

Instructions d'utilisation Miroir de Fresnel

Martin Henschke, 2006-05-16

art. no.: 650272

Copyright © 2006 Martin Henschke Gerätebau

Sous réserve de modifications techniques

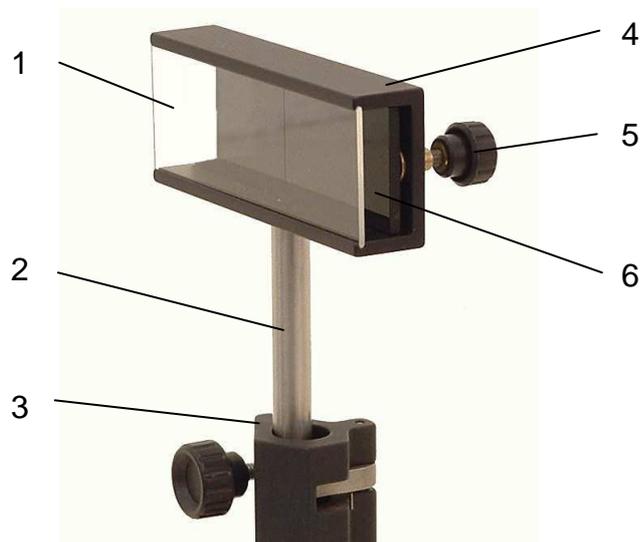


Fig. 1: Composants

- 1 Verre acrylique de protection
- 2 Manche, 10 mm de diamètre, acier inox
- 3 Coulisseau optique (non fourni)
- 4 Boîtier en aluminium anodisé noir
- 5 Vis moletée pour régler le miroir
- 6 Miroir de surface en verre acrylique noir

Le miroir de Fresnel permet de réaliser des expériences sur l'interférence de la lumière cohérente monochromatique, deux sources lumineuses virtuelles – qui interfèrent alors – étant générées par les deux miroirs à partir d'une seule source.

1. Consignes de sécurité

En cas d'emploi d'un laser, respecter rigoureusement les consignes de sécurité indiquées. Par ex., ne jamais regarder dans le rayon !

Aucun observateur ne doit être ébloui pendant l'expérience.

2. Description

L'idée de Fresnel de faire interférer des ondes lumineuses par deux miroirs est illustrée par la figure 2. La lumière émise par une source lumineuse ponctuelle P (rayon laser parallèle à l'axe optique de la lentille placée en amont) est réfléchi par deux miroirs de telle sorte que les deux faisceaux partiels se superposent et interfèrent. Pour permettre une évaluation mathématiquement simple et physiquement claire de l'expérience, il suffit de déterminer l'écart entre les deux sources de lumière ponctuelles P_1 et P_2 et de calculer le modèle d'interférence comme superposition d'ondes circulaires résultant de P_1 et P_2 .

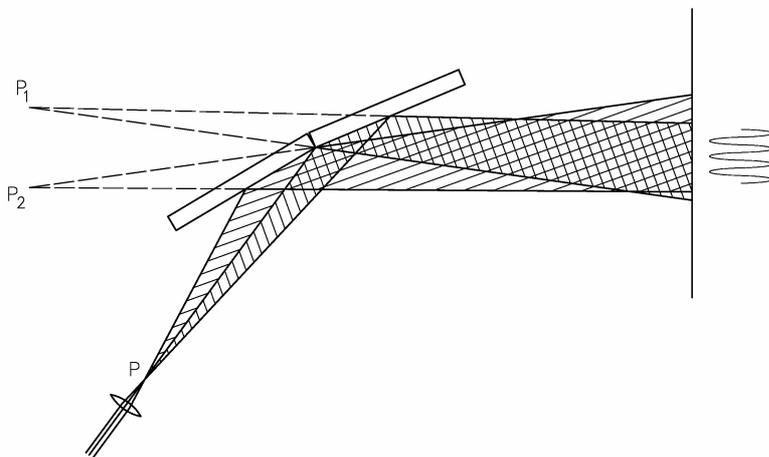


Fig. 2: Principe des miroirs de Fresnel.

Le miroir de Fresnel est constitué de deux miroirs partiels en verre acrylique de 29 mm x 45 mm. Les expériences requérant une incidence rasante, la réflexion est totale et le verre acrylique agit comme un miroir de surface. L'un des deux miroirs est fixé au boîtier, tandis que l'autre peut être incliné dans un angle d'env. $-0,5^\circ$ à $+2^\circ$. Devant les miroirs se trouve un verre acrylique de protection qu'il n'est pas nécessaire de retirer pour effectuer les expériences. Cette protection évite de toucher les miroirs par mégarde. La barre de support présente un diamètre de 10 mm et sa longueur permet d'obtenir une hauteur standard de 150 mm pour le centre du miroir.

3. Manipulation et entretien

Incliné d'env. 1 à 2° par rapport au faisceau lumineux, le miroir de Fresnel est exploité avec une incidence rasante. La source lumineuse étant ajustée de telle sorte que les deux miroirs sont éclairés avec environ la même intensité, on peut régler l'inclinaison des deux faisceaux réfléchis en tournant la vis moletée (5).

