Exercices d'optique ondulatoire

⋆ ⋆ ⋆

PC

Philippe Ribière

Année Scolaire 2013-2014

Chapitre 1

Optique géométrique.

1.1 Le détecteur de faux diamant.

Du verre d'indice $n_v = 1{,}7$ est taillé à la manière d'un diamant, pour fabriquer des bijoux à bas coût.

1. Calculer l'angle de réflexion totale en précisant bien le sens de la lumière sur l'interface. Comparer au cas du diamant où $n_d = 2{,}4$.
2. Dans l'eau d'indice $n_e = 1{,}33$, le faux diamant perd son éclat. Justifier.

Commentaire :
Un exercice sur la réflexion totale. Prensez à bien préciser les deu conditions pour avoir la réflexion totale à l'interface.

1.2 Projecteur au fond d'un bassin.

1. Quelle est la (ou quelles sont les) condition(s) pour qu'un rayon passant de l'eau (indice $n_e = 1{,}33$) à l'air d'indice 1 soit totalement réfléchi ?
2. Un bassin de profondeur $d = 1{,}5$ m est totalement rempli d'eau. Un projecteur, considéré comme ponctuel, se situe au fond de ce bassin et émet de la lumière de manière isotrope. Quel est le rayon de la tâche lumineuse formée à la surface de l'eau.

Commentaire :
Un exercice sur la réflexion totale. Faire un schéma où figurent plusieurs rayons issus du projecteur au fond du bassin.

1.3 Réflexion et réfraction sur un milieu dispersif.

Un verre d'indice $n_r = 1{,}595$ pour la lumière rouge et $n_v = 1{,}625$ pour le violet. Un rayon de lumière blanche se propage dans ce verre et arrive sous une incidence de 35° à la surface de séparation avec l'air.

1. Sachant que la lumière blanche n'est composée que de quelques raies de lumière (dont une rouge et une violette étudiée par la suite), expliquer en quelques mots le principe d'émission de la lumière.
2. Pourquoi dans ce cas précis dit-on que le verre est milieu dispersif ?
3. Calculer l'angle que font dans le verre et dans l'air les rayons rouge et violet. Faire un schéma où apparaissent les deux rayons rouge et violet.
4. Calculer l'intervalle des angles d'incidence pour avoir réflexion totale pour un rayon (une couleur, préciser laquelle) mais pas pour l'autre.

Commentaire :
Un exercice qui rappelle que le chemin de la lumière dans un milieu dispersif (comme le prisme) dépend de la fréquence de l'onde.

1.4 Indice d'un liquide.

Un faisceau laser placé en S traverse une cuve transparente remplie d'un liquide d'indice n, avant de frapper un écran en S'. Dans cette cuve, on plonge une petite cuve faite d'un verre d'indice $n' > n$, les faces de cette petite cuve sont parallèles et très rapprochées. Elles délimite un volume d'air dont l'indice sera pris égale à 1.
Les faces de la petite cuve étant primitivement perpendiculaires à l'axe SS', on fait tourner cette petite cuve d'un angle θ dans un sens ou dans l'autre, autour d'un axe perpendiculaire au plan de la figure. On constate que l'image S' disparait pour $|\theta| > \theta_0$.

1. Expliquer ce phénomène, et montrer que la mesure de θ_0 permet de déterminer n.
2. Pour $\theta_0 = 48^\circ 36'$, calculer n.
3. Comment effectuer la mesure de θ_0 afin de minimiser l'erreur expérimentale.

Indication : Faire un grand schéma en n'oubliant aucune interface.
Commentaire :
D'après oral et écrit CCP. Un exercice qui rappelle que le chemin de la lumière dans un milieu dispersif (comme le prisme) dépend de la fréquence de l'onde.

1.5 Modélisation de l'appareil photo.

L'objectif de l'appareil photo est assimilable en première approximation à une lentille de focale $f' = 5$ cm. La pellicule est une plaque rectangulaire centrée sur l'axe optique, de dimension 24×36 mm. La mise au point est initialement faite à l'infini, la pellicule est placée en un point nommé P_0.

1. A quelle distance de l'objectif se trouve la pellicule ?
2. De combien faut-il déplacer la plaque afin de photographier une personne située à 5m de l'objectif ? (Faire un schéma.)
3. Quelle est alors la dimension de la portion de plan photographié ?

4. La mise au point ne permet pas de faire varier la distance entre l'objectif et la plaque de plus de $5mm$. Quelle est la distance minimale d'un objet par rapport à l'objectif.

Commentaire :
Un exercice très simple pour se remettre en confiance sur les instruments d'optique (ici le plus simple de tous). Dans un exercice comme celui ci faisant référence à un objet du quotidien, pensez à "critiquer" vos résultats à partir de votre expérience personnelle.

1.6 Méthode de Bessel.

L'objet AB et l'écran sur lequel est observé l'image $A'B'$, sont fixés, et distants de D. On cherche à obtenir une image nette $A'B'$ de l'objet sur l'écran à l'aide d'une lentille L, de focale f'.

1. Faut il choisir une lentille convergente ou une lentille divergente ?
2. x désigne la distance OA. Trouver l'équation dont p est solution.
3. Montrer que si $D \geq D_{min}$ que l'on précisera, il existe deux positions possibles de la lentille repérées par O_1 et O_2 de L.
4. Déterminer les deux solutions et les représenter graphiquement. Dans chaque cas, déterminer $x_i = O_iA$, $x_i' = O_iA'$ et finalement le grandissement γ_i. Comparer et commenter.
5. Calculer la distance $d = O_1O_2$ en fonction de f' et D
6. Montrer que f' s'exprime en fonction de D et $d = O_1O_2$ par la formule suivante :

$$f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$$

Commentaire :
Cet exercice est un grand classique des concours et des épreuves de TP. La formule $f' = \frac{D^2-d^2}{4D}$ est appelée formule de Bessel, elle permet la détermination de la focale f' à l'aide de la mesure de d, la distance entre les deux positions de la lentilles donnant d'un objet A fixe une image nette A' sur un écran fixe. Il faut aussi se rappeler que la distance minimale entre un objet réel et une image réelle est 4f'.

1.7 Doublet de lentille.

Un doublet de lentille est un ensemble de deux lentilles non accolées, traversées successivement par la lumière. La première lentille L_1 a une focale $f_1' = 2cm$, la seconde lentille L_2 une focale $f_2' = -3cm$. Les deux lentilles sont placées de telles manière à ce que $\overline{O_1O_2} = 6cm$.

1. Préciser si les lentilles sont convergentes ou divergentes.
2. Dessiner à l'échelle le doublet de lentille.
3. Un objet AB est situé à une distance $\overline{O_1A} = -4cm$. Par le dessin, préciser la position de l'image intermédiaire A_1B_1 ainsi que de l'image finale $A'B'$. Pour cela, donner $\overline{O_1A_1}$ et $\overline{O_2A'}$. Donner le grandissement global.

4. Retrouver par le calcul la position de l'image intermédiaire, de l'image finale et le grandissement global.
5. Sur une nouvelle figure à l'échelle, tracer deux rayons parallèles à l'axe optique. Ces deux rayons à la sortie du doublet coupe l'axe optique en un point appelé "foyer image F' de la lentille équivalente au doublet." Justifier cette appellation. Déterminer graphiquement la position de F' par rapport à O_2.
6. Par le calcul, retrouver la position de F'.
7. Sur une nouvelle figure, déterminer la position du "foyer objet F de la lentille équivalente au doublet" par rapport à O_1.
8. Par le calcul, retrouver la position de F.
9. Déterminer la position et la vergence de la lentille équivalente au doublet.

D'après concours.
Commentaires :

1. *Cet exercice sert d'introduction aux instruments d'optique, il permet aussi de voire que si l'on maitrise la relation de conjugaison pour une lentille, il en va de même pour 2 lentilles.* $A \xrightarrow{L_1} A_1 \xrightarrow{L_2} A'$*, il faut étudier d'abord la première lentille sans se préocuper de la deuxième, construire l'image intermédiaire, puis étudier la seconde lentille en oubliant la première.*
2. *L'oculaire utilisé en TP est constitué de deux lentilles mais il sera par la suite modélisé par une seule lentille : la lentille équivalente.*
3. *Pour N lentilles, il existe un formalisme mathématique qui permet une étude plus rapide des solutions : l'optique matricielle.*

1.8 Objet étendu à l'infini et miroir sphérique.

Le diamètre du soleil est $d = 1{,}4.10^9$ m et la distance terre soleil $D = 1{,}5.10^{11}$ m.

