

La vision

Constitution et modélisation de l'œil

L'œil est un organe assez exceptionnel car il s'adapte instantanément à des situations différentes. Il peut regarder un objet situé à 25 cm de lui puis immédiatement un objet situé à l'infini. Il supporte de grandes variations d'intensité lumineuse et peut reconnaître une gamme étendue de couleurs. Il est sensible aux longueurs d'ondes comprises entre 390 nm et 780 nm. On s'intéresse dans ce chapitre à son anatomie et à certaines de ses propriétés.

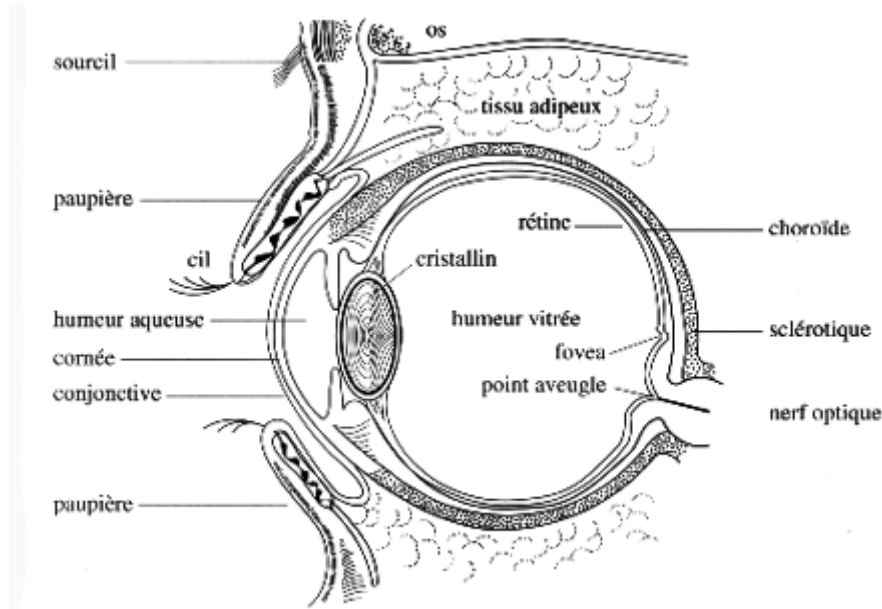
1. Les principaux éléments constitutifs de l'œil

Les principaux éléments constitutifs de l'œil sont décrits dans la vidéo suivante :

<https://www.youtube.com/watch?v=bBrxtXwUdUA>

L'œil a la forme d'un globe à peu près sphérique (24 mm de long sur 22 mm de haut) délimité par une membrane dure, fibreuse et blanche, appelée _____

En avant de l'œil, la sclérotique devient transparente : c'est la _____



Lorsque la lumière entre dans l'œil elle traverse la cornée, puis un liquide appelé l' _____. Immergé dans l'humeur aqueuse, se trouve un muscle circulaire coloré, l' _____, qui est percé d'un trou, la _____. L'iris sert de diaphragme et règle l'ouverture de la pupille afin de contrôler la quantité de lumière qui entre dans

l'œil (le diamètre de la pupille peut varier entre 2 mm en pleine lumière et 8 mm dans l'obscurité). Derrière l'iris se trouve le _____ qui se comporte comme une lentille convergente biconvexe. Il a une structure feuilletée comme celle d'un oignon et comporte 22 000 fines couches. Le cristallin, en se contractant, fait varier la distance de mise au point de la lentille équivalente. Derrière le cristallin se trouve un autre liquide, _____. Le fond de l'œil est constitué de trois membranes : à l'extérieur, la _____, en avant la _____ qui a pour fonction de ne pas laisser passer la lumière vers l'extérieur (elle se comporte comme une couche noire), et enfin la _____. C'est sur cette dernière que se forme l'image produite par le cristallin.

La rétine est formée de cellules photoréceptrices, les _____ et les _____, qui ont des fonctions différentes.

