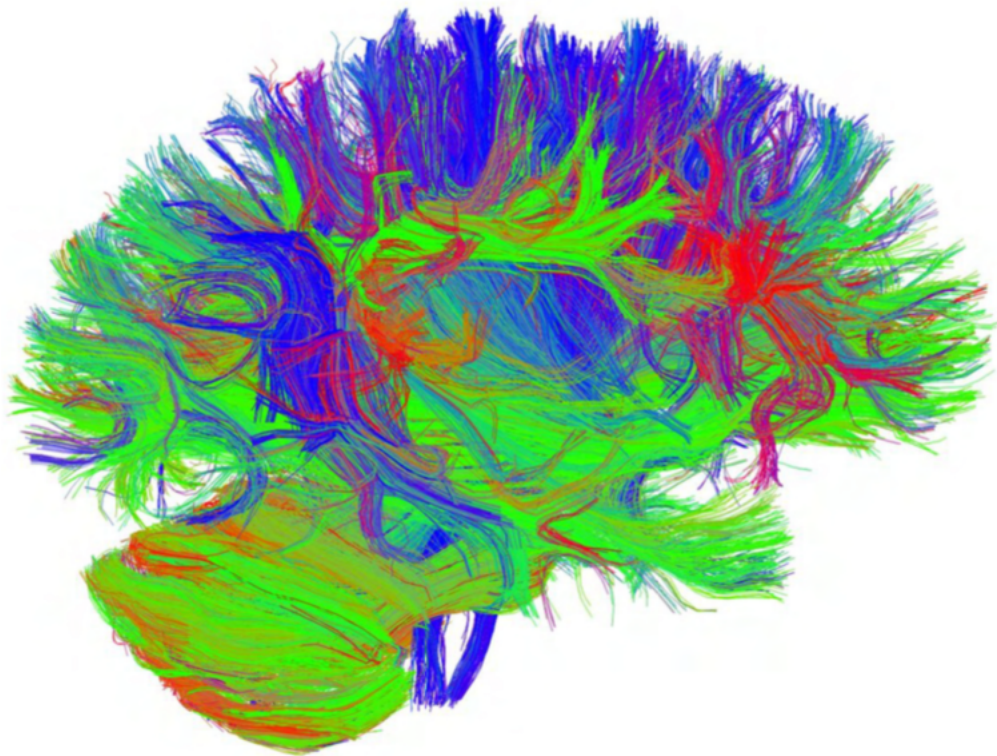


Table des matières

A. Organisation et embryologie	3
1. Organisation	3
2. Embryologie	4
B. Cortex cérébral (télencéphale)	5
1. Division générale	5
2. Sillons de repère	6
3. Lobe frontal	9
4. Lobe pariétal	13
5. Lobe temporal	17
6. Lobe occipital	22
7. Lobe limbique	24
8. Lobe insulaire	24
C. Substance grise sous-corticale (télencéphale)	26
D. Substance grise diencephalique	27
E. Substance blanche	28
1. Fibres commissurales	28
2. Fibres associatives	30
3. Fibres de projection	30
F. Ventricules et liquide céphalo-rachidien	33
G. Histologie	39
1. Couches corticales	39
2. Cortex visuel primaire	39
3. Plexus choroïde	40

A. Organisation et embryologie

1. Organisation

Le *cerebrum* est constitué des 2 hémisphères cérébraux (**télencéphale**) et du **diencéphale** qui est impair et médian. Il est utile de diviser ces parties en substances grise et blanche.

	Télencéphale	Diencéphale
Substance grise	Cortex Matière grise sous-corticale	Thalamus Hypothalamus Épithalamus (habenula, épiphyse) Subthalamus (noyau sous-thalamique)
Substance blanche	Fibres commissurales télencéphaliques Fibres associatives Fibres de projection	Tractus optique Fibres commissurales diencéphaliques Stries médullaires

Remarque :

Le cortex n'est pas homogène partout dans le télencéphale. Il peut contenir un nombre de couches cellulaires différent en fonction de son origine embryonnaire :

- **Néocortex** : 6 couches corticales (p. ex. cortex moteur) ;
- **Paléocortex** : cortex primitif, moins de 6 couches (p. ex. cortex piriforme) ;

Dans ce TP, nous allons d'abord aborder la matière grise, puis la matière blanche et enfin les ventricules. N'oubliez pas de vous entraîner à identifier ces structures sur de l'imagerie et sur des coupes !

2. Embryologie

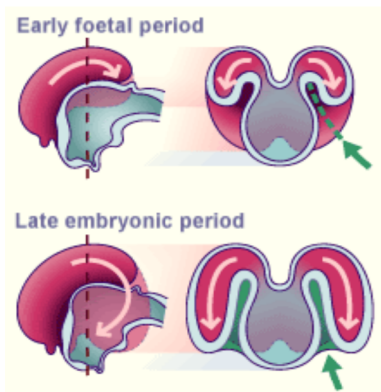


Fig. 1 : Enroulement du télencéphale (rouge) autour du diencéphale (vert). La flèche verte indique la zone de « l'accolement ».

La **vésicule prosencéphalique** donne deux vésicules latérales, les futurs hémisphères cérébraux. Contrairement aux vésicules latérales, la **partie médiane**, qui formera le **diencéphale**, se développe peu. Les hémisphères cérébraux vont progressivement entourer le diencéphale. Les cavités des vésicules télencéphaliques forment les **ventricules latéraux**. Ces cavités télencéphaliques communiquent avec la cavité diencéphalique par le biais de forams interventriculaires (**trous de Monro**). Les vésicules télencéphaliques s'accolent au diencéphale pour former une unité anatomique. La surface des hémisphères est initialement lisse, mais l'accroissement de surface et de volume s'accompagne d'un **plissement** donnant au cerveau son aspect caractéristique composé de **sillons** (scissures) et de **circonvolutions**. Les deux tiers de la superficie du cortex cérébral se trouvent enfouis au fond des sillons.



Fig. 2 : Développement du lobe temporal

- ① Insula
- ② Lobe temporal
- ③ Sillon latéral

Les vésicules télencéphaliques vont se développer premièrement vers le haut, puis vers l'arrière, vers le bas et enfin vers l'avant. Le télencéphale décrit donc une **courbure à concavité antéro-interne**, à l'intérieur de laquelle se trouve une zone, **l'insula** ①, se développant moins vite, et qui sera donc enfouie en profondeur. C'est en regard du lobe de l'insula que se développe le sillon latéral du cerveau ③ (**scissure de Sylvius**).

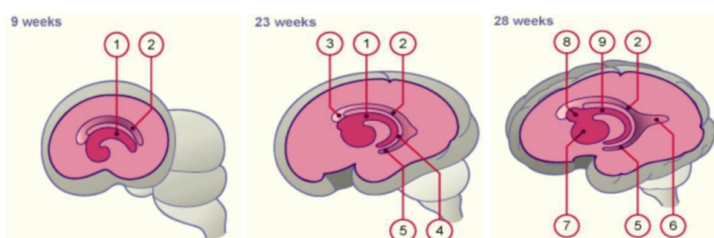


Fig. 3 : Développement des structures « en fer à cheval »

<http://www.embryology.ch/francais/vcns/telenceph05.html>

Le développement massif des hémisphères cérébraux va significativement modifier la structure des **ventricules latéraux**. Lorsque les deux vésicules télencéphaliques commencent leur rotation à concavité antéro-interne, elles entraînent avec elles la cavité du ventricule latéral. La cavité ventriculaire va envoyer un prolongement dans le lobe frontal (**corne antérieure** ③), puis dans le lobe temporal (**corne inférieure** ⑤), et enfin dans le lobe occipital (**corne postérieure** ⑥). Le **noyau caudé** ① est également entraîné dans ce mouvement de rotation. Sa forme en « fer à cheval » explique sa double section sur les coupes frontales du cerveau. Le **putamen** ⑦, plus médian, ne participe pas à cette rotation et sera progressivement entouré par le noyau caudé. Ce pattern développemental est à l'origine de la **forme en C** des différentes structures (grand lobe limbique, ventricules latéraux, noyau caudé). Les plexus choroïdes ne se développent que dans la partie interne des ventricules latéraux, à savoir dans le **plancher du corps** ② et le **toit de la corne inférieure** ⑤, les cornes antérieure et postérieure en étant dépourvues.

B. Cortex cérébral (télencéphale)

1. Division générale

Les zones du cortex peuvent être délimitées de plusieurs manières différentes :

1. **Anatomique** : en fonction des **limites structurelles** du cerveau (sillons et gyri).

Dans ce TP, chaque lobe sera traité en commençant par ses gyri et sillons, puis par ses fonctions.

2. **Fonctionnelle** : en fonction d'aires fonctionnelles définies par l'imagerie fonctionnelle ou pathologies neurologiques. Il n'est généralement pas possible de les identifier anatomiquement avec précision, d'autant plus qu'elles peuvent se chevaucher. Les frontières proposées dans ce TP ne sont donc pas absolues. De plus, elles reflètent une vision cartographiée du cortex cérébral un peu dépassée de nos jours. En effet, on considère de nos jours que les fonctions cérébrales reposent sur des réseaux à large échelle, impliquant plusieurs aires corticales, plutôt que sur des secteurs isolés du cortex. Cette vision n'exclut pas pour autant l'importance des aires corticales données pour des fonctions précises ; elle considère ces aires corticales comme des nœuds centraux de réseaux complexes. Une même région peut donc participer à l'élaboration de plusieurs fonctions selon la connectivité et la synchronicité qu'elle entretient avec les autres aires corticales et réseaux.

3. **Microscopique** : en fonction de la **cytoarchitecture** (organisation cellulaire corticale).

Élaborée à l'aide de l'examen histologique et de différentes colorations, cette classification de Brodmann est parfois encore utilisée de nos jours. Elle dénombre 52 **aires cérébrales de « Brodmann »**. Ces aires ne sont pas à apprendre et ne figurent à ce titre pas dans ce TP.

1. Sillons de repère

Avant d'étudier les aires fonctionnelles du télencéphale lobe par lobe, il est indispensable d'identifier les sillons qui nous serviront de repères pour les délimiter. Certains sillons ont déjà été présentés dans le TP 1 mais nous approfondirons ici chaque face du cerveau avec un degré supplémentaire de détails.

Faces latérale et dorsale :

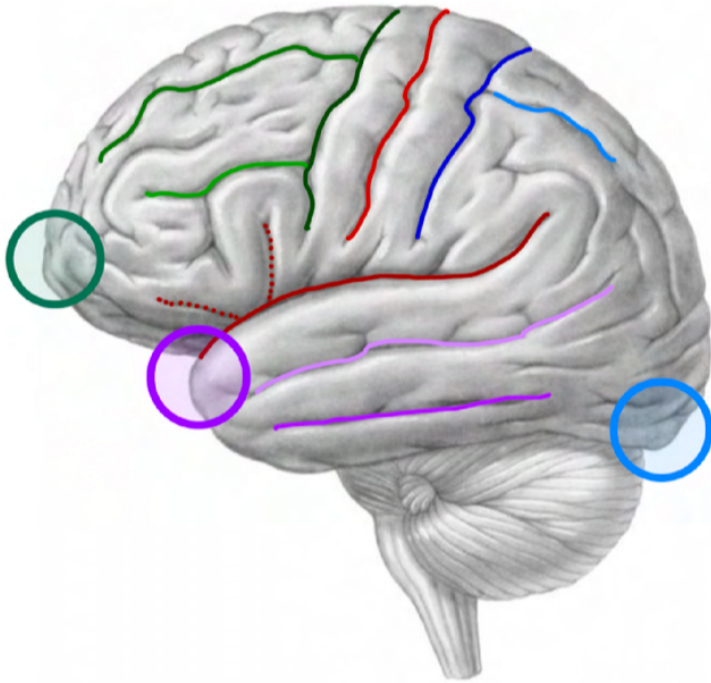


Fig. 4 : Surface latérale du cerveau, modifiée de la figure AI-1 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin. Sont entourés les pôles frontal (vert), temporal (violet) et occipital (bleu).

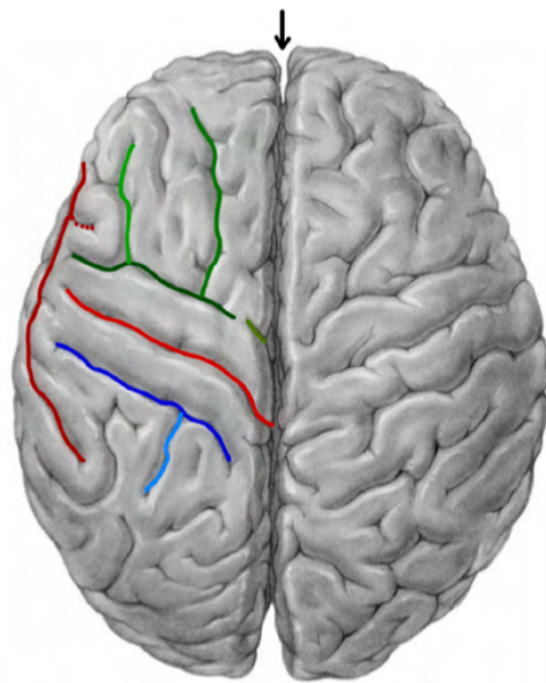


Fig. 5 : Surface dorsale du cerveau, modifiée de la figure AI-2 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin.

Sillon central de Rolando	Séparation verticale entre les lobes frontal et pariétal
Sillon latéral de Sylvius	Séparation diagonale entre le lobe temporal des lobes frontal et pariétal . En pointillés, rameaux permettant la subdivision du gyrus frontal inférieur .
Sillon frontal supérieur	Séparation horizontale dorsale du lobe frontal
Sillon frontal inférieur	Séparation horizontale ventrale du lobe frontal
Sillon précentral	Antérieurement au sillon central , perpendiculaire aux sillon frontal supérieur et sillon frontal inférieur
Sillon post-central	Sillon pariétal; postérieurement et ventralement au sillon central
Sillon intra-pariétal	Sillon horizontal séparant le lobe pariétal en deux lobules
Sillon temporal supérieur	Séparation horizontale dorsale du lobe temporal
Sillon temporal inférieur	Séparation horizontale ventrale du lobe temporal

Face médiale :

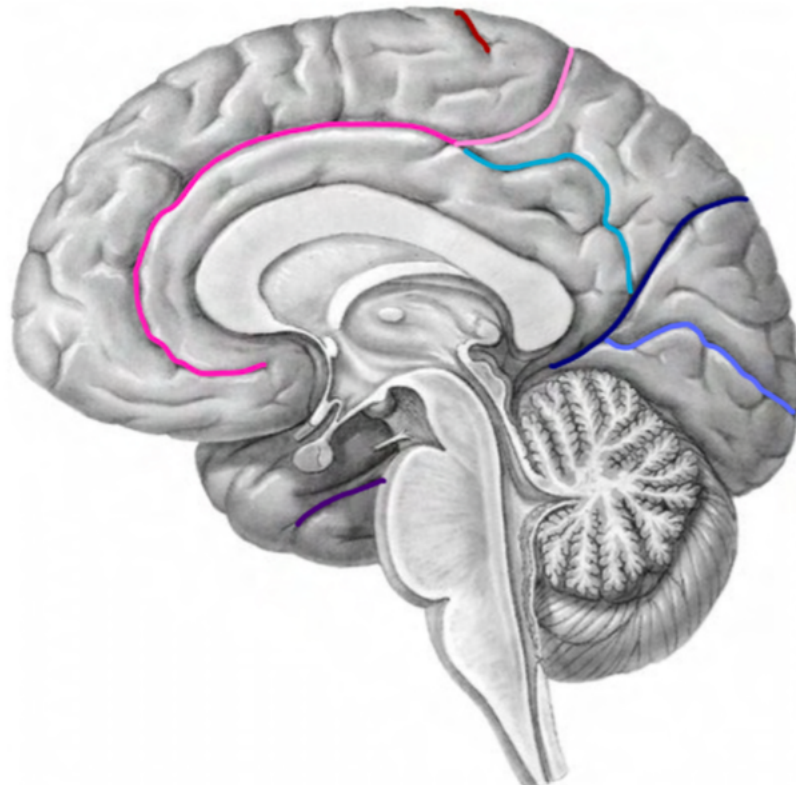


Fig. 6 : Surface médiale du cerveau, modifiée de la figure A1-4 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin.

