

Interférences avec des miroirs plans

L'indice de l'air est pris égal à celui du vide c'est-à-dire: 1 .

I. Miroir de Lloyd

A. Étude générale

On considère le dispositif interférentiel du miroir de Lloyd composé d'un miroir plan AB , de largeur ℓ et d'un écran placé en B , orthogonalement au plan du miroir. Une source ponctuelle S , située à une hauteur h au-dessus du plan du miroir et à une distance d de l'extrémité A du miroir, éclaire celui-ci sous incidence rasante ($h \ll d + \ell$), d'une lumière de longueur d'onde λ .

Les faisceaux, direct et réfléchi par le miroir, contribuent aux interférences observées en un point M de l'écran (*figure 1*)

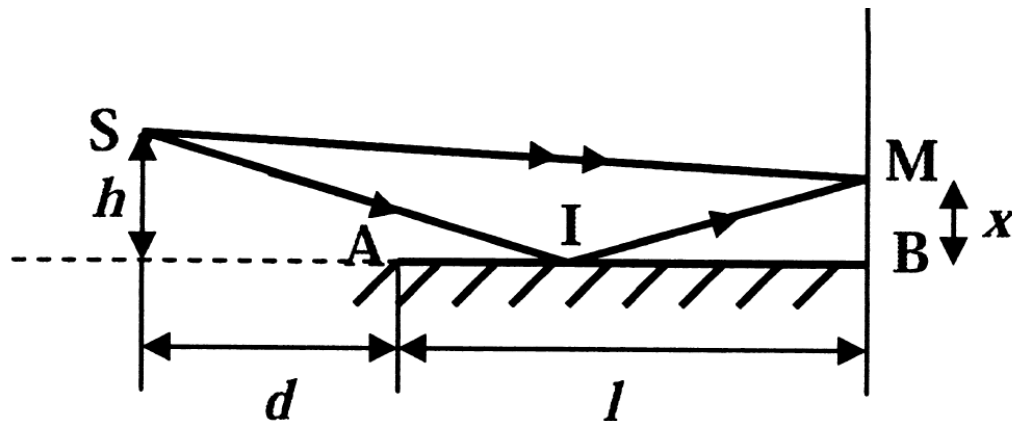


figure 1

1. Ce dispositif est-il à division du front d'onde ou à division d'amplitude ? Quelle est la conséquence sur les intensités I_1 et I_2 des faisceaux issus des sources secondaires S_1 et S_2 ?
2. Positionner les sources secondaires S_1 et S_2 dans ce dispositif interférentiel et délimiter le champ d'interférences dans le plan de la *figure 1*. Préciser ensuite les valeurs extrêmes de x pour la zone d'interférences au niveau de l'écran.
3. Contrairement au rayon direct, le rayon réfléchi subit, lors de la réflexion, un déphasage de π . Ces sources secondaires sont-elles cohérentes ? synchrones ? en phase ?
4. Déterminer la différence de marche géométrique δ' (on démontrera la formule utilisée en utilisant les notations de la figure en travaillant dans le plan de la figure) et la différence de marche totale δ ainsi que l'ordre d'interférence p au point M ($BM = x$) en fonction de λ , h , ℓ , d et x .
5. En déduire l'expression (simplifier cette expression) de l'intensité lumineuse $I(x)$ en M en

fonction de I_1 , λ , h , ℓ , d et x . On démontrera la formule utilisée. Déterminer la nature de la frange en $x=0$.

6. Déduire de $I(x)$ l'expression de l'interfrange i , en fonction de λ , h , ℓ et d .
7. Déterminer en fonction de λ , h , ℓ et d , le nombre N de franges claires que l'on peut observer sur l'écran.
8. Applications numériques : Calculer i , N , sachant que : $\lambda=632,8\text{nm}$, $h=1\text{mm}$, $\ell=30\text{cm}$ et $d=50\text{cm}$. Préciser l'abscisse x des franges claires.

