

PHYSIQUE CHAP 11

LES LENTILLES

1. HISTOIRE

C'est à Ninive, ancienne capitale de l'empire assyrien, qu'au xix^e siècle, Sir Austen Henry Layard découvre les premiers verres lentiformes, dans des couches datant de 4 000 ans avant notre ère. On ignore à quoi ils servaient exactement

- Les premières mentions sans équivoque de l'utilisation d'une lentille proviennent de la Grèce antique. Aristophane évoque notamment dans sa pièce *Les Nuées*, écrite en 423 av. J.-C., un « verre à feu » (une lentille convexe utilisée pour produire du feu en focalisant le rayonnement solaire).

- Les écrits de Pline l'Ancien montrent également qu'un tel dispositif était connu dans l'Empire romain. Ils mentionnent ce qui peut être interprété comme la première utilisation d'une lentille pour corriger la vue en décrivant l'utilisation que fait Néron d'une émeraude de forme convexe lors des spectacles de gladiateurs (probablement pour corriger un défaut de vision).

- Le mathématicien arabe Alhazen (965-1038), a écrit le premier traité d'optique qui décrit comment le cristallin forme une image sur la rétine.

- Les lentilles n'ont cependant pas été utilisées par le grand public avant la généralisation des lunettes de vue, probablement inventées en Italie **dans les années 1280**.

2. INTRODUCTION

- Prenons un verre de lunette. Il n'est pas plan. Sa surface est courbe.

Les objets à travers y paraissent déformés. Idem avec une loupe.

Ce qu'on y voit à travers nous apparaît tantôt plus gros, tantôt flou, ou parfois même plus petit et renversé.

- Les rétroviseurs extérieurs d'une voiture comportent en général une partie courbe sur leur extrémité. La voiture qui nous suit y apparaît plus éloignée que dans le rétroviseur intérieur.

- Tous ces objets du quotidien, ainsi que d'autres instruments comme les **appareils photos, les télescopes ou les microscopes, sont en fait constitués de lentilles** (des objets dont la surface est courbe) ou des miroirs aux formes sphériques, paraboliques ou même hyperboliques.

Animation : Lentilles convergentes.mp4

3. LES 2 TYPES DE LENTILLES

3.1. Définition d'une lentille

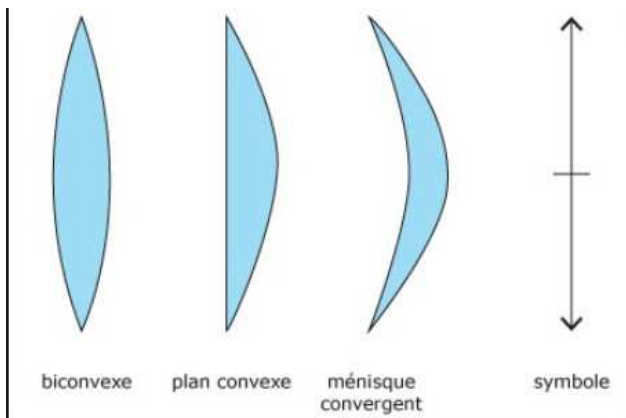
- Une lentille est un milieu transparent limité par deux surfaces dont l'une au moins n'est pas plane.

- Nous étudierons le cas des lentilles minces : une lentille est mince si son diamètre est très grand devant son épaisseur.

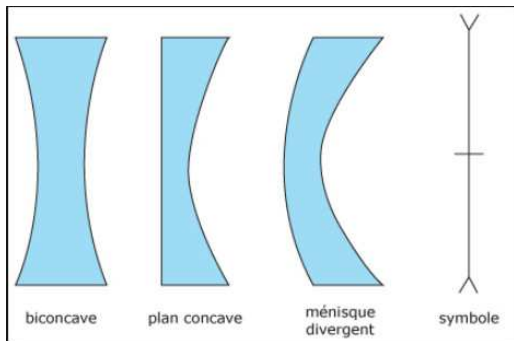
3.2. Deux types de lentilles

On distingue deux types de lentilles, celles à bords minces et celles à bords épais. Les premières sont convergentes, les secondes sont divergentes.

