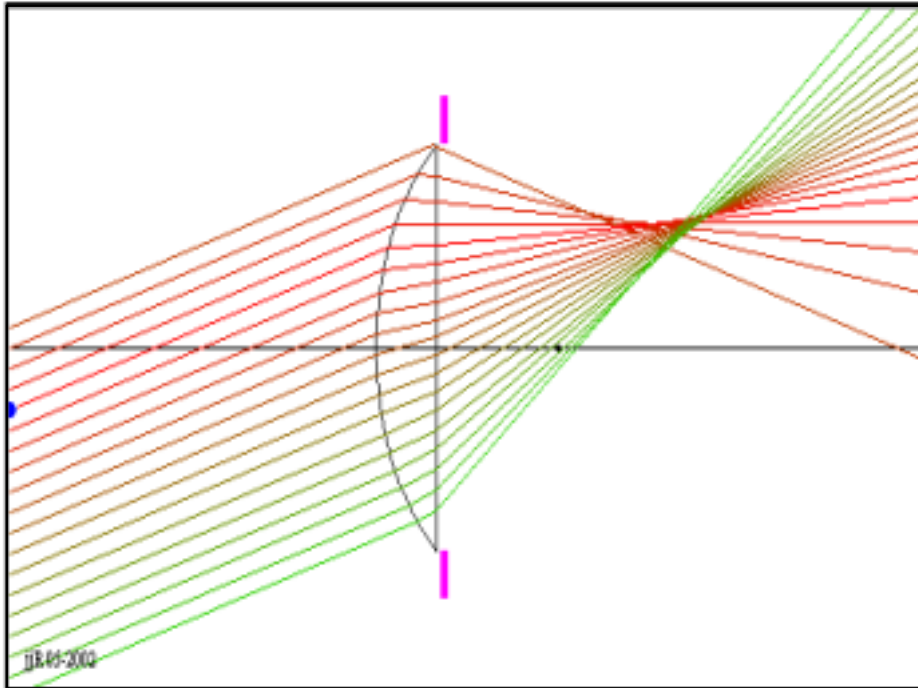


COURS S6

FORMATION D'UNE IMAGE



David Malka

MPSI – 2016-2017 – Lycée Saint-Exupéry

<http://www.mpsi-lycee-saint-exupery.fr>



Table des matières

1	Le miroir plan	1
1.1	Le miroir plan	1
1.2	Observations expérimentales	1
1.3	Stigmatisme rigoureux du miroir plan	1
1.4	Image réelle/virtuelle	2
1.5	Objet réel/virtuel	3
1.6	Relation de conjugaison du miroir plan	4
1.7	Construction géométrique de l'image par un miroir plan	5
1.8	Image d'un objet étendu	5
1.9	Grandissement du miroir plan	5
2	Formation d'une image - Stigmatisme	6
2.1	Système centré	6
2.2	Image et objet conjugués par un système optique	6
2.3	Stigmatisme d'un système optique	6
2.4	Aplanétisme d'un système optique	7
2.5	Grandissement d'un système optique	8
3	Lentilles minces	8
3.1	Qu'est-ce qu'une lentille mince ?	8
3.2	Lentilles convergentes et lentilles divergentes	8
3.3	Stigmatisme approché d'une lentille mince	9
3.3.1	Observations expérimentales et simulation du trajet de la lumière	9
3.3.2	Condition de gauss : stigmatisme approché	11
3.4	Foyers principaux d'une lentille mince	11
3.4.1	Définition	11
3.4.2	Position	12
3.5	Foyers secondaires et plans focaux	13
3.6	Construction d'une image par une lentille mince	13
3.6.1	Rayons particuliers	13
3.6.2	Construction d'une image par une lentille mince	14
3.7	Vergence et distance focale	14
3.8	Relations de conjugaison	14
3.8.1	Formulation de Newton	18
3.8.2	Formulation de Descartes	18
3.9	Grandissement par une lentille	18
4	Compromis en optique instrumentale	19
4.1	Stigmatisme et luminosité	19
4.2	Stigmatisme et diffraction	19

Table des figures

1	Image d'une bougie par un miroir plan	1
2	Stigmatisme du miroir plan http://web.cortial.net/bibliohtml/mir_pl_j.html	2
3	Point-image réel	2
4	Point-image virtuel	3
5	Point-objet réel	3
6	Point-objet virtuel	4
7	Système centré	6
8	Système optique : l'image d'un point est une tache	7
9	Notion d'aplanétisme	7
10	Exemples de lentilles	8
11	Lentille mince convergente	8
12	Lentille mince divergente	9
13	Projection d'une image hors conditions de Gauss	9
14	Une lentille est-elle stigmatique ? http://ressources.univ-lemans.fr/AccessLibre/UM/Pedago/physique/02/optigeo/rayons.html	10
15	Projection d'une image dans les conditions de Gauss	10
16	Stigmatisme approché d'une lentille convexe dans les conditions de Gauss http://ressources.univ-lemans.fr/AccessLibre/UM/Pedago/physique/02/optigeo/rayons.html	11
17	F : foyer principal objet. B : foyer secondaire objet.	12
18	F' : foyer principal image. B' : foyer secondaire image.	12
19	Lentille convergente : les foyers sont réels	13
20	Lentille divergente : les foyers sont virtuels	13
21	Construction 1	15
22	Construction 2	15
23	Construction 3	16
24	Construction 4	16
25	Construction 5	17
26	Construction 6	17
27	Démonstrations des relations de conjugaison	19

Capacités exigibles

1. Construire l'image d'un objet, identifier sa nature réelle ou virtuelle.
2. Conditions de Gauss : énoncer les conditions permettant un stigmatisme approché et les relier aux caractéristiques d'un détecteur.
3. Lentilles minces : connaître les définitions et les propriétés du centre optique, des foyers principaux et secondaires, de la distance focale, de la vergence.
4. Lentilles minces : construire l'image d'un objet situé à distance finie ou infinie à l'aide de rayons lumineux.
5. Lentilles minces : exploiter les formules de conjugaison et de grandissement transversal fournies (Descartes, Newton).
6. Lentilles minces : choisir de façon pertinente dans un contexte donné la formulation (Descartes ou Newton) la plus adaptée de la relation de conjugaison.

1 Le miroir plan

1.1 Le miroir plan

Un miroir est substrat recouvert d'une couche métallique parfaitement réfléchissante. Si ce substrat est plan alors le miroir est plan.

1.2 Observations expérimentales

On réalise l'expérience fig.1 qui consiste à observer une bougie allumée et une bougie éteinte placées symétriquement de part et d'autre d'une vitre dont nous ne considérerons que les propriétés réfléchissantes.

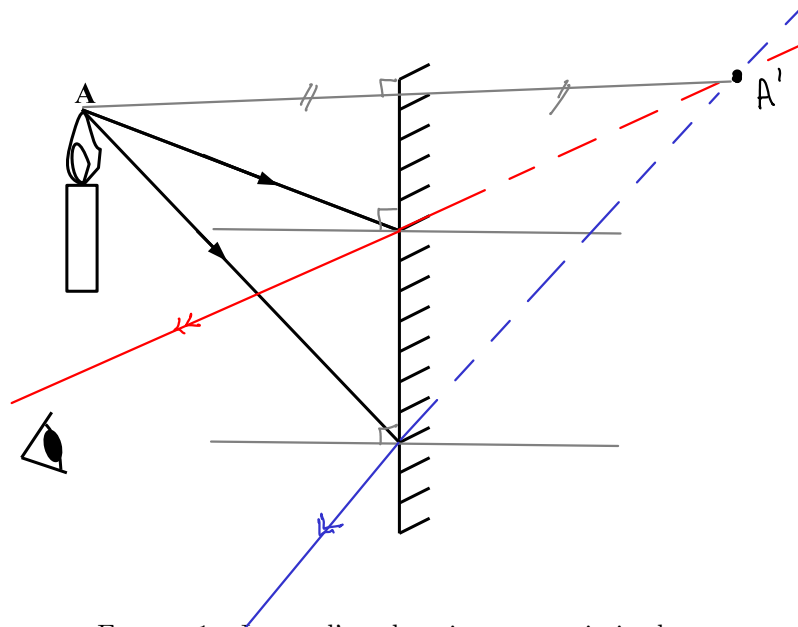


FIGURE 1 – Image d'une bougie par un miroir plan

1. Qu'observe-t-on ?

lorsqu'on allume une bougie, l'autre semble s'allumer

2. Construire les rayons réfléchis (par le miroir) issus des rayons incidents provenant de la flamme A .
3. De quel point A' ces rayons semblent-ils provenir ? Autrement dit, en quel point A' les prolongements des rayons émergents se coupent-ils ?

