

Optique géométrique

Ce qu'il faut connaître

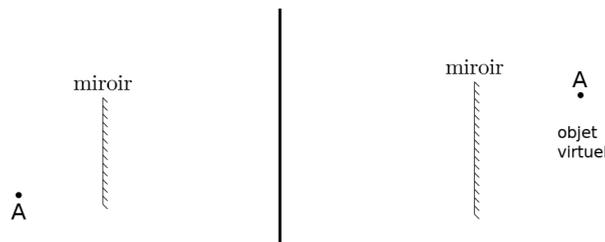
- Quelle est la définition du stigmatisme rigoureux ? Et du stigmatisme approché ?
- Comment sont définies les conditions de Gauss, que permettent-elles ?
- Faire un schéma d'une lentille mince convergente et y placer les points O, F, F' . Comment se nomment ces points ? Placer également le plan focal objet et le plan focal image. Comment est définie la distance focale image f' ? Et la vergence V ?
Faire de même avec une lentille divergente.
- Pour une lentille mince, que devient un rayon passant par son centre optique O ? Et un rayon arrivant parallèle à l'axe optique ?
Et un rayon incident passant par F ? On fera une construction sur un exemple pour illustrer ces trois cas, au choix pour une lentille convergente ou divergente.
- Proposer un modèle simple de l'œil.
- Quelle est l'ordre de grandeur de la limite de résolution angulaire de l'œil ? Et de la plage d'accommodation de l'œil ?

Ce qu'il faut savoir faire

- Construire l'image d'un objet par un miroir plan. Identifier sa nature réelle ou virtuelle.
- Lentille mince : construire l'image d'un objet (à distance finie ou infinie) à l'aide de rayons lumineux.
- Exploiter les formules de conjugaison et de grandissement (à connaître!).
- Établir et utiliser la condition $D \geq 4f'$ pour former l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente.

EC1 - Image d'un objet par un miroir plan

Dans chacun des deux cas, construire l'image de l'objet A . On n'utilisera pas les lois de Snell-Descartes. Tracer quelques rayons lumineux passant par A ou semblant passer par A .



EC2 - Lentille : construire l'image d'un objet

Reprendre les exemples de la feuille annexe fournie pour le cours : tracer à chaque fois l'image de l'objet AB par la lentille. (En colle, l'examineur pourra choisir un seul ou plusieurs cas.)

EC3 - Exploiter les formules de conjugaisons et de grandissement : ex. du montage $4f$

Un objet AB est situé en amont d'une lentille convergente, à une distance $\overline{AO} = 2f'$.

- 1 - En utilisant la relation de conjugaison, donner l'expression de la distance $\overline{OA'}$ permettant de placer l'image A' .
- 2 - Que vaut alors le grandissement transversal ?
- 3 - On fait l'image d'un objet AB de taille 2 cm . Quelle est la taille de l'image ?

EC4 - Établir la condition $D \geq 4f'$

On considère un objet, une lentille convergente et un écran. On forme une image nette de l'objet sur l'écran. On note D la distance entre l'objet et l'écran. On note $x > 0$ la distance entre l'objet et la lentille.

Montrer qu'on doit avoir $D \geq 4f'$.

I. Généralités sur les systèmes optiques

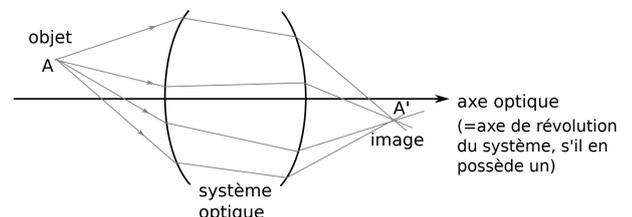
1. Objet et image

Un système optique est un ensemble de dioptries, lentilles, miroirs.

