

TP2- FOCOMETRIE

PRESENTATION	2
0- TRAVAIL PREPARATOIRE à faire avant le TP	2
1- FOCOMETRIE PAR AUTOCOLLIMATION	3
2- FOCOMETRIE PAR VISEE	4
ANNEXES	7
Annexe A1- LISTE DU MATERIEL UTILISE.....	7
Annexe A2- LUNETTE DE VISEE.....	8
Annexe A3- OBTENIR UN FAISCEAU DE LUMIERE PARALELLE.....	9
Annexe A4- MODELISATION ET NOTATIONS POUR UNE LENTILLE MINCE	10

Ouvrir une session sur l'ordinateur :

Utilisateur : **etmp**
Mot de passe : **mesures**

TP2- FOCOMETRIE

PRESENTATION

Sujet

Mesurer la distance focale de lentilles convergente ou divergente par une méthode avec lunette de visée.

Objectifs

- Utilisation de lunette de visée (procédure de réglage des lunettes, pointé)
- Approches comparées : expérimentale et par simulation
- Maîtrise de l'usage des lentilles minces

Consignes et sécurité

- **Au démarrage du PC** : un utilitaire rafraîchit et ouvre le répertoire de travail « **E:\MesDocs** ». Ce dossier contient le texte complet du TP en couleur avec ses annexes.
- **Le matériel optique ne DOIT jamais tomber !**
- **Eteindre la lampe en fin de TP**

Plan du TP

- 1- Focométrie par autocollimation p 3
- 2- Focométrie par visée p 4

Annexes :

Version en couleur dans E:\MesDocs

- A1- Liste du matériel utilisé p 7
- A2- Lunette de visée p 8
- A3- Obtenir un faisceau de lumières parallèles p 9
- A4- Modélisation et notations pour une lentille mince (cf. TP1) p 10

0- TRAVAIL PREPARATOIRE à faire avant le TP

Le texte du TP en couleur, ses annexes complètes et les logiciels de simulation sont accessibles sur Internet par <http://mpsn.free.fr>

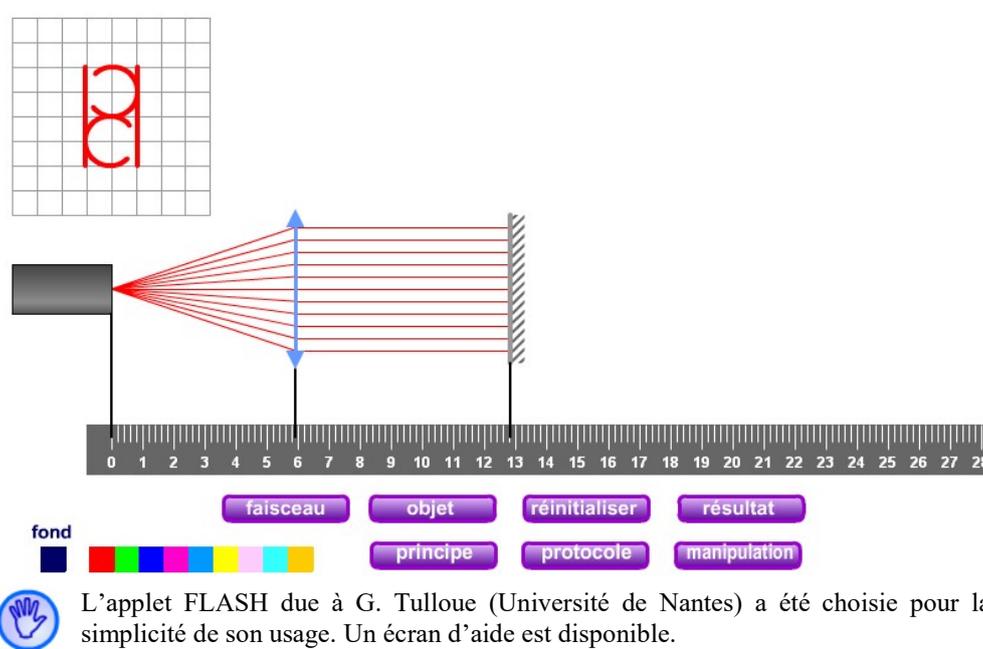
- Lire attentivement le texte de TP.
- Relire en particulier l'Annexe 4 « Modélisation et notation » (relation de conjugaison, signes, conventions...).
- **Expérimenter avec les applets décrite au §1.1 et §2.1**
Attention : un plugin « Flash » à jour doit être installé dans votre navigateur et vous devez lui donner l'autorisation de s'exécuter. Cette démarche est possible dans Mozilla Firefox.

