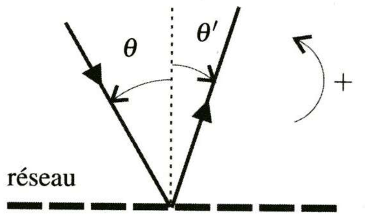
Interférence 3 : réseaux

Exercice 1 : réseau par réflexion



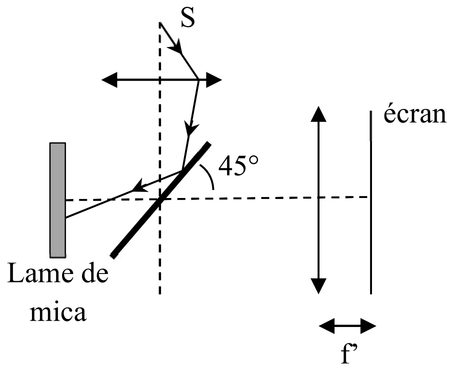
Dans un réseau par réflexion, les fentes transparentes sont remplacées par des bandes rectangulaires réfléchissantes, séparées par des traits pratiquement non réfléchissants. On s'intéresse à un tel réseau comportant 600 traits par mm, ces traits étant supposés parfaitement verticaux. Un faisceau lumineux cylindrique de 3 mm de diamètre et monochromatique de longueur d'onde 589 nm éclaire le réseau : les rayons lumineux sont horizontaux, parallèles entre eux, et font un angle algébrique θ avec la normale au réseau (vue en coupe ci-contre). On observe l'intensité diffractée à l'infini.

1- Exprimer les directions θ' des pics d'intensité diffractés par le réseau (*indication : refaire peut-être un schéma où θ et θ' sont tous les deux positifs*).

2- Sachant que le réseau et est éclairé sous un angle de 30°, déterminer le nombre de pics d'intensité visibles ainsi que leurs ordres (*facultatif : effectuer un schéma mettant en évidence les directions de ces pics*).

3- Dans le cas où on éclaire le réseau avec un doublet spectral, quelle est la limite de résolution en longueur d'onde de ce réseau si on travaille dans l'ordre 1 ? Commenter.

Exercice 2 : Détermination de l'épaisseur d'une lame de mica par spectroscopie.



On éclaire une lame de mica d'indice n et d'épaisseur e en incidences multiples, grâce à une lame semi réfléchissante. La source est quasi-monochromatique (longueur d'onde λ) et on observe la lumière réfléchie dans le plan focal d'une lentille convergente de focale f' (figure ci-contre). Dans tout le problème, on néglige la variation de l'indice du mica avec la longueur d'onde.

On donne : $n = 1{,}57$ - $e = 8{,}0$ mm - $f' = 50$ cm - $\lambda = 0{,}59\ \mu$m

1- Faire un schéma représentant le trajet d'un rayon arrivant sur la lame avec un angle d'incidence i, en notant r est l'angle de réfraction du rayon à l'intérieur de la lame ; puis montrer que la différence de marche entre le rayon réfléchi sur la face avant de la lame et celui réfléchi sur la face arrière s'écrit :

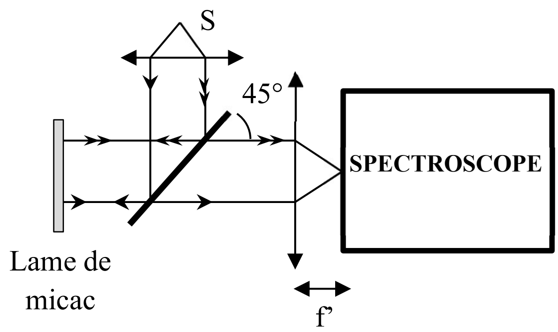
$$\delta = 2ne\cos(r) + \frac{\lambda}{2}$$

2- Justifier que l'on observe des anneaux et calculer l'ordre au centre de la figure, puis le rayon des deux premiers anneaux brillants.

3- Quelle variation de longueur d'onde $\delta\lambda$ peut-on tolérer si l'on veut que l'ordre d'interférence au centre ne varie pas de plus de 0,2 ? Expliquer pourquoi si, au contraire, l'ordre au centre varie trop, on ne pourra plus observer d'anneaux. La source utilisée a-t-elle besoin d'être très cohérente pour observer ces anneaux ?

On reprend le dispositif expérimental précédent mais on étudie maintenant une lame de mica beaucoup plus fine, dont on cherche à mesurer l'épaisseur e. Pour cela on éclaire la lame en lumière parallèle avec une source de lumière blanche et on place, au foyer de la lentille d'observation, l'entrée d'un spectroscope permettant d'observer le spectre de la lumière réfléchie par la lame. On néglige la variation de l'indice n du mica avec la longueur d'onde.

