

1. Ondes lumineuses et interférences dans le vide

1. On caractérise une onde lumineuse en un point P , à la date t , par une grandeur lumineuse scalaire $\underline{s}(P, t)$ associée au vecteur champ électrique $\vec{E}$ de l'onde. En notation complexe, on écrira : $\underline{s}(P, t) = s_0 \exp[i(\vec{k} \cdot \vec{r} + \varphi - \omega t)]$ où s_0 est l'amplitude supposée constante, $\vec{k}$ le vecteur d'onde, $\vec{r} = \vec{S}\vec{P}$ (S étant le point source lumineux) le vecteur position et φ la phase à l'origine.

Rappeler l'expression du vecteur d'onde $\vec{k}$ en fonction de λ_0 , longueur d'onde dans le vide de l'onde.

2. On considère, en un point P dans le vide, la superposition de deux ondes issues de deux sources ponctuelles S_1 et S_2 monochromatiques (pulsations respectives ω_1 et ω_2 , phases à l'origine respectives φ_1 et φ_2).
 - (a) Écrire, au point P , les grandeurs lumineuses complexes $\underline{s}_1(P, t)$ et $\underline{s}_2(P, t)$ associées aux deux ondes. On prendra la même amplitude s_0 pour les deux grandeurs lumineuses. En déduire la grandeur lumineuse complexe $\underline{s}(P, t)$ résultant de la superposition des deux ondes.
 - (b) Calculer alors l'intensité lumineuse I que l'on définit simplement ici par $I = \langle \underline{s} \cdot \underline{s}^* \rangle$, $\underline{s}^*$ étant le complexe conjugué de $\underline{s}$. On notera $I_0 = \langle s_0^2 \rangle$.
 - (c) En déduire les conditions d'obtention d'un phénomène d'interférences.
 - (d) Donner l'expression de I , lorsque ces conditions sont réunies, en fonction de I_0 , λ_0 la longueur d'onde dans le vide et des distances S_1P et S_2P .

2. Figure d'interférences créée par deux sources monochromatiques cohérentes

On considère deux ondes de même amplitude s_0 , émises par deux sources ponctuelles monochromatiques situées dans le vide, S_1 et S_2 , distantes de la longueur a , ces deux sources étant cohérentes et en phase. On négligera la variation des amplitudes en fonction des parcours r_1 et r_2 .

3. On considère un plan d'observation parallèle à la droite des sources et situé à une distance D de celle-ci (cf. Fig. 4), le point courant P décrivant l'axe OX . On suppose que $D \gg a$ et $D \gg X$.

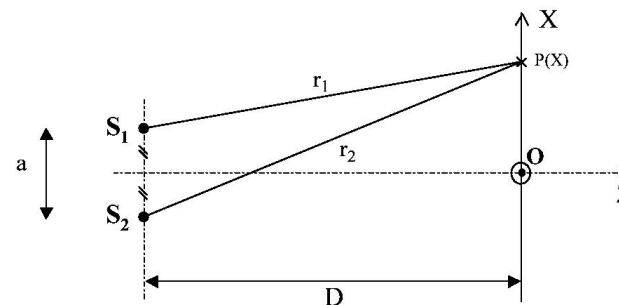


Fig. 4 : Plan d'observation parallèle à la droite des sources

Déterminer l'expression de I en fonction de X , position du point P de l'écran.

4. Définir et exprimer l'interfrange i .
5. On considère maintenant un plan d'observation perpendiculaire à la droite des sources et situé à une distance D de leur point milieu (cf. Fig. 5). On suppose que $D \gg a$ et $D \gg \rho$.

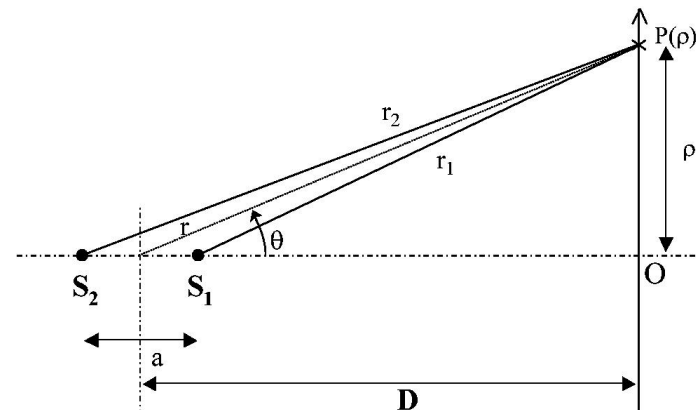


Fig. 5 : Plan d'observation perpendiculaire à la droite des sources

- (a) Exprimer la différence de marche δ en fonction de a et θ .

