

BANC D'OPTIQUE 2 M

Réf. 004 021

1. Objet :

Banc d'optique gradué, muni de tous ses accessoires, permet l'étude des phénomènes d'optique géométrique (propriétés des lentilles ; formation des images et relation de conjugaison, association des lentilles, construction d'instruments d'optique... La visualisation des franges d'interférences lumineuses, d'un spectre résultant de la dispersion de la lumière sont également possibles.

Grâce à sa source lumineuse à LED froide puissante, toutes les expériences peuvent être réalisées en plein jour.

2. Présentation :



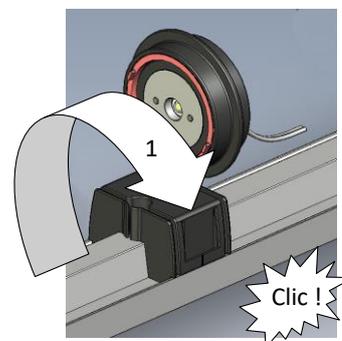
Les lentilles ou les objets $\varnothing 50$ mm sont maintenus dans le porte-lentille à l'aide d'une bague vissée pour assurer un positionnement précis et éviter tout risque d'échappement et donc de casse.

La source lumineuse émet un faisceau de lumière quasi parallèle. C'est un confort d'utilisation qui évite l'utilisation d'un condenseur (lentille très convergente).

3. Mise en place et retrait des cavaliers porte-objet sur le rail du banc d'optique :

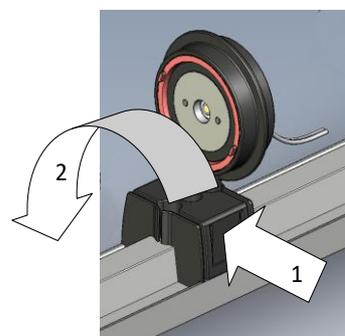
Mise en place du cavalier porte-objet du rail d'optique :

- 1- Introduire le cavalier dans le rail
- 2- Rabattre le cavalier sur le banc comme indiqué sur le schéma ci-dessous jusqu'à obtention du clic de verrouillage.



Retrait du cavalier porte-objet du rail d'optique :

- 1- Appuyer sur la partie flexible
- 2- Basculer sans **forcer** le cavalier comme indiqué sur le schéma ci-dessous.



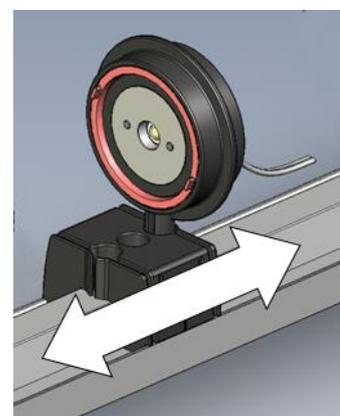
4. Pièces neuves :

Les cavaliers porte-objets sont ajustés au plus près de manière à assurer un bon « clipsage » sur le banc.

Lorsqu'ils sont neufs, ils peuvent être difficiles à manœuvrer sur le rail.

Pour faciliter leur glissement, mettre en place les cavaliers porte-objets sur le banc comme indiqué dans le paragraphe précédent.

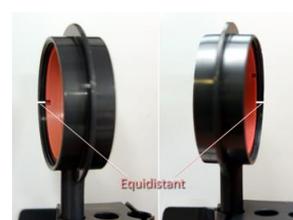
Procéder ensuite à plusieurs mouvements de va et vient sur le banc de manière à roder légèrement le cavalier. Le glissement devient ainsi plus aisé et sans à coup. Un léger graissage avec de l'huile silicone ou de vaseline améliore également le glissement.



5. Mise en place des lentilles :

Pour repérer avec précision la position du centre optique de la lentille (ou de l'association de lentilles) sur le banc d'optique, Il est important que celle-ci soit correctement placée dans son support.