3.2.1. Lentilles convergentes



3.2.2. Lentilles divergentes



3.2.3. Comment différencier les lentilles convergentes et divergentes ?

Il faut placer une lentille sur un texte, la soulever et observer :

- si les lettres paraissent plus grosses, la lentille est convergente ;
- si les lettres paraissent plus petites, la lentille est divergente.

Au touché :

Si elles sont **PLUS** épaisses au centre que sur les bords : la lentille est convergente.

Si elles sont **MOINS** épaisses au centre que sur les bords : la lentille est divergente.



- Cette année on limitera l'étude à des lentilles à bords minces appelées lentilles convergentes

4. POINTS PARTICULIERS ET GRANDEURS CARACTERISTIQUES D'UNE LENTILLE CONVERGENTE

Par convention : la lumière est supposée se déplacer de la gauche vers la droite.

Centre optique O : Tout rayon qui passe par le centre O d'une lentille n'est pas dévié. Le point O est appelé centre optique de la lentille.

Axe optique principal : C'est la droite horizontale passant par O . C'est l'axe de symétrie de la lentille.

Foyer image F' : Tout rayon incident parallèle à l'axe optique principal converge en un point appelé foyer image et noté F' .

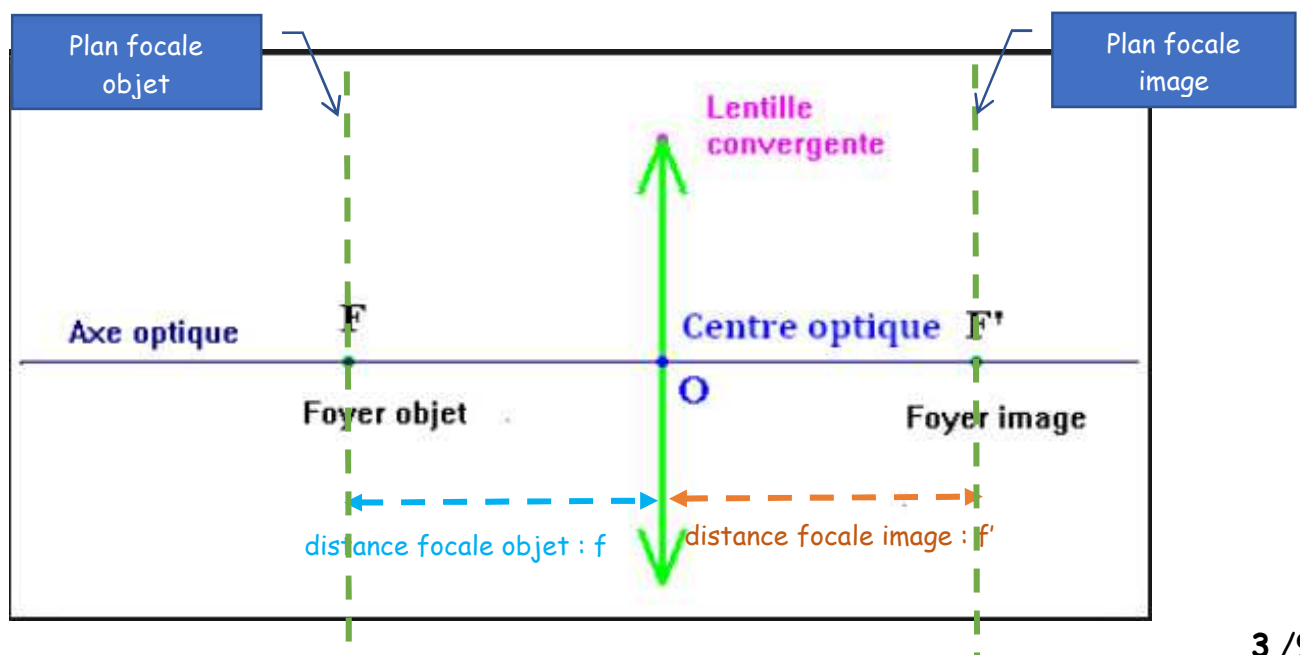
Distance focale image : f' C'est la distance séparant le centre O du foyer image F' . C'est une grandeur algébrique : $\overline{OF'} = f' > 0$. Son unité est le mètre.

