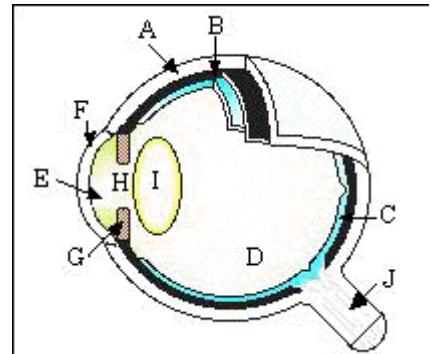


1) L'organisation du globe oculaire

Chaque globe oculaire, mobile grâce à des muscles fixés dans une cavité osseuse du crâne (l'orbite), est limité par trois membranes emboîtées qui, de l'extérieur vers l'intérieur, sont : la sclérotique puis la choroïde et enfin la rétine.

La **sclérotique** est une enveloppe blanche et résistante. Vers l'avant, cette enveloppe devient parfaitement transparente et son rayon de courbure est plus petit (elle est plus "bombée") : c'est la **cornée**.

La **choroïde**, de couleur noire, tapisse intérieurement la sclérotique, sauf au niveau de la cornée. Vers l'avant, elle donne naissance à l'**iris**, coloré, qui délimite une ouverture, la **pupille**, dont le diamètre peut varier.



La **rétine** est la membrane la plus interne de l'œil : il s'agit d'un tissu nerveux très mince collé contre la choroïde et dont le prolongement forme le nerf optique. Notons que la rétine est très riche en vaisseaux sanguins qu'il est possible d'observer en éclairant convenablement le fond de l'œil.

L'intérieur du globe oculaire est rempli par un ensemble de milieux transparents. En arrière de la pupille se trouve le **cristallin** : de forme biconvexe, il peut se déformer légèrement et modifier ainsi sa convexité grâce à l'action de petits muscles. Outre le cristallin, l'œil contient des substances gélatineuses auxquelles on donne le nom d'**humeurs**. (humeur aqueuse en avant du cristallin, humeur vitrée entre le cristallin et la rétine)

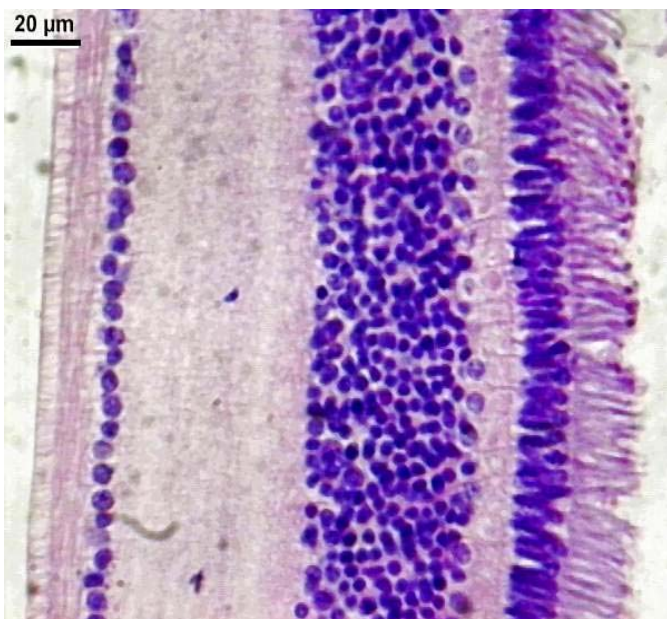
Q1 : Utiliser les informations du texte pour légender le schéma.

2) La formation des images

L'ensemble des milieux transparents de l'œil, à la manière d'une lentille convergente, permet la formation d'une image au fond de l'œil : normalement, l'image d'un objet éloigné se forme dans le plan de la rétine (et elle est donc nette). La cornée est responsable de la quasi totalité de la convergence nécessaire, l'intérêt du cristallin réside surtout dans la modification possible de sa vergence : il permet ainsi une "mise au point" (ou accommodation) pour la vision des objets rapprochés.

