



OP202 – Contrôle interférométrique de l'homogénéité d'un matériau (Enguerrand / Tancrède)

On considère le dispositif des trous d'Young décrit sur le schéma ci-dessous, où $f_1 \gg \ell$ et $f_2 \gg z$ cote de M.

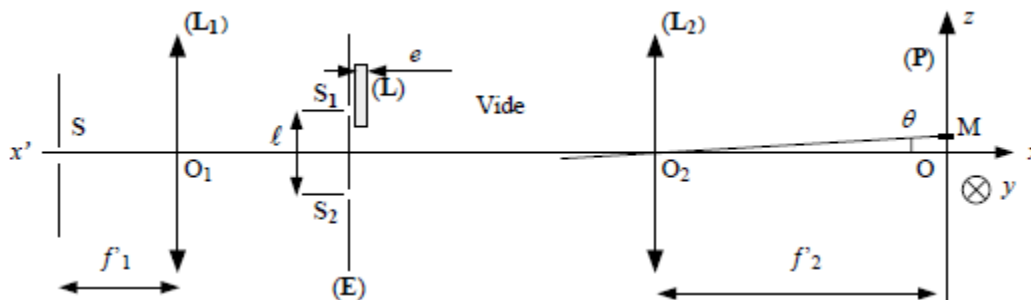
1 – Sans la lame (L).

Etablir l'expression de l'intensité lumineuse au point $M(z)$ sur l'écran en fonction de z .

2 – Avec la lame (L)

Sur le trajet des rayons diffractés par le trou S_1 , on place, parallèlement à l'écran (E), une lame mince (L), transparente et d'indice n . Cette lame, d'épaisseur e , transmet intégralement la lumière. Ses faces sont supposées rigoureusement planes et parallèles. On souhaite vérifier l'homogénéité du matériau qui constitue (L).

Données : $\lambda_0 = 0,5890 \mu\text{m}$; $e = 5,000 \text{ mm}$.



a) La lame est, dans un premier temps, supposée homogène. Exprimer, en fonction de n et e , la différence de marche $\delta(O)$ des rayons qui interfèrent au point O (on fera l'approximation que l'épaisseur de lame traversée par le rayon est e).

b) Pour une certaine position de (L) devant S_1 , on observe une frange brillante au point O. On déplace alors lentement la lame devant S_1 , parallèlement à l'écran (E) et sans jamais intercepter les rayons issus de S_2 . On opère de façon à ce que tous les points de la lame soient au moins une fois éclairés par le faisceau issu de S_1 . On remarque que la frange brillante peut être, suivant la position de (L), progressivement remplacée, en O, par l'une ou l'autre de ses deux franges sombres immédiatement voisines. Déterminer, en fonction de λ_0 et e , l'écart $\Delta n = n_{\max} - n_{\min}$ présenté par les valeurs de l'indice de réfraction de la lame.

c) Dans quel sens se déplace le système de franges si, au cours de la translation de (L), la valeur de l'indice n , de la partie de matériau éclairée, augmente.

d) Application numérique.

— Pour la radiation jaune (doublet « D » à $0,5890 \mu\text{m}$) du sodium, la valeur de l'indice absolu du matériau (flint) étudié vaut $n_D = 1,6725$. Calculer la variation relative d'indice $\frac{\Delta n}{n_D}$.

— Un milieu transparent est homogène si $\frac{\Delta n}{n_D} \leq 10^{-5}$. Conclusion ?

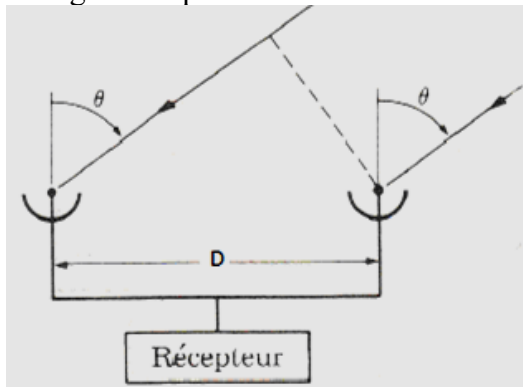
OP206 – Astronomie interférométrique (Colombe)

Un dispositif interférométrique en astronomie est constitué de 2 télescopes séparés d'une distance D et orientées dans des directions parallèles. Les signaux reçus sont transmis à une station réceptrice.

