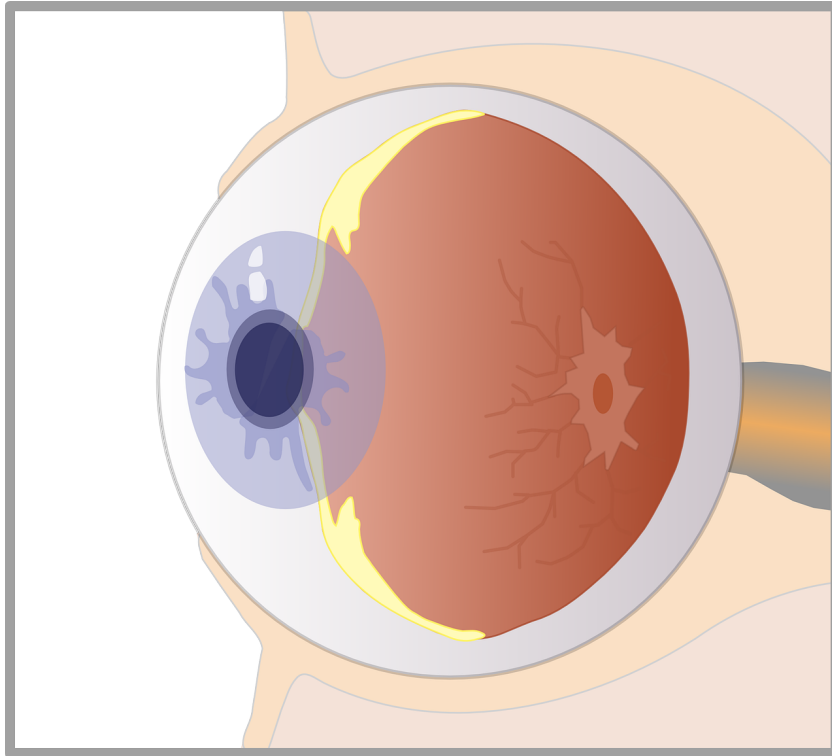


COURS S7

BRÈVES NOTIONS SUR L'ŒIL



David Malka

MPSI – 2018-2019 – 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 maladie 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.

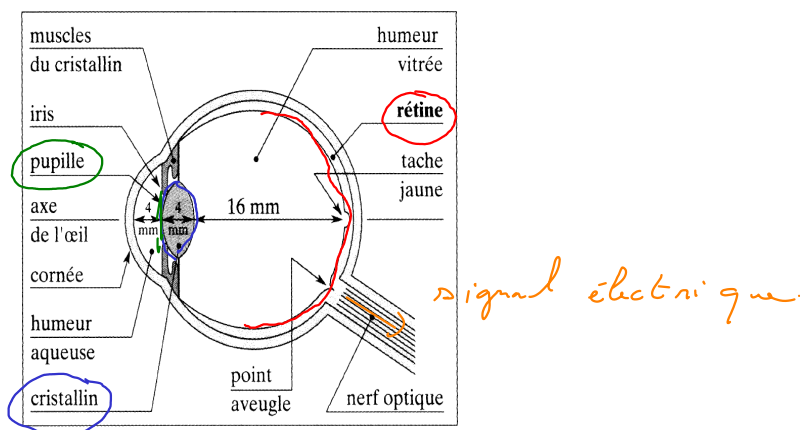


FIGURE 1 – Anatomie de l’œil

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

- la pupille : diaphragme dont le diamètre s’ajuste en fonction de la luminosité.
- le cristallin : dioptré sphérique convergent formant l’image d’un objet sur un capteur lumineux physiologique, la rétine.
- 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 le cristallin par une lentille mince convergente de focale variable, la pupille par un diaphragme de diamètre réglable et la rétine par un écran plan (tableau fig.2).

Éléments constitutifs de l’œil	Modélisation
Cristallin	Lentille convergente
Rétine	Ecran
Pupille	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).

