

MESURE DE L'ÉPAISSEUR ET DE L'INDICE D'UNE LAME MINCE

1. Objectifs

Il s'agit d'exploiter les interférences obtenues par réflexion sur une lame à faces parallèles pour déterminer son épaisseur e et son indice n . L'étude du spectre cannelé en lumière blanche et de l'interfrange angulaire des franges d'égale inclinaison en lumière quasi-monochromatique fourniront la valeur de deux grandeurs dépendant de e et n . En combinant ces grandeurs, on trouvera les expressions et valeurs de e et n .

Dans les deux montages, il faudra éclairer soigneusement la lame sous un angle de 45° .

2. Spectre cannelé

2.1 Montage, réglages du monochromateur

Le montage est celui de la figure 1. On n'oubliera pas de brancher le ventilateur de la source Oriel. L'angle de 45° entre le faisceau incident et la lame de mica doit être le plus précis possible. Utiliser le condenseur de la source pour réaliser un faisceau grossièrement parallèle. Le condenseur permet de concentrer la lumière sur la fente d'entrée du monochromateur.

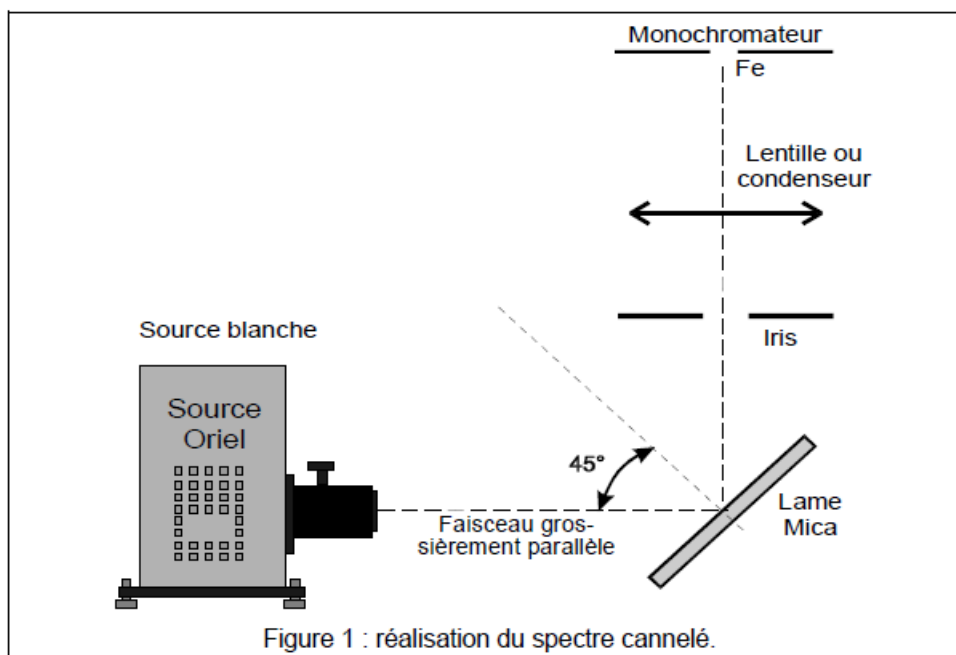
Réglages du monochromateur :

- Allumer le monochromateur, le voltmètre relié au détecteur et l'alimentation de l'amplificateur.

- Lancer le logiciel Chromex_LV
- Dans le menu *Réglages* aller dans *carte d'acquisition* et choisir dans le menu déroulant la bonne voie du port USB 6009, puis valider.
- Toujours dans *Réglages*, aller dans *Ouverture et fermeture des fentes*. Régler les deux fentes sur $100\ \mu\text{m}$. Cliquer sur *Lire U* et comparer à l'indication du voltmètre : on avoir la même valeur. Si U est inférieure à $1\ \text{V}$, augmenter le gain de l'amplificateur.