1 – a) Déterminer les directions d'incidence θ pour lesquelles le récepteur détecte un signal résultant maximal (proportionnel à l'éclairement interférentiel).

Données : $D = 2,7 \cdot 10^3 \text{ km}$; $\lambda = 0,11 \text{ m}$ (radio-interféromètre de Green-Bank, West Virginia)

b) Tracer le diagramme polaire de l'éclairement en fonction de θ

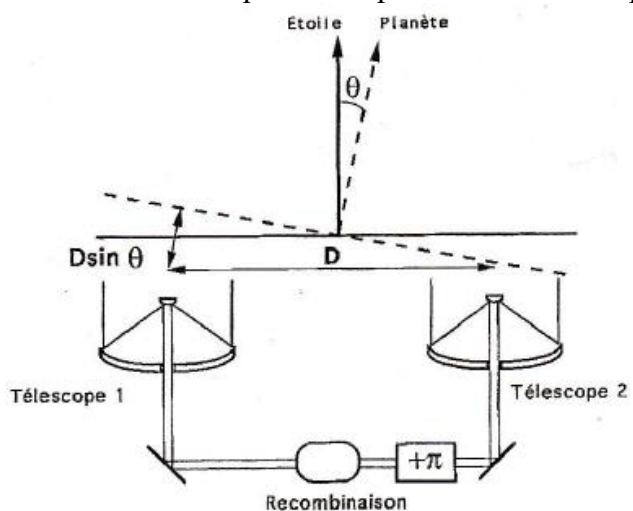


2 – En 1978, Bracewell imagine le dispositif suivant afin d'améliorer le pouvoir séparateur des télescopes.

Ce procédé sera utilisé dans l'infrarouge (donc au delà de l'atmosphère qui est opaque aux IR) pour résoudre par observation directe les planètes extrasolaires. Les deux télescopes pointent vers une étoile autour de laquelle gravite une planète dont l'orbite à un rayon apparent θ . La distance D est ici ajustable.

a) Quelle conséquence sur la fonction « éclairement interférentiel » le déphasage de π d'un des deux signaux entraîne-t-il ?

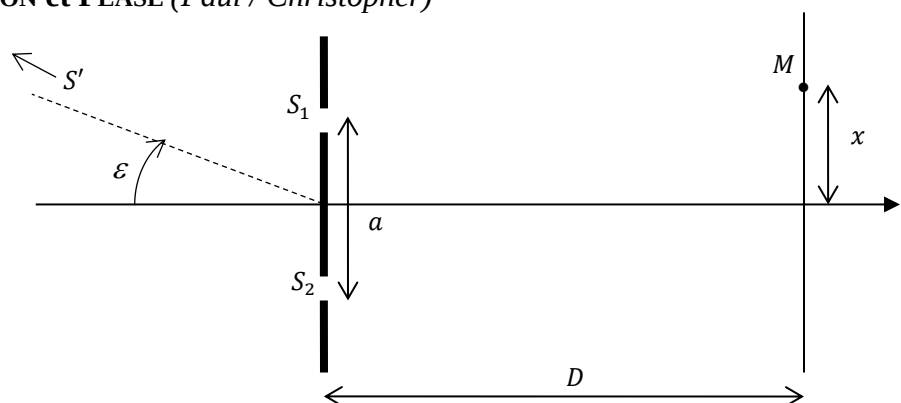
b) Déterminer la distance D afin que l'éclairement résultant dû à la planète soit maximal dans la direction θ .



A.N : $\theta = 0,1'' = 4,8 \cdot 10^{-7} \text{ rad}$, 1^{ère} direction d'éclairement maximal, $\lambda = 10 \mu\text{m}$.

OP214 - Méthode de MICHELSON et PEASE (Paul / Christopher)

Une source ponctuelle monochromatique S' de longueur d'onde λ_0 éclaire un dispositif classique de trous d'Young. Cette source est à l'infini dans une direction faisant un angle ε avec l'axe optique. On suppose $|x| \ll D$, $a \ll D$, $\varepsilon \ll 1 \text{ rad}$.



1 - En tenant compte de ces approximations, exprimer l'ordre d'interférence $p'(M)$ en fonction de x , a , D et ε où x représente l'abscisse du point M.

