Semestre Trois (S3): 2004 / 05

Filière : SMP
Module : Physique 5
Elément de module : Optique 2

Université Ibn Tofaïl
Faculté des Sciences
Département de Physique
Kénitra

Travaux Dirigés

CHAPITRE II

INTERFERENCES LUMINEUSES PAR DIVISION DU FRONT D'ONDE

I- **Interférence par division du front d'onde** (Examen MPII: Janvier 1999)

Un dispositif interférentiel (DI) permet d'obtenir à partir d'une source ponctuelle S deux sources ponctuelles S_1 et S_2 synchrones, en phase et distantes de $a = S_1S_2$. La source émet de la lumière monochromatique de longueur d'onde λ_0. On note s_0 l'amplitude des vibrations issues de S_1 et S_2, φ_1 et φ_2 les déphasages correspondants en un point M de l'espace.

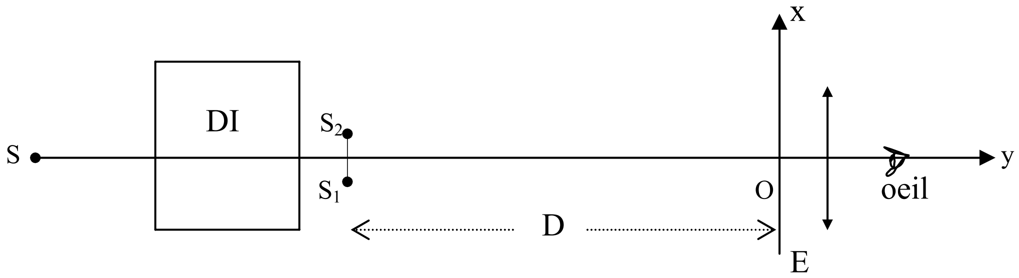

Fig.1

1) Trouver l'équation et la nature des surfaces équiphases.
2) Trouver l'équation et la nature des surfaces d'égale différence de phase.
3) On observe les franges d'interférence sur un écran E situé à une distance D du plan contenant S_1 et S_2 (Fig.1). On donne : $a = (1{,}034 \pm 0{,}003)$mm et $D = (1000 \pm 1)$mm
   a- Pour déterminer λ_0, on mesure avec un oculaire micrométrique la distance l séparant les deux franges brillantes d'ordre 6 situées de part et d'autre de la frange d'ordre zéro. On trouve :
   $$l = (6{,}958 \pm 0{,}003)\text{mm}$$
   Calculer λ_0 et son incertitude $\Delta\lambda_0$.
   b- Un observateur regarde le plan des franges à travers une loupe de puissance intrinsèque P = 3 dioptries. Verra-t-il les franges si le pouvoir séparateur de son œil est de 2 minutes ?

II- **Interférences à trois ondes** (Examen MPII: Juin1996)

1) On considère dans le vide la superposition de trois ondes lumineuses cohérentes, en phase, de même intensité I_0 et de même longueur d'onde λ_0, issues de trois sources ponctuelles S_1, S_2 et S_3 (Fig. 2).

Soit M un point de l'espace rapporté à un repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ et on pose:

$$\overrightarrow{OM} = \vec{r} \quad , \quad \overrightarrow{OS_i} = \overrightarrow{a_i} \ (i = 1, 2 \text{ ou } 3) \text{ et } K_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0}$$

a_i est supposé très petit devant r.