Foyer objet F : un rayon lumineux issu d'un point particulier de l'axe optique, noté F , émerge parallèlement à l'axe. F est appelé foyer objet, c'est le symétrique de F' par rapport à O

Distance focale objet : f : C'est la grandeur algébrique, notée $\overline{OF} = f$ telle que :

Le plan focal image : C'est un plan perpendiculaire à l'axe optique et passant par le foyer image.

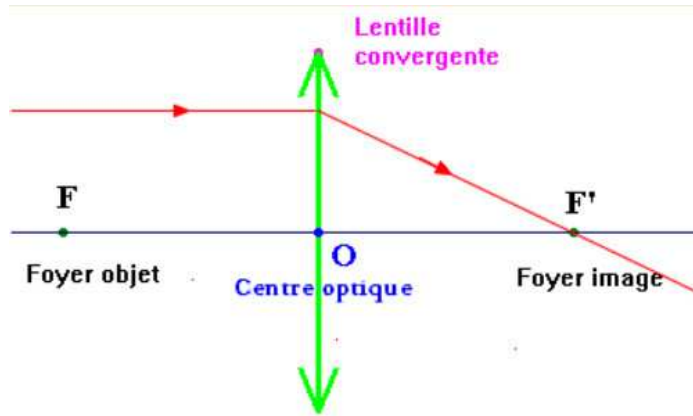
Le plan focal objet : C'est un plan perpendiculaire à l'axe optique et passant par le foyer objet.



5. RAYONS PARTICULIERS:

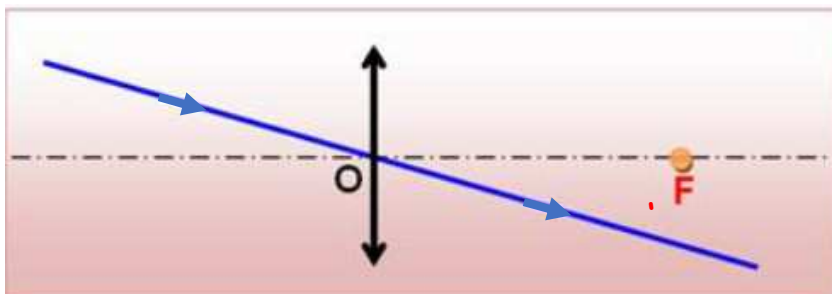
5.1. Règle 1

Un rayon incident parallèle à l'axe optique traverse la lentille et ressort en passant par son foyer.



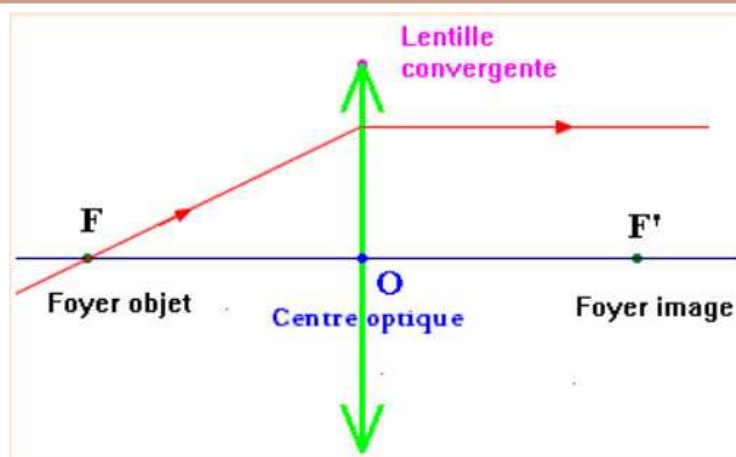
5.2. Règle 2

Un rayon passant par le centre optique n'est pas dévié.



