

Tout résultat d'un calcul devra présenter le bon nombre de chiffres significatifs. La notation tiendra largement compte du soin apporté à la rédaction. La calculatrice est autorisée. Encadrer les résultats.

Interférences Lumineuses à 2 ou 3 Ondes

On considère (figure 2) un faisceau de lumière parallèle de longueur d'onde λ , se propageant dans la direction Oz . Ce faisceau arrive sur un écran placé dans le plan $xOy(z = 0)$ percé de deux trous identiques T_1 et T_2 . Les centres des trous O_1 et O_2 ont pour coordonnées respectivement $(\frac{a}{2}, 0, 0)$ et $(-\frac{a}{2}, 0, 0)$. Le rayon des trous est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde. Ceci permet de supposer qu'il existe un champ d'interférences qui est la zone commune aux deux faisceaux diffractés par les trous. On modélise chaque trou par une source secondaire ponctuelle émettant une lumière uniforme dans le champ d'interférences. Ces sources secondaires sont cohérentes entre elles.

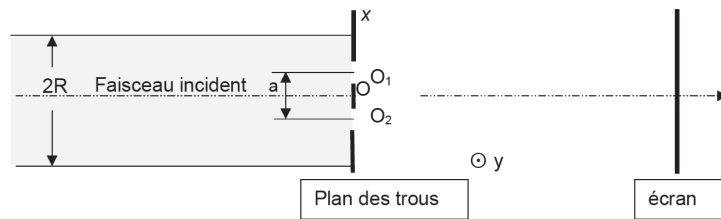


Figure 2 - Géométrie du dispositif à deux trous

- Q1. On observe sur un écran placé dans le plan $z = D$, en un point M de coordonnées (x, y, D) . On suppose que D est très grand devant a , $|x|$ et $|y|$. Le montage est réalisé dans l'air d'indice égal à l'unité.
- De quel type de division interférentielle s'agit-il ? Les interférences sont-elles localisées ?
 - Établir (dans le cadre de l'approximation scalaire de l'optique) l'expression de la différence de marche $\delta(M)$. Établir l'expression de l'intensité $I(M)$ au point M en notant I_{Max} l'intensité maximale.
- Q2. (a) Décrire ce qu'on doit voir sur l'écran dans le cadre de ces hypothèses et exprimer l'interfrange i en fonction de la fréquence d'émission ν , de c et des paramètres géométriques du dispositif.
- (b) Pourquoi, dans ce cadre, peut-on remplacer les deux trous par deux fentes fines identiques parallèles à Oy ? Quel en est l'intérêt ? La figure est-elle transformée si on translate de façon "raisonnable" en bloc les fentes dans leur plan ?
- Q3. La source est en réalité quasi-monochromatique à profil spectral "rectangulaire" de largeur $\Delta\lambda$ autour de λ_0 , avec $\Delta\lambda \ll \lambda_0$. Ce profil spectral, en fonction de la fréquence d'émission, est représenté sur la figure 3. On admet que l'intensité émise par une bande spectrale de largeur $d\nu$ autour de ν vaut $dI = J_\nu d\nu$.

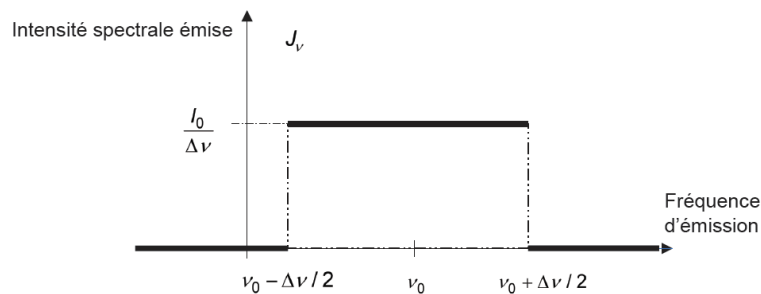


Figure 3 - Profil "rectangulaire" d'une source quasi-monochromatique
Par commodité de représentation, l'échelle n'est pas respectée ($\Delta\nu \ll \nu_0$).

- Établir l'expression de l'intensité $I(M)$ au point M en notant I_{Max} l'intensité maximale et montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme $I(M) = \frac{I_{Max}}{2} \left(1 + V(M) \cos\left(\frac{2\pi x}{i}\right) \right)$ avec i l'interfrange correspondant à la valeur centrale de la raie. On rappelle que $\sin(p) - \sin(q) = 2 \sin\left(\frac{p-q}{2}\right) \cos\left(\frac{p+q}{2}\right)$.
- Exprimer la visibilité $V(M)$ correspondante.
- Exprimer en fonction de $\Delta\lambda$ et λ_0 la longueur de cohérence L , c'est-à-dire la plus petite valeur de la différence de marche δ à partir de laquelle les franges ne sont plus visibles. Vérifier que ce résultat correspond au critère de brouillage des franges portant sur l'ordre d'interférences.

