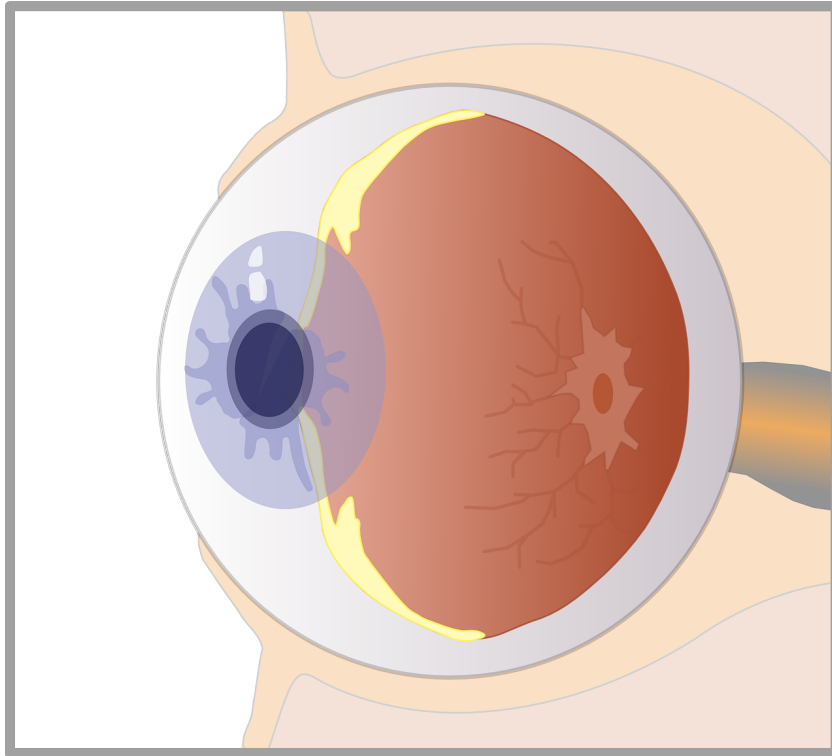


COURS S7

BRÈVES NOTIONS SUR L'ŒIL



David Malka

MPSI – 2019-2020 – Lycée Jeanne d'Albret



Table des matières

| | |
|--|----------|
| 1 Anatomie de l'oeil | 1 |
| 2 Modélisation de l'oeil | 1 |
| 2.1 Modélisation de l'oeil | 1 |
| 2.2 Image d'un objet sur la rétine – Diamètre apparent | 1 |
| 3 Plage d'accommodation de l'oeil | 2 |
| 3.1 oeil au repos : punctum remotum | 2 |
| 3.2 Accommodation : punctum proximum | 3 |
| 3.3 Plage d'accommodation de l'oeil standard | 3 |
| 4 Profondeur de champ de l'oeil | 3 |
| 5 Pouvoir de résolution de l'oeil ← | 4 |
| 6 Quelques maladies de l'oeil | 5 |
| 6.1 Myopie | 5 |
| 6.2 Hypermétropie | 6 |
| 6.3 Astigmatie | 6 |
| 6.4 Presbytie | 6 |

Table des figures

| | |
|--|---|
| 1 Anatomie de l'oeil | 1 |
| 2 Modélisation de l'oeil | 1 |
| 3 Modélisation de l'oeil | 2 |
| 4 Résolution angulaire de l'oeil : lignes de largeur 1 mm espacées de 1 mm | 4 |
| 5 Myopie : le cristallin converge trop. | 5 |
| 6 Hypermétropie : le cristallin converge trop. | 6 |

Capacités exigibles

1. Modéliser l'oeil comme l'association d'une lentille de vergence variable et d'un capteur fixe.
2. Connaître les ordres de grandeur de la limite de résolution angulaire et de la plage d'accommodation.

1 Anatomie de l’œil

La figure 1 montre la structure anatomique d’un œil.

