

Chapitre 2 : Application de l'optique géométrique à la formation des images

Rapport de Jury centrale 2019 : Les schéma en optique manquent souvent de clarté, les rayons lumineux doivent être tracés à la règle

Rapport de Jury CCPINP 2012: Les conditions de Gauss de l'optique géométrique ne sont souvent pas énoncées complètement. Le vocable « para-axial » n'est pas suffisamment explicite ; beaucoup de copies mentionnent les conséquences (aplanétisme, stigmatisme, etc.) et non les conditions

I étude de systèmes optiques simples : miroir plan et lentille mince

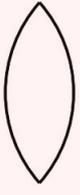
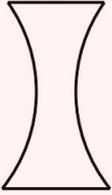
I.1 Vocabulaire utile, notations

a) *Miroir plan : surface réfléchissante plane.* Schématisation :

Les barres sont du côté du miroir inaccessible aux rayons lumineux

b) **Lentilles** : Une lentille est un composant optique constitué par un milieu transparent, homogène et isotrope, délimité par deux dioptries.

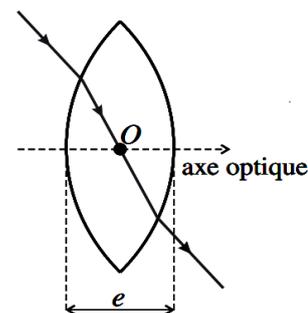
On distingue deux types de lentilles :

Lentilles à bords minces			Lentilles à bords épais		
					
biconvexe	plan convexe	ménisque convergent	biconcave	plan concave	ménisque divergent

c) **Centre optique O** : On appelle centre optique O le point de la lentille situé sur l'axe optique tel que tout rayon passant par O n'est pas dévié.

d) **lentilles minces** : Une lentille mince est une lentille dont l'épaisseur e sur l'axe est petite comparée aux rayons de courbures de ses faces. Dans ce cas, on néglige complètement cette épaisseur et on représente les lentilles par un trait sur lequel on fait seulement figurer le centre optique O.

Schématisation d'une lentille mince :



Rmq 2 : on peut négliger le déplacement du rayon dans la lentille. Le rayon sort de la lentille au point d'incidence

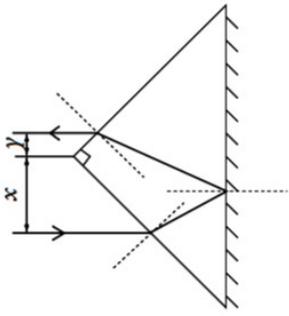


e) **Diaphragme** : système mécanique qui permet d'arrêter une partie des rayons lumineux.

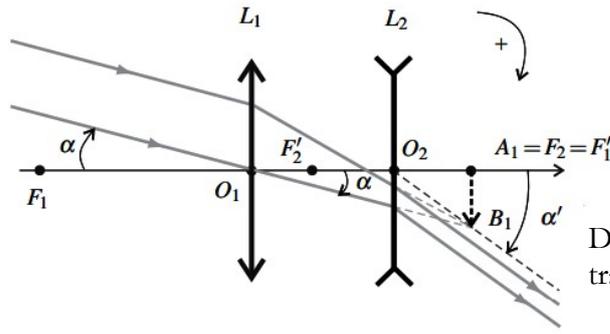
f) **système optique** :

Un système optique (SO) est un ensemble de composants transparents ou réfléchissants (miroirs, dioptries, lentilles) admettant de la lumière par une face d'entrée et la faisant ressortir par une face de sortie.

