

5 Mesure d'un indice optique grâce au Michelson réglé en lame d'air

Sur un des bras d'un interféromètre de Michelson réglé en lame d'air et éclairé par une lumière quasi-monochromatique de longueur d'onde centrale $\lambda = 638 \text{ nm}$, on intercale une cuve d'épaisseur $L = 1,60 \text{ cm}$, traversée par la lumière sous incidence normale.

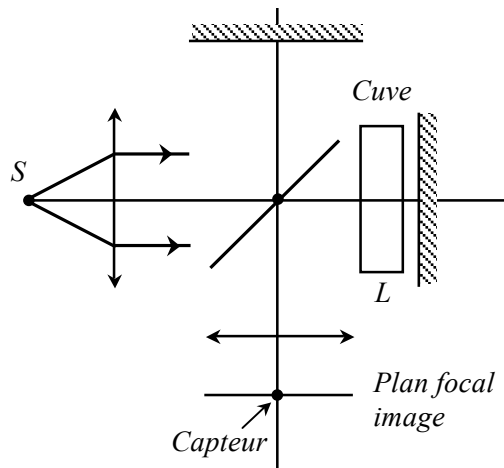


FIGURE 1 –

On fait le vide dans cette cuve, puis on laisse l'air entrer progressivement. Un capteur d'intensité, placé au centre des franges d'égale inclinaison, délivre une tension $u(t)$ proportionnelle à I et représentée sur la figure ci-dessous.

1) Pourquoi observe-t-on une oscillation de l'éclairement ?

Au fur et à mesure du remplissage de la cuve, l'indice du gaz varie de 1 (vide au début) à n_a en fin de remplissage. Soit $n(t)$ l'indice du gaz dans la cuve à l'instant t ; à cet instant la différence

de marche entre les deux signaux lumineux qui se superposent en F' vaut :

$$\delta(F') = 2(n(t) - 1)L + 2n_a e$$

où e est l'épaisseur optique de l'interféromètre. En considérant que F' est dans la zone de cohérence de la lumière utilisée (formée d'une raie quasi-monochromatique), l'intensité en F' s'écrit :

$$I_{F'}(t) = 2\kappa^2 I_S \left\{ 1 + \cos \left(\frac{2\pi\delta(F')}{\lambda} \right) \right\}$$

L'évolution de $\delta(F')$ au cours du temps entraîne une oscillation du cosinus.

2) Au cours du remplissage, l'indice n du gaz dans la cuve augmente à partir de 1 jusqu'à l'indice de l'air n_a . Compter le nombre d'oscillations et en déduire un encadrement de l'écart $n_a - 1$ entre l'indice de l'air et celui du vide.

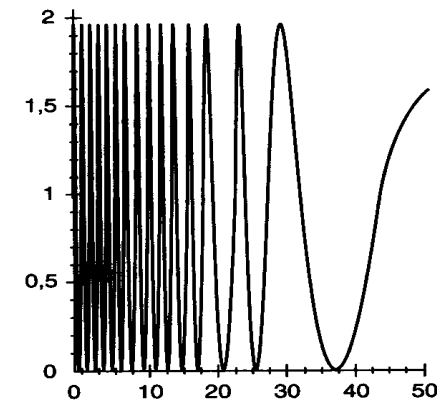


FIGURE 2 –

À $t = 0$, $\delta(F')(0) = 2n_a e$. Ensuite, $\delta(F')$ augmente jusqu'à sa valeur finale $\delta(F')(50) = 2(n_a - 1)L + 2n_a e$. À chaque passage par un maximum d'intensité, $\delta(F')$ vérifie :

$$\frac{2\pi\delta(F')}{\lambda} = 2\pi m, \quad m \in \mathbb{N} \quad \text{donc} \quad \delta(F') = m\lambda$$

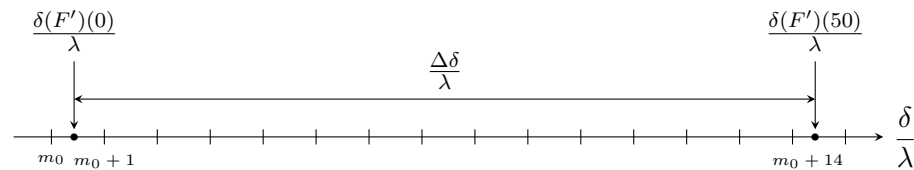
À $t = 0$, $\delta(F')(0)/\lambda$ n'est pas forcément entier. Soit m_0 sa partie entière :

$$m_0 = \left\lfloor \frac{\delta(F')(0)}{\lambda} \right\rfloor$$

Entre $t = 0$ (exclu) et $t = 50$ s, l'intensité passe 14 fois par un maximum avant de s'arrêter. On a donc :

$$m_0 + 14 = \left\lfloor \frac{\delta(F')(50)}{\lambda} \right\rfloor$$

ce qui se traduit par le schéma suivant :



On peut donc encadrer la variation de différence de marche $\Delta\delta = \delta(F')(50) - \delta(F')(0) = 2(n_a - 1)L$ selon :

$$13 < \frac{2(n_a - 1)L}{\lambda} < 15 \quad \text{d'où} \quad \boxed{\frac{13\lambda}{2L} < n_a - 1 < \frac{15\lambda}{2L}}$$

A.N. :

$$\boxed{2,59.10^{-4} < n_a - 1 < 2,99.10^{-4}}$$