

NOM :

Prénom :

O3. Les lentilles minces

On trouve des traces d'utilisation des lentilles dans l'antiquité (le « verre à feu » en Grèce antique correspondait à une lentille convexe qui concentrait les rayons du Soleil).

Cependant, les premières utilisations véritables furent les lunettes de vue (fin du XIII^{ème} siècle, sans doute en Italie).

A- Principe de la lentille

1. Définition

C'est un milieu transparent, homogène et isotrope dont l'une des faces au moins n'est pas plane.

Transparent :

Homogène :

Isotrope :

2. Principe de la réfraction

La lumière, en pénétrant dans la lentille, subit une réfraction suivant les lois de Snell et Descartes, puis une seconde réfraction à la sortie.

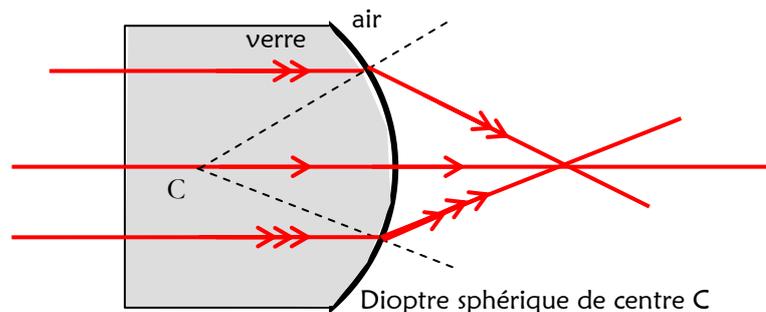
Que se passe-t-il si les 2 faces sont planes ?

.....

Ainsi, lorsque l'une des 2 faces n'est pas plane, tous les rayons n'arrivent pas avec la même incidence sur le dioptre (interface entre les 2 milieux) et ils ne subissent pas tous la même déviation.

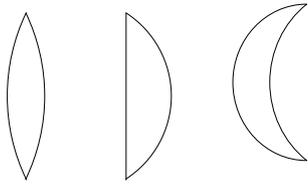
Si ce dioptre a une forme particulière (dioptre sphérique), des propriétés intéressantes apparaissent pour peu que l'on fasse certaines approximations (ce sont les conditions de Gauss définies plus loin).

Exemple : compléter



3. Classement des lentilles

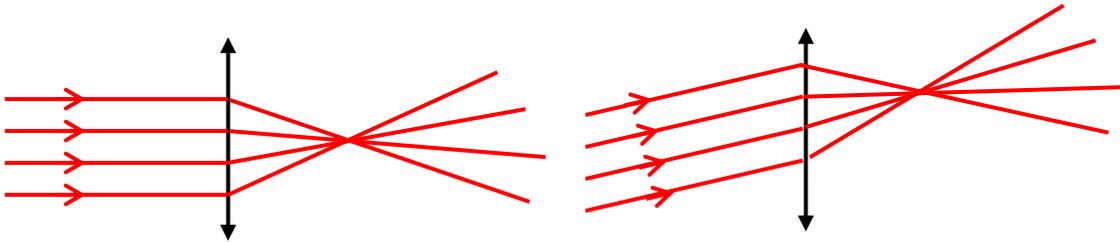
• **Les lentilles convergentes** : ce sont les lentilles à bord mince :



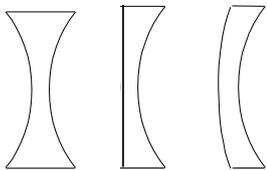
(Dioptre convexe)

Symbole :

Propriété : lorsqu'une lentille mince convergente est éclairée par un faisceau de lumière parallèle, elle fait converger le faisceau en un point.