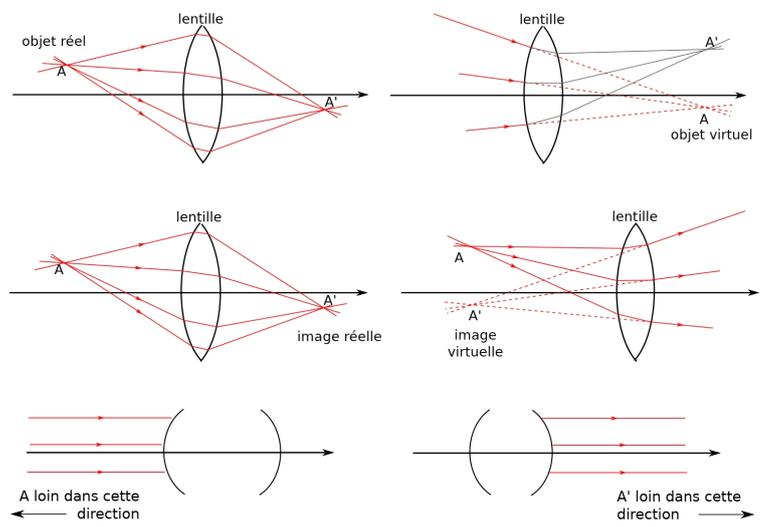
- Objet ponctuel A : c'est le point d'intersection des rayons entrants (=incidents) dans un S.O.

Exemples : source ponctuelle, ou point d'un objet éclairé par une source, ou point créé par un autre S.O.

- Image ponctuelle A' : c'est le point d'intersection des rayons sortant (=émergents) d'un S.O.



- Si les rayons arrivent effectivement en A' \rightarrow image réelle. On peut placer un écran en A' et voir l'image.
- Si les rayons n'arrivent pas réellement en A' \rightarrow image virtuelle. On ne peut pas l'observer sur un écran placé en A' . Pour voir A' , il faut en faire l'image par un autre S.O., par exemple l'œil (si vous portez des lunettes, vous voyez des images virtuelles!)



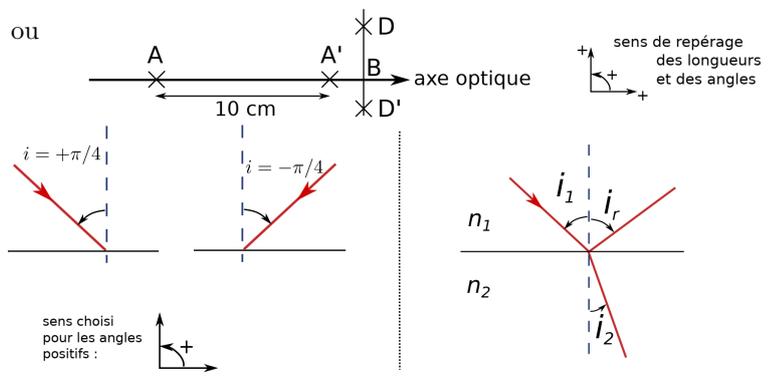
Cas de rayons parallèles : on parle d'objet ou d'image à l'infini.

Conjugaison

En résumé, on a objet $A \xrightarrow{\text{syst. opt.}}$ image A' . A et A' sont dits conjugués, ou points conjugués, par le système optique.

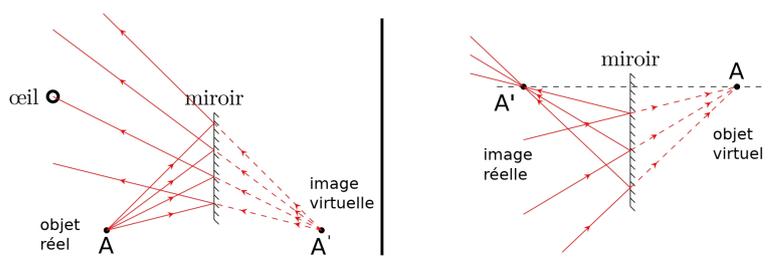
2. Repérage

Les longueurs sont algébriques : elles peuvent être positives ou négatives.
 \rightsquigarrow Par exemple ci-contre :



Les angles sont orientés : ils peuvent être positifs ou négatifs.
 \rightsquigarrow Par exemple ci-contre, les lois de Descartes s'écrivent :

II. Le miroir plan



Exemples de constructions

Propriété

Pour un miroir plan, l'image A' est la symétrique de A par rapport au miroir. Pour tracer rapidement des rayons partant de A ,
 $\left. \begin{array}{l} 1/ \text{ on trace son symétrique } A', \\ 2/ \text{ tout rayon semblera provenir de } A'. \end{array} \right\}$

\rightsquigarrow EC1.

