

Méthode de mesure des distances focales (focométrie)

1. Objectif:

Mesurer la distance focale d'une lentille convergente ou divergente par différentes méthodes.

2. Matériel utilisé:

Banc d'optique gradué en mm, objet lumineux (F translucide placé devant une source), lentilles convergentes et divergentes de distances focales inconnues. Miroir plan.

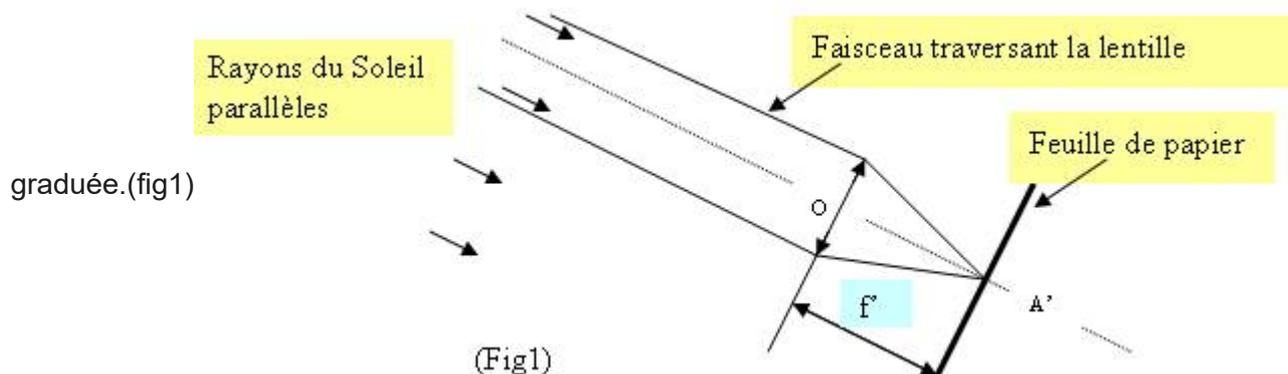
Portes lentilles et miroir.

3. Mesure de la distance focale d'une lentille convergente:

3.1 Méthode de «l'objet à l'infini»:

3.1.1 Méthode simple à réaliser à l'extérieur(si le temps et l'heure le permettent!)

Elle consiste à placer la lentille dans un plan perpendiculaire aux rayons du Soleil et à former l'image du Soleil sur un écran. Attention au risque de brûlure du papier ! Mesurer la distance OA' avec une règle graduée. (fig1)

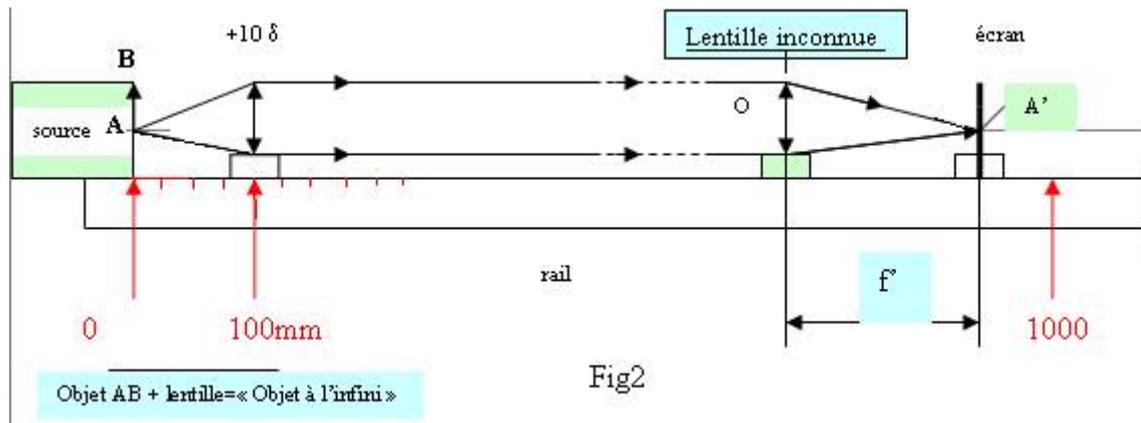


3.1.2 Méthode approchée:

Réalisable dans une salle sans lumière. Ouvrir partiellement une porte donnant sur l'extérieur et viser la raie de lumière de la porte avec la lentille. Former l'image sur une feuille de papier. La méthode n'est pas rigoureuse car l'objet n'est pas à l'infini, mais elle permet d'avoir une idée ou de vérifier rapidement la distance focale (ou la vergence) indiquée sur la monture de la lentille.

