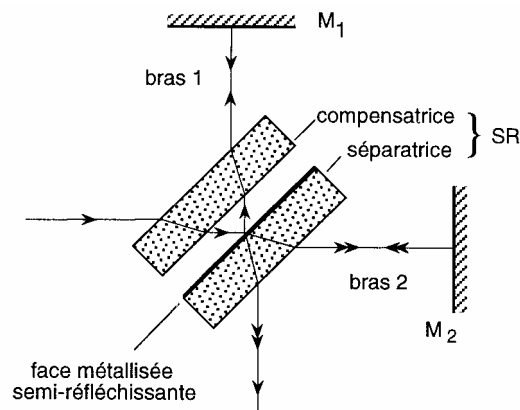
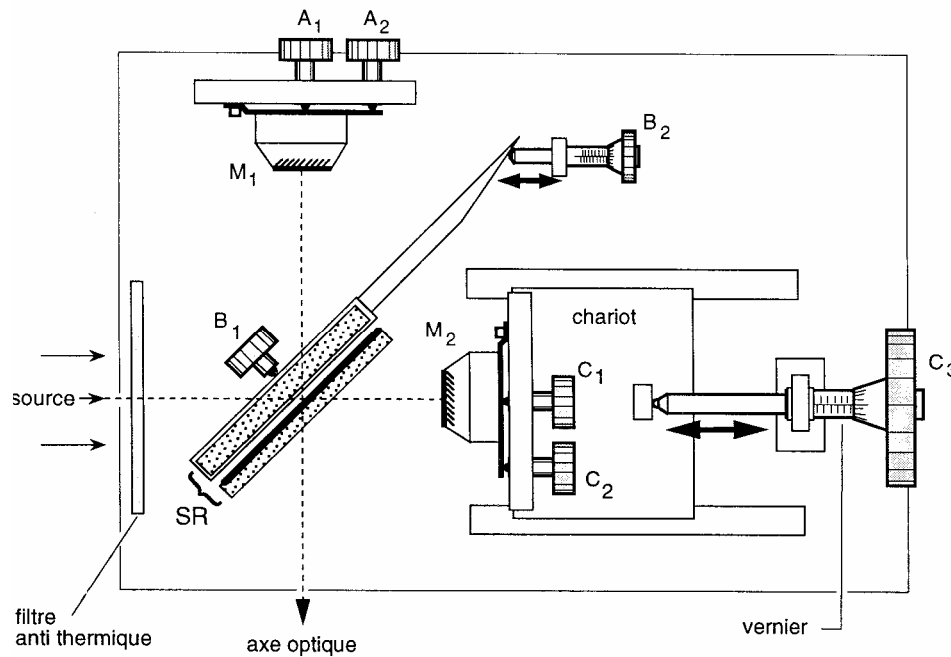


TP 1 : Interféromètre de Michelson

L'interféromètre de Michelson est un interféromètre à deux ondes, séparées par division d'amplitude. Un rayon incident issu de la source est partiellement réfléchi par la séparatrice vers le miroir M_1 et partiellement transmis vers M_2 . Après réflexion sur les deux miroirs, les rayons (1) et (2) rencontrent de nouveau la séparatrice. Les rayons (1') et (2'), sortant de l'interféromètre après avoir parcouru des chemins optiques différents, sont cohérents et donnent lieu à des interférences lumineuses. On obtient des différences de marche variables en fonction de la position relative des deux miroirs M_1 et M_2 . Le fait que les rayons issus de M_2 traversent deux fois la séparatrice contre une fois pour ceux issus de M_1 induit des déphasages indésirables qu'il faut compenser. C'est le rôle de la compensatrice, qui symétrise les chemins optiques dans les deux bras du Michelson.



L'appareil est donc constitué d'une séparatrice fixe, et d'une compensatrice orientable grâce aux vis B_1 et B_2 , pour être rendue parallèle à la séparatrice. Le miroir M_2 , face à la source est mobile et peut être translaté grâce à la vis C_3 , et orienté grâce aux vis C_1 et C_2 , qui permettent des réglages grossiers. Enfin le parallélisme entre les miroirs M_1 et M_2 est réglé de manière fine par les vis A_1 et A_2 .



