

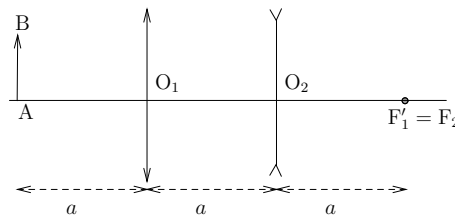
# Exercices d'oraux : optique

## Questions de cours

- Constructions d'images pour les lentilles minces.
- Lois de déviation pour le prisme, minimum de déviation, application à la spectrophotométrie.
- L'interféromètre de Michelson. Description et schéma équivalent. Conditions pratiques d'éclairage et d'observation en coin d'air et en lame d'air.
- Longueur de cohérence temporelle.
- Formule des réseaux. Applications.

## Optique 1

(CCP)

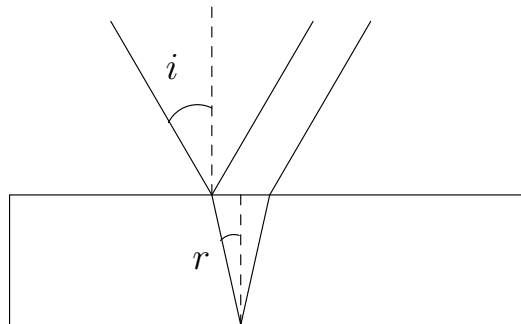


Une lunette de Galilée est constituée d'une lentille convergente  $L_1$  et d'une lentille divergente  $L_2$ . Déterminer géométriquement et analytiquement l'image de A. Quel est le grandissement ?

## Optique 2

(CCP)

On éclaire une lame de verre d'épaisseur équivalente  $h$ , d'indice optique  $n$ , par une source étendue monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ . La lame est traitée de telle façon qu'on puisse négliger tout « rayon » ayant subi une double réflexion, elle est par ailleurs fumée sur sa face arrière. On note  $i$  l'angle d'incidence du rayon issu de la source avec la lame d'air.



1. On dispose d'une lentille convergente de focale  $f'$  et d'un plan de projection. Comment placer la lentille et le plan d'observation pour observer le phénomène d'interférence ? Faire un schéma. Quelle est la nature de la figure observée ?
2. Calculer la différence de marche introduite entre les deux rayons principaux. Pourquoi faut-il ajouter  $\lambda/2$  à la différence des chemins géométriques pour obtenir la différence de marche ?  
Quelles relations, doit vérifier  $h$  pour que l'interférence au centre soit destructive. Quel peut être l'intérêt d'un tel dispositif ?
3. Calculer l'ordre d'interférence en fonction de la distance au centre de l'axe optique. En déduire « l'interfrange ». Quel est le phénomène qui justifie ici l'utilisation des guillemets ?

## Optique 3

(CCP)

On considère un michelson éclairé par une source large et monochromatique. L'écran est dans le plan focal d'une lentille et les deux miroirs sont perpendiculaires.

1. Montrer que le montage est équivalent à une lame d'air.

2. Décrire la figure d'interférence. Déterminer l'évolution du rayon des anneaux si l'anneau central est brillant.
3. On remplace un des miroirs par un miroir concave. Que devient la figure d'interférence ?
4. Déterminer dans ce cas le rayon  $r_k$  de la  $k^{\text{ième}}$  frange brillante.

**Optique 4** (CCP)

On observe une étoile binaire dont les deux composantes  $E_1$  et  $E_2$  (séparés d'une distance angulaire  $\theta$ ) émettent chacune une vibration de même intensité à la longueur d'onde  $\lambda_0$ .

Ces deux composantes forment-elles un système de sources cohérentes ? On considère le système interférentiel formé de deux fentes séparées de  $a$  et d'une lentille convergente de focale  $f'$ . Evaluer l'intensité en M pour une puis pour deux étoiles dans le plan focal de la lentille convergente. Comment choisir  $a$  pour obtenir une intensité uniforme ? Quel en est l'intérêt ?

**Optique 5** (CCP)

Un viseur est constitué d'une lentille  $L_1$  convergente ( $f'_1 = 5$  cm) et d'un écran situé à  $d = 7,5$  cm de  $L_1$ . Un objet  $A_1B_1$  est placé à 20 cm avant une lentille L dont on ignore la focale. On observe une image nette de l'objet  $A_1B_1$  sur l'écran lorsque L est placé à 5 cm devant  $L_1$ . Calculer la focale  $f'$  de L.