Les informations enregistrées par ces cellules sont transmises au cerveau par l'intermédiaire du _____. Notons qu'une portion de la rétine, celle qui est reliée au **nerf optique**, ne contient aucune cellule sensible à la lumière : il existe donc un point de l'œil que l'on appelle le _____. Il existe également une petite partie de la rétine qui forme une dépression, la tâche jaune ou _____ : Cette région ne contient aucun bâtonnet et contient énormément de cônes, c'est une région importante pour la vision "en couleurs".

Expérience, mise en évidence de la tache aveugle

Fixer la croix avec l'œil droit après avoir masqué l'œil gauche.



1. Qu'observe-t-on ?

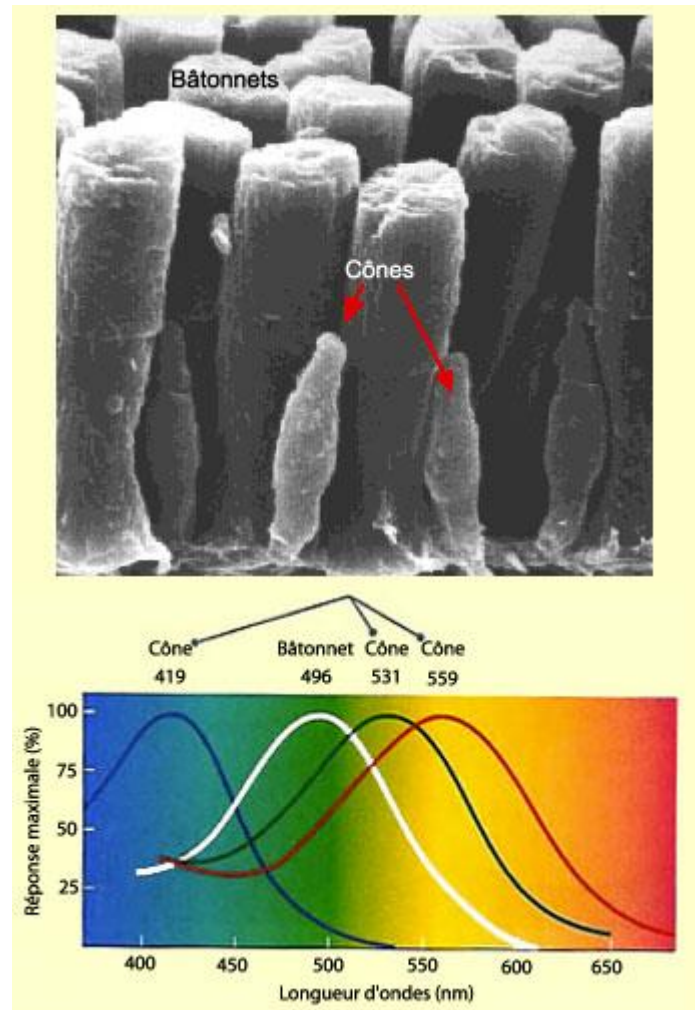
2. Comment interpréter ce phénomène ?

2. Les cellules photosensibles

Les photorécepteurs de la rétine, les cônes et les bâtonnets se distinguent par de nombreuses caractéristiques, tant anatomiques que fonctionnelles. La principale étant le rôle opposé que jouent les deux types de photorécepteurs : les bâtonnets sont très sensibles dans les basses intensités lumineuses mais ne distinguent pas les couleurs (vision scotopique); les cônes nécessitent de fortes lumières mais permettent une vision précise et en couleur du monde qui nous entoure (vision photopique).

Mais dans les deux cas, c'est l'absorption de l'énergie lumineuse par les photo-pigments qui initie la réponse nerveuse.

Dans le cas des bâtonnets, ce pigment photosensible s'appelle la rhodopsine et a son pic de sensibilité autour de 500 nanomètres (nm) dans le spectre électromagnétique de la lumière visible.



