

Expériences d'optique à l'aide d'un projecteur de diapositives

par R. JOUANISSON
ADASTA, UFR Sciences, 63177 Aubière Cedex

Le projecteur de diapositives peut être utilisé avantageusement pour réaliser de nombreuses expériences en optique, celles notamment qui n'exigent pas un champ étendu (dans ce cas on utilise un rétroprojecteur).

Pour comprendre l'intérêt de cet appareil nous rappelons d'abord quelles sont les conditions permettant d'obtenir de bonnes images et comment ces conditions sont réalisées avec ce type de projecteur. Quelques applications (la liste n'est pas exhaustive) sont suggérées.

1. CONDITIONS POUR OBTENIR DES BONNES IMAGES

On se propose de former sur un écran une image agrandie d'un objet situé dans un plan. Cette image doit être aussi lumineuse que possible.

La source est une lampe à halogène dont le puissance est de l'ordre de 200 watts. Un système optique, très convergent, constitué en général de deux lentilles plan-convexes, donne de la source S une image qui doit se trouver au voisinage de l'objectif de projection (voir la figure 1).

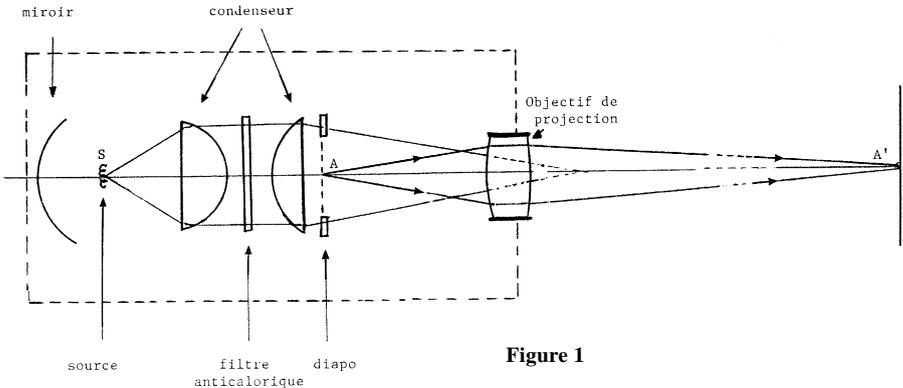


Figure 1

Ce dispositif est destiné à éclairer l'objet (diapositive) de manière à concilier les exigences suivantes :

- 1) L'objet doit être uniformément éclairé et sans que les aberrations chromatiques du condensateur soient apparentes.
- 2) L'image définitive sur l'écran doit être aussi lumineuse que possible et exempte d'aberrations de toutes sortes (et en particulier de distorsion).

Ces exigences sont en grande partie satisfaites si l'on place l'objet près de la face de sortie du condenseur et si l'image du filament se forme au voisinage de l'objectif de projection (voir en particulier la fiche pédagogique ADASTA n° 21).

L'objectif de projection, dont la distance focale est en général de 85 mm, donne l'image de l'objet sur un écran situé à quelques mètres. En modifiant le tirage de l'objectif cette image peut être obtenue jusqu'à une distance de l'ordre de 50 cm.

Un miroir sphérique placé derrière la lampe permet d'augmenter l'éclairage de l'objet ; un filtre anti-calorique absorbe une partie du rayonnement infrarouge. D'autre part on utilise un ventilateur.

Le projecteur de diapositives est donc conçu pour donner de bonnes images lumineuses. Il est d'un maniement très simple et peut remplacer avantageusement la lanterne traditionnelle, suivie d'une lentille de projection, issue de la collection de matériel, et dont le réglage a posé des problèmes à des générations de candidats aux concours de recrutement.

En revanche l'utilisation de cet appareil limite certaines possibilités : pas de réglage possible de la position de la source, quasi impossibilité d'utiliser des fentes réglables ou des diaphragmes à iris. Il convient donc de faire face à cette situation en créant des accessoires adaptés à ce type de matériel.

2. ACCESSOIRES

Ce sont essentiellement des ouvertures circulaires ou des fentes.

A défaut de pouvoir modifier la largeur d'une fente ou le diamètre d'un trou, on réalisera une collection de ces ouvertures qui sont facilement interchangeables.

Par exemple, il est utile de disposer de fentes dont la largeur est de l'ordre de 0,1 mm (pour la diffraction et les interférences) et de fentes dont la largeur est de 1 à 2 mm pour la spectroscopie.

Découper un carré de carton de 5 cm de côté (dimension des diapositives). Réaliser au cutter une ouverture rectangulaire de 2×1 cm. Coller les deux bords d'une lame de rasoir comme l'indique la figure 2. Mesurer la largeur de la fente à l'aide d'un microscope et la noter sur le support.

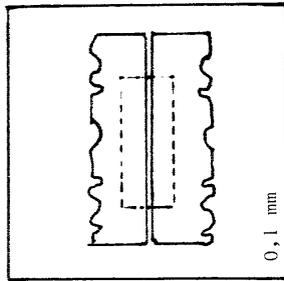


Figure 2

De même réaliser un jeu de trous circulaires dont les diamètres sont, par exemple, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 mm. Ces trous seront de préférence réalisés avec une fraise dans une plaque de métal (dural) de 1 à 2 mm d'épaisseur. On a intérêt à fraiser les bords de chaque côté (voir figure 3).

