

## Biprisme de Fresnel

### GÉNÉRER UNE INTERFÉRENCE ENTRE DEUX RAYONS AVEC UN BIPRISME DE FRESNEL.

- Utiliser un biprisme de Fresnel pour générer deux sources lumineuses virtuelles et cohérentes entre elles à partir d'une source lumineuse qui a la forme d'une tache circulaire.
- Observer le champ d'interférence des deux rayons issus des deux sources lumineuses virtuelles.
- Déterminer la longueur d'onde d'un faisceau laser He-Ne d'après la distance séparant les bandes d'interférence.

UE4030300

10/15 MEC/UD



Fig. 1: Disposition pour mesure.

### NOTIONS DE BASE GENERALES

Dans l'une de ses nombreuses expériences sur les interférences lumineuses, *Augustin Jean Fresnel* s'est servi d'un bisprisme pour générer un phénomène d'interférence entre deux rayons lumineux. Il a dispersé un faisceau lumineux divergent par réfraction sur un biprisme en deux faisceaux partiels qui semblent provenir de deux sources lumineuses cohérentes entre elles et qui par conséquent interfèrent l'un avec l'autre. Sur un écran d'observation, il a pu observer une série de pics d'intensité à une distance constante.

L'apparition ou non d'un pic d'intensité dépend du retard optique  $\Delta$  entre les trajets optiques des faisceaux partiels. Lorsque la distance  $L$  séparant la source lumineuse de l'écran

d'observation est grande, on pose avec une approximation raisonnable l'équation :

$$(1) \quad \Delta = A \cdot \frac{x}{L}.$$

Dans ce cas,  $x$  est la coordonnée du point observé sur l'écran d'observation verticalement à l'axe symétrique et  $A$  est la distance restant à calculer entre les deux images lumineuses virtuelles. Les pics d'intensité apparaissent précisément aux endroits où le retard optique correspond à une valeur multiple de la longueur d'onde  $\lambda$  :

$$(2) \quad \Delta_n = n \cdot \lambda, \text{ mit } n = 0, 1, 2, \dots$$

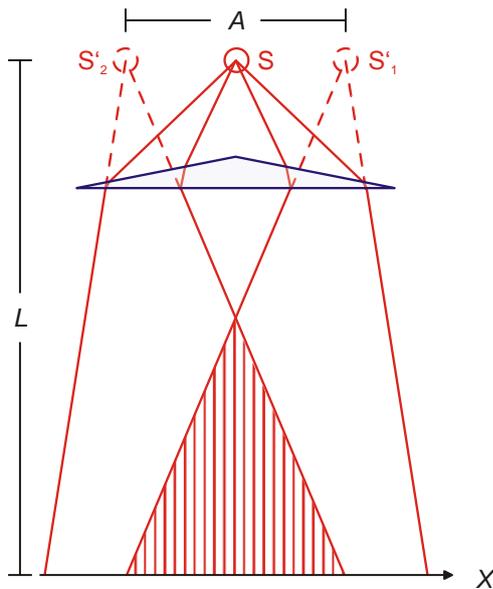


Fig. 2: Représentation schématique du chemin optique du rayon lumineux à travers le biprisme.

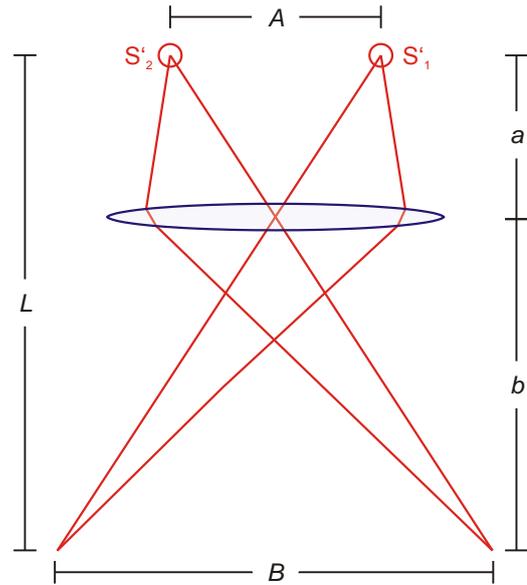


Fig. 3 Chemin du rayon pour la projection des deux images lumineuses virtuelles et synchrones sur l'écran d'observation.

En comparant (1) et (2), on constate que les pics d'intensité sont situés sur les coordonnées

$$(3) \quad x_n = n \cdot D$$

et qu'ils sont séparés par une distance constante  $D$ . On a par ailleurs la relation suivante :

$$(4) \quad \lambda = A \cdot \frac{D}{L}$$

L'équation (4) peut être utilisée pour déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière utilisée. Elle est valable pour toutes les figures d'interférence entre deux rayons.

