

Comment former une bonne image avec une lentille convergente

1. Objectifs

- -Montrer comment une lentille est capable de fournir une image réelle d'un objet.
- -Apprendre à construire une image en utilisant les propriétés des lentilles minces.
- -Indiquer les causes des défauts des images et donner les conditions pour les minimiser.
- -Donner quelques notions de stigmatisme et d'aplanétisme pour un système optique.

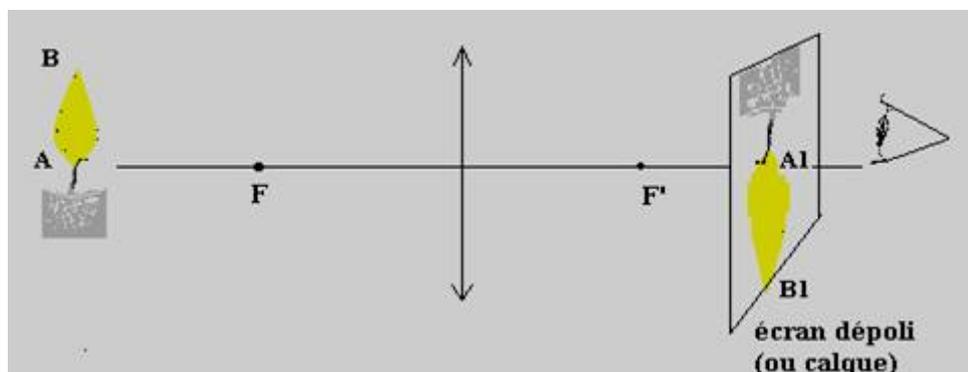
2. Formation d'une image réelle

2.1. Qu'est-ce qu'une image réelle

On obtient une image réelle d'un objet source lorsqu'un faisceau, issu d'un point A de cet objet, subit une déviation à la traversée d'un système optique en donnant un faisceau qui converge en un point unique A_1 , qui est l'image de A donnée par le système. Cette image se forme sur un écran opaque ou dépoli, placé en cet endroit.

2.2. Image réelle donnée par une lentille convergente:

Un objet lumineux est placé devant une lentille. Une image de cet objet est réelle si elle peut être projetée sur un écran. On constate que cela est possible, si l'objet est placé à une distance supérieure à f du centre optique. Une image inversée est obtenue sur un écran disposé perpendiculairement à l'axe optique. Un réglage précis ou « mise au point » de la position de cet écran est nécessaire.



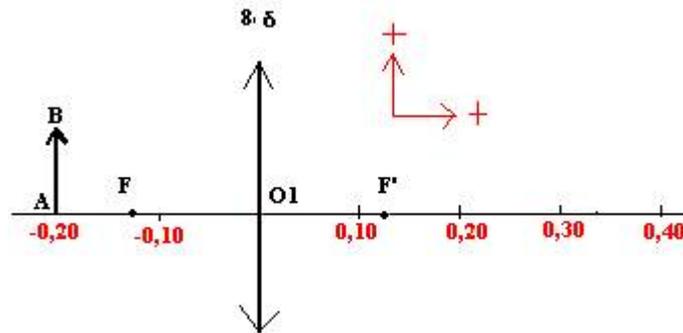
2.3. Interprétation: construction de l'image :

Dans le cadre de l'optique géométrique la lumière se propage depuis chaque point de l'objet suivant des rayons lumineux. Ces derniers se propagent en ligne droite dans un milieu homogène. Ils se réfractent lorsqu'ils changent de milieu, c'est le cas des rayons qui traversent la lentille. Leur direction est alors modifiée sauf si l'incidence est normale au dioptre qu'il rencontre.

Traçons l'image B_1 du point B de l'objet.

Le dessin peut être réalisé avec le logiciel : « simulation sur banc d'optique » ou sur une feuille de papier.

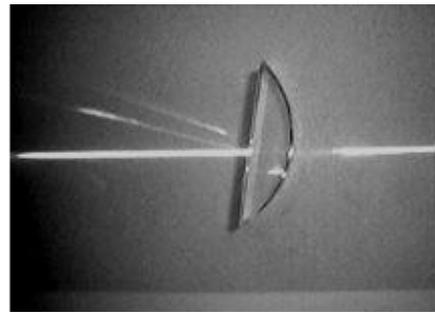
Tracer l'axe optique, placer le centre optique O_1 au milieu de la feuille. Représenter une lentille de 8 dioptries et ses foyers F_1 et F'_1 . Représenter la « flèche objet » AB perpendiculaire à l'axe optique par exemple à la distance $O_1A = 0,20\text{m}$ du centre optique. A est situé sur l'axe optique.