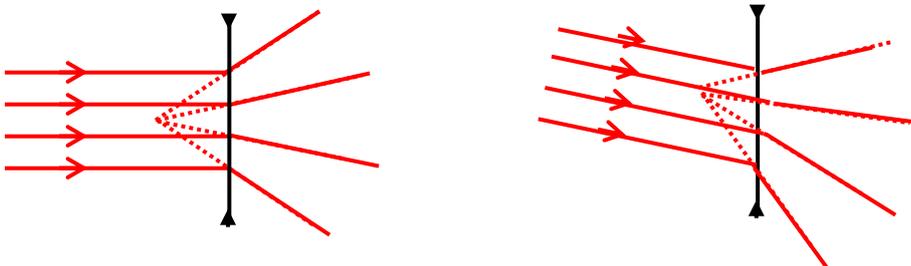
• **Les lentilles divergentes** sont les lentilles à bords épais :



(Dioptre concave)

Symbole :

Propriété : lorsqu'une lentille mince divergente est éclairée par un faisceau de lumière parallèle, elle fait diverger le faisceau à partir d'un point virtuel.



Remarques : Ces lentilles convergentes et divergentes dont nous allons étudier les propriétés sont appelées lentilles minces.

Cela signifie que le rayon de courbure des dioptries sphériques associés est très grand devant l'épaisseur des lentilles.

Il en résulte des propriétés plus simples que pour les lentilles épaisses.

B- Points particuliers des lentilles minces

1. Centre et axe

L'axe de symétrie de la lentille est appelé, et son centre géométrique

Propriété : tout rayon passant par O

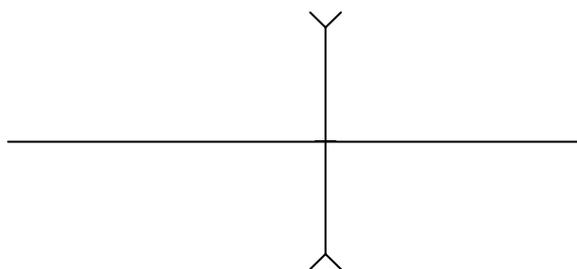
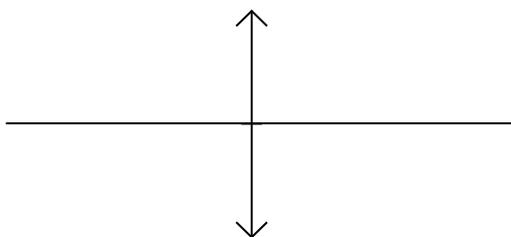
Compléter :



2. Le foyer principal image

Propriété : c'est le point noté généralement F' où convergent tous les rayons émergent d'un **faisceau incident de lumière parallèle à l'axe optique**.

Compléter :

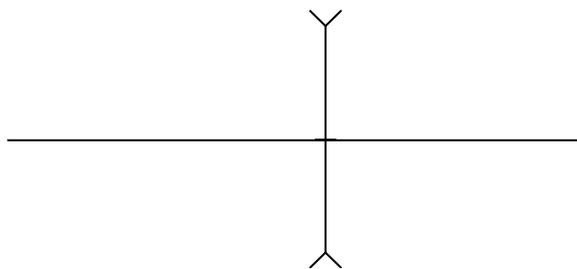
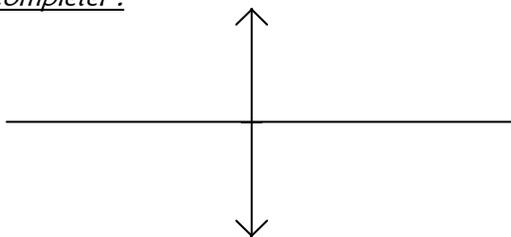


Plan focal image : c'est le plan perpendiculaire à l'axe optique passant par F' . Il contient les foyers images secondaires (c'est-à-dire ceux où convergent les rayons parallèles entre eux suivant une direction autre que l'axe optique).

3. Le foyer principal objet

Propriété : c'est le point noté généralement F où convergent tous les rayons incidents qui forment un **faisceau émergent de lumière parallèle à l'axe optique**

Compléter :



Plan focal objet : c'est le plan perpendiculaire à l'axe optique passant par F . Il contient les foyers images secondaires.

