

Chapitre 10 : la vision : de l'œil au cerveau

A projeter : œil dans le règne animal

L'œil est un organe sensoriel spécialisé dans la perception visuelle. C'est un organe des sens essentiel dans la mise en relation de l'organisme avec le monde extérieur. L'organisation de l'œil lui permet d'être sensible aux stimulations lumineuses et de les convertir en messages nerveux.

Problématiques : Quelle est la structure de l'œil ? Quelles sont les caractéristiques du cristallin ?

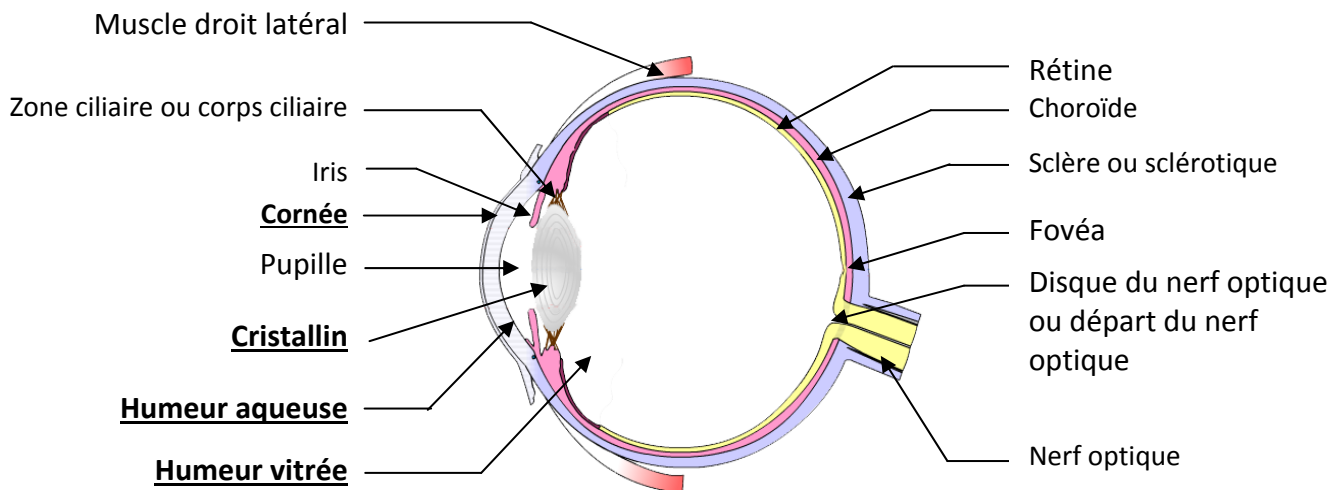
TP 1 : dissection œil – observation cristallin

1. Le cristallin, une lentille vivante

A. Les rôles du cristallin

Le cristallin fait partie des systèmes transparents de l'œil humain. On trouve successivement, la cornée, l'humeur aqueuse, le cristallin et l'humeur vitrée. C'est une lentille « biconvexe » qui assure une convergence des rayons lumineux sur la rétine.

Le cristallin est aussi responsable de l'accommodation, c'est à dire la vision nette des objets plus ou moins proches. Il est capable en se déformant de modifier la vergence ce qui assure la netteté des images rétinienne.



B. Les cellules du cristallin

Document : organisation des cellules du cristallin

Le cristallin est un organe vivant non vascularisé. Il est constitué de cellules qui se divisent et ont une activité métabolique. Ces cellules responsables de la transparence du cristallin ont des caractéristiques très particulières :

- Les cellules se forment par mitoses en périphérie du cristallin puis sont poussées par les jeunes cellules vers le centre du cristallin. Les cellules se multiplient pendant la vie embryonnaire, très peu sont formées après 20 ans. Elles ne sont jamais remplacées : la structure du cristallin n'est donc jamais renouvelée.
- Au cours de l'évolution, les cellules perdent leur noyau et les organites. Le cytoplasme se présente alors sous forme d'un gel de protéines (les cristallines) formant un réseau cristallin transparent. Les cellules du cristallin reçoivent les éléments nécessaires à leur métabolisme (eau, glucose, ions) des humeurs vitrée et aqueuse. Elles possèdent dans leur membrane des **aquaporines** (protéine canal) qui permettent le passage de l'eau et du glucose entre les cellules. et des **connexons** (protéines qui connectent les différentes cellules entre elles). A maturité, les cellules du cristallin forment des lames transparentes de 1cm de long pour 10 µm de largeur et 4.5µm d'épaisseur.