Par définition, A' est l'image conjuguée du point A par le miroir.

1.3 Stigmatisme rigoureux du miroir plan

L'intersection des rayons du faisceau incident sur le miroir définit un point objet. L'intersection des rayons lumineux émergents du miroir définit l'image par le miroir. Dans le cas du miroir plan, l'intersection dans rayons émergents est un point : on dit que le stigmatisme du miroir plan est rigoureux.

Stigmatisme du miroir plan

Le miroir plan est stigmatique : l'image conjuguée d'un point par un miroir plan est un point.

Le stigmatisme du miroir plan pour tout point objet de l'espace est illustré par la simulation fig.2 :

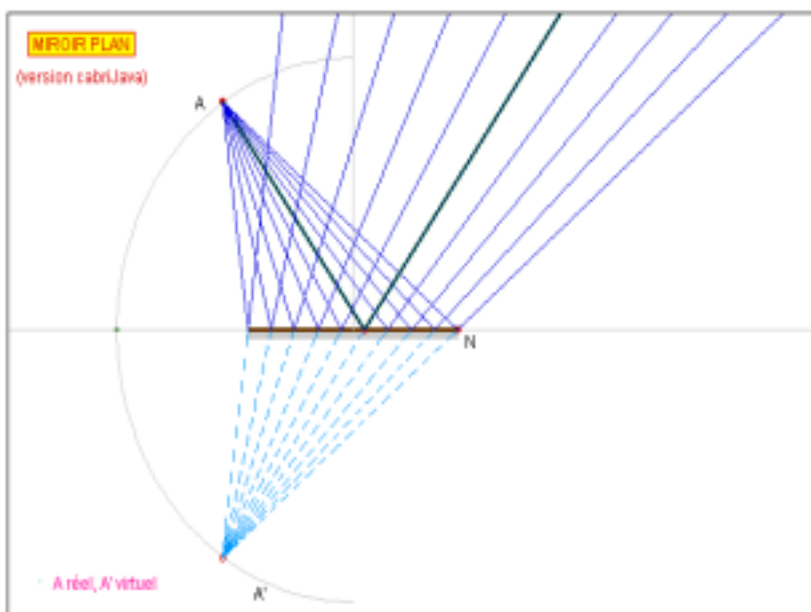


FIGURE 2 – Stigmatisme du miroir plan
http://web.cortial.net/bibliohtml/mir_pl_j.html

1.4 Image réelle/virtuelle

Dans l'expérience fig.1, sont-ce vraiment les rayons émergents qui se coupent? Comment est alors plus précisément définie l'image par le miroir?

Seuls les prolongements des rayons se coupent. L'image A' de A est l'intersection du prolongement des rayons lumineux émergents du miroir.

Image réelle par un système optique
 Une image est réelle si les rayons émergents du système optique se coupent effectivement. Le faisceau lumineux émergent est convergent (fig.3).

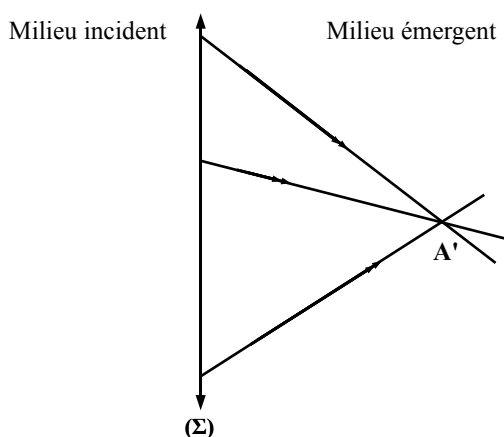


FIGURE 3 – Point-image réel

! *Expérimentalement, on peut former une image réelle sur un écran.*

Image virtuelle par un système optique

Une image est virtuelle si ce sont les prolongements des rayons émergents du système optique qui se coupent. Le faisceau lumineux émergent est divergent (fig.4).

I Expérimentalement, on ne peut pas former une image virtuelle sur un écran.

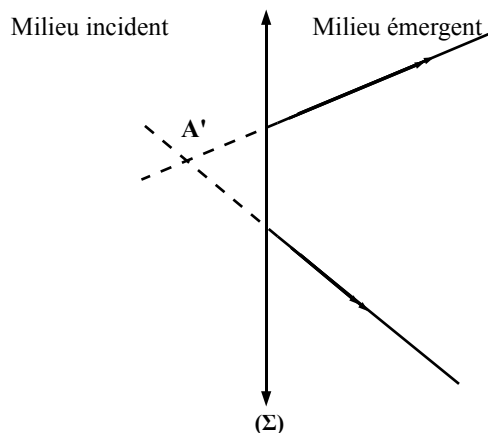


FIGURE 4 – Point-image virtuel

Application-1

Dans l'expérience fig.1, l'image est-elle réelle ou virtuelle ?

Dans l'expérience de la bougie, l'image A' de A est virtuelle.

1.5 Objet réel/virtuel

Objet réel

Un objet est *réel* si les rayons incidents se coupent effectivement. Le faisceau lumineux incident est divergent (fig.5).

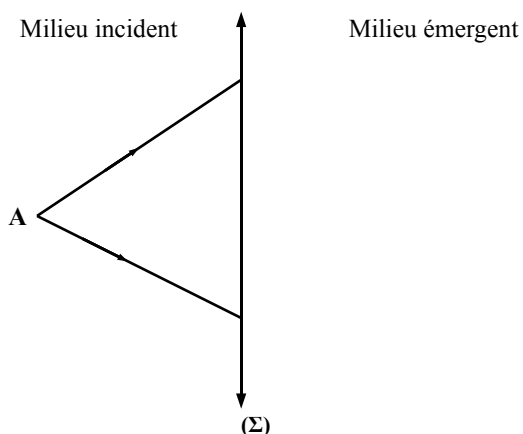


FIGURE 5 – Point-objet réel

I *Expérimentalement, on peut voir directement un objet réel*

Objet virtuel

Un objet est *virtuel* si ce sont les prolongements des rayons incidents qui se coupent. Le faisceau incident est convergent (fig.6).

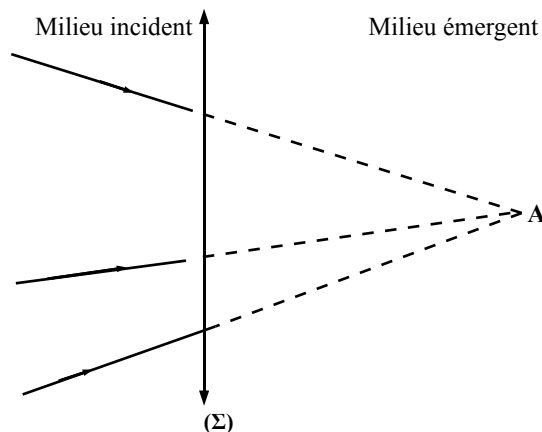


FIGURE 6 – Point-objet virtuel

I *Expérimentalement, on ne peut pas voir directement un objet virtuel*

Application-2

Dans l'expérience fig.1, l'objet est-il réel ou virtuel ?