**Optique 6** (CCP)

Un bonhomme de 1,80 m se regarde dans un miroir plan (et se trouve très beau). Ses yeux sont 10 cm plus bas. Il est à 1 m du miroir. Quel doit être la position maximale du bas du miroir et la position minimale du haut du miroir pour que le bonhomme se voit en entier.

**Optique 7** (CCP)

On a deux lentilles convergentes de focales  $f_1$  et  $f_2$ . Déterminer la distance entre  $L_1$  et  $L_2$  pour avoir un montage afocal, ainsi que le grandissement correspondant. On considère désormais une convergente ( $f_1$ ) et une divergente ( $f_3$ ). Distance entre  $L_1$  et  $L_3$  pour avoir un montage afocal ? Grandissement ?

**Optique 8** (CCP)

Une source ponctuelle monochromatique  $S_1$  à la distance  $b$  de l'axe optique éclaire deux trous d'Young séparés de  $a$  situés à une distance D. Un écran est placé au foyer image d'une lentille convergente. Tracer deux rayons partant de la source. Déterminer l'intensité  $I_1(M)$  d'un point M de l'écran. Quel type de franges observe-t-on ? On ajoute une deuxième source placée symétriquement à  $S_1$ . Déterminer  $I(M)$ . Les deux sources s'écartent à la vitesse verticale  $V_0$ . Montrer que l'intensité est périodique. Y a-t-il brouillage ?

**Optique 9** (CCP)

On réalise des interférences lumineuses non localisées avec une source qui émet, avec la même intensité, deux radiations de longueurs d'onde  $\lambda_1 = 589,6$  nm et  $\lambda_2 = 589,0$  nm. On notera  $\delta$  la différence de marche entre les deux rayons, issus des deux sources, venant interférer en un point de l'écran.

1. Exprimer l'intensité lumineuses en fonction de  $\delta$ .
2. Représenter  $I(\delta)$ .
3. Quelle est la valeur de  $\delta$  correspondant au premier brouillage.

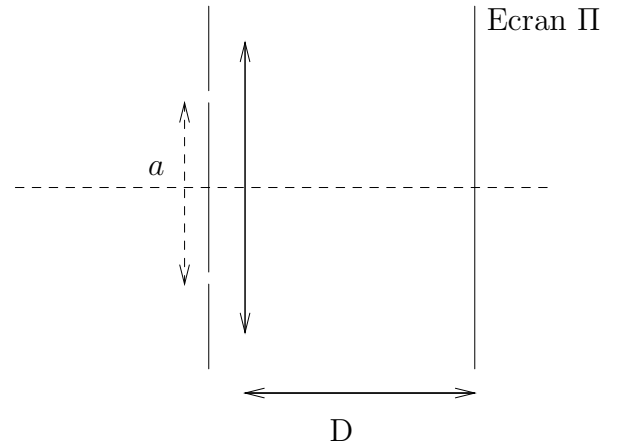
**Optique 10**

(Mines)

$F_1$  et  $F_2$  sont deux fentes d'Young très fines éclairées sous incidence normale de longueur d'onde  $\lambda$ ,  $F_1F_2 = a$ . La lentille de focale  $f'$  est pratiquement confondue avec le plan des fentes.

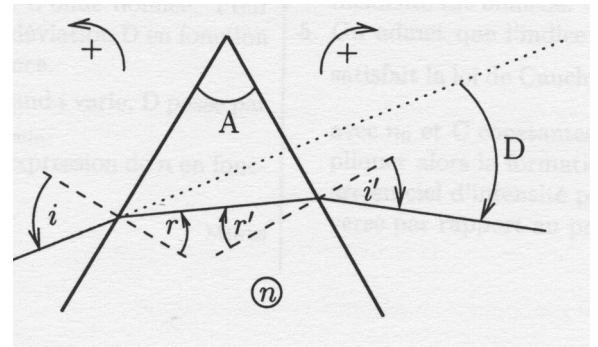
Déterminer l'interfrange  $i$  sur le plan  $\Pi$

1. Pour  $D = f'$
2. Pour  $D = 2f'$

**Optique 11**

(CCP)

1. Exprimer  $A$  et  $D$  en fonction de  $i$ ,  $i'$ ,  $r$  et  $r'$ .
2. Exprimer  $n$  l'indice du prisme en fonction de  $D_m$ , angle de déviation minimale et de  $A$ .
3. Comment détermine-t-on expérimentalement  $A$ ? On connaît les longueurs d'ondes des raies d'une lampe au sodium. Comment déterminer expérimentalement le spectre de raie d'une lampe au mercure?