5.2. Règle 3

Tout rayon incident passant par le foyer principal objet F d'une lentille convergente émerge parallèlement à l'axe principal de cette lentille.



6. CONSTRUCTION DES IMAGES - CAS GENERAL

6.1. Définitions

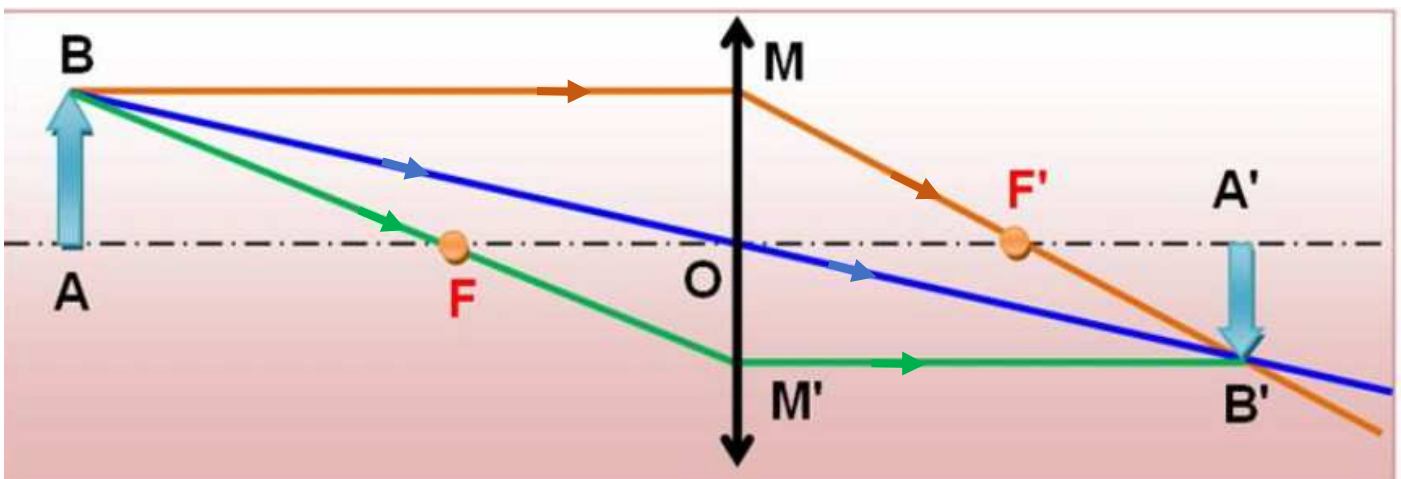
- Un objet est l'objet lumineux qui envoie ses rayons sur la lentille ;
- Une image est la représentation lumineuse de l'objet sur un écran (après la lentille).

6.1. Construction

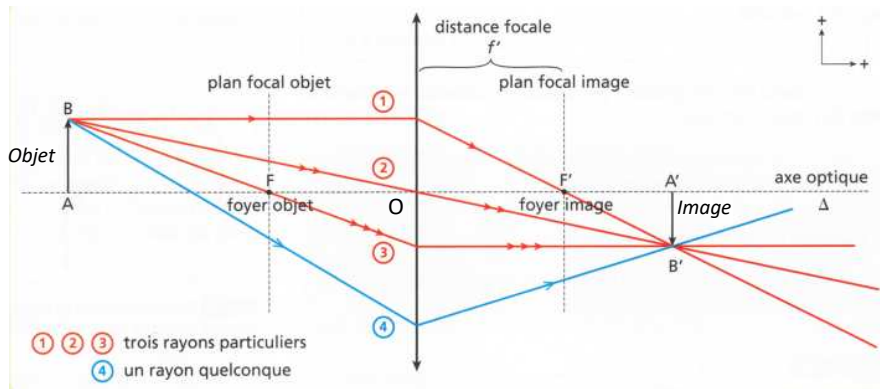
Animation : http://www.pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/quatrieme/optique/lentille_convergente.htm

Prenons un objet matérialisé par une flèche AB. Quelle est son image à travers la lentille ?

