



RÉGIONS DU CERVEAU IMPORTANTES POUR LA VISION

AUTEURS

Erica Fletcher : Université de Melbourne

Roger Anderson : Université d'Ulster

RÉVISION PAR LES PAIRS

Thomas Freddo : Université de Waterloo

CONTENU DU CHAPITRE

1. Introduction
2. Nerf optique
3. Voies menant au noyau du corps genouillé latéral
4. Noyau du corps genouillé latéral (CGL)
5. Radiations optiques
6. Cortex visuel primaire
7. Aires extrastriées importantes pour la vision
8. Vascularisation des régions cérébrales importantes pour la vision.

INTRODUCTION

Après le traitement initial des informations visuelles à l'intérieur de la rétine, ces informations sont acheminées vers des centres cérébraux supérieurs qui vont procéder aux traitements intermédiaires et supérieurs. Environ 40 % du cerveau est dédié au traitement de différents aspects de la vision. Nous examinerons tout d'abord la façon dont des informations visuelles de base sont transmises au cortex visuel primaire, autrement dit les voies optiques. Puis nous étudierons la façon dont les informations sont transmises du cortex visuel primaire à des régions corticales supérieures qui vont procéder aux étapes avancées du traitement visuel.

NERF OPTIQUE

Toutes les informations visuelles sont acheminées par les axones des cellules ganglionnaires vers le nerf optique, puis se rejoignent en synapse au niveau des zones cérébrales supérieures. En ce qui concerne les voies optiques, les axones des cellules ganglionnaires se rejoignent en synapse à l'intérieur du noyau du corps genouillé latéral (CGL) du thalamus.

La longueur totale du nerf optique est d'environ 5 cm et il possède différents noms selon son emplacement. La portion qui s'étend à l'intérieur de l'orbite est appelé le nerf optique *intra-orbitaire* et mesure environ 25 mm de longueur. La *papille du nerf optique* correspond à la portion qui s'étend à l'intérieur du canal scléral du globe oculaire. Elle est située à 15 degrés du côté nasal de la macula et légèrement au-dessus. La papille du nerf optique étant dépourvue de cône et de bâtonnet, elle constitue un *point aveugle*. Le nerf passe à l'arrière de l'orbite et pénètre dans le canal optique au travers de l'os sphénoïde avec l'artère ophtalmique. La portion du nerf située à l'intérieur du canal optique s'appelle la portion *intracanaliculaire* et s'étend sur environ 5 mm. Elle pénètre ensuite dans l'espace sous-arachnoïdien et progresse vers le chiasma optique en tant que portion *intracrânienne* du nerf optique.

VOIES MENANT AU NOYAU DU CORPS GENOUELLÉ LATÉRAL

Les fibres du nerf optique (axones des cellules ganglionnaires de la rétine) deviennent myélinisées après avoir quitté la lame criblée de l'ethmoïde et envoient des potentiels d'action le long du nerf optique vers le cerveau.

En entrant dans la boîte crânienne, les nerfs optiques se réunissent au niveau du *chiasma optique* (*chiasma* signifie *croix*). À cet endroit, les fibres provenant de la rétine *nasale* traversent la *bandelette optique* contralatérale, tandis que les fibres *temporales* restent du même côté (ipsilatéral) (Figure 9.1). Une portion des fibres nasales se prolonge légèrement vers l'avant puis fait demi-tour, en formant un élément appelé *genou antérieur de Willebrand*.

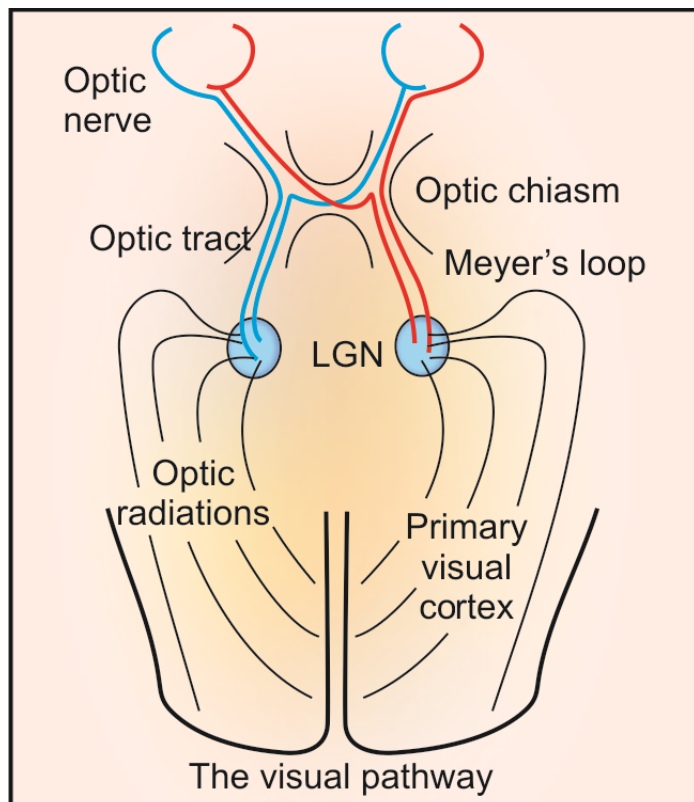


Figure 9.1 : Voies des fibres traversant le chiasme optique

Comme le nerf optique, le chiasma est entouré des gaines méningées et du liquide céphalorachidien.