Sillon central	Extrémité dorsale du sillon, formant un crochet . De part et d'autre se trouve le lobule paracentral , formé rostralement par le lobe frontal et caudalement par le lobe pariétal .
Sillon cingulaire	Séparation en « C », parallèle au corps calleux , entre les lobes frontal et limbique (gyrus cingulaire). Devient le sillon marginal postérieurement au sillon central .
Sillon marginal	Vertical et est la continuité caudo-dorsale (en dehors du lobe frontal) du sillon cingulaire .
Sillon sub-pariétal	Séparation des lobes pariétal (précunéus) et limbique (gyrus cingulaire postérieur)
Sillon pariéto-occipital	Séparation verticale/oblique profonde entre les lobes pariétal et occipital . Peut être imaginé sur la face latérale (Cf. TP1) Comme repère, forme un « Y » avec le sillon calcarin .
Sillon calcarin	Scissure rejoignant le sillon pariéto-occipital en formant un « Y ». Séparation du lobe occipital en deux. De part et d'autre se trouve l' aire visuelle primaire (V1) .
Sillon collatéral	Cf. face ventrale

Face ventrale :

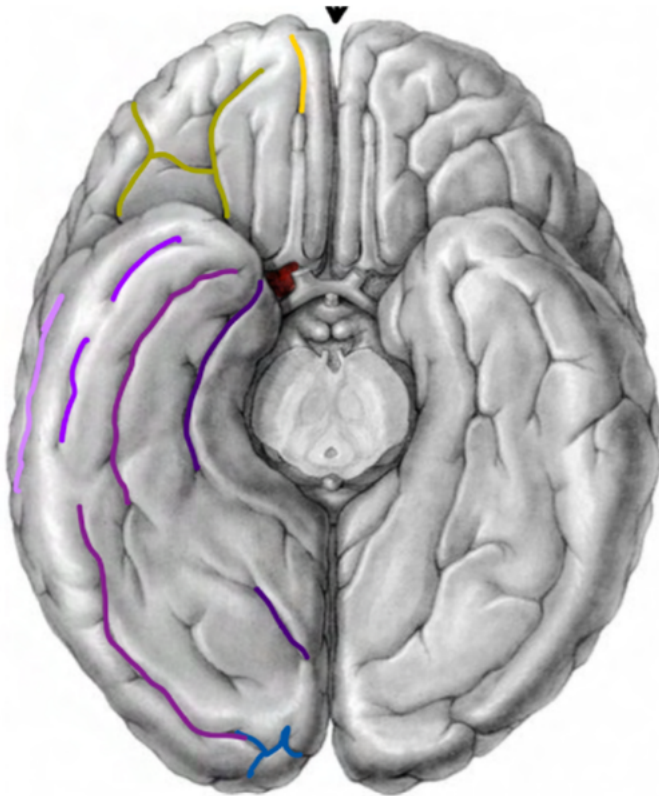


Fig. 7 : Surface ventrale du cerveau, modifiée de la figure A1-3 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin.

Fissure sagittale	Grande fissure longitudinale (trajectoire rostro-caudale) faisant un espace entre les hémisphères gauche et droite du cerveau (<i>flèche sur les figures 5 et 7</i>)
Sillon olfactif	Sillon parallèle à la fissure sagittale , dans lequel se trouvent le bulbe olfactif et le tractus olfactif
Sillons orbitaires	Sillons en forme de « H » séparant les gyri orbitaires
Sillon temporal supérieur	Cf. <i>face latérale</i>
Sillon temporal inférieur	Cf. <i>face latérale</i>
Sillon occipito-temporal	Sillon parallèle au sillon collatéral . Parcourt de manière caudo-rostale les lobes occipital et temporal .
Sillon collatéral	Séparation des lobes temporal et limbique , parallèle à la fissure longitudinale (horizontale sur la face médiale). Se prolonge rostralement en sillon rhinal (soulignant le rôle du cortex avoisinant dans l'olfaction).
Sillons occipitaux	Séparation entre les gyri occipitaux . Au pôle occipital .

Remarque :

Sur la face ventrale, on voit la substance perforée antérieure (en rouge sur la figure 7) qui se trouve caudalement au gyrus droit et latéralement au tractus optique. Les perforations permettent le passage des branches profondes de la circulation antérieure du polygone de Willis pour vasculariser le parenchyme cérébral en profondeur, formant ainsi des espaces de Virchow-Robin.

2. Lobe frontal

Division anatomique :

Gyrus frontal supérieur (F1)	Horizontal, dorsal, entre la fissure sagittale et le sillon frontal supérieur . Sa face médiale est dorsale au sillon cingulaire .
Gyrus frontal moyen (F2)	Horizontal, entre le sillon frontal supérieur et sillon frontal inférieur .
Gyrus frontal inférieur (F3)	Horizontal, entre le sillon frontal inférieur et les sillons orbitaires (ventraux). 2 rameaux du sillon latéral forment un « M » et délimitent 3 sous-régions : • Orbitaire : la plus proche des orbites (≠ gyri orbitaux) • Triangulaire : la plus supérieure • Operculaire : recouvrant l'insula
Gyrus précentral	Vertical, perpendiculaire aux gyrus frontaux , mais parallèle et antérieur au sillon central . Contient le cortex moteur primaire (M1) . Sur la face médiale du cerveau, le prolongement de ce gyrus forme le lobule paracentral rostral , contenant l'aire motrice des membres inférieurs.
Gyri orbitaux	Face ventrale (≠ partie orbitaire du gyrus frontal inférieur) Rôle dans l'inhibition sociale.
Gyrus droit	Face ventrale, limité latéralement par le sillon olfactif

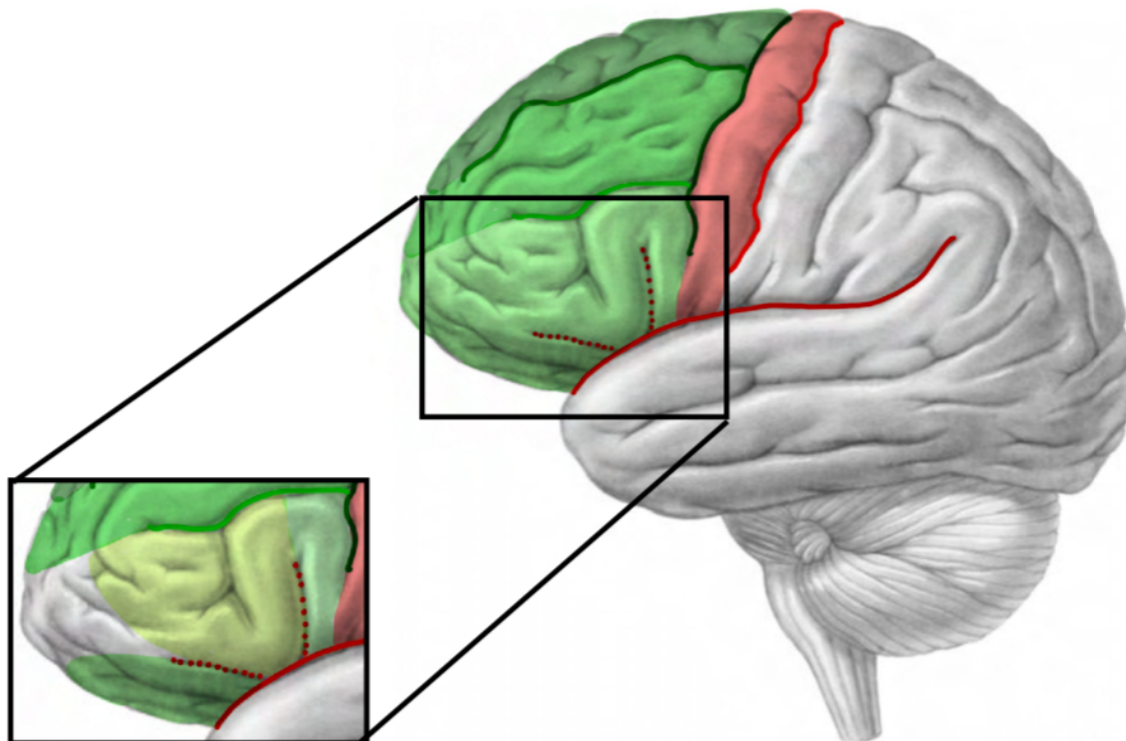


Fig. 8 : Gyri frontaux sur la surface latérale du cerveau, modifiée de la figure A1-1 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin

Remarque :

En IRM transversale, on peut repérer le **sillon central** en cherchant un « **oméga inversé** » (Ω).

Dans les gyri formant cet oméga, on trouve respectivement les **aires motrices et sensorielles de la main**.

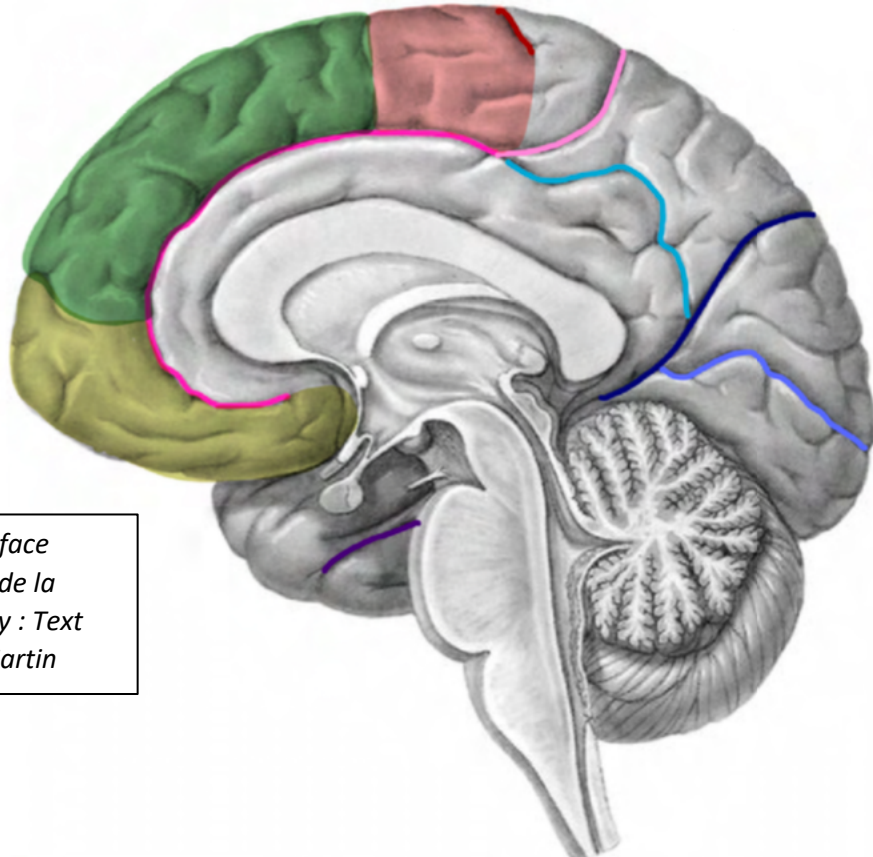


Fig. 9 : Gyri frontaux sur la surface médiale du cerveau, modifiée de la figure AI-4 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin

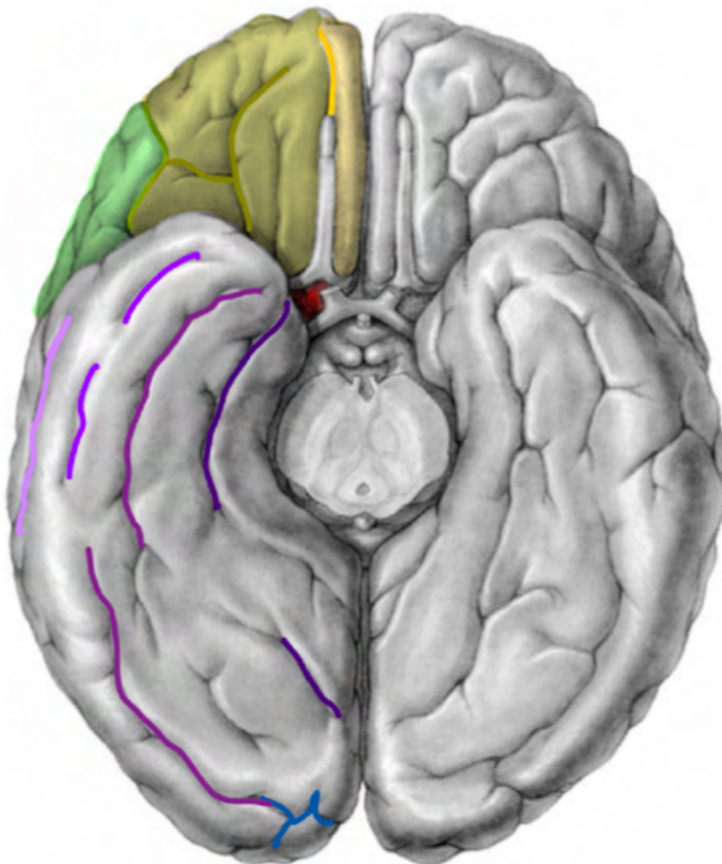


Fig. 10 : Gyri frontaux sur la surface ventrale du cerveau, modifiée de la figure AI-3 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin

Division fonctionnelle

Le lobe frontal est classiquement associé à la **motricité** et à ses paramètres. Il participe aussi à diverses **fonctions exécutives** (les processus modulant l'information relative au comportement) comme la **planification**, la **mémoire de travail**, l'**attention** et l'**inhibition**.



Fig. 11 : Aires frontales sur la surface latérale du cerveau, modifiée de la figure AI-1 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin

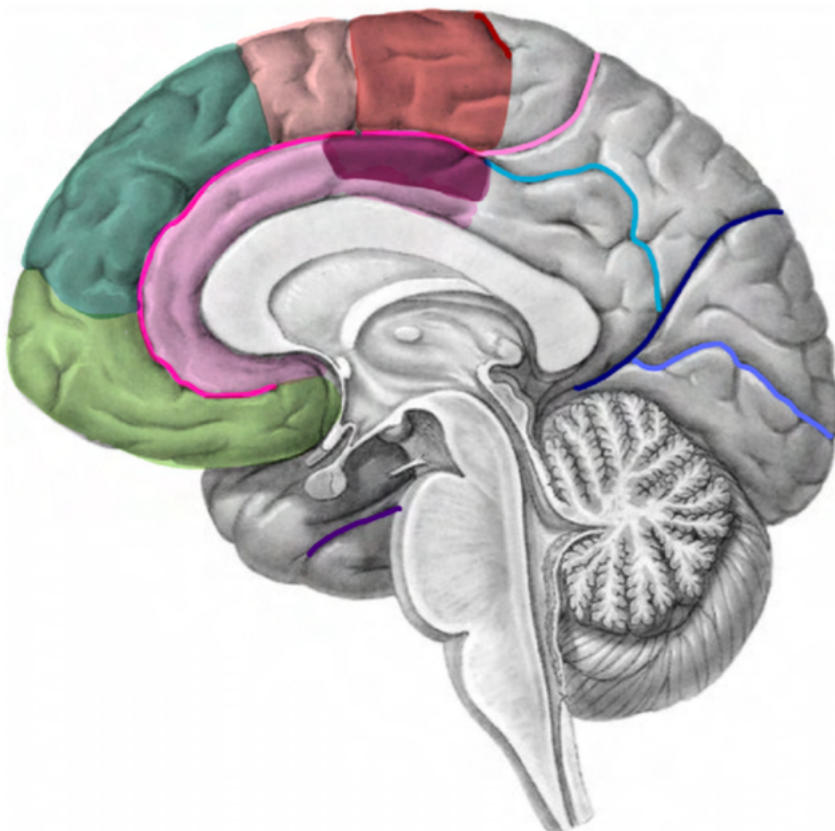


Fig. 12 : Aires frontales sur la surface médiale du cerveau, modifiée de la figure AI-4 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin

Le lobe frontal comprend **3 subdivisions fonctionnelles majeures** :

1. Cortex moteur primaire (M1)

Situé sur le **gyrus précentral**, il contient les neurones qui contrôlent les **mouvements** de la face, du tronc et des membres. Il est organisé de manière somatotopique et ainsi est représenté par l'**homonculus moteur**. Ce dernier reflète l'importance relative des parties du corps dans le cortex moteur primaire. Les régions ayant une motricité fine et évoluée sont surreprésentées au niveau de M1, raison pour laquelle les mains et la langue sont disproportionnées sur l'homonculus.



Fig. 13 : Homonculus moteur.
<https://www.handfacts.ch/fr/merveille/homunculus/>

2. Aires prémotrices

En avant du cortex primaire, ces aires sont impliquées de manière générale dans la **planification du mouvement** et sont divisées en :

Cortex prémoteur	Situé en avant du cortex primaire sur la face latérale, il joue un rôle dans les mouvements volontaires guidés par un stimulus , en particulier la vision. • La partie plus dorsale serait impliquée dans les mouvements visant à atteindre des objets. • La partie ventrale dans les mouvements visant à saisir les objets.
Aire motrice supplémentaire	En avant de M1 et du cortex prémoteur, et s'étendant sur la face médiale, elle est impliquée dans la planification et la visualisation des séquences complexes de mouvements (ex : danser ou jouer du piano.)
Aire motrice cingulaire	Située dans la partie supérieure du gyrus cingulaire sous le sillon cingulaire , joue un rôle central dans la motivation du mouvement et le passage de l'intention à l'action .