I. Réglages préliminaires

Ces réglages se font en observant les différentes images géométriques obtenues par réflexion. Avant de débiter, veiller à ce que les vis C_1 , C_2 , A_1 et A_2 soient déjà à mi-course.

I.1. Alignement du banc optique

On souhaite éclairer le Michelson avec une source située à l'infini. Pour cela on place l'iris, source de taille ajustable, au foyer d'une lentille. L'iris est éclairé par la lampe à vapeur de mercure, dont on concentre la lumière grâce au condenseur.

Pour la suite de l'expérience, il est important que le banc optique soit correctement aligné avec l'axe optique du Michelson. Pour ce faire, placer la lampe à vapeur de mercure le plus proche possible de l'entrée du Michelson. Ajuster le banc optique pour que le miroir M_2 soit uniformément éclairé, et en incidence normale, puis translater la lampe à l'extrémité du banc en veillant à ce que le miroir M_2 reste uniformément éclairé en incidence normale. Procéder de manière identique pour le condenseur, l'iris et la lentille. M_2 doit toujours rester uniformément éclairé.

I.2. Recherche d'une différence de marche petite

- Eclairer le Michelson en lumière étendue. On peut observer dans la direction du miroir M_1 , l'image de M_2 .
- Charioter (translater) le miroir M_2 , jusqu'à superposer approximativement cette image avec celle du miroir M_1 .

I.3. Réglage de la compensatrice

- On réalise maintenant une source ponctuelle à l'infini en fermant l'iris. On observe dans la direction de M_1 une série de 8 images de la source, correspondant aux différentes réflexions sur les miroirs et les lames séparatrice et compensatrice.

- Orienter la compensatrice de façon à superposer ces 8 images en 2 images (images de S données par M_1 et M_2).

I.4. Premières franges

- Ajuster le miroir M_2 avec les vis C_1 et C_2 pour superposer au mieux les 2 images. Les deux miroirs sont alors approximativement parallèles.
- Ouvrir l'iris. On doit alors observer des anneaux. **Important** : Ajuster finement le banc optique, et si nécessaire les miroirs, pour que le centre de courbure des anneaux soit le mieux possible centré sur le miroir M_1 : dans cette première approche, ceci ne peut être qu'approximatif, le centre de courbure peut rester excentré.

II. Observations des phénomènes d'interférences

II.1. Première teinte plate

L'iris étant toujours ouvert, placer un filtre interférentiel vert entre la lentille et le Michelson. Observer à l'œil ou sur un écran la sortie du Michelson.

- Vérifier que le contraste des anneaux dépend de la position de l'observateur ou de l'écran. On dit que les franges sont « localisées ». Pourquoi ?
- Les anneaux observés sont plus ou moins serrés. Charioter pour faire défiler les anneaux vers leur centre de courbure, Justifier que l'on se rapproche ainsi du contact optique, défini par une épaisseur nulle de la lame d'air comprise entre M_1 et l'image M'_2 de M_2 sur la séparatrice.
- Continuer à charioter de manière à s'approcher du contact optique. Quand l'épaisseur de la lame d'air $M_1M'_2$ est petite, on peut alors obtenir des franges rectilignes correspondant à un « coin d'air », du fait que M_1 et M'_2 ne sont « a priori » pas rigoureusement parallèles. On les appelle aussi « franges d'égale épaisseur ». Modifier l'inclinaison du miroir M_2 en jouant sur C_1 et C_2 de manière à diminuer l'angle formé : on augmente l'interfrange, mais noter qu'au cours du réglage le système de franges peut aussi changer d'orientation.
- Ce réglage se fait par approximations successives. Si une courbure apparaît, charioter à nouveau. Lorsqu'il n'y a plus que quelques franges rectilignes (3 ou 4), obtenir un champ uniformément éclairé en jouant sur les vis de réglage fin A_1 et A_2 . On obtient ainsi la « première teinte plate ». Mesurer sur la vis micrométrique la position de M_2 .

II.2. Deuxième teinte plate

On est proche du contact optique, mais le parallélisme entre les deux miroirs n'est pas encore rigoureux.