1- FOCOMETRIE PAR AUTOCOLLIMATION

De façon générale un **collimateur** est un système optique destiné à produire un faisceau de lumière parallèle.

Ici le préfixe « auto » est associé au fait que la lentille convergente et le miroir se suffisent alors à eux même pour le réglage.

1.1- Approche de la méthode par simulation



Attention : un plugin « Flash » à jour doit être installé dans votre navigateur et vous devez lui donner l'autorisation de s'exécuter. Cette démarche est possible dans Mozilla Firefox.

Travail demandé :

Après avoir lancé la simulation par le raccourci de l'applet « Autocollimation » sur le bureau :

- Visualiser le faisceau lumineux avec le bouton « **faisceau** » (« xx » désigne le bouton xx sur lequel cliquer).
- Prendre connaissance des étapes successives du « **protocole** » de réglage.

1.2- Réalisation expérimentale de la mesure

Préréglages

- Utiliser l'objet « motifs géométriques » monté sur son écran blanc spécifique.
- Placer l'objet devant la sortie de la source de lumière disponible sur le banc. Il est donc éclairé par l'arrière quasi uniformément.
- Placer en avant et dans l'axe le **miroir plan** monté sur son support noir.



Rappel : le repère de lecture du pied d'un cavalier correspond à l'axe de la tige.

Travail expérimental demandé

- Q1.2a- Chaque étudiant met en œuvre le protocole décrit dans la simulation pour déterminer la distance focale de la lentille convergente disponible. Calculer la moyenne de ces deux mesures, soit f_1' .
- Q1.2b- Quelle restriction présente cette méthode ?

Attention : l'image recherchée reste évidemment nette lorsqu'on déplace le miroir sur le banc. Ne confondez pas un éventuel reflet sur la face avant de la lentille.

