

LENTILLES MINCES-FORMATION DES IMAGES-FORMULES DE CONJUGAISON

logiciel OPTIQ.EXE

Protocole:

Nous allons établir dans ce thème les propriétés des lentilles minces sans faire appel aux appareillages classiques (écrans diffusants- tranches de lentilles...faisceaux laser)

Précisons tout d'abord que faire une expérience , ce n'est pas se rincer l'oeil sur de belles couleurs ou encore se ravir d'une explosion ; une expérience n'a rien de fortuit sinon elle relève d'une simple observation ; faire une expérience, c'est avant tout expérimenter le bien fondé d'une hypothèse, en quelque sorte c'est faire un essai de validation.

Si l'expérience est concluante, on en déduit que l'hypothèse de départ peut être bonne; c'est la base du raisonnement inductif des sciences.

Dans le cas qui nous intéresse, ce n'est pas expérimenter que d'observer par exemple qu'un rayon passant par le centre optique de la lentille la traverse sans déviation ; c'est une simple observation.

Certes ce type d'observation n'est pas sans intérêt et s'ajoutera à la longue liste des propriétés des lentilles pour jeter plus tard les bases de nouvelles hypothèses.

De plus, bien que ce ne soit pas (très) précisément le cas ici, faire une expérience nécessite souvent un matériel cher voire une mise en oeuvre encore plus chère ou difficile.

Nous allons établir les loi de conjugaison des lentilles minces sur la base d'une simple hypothèse à l'aide d'un papier, d'un crayon et d'une loupe d'écolier.

A-Observation

La réaction la plus typique du profane devant une loupe est la mise en évidence de son pouvoir grossissant ou encore son aptitude à concentrer les rayons du soleil pour mettre le feu à la forêt provençale par (mauvais) exemple.

Que l'on s'avise de positionner cette même loupe à quelques cm d'un mur opposé à une fenêtre et, oh surprise!, après quelques hésitations, on voit se former l'image de la fenêtre nette et inversée. Il faut un concours de circonstances plus contraignant pour faire cette observation et c'est sans doute pourquoi elle échappe au profane.

B-Hypothèse

Il ne faut pas une grande imagination pour formuler l'hypothèse que l'image précédente est homothétique de l'objet et, dans le même temps, imaginer que le centre de cette homothétie est le centre de la lentille.

Voilà donc les deux hypothèses de travail.

C- Conséquences : construction du cheminement des rayons

c1- doc1 L'image d'un point est un point nous noterons $i(A)$ l'image du point A

Par suite si nous connaissons un point et son image nous pouvons construire une infinité de rayons issus de A qui traverseront la lentille en passant par $A'=i(A)$

c2-doc2 Bien évidemment A, O et A' sont alignés: tout rayon passant par le centre optique O de la lentille la traverse sans déviation.

c3-doc3 les rayons issus d'un point infiniment éloigné (le soleil par exemple) sont parallèles à l'axe optique principal xx' ; ils viennent donc former un point image que l'on note F' appelé foyer optique image principal (foyer comme feu) ; on retrouve la propriété énoncée au chapitre des observations.

L'emplacement de ce foyer dépend de la lentille; une lentille set toujours vendue avec son foyer – le réclamer au besoin.

c4-doc4-construction de l'une image d'un objet étendu

Considérons un objet AB perpendiculaire à l'axe optique principal (AOP)

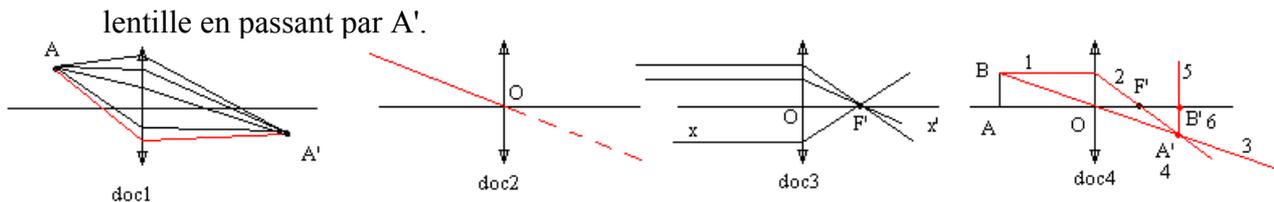
Son image le sera aussi (conservation des angles par l'homothétie).

