

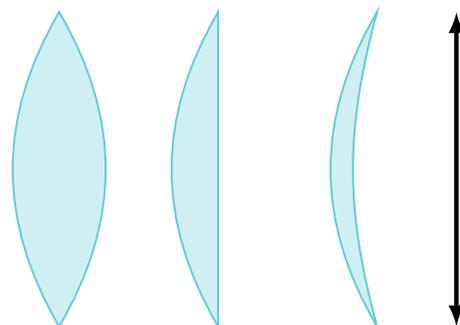
# LENTILLES

## 1 - Différents types de lentilles

Une lentille est un milieu transparent limité par deux dioptries, les deux peuvent être sphériques ou l'un est sphérique et l'autre est plan (on les nomme souvent lentilles sphériques).

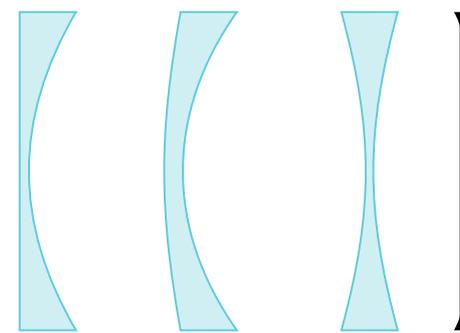
Les lentilles à bord mince et centre épais sont appelées lentilles convergentes.

De gauche à droite: Biconvexe, Plan convexe, Mérisque convergent, symbole de la lentille convergente.



Les lentilles à bord épais et centre mince sont appelées lentilles divergentes.

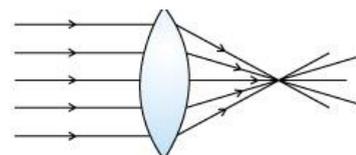
De gauche à droite: Biconcave, Plan concave, Mérisque divergent, symbole de la lentille divergente.



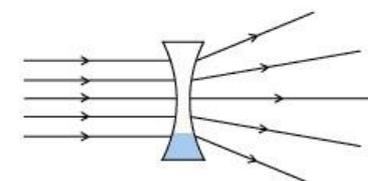
Une lentille a la propriété de changer la direction de propagation de la lumière du fait de la réfraction qui se produit sur chaque dioptrie de celle-ci.

Si on dispose une lentille à 1 cm environ au-dessus d'un texte, on constate que les lettres observées à travers une lentille à bords minces, sont agrandies (effet de loupe). Il se produit l'effet inverse avec une lentille à bords épais.

Une lentille à bords minces transforme un faisceau de rayons lumineux parallèles en un faisceau convergent immédiatement après la lentille: cette lentille est convergente.



Une lentille à bords épais transforme un faisceau de rayons lumineux parallèles en un faisceau divergent immédiatement après la lentille: cette lentille est divergente.



## 2- Les lentilles minces convergentes

### 2.1- Caractéristiques des lentilles minces convergentes

**Centre optique:** 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. Pour les lentilles que nous utiliserons  $O$  est le centre géométrique.

**Axe optique principal:** c'est la droite passant par  $O$  et par le centre de courbure d'une des faces sphériques. C'est l'axe de symétrie de la lentille. Par convention, on oriente l'axe optique dans le sens de propagation de la lumière et on choisit pour origine le centre optique  $O$ .