Dans l'expérience de la loupe, l'objet A est réel.

1.6 Relation de conjugaison du miroir plan

Les positions d'un point objet A et de son image par un miroir plan sont liées par la relation de conjugaison du miroir plan.

Relation de conjugaison du miroir plan

Soit A un point-objet et A' son image conjuguée par le miroir. On note :

$$A \xrightarrow{M} A'$$

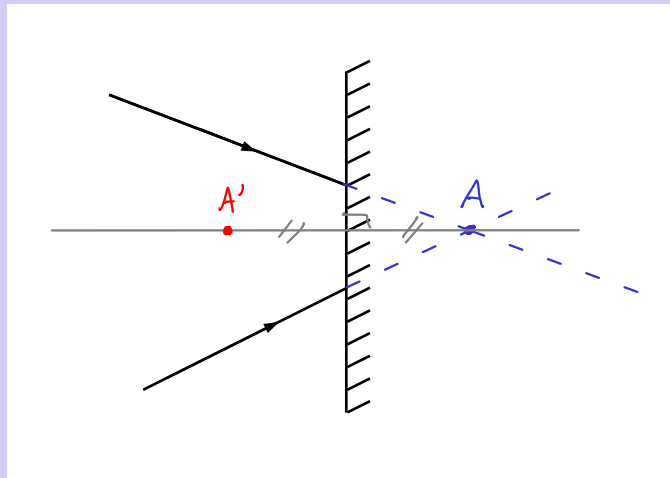
Les positions de A et A' sont liées par le relation de conjugaison du miroir plan :

$$A' = \text{sym}_{\perp}(A)$$

1.7 Construction géométrique de l'image par un miroir plan

Application-3

On considère la situation figure ci-dessous :



Le point objet est-il réel ou bien virtuel vis à vis du miroir ?

Ce sont les prolongements des rayons lumineux incidents sur le miroir qui se coupent. L'objet A est donc virtuel.

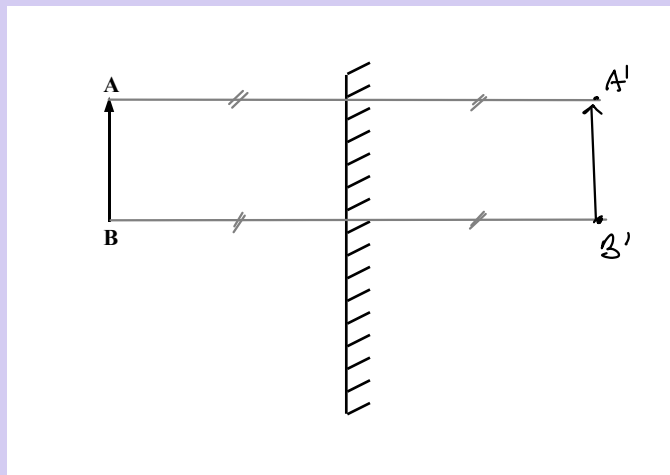
Le repérer par le point A. Construire le point image A' par le miroir. Voir figure

1.8 Image d'un objet étendu

Un objet étendu est modélisé par une collection de points-objets. L'image d'un objet est alors la collection des points-images conjugués à chacun des points-objet.

Application-4

Construire l'image du segment $[AB]$ par le miroir plan.



1.9 Grandissement du miroir plan

La symétrie étant une isométrie : $\overline{A'B'} = \overline{AB}$.

Grandissement et aplanétisme par un miroir plan

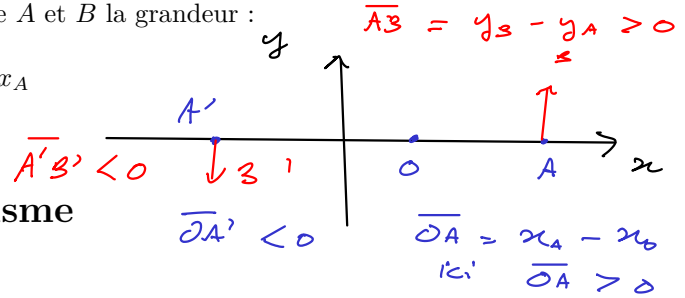
L’image d’un objet par un miroir plan a même taille et même forme que l’objet. Le miroir plan est aplanétique et son grandissement vaut :

$$\gamma = \frac{A'B'}{AB} = 1$$

Notion de distance algébrique : soit deux points A , de coordonnée x_A , et B , de coordonnée x_B , appartenant à un axe orienté. On appelle *distance algébrique* entre A et B la grandeur :

$$\overline{AB} = x_B - x_A$$

Il est évident que $\overline{AB} = -\overline{BA}$ et $|\overline{AB}| = AB$.



2 Formation d’une image - Stigmatisme

2.1 Système centré

Nous nous intéressons essentiellement à une classe de système dit *systèmes centrés*.

Système centré

Un système possédant un axe de symétrie de révolution Δ est dit centré. L’axe Δ est appelé *axe optique* (fig.7).

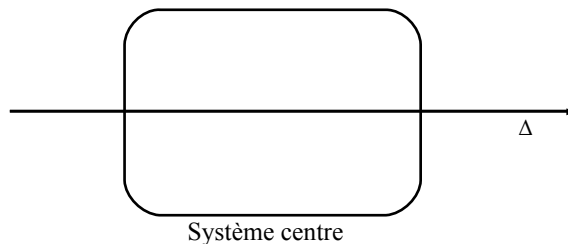


FIGURE 7 – Système centré

Au laboratoire, on compte de nombreux systèmes centrés : loupe, microscope, lunette, télescope...

2.2 Image et objet conjugués par un système optique

Soit un point source A émettant un faisceau lumineux. Ce faisceau rencontre un système optique constitué de dioptres réfractants et/ou réfléchissants. Chaque rayon lumineux a un trajet différent à travers le système optique. Il en résulte un faisceau lumineux émergent qui définit l’image conjuguée A' du point A par le système optique (fig.8).

A priori, l’intersection des rayons émergents n’est pas un point : l’image d’un point est une tâche.

2.3 Stigmatisme d’un système optique

Stigmatisme d’un système optique

On dit qu’un système optique est *stigmatique* si l’image conjuguée d’un point par ce système est un point.

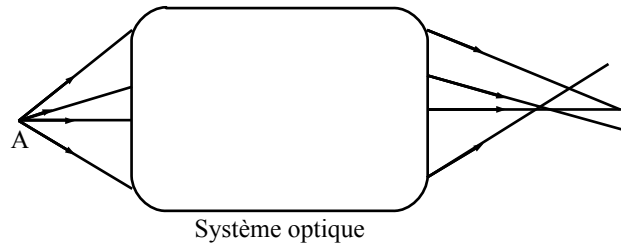


FIGURE 8 – Système optique : l'image d'un point est une tache

2.4 Aplanétisme d'un système optique

Aplanétisme d'un système optique

Un système optique est *aplanétique* si l'image d'un objet plan, perpendiculaire à l'axe optique, est plane et perpendiculaire à l'axe optique (Fig.9).

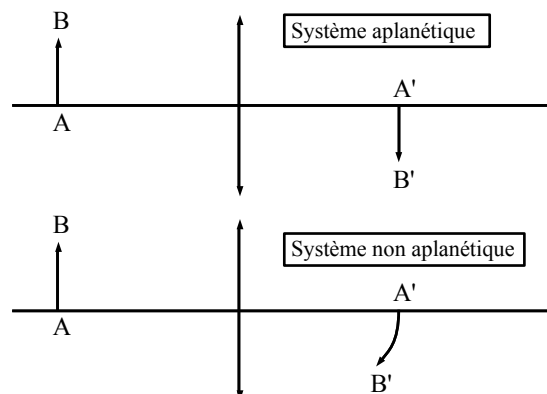


FIGURE 9 – Notion d'aplanétisme

Application-5

Montrer que le miroir plan est un système aplanétique.