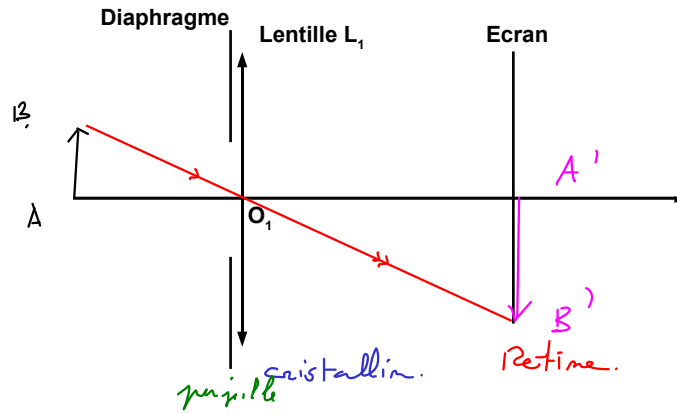
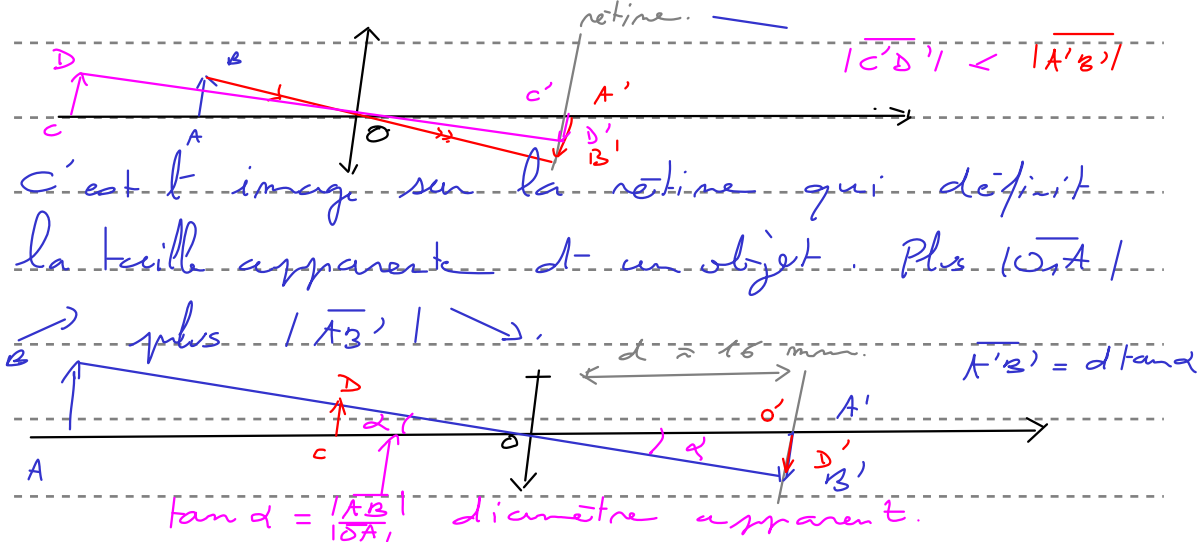


FIGURE 3 – Modélisation de l’œil

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

l’image $A'B'$ de AB est renversée sur la rétine mais le cerveau interprète correctement l’image.

? 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 ?



Deux objets de même diamètre apparent forment une image de même taille sur la rétine.

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 le cristallin est nette sur la rétine est appelé *punctum remotum* (P.R.). Pour un œil sain le P.R. se situe donc à l’infini.

Comme la distance focale f' du cristallin au repos est de l’ordre de 16 mm, tout objet situé à une distance $D \gg f'$ peut-être considéré comme à l’infini. En pratique l’œil au repos voit net les objets situés de 1 m jusqu’à l’infini.