**Optique 12**

(Mines)

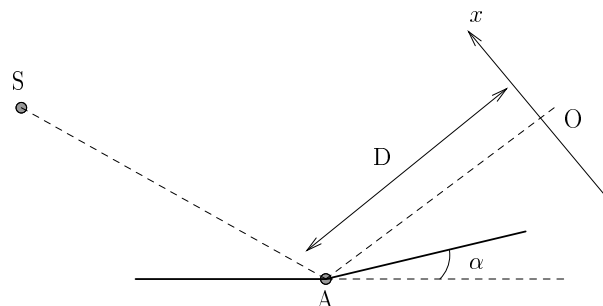
Un biprisme de Fresnel est constitué de deux prismes identiques droits accolés d'angle  $\alpha$  faible, d'indice  $n \gtrsim 1$ . Ce biprisme est éclairé par une onde plane monochromatique de longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0$ .

1. Dessiner le champ d'interférences.
2. Qu'observe-t-on sur un écran situé après le biprisme?
3. Calculer l'interfrange.

**Optique 13**

(CCP)

On considère une source ponctuelle, monochromatique de longueur d'onde  $\lambda_0 = 589 \text{ nm}$  émettant des ondes lumineuses sur des miroirs de Fresnel d'angle  $\alpha = 0,1^\circ$ . L'intersection des miroirs est à  $1,8 \text{ m}$  de l'écran et à  $0,2 \text{ m}$  de la source.



1. Représenter les sources secondaires  $S_1$  et  $S_2$  ainsi que le champ d'interférences.  $OA$  est sur la médiatrice de  $S_1S_2$ .

- Justifier que les sources secondaires sont sur un cercle de centre A et de rayon AS. L'angle  $(S_1AS_2)$  vaut  $2\alpha$ . Etablir une correspondance entre cette expérience et celle des trous d'Young.
- Déterminer l'éclairement ainsi que l'interfrange. Combien de franges observe-t-on ?

**Optique 14** (CCP)

Un appareil de Michelson est réglé en lame d'air avec une source large.

- Décrire la figure d'interférences. Expliquer le montage expérimental. Tracer un rayon lumineux.

On éclaire le dispositif en lumière blanche et on place un filtre jaune derrière la source. Un photorécepteur est positionné au centre de la figure et délivre une tension proportionnelle à l'éclairement. On obtient le tracé ci-dessous sur une feuille défilant à 1cm/s. Durant le tracé, le moteur déplace le chariot à  $1\mu\text{m/s}$ .



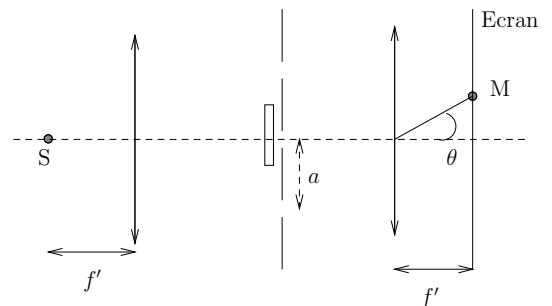
- Interpréter le graphe expérimental obtenu.
- Expliquer comment la mesure de la distance séparant deux maxima sur le tracé (0,29 cm) permet de remonter à la longueur d'onde centrale du filtre.
- Calculer l'éclairement pour un profil rectangulaire de largeur  $\Delta\lambda$ . En déduire une évaluation de  $\Delta\lambda$ .

**Optique 15** (ENSAM)

Une source éclaire trois fentes de largeur très faible distantes de  $a$ . La figure d'interférences est observée dans le plan focal d'une lentille convergente. Une lame d'épaisseur  $e$  d'indice  $n$  est placée devant la fente centrale.