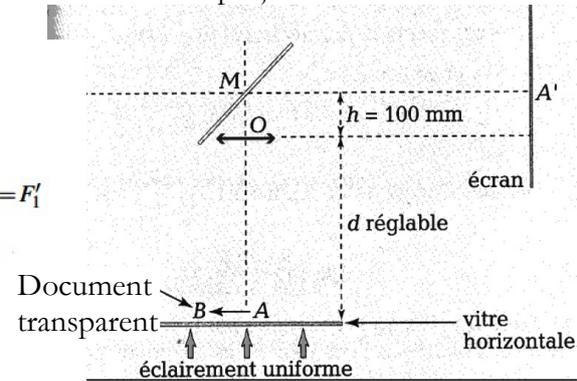
Prisme sur un miroir



Lunette terrestre



Rétroprojecteur

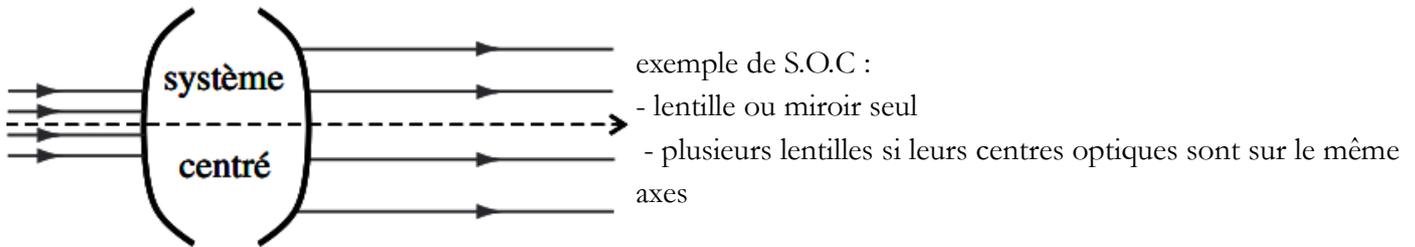


schématisation la plus générale :

Rmq 3 :

g) **Système optique centré :**

Un système optique centré est un système optique dont les éléments constitutifs (dioptries, miroirs) ont un axe de symétrie commun. Cet axe est appelé **axe optique**. Il est orienté dans le sens de propagation de la lumière incidente. Nous n'étudierons que des S.O.C dans la suite du cours.



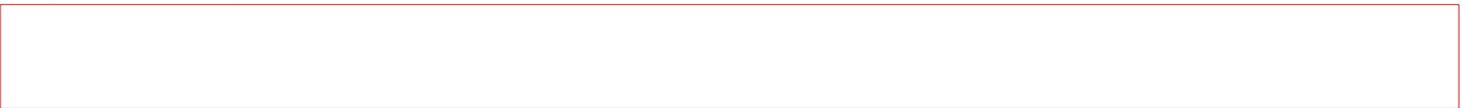
I.2 Étude des miroirs plans

Comme chacun sait, on « se voit » dans un miroir. L'optique géométrique explique cette constatation en termes de rayons lumineux.

a) *Image par un miroir plan d'un point objet réel*

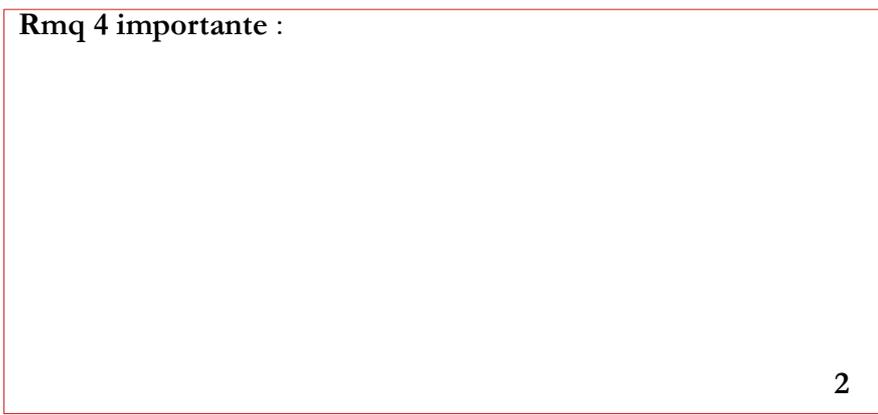
Voc :

On considère un point objet réel A situé devant un miroir plan. Un observateur reçoit les rayons lumineux issus de A après réflexion par (M) .



