

TD n° 24 : Interférences à N ondes

1 Nombre d'ordres observables

On éclaire un réseau ayant 500 traits par millimètre par un faisceau parallèle d'incidence normale ($i = 0$) et de longueur d'onde $\lambda = 600$ nm. Combien de pics d'interférences peut-on observer au maximum ?

2 Minimum de déviation d'un réseau

Pour un réseau de pas a , on appelle déviation $D_p(i, \lambda)$ dans l'ordre p pour un faisceau incident caractérisé par l'angle d'incidence i et une lumière monochromatique de longueur d'onde λ , l'angle défini par :

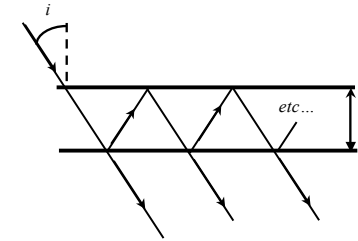
$$D_p(i, \lambda) = i'_p(\lambda, i) - i$$

Montrer que, p et λ étant fixés, D_p admet lorsque i varie un extremum (on admettra qu'il s'agit d'un minimum). Déterminer la valeur particulière i_{min} caractérisant ce minimum, ainsi que sa valeur $D_{p,min}$.

3 Interféromètre de Fabry - Pérot

L'interféromètre à ondes multiples de Fabry-Pérot est constitué de deux lames de verre dont les faces en regard sont séparées d'une épaisseur e d'air, sont parallèles et traitées pour en augmenter le facteur de réflexion. On ne tiendra pas compte de l'épaisseur des lames dans le raisonnement.

Les coefficients de réflexion et de transmission en amplitude sur chacune des lames sont respectivement notés r et t : ce sont deux coefficients supposés réels et identiques pour les deux lames.



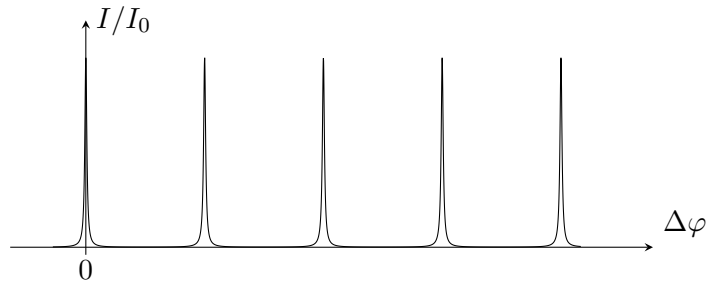
L'appareil est éclairé par une onde monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ , provenant d'une source ponctuelle S située à l'infini ou dans le plan focal objet d'une lentille convergente. On considère un rayon lumineux incident qui arrive sous un angle d'incidence i faible et qui se divise par réflexions successives sur les deux lames. L'observation se fait en transmission et à l'infini, c'est-à-dire dans le plan focal image d'une lentille convergente. On note M un point de ce plan, en lequel se superpose les différentes ondes transmises.

1. Exprimer le déphasage $\Delta\varphi(M)$ entre deux rayons transmis successifs, en fonction de e , λ et i . On supposera que les réflexions n'introduisent aucun déphasage supplémentaire.
2. Calculer l'amplitude complexe $\underline{A}_p(M)$ de l'onde ayant subi $2p$ réflexions ($p \geq 1$) en fonction de $\underline{A}_0(M)$, amplitude complexe de l'onde qui n'a subi que deux transmissions.
3. En déduire l'amplitude complexe $\underline{A}(M)$ de l'onde résultant en M . On supposera que $r < 1$ mais qu'il reste cependant proche de 1 : il faut donc tenir compte de toutes les ondes transmises.
4. Calculer l'intensité $I(M)$ en M . On posera $R = r^2$ et on montrera que :

$$I(M) = \frac{I_0}{1 + m \sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right)}$$

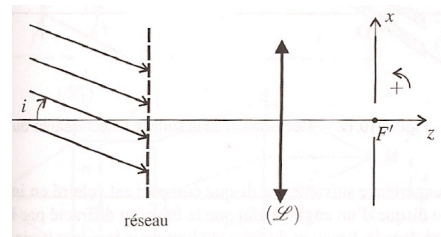
Exprimer m en fonction de R .

5. Pour quelles valeurs de $\Delta\varphi(M)$ a-t-on des interférences constructives, c'est à dire un maximum d'intensité? Que vaut cette intensité maximale?
6. Lorsque r est proche de 1, l'allure caractéristique de $I(\Delta\varphi)$ en fonction de $\Delta\varphi$ est donnée ci-dessous. L'intensité est caractérisée par des pics très étroits et elle est pratiquement nulle en dehors de ces pics. Déterminer la largeur à mi-hauteur de ces "pics" et la calculer pour $r = 0,98$.



4 Monochromateur à réseaux

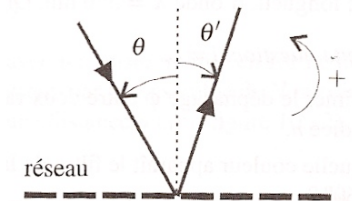
Un monochromateur à réseau est un dispositif permettant d'obtenir une onde quasi-monochromatique à partir d'une source de lumière blanche. Le réseau a 500 traits par mm et $N = 1000$ traits au total. Il est éclairé sous l'incidence i par un faisceau parallèle de lumière blanche venant d'une source ponctuelle S . Une lentille mince convergente de distance focale image $f'_0 = 20$ cm a son axe normal au plan du réseau et une fente fine se trouve centrée au foyer image F'_0 de la lentille.



1. Déterminer l'angle d'incidence i sachant que la lumière de longueur d'onde $\lambda_0 = 550$ nm déviée dans l'ordre 2 parvient en F' .
2. Pour une longueur d'onde λ un peu différente de λ_0 , les rayons déviés par le réseau dans l'ordre 2 convergent en un foyer image secondaire Φ' de la lentille, d'abscisse x . Donner une expression approchée de x en fonction de $\lambda - \lambda_0$.
3. Calculer la demi-largeur Δx dans le plan focal image du pic d'ordre 2 pour la longueur d'onde λ_0 .
4. La fente a une largeur $b = 0,10$ mm et ne laisse donc passer que les radiations dont les longueurs d'onde λ sont comprises entre $\lambda_0 - \Delta\lambda/2$ et $\lambda_0 + \Delta\lambda/2$. Calculer l'intervalle $\Delta\lambda$.

5 Réseau par réflexion

Dans un réseau par réflexion, les trous diffractant la lumière en transmission sont remplacés par des trous qui diffractent la lumière en réflexion : la lumière diffractée est donc renvoyée dans l'espace de la lumière incidente. Un faisceau lumineux parallèle, monochromatique de longueur d'onde λ , tombe sur ce réseau avec un angle d'incidence algébrique θ .



1. Établir la relation faisant intervenir un entier relatif p donnant les angles θ' repérant les directions dans lesquelles on observe les maxima d'intensité de la lumière réfléchie.
2. On envoie un faisceau de lumière blanche sous l'incidence $\theta = 30^\circ$. Déterminer la ou les longueurs d'onde qui sont renvoyées dans la direction du faisceau incident sachant que le réseau a 1000 traits par mm.