C. Des anomalies de la vision

Le dysfonctionnement du cristallin avec le temps est à l'origine de certains troubles de la vision :

- **La presbytie** correspond à une diminution des capacités d'accommodation. Avec l'âge le cristallin devient moins souple et parvient difficilement à augmenter sa vergence. Ce phénomène conduit à porter des lunettes pour la vision rapprochée.
- **La cataracte** se manifeste par une opacification progressive du cristallin. La cause est liée à une précipitation des protéines du cytoplasme des cellules (les cristallines) et un manque de connexons entre les cellules du cristallin. La cataracte nécessite une opération, avec mise en place d'un implant artificiel. Elle reste la première cause de cécité dans le monde (18 millions de personnes selon l'OMS)

Rq. Il existe d'autres anomalies de la vision : myopie – hypermétropie, celles-ci ont pour origine des pathologies liées à la forme de l'œil (voire cours d'optique de physique chimie)

Conclusion : Le cristallin est l'un des systèmes transparents de l'œil humain. Il est formé de cellules vivantes sans noyau et sans organites, composées de protéines cytoplasmiques à l'origine de la transparence de ce système. Avec l'âge sa transparence et sa souplesse peuvent être altérées.

Les signaux lumineux, après avoir traversés les milieux transparents de l'œil, finissent leurs trajets sur la rétine. Celle-ci est l'organe sensible de l'œil.

Problèmes : Quelle est l'organisation de la rétine ? Quelles sont les cellules sensorielles sensibles à la lumière ?

TP 2 : structure de la rétine

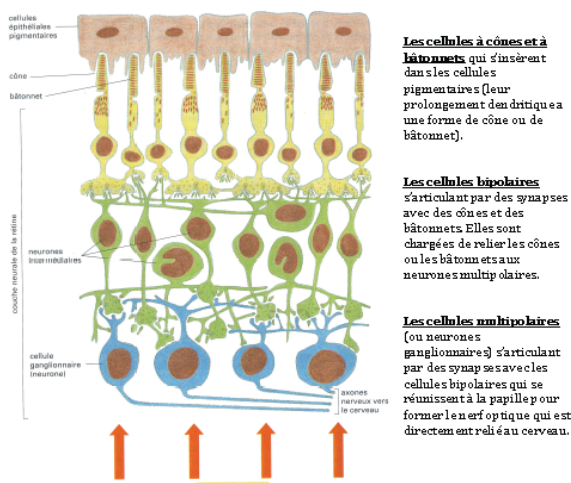
2. Les rôles des photorécepteurs de la rétine

A. La structure de la rétine

La rétine est un tissu nerveux très fin (entre 0.1 et 0.5 mm) composé de différentes couches. Une couche située en profondeur et proche de la choroïde est constituée de cellules particulières : les photorécepteurs.

[A placer document structure de la rétine complété lors du TP 2](#)

Correction : [Document : structure cellulaire de la rétine](#)



Les cellules photoréceptrices (130 millions) sont les cônes et les bâtonnets. Ces photorécepteurs sont reliés à une deuxième couche de neurones (cellules bipolaires) eux-mêmes connectés à une troisième couche de neurones (Cellules ganglionnaires ou multipolaires). Les prolongements axoniques des cellules multipolaires forment le nerf optique.

Les photorécepteurs sont des cellules qui refferment un pigment photosensible

B. Les propriétés des photorécepteurs

Il existe deux types des photorécepteurs rétiniens, les bâtonnets et les cônes :

- Les bâtonnets (95%, 100 millions). Ils peuvent réagir à des éclaircissements très faibles, utilisés pour la vision crépusculaire. Ils ne sont pas impliqués dans la vision des couleurs, sont utiles pour distinguer différents niveaux de clartés.
- Les cônes (5%, 6 millions). Ils sont moins sensibles à la lumière et permettent la vision des couleurs et la perception des images détaillées. Il existe 3 types de cônes en fonction des pigments (les opsines) qu'ils possèdent.

