Imagerie Physique

Travaux pratiques

Année universitaire 2020-2021

1 Comment produire une belle image ?

1.1 Carte AMU

À l'aide de la lampe de bureau, d'une lentille de distance focale $f' = 20\,\text{cm}$ et de petit diamètre, faites l'image d'une carte AMU placée sur un support sur l'écran placé en bout de banc. La carte AMU éclairée par la lampe est une source secondaire qui diffuse la lumière. On veut un grandissement transversal de 3.

— Commentez le placement de la lampe.
— Pouvez-vous faire le point sur l'image complète ? Comment s'appelle ce défaut ?
— Une fois le point fait sur le centre de la carte, relever les abscisses p_o et p_i des objets et images par rapport au centre optique de la lentille.
— Relier le grandissement à ces abscisses.

On rappelle la formule de conjugaison :

$$\frac{1}{p_i} - \frac{1}{p_o} = \frac{1}{f'}$$

et différentes expressions du grandissement transversal :

$$\gamma = \frac{p_i}{p_o} \qquad \gamma = 1 - \frac{p_i}{f'} \qquad \frac{1}{\gamma} = 1 + \frac{p_o}{f'}$$

1.2 Profondeur de champ

Reprendre la montage précédent pour obtenir un grandissement de 0,5.

— En déplaçant l'objet, observez la profondeur de champ, la profondeur du champ transversal, c'est-à-dire l'étendue de l'intervalle d'abscisse p_o sur lequel l'image reste nette.
— Accoler le petit diaphragme à la lentille. Quel est qualitativement l'influence du diaphragme sur la profondeur de champ ?

1.3 Aberrations géométriques

Faites un montage sur banc optique où la lampe hallogène éclairé par l'arrière un objet diffusant, dont on fait l'image sur un écran à l'aide de la lentille de grand diamètre et de distance focale f' comprise entre 15 et 20 cm.

— Commentez la qualité de l'image.
— Accolez le grand diaphragme à la lentille. Quel est l'influence du diaphragme sur la qualité de l'image ?
— Placez le diaphragme entre l'objet et la lentille. Comment l'image est-elle modifiée ?
— Placez le diaphragme entre la lentielle et l'écran. Comment l'image est-elle modifiée ?

1.4 Éclairage d'un objet transparent

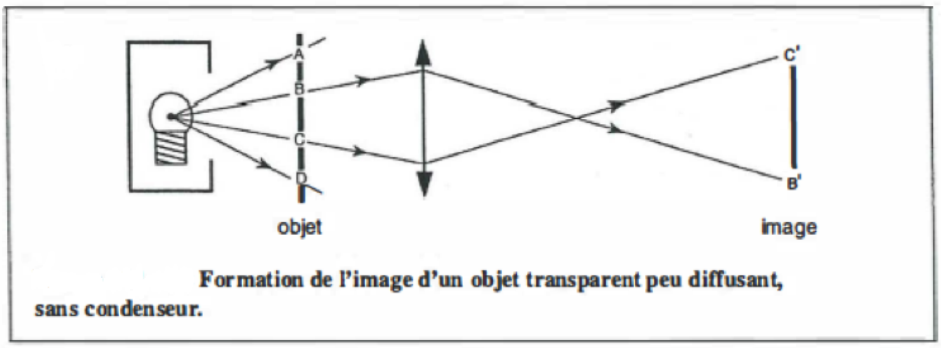
Remplacez l'objet diffusant par l'objet transparent.

— Montrez expérimentalement comment l'utilisation d'un condenseur entre la lampe et l'objet permet

1. d'augmenter le champ transversal, défini comme la portion de l'objet dont on voit l'image,

2. d'augmenter la luminosité,
3. et diminuer les aberrations.

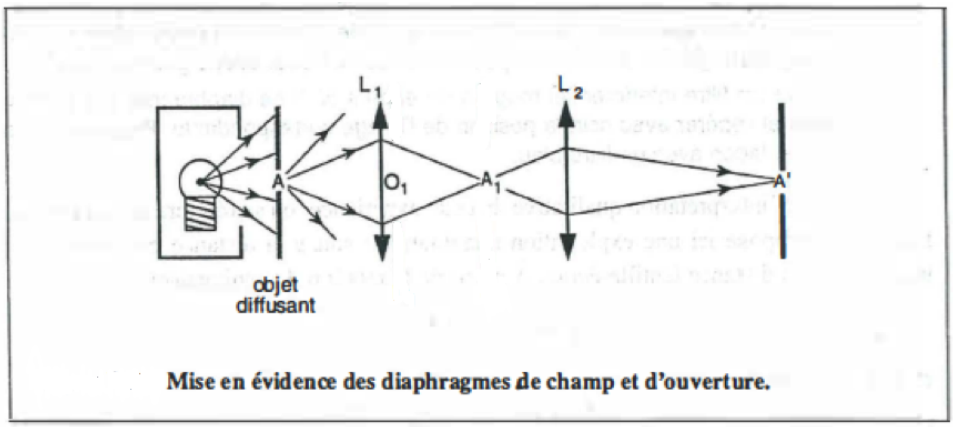
— Justifiez théoriquement ces deux améliorations.
— Remplacez l'objet transparent par l'objet diffusant et commentez.



