

S1.3 - Modèles de quelques dispositifs optiques

Table des matières

1	L'œil	1
1.1	Anatomie	1
1.2	Résolution angulaire	3
1.3	Accommodation	3
2	Défauts de la vision	3
2.1	La myopie	3
2.2	L'hypermétropie	4
2.3	La presbytie	5
2.4	L'astigmatisme	5
3	Association de lentilles accolées	6

1 L'œil

1.1 Anatomie

Principaux éléments de l'œil

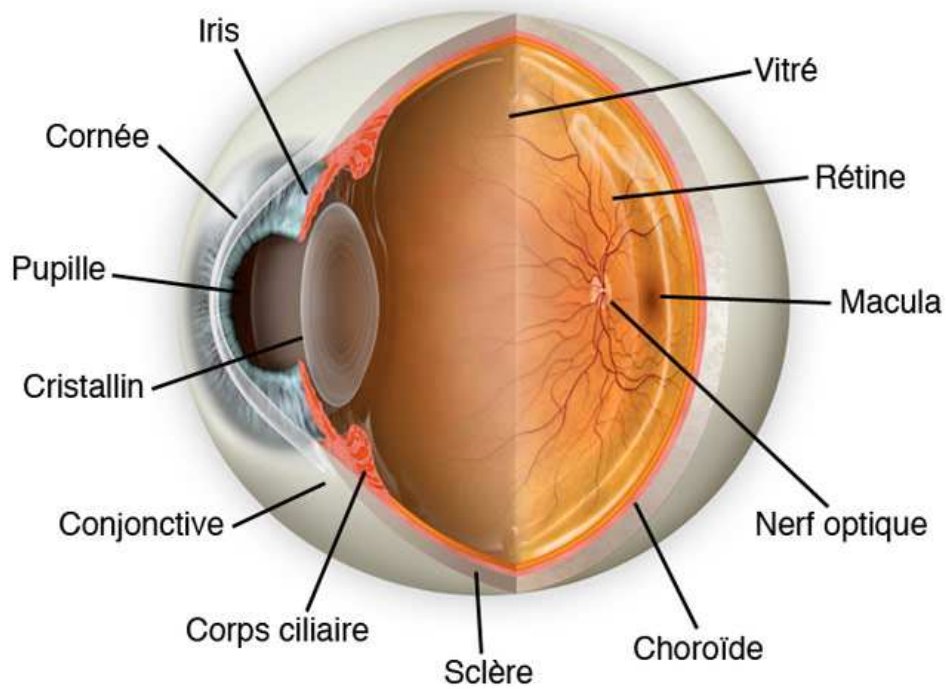
La lumière traversant l'œil passe successivement, entre autres, par :

- La cornée qui fait partie de la membrane externe protégeant l'œil
- La **pupille qui est l'ouverture de l'iris servant de diaphragme en se contractant** ^a
- Le **cristallin qui est une lentille convergente de focale variable**. Le sujet peut **diminuer cette focale par contraction du muscle ciliaire, ce processus s'appelle l'accommodation et demande un effort au sujet**.
- La **rétine qui est le capteur de lumière**

a.

