

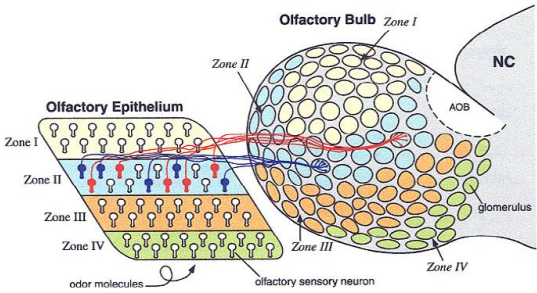
OLFACTION

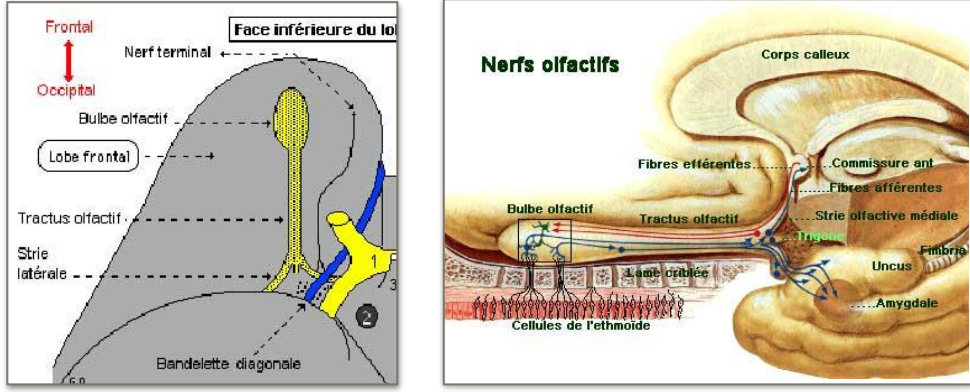
GUSTATION

AUDITION

VISION

I. OLFACTION

Voies de l'olfaction	
Grands messages	- Voie à 2 neurones. - Pas de relais thalamique. - Protoneurone périphérique : transporte l'information olfactive depuis les cavités nasales jusqu'au cortex frontal orbitaire (bulbe olfactif). - Deutoneurone (central) : nerf olfactif (I).
Protoneurone	- Situation : épithélium olfactif du plafond des fosses nasales. - Cellules neuromodulatrices olfactives : • <u>Dendrites</u> : portent des cils baignant dans le mucus et contenant les récepteurs olfactifs. • <u>Axone</u> : traverse la lame criblée de l'ethmoïde pour faire relais dans le bulbe olfactif (origine du nerf crânien olfactif). • Ont la capacité de se renouveler.
Spécificité des récepteurs	- La spécificité avec laquelle les odorants activent les récepteurs dépend de : • Leur groupe fonctionnel (alcool, aldéhyde, acide, etc...). • Leur longueur (longueur de la chaîne carbonique). - Un récepteur reconnaît plusieurs molécules, mais une molécule active une combinaison spécifique de récepteurs. - Capacité de reconnaissance de plusieurs millions d'odeurs.
Récepteurs	- Les stimuli odorants viennent : • Des narines (olfaction orthonasale). • Du nasopharynx par les choanes (olfaction rétronasale : interaction avec la gustation). - Les substances odorantes doivent être solubles dans le mucus pour exciter les cils olfactifs. - Corrélation cliniques : troubles olfactifs par : • Troubles de sécrétion de mucus. • Obstruction mécanique.
Illustration	 <i>Convergence glomérulaire</i>
Convergence glomérulaire	- Le prolongement axonal du protoneurone se termine dans un glomérule du bulbe olfactif. - Relais avec la dendrite d'une cellule mitrale (deutoneurone). - Tous les neurones exprimant un récepteur vont aller vers le même glomérule et faire synapse avec la même cellule mitrale.
Deutoneurone central	- Axone deutoneurone central = nerf olfactif (I). - Situé à la face inférieure (orbitaire) du lobe frontal. - Longe le sillon olfactif. - Dilatation antérieure = bulbe olfactif. - Division postérieure en 3 branches ou stries (bandelettes) olfactives à la limite ANT de l'espace perforé ANT : • Strie olfactive latérale (en dehors). • Strie olfactive intermédiaire. • Strie olfactive médiale (interne).