2- FOCOMETRIE PAR VISEE

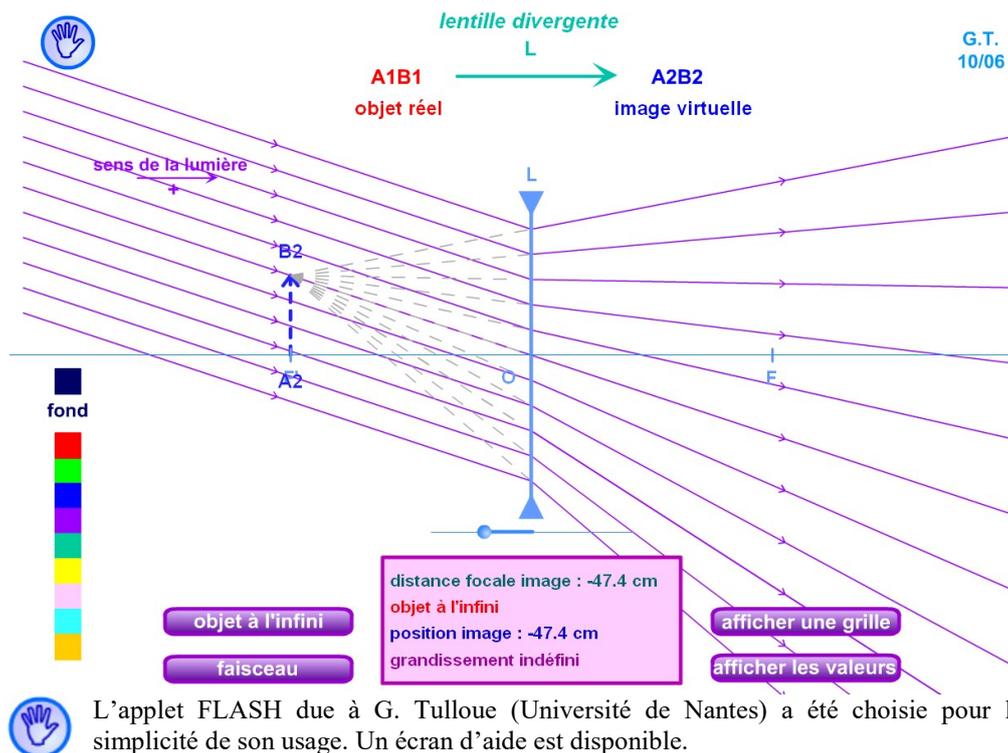
2.1- Principe de la méthode par visée

Si vous n'aviez pas encore réalisé le TP1 Lentille mince convergente, commencer par lire « Modélisation et notation » en Annexe 4 (relation de conjugaison, signes, conventions...)

Simulation : foyer image, plan focal image, distance focale f'

Après avoir lancé la simulation par le raccourci de l'applet « Lentille mince » placé sur le bureau :

- Visualiser le faisceau lumineux avec le bouton « faisceau » (« XX » désigne le bouton XX sur lequel cliquer).
- Prendre connaissance dans l'aide du rôle de la souris pour les réglages. Régler une situation similaire à la figure proposée.
- Commencer par obtenir un « objet à l'infini ».



L'applet FLASH due à G. Tulloue (Université de Nantes) a été choisie pour la simplicité de son usage. Un écran d'aide est disponible.

Rappel : F' est le foyer image principal, le plan focal image contient F' et est parallèle au plan de la lentille. F est le foyer objet principal.

Q2.1a- Visualiser le lieu de l'image pour un objet situé à l'infini et préciser le rôle du plan focal image contenant F' . Que représente la distance focale image f' ? Distinguer le cas des lentilles convergente et divergente.

Relation de conjugaison

Rappel : $f' > 0$ pour une lentille convergente, $f' < 0$ pour une lentille divergente

Q2.1b- Rappeler la relation de conjugaison pour une lentille mince. Identifier la position de l'image d'un objet situé à l'infini optique ($\overline{OA} = x \rightarrow ?$) ; situer ce lieu sur une figure en distinguant les cas des lentilles convergente et divergente.

Principe de la méthode par visée

La méthode par visée s'utilise pour des lentilles minces convergentes et divergentes (voir plus loin les restrictions selon les conditions matérielles utilisées) :

- Obtenir un faisceau de lumière parallèle à l'axe optique de la lentille à mesurer.
- Identifier par visée la position p_O du centre optique O et la position $p_{F'}$ du foyer image F' .
- Calculer $\overline{OF'} = f'$ par différence des positions (attention au signe du résultat).

2.2- Lunette de visée

Description

- Il s'agit d'une lunette de type « Galilée » préréglée a priori à l'infini. Son fonctionnement détaillé pourra être appréhendé **après les TD** sur les lentilles à l'aide de l'applet :

http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gulloue/optiqueGeo/instruments/lunette_gal.html

- La lunette est complétée d'une bonnette supplémentaire qui rapproche le lieu visé à une distance finie d_v .



Travail expérimental demandé : estimation de la distance de visée

Respecter les consignes de l'annexe A2- qui décrit l'expérience et les réglages de la lunette.

Q2.2- Après avoir réglé l'oculaire, déplacer la lunette sur le banc pour « pointer la surface orange » de l'objet (la voir bien nette. Mesurer les positions de l'objet et de la lunette (les repères des cavaliers). En déduire la distance de visée d_v de cette lunette. Estimer la qualité du « pointé ».

2.3- Obtenir un faisceau de lumière parallèle

Le collimateur est une source lumineuse conçue pour fournir après réglage un faisceau de lumière parallèle. Le réglage fin du collimateur nécessite de disposer d'une lunette spéciale qui doit, elle-même, être aussi préréglée.

