

Rapport TPE 2003
L'oeil et son fonctionnement

Emmanuel Branlard

Loïc Molines

Romain Marcombes

Mathieu Fournier

Romain Marcombe
Loïc Molines

Mathieu Fournier
Branlard Emmanuel

TPE : Thème : Image



Sujet : L'œil
et son
fonctionnement



Année : 2003

Classe : 1^{ère} S2

L'œil et son fonctionnement

La vue est essentielle à la vie. Elle nous permet de percevoir et d'analyser le monde extérieur. 80 % de ce que nous mémorisons dépendent de notre vision. Grâce à l'œil, les sensations lumineuses sont transmises au cerveau qui les interprète en images et en couleurs. Mais de quoi est composé cet organe si complexe ?

Sommaire :

- Généralité sur l'œil page 3

- I- La composition du globe oculaire** page 3

- II- Caractéristiques de l'œil** page 4
 - 1) Le champ visuel
 - 2) Les longueurs d'ondes

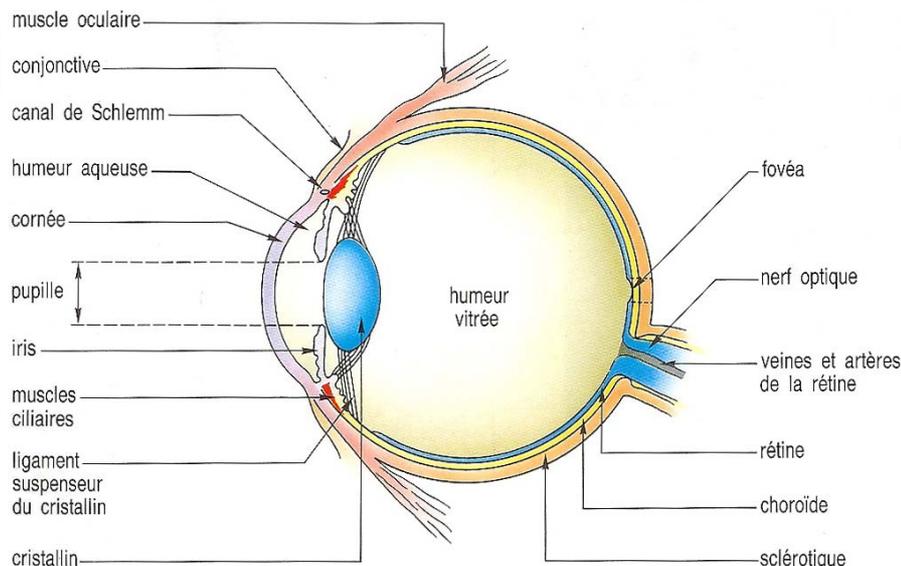
- III- Fonctionnement de l'œil** page 5
 - 1) L'accommodation
 - 2) Fonctionnement de la rétine
 - 3) De la rétine au cerveau
 - 4) La persistance rétinienne

- Conclusion page 8
- Bibliographie
- Matériel nécessaire à l'exposé oral

- Généralités sur l'œil

L'œil est logé dans une cavité osseuse, l'orbite, dont le fond est tapissé d'une couche moelleuse et tiède de tissus richement vascularisés. Vers l'avant, il est abrité par deux paupières garnies de cils (pourvus de terminaisons nerveuses; tout objet en contact avec les cils déclenche le réflexe du clignement) et recouvert par une membrane fine et transparente : la conjonctive. Les larmes produites par la glande lacrymale (située au-dessus de l'œil) le maintiennent constamment humide et entraînent les poussières vers les fosses nasales. Six muscles : quatre droits et deux obliques donnent à l'œil une grande mobilité. Chez l'adulte, l'œil a un diamètre de 2.5cm. Seul 1/6 de la surface de l'œil est visible.

