

**DEVOIR D'OPTIQUE ONDULATOIRE : (Durée : 2 h)**

La notation se basera sur les explications détaillées et la qualité de la copie. Seules les calculatrices non programmables sont permises, tandis que l'usage de téléphones et documents est interdit.

**Exercice 1 : polarisation (4 pts) &**

Q1. Montrer que l'extrémité du vecteur champ électrique  $\vec{E}(M)$  décrit une ellipse dans le plan d'onde pour une Onde Plane Progressive Harmonique (OPPH) définie par :

$$\vec{E}(M) \begin{bmatrix} E_{0x} \cos(\omega t - kz) \\ E_{0y} \cos(\omega t - kz) \\ 0 \end{bmatrix}$$

**Exercice 2 : calcul du retard de phase d'une demi-onde (3 pts)**

Une lame est demi-onde pour la radiation verte du mercure de longueur d'onde  $\lambda_1 = 546 \text{ nm}$ .

Q1. Déterminer son retard de phase  $\varphi(\lambda)$  pour une longueur d'onde quelconque, en négligeant les variations des indices avec la longueur d'onde. Faire le calcul pour  $\lambda_2 = 450 \text{ nm}$ .

**Exercice 3 : analyse des interférences lumineuses : étude du dispositif des trous de Young (8 pts)**

On considère le dispositif des trous de Young ci-dessous permettant d'obtenir des sources en phase. La source principale est équidistante des deux trous considérés comme quasi-ponctuelles, situés dans le même plan vertical, et distants de  $S_1 S_2 = a$ . La source émet une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ . À la distance  $D \gg a$  du plan des trous, on place un écran, également vertical. On donne  $a = 6 \text{ mm}$ ;  $D = 1,5 \text{ m}$ ;  $SO' = 0,5 \text{ m}$ .

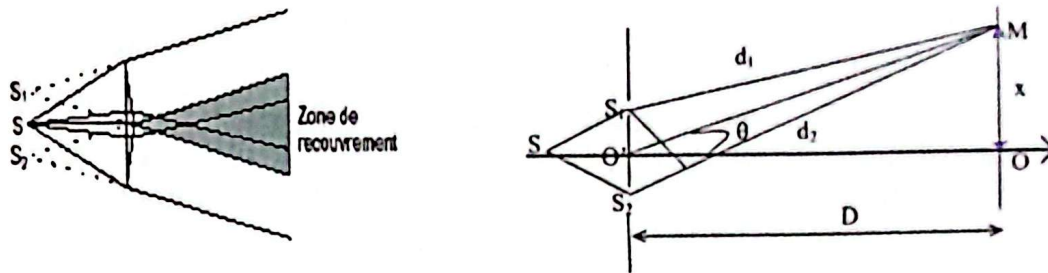


Figure 1 : dispositif des trous de Young

Q1. Soient deux rayons issus de la source et arrivant sur l'écran à une distance  $x$  de  $O$ , après être passés respectivement par  $S_1$  et  $S_2$ . Déterminer la différence de marche et le déphasage entre ces rayons.

Q2. Qu'observe-t-on sur l'écran ? *Interf*

Q3. En déduire la valeur de l'interfrange  $i$ .  *$= \frac{\lambda D}{a}$*

Q4. La troisième frange brillante est située à une distance  $x = 0,625 \text{ mm}$  du centre, déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  de la source.

Q5. On introduit devant la fente  $S_2$  une lame d'épaisseur  $e$  et d'indice  $n = 1,5$ . Déterminer la nouvelle différence de marche optique en un point  $M$  d'abscisse  $x$  sur l'écran  $E$ . En déduire la nouvelle position de la frange centrale.

**Exercice 4 : diffraction et incertitudes (5 pts)**

Un faisceau laser de longueur rouge de longueur d'onde  $\lambda = 632,8 \text{ nm}$  traverse une fente de largeur  $a$  et forme, sur l'écran situé à une distance  $D = (5,00 \pm 0,02) \text{ m}$  de la fente, une figure de diffraction. Le dispositif est décrit ci-dessous :

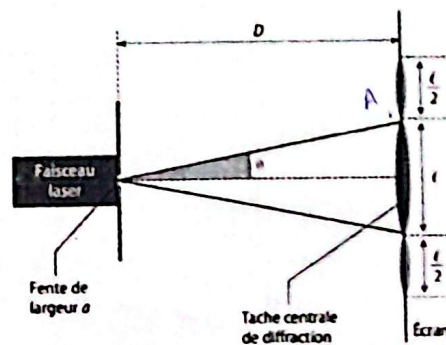


Figure 2 : dispositif de diffraction

Q1. Comment appelle-t-on l'angle  $\theta$ ?

Q2. Donner la relation entre  $\theta$ ,  $\lambda$  et  $a$  en précisant les unités de chaque terme.

Q2. Établir la relation entre la largeur  $\ell$  de la tache centrale de diffraction  $\theta$  et  $D$ , en admettant que  $\theta$  est « petit » angle (inférieur à  $0,10 \text{ rad}$ ).

Q3. Exprimer alors  $a$  en fonction de  $\ell$ ,  $\lambda$  et  $D$ .

Q4. On remplace la fente par un fil en acier de diamètre  $d$  inconnu. La figure de diffraction est alors analogue à celle donnée par une fente de largeur  $\ell = 5,4 \text{ cm}$ . L'incertitude sur la mesure de  $u(\ell) = 1 \text{ mm}$  et celle de  $d$  est :  $u(d) = d \sqrt{\left(\frac{u(\ell)}{\ell}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$ . Exprimer le diamètre  $d$  du fil sous la forme  $d = \bar{d} \mp u(d)$ .