B. Application

Un bateau en mer à 10km de la côte veut capter une émission radio FM de fréquence 100MHz . 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 (figure 2).

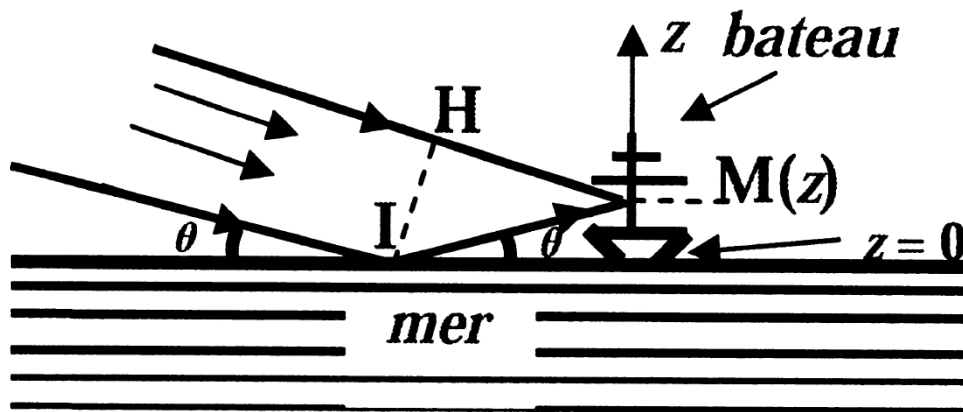


figure 2

1) Mer calme

Par mer calme, celle-ci se comporte comme un miroir parfait.

9. Déterminer la différence de marche géométrique δ' . Montrer avec précision qu'elle vaut $\delta' = K z \sin \theta$ où K est une constante dont on donnera la valeur.
10. Donner l'expression de l'ordre d'interférence $p(z)$, de l'intensité vibratoire $I(z)$. Donner l'expression de l'interfrange i en fonction de λ et θ .
11. Application numérique : calculer l'interfrange si l'émetteur est situé à une hauteur de 10m .
12. Pour quelle raison l'émission de radio est-elle mal perçue quand l'émetteur est situé à une hauteur de 10m et la perception bien meilleure quand celui-ci se trouve sur une colline à une hauteur de 700m ?

2) Mer agitée

Par mer agitée, la mer se comporte comme un miroir imparfait. La vibration propagée par le

faisceau parallèle est perpendiculaire au plan d'incidence, avec un facteur de réflexion en intensité du miroir imparfait $R_{\perp} = 80\%$.

13. Démontrer l'expression donnant l'intensité $I(z)$ en désignant par I_1 l'intensité du faisceau direct et par I_2 l'intensité du faisceau réfléchi. En déduire l'expression en fonction I_1 et de

$$I_2, \text{ puis en fonction de } R_{\perp}, \text{ du contraste } \mathcal{C} = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}.$$

14. Calculer $\mathcal{C}$ pour $R_{\perp} = 80\%$. La perception des ondes est-elle bien contrastée quand l'antenne réceptrice se déplace le long du mât du bateau.

II. Miroirs de Fresnel

On considère le système interférentiel des miroirs de Fresnel (figure 3). Les miroirs (M_1) et (M_2), d'arête commune (Δ), font entre eux un angle $\alpha = 3'$ d'arc et sont éclairés par une source ponctuelle S située à la distance $d = 60 \text{ cm}$ de (Δ), dans le plan de symétrie du système perpendiculaire à (Δ). Les miroirs donnent de S deux images S_1 et S_2 . Les interférences sont observées dans un plan (E) parallèle à (Δ) et perpendiculaire au plan médiateur de $S_1 S_2$ à la distance $D = 1,40 \text{ m}$ de (Δ).

La position d'un point P sera repérée par sa distance x à l'axe (y, y'), intersection du plan médiateur de $S_1 S_2$ avec (E).