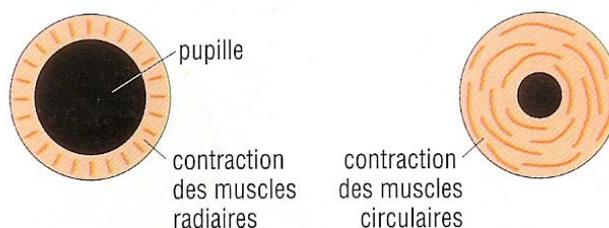
I- La composition du globe oculaire



La **couche externe de l'œil** est composée de la **sclérotique**, épaisse et rigide, à rôle mécanique. C'est elle qui constitue le "blanc de l'œil". Vers l'avant, elle fait place à la **cornée** : membranes transparentes constituées de 5 couches qui laisse pénétrer la lumière dans l'œil. Son indice de réfraction est $n=1.377$. C'est la structure qui a la plus grande sensibilité tactile du corps humain. Sa capacité de régénération est remarquable, elle peut être remplacée chirurgicalement. La cornée est le seul tissu que l'on peut transplanter sans risque de rejet.

Après avoir traversé cette membrane, la lumière parvient dans un liquide semblable au plasma sanguin appelé **humeur aqueuse**. C'est elle qui **maintient la pression et la forme du globe oculaire**. Elle est continuellement filtrée et renouvelée.

Suivant la luminosité, **l'iris**, un muscle circulaire, tel un **diaphragme** se contracte ou se dilate. Ceci **permet de diminuer ou d'augmenter la quantité de lumière** pénétrant dans l'œil (par la pupille: l'orifice d'entrée de la lumière). L'iris **détermine la couleur de l'œil**. Si elle contient beaucoup de pigments bruns, l'œil paraît brun ou noir. Au contraire, avec une faible quantité de pigments l'œil sera bleu ou vert.



L'iris, tel un diaphragme régule la quantité de lumière dans l'œil

Appliqué contre l'iris, le **crystallin**, **lentille biconvexe**, déformable et élastique, **dévie les rayons lumineux**, tout en étant opaque aux ultraviolets. Il est maintenu par le ligament suspenseur du cristallin. Il est constitué de fibres superposées comme les couches d'un oignon. Les fibres s'ajoutent au cours de la vie, ce qui le rend plus dense, plus convexe et réduit sa capacité à se déformer. Le cristallin est capable de se modifier au fur et à mesure qu'un objet se rapproche : c'est l'**accommodation**.

Avant de parvenir sur la rétine, la lumière traverse le **corps vitré** ou **humeur vitrée**, **liquide gélatineux, transparent** et représentant 90% du volume de l'œil. A l'inverse de l'humeur aqueuse elle est riche en protéines mais elle n'est pratiquement pas renouvelée.

La dernière étape de la progression de la lumière dans l'œil est la **rétine**. Malgré son 1/2mm d'épaisseur, elle a pour rôle de **capter la lumière et de la convertir en messages nerveux**. Ce mécanisme fonctionne grâce à : d'une part un tapis de capteurs sensibles à la lumière (**les photorécepteurs**) d'autre part, un câblage de **cellules reliées au nerf optique**. Cela représente au total plus de 130 millions de cellules nerveuses, constituant la rétine. Elle peut distinguer une lumière très faible (telle la flamme d'une bougie à une distance de 10 Km dans l'obscurité), et distinguer plus de 100 nuances différentes et 750 niveaux de luminosité.

Cette partie de l'œil ne peut être qualifiée d'organe ; aussi la présente-t-on comme un « morceau de cerveau ». Lorsque les rayons lumineux d'un objet frappent la rétine, l'image est inversée, suite à la convergence de ceux-ci par le cristallin.

II- Caractéristiques de l'œil

1) Le champ visuel

La vision de l'homme est **binoculaire**, aussi y a-t-il superposition des images perçues par chaque œil sous un angle différent. Cette caractéristique **permet la sensation de relief dans la vision**.

Le champ visuel total, c'est à dire l'étendue de l'espace perceptible par les deux yeux est d'environ **180 degrés dans le plan horizontal**, et de **120 degrés dans le plan vertical**. Chez l'enfant, le champ visuel est fortement réduit.

Il existe un point sur la rétine totalement dépourvu de photorécepteurs car c'est à cet endroit que les cellules de la rétine se rassemblent pour former le nerf optique. Cependant, par habitude, nous ne percevons pas le « trou-noir » qui en ce point devrait interrompre notre champ visuel.