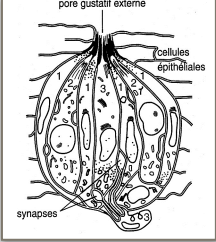
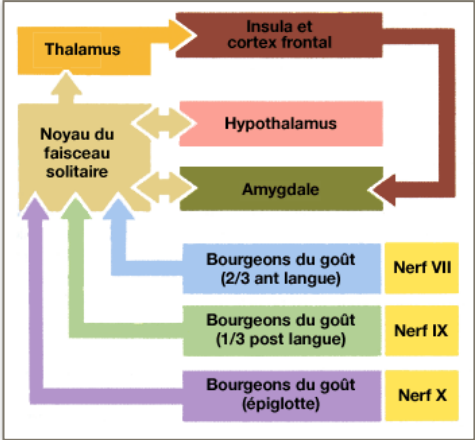
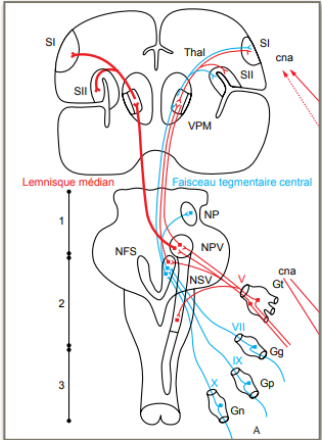
Illustrations	
Stries olfactives	- <u>Strie olfactive latérale (en dehors) :</u> • Se dirige vers l'aire olfactive primaire latérale. • Formée du cortex piriforme (primaire) : ▸ Uncus. ▸ Aire entorhinale (moitié antérieure du gyrus parahippocampique). • Et du complexe amygdalien (ensemble de noyaux). - <u>Strie olfactive intermédiaire :</u> • Se dirige vers l'espace perforé antérieur (aire olfactive intermédiaire). • De là : projection sur le cortex limbique (dont cortex cingulaire, secondaire) et hypothalamus. - <u>Strie olfactive médiale (interne) :</u> • Se dirige en dedans vers le cortex paraolfactif (frontal interne), en avant du 3ème ventricule. • Sous le genou du corps calleux, à la face interne du lobe frontal.

Systèmes alternatifs participant à l'olfaction	
Plusieurs voies	- Pluralité des systèmes pouvant traiter les signaux olfactifs : • Voies olfactives. • Système trigéminal. • Système voméronasal. - Mise en jeu d'autres modalités associées : • Émotions. • Tâches cognitives associées : ▸ Mémoire. ▸ Discrimination.
Système trigéminal	- La muqueuses olfactive est innervée par 2 branches sensibles du nerf trijumeau : les branches ophtalmique (V1) et maxillaire (V2). - Ces branches captent les différentes sensibilités tactile, douloureuse, thermique, et de pression. - Ce système trigéminal traite par conséquent des sensations somesthésiques de frais, chaud, piquant, brûlant, irritant, etc... provoquées par la majorité des molécules odorantes, et qui font que ces odeurs peuvent être perçues par les patients anosmiques. - Ces informations participent à la reconnaissance d'une odeur. L'odeur de menthe, par exemple, sans son caractère trigéminé frais, n'est plus reconnaissable.

Système voméronasal	- Bien décrit chez l'animal, le système olfactif « accessoire » permet la détection des phéromones qui sont des sécrétions externes produites par un organisme, et qui induisent une réponse physiologique ou comportementale chez un autre membre de cette espèce. - Rôle dans les mécanismes de reproduction, de reconnaissance du mâle reproducteur, d'agressivité entre les mâles, ou d'échange entre les femelles et leur progéniture. - Le système olfactif accessoire est constitué d'une organe voméronasal (ou organe de Jacobson), présentant des neurorécepteurs spécifiques aux phéromones et d'un bulbe olfactif accessoire, traitant uniquement des informations provenant de l'organe voméronasal.
Exemple de mise en jeu de plusieurs systèmes	- Expérience en neuroimagerie : • <u>Odeur de vanille</u> : ▸ Unimodale. ▸ Activation bilatérale de l'amygdale et du cortex piriforme. • <u>Acétone</u> : ▸ Bimodale (odeur + brûlure). ▸ Activation du cortex olfactif. ▸ Activation additionnelle d'autres régions corticales correspondant aux zones de la douleur (système trigéminal) dont : - Insula. - Cortex somatosensoriel primaire (zone de la face)
Corrélations cliniques	- Corrélations cliniques des projections sur le système limbique et hypothalamus : • Mémoire olfactive : « madeleine de Proust ». • Réflexes viscéraux (salivation, nausées...) générées par des odeurs.

