



Filière : Licence 3 Physique/Chimie – SPI Mécanique

Session : 2

CONTROLE TERMINAL UE82 Phys61 Optique moderne

Durée 2h – Sans document, calculatrice autorisée. Téléphones portables éteints.

Les 2 exercices sont indépendants et peuvent être traités dans un ordre indifférent.

La présentation et la rédaction de la copie seront prises en compte.

Exercice I : Réseau de diffraction

Un écran situé dans le plan (xy) comporte N fentes infiniment longues identiques, de largeur b , équidistantes et séparées les unes des autres par la distance $a \gg b$ (le pas du réseau) et numérotées de 1 à N . On repère les points de la fente n par leur coordonnées cartésiennes x, y dans le plan de l'écran :

$$na - \frac{b}{2} < x < na + \frac{b}{2}$$

Une onde plane monochromatique de longueur d'onde λ arrive avec une incidence i sur les fentes et on observe la lumière diffractée à l'infini (diffraction de Fraunhofer) dans la direction faisant l'angle θ avec la normale au plan des fentes (cf. Fig. (1)).

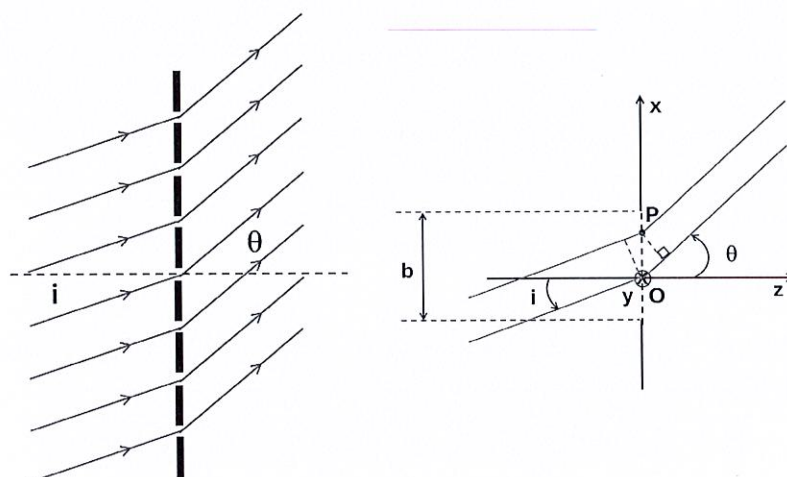


FIGURE 1 –

1. On considère dans un premier temps une seule fente (la fente 1 centrée sur l'origine des coordonnées). Calculez le déphasage $\varphi(i, \theta)$ entre l'onde issue d'un point quelconque M de cette fente et celle qui est issue de l'origine des coordonnées, qui servira de référence des phases. En appliquant le principe d'Huygens-Fresnel, déduisez-en l'amplitude complexe $A_1(u)$ de l'onde diffractée par la fente. On notera A_0 l'amplitude de l'onde incidente, et on pourra poser $u = \frac{\pi b (\sin \theta - \sin i)}{\lambda}$.
2. Exprimez le déphasage $\psi(i, \theta)$ entre les ondes issues de deux fentes consécutives (cf. Fig. (2)).
3. Montrez alors que l'amplitude complexe $A(u, v)$ de l'onde résultant de la superposition à l'infini des ondes provenant des N fentes est la somme des termes d'une suite géométrique que l'on calculera. On pourra poser $v = \frac{\pi a (\sin \theta - \sin i)}{\lambda}$.
4. Déduisez-en l'éclairement diffracté $\mathcal{E}(u, v)$ dans la direction θ .

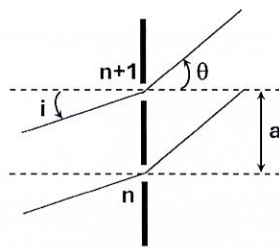


FIGURE 2 –

5. Etablissez la formule dite formule fondamentale des réseaux donnant les directions θ où l'on observe des maxima de lumière diffractée d'ordre k .
6. Si on travaille avec un réseau de pas $a = 1,5 \mu\text{m}$ et une longueur d'onde de $\lambda = 530 \text{ nm}$, quel est l'ordre le plus élevé que l'on peut observer à l'incidence normale ? Et pour une incidence de 45° ?
7. On définit la dispersion angulaire D_θ du réseau par la relation $D_\theta = \frac{d\theta}{d\lambda}$, où $d\theta$ est l'écart angulaire d'un maximum principal correspondant à une petite variation $d\lambda$ de la longueur d'onde, dans un ordre k donné. Etablissez l'expression de D_θ en fonction de k , a et θ , et donnez sa valeur numérique pour chacune des incidences précédentes et l'ordre le plus élevé, en rad.nm^{-1} .
8. On appelle déviation la quantité $D = \theta - i$. Montrez que cette déviation passe par un extremum $D_{\min}$ (que l'on admettra être un minimum) lorsque $\theta = -i$. Déduisez-en alors la relation

$$\sin\left(\frac{D_{\min}}{2}\right) = \frac{k\lambda}{2a}$$

9. On mesure avec un réseau (différent du précédent de la question 6) la déviation minimale $D_{\min 1} = 31^\circ 42' = 31,7^\circ$ pour la raie verte du mercure ($\lambda_1 = 546,1 \text{ nm}$) pour le spectre d'ordre 2, et la déviation minimale $D_{\min 2} = 18^\circ 32' = 18,533^\circ$ pour la raie rouge du cadmium dans l'ordre 1. Calculez :
 - (a) l'angle d'incidence i correspondant à la déviation minimale de la raie verte ;
 - (b) la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium ;
 - (c) le pas a du réseau ainsi que son nombre de traits par millimètre.

Exercice II : Polarisation

Une onde plane progressive monochromatique de pulsation ω et de longueur d'onde dans le vide λ_0 se propageant suivant Oz est décrite par le champ électrique suivant :

$$E_x = E_0 \cos(\omega t - k_0 z); E_y = E_0 \sin(\omega t - k_0 z); E_z = 0$$

avec $k_0 = \omega/c = 2\pi/\lambda_0$.

1. Déterminez l'état de polarisation (linéaire, elliptique ou circulaire gauche ou droite) de cette onde. On considère une lame quart-d'onde pour la longueur d'onde dans le vide λ_0 , d'épaisseur e dont les lignes neutres coïncident avec les axes Ox et Oy . Pour une onde incidente polarisée rectilignement suivant Oy , l'indice de la lame est n_o ; Pour une onde incidente polarisée rectilignement suivant Ox , l'indice de la lame est n_e , avec $n_o < n_e$.
2. Le milieu constituant la lame est-il un milieu négatif ou positif ?
3. Quelle est la relation entre n_o , n_e , e et λ_0 ?
4. La face d'entrée de la lame coïncide avec le plan $z = 0$ et la lame reçoit l'onde définie à la question 1. Déterminez les composantes du champ $\vec{E}$ après la traversée de la lame, et précisez son état de polarisation (linéaire, elliptique ou circulaire gauche ou droite).
5. Reprenez la question 4 en supposant que le champ incident est cette fois

$$E_x = E_0 \cos(\omega t - k_0 z); E_y = -E_0 \sin(\omega t - k_0 z); E_z = 0$$

Vous donnerez d'abord la polarisation de cette nouvelle onde incidente.