Relation entre F et F' : ils sont symétriques par rapport à O :



Remarque : attention aux position de F et F' pour les lentilles divergentes : c'est l'inverse des lentilles convergentes !

C- Construction des images

1. définitions

Objet réel :

Objet virtuel :

Image réelle :

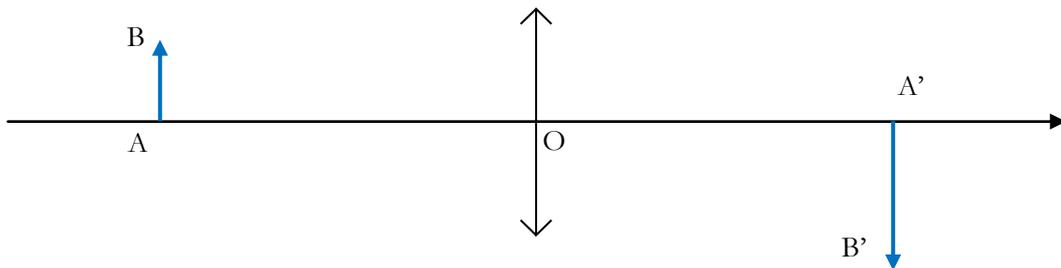
Image virtuelle :

2. Tracé d'une image simple

On considère l'objet (source primaire ou secondaire) AB perpendiculaire à l'axe optique tel que A soit sur l'axe.

On cherche B' l'image de B.

Ensuite, A'B' est tel que A' se trouve sur l'axe et A'B' est perpendiculaire à l'axe.



3. Méthode générale

Quelle que soit la lentille, les règles suivantes s'appliquent à la lettre, à condition d'avoir correctement placé F et F'.

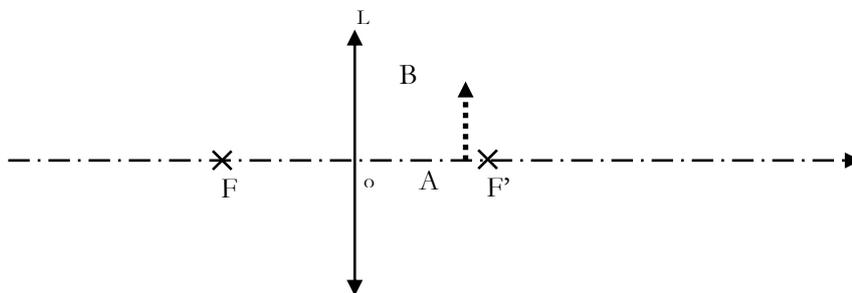
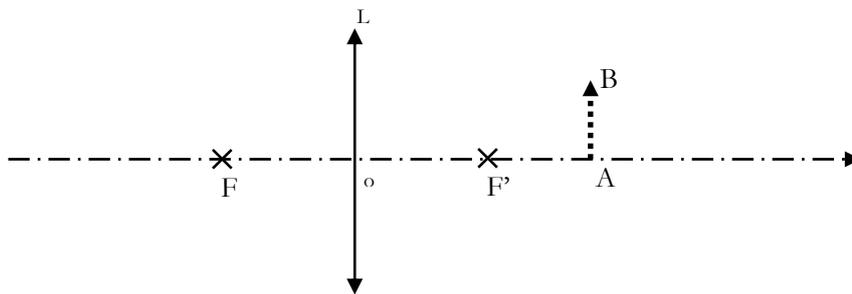
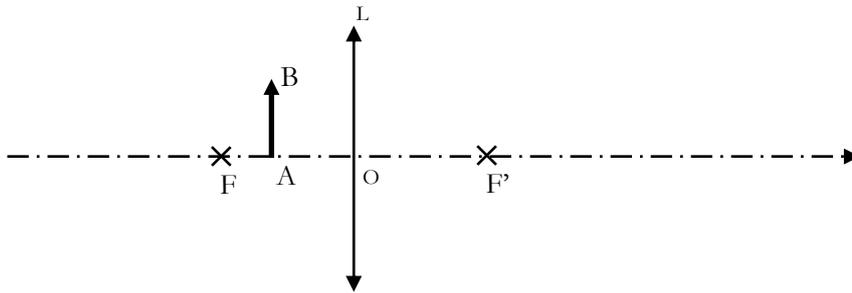
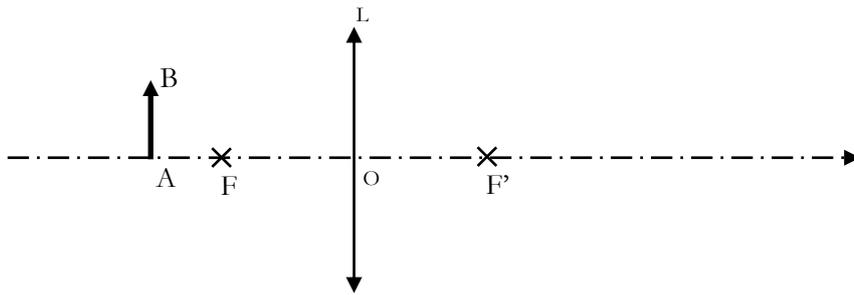
A partir de B, on trace 3 rayons incidents particuliers atteignant la lentille :