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

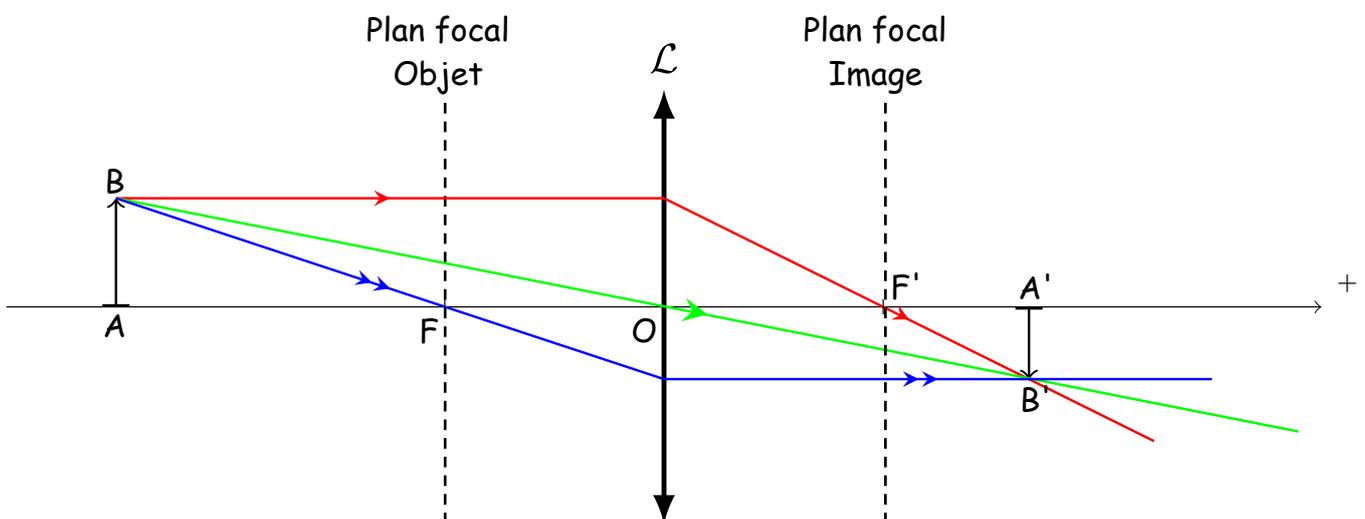
**Distance focale image:** c'est la distance séparant le centre  $O$  du foyer image  $F'$ . C'est une grandeur algébrique  $\overline{OF'} = f' > 0$ . Son unité est le mètre.

**Plan focal image:** c'est le plan perpendiculaire à l'axe optique et contenant le foyer  $F'$ .

**Foyer objet:** 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:** c'est la distance séparant le centre  $O$  du foyer objet  $F$ . C'est une grandeur algébrique notée  $f$  telle que  $f = \overline{OF} = -\overline{OF'} < 0$ . Son unité est le mètre.

**Vergence:** elle est égale à l'inverse de  $f'$  et s'exprime en dioptries  $C = \frac{1}{f'}$ . Une lentille est d'autant plus convergente que sa vergence est grande.



Une lentille convergente comporte donc deux foyers, appelés foyer principal objet et foyer principal image:

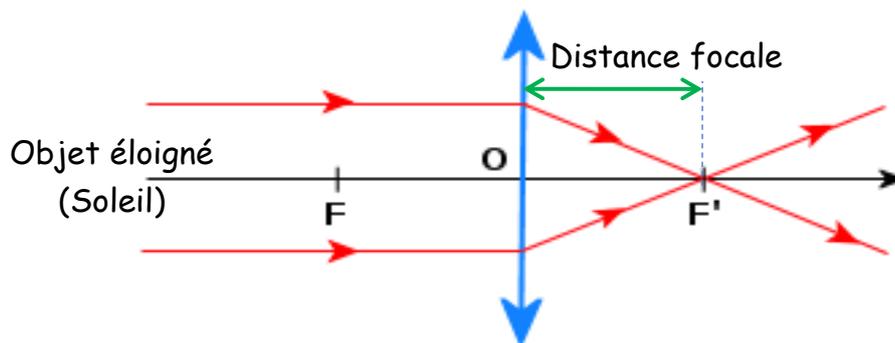
- Tout rayon incident passant par F, foyer principal objet, émerge parallèle à l'axe optique. Ce foyer a donc son image à l'infini.
- Tout rayon incident parallèle à l'axe optique émerge en passant par F', foyer principal image. Ce foyer est donc l'image d'un objet à l'infini.
- Ces foyers sont symétriques par rapport au centre optique de la lentille.