1. Quel est le diamètre angulaire du soleil ?
   On fait une image du Soleil à l'aide d'un miroir sphérique convergent de rayon de courbure 1 m. La taille du miroir est donnée par son diamètre 10 cm.
2. A quelle position doit on placer l'écran pour que l'image du soleil soit nette ?
3. Quelle est la dimension de la tache lumineuse obtenue en plaçant un écran dans un plan à 50 cm en avant du miroir ?
4. Quelle est la dimension de la tache lumineuse obtenue en plaçant un écran dans un plan à 1 m en avant du miroir. On négligera d'abord l'ouverture angulaire α, avant de faire le calcul exact.
5. Les jours d'été, la puissance surfacique reçue par la terre est de $P_S = 1400$ W.m^{-2}. Calculer la puissance P_e reçue par unité de surface par l'écran situé à 50 cm.
6. Sachant que le miroir réémet cette énergie sous forme de rayonnement $P_e = 2\sigma(T_e^4 - T_0^4)$ avec T_e la température de l'écran, T_0 la température ambiante prise ici à 27°C, et σ la constante de Stephan, $\sigma = 5,7.10^{-8}$ W.m^{-2}.K^{-4}. Estimer la température de l'écran.

Commentaires :
D'après concours. Cet exercice modélise la situation rencontrée au four solaire d'Odeillo. Il ne faut pas confondre objet à l'infini et objet ponctuel à l'infini. Le soleil est un objet à l'infini mais qui n'est pas vu par l'oeil comme ponctuel.

FIGURE 1.1 – Le four solaire d'Odeillo, à Font Romeu, d'une puissance d'1 MegaWatt, est l'un des plus grand du monde.

1.9 Cavité optique confocale.

Pour former une cavité optique, deux miroirs concaves de même rayon R sont mis face à face, distants de $\overline{S_2S_1} = D$. (Attention : M_1 désigne le miroir à droite de la cavité puisque c'est ce miroir qui réfléchit en premier la lumière.) Le point 0 désigne le milieu de la cavité. Une source de lumière est placée en A, en $x = \overline{OA}$ et émet un rayon de lumière vers le miroir M_1.

1. En utilisant les relations de conjugaison de Newton, trouver une relation liant x, R et D afin que A soit sa propre image après réflexion sur M_1 et M_2 : $A \stackrel{M_1}{\to} A_1 \stackrel{M_2}{\to} A' = A$.
2. Discuter l'existence des solutions de cette équation si $D \neq R$.
3. Que dire dans le cas particulier d'une cavité confocale, où les foyers des deux miroirs sont confondus, $F_1 = F_2$?
4. Dans le cas de la cavité confocale, tracer le parcourt d'un rayon initialement parallèle à l'axe des deux miroirs.
5. Toujours dans le cas de la cavité confocale, tracer le parcours d'un rayon quelconque.

Commentaires :
D'après concours Mines. Cet exercice est rédiger de manière difficile, sa résolution est calculatoire et il ne faut pas se décourager mais il fait étudier une cavité confocale qui est un des éléments essentiels du LASER.

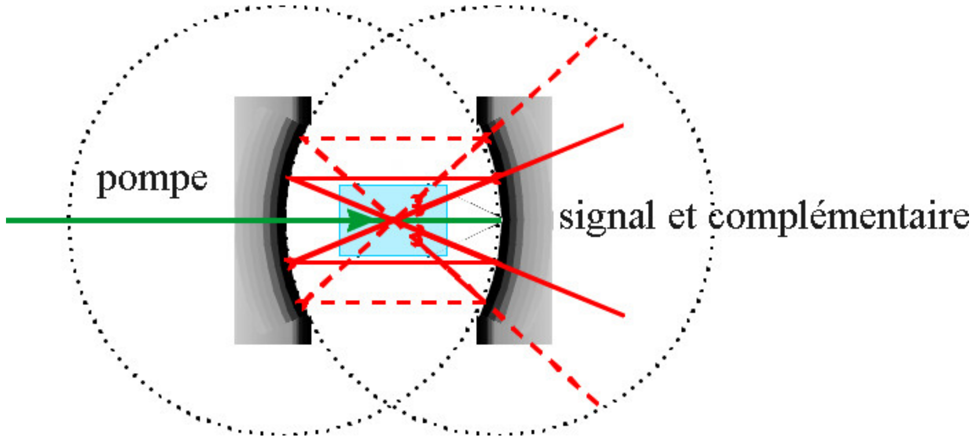


FIGURE 1.2 – Cavité confocal et laser.

1.10 Télescope de Cassegrain.

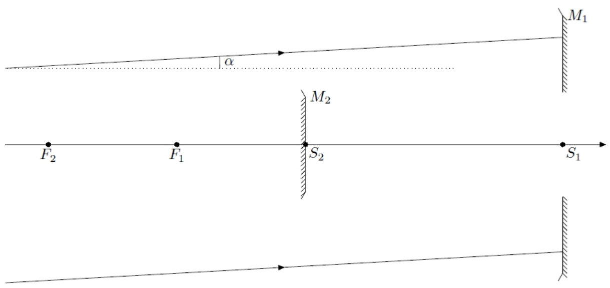


FIGURE 1.3 – Télescope de Cassegrain

1. Définir les conditions pour obtenir le stigmatisme et l'aplanétisme d'un système optique centré.
2. On considère un miroir sphérique concave de centre C et de sommet S.
   Un objet AB assimilable à un segment est placé perpendiculairement à l'axe optique, l'extrémité A étant située sur cet axe.
   Construire, dans le cadre de l'approximation de Gauss, l'image A_0B_0 de AB sur la première figure donnée en annexe. La construction s'effectuera à l'aide de deux rayons émis par B, l'un passant par C, l'autre par S et on justifiera la trajectoire de chacun.
3. Etablir à l'aide de cette construction les formules suivantes de conjugaison avec origine au sommet :
$$\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{2}{\overline{SC}}$$
4. En déduire l'existence d'un foyer objet F et d'un foyer image F' et préciser leurs positions relatives par rapport à S et C.

On considère à présent le télescope de Cassegrain constitué de deux miroirs sphériques M_1 et M_2. Le miroir M_1 est concave avec une ouverture à son sommet S_1 ; M_2 est convexe, sa face réfléchissante tournée vers celle de M_1.
On observe à travers ce télescope un objet AB dont l'extrémité A est située sur l'axe optique. L'objet étant très éloigné les rayons issus de B qui atteignent le miroir M_1 sont quasiment parallèles et forment avec l'axe optique l'angle α. Après réflexion sur M_1, ces rayons se réfléchissent sur M_2 et forment une image finale A_0B_0 située au voisinage de S_1.

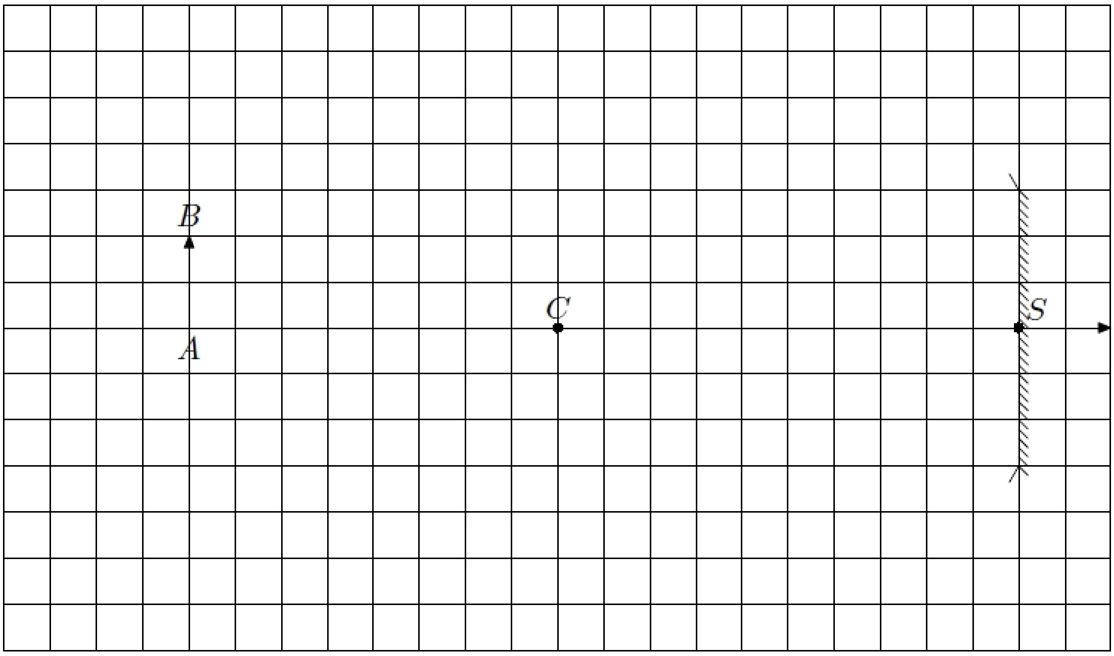
5. Effectuer les constructions géométriques des images intermédiaires A_1B_1 de AB par M1 et finale A_0B_0 sur la deuxième figure donnée en annexe.
6. On désigne par f_1 et f_2 les distances focales comptées positivement, des deux miroirs M_1 et M_2 ($f_1 = \overline{F_1S_1}$, $f_2 = \overline{F_2S_2}$) et par D $= \overline{S_2S_1}$ la distance séparant les deux miroirs.
Exprimer D en fonction de f_1, f_2 pour que l'image finale A_0B_0 soit située dans le plan de S_1.
Simplifier cette expression lorsque $f_1 >> f_2$.
7. Déterminer dans ces conditions, la taille de l'image intermédiaire A_1B_1 en fonction de α et f_1.
En déduire celle de l'image finale A_0B_0 en fonction de α, f_1 et f_2.
Simplifier cette expression lorsque $f_1 >> f_2$.
(Rappel : pour $\epsilon << 1$ on a $(1 + \epsilon)^a \simeq (1 + a\epsilon)$)
8. Application numérique :
Calculer A_1B_1 et A_0B_0 pour $\alpha = 10^{-3} rad$, $f_1 = 40$ cm et $f_1/f_2 = 20$.