Q2 : Par comparaison à un appareil photo numérique, à quoi peut-on assimiler :
 - l'ensemble cornée - cristallin
 - la pupille et l'iris
 - la rétine

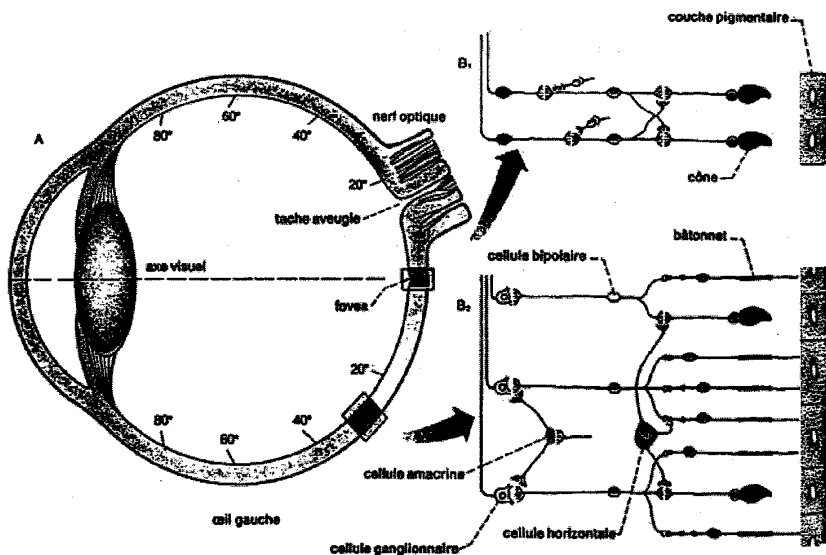
3) La réception des images



Q3 : Observer au microscope une coupe de rétine et en faire un schéma interprétatif en utilisant l'Activité 4 du livre, page 9.

Q4 : Indiquer si, sur la microphotographie ci-contre, la choroïde se trouve à droite ou à gauche de l'image. Quelle peut-être l'utilité de cette enveloppe ?

La rétine comporte deux types de cellules sensibles à la lumière, ou **récepteurs**, les **cônes** et les **bâtonnets**, qui sont juxtaposées à la manière d'une mosaïque (130 millions de bâtonnets et 6,5 millions de cônes). Ce sont des neurones très courts qui possèdent un segment externe, de forme cylindrique pour les bâtonnets, conique pour les cônes, Ce segment externe renferme de très nombreuses molécules de pigments photosensibles. L'absorption de lumière par ces pigments déclenche une cascade d'événements cellulaires qui, en modifiant les propriétés électriques du cône ou du bâtonnet, aboutissent à la naissance d'un message nerveux.



La rétine a une structure hétérogène. On y distingue notamment :

- La **"tache aveugle"** correspondant à la zone de convergence de toutes les fibres du nerf optique. Elle est dépourvue de récepteurs, donc "aveugle".

- La **fovéa** (= tache jaune, macula) où l'acuité visuelle et la vision des couleurs sont maximales en raison des récepteurs qui s'y trouvent, uniquement des cônes, et du fait que chacun d'eux est en liaison avec une fibre nerveuse qui lui est spécifique. (voir ci-contre, en B₁)

- La **zone périphérique**. En effet, plus on s'éloigne de la fovéa, moins il y a de cônes qui sont peu à peu remplacés par

des bâtonnets. De ce fait, entre autre, la vision périphérique est moins précise que la vision centrale. (ou vision maculaire)

Q5 : Imaginer une expérience simple qui permet de mettre en évidence la tache aveugle.

Q6 : Sur le document ci-dessus, trouver une seconde explication au manque de "précision" de la vision périphérique.