Les bandelettes optiques s'éloignent du chiasma et passent en périphérie du tronc cérébral jusqu'à leur réunion avec le *noyau du corps genouillé latéral* (CGL). Les fibres afférentes servant de médiateur au réflexe pupillaire quittent la bandelette optique légèrement avant le CGL et se dirigent vers le colliculus supérieur du tectum situé dans le mésencéphale.

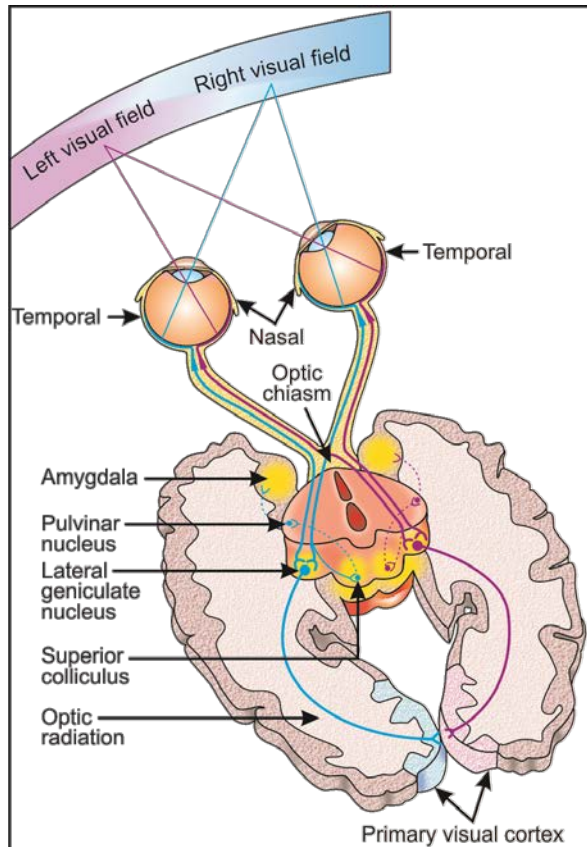


Figure 9.2 : Le brachium de fibres porteuses du réflexe pupillaire quitte la bandelette optique avant le CGL pour former une synapse au niveau du colliculus supérieur.

NOYAU DU CORPS GENOUILLE LATÉRAL (CGL)

Le thalamus (signifiant chambre interne) correspond à une grande station « relais » située sur la paroi du troisième ventricule entre le cortex cérébral et le mésencéphale. C'est là que la majorité des axones des cellules ganglionnaires se rejoignent en synapse.

Le CGL (Figure 9.3) contient six couches principales, avec entre chacune d'entre elles des couches plus fines, empilées les unes sur les autres comme des crêpes. Parmi les couches principales, les couches 1 et 2 – les plus dorsales – contiennent des cellules de plus grande taille que les quatre autres couches et sont par conséquent appelées les couches *magnocellulaires*. Les quatre autres couches sont appelées les couches *parvocellulaires*. Les cellules ganglionnaires qui se projettent dans ces différentes couches sont donc également appelées magnocellulaires ou parvocellulaires. De plus petites couches situées entre les couches principales contiennent de petits noyaux et sont appelées les couches *koniocellulaires*.

