

CHAPITRE 8

THÈME 2 : ANALYSER ET DIAGNOSTIQUER Lentilles minces et système optique de l'œil

1 Mécanisme de la vision chez l'être humain

1.1 Propagation de la lumière

La lumière se propage en ligne droite dans un milieu homogène et transparent. Mais lorsque la lumière passe d'un milieu (transparent) à un autre, elle est déviée, on dit qu'elle est réfractée.

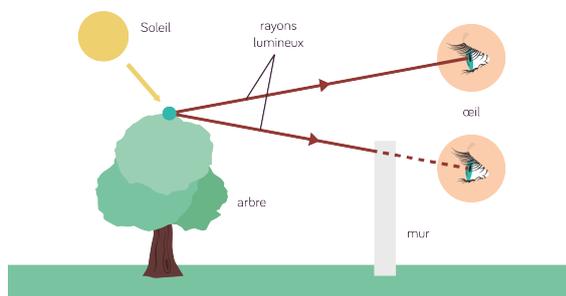
Pour modéliser le trajet de la lumière, on trace un rayon lumineux.

Un objet ne peut être vu que :

- s'il émet de la lumière
- si la lumière qu'il émet entre dans l'œil

Exemples :

- L'œil placé derrière le mur ne pourra pas voir l'arbre car il ne peut pas recevoir de lumière provenant de cet arbre.



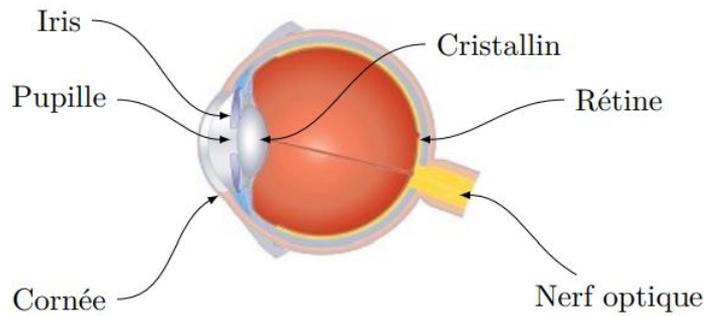
- Un objet blanc placé dans une pièce totalement obscure ne pourra pas être vu par un observateur car cet objet n'émet pas de lumière.

1.2 Description de l'œil humain

L'œil est composé de nombreuses parties. Les principaux éléments qui interviennent dans le mécanisme de la vision sont les suivants :

- La cornée : partie transparente à l'entrée de l'œil qui transmet la lumière à l'intérieur de l'œil.
- L'iris : partie colorée qui fonctionne comme un diaphragme en se fermant ou en s'ouvrant pour modifier l'intensité lumineuse reçue par l'œil.
- La pupille : partie percée de l'iris où pénètre la lumière dans l'œil.
- Le cristallin : partie constituée d'une lentille convergente dont le rayon de courbure peut se modifier légèrement grâce à l'action de petits muscles.
- La rétine : partie du fond de l'œil sur laquelle les images doivent se former.
- Le nerf optique : partie reliée à la rétine qui transmet les informations lumineuses au cerveau.

Schéma de l'œil humain



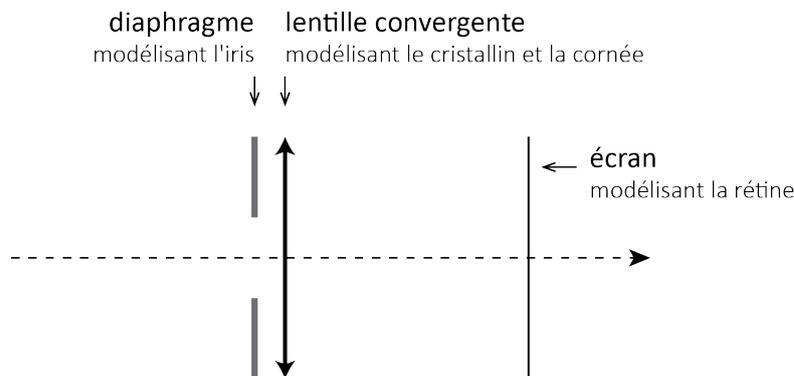
Lorsque la lumière pénètre dans l'œil par la pupille, elle traverse la cornée puis le cristallin. Le cristallin donne une image nette sur la rétine. Puis le nerf optique transmet au cerveau les informations captées par la rétine.