La symétrie axiale est isométrique.

2.5 Grandissement d'un système optique

Aplanétisme d'un système optique

Soit $A'B'$ l'image d'un segment AB par un système optique. On appelle *grandissement* γ le rapport :

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

où \overline{AB} et $\overline{A'B'}$ sont des longueurs algébriques.

- Si $|\gamma| > 1$, l'image est agrandie, sinon rétrécie.
- Si $\gamma > 0$, l'image est droite, sinon renversée.

3 Lentilles minces

3.1 Qu'est-ce qu'une lentille mince ?

Une lentille est une portion de milieu homogène transparent isotrope (souvent du verre) limitée par deux dioptrés sphériques (ou plans) de même axe de révolution (axe optique de la lentille).

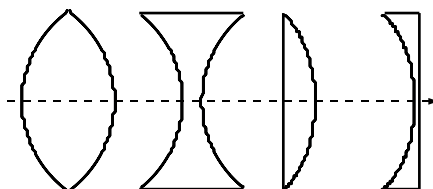


FIGURE 10 – Exemples de lentilles

Une lentille est dite *mince* si l'épaisseur de la lentille S_1S_2 est faible devant les rayons de courbures R_1 et R_2 des dioptrés sphériques constituant la lentille (voir fig.11 et fig.12). Les sommets S_1 et S_2 des deux dioptrés sont alors quasiment confondus : $S_1 \approx S_2 \approx O$. O est le *centre optique* de la lentille. Une lentille mince est représentée par un plan de centre O , perpendiculaire à l'axe optique (représentation de Gauss).

Rayon passant par le centre optique

Tout rayon passant par le centre optique d'une lentille mince est non dévié.

3.2 Lentilles convergentes et lentilles divergentes

Il existe deux types de lentilles minces : convergente (fig.11) et divergente (fig.12).

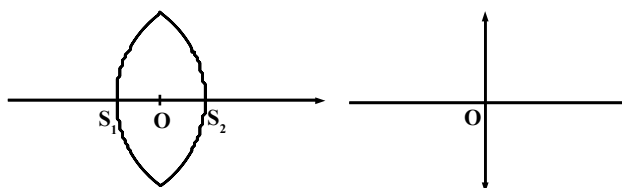


FIGURE 11 – Lentille mince convergente

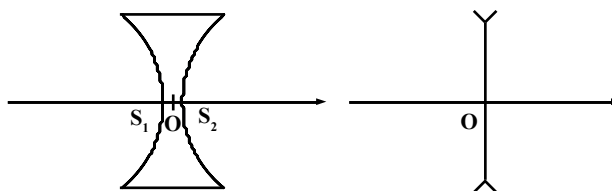


FIGURE 12 – Lentille mince divergente

Observer et schématiser sur les schéma Fig11 et Fig.12 l'effet d'une lentille convergente et d'une lentille divergente sur un faisceau parallèle.

Comment distinguer une lentille divergente d'une lentille convergente ?

- les lentilles divergentes ont des bords épais,
- les lentilles convergentes ont des bords minces.

3.3 Stigmatisme approché d'une lentille mince

3.3.1 Observations expérimentales et simulation du trajet de la lumière

Observer l'expérience suivante : on éclaire une fente (en forme de b) qui va jouer le rôle d'objet. On forme l'image de cette fente sur un écran à l'aide d'une lentille convergente (Fig.13).

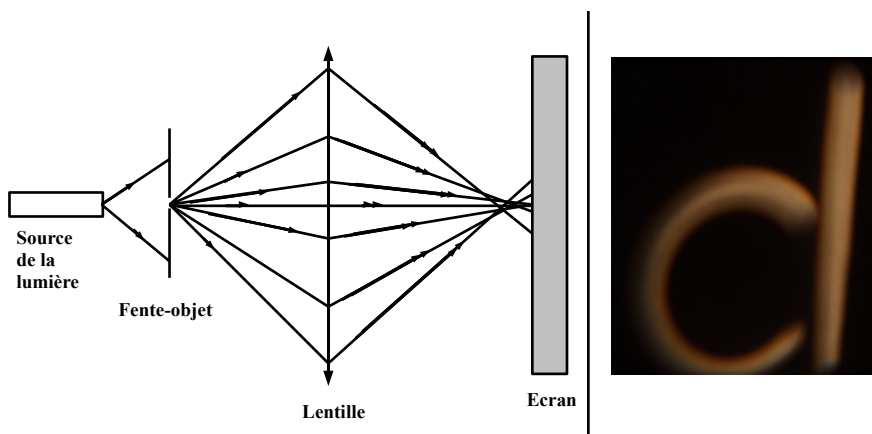


FIGURE 13 – Projection d'une image hors conditions de Gauss

1. L'image de la fente est-elle parfaitement nette ? Autrement dit, la lentille est-elle rigoureusement stigmatique ?

L'image de la fente est floue, donc la lentille n'est pas stigmatique

2. Illustrer ce résultat en procédant à une simulation (Fig.14). Que dire de l'intersection des rayons lumineux émergeant de la lentille ?

L'intersection des rayons lumineux n'est pas un point !

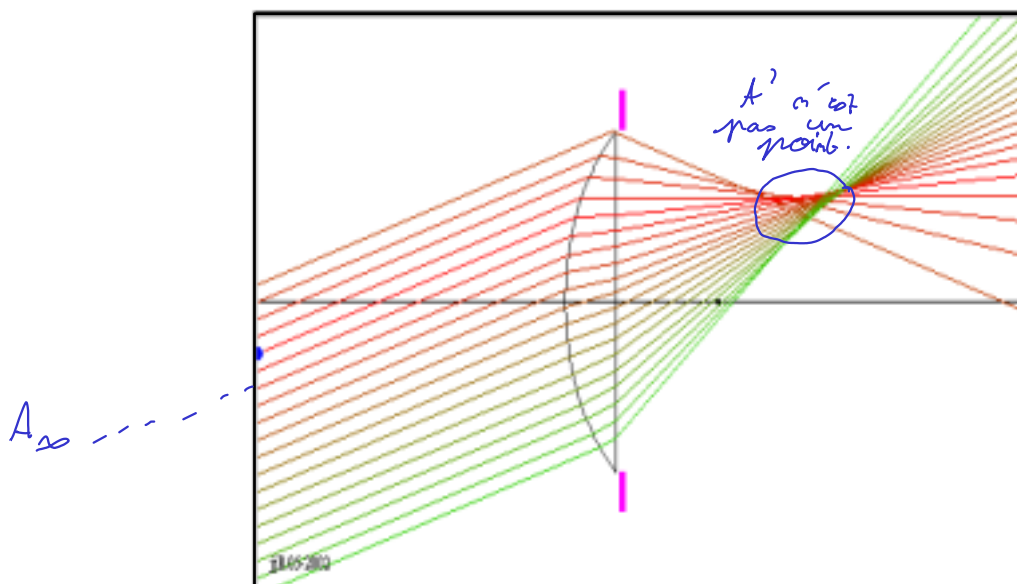


FIGURE 14 – Une lentille est-elle stigmatique ?

<http://ressources.univ-lemans.fr/AccessLibre/UM/Pedago/physique/02/optigeo/rayons.html>

Astigmatisme des lentilles

Les lentilles ne sont pas rigoureusement stigmatiques : l'image d'un point est un tâche.

Comment améliorer la netteté de l'image par une lentille ? On reprend l'expérience précédente. On diaphragme le faisceau atteignant la lentille (Fig.15).