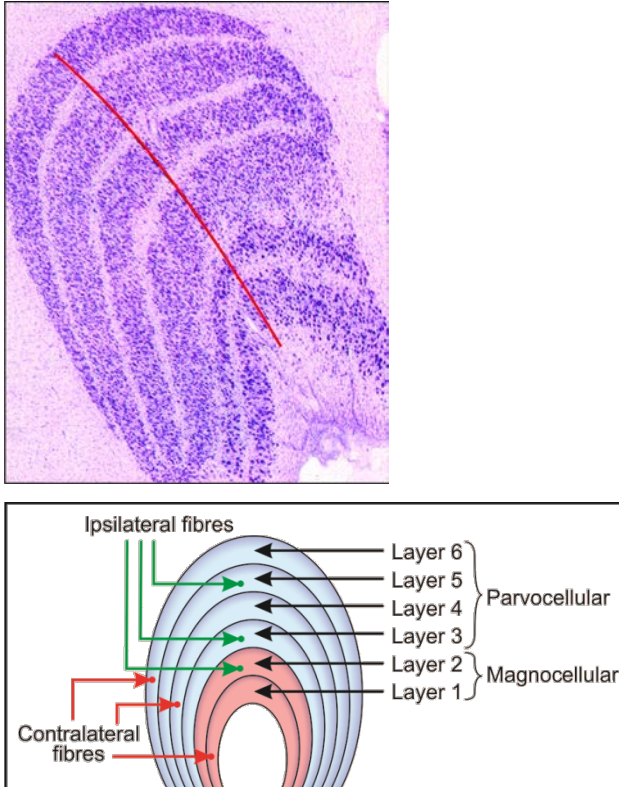


Figure 9.3 : Le noyau du corps genouillé latéral composé de six couches

Les couches magnocellulaires reçoivent des messages principalement des cellules ganglionnaires *parasol* de plus grande taille qui contiennent des informations achromatiques et répondent maximale aux stimulus de haute fréquence temporelle et de faible contraste. Les couches parvocellulaires reçoivent des messages provenant principalement des cellules ganglionnaires qui présentent une opposition de couleur rouge/vert, une acuité spatiale élevée et une résolution temporelle moyenne.

Les couches koniocellulaires, plus fines, reçoivent des messages provenant des cellules ganglionnaires qui présentent une opposition bleu/jaune et une résolution spatiale et temporelle basse.

Chacune des couches du GCL reçoit des messages provenant d'un seul œil (droit ou gauche) comme suit (Figure 9.4) :

Magnocellulaire :

Couche 1 : œil controlatéral

Couche 2 : œil ipsilatéral

Parvocellulaire :

Couche 3 : œil ipsilatéral

Couche 4 : œil controlatéral

Couche 5 : œil ipsilatéral

Couche 6 : œil controlatéral

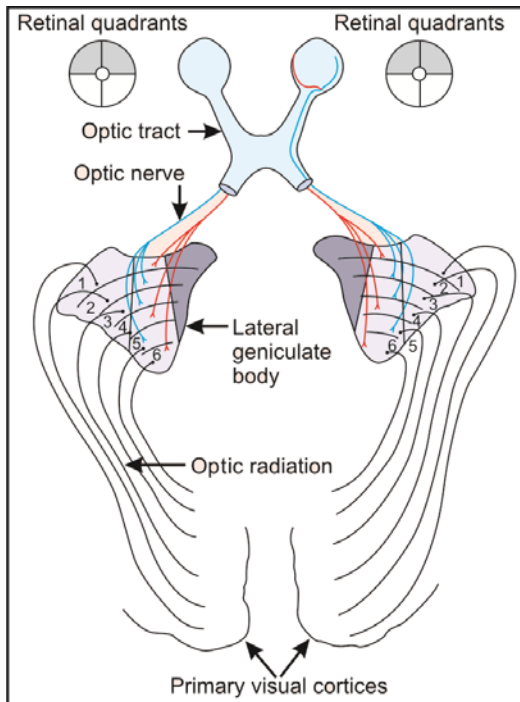
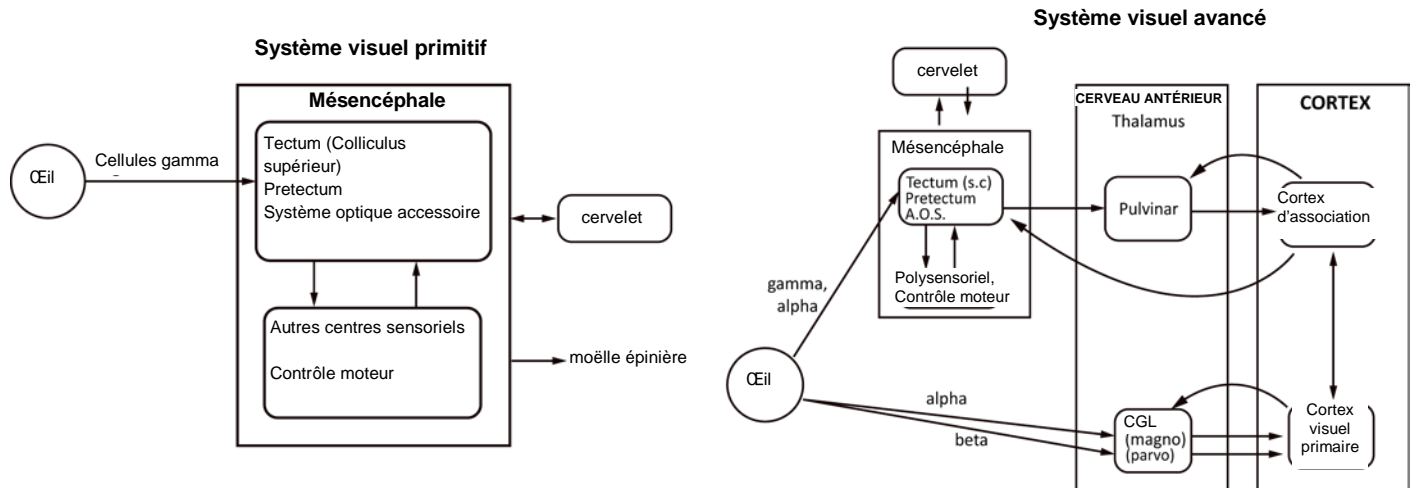


Figure 9.4 : Schéma montrant les projections rétinienne des différentes couches du CGL. Chaque couche reçoit des messages en provenance d'un seul œil ; les fibres maculaires se projettent vers le noyau postérieur central.

