

TD n°18

Interférométrie par division du front d'onde

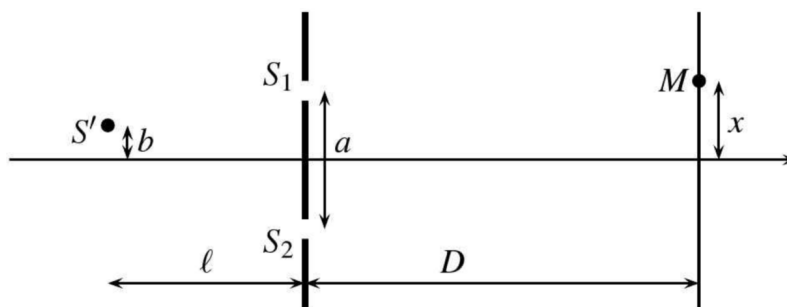
Exercice 1 : Expérience des trous d'Young

On réalise une expérience d'interférences avec deux trous d'Young dans l'air. On obtient un interfrange $i_0 = 2 \text{ mm}$.

1. Quelle est la nouvelle valeur de l'interfrange si le dispositif est plongé dans de l'eau d'indice $n_1 = 1,33$?
2. On revient dans l'air et on recouvre un des deux trous par une lame qui ne laisse passer que 50% de l'intensité lumineuse mais n'introduit aucune différence de marche notable. Comment est transformée la figure d'interférences ?

Exercice 2 : Méthode de Michelson et Pease

Une source monochromatique S' de longueur d'onde λ éclaire un dispositif classique de trous d'Young. Les notations sont indiquées sur la figure ci-dessous. La source S' n'est pas sur l'axe des fentes, mais à une distance b de celui-ci.



On suppose que $|x| \ll D$, $a \ll D$, $a \ll \ell$ et $b \ll \ell$. Par souci de simplicité, l'indice des milieux traversés vaut 1.

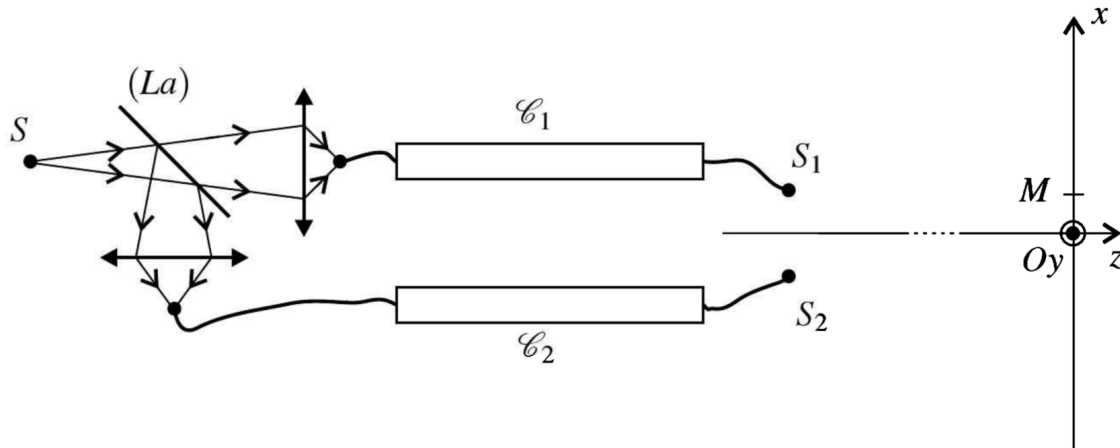
1. En tenant compte des approximations, exprimer l'ordre d'interférences $p(M)$ au point $M(x)$ en fonction de x , a , b , D et ℓ .

Une seconde source S'' , identique à la première, est placée symétriquement à S' par rapport à l'axe du dispositif. Les sources S' et S'' sont supposées incohérentes. Un dispositif adapté permet de faire varier a , les paramètres λ et $\varepsilon = \frac{2b}{\ell}$ restant constants.

2. Déterminer les valeurs de a qui correspondent à une annulation de la visibilité des franges d'interférences au point M .
3. Les deux sources sont les deux composantes d'une étoile double. Dans le cas de Capella, pour $\lambda = 635 \text{ nm}$, la plus petite valeur de a annulant le contraste des franges est $a_0 = 116,5 \text{ cm}$. En déduire la valeur de ε .