3. Cortex associatif préfrontal

Situé rostralement aux aires prémotrices, sa fonction générale est d'établir une réponse **comportementale** et **sociale adaptée** aux stimuli qu'il reçoit. On peut considérer qu'il est lui-même divisé en 5 régions aux fonctions distinctes :

Frontal eye field (FEF)	Partie dorso-postérieure du lobe frontal qui est impliquée dans le contrôle volontaire des saccades oculaires . Est associé au cortex pariétal postérieur et participe à la voie dorsale de l'attention (Cf. <i>lobe pariétal</i>).
Cortex dorso-latéral	Situé en avant sur les gyrus frontaux supérieurs et moyens , ainsi que sur la face médiale où il prend le nom de cortex préfrontal médial (mPFC) . Il intervient dans plusieurs fonctions exécutives, dont le contrôle cognitif des impulsions et la mémoire de travail . Il fait partie du default mode network (Cf. <i>Cours 1</i>), car il est étroitement interconnecté avec la partie antérieure du cortex cingulaire .

Cortex ventro-latéral	Les parties operculaire et triangulaire du gyrus frontal inférieur du lobe dominant (le plus souvent à gauche) forment l' aire de Broca . Cette aire revêt une importance capitale dans la production du langage . Associé à la jonction temporo-pariétale , ce cortex fait partie du réseau ventral de l'attention .
Cortex cingulaire antérieur	Impliqué dans la motivation, l'intérêt et la prise d'initiative . Appartient au système limbique en raison de son importance dans les émotions et le comportement.
Cortex orbito-frontal	Situé sur les gyrus droits, orbitaux et frontal inférieur . En liaison avec les systèmes de récompenses et le système limbique , il joue un rôle majeur dans la prise de décision , les relations sociales et l' humeur .

3. Lobe pariétal

Division anatomique :

Gyrus post-central	Vertical, délimité antérieurement par sillon central , postérieurement par le sillon post-central et ventralement par le sillon latéral . Contient le cortex somatosensoriel primaire (S1) . Sur la face médiale du cerveau, le prolongement de ce gyrus forme le lobule paracentral caudal , contenant l'aire sensitive des membres inférieurs.
Lobule pariétal supérieur (P1)	En forme de quadrilatère, délimité antérieurement par le sillon post-central et ventralement par le sillon intra-pariétal . Uniquement latéral.
Lobule pariétal inférieur (P2)	Ventralement au sillon intra-pariétal . Divisé en 2 gyri : • Gyrus supramarginal : partie rostrale • Gyrus angulaire : partie caudale
Précunéus	Uniquement sur la face médiale, lobule en forme de quadrilatère, entouré par le sillon marginal (devant), le sillon sub-pariétal (dessous), et le sillon pariéto-occipital (derrière).

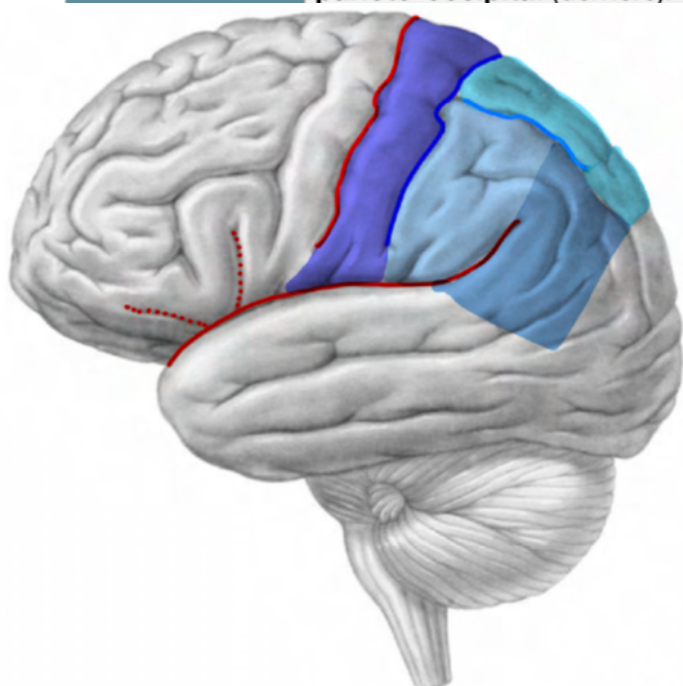


Fig. 14 : Gyri pariétaux sur la surface latérale du cerveau, modifiée de la figure A1-1 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin

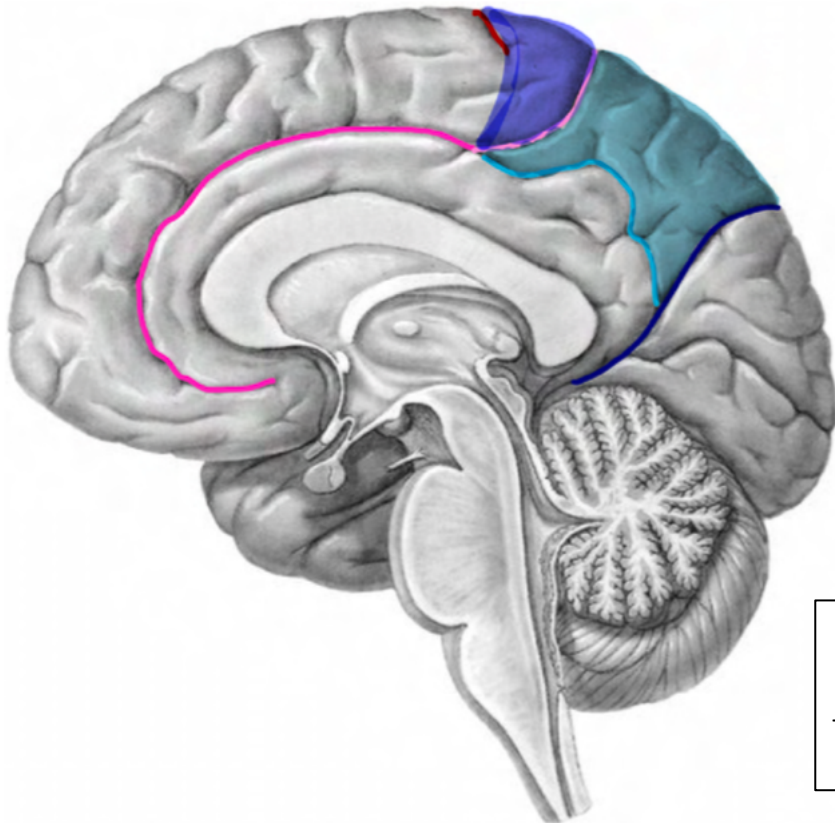


Fig. 15 : Gyri pariétaux sur la surface médiale du cerveau, modifiée de la figure A1-4 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin

Division fonctionnelle :

De façon générale, le lobe pariétal est impliqué dans la **sensibilité** du corps, la **perception** de l'espace, la **conscience** de soi, et l'**intégration sensorielle**. À nouveau, on peut considérer 3 subdivisions fonctionnelles majeures :

1. Cortex somato-sensoriel

Cortex somato-sensoriel primaire (S1)	Situé sur le gyrus post-central . Les informations tactile, proprioceptive et nociceptive du corps humain sont organisées de manière somatotopique, représenté par l' homunculus sensoriel .
Cortex somato-sensoriel secondaire (S2)	Situé sur l' opercule pariétal , ce cortex associatif est impliqué surtout dans l' intégration sensori-motrice . Il reçoit les informations somato-sensorielles de S1 et est connecté à de nombreuses régions associatives afin d'aider à l' élaboration d'un plan moteur .

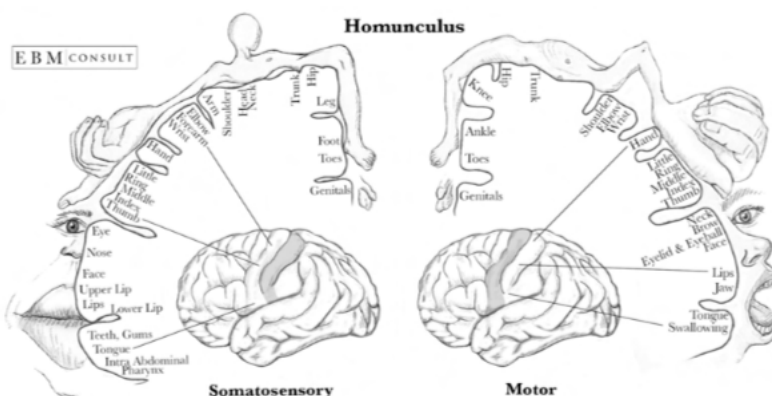


Fig. 16 : Homunculus Sensoriel vs. Moteur,
<https://www.ebmconsult.com/articles/homunculus-sensory-motor-cortex>

2. Cortex pariétal postérieur

Il comprend le **précunéus**, le **lobule pariétal supérieur** et la partie supérieure du **lobule pariétal inférieur** (composé des **gyri supra-marginal et angulaire**). À la jonction entre les lobes pariétal et temporal (en hachuré bleu sur figure 17), on trouve une zone de transition entre ces deux lobes : la **jonction temporo-pariétale (TPJ)**. C'est une des principales régions associatives du cerveau. Du côté dominant, elle se confond avec l'aire de Wernicke, importante dans la compréhension et la perception du langage (Cf. Lobe temporal). Le cortex pariétal postérieur possède également une zone responsable de **saccades oculaires involontaires**, le **Posterior Eye Field (PEF)** (≠ FEF du lobe frontal).

Le cortex pariétal postérieur possède plusieurs fonctions distinctes :

1. **Représentation multimodale du corps et de l'espace** : il reçoit des afférences des différentes modalités sensorielles (audition, vision, proprioception, etc.) et intègre ces informations environnementales afin de nous permettre de naviguer et de nous orienter spatialement dans le monde qui nous entoure.
2. **Attention** : il est impliqué dans l'attention, et il existe 2 réseaux de l'attention :
 1. **La voie dorsale** : en association avec le **FEF**, le cortex pariétal postérieur est impliqué dans la voie dorsale de l'attention. Il s'agit du système de l'attention « **top-down** », c'est-à-dire la capacité de l'individu à focaliser son attention volontairement sur un stimulus.
 2. **La voie ventrale** : la **jonction temporo-pariétale (TPJ)** et le **cortex préfrontal ventro-latéral** (gyrus frontal inférieur) sont impliqués dans la voie ventrale de l'attention. Il s'agit du type d'attention dit « **bottom-up** », c'est-à-dire la capacité de l'individu à porter son attention à des stimuli inattendus dans l'environnement.
3. **Intention du mouvement** : le traitement de l'information multimodale par le cortex pariétal postérieur ainsi que ses connexions avec les **aires prémotrices** du lobe frontal permettent également d'orienter la personne à **effectuer un mouvement**. C'est donc une zone importante lorsque l'on considère l'intention du mouvement.

3. Cortex cingulaire postérieur

Il comprend la partie du **gyrus cingulaire comprise dans le lobe pariétal**. Il fait partie de réseaux se rapportant à la **mémoire spatiale**, à l'**apprentissage** et aux **émotions**, comme en témoigne son appartenance au système limbique. Une partie plus spécifique, le **cortex rétro-splénial** (en hachuré rose sur la figure 18), situé postérieurement au splénium du corps calleux, joue un rôle plus particulier dans la **navigation spatiale** et l'**imagination**, parmi d'autres fonctions.

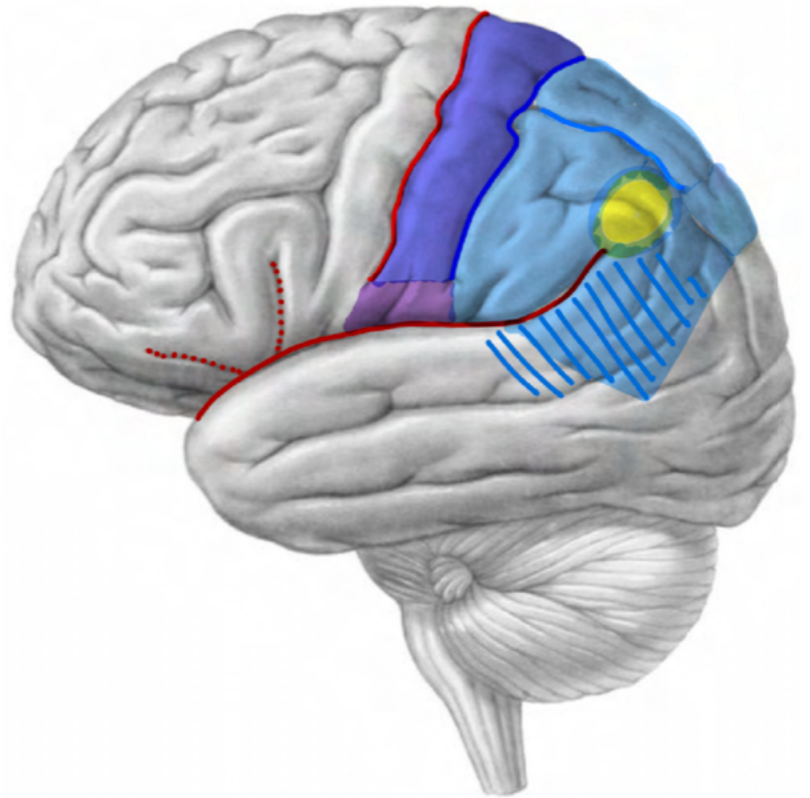


Fig. 17 : Aires pariétales sur la surface latérale du cerveau, modifiée de la figure AI-1 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin

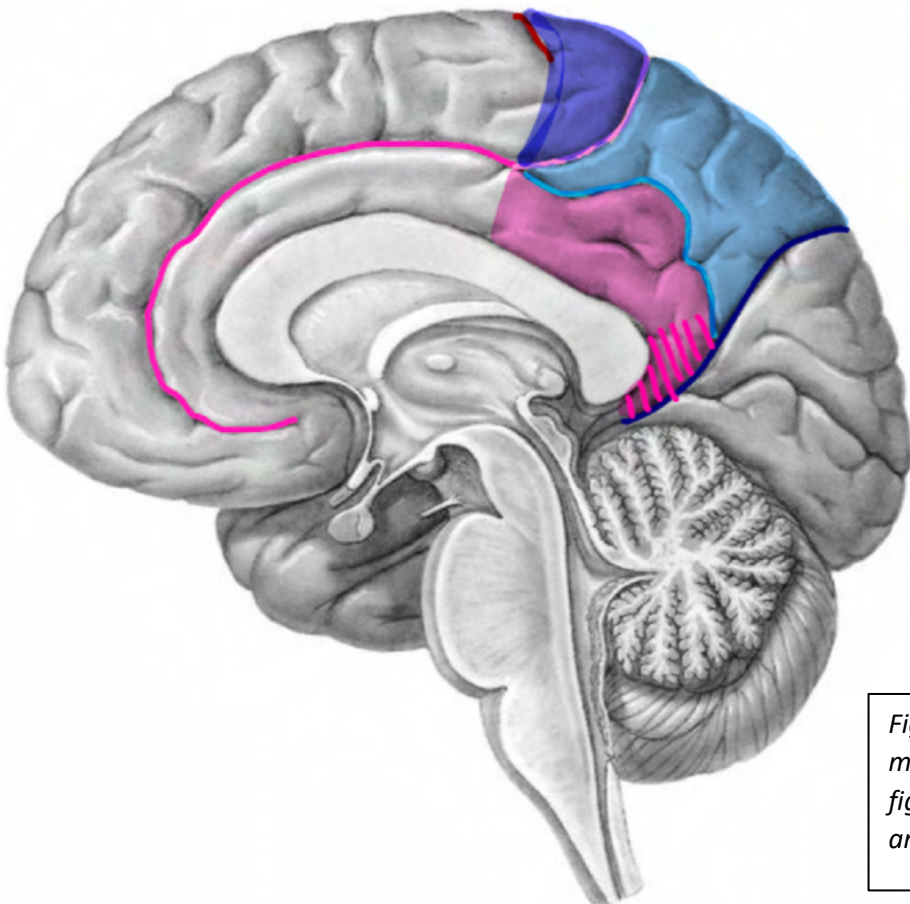


Fig. 18 : Aires pariétales sur la surface médiale du cerveau, modifiée de la figure AI-4 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin

4. Lobe temporal

Division anatomique :

Gyrus temporal supérieur (T1)	Gyrus horizontal délimité entre le sillon latéral et le sillon temporal supérieur. S'enfonce profondément jusqu'à l'insula, formant ainsi les opercules temporaux. Divisé en 3 sous-régions qui sont situées sur la face dorsale du lobe temporal, et ne sont pas visibles sur la face latérale : - Planum polare : partie rostrale, vers le pôle temporal - Planum temporale : partie caudale et supérieure, asymétrique entre les hémisphères (<i>Cf. plus bas</i>) - Gyri temporaux transverses de Heschl : non visibles en anatomie externe, en profondeur du sillon latéral (≠ insula)
Gyrus temporal moyen (T2)	Délimité entre les sillons temporaux supérieur et inférieur
Gyrus temporal inférieur (T3)	Délimité entre les sillons temporaux inférieur et occipito-temporal
Gyrus occipito-temporal	Délimité par le sillon collatéral médialement et le sillon occipitotemporal latéralement, ce gyrus, qui s'étend sur le lobe temporal et occipital, peut parfois se diviser en deux gyri (latéral et médial) et est également souvent dénommé gyrus fusiforme .
Gyrus parahypocampique	Se recourbe rostralement vers le haut et l'arrière pour former l'uncus (« crochet » en latin). Il contient des structures corticales reliées étroitement au système limbique. Ce gyrus fait donc aussi partie du lobe limbique.