Extrait ENSTIM 2005, tombé aussi à l'écrit Mines et CPP, et à divers oraux compte tenu de son importance. Hubble est un téléscope de Cassegrain.

1.11 Lunette de Galilée.

Une lunette de Galilée est formée d'un objectif assimilable à une lentille convergente L_1, de focale $f'_1 = 50$ cm et d'un oculaire assimilable à une lentille divergente L_2, de focale $f_2 = 5$ cm. L'ensemble de ces deux lentilles doit constituer un système afocal.

1. Quelle est la position relative des deux lentilles ?
2. Dessinez la marche d'un faisceau lumineux issu d'un point situé à l'infini et vu depuis O_1 sous l'angle α.
3. Déterminez le grandissement angulaire de la lunette, défini par le rapport de l'angle sous lequel l'image de l'objet est vue à travers la lunette et de l'angle sous lequel l'objet est vu à l'oeil nu depuis O_1.
4. Sous quel angle voit-on à travers la lunette une tour de 10 m située à 2 km. Peut on distinguer un chat (de taille 20 cm) sur cette tour ($\alpha_{min\ oeil} = 10^{-4}$Rad) ?
5. L'observateur curieux ou maladroit prend la lunette réglée dans le sens inverse. Il vise la tour. Sous quel angle apparaît-elle ?



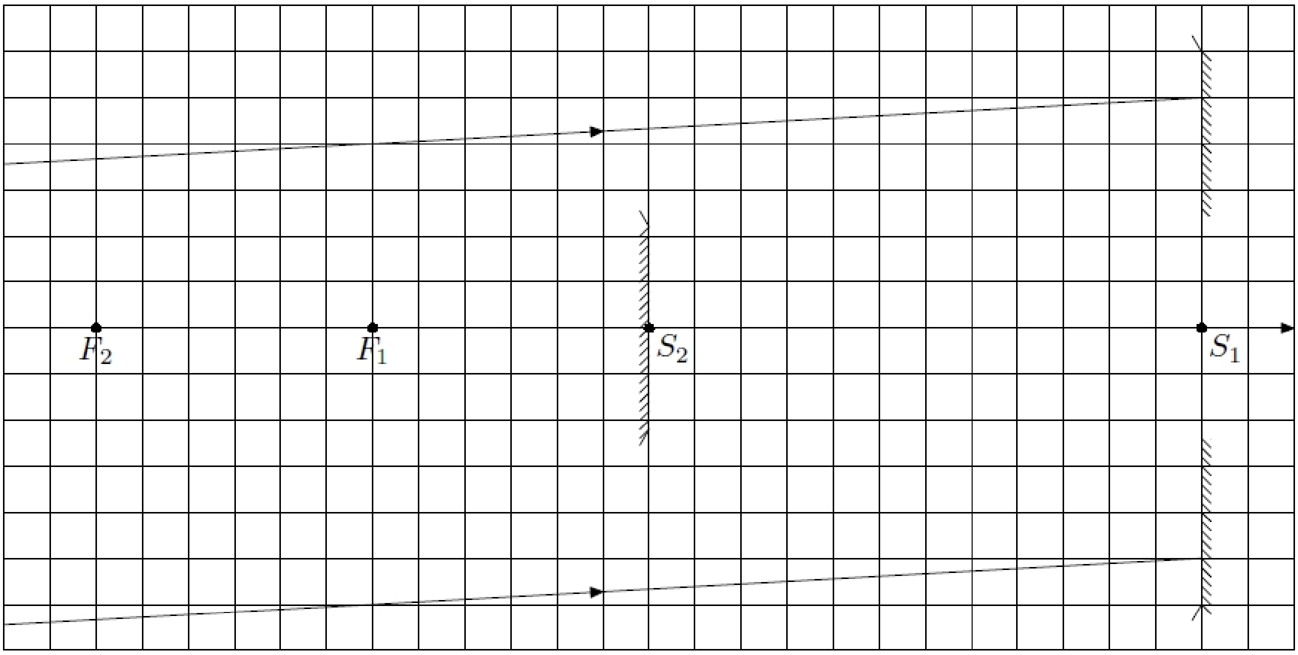


FIGURE 1.4 – Feuille réponse Téléscope de Cassegrain.

D'après concours.

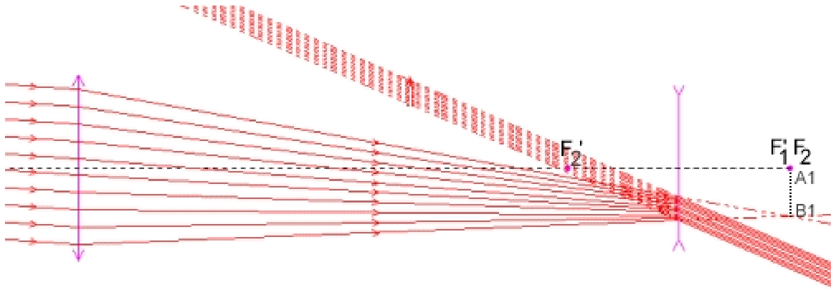


FIGURE 1.5 – Rayons dans la lunette de galilée.

Commentaires :

1. *L'écriture de la relation de conjugaison guide la réflexion et permet de retrouver rapidement la condition pour qu'un système soit afocal.*
2. *La notion de grandissement angulaire nécessite de faire un schéma pour comprendre la définition. Il ne faut pas être "impressionné" par ce type de question.*

1.12 Microscope.

Un microscope est modélisé par deux lentilles minces convergentes de même axe optique. L'une L_1 (objectif) de distance focale $f'_1 = 5$ mm, l'autre L_2 (oculaire) de distance focale $f'_2 = 25$ mm. $\overline{F'_1F_2} = l = 25$ cm. L'oeil est placé au foyer image F'_2 de l'oculaire. On étudie une cellule en culture (objet AB), dans un plan de front, A étant situé sur l'axe optique.

1. Où doit être situé le point A pour que l'oeil effectue l'observation sans accommoder ?
2. Représenter alors la marche d'un pinceau lumineux étroit issu du point B. (Ne respecter pas les échelles !)
3. Soit α' l'angle sous lequel l'oeil voit l'image définitive de AB à travers le microscope et α l'angle sous lequel il apercevrait l'objet sans se déplacer en l'absence de microscope. Calculer $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$.
4. Déterminer et construire la position des foyers F et F' du microscope. Calculer la distance focale f' du microscope.

D'après concours. Un bon exercice de révision pour l'optique géométrique et plus précisément sur les instruments d'optiques.

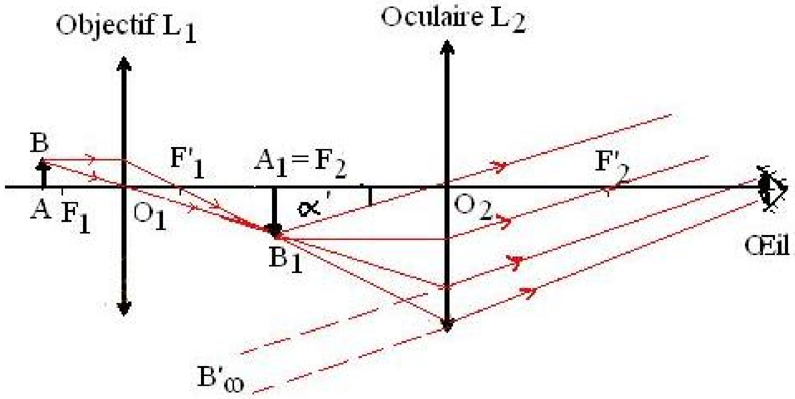


FIGURE 1.6 – Le microscope.

Chapitre 2

Interférences.

2.1 Calcul de l'éclairement des interférences à deux ondes.

On considère deux ondes de même amplitude, de même longueur d'onde, issues d'une même source mais ayant suivies deux trajets différents et dont la différence de marche $\delta = [SM]_2 - [SM]_1$ est faible.

1. Justifier en précisant le dernier critère "δ faible" que les ondes sont cohérentes.
2. En prenant comme référence de phase l'onde 1, exprimer l'amplitude complexe de l'onde 1 et de l'onde 2.
3. Calculer alors l'éclairement en fonction de δ. (Penser à faire le graphique).
4. Définir alors le facteur de contraste.

