

Boîtes noires pour enseigner l'optique

par Cyril DEICHA
E.S.T.B.A., 56 rue Planchat, 75020 Paris

RÉSUMÉ

Utilisation de boîtes à rainures comme banc d'optique pour réaliser des appareils rigides manipulables par les élèves.

LA DIFFICULTÉ DES TP d'OPTIQUE

Les travaux pratiques d'optique gagneraient à pouvoir être réalisés dans une salle de classe ordinaire sans rideaux et avec du matériel permettant des montages plus réalistes que sur un banc d'optique. Par exemple un objectif photographique doit pouvoir être braqué sur le paysage, un microscope servir à examiner un objet plat posé sur la table...

Nous avons donc été amenés à construire nous même des accessoires économiques, simples et peu encombrants qui permettent de faire les expériences fondamentales d'optique.

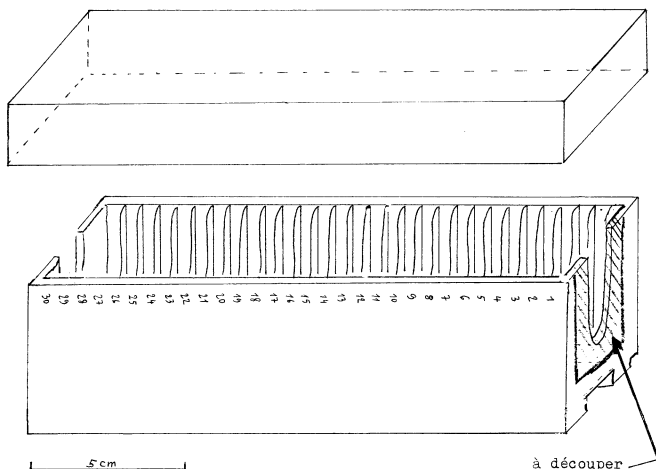


Figure 1 : Boîte à rainures.

La course aux économies s'impose d'autant plus qu'il est nécessaire de construire plusieurs ensembles identiques pour faire de véritables travaux pratiques.

CONSTRUIRE DU MATÉRIEL

La boîte à rainures jouant le rôle de banc d'optique est constituée par un panier en plastique orange pour 30 diapositives de marque MALIK (environ 15 F, FNAC), dont on découpe les parois d'extrémité et qu'on peint en noir mat (figure 1).

Des cadres en carton pour diapositives 5×5 constituent des supports pour les composants les plus légers :

- Papier calque (écran dépoli),
- Calque millimétré (objet) (figure 2b),
- Lame de rasoir sur calque (objet) (figure 2c),
- Rondelles de fer (diaphragmes) (figure 3b),
- Plastique de couleur (filtres).

Pour les composants plus lourds on utilise de l'isorel perforé qui se découpe très facilement au canif en carrés de $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$. Pour les lentilles on l'évide avec une scie à cloche (figure 4).

Les sources lumineuses sont des ampoules «navette 12 V, 5 W» vendues par les garagistes, soudées directement sur 2 fiches bananes femelles vissées dans un carré d'isorel (figure 2a). Le filament étant grossièrement rectiligne il peut servir directement d'objet dans certains cas. Lorsqu'on a besoin d'une puissance lumineuse plus forte, par exemple pour le modèle de projecteur de diapos, on soude 2 ampoules en parallèle côte à côte (figure 3a).

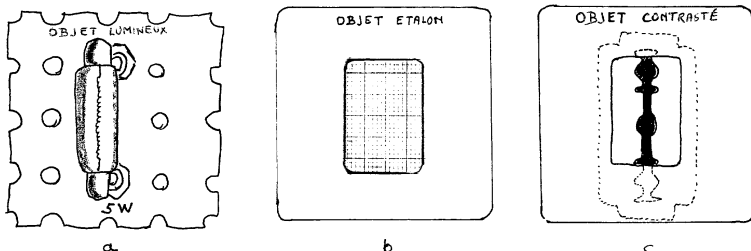


Figure 2 : Objets : a - lampe à filament rectiligne ; b - quadrillage millimétrique étalon ; c - objet en «forme de quille».