3.1.3 Méthode plus précise sur un banc d'optique:

Il est facile de simuler un objet à l'infini en le plaçant dans le plan focal d'une lentille convergente de distance focale connue. Les rayons tombant sur la lentille à étudier sont alors parallèles à l'axe optique et l'image définitive se forme dans le plan focal image de celle-ci. (fig2).



3.2 Méthode d'autocollimation :

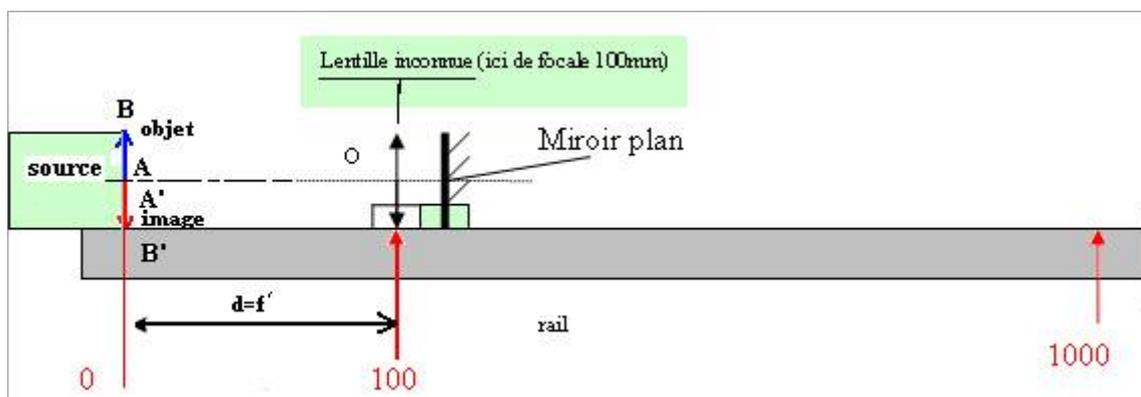
3.2.1 Expérience :

Il est conseillé d'utiliser encore un banc d'optique. Placer l'objet source AB sur le banc en face de la graduation O. Placer la lentille inconnue sur son support avec un miroir plan placé en arrière.

Déplacer l'ensemble lentille-miroir jusqu'à obtenir dans le plan de l'objet une image nette. Dans ce cas le plan de l'objet est aussi le plan de l'image : constater que l'image est inversée et de même taille que l'objet.

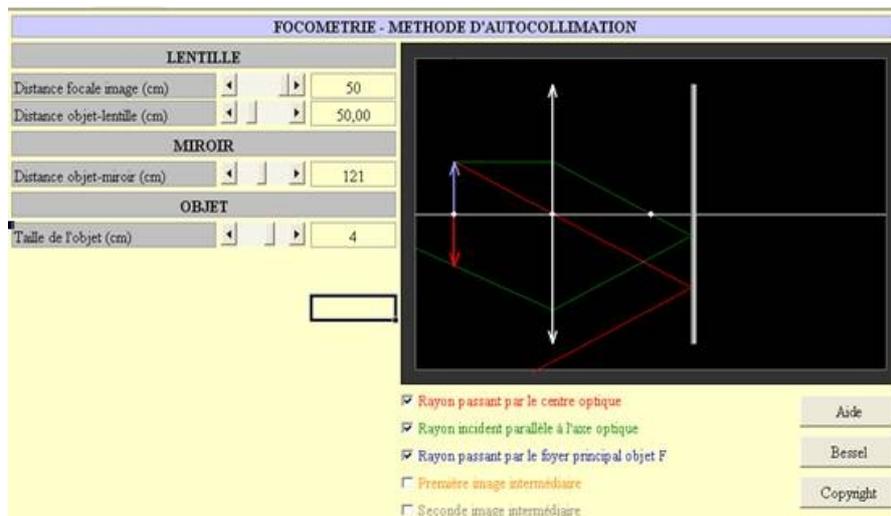
3.2.2 mesure de f' :

Ce réglage étant fait, montrer en traçant les rayons lumineux entre l'objet et l'image que la distance qui sépare l'objet de la lentille est alors égale à la distance focale.



Le tracé des rayons peut être réalisé avec la simulation ci-dessous. Vous pourrez voir en particulier que la position et la taille de l'image A'B' sont indépendantes de la position du miroir.

