

TP1 Lentilles minces convergentes et miroir sphérique concave 2013

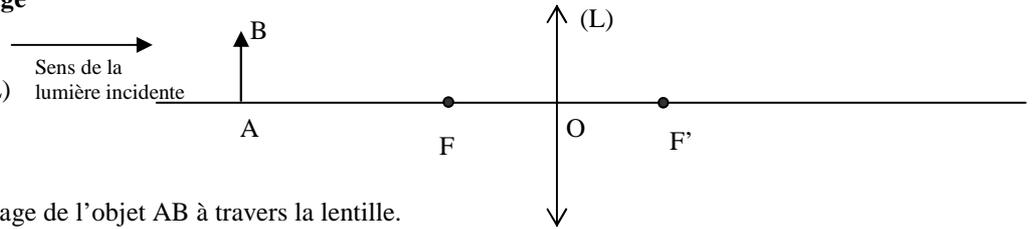
Les méthodes ayant pour but de déterminer la distance focale d'une lentille ou d'un miroir sont appelées : méthodes de **focométrie**.

1-Préparation

Noms des étudiants :

1-1 Construction d'une image

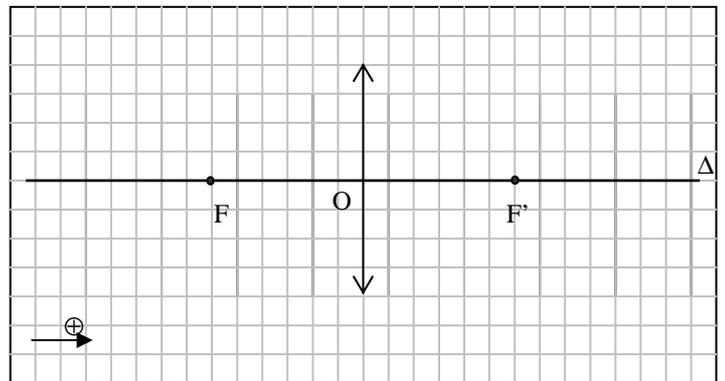
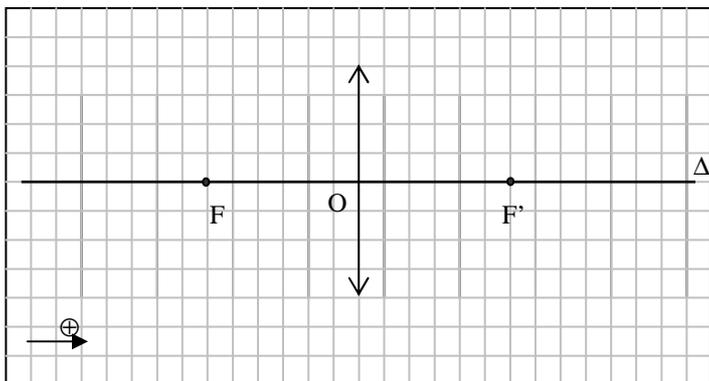
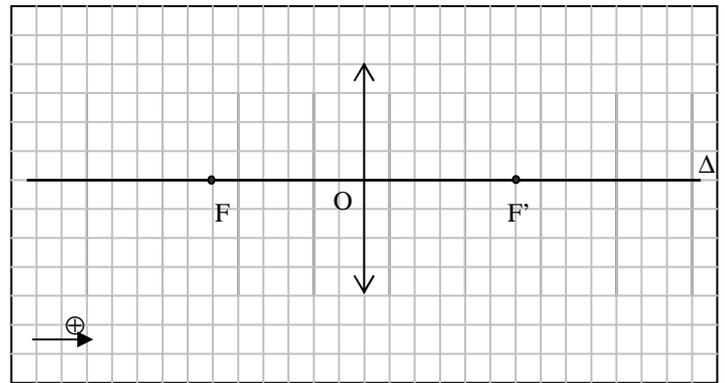
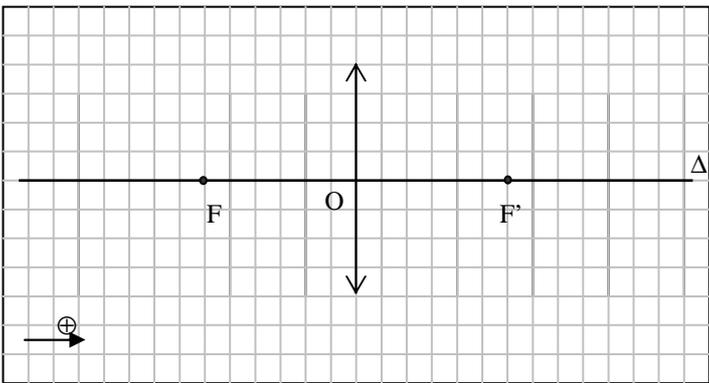
Nous disposons d'une lentille mince convergente (L) de foyer objet F et de foyer image F'.



