

Partie $\phi 1$ - OPTIQUE

Tp $\phi 1$ - INTRODUCTION AUX LENTILLES MINCES CONVERGENTES

1. GENERALITES SUR LA LUMIERE

1.1. MODELE GEOMETRIQUE

Avant le XVII^e siècle, la nature de la lumière et de sa propagation ne sont pas des questions essentielles. Cependant EUCLIDE (IV^e et III^e siècle avant J.-C) pose les bases de l'optique géométrique (en particulier l'étude des miroirs que nous ferons plus loin).

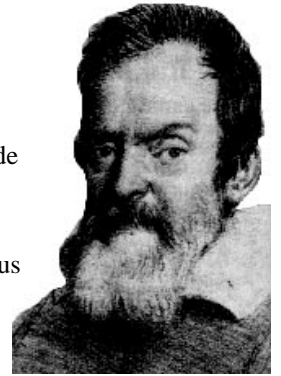
Il faut attendre le XI^e siècle pour qu'ALHAZEN (965 - 1039), physicien arabe, attribue à la lumière une origine extérieure à l'oeil, définisse la notion d'image et interprète la formation des images dans l'oeil. Il propose de plus de nombreuses expériences utilisant des lentilles sphériques et des miroirs.

La diffusion de ces travaux, ainsi que ceux d'EUCLIDE et de PTOLEMEE, permettent le développement de l'optique expérimentale en Europe, au XVI^e siècle.

La fabrication des premières lunettes et des microscopes date de la fin du XVI^e siècle ou du début du XVII^e siècle. En particulier GALILEE (1564 - 1642) observe en 1610 quatre des satellites de Jupiter à l'aide d'une lunette de sa fabrication.

La théorie de DESCARTES (1596 - 1650) utilise alors des règles de modélisation corpusculaire de la lumière par analogie avec la mécanique: une source lumineuse émet des particules qui sont réfléchies par les miroirs et traversent les milieux matériels à des vitesses dépendant de leur nature. Malheureusement, cette théorie balistique impose une vitesse de la lumière dans l'eau ou dans le verre supérieure à celle dans le vide, ce qui est en contradiction avec l'expérience.

Les travaux de NEWTON (1642 - 1727) en optique sont considérables (lentilles non sphériques, prisme et dispersion de la lumière, miroir parabolique, théorie des couleurs).



GALILEE (1564 - 1642)



NEWTON (1642 - 1727)

1.2. MODELE ONDULATOIRE ET CORPUSCULAIRE

Certains travaux (MAXWELL et HERTZ) permettent de décrire la lumière comme une onde électromagnétique (voir cours physique partie 1 sur les ondes), d'autres (PLANCK et EINSTEIN) décrivent la lumière grâce à un modèle corpusculaire en introduisant des quanta d'énergie appelés photons (voir dernier chapitre de physique Term S au mois de Juin ...). Les deux modèles, ondulatoire et corpusculaire, sont assez cohérents entre eux et se complètent.

1.3. PROPAGATION DE LA LUMIERE.

La lumière dans le vide se propage à la célérité de $299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Dans les milieux transparents, la lumière se propage à la célérité $v = \frac{c}{n}$ où n est l'indice optique du milieu.

Dans un milieu homogène, la lumière se propage en ligne droite; les rayons lumineux sont des droites.

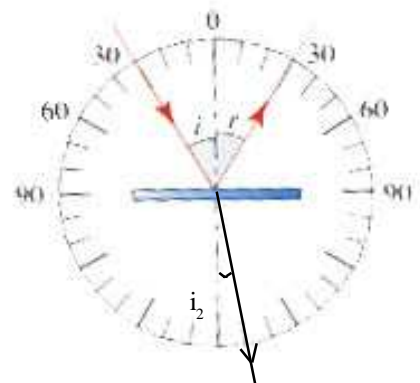
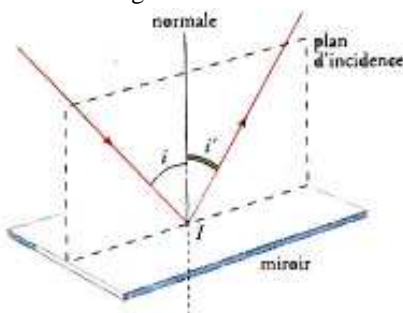
Un faisceau lumineux est constitué d'ensemble de rayons lumineux que *nous traiterons indépendamment les uns des autres*. Ce principe de base de l'optique géométrique est mis en défaut avec certains dispositifs (post bac) mais nous le considérons comme acquis en classe de Terminale S: la propagation de la lumière est basée sur l'indépendance des rayons lumineux. On peut donc tracer chacun des rayons qui constituent un faisceau de lumière indépendamment de son voisin.

