PHYSIOLOGIE DE LA VISION

* Œil est composé :
* D’une chambre antérieure (remplie d’humeur aqueuse).
* Cristallin.
* Corps vitré.
* Trois membranes :
* Choroïdes.
* Sclérotique.
* Rétine.
* Rétine : membrane sensorielle à partir desquelles nait des axones. Les axones des cellules ganglionnaires constituent le nerf optique.
* La papille optique : lieu où tous les endroits se rassemblent. Correspond sur le point fonctionnel à la tâche aveugle.
* La fovéa : endroit de la rétine le plus performant, endroit qui sert pour une vision très précise (notamment pour la lecture).



* Le cristallin est une lentille qui peut modifier son épaisseur en fonction de la contraction des muscles ciliaires (accommodation) :
* Le cristallin est fait de telle façon que l’image se forme sur la rétine.
* Myope : l’image se forme avant la rétine.
* Hypermétrope : l’image se forme après la rétine.
* Presbytie : perte de la souplesse du cristallin, pas d’accommodation possible.



# I. Organisation générale de la rétine

* Ne pas apprendre les différentes couches anatomiques de la rétine.



* Il y a deux types de cellules photoréceptrices, lieu ou les stimuli lumineux sont transformés en premier message nerveux. :
* Les bâtonnets.
* Les cônes.
* Les cellules photoréceptrices font synapses avec les cellules bipolaires.
* Les cellules bipolaires font synapses avec les cellules ganglionnaires.
* Les axones des cellules ganglionnaires constituent le nerf optique.
* On retrouve deux autres cellules, particulières car transversales :
* Les cellules horizontales entre les photorécepteurs et les cellules bipolaires.
* Les cellules amacrine entre les cellules bipolaires et les cellules ganglionnaires.
* La lumière arrive du côté des cellules ganglionnaires et doit transverser toute la rétine pour atteindre les photoréceptuers.
* Au niveau de la fovéa l’épaisseur de rétine à traverser par la lumière pour atteindre les photorécepteurs est moins importante. Les autres cellules sont écartées sur le côté.

## Les cellules photoréceptrices



* Les photorécepteurs contiennent des pigments différents.
* Les bâtonnets assurent la vision en noir et blanc (contient la rhodopsine).
* Les cônes assurent la vision en couleur (contient des pigments sensibles à la lumière rouge, verte et bleu).
* Les pigments sont accrochés au niveau des segments externes des cellules photoréceptrices.
* Au niveau des disques des bâtonnets.
* Zone transductrice qui assure la modification d’un stimulus naturel par modification de potentiel de membrane et une zone génératrice (qui assure la production de potentiel d’action).
* Les potentiels d’actions ici n’apparaitront que dans les cellules ganglionnaires.
* Répartition des cellules photoréceptrices.
* Dans les 20° centraux de la rétine on ne retrouve que des cônes : assurent la vision centrale.
* Les bâtonnets ont leur concentration maximale vers 20°, et diminuent progressivement vers la périphérie.
* Papille optique : pas de photorécepteur (trou de 8-9°). Ne gène pas dans la vision de tous les jours (car le cerveau compense ainsi que la vision binoculaire). Peut être chiffrée précisément dans un examen ophtalmologique.



* La lumière est un phénomène ondulatoire : la rétine est sensible dans des longueurs d’onde entre 400 et 700nm.



* Fonction visuelle :
* Vision scotopique : vision qui repose uniquement sur les bâtonnets correspondant seuil absolu.
* Vision mésopique : vision avec intervention des cônes, seuil des cônes.
* Entre la lumière mésopique et photopique :
	+ Bonne vision des couleurs et acuité optimale.
	+ Début de saturation des bâtonnets (plus de lumière ne les activera pas plus).
* Vision photopique, plus la lumière est importante :
	+ Plus il y a un phénomène de décoloration.
	+ A partir d’un certain niveau de lumière il y a un risque de lésion.