Pour se faire, on visse la première bague puis on met en appui dessus la lentille dans le support et on visse la 2ème bague. Le serrage de la lentille se fait en vissant alternativement chacune de bagues de sorte que les parties filetées



du support qui apparaissent de part et d'autre de la lentille soit identique

6. Composition :

- 1 rail 2 m profilé gradué en mm
- 2 pieds-supports de rail pour assurer sa stabilité
- 1 source optique LED avec condenseur sur support alimentée par adaptateur secteur fourni
- 8 cavaliers
- 4 porte-lentilles
- 1 jeu de lentilles de 6 lentilles de vergence : -20 ; -10 ; +2 ; +5 ; +10 ; +20 dioptries, soit de distance focale, en mm : -100, -50, +50, + 100, +200, +500
- 1 porte prisme
- 1 prisme
- 1 lettre F
- 1 flèche asymétrique 
- 1 jeu de diaphragmes \varnothing 3 - 5 et 8 mm
- 1 miroir plan
- 1 miroir concave
- 1 miroir convexe
- 1 écran blanc (une face blanche, autre face avec axes orthogonaux millimétrés)
- 1 écran dépoli



La source lumineuse étant une source froide à LED, le spectre de dispersion de la lumière émise est différent de celui obtenu à partir d'une lampe à incandescence.



7. Compléments :

Cavalier	Porte lentille	Porte objet \varnothing 50 mm	Diaphragme à Iris	Porte-diapositive
		 s'adapte directement sur la source pour diaphragme à iris ou lettre F par exemple(*)  <i>Source équipée du porte objet et de la lettre F</i>		
Réf. 004 028	Réf. 004 032	Réf. 004 045	Réf. 004 040	Réf. 004 039 Livré sans diapositive

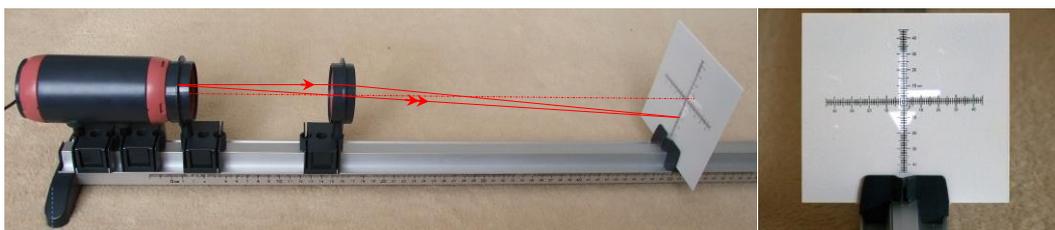
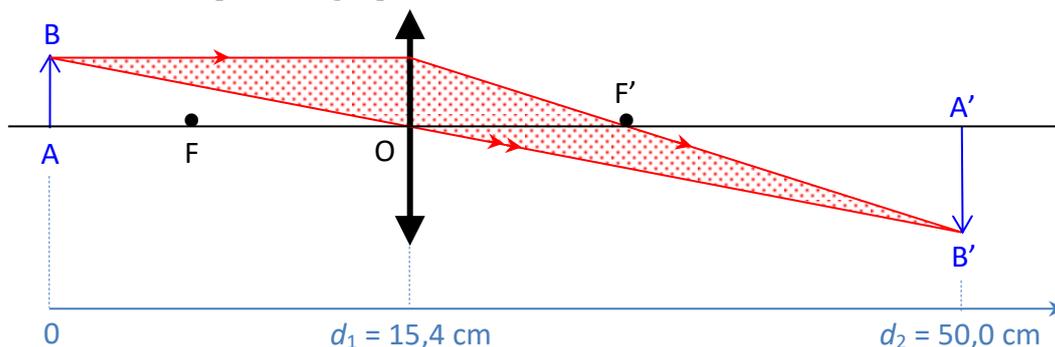
fente	Source laser
	
s'adapte sur le porte-diapositive Simple fente Réf. 404027 Double fente Réf. 404 028	Rouge Réf. 004 029 Bleu Réf. 004 058

8. Mise en œuvre de quelques Expériences :

1. Détermination de la distance focale de la lentille à partir des formules de conjugaison et grandissement

On fixe un objet (flèche asymétrique) sur le banc devant la source lumineuse.

On place ensuite une lentille convergente à la distance d_1 de l'objet puis l'écran gradué à la distance d_2 , de sorte que l'image qui se forme soit nette.



On mesure les dimensions h de \overline{AB} et h' de $\overline{A'B'}$ et, à partir de d_1 et d_2 , on détermine p et p' .

On pose : $OA = p$; $OA' = p'$; $OF' = f'$; $AB = h$; $A'B' = -h'$ (h et h' étant les hauteurs de l'objet AB et de l'image $A'B'$).