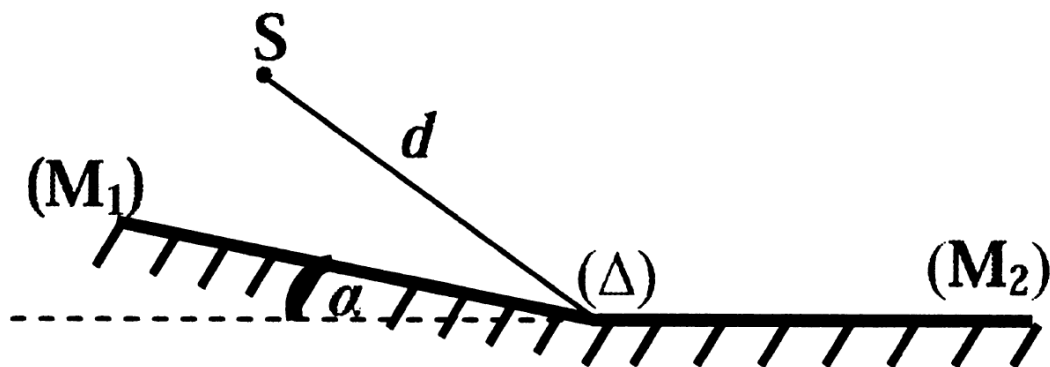


figure 3

A. Lumière monochromatique

La source (laser He-Ne) émet de la lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda_0 = 632,8 \text{ nm}$.

15. Exprimer la différence de marche $\delta(x)$ (donner d'abord une expression exacte puis travailler dans la suite au premier ordre en α) et l'intensité lumineuse I dans le plan (E) en fonction de λ_0 , α , d , D , x et I_0 avec $I_{S1} = I_{S2} = I_0$: intensité commune des sources secondaires.

16. Déterminer les expressions littérales et les valeurs numériques de l'interfrange i et de la largeur ℓ du champ d'interférences.

B. Doublet

La source S (lampe spectrale) émet maintenant deux radiations lumineuses de même intensité I_0 et de longueurs d'ondes $\lambda_1 = 577,0 \text{ nm}$ et $\lambda_2 = 579,1 \text{ nm}$ (doublet jaune du mercure).

17. Établir l'expression de l'intensité $I(x)$ en un point P de (E) et montrer qu'elle s'écrit sous la forme : $I(x) = 4I_0 \{ 1 + \cos[2\pi \cdot \delta(x) \cdot f(\lambda_1, \lambda_2)] \cdot \cos[2\pi \cdot \delta(x) \cdot g(\lambda_1, \lambda_2)] \}$ où l'on définira les fonctions f et g .

L'allure qualitative que pourrait avoir $I(x)$ est représentée sur la *figure 4*.

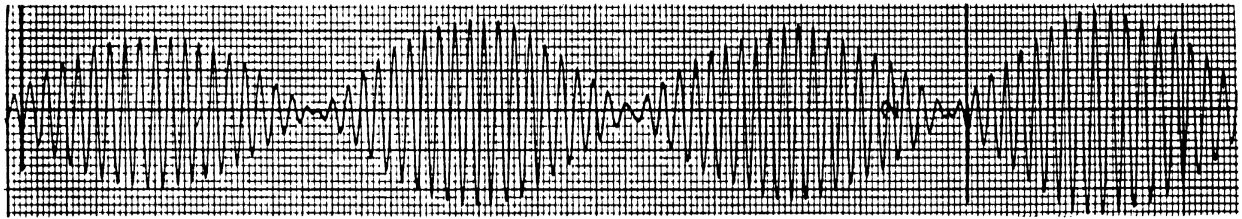


figure 4

18. Montrer que, en théorie, des mesures sur le graphe de l'enregistrement de $I(x)$ permettraient de déduire les valeurs des deux longueurs d'ondes. Préciser la démarche.
19. Le dispositif étudié ici permet-il effectivement de mesurer λ_1 et λ_2 ? Justifier votre réponse.
-