# II. Phénomène de transduction au niveau des cellules réceptrices cônes – bâtonnets

* Ici pris l’exemple d’un bâtonnet mais aussi vrai pour un cône.



* Utilisation d’une électrode pour enregistrer le potentiel intracellulaire.
* Au repos le potentiel intracellulaire est négatif -35mV.
* Stimulation (flash de lumière) :
* La stimulation lumineuse est à l’origine d’une hyperpolarisation.
* Plus l’intensité de stimulation est importante plus le mouvement de potentiel de membrane est important.
* Mécanismes cellulaire :
* En absence de lumière les protéines canales qui laissent entrer le calcium et le sodium dans la cellule.
* La stimulation lumineuse bloque ces protéines canales sodium calcium.
* Mécanismes de transduction :
* La stimulation de la rhodopsine par la lumière active une protéine G appelée la transducine.
* La protéine G activée active la phosphodiestérase (PDE) du GMPc.
* La PDE hydrolyse le GMPc (attaché aux canaux sodium) ce qui réduit sa concentration.
* Ceci entraine la fermeture des canaux sodium.



* Les bâtonnets sont actifs dès les luminances les plus basses jusqu’à une certaine luminance (large spectre d’activation).
* Les cônes sont actifs à trois luminances différentes selon les pigments :
* Une famille actif dans le spectre du bleu (420nm).
* Une famille actif dans le spectre du vert (530nm).
* Une famille actif dans le spectre du rouge (650nm).

# III. Traitement de l’information visuelle par la rétine

## 1. Cellules bipolaires

* Les cellules photoréceptrices ont des champs récepteurs circulaires :
* Avec un centre qui active la cellule : champ récepteur central activateur.
* Avec un pourtour qui inhibe la cellule : champ récepteur périphérique inhibiteur.\*



* Le neuromédiateur qui est libéré par le photorécepteur au niveau de la synapse avec les cellules bipolaires est le glutamate.
* Les photorécepteurs peuvent faire synapses avec deux types de cellules bipolaires :
* Les cellules bipolaires ON qui communiquent avec des cellules ganglionnaires ON.
* Les cellules bipolaires OFF qui communiquent avec des cellules ganglionnaires OFF.
* Le glutamate peut agir sur des récepteurs :
* Ionotropique : AMPA kanïnate.
* Métabotropique : mGluR6.
* Les cellules bipolaires font synapses avec les cellules ganglionnaires grâce au glutamate qui se fixe sur des récepteurs :
* AMPA.
* Kainate.
* NMDA (canal sodium ouvert par le glutamate seulement si la cellule est une peut dépolarisée).



* Champ récepteur :
* Au temps T0 : tout dans l’obscurité.
* Au temps T1 : illumination du champ récepteur central.
* Illumination du champ central T1 : création d’une hyperpolarisation des cellules photoréceptrices (bloque les canaux sodium).
* L’hyperpolarisation au niveau du photorécepteur se traduit au niveau de la cellule ON par une dépolarisation.
* L’hyperpolarisation au niveau du photorécepteur se traduit au niveau de la cellule On par une hyperpolarisation.
* En effet le glutamate est libéré par la photorécepteur au repos mais :
	+ L’hyperpolarisation de la cellule photoréceptrice limite le relargage de glutamate.
	+ La dépolarisation de la cellule photoréceptrice augmente le relargage de glutamate.
* Or le glutamate :
	+ Est inhibant pour les cellules ON : mais moins de glutamate est relargué lors de l’illumination du champ central 🡪 dépolarisation.
	+ Est activant pour les cellules OFF : mais moins de glutamate est relargué lors de l’illumination du champ central 🡪 hyperpolarisation.



* Champ récepteur central obscure 🡪 dépolarisation des cellules photoréceptrices (ouverture des canaux sodium).
* Activation des OFF.
* Inhibition des ON.
* Les cellules sensorielles sont sensibles au contraste de luminance (et pas la luminance en temps que tel) :
* On voit mieux un objet illuminé sur un fond obscur.
* Se contraste repose sur le fait qu’on a un champ récepteur central excitateur et un champ récepteur périphérique inhibiteur.