Respecter les consignes de l'annexe A3- qui décrit la configuration matérielle de l'expérience et les réglages de la lunette et du collimateur.

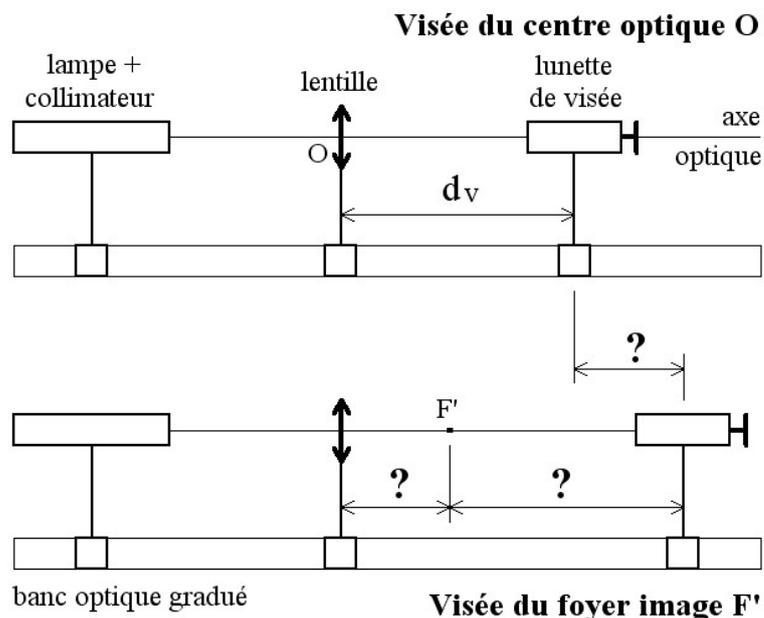
Q2.3a- Régler soigneusement la lunette autocollimatrice. Une fois réglée, quelle est la distance entre le réticule et la lentille de front de cette lunette ? Justifier (la grandeur physique, pas la valeur numérique estimée !).

Q2.3b- Régler le collimateur. Une fois celui-ci réglé, quelle est la distance entre le dépoli et la lentille de front du collimateur ? Justifier (idem).



Relire le « Principe de la méthode par visée » exposé à la fin du §2.1- ; on dispose donc du faisceau de lumière parallèle à l'axe optique de la lentille à mesurer.

2.4- Mesures de distance focale par visée



Chaque étudiant réalisera une procédure de mesure complète pour chacune des deux lentilles montées sur support vissé.

Q2.4a- Comment distinguer les lentilles convergentes et divergentes disponibles sur le TP ?

Q2.4b- Pour la lentille convergente disponible : pointer par visée la position p_O du centre optique O (idéalement pointer les faces avant et arrière de la lentille)

Préciser ce que représentent les « ? » sur la figure.

Pointer la position $p_{F'}$ du foyer image F' .

Calculer $\overline{OF'} = f'$ par différence des positions (attention au signe du résultat). Comparer les deux mesures obtenues par les deux opérateurs.

Q2.4c- Même question pour la lentille divergente disponible. Réfléchir aux modifications à apporter aux figures décrivant la procédure de mesure.

*Q2.4d- Pour une lentille donnée, les deux mesures sont-elles réalisées en condition de **répétabilité** ou de **reproductibilité** (au sens du Cours de Métrologie) ? Justifier.*

*Q2.4e- Compte-tenu de la distance de visée d_V particulière de cette lunette et de la longueur libre disponible sur le banc optique, préciser l'**étendue de mesure** possible avec ce matériel pour la distance focale d'une lentille convergente.*

Q2.4f- Même question pour une lentille divergente.

Rappel : l'étendue de mesure d'un mesurande donnée est la plage de valeurs disponibles à la mesure dans des conditions de qualité spécifiées. Dans cette expérience, quel est le mesurande ?

2.5- Méthode pour augmenter l'étendue de mesure

Demander deux lentilles supplémentaires à l'enseignant.

Attention à ne pas les laisser tomber en cours de manipulation sur le support.

Q2.5a- Mesurer par visée la longueur focale de la seconde lentille convergente fournie.