Il existe une autre région particulière de la rétine située dans l'axe optique : **la fovéa**. C'est la zone « magique », la seule qui nous offre une vision fine des détails et un rendu des couleurs. Pourquoi ? D'abord parce que la lumière arrive droit sur les photorécepteurs sans ralentissements ni perte, car les autres couches de cellules sont comme écartées devant elle. Ensuite parce que la fovéa ne comporte **que des photorécepteurs à cône** (150000 à 180000 cônes.mm⁻²).

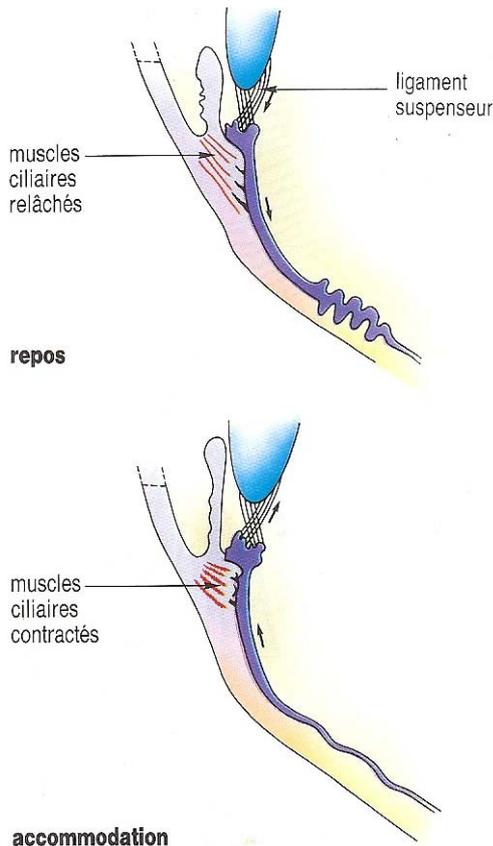
2) Les longueurs d'onde

L'œil humain n'est capable de percevoir que des ondes électromagnétiques de longueur d'onde comprises entre **400 et 700nm**

III- Fonctionnement de l'œil

1) L'accommodation

L'œil fonctionne comme une lentille convergente qui focalise les rayons lumineux sur la surface rétinienne.



Afin de voir net, aussi bien des objets proches que des objets situés à l'infini, il convient donc de pouvoir faire varier soit la convergence de la lentille, soit la distance entre cette dernière et la rétine. La modification de la convergence est assurée par une variation de la **convergence du cristallin**. Ce dernier est attaché à l'enveloppe externe de l'œil, la sclérotique, par l'intermédiaire des ligaments suspenseurs qui sont en tension permanente et des muscles ciliaires.

Pour une vision d'un objet situé entre **60m et le punctum remotum** (point le plus éloigné de l'œil, pour un œil normal il est situé à l'infini) les rayons arrivent de manière parallèle et donc nécessitent **peu de convergence pour avoir une image nette** sur la rétine. L'œil est **au repos** : les muscles ciliaires sont relâchés ce qui provoque un étirement du cristallin qui lui confère une forme aplatie peu convergente. (voir figure 1)

Phase de repos et d'accommodation du cristallin

Pour un point situé **entre le punctum protimum** (point où la convergence du cristallin atteint sa limite) et **environ 60m**, une **vision nette nécessite une convergence des rayons lumineux par le cristallin**. L'œil est **en accommodation** : les muscles ciliaires sont contractés ce qui provoque une diminution de la tension exercée par les ligaments suspenseurs sur le cristallin, celui-ci prend donc une forme plus bombée et donc plus convergente. (voir figure 2)