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 sa vergence du cristallin :

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.**

$\delta \sim 10 \text{ cm}$

3.3 Plage d’accommodation de l’œil standard

 **Ordre de grandeur**

 **Plage d’accommodation de l’œil standard**

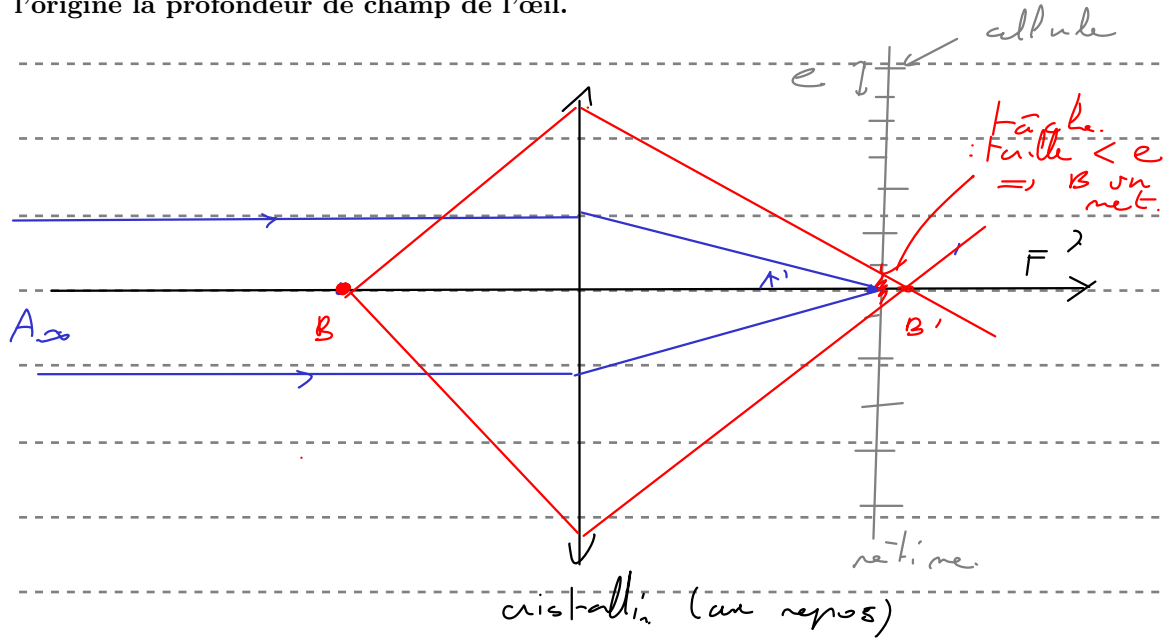
Un œil standard peut voir net les objet situés à une distance $\delta = 25 \text{ cm}$ jusqu’à l’infini.

La distance œil-punctum proximum $\delta = 25 \text{ cm}$ 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 montrez que la structure discontinue de la rétine est à l’origine la profondeur de champ de l’œil.



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.

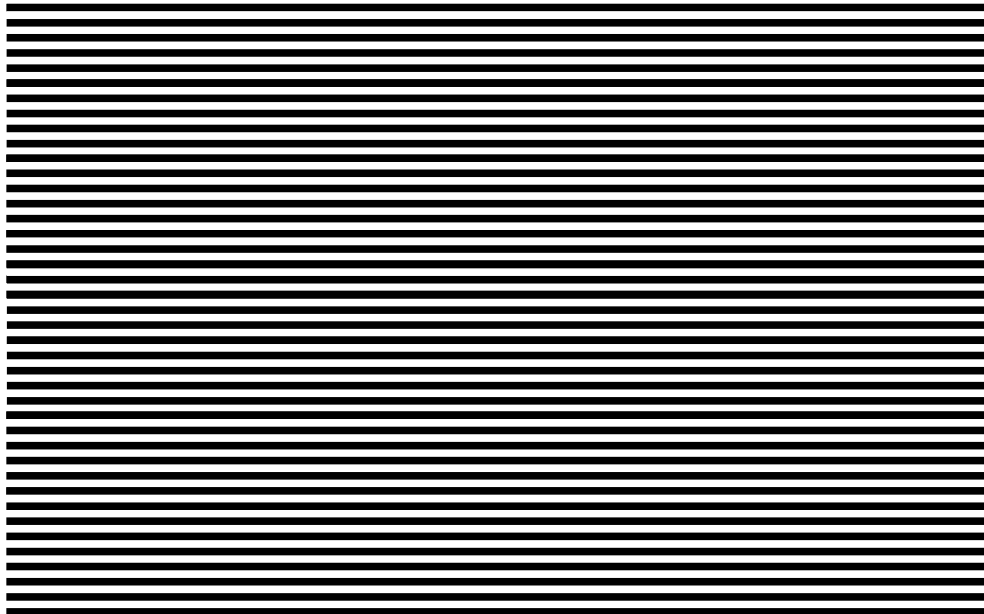


FIGURE 4 – Résolution angulaire de l’œil : lignes de largeur 1 mm espacées de 1 mm