<https://www.youtube.com/watch?v=FQsroPJ3UUA>

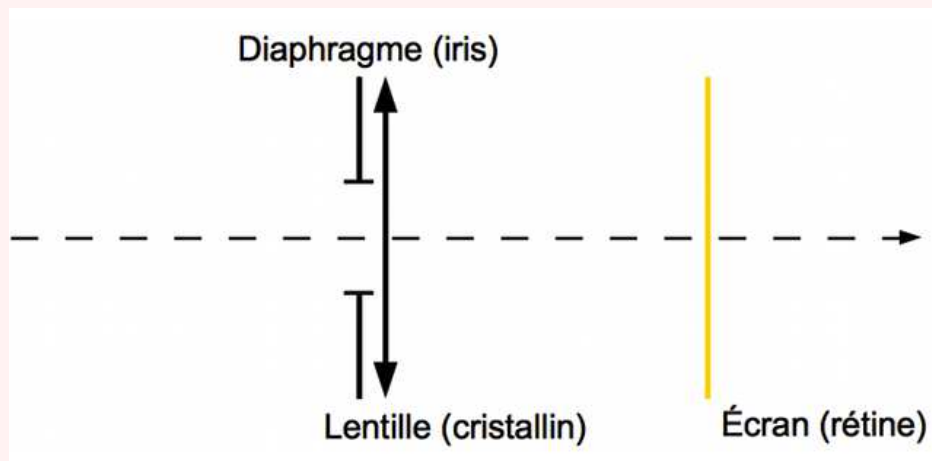
L'intersection de l'axe optique du cristallin et de la rétine se fait au niveau de la tache jaune (ou la macula), centrée autour de la fovéa. Cette zone est celle qui contient la plus forte concentration de cellules en cône. Lorsque l'œil est orienté vers un objet, la partie de l'image qui arrive sur la fovéa est celle que le cerveau enregistre le plus précisément.



Modélisation optique de l'œil

On peut schématiser l'œil par les éléments principaux d'optique qui le constituent à savoir :

- **un diaphragme** (l'iris qui régule la taille de la pupille)
- **une lentille convergente** (le cristallin) *de vergence "réglable"*.
- **un écran** (la rétine) où on doit faire l'image nette de l'objet observé

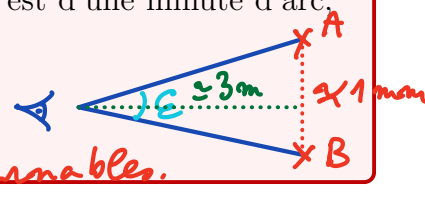


1.2 Résolution angulaire

Résolution angulaire de l'œil

Du fait de la structure discontinue de la rétine, constituée de récepteurs de taille finie, **la résolution angulaire de l'œil est limitée**, son ordre de grandeur est d'une minute d'arc, on la note souvent ϵ :

$$\epsilon = 1' = \frac{1}{60} \cdot \frac{\pi}{180} \approx 3 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$$



1.3 Accommodation

Définition du Punctum Remotum

La distance entre le cristallin et la rétine est fixe, de l'ordre de $d = 15 \text{ mm}$.

Un œil normal, dit emmétrope, voit un objet à l'infini sans accommoder, la distance focale du cristallin est alors maximale et telle que $f' = d$.

Le point qui est vu net sans accommodation est appelé le Punctum Remotum (PR), il est donc à l'infini pour un œil emmétrope.

Définition du Punctum Proximum et de l'accommodation

Pour voir net un objet à distance finie, et donc faire son image nette sur la rétine, il faut accommoder, c'est-à-dire bomber le cristallin pour réduire sa distance focale (augmenter sa vergence).

Cette contraction peut se faire jusqu'à une certaine limite, la vision nette n'est alors plus possible pour un objet trop proche de l'œil. **Le point le plus proche que l'on peut voir net en accommodant au maximum est appelé le Punctum Proximum (PP)**, la distance qui le sépare de l'œil est de l'ordre de 25 cm. ^a

^a. http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/optiqueGeo/instruments/correction.php