$A'B' = i(AB)$ sera aussi perpendiculaire à l'AOP

A' est sur (AO) et sur HF

Suivre la numérotation pour la construction

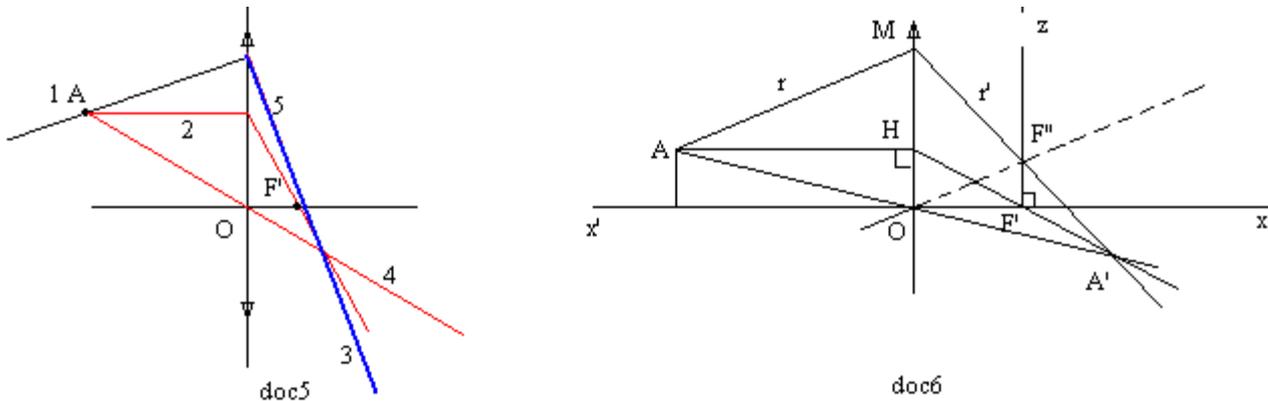
On peut dès lors tracer le cheminement de n'importe quel rayon issu de A ; il traversera la



c5-doc5 construction de la marche d'un rayon quelconque

On peut le considérer comme issu d'un point A d'objet AB et procéder comme en c4

On peut aussi s'inspirer de l'analyse du doc6:



La droite $F''z$ orthogonale à $x'x$ coupe (MA') en F'' . $F''O$ est un axe optique secondaire (AOS).
 $A'F''/A'M = A'F'/A'H = A'O/A'A$ (thales) par suite $A'F''/A'M = A'O/A'A$ et (réciproque de thales): $OF'' // AM$.

Ainsi pour construire le cheminement de r après traversée de la lentille il suffira de

a-tracer l'AOS parallèle à r

b-Elever la perpendiculaire à $x'x$ passant par F' et pointer F'' à l'intersection avec l'AOS.

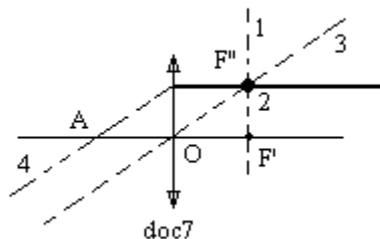
c-Tracer MF'' .

Ce procédé est bien souvent plus rapide que le précédent.

F'' est appelé foyer optique secondaire

Il s'en suit que tout rayon parallèle à cet AOS passe par ce foyer optique secondaire

c7-doc7- foyer principal objet



Procédons à l'inverse: reconstituons la marche d'un rayon donnant un rayon parallèle à l'AOP
on observe que $OF' = OA$ (parallélogrammes...)

Par suite tout faisceau divergent issu de A traversera la lentille en donnant un faisceau cylindrique parallèle à l'AOP et de plus A est symétrique de F' par rapport à O; A est le foyer objet principal noté F généralement.

On déterminerait de la même façon les foyers objet secondaires

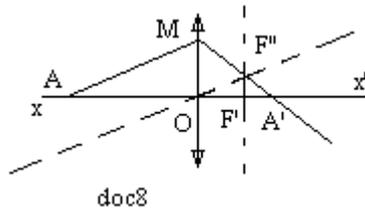
En résumé:

tout rayon parallèle à l'AOP (resp. AOS) traverse la lentille en passant par le foyer optique principal (resp.secondaire).

Tout rayon issu du foyer optique principal (resp.secondaire) traverse la lentille en donnant un faisceau cylindrique parallèle à l'AOP (resp. AOS).

C8- doc8-formule de conjugaison

Il s'agit d'une expression reliant la position de l'objet sur l'AOP à celle de son image.



$\mathbf{A'F''/A'M} = \mathbf{A'F'/A'O} = \mathbf{A'O/A'A}$ les notations en gras pour les mesures algébriques
 par suite $\mathbf{A'F'/A'O} = \mathbf{A'O/A'A}$ c'est déjà une formule de conjugaison mais elle n'est pas très
 commode à utiliser.

Avec O pour origine de l'axe x'x il vient

$$(\mathbf{A'O} + \mathbf{OF'}) / \mathbf{A'O} = \mathbf{A'O} / (\mathbf{A'O} + \mathbf{OA})$$

après développement et simplification on arrive à $\mathbf{OF'(OA.OA')} = \mathbf{OA.OA'}$ qu'il est préférable
 d'écrire sous la forme; $\mathbf{1/OF'} = 1/OA' - 1/OA}$

ou mieux enfin $\mathbf{1/OA'} = 1/OA + 1/OF'}$; cette dernière expression est très facile à retenir si l'on note
 $V_A = 1/OA$ vergence du point A, $V_{A'} = 1/OA'$ vergence du point A', $V = 1/OF'$ vergence de la
 lentille.

On retiendra donc que la vergence de l'image (le résultat visé) est égale à celle de l'objet augmentée
 de ce que la lentille apporte, sa vergence : $V_{A'} = V_A + V_{F'} = V_A + C$ avec $C = 1/OF'$

Cette formule est très polyvalente car elle reste la même pour les lentilles divergentes, le miroir
 sphérique, le miroir plan (avec quelques définitions supplémentaires).