Q2.5b- Mesurer par visée la longueur focale de la seconde lentille divergente fournie. Pourquoi la visée de l'image n'est pas possible ?

Q2.5c- Proposer une méthode complémentaire pour étendre l'étendue de mesure pour les « divergentes » en utilisant une lentille mince convergente accolée. Préciser la formule de calcul sur lequel repose cette méthode.

Réaliser votre procédure de mesure. En déduire la longueur focale de cette lentille divergente.

Penser à identifier les sources d'erreur possibles et chercher à les minimiser.

Q2.5d- Quelle est la nouvelle étendue de mesure pour les lentilles divergentes lorsqu'on utilise cette bonnette de lunette de visée et cette lentille convergente ?

ANNEXES

Annexe A1- LISTE DU MATERIEL UTILISE

Matériel utilisé

Focométrie

- un banc optique de 2m et quatre supports « cavalier »
- un collimateur et son alimentation 6V
- un écran spécial autocollimation avec son objet « à projeter »
- un miroir plan
- une lunette de visée Ovio
- un objet « carré orange » à viser
- une lunette autocollimatrice Ovio
- une lentille convergente f' environ 100 à 200 mm de focale et son support
- une lentille divergente f' environ -100 à -200 mm de focale et son support
- deux lentilles convergente et divergente supplémentaires.
- un support pour lentilles minces non montées

- deux textes de TP avec Annexes et fiches techniques

Matériel informatique et logiciels utilisés

- un ordinateur PC (a priori « MP-Optique5 »)
- navigateur avec plugin FLASH à jour et autorisé.
- Un accès à l'imprimante réseau

Applets de simulation :

Les logiciels de simulation sont accessibles sur Internet sur <http://mpsn.free.fr>

http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/optiqueGeo/lentilles/lentille_mince.html

<http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/optiqueGeo/focometrie/autocollimation.html>

Ces applets sont dues à Geneviève Tulloue (Université de Nantes)

Site fabricant Ovio :

<http://www.ovio-optics.com/>

Annexe A2- LUNETTE DE VISEE

Description

Il s'agit :

- d'une lunette « 1 » pré réglée a priori à l'infini,
- complétée d'une bonnette supplémentaire « 2 » destinée à rapprocher le lieu visé à une distance finie d_v qui sera justement la « distance de visée ».