II. GUSTATION

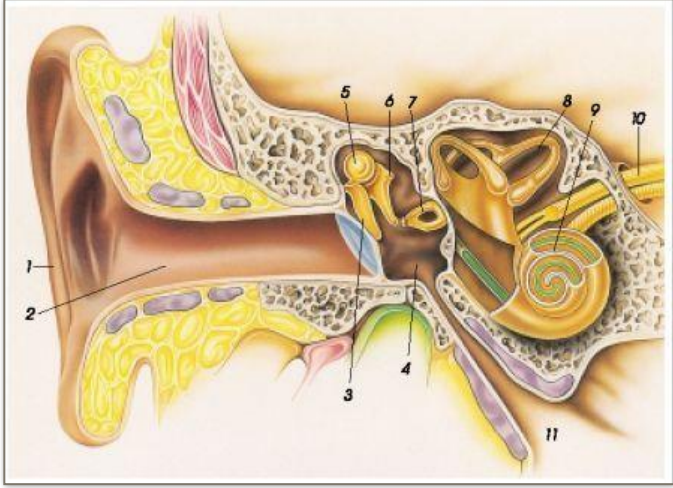
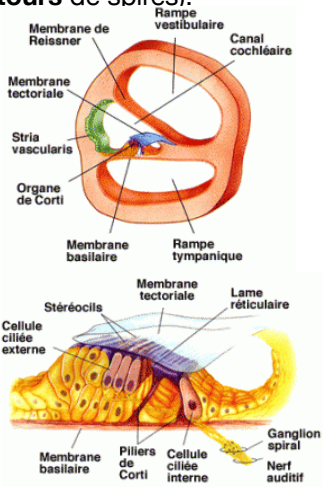
Voies de la gustation	
Grands messages	- Voie ascendante à 3 neurones. - Relais thalamique. - Trajet de la langue / épiglote au cortex gustatif.
5 modalités gustatives	- Modalités gustatives de base détectées par la langue : • Sucré. • Acide. • Amer. • Salé. • Umami (mono-gutamate de sodium, du japonais « savoureux »). - La détection d'une saveur repose sur l'analyse de différents composants et de types de récepteurs : • Chimiorécepteurs : ▸ Modalité gustative de base. ▸ Olfaction. • Mécanorécepteurs : consistance. • Thermorécepteurs : température. • Nocirécepteurs : « piquant ».
Papilles gustatives	- La face supérieure de la langue est couverte de papilles : • Papilles filiformes. • Papilles gustatives : circumvallées, foliées et fongiformes.