- Charioter légèrement pour observer des anneaux centrés. Déplacer l'œil dans le plan parallèle aux anneaux, en horizontal et en vertical : ceux-ci doivent rester stables. Si ce n'est pas le cas expliquer l'origine de l'instabilité. Obtenir la fixité des anneaux grâce aux vis de réglage fin A_1 et A_2 . On est alors en parallélisme rigoureux.
- On cherche le contact optique en chariotant lentement pour obtenir, à partir du centre des anneaux, un éclairage uniforme : c'est la deuxième teinte plate. Mesurer

sur la vis micrométrique la position x_0 de M_2 correspondant au contact optique. Comparer avec la mesure précédente obtenue. Quelle est la précision Δx_0 de cette mesure ? On évalue cette précision en obtenant la teinte plate soit à partir des anneaux « rentrants » au centre, soit à partir des anneaux « sortants » du centre.

II.3. Observation pour une source étendue en lumière blanche

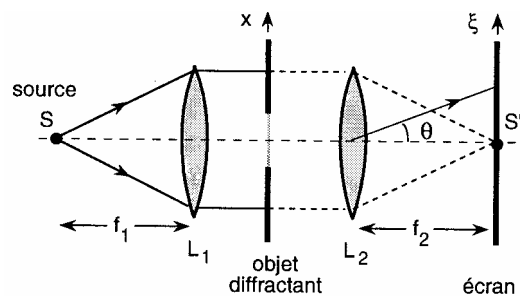
Retirer le filtre interférentiel. Placer une lumière blanche entre la lampe à vapeur de mercure et le condenseur. Ne pas éteindre la lampe à vapeur de mercure.

- Former un petit coin d'air en agissant sur les vis de réglage fin de M_1 . On doit observer des franges d'égal épaisseur. Si ce n'est pas le cas, rechercher la frange centrale en translatant très doucement M_2 . La frange centrale est-elle noire ou blanche ? Pourquoi ?
- Augmenter l'interfrange tout en maintenant la frange centrale dans le champ jusqu'au contact optique. Mesurer la position x'_0 de M_2 et son erreur $\Delta x'_0$. Comparer aux mesures précédentes.

NB : Le Michelson ainsi réglé est le point de départ du sujet de suivi *Spectrométrie par transformée de Fourier*.

TP 2 : Diffraction et spectroscopie

Ces travaux pratiques vont explorer les propriétés de la diffraction de Fraunhofer, ou diffraction « à l'infini ». Dans la pratique les conditions de Fraunhofer sont obtenues à l'aide de deux lentilles (Fig.1) en plaçant la source dans le plan focal de la lentille L_1 (réglage par autocollimation à l'aide d'un miroir) et en observant dans le plan focal de la lentille L_2 à l'aide de l'oculaire de Fresnel. Pour obtenir suffisamment de luminosité, la source S n'est pas prise ponctuelle, mais verticalement étendue. Dans la pratique, la source est réalisée en plaçant la lampe à vapeur de mercure derrière un condenseur. Avec le condenseur éclairez uniformément une fente verticale. Dans un premier temps, nous allons travailler en lumière monochromatique en plaçant un filtre interférentiel vert entre la lentille L_1 et la pupille de diffraction.



I. Diffraction par une fente

L'objet diffractant étudié est une fente fine de largeur quelconque.

I.1. Etude qualitative de la figure de diffraction

- Déplacer légèrement la source perpendiculairement à l'axe optique. Comment cela affecte-t-il la figure de diffraction ? Pourquoi ?
- Déplacer légèrement la fente diffractante perpendiculairement à l'axe optique. Comment cela affecte-t-il la figure de diffraction ? Pourquoi ? Que se passe-t-il quand on tourne légèrement la fente diffractante dans son plan ?
- Modifier la largeur de la fente diffractante. Comment se modifie la figure de diffraction ?

I.2. Etude quantitative

- A l'aide de la vis micrométrique de l'oculaire de Fresnel, mesurer l'étendue de la figure de diffraction soit entre deux maxima de même ordre, soit entre deux zones sombres de même ordre de chaque côté de la figure centrale. Sachant que la raie verte du mercure a une longueur d'onde de 546,07 nm, en déduire la largeur de la fente de diffraction. Calcul d'erreurs.

II. Ecran complémentaire

- A l'aide d'une diode laser, réaliser la figure de diffraction d'un cheveu. Justifier vos observations.

- Estimer le diamètre du cheveu à l'aide des caractéristiques de sa figure de diffraction. Calcul d'erreurs.