Montrer que l'intensité en M s'écrit :

$$I = 2I_0 \left[3/2 + \cos K_0(\overrightarrow{a_2} - \overrightarrow{a_1})\frac{\vec{r}}{r} + \cos K_0(\overrightarrow{a_3} - \overrightarrow{a_1})\frac{\vec{r}}{r} + \cos K_0(\overrightarrow{a_3} - \overrightarrow{a_2})\frac{\vec{r}}{r}\right]$$

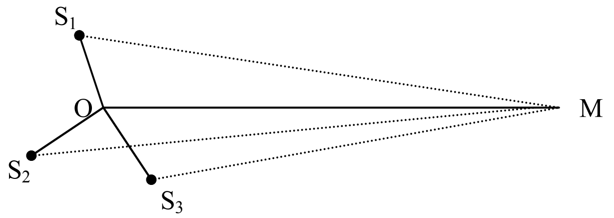

Fig. 2

2) Les trois sources sont maintenant placées dans le plan xOy au sommet d'un triangle équilatéral de côté a et de centre O tels que : l'axe Ox passe par S_1 ; l'axe Oy est parallèle à S_2S_3. Le plan d'observation des phénomènes d'interférence, normal à l'axe Oz, est placé à une distance D (très grande devant a) du plan des trois sources.

a- Exprimer la loi de variation de l'intensité résultante en fonction des coordonnées (x, y, D) d'un point M de l'écran. On limitera l'observation au voisinage de l'axe Oz et on prendra pour le vecteur $\frac{\vec{r}}{r}$ les composantes : $(\frac{x}{D}, \frac{y}{D}, 1)$.

b- Déterminer l'ensemble des points (frange) d'intensité extrémale.

III- **<u>Miroirs de Fresnel</u>** (Examen PCII : Juin 1987)

On considère le dispositif des miroirs de Fresnel dont les deux miroirs M_1 et M_2 font entre eux un angle dont le supplément est petit et est égal à $\alpha = 5.0\ 10^{-3}$ rd (Fig.3). La source de lumière est une fente F parallèle à l'arête commune Δ ; elle est placée à la distance d = 1 m de celle-ci. On observe les franges d'interférence sur un écran E placé à la distance l = 2 m.

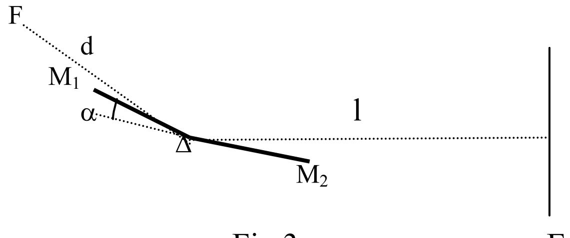

Fig.3

1) La source F émet une lumière monochromatique (λ_0).

a- Dessiner le champ d'interférence et préciser le lieu de la frange centrale.

b- La distance sur l'écran entre la frange centrale et la troisième frange sombre étant égale à 0.45 mm, calculer la longueur d'onde λ_0.

2) La fente source émet maintenant une lumière blanche et on suppose l'écran percé d'une fente parallèle aux franges à la distance x = 0.9 mm de la frange centrale. On reçoit dans un spectroscope

la lumière qui passe par cette fente. Déterminer les longueurs d'onde des raies qui manquent (cannelures), à cette distance, dans le spectre des couleurs observé entre 0.40 µm et 0.76 µm.

III- **Bilentilles de Billet** (Examen PCII : Mai 1997)

On considère le système des demi-lentilles de Billet (Fig.4) obtenu en coupant suivant un diamètre une lentille mince convergente L, de distance focale image f, de rayon d'ouverture R = 3 cm et de centre optique C. Le système donne d'une source ponctuelle S, placée à p = $\overline{SC}$ = 100 cm des demi-lentilles, deux images S_1 et S_2 séparées d'une distance a = $\overline{S_1S_2}$ = 2.5 mm ; les centres C_1 et C_2 étant écartés de $\varepsilon = \overline{C_1C_2}$ = 1 mm.