## 2.2- Détermination de la distance focale

Une méthode approximative, mais simple à réaliser: lorsqu'on obtient sur un écran une image nette d'un objet lumineux très éloigné, dont les rayons proviennent de l'infini, comme le Soleil par exemple, alors la distance mesurée entre la lentille et l'écran, sera la distance focale  $f' = \overline{OA'} = \overline{OF'}$  de cette lentille convergente.



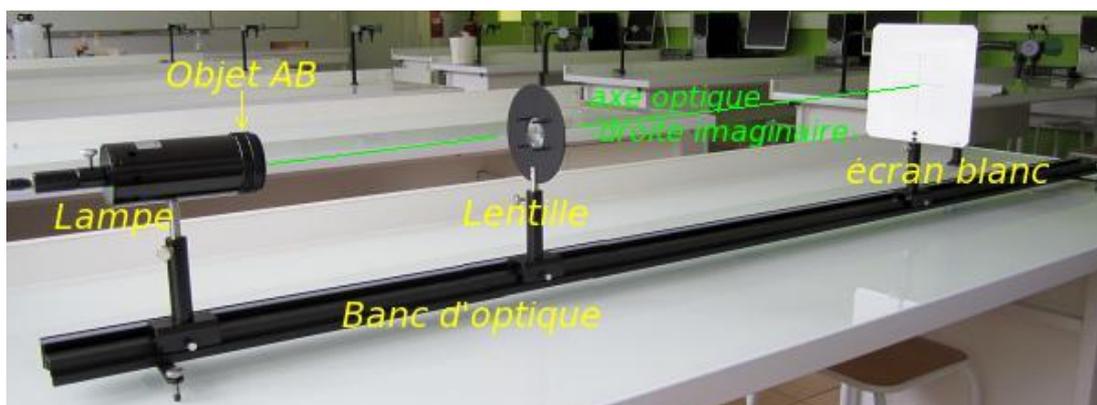
L'image d'un objet se trouvant à l'infini se forme dans le plan focal image.



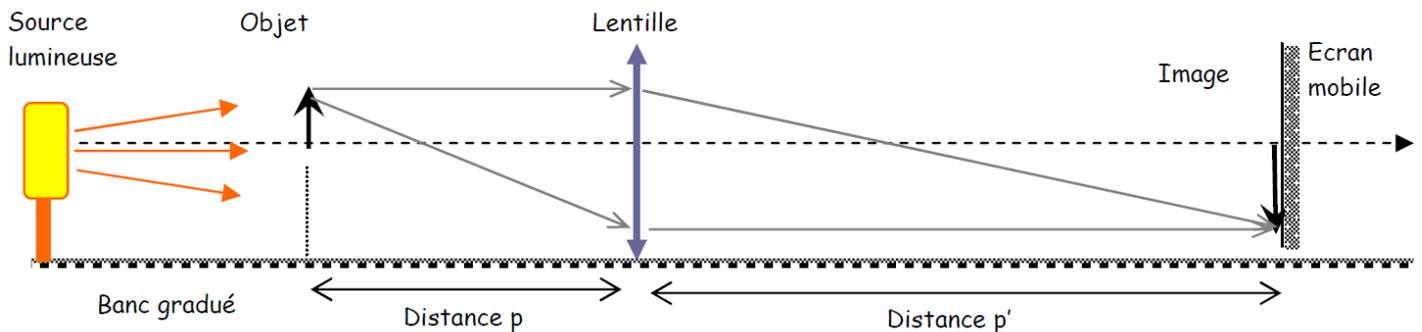
## 2.3- Production d'une image réelle

Produire sur un écran l'image d'un objet est relativement facile, et cela fera l'objet d'une séance de TP.

On réalise le montage ci-dessous.