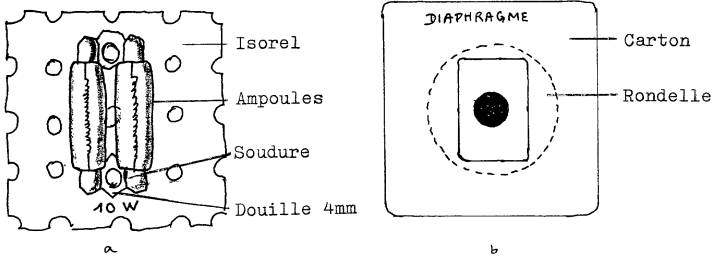


Figure 3 : a - Lampe double ; b - Diaphragme.

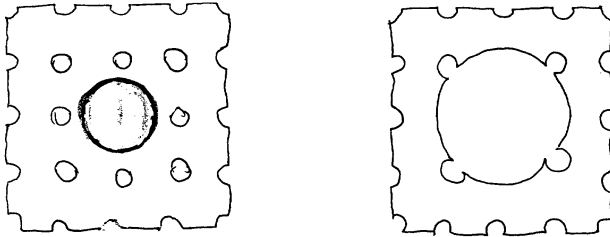


Figure 4 : Supports pour lentilles (les trous de l'isorel seront obturés avec du ruban adhésif noir).

COMPOSANTS INDISPENSABLES

On ne peut évidemment pas fabriquer soi-même tous les composants, aussi faut-il prévoir quelques achats.

Des lentilles en plastique sont économiques quoique sensibles aux rayures et aux solvants (colle !). Dans le lot de 4 lentilles livrées par les fournisseurs scolaires, la plus utile est celle d'environ 11 dioptries. On la fixe dans un cylindre de carton noir qu'on colle dans un support en isorel.

Nous n'avons pas trouvé dans le commerce de lentilles de faible distance focale. Nous avons donc essayé des billes de 1,5 cm de diamètre (en verre transparent bien lisse et sans décor interne) trouvées pour quelques francs chez un marchand de jouets ce qui nous a donné des «lentilles-boule» de 50 à 100 dioptries de qualité optique certes médiocre, mais très économiques. Nous mettons à profit les distorsions de l'image pour enseigner les phénomènes d'aberration inhérents en fait à tout instrument d'optique. Et n'oublions pas que c'est avec une lentille-boule que Leeuwenhoeck fit les premières explorations du «microcosme» !

Si on désire de vraies lentilles il faut les récupérer sur de vieux instruments (microscopes, loupes, visionneuses, jouets).

Il faut également acheter des réseaux de diffraction et des filtres polarisants (moins de 20 F chez Jeulin) qui sont déjà montés dans des supports 5×5 (figure 5a). Il suffit de découper en rond l'un des 2 filtres polarisants, de coller dessus une échelle circulaire graduée pour avoir un analyseur rotatif (figure 5b).

Pour faire de la photométrie, un photorésistor monté sur un isorel (ou un circuit imprimé 5×5) et un ohmmètre sont nécessaires.

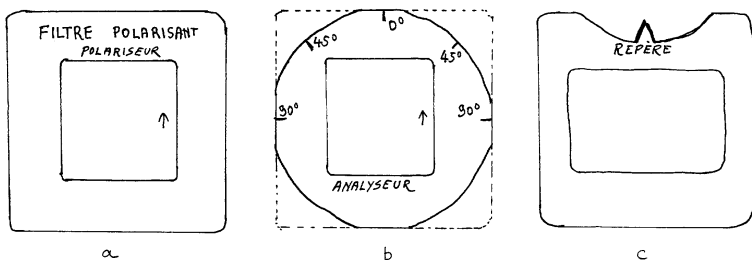


Figure 5 : a - Polariseur ; b - analyseur rotatif ; c - repère fixe à superposer à l'analyseur.

MONTAGES

Les schémas suivants sont destinés à être distribués aux élèves pour leur permettre d'insérer les composants dans les rainures adéquates sans perdre de temps en tâtonnements.

Avec la lentille de 11 dioptries on réalise les 3 montages fondamentaux : loupe, objectif photo et projecteur de diapos (figures : 6, 7, 8).

