Devoir surveillé – Diffraction et interférences

Diffraction par une ouverture ou un obstacle et angle caractéristique θ = λ/a ; superposition de deux ondes, cohérence et déphasage ; interférences constructives et destructives de deux sources en phase ; fentes d'Young, différence de chemin optique et interfrange ; mesures d'une longueur d'onde, d'une largeur ou d'un écartement.

Durée : 120 min – Calculatrice autorisée – Sur 20 points · Spécialité Physique-Chimie Terminale

Nom : _____ Date : _____ Note : _____ / 20

Tous les calculs doivent figurer sur la copie. Les résultats seront donnés sous la forme la plus simple possible.

Exercice 1 – Diffraction par une fente ★★ *(4 pts)*

Un laser de longueur d'onde $\lambda = 546$ nm éclaire une fente verticale de largeur $a = 0{,}12$ mm. Un écran est placé à $D = 1{,}90$ m de la fente.

a) Nommer le phénomène observé, décrire la figure obtenue sur l'écran et préciser la direction dans laquelle elle s'étale.

b) Calculer l'angle caractéristique de diffraction θ.

c) Montrer que la tache centrale a pour largeur $L = \dfrac{2\lambda D}{a}$ (angles petits), puis calculer L.

d) On remplace le laser par un laser à rubis de longueur d'onde 694 nm. Calculer la nouvelle largeur de la tache centrale, puis la largeur de fente qui donnerait, avec ce laser, une tache centrale de 8,0 mm.

Exercice 2 – Interférences d'ondes ultrasonores ★★ *(4 pts)*

Deux émetteurs ultrasonores, branchés sur le même générateur, émettent en phase à la fréquence $f = 40$ kHz. La célérité des ultrasons dans l'air vaut $v = 344$ m·s^{-1}. Un récepteur mesure l'amplitude du signal reçu en différents points.

a) Un point M est à la distance d_1 du premier émetteur et d_2 du second. Montrer qu'en M l'onde issue du second émetteur est en retard de $\Delta\tau = \dfrac{d_2 - d_1}{v}$ sur l'autre, puis établir la condition sur la différence de marche $\delta = d_2 - d_1$ pour que les interférences y soient destructives.

b) Calculer la longueur d'onde des ultrasons. En un point A, la différence de marche vaut 30,1 mm : préciser la nature des interférences en A, en justifiant.

c) En un point B, la différence de marche vaut 43,0 mm. Le récepteur placé en B reçoit-il un signal d'amplitude maximale ? Justifier.

d) On alimente désormais chaque émetteur par un générateur distinct, tous deux réglés sur « 40 kHz ». Expliquer pourquoi les positions des maxima et des minima ne sont plus fixes.

Exercice 3 – Fentes d'Young et interfrange ★★ *(4 pts)*

Des fentes d'Young distantes de $b = 0{,}40$ mm sont éclairées par une radiation de longueur d'onde $\lambda = 656$ nm ; l'écran est à $D = 1{,}70$ m. En un point d'abscisse x, l'origine étant au centre de la figure, la différence de chemin optique vaut $\delta = \dfrac{b\,x}{D}$.

a) Établir l'expression de l'interfrange i en fonction de λ, D et b.

b) Calculer l'interfrange.

c) Calculer la distance entre le centre de la deuxième frange brillante située à gauche de la frange centrale et le centre de la troisième frange sombre située à sa droite.

d) On rapproche l'écran à 1,19 m des fentes. Calculer le nouvel interfrange.

Exercice 4 – Mesure d'une longueur d'onde ★★★ *(4 pts)*

Des fentes d'Young distantes de $b = 0{,}58$ mm sont éclairées par un laser ; l'écran est à $D = 2{,}75$ m. On mesure 18,4 mm entre les centres de la première et de la neuvième frange brillante consécutives. On considère b et D comme connus sans incertitude.

a) Calculer l'interfrange.

b) En déduire la longueur d'onde du laser et sa couleur.

c) L'incertitude-type sur la distance de 18,4 mm vaut 0,5 mm. Calculer l'incertitude-type $u(i)$, puis $u(\lambda)$, en admettant $\dfrac{u(\lambda)}{\lambda} = \dfrac{u(i)}{i}$, et écrire le résultat de la mesure.

d) Un élève mesure un seul interfrange avec la même incertitude-type de 0,5 mm. Calculer son incertitude relative sur i et conclure.

Exercice 5 – Franges d'Young dans la tache de diffraction ★★★ *(4 pts)*

Deux fentes identiques de largeur $a = 70$ µm, distantes de $b = 0{,}35$ mm, sont éclairées par une radiation de longueur d'onde $\lambda = 560$ nm. L'écran est à $D = 1{,}40$ m. Les franges d'interférences n'apparaissent qu'à l'intérieur de la tache centrale de diffraction de chaque fente.

a) Calculer la largeur L de la tache centrale de diffraction.

b) Calculer l'interfrange i.

c) Montrer que $\dfrac{L}{i} = \dfrac{2b}{a}$ et calculer ce rapport.

d) Combien de franges brillantes sont visibles dans la tache centrale ? Justifier le cas des franges situées au bord.

Bon courage !

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).