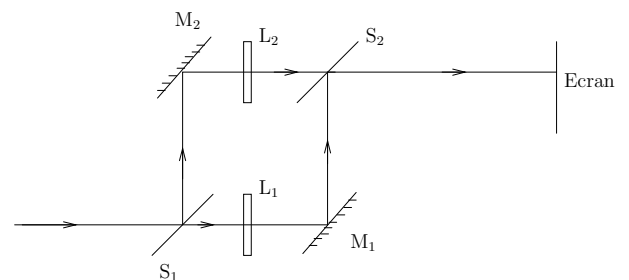
On pose  $\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n-1)e$  et  $\psi = \frac{2\pi}{\lambda}a\theta$ .

Déterminer l'éclairement en M repéré par  $\theta$ .


**Optique 16** (Centrale)

L'interféromètre de Mach-Zender est représenté ci-dessous.  $S_1$  et  $S_2$  sont deux lames semi-réfléchissantes.  $M_1$  et  $M_2$  sont deux miroirs. Les lames  $L_1$  et  $L_2$  sont transparentes d'épaisseur  $e$  et d'indice  $n$ .

- La lame  $L_1$  est pivotée d'un angle  $\theta$ . Calculer la différence de marche. Figure d'interférences ?
- La lame  $L_2$  est prismatique d'angle au sommet  $\alpha$  et d'épaisseur  $e$  au centre. Figure d'interférences ?


**Optique 17** (Centrale)

1. Donner le schéma d'un interféromètre de Michelson, et justifier que ce système peut-être équivalent à une lame d'air.
2. Quelle est l'allure de la figure d'interférence observée ? Déterminer l'ordre d'interférence des franges brillantes ainsi que ce qui les caractérise, on supposera les angles d'observation petits. Comment peut-on les observer ?
3. Pour  $e = 0,60$  mm et  $\lambda = 583,3$  nm déterminer le rayon des anneaux des trois premières franges brillantes. On dispose d'une lentille de focale 1m.
4. Le miroir mobile se déplace et on observe l'éclairement  $I$  en fonction de l'épaisseur de la lame d'air  $e$ , au centre. Qu'observe-t-on lorsqu'on éclaire en lumière monochromatique ? Avec un doublet spectral ? Avec un profil spectral rectangulaire ?

**Optique 18**

(Centrale)

Un réseau est constitué de 500 fentes par mm. Il est éclairé par un faisceau parallèle  $\lambda=578$  nm. On se place au minimum de déviation à l'ordre 1.

1. Décrire le dispositif expérimental correspondant à cette situation.
2. La source au mercure présente en réalité un doublet jaune  $\lambda_1=576,95$  nm et  $\lambda_2=5798,05$  nm. L'image est observée à l'aide d'une lentille focale  $f' = 50$  cm. De quelle distance sont séparées les taches ?

**Optique 19**

(Mines)

On veut placer une lentille convergente  $L$  entre un objet et un écran distants de  $D$  pour en obtenir une image nette. On suppose deux emplacements possibles distants de  $d$ .

1. A quelle condition existe-t-il deux positions symétriques par rapport au centre du système. Montrer que le produit des grandissements correspondants aux deux positions vaut  $\gamma_1\gamma_2 = 1$ .
2. Calculer  $f'$  en fonction de  $D$  et  $d$ . (Méthode de Bessel)
3. Que se passe-t-il quand les deux positions sont confondues ? Comment procéder alors pour déterminer la focale de  $L$  ?

**Optique 20**

(Mines)

Soient deux fentes d'Young distantes de  $a=3,3$  mm et placées à une distance  $D=3$  m d'un écran. On place une lame transparente d'épaisseur  $e$  et d'indice  $n$  devant une des deux fentes.

1. Sachant que pour une source monochromatique à  $\lambda_0=550$  nm les franges sont déplacées de 47,3 mm à l'introduction de la lame, déterminer son indice.
2. Les distances sur l'écran sont mesurées avec une précision de 0,01 cm. Précision sur  $n$  ?
3. La lame est à présent éclairée en lumière blanche et l'indice varie selon

$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2} \quad \text{avec} \quad A = 1,5$$

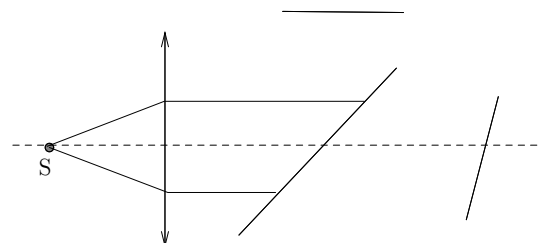
On note  $p(x, \lambda)$  l'ordre d'interférence en un point d'abscisse  $x$  sur l'écran. Montrer qu'il existe une frange achromatique c'est-à-dire vérifiant  $\frac{dp}{d\lambda}(x_0) = 0$ . Trouver sa position et l'ordre correspondant. Quelle est la « couleur » de cette frange ?