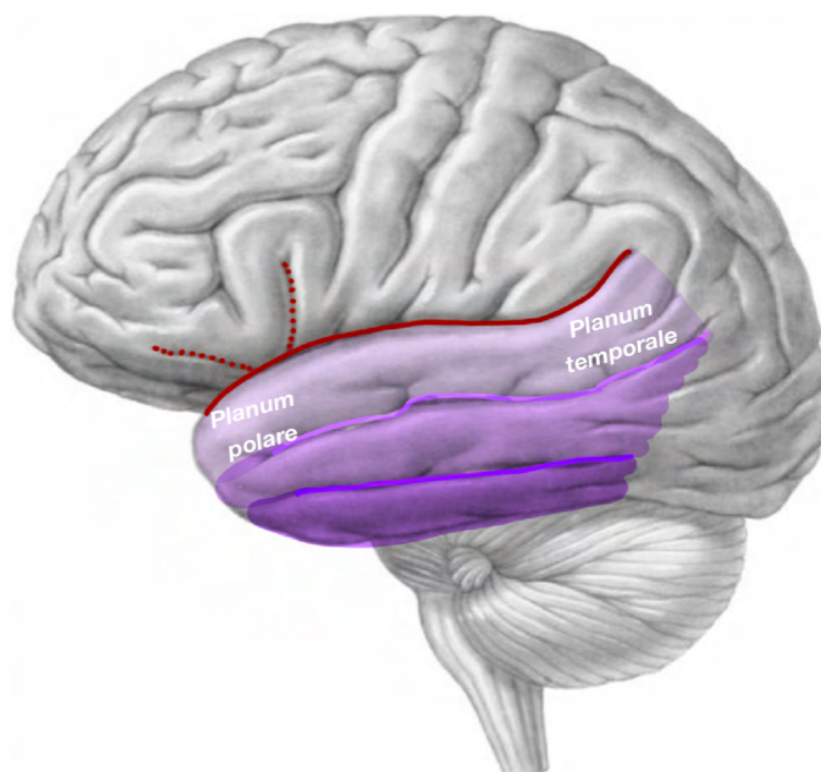


Fig. 19 : Gyri temporaux sur la surface latérale du cerveau, modifiée de la figure A1-1 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin

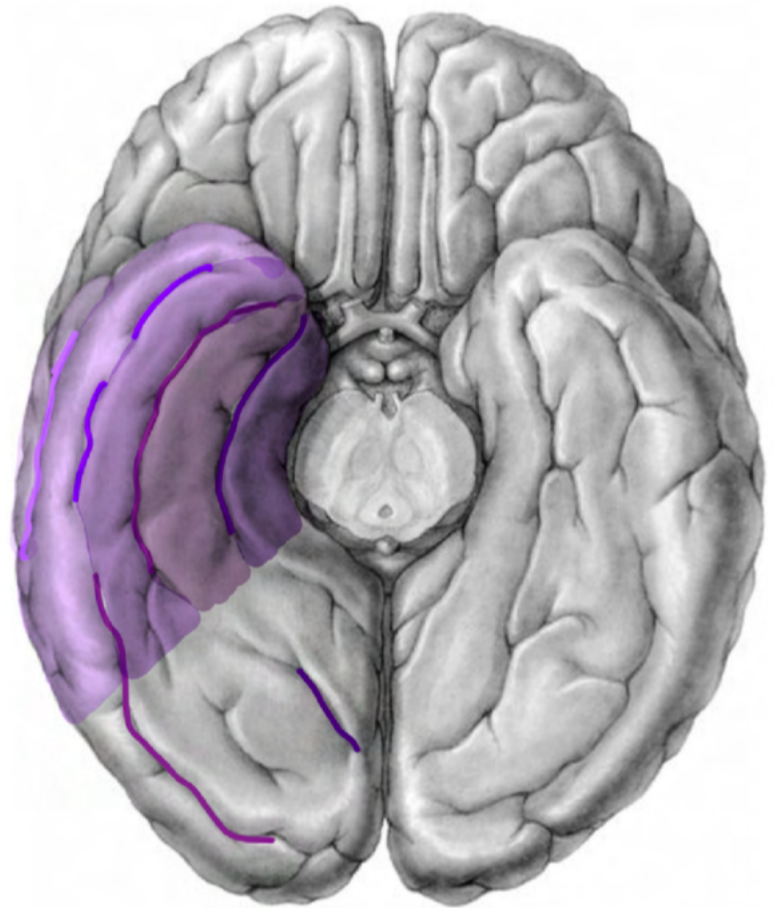


Fig. 20 : Gyri temporaux sur la surface ventrale du cerveau, modifiée de la figure AI-3 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin

Remarque :

Le **sillon hippocampique** est un sillon en profondeur du gyrus parahippocampique, peu visible en anatomie externe. Autour de celui-ci se trouve l'**hippocampe**, une structure corticale impliquée dans la mémoire et la navigation spatiale (Cf. TP4).

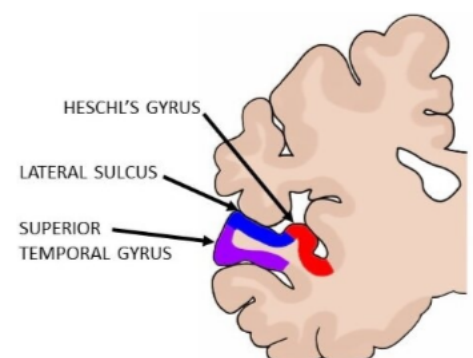
Division fonctionnelle :

De façon générale, le lobe temporal est impliqué dans l'**audition**, l'**olfaction**, la **mémoire** (hippocampe), la **reconnaissance visuelle** (p. ex. visages dans le gyrus fusiforme), ou les **réactions de peur et d'agressivité** (amygdale). On peut le subdiviser en plusieurs zones aux fonctions distinctes :

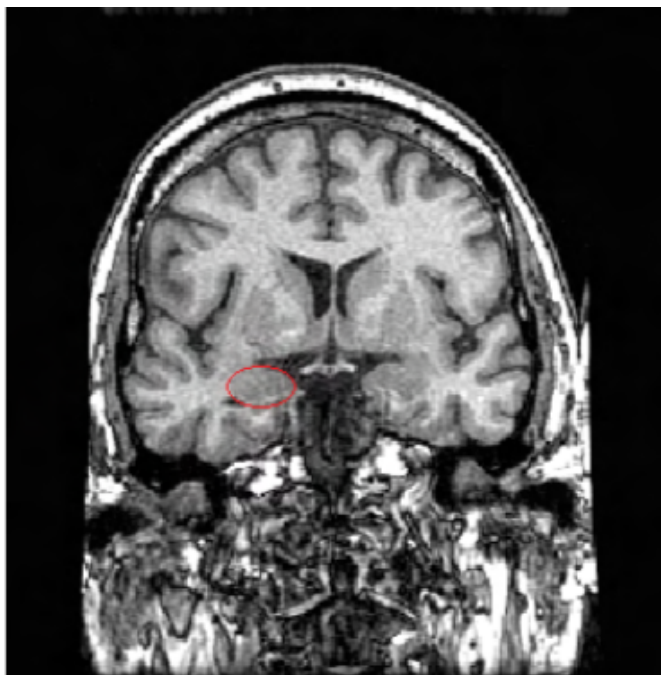
Cortex auditif primaire (A1) (Brodmann 41)	Situé sur les gyri de Heschl , ce cortex a une organisation tonotopique . Les fréquences les plus basses stimulent la partie latéro-rostrale de ce cortex, tandis que les fréquences les plus hautes stimulent la portion plus médiale et profonde .
Cortex auditif secondaire (A2)	Débordant sur le gyrus temporal supérieur , ce cortex est situé caudalement et autour de A1 formant ainsi une « belt area ». Les aires auditives secondaires participent à la localisation et l'identification des sons .
L'aire de Wernicke	Située sur le planum temporale et le lobule pariétal inférieur . Comme l'aire de Broca, elle est située dans l' hémisphère dominant pour le langage (gauche > droite). Elle joue un rôle important dans la compréhension et la perception du langage . Le langage est donc latéralisé !

Aires temporelles associatives	Elles s'étendent sur tous les gyri temporaux latéraux ainsi que sur le gyrus fusiforme. On peut grossièrement subdiviser ces aires en 2 parties : • Supérieure : traitement secondaire de l'information auditive (après A1 et A2) et des paramètres du langage • Inférieure : traitement des informations visuelles, notamment la reconnaissance d'objets via le « <i>what</i> » pathway (Cf. <i>Lobe occipital</i>) Le pôle temporal fait partie du cortex associatif limbique et correspond également à une aire secondaire pour le traitement de l'information olfactive. Le gyrus fusiforme est impliqué dans la reconnaissance d'objets et des visages.
Lobe temporal médial	Situé sur le gyrus parahippocampique, il est très impliqué dans les systèmes limbique et olfactif. On distingue 3 structures : • Le cortex olfactif primaire : pas restreint au lobe temporal médial, comprend un ensemble de structures dont des parties du cortex entorhinal, du cortex piriforme, de l'amygdale, le tubercule olfactif et le noyau olfactif. • L'hippocampe ou la formation hippocampique : en profondeur du gyrus parahippo-campique, impliquée dans la mémorisation et la navigation spatiale (Cf. <i>TP4</i>) • L'amygdale ou le complexe amygdalien : rostralement à la formation hippocampique, ensemble de matière grise sous corticale impliqué dans la genèse des émotions (notamment la peur) et de leurs réponses comportementales en plus de participer au traitement primaire de l'information olfactive.

Fig. 21 : Gyri de Heschl
<https://neuroscientificallychallenged.com/posts/know-your-brain-auditory-cortex>



*Fig. 22 : Amygdale entourée en rouge,
IRM T1, coupe coronale, TP 2020.*



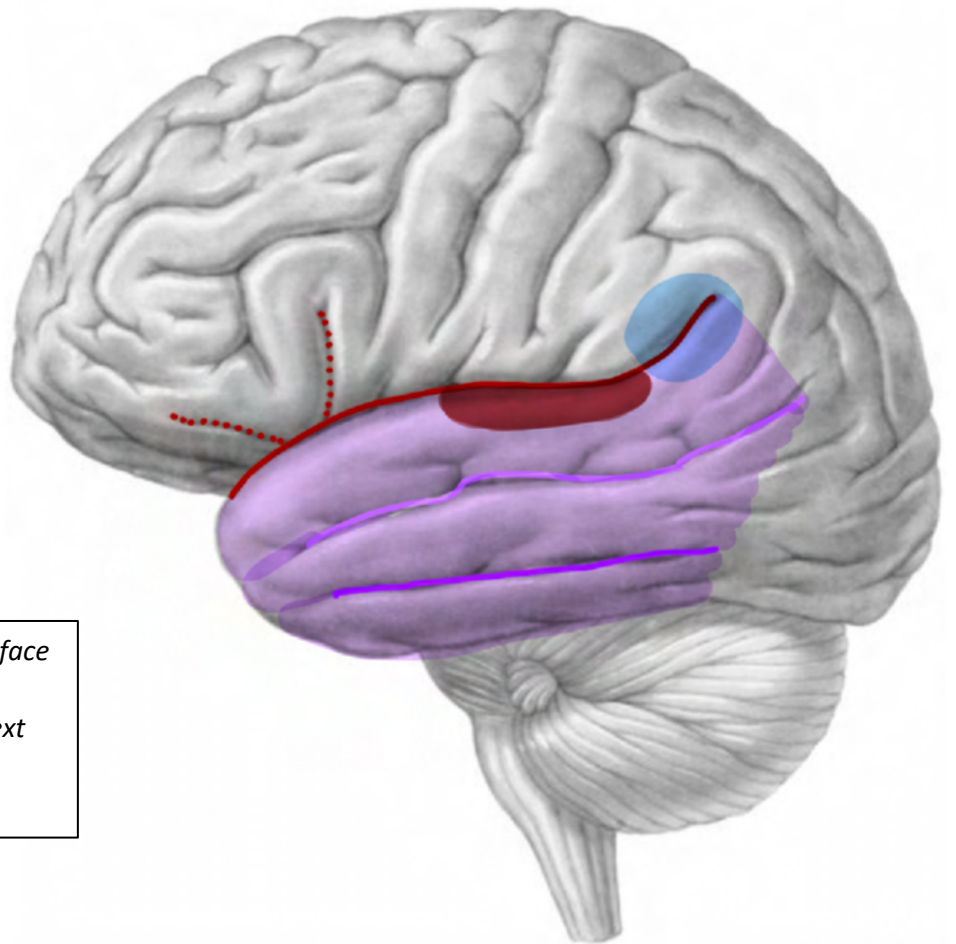
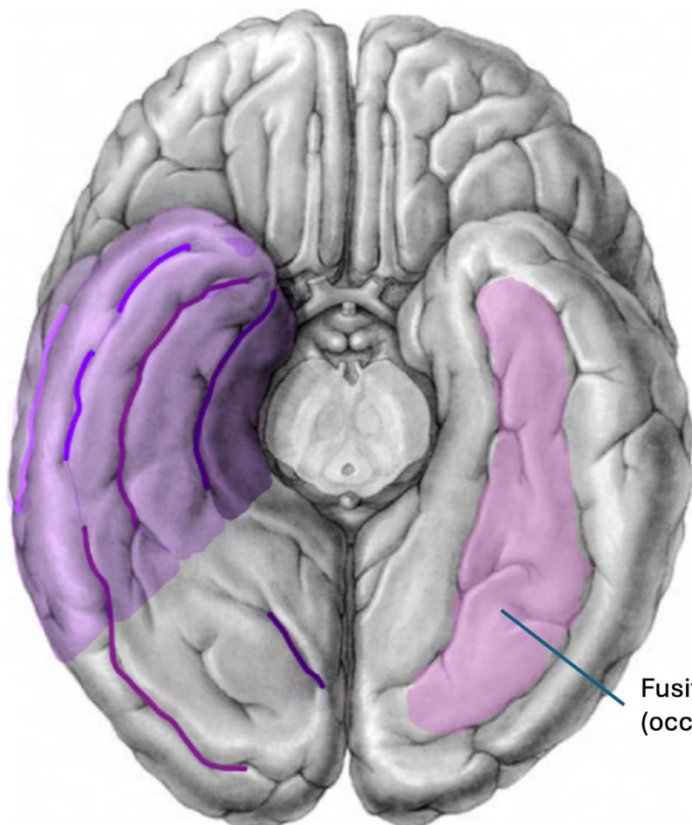


Fig. 23 : Aires temporales sur la surface latérale du cerveau, modifiée de la figure AI-1 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin



Fusiform gyrus
(occipitotemporal)

Fig. 24 : Le gyrus fusiforme (anatomiquement : gyrus occipitotemporal) s'étend sur la face ventrale des deux lobes.

5. Lobe occipital

Division anatomique :

Gyri occipitaux	Délimités sur la face latérale par la ligne imaginaire entre l' incisure pré-occipitale (flèche sur la figure 25) et l'extrémité supérieure du sillon pariéto-occipital . Séparés entre eux sur la face ventrale par les sillons occipitaux .
Cunéus	Prolongement du précunéus . Dorsal au sillon calcarin et postérieur au sillon pariéto-occipital .
Gyrus lingual	Ventral, devient le gyrus parahippocampique dans le lobe temporal .