- Le point A est sur l'axe optique ; son image A' sera sur l'axe optique.
- À partir de B, je trace le rayon marron BM, parallèle à l'axe optique et sa suite qui passe par le foyer, soit MF'.
- Puis le rayon bleu qui passe par le centre optique sans être dévié. Il coupe le rayon marron en B'.
- Le point B', point de rencontre de deux rayons lumineux issus de B, est l'image du point B à travers la lentille.
- Je trace A' tels que A'B' soit perpendiculaire à l'axe optique comme l'est AB.
- On peut compléter avec le rayon vert, qui passe par F et qui ressort de la lentille parallèle à l'axe optique.



7. CONSTRUCTION DES IMAGES



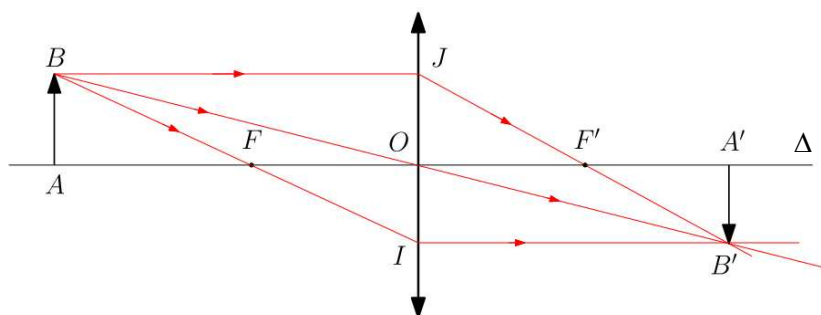
7.1. Convention d'orientation :

Les positions de l'objet AB et de son image $A'B'$ (A et A' étant sur l'axe optique) sont repérées par les valeurs algébriques \overline{OA} et $\overline{OA'}$ des distances OA et OA' (voir figure ci-dessus).

- $\overline{OA} < 0$ si le point A est placé avant la lentille ;
- $\overline{OA'} > 0$ si le point A' est placé après la lentille ;
- $\overline{OA'} < 0$ si le point A' est placé avant la lentille.

7.2. Construction graphique de l'image d'un objet

7.2.1. Objet placé avant le foyer principal objet F : $\overline{OA} > f$

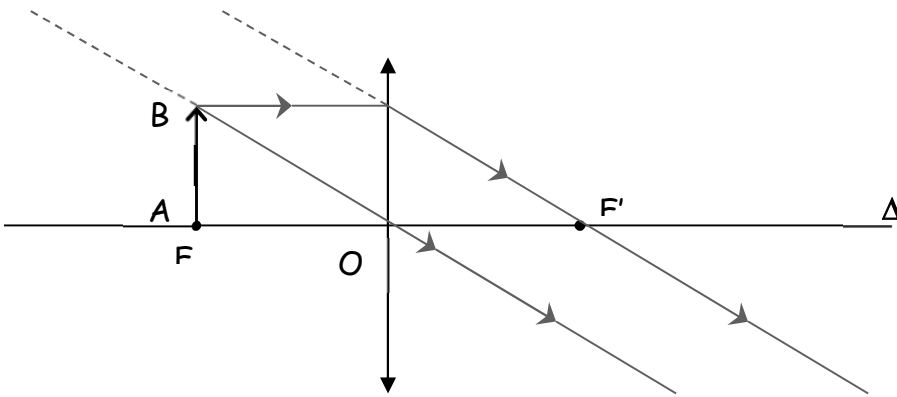


(Δ) : axe optique
AB : objet réel
F : foyer principal objet
F' : foyer principal image