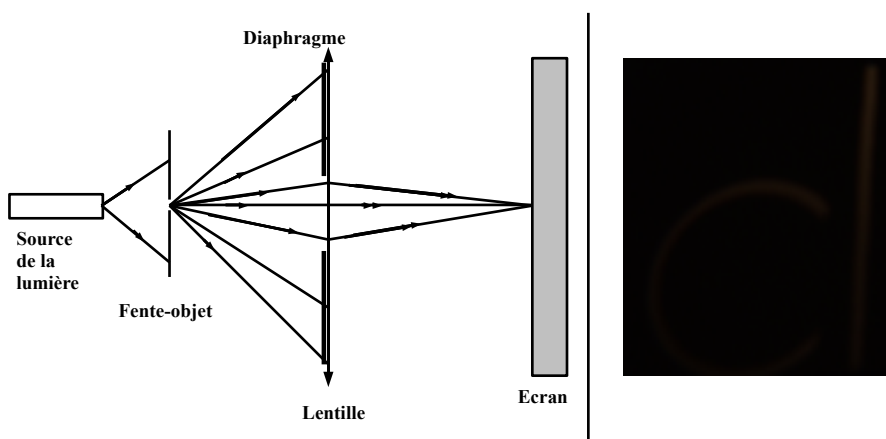


FIGURE 15 – Projection d'une image dans les conditions de Gauss

1. Comparer l'image de la fente avant et après insertion du diaphragme.

l'insertion du diaphragme:
 - diminue la luminosité de l'image
 - augmente la netteté de l'image

2. A l'aide d'une simulation (fig.16), observer l'influence, sur le stigmatisme, de l'inclinaison et de la position des rayons lumineux incidents par rapport à l'axe optique à l'aide d'une simulation. Commenter.

les rayons émergents de la lentille sont et avant plus proche de se couper en un même point que les rayons incidents sont faiblement inclinés par rapport à l'axe optique et proche de l'axe optique

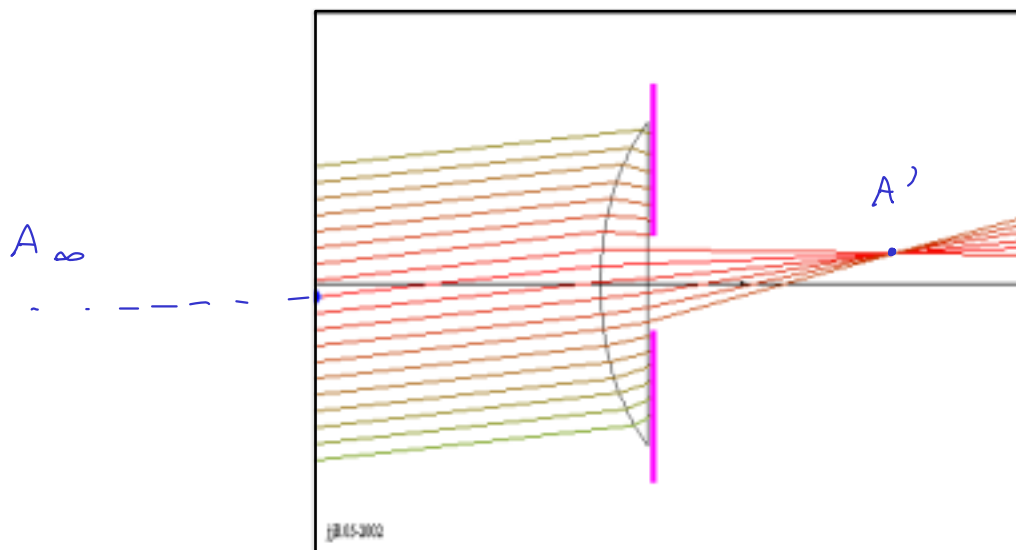


FIGURE 16 – Stigmatisme approché d'une lentille convexe dans les conditions de Gauss

<http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/optigeo/rayons.html>

3.3.2 Condition de gauss : stigmatisme approché

Conditions de Gauss

Dans les *conditions de Gauss*, les rayons lumineux atteignant les dioptries et catadioptries du système optique (Σ) :

- sont proches de l'axe optique,
- sont faiblement inclinés par rapport à l'axe optique.

Ces rayons sont dits *paraxiaux*.

Stigmatisme approché

Dans les conditions de Gauss, les lentilles minces sont approximativement stigmatiques et aplanétiques.

3.4 Foyers principaux d'une lentille mince

3.4.1 Définition

Foyer principal objet

Le *foyer principal objet* d'une lentille est le point de l'axe optique dont le point image se situe à l'infini sur l'axe optique (fig.17). Il est noté F .

Foyer principal image

Le *foyer principal image* d'une lentille est le point-image d'un point-objet à l'infini sur l'axe optique (fig.18). Il est noté F' .

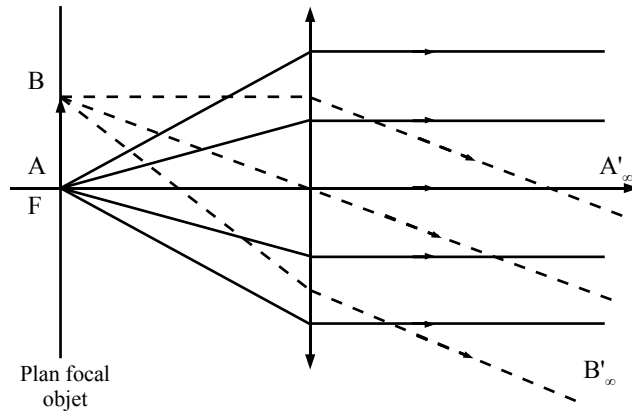


FIGURE 17 – F : foyer principal objet. B : foyer secondaire objet.

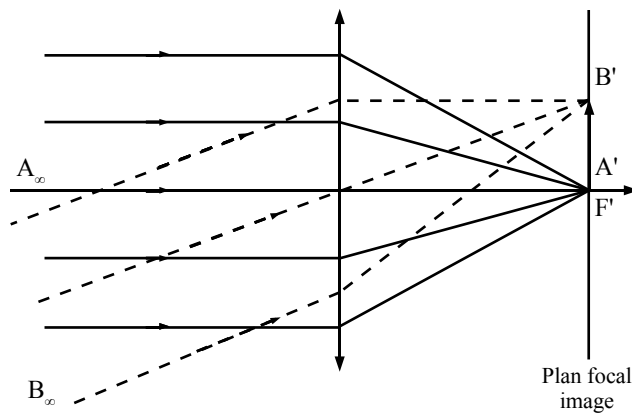


FIGURE 18 – F' : foyer principal image. B' : foyer secondaire image.

3.4.2 Position

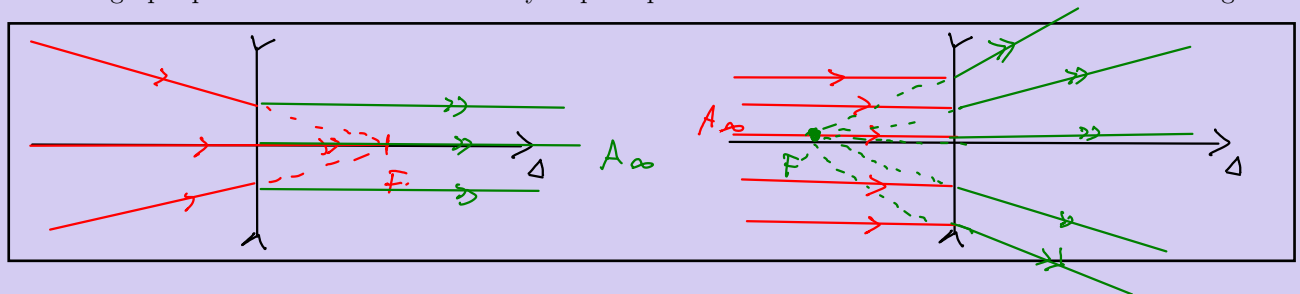
L'expérience montre que les foyers objet F et image F' d'une lentille mince sont symétriques par rapport à son centre optique O ¹.