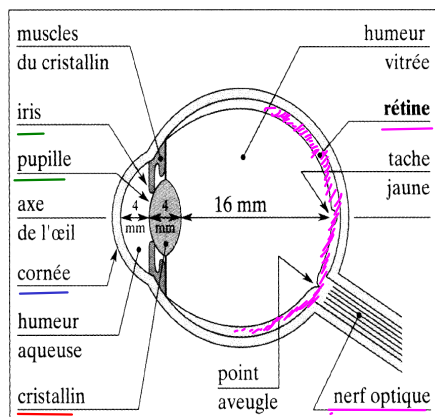


FIGURE 1 – Anatomie de l’œil

D’un point de vue optique, l’œil est constitué de des éléments fondamentaux :

- La cornée : dioptré quasi-sphérique d’indice environ égal à 1,38.
- L’humeur aqueuse : d’indice proche de celui de la cornée, elle intervient peu dans la réfraction.
- L’iris : diaphragme dont le diamètre de son ouverture , la pupille, s’ajuste en fonction de la luminosité. Cette ouverture varie de 2 mm à 8 mm.
- Le cristallin : dioptré de forme biconvexe et d’indice voisin de 1,39. C’est l’élément le plus réfractant de l’œil.
- L’humeur vitrée : d’indice environ égal à 1,34, elle constitue 60 % du volume de l’œil. Elle a pour fonction essentielle de maintenir la rétine contre la paroi de l’œil.
- La rétine : ensemble de cellules photosensibles convertissant le signal lumineux en signal électrique qui se propage ensuite vers le cerveau via le nerf optique.

La distance cristallin-rétine est constante et vaut environ 16 mm.

2 Modélisation de l’œil

2.1 Modélisation de l’œil

En première approximation, on peut modéliser l’ensemble des éléments réfractant de l’œil, essentiellement le cristallin et la cornée, par une lentille mince convergente de vergence variable, l’iris par un diaphragme d’ouverture, la pupille, de diamètre réglable et la rétine par un écran/capteur plan (tableau fig.2).

| Éléments constitutifs de l’œil | Modélisation |
|--------------------------------|------------------------------------|
| Cornée + cristallin | Lentille convergente |
| Rétine | Écran / capteur photosensible plan |
| Iris | Diaphragme |

FIGURE 2 – Modélisation de l’œil

2.2 Image d’un objet sur la rétine – Diamètre apparent

Observer et analyser la modélisation de l’œil (fig.3).

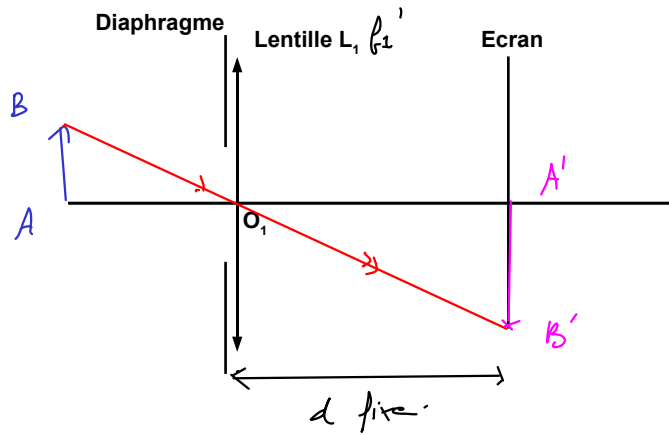
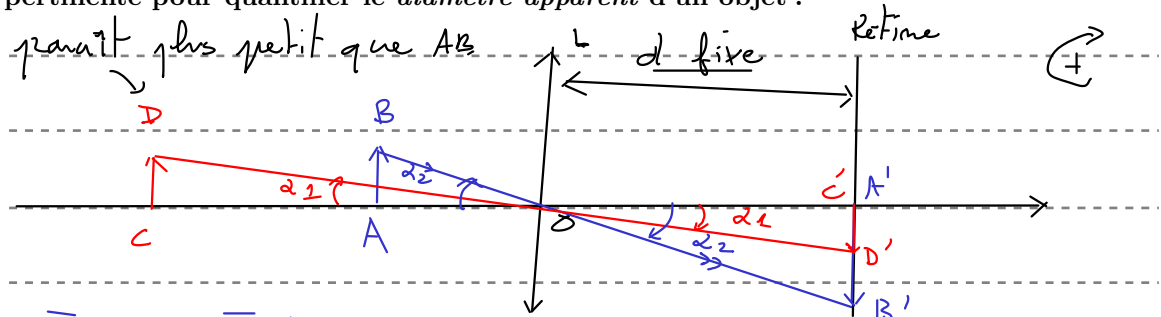