Le modèle de rayon lumineux est un outil permettant d'étudier les phénomènes optiques. Un rayon lumineux n'a aucune existence matérielle. Seuls les objets sont visibles.

1.4. LOI DE SNELL-DESCARTES.

A l'interface de deux milieux d'indices optiques différents, un rayon lumineux donne généralement naissance à un rayon réfléchi et à un rayon réfracté, ou transmis, situés dans le plan d'incidence:

- Le rayon réfléchi est symétrique au rayon incident par rapport à la normale à l'interface: l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence.
- L'angle de réfraction est lié à l'angle d'incidence par $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$



2. INTRODUCTION: SYSTEMES OPTIQUES.

Un système optique est une association ordonnée d'éléments (lentilles, miroirs, prismes ...) traversés par la lumière ou la réfléchissant. Un système optique fournit une image d'un objet lumineux.

Au sens de l'optique, une image est une reproduction de l'objet, semblable à l'objet, obtenue en récupérant la lumière issue de celui-ci transmise après le système optique.

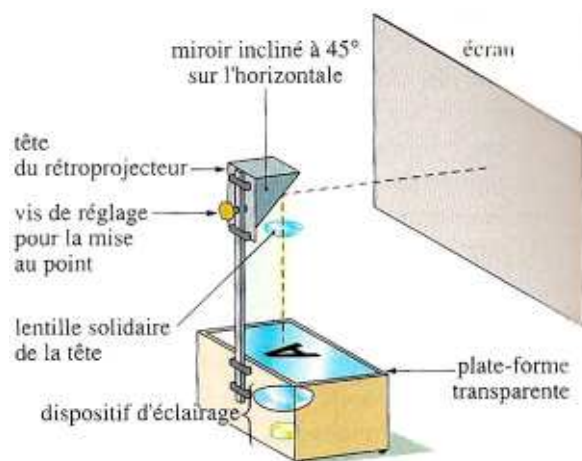
Certains systèmes optiques forment l'image sur un écran diffusant convenablement placé. C'est le cas, par exemple, pour un rétroprojecteur.

Une image peut cependant être visible à travers un système optique sans qu'il soit possible de la recevoir sur un écran. C'est le cas par exemple d'une image donnée par une loupe ou par un miroir.

Les lentilles sphériques sont les éléments essentiels de presque tous les instruments d'optique classiques:

- pour corriger les défauts de vision; les verres de lunette d'une personne myope sont approximativement des lentilles divergentes
- grossissement (loupes, microscopes, lunettes astronomiques) ...
- un objectif d'appareil photo est constitué d'une association de lentilles convergentes et divergentes
- tous les oculaires sont constitués de lentilles convergentes (et / ou divergentes)

L'objectif de ce chapitre est d'étudier uniquement les lentilles sphériques minces convergentes.



3. LENTILLES CONVERGENTES.

3.1. DEFINITION.

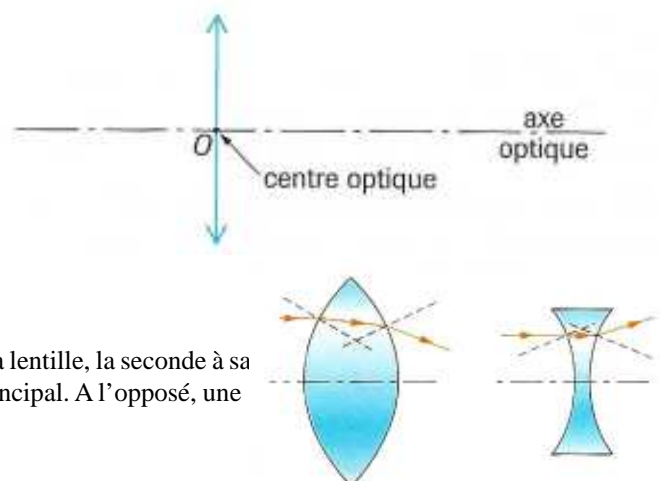
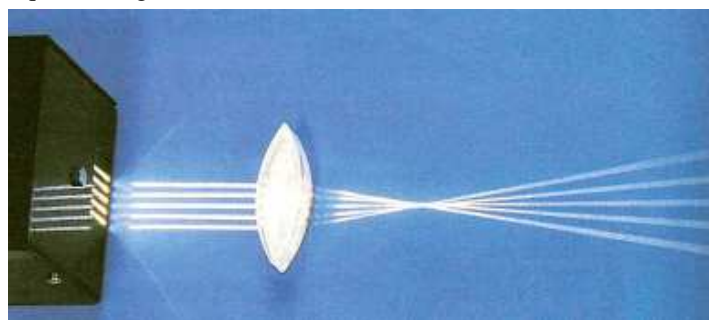
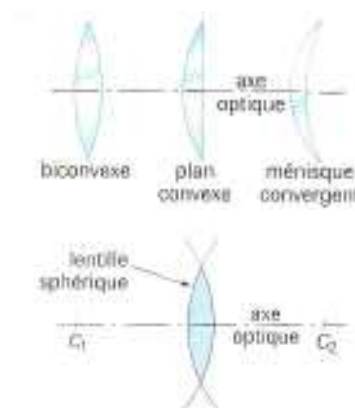
Une lentille est un solide constitué d'un matériau transparent limité par deux faces, dont l'une au moins, est courbe.