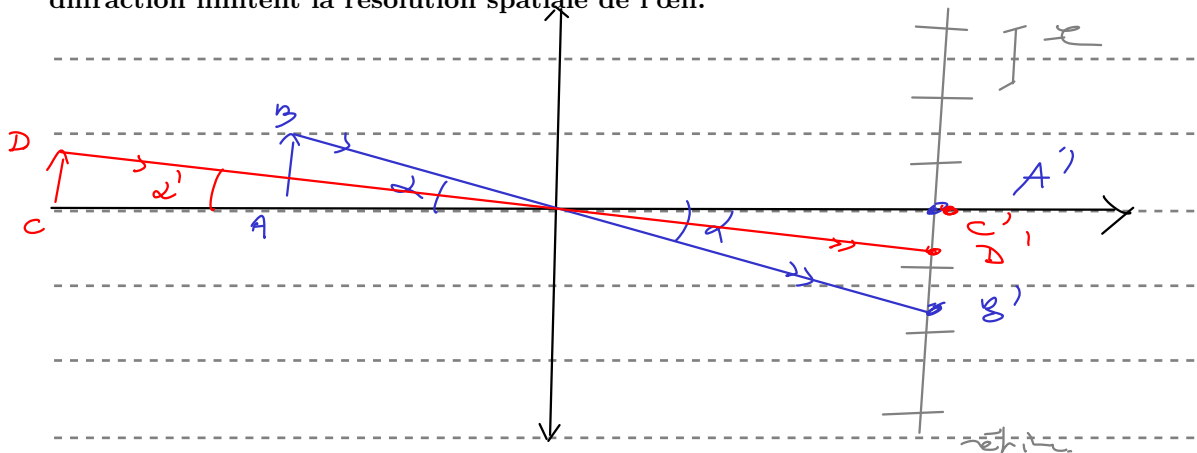
? Expérience : à partir de la grille fig.4, déterminer un ordre de grandeur de la résolution angulaire de l’œil.

$\tan \alpha = \frac{AB}{OA}$ — $AB = 10^{-3} \text{ m}$ et si $OA > 6 \text{ m}$,
 alors AB sont non résolus
 donc $\tan \alpha \leq \frac{10^{-3}}{6} = \tan \epsilon$
 $\Rightarrow \tan \epsilon \approx \epsilon \approx 1,5 \times 10^{-4} \text{ rad}$

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.



A' et B' sur 2 cellules $\neq \Rightarrow A$ et B résolus : $\alpha > \epsilon$

C' et D' sur la même cellule $\Rightarrow C$ et D confondus : $\alpha' < \epsilon$

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.

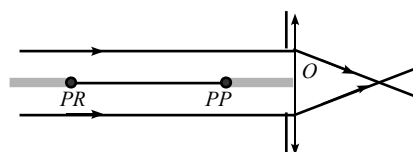


FIGURE 5 – Myopie : le cristallin converge trop.

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

Le cristallin d'un œil myope converge trop donc il faut corriger la vision par le port de verres divergents.

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).

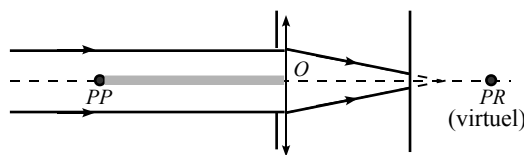


FIGURE 6 – Hypermétropie : le cristallin converge trop.

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

Le cristallin d'un œil hypermétrope ne converge pas assez donc il faut corriger la vision par le port de verres convergents.

6.3 Astigmatie

Il s'agit d'un défaut de sphéricité du cristallin. 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.