FIGURE 3 – Modélisation de l’œil

? Donner le sens de l’image d’un objet réel sur la rétine. Pourquoi voit-on quand même « à l’endroit » ?

Voire figure.
 Pas de "à l'envers", "à l'endroit": le cerveau analyse l'image sur la rétine.

? Expliquer pourquoi plus un objet est loin plus il est vu petit. Quelle est alors la grandeur pertinente pour quantifier le diamètre apparent d’un objet ?



$|A'B'| > |C'D'|$ donc AB apparaît plus grand que CD.
 $A'B' = d \tan \alpha_2$, $C'D' = d \tan \alpha_1 \Rightarrow \alpha_1, \alpha_2$ fixe $\left\{ \begin{matrix} A'B' \\ C'D' \end{matrix} \right.$
 avec $\tan \alpha_1 = \frac{CD}{d}$, $\tan \alpha_2 = \frac{AB}{d}$... $\alpha_1, \alpha_2 \equiv$ diamètre apparent de AB etc D \Rightarrow quantifie la taille apparente de l'objet

3 Plage d’accommodation de l’œil

3.1 œil au repos : punctum remotum

Au repos, l’œil normal (ou emmetrope) ne voit nets que les objets situés à l’infini. Le point le plus lointain dont l’image conjuguée par l’œil est nette sur la rétine est appelé *punctum remotum* (P.R.). Pour un œil sain le P.R. se situe donc à l’infini.

? Proposer une valeur de la distance focale de la lentille lorsqu’il est au repos.

Plan focal de L.

En pratique l’œil au repos voit net les objets situés de 1 m jusqu’à l’infini. $(\Delta A \gg f' \Rightarrow A \approx \infty)$
 $\frac{1}{\Delta A'} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{\Delta A} \ll \frac{1}{f'} \Rightarrow \Delta A' \approx f'$

3.2 Accommodation : punctum proximum

? Expérience : placez votre main à quelques centimètres de votre visage et regarder un objet lointain. Comment apparaît la main ?

La main apparaît floue.

Si l’objet est à distance finie, la distance rétine-cristallin étant fixe, le cristallin au repos forme une image floue de l’objet sur la rétine. Pour former une image nette sur la rétine, jeu de muscles bombe le cristallin et augmente ainsi la vergence de l’œil :

On dit que l’œil accommode.

Cette augmentation de convergence est limitée : il existe un point en deçà duquel on ne peut pas voir un objet net même en accommodant. Ce point est appelé *punctum proximum* (P.P.).

? Expérience : évaluez la distance δ du *punctum proximum* à votre œil.

MPSI (sain) : $\delta \approx 10$ cm, MPSI (myope) : $\delta \approx 5$ cm, MPSI (hyper) : $\delta \approx 15$ cm

Ordre de grandeur $\delta = 25$ cm.

3.3 Plage d’accommodation de l’œil standard

Ordre de grandeur
Plage d’accommodation de l’œil standard
 Un œil standard peut voir net les objet situés à une distance $\delta = 25$ cm jusqu’à l’infini.

