

Révisions d'Optique

Questions de cours

- 1) Réseaux plans.
- 2) Interférences à N ondes cohérentes, de même amplitude et de phase en progression arithmétique.
- 3) Superposition de deux ondes quasi-monochromatiques. Facteur de contraste.
- 4) On éclaire un interféromètre de Michelson réglé en lame d'air avec une lampe à vapeur de sodium dont le spectre comporte un doublet de longueurs d'ondes d'égale intensité dans le domaine visible. On fait varier l'épaisseur de la lame d'air. On remarque qu'entre deux extinctions du contraste, on fait défiler 982 ± 1 franges. On donne la valeur d'une longueur d'onde du doublet du sodium $\lambda_1 = 589,0$ nm. Déterminer la longueur d'onde qui correspond au second pic du spectre.

1 Microscope (d'après CCINP)

On considère un microscope avec deux lentilles convergentes, l'objectif et l'oculaire, telles que $f'_1 < f'_2$. On donne :

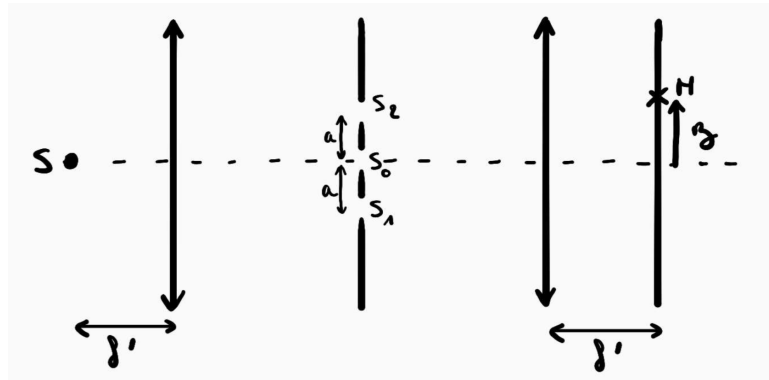
- $f'_1 = 15$ mm,
- $f'_2 = 25$ mm,
- $\Delta = \overline{F'_1 F_2} = 150$ mm.

On observe un objet de taille $AB = 1$ mm.

- 1) On veut observer à l'œil nu à travers le microscope. Où l'image à travers les deux lentilles doit-elle être localisée ?
- 2) Faire un schéma complet du microscope avec les rayons.
- 3) Déterminer la taille, la position de l'image intermédiaire et le grandissement en considérant uniquement la première lentille.
- 4) Déterminer le grossissement commercial de l'oculaire.
- 5) Déterminer le grossissement commercial du microscope.
- 6) Que peut-on dire de la taille de l'image sur la rétine avec et sans microscope (en vision en accommodation maximale) ?

2 Trous d'Young (CCINP 2025)

On considère le montage ci-dessous composé d'une source à l'infini éclairant trois trous d'Young identiques S_0 , S_1 et S_2 , et des interférences observées à l'infini.