Les formules de conjugaison sont :

$$-\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f'} \quad \text{et le grandissement} \quad \gamma = \frac{p'}{p} = \frac{-h'}{h}$$

En appliquant les formules de conjugaison, on obtient par exemple :

p (cm)	p' (cm)	f' (cm)	C (m^{-1})	h (mm)	h' (mm)	γ	p'/p
-15,4	34,6	10,7	9,4	25	55	-2,3	-2,2

Remarque :

On peut réaliser un TP au cours duquel on fait varier la distance d_1 de l'objet à la lentille convergente. Pour chaque position de la lentille, on détermine la position de l'écran sur lequel une image nette se forme.

$$\frac{1}{p'} = f \left(\frac{1}{p} \right)$$

On trace alors le graphe $\frac{1}{p'}$ (avec p et p' en mètre). On constate ainsi que le coefficient directeur de la droite de régression des points obtenus est peu différent de 1 et que l'ordonnée à l'origine donne la vergence de la lentille utilisée.

1. Focométrie :

La focométrie consiste à déterminer expérimentalement la distance focale d'une lentille à partir de mesures faites sur le banc d'optique.

Les méthodes classiques de focométrie dans les conditions de Gauss sont.

- Lentilles convergentes :
 - la méthode d'association ;
 - la méthode d'auto collimation ;
 - la méthode de Bessel ;
 - la méthode de Silbermann ;
- Lentilles divergentes :
 - la méthode d'association ;
 - la méthode de Badal pour déterminer la focale d'une lentille divergente ;

1.1.Méthode d'association (lentilles convergentes) :

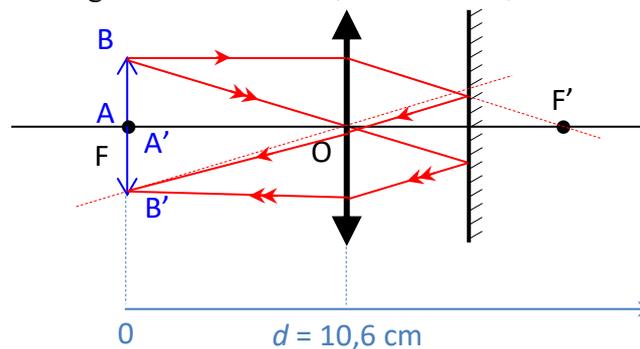
Il s'agit d'accoler de 2 lentilles convergentes dont l'une a une distance focale connue. La vergence équivalente à l'ensemble de 2 lentilles accolées est : $C_{\text{eq}} = C_1 + C_2$.

Cette méthode correspond à celle qui a été décrite précédemment.

1.2.Méthode d'autocollimation :

On fixe un objet (flèche asymétrique) sur le banc devant la source lumineuse.

On place une lentille convergente sur le banc et, derrière elle, un miroir plan



Rq : une très légère rotation du miroir permet de décaler l'image par rapport à l'objet et mieux collimater (image inversée et tailles de l'objet et de l'image identiques)

On déplace la lentille jusqu'à ce que l'image A'B' (de même dimension que AB) se forme dans le plan de l'objet AB.

Lorsque l'image est nette, on a $d = -p = f'$.

Cette méthode nous donne f'

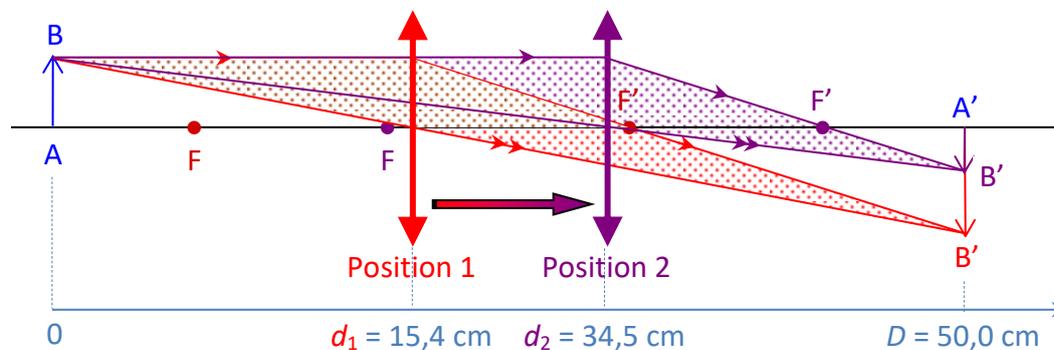
p (cm)	f' (cm)	C (m^{-1})	h (mm)	h' (mm)	γ
-10,6	10,6	9,4	25	25	-1,0

1.3.Méthode de Bessel :

On fixe un objet (flèche asymétrique) sur le banc devant la source lumineuse.