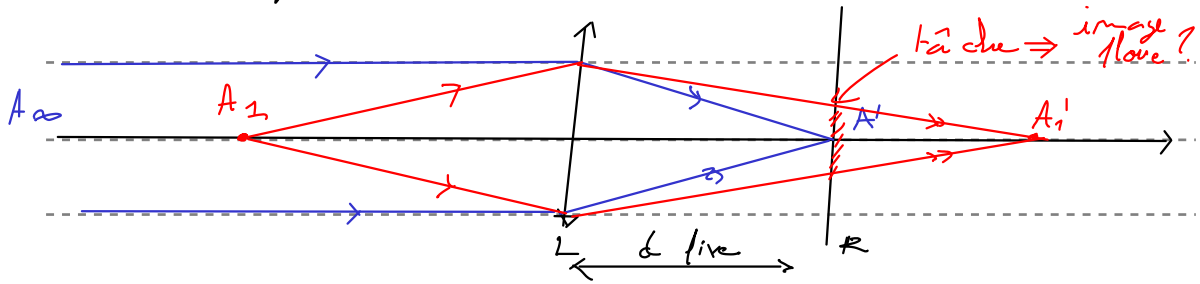
La distance œil-punctum proximum $\delta = 25$ cm est une moyenne : elle va de quelques centimètres chez les enfants à quelques mètres pour certaines personnes âgées.

4 Profondeur de champ de l’œil

Sans accommoder, l’œil sain voit net simultanément tous les objets situés à une distance de 1 m jusqu’à l’infini. On appelle cette plage la *profondeur de champ* de l’œil.

? Par une construction géométrique montrer que la structure discontinue de la rétine est à l’origine la profondeur de champ de l’œil.

Oeil au repos : $f' \approx 26 \text{ mm} = f_{\text{fixe}}$



Rétine A' cellule élémentaire de la rétine. taille a .
 Tâche de taille $\leq a \rightarrow$ pt objet: perçu comme un point "Image précise".
 tâche formée par A_2

\Rightarrow on voit nets simultanément tous les pts objets dont la tâche formée sur la rétine est plus petite que la taille d'une cellule de la rétine.

5 Pouvoir de résolution de l’œil

Pouvoir de résolution angulaire

On appelle *pouvoir de résolution angulaire* de l’œil le plus petit diamètre apparent ε discernable par l’œil.

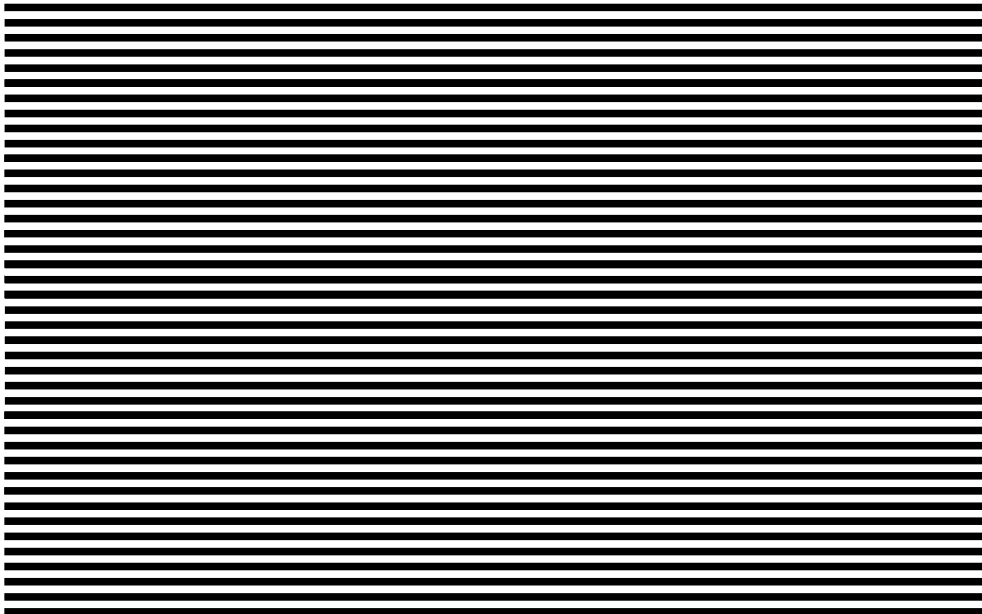


FIGURE 4 – Résolution angulaire de l’œil : lignes de largeur 1 mm espacées de 1 mm

? Expérience : à partir de la grille fig.4, déterminer un ordre de grandeur de la résolution angulaire de l’œil.

