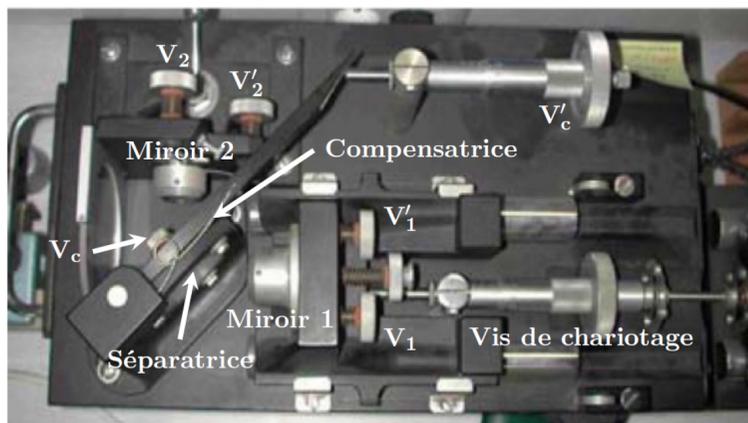


Activité expérimentale - Interféromètre de Michelson

Capacités développées ou évaluées lors de ce TP

- Régler un interféromètre de Michelson en lame d'air avec source étendue
- Constater la localisation des franges
- Accéder au profil spectral d'un doublet
- Interpréter qualitativement les observations en lumière blanche
- Analyser l'influence d'une lame de phase introduite sur l'un des bras

Ce TP s'appuie sur le premier TP cours sur l'interféromètre de Michelson. Il ne faudra pas hésiter à y retourner en cas de besoin.



Pour plus de facilité, nous vous fournissons un interféromètre de Michelson initialement **déjà à peu près correctement réglé en lame d'air**. Cela permet de faire les manipulations importantes au départ. Une fois ces manipulations faites, il faudra apprendre à **le régler**, car il n'est pas dit qu'il soit parfaitement réglé au concours...

1. Où se situent les franges d'interférences en lame d'air? Que doit-on faire pour observer les anneaux sur un écran situé à 1m de la lentille environ? Pourquoi doit-on placer un condenseur avant l'entrée de l'interféromètre?



Manipulons...

Compléter le montage expérimental et constater l'existence d'anneaux bien contrastés sur l'écran, au besoin en tournant la vis de chariotage.

Si vous ne parvenez pas à les obtenir, faites appel au professeur.

I) Mesure en lame d'air : écart spectral du doublet du sodium

La raie jaune du sodium est un doublet dont les deux radiations de longueurs d'onde λ_1 et λ_2 sont d'intensités égales.

La plus faible des deux longueurs d'onde est $\lambda_1 = 589,0$ nm. On cherche à mesurer l'écart $\Delta\lambda$ entre les deux longueurs d'onde.

Chaque radiation du doublet jaune du sodium donne un système d'anneaux. Suivant la valeur de e (écart entre les miroirs parallèles), les deux systèmes d'interférences se superposent (coïncidence) et on voit des anneaux très contrastés, ou sont décalés (anticoïncidence) et l'éclairement est uniforme (contraste nul). Les domaines de position correspondants aux anticoïncidences sont très délimités.

2. En raisonnant sur l'ordre d'interférence au centre de l'écran, montrer que les valeurs de e pour lesquelles on observe un brouillage sont données par
$$e_k = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2\Delta\lambda} \left(k + \frac{1}{2} \right)$$
 avec $k \in \mathbf{Z}$. Comme $\Delta\lambda \ll \lambda_2$, on pourra écrire $e_k \approx \frac{\lambda_1^2}{2\Delta\lambda} \left(k + \frac{1}{2} \right)$.

La vis est graduée de 0 à 50 mm, par demi-mm. le tambour comporte quant à lui 50 divisions, un tour complet de vis déplaçant le miroir de 0,5 mm. Une division du tambour correspond donc à un déplacement de 0,01 mm.

3. Repérer quelques positions du miroir mobile correspondants à des situation d'anticoïncidences et en compter le plus grand nombre possible. En déduire la distance entre deux anticoïncidences successives Δe puis la valeur de $\Delta\lambda$. On ne cherchera pas à évaluer l'incertitude sur $\Delta\lambda$ à ce stade.

