

Exercice 1 : Diffraction par un cheveu

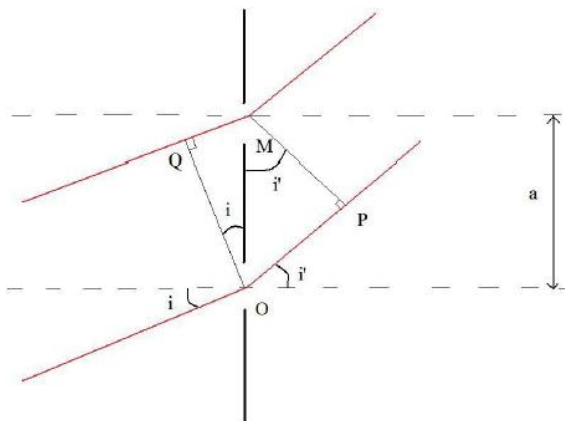
1. La fente de diamètre D et le cheveu forment deux écrans complémentaires. D'après le théorème de Babinet, ils donneront la même figure de diffraction, sauf au centre.
2. La figure de diffraction s'étalera dans la direction perpendiculaire à celle du cheveu.
3. La figure de diffraction est constituée d'une tache centrale claire, entourée de taches latérales secondaires moins intenses et deux fois moins larges que la tache centrale.
4. Si le cheveu est plus fin, les taches de diffraction seront plus larges.

Exercice 2 : Critère de Rayleigh

1. Les deux phares d'une voiture sont deux sources lumineuses indépendantes. Elles ne peuvent donc pas être cohérentes entre elles. Si elles l'étaient, elles interféreraient.
2. Lorsqu'il y a un seul phare, on voit la figure de diffraction par une ouverture circulaire (l'iris) composée d'une tache centrale lumineuse et entourée d'anneaux alternativement sombres et clairs d'intensité décroissante.
Lorsqu'il y a deux phares, comme ils n'interfèrent pas, on observe la superposition des images de diffraction de chaque phare. Il y a trois cas : a) Les deux figures sont nettement séparées; b) Les deux figures se recouvrent et ne forment qu'une seule tache : les deux phares ne sont pas séparés; c) Les deux phares sont en limite de séparation lorsque le premier zéro de la tache de l'un coïncide avec le maximum de la tache de l'autre (critère de Rayleigh).
3. On voit les deux phares sous l'angle a/L . La limite de résolution se produit pour $a/L = 1,22\lambda/d$, soit $L = ad/(1,22\lambda)$.
4. $L = 8942 \text{ m} = 9 \text{ km}$. On remarque que ce résultat est indépendant de la distance focale de l'oeil. D'autre part, ce résultat est valable pour un oeil sans défaut et en limite de résolution car $1,22\lambda/d$ est proche de l'angle minimal de séparation de l'oeil. En pratique, la distance sera plus petite, mais restera de l'ordre de quelques km.

Exercice 3 : Spectroscopie à réseau

1. Il faut placer la fente d'entrée dans le plan focal objet de L_1 . Cela peut se faire par autocollimation (à l'aide d'un miroir placé derrière L_1 , on forme l'image nette de la fente sur le support de celle-ci).
2. Le capteur CCD doit être dans le plan focal image de L_2 .



4. $\delta = OP - MQ$.
5. $OP/a = \sin i'$ et $MQ/a = \sin i$. Donc $\delta = a(\sin i' - \sin i)$.
6. Les interférences sont constructives lorsque la différence de marche est un multiple entier de la longueur d'onde, c'est à dire $a(\sin i' - \sin i) = p\lambda$ avec p entier.
7. On se trouve en incidence normale, donc $i = 0$; et le réseau travaille à l'ordre 2, donc $p = 2$. De plus, $1/a = 100 \text{ mm}^{-1}$, donc $a = 0,01 \text{ mm}$. On en déduit $\sin i' = 2\lambda/a$, puis i' . Pour 436 nm, on trouve, $i' = 0,0873 \text{ rad} = 5,00^\circ$. Pour 644 nm, on trouve $i' = 0,129 \text{ rad} = 7,40^\circ$.
8. L'écart angulaire entre les raies extrêmes est de $\Delta i' = 0,129 - 0,0873 = 0,0418 \text{ rad}$. L'écart en mm des raies sur le capteur est $f'_2 \Delta i' = 12,6 \text{ mm}$.
9. Le capteur mesure $1024 \times 14 = 14336 \mu\text{m} = 14,3 \text{ mm}$. Le spectre peut donc s'afficher entièrement sur le capteur.
10. Plus petit écart de longueur d'onde séparable : $\Delta\lambda = \lambda/(pN)$ avec $\lambda = 578 \text{ nm}$, $p = 2$ et $N = 100 \times 20 = 2000$ traits. On trouve $\Delta\lambda = 0,14 \text{ nm}$. L'écart de 2 nm entre les deux raies du doublet est donc résolu par le réseau.
11. Cependant, la résolution du spectroscopie dépend aussi de la largeur de la fente d'entrée. Celle-ci étant de 0,1 mm et le grandissement par les lentilles de $300/200 = 1,5$, une raie monochromatique aura une largeur de 0,15 mm sur le capteur.
12. Pour les raies du doublet, on trouve $i'_{577} = 0,1157 \text{ rad}$ et $i'_{579} = 0,1161 \text{ rad}$, soit un écart angulaire de 0,4 mrad. Cela se traduit par un écart sur le capteur de $f'_2 \times 0,4 \cdot 10^{-3} = 0,12 \text{ mm}$.
13. Cet écart de 0,12 mm étant inférieur à la largeur d'une raie monochromatique (0,15 mm), le doublet jaune du mercure n'est pas résolu par le spectroscopie (il est en limite de résolution).

Exercice 4 :

1. Pour un dioptre : $T = 1 - R = ((1 - n_V)/(1 + n_V))^2 = 0,957$. Pour 9 lentilles, soit 18 dioptres, le coefficient de transmission est $T^{18} = 0,45$. Il y a seulement 45% de la lumière qui est transmise. D'où la nécessité d'un traitement antireflet.
2. Deux rayons se réfléchissent sur la couche antireflet : un sur le dioptre air/antireflet, et l'autre sur le dioptre antireflet/verre. Il faut des interférences destructives entre ces deux rayons.
3. $n_{AR} = \sqrt{n_V} = 1,23$.
4. La différence de marche entre les rayons est $\delta = 2n_C e$ et les interférences sont destructives si δ est un multiple impair de $\lambda/2$: $2n_C e = (2m + 1)\lambda/2$ soit aussi $e = (2m + 1)\lambda/(4n_C)$. Epaisseur minimale pour $m = 0$: $e = \lambda/(4n_C) = 103,7 \text{ nm}$.
5. La couche est antireflet pour le jaune-vert, dans le maximum de sensibilité de l'oeil. Le reflet des jumelles montre donc la couleur complémentaire, c'est à dire le bleu-violet.