Les cônes contiennent pour leur part trois variétés d'opsine, une protéine très proche de la rhodopsine. Ces trois variétés d'opsine déterminent trois types de cônes à la sensibilité spectrale différente comme le montre le schéma ci-dessus. On distingue les cônes bleu, vert et rouge présents dans chaque type de cône, mais en proportion très majoritaire pour la couleur dominante.

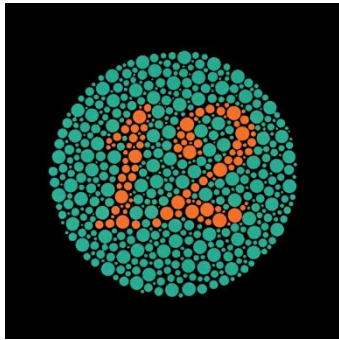
Un objet dont la couleur se situe quelque part dans le spectre visible va donc exciter à divers degrés les 3 types de cônes. Un objet vert par exemple va surtout stimuler les cônes verts, mais aussi les rouges à un moindre degré et très légèrement les bleus. Notre perception des couleurs dépend donc de cette superposition des différents spectres d'absorption des trois types de cônes.

Remarque

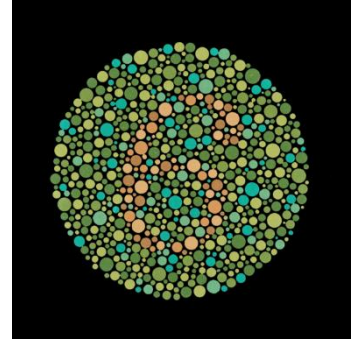
Le daltonisme est une déficience de la vision qui se caractérise par une incapacité à différencier certaines teintes ou couleurs. Le nom de cette déficience vient de celui du physicien John Dalton (1766-1844) qui en était lui-même atteint.

Le daltonisme classique est le résultat, au niveau de la rétine, d'un manque d'un type de cônes (confusion du rouge et du vert). On classe en général les formes de daltonisme selon le type du cône atteint.

On peut dépister le daltonisme chez les jeunes enfants grâce au test d'Ishihara :



On distingue un



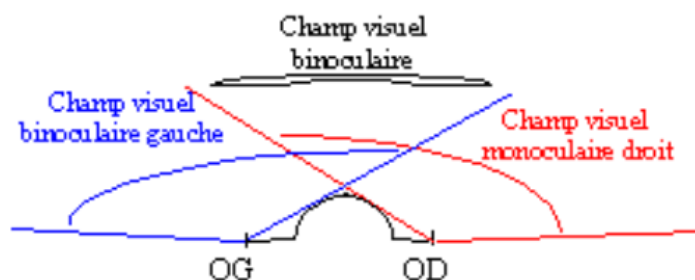
On distingue un

3. La vision stéréoscopique

Sur la rétine de chacun de nos deux yeux se forme une image du monde environnant.

Ces deux images rétiniennes sont planes car se forment sur la surface de la rétine et sont différentes car les yeux sont séparés en moyenne par environ 65 mm. Une expérience simple nous le prouve très vite. Si l'on place son pouce à une quarantaine de centimètres devant ses yeux et que l'on regarde avec l'œil droit puis avec l'œil gauche, on constate que le pouce n'occulte pas la même portion de l'espace.

Enfin, ces deux images rétiniennes, pour une large partie, correspondent à une partie commune de l'espace placé devant la personne :



Un objet placé dans le champ binoculaire est vu simple bien qu'il donne deux images rétinienne.

Si l'objet observé est plan, les deux images rétinienne seront quasiment identiques et l'unification spatiale se réduira à leur superposition. Si l'objet est volumineux, les deux images rétinienne ne seront plus identiques et l'unification spatiale se fera avec vision du relief, il ne s'agit plus d'une simple superposition des images. Cette unification se fait dans le cerveau au niveau du cortex visuel et mécanisme intime en est encore inconnu car très complexe.