II) Manipulations et mesures en coin d'air

1) Réglage de l'interféromètre en coin d'air

4. Que doit-on faire/observer sur l'écran pour diminuer l'épaisseur de la lame d'air et se rapprocher de $e = 0$? Comment nomme-t-on la configuration $e = 0$?



Manipulons...

Réaliser la manipulation décrite pour se placer approximativement à $e = 0$

5. Repérer précisément la position du chariot correspondant à cette situation (au centième de mm près) et la noter sur votre compte-rendu (très important !)
6. Où sont localisées les franges d'interférences en coin d'air? Que doit-on impérativement faire pour les observer? Pourquoi doit-on enlever le condenseur en entrée d'interféromètre?



Manipulons...

Réaliser le montage d'observation en coin d'air à l'aide d'une lentille de projection de 20 ou 30cm. Se placer en coin d'air en tournant légèrement l'une des vis de rotation V_1 ou V_1' du miroir 1 et constater l'apparition de franges d'interférences.

7. Décrire et nommer les franges observées.

Remplacer alors la source de lumière par une lampe blanche à incandescence.

Si le contact optique a été très bien réalisé, on doit observer les franges en lumière blanche. Mais il est possible qu'à ce stade, aucune frange ne soit visible. Charioter alors **très lentement** le miroir mobile jusqu'à l'apparition de couleurs à l'écran. Puisque le sens de chariotage est a priori inconnu, si vous n'observez rien après avoir translaté le miroir de plus de 0,1 mm, revenir à la position initiale et charioter dans l'autre sens.

2) Mesure de la largeur spectrale d'un filtre interférentiel



Manipulons...

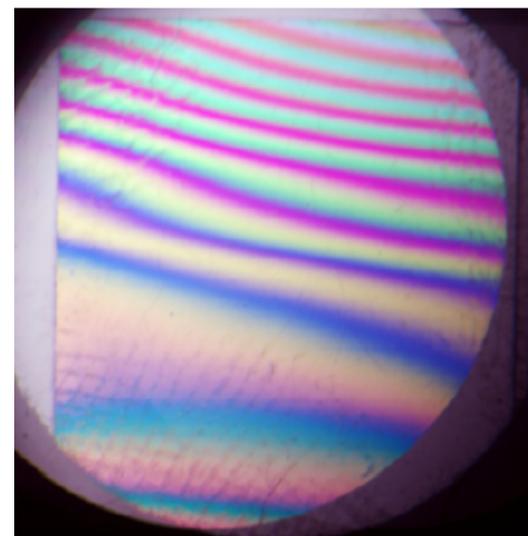
Placer juste après la lumière blanche un filtre interférentiel vert.

8. Commenter l'évolution du contraste des franges lorsque l'on tourne la vis de chariotage.

9. Montrer que cette expérience permet d'estimer la longueur de cohérence de la lumière verte en sortie du filtre, et d'estimer la largeur spectrale $\Delta\lambda$ de cette lumière.

3) Mesure de l'épaisseur optique d'une lame

10. Repérer précisément la position du miroir mobile lorsque la frange blanche achromatique est au centre de l'écran. Introduire ensuite une lamelle de microscope (épaisseur e , indice n) sur son support entre le miroir mobile et la séparatrice. Les franges disparaissent. Il faut alors rapprocher le miroir mobile d'une distance $d = (n - 1)e$ pour ramener la frange blanche au centre (Indications : il faut **très peu** tourner la vis de chariotage, et on sait que l'on s'approche de la bonne configuration quand on commence à voir les franges sur les bords de la lame). Repérer alors la nouvelle position du miroir mobile. En déduire e accompagné d'une incertitude dont on détaillera le calcul, sachant que $n = 1,517$ et $u(n) = 0,001$.
11. Dans la photo ci-dessous où l'on voit les franges après l'introduction de la lamelle, comment expliquer que les franges ne soient pas parfaitement rectilignes?



A n'aborder que s'il reste du temps

III) Réglage de l'interféromètre en lame d'air



Manipulons...