- On trace un rayon de lumière passant par B et le centre optique O : il n'est pas dévié.
- On trace un rayon incident passant par B et parallèle à l'axe optique : il émerge en étant dévié vers le foyer image F'.
- On trace un troisième rayon incident passant par B et F, foyer objet, alors le rayon émergent est parallèle à l'axe optique.

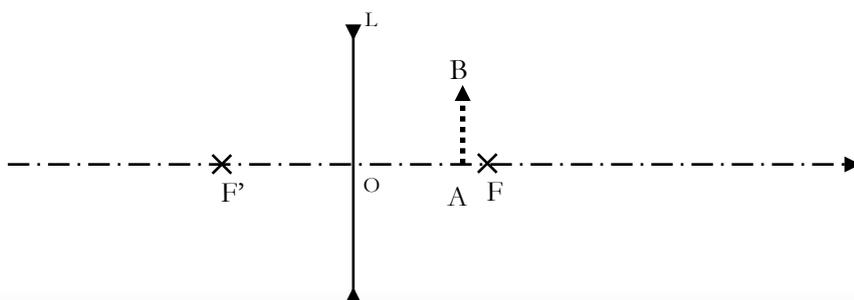
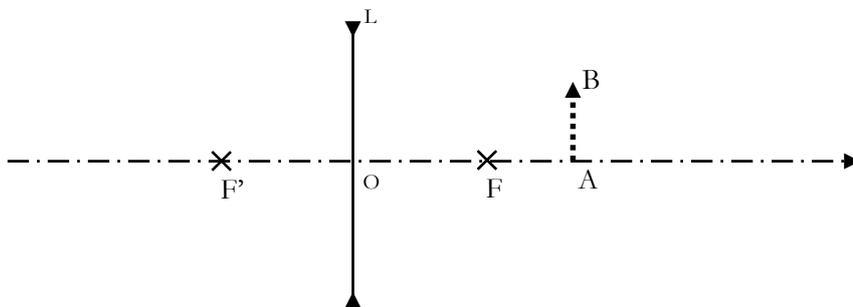
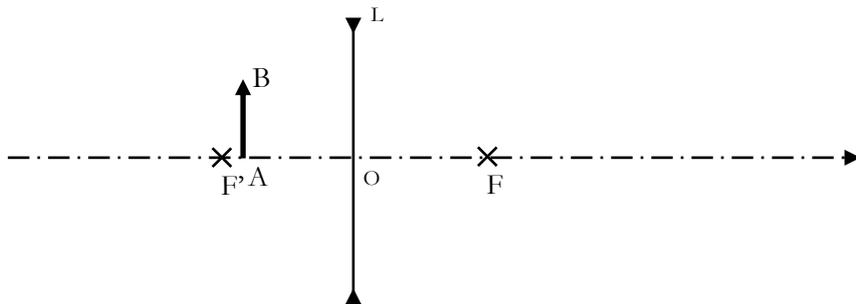
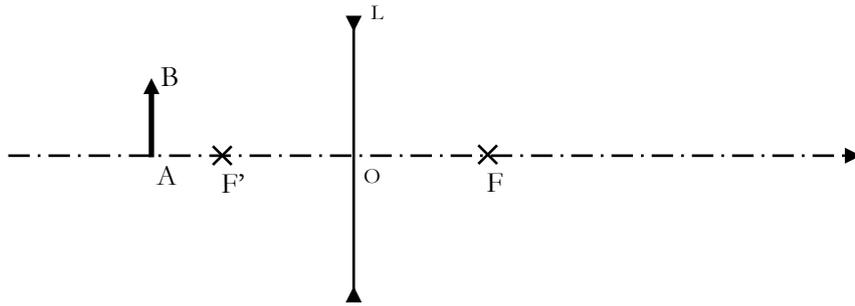
Ces 3 rayons émergents sont concourants en B', image de B.