**Optique 21**

(Mines)

Un interféromètre de Michelson est réglé en coin d'air éclairé par une onde plane monochromatique. Justifier la dénomination "coin d'air".

Qu'observe-t-on ? Comment observer les interférences ? Sont-elles localisées ? Calculer l'interfrange.

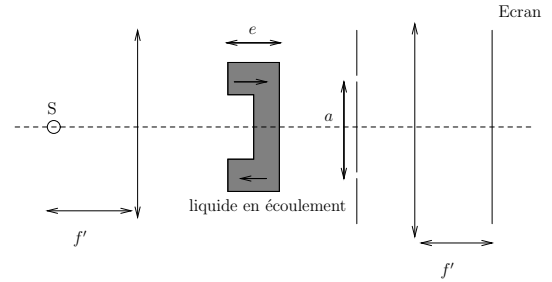


**Optique 22**

(Mines)

Le schéma ci-contre représente des trous d'Young. Un fluide d'indice optique  $n$  est en écoulement à la vitesse  $\vec{v}$ . Décrire les franges d'Young pour  $\vec{v} = \vec{0}$ .

Pour  $\vec{v} \neq \vec{0}$ , les franges défilent. Déterminer le sens de défilement et sur quelle distance, elles ont été traduites.

**Optique 23**

(Mines)

Déterminer le pouvoir de résolution  $R$  d'un réseau plan de pas  $p$  et comprenant  $N$  traits. C'est sa capacité à distinguer deux raies de longueurs d'onde proches  $\lambda$  et  $\lambda + \Delta\lambda$  :  $R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$ .

**Optique 24**

(Mines)

Une source  $S$  fine, monochromatique  $\lambda_0 = 589,3 \text{ nm}$  est placée dans le plan focal d'une lentille convergente  $L_0$ . Un peu plus loin sont placées les deux moitiés d'une lentille convergente  $L$  de focale  $25 \text{ cm}$  sciée en deux suivant un diamètre ; les deux moitiés sont écartées symétriquement de  $2\varepsilon = 2 \text{ mm}$ . L'intervalle ainsi créé est obturé par un cache opaque. On observe les interférences sur un écran situé à une distance  $d = 50 \text{ cm}$ .

1. Réaliser une figure claire et expliquer. Déterminer la largeur du champ d'interférence, l'interfrange, le nombre de franges visibles.
2. La source est en fait un doublet  $\lambda_1 = 589,0 \text{ nm}$  et  $\lambda_2 = 589,6 \text{ nm}$ . Au bout de combien de franges, y a-t-il brouillage ? Conclusion ?
3. On place entre les deux lentilles avant  $L$  une lame à face parallèle d'indice  $n = 1,52$ . Déterminer son épaisseur  $e$  pour visualiser au centre de l'écran la première anti-coïncidence.

**Optique 25**

(Mines)

On éclaire un interféromètre de Michelson monté en lame d'air d'épaisseur avec une raie quasi-monochromatique caractérisée par un profil spectral gaussien proportionnel à

$$\exp\left(-\frac{(\sigma - \sigma_0)^2}{a^2}\right)$$

où  $\sigma_0$  et  $a \ll \sigma_0$  sont des constantes positives.

On réalise un enregistrement de l'éclairement au centre de la figure d'interférences en fonction de l'épaisseur  $e$  qu'on fait varier en déplaçant un des miroirs à l'aide d'un moteur se déplaçant à la vitesse constante  $v_0$  du contact optique.

Déterminer l'éclairement  $E(t)$ . Retrouver l'ordre de grandeur de la longueur de cohérence temporelle de la source en fonction de  $\Delta\sigma$ .

On donne l'intégrale :  $\int_{-\infty}^{+\infty} \exp(-u^2/a^2) \exp(2j\pi xu) du = a\sqrt{\pi} \exp(-\pi^2 a^2 x^2)$