

## Interférences à deux ondes expériences de démonstration

---

### RESUME.

Le montage décrit permet de réaliser la plupart des expériences classiques sur les interférences lumineuses à deux ondes. Sa particularité consiste en l'utilisation de deux sources largement écartées l'une de l'autre, ce qui permet de modifier commodément la lumière qu'elles émettent : déphasage, polarisation... Les franges sont assez larges et assez lumineuses pour être vues de toute une classe.

### INTRODUCTION.

Parmi les expériences de démonstration réputées difficiles, l'obtention de franges d'interférences lumineuses tient une place enviable. La raison majeure en est la faible cohérence des sources thermiques, qui contraint à un filtrage sévère (fentes fines, filtre coloré) et donc à une perte importante de lumière.

Une autre difficulté est inhérente au phénomène lui-même : pour obtenir des franges larges, il faut que les deux sources cohérentes soient proches l'une de l'autre, ce qui gêne beaucoup une action sélective.

Le dispositif que nous décrivons emploie une source de lumière cohérente — un laser — qui permet d'éloigner l'une de l'autre les deux sources cohérentes ; les franges obtenues sont très serrées, mais la grande luminosité de la source permet de les agrandir par projection. Il est rigoureusement équivalent de considérer que nous partons de deux sources cohérentes écartées, dont nous formons une image réduite grâce à un système optique convenable ; ces images se comportent comme deux sources cohérentes et donnent des franges larges.

### PRINCIPE DE MONTAGE (fig. 1).

La source lumineuse utilisée est un laser. Il n'y a là rien de bien nouveau, mais les démonstrations proposées habituellement emploient des fentes d'Young proches l'une de l'autre, ce qui évite d'élargir le faisceau. Ceci assure à la fois une bonne visibilité et un bon interférence, mais restreint quelque peu le champ des expériences réalisables.

Le faisceau lumineux direct (non élargi) est divisé par un réseau R. Un écran T percé de deux trous permet d'isoler deux des ordres diffractés. Ce sont ces deux trous qui jouent le rôle de sources cohérentes. Les franges d'interférences à l'infini sont ramenées par la lentille  $L_2$  dans son plan focal; un objectif de microscope O les projette ensuite sur l'écran d'observation E.

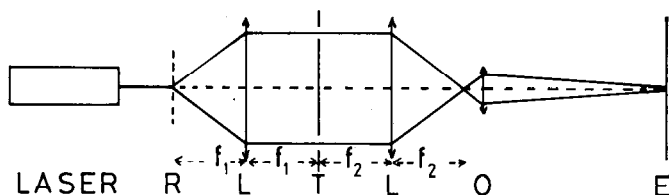


Fig. 1. — R : réseau ;  $L_1, L_2$  : lentilles de distances focales  $f_1$  et  $f_2$  respectivement ; T : écran percé de deux trous ; O : objectif de microscope ; E : écran d'observation.

La fig. 2 montre une variante n'utilisant qu'une lentille. Toutefois, le montage à deux lentilles (fig. 1) facilite l'adaptation réciproque des divers éléments et donne de meilleurs résultats.

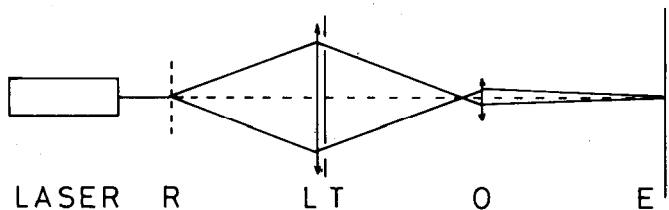


Fig. 2. — Mêmes notations que pour la figure 1.

De façon équivalente,  $L_2$  et O forment un système optique afocal donnant des trous de T une image au voisinage du foyer

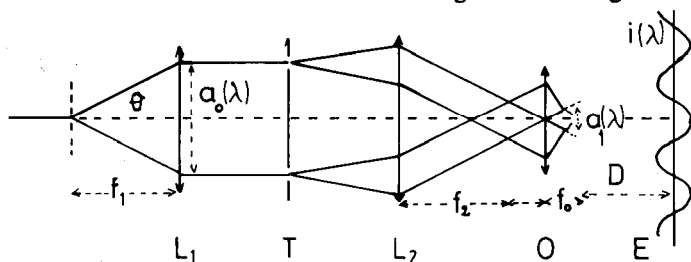


Fig. 3. — Calcul de l'interfrange  $i(\lambda)$  en fonction de la longueur d'onde et des caractéristiques du montage.

image de O. Ces images constituent les sources cohérentes qui donnent naissance aux franges observées sur l'écran E. Cette interprétation facilite le calcul de l'interfrange.

### REALISATION PRATIQUE.

a) *Laser*. Un laser He Ne à fonctionnement continu est le plus commode à utiliser et le plus immédiatement accessible dans un lycée. Les résultats sont bien entendu d'autant meilleurs que la puissance lumineuse est plus importante, mais ils restent très convenables avec 1 ou 2 mW.

b) *Réseau*. Le choix est large. Il est commode de choisir un pas relativement élevé, de l'ordre de 40  $\mu\text{m}$  (25 traits/mm), mais nous avons utilisé des réseaux jusqu'à 100 t/mm sans problèmes majeurs.

