Reconnaissance

Identification

- Les lentilles ***à bords minces*** (biconvexe, plan convexe, ménisque convergent) sont convergentes quand elles sont placées dans un milieu ***moins réfringent***.
- Les lentilles ***à bords épais*** (biconcave, plan concave et ménisque divergent) sont divergentes quand elles sont placées dans un milieu ***moins réfringent***.

Lentilles minces

Définition : Lentille mince

Une lentille est dite ***mince*** si son épaisseur est faible. les dioptres la constituant sont alors considérés accolés et un rayon la traversant subit ***seulement un changement de direction*** sans que sa position ne change. Le ***centre optique***, noté O, d'une lentille mince est l'intersection du plan de la lentille avec son axe optique.

Foyers

Définition : Foyer images

On nomme ***foyer image***, noté F', d'un système optique centré quelconque ***le point de convergence*** d'un faisceau collimaté incident ***parallèle à l'axe optique*** Δ. C'est l'***image d'un objet réel situé à l'infini*** sur l'axe optique. Le ***plan focal image*** est le plan perpendiculaire à Δ passant par F'.

Définition : Foyer objet

On nomme ***foyer objet***, noté F, le point dont est issu *un faisceau collimaté émergeant parallèlement à l'axe optique Δ*. Son image est située ***à l'infini*** sur l'axe optique. Le ***plan focal objet*** est le plan perpendiculaire à Δ passant par F.

Distance focale

Définition : Distance focale et vergence d'une lentille mince

La ***distance focale image***, notée f' (resp. objet, notée f), d'une lentille mince de foyer image F' (resp. de foyer objet F) est la mesure algébrique $\overline{OF'}$ (resp. $\overline{OF}$). La ***vergence*** V est définie par $V = \frac{1}{f'}$. La distance focale image et la vergence sont donc :

- ***positive*** pour une lentille convergente : $f' > 0$ et $V > 0$;
- ***négative*** pour une lentille divergente : $f' < 0$ et $V < 0$.

Une seule distance focale

Les foyers objet et image d'une lentille mince sont ***symétriques*** par rapport à son centre optique. Ils sont ***réels*** (resp.~virtuels) pour une lentille ***convergente*** (resp.~divergente).

Objet à distance finie

Objet à distance finie

Pour A sur Δ, on introduit B ***hors de l'axe***, dans le même plan orthogonal à Δ que A. On sait tracer la marche de 3 ***rayons particuliers passant par*** B :

- le rayon parallèle à Δ : {***émerge en passant par \(F^{\prime}\)***}
- le rayon passant par F : {***émerge parallèle à*** Δ}
- le rayon passant par O : {***émerge sans être dévié***}

Centre optique

Un rayon passant par le centre optique d'une lentille mince n'est pas dévié.

Objet à l'infini

Objet à l'infini sur l'axe

On sait tracer la marche de 2 ***rayons parallèles*** particuliers d'un faisceau collimaté incliné de α.

- le rayon passant par F : {émerge parallèle à Δ}
- le rayon passant par O : {n'est pas dévié}

Objet à l'infini hors de l'axe, vu sous $\alpha \ll 1$

L'aplanétisme d'un système centré assure que ses foyers secondaires sont dans les plans focaux.

La distance à l'axe optique du foyer secondaire d'une lentille mince associé à l'incidence α à son foyer est donnée, à l'approximation de Gauss, par $F'F'_\alpha = |\alpha f'|$.

Marche d'un rayon quelconque

Marche d'un rayon quelconque

On détermine la marche :

- d'un rayon quelconque ***tombant*** sur la lentille avec l'incidence α non nulle en le faisant passer par le ***foyer image secondaire*** associé à l'incidence α,
- d'un rayon quelconque ***émergeant*** avec l'incidence α non nulle en le faisant provenir du ***foyer objet secondaire*** associé à l'incidence α.

Relations de Newton[i] (origine aux foyers)

[i] Sir I. Newton, physicien anglais (1643-1727).

