

Relation de conjugaison

Détermination de la focale d'une lentille selon la méthode de Bessel

- Déterminer deux positions d'une lentille mince fournissant une image nette.
- Déterminer la focale d'une lentille mince.

UE4010100

07/16 JöS



Fig. 1 Agencement de la mesure

NOTIONS DE BASE GENERALES

La focale f d'une lentille indique la distance entre le plan principal de la lentille et le foyer (voir Fig. 2). On peut la déterminer selon la méthode de Bessel (d'après *Frédéric Guillaume Bessel*) en mesurant les écarts entre les différents éléments du banc optique.

Les figures 2 et 3 montrent que le rapport géométrique suivant doit s'appliquer à une lentille mince :

$$(1) \quad a = b + g$$

- a : écart entre l'objet G et l'image B
- b : écart entre la lentille et l'image B
- g : écart entre l'objet G et la lentille

Utilisation de $b = a - g$ dans l'équation de la lentille

$$(2) \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g}$$

f : focale de la lentille

donne

$$(3) \quad \frac{1}{f} = \frac{a}{a \cdot g - g^2}$$

ce qui correspond à une équation quadratique $g^2 - a \cdot g + a \cdot f = 0$ avec les deux solutions

$$(4) \quad g_{1,2} = \frac{a}{2} \pm \sqrt{\frac{a^2}{4} - a \cdot f}$$

Pour les deux écarts d'objet g_1 et g_2 , $a > 4f$ donne une image nette. Leur différence e permet de déterminer la focale de la lentille :

$$(5) \quad e = g_1 - g_2 = \sqrt{a^2 - 4af}$$

La différence e est l'écart e entre les deux positions de lentille P1 et P2 qui donnent une image nette.

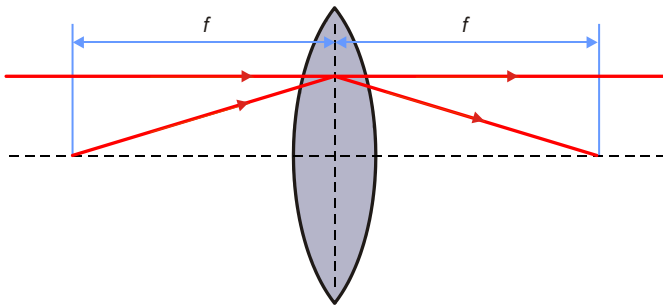


Fig. 2 Représentation schématique permettant de définir la focale d'une lentille mince

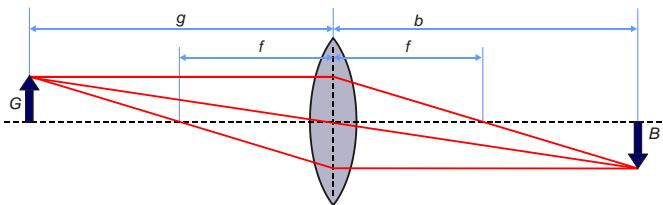


Fig. 3 Faisceau schématique traversant une lentille

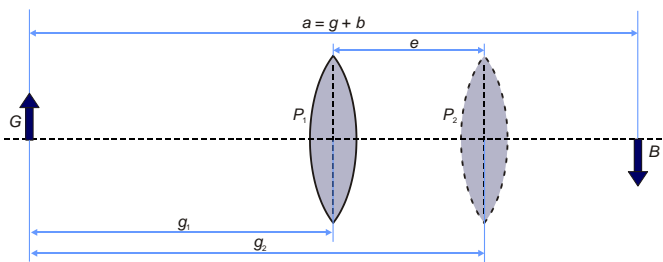


Fig. 4 Agencement schématique des deux positions de lentille qui fournissent une image nette à l'écran

LISTE DES APPAREILS

1	Banc optique K, 1000 mm	1009696 (U8475240)
4	Cavalier optique K	1000862 (U8475350)
1	Source optique K	1000863 (U8475400)
1	Transformateur 12 V, 25 VA @230V	1000866 (U8475470-230)
ou		
1	Transformateur 12 V, 25 VA @115V	1000865 (U8475470-115)
1	Lentille convexe K, f = 50 mm	1000869 (U8475901)
1	Lentille convexe K, f = 100 mm	1010300 (U8475911)
1	Porte-diaphragme K	1008518 (U84755401)
1	Jeu de 4 objets de reproduction	1000886 (U8476605)
1	Écran de projection K, blanc	1000879 (U8476320)

MONTAGE ET REALISATION

- Positionner et fixer les quatre cavaliers optiques sur les positions -5 cm, 4 cm, 50 cm et 89,5 cm (bord gauche) sur le banc optique. Comme indiqué dans Fig. 1, mettre la source optique dans le premier cavalier optique, puis la lentille convexe f = 50 mm et le porte-diaphragme dans le deuxième cavalier optique, et enfin l'écran dans le quatrième cavalier optique. Le troisième cavalier optique reste libre dans un premier temps.
- Brancher la source optique au transformateur 12 V et l'allumer.
- Décaler le deuxième cavalier optique de sorte que l'écran affiche une image nette du filament boudiné de la source optique.
- Déplacer le cache F ou la diapositive du jeu de 4 objets de reproduction dans le porte-diaphragme. Veiller à un éclairage homogène.
- Mettre la lentille convexe f = 100 mm sur le troisième cavalier optique.
- Décaler progressivement la lentille convexe f = 100 mm et trouver les deux positions qui permettent d'afficher une image nette sur l'écran.
- Lire l'écart a entre l'objet et l'image comme différence entre la position de l'objet de reproduction et la position de l'écran sur l'échelle du banc optique et le noter dans Tab. 1.
- Lire les écarts d'objet g_1 et g_2 comme différences entre les deux positions de la lentille convexe f = 100 mm et la position de l'objet de reproduction sur l'échelle du banc optique et les noter dans Tab. 1.
- Effectuer la mesure par variation de la position d'écran pour d'autres écarts a . Respecter alors la condition $a > 4f$ ($f = 100$ mm) et corriger d'abord la position du deuxième cavalier optique avec la lentille convexe f = 50 mm, de sorte que l'écran affiche à nouveau une image nette du filament boudiné de la source optique.

EXEMPLE DE MESURE ET ÉVALUATION

Tab. 1 : Écarts d'objet mesurés g_1 et g_2 , leur différence e et la focale calculée f pour différents écarts a entre l'écran et l'objet de reproduction.

a / mm	g_1 / mm	g_2 / mm	e / mm	f / mm
826	714	118	596	99
724	605	124	481	101
674	556	130	426	101
613	487	138	349	104
522	394	134	260	98

L'équation (5) donne la formule pour la focale d'une lentille mince

$$(6) \quad f = \frac{a^2 - e^2}{4a}$$

selon la méthode de Bessel.

- Calculer les focales f issues des écarts a et des différences e (Tab. 1) selon l'équation (6) et les saisir dans le Tab. 1.
- Calculer la valeur moyenne de toutes les focales

$$(7) \quad \bar{f} = \frac{\sum_{i=1}^5 f_i}{5}$$

On obtient $f = 101 \text{ mm}$, très proche de la valeur nominale $f = 100 \text{ mm}$.

En tenant compte d'une précision de 1 mm pour le positionnement des composants optiques et la lecture des positions sur l'échelle du banc optique, l'incertitude relative d'une mesure unique est d'env. 1 %.