
Optique : expériences de base

Sextant, *Optique expérimentale*

I) Sources lumineuses

1) Sources thermiques

Elles ont un spectre continu (avec une intensité qui peut néanmoins dépendre de la longueur d'onde). Elles constituent une bonne approximation de la *lumière blanche* (spectre plat).

a) Lampes à incandescence ordinaires

Le filament de tungstène est porté à une température d'environ 2800 K. Il est placé sous vide, ou dans une atmosphère gazeuse inerte, pour éviter toute oxydation. La répartition spectrale est à peu près celle d'un corps noir porté à la même température (avec donc une part importante du rayonnement dans l'infrarouge).

b) Lampes à incandescence Quartz-Halogène (en particulier Quartz-Iode)

Le principe est le même que pour les lampes précédentes, mais l'ajout d'un gaz halogène à l'intérieur de l'ampoule augmente son temps de vie, en limitant la vaporisation du tungstène. Cela permet donc de porter le filament à une température plus élevée (3200 K), ce qui augmente l'intensité lumineuse et décale l'ensemble du spectre vers le visible.

2) Lampes spectrales

Ce sont des lampes à vapeurs atomiques, qui fournissent des spectres de raies. Ces lampes nécessitent un autotransformateur spécial. En effet, une haute tension est nécessaire pour établir une décharge entre les électrodes, les électrons accélérés excitant par collision les atomes (qui émettent alors de la lumière en se désexcitant).

Vous utiliserez fréquemment des lampes à vapeur de sodium (utilisant le doublet jaune du sodium, qui fournit aussi la lumière des réverbères) ou des lampes à vapeur de mercure (qui émettent plusieurs raies). Ces dernières peuvent être :

- soit basse pression (raies fines, luminance faible) ;
- soit haute pression (raies élargies, luminance élevée) : les lampes dites *Philora*, en particulier, montées dans un carter spécial qui contient leur transformateur.

Ces sources n'atteignent leur régime de fonctionnement permanent qu'après plusieurs minutes : il faut donc les **brancher en avance** et éviter de les éteindre, car elles ont besoin de refroidir avant d'être rallumées.

3) Lasers

Le laser le plus courant dans l'enseignement est le laser hélium-néon, d'une puissance de l'ordre du milliwatt. Son rayonnement est très monochromatique (longueur d'onde de 632,8 nm, rouge). La divergence du faisceau est très faible (avec une ouverture de l'ordre de 10^{-3} rad) et malgré sa faible puissance, **le faisceau est dangereux pour la rétine**.

On dispose aussi d'un laser hélium-néon vert (543 nm) et de diverses diodes laser, qu'on utilisera au cours de l'année.

II) Projection sur un écran éloigné

Il s'agit de former l'image agrandie d'objets éclairés par une lampe à halogène (Q.I.) sur un écran à plusieurs mètres pour les rendre visibles d'une salle entière.

1) Condenseur

Définition : c'est une lentille convergente placée entre la lampe et l'objet.

Vous disposez de condenseurs qui s'adaptent directement sur les carters des lampes Q.I. ou Philora. Ils servent à collecter le maximum de rayons issus de la lampe et à les renvoyer sur l'objet. Ils sont en réalité composés de deux lentilles plan-convexe. Leur distance focale va de 8 à 15 cm et la distance lampe-lentille vaut 15 cm quand le condenseur est fermé.

Donc :