Relations de Newton

Soient A un point de l'axe Δ et A' son image sur Δ :

- leurs positions sont reliées par la ***relation de conjugaison*** de Newton :

$$\overline{FA}\cdot\overline{F'A'} = -f'^2.$$

- le grandissement transversal γ_t entre les plans $\mathscr{P}_A$ et $\mathscr{P}'_{A'}$ s'exprime selon :

$$\gamma_t = -\frac{f}{\overline{FA}} = \frac{f'}{\overline{FA}} = -\frac{\overline{F'A'}}{f'}.$$

Relations de Descartes (origine au centre)

Relations de Descartes[ii]

R. Descartes (1596-1650) mathématicien, physicien et philosophe français.}

Soient A un point de l'axe optique \$Δ \$ et A' son image sur Δ.

- Leurs positions sont reliées par la ***relation de conjugaison*** de Descartes :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}.$$

- Le grandissement transversal γ_t entre les plans $\mathscr{P}_A$ et $\mathscr{P}'_{A'}$ s'exprime selon :

$$\gamma_t = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}.$$

{

Exercice

On réalisera un schéma optique pour chaque situation.

1. (a) Un objet de taille 10 cm est placé à 20 cm en amont d'une lentille convergente de distance focale 5 cm. Où sera placée son image par cette lentille, et quelle sera sa taille ? On utilisera les formules de conjugaison de Newton et celles de Descartes.

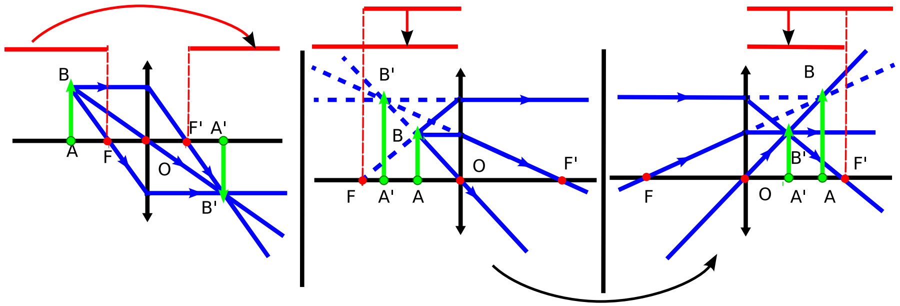
(b) Sous quel angle un observateur placé à 35 cm de la lentille voit-il l'objet ***en l'absence de lentille*** ? Que devient cet angle s'il observe l'objet à travers la lentille, dans la configuration de la question 1a

2. Comment réaliser un grandissement de 4 avec une lentille convergente ? Préciser les caractéristiques (droite/renversée/réelle/virtuelle) de l'image obtenue.

3. (a) Justifier (sans calcul de dérivée) que la distance entre un objet réel et son image réelle par une lentille convergente passe par un minimum. On admet qu'il n'existe qu'une seule configuration réalisant ce minimum.

   (b) Déterminer (toujours sans calcul de dérivée) la configuration (distance objet/lentille, distance objet/image) réalisant ce minimum.

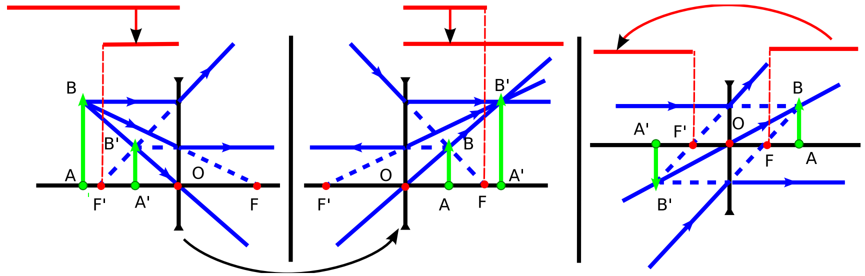
Zones d'une lentille convergente



Zones d'une lentille convergente

	objet		image	
réel	$\overline{FA}<0$	réelle	$\overline{F'A'}>0$	$\gamma_t<0$
	$\begin{cases}-f'<\overline{OA} & <0\\ \to 0<\overline{FA} & <f'\end{cases}$	virtuelle	$\begin{cases}\overline{F'A'} & <-f'\\ \to \overline{OA'} & <0\end{cases}$	$\gamma_t>1$
virtuel	$\begin{cases}\overline{FA} & >f'\\ \to \overline{OA} & >0\end{cases}$	réelle	$\begin{cases}-f'<\overline{F'A'} & <0\\ \to 0<\overline{OA'} & <f'\end{cases}$	$0<\gamma_t<1$