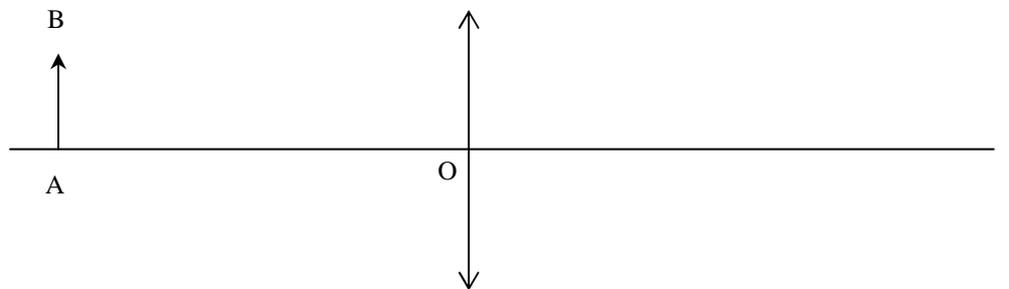
Nous voulons construire l'image de l'objet AB à travers la lentille.

a) Faire ci-dessous 4 constructions différentes avec : A à gauche de F, A entre F et O, A entre O et F', A à droite de F'.

b) Préciser dans chaque cas la nature réelle ou virtuelle de l'objet et de l'image.



c) Démontrer en utilisant un raisonnement purement géométrique qu'il existe une unique position de l'objet telle que le grandissement sera égal à : - 1. Préciser alors les positions de l'objet et de l'image.



Démarche suivie :

d) Montrer que les résultats de la question 1-1-c) constituent une méthode de détermination expérimentale de la distance focale $f' = \overline{OF'}$ d'une lentille convergente. Décrire cette méthode (dite « de Silberman »).

Description de la méthode :

1-2 Les formules de conjugaison :

a) Rappeler les formules de conjugaison et les expressions du grandissement pour les lentilles minces.

b) Vérifier grâce aux formules du 1-2-a) les résultats géométriques du 1-1-c).

1-3 Focométrie par autocollimation

L'autocollimation est une méthode simple de détermination des distances focales. Elle est rapide à mettre en place et n'entraîne pas de calcul, c'est pourquoi elle est très utilisée.

L'objet AB est situé dans le plan focal objet de la lentille de distance focale f' .

a) Faire un dessin clair du parcours de 2 rayons afin de déterminer l'image finale A'B' de AB à travers tout le système :