Une lentille est dite *sphérique* si les faces courbes sont des portions de sphère (fig 1).

Une lentille sphérique possède un axe de symétrie qui est appelé *axe optique* de la lentille (fig 2).

Une lentille sphérique à bords minces est *convergente*; elle transforme un faisceau parallèle en un faisceau convergent (fig 3).

Une lentille sphérique est dite *mince* si l'on peut négliger l'épaisseur de sa partie centrale qui est alors assimilée à un point O appelé *centre optique* de la lentille. Il en résulte la représentation symbolique de la figure 4.



Remarque.

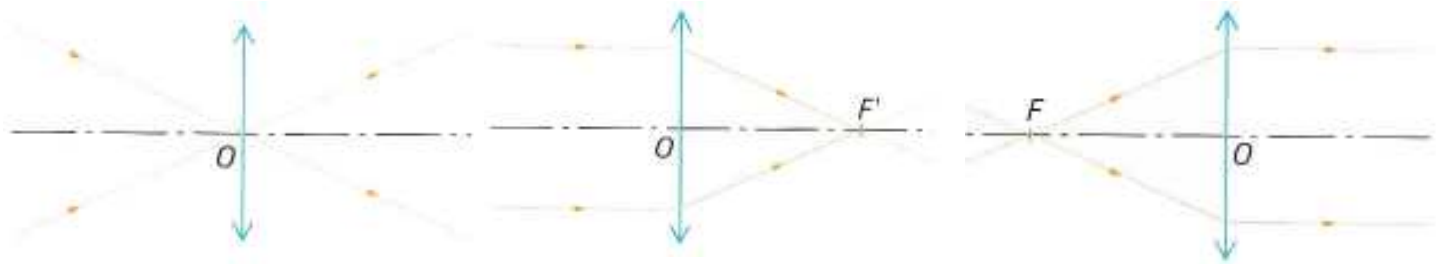
La lumière subit deux réfractions successives, la première à l'entrée de la lentille, la seconde à sa sortie. Si la lentille est convergente, les rayons sont déviés vers l'axe principal. A l'opposé, une lentille divergente écarte les rayons de l'axe principal.

3.2. POINTS IMPORTANTS.

Tout rayon arrivant sur une lentille en son centre optique la traverse sans être dévié.

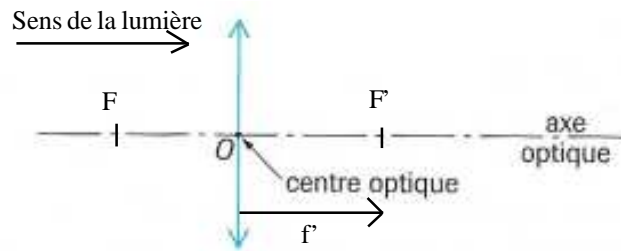
Tout rayon arrivant sur la lentille convergente parallèlement à son axe optique passe, après traversée de la lentille, par un point de cet axe appelé foyer principal image F' de la lentille.

Il existe un point F de l'axe optique tel que tout rayon passant par F et traversant la lentille sort parallèlement à son axe optique. F est appelé foyer principal objet.



3.3. DISTANCE FOCALE ET VERGENCE.

Les deux foyers principaux F et F' d'une lentille convergente mince sont symétriques par rapport au centre optique de la lentille, F devant la lentille et F' derrière.



L'axe optique est orienté dans le sens de la propagation de la lumière: cela signifie que *les distances sont des grandeurs algébriques* qui peuvent donc être comptées positivement ou négativement.

Ainsi, la distance focale image est notée f' telle que $f' = \overline{OF'}$ est donc une grandeur positive.