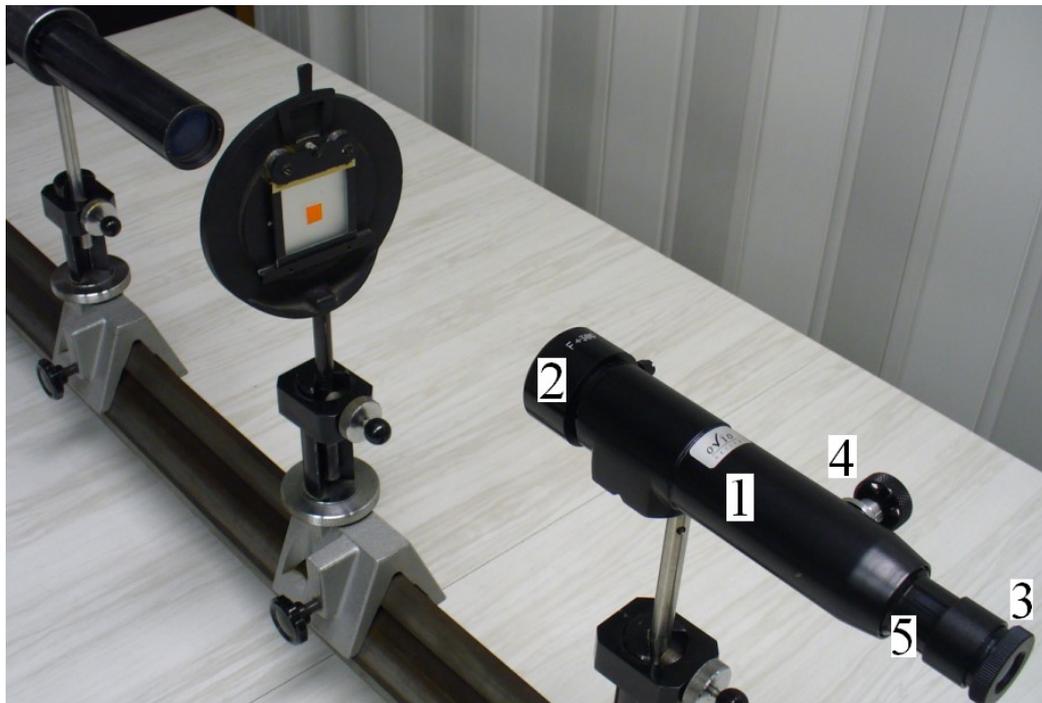
Réglage de la lunette de visée

- Tourner la molette rainurée « 3 » de l'**oculaire** afin de voir bien net le réticule gradué en forme de croix. C'est tout, mais

Attention :

- Le réticule est solidaire de la bague « 5 » qui doit rester en position serrée (sans excès). Veiller à ne pas desserrer cette bague par inadvertance pendant le réglage de l'oculaire « 3 » ;
- La lunette doit être utilisée dans sa **configuration de tirage la plus compacte**. Donc ne pas utiliser le réglage « 4 » pour éloigner l'oculaire du corps de la lunette.

Dans le doute, faire vérifier par l'enseignant.



L'objet à viser est un dépoli muni d'un adhésif orange éclairé par l'arrière à l'aide du collimateur dont la lampe brille.

Annexe A3- OBTENIR UN FAISCEAU DE LUMIERE PARALLELE

Principe

Le collimateur est une source lumineuse conçue pour fournir après réglage un faisceau de lumière parallèle. Le réglage du collimateur nécessite de disposer d'une lunette spéciale qui doit, elle-même, être préréglée.

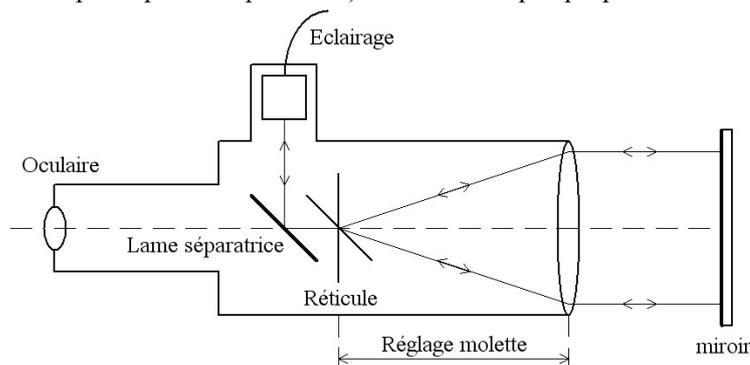
Réglage de la lunette autocollimatrice

Le principe de l'autocollimation est étudié dans la partie 1.

Protocole de réglage :

- Régler l'**oculaire** du viseur pour voir le réticule bien net.
- **Brancher l'éclairage** de la lunette, vérifier avec la main qu'un faisceau de lumière sort de la lunette (dans le cas contraire déplacer le poussoir près de l'oculaire).
- Positionner un **miroir** face à la lunette et renvoyer le faisceau dans celle-ci.
- **Régler la molette de la lunette** de sorte que l'image du réticule se forme dans le plan du réticule.

Attention : en fait la mise au point est tellement précise que l'on peut successivement avoir parfaitement net l'un ou l'autre des deux fils horizontal ou vertical mais pas les deux à la fois. Il faut donc se régler sur le plan de contact des deux fils et on verra l'image du réticule après réflexion également « nets » sur les deux fils (mais donc pas le plus nets possible !). Paradoxal et quelque peu déroutant la première fois.