4) Les propriétés spécifiques des cônes et des bâtonnets

- Une "sensibilité" différente

Le système des bâtonnets a un faible pouvoir séparateur (mauvaise résolution spatiale) mais il est très sensible à la lumière. Au contraire, le système des cônes a une résolution spatiale très élevée mais il est moins sensible à la lumière (alors qu'un bâtonnet peut être sensible à un seul photon, il en faut plus de 100 pour activer un cône).

Q7 : Expliquer en quoi cette information corrobore ce qui a été dit ci-dessus à propos de la vision périphérique.

- Des pigments photorécepteurs différents

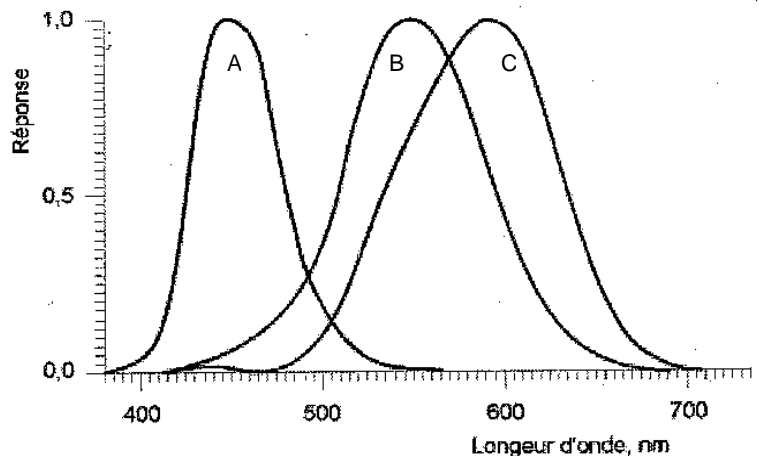
* Les bâtonnets contiennent tous le même pigment dont le maximum d'absorption se situe entre le vert et le bleu.

Q8 : Quelle relation peut-on faire entre cette information et la signalisation des "sorties de secours" des cinémas.

* En revanche, il existe trois types de cônes qui se distinguent par le pigment qu'ils renferment. Chacun présente, en effet, un maximum d'absorption pour une longueur d'onde déterminée.

Q9 : A partir du document 7 du livre, page 58 (partie Physique), déterminer quelles sont les couleurs auxquelles sont sensibles les trois différentes populations de cônes A, B et C correspondant au document ci-contre.

Q10 : Replacer approximativement sur le graphique la courbe qui serait obtenue pour les bâtonnets. (voir Q8)



5) Quelques autres caractéristiques de la vision

Les propriétés spécifiques des cônes et des bâtonnets, ainsi que leur inégale répartition sur la rétine, expliquent certaines caractéristiques de la vision :

- Vision fine

L'image formée sur la rétine n'est nette (en définition et en nuances de couleurs) qu'au niveau de la fovéa, de par sa richesse en récepteurs (vision centrale). Pour bien voir, chacun bouge "sans arrêt" les yeux de façon à diriger les fovéas des deux yeux vers les objets regardés. (c'est très net dans le cas de la lecture)

- Vision des couleurs

Un seul type de photorécepteur (cône ou bâtonnet) ne peut à lui seul renseigner sur la couleur. La vision des couleurs résulte de l'existence de trois types de cônes ayant chacun un spectre d'absorption différent. Ainsi pour des stimulus lumineux de différentes longueurs d'onde, l'activité relative des trois ensembles de cônes ne sera pas la même. C'est elle qui rend l'œil humain sensible à des milliers de nuances : notre sensibilité visuelle est dite trichromatique.