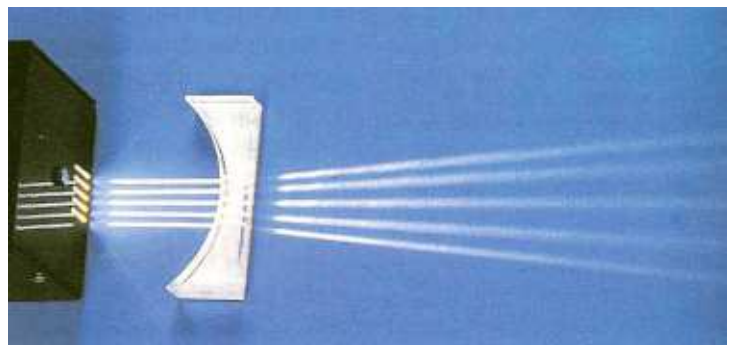
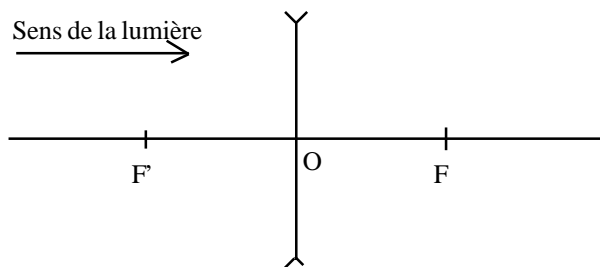
La vergence de la lentille est la grandeur $C = \frac{1}{f'}$ > 0 est une grandeur positive pour les lentilles convergentes.

Si f' s'exprime en mètres, la vergence C s'obtient en m^{-1} ou dioptrie (δ) et puisque $f' = \overline{OF'} > 0$ on en déduit qu'une vergence d'une lentille convergente est positive.



Remarques.

- Nous pouvons également définir la distance focale objet $f = \overline{OF} = -f'$, car F est le symétrique de F' par rapport au centre optique de la lentille donc en valeur absolue les deux distances sont égales, mais $\overline{OF} < 0$
- Les lentilles divergentes ne sont pas au programme de terminale S



avec $f' = \overline{OF'} < 0$ $f = \overline{OF} > 0$ $C = \frac{1}{f'} < 0$ les lentilles divergentes ont des vergences négatives.

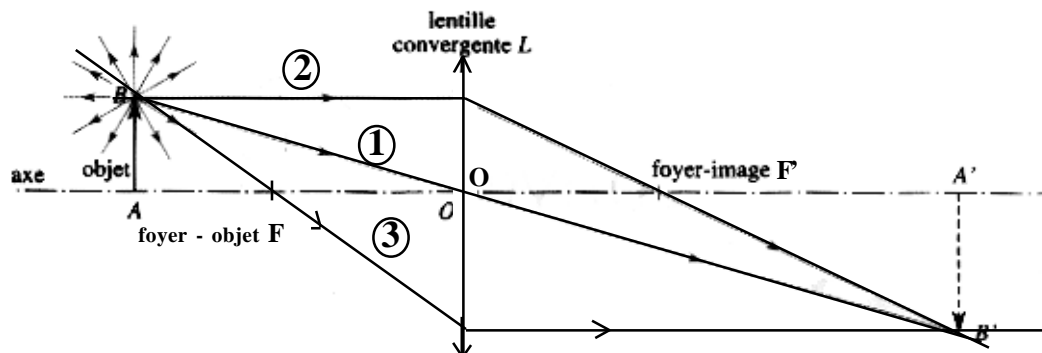
4. CONSTRUCTION DE L'IMAGE D'UN POINT: QUELQUES RAYONS PARTICULIERS.

Exercice. Tracer l'image d'un objet de hauteur 3,0 cm placé à 8,0 cm devant une lentille convergente de focale 5,0 cm. En déduire sa position OA' , est-elle plus grande que l'objet ? s'agit-il d'une image réelle ? est-elle renversée ?

Un point d'un objet lumineux envoie de la lumière dans toutes les directions. Parmi tous les rayons lumineux, ceux qui arrivent sur une lentille doivent former l'image nette du point, en raison du stigmatisme. Un point étant défini par l'intersection de deux droites, il suffit de connaître la trajectoire de deux rayons lumineux issus du point-objet pour définir le point-image lumineux.

La construction de l'image donnée par une lentille convergente nécessite de bien connaître le chemin suivi par certains rayons:

- les rayons lumineux passant par le centre optique de la lentille ne sont pas déviés (cas du rayon ①).
- les rayons lumineux parallèles à l'axe optique émergent en passant par le foyer image de la lentille (cas du rayon ②).



5. LES CONDITIONS DE GAUSS.

Pour obtenir une image nette et fidèle, on doit se palcer dans les conditions de Gauss:

- Les rayons incidents sont peu inclinés sur l'axe optique;
- Les rayons incidents traversent la lentille au voisinage du centre optique.

Les formules des lentilles et les constructions géométriques ne sont valables que dans les conditions de Gauss.

Dans la pratique, l'utilisation d'un diaphragme permet de n'utiliser la lentille qu'au voisinage de son axe, les objets sont petits (comparés au diamètre de la lentille) et situés au voisinage de l'axe optique.

Si ces conditions ne sont pas respectées, la forme obtenue est floue ou déformée.