Expérience, la superposition des images

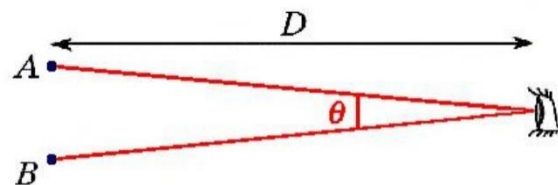
Pour mettre en évidence ce phénomène, on peut réaliser l'expérience suivante :

1. Construire un cylindre en roulant une feuille de papier à écrire. Regarder un paysage quelconque à travers cette lunette avec l'œil droit en fermant l'œil gauche. L'œil droit fait la mise au point sur l'objet à l'infini.
2. Placer la main gauche devant l'œil gauche et fermer l'œil droit. Regarder la main, elle est nette.
3. Placer la main gauche à côté du tube de papier. Regarder alternativement à travers le tube avec l'œil droit et la main avec l'œil gauche puis ouvrir les deux yeux et faire l'effort de regarder simultanément avec les deux yeux.

Qu'observe-t-on ?

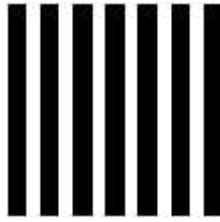
4. Pouvoir séparateur de l'œil

Le pouvoir séparateur de l'œil, c'est l'angle limite θ sous lequel deux points lumineux peuvent être vus séparés.



Détermination expérimentale du pouvoir séparateur de l'œil

Pour déterminer le pouvoir séparateur de l'œil, on peut utiliser une mire de Foucault :



1. Mesurer le pas de la mire, c'est-à-dire la distance h qui sépare 2 traits noirs par exemple.
2. Poser la mire verticalement et se reculer jusqu'à ne plus distinguer les traits noirs et blancs mais seulement une teinte grise uniforme. A l'aide d'un décamètre, mesurer la distance entre l'œil et la mire, on note D cette distance.
3. Faire un schéma, puis en déduire à l'aide d'une relation de trigonométrie, le pouvoir séparateur de l'œil θ .

Remarque

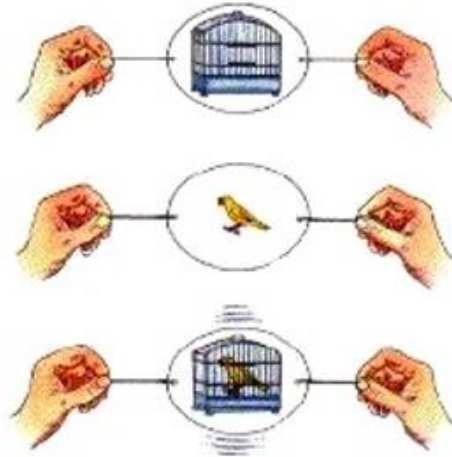
La valeur de l'angle limite de résolution retenue pour l'œil humain est notée « epsilon » ϵ et a pour valeur $\epsilon = 3,0 \cdot 10^{-4}$ rad.

5. La persistance rétinienne

La persistance rétinienne est la capacité de l'œil (et du cerveau) à superposer une image déjà vue aux images que l'on est en train de voir. Elle résulte du temps de traitement biochimique des signaux optiques par la rétine et le cerveau. Elle est plus forte et plus longue si l'image observée est lumineuse.

Il existe deux types de persistance rétinienne :

La persistance positive, rapide (durée d'environ 50 à 100 ms $\approx$ 0,1s) de la couleur de l'image qui persiste.



Cette propriété de l'œil est aussi utilisée par le cinéma et la télévision pour donner l'impression d'un mouvement continu à partir d'une séquence d'images. Pour la télévision, en France, on utilise un système de 25 images par seconde.

Les folioscopes ou cahiers cinétiques ou flip book se servent aussi du principe de persistance rétinienne.

La persistance négative plus longue due à une exposition prolongée à une forte intensité lumineuse. Une trace sombre de l'image persiste durant plusieurs secondes.