Exercice 3 : Détecteur interférométrique de concentration

Le faisceau émis par une source monochromatique de longueur d'onde $\lambda_0 = 590 \text{ nm}$ est dédoublé par une lame semi-réfléchissante (La) en deux faisceaux qui sont injectés dans deux fibres optiques. Les rayons lumineux guidés par ces fibres traversent deux cuves transparentes \mathcal{C}_1 et \mathcal{C}_2 identiques et sortent des fibres aux points S_1 et S_2 tels que $S_1S_2 = a$.



Un écran d'observation est placé parallèlement à l'axe (S_1S_2) à une distance $D \gg a$ de celui-ci. On règle le dispositif de sorte à ce que les chemins optiques (SS_1) et (SS_2) soient rigoureusement identiques lorsque les cuves sont vides.

1. Les cuves sont remplies d'air dans les conditions standard de température et de pression. L'indice de l'air est noté n_1 dans ces conditions, également réalisées à l'extérieur des cuves. Donner l'expression de l'intensité $I(x)$ observée sur l'écran au voisinage du point O en fonction de sa valeur moyenne I_m , de x et d'une interfrange i que l'on exprimera.

Dans la cuve \mathcal{C}_2 , on remplace progressivement l'air par du monoxyde de carbone CO d'indice optique n_2 . On constate que les franges se déplacent vers le haut.

2. Quel est le signe de $n_2 - n_1$?
3. Soit n l'indice du mélange en cours de remplissage. Donner l'expression de l'intensité $I(x)$ pendant le remplissage en fonction de I_m , i , x , n_1 , n et de la longueur intérieure des cuves L .
4. On note que 70 ± 1 franges passent en O au cours de l'expérience. Sachant que $L = 1,00 \text{ m}$ et $n_1 = 1,000\,292\,6$, calculer n_2 et évaluer l'incertitude associée.

Les deux cuves étant à nouveau remplies d'air, on introduit dans \mathcal{C}_2 une petite quantité de CO. On admet que la variation d'indice est proportionnelle à la fraction molaire f du monoxyde de carbone dans la cuve. L'indice du mélange est donc : $n = n_1 + (n_2 - n_1)f$.

5. Calculer la plus petite fraction molaire f_{\min} de CO détectable dans l'hypothèse où le plus petit déplacement décelable des franges vaut $i/10$.

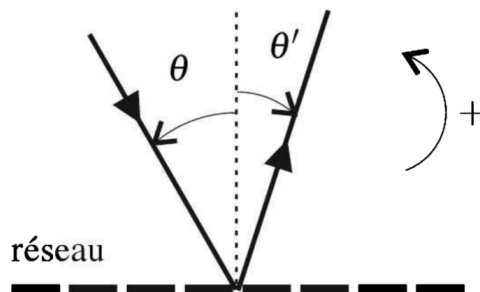
Exercice 4 : Autour des réseaux

1. On éclaire un réseau ayant 500 traits par millimètre par un faisceau parallèle d'incidence normale ($\theta_0 = 0$) et de longueur d'onde $\lambda_0 = 600$ nm. Combien de pics de diffraction peut-on observer au maximum ?
2. Un réseau optique doit être tel que, pour toute longueur d'onde visible :
 - au moins un ordre de diffraction non nul soit observable en incidence normale ;
 - l'angle entre les directions des lumières diffractées dans deux ordres consécutifs soit au moins égal à 0,1 rad.

Comment choisir le pas a du réseau ?

Exercice 5 : Réseau en réflexion

Dans un réseau plan par réflexion, les fentes transparentes sont remplacées par des bandes rectangulaires réfléchissantes séparées par des traits opaques non réfléchissants. Un faisceau parallèle, monochromatique de longueur d'onde λ_0 arrive sur ce réseau avec un angle d'incidence algébrique θ_0 .



1. Établir la relation entre les angles θ_0 et θ , faisant intervenir un entier relatif quelconque k , repérant les directions dans lesquelles on trouve de la lumière réfléchie.
 2. On envoie, sous incidence $\theta_0 = 30^\circ$, un faisceau parallèle de lumière blanche. Déterminer la(les) longueur(s) d'onde qui est(sont) réfléchi(e)s dans la direction du faisceau incident sachant que le réseau comporte 1000 traits par millimètre.
-