Mise en évidence des 3 types de cônes : livre page 309

Expliquer l'origine du daltonisme ? [A projeter : test daltonisme](#)

Grâce aux pigments, les photorécepteurs peuvent convertir une stimulation lumineuse (énergie véhiculée par la lumière) en un message nerveux qui sera véhiculé jusqu'au cerveau : le message nerveux est d'abord transmis aux neurones bipolaires, puis aux neurones ganglionnaires et, enfin véhiculés le long des différents axones jusqu'à la base du nerf optique (au niveau de la tache aveugle). Le stimulus est donc transformé en message électrique à l'origine du message nerveux. Contrairement aux bâtonnets, qui ne contiennent qu'un seul type de pigment, la **rhodopsine**, il y a 3 catégories de cônes que l'on différencie par les pigments qu'ils contiennent. Ces derniers appartiennent à la famille **des opsines**.

Chacun de ces pigments est sensible à une longueur d'onde particulière de la lumière. C'est ainsi que leur nom fait référence à la zone de couleur ou leur pigment est sensible : « cônes bleus contenant de l'opsine S », « cônes verts contenant de l'opsine M » et « cônes rouges contenant de l'opsine L ».

C. La répartition des photorécepteurs dans la rétine.

La répartition des photorécepteurs dans la rétine n'est pas quelconque :

- La fovéa, zone centrale de la rétine ne comporte que des cônes. Cette zone permet une vision précise et en couleur (acuité visuelle maximale)
- Au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la fovéa, les cônes vont devenir de plus en plus rares jusqu'à disparaître. Par contre les bâtonnets sont de plus en plus nombreux vers la périphérie. Les objets situés à la périphérie du champ visuel sont donc perçus avec une faible acuité et une mauvaise vision des couleurs mais leur détection est possible même si leur luminance est faible. (l'œil perçoit la lumière d'une bougie située à 27 Km si l'air est limpide).

En pratique le système des cônes est utilisé dans la vision diurne (le système des bâtonnets est alors saturé). Les bâtonnets n'interviennent que lors de la vision crépusculaire. La rétinite pigmentaire s'explique par une dégénérescence des bâtonnets, puis plus tardivement une dégénérescence des cônes. La vision devient difficile pour de faible éclaircissement et le champ de vision se rétrécit, le malade à l'impression d'être dans un tunnel. Il s'agit d'une maladie génétique.

Conclusion : La rétine est un tissu nerveux hétérogène, constitué de différents types de neurones, dont les photorécepteurs. Les stimuli lumineux sont captés par des pigments présents au niveau des cônes et bâtonnets qui les transforment en messages nerveux véhiculés par le nerf optique. Les bâtonnets ne contiennent qu'un type de pigment, la rhodopsine et les cônes trois types d'opsine (pigments) sensibles à trois longueurs d'ondes, le bleu, le vert et le rouge.

TP 3 : les opsines des primates

3. Les photorécepteurs : un produit de l'évolution

Chez l'homme la vision des couleurs est dite trichromatique, elle repose sur les informations de 3 types de cônes. Les cônes possèdent un pigment de nature protéique, l'opsine. Il existe chez l'homme trois types d'opsine en fonction de leur maximum d'absorption de la lumière. L'opsine S avec un maximum d'absorption pour les longueurs d'onde correspondant au bleu (cône bleu), l'opsine M (cône vert) et l'opsine rouge (cône rouge). Chaque catégorie d'opsine (protéine) est codée par un gène.

➤ **La notion de famille multigénique :**

La comparaison des séquences en acides aminés **des opsines** ou celle des séquences en nucléotides des quatre gènes révèle de fortes similitudes. Un tel degré de similitude n'est pas le fruit du hasard, mais atteste d'une **origine commune**, des quatre gènes des opsines. Ils dérivent d'un **gène ancestral** et forme une **famille multigénique**.