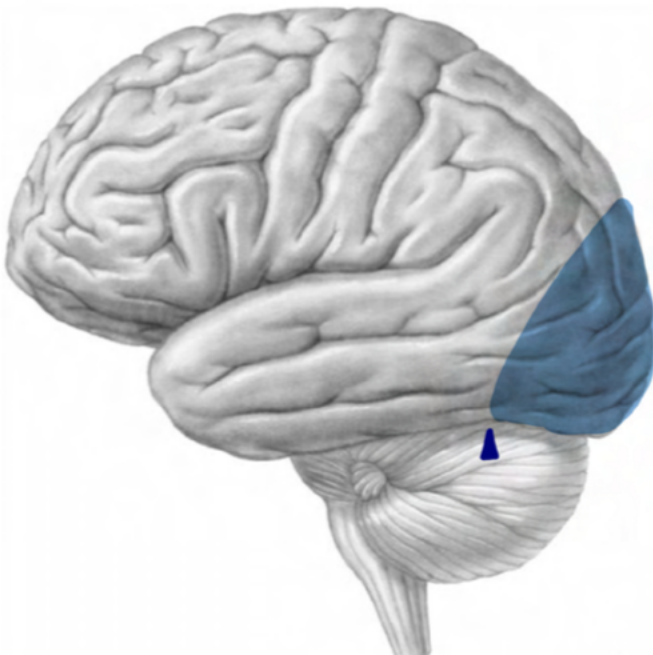


Fig. 25 : Gyri occipitaux sur la surface latérale du cerveau, modifiée de la figure A1-1 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin

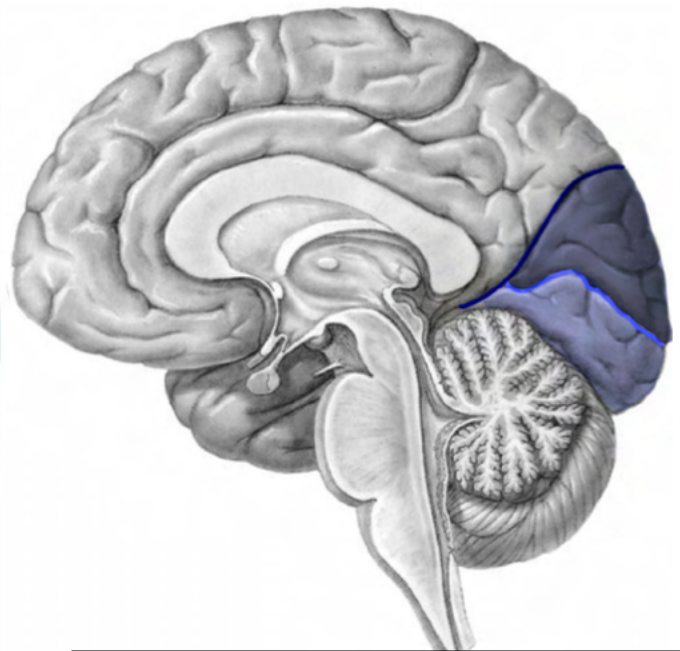


Fig. 26 : Gyri occipitaux sur la surface médiale du cerveau, modifiée de la figure A1-4 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin

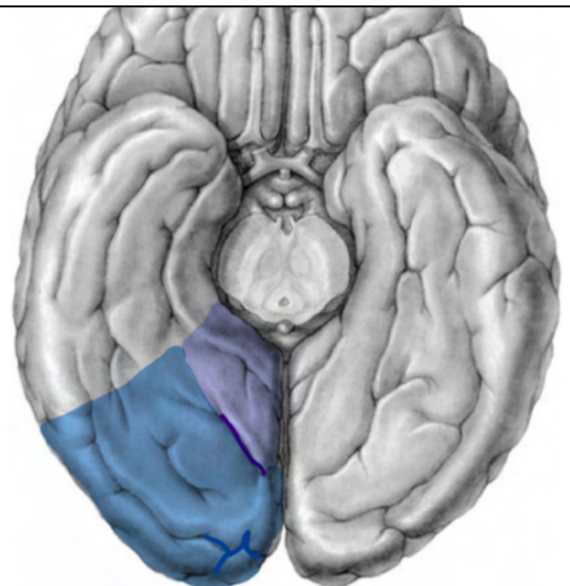


Fig. 27 : Gyri occipitaux sur la surface ventrale du cerveau, modifiée de la figure A1-3 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin

Division fonctionnelle :

Le lobe occipital s'occupe essentiellement des traitements primaire et secondaire de l'**information visuelle**. On retrouve 2 parties :

1. **Cortex visuel primaire (V1)** : Il se trouve sur les bords et dans la profondeur du **sillon calcarin** et s'étend jusqu'au **pôle occipital**. D'un point de vue fonctionnel, le **sillon calcarin** sépare l'**hémichamp visuel supérieur** (en-dessous du sillon) de l'**hémichamp visuel inférieur** (au-dessus du sillon). Il s'agit d'une organisation **rétinotopique**. La **vision fovéale** est traitée par l'extrémité caudale du cortex visuel primaire, au pôle occipital. La localisation de la représentation de la vision fovéale dans l'organisation rétinotopique de V1 permet le concept « **d'épargne maculaire** », qui se définit par une conservation de la vision maculaire (centrale) malgré une perte de vision périphérique. Deux mécanismes expliquent ce phénomène : d'une part, la vision maculaire occupe, par rapport à la vision périphérique, **une grande partie des radiations optiques** et du cortex visuel, une lésion doit donc être très étendue pour affecter la vision maculaire de manière significative ; d'autre part, les fibres et le cortex visuel dévolus à la vision maculaire reçoivent une **double vascularisation**, issue des artères cérébrales postérieures et moyennes, contrairement à la vision périphérique !

2. **Cortex visuel secondaire** : L'information visuelle est transmise de V1 à d'autres aires visuelles secondaires : V2, V3, V4, V5, etc. toutes localisées dans les lobes temporal et occipital. Ce traitement séquentiel de l'information implique une spécialisation de chacune des aires.

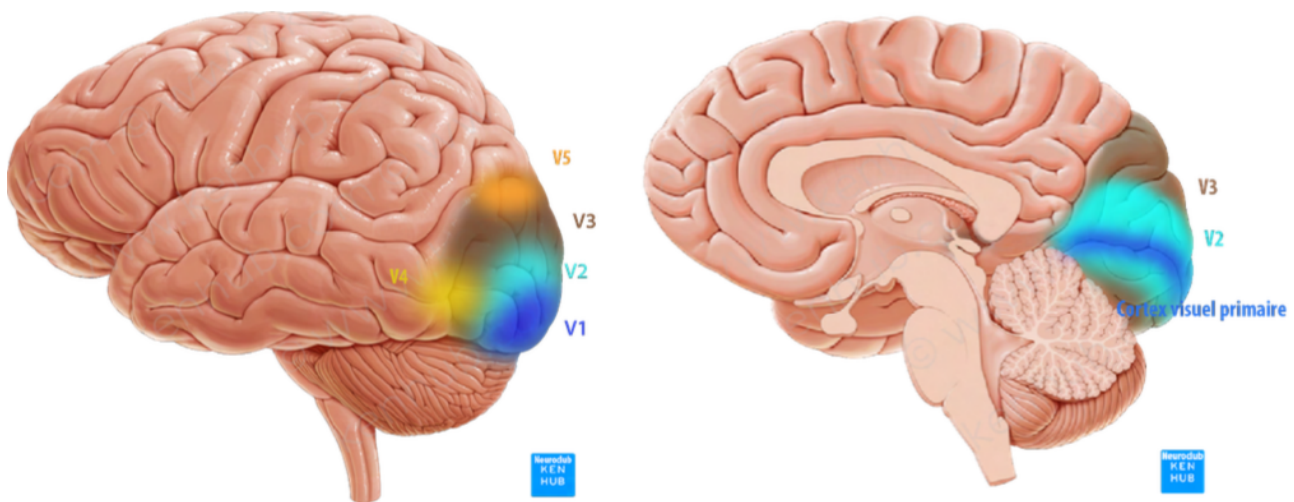


Fig. 28 : Aires occipitales sur la surface latérale et médiale du cerveau, modifié de Kenhub pour le TP 2020

On peut subdiviser le traitement secondaire de l'information visuelle en 2 voies :

- **La voie ventrale** ou « **what tract** » (en jaune sur la Fig. 28) qui est importante pour la reconnaissance des **objets** et l'identification des **couleurs**. Elle implique l'aire visuelle **V4** et le **cortex du lobe temporal inférieur**.
- **La voie dorsale** ou « **where tract** » (en orange sur la Fig. 28) qui est importante pour la perception des mouvements et la localisation des objets dans l'espace. Elle implique l'aire visuelle **V5** ou **MT (médio-temporale)** et le **cortex pariétal postérieur**.

6. Lobe limbique

Le lobe limbique a été abordé dans l'étude des autres lobes. Ses fonctions seront évoquées dans le TP 4. Voici un résumé de ce qui a déjà été mentionné :

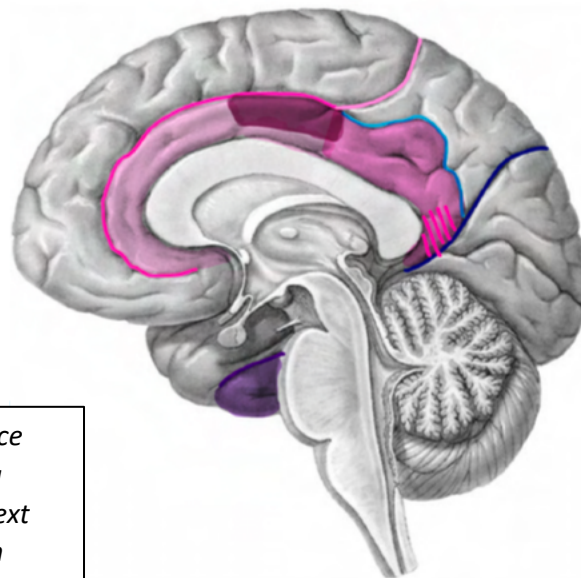


Fig. 29 : Gyri limbiques sur la surface médiale du cerveau, modifiée de la figure A1-4 du « Neuroanatomy : Text and Atlas », Fifth Edition de Martin

Gyrus cingulaire antérieur	En dessous du sillon cingulaire , jusqu'au niveau du sillon de Rolando . Lié au lobe frontal . Impliqué dans la motivation , l' intérêt et la prise d'initiative .
Gyrus cingulaire postérieur	Lié au lobe pariétal . Il fait partie de réseaux se rapportant à la mémoire spatiale , à l' apprentissage et aux émotions . Le cortex rétro-splénial joue un rôle plus particulier dans la navigation spatiale et l' imagination .
Gyrus para-hippocampique	Médial au gyrus occipito-temporal . Se recourbe rostralement vers le haut et l'arrière pour former l' uncus . L'uncus contient en profondeur l' amygdale , impliquée dans les réactions de peur et d' agressivité .

7. Lobe insulaire

L'insula, parfois comptée comme un lobe à part entière, est une portion de la matière grise corticale enfouie dans le **sillon latéral**, au fond de la **vallée sylvienne**. Elle est recouverte par 3 opercules (**frontal**, **pariétal**, **temporal**).

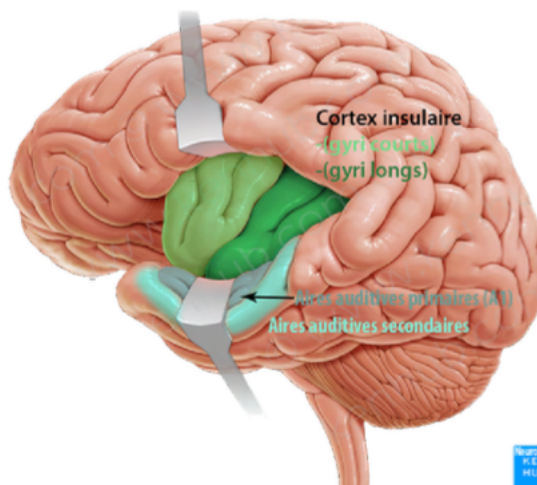


Fig. 30 : Aires occipitales sur la surface latérale et médiale du cerveau, modifié de Kenhub pour le TP 2020.

On considère qu'elle possède jusqu'à 5 fonctions :

1. **Cortex viscéro-sensoriel primaire** : Les neurones du cortex insulaire intègrent des informations sur l'état interne du corps et sont à l'origine de la réponse autonome à ces informations.
2. **Traitement de l'information gustative** : Les informations gustatives issues du noyau solitaire rostral transitent par le **noyau ventral postéro-médian (VPM)** du thalamus avant d'atteindre le cortex gustatif primaire situé dans l'insula et les opercules frontal et pariétal.
3. « **Pain matrix** » : L'insula intègre les composantes sensorielles, affectives et cognitives de la **douleur**. Les neurones de l'insula sont activés fortement et sélectivement par les stimuli nociceptifs. Le rôle du cortex insulaire est de discriminer **la qualité et l'intensité du stimulus**, et éventuellement pour certains aspects affectifs de la douleur dont les **réponses émotionnelles et autonomes**. Le rôle de l'insula dans la nociception est à contraster avec le cortex somato-sensoriel primaire dont la fonction est de localiser le stimulus nociceptif sur le corps.
4. **Proprioception** : L'insula comprend aussi une aire associative impliquée dans la **reconnaissance des objets au toucher** et à la **position des membres**.
5. **L'homéostasie** : Les zones de représentation de la douleur, du goût et des organes internes pourraient faire partie du réseau de régions corticales qui médient l'homéostasie.

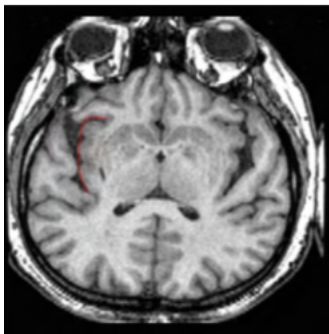


Fig. 31 : IRM T1, coupe axiale, TP 2020

Le trait rouge montre l'insula, qui se trouve au fond de la vallée sylvienne, recouverte par les opercules : frontal, pariétal et temporal. Malgré sa localisation, il s'agit bien de cortex qui s'est fait recouvrir lors de l'embryogénèse.

Circuits impliquant l'insula :

- Les **fibres du système antérolatéral** (impliqué dans la nociception) projettent sur le noyau **VMP** du **thalamus** qui à son tour projette vers le cortex insulaire.
- Les **nerfs glosso-pharyngien (IX) et vague (X)** innervent des portions de viscères thoraco-abdominaux et les barorécepteurs périphériques. Les fibres de ceux-ci projettent ensuite via le **tractus solitaire** dans la **portion caudale du noyau solitaire**. Le noyau solitaire projette à son tour vers le **noyau parabrachial** (jonction ponto- mésencéphalique) qui ensuite projette vers le noyau ventral postéro-médian du thalamus (**VPM**) $\neq$ **VMP**. Celui-ci projette enfin vers le cortex insulaire.
- Les **nerfs facial (VII), glossopharyngien (IX) et vague (X)** font transiter l'information gustative de la langue et du pharynx jusqu'à la **portion rostrale du noyau solitaire**. L'information arrive enfin au cortex insulaire, en passant également par le noyau **VPM** du thalamus.

C. Substance grise sous-corticale (télencéphale)

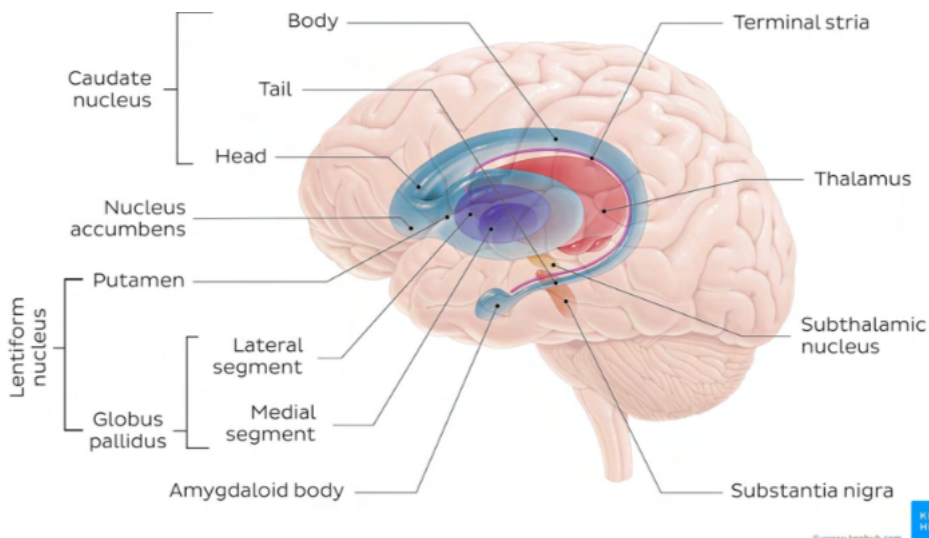


Fig. 32 : Basal ganglia overview, Kenhub

Cette matière grise sous-corticale sera détaillée dans le TP4. Les structures incluses sont :

- **Noyau caudé** : c'est une structure paire en forme de fer à cheval qui fait partie des ganglions de la base.
- **Putamen** : il s'agit d'une structure paire faisant également partie des ganglions de la base. Le noyau caudé et le putamen forment ensemble le **striatum**.
- **Pallidum** : également compris dans les ganglions de la base, il s'agit du globus pallidus externe et interne, ainsi que d'une zone de substance grise qui s'appelle le pallidum ventral. Le pallidum forme avec le putamen le **noyau lenticulaire**.
- **Amygdale** : Il s'agit d'une structure paire qui fait partie du système limbique, impliquée dans la reconnaissance et l'évaluation des émotions.
- **Noyau accumbens** : Il s'agit d'une structure paire formée d'un ensemble de neurones impliqués dans le système de récompense.
- **Septum pellucidum** : c'est la séparation entre les ventricules latéraux.
- **Clastrum** : il s'agit d'une couche de matière grise sous-corticale (paire) située entre le putamen et l'insula.

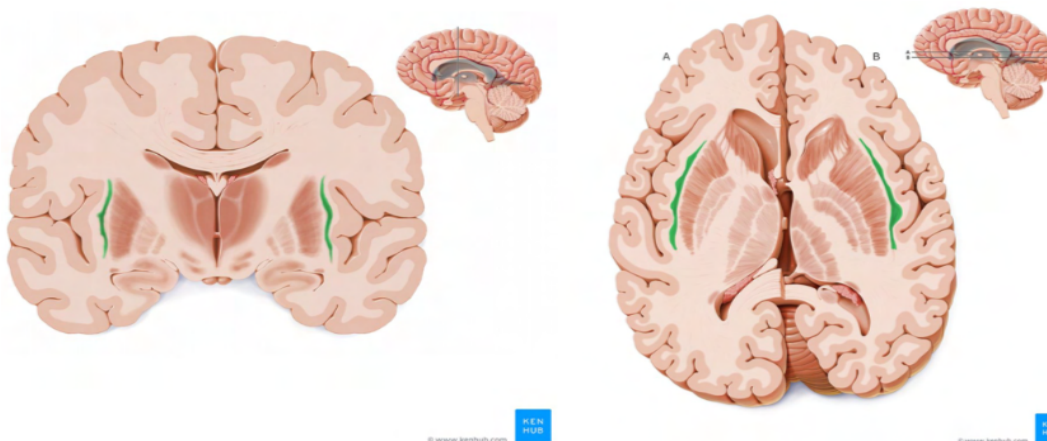


Fig. 33 : Claustrum in coronal and transversal sections, subcortical structures, Kenhub.