lentille + miroir + lentille

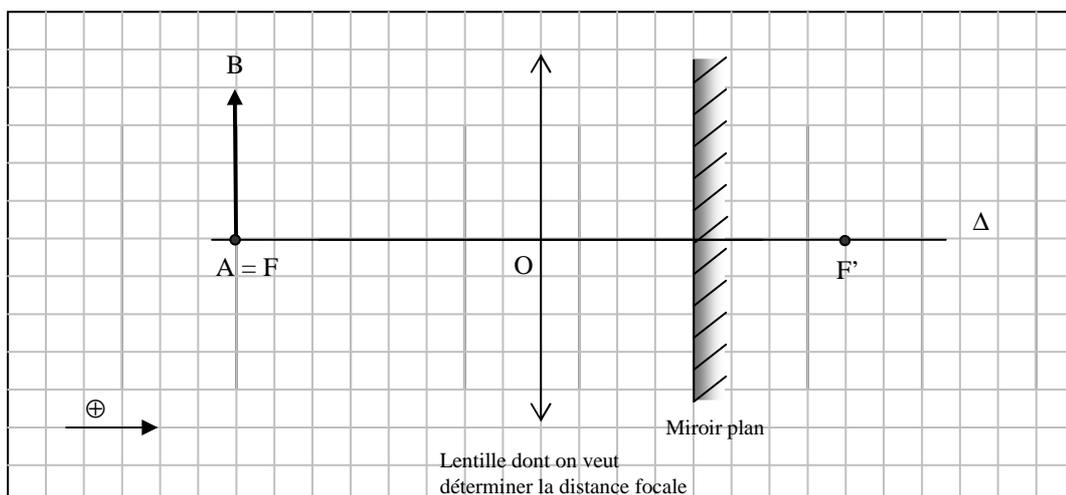
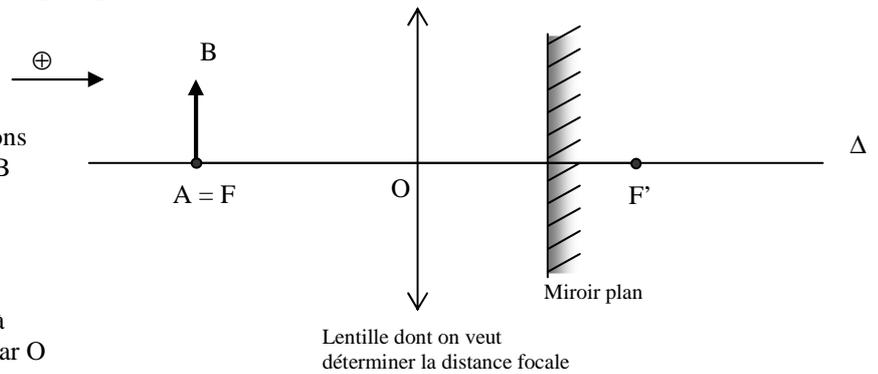
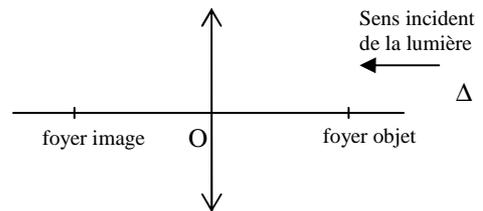
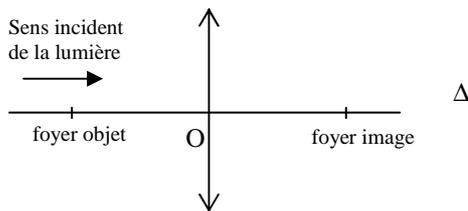
remarque : c'est un système en réflexion

Aides :

-on choisira par exemple un rayon parallèle à l'axe optique issu de B et un rayon passant par O également issu de B.

-on remarquera que ces deux rayons en repartant du miroir sont parallèles entre eux. Ils doivent donc passer, en sortant pour la deuxième fois de la lentille, par un même foyer secondaire image de celle-ci qu'il faudra déterminer.

-on prendra garde au fait que lorsque la lumière change de sens, il faut inverser les foyers de la lentille :

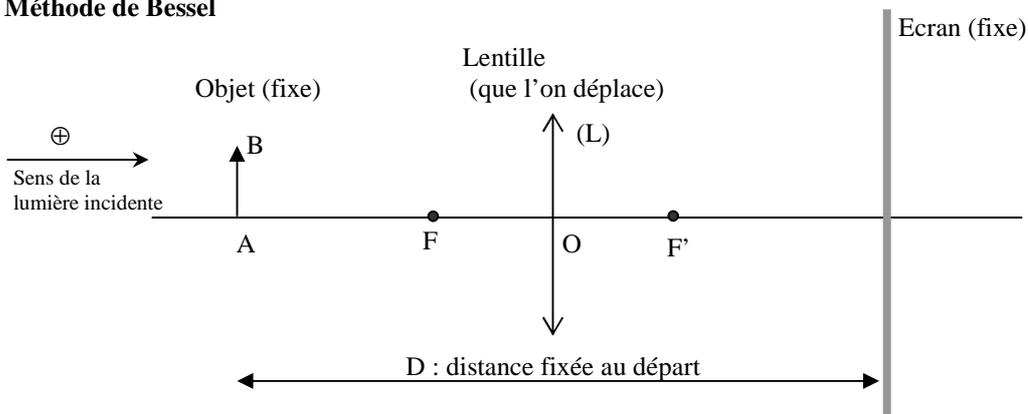


b) La solution du 1-3-a) dépend-elle de la distance lentille-miroir ?