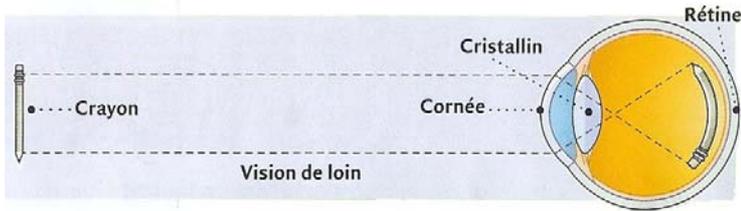


Figure 1

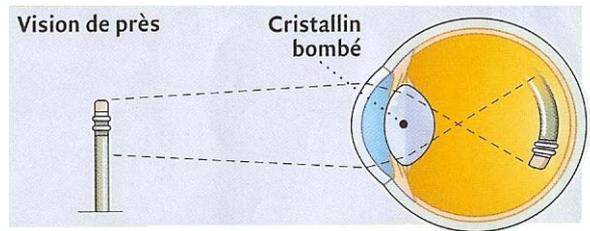
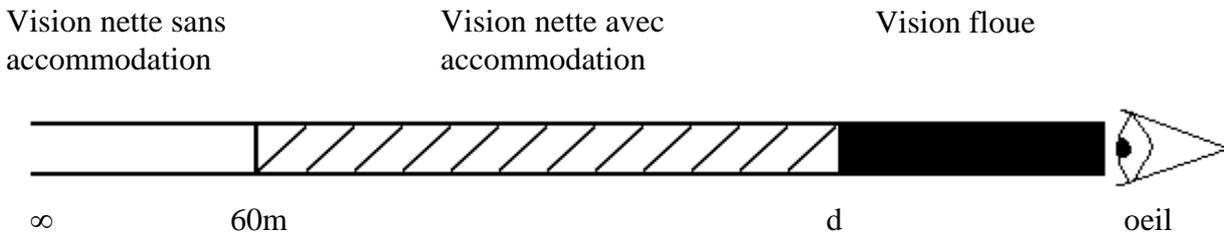


Figure 2

Entre l'œil et le **ponctum proximum**, l'image est nécessairement imprécise. Avec l'âge, la rigidité du cristallin augmente, il devient alors convergent et la distance minimale de vision distincte augmente

Âges	10	15	20	30	40	50	60
Valeur de d (en cm)	7	8	10	15	25	40	100

Distance minimale de vision distincte (d) suivant l'âge



2) Fonctionnement de la rétine

Les rayons lumineux traversent les fibres du nerf optique situées sur la partie externe du nerf optique, puis différentes couches de cellules (ganglionnaires, bipolaires...), puis se réfléchissent sur la choroïde. Les rayons **repartent ensuite sur les photorécepteurs**. La rétine comprend deux types de photorécepteurs qui sont tous deux des neurones modifiés. Les **bâtonnets**, très sensible à la lumière assure la vision nocturne en noir et blanc ; les **cônes** moins sensibles à la lumière permettent la vision des couleurs pendant le jour.

Cônes et bâtonnets quelles différences ?

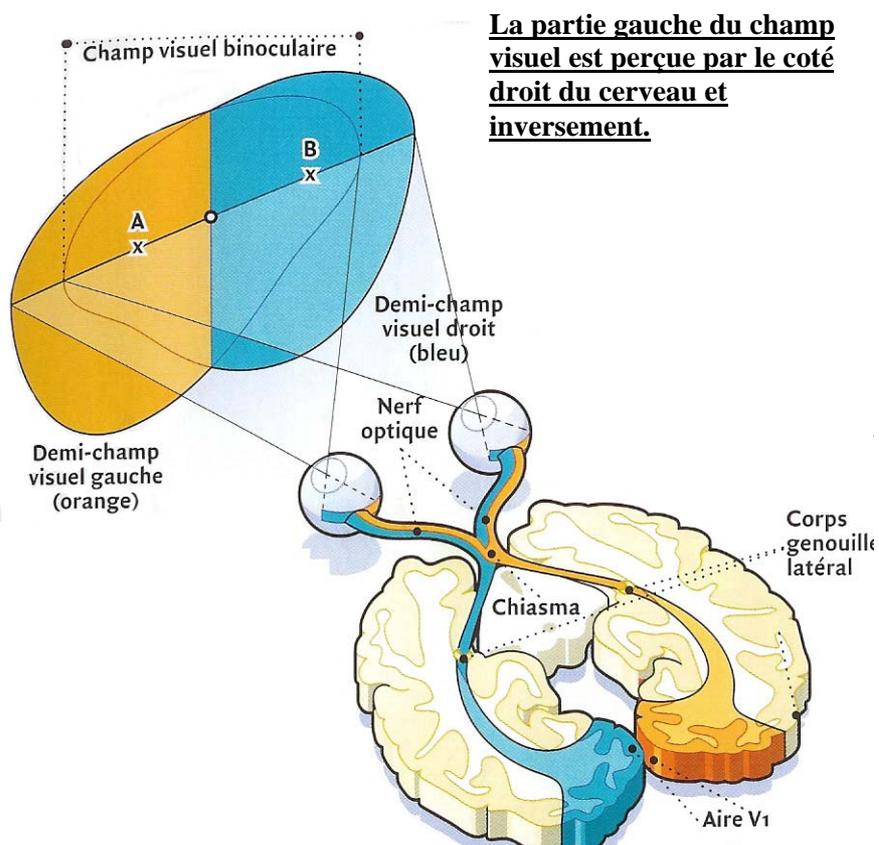
	Cônes	Bâtonnets
Nombre	5 à 7 millions	130 millions
Situation	On ne trouve qu'eux dans la fovéa. Dès Qu'on s'en éloigne, leur nombre s'effondre.	Totalement absents de la fovéa, ils sont majoritaires à la périphérie (pic 160000/mm ²)
Sensibilité à la lumière	Faible	Très grande, d'où leur capacité à percevoir de très faibles lueurs la nuit
Perception	Très grande. Pour deux raisons : dans	Très faible. Ce qu'ils gagnent en