On place l'écran sur le banc à une distance D de l'objet tel que $D > 4f'$.

Entre l'objet et l'écran, on place la lentille convergente près de l'objet et on la déplace vers l'écran.



Dès qu'on observe une image nette (position 1, $|\gamma| > 1$), on note la distance d_1 de l'objet à la lentille. On continue à déplacer la lentille et pour une autre position, on observe une autre image nette (position 2, $|\gamma| < 1$). On note la distance d_2 .

On pose $d = d_2 - d_1 = -p_2 + p_1$

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

A partir des formules de conjugaison, on démontre la relation :

Exemple de résultats obtenus :

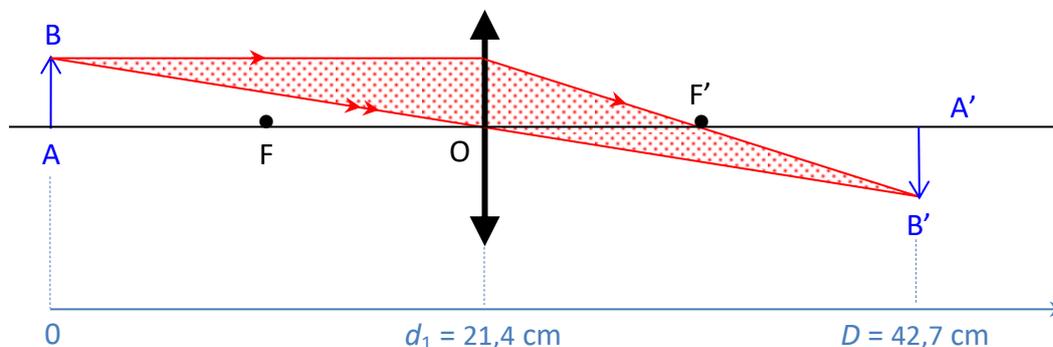
D (cm)	p (cm)	f' (cm)	C (m^{-1})	h (mm)	h' (mm)	γ
50,0	-15,4	10,7	9,4	25	55	-2,3
	-34,5			25	10	-0,5

A partir de ces valeurs mesurées, on trouve : $f' = 10,7$ cm

1.4.Méthode de Silbermann :

La méthode de Silbermann est un cas particulier de la méthode de Bessel, lorsque la distance de l'objet à la lentille est le double de la distance focale ($d_1 = 2 f'$). On a alors $p' = -p$ et $d = 0$

et $f' = \frac{D}{4}$.



On obtient :

D (cm)	f' (cm)
42,7	10,7

1.5.Méthode d'association (lentilles divergentes) :

Cette méthode consiste à accoler une lentille convergente de distance focale connue à une lentille divergente de focale inconnue.

Il faut s'assurer que l'association des deux lentilles soit équivalente à une lentille convergente (équivalente à une loupe) pour pouvoir former une image réelle nette sur l'écran. La vergence équivalente à l'ensemble de 2 lentilles accolées est : $C_{\text{éq}} = C_c + C_d$; ce qui donne : $C_d = C_{\text{éq}} - C_c$.

1. On détermine la distance focale de la lentille convergente f'_c seule par autocollimation (on peut confirmer le résultat obtenu par la méthode de Silbermann).
2. On détermine la distance focale de l'association des lentilles convergente et divergente $f'_{\text{éq}}$ par la même méthode.
3. On déduit la focale de la lentille divergente.

Exemple :

f'_c (cm)	C_c (m ⁻¹)	$f'_{\text{éq}}$ (cm)	$C_{\text{éq}}$ (m ⁻¹)	C_d (m ⁻¹)	f'_d (cm)
8,6	11,7	26,3	3,8	-7,8	-12,7