Entretien : fondamentalement, le miroir de Fresnel ne nécessite aucun entretien. Pour le nettoyer, on peut l'essuyer avec de l'eau et un produit de rinçage. Dans la mesure du possible, les miroirs ne seront libérés de la poussière qu'avec un pinceau et à sec. Le cas échéant, ils pourront être nettoyés avec une solution de rinçage et un chiffon doux.

Rangement : ranger les miroirs à l'abri de la poussière, éventuellement dans un sachet en plastique.

4. Réalisation et évaluation des expériences

Nous allons décrire deux expériences. Au paragraphe 4.1, nous présenterons une expérience simple et compacte qui permet de réaliser des franges d'interférences larges et claires, mais qui n'a pas encore été évaluée. Le paragraphe 4.2 présente une expérience « classique », évaluée à l'aide d'un exemple.

4.1 Expérience compacte et qualitative

Les appareils suivants sont nécessaires :

- 1 x Banc optique avec profil triangulaire, 0,5 m de long
- 1 x Coulisseau optique, 120 mm de haut, 50 mm de large
- 1 x Coulisseau optique, 90 mm de haut, 50 mm de large
- 2 x Coulisseau optique, 60 mm de haut, 50 mm de large
- 1 x Bras de rallonge
- 1 x Laser au He-Ne
- 1 x Miroir de Fresnel
- 1 x Lentille de divergence, par ex. $f = 5$ mm
- 1 x Ecran d'observation



Fig. 3 : Montage « Expérience d'interférence compacte »

Le montage de l'expérience est illustré dans la figure 3. Le miroir de Fresnel est incliné sur env. 1° dans la direction du laser. La lentille est encore écartée du faisceau. En tournant le laser dans le coulisseau optique, ajuster le rayon de telle sorte qu'il tombe sur les deux miroirs et présente sur l'écran d'observation deux points à peu près de même clarté (le cas échéant, corriger légèrement l'inclinaison des miroirs en tournant la vis moletée (5)). Puis,

tourner la vis moletée pour que les deux points se recouvrent à l'écran. Maintenant, si l'on place la lentille dans le rayon, on devrait déjà pouvoir observer à l'écran un modèle d'interférence qui gagnera en netteté par l'ajustage du laser.

4.2 Montage d'expérience classique

4.2.1 Montage de l'expérience

Les appareils suivants sont nécessaires :

- 1 x Banc optique avec profil triangulaire, 0,5 m de long
- 1 x Coulisseau optique, 120 mm de haut, 50 mm de large
- 1 x Coulisseau optique, 90 mm de haut, 50 mm de large
- 2 x Coulisseau optique, 60 mm de haut, 50 mm de large
- 1 x Laser au He-Ne
- 1 x Miroir de Fresnel
- 1 x Lentille de divergence, par ex. $f = 5$ mm
- 1 x Lentille convexe, $f = 200$ mm

Le montage de l'expérience est illustré dans la figure 4. Tout d'abord, monter et orienter le laser et la lentille de divergence de telle sorte que le faisceau lumineux élargi par la lentille soit à peu près parallèle au banc optique. La marche du rayon peut être rendue visible avec une feuille de papier. Ne pas regarder directement dans le faisceau ! Puis, monter le miroir de Fresnel incliné d'env. 1 à 2° dans la direction du laser.



Fig. 4 : Montage « Expérience d'interférence classique ». Position des composants (bord gauche du coulisseau optique) : laser : 0 mm, lentille $f = 5$ mm : 150 mm, miroir de Fresnel : 220 mm, lentille $f = 200$ mm (uniquement montée si l'on mesure l'écart entre les sources lumineuses virtuelles) : env. 380 mm. L'image d'interférence est obtenue sur un écran (ou un mur clair) à 2-3 m de distance.

En tournant la vis moletée (5), on devrait obtenir maintenant sur l'écran distant de 2 - 3 m une image correspondant en gros à celle représentée par la figure 5. A gauche du modèle d'interférence se trouve une zone claire provenant de la lumière passant à côté des miroirs. Selon la qualité et la propreté du laser et de la lentille, d'autres franges d'interférences et anneaux peuvent encore être visibles, en plus du modèle d'interférence à proprement parler. Pour obtenir une délimitation des franges émanant des miroirs, il suffit tout simplement d'ajuster la vis moletée (5). Seules les franges dont la largeur est modifiée sont de « vraies » franges d'interférence. On doit pouvoir régler leur écart entre env. 1 et 4 mm.

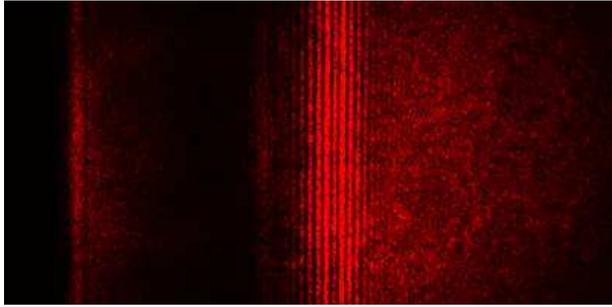


Fig. 5 : Image d'interférence projetée sur l'écran d'observation. Sur le bord gauche se trouve encore une frange claire provenant de la lumière passant à côté des miroirs.