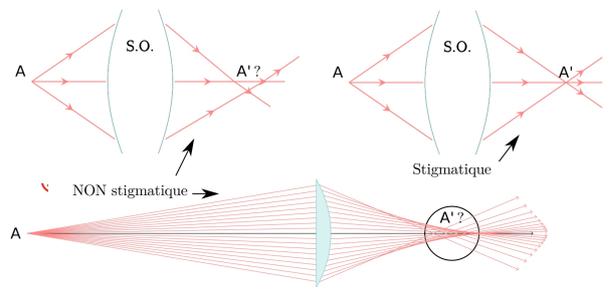
III. Stigmatisme et conditions de Gauss

1. Stigmatisme rigoureux

Définition : stigmatisme rigoureux

Un système optique est rigoureusement stigmatique si l'image d'un point est un point.

Le miroir plan est un système rigoureusement stigmatique pour tout point. C'est le seul système qui vérifie ceci!



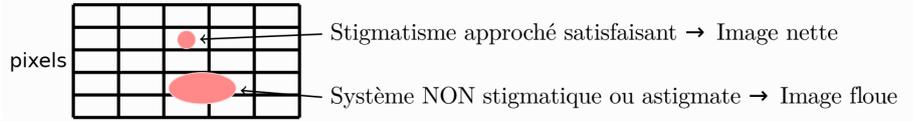
Remarque (pas à retenir) : les causes de non stigmatisme :

- Les aberrations géométriques : l'image d'un point n'est alors pas exactement un point, comme sur le schéma ci-dessus.
- Les aberrations chromatiques : les différentes couleurs ne convergent pas au même point (car l'indice dépend de la longueur d'onde (milieu dispersif)) \Rightarrow taches colorées.

2. Stigmatisme approché

Définition : stigmatisme approché

On a stigmatisme approché lorsque l'image d'un point est une tache dont la taille n'excède pas la résolution du capteur.



Exemple : lorsque la tache image $<$ pixel du capteur.

Quand a-t-on, avec des lentilles, stigmatisme approché?

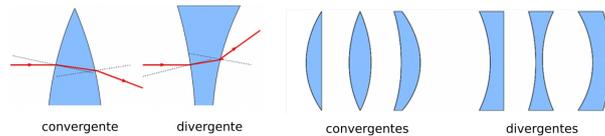
Conditions de Gauss

On est dans les conditions de Gauss lorsque $\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \end{array} \right.$

(on parle de rayon "paraxiaux") Lorsqu'elles sont satisfaites, ces conditions impliquent $\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \end{array} \right.$

IV. Lentilles minces utilisées dans les conditions de Gauss

1. Lentille réelle et modèle de la lentille mince

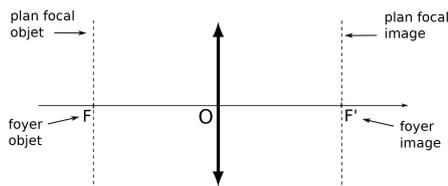


On utilise des lentilles sphériques, de différents types :

On parle de lentille mince si épaisseur \ll diamètre. Alors, dans les conditions de Gauss, il existe des points O , F et F' avec les propriétés suivantes :

Modèle de la lentille mince

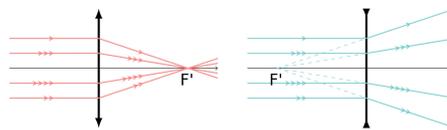
- O est le centre optique. Tout rayon passant par O n'est pas dévié.
- F' est le foyer image. Tout rayon entrant parallèle à l'axe optique émerge en passant par F' .
- F est le foyer objet. Tout rayon entrant passant par F émerge parallèle à l'axe optique. F et F' sont sur l'axe optique et symétriques par rapport à O .



- Distance focale image : $f' = \overline{OF'}$.
- Distance focale objet : $f = \overline{OF}$.

En terme de points conjugués, on a donc (cf ci-contre) :

- objet à l'infini sur l'axe optique lentille $\xrightarrow{\text{lentille}}$ F'
- $F \xrightarrow{\text{lentille}}$ image à l'infini sur l'axe optique



Quelle est la relation entre f et f' ? Quel est le signe de f' pour une lentille convergente? Divergente?

On définit la vergence d'une lentille : $V = \frac{1}{f'}$, unité :

Exemple : $f' = 10$ cm, que vaut la vergence?