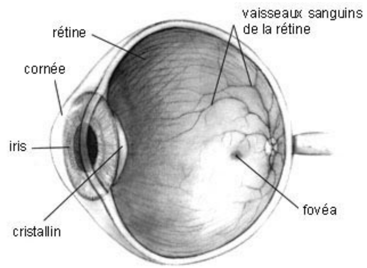
Zones d'une lentille divergente



Zones d'une lentille divergente

	objet		image	
réel	$\begin{cases}\overline{OA} & <0\\ \to \overline{FA} & <-\lvert f'\rvert\end{cases}$	virtuelle	$0<\overline{F'A'}<\lvert f'\rvert$	$0<\gamma_t<1$
virtuel	$\begin{cases}0<\overline{OA} & <\lvert f'\rvert\\ -\lvert f'\rvert<\overline{FA} & <0\end{cases}$	réelle	$\begin{cases}\overline{F'A'} & >\lvert f'\rvert\\ \to \overline{OA'} & >0\end{cases}$	$\gamma_t>1$
	$\overline{FA}>0$	virtuelle	$\overline{F'A'}<0$	$\gamma<0$

Constitution et fonctionnement de l'œil



Accomodation

Définition : Accomodation

L'***accommodation*** est la modification de la vergence du cristallin par contraction musculaire. Les caractéristiques de ce dernier permettent la vision nette entre deux points :

Punctum Proximum (P.P.) le point le ***plus proche***

Punctum Remotum (P.R.) le point le plus éloigné.

Défauts de l'œil

Définition : Défauts de l'œil

Un œil dont le ***punctum remotum*** est à l'infini est dit ***emmétrope***. L'œil est dit :

myope si le ***punctum remotum*** est à distance finie,

hypermétrope si le ***punctum proximum*** est trop éloigné.

astigmate si le cristallin ne présente pas la symétrie de révolution.

Exercice : Variations de vergence de l'œil

1. Déterminer la distance focale maximale, notée f'_{max} d'un œil emmétrope. On le modélisera comme une lentille mince projetant des images réelles sur un écran plan (la rétine) situé à $d_r = 2{,}0\,\text{cm}$.

2. Déterminer la distance focale, notée f'_{min} de l'œil quand il accommode sur un ***punctum proximum*** situé à $d_{\text{min}} = 25{,}0\,\text{cm}$.

3. En déduire la variation relative $\frac{f'_{\text{max}}-f'_{\text{min}}}{f'_{\text{max}}}$ de distance focale entre les deux accommodations extrêmes dont on donnera une valeur approximative en fonction de $f'_{\text{min}} \simeq f'_{\text{max}} = f'_0$ et d_{min}.

Pouvoir séparateur

Définition : Pouvoir séparateur

On nomme ***pouvoir séparateur*** β_s la plus petite séparation angulaire distinguable par un instrument d'optique.

Exercice

On aligne deux lentilles minces de vergences V_1 et V_2 selon le même axe optique. Leurs centres optiques sont notés O_1 et O_2.

Pour tout point sur l'axe optique on note :

- A_1 son image par la première lentille
- A' son image formée après traversée des deux lentilles.

On écrira $A \underset{\mathscr{L}_1}{\curvearrowright} A_1 \underset{\mathscr{L}_2}{\curvearrowright} A'$.

1. Écrire les relations de conjugaison de Descartes pour les deux lentilles.

2. Les lentilles sont ***accolées*** : on considère $O_1 = O_2 \equiv O$. En déduire une relation de conjugaison entre A et A' en utilisant l'unique centre optique.

3.

Accolement de deux lentilles minces

Définition : Accolement de deux lentilles minces

Deux lentilles ***minces*** de vergences V_1 et V_2 ***accolées*** réalisent une lentille mince de vergence :

$$\begin{cases} V & = V_1 + V_2 \\ \frac{1}{f'} & = \frac{1}{f'_1} + \frac{1}{f'_2} \end{cases}$$

Aberrations

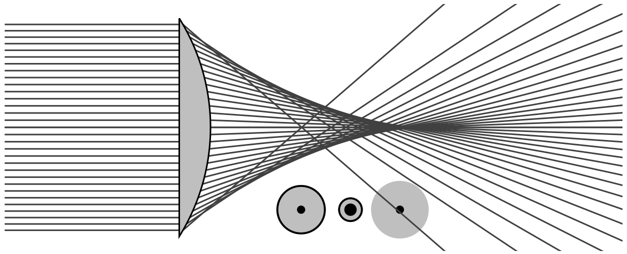
Définition : Aberrations
Les aberrations d'un système optique réel (non idéal) désignent les ***défauts*** de l'image qu'il donne d'un objet. On distingue :

- les aberrations ***chromatiques***, dues à la dispersion du matériau utilisé,
- les aberrations ***géométriques***, dues aux écarts aux conditions de Gauss.