BN : distance entre une ligne noire et une blanche

$\tan \alpha = -\frac{BN}{ON}$ Avec $BN = 1 \text{ mm}$

À la limite de résolution : $\alpha = \epsilon$, $ON \approx 5 \text{ mm}$

$\tan \epsilon \approx \epsilon \approx \frac{10^{-3}}{5} \approx 2 \times 10^{-4} \text{ rad.}$

Ordre de grandeur
 Résolution angulaire de l’œil $\approx 3 \times 10^{-4} \text{ rad.}$

? Par une construction géométrique montrez que la structure discontinue de la rétine et la diffraction limitent la résolution spatiale de l’œil.

2 pts sont résolus si leurs pts-images se forment sur 2 cellules \neq de la rétine.

A et B résolus. $\alpha > \epsilon$

A et B non résolus. $\alpha < \epsilon$

6 Quelques maladie de l’œil

6.1 Myopie

Le cristallin au repos converge trop (fig.5). Conséquences : $P.R.$ (à distance finie) et $P.P.$ se rapprochent de l’œil. Un point à l’infini forme une tâche sur la rétine : le myope voit flous les objets lointains.

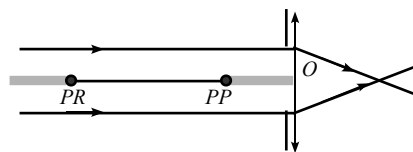
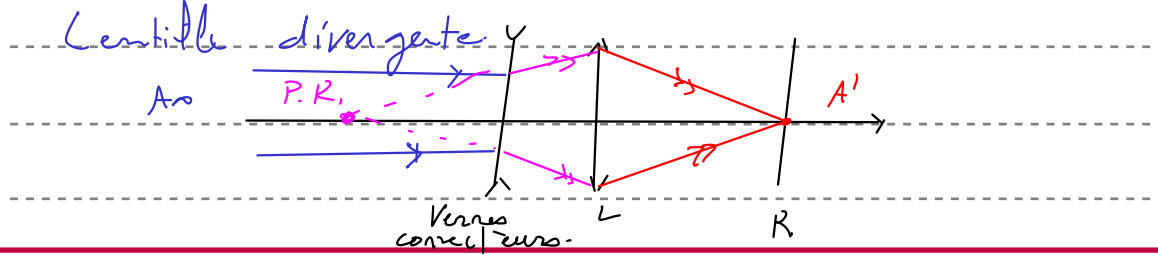


FIGURE 5 – Myopie : le cristallin converge trop.

? Quelle type de lentille doit-on utiliser pour corriger la myopie ?



6.2 Hypermétropie

Le cristallin au repos ne converge pas assez (fig.6). Conséquences : le $P.P$ s’éloigne (l’hypermétrope voit flous les objets proches), le $P.R.$ devient virtuel (l’hypermétrope doit accommoder pour voir net à l’infini).

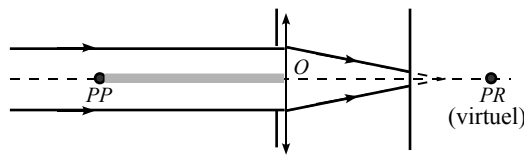


FIGURE 6 – Hypermétropie : le cristallin ^{ne} converge ~~pas~~ pas assez .

? Quelle type de lentille doit-on utiliser pour corriger l’hypermétropie ?

Lentilles convergentes.

6.3 Astigmatie

Il s’agit d’un défaut de sphéricité de l’œil. Elle est corrigée par le port de lentilles cylindriques.

6.4 Presbytie

Avec le vieillissement, le cristallin perd sa faculté d’accommodation. Elle est compensée en partie par l’utilisation de verres progressifs.