Réponse :

c) Expliquer comment on peut expérimentalement déterminer une distance focale avec la méthode d'autocollimation.

1-4 Méthode de Bessel



- On place AB (objet) à une distance D de l'écran et on ne déplace plus ces 2 éléments (D = constante).
- On déplace la lentille de sorte que l'image A'B' de AB se forme sur l'écran.

a) On pose $\overline{OF'} = f'$; $\overline{OA} = p$; $\overline{OA'} = p'$: montrer que p vérifie une équation du 2^o degré dans laquelle apparaissent les constantes D et f' (on partira de la relation de conjugaison).

Démonstration :

b) En déduire que si D vérifie une condition **que l'on exprimera**, il existe toujours deux possibilités concernant la position de la lentille (L).

Condition sur D pour qu'il y ait 2 possibilités :

c) Que se passe-t-il concrètement si D ne vérifie pas la condition exprimée au 1-4-b) ?

d) Montrer que f' s'exprime facilement en fonction de D et d (où **d est la distance qui sépare les deux positions possibles de la lentille**).

Démonstration :

1-5 Doublet non accolé

Rappel : Un doublet afocal est tel que l'image d'un objet situé à l'infini sur l'axe est à l'infini sur l'axe.

a) Comment doit-on placer respectivement deux lentilles L_1 et L_2 l'une par rapport à l'autre pour que le système soit afocal.

b) Rappeler les résultats du doublet non accolé (positions des foyers du doublet) et vérifier ainsi les résultats du 1-5-a).

2- Mesures

Plusieurs objets sont à disposition, on choisira toujours le plus adapté.

Si nécessaire, dans ce compte rendu on décrira les manipulations avec des schémas clairs. On commentera les résultats expérimentaux.

2-1 Méthode d'autocollimation

a) Pour la lentille inconnue proposée, en utilisant un miroir plan, mesurer $f' = \overline{OF'}$ par la méthode d'autocollimation.

L'expérience donne : $f' = \overline{OF'}$ =

b) Estimer l'incertitude de votre mesure.

Remarque : il y a incertitude sur chaque position repérée (incertitude de lecture) mais aussi sur la netteté.

2-2 Méthode de Silberman

En s'appuyant sur le paragraphe 1-1), réaliser la méthode de Silberman et donner ainsi une nouvelle mesure de f' .

2-3 Méthode de conjugaison

En accord avec les résultats du 1-4), on se place dans les conditions nécessaires pour obtenir une image sur l'écran (sachant que grâce au 2-1), on connaît déjà une valeur approchée de la distance focale de la lentille inconnue).

a) Faire une série de mesures de $p = \overline{OA}$ et $p' = \overline{OA'}$ pour la même lentille de distance focale f' (voir tableau ci-dessous). Commenter ensuite les résultats.

Remarque : si l'image devient trop petite ou trop grande, changer l'objet pour une mesure plus facile de γ .

$p = \overline{OA}$ (cm)	$p' = \overline{OA'}$ (cm)	$(\frac{1}{p'} - \frac{1}{p})^{-1}$	$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{AB}$ (mesure)	$\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ (calcul)
-46				
-48				
-50				
-52				
-54				
-56				
-58				
-60				
-62				
-64				

Commentaire des résultats du tableau :

b) Tracer avec un tableur $\frac{1}{p'}$ en fonction de $\frac{1}{p}$ (courbe à rendre avec le compte rendu : **annexe 1**). On prendra

$\frac{1}{p'}$ et $\frac{1}{p}$ en cm^{-1} .

c) Déterminer, grâce à une extrapolation sur cette courbe, la valeur de f' .