2 Défauts de la vision

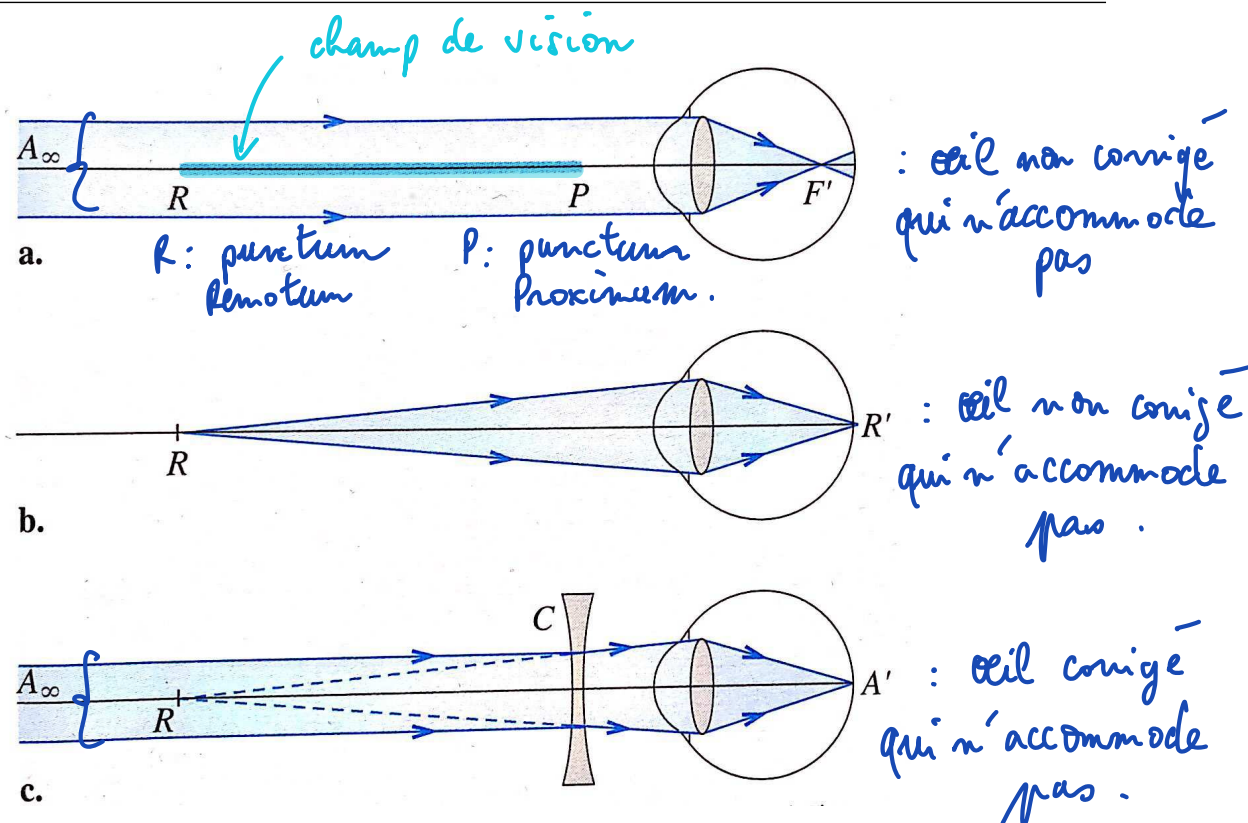
2.1 La myopie

Définition de la myopie

La myopie se caractérise par un cristallin trop convergent, ainsi l'œil myope non corrigé a son foyer situé devant la rétine, il lui est donc impossible d'effectuer la mise au point pour un objet lointain car la focale du cristallin est déjà à son maximum (sa vergence au minimum) lorsqu'on n'accommode pas.

Pour voir net un objet en faisant son image sur la rétine, il faut alors que l'objet se rapproche de la lentille pour que l'image se décale à droite du foyer F' et se retrouve sur la rétine. Le PR est donc situé à une distance finie de l'œil, rappelons que d'un point de vue optique son conjugué est sur la rétine pour un œil qui n'accommode pas.

On en déduit qu'on peut **corriger la myopie en plaçant une lentille divergente devant l'œil**. En plus de l'animation flash, nous pouvons illustrer le problème de myopie à l'aide de quelques figures :



(a) sans accommodation, un point à l'infini (A_∞) n'est pas vu net et la mise au point est impossible car le cristallin ne peut que diminuer sa focale

(b) sans accommodation, le point le plus éloigné que l'on peut voir net est le PR (noté R sur le schéma) qui est à distance finie.