* Expérience A et B vu précédemment.
* Expérience C :
* T0 : pas d’éclairage.
* T1 : illumine le centre.
* T2 : illumine le centre et la périphérie.
* Le fait d’illuminer du champ récepteur périphérique :
* Diminue l’excitation de la cellule ON.
* Augmente l’excitation de la cellule OFF.



* Eclaire le centre : augmentation des potentiels d’action.
* Eclaire le centre et la périphérie : diminution des potentiels d’action.
* Eclaire la périphérie uniquement : diminution plus importante des potentiels d’action.
* Eclaire ni le centre ni la périphérie : potentiels d’action au repos.
* 
* Le mécanisme de l’effet inhibiteur de la stimulation du champ récepteur périphérique repose sur le principe d’inhibition latérale par les cellules horizontales.
* Le neuromédiateur des cellules horizontales est le GABA (neuromédiateur inhibiteur).
* Les cellules horizontales font des synapses doubles.
* Le glutamate libéré par le photorécepteur active la cellule horizontale (qui en retour peut influencer le photorécepteur par inhibition).
* Quand tout est dans le noir : potentiel de repos.
* Quand on illumine le centre : hyperpolarisation.
* Légère hyperpolarisation des cellules horizontales sous l’action du glutamate.
* Quand on illumine le centre et la périphérie : hyperpolarisation qui disparait, mais dépolarisation due aux cellules horizontales.
* Les cellules horizontales sont un peut plus hyperpolarisées : coupe l’effet du glutamate et donc inhibe la synapse photorécepteur/ cellule ON.
* La dépolarisation des cellules bipolaires ON s’arrête du fait du fonctionnement des cellules horizontales.

# IV. Traitement central de l’information visuelle

## 1. Organisation des voies visuelles

* Entre le champ rétinien et le champ visuel il y a inversion :
* Le champ rétinien temporal permet de voir le champ visuel nasal.
* Le champ rétinien nasal permet de voir le champ visuel temporal.
* Le champ visuel supérieur projette sur le champ rétinien inférieur.
* Le champ visuel inférieur projette sur le champ rétinien supérieur.



* Cheminement.
* Axone de la cellule ganglionnaire : Nerf optique 🡪 Chiasma optique 🡪 bandelette optique 🡪 corps geniculé latéral.
* Deux axones : Corps géniculé latéral 🡪 radiation optiques 🡪 cortex occipital interne (cortex visuel).
* Au niveau du chiasma optique :
* Le champ rétinien nasal décusse.
* Le champ rétinien temporal ne décusse pas.
* Les fibres venant de la partie :
* Inférieur de la rétine prennent les radiations optiques inférieur (dans le lobe temporal).
* Supérieur de la rétine prennent les radiations optiques supérieur.
* Certaines lésions anatomiques ne peuvent léser qu’une des deux.
* Les projections corticales se font :
* Sur la scissure calcarine du lobe occipital.
* Les informations venant du champ visuel inférieur (champ rétinien haut) projette au dessus la scissure calcarine.
* Les informations venant du champ visuel supérieur (champ rétinien bas) projette au dessous de la scissure calcarine.

### 1. Application

* Lésion du nerf optique : cécité homolatérale.
* Lésion du chiasma optique : hémianopsie bitemporale.
* Lésion de la bandelette optique : hémianopsie latérale homonyme controlatéral.
* Cécités partielles :
* Quadranopsie du champ visuel supérieur : section des radiations optiques inférieures.
* Quadranopsie du champ visuel inférieur : section des radiations optiques supérieures.
* Atteinte du cortex : vision centrale fovéale conservée.