Par la suite, n'importe quel rayon incident passant par B émerge en passant par B'.

Lentilles convergentes



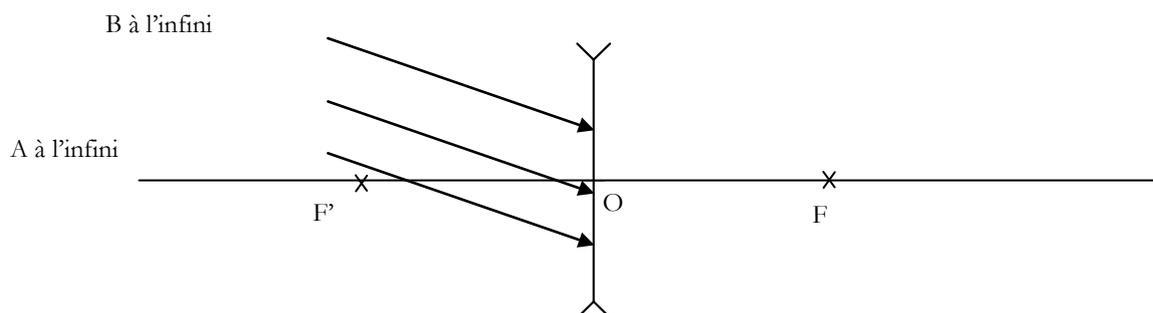
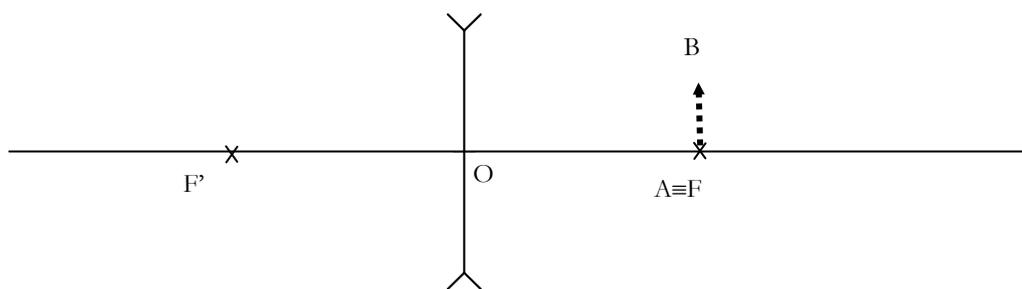
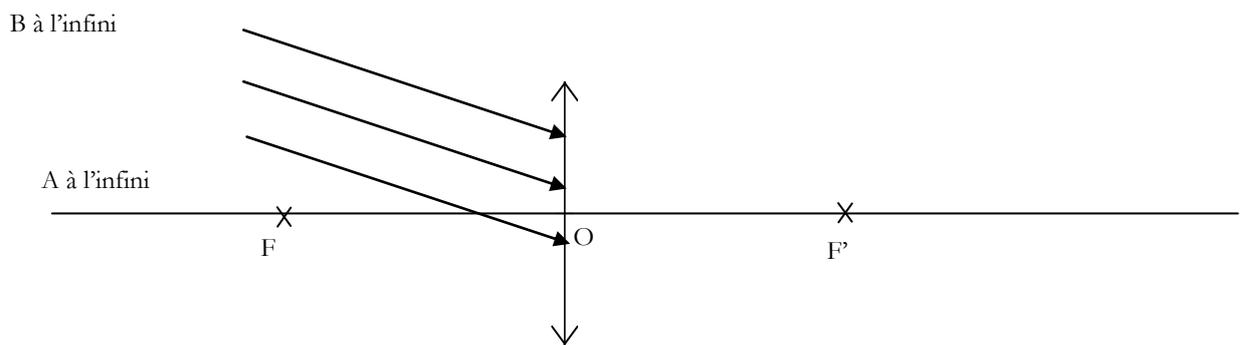
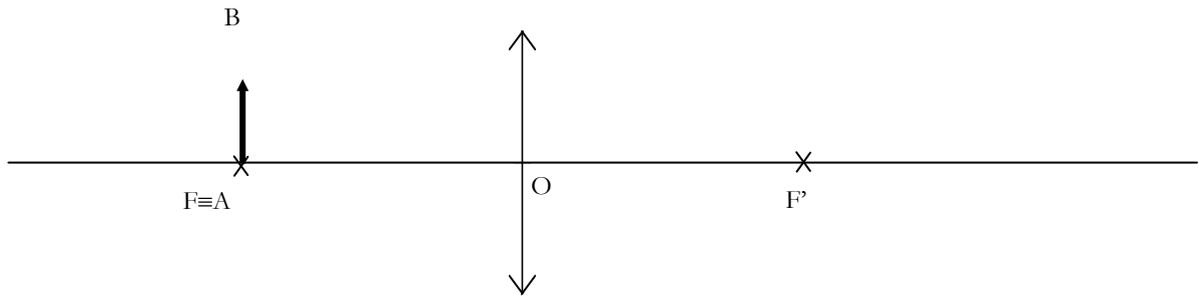
Lentilles divergentes