Central Core

Le central core, ou « cœur central » est une région anatomique du télencéphale regroupant **toutes les structures, allant de l'insula à la ligne médiane**. Ainsi, si nous allons de l'extérieur (insula) vers l'intérieur (ligne médiane), il est composé du **claustrum**, du **putamen**, du **globus pallidus** externe et interne, du **noyau caudé** et du **thalamus**.

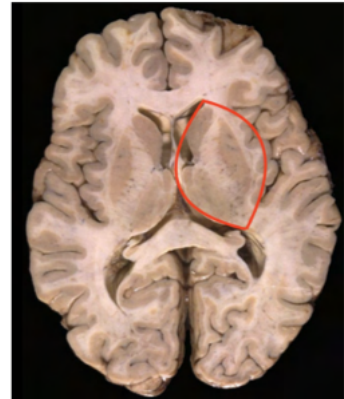


Fig. 34 : Le cercle rouge indique l'emplacement du central core.

D. Substance grise diencephalique

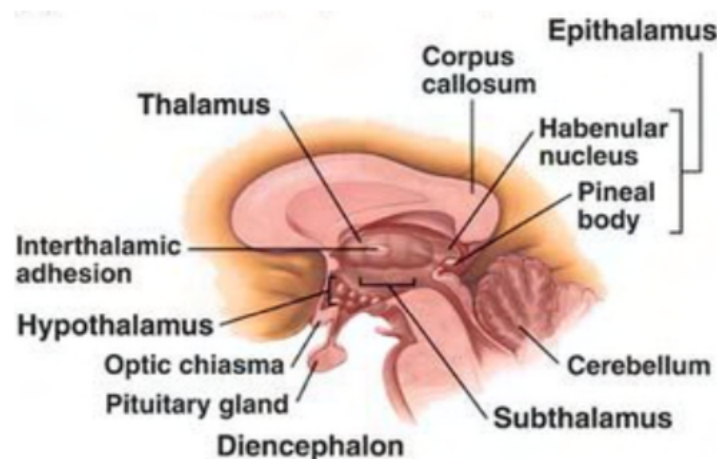


Fig. 35 : Diencephale, <https://operativeneurosurgery.com/lib/exe/fetch.php?media=subthalamus.png>

- **Thalamus** : deux structures symétriques de part et d'autre du troisième ventricule. Il y a donc un thalamus par hémisphère. C'est une structure majeure pour les relais entre les aires corticales et entre les régions sous-corticales et le cortex. Chaque thalamus est composé de plusieurs noyaux impliqués dans des réseaux variés.
- **Hypothalamus** : un autre ensemble de noyaux, séparé du thalamus par le **sillon hypothalamique**, dont la fonction concerne essentiellement les systèmes effecteurs de régulation physiologique du milieu interne (système nerveux autonome, régulation hormonale, cycle nyctéméral, etc.)
- **Épithalamus**, comprend :
 - Les **stries médullaires**, qui parcourent la face médiale du thalamus de manière longitudinale. Elles contiennent des fibres allant depuis les noyaux septaux et le noyau antérieur du thalamus jusqu'aux noyaux habénulaires.
 - **L'habenula**, impliquée dans le contrôle autonome et le système limbique.
 - La **glande pinéale**, qui sécrète la mélatonine.
- **Subthalamus** : La composante majeure en est le **noyau sous-thalamique ou corps de Luys**. Il fait partie de la boucle de contrôle des ganglions de la base et peut être la cible des électrodes dans la stimulation cérébrale profonde pour le traitement de la maladie de Parkinson. Il se situe entre le thalamus et la substance noire mésencéphalique.

E. Substance blanche

La substance blanche ne contient, par définition, pas de corps cellulaires de neurones et n'est formée que par des axones et des cellules gliales (et des vaisseaux). Les fibres axonales ont une organisation en **tractus** (ou **faisceaux**), qu'il est possible de décrire anatomiquement. Fonctionnellement, on peut distinguer **3 types de fibres** :

1. **Fibres commissurales**
2. **Fibres associatives**
3. **Fibres de projection**

1. Fibres commissurales

Par définition, ces fibres connectent les deux hémisphères entre eux. Elles sont groupées dans des commissures qui relient les parties homologues des hémisphères. On distingue les commissures selon si elles font partie du télencéphale et du diencephale.

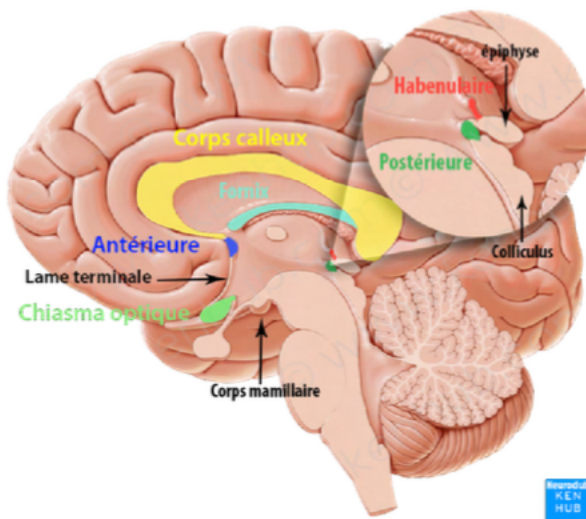


Fig. 36 : Commissures, image modifiée de Kenhub

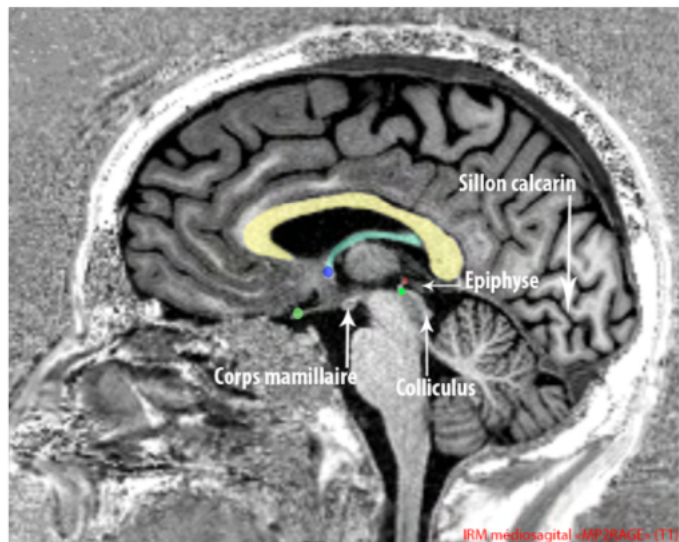


Fig. 37 : Commissures, TP 2020

Commissures télencéphaliques (3) :

1. **La commissure antérieure** : elle est située ventralement à la corne frontale du ventricule latéral et au-dessus du noyau basal de Meynert. Il s'agit entre autres du lieu de décussation des **stries olfactives médiales**.
2. **La commissure hippocampique** (du fornix) : ce faisceau bidirectionnel relie **l'hippocampe** aux **corps mamillaires**. Les fibres qui la forment croisent la ligne médiane au niveau du corps du fornix.
3. **Le corps calleux** : C'est le **principal faisceau** de fibres commissurales, formant une structure aisément repérable qu'on peut subdiviser en 4 parties :
 1. **Le rostrum** : entre le genou et la commissure antérieure ;
 2. **Le genou** : partie la plus rostrale du corps calleux ;
 3. **Le corps** : entre le genou et le splénium ;
 4. **Le splénium** : partie la plus caudale et épaisse du corps calleux.

Les nombreuses fibres sortant du corps calleux forment plusieurs faisceaux :

- **Forceps mineur** : contenant les fibres dirigées vers le lobe frontal ;
- **Forceps majeur** : contenant les fibres allant au lobe occipital ;
- **Tapetum** : contenant les fibres allant au lobe temporal. Il s'agit d'un faisceau de matière blanche quittant le corps calleux et se prolongeant inférieurement vers le lobe temporal, latéralement au ventricule latéral.

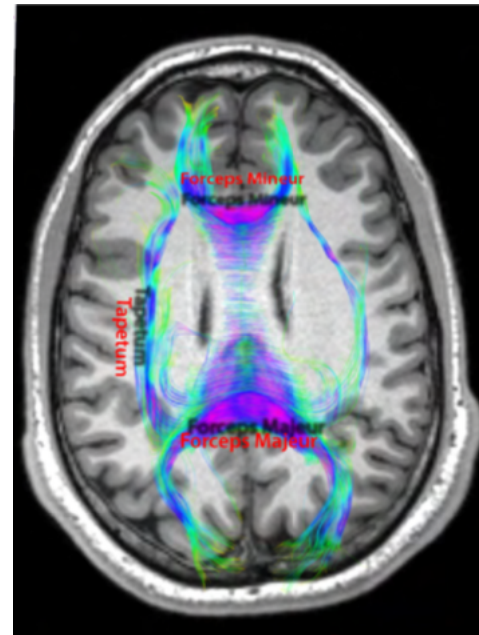
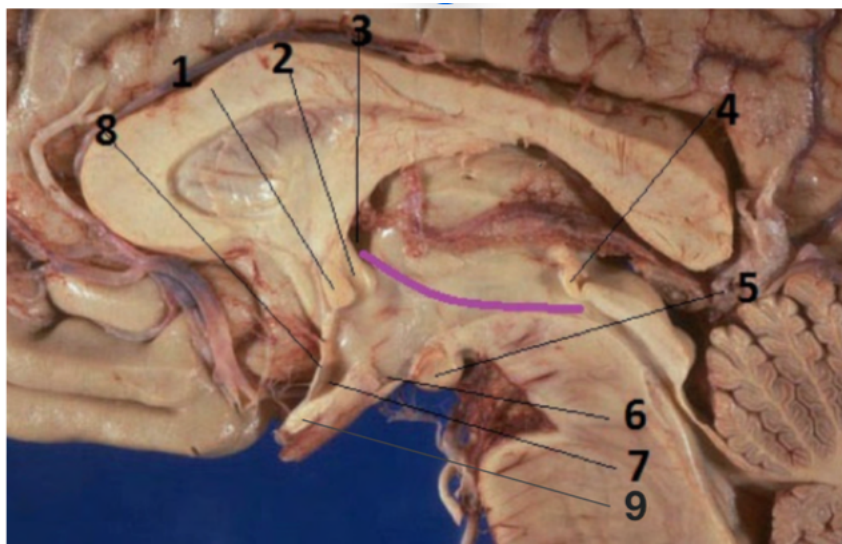


Fig. 38 : Tractographie du corps calleux, TP 2020

Commissures d'encéphaliques (3) :

1. **Le chiasma optique** : lieu de décussation des fibres du nerf optique. Il est situé rostralement à la tige pituitaire, dans la citerne péri-chiasmatique, dorsalement au sinus caverneux.
2. **La commissure habénulaire** : se trouve dorsalement à la glande pinéale, et forme aussi une partie de la paroi postérieure du 3ème ventricule. Elle est impliquée dans le système limbique.
3. **La commissure postérieure (épithalamique)** : située dorsalement aux collicules supérieurs, forme une partie de la paroi postérieure du 3e ventricule. Cette commissure est le lieu de décussation des fibres qui véhiculent les afférences du réflexe pupillaire consensuel.

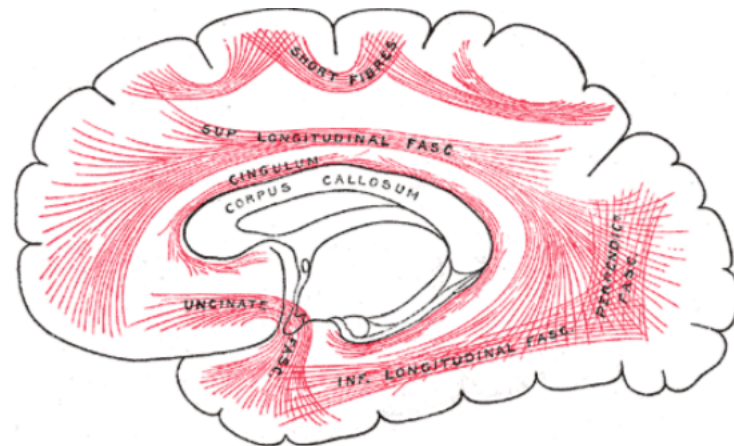


- 1 : Commissure antérieure
- 2 : Fornix
- 3 : Foramen de Monro
- 4 : Commissure postérieure
- 5 : Corps mamillaires
- 6 : Recessus infundibulaire
- 7 : récessus supra-optique
- 8 : lame terminale
- 9 : chiasma optique

Fig. 39 : Diencéphale, coupe sagittale, TP 2020. En violet, le sillon hypothalamique qui va du foramen de Monro à l'aqueduc de Sylvius.

2. Fibres associatives

Fig. 40: Fibres associatives, de Henry Gray (1918), *Anatomy of the Human Body*



Ces fibres relient différentes aires **au sein d'un même hémisphère**. Voici des exemples pertinents :

- **Le faisceau arqué** relie les aires de Broca et Wernicke et est impliqué dans le langage.
- **Le cingulum** relie le cortex cingulaire au gyrus parahippocampique.
- **Le faisceau longitudinal supérieur** connecte les lobes frontal, pariétal, temporal et occipital.
- **Le faisceau longitudinal inférieur** connecte les lobes temporal et occipital.

3. Fibres de projection

Ces fibres qui assurent la connectivité du cortex avec d'autres structures sous-corticales. Elles sont groupées en faisceaux, dont 3 faisceaux essentiels :

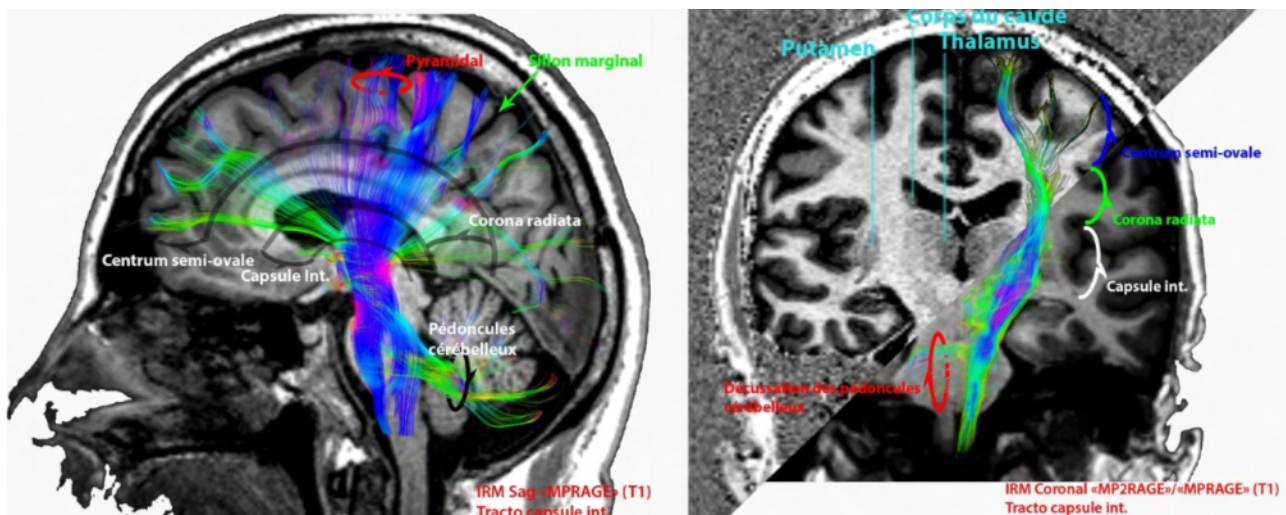


Fig. 41 : Fibres de projection, vues sagittale et coronale, TP 2020

1. La corona radiata

Ceci désigne la portion de matière blanche sous-corticale qui contient les **axones corticaux descendants** et les **axones thalamo-corticaux ascendants**. Il s'agit de la continuité du « **centrum semi-ovale** ». Ce dernier est une zone de matière blanche qui contient les 3 types de fibres (de projection, associatives et commissurales), directement sous le cortex, et dorsalement aux ventricules latéraux et au corps calleux.

C'est à partir du corps calleux que les fibres se divisent et ne laissent plus que les fibres de projection suivent leur chemin descendant pour converger dans la capsule interne.