Grâce au modèle (extrapolation), on obtient (expliquer la démarche) :

2-4 Méthode de Bessel

Compte tenu des mesures de f' obtenues précédemment, on choisit une distance D remplissant la condition trouvée dans la préparation. En déplaçant la lentille on détermine d .

a) Remplir le tableau suivant grâce à vos mesures de d en déduire pour chaque mesure une valeur expérimentale de f' (calculée grâce au résultat du 1-4-d)) et conclure :

D (cm)	d (cm)	f' (cm)
140		
145		
150		
155		
160		
165		
170		
175		

b) Tracer grâce à un tableur d en fonction de D et commenter cette courbe $d(D)$ (à rendre avec le compte rendu : **annexe 2**).

Remarque : avant de tracer, on ajoutera au tableau une ligne correspondant à la méthode de Silberman : $d = 0$ et D correspondant à l'expérience du 2-2.

Commentaire de la courbe :

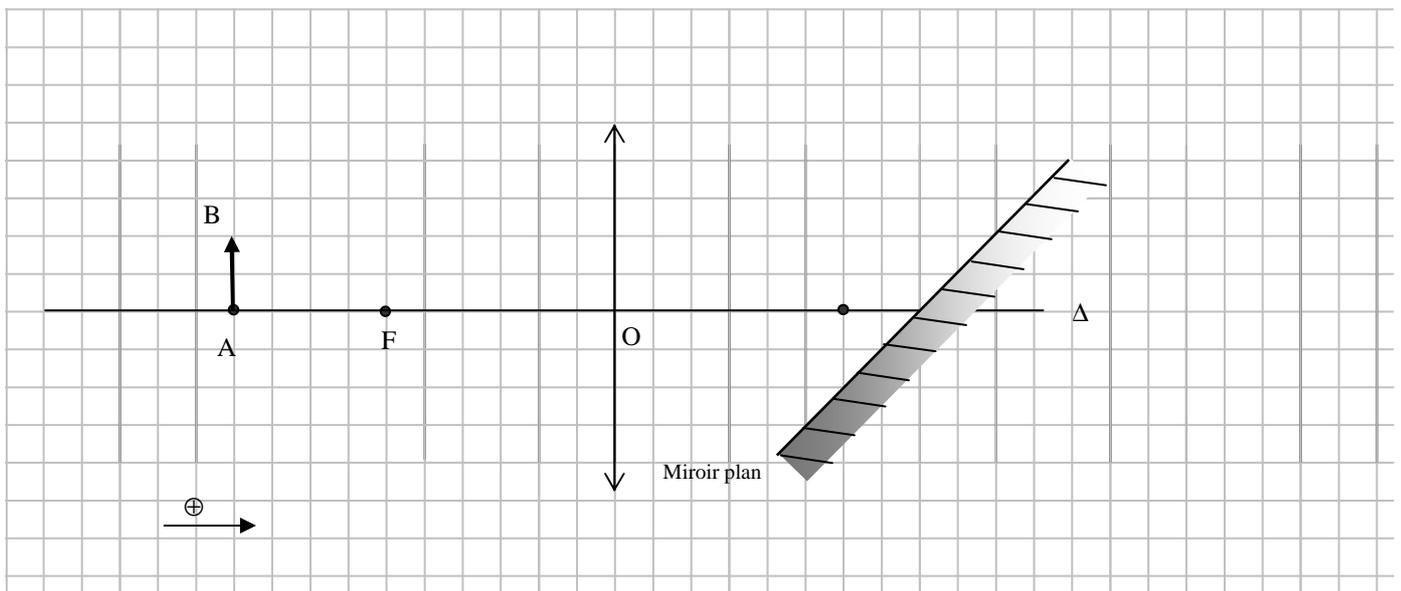
3-Modélisation de quelques instruments d'optique

3-1 Principe du rétroprojecteur

Former, à l'aide d'une lentille convergente, une image réelle telle que le grandissement soit assez important.

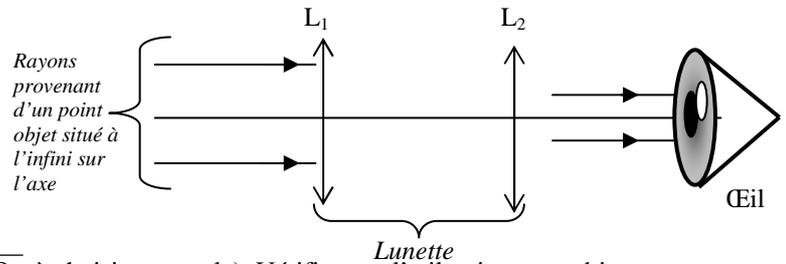
A l'aide d'un miroir plan incliné à 45° , obtenir une image nette sur le plafond de la salle (on fera les raisonnements préalables pour que l'image se forme sur le plafond).