Commentaire :
Un exercice de cours, souvent première question d'un problème, qui permet de retrouver en utilisant les complexes la formule de l'éclairement à deux ondes $\epsilon(M) = 2\epsilon_0(1 + \cos(k_0\delta(M)))$. Cette formule peut être utilisée ou redémontrer selon le problème. La démonstration avec les cos est à donner que si l'énoncé la réclame spécifiquement.

2.2 Etude du dispositif des fentes d'Young.

Le dispositif des fentes d'Young est constitué d'un jeu de bifente d'épaisseur e très fine selon l'axe Ox et de longueur transverse selon Oy l très grande. On admet que ces deux fentes se comportent comme des sources ponctuelles secondaires cohérentes. Elles sont écartées d'une distance a selon Ox. Une source ponctuelle S monochromatique est placée sur l'axe optique Oz du système des fentes à une distance $D_S >> e$ et un écran d'observation est placé à une distance D_M. On repère par x_M la coordonnée d'un point M d'observation de l'écran.

1. S'agit d'un dispositif interférométrique à division d'amplitude ou division du front d'onde ?
2. Calculer la différence de marche entre les deux ondes passant par les deux fentes à l'aide de développement limité.
3. En déduire alors l'éclairement $\epsilon(x_M)$

4. Calculer l'interfrange.
5. Justifier qu'en connaissant la distante a, et en comptant plusieurs interfranges, on peut accéder facilement à la longueur d'onde de la source.
6. On intercalle contre une des deux fentes un lame de verre d'indice n à face parallèle. En déduire alors la nouvelle différence de marche. Que dire de la frange située en $x_M = 0$. Cette expérience est elle facilement exploitable ainsi. Quelle amélioration proposée ?

Commentaire :
La première partie est un exercice de cours sans difficulté. L'énoncé demande une démonstration bien précise de la différence de marche. Il suffit ensuite d'utiliser la formule de l'éclairement à deux ondes $\epsilon(M) = 2\epsilon_0(1 + \cos(k_0\delta(M)))$. *L'avant dernière question est "pratique" et demande à mon sens une réponse argumentée à la manière d'un TP. La dernière question est plus ouverte et nécessite du recul sur les phénomènes d'interférence.*

2.3 Fentes d'Young avec une source étendue monochromatique.

Le dispositif des fentes d'Young est constitué d'un jeu de bifente d'épaisseur e très fine selon l'axe Ox et de longueur transverse selon Oy l très grande. On admet que ces deux fentes se comportent comme des sources ponctuelles secondaires cohérentes. Elles sont écartées d'une distance a selon Ox.

1. Dans cette première question, on considère une source ponctuelle S monochromatique, placée hors l'axe optique du système des fentes à une distance $D_S >> e$. Son abcisse est repérée par la coordonnées x_S. Un écran d'observation est placé à une distance D_M. On repère par x_M la coordonnée d'un point M d'observation de l'écran.
   Calculer la différence de marche entre les deux ondes passant par les deux fentes à l'aide de développement limité en fonction de x_S et x_M. Cette fois ci on proposera une démonstration simplifiée.
2. En déduire alors l'éclairement $\epsilon(x_S, x_M)$ due à la source ponctuelle.
3. On s'intéresse maintenant à une source non ponctuelle de largeur d_S placée sur l'axe optique, entre $-d_S/2$ et $+d_S/2$. Cette source est discrétisée en une somme de source ponctuelles incohérentes entre elles. Calculer l'éclairement résultant de la source non ponctuelle.
4. A partir du résultat ci dessus définir un facteur de constraste.
5. Regarder la première annulation du facteur de contraste et interpréter le.

Commentaire : L'exercice se réfère au cas d'une source non ponctuelle et au problème résultant de la cohérence spatiale. Le début de l'exercice est simple avec simplement deux sources ponctuelles. La suite de l'exercice est un peu plus technique mais l'idée physique est identique. L'interprétation suggérée de la première annulation du facteur de contraste repose sur l'"association" de source ponctuelle incohérentes intelligentes.

2.4 Etude du dispositif des fentes d'Young avec une lampe au sodium.

Le dispositif des fentes d'Young est constitué d'un jeu de bifente d'épaisseur e très fine selon l'axe Ox et de longueur transverse selon Oy l très grande. On admet que ces deux fentes se comportent comme des sources ponctuelles secondaires cohérentes. Elles sont écartées d'une distance a selon Ox. La source ponctuelle S est placée sur l'axe optique Oz du système des fentes à une distance $D_S >> e$ et un écran d'observation est placé à une distance D_M. On repère par x_M la coordonnée d'un point M d'observation de l'écran.
On suppose la source composée de deux raies très proches, le doublet du sodium : $\lambda_1 = \lambda_0 - \frac{\Delta\lambda}{2}$ et $\lambda_2 = \lambda_0 + \frac{\Delta\lambda}{2}$ où $\lambda_0 >> \Delta\lambda$.

1. Les deux raies sont elles cohérentes entre elles ?
2. Calculer l'éclairement sur l'écran.
3. A partir du résultat ci dessus définir un facteur de constraste.
4. Regarder la première annulation du facteur de contraste et interpréter le.

Commentaire : L'exercice utilise une source non monochromatique simple. Le calcul est technique mais les idées physiques doivent être claires. La définition d'une facteur de contraste est ici riche puisque son interprétation peut être faite sans calcul.

2.5 Etude du dispositif des fentes d'Young avec une source non monochromatique.

Le dispositif des fentes d'Young est constitué d'un jeu de bifente d'épaisseur e très fine selon l'axe Ox et de longueur transverse selon Oy l très grande. On admet que ces deux fentes se comportent comme des sources ponctuelles secondaires cohérentes. Elles sont écartées d'une distance a selon Ox. La source n'est cependant plus monochromatique mais composée d'une raie de largeur $\Delta\sigma$ centrée sur un nombre d'onde $\sigma_0 = \frac{1}{\lambda_0}$. La densité spectrale de la lampe est uniforme (valeur A) sur l'intervalle $[\sigma_0 - \Delta\sigma/2, \sigma_0 + \Delta\sigma/2]$ et nulle ailleurs. On parle alors de profil spectral carré en nombre d'onde.

1. Calculer l'éclairement résultant de la source non monochromatique.
2. A partir du résultat ci dessus définir un facteur de constraste.
3. Regarder la première annulation du facteur de contraste et interpréter le.

Commentaire : Cet exercice est très classique et reprend le calcul du cours (avec le modèle du cours) sur la cohérence temporelle, et le lien entre longueur de cohérence temporelle l^* et largeur spectrale $\Delta\omega$. La encore, la mise en place du calcul est simple même si celui ci devient encore une fois technique. Mais cette technicité ne doit pas masquer les idées physiques lors de la mise en place du calcul.

2.6 Interféromètre de Michelson en lame d'air.

1. Faire un schéma simplifié du Michelson en lame d'air et matérialiser le trajet de la lumière.

2. Montrer sur le schéma que le Michelson est identique à une lame d'air d'épaisseur e.
3. Calculer la différence de marche dans le Michelson en lame d'air en fonction de e et i l'angle d'incidence sur le miroir.
4. Quelle est la nature de la figure d'interférence ?
5. Où se situe la figure d'interférence dans le cas d'une source non ponctuelle ?
6. Rappeler en quelques lignes la manière dont doit être réglé le Michelson en lame d'air.

Commentaire :
Un extrait de concours, très très proche du cours. Le schéma demandé est celui de l'interféromètre simplifié et sous incidence normale. Le choix de la démonstration est imposé par la question précédente. Les sujets de concours fontde plus en plus référence aux TP.

2.7 Etude du doublet jaune du sodium avec un Michelson

Considérons une lampe spectrale au Sodium qui possède dans le visible un doublet : deux pics lumineux très voisins dans le spectre $\lambda_1 \simeq \lambda_2 \simeq \lambda_m$ tel que $\Delta\lambda << \lambda_m$.
Ces deux sources sont placées face un Michelson en lame d'air et l'observation de la lumière s'effectue à l'aide d'une photodiode placée sur l'axe optique.

1. Rappeler la différence de marche au point d'observation en fonction de l'épaisseur e de la lame d'air et rappeler l'éclairement résultant du doublet.
2. En faisant varier l'épaisseur e de la lame, on observe un phénomène de battement optique, que vous avez observé en TP. Décrire visuellement vos observations et interpréter à l'aide d'un schéma.
3. Connaissant l'écart entre deux battements, en déduire $\Delta\lambda$

Commentaire :
Un exercice issu des oraux de CCP, extrait du TP cours sur le Michelson. Pas de difficulté marjeur sinon qu'il faut comprendre que l'étude se fait sous incidence normale donc i=0 et qu'il ne faut pas confondre la période des battements et la période du facteur de contraste (ce qui constitue le piège classique). Revoir aussi TD d'informatique sur l'étude des résultats expérimentaux car comme vous avez pu le constatez expérimentalement, la mesure d'un seul battement conduirait à une estimation de $\Delta\lambda$ peu exacte, ce qui est dommage avec un outil de précision comme le Michelson.