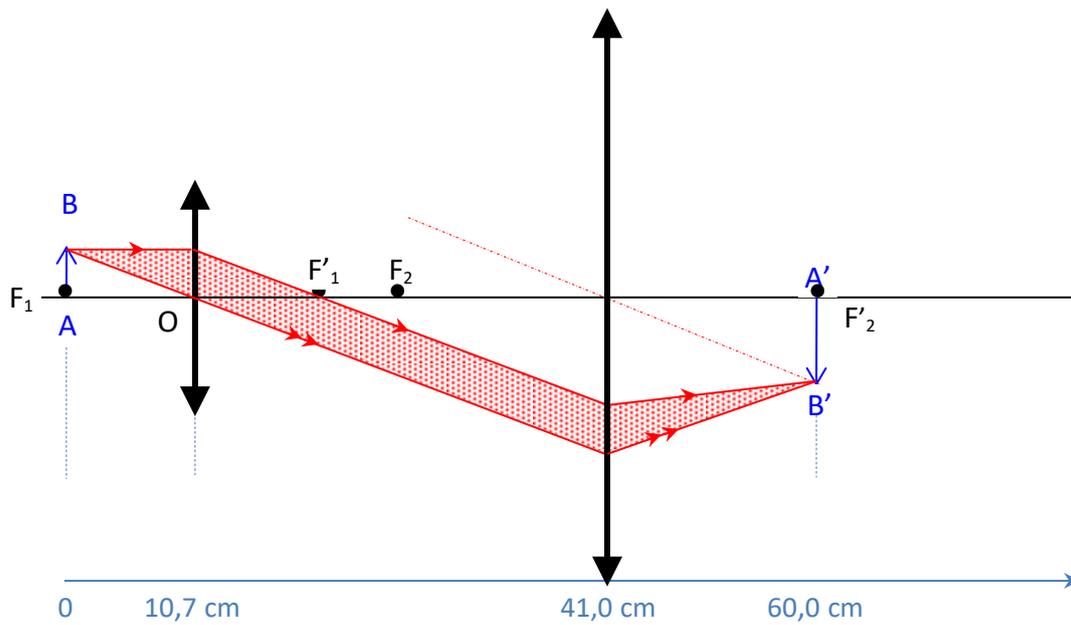
1.6.Méthode de Badal :

Dans cette méthode, en plus de la lentille divergente à étudier, deux lentilles convergentes sont nécessaires. L'une d'elle doit avoir une distance focale connue.

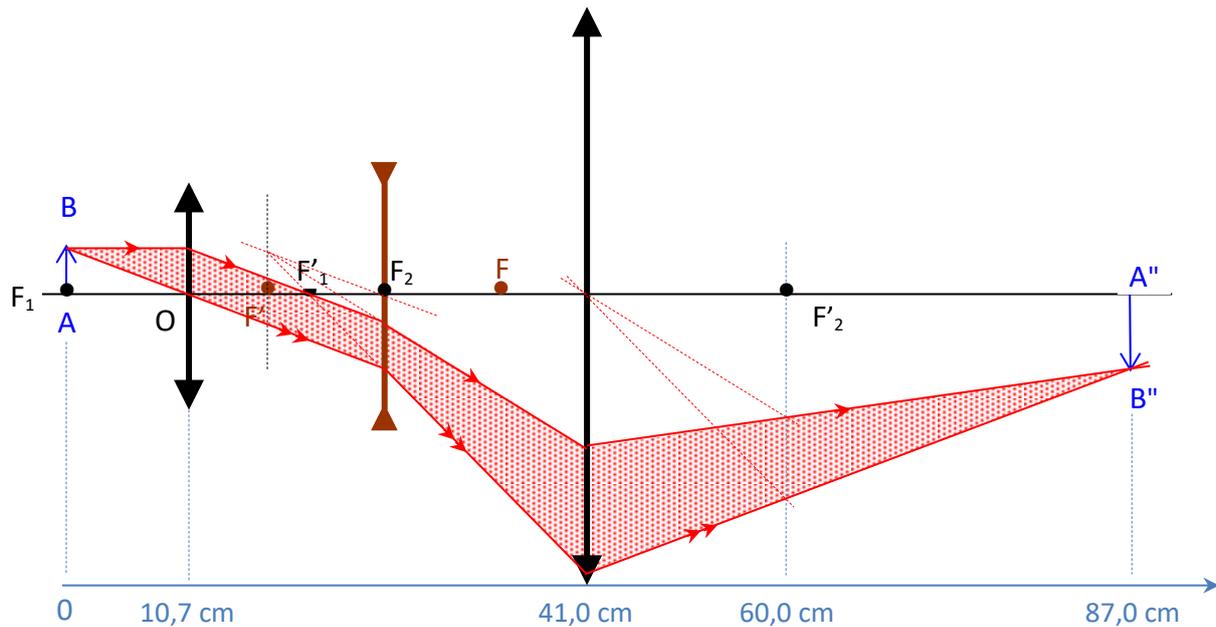
On fixe un objet (flèche asymétrique) sur le banc devant la source lumineuse.

On place la lentille de focale non impérativement connue sur le banc de sorte que l'objet AB se trouve dans son plan focal. Comme précédemment, on peut utiliser la méthode d'autocollimation pour positionner avec précision cette lentille.

