

I. Interférences à deux ondes issues de deux sources ponctuelles

L'espace est rapporté à un repère orthonormé direct $R(O, x, y, z)$. Des interférences lumineuses sont obtenues à l'aide d'un dispositif interférentiel permettant de créer deux sources ponctuelles cohérentes S_1 et S_2 à partir d'une même source ponctuelle monochromatique de longueur d'onde dans l'air λ . Les sources S_1 et S_2 , distantes de a émettent des ondes lumineuses sphériques en phase et de même intensité (ou éclairement) I_0 . Le milieu S du segment S_1S_2 est situé sur l'axe (Ox) . L'écran d'observation est placé dans le plan (yOz) à la distance d de S . Le dispositif interférentiel est placé dans l'air d'indice l . Il permet d'orienter l'axe des sources, soit parallèlement à l'écran selon l'axe (Oz) (figure1), soit perpendiculairement à l'écran selon l'axe (Ox) (figure2).

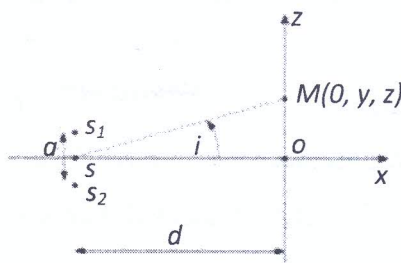


Figure 1

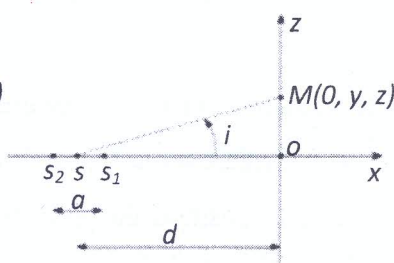


Figure 2

1. Exprimer l'intensité lumineuse $I(M)$ en un point $M(0, y, z)$ de l'écran en fonction de l'intensité I_0 de chacune des sources et du déphasage $\phi(M)$ au point M entre les deux ondes de S_1 et S_2 .
2. Exprimer $\phi(M)$ en fonction de la différence de marche géométrique $\delta(M)$ au point M entre les deux ondes lumineuses provenant des sources S_1 et S_2 .

On se place dans le cas où l'axe des deux sources est parallèle au plan de l'écran (figure1). Pour observer des interférences, le dispositif interférentiel est éclairé avec une source

monochromatique de longueur d'onde $\lambda=500nm$ et réglé de façon à obtenir une figure d'interférence dont les dimensions sont de l'ordre du centimètre, avec $d= 1 m$ et $a = 1 mm$.

3. Exprimer la différence de marche $\delta(M)$ en fonction de a , d et de la position du point M .
4. Exprimer l'intensité $I(M)$ sur l'écran en fonction de la position du point M .
5. Calculer l'ordre d'interférence P_0 au point O . Commenter.
6. Décrire la figure d'interférence observée sur l'écran.
7. Déterminer en fonction de a , λ et d la distance d_i entre deux franges brillantes (interfrange).
8. Application numérique : calculer la position du premier maximum d'intensité lumineuse situé en dehors du centre O de l'écran.

On se place maintenant dans le cas où l'axe (S_1S_2) passant par les deux sources est perpendiculaire au plan de l'écran (figure2).

9. Montrer dans ce cas que la différence de marche $\delta(M)$ au point M s'exprime en fonction de a et de l'angle i entre le segment SM et l'axe (Ox) .
10. L'angle i restant voisin de zéro, exprimer $\delta(M)$ à l'ordre 2 en i au point M puis en fonction de a , d et $\rho = OM$.
11. Donner l'expression de l'intensité $I(M)$ sur l'écran d'observation en fonction de la distance $\rho = OM$.
12. Application numérique : calculer l'ordre d'interférence P_0 au point O . Commenter.
13. Représenter, en la justifiant, l'allure de la figure d'interférence observée sur l'écran
14. Évaluer approximativement la position du premier maximum d'intensité lumineuse situé en dehors du centre O de l'écran.
15. Comment faut-il modifier le système pour observer les figures d'interférences localisées à l'infini.

II. Dispositif interférentiel à deux ondes

Le principe de fonctionnement du dispositif interférentiel (figure3) est similaire à celui de l'interféromètre de Michelson. Il est composé d'un séparateur de faisceau constitué de deux prismes droit isocèles identiques accolés par leurs bases et de deux miroirs plan M_1 et M_2 , de centre respectif O_1 et O_2 . Il est éclairé par une source ponctuelle S_L obtenue grâce à un faisceau de lumière parallèle monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 500nm$ issu d'un laser. Ce faisceau traverse une lentille convergente de focale $f' = 1cm$ placée avant l'entrée du

séparateur. On traitera le séparateur comme une lame séparatrice L_p unique, d'épaisseur nulle (face commune aux deux prismes) qui transmet 50% de l'énergie lumineuse, l'autre partie étant réfléchie. On note $l = S_L O_p = 10\text{cm}$ la distance entre la source ponctuelle S_L et le centre O_p de la séparatrice et $L = O_p O = 70\text{cm}$ la distance entre la séparatrice et l'écran (E).

Les deux miroirs sont mobiles et peuvent pivoter autour de leurs axes $O_1 y$ et $O_2 y$. On note α_1 et α_2 les angles de rotation de chacun des miroirs conformément à la figure 3.