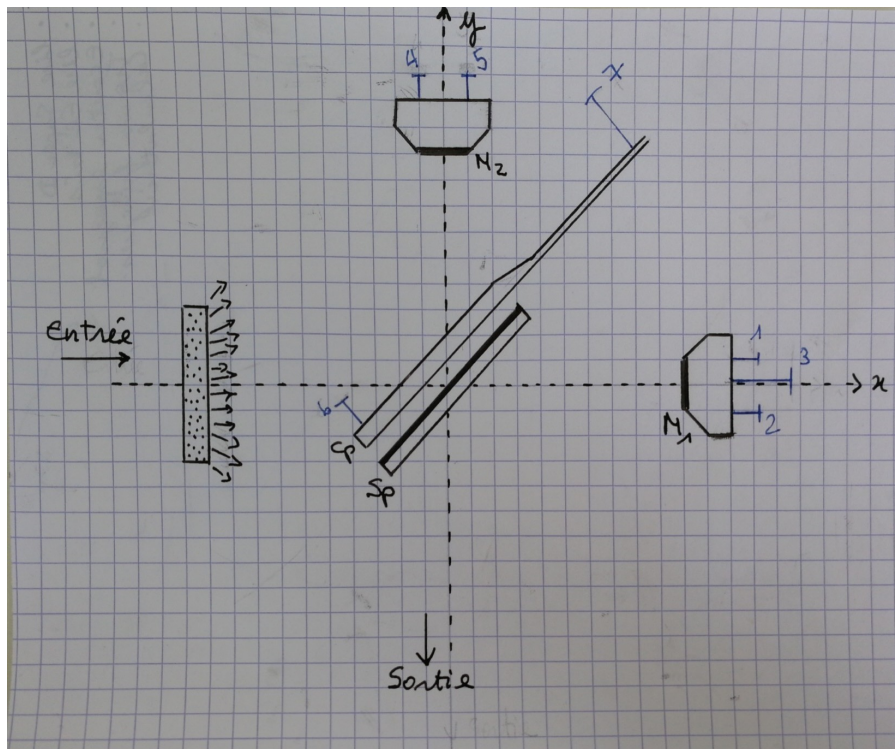
1. On occulte le trou S_0 (montage avec 2 trous ouverts S_1 et S_2) :
 - (a) Déterminer la différence de marche δ entre les deux rayons passant par S_1 et S_2 . Exprimer l'éclairement $I_2(M)$ au point M dans cette configuration.
 - (b) Donner la forme de la figure observée sur l'écran. Déterminer l'interfrange ainsi que le contraste de la figure.
2. On ouvre le trou S_0 (montage avec 3 trous ouverts). On suppose que l'amplitude complexe du signal s_0 au point M est $\underline{s}_0(M) = A_0$:
 - (a) Montrer que $\underline{s}_2(M) = A_0 \exp(i\varphi(z))$ avec $\varphi(z)$ à déterminer en fonction de z et des constantes de l'énoncé.
 - (b) En déduire $\underline{s}_1(M)$.
 - (c) Exprimer l'éclairement $I_3(M)$ dans cette configuration en fonction de $\varphi(z)$, puis en fonction de z .
 - (d) Tracer $I_3(z)$ et interpréter.

3 Mesure de l'indice de l'air (CCINP)

- 1.a)
 - a) Expliquer succinctement le fonctionnement de l'interféromètre et donner rapidement l'utilité des vis 1 à 7.
 - b) À quoi sert la compensatrice? Donner les deux configurations d'utilisation du Michelson.
- 2.a) On règle le Michelson de telle sorte que l'angle entre M_1 et M_2 vaille $\frac{\pi}{2}$. Le dispositif est éclairé par un laser rouge de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = (632,8 \pm 0,1)$ nm et fonctionne dans l'air d'indice de réfraction n . On intercale sur l'un des deux bras une cellule où l'on a fait un vide poussé, de longueur $\ell = (5,00 \pm 0,01)$ cm. On place en un point fixe de la figure d'interférences un capteur et on trace la luminosité en fonction

du temps pendant qu'on remplit la cellule d'air jusqu'à pression atmosphérique. On voit défiler $N = 43$ pics.

- Montrer que $n = 1 + \frac{\lambda_0}{\ell} f(N)$ avec $f(N)$ à définir.
- Calculer n numériquement puis déterminer Δn son incertitude.



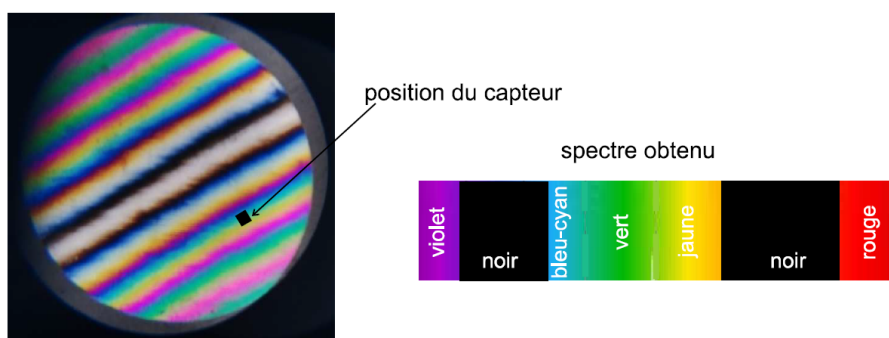
4 Mesure de l'indice de l'air (Mines - 15 min de préparation)