A défaut, il peut être réalisé de la façon suivante : à l'aide d'un tire-lignes, ou d'un stylo de dessinateur, tracer à l'encre de Chine sur du papier à dessin une série de traits noirs, parallèles, équidistants, à peu près écartés de leur épaisseur, soit environ 1 mm. La qualité du réseau dépend du soin apporté à l'opération, ce qui exclut pratiquement les feutres, dont le trait manque de régularité. Une autre solution, plus rapide, mais plus coûteuse, utilise des symboles pour transfert à sec, genre Alfac, ou Mecanorma que l'on trouve chez la plupart des papetiers ou revendeurs de composants électroniques.

Le dessin est photographié sur film à fort contraste et grain fin (microfilm Kodak Recordak AHU 5786 ou équivalent). Avec les valeurs indiquées précédemment, le rapport de réduction doit être de l'ordre de 50 pour passer d'un réseau de 0,5 t/mm à un réseau de 25 t/mm. Un dessin de 15 cm  $\times$  15 cm donne alors sur le négatif un réseau d'environ 3 mm  $\times$  3 mm, ce qui est largement suffisant.

c) *Lentilles*. Des lentilles courantes conviennent parfaitement. Une distance focale de l'ordre de 30 cm donne de bons résultats, mais là encore, cette valeur n'est pas critique.

d) *Ecran à trous*. Un morceau de carton mince ou de bristol fait l'affaire ; nous avons aussi utilisé des cartes perforées d'ordinateur, dont les trous sont très nets. L'espacement des trous est fonction du réseau et de la lentille  $L_1$  utilisés. Le plus simple est de réaliser le montage pour déterminer directement cet écartement ; à titre indicatif, un réseau de 25 t/mm et une lentille de focale 30 cm donnent un écartement de 9 mm, pour les ordres  $\pm 1$ .

e) *Objectif de microscope.* Choisir le grandissement en fonction de l'interfrange et de la luminosité. Nous avons obtenu les meilleurs résultats avec un objectif  $20\times$ , mais d'autres conviennent aussi.

f) *Ecran d'observation.* Il peut être commode d'utiliser un écran translucide sur lequel on projette les franges à l'aide d'un miroir de renvoi.

### Remarque.

Un inconvénient du réseau est de perdre la lumière diffractée dans les ordres non utilisés. Il est possible de le remplacer par une lame semi-transparente, par exemple une lame porte-objet de microscope (fig. 4). Cette solution facilite la variation de la distance des sources ; par contre, il devient plus difficile d'égaliser les intensités des sources, même avec des lames traitées, ce qui affaiblit le contraste des franges.

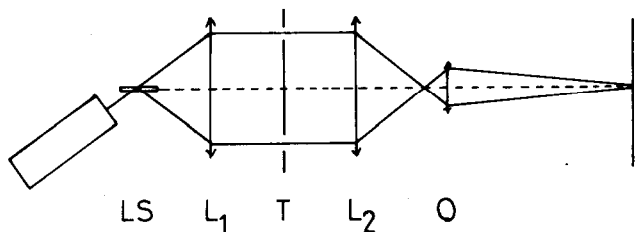


Fig. 4. — Le réseau R peut être remplacé par une lame semi-transparente LS.

### EXPERIENCES.

Les démonstrations réalisables avec ce montage sont bien connues et largement décrites, aussi nous limitons-nous à quelques indications. Dans ce domaine, nous faisons confiance à l'expérience et à l'imagination de nos collègues.

a) *Expériences classiques.* Il est facile de montrer l'influence de l'écartement des sources en changeant l'écran T, et l'influence de la distance d'observation en déplaçant l'écran E. Les calculs sont facilités par l'explication précédente, où les sources effectives sont les images des trous de T données par  $L_2$  et O.

b) *Déplacement des franges.* L'introduction d'une lame mince (lamelle de microscope, morceau de cellophane...) déplace le système de franges, mais ce déplacement est très difficile à repérer.

Il est plus simple et plus spectaculaire d'envoyer sur l'un des faisceaux un jet de gaz sortant d'un briquet.

c) *Expériences de Fresnel-Arago.* Leur réalisation est difficile avec les dispositifs habituellement utilisés, mais facile avec celui que nous venons de décrire. Deux petits morceaux de film polarisant (polaroid) collés sur les trous de T permettent de polariser soit parallèlement, soit perpendiculairement, les deux faisceaux. Il faut prendre garde à une éventuelle polarisation du faisceau laser, pour ne pas éteindre un des faisceaux qui interfèrent.

Si les polariseurs sont parallèles, les franges existent ; elles disparaissent quand on croise les polariseurs. Dans ce cas, et à condition que la lumière incidente soit polarisée rectilignement, l'introduction d'un polariseur, d'orientation convenable, dans le faisceau émergeant rétablit les franges. La rotation de ce polariseur provoque successivement l'extinction et le rétablissement des franges, avec inversion de contraste d'un rétablissement au suivant, tous résultats bien connus.

#### CONCLUSION.

Ce montage permet de réaliser commodément la plupart des expériences de démonstration d'interférences à deux ondes et en particulier de vérifier les lois de Fresnel-Arago sur les interférences en lumière polarisée. Un inconvénient est d'être limité à une seule longueur d'onde, à moins de disposer d'un laser multiraies.

Michel HENRY,

(Université Pierre-et-Marie-Curie - Paris).

---