4. Cas particuliers

Que ce soit une lentille convergente ou une lentille divergente :

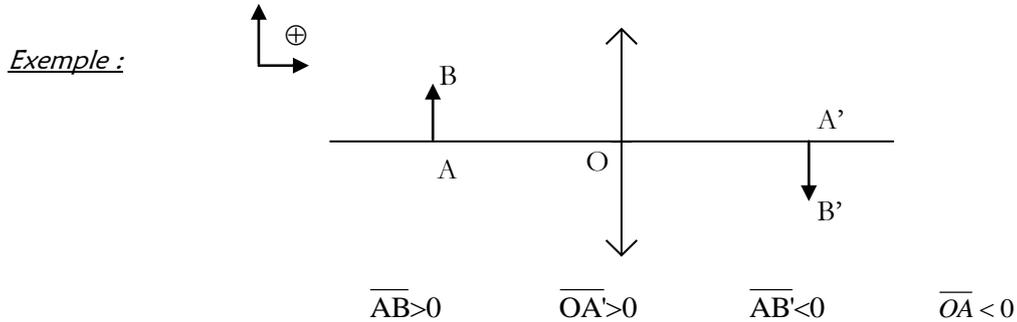
- Si l'objet est à l'infini, alors l'image se trouve dans le plan focal image.
- Si l'objet est dans le plan focal objet alors l'image est à l'infini



D- Relations de conjugaison

1. Orientation de l'axe optique.

Les relations d'optique géométriques portent sur des valeurs algébriques : l'axe optique sera alors orienté positivement selon le sens de propagation. (Verticalement, l'orientation positive devra aussi être précisée, généralement vers le haut)



2. Distance focale - vergence.

DISTANCE FOCALE :