Une source ponctuelle monochromatique ($\lambda = 577\text{ nm}$) placée au foyer objet d'une lentille convergente, suivie de deux trous de Young, précédés par deux tubes T_1 , T_2 (de longueur $\ell = 0,2\text{ m}$) placés dans l'alignement des trous de Young. On place ensuite une nouvelle lentille convergente en sortie des tubes et un écran dans le plan focal image de cette dernière (configuration de Fraunhofer). Initialement, les tubes contiennent de l'air et l'intensité est maximale en O (foyer image de la seconde lentille), puis on fait progressivement le vide dans T_1 .

- Dans quel sens se déplacent les franges lumineuses ?
- On observe au point O (foyer image de la deuxième lentille) un défilement de franges d'interférences. 101 franges lumineuses ont défilé jusqu'à ce que le vide soit fait dans T_1 et on s'arrête sur une frange sombre. Quelle est l'indice optique de l'air ?

5 Michelson en coin d'air (CCINP 2025)

1. Représenter un interféromètre de Michelson, en expliquant de quoi il est constitué.
2. On se place en configuration coin d'air. Représenter le coin d'air équivalent. Où se trouve l'arête ?
3. Quelle est l'allure des interférences observées ? Donner l'expression de l'interfrange.
4. À quelles distances place-t-on la lentille et l'écran, pour avoir un grandissement de $\gamma = -1$?
5. Où se trouve l'image de l'arête sur la figure de gauche ci-dessous ? Le justifier.

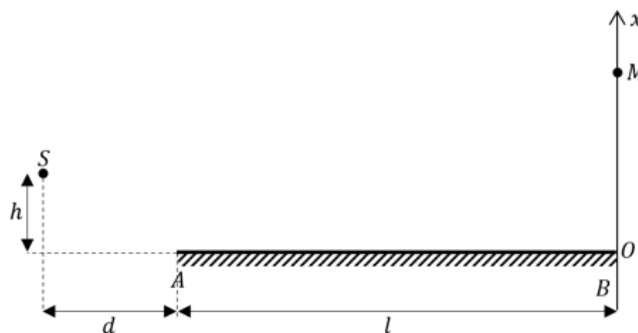


On positionne un capteur de lumière (le plus ponctuel possible) à l'emplacement indiqué sur la figure de gauche, ce qui correspond à une différence de marche $\delta = 1.6 \mu\text{m}$. On envoie la lumière recueillie vers un spectromètre, qui montre l'allure du spectre de la lumière recueillie (figure de droite ci-dessous).

6. Trouver les longueurs d'onde pour lesquelles l'intensité lumineuse est nulle, et commenter leur nombre.

6 Miroir de Lloyd (Mines - 15 min de préparation)

On considère le dispositif du miroir de Lloyd.



- 1) Déterminer x_{\min} et x_{\max} , les valeurs extrêmes de x pour lesquelles on observe des interférences sur l'écran. Les calculer.
- 2) En sachant que $h \ll l + d$ et $x \ll l + d$, exprimer la différence de marche et l'ordre d'interférence en M .
- 3) Quel type de frange a-t-on en $x = 0$?
- 4) Exprimer l'interfrange i . Le calculer.
- 5) Exprimer N , le nombre de franges brillantes observables sur l'écran. Le calculer.

On considère une antenne sur la côte qui émet des ondes radios de fréquence $f = 100$ MHz et un bateau, situé à 7 km en mer, qui possède une antenne réceptrice. La surface de l'eau est plane et réfléchit parfaitement les ondes.