La lentille convergente étant fixe sur le banc optique, on déplace l'objet et l'écran de façon à obtenir une image nette. On réalise plusieurs mesures des distances  $p$  et  $p'$ .



Après exploitation des données on obtiendra la relation:

$$\frac{1}{p'} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f'}$$

Où  $f'$  est la distance focale image de la lentille convergente.

**Remarque:** Cette relation est appelée relation de conjugaison de Descartes.

## 2.4- Construction d'une image réelle

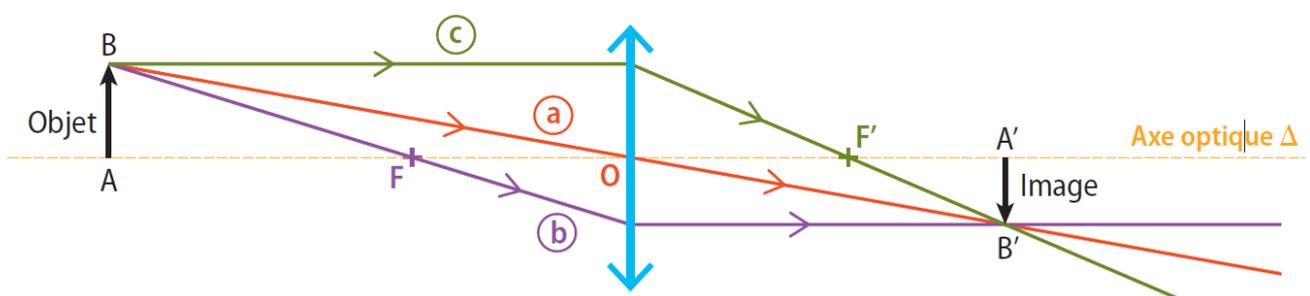
Par convention, la lumière se propage de la gauche vers la droite.

Un objet plan droit  $AB$  perpendiculaire à l'axe optique est situé à gauche du foyer objet  $F$ .

Une lentille mince convergente forme son image sur un écran.

On construit graphiquement cette image à partir de deux rayons particuliers parmi les trois suivants:

- Le rayon issu (a) de  $B$  passant par  $O$  n'est pas dévié.
- Le rayon (b) issu de  $B$  passant par le foyer objet  $F$  émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique.
- Le rayon (c) issu de  $B$  parallèle à l'axe optique émerge de la lentille en passant par le foyer image  $F'$ .



L'intersection de ces rayons définit l'image  $B'$  du point  $B$ , extrémité de l'objet.

Le point  $A'$  image du point  $A$  est à l'intersection de l'axe optique et de la perpendiculaire à l'axe passant par  $B'$ .

L'image  $A'B'$  est dite réelle car elle est observable sur un écran. Cette image est dite renversée si elle est de sens opposé à celui de l'objet et droite si elle est de même sens.

Après exploitation des données on obtiendra la relation de conjugaison de Descartes sous sa forme algébrique:

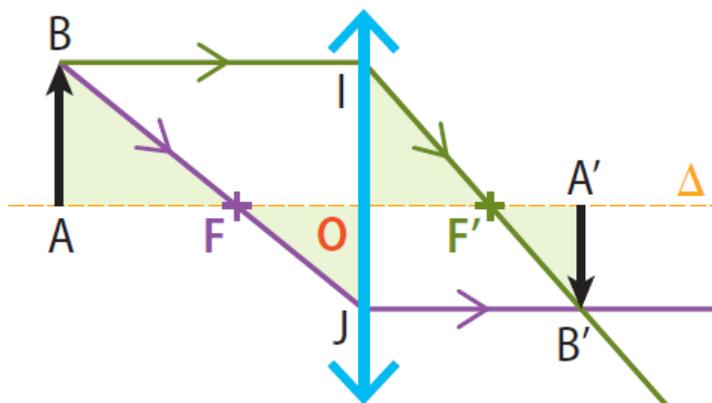
$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

### 2.5- Le grandissement

Le grandissement, noté  $\gamma$ , est le rapport entre la taille de l'image  $A'B'$  et la taille de l'objet  $AB$ :

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

Le grandissement qui n'a pas d'unité est inférieur à 1 si l'image est plus petite que l'objet et supérieur à 1 dans le cas contraire.