Effectuer ci-dessous la construction géométrique correspondante.



3-2 Lunette astronomique

Cet instrument est modélisé par un doublet afocal de lentilles convergentes : L_1 et L_2 . L_1 est la lentille objectif et L_2 est la lentille oculaire. Pour constituer la lunette, on dispose de deux lentilles, une lentille de vergence $+ 2 \delta$ et une lentille de vergence $+ 10 \delta$.



Réaliser un doublet afocal (on donnera la distance $\overline{O_1O_2}$ à choisir pour cela). Vérifier que l'œil voit net un objet situé à l'infini (que l'on créera artificiellement).

a) Quelle doit être l'inégalité entre f_1' et f_2' afin que la lunette grossisse l'objet observé ? On donnera l'expression du grossissement G en fonction de f_1 et f_2' (attention, ne pas oublier que grossissement et grandissement sont deux notions différentes). Donner également la distance $\overline{O_1O_2}$.

b) On se place dans les conditions du a) ($G > 1$). Le cercle oculaire est l'image de la lentille L_1 par la lentille L_2 . Il correspond au disque de diamètre minimum formé par le faisceau émergent de la lunette. Il constitue la section la plus étroite de ce faisceau. En éclairant directement et complètement L_1 , via la source et le condenseur visualiser le cercle oculaire. Mesurer sa position $\overline{O_2C}$ et sa taille (son diamètre) notée d . Pour s'assurer de la position du cercle oculaire, on pourra coller un papier sur L_1 (du côté de la face de sortie) et chercher son image.

c) Retrouver ces résultats par la théorie. On notera D la taille (son diamètre) de la lentille L_1 .

d) Démontrer que le grossissement G de la lunette est égal à $\frac{D}{d}$.

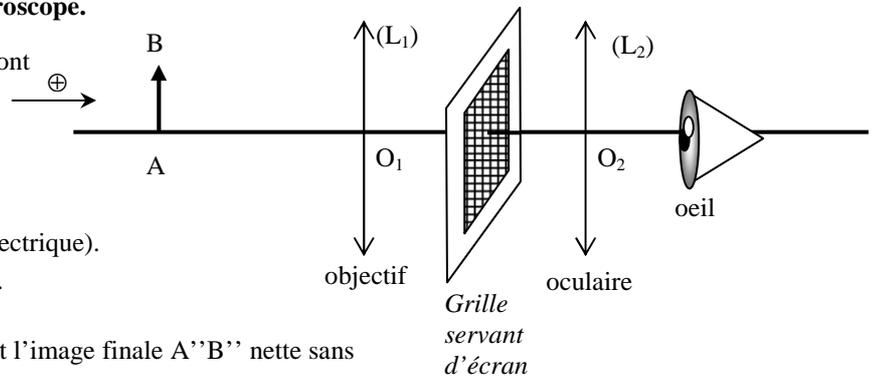
e) Donner ainsi une valeur expérimentale de G puis comparer à la valeur théorique attendue.

3-3-Doublet non accolé, principe du microscope.

De nombreux systèmes optiques sont constitués d'un doublet non accolé.

(L_1) est une lentille de vergence $v_1 = + 10 \delta$
 (L_2) est une lentille de vergence $v_2 = + 5 \delta$.

On prend un objet AB de petite taille (fil électrique).
 On réalise l'expérience avec $\overline{AO_1} = 12 \text{ cm}$.