Les foyers principaux d'une lentille convergente sont réels (fig.19).

Les foyers principaux d'une lentille divergente sont virtuels (fig.20).

Application-6

Illustrer graphiquement les définitions des foyers principaux d'une lentille dans le cas d'une lentille divergente



1. Attention! F et F' ne sont pas conjugués l'un de l'autre par la lentille.

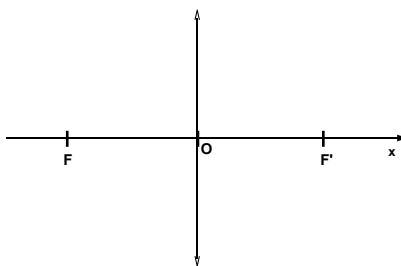


FIGURE 19 – Lentille convergente : les foyers sont réels

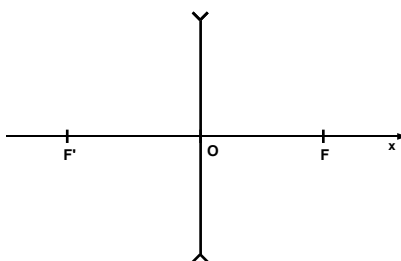


FIGURE 20 – Lentille divergente : les foyers sont virtuels

3.5 Foyers secondaires et plans focaux

Dans les conditions de Gauss, une lentille mince est aplanétique.

Conséquence :

Plan focal objet

L'image d'un objet ponctuel appartenant au le plan perpendiculaire à l'axe optique en F se situe à l'infini. Ce plan est appelé *plan focal objet* (Fig.17). Un point appartenant au plan focal objet est appelé *foyer secondaire objet*.

Plan focal image

L'image d'un objet ponctuel à l'infini à son image dans le plan perpendiculaire à l'axe optique en F' . Ce plan est appelé *plan focal image* (Fig.18).

3.6 Construction d'une image par une lentille mince

3.6.1 Rayons particuliers

Rayons particuliers

Rayons particuliers pour la construction d'une image par une lentille mince :

1. le rayon passant par le centre optique O de la lentille n'est pas dévié,
2. le rayon passant par le foyer objet F du miroir est transmis parallèlement à l'axe optique,
3. le rayon incident parallèle à l'axe optique (Ox) donne un rayon transmis passant par le foyer image F' de la lentille.

3.6.2 Construction d'une image par une lentille mince

Point objet hors de l'axe optique : les trois rayons particuliers

Dans les conditions de Gauss, une lentille mince est considérée comme stigmatique. Il suffit alors de deux rayons lumineux différents pour déterminer la position d'un point image. On les choisira parmi les trois rayons particuliers.

Point objet sur l'axe optique

Pour un point appartenant à l'axe optique de la lentille, les trois rayons particuliers précédents sont confondus avec l'axe optique.

Image d'un point de l'axe optique

L'image d'un point de l'axe optique appartient à l'axe optique.

Pour déterminer la position A' de l'image d'un point A appartenant à l'axe optique, on cherche la position de l'image B' d'un point B appartenant au plan perpendiculaire à l'axe optique Ox en A . On en déduit la position de A' par projection orthogonal de B' sur l'axe optique (propriété d'aplanétisme).

Constructions

Application-7

Dans chacun des cas figures 21, 22, 23, 24, 25, 26, construire l'image $A'B'$ de AB , dire si l'image est réelle ou virtuelle, droite ou renversée, agrandie ou rétrécie, à distance finie ou à l'infini.

3.7 Vergence et distance focale

Distance focale d'une lentille

La distance focale f' d'une lentille mince est définie par :

$$f' = \overline{OF'} = -\overline{OF}$$

Pour une lentille divergente $f' < 0$, pour une lentille convergente $f' > 0$.

Vergence d'une lentille

La vergence V d'une lentille est définie par :

$$V = \frac{1}{f'}$$

Si f' est exprimée en m alors V s'exprime en dioptries δ .

3.8 Relations de conjugaison

Soit A un point-objet. Il existe un unique point-image A' conjugué de A par la lentille. On note :

$$A \xrightarrow{L} A'$$

Les positions d'un objet A et de son image conjuguée A' sont liées par la *relation de conjugaison* de la lentille. On peut l'écrire sous deux formes : la formule de Descartes et la formule de Newton.