  On ne fera aucun calcul, aucun résultat à connaître

Observations

Aberrations géométriques



Caractérisation et représentation

Définition : Miroir sphérique
Un ***miroir sphérique*** est une portion d'hémisphère dont une face est réflechissante. Il réalise un système optique centré dont l'axe, noté Δ est son axe de symétrie de révolution. Il est caractérisé par :

- son ***rayon***, noté R, égal au rayon de l'hémisphère

dont il est issu,

- son ***centre***, noté C, centre de l'hémisphère dont il

est issu,

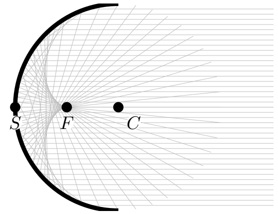
- son ***sommet***, noté S, intersection de l'hémisphère

avec l'axe optique Δ.
Il est dit :

concave si la face réfléchissante utilisée est celle située ***du côté du centre***,

convexe si la face réfléchissante utilisée est celle ***opposée au centre***.

Un seul foyer



Rayons d'un faisceau collimaté réfléchis par un demi-cercle de centre C et de rayon R.

Définition : Foyer d'un miroir sphérique
Les foyers objet et image d'un miroir sphérique sont ***confondus*** au milieu du segment $[SC]$. Ils sont :

réels pour un miroir ***concave***, qui est donc ***convergent***

convexe pour un miroir ***convexe***, qui est donc ***divergent***

Constructions géométriques

Symétrie des rayons émergents

Les constructions géométriques des images d'un miroir sphérique concave (resp. convexe) sont ***équivalentes*** à celles d'une lentille mince convergent (resp. divergente) dans les conditions de Gauss en effectuant une ***symétrie*** des rayons émergents par rapport au plan du miroir.

- un rayon incident parallèle à l'axe optique émerge en passant (réellement ou virtuellement) par le foyer
- un rayon incident passant (réellement ou virtuellement) par le foyer émerge parallèlement à l'axe optique
- un rayon passant par le ***sommet*** émerge symétriquement par rapport à l'axe optique
- un rayon passant par le ***centre*** émerge en suivant le même chemin

Exercice

On considère un miroir sphérique convergent de vergence $V = +5$ utilisé dans les conditions de Gauss.

1. Quel est son rayon de courbure ?
2. Dans quelle zone de l'espace doit-on placer un objet pour en former une image réelle ?
3. On place un objet à 30 cm. Construire son image par le miroir.
4. Où placer un objet réel pour que son image soit réelle et de même taille ? À quelle configuration de la lentille mince cela correspond-il ?

Relations de conjugaison

	miroir $f = +f'$	lentille $f = -f'$
Newton	$\overline{FA}\cdot\overline{F'A'} = f.f' = f'^2$ $\gamma_t = -\frac{f}{\overline{FA}} (= -\frac{f'}{\overline{FA}}) = -\frac{\overline{F'A'}}{f'}$	$\overline{FA}\cdot\overline{F'A'} = f.f' = -f'^2$ $\gamma_t = -\frac{f}{\overline{FA}} (= \frac{f'}{\overline{FA}}) = -\frac{\overline{F'A'}}{f'}$
Descartes	$\frac{1}{\overline{SA'}} + \frac{1}{\overline{SA}} = \frac{1}{\overline{f'}}$ $\gamma_t = -\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}$	$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{f'}}$ $\gamma_t = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

Liens

lentille mince ; défauts de l'œil ; aberrations chromatiques I ; aberrations chromatiques II ; aberrations sphériques ; miroir sphérique ;

Indispensable

Indispensable

- positions des foyers des lentilles, y compris les foyers secondaires
- constructions des objest à distance finie, à l'infini
- relations de Newton/Descartes avec leur schéma, vérifier la cohérence dans des cas particuliers $A = \infty, O, F$
- zones des lentilles à savoir retrouver
- principe de la symétrie pour les miroirs