1.3 Modèle optique de l'œil

L'œil peut être modélisé de façon simplifiée par le modèle optique de l'œil. Il est constitué par les éléments suivants :

- Le diaphragme modélisant l'iris et permettant de faire varier la quantité de lumière incidente en faisant varier son diamètre d'ouverture.
- La lentille convergente modélisant le cristallin
- L'écran modélisant la rétine

Représentation du modèle optique de l'œil :

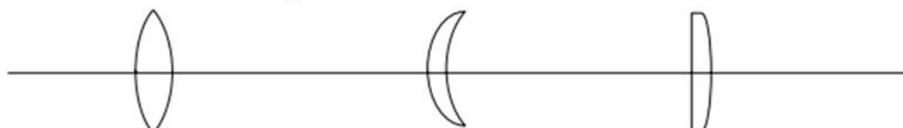


2 Les lentilles

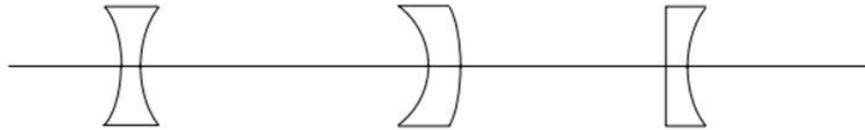
2.1 Les deux types de lentilles

Une lentille est constituée d'un milieu transparent et homogène délimitée par deux surfaces dont l'une n'est pas plane. On distingue deux types de lentilles :

- Les lentilles convergentes qui sont plus minces au centre qu'aux bords

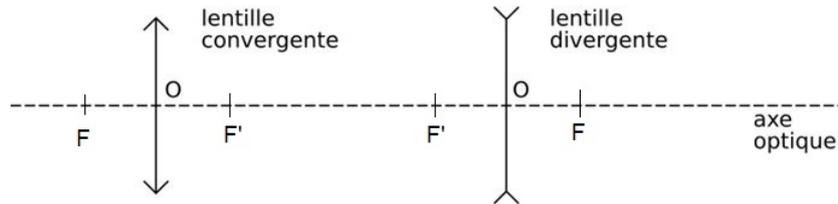


— Les lentilles divergentes qui sont plus épaisses aux bords qu'au centre



2.2 Représentation symbolique des lentilles

On utilise les symboles suivants pour représenter les deux types de lentilles :



Les lentilles possèdent les points caractéristiques suivants :

- Le point O : le centre optique.
- Le point F : le foyer objet
- Le point F' : le foyer image

Les foyers objet F et image F' sont symétriques par rapport au centre optique de la lentille. On a : $OF = OF'$

Avec une lentille divergente, le foyer image F' se situe à gauche de la lentille.

2.3 Grandeurs caractéristiques des lentilles

Les lentilles sont caractérisées par les grandeurs suivantes :

- La distance focale notée f' et qui s'exprime en mètre (m) ($f' = OF' > 0$ pour une lentille convergente et $f' = -OF' < 0$ pour une lentille divergente)
- La vergence notée V et qui s'exprime en dioptrie (δ)

Ces deux grandeurs sont liées par la relation suivante :

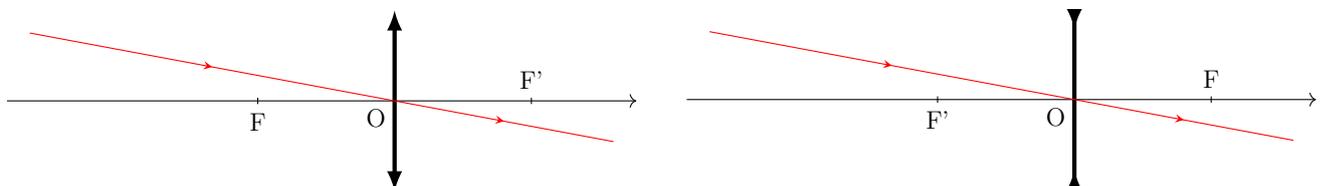
Expression de la vergence

$$C = \frac{1}{f'}$$

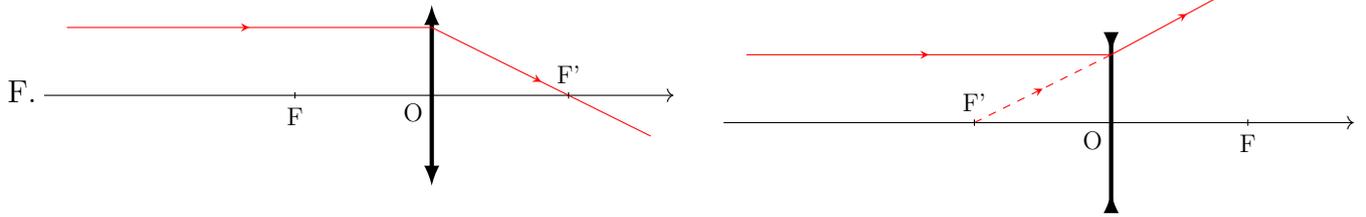
- V : vergence (δ)
- f' : distance focale (m)

