BLAISE PASCAL
PT 2021-2022

DM 16 – à rendre lundi 28 mars

Interférences

Vous êtes invités à porter une attention particulière à la rédaction et au soin de votre copie. Les numéros des questions doivent être mis en évidence et les résultats encadrés.

Travailler avec vos cours et TD ouverts est **chaudement recommandé** : un DM est un entraînement, pas une évaluation. En cas de besoin, **n'hésitez pas à me poser des questions**, à la fin d'un cours ou sur le serveur de la classe.

Flasher ce code pour accéder au corrigé

Interférences à trois ondes

PT A 2017

Le montage interférentiel à trois fentes a été développé par Frits Zernike afin de contrôler ou mesurer l'épaisseur d'une fine lame transparente à face parallèles par une méthode optique, donc sans contact mécanique avec la lame comme pourrait le faire un Palmer ou un pied à coulisse.

Dans tout l'exercice, les rayons lumineux sont supposés très peu inclinés par rapport à l'axe optique, et on se place dans l'air d'indice 1.

Système interférentiel à deux fentes

Considérons d'abord un système de deux fentes F_1 et F_2 très fines, perpendiculaires au plan de la figure 1. Elles sont distantes de $2a$ et de grande longueur. L'ensemble est éclairé par une source S ponctuelle monochromatique de longueur d'onde λ placée au foyer objet d'une lentille convergente. L'observation de la figure d'interférences se fait sur un écran placé dans le plan focal image d'une lentille convergente de distance focale image f'.

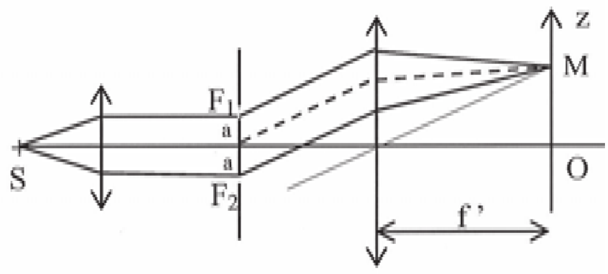

Figure 1 – **Système interférentiel à deux fentes.**

On s'intéresse aux ondes reçues au point M d'ordonnée z sur l'écran et on suppose $z, a \ll f'$. On note s_0 l'amplitude associée au rayon fictif (en pointillés sur la figure 1) provenant du milieu des deux fentes. Les amplitudes complexes des deux rayons issus de F_1 et F_2, déphasées d'un angle 2φ, sont alors

$$\underline{s_1} = s_0\,\mathrm{e}^{+\mathrm{j}\varphi} \qquad \text{et} \qquad \underline{s_2} = s_0\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\varphi}\,.$$

On note $E = \underline{s_1}\,\underline{s_1}^\star = \underline{s_2}\,\underline{s_2}^\star = s_0^2$ l'éclairement (ou intensité lumineuse) émis par chacune des deux fentes, s_0 étant une constante liée à l'intensité émise par la source.

1 - Après avoir énoncé le théorème utile, établir l'expression de φ en fonction de a, f', λ et z.

2 - Exprimer l'éclairement E résultant de l'interférences des deux ondes en fonction de E_0 et φ. Tracer l'allure de la courbe de E/E_0 en fonction de φ.

Système interférentiel à trois fentes

On ajoute une troisième fente F_0 au milieu des deux autres et identique à celles-ci.

3 - Montrer que le nouvel éclairement peut se mettre sous la forme $E = E_0\,(1 + 2\cos\varphi)^2$.

4 - Reproduire et compléter le tableau de valeurs suivant :

φ	0	$2\pi/3$	π	$4\pi/3$	2π
E/E_0					

5 - En déduire l'allure de la courbe de E/E_0 en fonction de φ.

Application à la mesure d'épaisseur d'une lame de verre

À partir du montage à trois fentes, on ajoute devant la fente centrale F_0 et parallèlement au plan des fentes une lame de verre à faces parallèles d'épaisseur e et d'indice $n = 1{,}5$. L'épaisseur e étant très faible, on considérera que le rayon lumineux qui traverse la lame parcourt une distance e dans le verre sans être dévié.

6 - Montrer que si l'épaisseur de la lame est telle qu'elle induit un retard de phase de $\pi/2$ pour le rayon central, on retrouve une alternance régulière de franges brillantes et de franges sombres (pas nécessairement noires), contrairement à la question précédente.

7 - Si on veut contrôler par cette méthode que la lame a bien l'épaisseur souhaitée $e = 0{,}3\,\mu\text{m}$, quelle valeur faut-il choisir pour λ ?

Si on veut mesurer l'épaisseur e, on peut déplacer l'écran d'une distance algébrique $x = \overline{OO'}$ de façon à retrouver la même figure d'interférences que celle qu'on avait en l'absence de lame. Le point O' de la figure 2 est tel que les trois rayons issus des trois fentes sont à nouveau en phase (comme en O sans la lame).

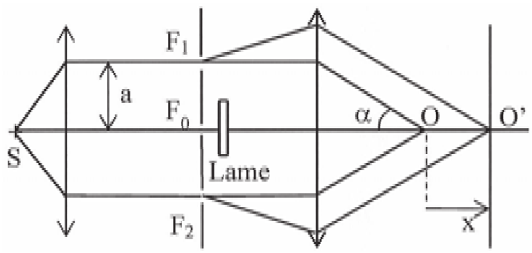

Figure 2 – **Système interférentiel à trois fentes avec une lame de verre.**

8 - Exprimer x en fonction de n, e et de l'angle $\alpha \simeq a/f'$.

9 - On donne $a = 0{,}1\,\text{mm}$, $f' = 10\,\text{cm}$, $n = 1{,}5$ et à l'aide d'un microscope viseur on mesure $x = -1\,\text{cm}$. En déduire l'ordre de grandeur de l'épaisseur e. On rappelle $\cos\alpha \simeq 1 - \alpha^2/2$.