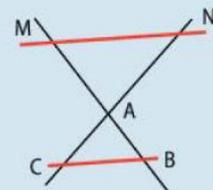
Le grandissement s'exprime aussi à l'aide des égalités obtenues par l'application du théorème de Thalès.

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

#### Le théorème de Thalès

$ABC$  est un triangle. Les points  $A, M, B$  sont alignés, ainsi que les points  $A, N, C$ . Les droites  $(MN)$  et  $(BC)$  sont parallèles. On a alors l'égalité :

$$\frac{AM}{AB} = \frac{AN}{AC} = \frac{MN}{BC}$$

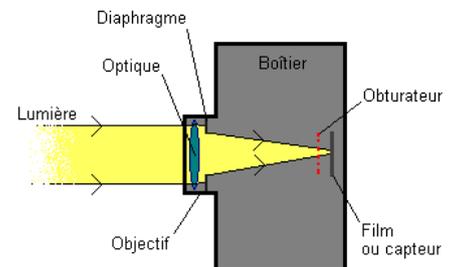


### 3- Quelques instruments optiques simples

#### 3.1- L'appareil photographique

Mis à part quelques détails de structure qui diffèrent suivant leur type, les appareils photo actuels fonctionnent sur un même principe et se composent des éléments de base suivants:

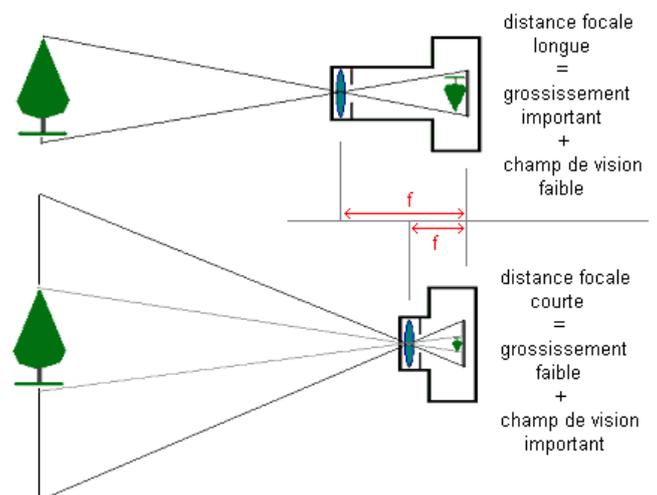
- Un viseur
- Un déclencheur
- Un objectif
- Un diaphragme
- Un obturateur
- Un film ou un capteur



Lors de l'appui sur le déclencheur, l'obturateur s'ouvre afin de laisser passer la lumière par l'objectif qui va fournir une image nette du sujet à photographier au film ou au capteur numérique. La quantité de lumière entrante est déterminée par le temps durant lequel l'obturateur va rester ouvert et par la taille de l'ouverture du diaphragme. A la fin de l'exposition, l'obturateur reprend sa position fermée initiale.

L'objectif est le système optique à l'avant de l'appareil. Il est composé de lentilles dont le but est de former une image sur la surface sensible, film ou capteur. Son choix est primordial car il est responsable de la qualité de la prise de vue. Il peut être fixe ou interchangeable.

Sa caractéristique fondamentale est sa distance focale, qui détermine le grossissement et le champ de vision observé au travers de l'objectif. Plus précisément, la focale représente la distance en millimètres séparant le film ou le capteur du centre optique de l'objectif lorsque la mise au point est faite à l'infini. Plus la focale est courte, donc plus les lentilles sont proches du plan sur lequel se forme l'image, plus le champ de vision est large. Inversement, plus la focale est longue, plus le champ de vision est restreint. Un objectif possédant une focale variable est appelé communément un zoom.