Rq. Les scientifiques considèrent qu'une similitude supérieure à 20% entre 2 molécules ne peut être due au hasard et indique donc une origine commune pour les 2 molécules.

➤ **Le mécanisme à l'origine d'une famille multigénique est le suivant :**

Le gène ancestral a été **dupliqué** (lors d'accident de la méiose) puis **transposé** sur un autre chromosome ou sur le même. On obtient deux gènes identiques, le gène ancestral et le duplicata. Au cours du temps, chaque copie du gène (le gène ancestral ou le duplicata) peut subir des **mutations ponctuelles** à l'origine de gènes différents.

La répétition de ces mécanismes au cours du temps conduit à une augmentation du nombre de gènes qui présentent de grandes similitudes et forment **la famille multigénique des opsines** à l'origine de **la vision trichromatique**. Dans le cas des opsines, deux duplications à partir d'un gène ancestral ont conduit aux trois gènes des opsines (Les similitudes les plus importantes entre les séquences des gènes des opsines M et L montre que cette duplication est la plus récente dans le temps).

Rq. Plus la duplication d'un gène est ancienne et plus les 2 gènes qui en résultent sont différents.

[Document : formation famille multigénique des opsines](#)

➤ Les liens de parenté entre primates

Seul l'homme et les singes de l'ancien monde possèdent trois gènes codants les opsines, alors que les singes du nouveau monde ne possèdent que deux gènes (vision dichromatique). L'homme et les singes de l'ancien monde (chimpanzé en particulier) partagent donc **un caractère en commun** (le gène de l'opsine sensible au vert) que ne possèdent pas les autres primates. Ces deux espèces (homme et singes de l'ancien monde) possèdent donc **un ancêtre commun** plus récent que celui partagé avec les autres primates, il présente une **forte parenté**.

[Document arbre phylogénétique simplifié des primates.](#)

[A projeter arbre phylogénétique singes](#)

**Problèmes : Quelle est la relation entre nerf optique et cerveau ?
Comment le cerveau permet-il la perception visuelle ?**

[TP 4 : les voies visuelles et l'organisation du cortex visuel](#)

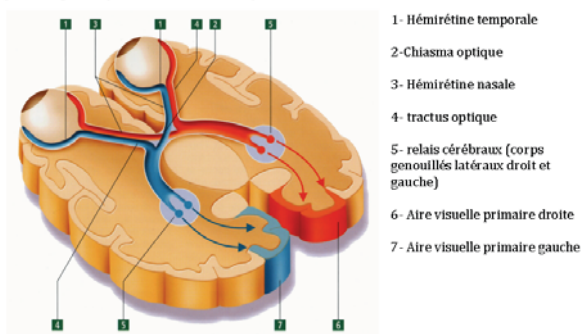
4. De l'œil au cerveau : la perception visuelle

A. Les voies visuelles

[A projeter correction voies visuelles TP4](#)

Hémirétine nasale œil gauche et hémirétine temporale œil droit finissent dans l'aire visuelle primaire droite (en rouge sur le document).

Hémirétine nasale œil droit et hémirétine temporale œil gauche finissent dans l'aire visuelle primaire gauche (en bleu sur le document)



La rétine de chaque œil est divisée en hémirétine temporale et hémirétine nasale, chaque partie est distincte et est en relation avec le cortex visuel.

Ainsi, les axones provenant des hémirétines nasales se croisent au niveau du chiasma optique et se projettent du côté opposé. (ex : hémirétine nasale droite se projette dans le cortex visuel gauche).

En revanche, les axones provenant des hémirétines temporales ne se croisent pas au niveau du chiasma optique et se projettent du même côté (ex : hémirétine temporale gauche se projette dans le cortex visuel gauche).

Document complété lors du TP 4 à placer

B. Les aires corticales de la vision

1. Anatomie du cerveau

Le cerveau est divisé en 2 hémisphères cérébraux qui présentent de nombreux replis : les circonvolutions limitées par des sillons. Certains sillons plus profonds (=scissures) permettent de diviser chaque hémisphères en 4 lobes : frontal, pariétal, temporal et occipital.