Données numériques : $n = 1{,}57$ - $f' = 50$ cm .



4- Comment réaliser un spectroscope ? Quel type de spectre obtiendrait-on en envoyant directement la lumière blanche à l'entrée du spectroscope ?

5- Expliquer que le spectre soit cannelé, c'est-à-dire qu'il comporte des bandes sombres pour certaines longueurs d'onde. Déterminer la relation liant les longueurs d'ondes correspondant aux bandes sombres aux caractéristiques de la lame.

6- Sachant qu'entre les longueurs d'onde $\lambda_1 = 491$ nm et $\lambda_2 = 659$ nm on observe 40 bandes sombres, dont une à λ_1 et une à λ_2, déterminer l'épaisseur e de la lame (réponse : 23,9 μm).

S'il reste du temps

Exercice 3 : Fentes d'Young ; détermination d'indices optiques ; frange achromatique.

Cet exercice est la suite de l'exercice 1 du TD Interférences-1, dont l'énoncé est rappelé dans la question 1 ci-dessous (qui ne sera pas recorrigée !)

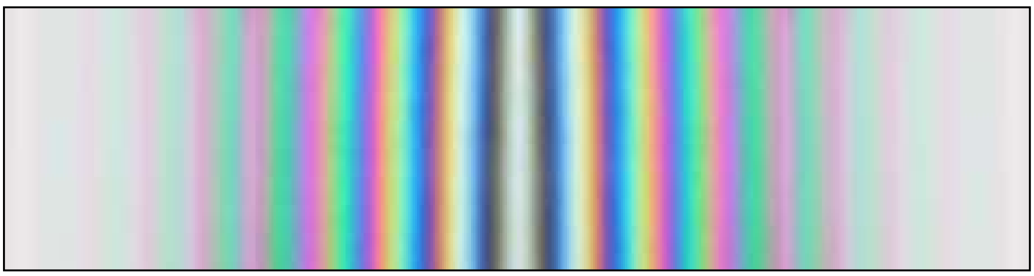
1- On considère un dispositif de fentes d'Young éclairé par une onde plane en incidence normale, avec les caractéristiques suivantes : distance a entre les fentes : 3,3 mm ; distance D entre les fentes et l'écran : 3,0 m ; longueur d'onde λ de la source : 0,55 μm.

1a- Exprimer puis calculer l'interfrange caractéristique de la figure observée sur l'écran.

1b- On place devant la fente du haut une lame de verre à faces parallèles d'épaisseur e = 0,10 mm . Justifier que l'interfrange reste la même mais que l'on observe un déplacement global de la figure d'interférence. Dans quel sens le déplacement se fait-il ? Justifier qualitativement.

1c- Le déplacement mesuré étant de 47,3 mm, quel est l'indice du verre pour la longueur d'onde considérée ? Ce déplacement est-il facilement mesurable en lumière monochromatique ?

2- On éclaire maintenant le dispositif avec une source de lumière blanche, tout d'abord en l'absence de la lame de verre. On observe le système de franges ci-dessous :



Proposer une explication qualitative à cette observation et justifier en particulier l'existence d'une frange parfaitement blanche au centre de la figure. On pourra s'appuyer sur un schéma de l'intensité lumineuse en fonction de la position.

3- Dans la configuration précédente, on replace devant la fente du haut la lame de verre à faces parallèles, dont on suppose que l'indice varie avec la longueur d'onde suivant la loi :

$$n = n_0 + \frac{\beta}{\lambda^2} \quad \text{où} \quad n_0 = 1,500$$

3a- Comment s'appelle cette formule ? Déterminer le coefficient *β*.

3b- En utilisant les résultats établis précédemment, expliquer l'effet de cette lame sur chacune des longueurs d'onde composant le spectre de la source et expliquer pourquoi on n'observe plus la frange blanche. Calculer, pour une longueur d'onde λ quelconque, la position $x_p(\lambda)$ sur l'écran de la frange brillante d'ordre p pour cette longueur d'onde.

3c- *Difficile.* On désire montrer qu'il existe néanmoins une frange « achromatique », c'est-à-dire apparaissant approximativement blanche. Pour cela, on cherche l'ordre d'interférence p entier qui réalise le mieux la condition suivante : $\frac{dx_p}{d\lambda}(\lambda = 0,55\mu m) = 0$

Justifier cette démarche et déterminer l'ordre d'interférence p en question. Tracer l'allure de la courbe $x_p(\lambda)$ dans le domaine visible pour l'ordre d'interférence p et pour un ordre différent (l'ordre 0 par exemple) et conclure, en utilisant la valeur numérique de l'interfrange i ($\lambda = 0,55$ μm) calculée précédemment.