On rappelle le lien entre les deux largeurs spectrales : $\Delta\nu = \frac{c}{\lambda_0^2} \Delta\lambda$

- (d) Établir la durée τ des trains d'onde ou temps de cohérence.
- (e) Justifier pourquoi on définit le nombre d'interfranges visibles par $N = \frac{2L}{\lambda_0}$.
- (f) Dans le tableau ci-dessous sont indiquées des caractéristiques de sources quasi-monochromatiques. Après l'avoir recopié sur votre copie, le compléter et le commenter.

Source	λ_0 en nm	$\Delta\lambda$ en nm	τ en s	L en m	N
LASER He-Ne	632,991	0,001	?	?	?
Raie rouge de l'Hydrogène	656,2	0,1	?	?	?
Lumière blanche filtrée	500	20	?	?	?

Dans la suite de cette partie, on considère que la source est rigoureusement monochromatique de longueur d'onde λ .

Q4. Une troisième fente, identique aux deux autres, parallèle à Oy , est placée en $O(0,0,0)$. Le plan des trois fentes est placé orthogonalement à l'axe de révolution commun de deux lentilles minces convergentes de distance focale $f' = 50$ cm. La lumière provient d'une fente source monochromatique, parallèle aux fentes diffractantes, placée au foyer principal objet de la première lentille (lentille d'entrée). L'écran d'observation est confondu avec le plan focal image de la seconde lentille (lentille de sortie), placée en aval du plan percé.

- (a) Faire une représentation schématique du montage.
- (b) Représenter les cheminements des trois rayons qui interfèrent en un point M de l'écran.
- (c) Établir la nouvelle fonction intensité $I(\varphi)$ en posant $\varphi = 2\pi \frac{ax}{\lambda f'}$. On fera figurer l'intensité I_0 qui correspondrait à celle d'une fente unique identique.
- (d) Représenter, sur un même graphe, les fonctions intensités $I(\varphi)$ pour les deux fentes de la question Q2. et pour les trois fentes de la question Q4. en fonction de la variable φ sur l'intervalle $[0, 2\pi]$.
- (e) Commenter en comparant la luminosité et la largeur des zones les plus brillantes.
- (f) On donne sur la photo 2 ce qu'on voit sur l'écran pour une lumière monochromatique rouge de longueur d'onde $\lambda = 633$ nm. À partir de cette photo 2, évaluer la distance entre les deux fentes en considérant que seule la zone comprise entre les abscisses $x = 2,1$ mm et $x = -2,1$ mm correspond au calcul de l'intensité tel qu'il a été fait, c'est-à-dire sans tenir compte de la largeur des fentes diffractantes.

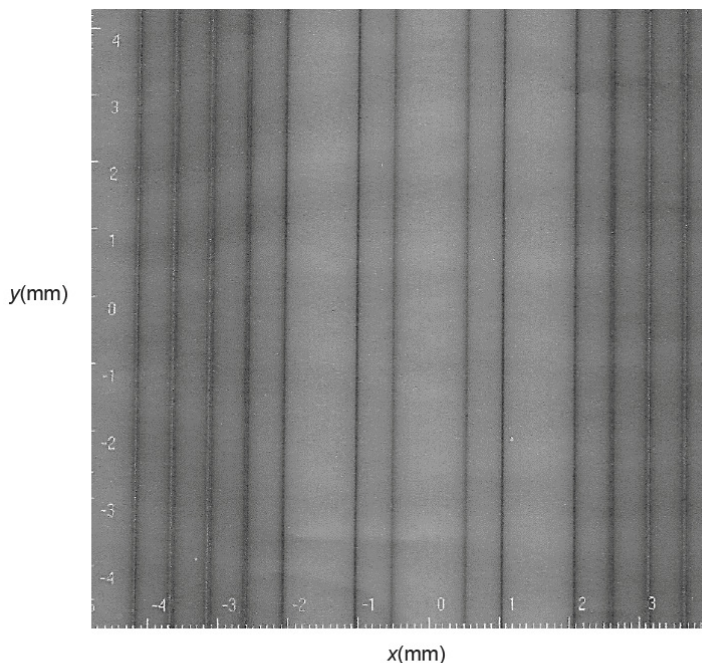


Photo 2 - Interférences à 3 fentes (plateforme.sillages.info)
Les graduations sont en mm