2.4 Tracé de rayons particuliers

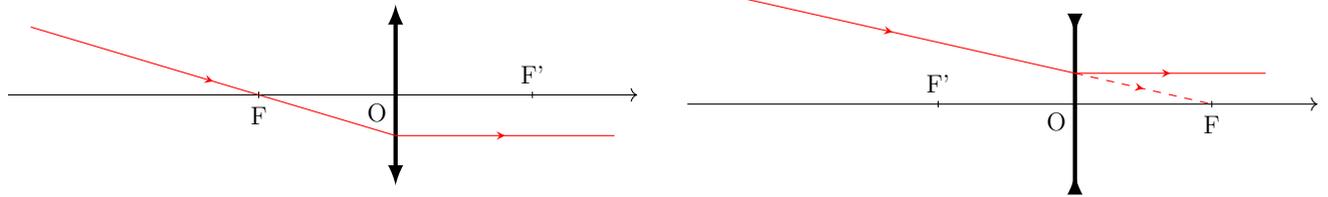
— Les rayons lumineux passant par le centre optique O ne sont pas déviés.



- Les rayons lumineux parallèles à l'axe optique ressortent de la lentille en passant le foyer image



- Les rayons lumineux passant par le foyer objet F ressortent de la lentille parallèles à l'axe optique

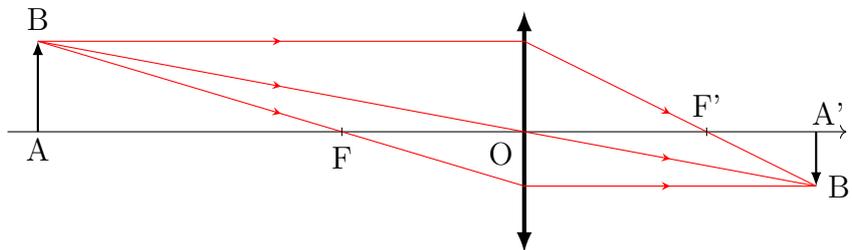


3 Formation d'une image par une lentille convergente

3.1 Objet situé à une distance supérieure à la distance focale

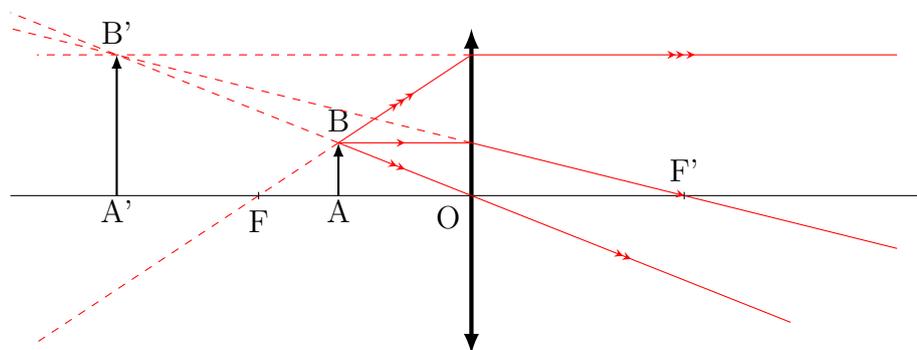
Chaque point de l'objet envoie de la lumière dans toutes les directions. La position et la taille de l'image $A'B'$ de l'objet AB peuvent être déterminées graphiquement. Pour trouver l'image $A'B'$ d'un objet AB à travers une lentille convergente, il suffit d'utiliser les rayons particuliers tracés précédemment.

Les trois rayons précédents sont concourants en un point B' qui est l'image de B à travers la lentille.



Lorsque l'objet est situé à une distance supérieure à la distance focale, l'image est réelle, renversée et de taille plus grande ou plus petite que l'objet.

3.2 Objet situé à une distance inférieure à la distance focale



Lorsque l'objet est situé à une distance inférieure à la distance focale, l'image est virtuelle, à l'endroit et toujours plus grande que l'objet.