À la différence de la rétine, dans laquelle les cellules sont disposées de manière à ce que leur densité diminue en fonction de l'excentricité, les cellules du CGL sont espacées de manière relativement régulière. La projection de la rétine vers le CGL s'apparente à une « transformation polaire à cartésienne » (Figure 9.5). Les signaux visuels quittent ensuite le CGL par l'intermédiaire des *radiations optiques*.



Déformation de la carte visuelle

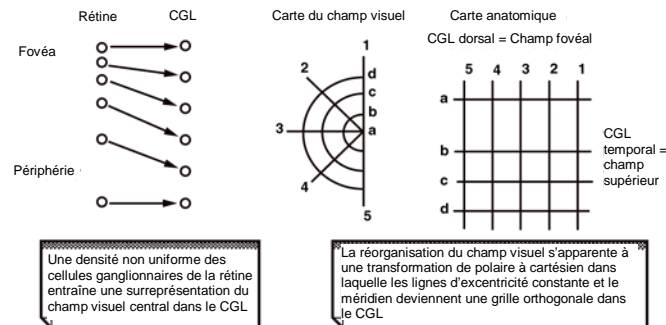


Figure 9.5 : Représentation schématique des projections partant des yeux vers les différentes régions cérébrales

RADIATIONS OPTIQUES

Les radiations optiques correspondent à une large bande de substance blanche qui contient les axones des neurones du CGL lors de leur passage dans le cortex visuel primaire. Elles s'étendent en forme d'éventail à leur sortie du CGL (Figure 9.6).

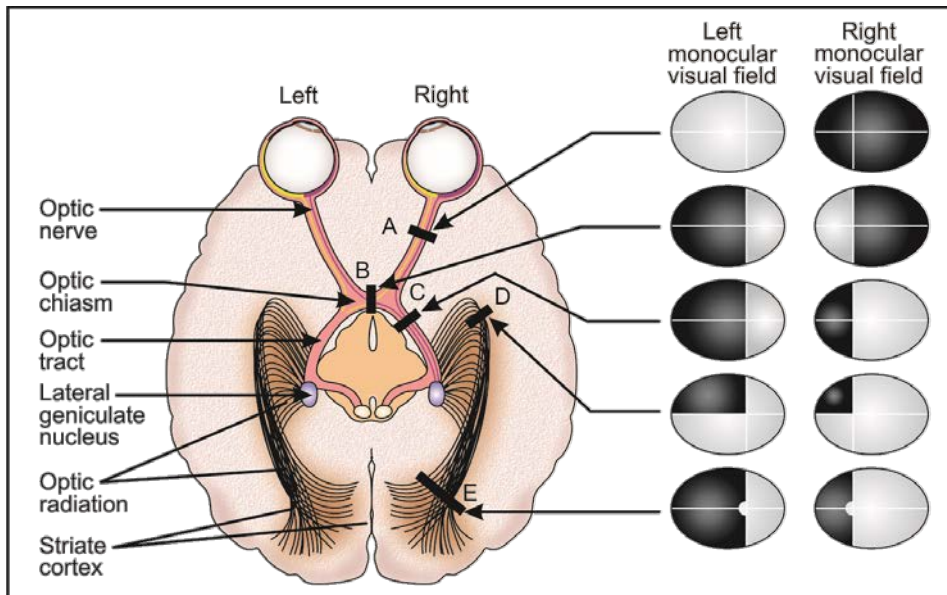


Figure 9.6 : Ci-dessus, les voies optiques primaires montrant le modèle de perte visuelle associé à des lésions en différents endroits des voies visuelles.

Les fibres *inférieures*, qui contiennent les informations provenant du champ visuel supérieur, forment une boucle en avant autour du ventricule latéral, appelée *boucle de Meyer* avant de faire demi-tour à l'intérieur de la substance blanche du cortex. Des lésions au niveau de la région de la boucle de Meyer entraînent donc des défauts dans le champ supérieur (voir la lésion au point « D » sur la Figure 9.6)

Les fibres *supérieures* empruntent une voie plus directe à travers le lobe temporal avant de former une synapse au niveau du *cortex visuel primaire* (V1).

CORTEX VISUEL PRIMAIRE

Le *cortex visuel primaire* est situé de chaque côté de la scissure calcarine à l'intérieur du lobe occipital (Figure 9.7). L'aire visuelle primaire est également connue sous le nom d'aire 17 de Brodmann, d'aire striée et d'aire visuelle V1.

Formant le premier point d'entrée des informations dans le cortex, elle présente une structure en coupe transversale composée de six couches (d'où son appellation d'aire « striée ») (Figure 9.7).