Néanmoins, il reste encore à déterminer comment la distance  $A$  entre les deux sources lumineuses virtuelles peut être mesurée. Pour ce faire, on utilise un montage optique très simple, dans lequel on projette les deux sources lumineuses sur l'écran d'observation à travers une lentille convexe, puis on mesure la distance  $B$  séparant les deux images virtuelles sur l'écran (voir Fig. 3). On a l'expression :

$$(5) \quad A = B \cdot \frac{a}{b}$$

$a$  : distance de l'objet,  $b$  : distance de l'image.

### LISTE DES APPAREILS

1	Biprisme de Fresnel	U14053	1008652
1	Table à prismes sur tige	U17020	1003019
1	Laser Hélium-Néon	U21840	1003165
1	Objectif achromatique 10x / 0,25	W30614	1005408
1	Lentille convergente $f = 200$ mm	U17104	1003025
3	Cavalier optique D, 90/50	U103111	1002635
1	Banc d'optique D, 50 cm	U10302	1002630
1	Ecran de projection	U17130	1000608
1	Socle de serrage, 1000 g	U13265	1002834

- 1 Décamètre à ruban de poche, 2 m U10073 1002603

#### Articles complémentaires nécessaires :

- 1 Feuille de papier millimétrique, env. 20 x 30 cm<sup>2</sup>
- 1 Crayon de papier

### CONSIGNES DE SECURITE

Le laser He-Ne U21840 (1003165) émet un rayon visible d'une longueur d'onde de 630-680 nm avec une puissance de sortie max. inférieure à 1 mW et correspond ainsi aux dispositions sur la classe 2 de la norme DIN EN 60825-1 « Sécurité des appareils à laser ». En d'autres termes, l'œil humain est protégé normalement par des réflexions de détournement, y compris par le réflexe de fermeture des paupières.

- Ne regardez pas dans le rayon laser direct ou réfléchi.
- Seules des personnes autorisées et instruites ont le droit de manipuler le laser.
- Toutes les personnes observant et participant à l'expérience doivent être informées sur les risques émanant du rayon laser et sur les mesures de protection nécessaires.
- N'effectuez les expériences qu'avec la plus petite puissance de rayonnement requise.
- Ajustez le rayon de manière à ce qu'il ne passe pas à hauteur des yeux.
- Limitez la zone du laser en la blindant autant que nécessaire, évitez des réflexions involontaires.
- Les salles où sont réalisées des expériences avec le laser doivent être identifiées à l'aide de pancartes adéquates.
- En Allemagne, observez les prescriptions de prévoyance des accidents BGV B2 « Rayonnement laser » et, le cas échéant, les ordonnances des Ministres de la Culture ; dans les autres pays, respectez les prescriptions en vigueur.

- Conservez avec précaution la clé et interdisez son accès à toute personne non autorisée.

En cas d'utilisation conforme, l'exploitation sûre du laser He-Ne est garantie. En revanche, la sécurité n'est pas garantie si le laser He-Ne n'est pas manié dans les règles ou avec inattention. S'il s'avère qu'une exploitation peu sûre n'est plus possible (par ex. en présence de dommages apparents), mettez le laser He-Ne immédiatement hors service.

- Avant sa mise en service, vérifiez si le boîtier présente quelque endommagement. En cas de dysfonctionnements ou de vices apparents, mettez immédiatement le laser He-Ne hors service et protégez-le contre tout service involontaire.
- N'ouvrez en aucun cas le boîtier, la tension de service et d'allumage intérieure peut être meurtrière.

**MONTAGE**

- Dans un premier temps, réalisez le montage conformément à la Fig. 4 sans utiliser la lentille convergente  $f = 200 \text{ mm}$ .
- Placez l'écran à  $> 4 \text{ m}$  derrière le banc optique et fixez le papier millimétrique sur l'écran.
- Pour élargir le rayon laser, vissez l'objectif achromatique sur l'orifice de sortie du laser.
- Positionnez le biprisme au centre de la table de prismes et fixez-le avec le ressort.

**Note :**

Manipulez le biprisme avec précaution, car il est en verre fragile.

- Ajustez le laser de manière à ce que le rayon laser touche très précisément le centre du biprisme et que des franges d'interférences apparaissent à l'écran.

- Le cas échéant, procédez à un ajustage fin du laser en le tournant légèrement à gauche ou à droite, de sorte que le modèle d'interférence, quant au maximum d'intensité central, apparaisse symétrique à l'écran.