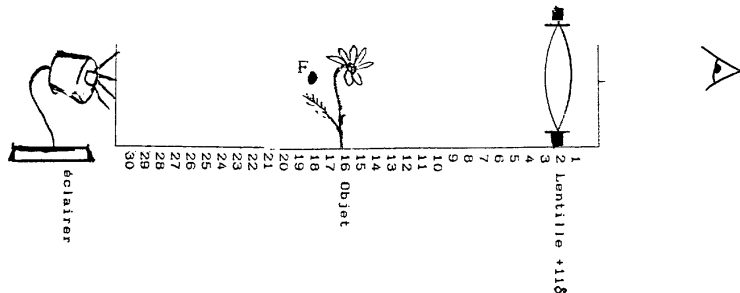


Figure 6 : Utilisation de la lentille convergente de 11 δ en tant que loupe.

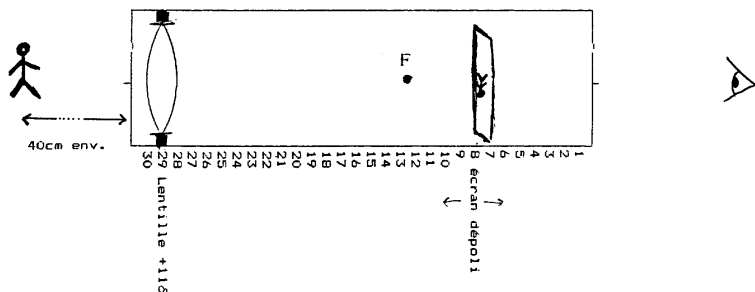


Figure 7 : Utilisation de la lentille convergente de 11 δ en tant qu'objectif photographique.

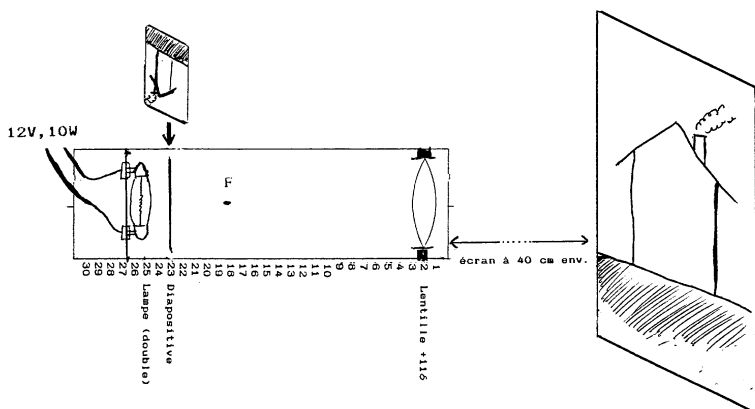


Figure 8 : Utilisation de la lentille convergente de 11 δ en tant que projecteur de diapositives. (La lampe chauffe beaucoup : ne pas laisser allumée trop longtemps).

Le collimateur permet d'éblouir son camarade..., même à l'autre bout de la salle ! Il illustre bien le principe du phare marin (figure 9).

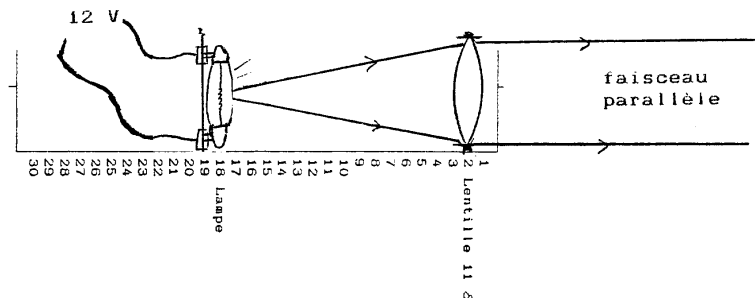


Figure 9 : Utilisation de la lentille convergente de 11 δ en tant que collimateur.

Le microscope réduit requiert plus de minutie. Il nécessite l'utilisation de la lentille de très courte focale comme objectif et un éclairage suffisant (figures 10 et 11).