(Voc) rayon virtuel

Soit un point objet A. Son image A' est dite **point image virtuelle A'** si tous les rayons provenant de A **semblent** provenir de A' (A' s'obtient en prolongant les rayons **sortants** avec des pointillés)



Rmq 4 importante :

a) *Image par un miroir plan d'un point objet virtuel*

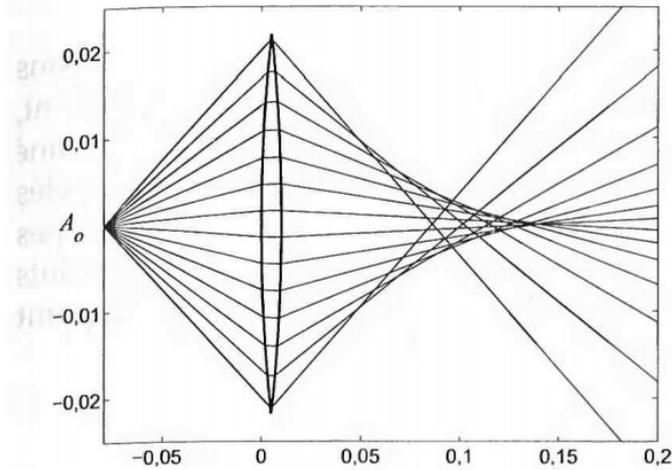
schéma

Voc : Un objet est un ensemble de points images.

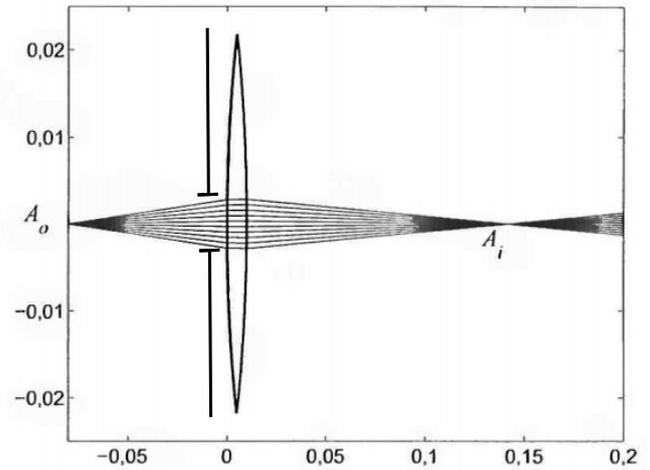
L'objet le plus simple que l'on puisse envisager est un vecteur \overline{AB} .
Son image est le vecteur $\overline{A'B'}$ symétrique par rapport au miroir, soit un vecteur de même taille et de même sens. Le grandissement d'un miroir plan est égal à 1. Un miroir plan donne de tout objet une image symétrique par rapport au plan du miroir.

I.3 Étude des lentilles minces

a) *Conditions de Gauss et stigmatisme*

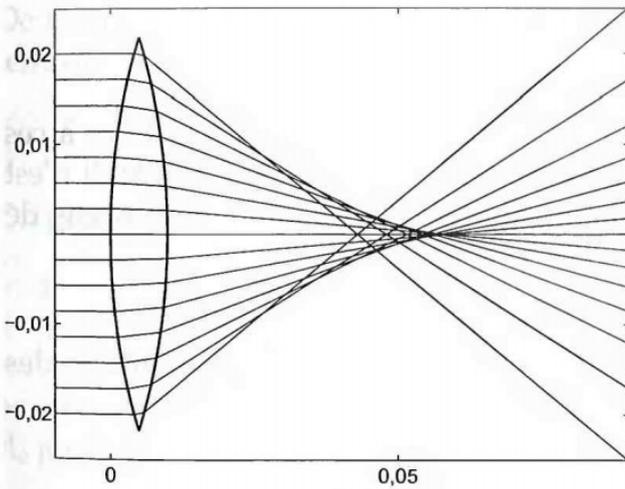


a)

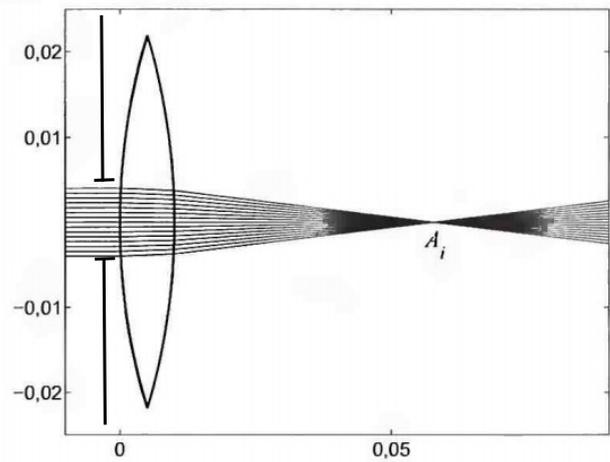


b)

! Tracé des rayons lumineux à travers une loupe a) Rayons très inclinés b) Rayons très peu inclinés



(a)



(b)

Déviation d'un faisceau de rayons parallèles à l'axe optique par une loupe
a) Rayons éloignés de l'axe optique b) Rayons proches de l'axe optique

On voit que les rayons lumineux incidents provenant d'un même point émergent en convergeant vers des points différents si l'angle d'incidence est trop important.