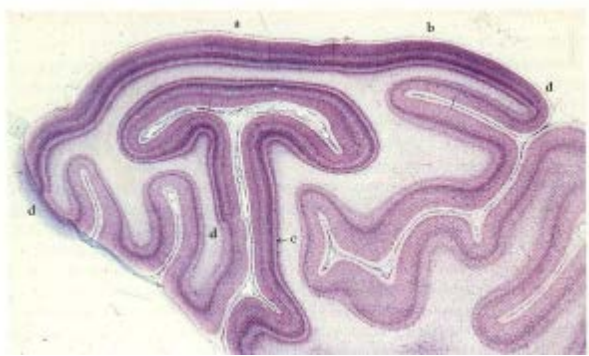
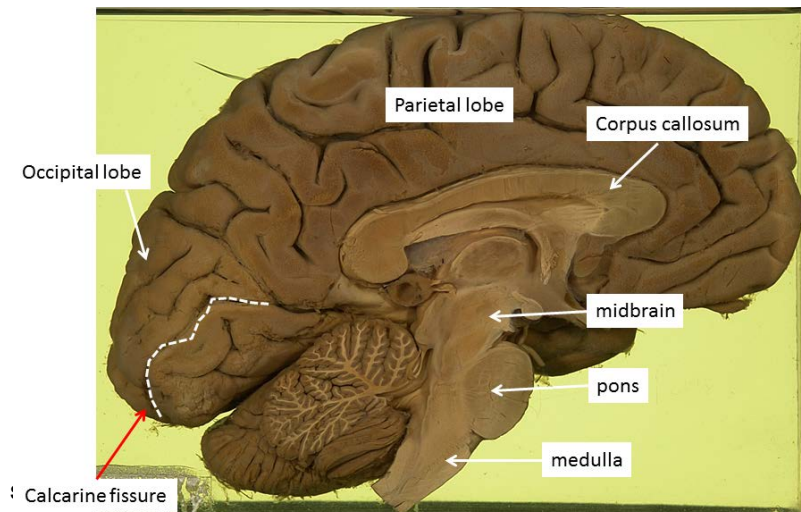


Figure 9.7 : Vue médiane de l'hémisphère montrant la scissure calcarine. Coupe transversale à travers V1 (cortex « strié »)

La couche IVC correspond à la principale couche d'entrée et contient les *cellules étoilées* (en forme d'étoiles) (Figure 9.8a). L'entrée magnocellulaire se situe en IVCa et l'entrée parvocellulaire en IVA et IVCb.

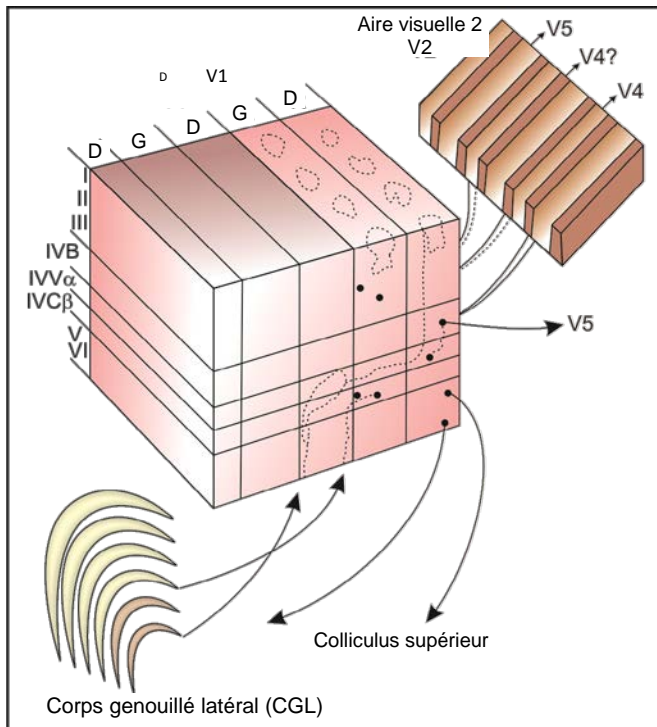


Figure 9.8 (a) : Projections du CGL vers les différentes couches de V1

La communication s'effectue entre les couches à l'intérieur de V1, ex. de 4C (IVC) à la couche 3(III), et entre les couches 2 (II) et 3 (III). La couche 4B et les couches supérieures (2 et 3) envoient leurs impulsions principales vers d'autres aires corticales. Les couches inférieures (5 et 6) envoient leurs impulsions principalement vers des structures cérébrales plus profondes (ex. vers le colliculus supérieur) et contiennent des *cellules pyramidales* de forme triangulaire (Figure 9.8b).