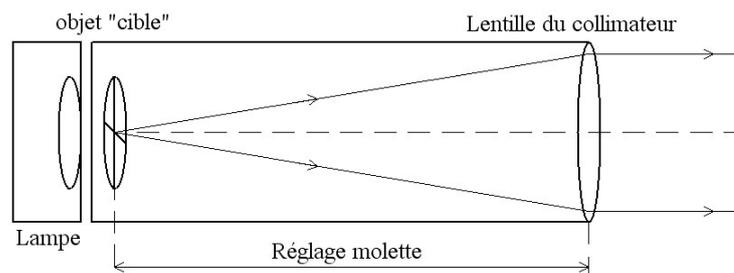


Réglage du collimateur

Le collimateur est constitué d'une lampe éclairant par l'arrière un dépoli « objet » portant une sérigraphie en forme de « cible » ainsi que d'une lentille convergente de front. La molette permet de régler la distance dépoli / lentille de front.

Protocole de réglage :

- Positionner la lunette autocollimatrice en bout du banc optique. Régler les hauteurs et orientation en faisant en sorte de pouvoir **observer avec la lunette** la lumière provenant du collimateur.
- Régler la **molette du collimateur** de sorte d'observer dans la lunette autocollimatrice l'image bien nette de l'objet « cible » dans le plan de son réticule.



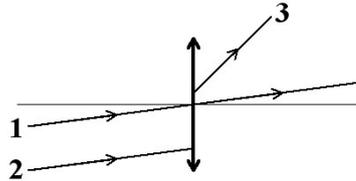
→ Les lunettes sont préréglées ☺ Faire vérifier par l'enseignant.

Annexe A4- MODELISATION ET NOTATIONS POUR UNE LENTILLE MINCE

Idem TP1 §1.2-

1.2- Modélisation et notations

Approximation de Gauss



Les prévisions de ce modèle ne sont correctes que si la lentille mince (d'épaisseur faible devant son diamètre) « travaille » dans les **conditions de Gauss** :

Les rayons lumineux qui tombent sur la lentille ou qui en sont issus sont, à la fois, **peu éloignés, peu inclinés et peu écartés de l'axe de la lentille**.

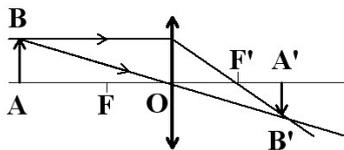
Le rayon 1- satisfait aux conditions, 2 et 3 n'y satisfont pas.

Ceci est réalisé en pratique quand la lentille est éclairée par un petit objet plan AB perpendiculaire à l'axe optique. La lentille en donnera alors une image A'B' perpendiculaire à l'axe.

Relation de conjugaison des lentilles minces

Les positions de l'objet et de l'image sont dites « conjuguées ». Ainsi tous les rayons issus de B et traversant la lentille passent aussi par B'. pour la construction graphique, on « privilégie » ces deux rayons particuliers mais il faut garder en tête qu'il faut raisonner sur l'ensemble des rayons concernés regroupés en faisceaux coniques.

Convention : la lumière vient de la gauche vers la droite.



lentille convergente : $f' > 0$

O est le centre optique de la lentille. F est son foyer objet et F' son foyer image. f' est la distance focale image.

Soient $\overline{OA} = x$ $\overline{OA'} = x'$ $\overline{OF'} = f' = -\overline{OF}$

Pour un objet « réel », c'est à dire situé en avant de la lentille, $x < 0$. Pour une image « réelle », située après la lentille, $x' > 0$; pour une image « virtuelle », située en avant de la lentille, $x' < 0$

La position de l'image x' est fonction de la position de l'objet x et de la longueur focale.

Remarque : cette relation est aussi vraie pour une lentille divergente (avec $f' < 0$)

$$\boxed{\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} \text{ ou } \frac{1}{x'} - \frac{1}{x} = \frac{1}{f'}}$$

Relation de grandissement latéral des lentilles minces

Convention : sur cette figure \overline{AB} est positif (car au-dessus de l'axe optique) mais $\overline{A'B'}$ négatif (car au dessous...)

$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ est le grandissement latéral, on montre que $\gamma = \frac{x'}{x}$ (grandeur algébrique)

On a $\gamma > 0$ si l'image est « droite » et $\gamma < 0$ si l'image est « inversée » (c'est le cas de cette figure).