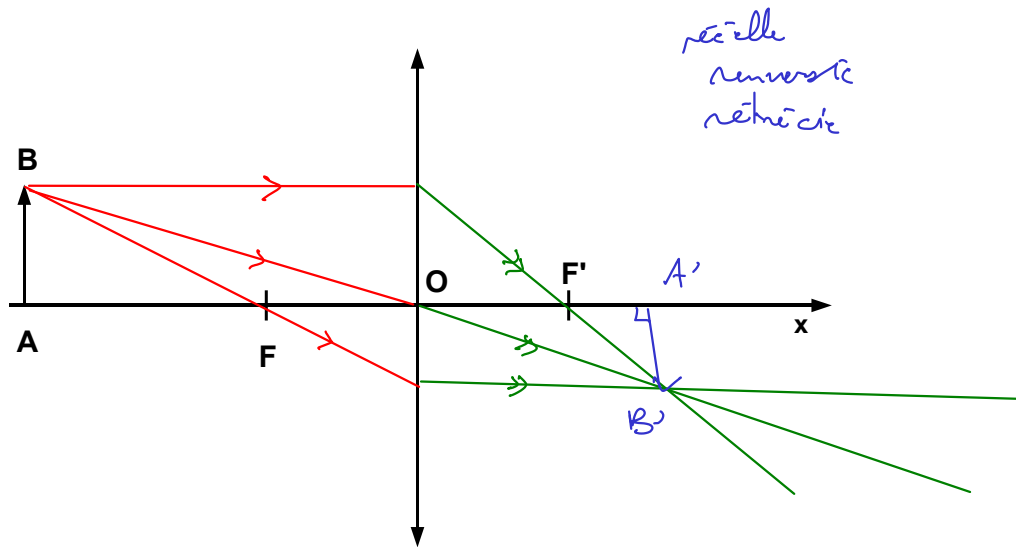


FIGURE 21 – Construction 1

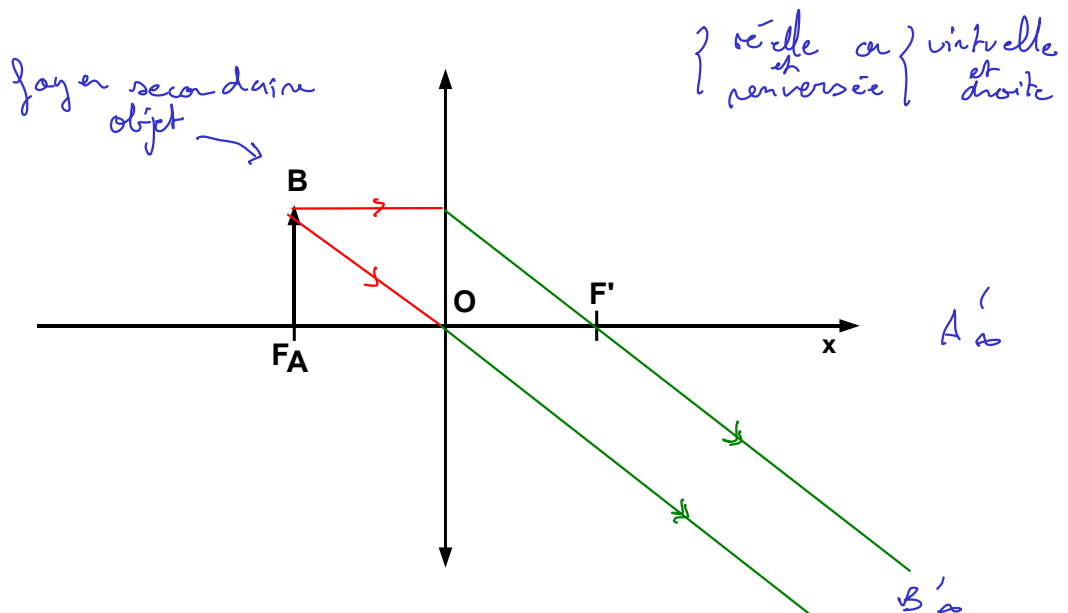


FIGURE 22 – Construction 2

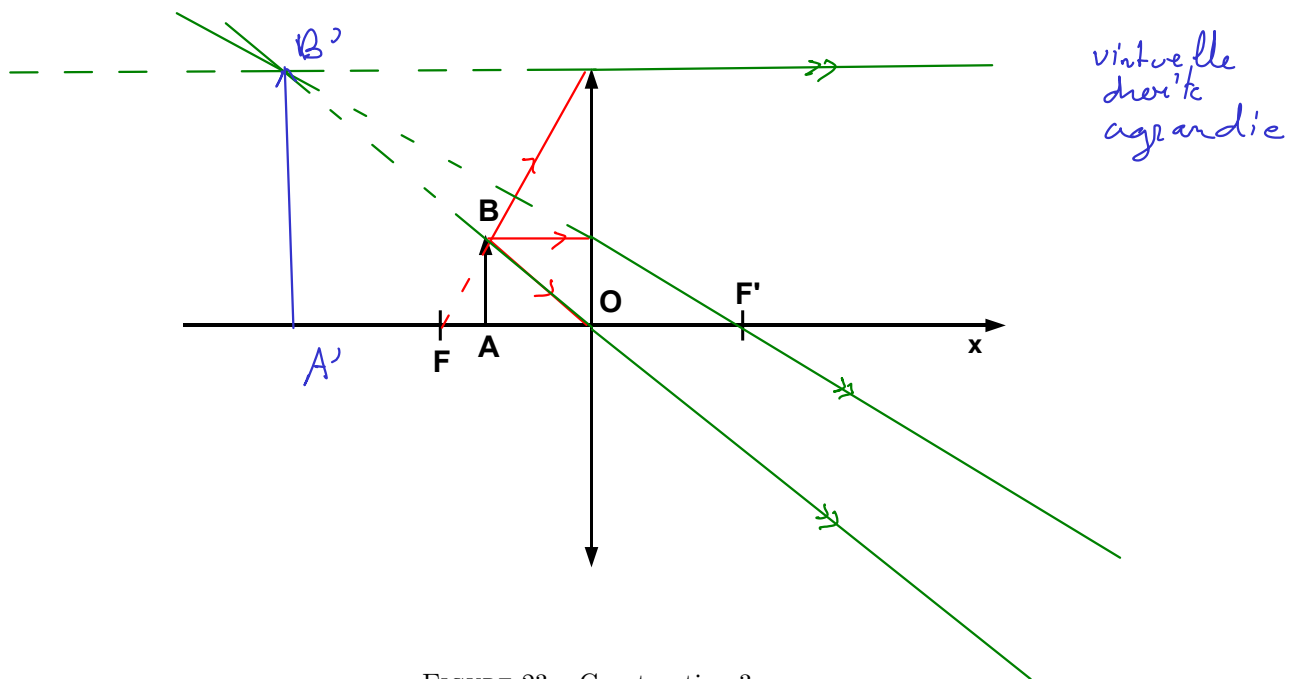


FIGURE 23 – Construction 3

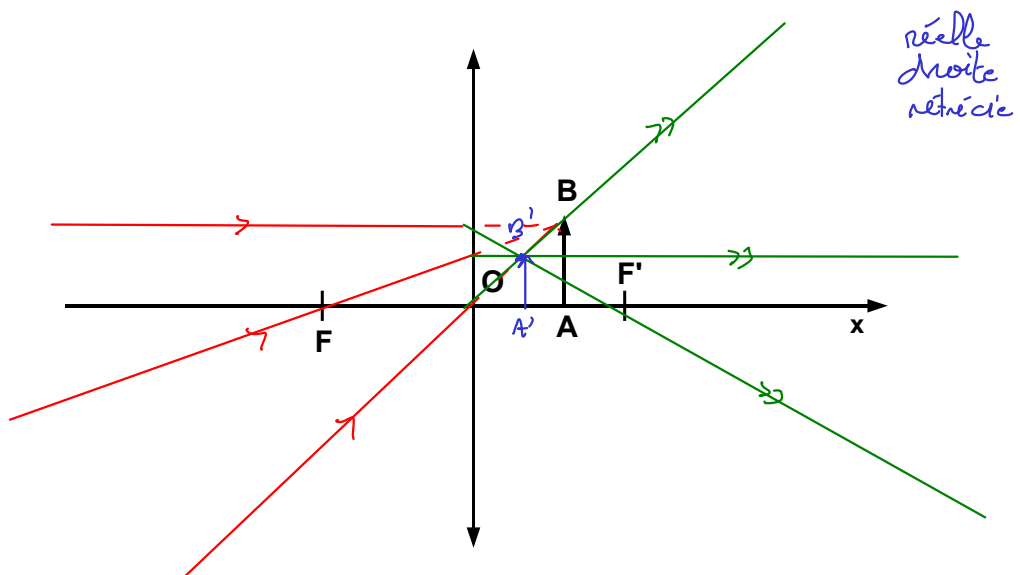


FIGURE 24 – Construction 4

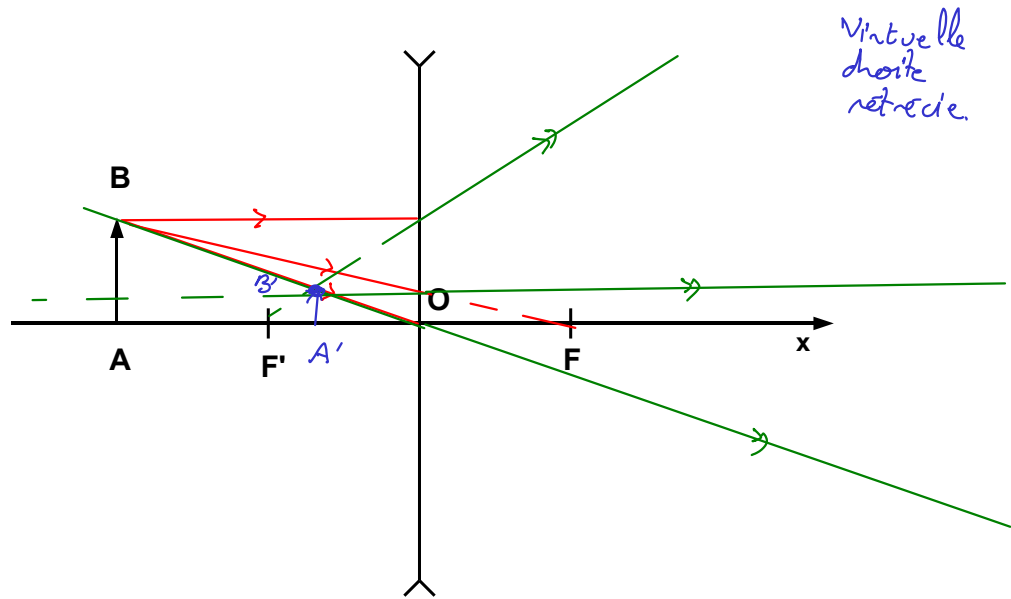


FIGURE 25 – Construction 5

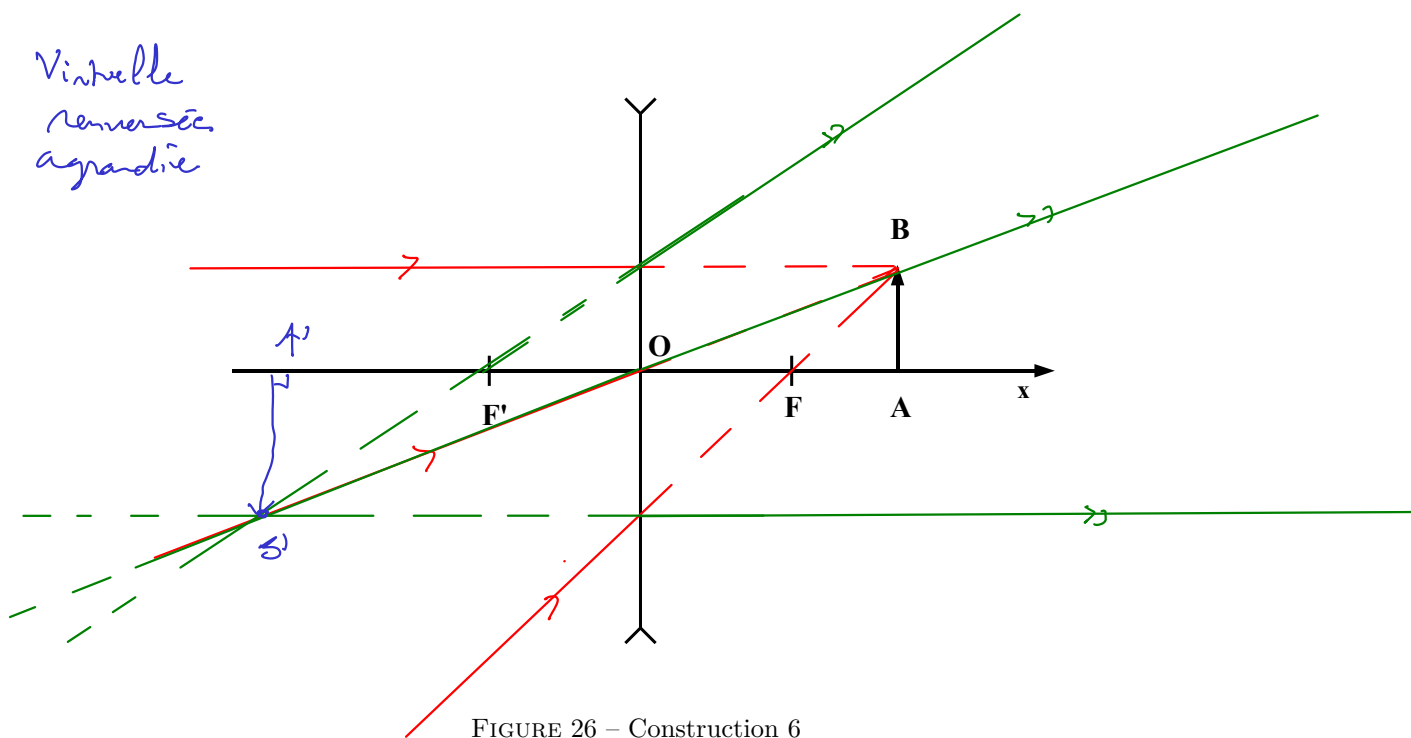


FIGURE 26 – Construction 6

3.8.1 Formulation de Newton

Formule de Newton

Cette formule est dite aussi formule de conjugaison avec origines aux foyers :

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

On utilisera cette forme si la distance au foyer est la plus pertinente.

3.8.2 Formulation de Descartes

Formule de Descartes

Cette formule est dite aussi formule de conjugaison avec origine au centre :

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

On utilisera cette forme si la distance au centre est la plus pertinente.

Application-8

Soit une lentille mince convergente de distance focale $f' = 20 \text{ cm}$. On place devant la lentille, un objet à une distance de 50 cm . Ou l'image conjuguée à l'objet se forme-t-elle ?

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

A.N. : $f' = 0,20 \text{ m}$, $\overline{OA} = -0,50 \text{ m}$ } $\overline{OA'} = +33,3 \text{ cm}$

↑
objet réel ($\overline{OA} < 0$)

↑
image réelle ($\overline{OA'} > 0$)

3.9 Grandissement par une lentille

Grandissement par une lentille mince

On rappelle la définition du grandissement :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \quad \triangleq \text{algébrique!}$$

On montre que à l'aide du schéma fig.27 :

$$\boxed{\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}} \quad \boxed{\gamma = \frac{f'}{\overline{FA}}} \quad \boxed{\gamma = -\frac{\overline{F'A'}}{f'}}$$

Démonstration : sur le schéma Fig.27, considérer successivement les quadrilatères croisés $ABOB'A'$, $ABFOJ$ et $OIF'A'B'$.

Application-9

On reprend l'application précédente. Quelle est la taille de l'image ? Est-elle droite ou renversée ?

$\overline{AB} = 5,5 \text{ cm}$

$$\overline{A'B'} = \gamma \overline{AB} \quad \text{or} \quad \gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \Rightarrow \overline{A'B'} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \overline{AB}$$