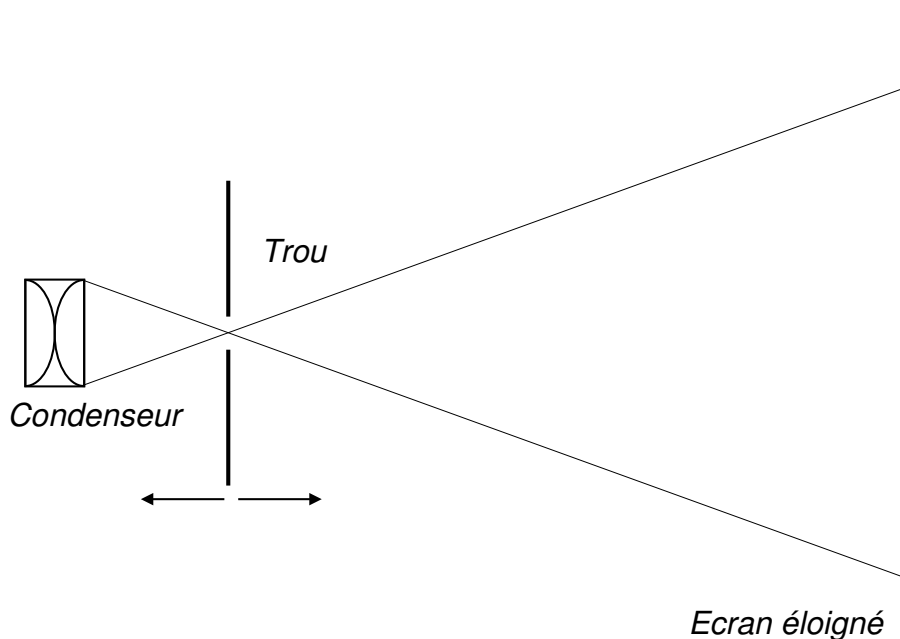
- un condenseur de 15 cm fermé donne un faisceau quasi parallèle,
- un condenseur de 8 cm fermé donne un faisceau convergent à une vingtaine de centimètres du condenseur.

Il est possible dans chaque cas d'augmenter un peu la convergence en éloignant le condenseur de la lampe.

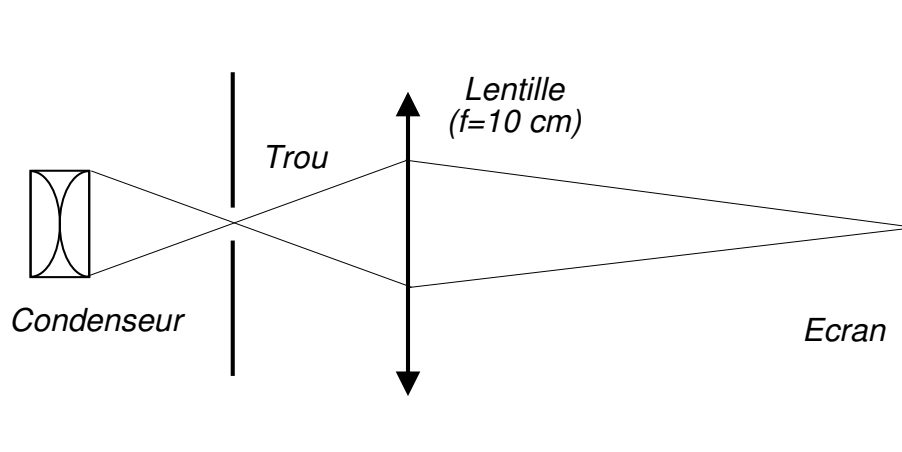
Vérifier rapidement ces propriétés avec les condenseurs à votre disposition. Leur utilisation pratique est illustrée dans les paragraphes suivants.

2) Projection d'un petit trou

A l'aide d'un condenseur très convergent, faire converger la lumière sur le trou. Déplacer légèrement le trou. Observer les irisations. Interpréter en termes d'aberrations chromatiques du condenseur en considérant que l'indice du verre décroît avec la longueur d'onde.



Pour la suite, placer le trou au point de convergence moyen pour éviter les irisations.



Faire l'image du trou sur l'écran avec une lentille de courte focale (≈ 10 cm).

Retournez la lentille. Obtenez-vous une meilleure image ?

Explication : dans l'approximation de Gauss, une lentille a un fonctionnement symétrique mais ici, elle est complètement couverte par le faisceau, donc ce niveau d'approximation n'est plus valable. Pour trouver le bon sens d'utilisation, on utilisera la recette des 4P (**P**lus **P**lat, **P**lus **P**rès) qui consiste à placer la face plane de la lentille du côté de l'objet s'il est plus près de la lentille que l'image, et du côté de l'image dans le cas contraire.