**REALISATION**

**Observation de l'interférence**

- Réduisez ou augmentez la distance de l'objet en déplaçant la table de prismes le long de l'axe optique, puis observez les franges d'interférences à l'écran.
- Sélectionnez la distance de l'objet de manière à ce qu'au moins cinq franges puissent être observées clairement des deux côtés du maximum d'intensité central. Ne modifiez plus la position de la table de prismes.

**Écart des minima d'intensité**

**Note :**

Le contraste clair-sombre permet de déterminer plus facilement l'écart des minima d'intensité que les maxima d'intensité.

- Avec un crayon de papier, marquez les emplacements  $x_{n+1/2}$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ) d'intensité lumineuse minimale du modèle d'interférence sur le papier millimétrique jusqu'au 5<sup>e</sup> ordre (Fig. 5).
- Mesurez les écarts  $D_n = x_{n+1/2} - x_{n-1/2}$  de deux minima d'intensité voisins.
- Déterminez l'écart  $D$  en formant la moyenne arithmétique des écarts  $D_n$ .

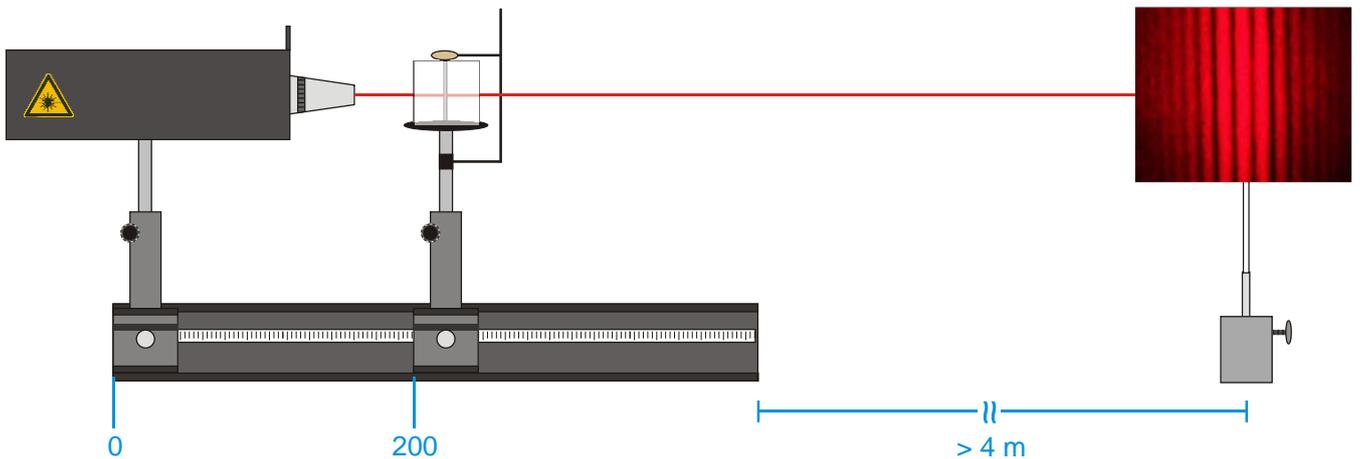


Fig. 4: Schéma de l'agencement de mesure.

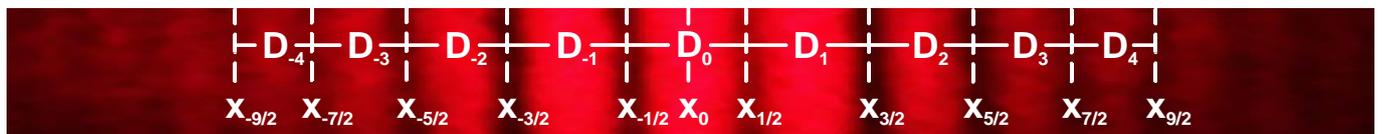


Fig. 5: Emplacements  $x_{n+1/2}$  d'intensité lumineuse minimale du modèle d'interférence et écarts  $D_n = x_{n+1/2} - x_{n-1/2}$  de deux minima d'intensité voisins.