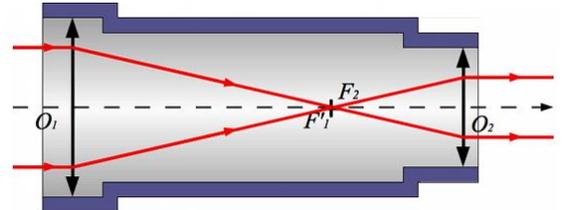
La focale normale, celle qui permet de se rapprocher le plus de la vision humaine, est déterminée par la diagonale du négatif utilisé: 43mm en 24x36 par exemple. Dans la pratique, on parle généralement d'un 50mm. Les appareils ayant une distance focale inférieure sont appelés grands angles, les autres sont des téléobjectifs. La valeur de la longueur focale minimale et maximale est écrite à l'avant de l'objectif. Ces distances diffèrent totalement entre un appareil photo argentique et un numérique, puisque la taille du capteur de l'appareil numérique

est relativement restreinte. Les lentilles sont alors très rapprochées du capteur. C'est pour cela qu'on trouve habituellement la correspondance avec un classique 35 mm qui caractérise les appareils argentiques

### 3.2- La lunette astronomique

Une lunette astronomique est constituée de deux lentilles:

- Une lentille objectif, en entrée de l'instrument, qui capte la lumière de l'astre et en fait l'image à son foyer.
- Une lentille oculaire, en sortie, qui, nous l'avons déjà vu, rejette l'image de l'astre à l'infini afin d'en faciliter son observation à l'œil.



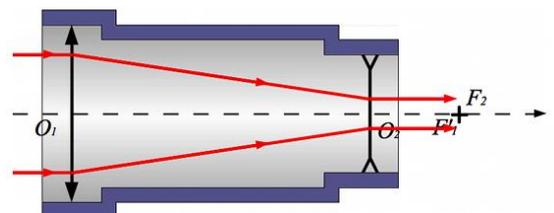
Dans le cas d'une lunette astronomique, les deux lentilles sont convergentes, et l'image de l'astre sera inversée.



### 3.3- La lunette de Galilée

La lunette de Galilée se distingue par la nature de la lentille oculaire. Cette dernière est ici divergente. L'image en sortie sera droite.

À focale équivalente, la lunette de Galilée sera plus courte.



Dans le cas d'une lunette de Galilée, une des lentilles est convergente et l'autre divergente, et l'image de l'astre sera droite.



## 4- Le fonctionnement de l'œil

L'œil réel est un système optique complexe modélisé par un œil réduit qui comporte un diaphragme, une lentille mince convergente et un écran.

Un œil emmétrope est capable de voir nettement des objets très éloignés ou très proches.