On place ensuite la lentille de focale connue derrière la 1^{ère} lentille à une distance supérieure à sa distance focale f'_1 . L'image A'B' de l'objet AB se forme dans le plan focal image :



On place ensuite la lentille divergente dans le plan focal F₂ de la 2^{ème} lentille. L'image A''B'' se déplace d'une distance $d = A'A''$.



La distance focale de la lentille divergente est donnée par la relation : $f_d = \frac{f_2'^2}{d}$

On obtient à titre d'exemple :

f_2' (cm)	A'A'' (cm)	f_d (cm)	f_d' (cm)	C_d (m ⁻¹)
19	27	13,4	-13,4	-7,5

2. Lunette astronomique :

La lunette astronomique observe un objet situé à l'infini. Pour simuler la lunette astronomique sur le banc d'optique, il suffit de placer une lentille convergente L_0 devant l'objet AB, et, par collimation, de positionner cet objet dans le plan focal objet de la lentille L_0 .



On place une lentille convergente L_1 de grande distance focale connue (quelle que soit sa position sur le banc, L_1 voit l'image de AB au travers de la lentille L_0 à l'infini). Cette lentille L_1 joue le rôle de l'objectif de la lunette astronomique.

A l'aide de l'écran, on recueille l'image A_1B_1 formée par l'objectif. Lorsque celle-ci est nette, l'écran est dans le plan focal image de l'objectif. On repère sa position sur le banc et on l'enlève.

On place enfin une lentille convergente L_2 de faible distance focale connue de telle sorte que son foyer-objet F_2 , soit dans le plan focal image de L_1 . Cette lentille simule l'oculaire de la lunette astronomique.

En regardant au travers de l'oculaire on observe l'image A_2B_2 de AB inversée et plus grosse (image ci-contre).



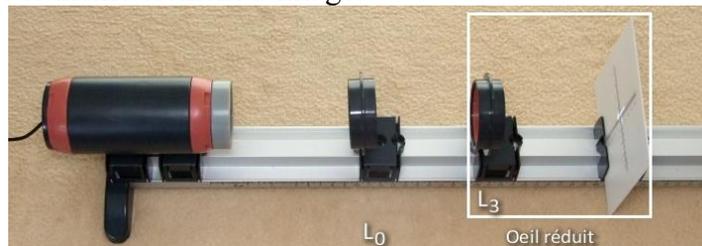
Une telle lunette astronomique est dite afocale, car l'image finale de AB est située à l'infini.

Pour déterminer le grossissement de la lunette simulée, on place une lentille convergente L_3 derrière l'oculaire et on recueille l'image $A_2' B_2' 3$ de AB sur l'écran placé au foyer image de celle-ci. L'ensemble (L_3 , Ecran) placé au foyer image s'appelle « œil réduit » dans lequel la lentille joue le rôle du cristallin et l'écran celui de la rétine.

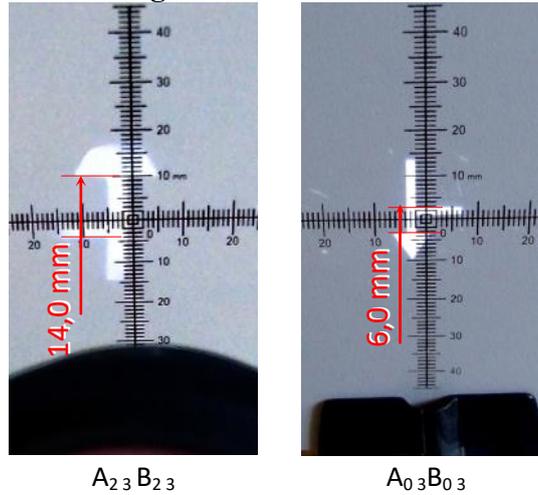
On mesure un élément de l'image obtenue.



On positionne ensuite l'œil réduit à la place de l'objectif. L'image $A_0' B_0' 3$ se forme sur l'écran et on mesure le même élément d'image.



2.1. On peut comparer les deux images formées :



On démontre que le grossissement de la lunette est : $G = \frac{f'_1}{f'_2} = \frac{A_{23}B_{23}}{A_{03}B_{03}}$.