2.8 Michelson en coin d'air.

On observe les franges du coin d'air. Il est éclairé par une source étendue à l'infini. La figure d ?interférences est projetée sur un écran à l ?aide d'une lentille de distance focale f'=20 cm. La distance entre la lentille et l'écran est D=1,30m. On mesure sur l'écran un interfrange i=4 mm. La lumière est monochromatique de longueur d'onde λ_0=546,1 nm.

1. Dessiner le coin d'air et rappeler la différence de marche entre les deux ondes ?
2. Calculer et décrire la figure d'interférence.

3. Où se localise les franges d'interférence dans le cas d'une source étendue ?
4. Quel est alors l'intérêt de la lentille ? Quelle distance D_min était envisageable ici compte tenu de la lentille ?
5. Pratiquement, la lentille est elle plus proche du Michelson ou de l'écran ?
6. Déduire des mesures l ?angle α entre les miroirs.
7. Expliquer expérimentalement comment passe-t-on du Michelson réglé en lame d'air au Michelson en coin d'air.

Commentaire :
Un exercice issu des oraux de CCP, extrait du TP cours sur le Michelson. Comme le précédent, cet exercice exloite vos connaissances du TP cours. L'exercice n'est pas difficile, il ne faut pas oublier de calculer le grandissement de l'image dû à la lentille à l'aide des formules de conjugaison de Descartes.

2.9 Interférence à trois ondes.

On reprend un dispositif similaire aux fentes d'Young mais cette fois, au lieu de deux fentes, le dispositif interférométrique comprend trois fentes, l'une est sur l'axe optique Oz du dispositif et les deux autres sont situées de part et d'autres sur l'axe Ox, à une distance a de l'axe.
Chaque fente est d'épaisseur e très fine selon l'axe Ox et de longueur transverse selon Oy l très grande.
On admet que ces fentes se comportent comme des sources ponctuelles secondaires cohérentes.
Une source ponctuelle S monochromatique est placée sur l'axe optique Oz du système des fentes à une distance $D_S >> e$ et un écran d'observation est placé à une distance D_M. On repère par x_M la coordonnée d'un point M d'observation de l'écran.

1. Jusitifier qu'il est possible d'avoir recours à la notion complexe pour calculer l'éclairement dans une pareille situation.
2. Estimer la différence de marche entre l'onde 1 et 2 puis entre l'onde 2 et 3 en fonction de a, x_M et D_M.
3. En prenant prenant pour référence des phases l'onde 2, passant par la fente située sur l'axe optique, donner l'amplitude complexe totale des ondes.
4. En déduire l'éclairement total résultant. Commenter. (Faire un graphique en vous aidant de votre calculatrice, regarder l'amplitude maximale, regarder la première annulation de l'amplitude...)

Commentaire :
Un exercice extrait de Centrale, guidé dans la mesure où l'énoncé impose de prendre la référence des phases sur l'axe optique ce qui est de très loin la meilleure possibilité. La dernière question est un peu plus difficile dans la mesure où les indications entre parenthèses ne font pas parti de l'énoncé originel. Penser au maxima en $N^2\epsilon_0$ et au premier minima en $2\pi/N$, caractéritique des interférences à N ondes, bref en un mot comparer aux interférences à deux ondes.

2.10 Miroir de Fresnel.

Le dispositif interférentiel des miroirs de Fresnel est formé de 2 miroirs présentant une arête commune et faisant entre eux un angle très faible. Il est éclairé par une source ponctuelle S placée à une distance d de l'arête commune :

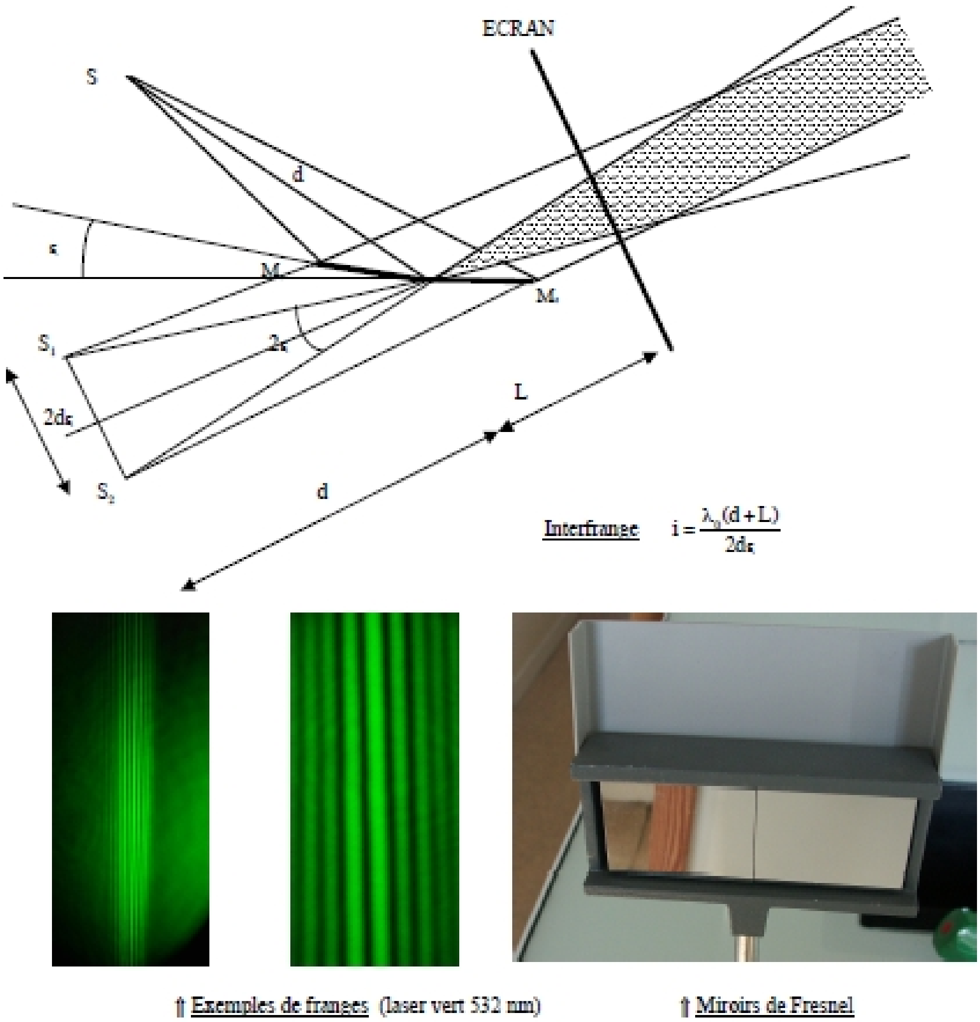


FIGURE 2.1 – Le dispositif interférométrique des miroirs de Fresnel.

1. Déterminer l ?écartement entre les deux sources S_1 et S_2 images de S dans les miroirs.
   On place un écran E, parallèlement à l'axe de 2 sources, à une distance L de l'arête commune.
2. Quelle est la forme des franges observées ? Combien observe-t-on de franges sombres et brillantes ?
   Données : $\lambda_0 = 490$ nm, d = 20 cm, L = 1, 8 m, $\alpha =$ 0,1 $^\circ$.
3. La source contient à présent deux longueurs d'onde très voisines λ_0 et $\lambda_0 + \Delta\lambda$, avec $\Delta\lambda <<$ λ_0. Déterminer l'intensité I(x) en un point de l'écran. Montrer alors que le contraste s'annule périodiquement. Quel est l'ordre d ?interférences pour la première annulation du contraste ?

Interpréter très simplement ce résultat en comparant les systèmes de franges associés à chaque longueur d'onde. A.N. λ_0=577nm $\Delta\lambda$=2,1nm (doublet jaune du mercure). Quel est le numéro (l'ordre) de la frange où s ?annule le contraste ?

Commentaire :
Un exercice issu des oraux de CCP et centrale, un classique. Il faut faire un beau schéma de la situation. La différence de marche s'évalue sur le schéma et le résultat de l'interfrange est donnée sur la figure. Il existe d'autres systèmes interférentiels que ceux rencontrés en cours. Ne soyez nullement déstabiliser. Il serait peu intéressant de lister dans une feuille d'exercices tous les dispositifs, nous avons étudiés les principaux, donc soignez le schéma et suiver la démarche habituelle : calcul de la différence de marche en s'aidant du schéma, calcul de l'éclairement, analyse de la figure d'éclairement.