- (b) Justifier la figure d'interférences observée à l'écran.
- (c) Exprimer l'intensité I au point P de l'écran.

3. Applications : Franges de Pohl

6. L'utilisation d'une lame mince en verre ou en mica à faces parallèles d'indice n permet d'observer un phénomène d'interférences connu sous le nom de "franges d'égale inclinaison". La figure 6 présente le dispositif expérimental pour une source ponctuelle monochromatique de longueur d'onde λ_0 (dans le vide).

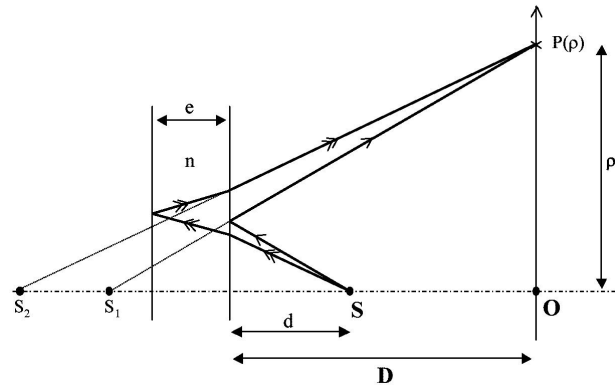


Fig. 6 : Dispositif à franges de Pohl

L'écran est situé parallèlement à la lame à une distance D de celle-ci, la source S étant située à une distance d de la lame ($d \ll D$). Deux rayons issus de S interfèrent en P situé à la distance ρ de O . Le premier se réfléchit sur la face avant de la lame, ce qui rajoute un déphasage supplémentaire de π . Le second se réfléchit sur la face arrière sans introduire de déphasage.

- (a) Décrire la figure d'interférences observée à proximité de O .
- (b) Exprimer le chemin optique $(SP)_1$ parcouru par le rayon issu de S et se réfléchissant sur la face avant de la lame, en fonction de d , D , ρ , et $\lambda_0/2$.
- (c) Exprimer le chemin optique approché $(SP)_2$ parcouru par le rayon issu de S et se réfléchissant sur la face arrière de la lame, en fonction

de d , D , ρ , e , et n .

Nota : On considérera que les angles étant très faibles, les trajets représentés au sein de la lame d'indice n (Fig. 6) sont quasiment parallèles à la direction OS .

- (d) En déduire la différence de marche δ ainsi que l'ordre p d'interférence entre les deux rayons.
 - (e) En supposant que les deux ondes interférant en P sont d'amplitude semblable, exprimer I , intensité lumineuse en P .
7. On réalise expérimentalement le dispositif des franges de Pohl en utilisant une source ponctuelle monochromatique de longueur d'onde $\lambda_0 = 0,58 \mu\text{m}$ (dans le vide) située à une distance $d = 25 \text{ cm}$ d'une lame de mica d'indice $n = 1,617$ et d'épaisseur $e = 13 \mu\text{m}$. L'écran est situé à une distance $D = 1 \text{ m}$ de la lame.
- (a) Calculer l'ordre d'interférence p_0 au point O de l'écran. Conclure.
 - (b) On note p_1 l'ordre d'interférence du premier anneau brillant. Donner la valeur de p_1 . En déduire l'expression de son rayon ρ_1 et le calculer.
 - (c) On considère le $m^{\text{ième}}$ anneau brillant d'ordre d'interférence p_m et de rayon ρ_m . Exprimer ρ_m en fonction de ρ_1 et de m . Calculer les rayons ρ_5 et ρ_6 des cinquième et sixième anneaux brillants.
 - (d) Comment caractérise-t-on un anneau sombre ? Calculer le rayon ρ'_1 du premier anneau sombre.
8. Source étendue.
- (a) Que constate-t-on si on déplace la source S , parallèlement à l'écran, d'une distance L ?
 - (b) On substitue à S une source large (sa largeur étant considérée parallèlement à l'écran). Est-il toujours possible d'obtenir une figure d'interférences à l'écran ? Quelle est la largeur maximale de la source permettant d'observer distinctement les cinq premiers anneaux lumineux ?
 - (c) Si l'écran est placé à grande distance de la lame, que se passe-t-il ? Que peut-on en déduire sur l'utilisation d'une source large ?
 - (d) Proposer un dispositif pratique permettant d'observer le phénomène d'interférences à l'infini. Faire un dessin et justifier le nom donné à la figure d'interférences observée : "Franges d'égale inclinaison".