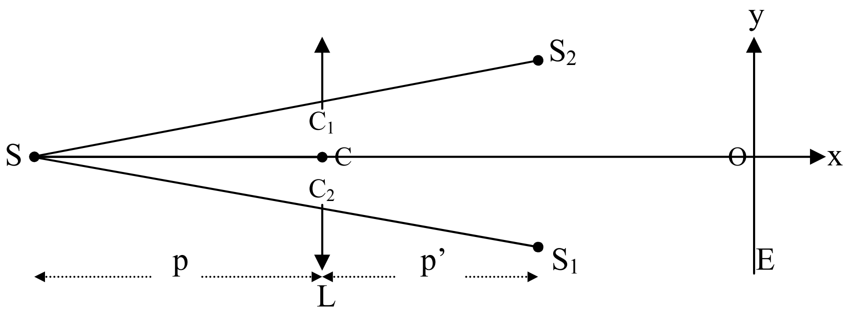

Fig. 4

1) La source émet une radiation monochromatique de longueur d'onde λ_0 = 0.45 µm. Déterminer :
   a- la distance focale f de L ;
   b- la distance minimale x_0 du système à l'écran E pour laquelle les franges d'interférence sont observables.

2) La source émet maintenant deux radiations monochromatiques de même intensité et de longueurs d'onde λ_1 = 0.54 µm et λ_2 inconnue. L'écran d'observation E est placé à d = $\overline{CO}$ = 3 m du système. Déterminer λ_2 pour que la première coïncidence des franges se produise à la distance y = 1.68 mm du centre O du champ d'interférence.

IV- **Devoir facultatif** (Examen PCII : Mai 98)

On éclaire un dispositif de trous d'Young à l'aide d'une source S. On observe les phénomènes d'interférence sur un écran translucide E placé à D = 2 m du plan des sources S_1 et S_2 (Fig.5). On pose : a = S_1S_2 = 1 mm; M_0M = x, M étant un point de E voisin de l'origine M_0.

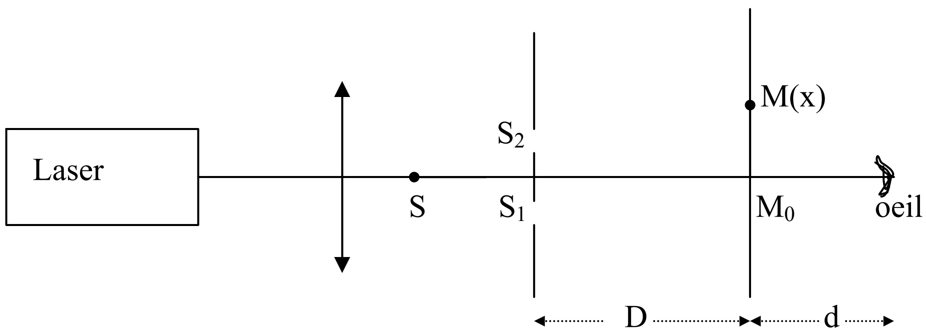

Fig.5

1) La source émet une lumière monochromatique provenant d'un laser (He-Ne) de longueur d'onde λ_0 . Les vibrations issues de S_1 et S_2 ont la même intensité I_0.

a- Rappeler les conditions nécessaires pour obtenir un phénomène d'interférence lumineuse sur E.

b-Montrer que l'intensité résultante en M peut s'écrire : $I = I_0 f(p)$

f est une fonction sinusoïdale dont on donnera l'expression ; p est l'ordre d'interférence en M.

c- La distance sur E entre la frange centrale et la troisième frange brillante est l = 3.6 mm, calculer λ_0.

d- Les franges sont-elles visibles pour un observateur regardant l'écran E à une distance $d = M_0O = 25$ cm et dont le pouvoir séparateur de son œil est de 4 minutes ?.

2) On enlève le laser et on place en S une source émettant un spectre continu de longueur d'onde moyenne λ_m. On interpose devant S2 une lame transparente d'indice n et d'épaisseur e. L'indice n est donné en fonction de la longueur d'onde λ du spectre par la loi de Cauchy :

$$n = A + B / \lambda^2 \qquad \text{A et B étant des constantes positives non nuls}$$

Trouver sur E la position de la frange achromatique ($dp / d\lambda = 0$) en fonction de A, B, e, a, D et λ_m.