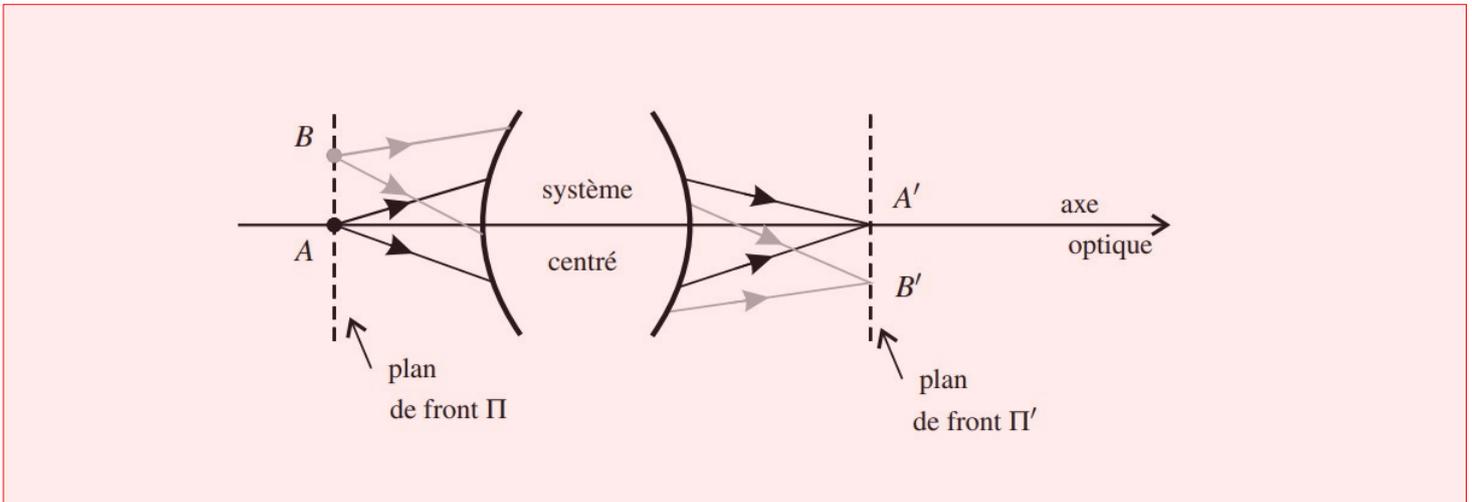
Il y a plusieurs points images pour un même point objet, l'image d'un point sera donc une tâche plus ou moins grosse. On dit que la lentille n'est pas rigoureusement stigmatique.

Définition Stigmatisme**Définitions Rayons paraxiaux, conditions de Gauss****Remarques. importantes**

- En pratique on peut placer un diaphragme juste avant ou après la lentille pour se placer dans ces conditions.
- Les résultats que nous obtiendront dans la suite du cours sont vrais seulement si ces conditions sont vérifiées.
- si on note i l'angle entre le rayon incident et l'axe optique alors dans les conditions de Gauss on pourra faire l'approximation :



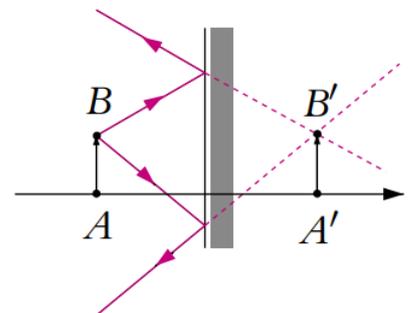
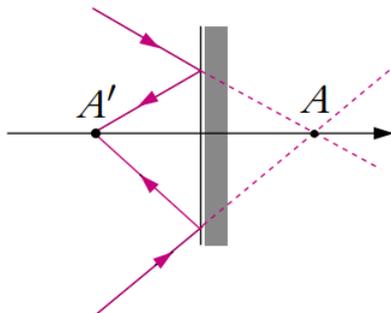
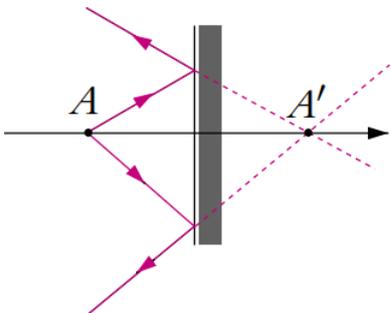
C'est une conséquence des conditions de Gauss, pas la définition !