2.2 Mesures

- Toujours dans *Réglages*, aller dans *Paramètres d'acquisition*. On veut un spectre entre 640 et $650\ \text{nm}$, avec un pas de $0,01\ \text{nm}$.
- Démarrer la mesure. On acquiert un seul spectre.
- Dans le menu *Courbes*, afficher U en fonction de λ .
- A l'aide des curseurs, relever les longueurs λ_1 et λ_p de deux cannelures numérotées 1 et p assez espacées.
- Estimer l'incertitude $\Delta\lambda$ sur ces longueurs d'onde (précision du curseur, erreur de lecture).
- Faire une sortie imprimante de la courbe obtenue et y noter les valeurs de λ_1 et λ_p .



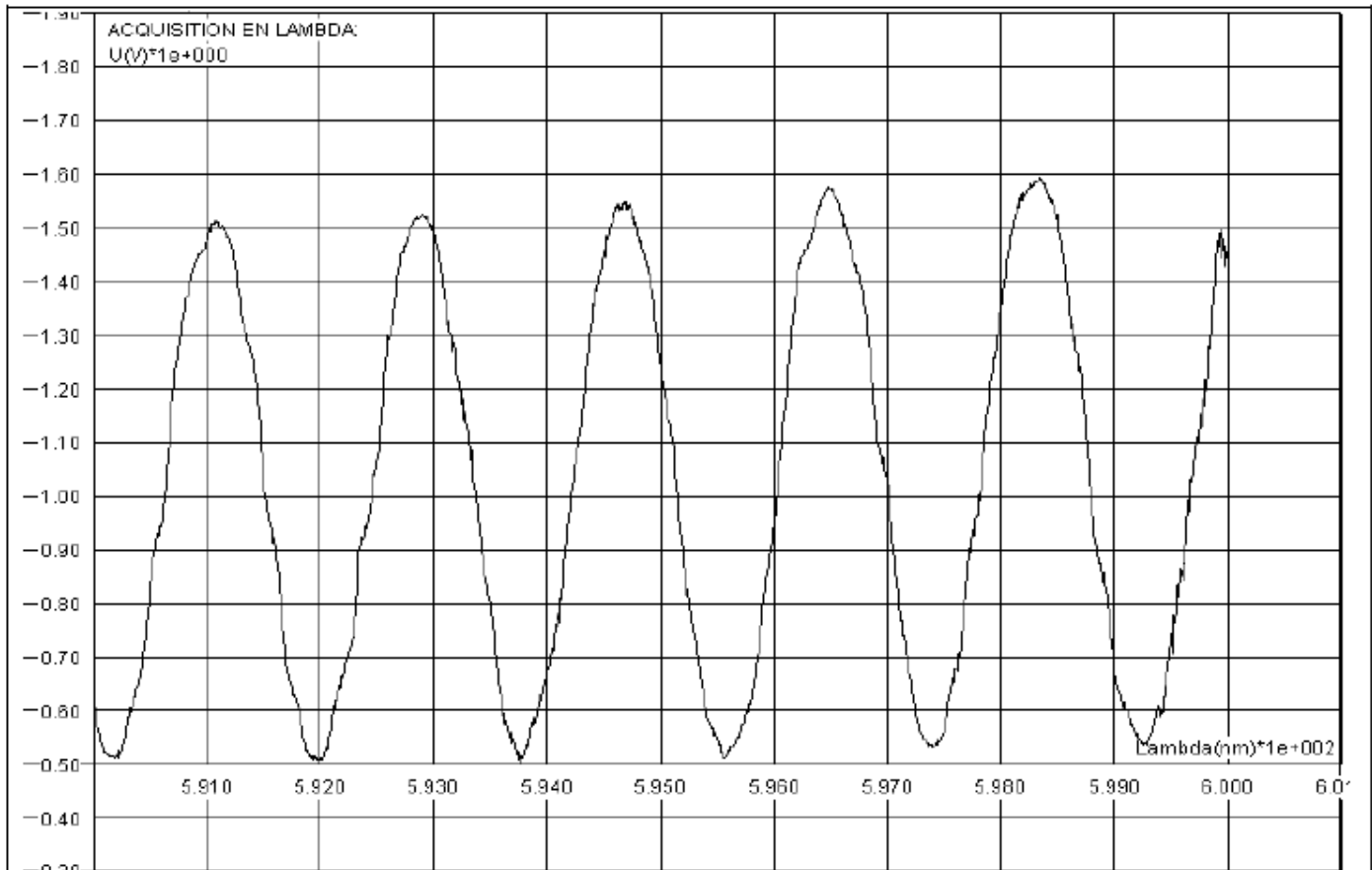


Figure 2 : Exemple d'acquisition (faite entre 590 et 600 nm)

3. Franges d'égale inclinaison

3.1 Montage, observations

On réalise le montage de la figure 4, dans lequel on peut éventuellement remplacer le filtre spatial par une lentille de courte focale.