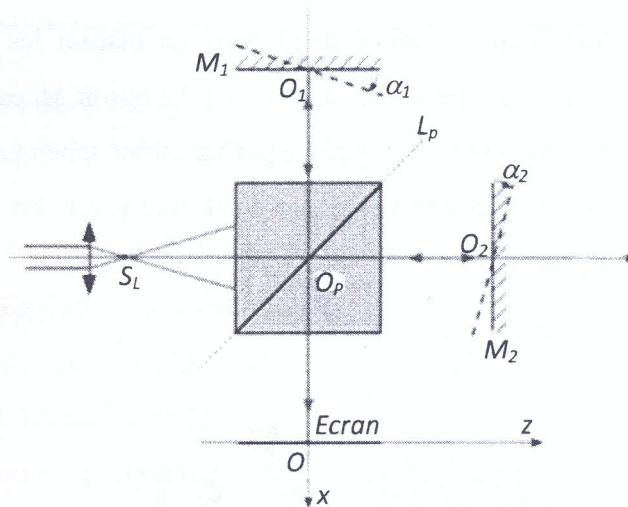


Figure 3

16. On se place dans le cas où les deux miroirs sont orthogonaux. Les positions des miroirs sont données par les distances $d_1 = O_p O_1$ et $d_2 = O_p O_2$ avec $d_1 \leq d_2$. En vous aidant d'un schéma clair, déterminer les coordonnées des sources secondaires S_1 et S_2 créées par l'interféromètre en fonction de l , L , d_1 et d_2 .

17. En déduire la distance a qui sépare les sources S_1 et S_2 et la distance d de leur milieu S à l'écran en fonction de l , L , d_1 et d_2 .

18. Le miroir M_1 réglé à $d_1 = l$ restant fixe, le miroir M_2 est translaté de façon à obtenir un éclairement uniforme de l'écran. Donner dans ces conditions la valeur de a .

19. A partir de la position précédente, le miroir M_2 est déplacé parallèlement à l'axe (Oz) d'une distance e , telle que $e = d_2 - d_1 \geq 0$ avec $e \ll d_1$ et $e \ll d_2$.

20. Décrire la figure d'interférence observée à l'écran.

21. Le centre de la figure d'interférence est brillant. La première frange brillante, hors de l'axe, est située à 20 mm du centre de la figure. Calculer, à partir des résultats obtenus dans la partie (1), la distance e .

22. Calculer l'ordre d'interférence au centre de la figure d'interférence.

A partir de la position des miroirs obtenus question 18, on fait subir à chaque miroir une très faible rotation, dans le même sens et du même angle α ($\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$).

23. Décrire la figure d'interférence observée sur l'écran.

24. La distance entre deux franges brillantes consécutives est égale à $i=5\text{mm}$. Calculer à partir des résultats obtenus dans la partie (1) l'angle α en radians.

25. Comment varie la distance entre les franges si on augmente α .

III. Mesure du rayon de courbure d'un miroir

L'interféromètre de la question précédente est initialement réglé en plaçant les deux miroirs orthogonalement et à la même distance de la séparatrice ($d_1 = d_2 = l$). Le miroir M_1 est un miroir de référence parfaitement plan. Le miroir M_2 est alors remplacé par un miroir sphérique convexe M_2 dont le sommet est positionné en O_2 et de centre C_2 (figure 4). L'axe $(O_p z)$ est l'axe optique du miroir M_2 et $R_2 = O_2 C_2$ son rayon.

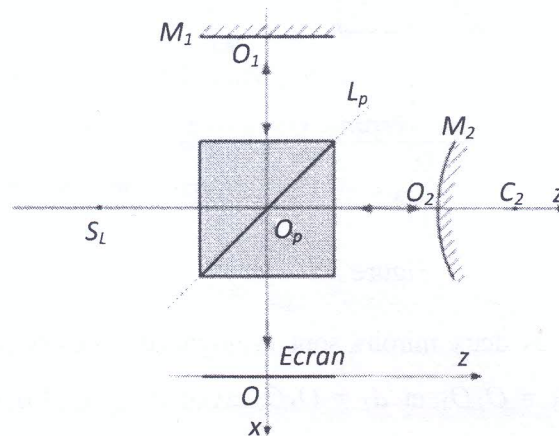


Figure 4

26. Déterminer la position de S'_L image de S_L par M_2 en l'absence du séparateur de faisceau en fonction R_2 et l sachant que la relation de conjugaison d'un miroir sphérique s'écrit sous la forme :

$$\frac{1}{O_2 S'_L} + \frac{1}{O_2 S_L} = \frac{2}{O_2 C_2}$$

27. Déterminer les coordonnées dans le repère $(Oxyz)$ des sources secondaires S_1 et S_2 créés par l'interféromètre en fonction de l , L et R_2 .

28. Montrer que dans le cas où $R_2 \gg l$, la distance a entre les deux sources se met sous la forme $a \approx \frac{8l^2}{R_2}$ et que la distance d du milieu des deux sources à l'écran est voisine de $d \approx L + 3l$.

29. En déduire l'aspect de la figure d'interférence observée sur l'écran.

30. Le centre de la figure d'interférence est un point brillant. La cinquième frange brillante est située à $12,5\text{mm}$ du centre. Calculer la valeur du rayon R_2 du miroir M_2 .