2.11 Interférence à N ondes.

On reprend un dispositif similaire aux fentes d'Young mais cette fois, au lieu de deux fentes, le dispositif interférométrique comprend N fentes, l'une est sur l'axe optique Oz du dispositif (elle servira de référence) et les autres sont situées de part et d'autres sur l'axe Ox, séparées d'une distance a les unes des autres.
Chaque fente est d'épaisseur e très fine selon l'axe Ox et de longueur transverse selon Oy l très grande.
On admet que ces fentes se comportent comme des sources ponctuelles secondaires cohérentes.
Une source ponctuelle S monochromatique est placée sur l'axe optique Oz du système des fentes à une distance $D_S >> e$ et un écran d'observation est placé à une distance D_M. On repère par x_M la coordonnée d'un point M d'observation de l'écran.

1. Jusitifier qu'il est possible d'avoir recours à la notion complexe pour calculer l'éclairement dans une pareille situation.
2. Estimer la différence de marche entre l'onde i et i+1 en fonction de a, x_M et D_M.
3. En prenant prenant pour référence des phases l'onde passant par la fente sur l'axe, donner l'amplitude complexe totale des ondes.
4. En déduire l'éclairement total résultant. Commenter.

Commentaire :
Un exercice qui se rapproche des réseaux, guidé dans la mesure où l'énoncé impose de prendre la référence des phases sur l'axe optique ce qui est de très loin la meilleure possibilité. Penser au maxima en $N^2\epsilon_0$ et au premier minima en $2\pi/N$, caractéritique des interférences à N ondes, bref en un mot comparer aux interférences à deux ondes et garder à l'esprit le cas du réseau vu en TP cours.

2.12 Interférence à ondes multiples : le Fabry Perrot

Intéressons à un interféromètre de Fabry Perrot, qui est équivalent à une lame d'air mais où cette fois, un grand nombre d'onde, N $\rightarrow infty$, vont interférer entre elles.
La lumière est issue d'une source S ponctuelle et les intérférences sont observées à l'infini (localisées

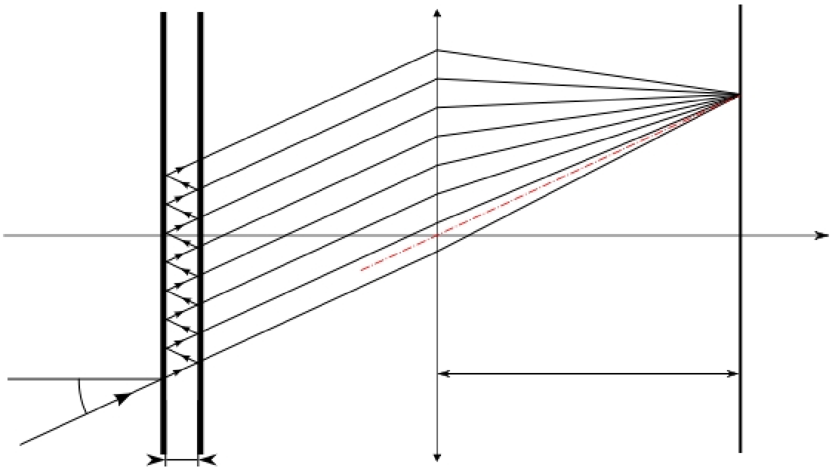


Figure 2.2 – Interférence à N ondes dans le Fabry Perot.

pour une source étendue), comme pour le Michelson en lame d'air.

1. Justifier que le recours à l'amplitude complexe pour l'étude de ce phénomène.
2. Montrer que le déphasage entre deux ondes successives est $\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0}\delta$
3. En déduire que l'amplitude complexe de la kième onde est $\underline{a_k} = r^{2.(k-1)} t^2 \underline{a_0} \exp(-jk.\varphi)$
4. Dans la sommation, on va prendre $N = \infty$. Jutsifier que cela est peu réaliste mais sans importance pour le résultat de la somme.
5. En déduire alors que l'éclairement est $\epsilon_{tot} = \epsilon_0.R^2.\frac{1}{1+R^2-2.R.\cos(\varphi)}$. Commenter.

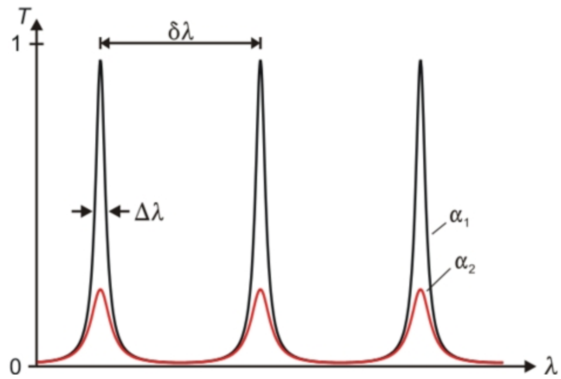


Figure 2.3 – Interférence à N ondes, éclairement du Fabry Perot.

Commentaire :
Un exercice de cours sur les interférences à ondes multiples, bien détaillé. La question 4 fait référence à la longueur de cohérence finie mais aussi à l'amplitude des ondes qui décroît rapidement. Le commentaire final doit porter sur la sélectivité du phénomène d'interférence à N ondes.

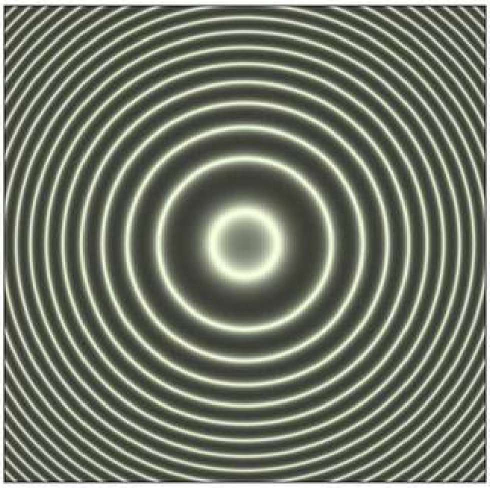


Figure 2.4 – Figure d'interférence à N ondes : les anneaux sont très fins.

2.13 Filtre interférentiel : interférence à ondes multiples.

Dans le filtre interférentiel, L_1 et L_2 sont deux lames minces identiques parallèles et distantes de e. Chaque lame possède un pouvoir de réflexion R et de transmission T pour l'intensité lumineuse (R + T = 1). Un rayon incident, d'intensité I_0, donne alors naissance à une infinité de rayons transmis notés (1), (2) .....(n) ... et une infinité de rayons réfléchis (1'), (2'), ...(n'), ...

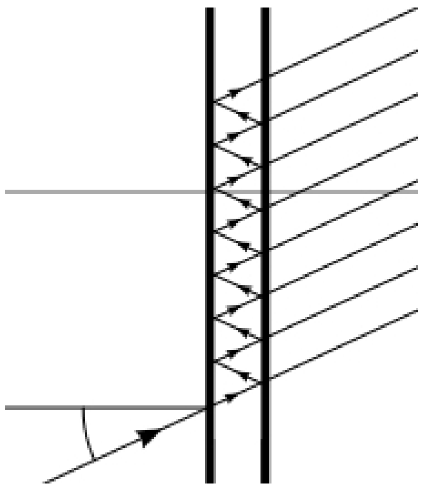


Figure 2.5 – La lame du filtre interférentiel (seuls les rayons transmis sont représentés).

1. Calculer les intensités propres de tous ces rayons en fonction de I_0, R et T (sans se préocuper des phases).

2. Les lames sont non traitées de sorte que R = 0, 1 et T = 0, 9. Quels sont les rayons qui interférent avec un bon contraste ?
3. Les lames sont maintenant traitées de sorte que R = 0,9 et T = 0,1. Quels sont alors les rayons qui interférent avec un bon contraste ?
4. On s'intéresse dans ce dernier cas aux rayons transmis. On note φ le déphasage entre le premier et le second rayon transmis. Déterminer l'amplitude du kième rayon transmis.
5. Déterminer φ en fonction de e et de l'incidence i du rayon sur la lame.
6. En déduire l'amplitude et l'intensité associées au faisceau de lumière transmis.
7. Représenter l'intensité I(φ) et déterminer la largeur à mi-hauteur de chaque pic d'intensité.
8. Le système est maintenant éclairé sous incidence normale par un faisceau parallèle de lumière blanche.
   Montrer qu'il est possible de choisir l'épaisseur e de sorte que pratiquement une seule longueur d'onde λ_0 soit transmise par le système alors appelé filtre inteférentiel. Définir et calculer la "largeur spectrale" $\Delta\lambda$ du filtre .

Commentaire :
Un exercice issu des oraux de CCP, centrale, Mines. Il s'agit de l'exercice très classique des inetrférences à N ondes (ici N infini pour des questions de facilité de calcul). Cet exercice est à rapprocher de l'exercice de cours sur le Fabry Perrot. Les questions sont ici bien détaillées et l'exercice est donc progressif. La réflexion sur le fait d'avoir un bon contraste est intéressante. Noter que vous avez recours à ces filtres dans le TP sur le Michelson pour sélectionner une "raie" de la source Mercure selon l'expérience voulue.