Crédits : Sextant, Optique expérimentale, Hermann 1997

1.5 Diaphragmes de champs et d'ouverture

Faites un montage sur banc optique où la lampe hallogène éclaire un objet diffusant, dont on fait l'image sur un écran à l'aide d'un système optique composé de deux lentilles de petit diamètre, l'une de distance focale $f' = 20\,\text{cm}$ et l'autre de distance focale focale comprise entre 10 et 15 cm.



Crédits : d'après Sextant

— Cherchez où se situe dans le système optique composé des deux lentilles le diaphragme qui limite le champ transversal, appelé diaphragme de champ.
— Cherchez où se situe dans le système optique le diaphragme qui règle la luminosité sans modifier le champ, appelé diaphragme d'ouverture.
— En accolant au diaphragme de champ une troisième lentille qui conjugue les deux premières, montrer que l'on augmente le champ. Ce manipulation marche mieux si la première lentille a la plus courte distance focale.

1.6 Résolution limitée par la diffraction

Faites un montage sur banc optique où la lampe hallogène éclaire un écran percé de deux fentes parallèles, dont on fait l'image sur un écran d'observation à l'aide d'une lentille de distance focale $f' = 20\,\text{cm}$ et de petit diamètre. On note a la largeur des fentes et c leur distance centre à centre.

— Observez que les deux fentes sont résolues sur l'image.
— Accoler la fente de largeur règlable à la lentille. Déterminer la largeur ℓ de la fente règlable pour laquelles les deux fentes de l'objet ne sont plus discernables sur l'image.
— Vérifier que la largeur ℓ est compatible avec le critère de Rayleigh.

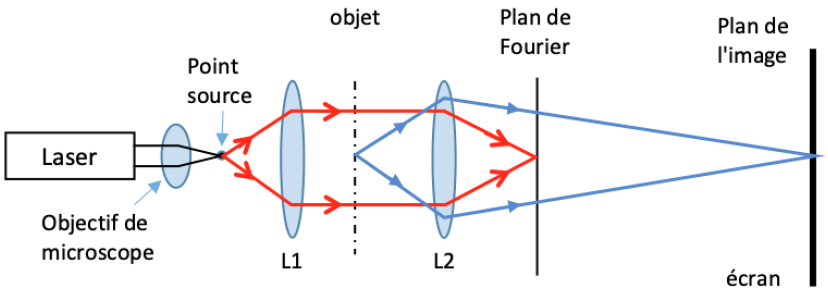
2 Comment sortir les Dalton de prison ?

L'objectif du TP est d'illustrer le rôle de la diffraction en formation des images et de montrer qu'il est possible de modifier l'image géométrique d'un objet par un système optique en agissant directement sur le spectre de ses fréquences spatiales dans le plan dit *plan de Fourier*.

Pour cela, il faut être en mesure :

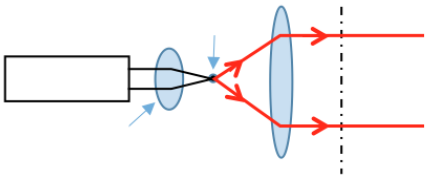
— en éclairant l'objet en lumière parallèle, d'observer sa figure de diffraction de Fraunhofer, à l'infini ou dans le plan focal image d'une lentille,

— de faire une belle image de l'objet en l'éclairant sur une grande surface.



2.1 Éclairage d'un objet en lumière parallèle

Tout au long du TP, la qualité de l'éclairage est primordiale. On utilise un laser vert, dont la lumière est supposée monochromatique. Noter la longueur d'onde λ indiquée sur le laser.

