

Dispositifs interférentiels à division d'amplitude

Exercices

1. Franges d'égale inclinaison

Un interféromètre de Michelson est réglé en lame d'air. Il est éclairé par une source étendue monochromatique de longueur d'onde $\lambda_0 = 0,546 \mu\text{m}$.

1. Où doit-on placer l'écran pour observer des anneaux bien contrastés ?
2. On utilise une lentille convergente de distance focale $f' = 50 \text{ cm}$. On mesure sur l'écran les rayons du premier anneau brillant $\rho_1 = 4,8 \pm 0,1 \text{ cm}$ et du cinquième anneau brillant $\rho_5 = 13,3 \pm 0,1 \text{ cm}$. En déduire l'épaisseur e de la lame.

2. Angle du coin d'air

On observe les franges d'égale épaisseur produites par un interféromètre de Michelson réglé en coin d'air, et éclairé par une onde lumineuse monochromatique de longueur d'onde $\lambda_0 = 589 \text{ nm}$. Les miroirs de l'interféromètre sont circulaires, de diamètre $d = 2,00 \text{ cm}$. On peut compter 16 franges brillantes sur toute la largeur du miroir.

Estimer l'angle α entre les deux miroirs.

3. Mesure de l'indice de l'air

Un interféromètre de Michelson est réglé de façon à observer des franges rectilignes avec une source monochromatique de longueur d'onde $\lambda_0 = 589 \text{ nm}$. Sur l'une des voies, le faisceau traverse une cuve dont la longueur intérieure est $\ell = 1,00 \text{ cm}$.

Un détecteur mesure l'intensité en un point fixe du champ d'interférences. Initialement, la cuve est vide, et le détecteur est placé sur un maximum d'intensité.

On fait entrer l'air dans la cuve, jusqu'à ce que la pression soit égale à la pression atmosphérique. On voit défiler alternativement 10 franges noires et 9 franges claires, et le détecteur indique finalement une intensité égale à la moitié de l'intensité maximale.

1. Expliquer comment il faut placer le détecteur si l'interféromètre est éclairé par une source étendue.
2. Déterminer l'indice de réfraction de l'air à la pression atmosphérique.

4. Détermination du doublet jaune du mercure

On souhaite déterminer expérimentalement les caractéristiques du doublet jaune du mercure. On utilise pour cela un interféromètre de Michelson réglé en lame d'air et éclairé par une lampe à vapeur de mercure munie d'un filtre jaune.

Le mercure possède un doublet de longueurs d'onde λ_1 et λ_2 dans le jaune. Pour simplifier, on fait l'hypothèse que ces deux composantes ont la même intensité lumineuse $\mathcal{E}_0$ et sont de largeur spectrale nulle.

On note $\lambda_m = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$ la longueur d'onde moyenne et $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ l'écart entre les deux longueurs d'onde. On a $\Delta\lambda \ll \lambda_m$, donc $\lambda_1 \simeq \lambda_2 \simeq \lambda_m$.