Fichier à consulter: simulation focométrie (fichier en excell)



3.3 Méthode de Bessel

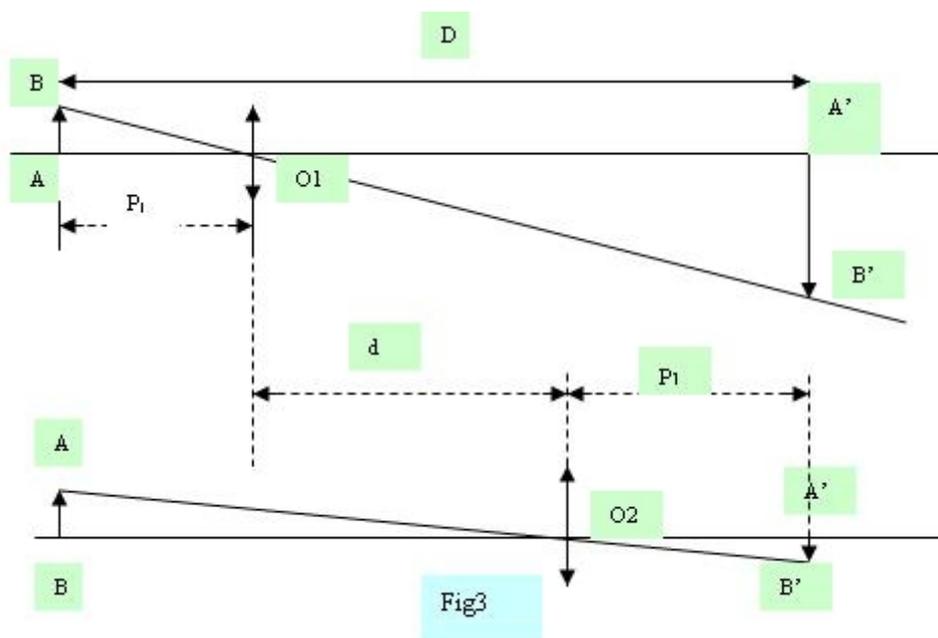
3.3.1 Principe :

La méthode de Bessel nécessite aussi un banc d'optique.

Placer un objet lumineux AB à l'origine du banc. Positionner l'écran à la distance D de l'objet. L'écran restera fixe désormais et la distance D constante.

Déplacer la lentille à étudier vers l'objet AB et former une première image A'B' sur l'écran.

Soit p_1 la distance entre l'objet et la lentille (fig3).



Il existe une autre position de la lentille pour laquelle l'image est nette sans modifier la distance D : quand la lentille est à la distance p_1 de l'écran.

Sans déplacer l'écran, déplacer la lentille jusqu'à obtenir à nouveau une image nette sur l'écran.

Soit d la distance séparant les 2 positions de la lentille.

3.3.2 Calcul :

La formule de conjugaison appliquée deux fois (pour les deux positions de la lentille) permet d'obtenir la distance focale :

$$f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$$

La méthode n'est applicable que si $D \geq 4f'$. Pour bien la comprendre, utiliser l'animation proposée ci-dessous

Dans l'exemple décrit ci-dessous : on a choisi $D=180\text{mm}$, alors la première image est obtenue pour $p_1=60\text{mm}$ et la deuxième pour $p_1+d=120\text{mm}$. (soit $d=60\text{mm}$)

On en déduit que : $f' = (180 \cdot 180 - 60 \cdot 60) / (4 \cdot 180) = 40\text{mm}$

Dans le cas particulier ou $d=0$, les 2 images sont confondues et dans ce cas $f' = D/4$.

Ce résultat est obtenu si l'on choisit : $D=160\text{mm}$.

EXEMPLE D'UTILISATION DE LA METHODE DE BESSEL :

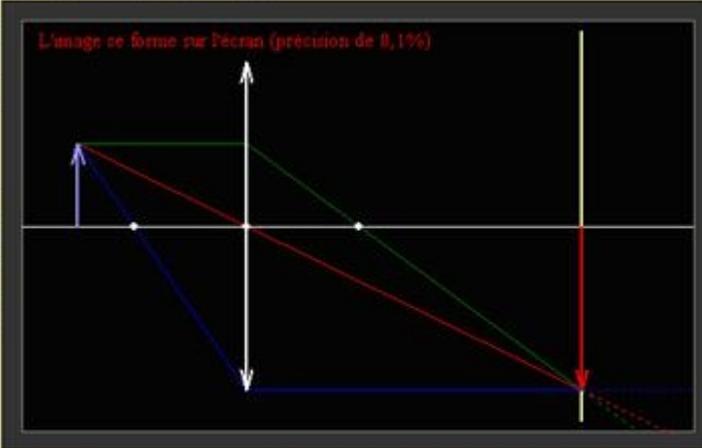
La distance objet(en bleu) à l'écran(en jaune) reste constante et égale à 180mm