Une seconde source S'' de même longueur d'onde λ_0 , identique à la précédente, est placée symétriquement à S' par rapport à l'axe du dispositif de fentes. Les sources S' et S'' sont supposées incohérentes. Un dispositif adapté permet de faire varier a .

2 - Déterminer les valeurs de a qui correspondent à une annulation de la visibilité (ou contraste) des franges d'interférences au point M.

3 - Application : Les deux sources S' et S'' sont les deux composantes d'une étoile double. Dans le cas de Capella, pour $\lambda_0 = 635 \text{ nm}$, on trouve que la plus petite valeur de a annulant la visibilité des franges vaut $a_0 = 116,5 \text{ cm}$. En déduire la valeur de ε (par souci de simplicité, on prendra l'indice des milieux traversés égal à 1).

Si le principe de mesure de ε est dû à FIZEAU et STEFAN (1868), la première mise en pratique a été réalisée par MICHELSON et PEASE en 1920 qui ont adapté des fentes d'YOUNG devant un télescope avec une base a réglable allant jusqu'à trois mètres. En 1974, A. LABEYRIE a obtenu, sur le même principe, des interférences avec deux télescopes distincts, ce qui permet d'augmenter à la fois la luminosité du montage et la base a ; c'est celle-ci qui est conditionne le pouvoir de résolution de cette méthode.

OP204 – Trous d'Young en lumière polychromatique (Raphaël / Antoine B)

Deux trous d'Young S_1 et S_2 distants de $a = 4,0 \text{ mm}$ sont percés dans un diaphragme plan. Ils sont éclairés par une source ponctuelle S équidistante des trous et située à $d = 10 \text{ cm}$ du diaphragme.

On observe les franges d'interférences sur un écran situé à $D = 100 \text{ cm}$ du diaphragme et parallèle à lui.

1 – Eclairage bichromatique. (doublet jaune du sodium) : $\lambda_1 = 689,0 \text{ nm}$ et $\lambda_2 = 689,6 \text{ nm}$.

A quelle distance de la frange centrale y a-t-il disparition des franges pour la 1^{ère} fois ?

2 – Eclairage en lumière blanche : spectre cannelé

Les trous sources sont maintenant espacés de $a = 1,2 \text{ mm}$. Ils sont éclairés en lumière blanche de spectre continu entre $0,4 \mu\text{m}$ et $0,75 \mu\text{m}$.

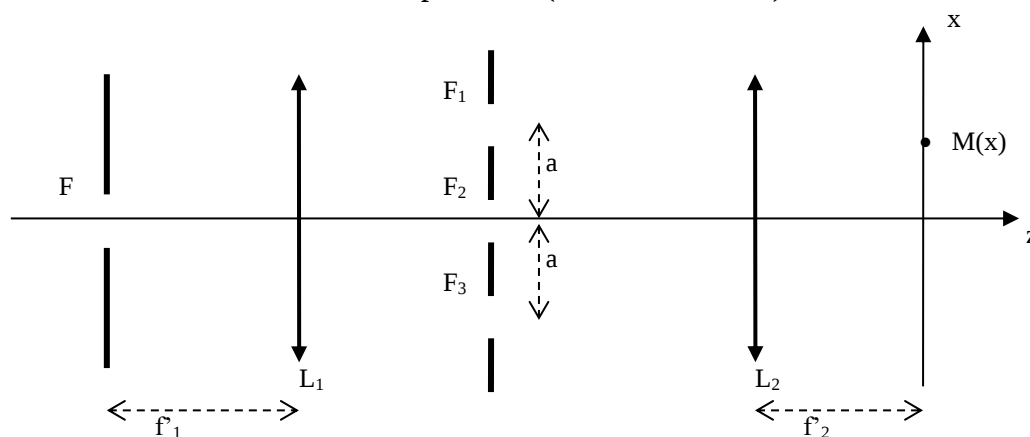
On observe les interférences sur un écran à $D = 1 \text{ m}$ des trous. Sur cet écran, à $3,6 \text{ mm}$ de la frange centrale, on place la fente d'un spectroscopie.

Combien y a-t-il de cannelures sombres dans le spectre et à quelles longueurs d'onde correspondent-elles ?

★ OP210 – Fentes triples (Brieuc)

On éclaire le dispositif ci-dessous par une source monochromatique de longueur d'onde λ placée juste avant la fente F qui sert de fente source. Tout le dispositif est situé dans l'air dont l'indice vaut 1.