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

> 0 pour une lentille convergente

< 0 pour une lentille divergente

Unité : le mètre

VERGENCE :

$$C \text{ ou } v = \frac{1}{f'}$$

> 0 pour une lentille convergente

< 0 pour une lentille divergente

Unité : la dioptrie (symbole δ) avec f' en mètres

3. Relation de conjugaison.



4. Grandissement.



E- Les conditions de Gauss

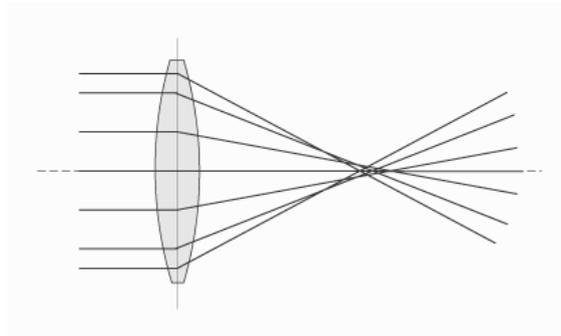
Les formules appliquées aux lentilles minces ne sont valables que sous certaines conditions. Dans le cas contraire, on voit apparaître d'autres phénomènes (souvent appelés défauts ou **aberrations**).

1. Qualité des lentilles.

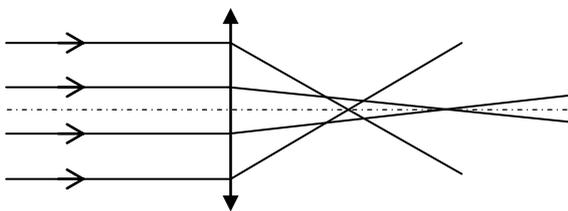
LE STIGMATISME

Un système optique est dit rigoureusement stigmatique si tout rayon issu d'un point objet B émerge en passant par un même point B' image de B.

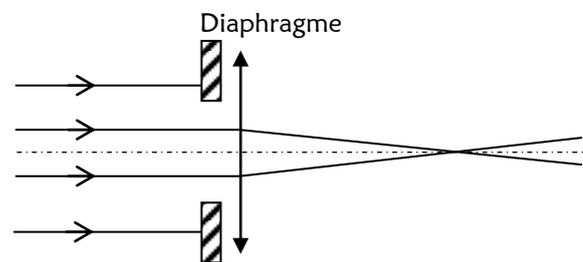
Condition de stigmatisme rigoureux : pour un dioptre sphérique, cette condition n'est satisfaite que pour des rayons proches de l'axe optique.



Pour éviter ce phénomène qui rend l'image floue (astigmatisme), il faut avoir un objet de petite taille. On peut aussi placer un diaphragme qui ne laisse passer que les rayons proches de l'axe optique. On perd en luminosité mais on gagne en netteté !



Non stigmatisme : les rayons marginaux et les rayons centraux ne convergent pas au même point : l'image ne sera pas nette.



Stigmatisme : le diaphragme permet de ne conserver que les rayons centraux qui convergent au foyer image.

Remarques :

- le miroir plan est rigoureusement stigmatique
- le miroir parabolique est rigoureusement stigmatique pour 2 points : le foyer et un point à l'infini sur l'axe de symétrie.

L'APLANETISME

Cette condition stipule qu'un objet plan doit donner une image plane. (Notamment, si AB est perpendiculaire à l'axe optique, alors A'B' est aussi perpendiculaire à l'axe optique).

Pour cela, l'objet doit être proche de l'axe optique.

Dans le cas contraire, on voit des aberrations sphériques.

L'ACHROMATISME

Il y a achromatisme lorsque le stigmatisme est le même quelle que soit la longueur d'onde.

Dans le cas contraire, on parle d'aberrations chromatiques.

Explication : l'indice du milieu qui constitue la lentille dépend de la longueur d'onde de la radiation. Pour le

verre, on a une loi du type : $n = a + \frac{b}{\lambda^2}$

2. Enoncé des conditions de Gauss.

Afin d'éviter les aberrations géométriques sur les lentilles minces, il convient d'avoir des rayons de lumière respectant les conditions de Gauss :

- des rayons de lumière paraxiaux (c'est-à-dire peu inclinés par rapport à l'axe optique)
- des rayons de lumière passant près du centre optique.