Construire l'image B_1 en traçant 2 rayons particuliers :

1^{er} rayon : tracer le rayon passant par B et par O_1 ; si l'épaisseur de la lentille est faible et si le rayon n'est pas trop incliné, celui-ci n'est pas dévié en traversant la lentille (comme le montre les photographies ci-dessous).

Par la suite, nous considérerons cette propriété toujours vraie dans les constructions d'image, mais il faudra se souvenir qu'elle n'est jamais parfaitement vérifiée. Le modèle « lentille mince » est théorique.



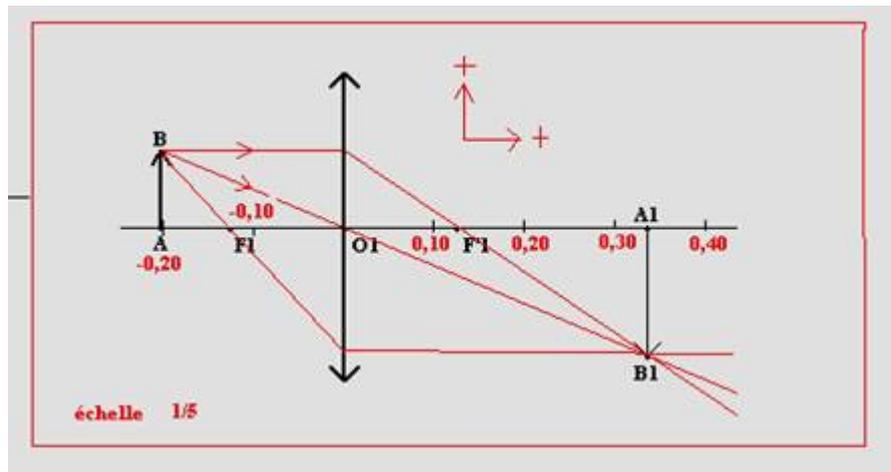
Il faut donc le prolonger à droite sans modifier sa direction

2^{eme} rayon : Tracer l'un ou l'autre des 2 rayons suivants : le rayon passant par B et parallèle à l'axe optique ; le rayon réfracté correspondant doit passer par le foyer image F'_1 .

ou le rayon passant par B et le foyer objet F_1 ; le rayon émergent correspondant doit être parallèle à l'axe optique.

Le point B_1 intersection des rayons réfractés est l'image du point B

L'image A_1 de A est obtenue par projection orthogonale de B_1 sur l'axe optique. Cette propriété est la conséquence de l'aplanétisme(1) supposé de la lentille.



Application virtuelle: voir petits logiciels sur **simulation sur un banc d'optique**

MODE OPERATOIRE DANS LE LOGICIEL

cocher les cases suivantes

"tracer l'axe orienté" .Précision :0,002m
 "lentille 1" , régler sa focale à 0,125m .
 "objec AB" taille 0,05m.
 "rayons issus de B et passant par le centre optique"
 Tracer l'un des deux rayons suivants:
 "issus de B et parallèle à l'axe"
 "issus de B et passant par le foyer objet"
 Afficher les images de A et B et la flèche image

Appuyer au point A sur le bouton gauche de la souris .En maintenant la pression sur le bouton, déplacer la flèche objet vers la gauche et vers la droite. Constaté que la taille de l'image est modifiée et que celle-ci est réelle tant que l'objet est à une distance supérieure ou égale à f de la lentille..

2.4.Objet réel, image réelle :

L'exemple précédent permet de préciser que :

- -un point objet est réel s'il se trouve au sommet d'un faisceau incident qui diverge (cas du point B).
- -un point image est réel si elle se trouve au sommet d'un faisceau réfracté qui converge (cas du point B1).

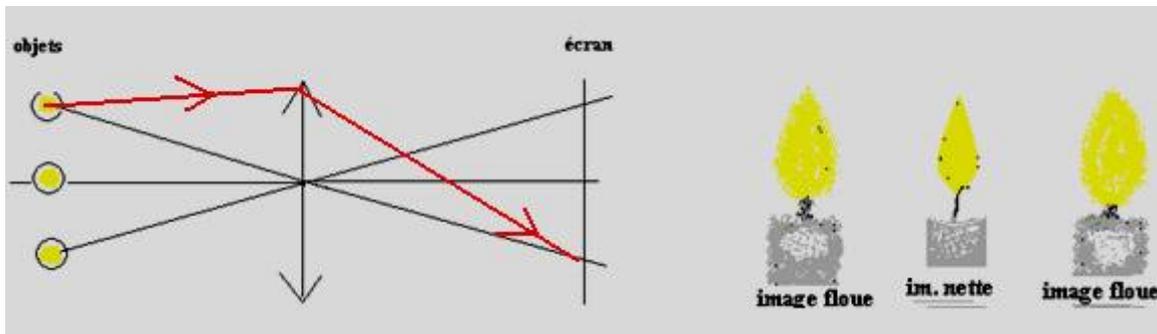
3.Les difficultés d'obtenir une bonne image:

Combien d'astronomes amateurs voulant construire une lunette à peu de frais en adaptant dessus de simples lentilles ont été très déçus en observant l'image d'un astre à travers leur appareil !

Les objectifs des professionnels sont plus performants mais constitués d'une multitude de lentilles de verres d'indices différents qui ont subies divers traitements et sont donc beaucoup plus chers !

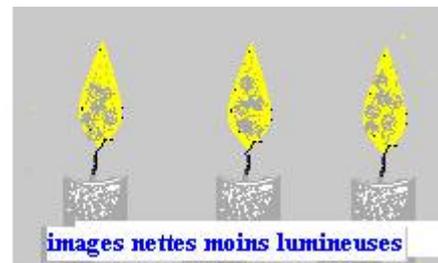
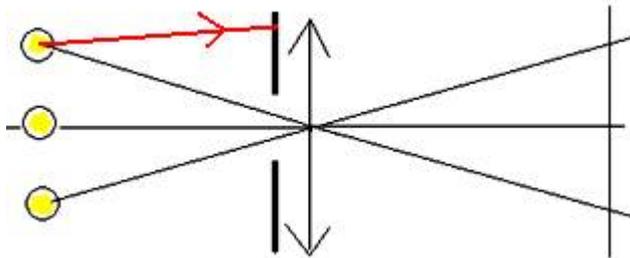
3.1.expérience :

Former l'image de 3 objets à travers une même lentille comme l'indique la figure ci-dessous:



Les images des objets éloignés de l'axe optique sont floues ...

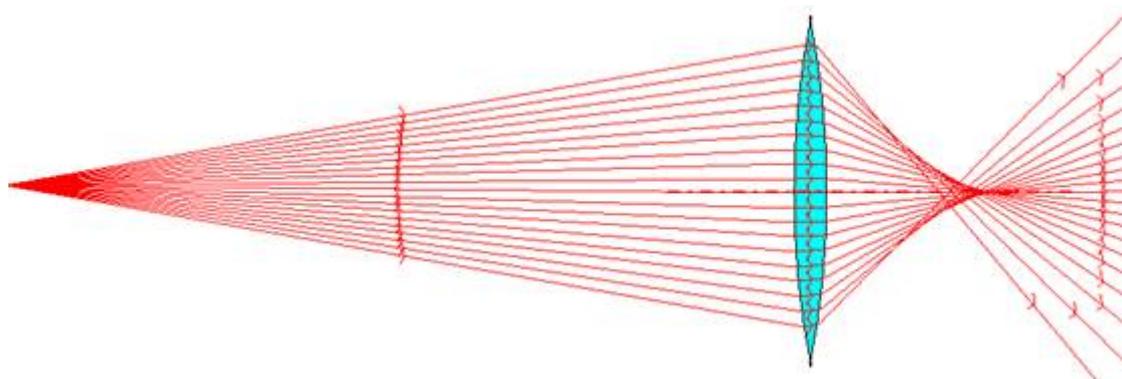
Disposons un diaphragme devant la lentille



Le diaphragme élimine les rayons lumineux éloignés du centre optique.

Les images sont plus nettes. Inconvénient : l'intensité de la lumière est réduite...

Observons la simulation ci-dessous : le faisceau incident issu du point source éclaire la quasi-totalité de la surface de la lentille .Le point de convergence des rayons réfractés n'est pas unique.



La distance focale de la lentille n'est pas la même pour tous les rayons ; utilisée de cette manière, la lentille ne peut pas donner une image nette.

Pour former une image satisfaisante avec une seule lentille, les rayons lumineux doivent rester proches du centre optique et avoir une faible inclinaison.