Toutes les fentes (F, F_1, F_2, F_3) sont parallèles à l'axe des y (perpendiculaire au plan de figure) et sont considérées infiniment fines. Les trois fentes (F_1, F_2, F_3) sont identiques et régulièrement espacées de la distance a . La lumière de la source est non polarisée (lumière naturelle).



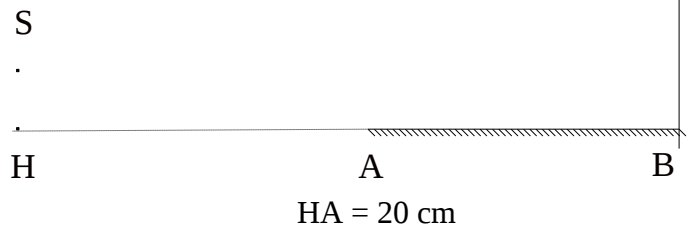
Exprimer l'intensité lumineuse au niveau du point M de l'écran : $I(x)$ pour $x \ll f_2$. Tracer l'allure du graphe de $I(x)$ et décrire ce que l'on voit sur l'écran.

★ OP211 – Miroir de Lloyd (Côte)

On place un miroir (M) de longueur $AB = 10 \text{ cm}$ perpendiculairement à un écran. Il est éclairé sous une incidence rasante par une source ponctuelle S placée au dessus du plan du miroir à une hauteur $h = 1,0 \text{ mm}$.

1 – Une source monochromatique : $\lambda = 546 \text{ nm}$

a) Justifier l'observation de franges d'interférences sur l'écran. Quelle est leur forme ? Représenter le champ d'interférences.



b) Déterminer l'interfrange i ainsi que le nombre de franges brillantes et noires

(N.B. On n'oubliera pas la différence de phase π due à la réflexion.)

c) On déplace la source S de dh verticalement. Comment est modifié le système d'interférences ?

d) On élargit la source ponctuelle S, verticalement, de façon à obtenir un fin segment perpendiculaire au plan du miroir. Justifier que pour une certaine longueur ℓ que l'on précisera, les franges se brouillent.

2 – Deux sources synchrones incohérentes

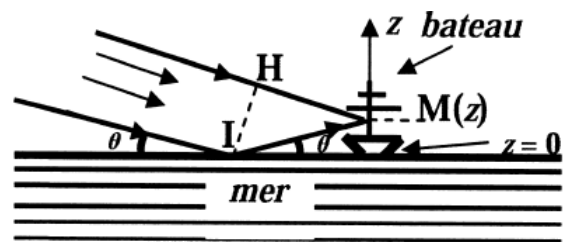
On remplace la source S par deux sources S_1 et S_2 incohérentes émettant à la même longueur d'onde, placées à la verticale l'une de l'autre aux hauteurs respectives h_1 et h_2 .

a) Décrire la figure d'interférences observée.

b) Quelle est la plus petite distance $h_1 - h_2$ entre les deux trous pour laquelle coïncident exactement la dixième frange noire du système d'interférence dû à S_1 et une frange brillante du système d'interférences dû à S_2 .

3 – Application

Un bateau en mer à 10 km de la côte veut capter une émission FM de fréquence 100 MHz . Le faisceau parallèle provenant de l'émetteur situé sur la côte, se réfléchit en partie sur la mer et le dispositif s'identifie à celui du miroir de Lloyd.



a) Par mer calme, celle-ci se comporte comme un miroir parfait : pour quelle raison l'émission de radio est-elle mal perçue quand l'émetteur est situé à une hauteur de 10 m et la perception bien meilleure quand celui-ci se trouve sur une colline à une hauteur de 700 m ? (rappel : à la réflexion l'onde subit un déphasage de π).

b) Par mer agitée, celle-ci se comporte comme un miroir imparfait : la vibration propagée par le faisceau parallèle est perpendiculaire au plan d'incidence avec un facteur de réflexion du miroir imparfait $R_{\perp} = 80 \%$. Exprimer, en fonction de I_1 (intensité du faisceau direct) et I_2 (intensité du faisceau réfléchi) pour en fonction de $R_{\perp}$, le contraste. Calculer la valeur de ce contraste.