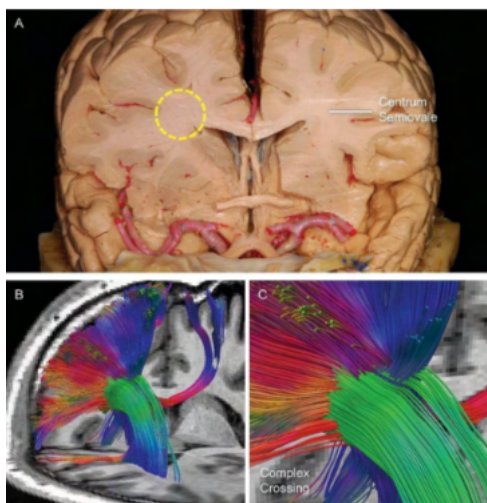
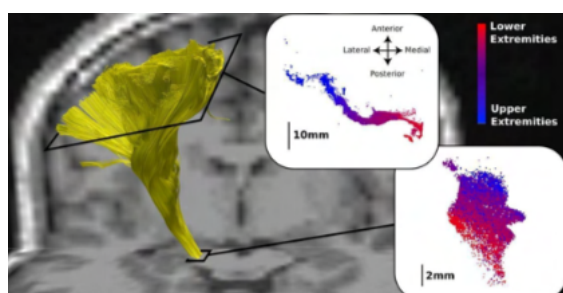


Fig. 42 : Centrum semi-ovale, TP 2020

A : coupe anatomique

B, C : tractographies mettant en évidence le croisement de nombreuses fibres de matières blanche passant à travers le centrum semi-ovale. Cette caractéristique rend cette zone anatomique très délicate à opérer.

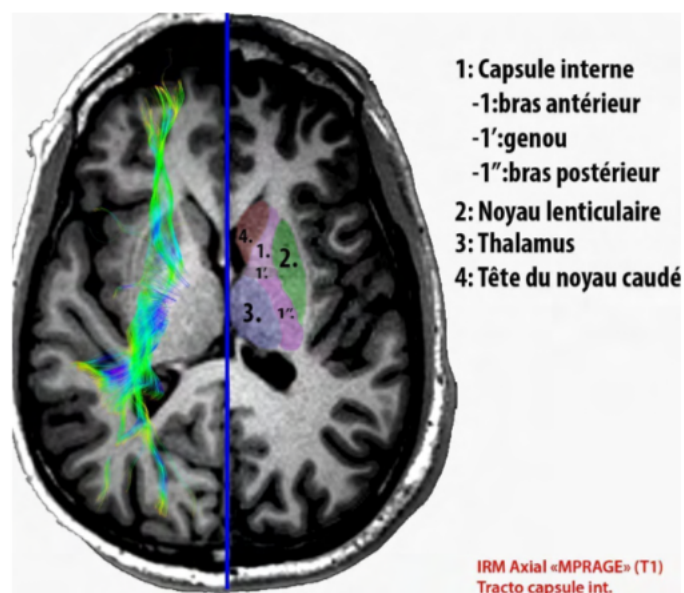
Fig. 43 : Tractographie haute résolution du faisceau pyramidal (tractus cortico-spinal) traversant la capsule interne. On voit que la somatotopie de M1 y est conservée. TP 2020



2. Capsule interne

Il s'agit de l'ensemble des **fibres de projection** (destinées au cortex ou originaires du cortex). Elle est d'abord très large puis converge ventralement vers le tronc cérébral. Elle a une forme concave latéralement qui s'adapte à la convexité du noyau lentiforme (formé par le putamen et le globus pallidus interne et externe).

Fig. 44 : Capsule interne sur IRM T1 en vue axiale, TP 2020



On la subdivise en 5 parties :

1. **Bras antérieur** : sépare le **noyau caudé** et le **noyau lentiforme**. Il contient surtout des fibres connectant le thalamus et les ganglions de la base au lobe frontal.
2. **Bras postérieur** : se trouve entre **thalamus** et **noyau lentiforme**, lieux de passage notamment du tractus cortico-spinal, du lemnisque médian et du système antéro-latéral. Sur l'IRM, il se situe au niveau du thalamus.
3. **Genou** : relie les deux bras, contient les fibres cortico-bulbaires. Sur l'IRM, il se situe au niveau des **foramina de Monro**.
4. **Partie rétrolentiforme** : contient les **radiations optiques** reliant le **corps genouillé latéral** (CGL, thalamus optique) au cortex **V1**.
5. **Partie sublentiforme** : contient les **fibres auditives** reliant le **corps genouillé médian** (CGM, thalamus auditif) au cortex **A1**.

3. Les radiations optiques

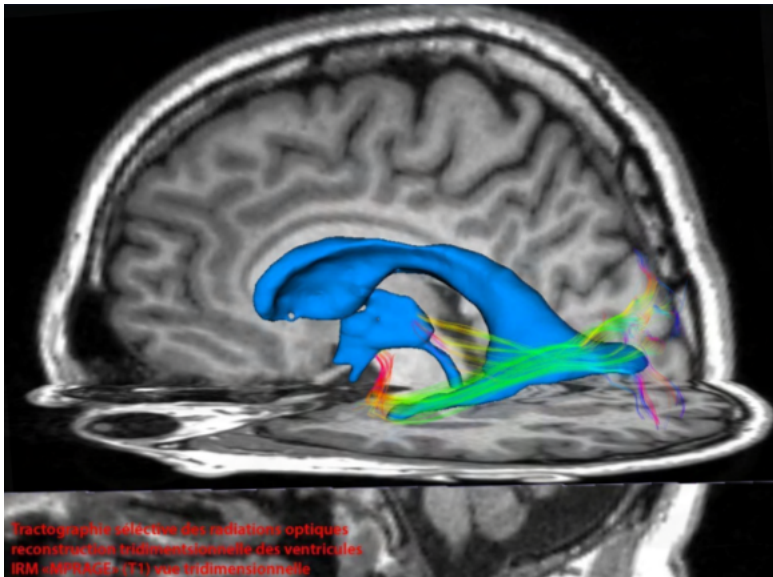


Fig. 45 : Tractographie des radiations optiques, TP 2020

Observez notamment le trajet de l'anse de Meyer, qui suit la corne inférieure du ventricule latéral dans le lobe temporal avant de rejoindre le cortex occipital.

Il s'agit d'un faisceau qui achemine l'information visuelle du **noyau géniculé latéral** du **thalamus** jusqu'au **cortex visuel primaire**. Les fibres de l'**hémichamp inférieur** (soit la partie supérieure de la rétine) prennent une direction plus directe au cortex occipital, tandis que les fibres de l'**hémichamp supérieur** (soit la partie inférieure de la rétine) font une **boucle dans le lobe temporal**, le long de la corne temporale du ventricule latéral. Cette portion des radiations optiques s'appelle l'**anse de Meyer**. Pour des raisons mal caractérisées (mais probablement la présence de mélanine), les **radiations optiques** ont un **aspect plus foncé sur les coupes anatomiques** ; elles correspondent aux bandes plus foncées qu'on voit latéralement à l'atrium, la corne temporale et à la corne occipitale du ventricule latéral. **Il ne faut pas les confondre avec de la matière grise !** Le faisceau de matière blanche séparant les radiations optiques du ventricule latéral est le **tapetum**.

On peut diviser les fibres d'une autre manière :

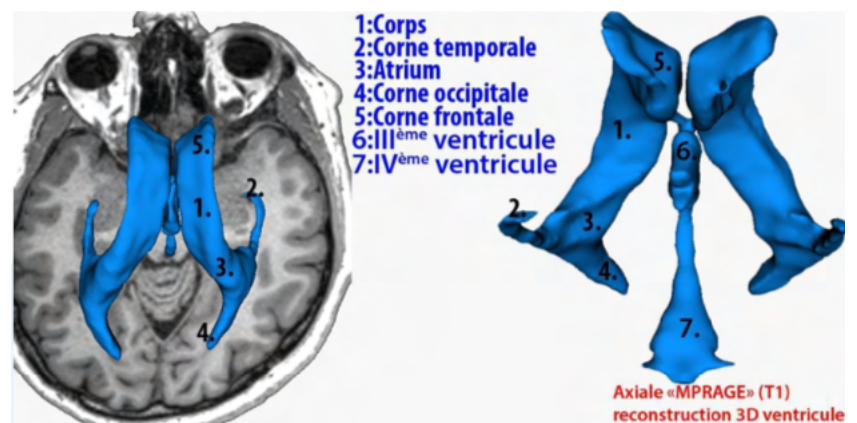
Fibres descendantes	Fibres ascendantes
• Les fibres cortico-spinales • Les fibres cortico-bulbaires (réunies, avec les fibres cortico-spinales, en tractus pyramidal) • Les fibres cortico-pontiques • Les radiations thalamiques (cortico-thalamiques)	Arrivant au thalamus • Le lemnisque médian et le lemnisque trigéminale • Le système antéro-latéral • Les fibres optiques et acoustiques Arrivant au cortex • Les radiations thalamiques (thalamo-corticales), y compris les radiations optiques

F. Ventricules et liquide céphalo-rachidien

Le **système ventriculaire** est un ensemble de cavités liquidiennes en profondeur de l'encéphale. Il provient embryologiquement du **canal central** du tube neural. Le développement morphologique des différentes vésicules de l'encéphale donne aux ventricules leur forme particulière. Notez que la paroi des ventricules est constituée d'**épithélium épendymaire**. Il existe **4 ventricules** :

- **Deux ventricules latéraux** gauche et droit : chaque ventricule latéral est composé d'un corps, d'un atrium et de trois cornes (frontale, occipitale et temporale).
- Le **troisième ventricule** dans le diencéphale.
- Le **quatrième ventricule** dans le tronc cérébral.

Fig. 46 : Ventricules latéraux. Vue supérieure à gauche ; vue antérieure à droite, TP 2020



Production du LCR :

Le LCR est produit principalement par les **plexus choroïdes**, qui se situent dans les **ventricules latéraux** (site principal de production) ainsi que dans le **troisième et quatrième ventricules**. On ne retrouve pas de plexus choroïde dans toutes les parties des ventricules. Dans les ventricules latéraux, il est attaché à la **fissure choroïdienne** (Cf. plus bas). On ne le retrouve donc qu'au niveau du **corps, de l'atrium et de la corne temporale du ventricule latéral** (pas dans les cornes frontales et occipitales). Au niveau de l'atrium, le plexus choroïde forme le **glomus choroïdeum**, qui est un élargissement du tissu choroïde formant une grosse pelote.

Trajet du LCR :

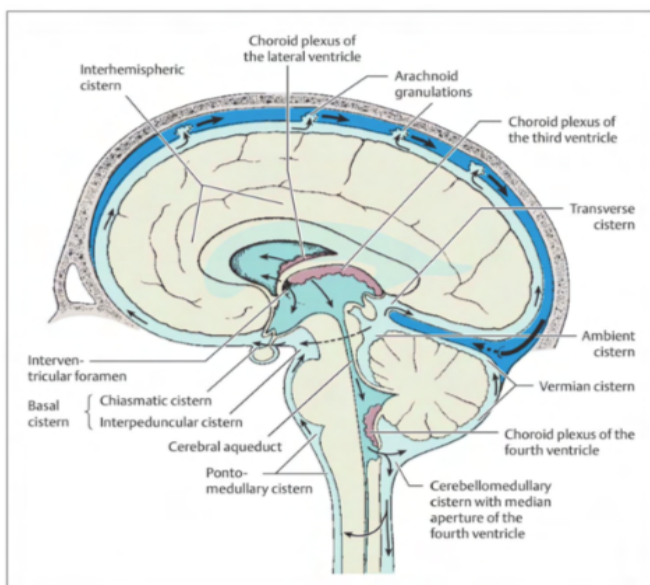


Fig. 47 : Circulation du LCR Baehr, Duus' Topical Diagnosis in Neurology © 2005 Thieme

Les cavités ventriculaires sont remplies de **liquide céphalo-rachidien (LCR)**, et permettent son écoulement grâce aux **communications interventriculaires**. Les ventricules latéraux communiquent avec le troisième ventricule par les **foramina de Monro**. Le troisième ventricule communique avec le quatrième ventricule par **l'aqueduc cérébral**. Le quatrième ventricule laisse ensuite s'écouler le LCR dans **l'espace sous-arachnoïdien** autour du cerveau et de la moelle épinière par **l'ouverture médiane de Magendie** et les **deux foramina latéraux de Luschka**. Par endroits, l'espace sous-arachnoïdien s'élargit, formant les **cisternes cérébrales**, qui seront développées dans le TP 3. Finalement, le LCR est drainé de l'espace sous-arachnoïdien vers les **sinus durs** via les **granulations arachnoïdiennes de Pacchioni** mais également un peu au niveau spinal. Le LCR entoure ainsi le cerveau et forme une sorte de coussin liquidien qui amortit les chocs et diminue son poids par la poussée d'Archimède.

Fente de Bichat :

La **fissure choroïdienne**, aussi appelée **fente de Bichat** est une fente en doigt de gant formée par un **double repli de pie-mère** au-dessus du diencephale (troisième ventricule et thalamus, Cf. Figure 49) et sous le télencéphale (fornix) et s'étend de la pointe de la corne temporale jusqu'aux foramina de Monro. Dans cet espace sous-arachnoïdien circulent des **artères choroïdiennes** qui alimentent le troisième ventricule et les ventricules latéraux. La fissure choroïdienne est rattachée à la **toile choroïdienne**, qui est la structure formant le toit du 3ème ventricule, et qui le sépare de la citerne quadrigéminale. Le plexus choroïde du 3ème ventricule est rattaché à la toile choroïdienne et se trouve au niveau du plafond de ce ventricule.

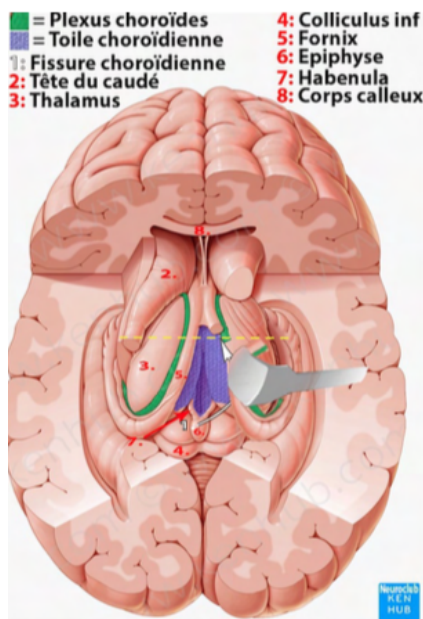


Fig. 48 : Vue postéro-supérieure des structures profondes, après résection du corps calleux. Les traits-tillés jaunes indiquent le plan de cette coupe. TP 2020.

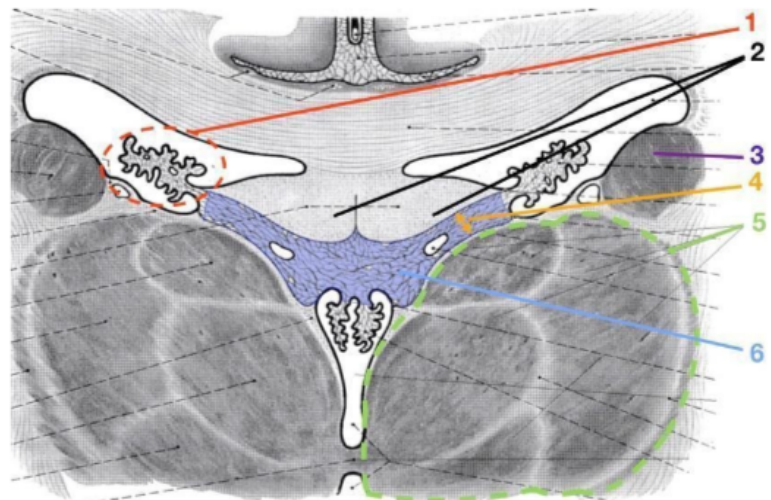


Fig. 49 : Coupe coronale centrée sur la toile choroïdienne, TP 2020.

*1 : plexus choroïde du VL (celui de V3 est sous la toile) ;
2 : fornix (corps) ;
3 : noyau caudé (corps) ;
4 : fissure choroïdienne ;
5 : thalamus ;
6 : toile choroïdienne.*

Zoom sur le troisième ventricule :

Le diencephale forme les parois du troisième ventricule et il convient de les étudier pour mieux se repérer. Le troisième ventricule est situé en grande partie entre les deux moitiés du thalamus. Il est traversé par l'**adhésion inter-thalamique**, bande de substance grise entre les deux thalamus, qui n'est pas présente chez tout le monde. Les parois du ventricule sont formées par les structures avoisinantes :

Plancher	Chiasma optique, infundibulum hypophysaire, corps mamillaires et tegmentum du mésencéphale.
Toit	Toile choroïdienne, structure issue d'un double repli de pie-mère, très vasculaire, et comprenant également du plexus choroïde. Les 2 veines cérébrales internes cheminent à l'intérieur.
Parois latérales	Thalamus, hypothalamus.
Paroi antérieure (bord antérieur)	Colonnes des fornix, commissure antérieure et lame terminale.
Paroi postérieure (bord postérieur)	Glande pinéale (pas une partie de la paroi postérieure strictement parlant, mais néanmoins en relation avec), commissure postérieure, commissure habénulaire.

