Université Cadi Ayyad
ENSA Marrakech **Année universitaire 2018-2019**

Travaux dirigés d'Optique
Série $n°$ 4 : Cycle Préparatoire, 1^{ere} Année

Exercice 1 :
Soit une onde plane lumineuse, de pulsation ω et de vecteur d'onde $\vec{k}$, polarisée se propageant dans la direction z. Cette onde lumineuse est représentée par son champ électrique $\vec{E}$ décrit de la manière suivante (avec $-\pi \leq \phi \leq \pi$) : $\vec{E} = \begin{cases} E_x = E_{0x}\cos(\omega t - kz) \\ E_y = E_{0y}\cos(\omega t - kz - \phi) \end{cases}$

1. Trouver une équation cartésienne liant les deux composantes avec la phase . Cette forme reflète que le champ électrique associé à une onde plane polarisée décrit une ellipse.
2. Etudier les cas particuliers : *a).* $\phi = 0$; *b).* $\phi = \pi$; *c).* $\phi = \pi/2$ et *d).* $\phi = \pi/2$ avec $E_0 = E_{0x} = E_{0y}$

Exercice 2 :
Une onde lumineuse est décrite par le champ $\vec{E}$ donnée par l'expression suivante (avec $k = \omega/c$) :

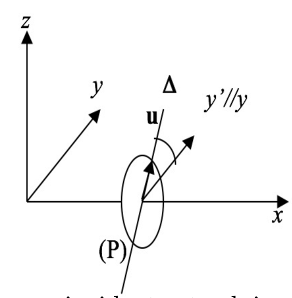
$$\vec{E} = E_0\cos(kx - \omega t - \phi_z)\vec{e}_z$$

1. Il s'agit d'une onde polarisée dans une direction définie par le vecteur unitaire $\vec{e}_z$ porté par Oz. Quelle serait, en notation complexe, la vibration lumineuse $\Psi(x,t)$ correspondante ?
2. Calculer l'éclairement correspondant $\xi = \Psi\Psi^*$. Relier ξ à $\langle E^2\rangle$, moyenne temporelle du carré du champ $\vec{E}$.
   On admettra dans la suite que ce lien entre l'éclairement ξ et $\langle E^2\rangle$ est général.
3. On s'intéresse maintenant à la superposition de deux champs $\vec{E}_1$ et $\vec{E}_2$, de polarisations différentes :

$$\vec{E}_1 = E_{01}\cos(kx - \omega t - \phi_z)\vec{e}_z \quad \text{et} \quad \vec{E}_2 = E_{02}\cos(kx - \omega t - \phi_y)\vec{e}_y$$

   Le champ résultant $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ d'après le principe de superposition.
   Comme les directions de polarisations des deux champs sont différentes, on doit abandonner le modèle scalaire de la vibration lumineuse. Calculer l'éclairement ξ correspondant au champ $\vec{E}$. Montrer que cet éclairement est la somme des éclairements ξ_1 et ξ_2 transportées par les deux composantes.

4. On dispose d'une lame polarisante (P) que l'on place dans un plan perpendiculaire à la direction de propagation Ox. Il suffit ici de savoir qu'une telle lame (dite "polariseur") possède dans son plan une direction privilégiée Δ et ne laisse passer que la composante sur Δ du champ incident $\vec{E}_{inc}$ (*figure ci-contre.*).
   Autrement dit, après la lame, le champ transmis est :
   $\vec{E}_{transmis} = \tau(\vec{u}.\vec{E}_{inc})\vec{u}$
   où $\vec{u}$ est un vecteur unitaire porté par Δ et τ un facteur de transmission compris entre 0 et 1.
   On dispose la lame de façon que Δ fasse un angle α avec Oy. Dans le cas où le champ incident est celui décrit dans la question 3., calculer l'éclairement ξ après la traversée de la lame. Peut-on écrire $\xi = \xi_1 + \xi_2$? Comment peut-on justifier ce phénomène ?



Exercice 3 :
Une source S ponctuelle monochromatique, de longueur d'onde λ éclaire une plaque (P) opaque percée de deux trous fins S_1 et S_2 distants de a, qui se comportent comme deux sources cohérentes synchrones. On observe les franges sur un écran plan (E) parallèle à (P). La distance de S à (P) est d, et la distance de (P) à (E) est D ($d >> a$ et $D >> a$). L'écran (E), normal à l'axe Oz, est rapporté aux deux axes perpendiculaires Ox et Oy, où Ox est parallèle à S_1S_2 et O est le point de l'écran situé sur la médiatrice de S_1S_2.

1. Déterminer l'ordre d'interférence et l'éclairement en un point $M(x, y, 0)$ de l'écran, ainsi que l'interfrange dans les trois cas suivants :
   a. La source S est sur la médiatrice S_1S_2 ;
   b. La source S est déplacée dans un plan parallèle à (E), d'une quantité x_s, parallèlement à Ox ;
   c. La source S est déplacée à partir de la position a) dans un plan parallèle à (E), d'une quantité y_s, parallèlement à Oy.
2. La source S est replacée sur la médiatrice de S_1S_2 ; on place devant le trou S_1 une lame de verre à faces parallèles, d'indice n et d'épaisseur e, parallèle à (P).
   a. Déterminer le nouvel ordre d'interférence en M et la position de la frange centrale.
   b. On maintient la lame devant S_1 et on place devant S_2 une autre lame à faces parallèles en verre d'indice n' et d'épaisseur e'. Calculer e' pour que la frange centrale revienne en O ; on donne : $e = 420\mu m$; $n = 1,50$; $n' = 1,70$.

Exercice 4 :

1. Soit une lentille mince, stigmatique, convergente, de centre optique O, de focale $f' = 25cm$ et d'axe optique Oz. Elle donne une image réelle S', d'une source ponctuelle monochromatique placée au point S ($\lambda = 550nm$). Calculer la position d', de l'image S', sachant que la distance séparant la source de la lentille vaut $d = 2f$.
2. On coupe la lentille suivant le plan xOz et ses deux moitiés sont écartées de la part et d'autre de l'axe optique d'une distance $\varepsilon = 1mm$ suivant la direction de l'axe des y. Chaque demi-lentille donne une image secondaire de la source S sur le plan perpendiculaire contenant S'. Déterminer l'écartement S_1S_2 entre ces deux images.
3. On dispose un écran d'observation E, perpendiculairement à l'axe optique, à une distance $OE = 1,5m$ de la lentille. En prennent le diamètre de la lentille ($2r = 50mm$), chercher la distance entre S' et E.
4. Chacun des faisceaux issus des points S_1 et S_2, produit une tache d'éclairement sur l'écran. En reportant tous les points sur le schéma ci-dessous, dites sur quelle largeur $L = AB$ suivant l'axe des y ces deux faisceaux se recouvrent-ils sur l'écran ?
5. On considère sur l'écran d'observation un point M d'abscisse nulle et d'ordonnée y. En s'inspirant des interférences de Young, donner l'expression de la différence de marche entre les deux rayons issus des points S_1 et S_2 et convergents vers le point M dans le cadre de l'approximation de Gauss.
6. Ecrire l'expression de l'éclairement. Trouver l'expression et calculer la valeur de l'interfrange i sur l'écran. En déduire le nombre de franges brillantes et le nombre de franges sombres observées sur l'écran.