Pour régler l'interféromètre de Michelson en lame d'air (réglage initial obligatoire), on suit les étapes suivantes :

- S'assurer que les vis de réglage soient réglées à peu près à mi-course sur les miroirs (pour éviter qu'elles se détachent du miroir ou arrivent en butée lors du réglage)
- Disposer une lentille mince de courte focale (20cm par exemple) à proximité immédiate de l'entrée de l'interféromètre.
- Former une source quasi-ponctuelle avec une lampe spectrale à vapeur de sodium, un diffusant, et un diaphragme fermé au maximum. Ces éléments doivent être accolés pour être déplacés en bloc lors du réglage.
- Disposer la source de telle sorte que le diaphragme soit placé au foyer objet de la lentille, par exemple par auto-collimation^a. On a alors créé une source ponctuelle à l'infini à l'entrée de l'interféromètre. Observer à l'œil le résultat à la sortie de l'interféromètre.
- On observe normalement à l'œil plusieurs images du trou source, dues aux diverses réflexions sur les lames et miroirs. Le plus est de passer graduellement de l'aspect 1 à l'aspect 4, qui garantit que l'interféromètre est réglé en lame d'air.

Aspect 1	Aspect 2	Aspect 3	Aspect 4
			 Franges

- Partant de l'aspect 1, jouer dans l'ordre :
 - sur V_c , pour obtenir l'aspect 2 ;
 - sur V'_c pour obtenir l'aspect 3.
 La compensatrice est alors parallèle à la séparatrice.

Puis agir sur V_1 et V'_1 pour superposer les deux taches et obtenir l'aspect 4. Les miroirs sont alors presque perpendiculaires.

a. Si vous ne vous souvenez plus ce que c'est, demandez à votre enseignant préféré...

Par la suite, on parlera de l'image du miroir 1 par la séparatrice, qui est donc parallèle au miroir 2.

On peut améliorer le parallélisme en suivant le protocole suivant :



Manipulons...

- Ouvrir le diaphragme pour avoir plus de champ. À ce point du réglage, on doit voir des franges soit quasi rectilignes, soit arrondies. Si tel n'est pas le cas, il est possible que la différence de marche soit trop grande (au delà de la longueur de cohérence de la source). A l'aide de la vis de chariotage, traduire alors le miroir 1 jusqu'à l'apparition des anneaux, quitte à reprendre le point 6 si besoin.
- Enlever le diaphragme et la lentille, puis tourner alternativement les vis V_1 et V'_1 , de telle sorte à épaissir les franges et repérer le centre des anneaux. Attention, le réglage est délicat (si vous allez trop vite et que vous êtes perdus, il faut reprendre le réglage avec le point source).
- Sauf si vous avez de la chance, les anneaux défilent un peu lorsqu'en les observant, on tourne légèrement la tête (en faisant « oui » ou « non » avec la tête). C'est le signe que les miroirs ne sont pas encore parfaitement parallèles.
- On améliore ce parallélisme en jouant sur les vis V_2 et V'_2 . On joue sur V_2 en faisant le signe « oui » avec la tête pour immobiliser (ou presque) les anneaux. On joue sur V'_2 en faisant le signe « non », toujours pour immobiliser les anneaux. Par va et vient sur V_2 et V'_2 , on obtient les anneaux fixes.
- Ôter le dépoli, condenser la lumière sur les miroirs à l'aide d'un condenseur, placer la lentille de focale $f' = 1$ m en sortie et admirer les anneaux sur un écran.

Compétences évaluées

Noms et prénoms du binôme :

—

—

Cette grille d'évaluation sert à vérifier que savez faire les étapes expérimentales importantes.

Compétence travaillée	Points
Repérer précisément les positions du brouillage pour le doublet du sodium	/2
Évaluer $\Delta\lambda$	/2
Régler l'interféromètre de Michelson au contact optique	/1
Régler l'interféromètre en coin d'air.	/1
Déterminer la largeur spectrale d'un filtre interférentiel	/2
Déterminer l'épaisseur d'une lame de verre	/2
Note finale	/10

Remarques :

Matériel

MP/MPI Vendredi 8h/12h P. Bertin

- Michelson réglés en anneaux circulaire concentriques
- Filtres interférentiel vert
- Petite lame de microscope
- Lampe spectrale Na, Lampe à incandescence.
- Lentilles, condenseurs, écran pour projection.