

Expériences de diffraction : pouvoir séparateur d'un instrument d'optique

Nous décrivons dans cet article un montage simple qui permet de montrer à un large auditoire les phénomènes de diffraction au voisinage d'un foyer par des ouvertures ou des écrans circulaires. En particulier, ce montage permet d'étudier de manière approfondie le critère de Rayleigh pour deux sources lumineuses cohérentes ou non, ayant des intensités relatives variables.

PRINCIPE DE LA METHODE.

Le montage optique nécessite :

- un laser de faible puissance (1 mW) (L),
- un prisme biréfringent (spath, prisme de Rochon,...) (Sp),
- une lentille de courte distance focale (objectif de microscope,...) (L_1),
- une lentille ordinaire de distance focale voisine de 20 cm (L_2),
- deux polariseurs (polaroids) (P_1) et (P_2),
- un écran (D_1) percé d'un grand nombre de trous identiques ou une plaque (D_2) comprenant un grand nombre d'écrans circulaires identiques.

On réalise le montage schématisé sur la fig. 1.

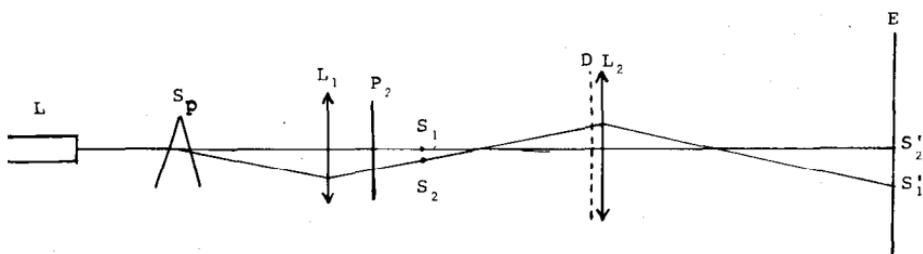


Fig. 1

Le faisceau laser est dédoublé à l'aide d'un prisme biréfringent (Sp). Les deux faisceaux font entre eux un petit angle α ; ils sont polarisés à angle droit.

A l'aide d'une lentille L_1 (par exemple un objectif de microscope faiblement grossissant), on obtient la focalisation des deux faisceaux en deux points S_1 et S_2 qui jouent le rôle de sources pour notre étude. On sait que ces deux sources sont incohérentes (si on veut faire l'étude en lumière cohérente, il suffira de placer un polariseur P_1 avant le prisme) (*). Un polariseur P_2 placé après le prisme permet de faire varier de façon continue l'intensité relative des images définitives S'_1 et S'_2 données par la lentille L_2 ; ces images sont observées sur un écran (E).

Les objets diffractants pourront être de deux types :

- une plaque D_1 comportant un grand nombre de trous circulaires identiques, distribués au hasard,
- une plaque D_2 comportant un grand nombre d'écrans circulaires identiques, distribués au hasard.

(Il est nécessaire d'avoir un grand nombre de trous ou d'écrans pour rendre le phénomène très lumineux; de plus, ces éléments diffractants doivent être distribués au hasard pour éviter l'effet de réseau).

On pourra réaliser D_1 en photographiant une feuille blanche parsemée de confetti noirs. La plaque D_2 sera réalisée plus simplement en déposant de la poudre de lycopode sur une plaque de verre embuée. Les grains de poudre sont à peu près circulaires et ont un diamètre voisin de $30 \mu\text{m}$.

EXPERIENCES.

Nous décrivons ici les expériences réalisées à l'aide de la plaque D_2 . En dehors du fait qu'on peut obtenir très facilement cette plaque, la méthode a un avantage pédagogique car on matérialise la position des images « géométriques » S'_1 et S'_2 , au centre des taches de diffraction, ces images étant obtenues à l'aide de la lumière n'ayant pas rencontré les bords des petits écrans. Ces images seront toujours visibles, même en polariseurs croisés.

(*) On relira avec profit le mécanisme de l'émission lumineuse afin de comprendre pourquoi une lumière naturelle ayant traversé le spath donne naissance à deux faisceaux incohérents, alors qu'une lumière polarisée donne naissance, dans les mêmes conditions, à deux faisceaux cohérents (voir par exemple : BRUHAT et KASTLER, *Optique*, 6^{me} édition, p. 350. A la page 351, on trouvera l'interprétation de l'expérience de FRESNEL et ARAGO).

La théorie classique donne, pour le rayon du premier anneau noir (voir par exemple BRUHAT et KASTLER, p. 246) :

$$r = \frac{1,22 \lambda x_2}{D}$$

avec : $\lambda = 0,6328 \mu\text{m}$
 $D = 30 \mu\text{m}$

si $x_2 = 2 \text{ m}$, on trouve : $r \simeq 50 \text{ mm}$.

On calculera les éléments du montage de manière à ce que l'on se trouve justement au voisinage du critère de Rayleigh, c'est-à-dire que $S'_1 S'_2$ soit égal au rayon des figures de diffraction.