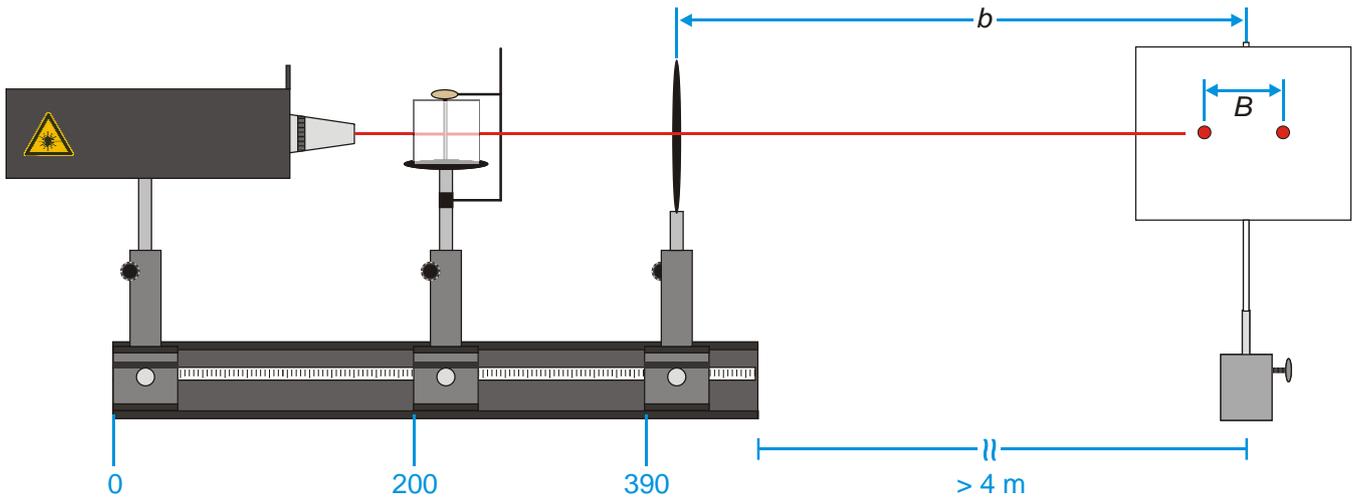


Fig. 6: Montage avec lentille convergente pour déterminer l'écart  $A$  des deux sources lumineuses virtuelles à partir de l'écart  $B$  des images des deux sources lumineuses virtuelles et de la distance de l'image  $b$  (voir Fig. 3).

**Écart des images des deux sources lumineuses virtuelles**

- Positionnez la lentille convergente  $f = 200$  mm sur le repère 390 mm du banc optique (voir Fig. 6).
- Déplacez la lentille jusqu'à ce que deux points lumineux clairs apparaissent nettement à l'écran.

**Note :**

Les points lumineux clairs sont les images des deux sources lumineuses virtuelles. Pour faciliter l'observation, affaiblissez éventuellement la puissance de rayonnement du laser.

- Avec le crayon de papier, marquez les images des deux sources lumineuses virtuelles à l'écran.
- Mesurez l'écart  $B$  entre les images des deux sources lumineuses virtuelles et de la distance de l'image  $b$ .

**EXEMPLE DE MESURE**

Moyenne de l'écart des minima d'intensité $D$ :	8,1 mm
Écart des images des deux sources lumineuses virtuelles $B$ :	7,7 mm
Distance de l'image $b$ :	4480 mm
Focale de la lentille convergente $f$ :	200 mm

**ÉVALUATION**

Le modèle d'interférence à l'écran est formé de franges verticales. L'écart relatif  $D$  des franges entre elles diminue lorsque l'écart entre le biprisme et le laser augmente, car l'écart  $A$  entre les sources lumineuses virtuelles augmente alors.

La position du laser (de la source lumineuse) et ainsi la distance de l'objet  $a$  ne sont pas connues avec précision. Elles doivent être déterminées à l'aide de la loi de représentation à partir de la focale  $f$  de la lentille convergente et de la distance mesurée de l'image  $b$  :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow$$

$$(6) \quad a = \frac{f \cdot b}{b - f} = \frac{200 \text{ mm} \cdot 4480 \text{ mm}}{4480 \text{ mm} - 200 \text{ mm}} = 209 \text{ mm}$$

Insérez  $a$  de l'équation (6) dans l'équation (5) :

$$(7) \quad A = a \cdot \frac{B}{b} = \frac{f \cdot B}{b - f} = \frac{200 \text{ mm} \cdot 7,7 \text{ mm}}{4480 \text{ mm} - 200 \text{ mm}} = 0,36 \text{ mm}.$$

L'écart entre la source lumineuse et le plan d'observation  $L$  résulte de  $a$  et  $b$  :

$$(8) \quad L = a + b = 209 \text{ mm} + 4480 \text{ mm} = 4689 \text{ mm}.$$

Pour la longueur d'onde  $\lambda$ , l'équation (4) donne :

$$(9) \quad \lambda = A \cdot \frac{D}{L} = 0,36 \text{ mm} \cdot \frac{8,1 \text{ mm}}{4689 \text{ mm}} = 622 \text{ nm}$$

La valeur déterminée par la mesure pour la longueur d'onde coïncide à environ 2% près à la valeur empirique  $\lambda = 632,8$  nm pour le laser He-Ne.