## 2. Relais : corps genouillé latéral

## 3. Niveau cortical

* On retrouve 6 zones du centre vers la périphérie.
* Les projections venant des corps genouillés viennent :
* De la rétine controlatérale : projette sur zones 1, 4 et 6.
* De la rétine ipsilatérale : projette sur zone 1, 3 et 5.
* A partir des couches :
* 1 et 2 on retrouve la voie magnocellulaire.
* 3, 4, 5 et 6 on retrouve la voie parvocellulaire.
* En effet on distingue on niveau de la rétine des cellules ganglionnaires de trois types :
* Venant de la région fovéale 🡪 constituent la voie parvocellulaire.
	+ Champ récepteur très petit (1minute).
	+ La voie parvocellulaire correspond 80%.
* Venant de la rétine périphérique 🡪 constituent la voie magnocellulaire.
	+ Champ récepteur très grand (jusqu’à 5°).



* Expérience :
* Stimulation lumineuse sur écran avec orientation différente de la barre lumineuse.
* Enregistrement du cortex visuel.
* La cellule étudiée ici ne répond qu’à des barres verticales.
* Le cortex a en effet une organisation en colonne.
* Dans le cortex on distingue trois familles de cellules :
* Les cellules simples : reçoivent directement les informations depuis les cellules ganglionnaires.
* Les cellules complexes (qui font synapse avec les cellules simples).
* Les cellules hyper-complexes (qui font synapse avec les cellules hyper complexes).
* Les cellules simples du cortex :
* Reçoivent des informations de plusieurs cellules du corps genouillé latéral.
* Le champ visuel n’est donc plus un rond (information d’une cellule ganglionnaire) mais un cylindre (information venant de plusieurs cellules ganglionnaires).



* Les cellules complexes du cortex : elles sont sensibles au déplacement d’une barre lumineuse qui a une certaine orientation.



* Les cellules hyper-complexes du cortex : le champ récepteur est très compliqué.

### Structure du cortex visuel

### Les différents types de cellules

### Organisation en colonnes



* Il y a des colonnes d’orientation : une colonne donnée est excitée que par des barres avec une certaine orientation (une colonne par 10°).
* Il y a des colonnes de dominance :
* Colonne qui reçoit des informations de la rétine homolatérale.
* Colonne qui reçoit des informations de la rétine ipsilatérale.
* Lorsqu’on combine les colonnes d’orientation et les colonnes de dominance on a des hypercolonne (1mmx1mm) (tient compte à la fois de l’orientation et de la dominance).
* Cette organisation en colonne n’existe pas dès la naissance :
* Arrive à 1 mois chez le chaton.
* Expérience : ils ont fait vivre des chatons dans un univers ne contenant que des barres horizontales et on ne retrouvera que ces cellules au niveau du cortex.
* Application clinique : il faut opérer rapidement un nouveau-né avec des problèmes visuels périphérique pour éviter l’altération définitive du cortex.

### Traitement de l’information colorée

### Aires visuelles secondaires

* De la rétine partent :
* Les voies magnocellulaires et parvocellulaires qui projette sur le corps géniculé latéral puis les aires V1, V2, V3, V4 et 5.
* La voie W (cellule ganglionnaire périphérique) qui projette sur le colliculi supérieur puis sur le pulvinar et se retrouve sur V1, V2,V3,V4 ou V5 (utile dans les mouvements de la tête).
* V1 🡪 V5 : aires sensorielles primaires.



* Aires associatives :
* Cortex pariétal : traite le mouvement (voies supérieure appelée voie dorsale). Reçoit essentiellement les informations de la rétine périphérique (voie magnocellulaire).
* Cortex temporal : traite la reconnaissance des formes. Reçoit essentiellement les informations de la voie parvocellulaire.
* La voie parvocellulaire :
* Est sensible à la reconnaissance des formes et des couleurs.
* Projette sur le cortex temporal.
* La voie magnocellulaire :
* Est sensible à la reconnaissance des formes grossières mais surtout au mouvement.
* Projette sur le cortex pariétal.