[A projeter anatomie du cerveau.](#)

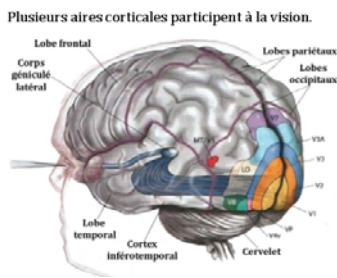
Le cortex cérébral constitue le revêtement externe des hémisphères cérébraux, il contient essentiellement les corps cellulaires et les dendrites des neurones ce qui lui donne un aspect plus sombre que le reste, **c'est la substance grise**.

Plus à l'intérieur, on observe un tissu clair : **la substance blanche** constituée des faisceaux de fibres d'axone.

2. Etude du cortex visuel

Tous les messages nerveux en provenance de la rétine convergent vers le **cortex visuel primaire** (aires V1 et V2) localisé au niveau du lobe occipital.

Dessin des 2 femmes pour illustrer la notion de perception



Les aires cérébrales spécialisées :

L'arrivée des messages nerveux au niveau de l'air primaire ne suffit pas à avoir une perception visuelle. Les informations nerveuses sont traitées par des aires voisines (au moins cinq) qui gèrent les différentes caractéristiques d'un objet comme la couleur, le mouvement, les formes géométriques.

La perception visuelle résulte d'une intégration de l'ensemble des messages traités par les différentes aires corticales de la vision.

Remarque : La reconnaissance d'un objet d'un visage nécessite une collaboration entre les aires visuelles et la mémoire.

Organisation des aires corticales de la vision

C. Substances chimiques et perception visuelle

1. La communication entre neurones : les synapses

Les axones des cellules ganglionnaires qui constituent le nerf optique ne se projettent pas directement au niveau de l'aire visuelle primaire. On observe une interruption de leur trajet au niveau des relais cérébraux. Dans ces derniers, ils vont communiquer avec d'autres neurones par le biais de synapses avant de rejoindre le cortex visuel.

Au niveau des synapses, c'est-à-dire la zone de communication entre les terminaisons des axones des cellules ganglionnaires et les neurones du relais, le message nerveux ne peut pas passer directement, car un espace sépare les neurones. Il y a donc intervention de molécules chimiques, les neurotransmetteurs qui sont libérés des axones et captés par les neurones du relais cérébral. A ce niveau, ce message chimique sera de nouveau converti en un message nerveux qui pourra être véhiculé jusqu'au cerveau.

Activité structure et fonctionnement d'une synapse

2. Les perturbations chimiques de la perception

Certaines substances comme le LSD sont qualifiées d'hallucinogènes car elles modifient les caractéristiques des images observées (la forme, le mouvement, les couleurs). Certaines images perçues ne correspondent à aucune image réelle, il s'agit des hallucinations.

Les molécules comme le LSD présentent une structure moléculaire très proche des neurotransmetteurs naturels de la synapse. Elles perturbent le fonctionnement des aires cérébrales en se fixant aux récepteurs synaptiques à la place des neurotransmetteurs naturels des synapses.

D. Plasticité cérébrale et vision

Le développement d'un cortex visuel fonctionnel repose sur des structures cérébrales innées héritées de l'évolution. Il dépend également de l'expérience visuelle précoce de chaque individu après la naissance qui peut induire des réarrangements neuronaux au sein du cortex visuel. Cette plasticité cérébrale s'observe tout au long de la vie.

L'apprentissage et la mémorisation reposent également sur la plasticité du cerveau ; L'apprentissage implique une sollicitation répétée de circuits de neurones, qui modifie les connexions entre ces neurones.

Conclusion :

La vision repose sur le fonctionnement de l'œil et du traitement cortical. La reconnaissance des formes nécessite une collaboration entre les aires visuelles et la mémoire. Celle-ci repose sur la plasticité cérébrale, de même que l'apprentissage. Ainsi la mise en place du phénotype fonctionnel du système cérébral impliqué dans la vision repose sur des structures cérébrales innées issues de l'évolution et sur la plasticité cérébrale au cours de l'histoire personnelle.