A.N. : $\overline{AB} = 5,5 \text{ cm}$, $\overline{OA'} = +33,3 \text{ cm}$, $\overline{OA} = -50 \text{ cm}$

↳ $\overline{A'B'} = -3,3 \text{ cm} < 0$ or $\overline{AB} > 0$
donc l'image est renversée.

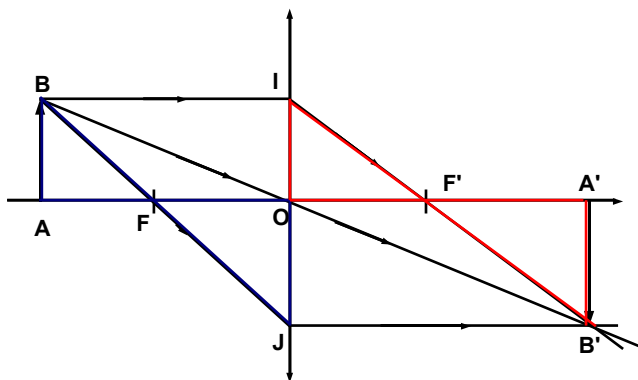


FIGURE 27 – Démonstrations des relations de conjugaison

4 Compromis en optique instrumentale

L'étude menée sur les lentilles minces a montré que la netteté d'une image par une lentille était renforcée en se plaçant dans les conditions de Gauss. Pour ce faire on sélectionne les rayons paraxiaux au moyen d'un diaphragme. Il en résulte une perte de luminosité et un phénomène de diffraction qu'il faut prendre en compte

4.1 Stigmatisme et luminosité

Stigmatisme vs luminosité

Diaphragmer un instrument d'optique améliore la qualité du stigmatisme mais diminue la luminosité de l'image.

Pour renforcer la netteté de l'image sans perdre en luminosité, il faut alors avoir recours un temps d'exposition plus long dépendant de la sensibilité du détecteur. Si l'objet est en mouvement, le temps d'exposition doit être court ce qui rend le compromis encore plus délicat.

4.2 Stigmatisme et diffraction

Stigmatisme vs diffraction

Diaphragmer un instrument d'optique améliore la qualité du stigmatisme mais diffracte la lumière.

A cause de la diffraction, même pour un instrument d'optique stigmatique, l'image d'un point est une tâche (tâche centrale de la figure de diffraction) centrée sur un l'image géométrique. Il peut alors être impossible de distinguer sur l'image deux points voisins : on perd en résolution.

En fait tout détecteur lumineux possède une structure discrète : c'est une collection de détecteur élémentaire de très petite taille mais non nulle (cellule de la rétine pour l'oeil, capteur CCD pour une caméra numérique...). En pratique, un point-image est en fait un détecteur élémentaire.

Importance de la structure du détecteur lumineux

On peut s'affranchir de la diffraction et du caractère approché du stigmatisme en choisissant un diaphragme d'ouverture tel que la taille de la tâche image d'un point soit inférieure à la taille d'un élément du détecteur de la lumière.