!!! Il existe de nombreuses anomalies de la vision des couleurs. Le daltonisme est la principale de ces anomalies :

D'origine génétique, elle touche plus les hommes que les femmes (2 % de la population masculine contre 0,03 % de la population féminine). Chez ces personnes, l'un des pigments photorécepteurs (rouge ou vert le plus souvent) est absent : ainsi les sensations colorées, reproduites à partir des informations de deux populations de cônes seulement, sont donc différentes (moins discriminantes) que celles des sujets ayant une vision trichromatique. (c.à.d. en trois couleur. Voir document B page 27)

- Vision diurne et nocturne

Dans des conditions de (très) faible éclairage, comme au clair de lune, seuls les bâtonnets sont activés (ils sont 100 fois plus sensibles à la lumière que les cônes). L'acuité est alors faible et l'on ne distingue pas les couleurs : tout paraît assez flou et grisâtre. Cette perception, due aux seuls bâtonnets, est appelée vision scotopique. Pour des éclairages plus importants (éclairage intérieur, lumière du jour), les bâtonnets sont saturés et ne contribuent donc plus directement à la vision. Seul le système des cônes est alors actif, l'acuité visuelle est optimale, la vision des couleurs est bonne : c'est la vision photopique.

!!! Le passage d'une condition d'éclairage à une autre nécessite un temps d'adaptation. C'est par exemple le cas lorsqu'on éteint brusquement la lumière, que l'on passe du soleil à l'intérieur de la maison et inversement, que l'on croise une voiture qui roule en pleins-phares, etc.)

- Vision fine

L'image formée sur la rétine n'est nette (en définition et en nuances de couleurs) qu'au niveau de la fovéa, de par sa richesse en récepteurs (vision centrale). Pour bien voir, chacun bouge "sans arrêt" les yeux de façon à diriger les fovéas des deux yeux vers les objets regardés. (c'est très net dans le cas de la lecture)

- Vision des couleurs

Un seul type de photorécepteur (cône ou bâtonnet) ne peut à lui seul renseigner sur la couleur. La vision des couleurs résulte de l'existence de trois types de cônes ayant chacun un spectre d'absorption différent. Ainsi pour des stimulus lumineux de différentes longueurs d'onde, l'activité relative des trois ensembles de cônes ne sera pas la même. C'est elle qui rend l'œil humain sensible à des milliers de nuances : notre sensibilité visuelle est dite trichromatique.

!!! Il existe de nombreuses anomalies de la vision des couleurs. Le daltonisme est la principale de ces anomalies : D'origine génétique, elle touche plus les hommes que les femmes (2 % de la population masculine contre 0,03 % de la population féminine). Chez ces personnes, l'un des pigments photorécepteurs (rouge ou vert le plus souvent) est absent : ainsi les sensations colorées, reproduites à partir des informations de deux populations de cônes seulement, sont donc différentes (moins discriminantes) que celles des sujets ayant une vision trichromatique. (c.à.d. en trois couleur. Voir document B page 27)

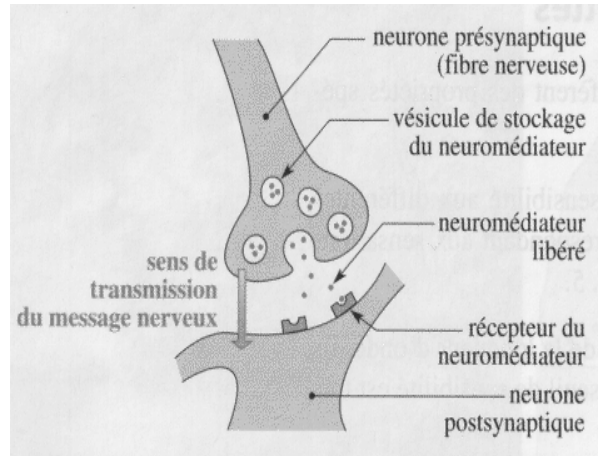
- Vision diurne et nocturne

Dans des conditions de (très) faible éclairage, comme au clair de lune, seuls les bâtonnets sont activés (ils sont 100 fois plus sensibles à la lumière que les cônes). L'acuité est alors faible et l'on ne distingue pas les couleurs : tout paraît assez flou et grisâtre. Cette perception, due aux seuls bâtonnets, est appelée vision scotopique. Pour des éclairages plus importants (éclairage intérieur, lumière du jour), les bâtonnets sont saturés et ne contribuent donc plus directement à la vision. Seul le système des cônes est alors actif, l'acuité visuelle est optimale, la vision des couleurs est bonne : c'est la vision photopique.