- a) Que doit valoir $\overline{O_1O_2}$ afin que l'œil voit l'image finale A''B'' nette sans accommoder ? On fera une démonstration.
 On pose : A'B' image de AB à travers L_1 et A''B'' image de A'B' à travers L_2 ;

- b) Réaliser l'expérience tout en plaçant un objet en forme de grille dans le plan focal objet de L_2 . Vérifier que l'on voit bien l'image finale du fil nette ainsi que la grille (on fera des « ajustements » pour avoir l'image finale nette).
En regardant à travers tout le système, grâce à la grille (dont on connaît la taille : 1 mm^2 par carreau), déterminer la taille de l'image intermédiaire $\overline{A'B'}$ (image du fil à travers L_1)

$\overline{A'B'} =$

- c) Connaissant les valeurs $\gamma_1 = \frac{\overline{O_1A'}}{\overline{O_1A}}$ (on fait la mesure ou le calcul de $\overline{O_1A'}$ et éventuellement une mesure de $\overline{O_1A}$ après « ajustement ») et $\overline{A'B'}$ en déduire la taille \overline{AB} de l'objet (diamètre du fil électrique).

$\gamma_1 =$
 $\overline{AB} =$

4- Détermination du rayon algébrique \overline{SC} d'un miroir sphérique concave

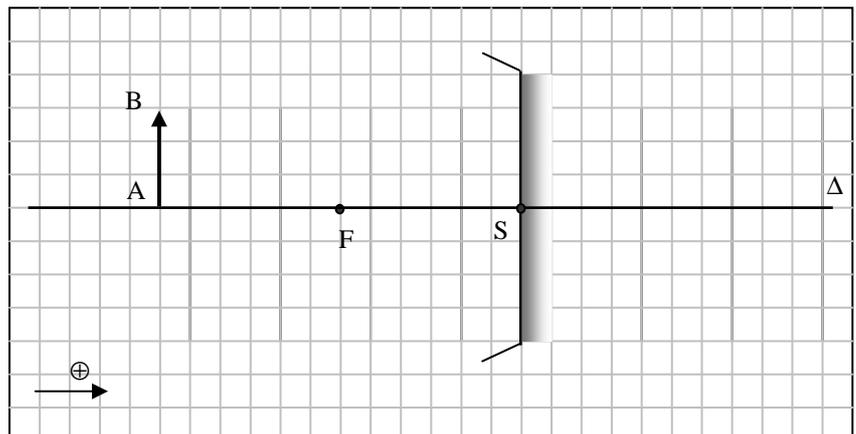
4-1 Autocollimation

- a) Déterminer par la théorie quelle doit être la position de l'objet par rapport au miroir concave pour avoir un grandissement $\gamma = - 1$.

- b) Compléter la figure ci contre pour illustrer cette propriété.

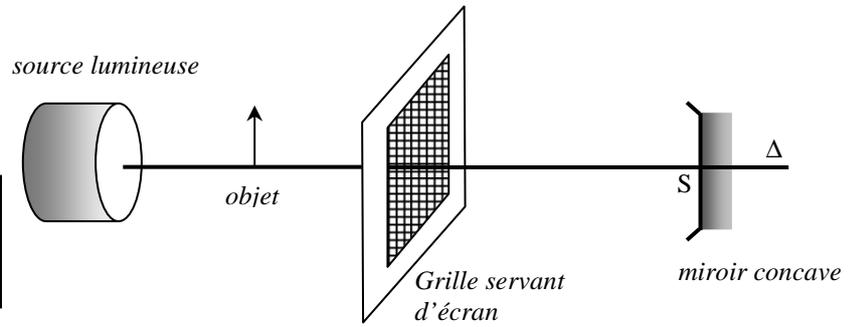
- c) Réaliser l'expérience correspondante et en déduire la valeur du rayon algébrique \overline{SC} du miroir.

$\overline{SC} =$
 $\overline{SF} =$



4-2 Relation de conjugaison

a) Rappeler dans quelles conditions on obtient une image réelle avec un objet réel dans le cas du miroir concave.



b) L'image sera visualisée sur diapositive munie d'une grille afin de ne pas couper la totalité du faisceau incident. Réaliser les mesures suivantes compléter et commenter le tableau :

\overline{SA} (cm)	$\overline{SA'}$ (cm)	$\left(\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}}\right)^{-1}$ (cm)	$-\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}$ (calcul)	$\gamma_{\text{exp}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ (mesure)
-60				
-70				
-80				
-90				
-100				
-110				

c) Faire la moyenne des \overline{SF} trouvés expérimentalement, donner la valeur moyenne

de \overline{SC} et comparer à la mesure du 4 -1-c).

d) Tracer via un tableur $\frac{1}{\overline{SA'}}$ en fonction de $\frac{1}{\overline{SA}}$ et commenter cette courbe (à rendre avec le compte rendu :