(c) pour voir net un point situé à l'infini sans accommoder, il faut placer devant l'œil une lentille divergente qui fera de A_∞ une image intermédiaire au PR dont le conjugué par le cristallin est situé sur la rétine. **L'œil d'un myope verra net à l'infini sans accommoder si :**

$$A_\infty \xrightarrow{\text{lentille divergente}} PR \xrightarrow{\text{cristallin}} A' \text{ sur la rétine}$$

A cause de la plus grande vergence de son cristallin, le PP est plus proche pour l'œil d'un myope que pour un œil emmétrope.

2.2 L'hypermétropie

Définition de l'hypermétropie

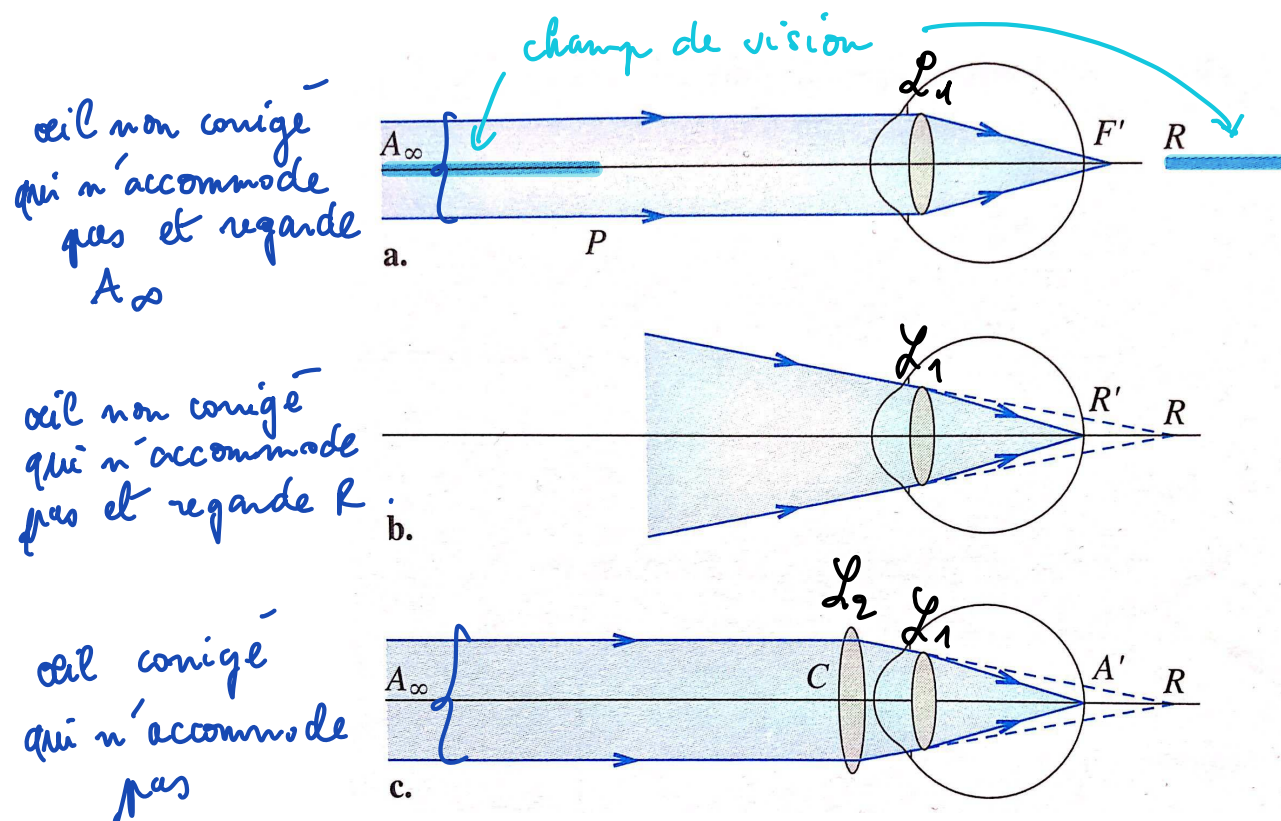
L'hypermétropie se caractérise par un cristallin pas assez convergent, ainsi l'œil hypermétrope non corrigé a son foyer situé derrière la rétine, il lui est possible d'effectuer la mise au point pour un objet lointain en accommodant mais cela se fait au prix d'une fatigue visuelle à laquelle il faut donc remédier.