Zones gustatives de la langue traditionnelles	- Notions traditionnelles : • En avant du V lingual : ▸ Perception du sucré sur la ligne médiane en avant. ▸ Perception du salé et de l'acide sur bords latéraux. ▸ Centre de la langue : umami. • V lingual : perception de l'amer.
Cartographie réelle ?	- Les zones du goût sont bien réelles, mais sur chacune de ces zones on peut percevoir les 5 goûts. - Chaque cellule gustative est dédiée à un goût mais non située exclusivement sur une région donnée de la langue.
 Récepteurs	- Situés dans les bourgeons gustatifs, eux-mêmes situés au niveau des papilles gustatives. - >100 bourgeons/papille et 30 cellules/bourgeon. - Durée de vie : 10 jours. - Comporte un canalicule central (ou pore) par lequel la salive baignant la papille pénètre le bourgeon. - Les saveurs sont dissoutes dans la salive. - <u>Bourgeons gustatifs</u> : • 3 types de cellules : ▸ Cellules claires : 5 à 10% constituent les récepteurs gustatifs à proprement dit. ▸ Cellules de soutien : épithéliales. ▸ Cellules basales.
Transduction signal	- La cellule claire (sensorielle) fait synapse avec une fibre nerveuse (protoneurone). - Le signal chimique est transformé en signal électrique.
Protoneurone	- La voie gustative primaire est formée par les axones des neurones issus de 3 nerfs : • Le nerf VII bis (2/3 ANT de la langue). • Le nerf IX (1/3 POST de la langue). • Le nerf X (pharynx). - Les axones des fibres gustatives pénètrent dans la moelle allongée en constituant le faisceau solitaire qui envoie des collatérales vers les noyaux salivaires et se termine sur le noyau du faisceau solitaire, situé dans la <i>moelle allongée</i>. - À noter : projection du noyau du faisceau solitaire sur l'hypothalamus et l'amygdale.
Illustrations	 

Deutoneurone et 3ème neurone	- Relais entre proto- et deutoneurone dans le noyau du faisceau solitaire. - Trajet ascendant dans le TC jusqu'au thalamus. - Relais dans le noyau du thalamus (VPM : ventral postéro-médial) avec le 3ème neurone. - <u>Projection sur le cortex gustatif</u> : • Insula +++ • Cortex pariétal.
Décussation ?	- Hypothèse actuelle : • <u>Voies gustatives</u> proprement dites ne décussent pas et projettent ipsilatéralement sur le VPM/faisceau segmentaire central. • <u>Voie somesthésique</u> linguale (V3) décusse au niveau du lemniscus médian.
En résumé	<pre> graph TD VII[VII] --> NFS[Noyaux Faisceau Solitaire] IX[IX] --> NFS X[X] --> NFS NFS --> VPM[VPM thalamus] NFS --> Hypo[Hypothalamus] NFS --> Amy[Amygdala] VPM --> Insula[Insula, Crtx pariétal] </pre>
Corrélations cliniques	- Anomalies du goût : • Agueusie : absence de goût. • Hypogueusie : diminution du goût. • Dysgueusie : déformation du goût : ▸ Cacoguesie. ▸ Torqueguesie. ▸ Parageusie, hétéroguesie. • <u>Causes</u> : ▸ Dégénératives (âge). ▸ Fonctionnelles (médicaments). ▸ Lésionnelles.

III.AUDITION

Voies de l'audition	
Grands messages	- Voie à 3 ou 4 neurones. - Relais thalamique (corps géniculé médial) obligatoire. - Va de l'oreille interne au cortex auditif (temporal).
Généralités sur les sons	- Les ondes sonores sont dues à des variations de pression de l'air. - Les ondes sonores sont caractérisées par : • Leur amplitude (intensité) : mesurée en Décibels. • Leur fréquence (hauteur : aigu-grave) : mesurée en Hertz. - Le spectre de l'audible va de 20 à 20 000 Hz (nombre de vibrations/s) : • En-dessous : infra-sons. • Au-dessus : ultra-sons.

