

Exercices du chapitre Op4

Interféromètre de Michelson en lame d'air

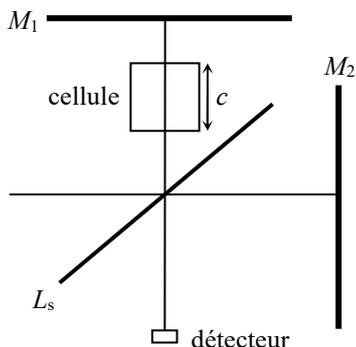
1. Observation d'anneaux en lame d'air

On réalise des interférences avec un interféromètre de Michelson réglé en lame d'air à faces parallèles ; la source utilisée est étendue et monochromatique, de longueur d'onde $\lambda = 0,4227 \mu\text{m}$. La différence de longueur des « bras » de l'interféromètre est $e = 1,000 \text{ cm} \pm 10 \mu\text{m}$. Pour observer les interférences, on utilise en sortie une lentille convergente de focale $f' = 1,00 \text{ m}$. On prendra l'indice de l'air égal à 1.

- Représenter sur un schéma la lame d'air équivalente à cet interféromètre, comportant deux miroirs (dont un virtuel), ainsi que la lentille et l'écran de projection, et tracer complètement deux rayons interférant sur l'écran.
- Déterminer la différence de marche en un point M de l'écran, situé à une distance r de l'axe optique de la lentille.
- Exprimer l'ordre d'interférences p en M quelconque, et sa valeur p_0 au centre. Calculer p_0 et commenter.
- On suppose p_0 demi-entier : que voit-on au centre ? Montrer que le rayon du q -ième anneau sombre est proportionnel à \sqrt{q} . Calculer numériquement les rayons des trois premiers anneaux sombres.
- On diminue lentement e sans modifier l'orientation des miroirs. Que voit-on sur l'écran ? Que voit-on lorsque $e = 0$?

2. Mesure de l'indice de l'air

Sur un des bras d'un interféromètre de Michelson monté en lame d'air, et éclairé par un laser de longueur d'onde $\lambda_0 = 638 \text{ nm}$, on ajoute une cellule (petit réservoir contenant de l'air et fermé par des lames transparentes) d'épaisseur $c = 1,6 \text{ cm}$ traversée par la lumière sous incidence normale.



On fait le vide dans cette cellule. Puis on laisse l'air rentrer progressivement et un capteur d'éclairage placé au centre des franges d'égale inclinaison donne la tension $v(t)$ représentée sur la figure 1 (colonne suivante).

Interpréter l'allure du graphe et en déduire une mesure de l'écart $n-1$ entre l'indice de l'air et celui du vide.

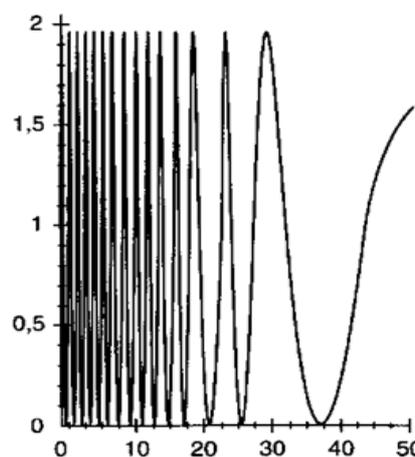
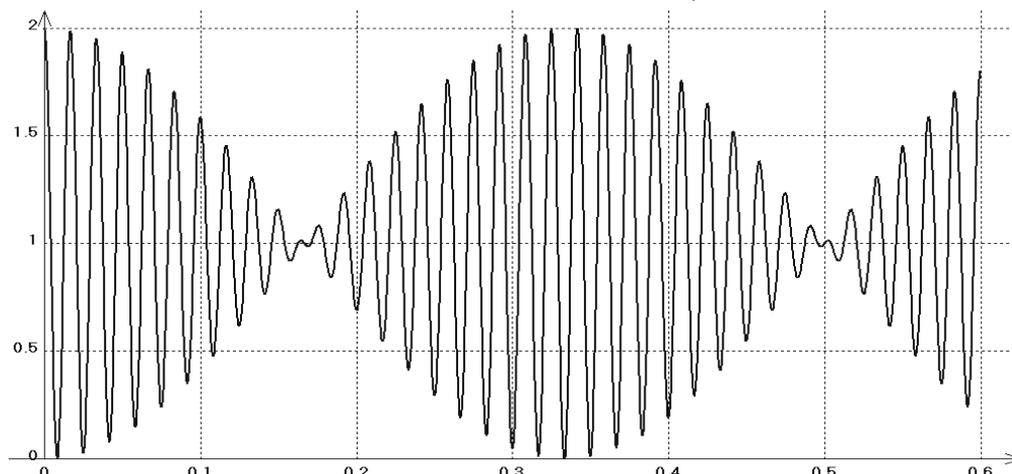


Figure 1

3. Étude d'un doublet spectral

Un interféromètre de Michelson, initialement au contact optique, est éclairé par une lampe spectrale munie d'un filtre, qui ne laisse passer qu'un doublet de longueurs d'onde, $\lambda_1 = \lambda_m - \Delta\lambda/2$ et $\lambda_2 = \lambda_m + \Delta\lambda/2$.

On translate le miroir chariotable et on obtient la courbe de la figure 2, donnant l'intensité au centre de la figure en fonction de l'abscisse x du miroir mobile (en μm).

- Justifier l'allure de cette courbe.
- Déterminer à partir de la courbe les valeurs de λ_m et $\Delta\lambda$.

Interféromètre de Michelson en coin d'air

4. Détermination de l'angle entre les deux miroirs

Un interféromètre de Michelson est configuré en coin d'air, et éclairé par une source étendue à l'infini. On note α l'angle entre les miroirs. La figure d'interférences est projetée sur un écran à l'aide d'une lentille de distance focale $f' = 20 \text{ cm}$, la distance entre la lentille et l'écran étant $D = 1,30 \text{ m}$. On mesure sur l'écran une interfrange $i = 4,0 \text{ mm}$. La lumière est monochromatique de longueur d'onde $\lambda_0 = 546,1 \text{ nm}$.

- Dessiner le coin d'air et rappeler la différence de marche entre les deux ondes.
- Décrire la figure d'interférences et déterminer l'expression de son interfrange.
- Où sont localisées les franges d'interférences dans le cas d'une source étendue ?
- Quel est alors l'intérêt de la lentille ? Est-elle plus proche du Michelson ou de l'écran ? Quelle valeur minimale de D était envisageable ici compte tenu de la lentille utilisée ?
- Déduire des mesures l'angle α entre les miroirs.

Figure 2

☞ Réponses partielles

- d) $r_n = f' \sqrt{\frac{\lambda}{e}} \sqrt{q}$.
- $n - 1 = 3,0 \cdot 10^{-4}$.
- b) $\lambda_m = 33 \text{ nm}$.
- d) $D_{\min} = 40 \text{ cm}$.
- e) $\alpha = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$.