L'angle de 45° entre le faisceau et la lame doit être le plus précis possible.

La source primaire S se trouve au foyer de la lentille, et les sources secondaires sont les images de S par réflexion sur les deux faces de la lame. La distance D est mesurée entre les sources secondaires et l'écran, c'est-à-dire que D est la somme des distances de S à la lame et de la lame à l'écran.

On observe sur l'écran des portions d'anneaux d'égale inclinaison. Comme l'inclinaison est voisine de 45° , les portions d'anneaux semblent rectilignes et équidistantes séparées de l'interfrange i.

Montrer le montage à un professeur.

3.2 Mesures

Mesurer l'interfrange i séparant deux franges sombres lorsque l'écran est à distance D. On mesurera l'écart Δx entre la frange 1 et la frange

$N+1$, puis on calculera $i=\Delta x/N$. Recommencer en variant la distance D de 800 mm à 1500 mm.

Faites un tableau de mesures, que vous complétez en calculant l'interfrange angulaire $\alpha=i/D$.

Tracer i en fonction de D. Noter l'équation de la droite de régression $i=\alpha D$ et indiquer la pente α avec son incertitude (utiliser droitereg).

4. Interprétation, résultats

4.1 2^{ème} montage (figure 4)

On a vu dans le TP 01 que la différence de marche entre deux rayons réfléchis issus du même rayon incident est (figure 3) : $\delta=2ne \cos(i')+\lambda/2$.

Démontrer qu'elle peut s'écrire aussi :

$$\delta = 2e \sqrt{n^2 - \sin^2(i)} + \lambda/2$$

Et calculer sa dérivée $d\delta/di$. On en déduit que lorsque l'inclinaison i varie de di, la variation de δ est :

$$\begin{aligned} d\delta &= -\sin(2i)e \, di / \sqrt{n^2 - \sin^2(i)} \\ &= -e \, di / \sqrt{n^2 - 0,5} \end{aligned}$$

car $i=45^\circ$.

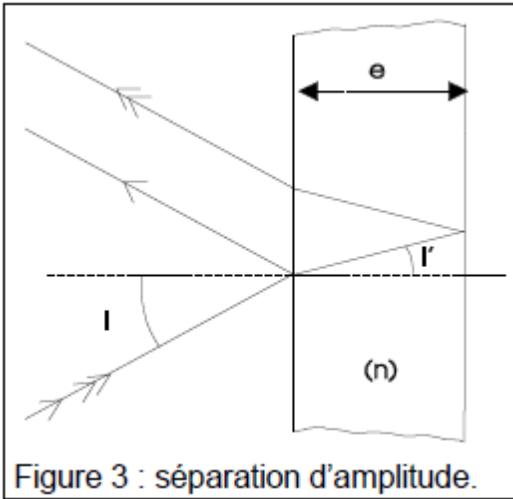


Figure 3 : séparation d'amplitude.

Pour une variation $d\delta = \lambda$ de la différence de marche, la variation di de l'incidence est l'interfrange angulaire α . On a donc, en valeur absolue, et en remplaçant $d\delta$ par λ et di par α :

$$\alpha = \lambda \sqrt{n^2 - 0,5} / e$$

On appelle Q le rapport :

$$Q = \frac{\sqrt{n^2 - 0,5}}{e} = \frac{\alpha}{\lambda}$$

Calculer Q à partir de la pente α trouvée à partir de vos mesures (attention aux unités). Estimer l'incertitude

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta \alpha}{\alpha}$$

4.2 1^{er} montage (figure 1)

Expliquer la formation du spectre cannelé.

Pour les cannelures claires, on a $\delta = k_1 \lambda_1 = k_p \lambda_p$, avec les k entiers.