III. Diffraction par plusieurs fentes

III.1. Diffraction par 2 fentes

- Observer et dessiner la figure de diffraction par deux fentes de largeur e et distantes de a .
- Retrouver la valeur de a en mesurant l'interfrange. Calcul d'erreurs.
- Retrouver la valeur de e en observant l'enveloppe des franges. Pour s'aider, on peut masquer l'une des deux fentes.

III.2. Diffraction par N fentes

- Observer et dessiner la figure de diffraction pour trois ou quatre fentes identiques (suivant disponibilité). Pour bien distinguer toutes les caractéristiques de la figure d'interférence, on aura intérêt à diminuer la largeur de la fente source et affiner la position de l'oculaire de Fresnel dans le plan focal de L_2 .
- Observer le nombre de maxima secondaires d'intensité entre chaque frange principale.
- Observer l'évolution de la figure de diffraction en fonction de la largeur de la source de lumière. Expliquer.

III.3. Diffraction par la mire de Foucault

Pour voir quelque chose distinctement, la largeur de la fente source et la position de l'oculaire de Fresnel dans le plan focal sont critiques.

La mire de Foucault est un réseau de N fentes (où N est grand) pour lequel la largeur d'une fente est égale à la longueur de la partie obscure entre deux fentes. Le calcul montre qu'elle donne une figure de diffraction dans laquelle les ordres impairs dans le plan de Fourier sont nuls.

- Dessiner et interpréter la figure de diffraction observée.
- Enlever le filtre interférentiel vert. Dessiner et interpréter la figure de diffraction observée.
- Connaissant la longueur d'onde de la raie verte du mercure, estimer les longueurs d'onde des raies violettes et du doublet jaune (on aura intérêt à faire les mesures dans les ordres les plus élevés possible de part et d'autre du centre). Précision des mesures de longueurs d'onde ?

TP 4 : Polarisation par transmission, réflexion, diffusion

Monter une source ponctuelle à l'infini avec la lampe à vapeur de mercure, le condenseur, l'iris et la lentille. Observer l'image du diaphragme sur un écran situé à environ 1 mètre.

I. Polarisation par transmission

- Placer successivement deux polaroïds sur le banc optique. Mesurer avec le luxmètre l'intensité lumineuse I en fonction de l'angle α entre les deux polaroïds.
- Tracer la courbe $I/I_{\max}$ en fonction de $\cos^2 \alpha$. Quelle loi l'intensité lumineuse suit-elle ? La justifier théoriquement.

II. Polarisation par réflexion vitreuse, angle de Brewster

Placer après la lentille une lame de verre montée sur un cavalier tournant.

- Repérer, par la méthode d'autocollimation, la direction d'incidence normale $i = 0$.
- Placer un polaroïd avant la lame de verre, de telle manière à polariser le faisceau incident dans le plan d'incidence. Montrer qu'il existe un angle i_B pour lequel l'intensité du faisceau réfléchi est nulle. Dans la pratique, polariser approximativement le faisceau dans le plan d'incidence et trouver une direction de la lame pour laquelle l'intensité est minimale. Affiner les deux réglages de proche en proche pour obtenir l'intensité nulle. Donner la valeur de i_B et en déduire l'indice n du verre. Calcul d'erreurs.
- A l'aide d'un deuxième polaroïd, déterminer la polarisation, totale ou partielle, du faisceau transmis par la lame de verre. Faire cette expérience en lumière incidente polarisée et en lumière incidente naturelle. Comparer et interpréter.

III. Polarisation par diffusion

Placer après la lentille, une bouteille remplie d'eau dans laquelle on dilue une pincée de lait en poudre.

- Observer la teinte de la lumière diffusée et de la lumière transmise. Expliquer vos observations.
- Analyser à l'aide d'un polaroïd la lumière diffusée. Vérifier que la lumière est partiellement polarisée et donner la direction préférentielle de polarisation par rapport au plan de diffusion. Existe-t-il une direction de diffusion pour laquelle la lumière diffusée est totalement polarisée ? Justifier.
- Utiliser un polaroïd pour polariser le faisceau incident et observer le faisceau diffusé à 90° . Montrer que pour une polarisation incidente dans le plan de diffusion, l'intensité diffusée est nulle. Pour quelle direction de polarisation la lumière diffusée est-elle maximale ?