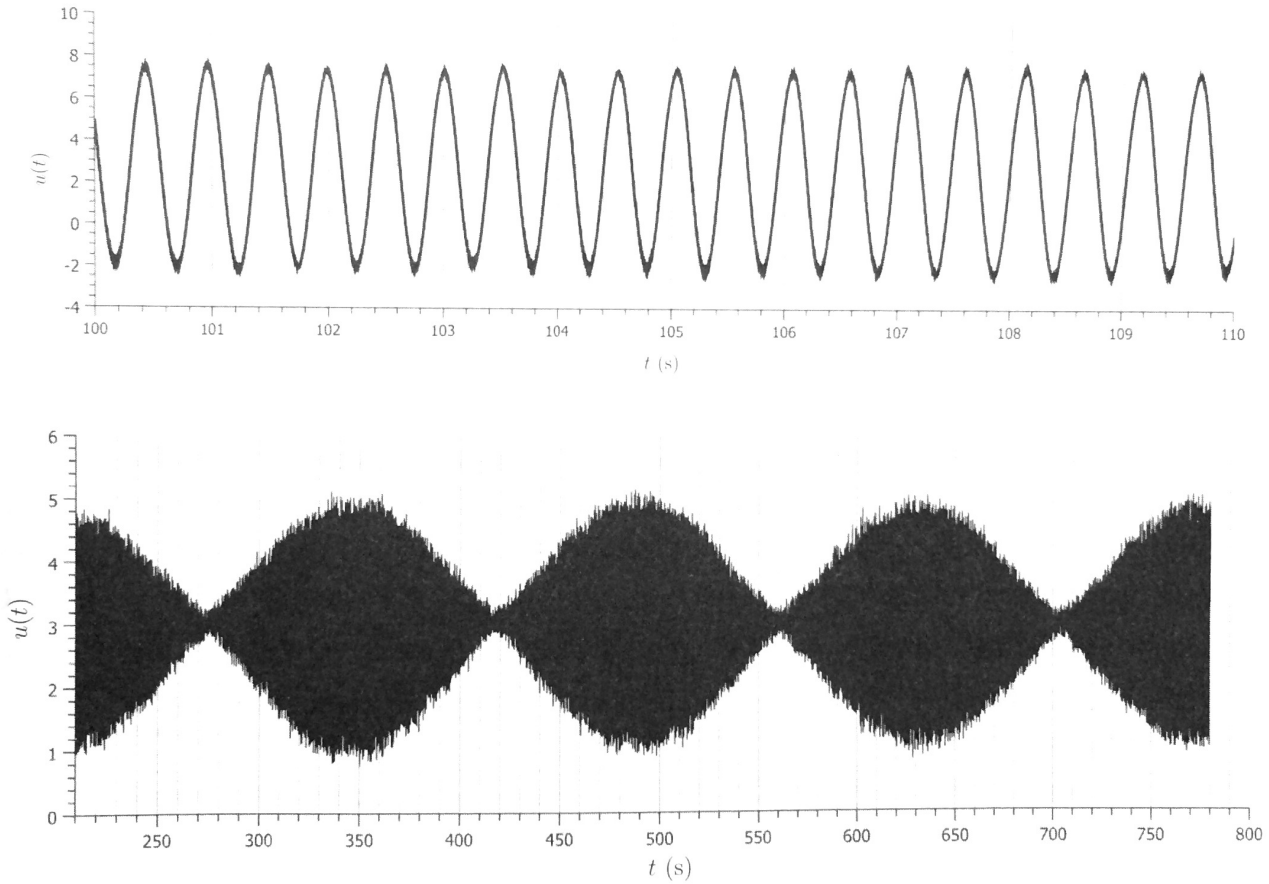
On place au centre O des anneaux un capteur de lumière de petite taille délivrant un signal u fonction affine de l'intensité lumineuse $\mathcal{E}$ en O : $u = \alpha + \beta\mathcal{E}$. À l'aide d'un moteur, on translate le miroir mobile à vitesse constante $V = 0,56 \mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, ce qui permet de faire varier l'épaisseur de la lame d'air $e(t) = Vt$ en partant du contact optique à l'instant $t = 0$.

1. Montrer que l'intensité résultante en O s'exprime sous la forme

$$\mathcal{E}(t) = \mathcal{E}_0 \left[1 + \cos\left(\frac{\pi}{\Delta t}t\right) \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t\right) \right],$$

où T_0 et $\Delta t \gg T_0$ sont deux grandeurs homogènes à des temps, à exprimer en fonction de λ_m , $\Delta\lambda$ et V .

2. On donne les deux courbes suivantes qui représentent l'enregistrement obtenu, la première sur un temps court, la deuxième sur un temps long.



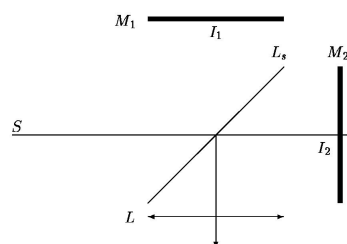
En exploitant ces courbes expérimentales, déterminer λ_m et $\Delta\lambda$.

3. En utilisant la deuxième figure, préciser si l'hypothèse sur l'intensité des deux composantes du doublet est vérifiée (justifier).

L'exploitation de la courbe aurait-elle été modifiée si cette hypothèse n'avait pas été valable ?

5. Franges d'égale inclinaison données par l'interféromètre de Michelson avec un doublet

Un interféromètre de Michelson est constitué par une lame semi-réfléchissante L_s , non absorbante, et de deux miroirs plans M_1 et M_2 perpendiculaires l'un à l'autre. La lame L_s est inclinée à 45° par rapport aux normales à M_1 et M_2 . Dans tout l'exercice, on ne tient compte ni des inconvénients liés à l'épaisseur non négligeable de la séparatrice (qui seront supposés parfaitement corrigés grâce à une lame compensatrice), ni d'éventuels changements de phase par réflexion. L'interféromètre est plongé dans l'air.



Le faisceau incident issu d'une source primaire étendue S n'est pas monochromatique, mais constituée d'un doublet (longueurs d'onde λ_1 et λ_2 voisines). À partir de la situation où les deux bras sont égaux ($II_1 = II_2$), on déplace M_2 de 1 cm vers la droite normalement à son plan.

1. Étudier les phénomènes d'interférence qui apparaissent au voisinage de l'incidence normale, dans le plan focal d'une lentille L convergente d'axe optique normal à M_1 .
2. Lorsqu'on déplace le miroir M_2 , on observe alternativement des franges contrastées ou brouillées.
 - (a) Comment voit-on défiler les franges lorsque x augmente ?
 - (b) Expliquer qualitativement le phénomène de brouillage.
 - (c) On doit déplacer le miroir M_2 d'une distance de $289 \mu\text{m}$ pour passer d'un brouillage au brouillage suivant. Lors d'un tel déplacement, on voit défiler 981 franges. En déduire les longueurs d'onde des deux composantes du doublet.