Illustration	 Chaîne des osselets de l'oreille moyenne : - Malleus ou Marteau (5). - Incus ou Enclume (6). - Stapes ou Etrier (7).
Oreille externe	- Concentrateur de sons. - Canalise et localise les sons. - Les transmet par le méat acoustique externe (CAE) jusqu'au tympan. - Le pavillon est fixe chez l'homme alors que certains animaux peuvent l'orienter pour localiser la source sonore.
Oreille moyenne	- Transmet les sons de l'oreille externe (vibrations de l'air) l'oreille interne (vibrations de la lymphe). - Vibrations du tympan qui est en contact avec la chaîne des osselets qui entre en oscillation. - Transmission à l'oreille interne via la fenêtre ovale (ou vestibulaire) en contact avec le stapes. - <u>Les osselets jouent un rôle :</u> • D'amplificateur sonore. • De protecteur en cas de niveau sonore trop élevés (réflexe stapédien déclenché au-delà de 90 dB).
Oreille interne	- <u>Partie vestibulaire :</u> • Équilibre. • Canaux semi-circulaires. • Détecte les accélérations linéaires et circulaires. • Informe l'individu de sa position dans l'espace. - <u>Partie cochléaire :</u> • Audition. • Canal osseux enroulé sur un axe = coulemelle (2,5 tours de spires). - <u>Division en 3 compartiments :</u> • La rampe vestibulaire ▸ En regard de la fenêtre ovale. ▸ Périlymphe. • La rampe tympanique ▸ En regard de la fenêtre ronde. ▸ Périlymphe. • Le canal cochléaire ▸ Endolymphe. - Les 2 rampes communiquent par l'hélicotrema. - <u>Membranes séparant les 3 compartiments :</u> • Membrane de Reissner. • Membrane basilaire. - <u>Membrane basilaire :</u> • Supporte les cellules sensorielles ciliées (organe de Corti). • Rôle de transducteur faisant synapse avec le protoneurone dont l'axone formera la partie cochléaire du nerf VIII. 

Fonctionnement	- Vibration de la fenêtre ovale (vestibulaire). - Transmission dans la périlymphe de la rampe vestibulaire. - <u>Vibration du canal cochléaire</u> : chaque région de l'organe de Corti répondant préférentiellement à une fréquence (fréquence de résonance) : • La spire basale répond aux hautes fréquences. • La spire apicale aux basses fréquences. • Codage de la fréquence = tonotopie. - Les vibrations de la membrane basilaire entraînent des oscillations des cellules ciliées qui stimulent les dendrites du nerf cochléo-vestibulaire (VIII).
Transduction signal	- L'onde de pression liquidienne produit un signal mécanique qui est alors codé en signal électrique par les cellules neurosensorielles de Corti, créant un potentiel d'action propagé le long du nerf VIII.
En résumé	
Nerf cochléo-vestibulaire (VIII)	- Le nerf VIII pénètre ensuite dans le conduit auditif interne (rocher) où il rejoint le nerf facial (VII) pour former le paquet acoustico-facial qui traverse l'angle ponto-cérébelleux. - <u>Il rejoint les noyaux cochléaires de la moelle allongée</u> : • Ventral +++ : tonotopie préservée. • Dorsal : pas de tonotopie, rôle d'accommodation auditive. - Relais avec deutoneurone. - Point de départ du lemniscus latéral.
2ème neurone Lemniscus latéral	- Trajet ascendant avec décussation des fibres à 80%. - Nombreuses collatérales pour : • Corps trapézoïde. • Olive supérieure (mésencéphale). • Noyau du lemniscus latéral. • Colliculus inférieur (mésencéphale) (tonotopie). • Interviennent dans les réactions réflexes. • L'olive supérieure et le colliculus inférieur peuvent constituer des relais facultatifs de la voie auditive. - Quitte le colliculus inférieur par le bras conjonctival inférieur. - Relais dans le corps géniculé médial (du thalamus).

3ème (ou 4ème) neurone	- Donc, le lemniscus latéral peut soit : • Faire relais avec (par ex) le complexe olivaire SUP ; dans ce cas, ce-dernier envoie un 3ème neurone vers le thalamus, qui lui-même va envoyer un 4ème neurone au cortex. • Ou envoyer des collatérales au complexe olivaire sans y faire relais ; donc le 2ème neurone va faire directement relais dans le thalamus, qui enverra un 3ème neurone au cortex. - Corps géniculé médial : • Relais obligatoire. • Organisation tonotopique préservée. • Départ 3ème (ou 4ème) neurone (radiations auditives) pour le gyrus temporal transverse de Heschl, aires 41-42 BA). - <u>Cortex auditif : tonotopie</u> : • Sons aigus du côté insulaire. • Sons graves du côté latéral.
Voies réflexes	- Se projettent sur les noyaux moteurs du trijumeau (V) et du facial (VII). - Réagissent à des stimuli sonores importants. - Entraînent une contraction des muscles du marteau (petite racine motrice du V), stapédien (VII), diminuant ainsi l'amplitude de mouvement des osselets.
En résumé	- Oreille : externe/moyenne/interne, nerf cochléo-vestibulaire. - 1er relais dans noyaux cochléaires de la moelle allongée, constitution du lemniscus latéral. - 2ème ou 3ème relai (selon si relais préalable ou non dans complexe olivaire SUP ou colliculus INF du mésencéphale) dans corps géniculé médial du thalamus. - Cible : gyrus temporal supérieur.
Corrélations cliniques	- Surdités : • De transmission : liées à l'atteinte des structures de l'oreille externe (pavillon, CAE) ou de l'oreille moyenne. • De perception ou neurosensorielles liées à l'atteinte : ▸ De l'oreille interne ou de la cochlée. ▸ Du nerf VIII, des voies nerveuses auditives ou cortex auditif.