2.14 Mesure de vitesse par interférométrie laser.

On dispose de deux faisceaux laser cohérents faisant un angle 2α entre eux avec $\alpha << 1rad$ et respectivement α et $-\alpha$ avec l'axe Ox. Une particule passe dans le faisceau avec une vitesse $\vec{v}$. Elle diffuse une quantité de lumière proportionnelle à l'éclairement de l'endroit où elle se situe. On admet que la diffusion est isotrope. Grâce à un capteur, on récupère la lumière diffusée et on effectue la transformée de Fourier du signal. On observe alors deux pics très net à 0Hz et 15kHz.

1. Les deux faisceaux laser proviennent-ils forcément du même faisceau initial ? Proposer une méthode expérimentale permettant de les obtenir.
2. Pourquoi est-il important de considérer la diffusion isotrope ?
3. Quelle est l'éclairement dans la zone de croisement en l'absence de particule ?
4. Quelle information peut-on obtenir sur la vitesse de la particule ? A.N. : $\alpha = 7^{\circ}$ et $\lambda = 600$ nm.

Commentaire :
Un exercice extrait des Mines. L'exercice est de part sa forme plus déroutant. Il faut faire un schéma très clair de la situation expérimentale. La dernière question repose sur le mouvement de particule par rapport à la figure d'interférence établie au 3. A noter que cette méthode est très utilisée, elle est appelée vélocimétrie Laser ou PIV Laser.

Chapitre 3

Diffraction.

3.1 Eclairement diffracté par une ouverture de largeur e.

Considérons un écran noir percé d'une fente de largueur e selon Ox, de largueur L selon Oy, située sur l'axe optique Oz. On souhaite calculer l'éclairement résultant de l'exposition de cette fente par une source ponctuelle non située sur l'axe optique mais décalée d'une distance x_S dans le plan focal objet d'une lentille convergente de focale f'. De même, l'observation s'effectue en un point M de coordonnée x_M dans le plan focal image d'une seconde lentille convergente de même focale f'.

1. Faire un schéma de la situation.
2. Justifier que les conditions de Fraunhofer sont vérifiées.
3. Dessiner deux rayons, l'un passant par le centre O de la fente, l'autre passant par un point P de coordonnées x_P. Evaluer la différence de marche entre ces deux rayons en fonction de x_p, x_S, x_M, et f'.
4. Quel principe assure que les ondes mentionnées ci avant sont cohérentes entre elles ?
5. En déduire alors l'éclairement résultant de la fente.
6. Représenter et commenter cette figure d'éclairement.
7. Commenter le cas où l'ouverture de la fente diminue : $e \to 0$

Commentaire :
Un exercice de cours, extrait d'oraux. L'exercice reprend tous les éléments de la diffraction par une fente. Il peut vous permettre de vérifier que les éléments essentiels sont acquis.

3.2 Lumière diffractée par un miroir de largeur b, loi de Snell Descartes.

Considérons un parfaitement réfléchissant de largueur b selon Ox, de largueur L selon Oy. On souhaite calculer l'éclairement résultant de l'exposition de ce miroir par une source ponctuelle à l'infini et dont la lumière arrive sous un angle d'incidence i sur le miroir. De même, l'observation s'effectue en un point M à l'infini dans une direction i' par rapport à la normale au miroir. Attention : aucune approximation ne sera faite concernant l'angle i et i'.

1. Pourquoi n'est il pas nécessaire de faire d'approximation sur les angles (approximation de Gauss) pour un miroir.
2. Faire un schéma de la situation.
3. Dessiner deux rayons, l'un passant par le centre O du miroir, l'autre passant par un point P de coordonnées x_P. Evaluer la différence de marche entre ces deux rayons en fonction de x_p, sin i et sin i'.
4. Calculer l'éclairement résultant du miroir.
5. Représenter et commenter cette figure d'éclairement.
6. Commenter le cas où l'ouverture de la largeur b devient très grande.

Commentaire :
Un exercice très proche du cours, extrait d'oraux. L'exercice reprend tous les éléments de la diffraction par une fente mais cette fois ci sur la réflexion sur un miroir. La condition de l'optique géométrique est vue comme la condition d'interférence constructive de toutes les ondelettes réfléchies : c'est l'idée physique du principe de Huygens Fresnel.

3.3 Interférence et diffraction sur l'expérience des fentes d'Young

Considérons un écran noir percé de deux fentes de largueur e selon Ox, de largueur L selon Oy, située de part et d'autre de l'axe optique Oz. Le centre de chacune est située à $a/2$ de l'axe (les fentes sont donc distantes de a). On souhaite calculer l'éclairement résultant de l'exposition de ce jeu de fente par une source ponctuelle située sur l'axe optique au foyer objet F d'une lentille convergente de focale f'. L'observation s'effectue en un point M de coordonnée x_M dans le plan focal image d'une seconde lentille convergente de même focale f'.

1. Faire un schéma de la situation.
2. Justifier que les conditions de Fraunhofer sont vérifiées.
3. Dessiner deux rayons, l'un passant par le centre O_1 de la fente, l'autre passant par un point P_1 de la fente 1 de coordonnées x_P. Evaluer la différence de marche entre ces deux rayons en fonction de x_p, x_M, et f'.
4. Calculer alors l'amplitude complexe des ondes issues de la fente 1.
5. Sans calcul, écrire l'amplitude complexe des ondes issues de la fente 2.
6. Calculer la différence de marche entre les deux rayons passant par O_1 et O_2 en fonction de a, x_M, et f'.
7. Calculer alors l'éclairement total observé.
8. Représenter et commenter cette figure d'interférences et diffraction (visualiser les deux phénomènes en deux couleurs différentes).

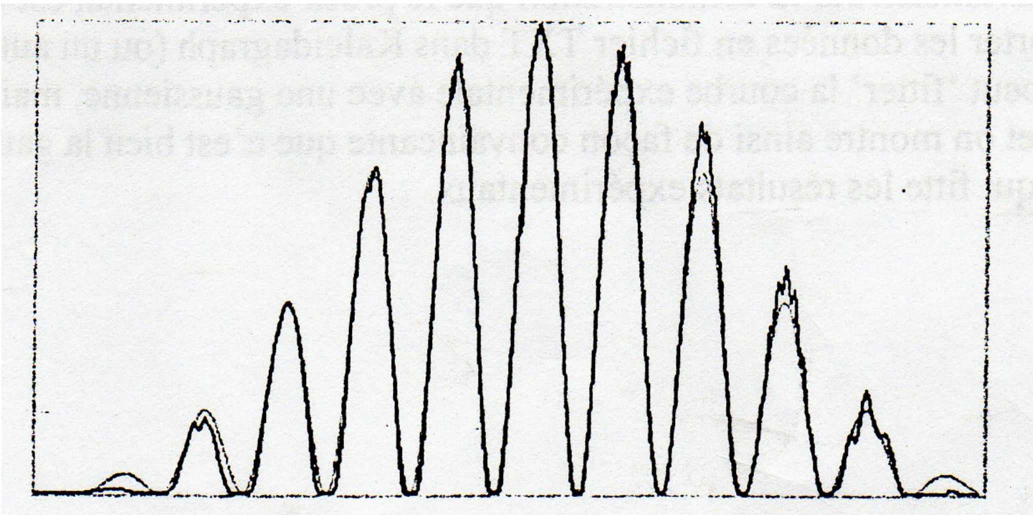


Figure 3.1 – Interférences et diffraction enregistrées avec Caliens.

Commentaire :
Un exercice de cours, extrait d'oraux et d'écrits de plusieurs concours. L'exercice reprend tous les éléments de la diffraction par une fente et des interférences à deux ondes. Si vous maitrisez cet exercice, interférences et diffraction peuvent être considérées comme acquises.

3.4 Résolution d'une étoile double. Apodisation.

On s'intéresse à un lunette de visée modélisée dans mla suite par une seule lentille convergente de focale f'. Cette lunette est utilisée pour observer un système d'étoile double S_1 et S_2 de même luminosité, et monochromatique. S_1 est située dans une direction repérée par un angle θ_2 par rapport à l'axe optique Oz et S_2 est située dans une direction repérée par un angle $-\theta_2$ par rapport à l'axe optique. L'observation se fait dans le plan focal image de la lentille convergente équivalente.

1. Déterminer la position de l'image géométrique S'_1 et S'_2 (repérée par x_1 et x_2) de S_1 et S_2 en fonction de θ et f'.
2. On suppose maintenant que le bord de la lentille (la monture) se comporte comme une ouverture diffractante. On suppose cette monture de grande largeur L selon Oy et de largeur R selon Ox. Donner l'éclairement résultant aux deux étoiles.
   Tracer avec Maple l'éclairement résultant pour $\theta = 0{,}8\lambda_0/R$, pour $\theta = 1.\lambda_0/R$, pour $\theta = 1{,}2\lambda_0/R$ et finalement $\theta = 2\lambda_0/R$. Commenter.
3. On ajoute un diaphragme d'amplitude afin d'éviter que transparence passe brutalement de 0 (hors du téléscope) à 1 (dans le téléscope). La transparence de ce diafragme est $t(x_P) = 1 - 2\frac{|x_P|}{R}$ pour $-R/2 < x_P < R/2$.
   L'amplitude complexe s'écrit alors $\underline{a}(M) = K' a_0 \int_{-R/2}^{R/2} t(x_P)\exp(-jk_O[SPM])dx_P$.
   Calculer l'éclairement dû à une étoile ϵ_1 sachant que $\int_{-R/2}^{R/2} x_P \exp(-jdx_p)dx_P = sinc^2(dR/2)$.