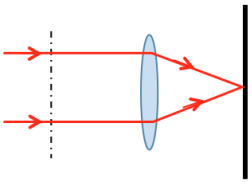


Les objets étudiés étant de dimensions beaucoup plus grandes que le diamètre du faisceau en sortie du laser, on utilise un objectif de microscope et une lentille mince pour élargir le faisceau laser. L'objectif se visse sur le laser. Choisir la lentille mince L_1 de distance focale f_1 de telle sorte que le faisceau élargi fasse entre 1 cm et 2 cm de diamètre. Positionner la lentille pour obtenir un faisceau de lumière parallèle.

2.2 Figures de diffraction

On observe la figure de diffraction de différentes structures : un réseau, une fente, plusieurs fentes, puis une grille.

L'observation se fait sur un écran placé dans le plan focal image d'une lentille mince L_2 de grande distance focale f_2, entre 50 cm et 1 m. Si le montage est bien fait, l'image sur l'écran ne dépend pas de la position de l'objet entre les lentilles L_1 et L_2.



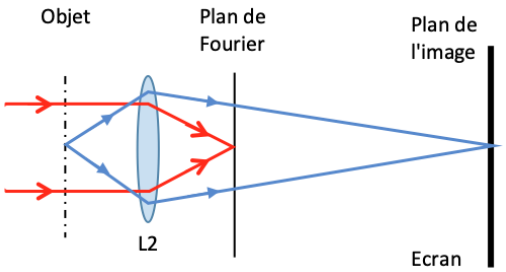
Réseau Commencer par positionner le réseau de diffraction entre les deux lentilles. Observer les ordres diffractés. Mesurer la distance x entre deux ordres successifs sur l'écran. Déduire de x, f_2 et λ le pas du réseau et le nombre N de traits par millimètre.

Fentes Accoler au réseau parallèlement à ses traits une fente de largeur règlable. En modifiant la largeur de cette fente, observer comment varie la figure de diffraction, et identifier le nombre de fentes du réseau qui sont éclairées : 1, 2, 3 puis 4 fentes.

Grilles Oter le réseau et la fente règlable. Observer et comparer les figures de diffraction des trois grilles à votre disposition. Estimer pour chaque grille la taille de la maille.

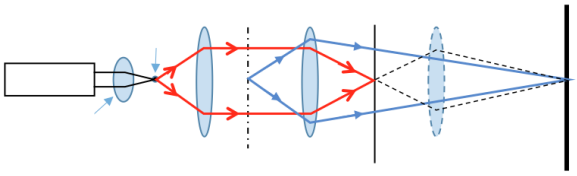
2.3 Plan de Fourier

Pour réaliser des opérations de filtrage dans le plan de Fourier, on modifie le montage optique : L_2 est changée pour une lentille de courte focale f_2, entre 10 cm et 12 cm. Cette lentille permet de faire l'image de l'objet sur l'écran placé le plus loin possible pour avoir une grande image. C'est cette image que l'on veut modifier.



Pour bien repérer la position du plan de Fourier (plan focal image de L_2 , on réalise la manipulation suivante. On insère entre le plan de Fourier et l'écran une troisième lentille L_3, de courte focale f_3, pour faire l'image du plan de Fourier sur l'écran. Quelle est cette image ?

On peut alors placer précisément le masque dans le plan de Fourier. On enlève ensuite la lentille L_3, et on retrouve sur l'écran l'image filtrée de l'objet.



2.4 Filtrage passe-bas

Le filtrage passe-bas permet de supprimer des détails de l'image. Il est notamment utilisé pour les détramage des images. En mettant une fente dans le plan de Fourier, on supprime certaines fréquences spatiales élevées, c'est-à-dire les composantes de l'objet correspondant à des détails dans une certaine direction. Quelle est cette direction ?

On travaillera sur les objets suivants :

Grille Commencer par supprimer les lignes horizontales. Laquelle des trois grilles se prête le mieux à cette manipulation ? Supprimer ensuite les lignes verticales.

Dalton Utiliser la diapositive des Dalton en prison. Faire sortir les Dalton de prison.

Image pixelisée Utiliser la diapositive du portrait pixélisé. Procéder à son détramage.

2.5 Filtrage passe-haut

Les techniques de strioscopie et d'imagerie de phase reposent sur le filtrage passe-haut. En plaçant dans le plan de Fourier une tête d'épingle ou une dispositive transparente comportant un petit disque opaque, il est possible de supprimer le centre de la figure de diffraction qui correspond au fond lumineux. Cela permet de faire ressortir les détails de l'objet et ses contours (utile pour la segmentation d'image), ou même d'imager des objets de phase.

Objet binaire Faire ressortir les contour de certaines diapositives. Essayer aussi la tête d'épingle comme objet.

Objet de phase Déposer une empreinte de pouce sur une lame de verre et imager la lame.