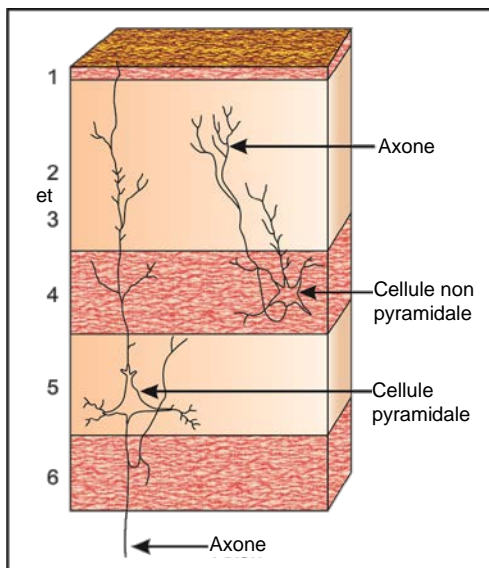


Figure 9.8 (b) : La couche d'entrée principale (4) contient des cellules non pyramidales étoilées ; les couches de sortie principales (5 et 6) contiennent principalement des cellules pyramidales

Les « colonnes » verticales dans V1 présentent des préférences pour une dominance oculaire et une sélectivité d'orientation des stimulus variables. Ces différents types de colonnes s'étendent à travers V1 dans des directions orthogonales et courent sur toute la profondeur du cortex.

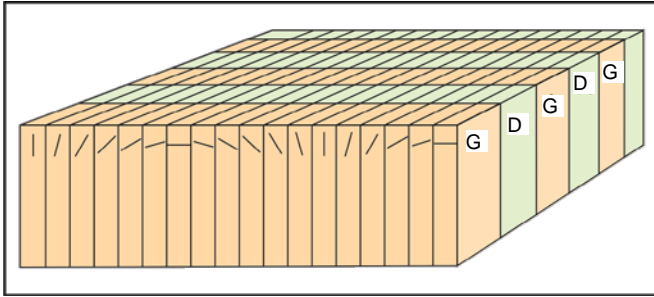


Figure 9.9 (a) : Dominance oculaire et colonnes d'orientation dans V1. À plus d'1 mm de distance environ, la sélectivité d'orientation change de 90 degrés ou la dominance oculaire passe de l'œil droit (D) à l'œil gauche (R).

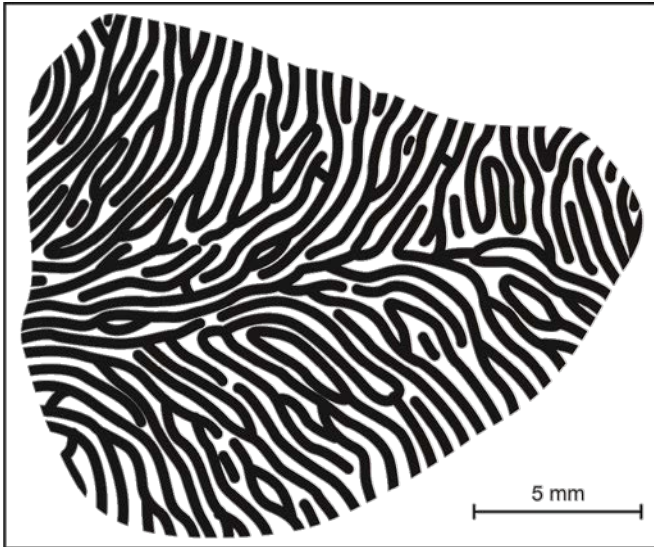


Figure 9.9 (b) : Présentation des colonnes de dominance oculaire

La fovéa est représentée sur la partie la plus postérieure de V1, sur une région parfois qualifiée de cortex maculaire. Le champ visuel périphérique est représenté plus profondément à l'intérieur (Figure 9.10). La scissure calcarine sépare les fibres supérieures des fibres inférieures (champs supérieur et inférieur).

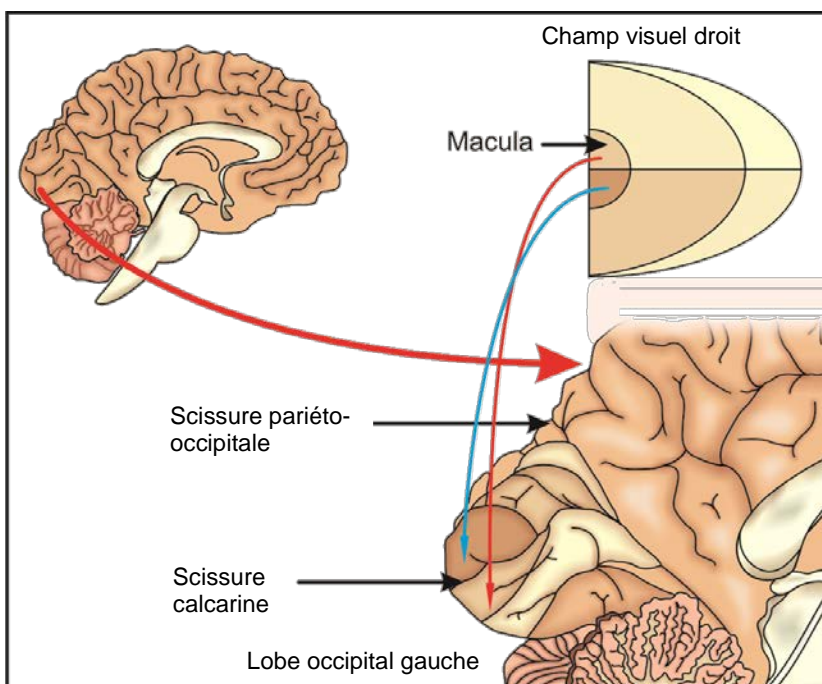


Figure 9.10 : Représentation de différents emplacements de champs sur V1.