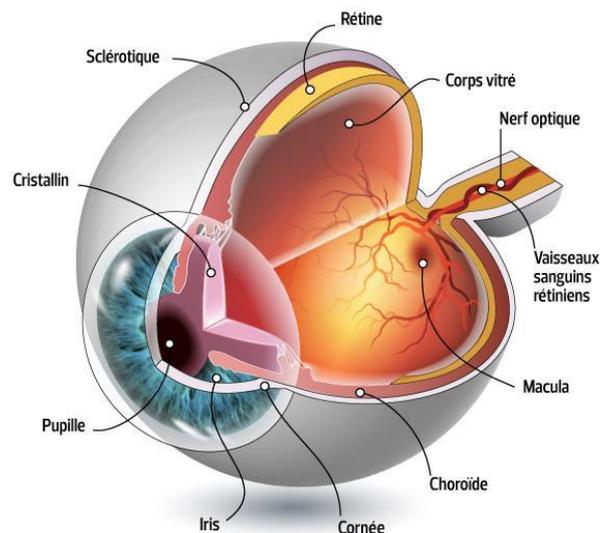
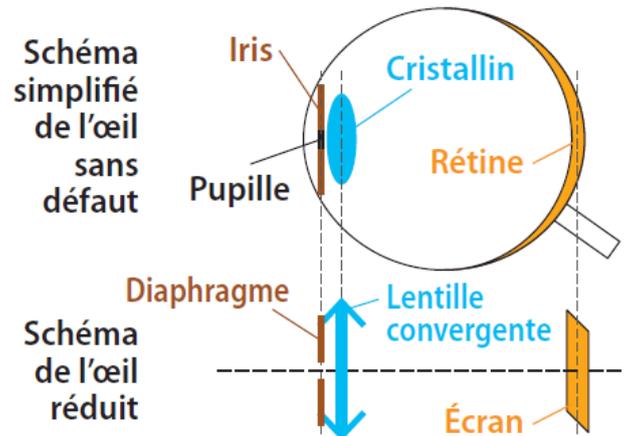
Le diamètre de l'œil étant fixe, la distance focale de la lentille convergente modélisant le cristallin varie, c'est l'accommodation.

Dans un œil, la distance cristallin-rétine reste toujours constante. Elle est de l'ordre de 20mm environ pour l'œil humain.

L'image formée sur la rétine est renversée. C'est le cerveau qui permet d'interpréter à l'endroit les images renversées formées sur la rétine.

Pour que l'image d'un objet pas trop proche de l'œil se forme sur la rétine, le cristallin peut se déformer, ce qui modifie sa distance focale  $f'$ .

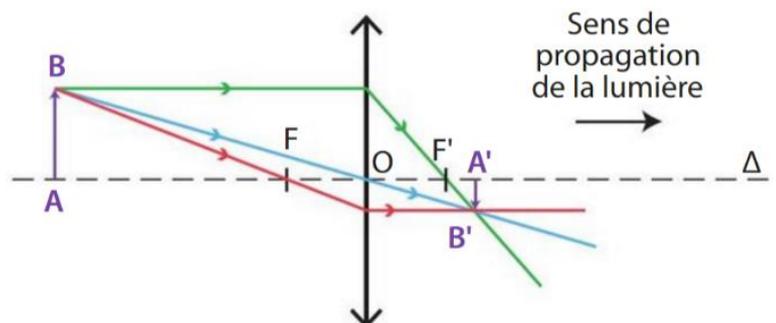
Si l'objet est suffisamment éloigné, l'image se forme sur la rétine sans que l'œil accommode. On dit alors que l'œil est au repos.



## 5- Exercices d'application

### Exercice 1

Sur le schéma ci-contre,  $A'B'$  est l'image d'un objet  $AB$  obtenue à travers une lentille mince convergente. Donner les propriétés des 3 rayons ayant permis de construire l'image  $A'B'$ , puis décrire l'image  $A'B'$ .



On construit graphiquement cette image à partir de deux rayons particuliers parmi les trois suivants:

- Le rayon issu de B passant par O n'est pas dévié.
- Le rayon issu de B passant par le foyer objet F émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique.
- Le rayon issu de B parallèle à l'axe optique émerge de la lentille en passant par le foyer image F'.

L'image A'B' est réelle, renversée car elle est de sens opposé à celui de l'objet et plus petite que l'objet AB.

### Exercice 2

Un objet et une lentille mince convergente sont placée de telle sorte que le grandissement a pour valeur  $\gamma = -0,80$ .

Calculer la taille de l'image d'un objet de 5,1cm donnée par cette lentille puis conclure.

Le grandissement a pour expression:

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

On en déduit la valeur de la taille de l'image:

$$\overline{A'B'} = g \times \overline{AB} = -0,80 \times 5,1 = -4,1 \text{ cm}$$

L'image est renversée et plus petite que l'objet.