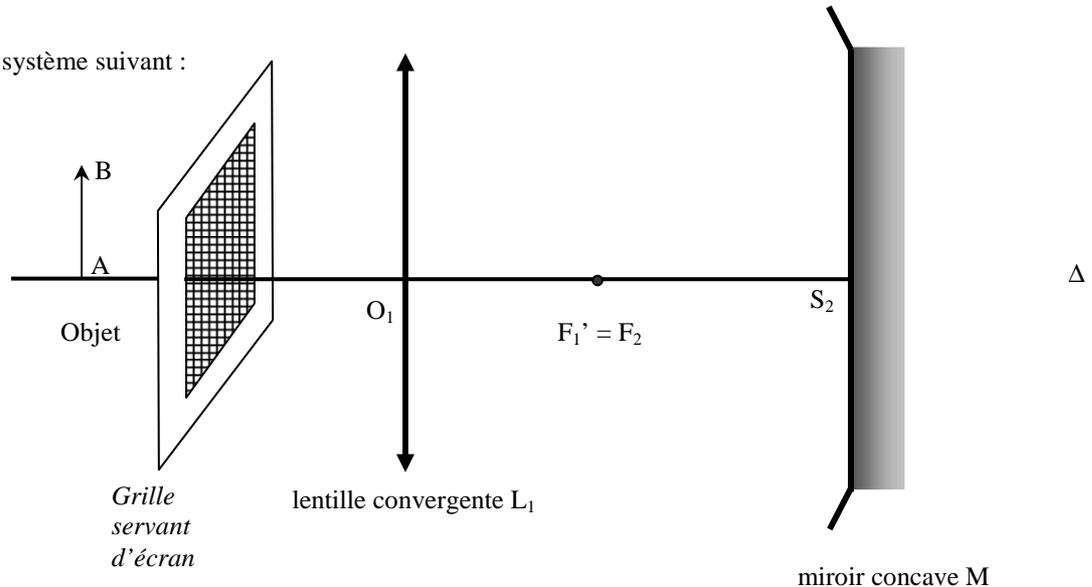
annexe 3).

On obtient (en moyenne):
 $\overline{SF} =$
 $\overline{SC} =$

Commentaires :

5- Association d'une lentille mince et d'un miroir concave- Système catadioptrique.

On s'intéresse au système suivant :



Le miroir concave est celui utilisé dans la partie précédente.

La lentille a une vergence de $+5 \delta = \frac{1}{f_1}$ et on la place de façon à confondre F_1' et F_2 .

L'image finale (noté $A'B'$) se situe avant la lentille L_1 sur l'axe optique. On peut la visualiser sur une grille semi transparente afin de ne pas couper le faisceau incident (attention la luminosité sera faible).

Le calcul de la position et de la taille de A'B' est long et fastidieux, aussi nous utiliserons simplement une méthode graphique pour avoir accès à des valeurs théoriques approchées de $\overline{O_1A'}$ et de $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$.

Remarque : notons bien que la lumière traverse la lentille puis se réfléchit sur le miroir et enfin, traverse à nouveau la lentille.

5-1 Première manipulation

a) Réaliser l'expérience pour $\overline{O_1A} = -3.f_1'$. Donner ainsi les valeurs expérimentales de $\overline{O_1A'}$ et de $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$.

$\overline{O_1A'} =$

$\gamma =$

b) Faire une construction (**annexe 4**) respectant les échelles, permettant de donner une valeur théorique approchée de $\overline{O_1A'}$ et de $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ (grandissement de tout le système) dans cette situation. Commenter les résultats.

$\overline{O_1A'} =$

$\gamma =$

5-2 Seconde manipulation

a) Réaliser l'expérience pour $\overline{O_1A} = -4.f_1'$. Donner ainsi les valeurs expérimentales de $\overline{O_1A'}$ et de $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$.

$\overline{O_1A'} =$

$\gamma =$

b) Faire une construction (**annexe 5**) respectant les échelles, permettant de donner une valeur théorique approchée de $\overline{O_1A'}$ et de $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ (grandissement de tout le système) dans cette situation. Commenter les résultats.

$\overline{O_1A'} =$

$\gamma =$