b) Propriétés d'un système centré dans les conditions de Gauss**c) Aplanétisme**

def : Un point B du plan de front passant par A a son image B dans le plan de front passant par A' si le système optique est aplanétique

Rmq 5 : On cherche toujours quand c'est possible à utiliser un système optique dans les conditions de Gauss

Rmq 6 : un miroir plan est toujours rigoureusement stigmatique et rigoureusement aplanétique.



d) Stigmatisme approché et détecteurs

Les systèmes centrés dans les conditions de Gauss n'ont qu'un stigmatisme approché. Quelle taille maximale de la tache peut-on accepter ?

Pour répondre à ces questions il faut réfléchir à l'utilisation de l'image.

Par exemple, dans le cas d'un appareil photographique, l'objectif forme l'image sur le capteur CCD qui est le récepteur photosensible de l'appareil.

Ce capteur est une mosaïque de cellules élémentaires correspondant chacune à un pixel, c'est-à-dire un « point » sur l'image finale. Ces cellules ont une taille non nulle, de l'ordre de quelques microns.

Le capteur ne fait pas la distinction entre un point parfait et une tache plus petite que la cellule élémentaire.

e) Propriétés et caractéristiques des lentilles minces

- On appelle **foyer principal image** F'

- On appelle **foyer secondaire image** tout point du plan perpendiculaire à l'axe optique passant par F' (ce plan s'appelle le plan focale image)



- On appelle **foyer principal objet**

- On appelle **foyer secondaire objet** : tout point du plan perpendiculaire à l'axe optique passant par F .

- On appelle

Rmq : pour une lentille divergente $f' < 0$ et pour une lentille convergente $f' > 0$:

et pour toutes les lentilles : $\overline{OF} = \overline{F'O} = -f'$

- On appelle **distance**
- On appelle **vergence**

La vergence est homogène à l'inverse d'une longueur et l'unité de la vergence est la dioptrie (symbole δ) qui correspond à des m^{-1} .

Ainsi une lentille de distance focale image $f = 50$ cm a une vergence de

- On appelle **image** le lieu où convergent les rayons issus de l'objet après avoir traversé le SO. et on distingue :
 - image réelle : se situe à l'intersection de rayons exclusivement réels. On peut voir une image réel sur un écran.
 - image virtuelle : se situe à l'intersection d'au moins un rayon virtuel avec d'autres rayons (virtuels ou réels). On peut voir une image virtuelle en regardant à travers un système optique (sans écran)
- On appelle **objet réel**, le point de départ des rayons lumineux réels. Il peut être remplacé par une source réelle de lumière dans les montages.
- On appelle **objet virtuel** un point **à droite de la lentille** dans le schéma conventionnel, où passeraient les rayons d'intérêt si il n'y avait pas la lentille.
- on appelle **objet à l'infini** un objet suffisamment loin du SO pour considérer que les rayons issus de cet objet arrivent parallèles entre eux sur le SO. Il est simplement caractérisé par une direction (i.e. un angle par rapport à l'axe optique).
- On appelle **image à l'infini** la situation où les rayons issus d'un point objet émergent du SO parallèles entre eux.. Elle est simplement caractérisée par une direction (i.e. un angle par rapport à l'axe optique).

f) Constructions géométriques

Les règles de construction



De plus, d'après la définition des foyers secondaires :

- deux rayons incidents parallèles donnent des rayons émergents qui se croisent (réellement ou virtuellement) dans le plan focal image ;

- deux rayons incidents qui se croisent (réellement ou virtuellement) dans le plan focal objet donnent des rayons émergents parallèles entre eux.