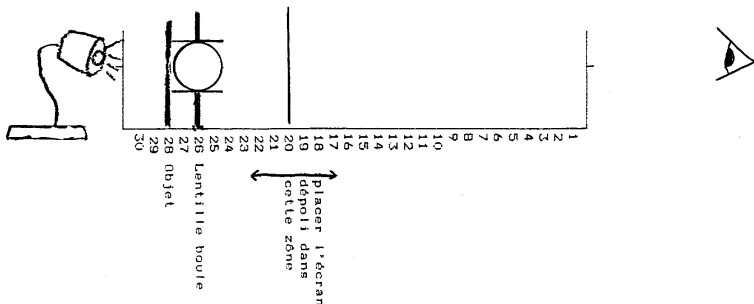


Figure 10 : Image réelle donnée par un objectif.

L'objet contrasté en «forme de quille» fortement éclairé et placé très près de la lentille, donne une image réelle renversée sur l'écran dépoli. Pour la mise au point, déplacer l'écran.

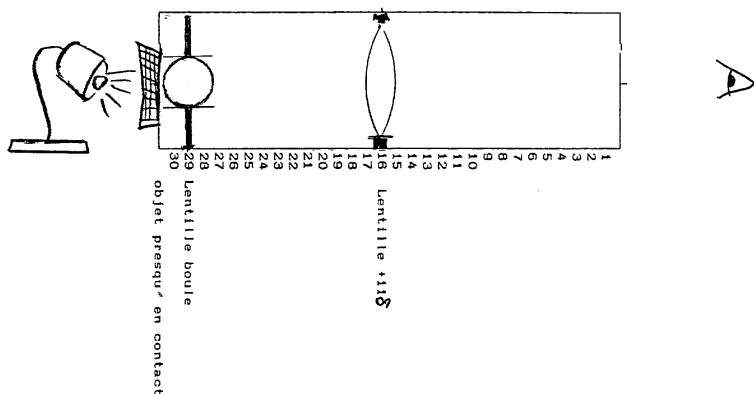


Figure 11 : Microscope réduit : la lentille-boule est l'objectif, la lentille de 11δ est l'oculaire. En prenant un quadrillage millimétré comme objet on peut observer la distorsion «en coussin» de l'image virtuelle. Pour la mise au point, déplacer l'instrument par rapport à l'objet.

Un grand classique, le spectroscope à réseau, permet d'analyser la lumière émise par un tube fluorescent ou une flamme colorée (figure 12).

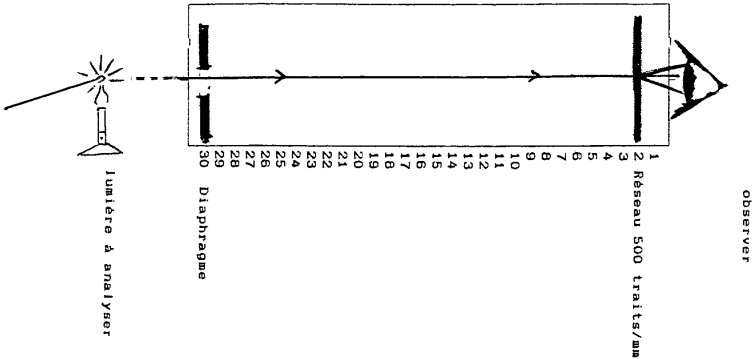


Figure 12 : Spectroscope.

L'œil de l'observateur doit se trouver à quelques millimètres du réseau.

Les trois derniers montages (figures 13, 14 et 15) sont des exemples de TP que nous avons mis au point pour des STS : spectrophotométrie, étude de la polarisation de la lumière et pouvoir rotatoire [1].

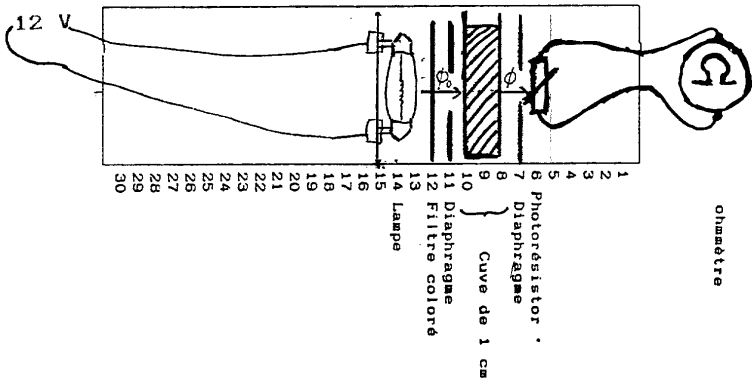


Figure 13 : Colorimètre. Le couvercle doit être fermé pendant les mesures.