La situation précédente correspond au cas de la loupe. En effet une loupe est constituée d'une lentille convergente. L'objet à examiner doit être placé entre la lentille et le foyer objet. Cela permet d'obtenir une image virtuelle, droite et agrandie.

3.3 Grandissement

Le grandissement, noté γ , permet de comparer la taille de l'image formée par une lentille à celle de l'objet. Il a pour expression :

Expression du grandissement

$$\gamma = \frac{\text{taille de l'image}}{\text{taille de l'objet}} = \frac{A'B'}{AB}$$

- γ : grandissement (sans unité)
- AB : taille de l'objet (m)
- $A'B'$: taille de l'image (m)

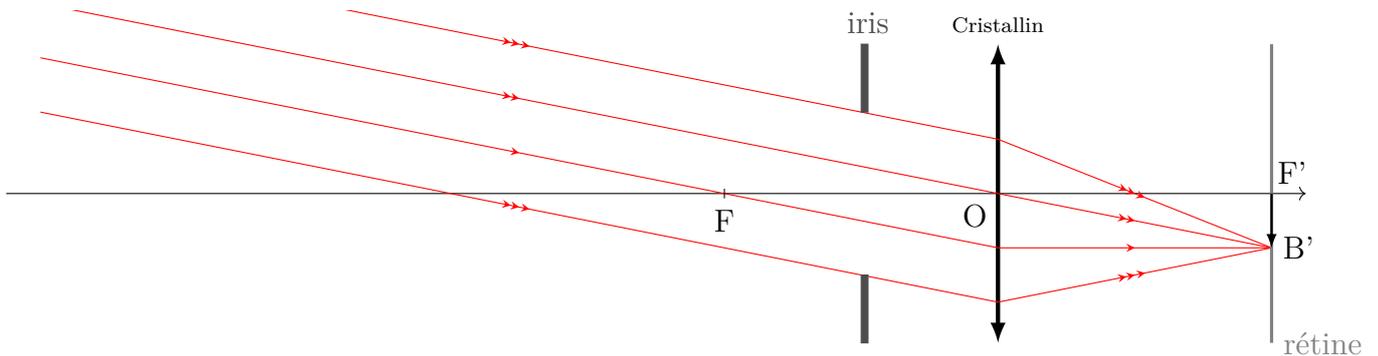
Si l'image est droite, le grandissement sera affecté d'un signe positif et si l'image est renversée, le grandissement sera affecté d'un signe négatif.

4 L'œil normal et la vision

4.1 Vision d'un œil au repos

Lorsque l'œil normal (emmétrope) observe un objet à l'infini (placé à plus de 6 m de l'œil), l'objet est vu sans effort et on dit que l'œil est au repos.

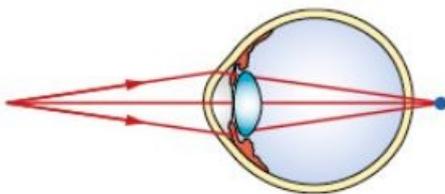
Dans ce cas, l'image d'un objet situé à l'infini se forme au foyer image de la lentille convergente c'est à dire sur la rétine.



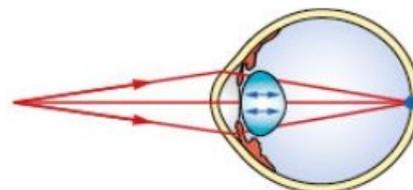
4.2 Principe de l'accommodation

L'image d'un objet proche de l'œil n'est pas nette, elle ne se forme pas sur la rétine. Pour que l'image se forme sur la rétine, le cristallin doit se déformer : c'est l'accommodation.

- Si l'image se forme derrière la rétine, le cristallin grossit et devient plus convergent.
- Si l'image se forme devant la rétine, le cristallin s'amincit et devient moins convergent.



Sans accommodation



Avec accommodation : le cristallin se déforme

Cependant l'accommodation a des limites. Un objet trop proche de l'œil (à moins de 20 cm) ne peut pas être vu net même avec une accommodation maximale.

5 Les défauts de l'œil et ses corrections

5.1 Les principaux défauts de l'œil

La myopie, l'hypermétropie et la presbytie sont les principaux défauts de l'œil. Dans ces situations, l'image ne se forme pas sur la rétine et le cristallin ne peut pas effectuer l'accommodation. Il est donc nécessaire d'ajouter une lentille devant l'œil pour compenser ses défauts. On modifie ainsi la vergence de l'œil afin de former l'image sur la rétine.