Avec $f'_1 = 25$ cm ; $f'_2 = 10,6$ cm ; $A_{23}B_{23} = 14$ cm et $A_{03}B_{03} = 6$ cm, on trouve :

$$G = \frac{f'_1}{f'_2} = 2,36 \text{ et } G = \frac{A_{23}B_{23}}{A_{03}B_{03}} = 2,33$$

3. Microscope :

Le microscope sert à observer un objet situé juste avant le foyer-objet d'une lentille très convergente L_1 appelé objectif. Cet objectif donne une image intermédiaire placée dans le plan focal-objet d'une deuxième lentille L_2 , appelée oculaire. L'image finale, qu'on peut observer au travers de l'oculaire, est située à l'infini.



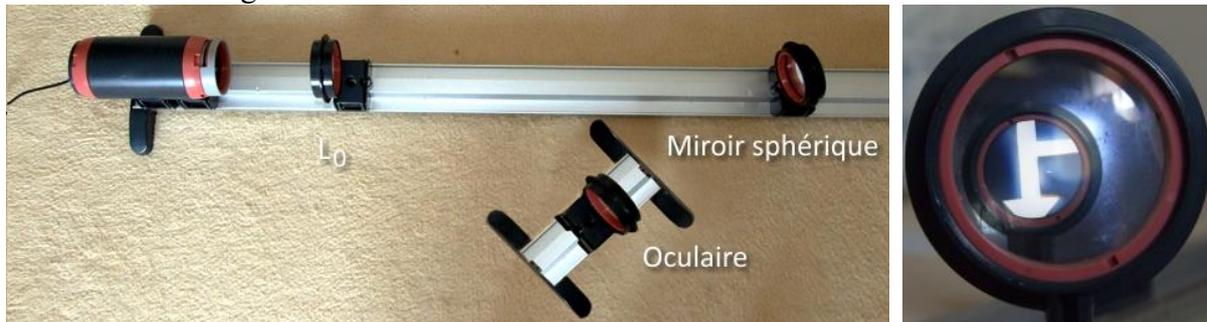
A l'aide de « l'œil réduit », on peut faire des mesures qui conduisent à vérifier les lois afférentes au microscope.



4. Télescope :

L'objectif de la lunette astronomique est remplacé par un miroir sphérique concave. Une lentille convergente L_0 est placée de telle sorte que l'objet AB (flèche asymétrique) se trouve dans son plan focal-objet. L_0 donne alors une image située à l'infini qui est vue par le miroir sphérique (voir paragraphe 3).

On place l'oculaire de façon à ce que son foyer-objet soit dans le plan focal du miroir ; là où s'est formée l'image intermédiaire :



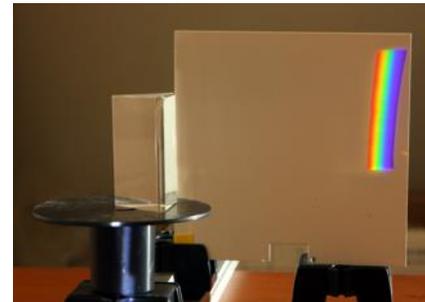
Rq : Dans les télescopes, l'axe du miroir concave est en direction de l'astre observé. Un petit miroir plan incliné à 45° interceptant l'axe optique, renvoie l'image vers l'oculaire (perpendiculaire à cet axe).

5. Dispersion de la lumière :

On place une fente (non livrée) devant la source lumineuse, une lentille convergente et l'écran sur lequel se forme l'image de la fente.

On intercale le prisme sur son support de telle sorte que la lumière issue de la fente arrive sur une de ses faces.

En faisant tourner le support, on observe que la lumière transmise par le prisme est décomposée en son spectre de couleurs*. On observe également que la déviation de la lumière passe par un minimum.