!!! Le passage d'une condition d'éclairage à une autre nécessite un temps d'adaptation. C'est par exemple le cas lorsqu'on éteint brusquement la lumière, que l'on passe du soleil à l'intérieur de la maison et inversement, que l'on croise une voiture qui roule en pleins-phares, etc.)

- Entre la rétine et le cortex visuel, il existe une importante zone de relais : elle est située entre le chiasma optique et le cortex visuel. Dans ce relais cérébral, toutes les fibres des nerfs optiques sont en connexion synaptique avec d'autres neurones qui conduiront les messages jusqu'au cortex occipital.

Sans détailler le mécanisme de la transmission synaptique, il faut se rappeler (programme de 3^{ème}) qu'au niveau d'une synapse, la transmission du message nerveux s'effectue grâce à un messager chimique, un neurotransmetteur. L'arrivée d'un message nerveux provoque la libération de cette substance chimique par le neurone présynaptique et celle-ci se fixe sur des récepteurs possédés par le neurone post-synaptique. Cette fixation engendre un nouveau message nerveux transmis, ici, jusqu'au cortex visuel.



!!! Les substances hallucinogènes sont des molécules qui se fixent sur ces mêmes récepteurs, provoquant ainsi des "visions" artificielles en générant des messages nerveux gagnant le cortex visuel. (LSD, etc.)

3) La perception visuelle

- Le cortex visuel primaire correspond à la zone d'entrée des messages nerveux provenant des yeux. Il redistribue et échange ces informations avec d'autres zones du cortex occipital qui constituent le cortex visuel secondaire. Chacune de ces zones est spécialisée dans le traitement :

- de la forme des objets
- des couleurs
- de la position dans l'espace
- du mouvement, etc.

La perception visuelle globale des objets est donc le résultat de l'intégration des différents messages nerveux le long d'un réseau de différents neurones spécialisés (forme, couleur, reconnaissance d'objets...) qui coopèrent entre-eux.

- Ce traitement de l'information arrivant au cortex visuel primaire est très complexe car il fait intervenir au moins une trentaine d'aires secondaires. On "retiendra" simplement que ces aires sont organisées en deux grands ensembles :

- l'un permet la localisation des objets (et, s'il y a lieu, le déplacement). C'est la voie du "où";
- l'autre contribue à l'identification des objets (la reconnaissance). C'est la voie du "quoi".

4) Le développement des facultés visuelles

- De nombreux gènes participent à la mise en place de la vision. L'exemple du daltonisme montre bien leur importance dans la vision puisque l'absence d'un gène à l'origine de la fabrication d'un pigment (sensible au rouge ou au vert) modifie fortement la perception visuelle. (ici, celle des couleurs)

Puisque les mêmes gènes sont communs à tous les individus d'une même espèce, nous avons potentiellement tous des facultés visuelles identiques. (mais différentes de celles d'autres espèces, par exemple : chiens et chats)

- Le développement des facultés visuelles passe également par l'apprentissage de chacun. Un enfant à la naissance perçoit la lumière et les mouvements mais n'a qu'un dixième d'acuité visuelle. Pour que celle-ci progresse, il doit recevoir des stimulations visuelles de son environnement. (jeux d'éveil colorés, etc.)

- Enfin, si la perception visuelle de chacun dépend des caractéristiques de l'espèce, elle est conditionnée par le vécu, les expériences (et même l'affectif) de chaque individu. Cela est très net avec les images de Rorschach qui sont utilisées en psychologie. ("Que voyez-vous sur cette image ?...")



Ci-contre : pélican ou lapin ?