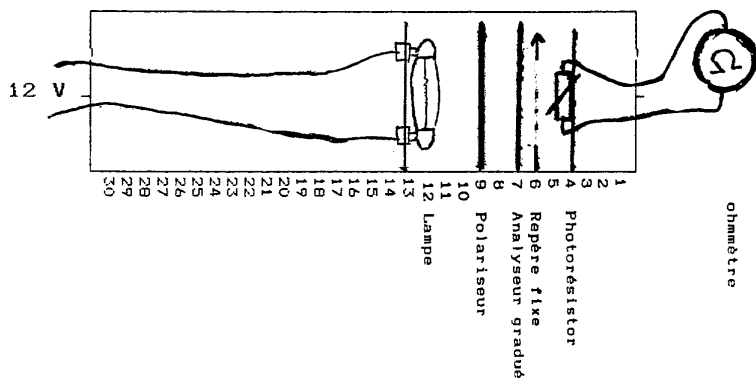


Figure 14 : Montage permettant de vérifier la loi de Malus. Le couvercle doit être fermé pendant les mesures.

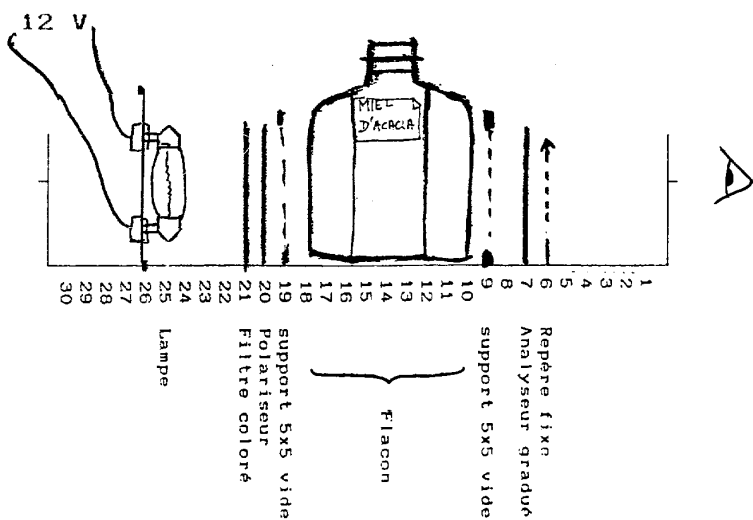


Figure 15 : Polarimètre (voir B.U.P. n° 743 [1]).

DÉVELOPPEMENTS POSSIBLES

Nous avons branché le photorésistor à l'entrée «joystick» d'un vieux ordinateur Apple II (qui remplace donc l'ohmmètre), ce qui, moyennant un programme basic de quelques lignes, permet d'automatiser le colorimètre.

Le spectroscope peut être muni d'une échelle latérale (au niveau du diaphragme) pour repérer les longueurs d'onde.

On peut adapter les boîtes noires pour pouvoir les fixer sur un rail magnétique ou même un banc d'optique classique, notamment pour faire de la focométrie ou pour l'étude du prisme.

Deux ou plusieurs boîtes noires peuvent être solidarisées à l'aide d'un simple tasseau 5 mm × 20 mm qui s'engage très exactement dans l'encoche se trouvant sous la boîte.

Le format 5 × 5 cm est devenu un standard pour les composants d'optique, tant commerciaux (Leybold...) qu'artisanaux [2]. Nos propositions s'intégreront donc facilement dans toute collection de collègue ou de lycée.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] C. DEICHA - Le miel d'acacia, usage didactique d'un liquide familier. B.U.P., n° 743, p. 553-557.
- [2] R. JOUANISSON - Expériences d'optique à l'aide d'un projecteur de diapositives. B.U.P., n° 743, p. 547-552.