



Filière : Licence 3 Physique/Chimie – SPI Mécanique

Session : 1

**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 1 : 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  $\lambda$  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  $\theta$  avec la normale au plan des fentes (cf. Fig. (1)).

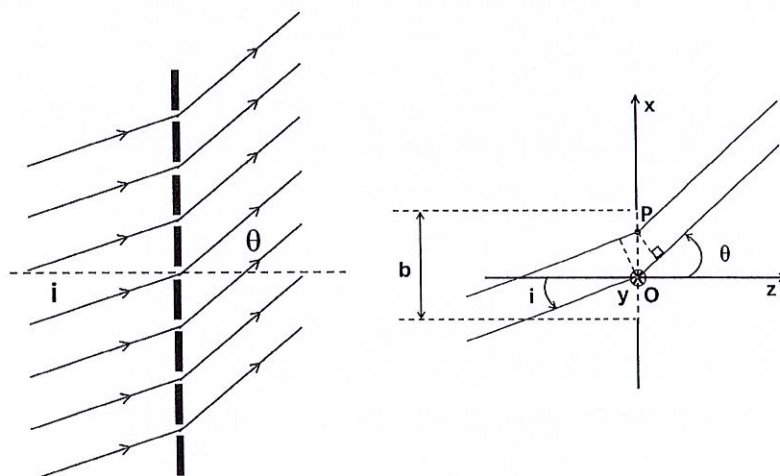


FIGURE 1 –

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  $\theta$ .

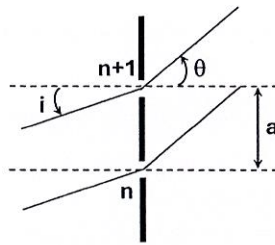


FIGURE 2 –

5. Etablissez la formule dite formule fondamentale des réseaux donnant les directions  $\theta$  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  $45^\circ$  ?
7. On définit la dispersion angulaire  $D_\omega$  du réseau par la relation  $D_\omega = \frac{d\theta}{d\lambda}$ , 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  $D_\omega$  en fonction de  $k$ ,  $a$  et  $\theta$ , et donnez sa valeur numérique pour chacune des incidences précédentes et l'ordre le plus élevé, en  $\text{rad.nm}^{-1}$ .
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 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  $\omega$  et de longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0$  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  $\lambda_0$ , 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  $\lambda_0$  ?
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.