Le PR est virtuel et situé derrière l'œil, rappelons que d'un point de vue optique son conjugué est sur la rétine pour un œil qui n'accommode pas¹.

On en déduit qu'**on peut corriger l'hypermétropie en plaçant une lentille convergente devant l'œil**.

En plus de l'animation flash, nous pouvons illustrer le problème d'hypermétropie à l'aide de quelques figures :

1. http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/optiqueGeo/lentilles/lentille_mince.php



- (a) sans accommodation, un point à l'infini (A_∞) n'est pas vu net et la mise au point est possible par accommodation
- (b) sans accommodation, l'œil peut voir net un objet virtuel situé au PR (noté R sur le schéma).
- (c) pour voir net un point situé à l'infini sans accommoder, il faut placer devant l'œil une lentille convergente qui fera de A_∞ une image intermédiaire au PR dont le conjugué par le cristallin est situé sur la rétine. **L'œil d'un hypermétrope verra net à l'infini sans accommoder si :**

$$\text{sur l'axe } A_\infty \xrightarrow[\text{L}_2]{\text{lentille convergente}} \text{PR} \xrightarrow[\text{L}_1]{\text{cristallin}} A' \text{ sur la rétine}$$

A cause de la plus faible vergence de son cristallin, le PP est plus éloigné pour l'œil d'un hypermétrope que pour un œil emmétrope.

2.3 La presbytie

Définition de la presbytie

La presbytie est **liée au vieillissement de l'œil qui perd sa faculté d'accommodation en vieillissant.**

L'œil distingue souvent mal les objets rapprochés et mieux les objets à l'infini. Cette diminution de faculté d'accommodation impose l'utilisation de plusieurs lentilles correctrices suivant la distance objet-œil. Des verres à deux ou trois foyers (appelés verres à foyers progressifs) sont alors nécessaires.

2.4 L'astigmatisme

Définition de l'astigmatisme

On parle d'**astigmatisme** quand l'œil ne possède pas la symétrie de révolution.

La lentille de correction n'est alors pas sphérique pour compenser ce défaut de l'œil.

3 Association de lentilles accolées

On considère deux lentilles minces accolées, c'est-à-dire de même axe et de position suffisamment voisines pour qu'on puisse confondre leurs centres optiques :

$$O_1 \approx O_2 \approx O$$

Ces deux lentilles peuvent être de même nature (toutes deux convergentes ou divergentes) ou de natures différentes. On note respectivement V_1 et V_2 leur vergence et on souhaite déterminer la nature du système équivalent dont on note la vergence V_{eq} . Pour un objet situé sur l'axe en A , on définit son image A_1 par L_1 , puis l'image A' donnée par L_2 de ce point. L'association conjugué A et A' :

$$A \xrightarrow{L_1} A_1 \xrightarrow{L_2} A'$$

On utilise ensuite la relation de conjugaison de Descartes, avec origine au centre optique, sachant que $O_1 = O_2 = O$:

$$\text{Pour } L_1 : \frac{1}{OA_1} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'_1} \quad (1)$$

$$\text{Pour } L_2 : \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA_1} = \frac{1}{f'_2} \quad (2)$$

En sommant membre à membre ces deux égalités, on aboutit à la relation de conjugaison de l'association :

$$(1) + (2) \Rightarrow \text{Pour } L_{eq} : \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'_1} + \frac{1}{f'_2}$$

Cette relation est identique à celle d'une lentille mince de centre optique O et de vergence égale à la somme des vergences des deux lentilles L_1 et L_2 :

Formule des opticiens

L'association de deux lentilles minces accolées est équivalente à une lentille mince dont la vergence V_{eq} est la somme algébrique des vergences V_1 et V_2 des lentilles accolées :

$$V_{eq} = V_1 + V_2$$