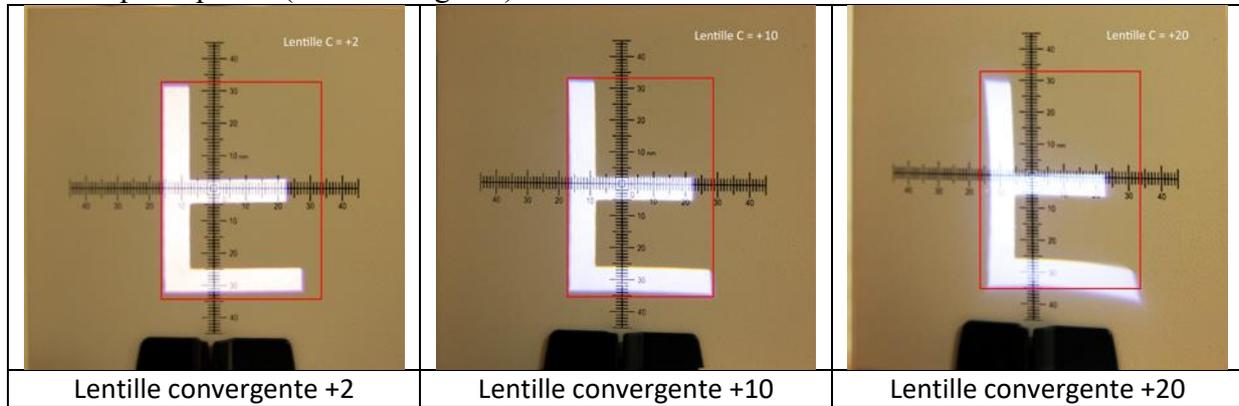


* La lampe-source étant n'étant pas une lampe à incandescence, son spectre n'est pas continu.

6. Les aberrations géométrique et chromatique :

7.a Aberration géométrique :

On peut observer les déformations plus ou moins importantes de l'image de l'Objet « F » selon qu'elle est formée sur l'écran par une lentille mince (peu convergente) ou par une lentille plus épaisse (très convergente).



Remarque: Le rectangle rouge permet de mieux apprécier l'importance de la distorsion de l'image.

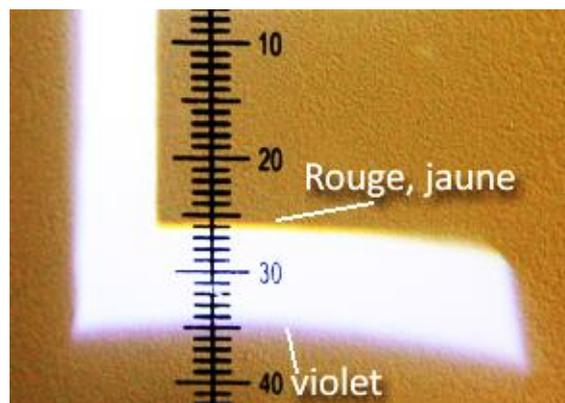
Les déformations sont d'autant plus importantes que les rayons lumineux qui traversent la lentille sont éloignés du centre.

De ces observations, on peut alors énoncer les conditions de Gauss.

On peut aussi approfondir ces distorsions en barillet ou en coussinet à l'aide des diaphragmes placés avant ou après la lentille...

7.b Aberration chromatique :

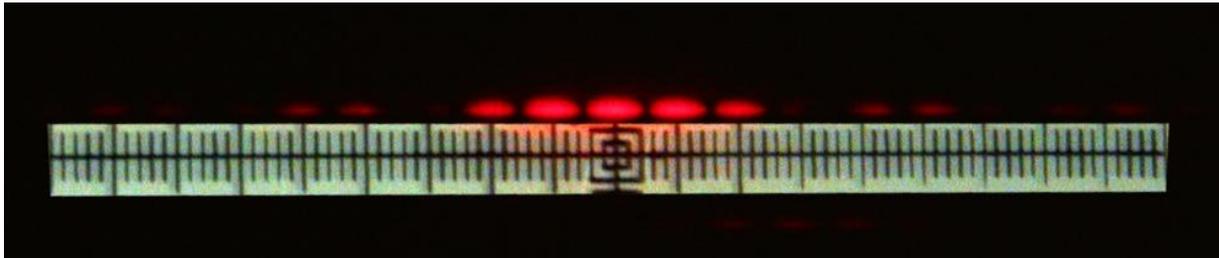
On peut aussi avoir une approche qualitative des effets de la dispersion de la lumière qui produit une irisation de l'image :



7. Diffractions et interférences :

Le banc d'optique est adapté pour l'étude de la diffraction et des interférences lumineuses. Pour réaliser ces expériences il est nécessaire de disposer d'un laser et d'une fente simple et d'une double-fente.

Voici l'image d'interférence obtenue sur l'écran avec l'aide d'une double fente placée devant la source laser rouge :



A titre d'exemple, on a :

Distance double-fentes – écran : $D = 660 \text{ mm}$.

$\lambda = 635 \text{ nm}$

L'interfrange est : $i = 10 \text{ mm}$

De ces mesures on peut calculer l'espacement a des deux fentes en appliquant la relation

$$i = \frac{\lambda D}{a} . \text{ On trouve } a = 0,42 \text{ mm}$$

9. Nous contacter :

Ce matériel est garanti 2 ans. Pour toutes questions, contacter :

sav@sciencethic.com

www.sciencethic.com