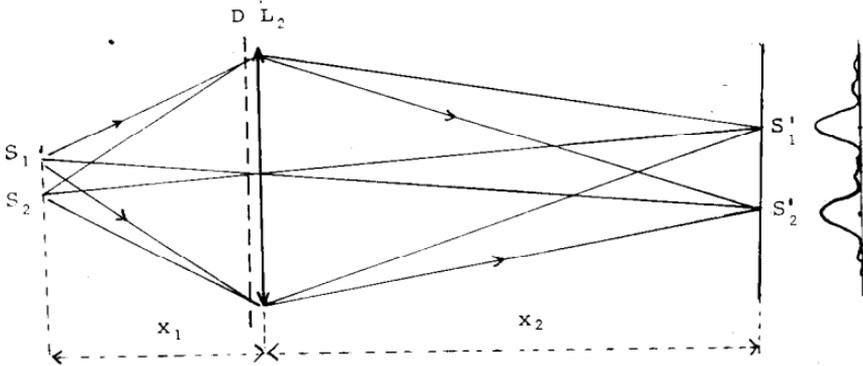


Fig. 2

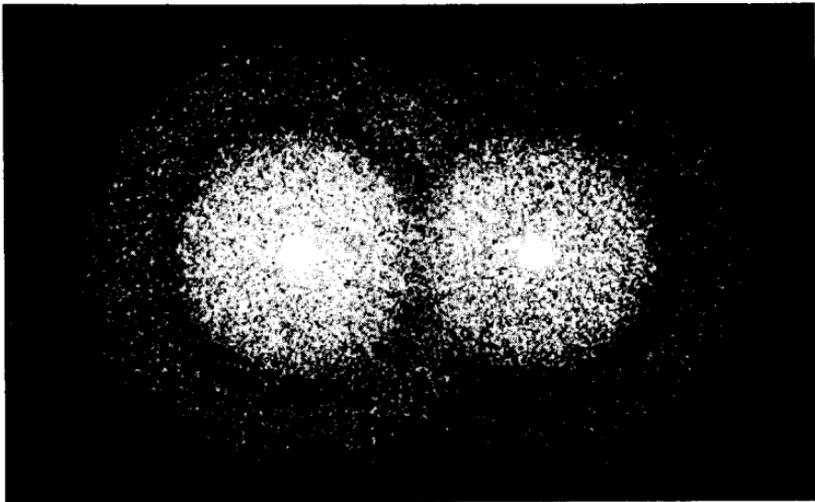


Photo n° 1

Par exemple, avec $S_1 S_2 = 5$ mm, $f_2 = 20$ cm, $x_1 + x_2$ sera voisin de 2 mètres.

A partir de la position précédente, on s'écartera des conditions du critère de Rayleigh pour observer la séparation nette des deux figures (voir photo n° 1).

On introduira ensuite un polariseur P_2 de manière à étudier le phénomène lorsque l'une des sources est beaucoup moins intense que l'autre. On fera ainsi comprendre la nécessité de l'apodisation (*) pour l'observation des étoiles d'intensité très différentes (voir photo n° 2).

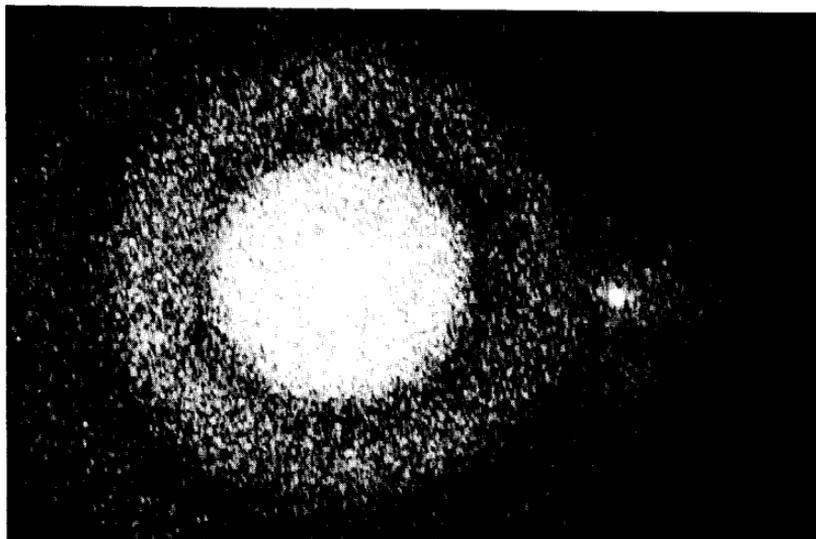


Photo n° 2

(*) On sait que lorsque deux sources ponctuelles d'intensité très différentes sont voisines, la source la moins intense donne naissance à une figure de diffraction dont l'observation peut être gênée, non par la figure centrale de l'autre source, mais par ses maximums secondaires (ou « pieds »). Grâce à des ouvertures convenables, à distribution d'amplitude non uniforme, il est possible de faire disparaître les « pieds » d'une figure de diffraction, c'est-à-dire d'« apodiser ». Cette apodisation se traduit d'autre part par un léger élargissement de la tache centrale.

Un problème analogue se pose en spectroscopie quand on veut observer une raie satellite peu intense voisine d'une raie intense (voir BRUHAT et KASTLER pages 256 et suivantes).

REMARQUE.

Si, dans le montage précédent, on supprime la lentille L_2 et les écrans D , on peut réaliser très simplement l'expérience de Fresnel et Arago (interférences en lumière polarisée).

On place un polariseur P_1 avant le prisme de manière à obtenir deux faisceaux cohérents issus de S_1 et S_2 . Si on place un écran dans la partie commune aux deux faisceaux, on constate qu'il n'y a pas de franges (deux vibrations rectangulaires ne peuvent interférer). On observe des franges si on place un 2^{me} polariseur P_2 à la suite de Sp . L'expérience est visible de toute une classe.

N.B. — Si le faisceau laser est polarisé, le polariseur P_1 est inutile.

R. JOUANISSON,
(*Université de Clermont II*).