AIRES EXTRASTRIEES IMPORTANTES POUR LA VISION

Environ 40 % du cortex est impliqué dans le traitement des informations visuelles. À partir du cortex visuel primaire, les informations sont acheminées vers différents endroits du cerveau qui traitent les informations. Le traitement supérieur de la vision est divisé grossièrement entre les voies du « où » et du « quoi », correspondant au traitement des informations avec un objet qui se trouve à l'intérieur d'un champ visuel, ou au traitement visuel identifiant l'objet qui est regardé.

La voie du « où », également appelée la voie dorsale, concerne les informations provenant principalement des voies magnocellulaires passant de V1 à V2 et de V3 à l'aire MT, une région située dans le lobe temporal moyen. L'aire MT présente une organisation cylindrique, comme V1, cependant les neurones de cette région cérébrale possèdent des champs de réception très larges qui répondent particulièrement aux stimulus mobiles. L'aire MT est donc considérée comme étant une région cérébrale essentielle pour le traitement des mouvements.

La voie du « quoi » est également appelée la voie ventrale. Cette voie fournit des informations sur la nature d'un objet. Elle concerne le traitement de l'information de V1, V2, V3, V4 et de l'aire IT, située dans le lobe temporal inférieur, qui est particulièrement important pour la reconnaissance des objets et des visages.