IV. VISION

Voies de la vision	
Grands messages	- Voie à 3 neurones. - Relais thalamique (corps géniculé latéral). - Relie la rétine au cortex occipital
Globe oculaire	- 3 couches de dehors en dedans : • La sclérotique : couche conjonctive. • La choroïde : couche vasculaire. • La rétine, couche la plus profonde : ▸ Feuillet externe : rétine pigmentaire. ▸ Feuillet interne : rétine neurosensorielle.
Rétine neurosensorielle	- 3 types de cellules de dehors en dedans : • Cône et bâtonnets : photorécepteurs. • Cellules bi-polaires : protoneurone de la voie visuelle. • Cellules ganglionnaires : ▸ Deutoneurone de la voie visuelle. ▸ Axones = nerf optique (II).

Photorécepteurs	- <u>Cônes</u> : • 4 à 6 millions. • Répondent à 3 longueurs d'ondes : ➢ Vision en couleur (opsine) : bleu, vert, rouge. • Peu sensibles : activés par intensités lumineuses élevées. • Très précis : vision photopique = transmission « point par point » de l'image rétinienne en lumière diurne. • Concentration au niveau de la macula : ➢ Centre optique de l'oeil, dans l'axe de la pupille : siège de l'acuité visuelle et du sens coloré. ➢ Contient en son centre une petite dépression, la fovéa : entièrement composée de cônes serrés les uns contre les autres = zone d'acuité maximale de l'oeil (forte acuité visuelle). - <u>Bâtonnets</u> : • 100 millions. • Répondent à 1 seule longueur d'onde (rhodopsine) : vision noir et blanc. • Sensibles : non fonctionnels si intensités lumineuses élevées. • Peu précis et faible acuité visuelle : vision nocturne (scotopique). • Localisés au niveau de la rétine périphérique autour de la macula.
Transduction	- Rôle de transduction et d'intégration. - Les rayons lumineux activent les différents cônes : recouvrement des spectres de sensibilité des longueurs d'ondes avec collaboration entre les différents cônes pour discriminer la couleur. - Transformation du signal lumineux en signal électrique.
Illustrations	Protoneurone Deutoneurone
Protoneurone	- <u>Cellules bipolaires</u> : • 2 sortes selon la réponse au glutamate libéré par le photorécepteur : ➢ Activées par le glutamate (obscurité) : cellules off. ➢ Inhibées par le glutamate : cellules on. • 1 seul cône est relié à la fois à une cellule on&off (= 2 cellules bipolaires). • De nombreux bâtonnets convergent vers une cellule bipolaire (d'où faible discrimination).
Deutoneurone (1)	- <u>Cellules ganglionnaires</u> : - Différenciation fonctionnelle +++ : • Voie magnocellulaire : ➢ Cellules ganglionnaires de grande taille (α ou M). ➢ Champs rétinien étendus. ➢ Activée par des stimuli de très faible contraste. ➢ Faible sensibilité spectrale. • Voie parvocellulaire : ➢ Cellules ganglionnaires de petite taille (β ou P). ➢ Champs rétinien réduits. ➢ Sensibilité spectrale élevée.