Repérage :

Les ventricules latéraux se trouvent donc dans **tous les lobes**, et sont très utiles pour se repérer sur les coupes anatomiques et d'imageries médicales. Ci-dessous, les ventricules et les structures avoisinantes seront mentionnés rostralement à caudalement. Les fonctions des structures seront développées dans leurs TPs respectifs.



Fig. 50 : IRM T1, coupe sagittale montrant le 3ème et 4ème ventricule, TP 2020

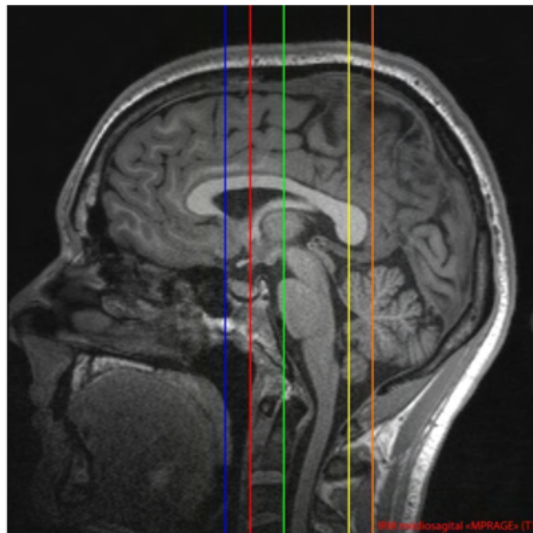
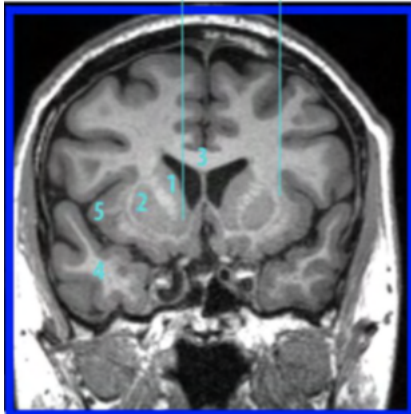


Fig. 51 : IRM T1 sagittale montrant les plans de coupe des Fig. 51-55, TP 2020

- 1: Tête du noyau caudé
- 2: Putamen
- 3: Genou du corps calleux
- 4: Lobe temporal
- 5: Lobe insulaire

Noyau accumbens
Clastrum

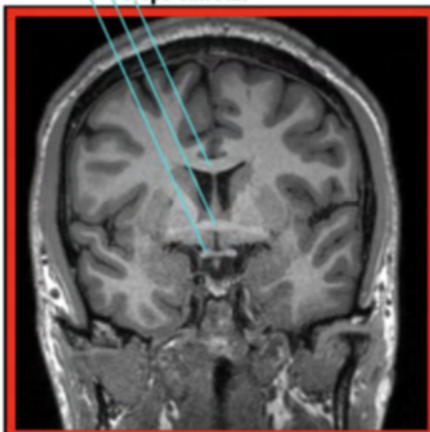


C'est à ce niveau de coupe rostrale que l'on peut commencer à apercevoir les ventricules. On sait qu'on est au niveau rostral en se basant sur différents repères, notamment la « **pince de crabe** » formée par la **tête du noyau caudé**, le **putamen** et le **noyau accumbens** qui se trouve ventralement, à la jonction des deux.

On peut également apercevoir le **septum pellucidum** formant la paroi médiale des ventricules latéraux. Le plafond des ventricules latéraux est formé par le **corps calleux**. La paroi latérale et le plancher sont formés par le **noyau caudé**.

Fig. 52 : IRM T1, coupe coronale de la corne frontale du ventricule latéral, TP 2020

Chiasma optique
Commissure ant
Corps calleux



Si on continue plus caudalement, un des repères est la **commissure antérieure** qui forme le plancher des ventricules latéraux. Au-dessous de celle-ci, figure le **noyau basal de Meynert**, dans une portion du télencéphale basal qu'on appelle « **substantia innominata** ». Un autre repère est l'apparition du **chiasma optique**. On peut également remarquer que plus on progresse caudalement, plus la **tête du noyau caudé** s'amincit et d'autres ganglions de la base apparaissent tel que le **globus pallidus** qui est médial au **pallidum**. Le lobe temporal s'épaissit.

Fig. 53 : IRM T1, coupe coronale de la corne frontale du ventricule latéral suite, TP 2020

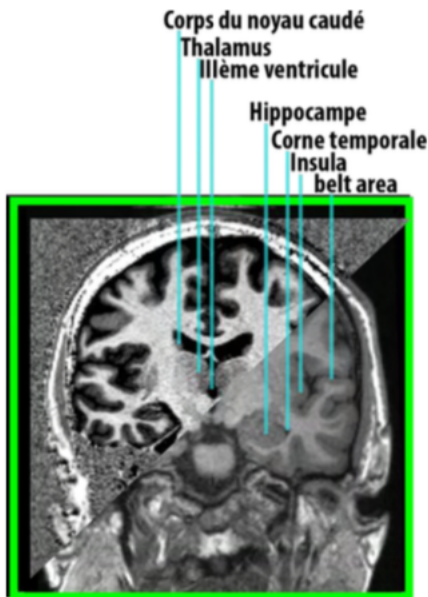


Fig. 54 : IRM T1, coupe coronale du corps et la corne inférieure du ventricule latéral, TP 2020

Un repère important est l'apparition d'une communication entre les ventricules latéraux et le 3ème ventricule, les **foramina de Monro** (non visibles). Ceci marque la transition entre la **corne frontale** des ventricules latéraux et le corps. Les foramina sont rostraux par rapport au thalamus et se trouvent approximativement dans le même plan coronal que le **genou de la capsule interne**. Si l'on voit le thalamus sur un plan de coupe coronal strict, on peut donc affirmer qu'on se trouve au niveau du **corps du ventricule latéral** et du **bras postérieur de la capsule interne**.

Le ventricule latéral est par ailleurs visible à deux endroits sur cette coupe, en raison de sa forme en fer à cheval. La corne inférieure (ou temporale) se prolonge rostralement dans le lobe temporal, latéralement à la formation hippocampique. Le **noyau caudé** (Cf. noyaux gris centraux) figure lui aussi deux fois dans cette coupe : le **corps** du noyau caudé forme la paroi latérale du corps du ventricule latéral et sa **queue** forme la paroi latéro-supérieure de la corne inférieure.

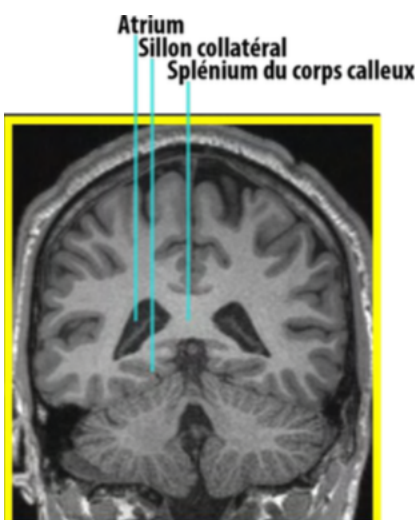


Fig. 55 : IRM T1, coupe coronale de l'atrium du ventricule latéral, TP 2020

Lorsque l'on arrive au **splénium** du corps calleux, on se trouve environ au niveau de l'**atrium** (= carrefour ventriculaire), dont il forme la paroi médiale et le plafond. Cette partie du ventricule latéral contient le **glomus choroïde**, un élargissement du plexus choroïde. A ce niveau de coupe, le **cervelet** est présent.

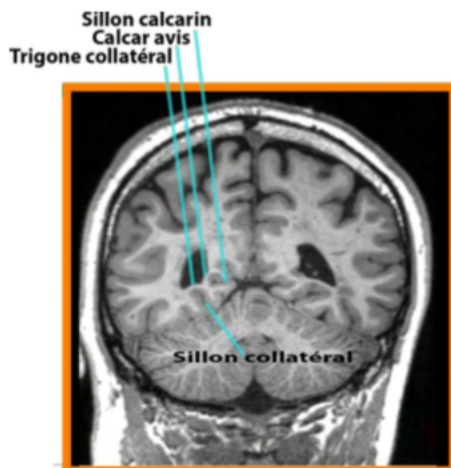


Fig. 56 : IRM T1, coupe coronale : Corne postérieure du ventricule latéral, TP 2020

Finalement, en arrivant sur un plan de coupe caudale, il y a la **corne postérieure des ventricules latéraux**.

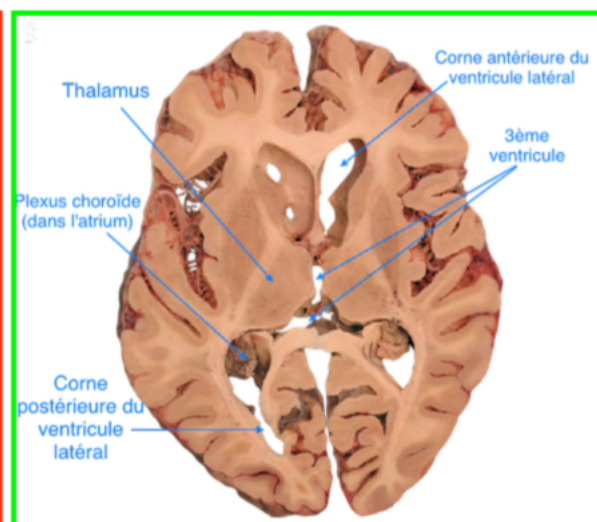
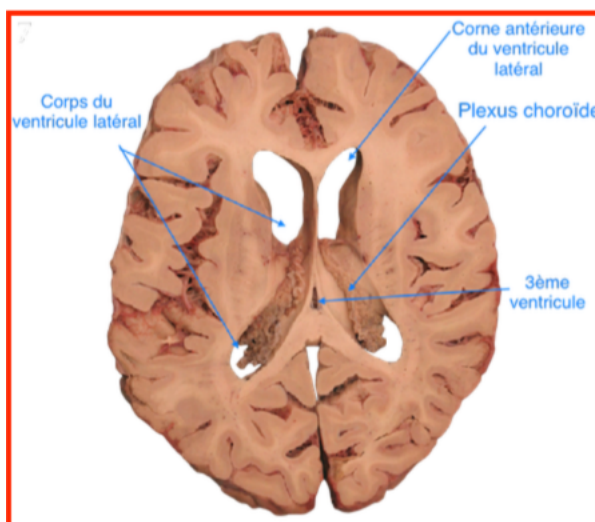
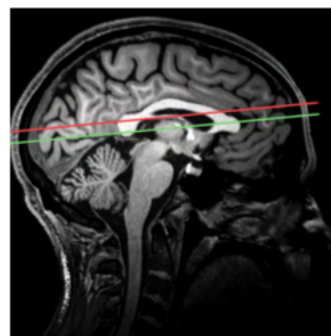
On peut remarquer deux structures intéressantes :

- **Calcar avis** : impression du sillon calcarin sur la paroi de la corne postérieure du ventricule latéral ;
- **Éminence collatérale** : impression du sillon collatéral sur le plancher de la corne postérieure (et inférieure) du ventricule latéral, continue avec le trigone collatéral au niveau de l'atrium.

Ces deux structures mentionnées plus haut forment, avec le **forceps majeur** (Cf. Substance blanche), les parois de la corne postérieure des ventricules latéraux.

Fig. 57 : Coupes horizontales, montrant l'étendue des ventricules,

Horizontal brain slices
<http://www.neuroanatomy.ca/horizontals.html>



G. Histologie

1. Couches corticales

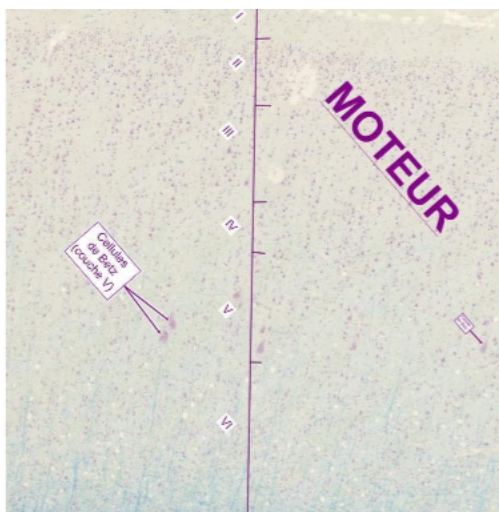
Coupe SN19 : Circonvolution pré et post-centrale (Luxol Fast Blue et Crésyl Violet)

Il s'agit d'une coloration LFB qui colore la substance blanche et Crésyl violet qui colore les noyaux. A faible grossissement on distingue nettement 2 couches de tissus :

- la substance grise (riche en cellules → violette) ;
- la substance blanche (riche en axones → bleu).

Au niveau de la substance grise, on cherche à décompter **6 couches corticales** (de l'extérieur vers l'intérieur) :

1. **Plexiforme** = moléculaire : peu cellulaire
2. **Granulaire externe** : riche en cellules étoilées (glutamatergiques) avec noyau rond et foncé.
3. **Pyramidale externe** : riche en neurones pyramidaux, de grandes cellules au noyau de forme triangulaire.
4. **Granulaire interne** : riche en cellules étoilées (glutamatergiques) avec noyau rond et foncé.
5. **Pyramidale interne** : riche en neurones pyramidaux, de grandes cellules au noyau de forme triangulaire.
6. **Polymorphe** : riche en cellules, mélange de cellules à noyau rond et triangulaire.



Il faut différencier le **cortex sensoriel (S1)** et le **cortex moteur (M1)**, pour cela on utilise les **cellules de Betz**, des motoneurones supérieurs géants, typiques de la couche pyramidale interne (V) du cortex M1.

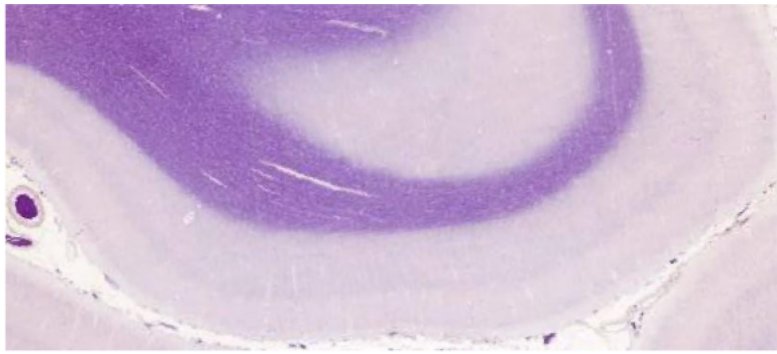
2. Cortex visuel primaire

Image SN20 Cortex visuel primaire (H. Ferriquer)

Il s'agit d'une coloration Hématoxyline ferrique qui révèle la strie de Gennari. A faible grossissement, on distingue nettement 2 couches de tissus : la substance grise et la substance blanche.

Grâce aux gyri et sulci, on sait que l'on se trouve face au cortex cérébral. Puisqu'il s'agit de substance grise, on cherche à décompter les **6 couches du cortex cérébral** :

- | | |
|------------------------------------|------------------------------|
| 1. Plexiforme = moléculaire | 4. Granulaire interne |
| 2. Granulaire externe | 5. Pyramidale interne |
| 3. Pyramidale externe | 6. Polymorphe |



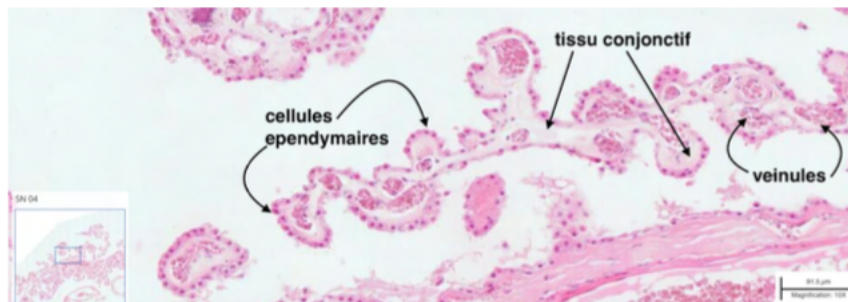
Pour savoir que l'on se trouve dans le cortex visuel, on doit s'intéresser plus en détail à la **couche 4**. Dans le cortex visuel la couche 4 reçoit les **projections du corps géniculé latéral (CGL)** et se subdivise en :

- 4A
- **4B : stries de Gennari**, grises, bien visibles, formées par les axones provenant du CGL
- 4C α
- 4C β

3. Plexus choroïde

Image SN4 : Plexus Choroïde (Hémalun-Eosine)

Il s'agit d'une coloration HE, ainsi en violet on trouve le noyau des neurones, et en rose le collagène et le cytoplasme.



Le plexus choroïde est un **épithélium simple cubique** bordant les cavités ventriculaires, composé de **cellules épendymaires** : cellules cubiques, à noyau rond, avec un petit dôme apical et des villosités. Du côté basal des cellules épendymaires, on trouve un **tissu conjonctif** (pia mère) associé à des petits vaisseaux. Les **petits vaisseaux** (veinules) remplis de globules rouges.