- 6) Expliquer pourquoi le signal reçu par le bateau est de meilleure qualité quand l'antenne émettrice est située à 700 m au-dessus du niveau de la mer que quand elle est située à 10 m au-dessus de celui-ci.

Données :

$$\lambda = 632,8 \text{ nm}$$

$$h = 1 \text{ mm}$$

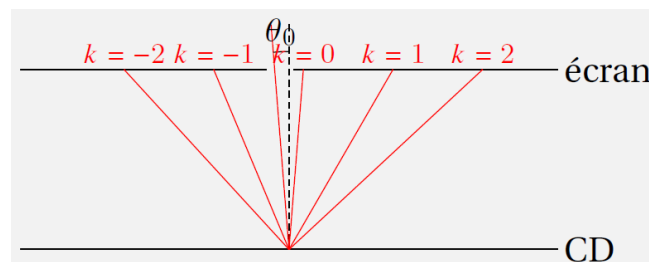
$$l = 30 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

7 Capacité d'un CD (Centrale 2 2025)

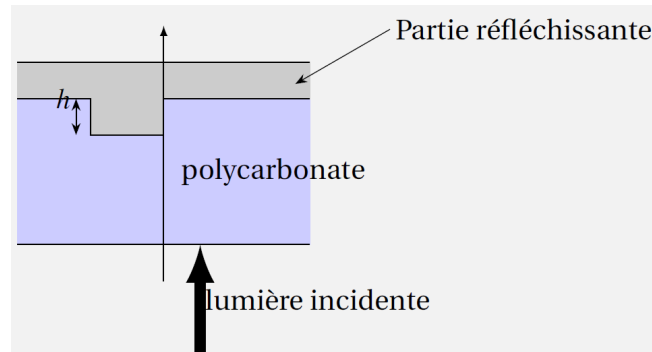
- 1) Démontrer la formule des réseaux par réflexion.

On envoie un faisceau laser sur un CD et on observe le retour sur un écran.



- 2) Comment assurer que le faisceau a une incidence normale ?
- 3) Sachant que $\lambda = 532$ nm, que l'écran est à une distance $D = 15$ cm du CD, et que le faisceau incident est normal, les tâches d'ordre $k = +1$ et $k = -1$ sont distantes de $d = 10,8$ cm. Trouver le pas a du réseau.

- 4) Donner l'incertitude sur a , sachant que l'incertitude est de 3 mm sur D et sur d , et de 0,3 % sur λ .



Un document décrit la composition du CD. Le CD est un disque de données compris entre $R_1 = 2,5$ cm et $R_2 = 5,6$ cm. Les bits sont codés par des creux (*pits*) ou des surfaces planes (*lands*) dans la couche réfléchissante, avec :

- une différence de profondeur $h = 120$ nm,
- une longueur minimale de $0,85 \mu\text{m}$ le long de la piste,
- séparées par le pas du réseau a trouvé précédemment.

La lecture s'effectue avec un laser de longueur d'onde $\lambda' = 780$ nm dans le polycarbonate : un creux produit une interférence destructive, une surface plane une réflexion forte.

- 5) Trouver l'indice de réfraction absolu du polycarbonate.
6) Donner la capacité du CD en MB.

On enregistre de la musique, numérisée sur N bits par échantillon et par canal, à une fréquence d'échantillonnage $f_e = 44,1$ kHz.

- 7) Donner les fréquences audibles pour l'homme.
8) Expliquer le choix de f_e .
9) Un bruit parasite au cours de l'enregistrement apparaît à $f_p = 40,1$ kHz. À quelle fréquence ce bruit sera-t-il entendu ? Commenter.
10) On enregistre une tension analogique variant entre 0 V et 13 V. Après numérisation sur N bits, la plus petite variation de tension détectable est de 0,2 mV. Retrouver N .
11) Retrouver N sachant que sur un CD de 700 MB, on enregistre 70 min de musique stéréo (2 canaux).