Deutoneurone (2)	▸ Code une seule ou un nombre réduit de cellules bipolaires connectées aux cônes. • Voie koniocellulaire : ▸ Champs rétinien étendus. ▸ Insensible aux stimulations achromatiques. - Différenciation cellulaire : cellules X, Y, W.
Nerf optique	- Quitte le globe oculaire et l'orbite pour la cavité crânienne par le canal optique. - Chaque nerf optique véhicule des fibres de la moitié temporale et nasale de la rétine homolatérale. - Décusse partiellement au niveau du chiasma optique : • Les fibres optiques issues de l'hémirétine temporale ne croisent pas et restent du même côté. • Les fibres optiques issues de l'hémirétine nasale croisent la ligne médiane et gagnent le nerf optique contralatéral.
Tractus optique	- À partir du chiasma optique, les fibres du nerf optique prennent le nom de tractus optique. - Chaque tractus optique véhicule des fibres de la moitié temporale de l'œil homolatéral et des fibres de la moitié nasale de l'œil contralatéral. - Les tractus optiques contournent les pédoncules cérébraux, avant leur projection sur les corps géniculés latéraux, - Ils se divisent : • Une <u>racine latérale</u>, majoritaire, qui rejoint le corps géniculé latéral homolatéral. • Une <u>racine médiale</u>, qui rejoint le colliculus supérieur et véhicule la voie des réflexes optiques.
Corps géniculé latéral	- Les neurones du corps géniculé latéral sont organisés en 6 couches : • Couches 1 à 2 magnocellulaires (grandes cellules). • Couches 3 à 6 pavocellulaires (petites cellules). - + couches intercalaires recevant la <i>voie koniocellulaire</i>. - Les projections sur ces couches sont organisées selon la rétine d'origine (rétinotopie) : • Rétine contralatérale sur les couches 1, 4 et 6. • Rétine homolatérale sur les couches 2, 3 et 5. - Les différents types de cellules ganglionnaires se projettent sur des couches différentes : • Cellules Y sur les couches magnocellulaires 1 et 2. • Cellules X sur les couches pavocellulaires 3 à 6. - A noter : les cellules W projettent sur les colliculi supérieurs (rôle dans la coordination des mouvements de la tête et des yeux en réponse aux stimuli visuels).
Radiations optiques	- Départ du 3ème neurone après relais dans le corps géniculé. - Constituent les radiations optiques : • La radiation optique supérieure : ▸ Provient de la partie médiale du corps géniculé latéral. ▸ Partie inférieure du champ visuel / supérieure rétine. ▸ Passe par le lobe pariétal. ▸ Finit sur la berge supérieure de la scissure calcarine (lobe occipital) selon une rétinotopie précise. • La radiation optique inférieure : ▸ Provient de la partie latérale du corps géniculé latéral. ▸ Partie supérieure du champ visuel / inférieure rétine. ▸ Fait son genou en avant dans le lobe temporal. ▸ Finit sur la berge inférieure de la scissure calcarine (lobe occipital) selon une rétinotopie précise.

Illustration	
Cortex visuel	- <u>Cortex visuel primaire</u> : • Aire 17 (cortex strié) ou V1. • Réparti sur les 2 berges de la scissure calcarine. • Organisation rétinotopique : ▸ Blobs = groupes de neurones cytochromes oxydase + répondant à la couleur. ▸ Colonnes d'orientation = interblobs. - Puis transmet à des cortex visuels d'association : Aire 18 (V2), et Aire 19 (V3 et V4). - Puis projection sur : • Lobe temporal (voie ventrale-voie du quoi). • Lobe pariétale (voie dorsale-localisation).
Rétinotopie	- <u>Champ visuel</u> : • Portion de l'espace exploré par la vue. • Divisé en quadrants. • Inversion des projections rétiniennes en raison de transmission optique. - Chaque point de la rétine à un point champ visuel, qui projette : • Sur 2 rétines (points homologues) : partie binoculaire du CV / rétine. • Ou bien sur la seule rétine nasale pour les points très temporaux du CV (présence du nez) - croissant monoculaire. - Rétinotopie : position de la fibre ou de la cellule dans les VO permet de prédire la partie de la rétine (et du CV) analysée - inversement lésion du CV permet de localiser les atteintes des VO.
Correspondances cliniques	Homonyme = similaire sur les deux yeux