3.2. Les aberrations géométriques : types de défauts des images liés aux caractéristiques géométriques de la lentille :

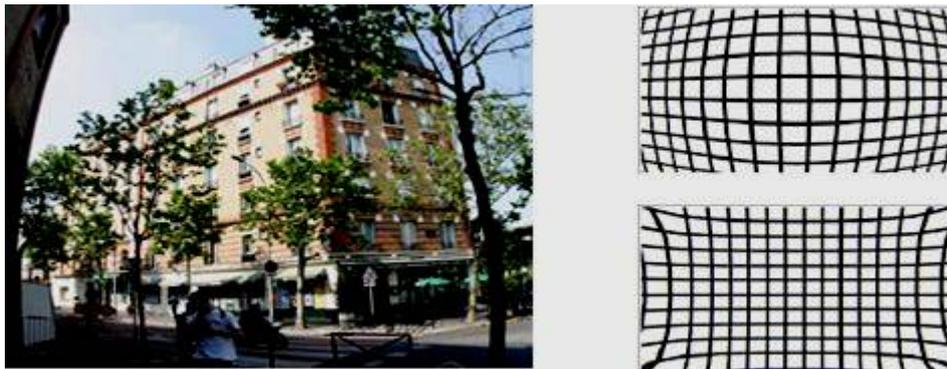
Les distorsions:

Défauts observables lorsque les lignes droites apparaissent courbées. La cause est une variation du grandissement de l'image pour les points éloignés de l'axe optique.

La distorsion en « barillet » (comme le montre la photo ci-dessous) est courante avec un objectif sphérique de courte focale.

La distorsion en « coussinet » (à droite en bas) est au contraire observée avec une grande focale.

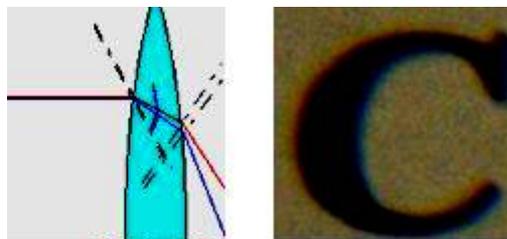
Pour diminuer ces défauts, il faut diminuer l'ouverture de l'objectif.



3.3. Les aberrations chromatiques :

3.3.1. Observations:

Les bords de l'image sont colorés. Comment expliquer ce phénomène ?



3.3.2. Interprétation :

L'indice du verre est différent pour le rouge et le bleu. On dit que le verre est un milieu dispersif pour les ondes lumineuses, Les rayons bleus et rouges prennent des directions différentes et provoquent une irisation de l'image qui est floue de surcroît !

3.3.3. Correction de ce défaut :

Il faut accoler une lentille divergente d'indice différent à la lentille convergente. En traversant la deuxième lentille les lumières bleues et rouges se recomposent ; il y a ainsi compensation des chromatismes apportés par les deux lentilles.

Ce type de correction est très utilisé dans les objectifs d'appareils photographiques. Une lentille utilisée seule n'est jamais achromatique.

4. Les qualités d'un bon instrument d'optique :

Pour obtenir une bonne image, le système optique doit être stigmatique, aplanétique et achromatique.

Un système optique est stigmatique lorsque tout rayon passant par un objet A, passe, après avoir traversé le système, par un seul point A'. Les points A et A' sont dits conjugués. Ainsi à tout point objet correspond un seul point image condition indispensable pour que l'image soit nette.

Il y a aplanétisme si pour tout objet AB plan et perpendiculaire à l'axe optique, son image A'B' est plane et perpendiculaire à l'axe optique. Pour qu'une image soit nette et non déformée par rapport à l'objet, le système optique doit être quasi aplanétique.

5. Conditions de GAUSS d'utilisation d'un instrument d'optique:

Il est possible de réduire les défauts si le faisceau de lumière qui traverse l'instrument respecte deux conditions (conditions dites « de Gauss »)

- **Les rayons doivent être peu inclinés par rapport à l'axe optique**
- **Les rayons doivent rester « proches » de cet axe.**
- **Ces rayons sont qualifiés de « paraxiaux »**

La construction théorique de l'image donnée par une lentille convergente nous a montré que :

-selon l'hypothèse des lentilles minces (à savoir que les rayons passant par le centre optique ne sont pas déviés), à chaque point objet B correspond un seul point image B1. Une lentille mince est quasi stigmatique.

-selon cette même hypothèse, l'image A₁ de A se trouve sur l'axe optique et la flèche image A₁B₁ est perpendiculaire à l'axe optique comme l'est la flèche objet AB. La lentille mince est quasi aplanétique.

Les propriétés des lentilles réelles se rapprochent de celles des lentilles minces si elles sont utilisées dans les conditions de Gauss.

Dans les conditions de Gauss, une lentille se rapproche du modèle des lentilles minces, elle est quasi stigmatique et quasi aplanétique.