2. Relations de conjugaison, grandissement

Relations de conjugaison (à connaître)

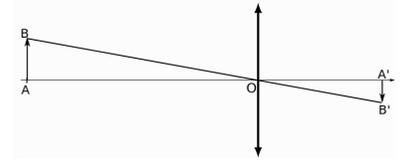
- Relation de conjugaison de Descartes :

- Relation de conjugaison de Newton :

Grandissement transversal (à connaître)

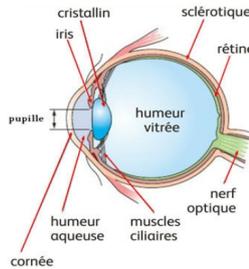
On définit le grandissement $\gamma = \frac{\text{taille image}}{\text{taille objet}} = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$ (Descartes)

On a aussi $\gamma = -\frac{F'A'}{f'} = -\frac{f}{FA}$ (Newton)

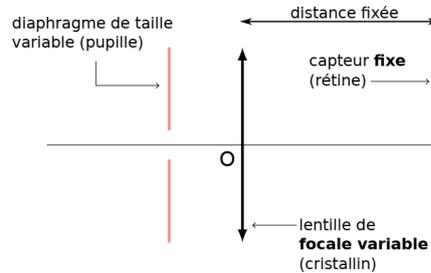


V. Exemples de systèmes optiques

1. L'œil



modèle



Du point de vue optique, les éléments importants sont :

- La pupille, qui agit comme un diaphragme d'ouverture variable et qui permet de gérer la quantité de lumière entrante.
- Le cristallin, qui agit comme une lentille convergente de focale variable.
- La rétine, qui agit comme un capteur de lumière.

Pour accommoder (donc pour former une image nette sur la rétine d'un objet donné), la focale du cristallin varie. La distance entre cristallin et rétine reste quant à elle constante.

Plage d'accommodation

La plage d'accommodation est la distance entre :

- le point le plus proche que l'on peut voir nettement (PP = punctum proximum, cristallin comprimé au maximum), **typiquement situé à 25 cm**,
- le point le plus éloigné que l'on peut voir nettement (cristallin détendu, au repos), (PR = punctum remotum) **situé à l'infini pour un œil normal.**

Résolution angulaire ou pouvoir séparateur

L'œil ne peut distinguer deux objets que si leurs images sur la rétine sont suffisamment éloignées pour se former sur des cellules différentes de la rétine. On parle de résolution angulaire. Pour l'homme : 1 minute d'arc ($2,9 \cdot 10^{-4}$ rad).

2. Condition pour avoir l'image réelle d'un objet réel

Faire l'EC4.

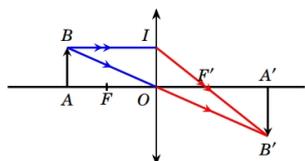
3. La lunette ou le microscope (cf TP)

4. L'appareil photographique (cf DM et TP)

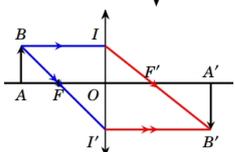
À retenir :

- On peut modéliser simplement un appareil photographique par une lentille mince, un diaphragme et un capteur.
- Lorsque la mise au point est effectuée sur un objet A , il y a une certaine zone devant et derrière A qui sera nette sur la photographie. On parle de profondeur de champ pour qualifier l'étendue de cette zone. Elle est plus grande si l'ouverture du diaphragme est réduite.

Remarque : Démonstration des formules de Descartes et Newton (sans intérêt) :



On a $\frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB}$, $\frac{F'A'}{F'O} = \frac{A'B'}{OI}$ et $AB = OI$, il vient $\frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB} = \frac{F'A'}{F'O} = 1 - \frac{OA'}{OF'} \Rightarrow \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$



On a $\frac{FO}{FA} = \frac{OI}{AB}$, $\frac{F'A'}{F'O} = \frac{A'B'}{OI}$, $AB = OI$ et $A'B' = OI'$. D'où $\frac{F'A'}{F'O} = \frac{A'B'}{OI} = \frac{OI'}{OI} = \frac{OI'}{AB} = \frac{FO}{FA} \Rightarrow \frac{F'A'}{F'O} \cdot FA = f f'$