L'image $A'B'$ est réelle (côté droit de la lentille) et renversée

Exemple : objectif photographique

7.2.2. Objet placé au foyer principal objet F de la lentille : $\overline{OA} = f$

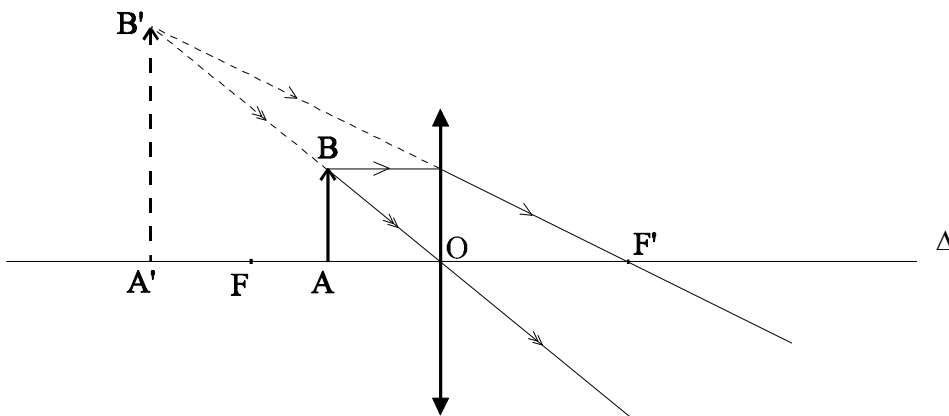


(Δ) : axe optique
 AB : objet réel
 F : foyer principal objet
 F' : foyer principal image

L'image A'B' est à l'infini

Exemple : le phare (maritime)

7.2.3. Objet placé entre le foyer principal objet F et la lentille :



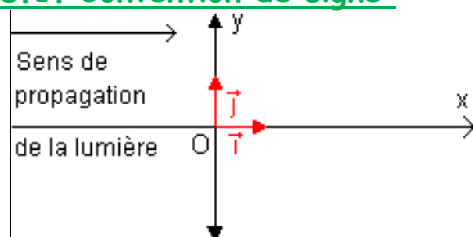
(Δ) : axe optique
 AB : objet réel
 F : foyer principal objet
 A'B' : image virtuelle droite
 F' : foyer principal image

L'image A'B' est virtuelle (côté gauche de la lentille) et droite

Exemple : la loupe.

8. RELATIONS DES LENTILLES MINCES:

8.1. Convention de signe:



8.2. Distance focale:

- On appelle distance focale image la grandeur. $f' = \overline{OF'}$
- On appelle distance focale objet la grandeur. $f = -\overline{OF}$

8.3. Vergence:

On appelle vergence C d'une lentille l'inverse de sa distance focale. La vergence s'exprime en dioptries (δ). (Delta)

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

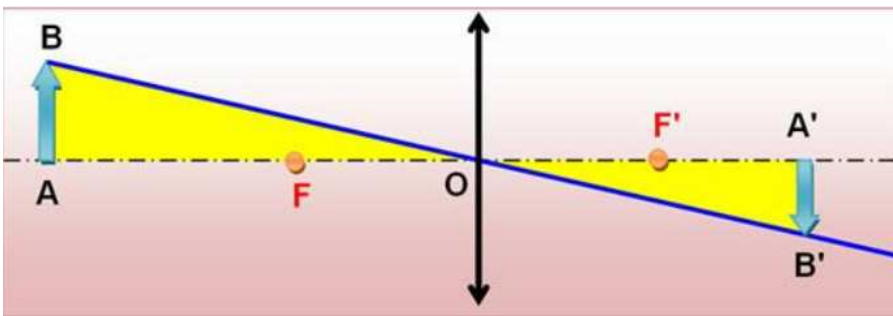
ou

$$C = \frac{1}{\overline{OF'}} = -\frac{1}{\overline{OF}}$$

C : en dioptrie δ ; f ; f' ; \overline{OF} et $\overline{OF'}$ en mètres

8.4. Grandissement

Le grandissement témoigne du grossissement ou rapetissement de l'image par rapport à l'objet il est baptisé par la lettre grecque gamma γ (qui n'a pas d'unité).