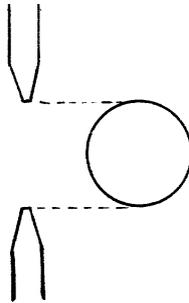


Figure 3

Tous ces accessoires sont faciles à réaliser et ne coûtent pratiquement rien. De plus, ils seront en général de meilleure qualité que ceux que l'on se procurerait (à grands frais !) dans le commerce.

De plus le projecteur muni de son objectif est un appareil bon marché (bien moins cher qu'une lanterne de projection vendue pour cet usage chez les revendeurs de matériel dit «pédagogique»). Enfin, il peut être utilisé pour projeter... des diapositives.

3. QUELQUES EXPÉRIENCES

Je signale quelques expériences qui seront avantageusement réalisées avec ce type de matériel.

1) Spectres de lumière blanche avec un prisme ou un réseau*. Il suffit de placer le disperser à la suite (et très près !) de l'objectif de projection, après avoir fait l'image d'une fente sur l'écran. La largeur de la fente doit être adaptée à la dispersion du prisme ou du réseau. Pour les spectres d'absorption placer contre la fente source les filtres colorés de manière à pouvoir comparer le spectre d'émission et le (ou les) spectres d'absorption.

2) Courbe de dispersion d'un prisme

Prendre un trou source de 1 à 2 mm de diamètre, Tout contre l'objectif placer un prisme à vision directe dont les arêtes sont horizontales et immédiatement derrière un réseau dont les traits sont verticaux : on observe sur l'écran un spectre courbe donnant la dispersion du prisme en fonction de celle du réseau, c'est à dire sensiblement la dispersion du prisme en fonction de la longueur d'onde si le réseau est convenablement choisi** (figure 4)

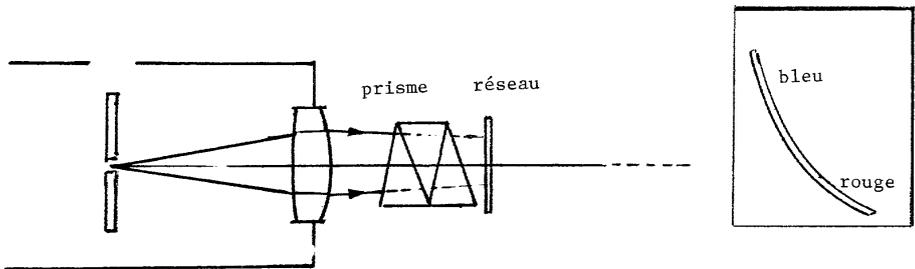


Figure 4

* Voir la fiche pédagogique ADASTA n° 26 («Expériences sur la décomposition et la recombinaison de la lumière blanche»).

** Voir également la fiche ADASTA n° 26.

Cette expérience, bien connue depuis longtemps (et en particulier des candidats à l'agrégation) est d'autant plus spectaculaire que la trace colorée est fine.

Avec un objectif de 85 mm et un trou source de 1 mm on obtient une trace d'environ 2 cm d'épaisseur sur un écran situé à 2 mètres.

3) Figures de diffraction

Le projecteur permet de réaliser simplement les expériences de diffraction par une ouverture quelconque et en particulier par deux fentes (fentes d'Young).

Utiliser une fente source de 0,05 à 0,1 mm de largeur dont on fait l'image sur un écran rapproché (1 mètre). Contre l'objectif placer la fente diffractante (ou les fentes d'Young) : on observe la figure de diffraction (dite de Fraunhofer) sur l'écran.

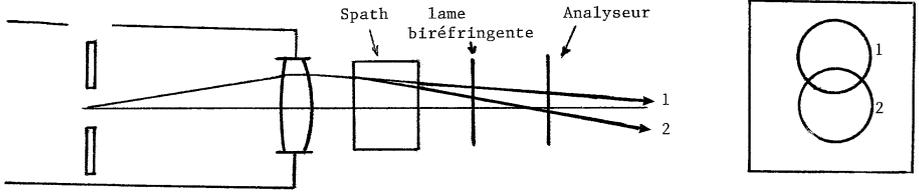
Le réglage n'est pas critique, c'est à dire que la fente source ne doit pas être nécessairement parallèle aux fentes diffractantes.

4) Miroirs de Fresnel

Utiliser une fente source du type précédent. Retirer l'objectif et placer les miroirs à une trentaine de cm de la source. Le réglage est critique, c'est à dire que la fente source doit être parallèle à l'arête commune aux miroirs. Pour obtenir ce résultat utiliser des cales de manière à modifier progressivement l'orientation des miroirs par rapport à la fente source.

5) Couleurs complémentaires

Une très belle expérience permet d'obtenir des couleurs complémentaires grâce au phénomène d'interférences en lumière polarisée : utiliser un trou de 10 ou 12 mm de diamètre dont on fait l'image sur l'écran. A la suite de l'objectif placer un prisme biréfringent (spath) donnant deux images qui se recouvrent partiellement (figure 5). Les deux faisceaux issus du spath sont polarisés à angle droit. Un analyseur (polaroïd) est placé à la suite. Entre le spath et l'analyseur placer une substance biréfringente : cellophane, papier des fleuristes (polyéthylène), macrolon, etc. dont les lignes neutres font un angle de 45° avec les directions de polarisation des deux faisceaux issus du spath.

**Figure 5**

On observe sur l'écran des plages dont les couleurs sont complémentaires, car leur superposition donne du blanc.