4.2.2 Réalisation de l'expérience

Pendant l'expérience, on détermine d'abord l'écart D entre les franges d'interférence. Si, par exemple, l'écart entre 7 maxima est de 24 ± 1 mm, alors $D = 3,43$ mm.

Puis, l'on monte la lentille de 200 mm et, le cas échéant, on la décalera pour obtenir à l'écran deux taches lumineuses distinctes distantes d'environ 3 - 15 mm (la lumière passant à côté du miroir génère une troisième tache dans un écart supérieur à gauche). Pour la mesure, il peut s'avérer avantageux que les taches lumineuses soient un peu plus grandes que la taille maximale avec une lentille focalisée. Dans cet exemple, l'écart A des taches lumineuses, déterminé avec un pied à coulisse, s'élève à 6,8 mm.

La dernière grandeur nécessaire à l'évaluation est la distance b entre la lentille de 200 et l'écran d'observation ($b = 2\,700$ mm).

4.2.3 Evaluation de l'expérience

Comme nous l'avons déjà expliqué à l'aide de la figure 2, l'image de l'interférence peut être interprétée comme une superposition de la lumière provenant de deux sources de lumière ponctuelle P_1 et P_2 . Pour obtenir à l'écran un maxima d'intensité, la différence d entre deux rayons émanant de P_1 et P_2 doit très précisément correspondre à la longueur d'onde λ ou à un multiple entier de λ . Avec les grandeurs définies dans la figure 6, on obtient

$$\frac{d}{a} = \sin \varphi \quad (1)$$

et

$$\frac{D}{L} = \tan \varphi. \quad (2)$$

Si les angles φ sont suffisamment petit, $\sin \varphi \approx \tan \varphi$. Par ailleurs, il faut que $d = \lambda$ (premier maxima). Il résulte des équations 1 et 2 :

$$\lambda = a \frac{D}{L} \quad (3)$$

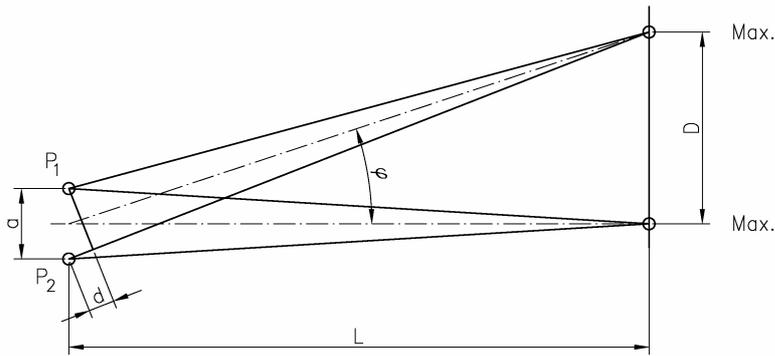


Fig. 6 : Formation de maxima d'intensité, si $d = n \lambda$ (n est entier).

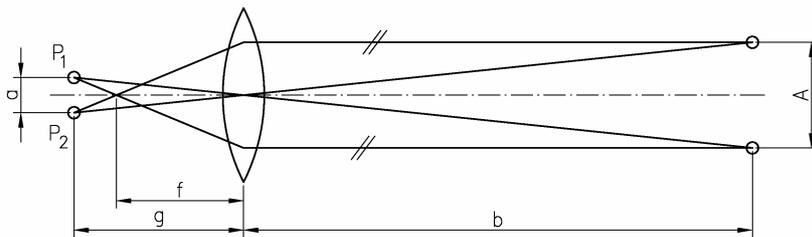


Fig. 7 : Détermination de l'écart a des sources de lumière ponctuelle en utilisant une lentille (par ex. $f = 200$ mm). Mesure des écarts A et b .

La détermination de l'écart a des sources de lumière ponctuelle virtuelle est illustrée dans la figure 7. D'après la loi de Thalès, on obtient directement les deux équations suivantes :

$$\frac{a}{A} = \frac{g}{b} \quad (4)$$

et

$$\frac{a}{A} = \frac{g-f}{f} \quad (5)$$

En égalisant les deux équations pour éliminer a/A et résoudre g , on obtient :

$$g = \frac{bf}{b-f} \quad (6)$$

Si on l'utilise dans l'équation 4, a peut être déterminé et utilisé dans l'équation 3. La longueur manquante L dans l'équation 3 résulte d'après la figure 7 de la somme des deux écarts g et b . On obtient finalement l'équation 3 :

$$\lambda = \frac{ADf}{b^2}$$

Pour notre exemple, $\lambda = 640$ nm, ce qui correspond très bien à l'indication du constructeur pour le laser utilisé (632,8 nm).