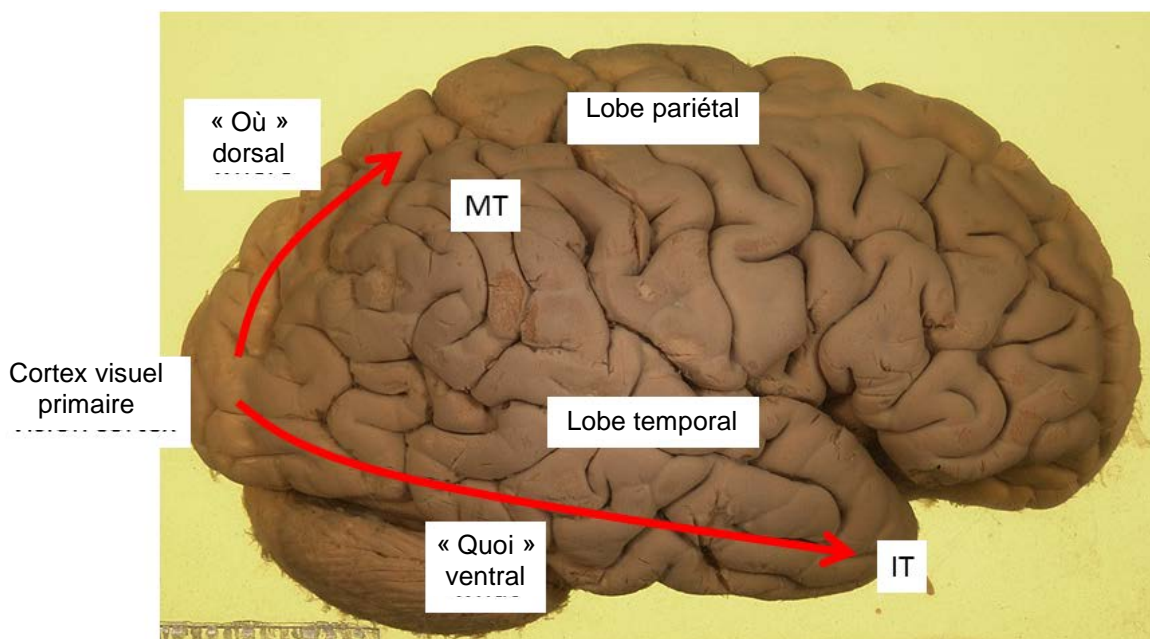


Figure 9.11. Hémisphère du cerveau montrant les voies dorsale et ventrale

VASCULARISATION DES RÉGIONS CÉRÉBRALES IMPORTANTES POUR LA VISION

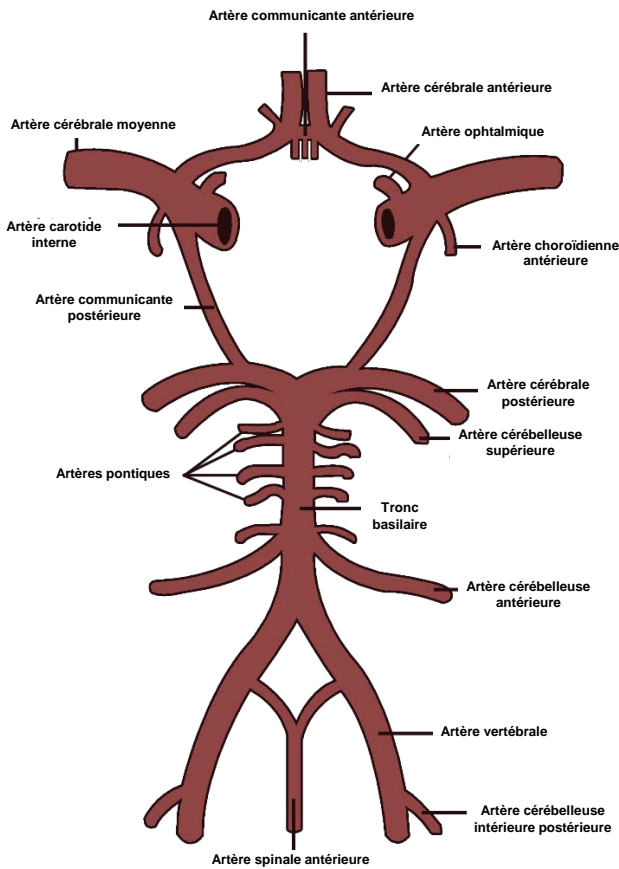


Figure 9.12 : Le polygone de Willis, image inspirée de http://en.wikipedia.org/wiki/File:Circle_of_Willis_en.svg

La vascularisation artérielle du cerveau s'effectue par l'anastomose de la vascularisation provenant des artères carotides et des artères vertébrales en arrière. Le cerveau reçoit par conséquent une double vascularisation. Ces deux systèmes vasculaires se rejoignent au niveau du polygone de Willis, un anneau de vaisseaux situé à la base du cerveau, à côté du chiasma optique.

Comme le montre la Figure 9.12, les deux artères vertébrales forment le tronc basilaire, qui passe rostralement le long de la surface du pons. Le tronc basilaire bifurque pour former les deux artères cérébrales postérieures. Ces deux artères vascularisent les lobes occipitaux.

La vascularisation antérieure du cerveau est fournie par les artères carotides internes qui bifurquent pour former l'artère cérébrale moyenne et les artères cérébrales antérieures. Il existe une petite artère communicante antérieure qui fournit du flux sanguin entre les deux artères cérébrales antérieures. De plus, les artères communicantes postérieures forment une connexion entre les artères carotides internes et les artères cérébrales postérieures.

Comme le montre la Figure 9.13, l'artère cérébrale postérieure vascularise les lobes occipitaux et par conséquent le cortex visuel V1. L'artère cérébrale moyenne vascularise les lobes temporal et pariétal sur les parties latérales, tandis que les artères cérébrales antérieures vascularisent le lobe frontal et la bande centrale située à proximité de ligne médiane. La vascularisation principale du cortex visuel primaire s'effectue ainsi par les artères cérébrales postérieures. Les couches les plus superficielles des lobes occipitaux peuvent toutefois être vascularisées par une

branche de l'artère cérébrale moyenne chez certaines personnes. À la suite d'une maladie occlusive, il est ainsi possible de constater une hémianopsie homonyme avec épargne maculaire.

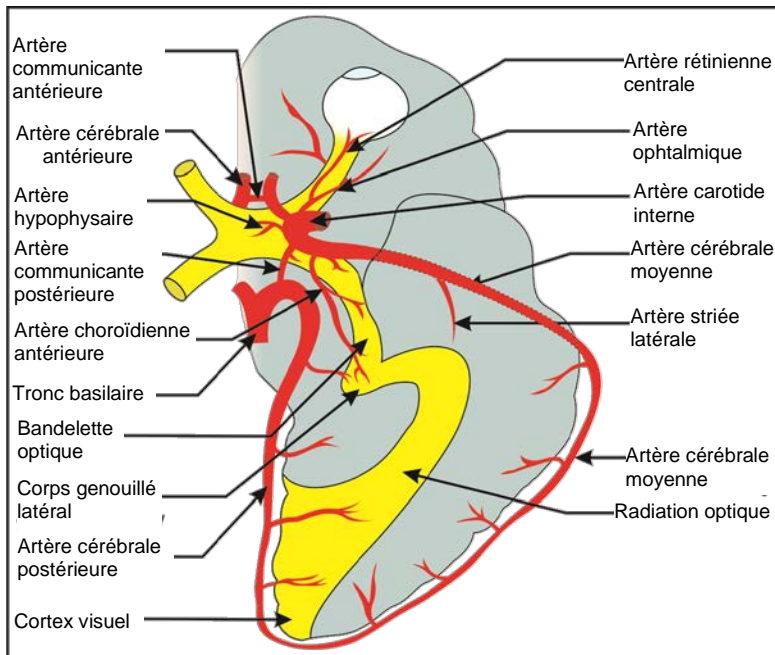


Figure 9.13 : Vascularisation des aires visuelles.