- la lentille inconnue se déplace de gauche à droite. On forme une première image (en rouge) sur l'écran. Celle-ci est agrandie et est obtenue pour $AO_1=p_1=60\text{mm}$. (fig ci-dessous)

FOCOMETRIE - METHODE DE BESSEL

LENTILLE	
Distance focale image (cm)	40
Distance objet-lentille (cm)	60,00
ECRAN	
Distance objet-écran (cm)	180
OBJET	
Taille de l'objet (cm)	4

L'image se forme sur l'écran (précision de 0,1%)



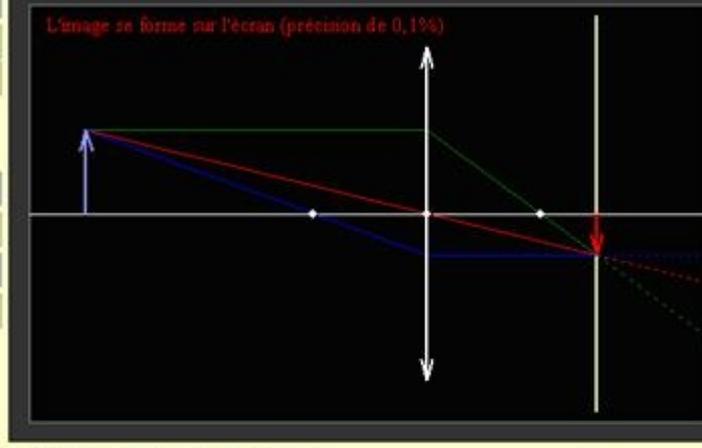
Rayon passant par le centre optique
 Rayon incident parallèle à l'axe optique
 Rayon passant par le foyer principal objet F

- Déplacer un peu plus la lentille vers la droite jusqu'à obtenir une nouvelle image nette plus petite que l'objet. Elle est obtenue pour $AO_2 = p_1 + d = 120\text{mm}$. (fig ci-dessous)

FOCOMETRIE - METHODE DE BESSEL

LENTILLE	
Distance focale image (cm)	40
Distance objet-lentille (cm)	120,00
ECRAN	
Distance objet-écran (cm)	180
OBJET	
Taille de l'objet (cm)	4

L'image se forme sur l'écran (précision de 0,1%)



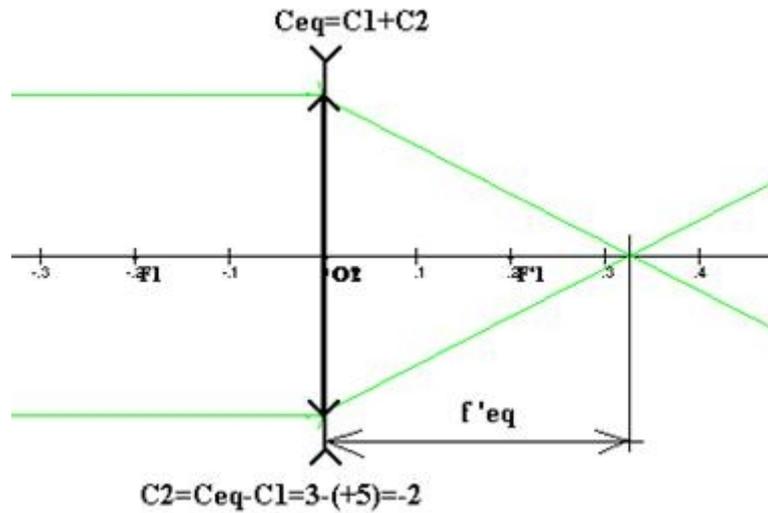
Rayon passant par le centre optique
 Rayon incident parallèle à l'axe optique
 Rayon passant par le foyer principal objet F

4. Distance focale d'une lentille divergente:

Les foyers étant virtuels, les méthodes précédentes ne sont pas directement applicables. Il suffit d'accoler la lentille inconnue à une lentille convergente de distance focale connue. Il faut s'assurer que le système obtenu soit convergent.

L'application du théorème des vergences pour les lentilles accolées ($C_{eq}=C_1+C_2+\dots$) permet de trouver la vergence de la lentille divergente.

Exemple : déterminer la distance focale f'_2 d'une lentille divergente.



Accolons cette lentille à une lentille convergente de focale 20cm ($C_1=1/0,2=5d$):

Mesurons la focale du système convergent par une méthode vue précédemment. On obtient $f'_{eq}=33cm=0,33m$ ($C_{eq}=1/0,33=3d$)

D'où $C_2=-2d$ et $f'_2=-0,5m=-50cm$.