5.2 Vergence d'un système de deux lentilles accolées

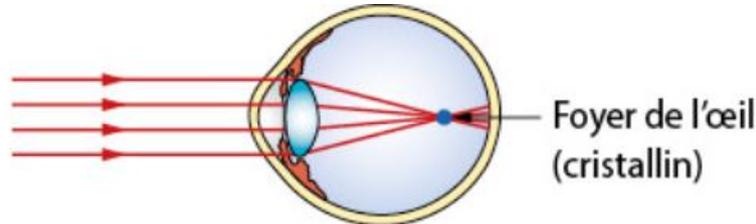
Deux lentilles accolées de vergence V_1 et V_2 forme un système optique équivalent à une seule lentille de vergence $V = V_1 + V_2$.

Exemple : On accole une lentille divergente de vergence $V_2 = -2 \delta$ devant un œil dont le cristallin a une vergence $V_1 = 5 \delta$. Calculer la vergence V de l'ensemble lentille divergente - cristallin ainsi formé.

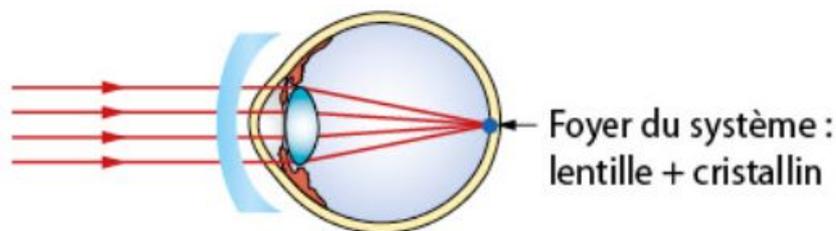
$$V = V_1 + V_2 = 5 - 2 = 3 \delta$$

5.3 L'œil myope

Pour un œil myope au repos, l'image d'un objet éloigné se forme en avant de la rétine. Cela est dû à un cristallin trop convergent ou un globe oculaire trop allongé.

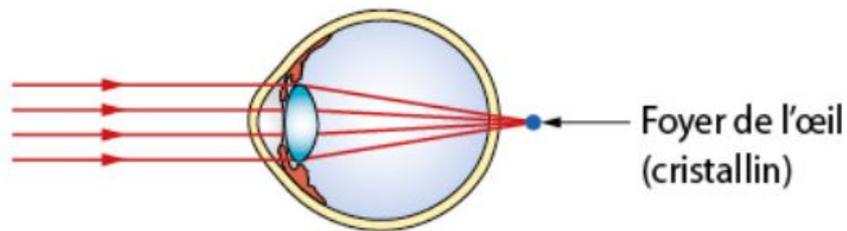


Pour corriger la myopie, il faut diminuer la vergence en plaçant une lentille divergente devant l'œil afin de faire reculer l'image sur la rétine.

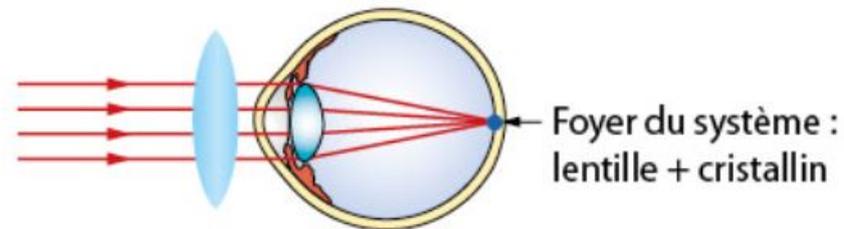


5.4 L'œil hypermétrope

Pour un œil hypermétrope au repos, l'image d'un objet éloigné se forme à l'arrière de la rétine. Cela est dû à un cristallin pas assez convergent ou un globe oculaire trop court. Pour ramener l'image sur la rétine, l'œil accommode en permanence et se fatigue. De plus, son accommodation de près est réduite



Pour corriger l'hypermétropie, il faut augmenter la vergence en plaçant une lentille convergente devant l'œil afin d'avancer l'image sur la rétine.



5.5 La presbytie

Avec l'âge, le cristallin se rigidifie et se déforme de moins en moins. L'œil ne peut donc plus accommoder et la vision de près est très difficile : C'est la presbytie.

On corrige la presbytie en utilisant des lunettes de vue munies de lentilles convergentes.