$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

γ : pas d'unité ; $\overline{A'B'}$; \overline{AB} ; $\overline{OA'}$; \overline{OA} en mètres ou cm

Remarque :

Signe de γ	$\gamma < 0$	$\gamma > 0$	Valeur de γ	$\gamma < -1$ ou $\gamma > 1$	$-1 < \gamma < 1$
Sens de l'image	Image et objet sont de sens contraire	Image et objet sont de même sens	Taille de l'image	Plus grande que l'objet	Plus petite que l'objet

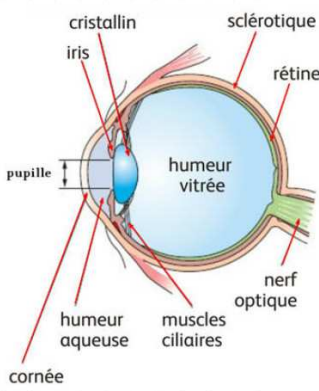
8.4. Relation de conjugaison :

Cette formule est connue sous le nom de relation de conjugaison de Descartes. Conjugaison parce qu'elle associe de façon symétrique, les positions de A et A'.

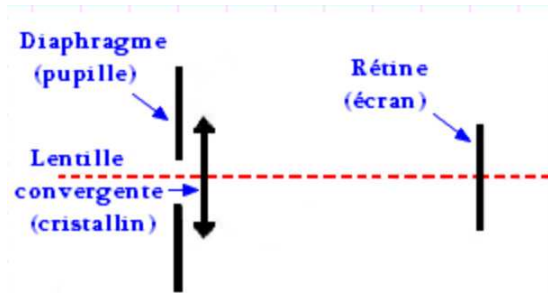
$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

$\overline{OA'}$; \overline{OA} ; $\overline{OF'}$ en mètres ou en cm

9. ANALOGIE ENTRE L'ŒIL ET UNE LENTILLE



complément



- Quand l'œil accommode, la distance focale du cristallin est modifiée
La distance cristallin - rétine étant invariable, l'œil accommode pour observer des objets rapprochés.
- Un œil normal peut voir nettement des objets :
 - Situés entre l'infini : le punctum remotum **P.R.**
 - Et une distance minimale de vision distincte : le punctum proximum **P.P.** en accommodant de plus en plus
- La lumière ne peut pénétrer dans l'œil que par la **cornée**.
En effet, il est recouvert d'une enveloppe blanche opaque très résistante, la sclérotique. La lumière est partiellement déviée par la cornée.
- Selon la luminosité, l'œil peut moduler la quantité de lumière perçue par ouverture ou fermeture de **l'iris**.
- Le trou par lequel entre la lumière est la **pupille**.
- La lumière est déviée une nouvelle fois par le **cristallin**. Cette structure est soumise à l'action des muscles ciliaires, de telle manière que le cristallin peut faire varier la focalisation de la lumière. Le but est que les rayons convergent exactement sur le fond de l'œil, quelle que soit la distance des objets observés : c'est l'accommodation.
- **La zone au fond de l'œil**, qui recouvre une enveloppe sombre (la choroïde), est la **rétine**. Elle est pourvue d'une grande quantité de récepteurs de lumière. Ces derniers sont de deux sortes :
 - Les récepteurs sensibles à la luminosité** : Les **bâtonnets**
 - et ceux sensibles aux couleurs** : les **cônes**.