Attention : la règle des 4P n'est valable que pour un objet peu étendu autour de l'axe optique. Elle peut être mise en défaut pour des objets plus étendus.

3) Projection d'un objet transparent (non diffusant)

a) Image d'un quadrillage

Il s'agit d'obtenir l'image d'un quadrillage transparent, en montrant la plus grande surface possible (champ maximum).

Commencer sans condenseur : ajuster l'ensemble lampe, quadrillage, lentille ($f = 10$ cm) pour avoir une image. Pourquoi est-elle si médiocre ?

Ajouter le condenseur (8 cm) et remarquer que pour que le champ soit maximum, *il faut placer l'objet contre le condenseur*. Par ailleurs, pour que l'image soit la meilleure possible, *on a intérêt à placer la lentille au point de convergence des rayons*.

Remplacer le condenseur par un condenseur de 12 cm. Choisir la lentille de projection en conséquence.

Note : les lentilles de courtes focales (10 ou 15 cm) permettent d'obtenir des grossissements importants mais donnent plus d'aberrations que les autres. Une focale de 20 cm est un bon compromis aberrations-grossissement.

b) Image d'une fente

Pour avoir la luminosité maximum, il faudrait placer la fente le plus près possible du point de convergence sans qu'elle diaphragme le faisceau.

Cependant dans la pratique, il est souvent meilleur de la placer contre le condenseur ; on réduit ainsi la lumière parasite. Soigner la netteté.

4) Projection d'un objet diffusant

Un objet est parfaitement diffusant si, quelle que soit la provenance de la lumière qui l'éclaire, il la renvoie de manière isotrope (exemples : papier blanc, écran, papier calque, *etc*).

Projeter par exemple l'image d'un calque quadrillé et vérifier que l'usage d'un condenseur n'est pas nécessaire. Pourquoi ?

On peut ajouter un manchon noir pour réduire la lumière parasite.

III) Expériences simples d'optique géométrique

1) Obtention d'un faisceau de lumière parallèle par autocollimation

Procéder comme pour former l'image d'un trou (*cf.* II.2). Ajouter un miroir plan à la sortie de la lentille et ajuster la position de celle-ci pour que l'image du trou après réflexion sur le miroir soit nette dans le même plan que le trou. Enlever le miroir. En déplaçant un écran après la lentille, vérifier que si le trou est petit, le faisceau est bien parallèle.

2) Mesure de la distance focale d'une lentille mince convergente

a) Par autocollimation

Dans l'expérience précédente, que vaut alors la distance trou-lentille ? Conclusion ?

b) Par la méthode de Silberman

On se place dans le cas où la distance entre l'objet et l'image est minimale. Elle est alors égale à $4f$ et la lentille se trouve à mi-chemin de l'objet et de l'image. De plus, le grandissement est alors égal à -1 .

Prendre pour objet une plaque percée d'une ouverture en forme de F. Fixer du côté source de cette plaque du papier calque. Former l'image du F sur l'écran. Rechercher la position de Silberman et en déduire la distance focale de la lentille. Si l'image est de trop mauvaise qualité, placer contre la lentille un diaphragme. Le choisir cependant le moins petit possible pour que la profondeur de champ reste faible, ce qui permet une bonne acuité de mise au point.

3) Projection de spectres

Former l'image d'une fente éclairée avec une lampe à vapeur de mercure Philora sur un écran éloigné (*cf.* II.3.b). Placer après la lentille un système dispersif (prisme à vision directe ou réseau). Celui-ci dévie différemment les rayons lumineux correspondant aux diverses longueurs d'onde. Pour chacune des longueurs d'onde présentes, on obtient donc une image de la fente en une position précise de l'écran.

Réduire la largeur de la fente source et observer le comportement de *la raie jaune* du mercure.

Remplacer la lampe Philora par une lampe Q.I. Admirer.