des images	la fovéa, la densité des cônes est très élevée(pic : 281000/mm ²). Surtout, chaque cône de la fovéa transmet son information à plusieurs fibres du nerf optique alors que plusieurs dizaines de bâtonnets, eux, ne sont reliés qu'à une seule fibre.	sensibilité, grâce à la somme de leurs informations, ils le perdent en finesse.
Vision	De jour.	De nuit.
Sensibilité à la lumière	Très bonne.	Très faible.

La transduction se poursuit dans le segment externe du photorécepteur. Les photons provoquent **une transformation du pigment photosensible : la rhodopsine**. Une cascade d'activités enzymatiques provoque une différence de potentiel au sein de la cellule. Cette différence de potentiel est proportionnelle à l'intensité lumineuse, et est à l'origine du **message nerveux, responsable de la transmission de l'image au cerveau**.

3) De la rétine au cerveau

Les nerfs optiques qui quittent les yeux **se croisent à la hauteur du chiasma optique**, situé près du centre du cortex cérébral. Les messages nerveux correspondant à la partie gauche du champ visuel sont transmis dans l'hémisphère droit. De même les messages nerveux correspondants à la partie droite du champ visuel sont transmis dans l'hémisphère gauche.



4) La persistance rétinienne

La perception des mouvements est due à la persistance des images sur la rétine. Quand l'image d'une nouvelle position d'un objet se forme, celle de la position précédente est encore présente, phénomène que le cerveau interprète comme un déplacement. La sensation du mouvement des yeux parfois nécessaire pour suivre l'objet intervient également. **Le temps de persistance rétinienne est de 1/50^e de seconde.**

Au cinéma, des images fixes sont projetées à raison de 21 images par seconde, séparées par des intervalles obscurs de durée égale. Grâce au temps de persistance, nous ne nous apercevons pas que, pendant la moitié du temps de la projection, l'obscurité la plus complète règne dans la salle. Nous avons l'impression que l'image est continue et animée.

- La vue est l'un des sens le plus développé et important pour l'homme. Les yeux, organes de la vue, perçoivent continuellement des rayons lumineux transmis par des objets. Ces photons parviennent à la rétine, et sont transmis au cerveau par le nerf optique, sous forme de messages nerveux. Le cerveau modélise alors une image correspondante. Toutes ces images nous permettent de découvrir notre environnement

- Bibliographie :

- Livres :

- Sciences et Vie Junior – Hors Série n°51

- Encyclopédie Encarta

- Campbell – Biologie

- C. Robert, Pierre Vincent : Biologie et Physiologie humaine

- Marieb – Le Corps Humain

- Nathan – E. Perilleux, B. Anselme, D. Richard : Biologie Humaine

- Bibliothèque pour la science – Diffusion Belin 1990 : Les mécanismes de la vision

- ✓ Adresses Internet :

- <http://www.alainafflelou.com>

- <http://www.essilor.fr/>

- Matériel nécessaire à l'exposé oral. :

- ✓ Téléviseur

- ✓ Caméra

- ✓ Rétroprojecteur (avec transparents)

- ✓ Tableau pour retro-projection et éventuelles annotations

- ✓ Maquette de l'œil (démontable en plusieurs couches)

- ✓ Matériel de l'expérience pour l'accommodation