Octobre 2024

Dr. YABLE

*Attention : toutes les copies conformes seront automatiquement sanctionnées d'une note de 0/20. Tous les appareils électroniques doivent être éteints (Téléphone, Ordinateur, Tablette etc...). Prenez soin de justifier vos résultats et de respecter les notations employées (cela sera pris en compte dans la notation).*

**Exercice 1 : questions en lien avec le cours (8 pts)**

Sélectionnez-la ou les réponses correctes et reproduisez-les fidèlement sur votre copie.

- Q1. Un polariseur peut être réalisé :**
- a. par l'interférence de deux ondes.
  - b. par une diffraction d'une ouverture circulaire.
  - c. par un empilement adapté de couches minces.
  - d. par un milieu présentant une activité optique.
  - e. par une succession de lames à l'angle de Brewster.
- Q2. Les processus d'interférences :**
- a. nécessitent une grande stabilité pour être observés.
  - b. permettent de créer de l'énergie.
  - c. sont adaptés aux échantillons transparents.
  - d. permettent de convertir une variation de phase en une variation d'intensité.
- Q3. La finesse d'un dispositif interférométrique :**
- a. ne dépend pas des détails du montage interférométrique si celui est un montage à deux ondes à division du front d'onde.
  - b. diffère suivant le montage interférométrique (i.e. à deux ondes ou à ondes multiples).
  - c. augmente généralement quand le contraste de celui augmente.
  - d. influe sur les performances d'un analyseur de ce spectre optique.
  - e. peut être appliqué à un réseau de diffraction.
- Q4. L'image formée par un objet en présence de diffraction :**
- a. ne varie pas en fonction de la longueur d'onde.
  - b. peut être influencée par la cohérence de l'éclairage.
  - c. peut être calculée en utilisant les transformés de Fourier.
  - d. Peut être calculée à partir d'une opération de corrélation optique.
- Q5. La tâche d'Airy :**
- a. est exprimée à partir d'une fonction lorentzienne.
  - b. est d'autant plus grande que l'ouverture est grande.
  - c. est d'autant plus grande que l'ouverture est grande.
  - d. fait intervenir les fonctions Bessel.
  - e. est caractéristique d'une ouverture rectangulaire.
- Q6. Dans un milieu anisotrope :**

- a. le vecteur d'onde et le vecteur de Poynting sont confondus.
  - b. un rayon incident donne toujours un rayon émergent unique.
  - c. il est possible de séparer spatialement les composantes de polarisation grâce à un milieu anisotrope.
  - d. La construction de Huygens-Fresnel est valide.
- Q7. Quels est/sont le/s inventeur. s du laser parmi les scientifiques suivants ?
- a. Albert Einstein.
  - b. Alfred Kastler.
  - c. Théodore Maiman.
  - d. Charles Townes.
- Q8. Sur Quels paramètre. s physique. s du laser joue la cavité Fabry-Pérot (nommé cavité laser) ?
- a. le spectre d'émission laser.
  - b. la directivité d'émission laser.
  - c. l'éclairement du faisceau laser.

**Exercice 2 : interférence**

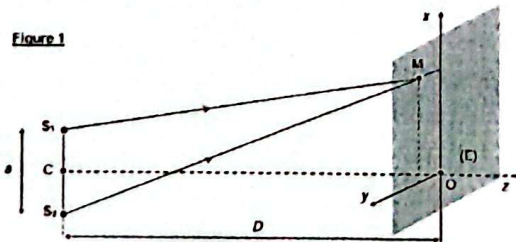
(4 pts)

On réalise une expérience d'interférences avec deux trous d'Young dans l'air. On obtient une interférence  $i_0 = 2, mm$ . Le dispositif est alors immergé totalement dans l'eau d'indice  $n_1 = 1,33$ . Quelle est la nouvelle valeur de l'interférence ?

**Exercice 2 : trous de Young**

(8 pts)

On considère deux sources  $S_1$  et  $S_2$ , synchrones, cohérentes et en phase (figure 1). On suppose que la lumière se propage dans un milieu d'indice  $n$ . L'écran est dans le plan  $Oxy$ . Dans cet exercice, on cherche à déterminer la différence de marche  $\delta(M)$  en fonction des coordonnées  $(x, y, 0)$  de  $M$  et l'extinction des franges. Soit  $C$  le milieu des sources  $S_1$  et  $S_2$ . On pose  $D = CO = 1 m$  et  $a = S_1S_2 = 4 mm$ .



- Q1. Donner les coordonnées des sources  $S_1$  et  $S_2$ .
- Q2. Calculer la différence de marche en un point  $M$  de l'écran situé à la distance  $x$  de l'axe  $Oz$ .
- Q3. En déduire la différence de phase en fonction de  $x, a, D$  et  $\lambda$ .
- Q4. Quelle est la forme des franges observées ? Calculer l'interférence  $i$  et représenter  $I(x)$ . faire l'application numérique :  $\lambda = 600 nm$ .
- Q5. La source  $S$  émet à présent deux longueurs d'onde caractéristiques  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$  très voisines avec des intensités égales. Exprimer l'intensité  $I$  en un point de l'écran en fonction de  $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$  et de  $\lambda_0 = (\lambda_1 + \lambda_2)/2$ .
- Q6. Calculer le contraste des franges dans ce cas. En déduire la position de la première extinction des franges. Faire l'application numérique pour  $\lambda_1 = 589 nm$  et  $\lambda_2 = 589,6 nm$ .