Expliquer pourquoi $k_2 = k_1 - 1, \dots, k_p = k_1 - (p-1)$.

Montrer que $\delta = (p-1) \lambda_1 \lambda_p / (\lambda_p - \lambda_1)$.

Calculer numériquement δ .

Comme $\delta = 2e \sqrt{n^2 - 0,5}$, on en déduit le produit P :

$$P = e \sqrt{n^2 - 0,5} = \frac{\delta}{2}$$

Calculer P numériquement (attention aux unités) ainsi que l'incertitude $\Delta P / P = 2 \Delta \lambda / (\lambda_p - \lambda_1)$.

4.3 Conclusion

Calculer PQ et P/Q littéralement.

Quelles sont les unités de ces deux grandeurs ?

Calculer PQ numériquement en prenant bien garde aux unités. En déduire n.

Calculer P/Q numériquement en prenant bien garde aux unités. En déduire e.

Calculer les incertitudes Δe et Δn en utilisant :

$$\frac{\Delta e}{e} = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta Q}{Q} \right)$$

et

$$\Delta n = \frac{P \Delta Q + Q \Delta P}{2n}$$

Les valeurs de e et n avec leurs incertitudes sont elles compatibles avec les valeurs trouvées au TP 01 ?

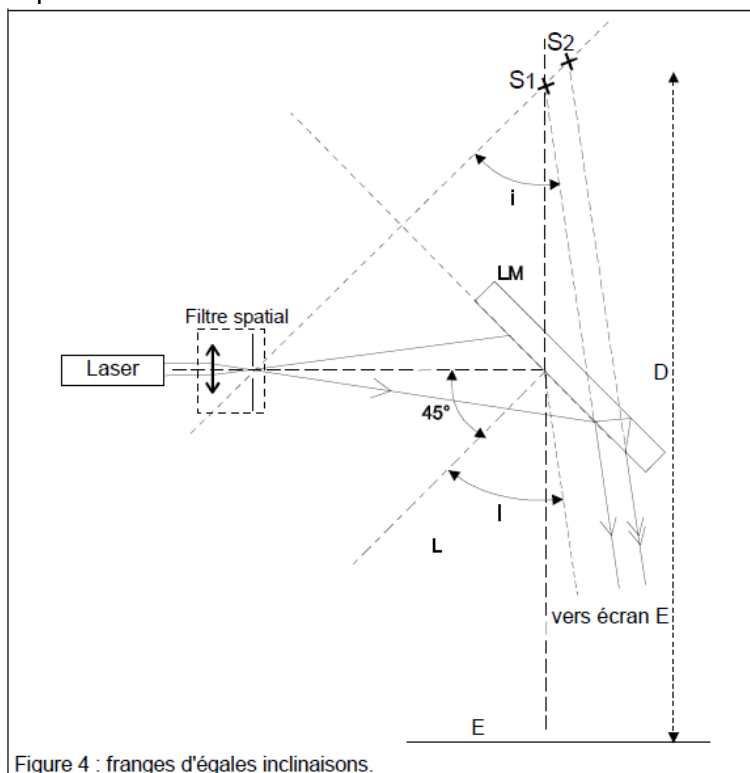


Figure 4 : franges d'égales inclinaisons.

NOMS :

DATE :

.....

.....

FEUILLE A RENDRE EN FIN DE SEANCE

§	Travail à faire	A noter sur place	A noter à l'écrit
2.1	1 ^{er} montage	____ / 4	
2.2	Acquisitions, mesures		____ / 2
3	2 ^{ème} montage		
	Montage	____ / 3	
	Mesures		____ / 2
4.1	Interprétation 1 ^{er} montage		
	Démonstrations		____ / 3
	Calcul de Q		____ / 1
4.2	Interprétation 2 ^{ème} montage		
	Démonstration		____ / 2
	Calcul de P		____ / 1
4.3	Conclusion		
	Calcul de e et n avec incertitudes		____ / 2

TOTAL : _____ / 20**Les comptes-rendus sont à rendre une semaine après le TP, le même jour de la semaine.****Un jour de retard : -2 points****Deux jours de retard : note / 2****Au-delà : points sur place / 2**