4. Tracer l'allure de cette fonction. Justifier alors le nom d'apodisation ("sans pied") donnée à cette méthode. Commenter son intérêt quand les étoiles ne sont de même éclairement mais d'éclairements très différents ($\epsilon_1 = 0{,}05\epsilon_2$) à partir des courbes de Maple (sans les refaire).

Commentaire :
Un exercice extrait d'oraux et de l'écrit de CCP. L'idée essentielle de l'exercice, déjà soulignée en cours, est que la diffraction gène les observations en astrophysique. Même si l'ouverture du téléscope est de l'ordre du mètre, la diffraction par la monture peut empêcher la résolution du doublet. La diffraction limite le pouvoir de résolution du téléscope. L'apodisation est un moyen d'améliorer un peu la résolution. La modélisation d'un téléscope par une lentille ne doit pas choquer : l'association de deux miroirs de téléscope se modélise par une lentille équivalente. Rappelez vous aussi que les téléscopes sont plus utilisées que les lentilles qui créent toujours une dispersion de la lumière.

3.5 L'expérience des fentes d'Young avec un Laser.

Considérons le dispositif des fentes d'Young, fentes de largueur e selon Ox, de largueur L selon Oy, située de part et d'autre de l'axe optique Oz, distantes de a. On souhaite calculer l'éclairement résultant de l'exposition de ce jeu de fente par un laser placé perpendiculairement au dispositif. L'observation s'effectue alors en un point M de coordonnée x_M situé sur un écran à une distance D $D >> a > e$.

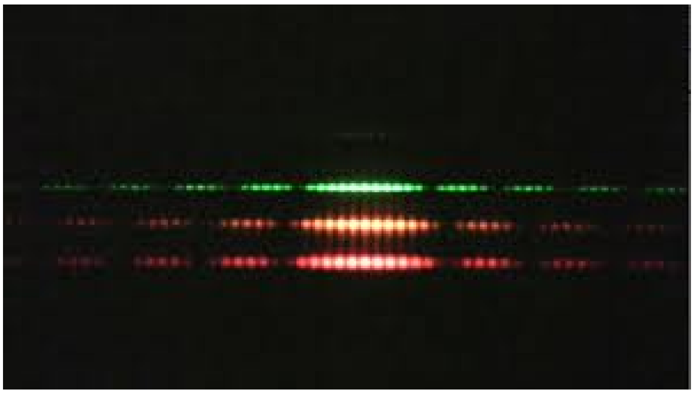


FIGURE 3.2 – Interférences et diffraction par trois laser.

1. Faire un schéma de la situation.
2. Dessiner deux rayons, l'un passant par le centre O_1 de la fente, l'autre passant par un point P_1 de la fente 1 de coordonnées x_P.
3. Montrer que le vecteur d'onde incident a pour coordonnées $(0{,}0{,}k_0)$ et le vecteur d'onde après les fentes $(k_0\ x_M/\mathrm{D},\ 0,\ k_0)$
4. En déduire alors la différence de marche entre l'onde pasant par O_1 et P, puis la différence de marche entre l'onde pasant par O_1 et O_2.
5. Calculer alors l'amplitude complexe des ondes issues de la fente 1 et 2.
6. Calculer alors l'éclairement total observé.

7. Commenter l'image 3.2.

Commentaire :
Un exercice de cours, extrait d'oraux et d'écrits de plusieurs concours. La présentation diffère cependant un peu de celle faite en cours. Il faut alors se laisser guider par l'énoncé, ne pas chercher à refaire le cas vu en cours mais retrouver par la méthode souhaitée par l'énoncé ces résultats. L'approche en terme de vecteur d'onde est plus fréquente dans la filière MP que la filière PC mais il faut savoir s'adapter.

3.6 Le réseau.

Considérons un réseau constituées de N=200 fentes/cm de largueur e selon Ox, de largueur L selon Oy très grande, distantes de a les unes des autres. On souhaite calculer l'éclairement résultant du réseau dans les conditions de Fraunhofer. L'angle d'incidence sur le réseau est noté i et l'angle d'observation i'.(On conserve les termes en sin dans le cas des calculs sur le réseau). La lumière est supposée monochromatique, exceptée à la dernière question.

1. Calculer l'éclairement diffracté par une fente de largeur e en considérant comme onde de référence l'onde qui passe par le centre de la fente pour toutes les ondes de la fente.
2. Dans la suite on suppose la diffraction comme quasi isotrope. Que cela signifie-t-il pour e ?
3. Calculer la différence de marche entre deux ondes passant par deux centres de fentes successives.
4. Rappeler la condition pour avoir des franges brillantes. Justifier que cette condition est stricte dans le cas des interférences.
5. Etudier l'éclairement résultant des N ondes et montrer que l'éclairement est
$$\epsilon_{tot} = \epsilon_0 \left(\frac{\sin(N\pi\delta/\lambda_0}{\sin(\pi\delta/\lambda_0)} \right)^2$$
6. Tracer et commenter la figure d'éclairement en fonction de δ.
7. On image alors la lampe composée de deux raies de longueur d'onde différente. Calculer et représenter l'éclairement résultant.
8. A partir du résultat ci dessus, déduire pour quel ordre d'interférence observe-t-on la décomposition de la lumière. Est ce le bleu ou le rouge la longueur la plus déviée quand il y a dispersion de la lumière blanche par le réseau ?

Commentaire :
Un exercice qui reprend des éléments du TP cours sur le réseau, extrait d'écrits des Mines. Ici la diffraction n'est abordé qu'au début et l'exercice se concentre sur les interférences à N ondes, qui sont très sélectives : minima dès que $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{N}$ et des maxima très lumineux en $N^2\epsilon_0$. La décomposition de la lumière blanche par le réseau est au coeur du TP cours sur la réalisation d'un spectroscope. Un très beau problème pour les révisions de bon niveau.

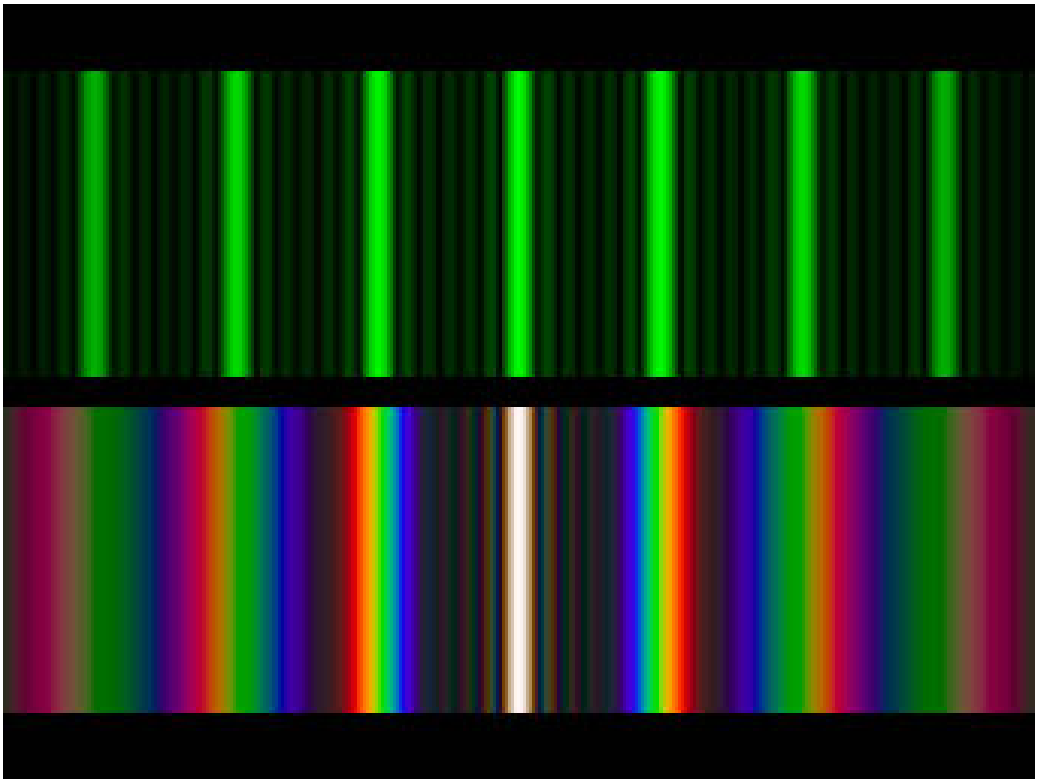


Figure 3.3 – Interférence à N ondes dans un reseau et décomposition de la lumière blanche.