
MESURE DE L'INDICE DE L'AIR AVEC L'INTERFEROMETRE DE MICHELSON.

Corrigé.

On souhaite mesurer l'indice de l'air en utilisant un interféromètre de Michelson, réglé en lame d'air d'épaisseur e , éclairé par une source étendue fortement cohérente (soit un LASER soit une lampe spectrale au mercure avec filtre interférentiel).

Pour cela on suit le protocole expérimental suivant :

On place sur l'un des bras de l'interféromètre une cuve en verre de longueur d et contenant de l'air (on pourra noter e' l'épaisseur des parois de la cuve).

On règle la valeur de e de façon à ce que le centre de la figure d'interférences soit brillant.

On fait le vide dans la cuve à l'aide d'une pompe.

On fait rentrer à nouveau l'air et on compte le nombre N d'anneaux qui défilent au centre.

1. Rappeler les conditions expérimentales pour observer des anneaux avec un contraste maximal.
 - Source lumineuse de longueur de cohérence suffisamment grande pour ne pas perdre en contraste quand on fait varier la pression dans la cuve. Source étendue spatialement pour avoir une intensité suffisamment importante.
 - Observation de la figure d'interférences dans le plan focal d'une lentille convergente.
 - Description des réglages de l'interféromètre attendue également.
2. En utilisant un laser vert de longueur d'onde $\lambda = 532\text{nm}$, on compte $N=30$ anneaux. En supposant que le vide soit effectivement bien réalisé dans la cuve, déterminer l'indice de l'air.

- Différence de marche au centre lorsque la cuve est vide : $\delta = 2e n_{air} + 4e'(n - n_{air}) + 2d(1 - n_{air})$

Différence de marche au centre lorsque la cuve est remplie d'air : $\delta = 2e n_{air} + 4e'(n - n_{air})$

\Rightarrow La variation de δ est donc : $\Delta\delta = 2d(1 - n_{air}) < 0$

\Rightarrow Le nombre d'anneaux qui défilent au centre vérifie donc : $\Delta\delta = -N\lambda = 2d(1 - n_{air})$

$\Rightarrow n_{air} = 1 + \frac{N\lambda}{2d}$

- AN : $n_{air} = 1 + 3,2 \times 10^{-4}$

3. Sachant que le vide n'est pas parfaitement réalisé dans la cuve, on peut affiner les résultats en tenant compte de la pression dans la cuve après pompage : on note P_1 et P_2 respectivement les pressions dans la cuve avant et après pompage. De même on note n_1 et n_2 les indices de l'air avant et après pompage. On utilise alors la loi de Gladstone : l'indice n d'un gaz parfait et la pression P de ce gaz sont reliés par l'équation : $n = 1 + K.P$ où K est une constante.

Sachant que la pression atmosphérique mesurée lors de l'expérience est égale 1010 mbar et que la dépression effectuée avec la pompe est de 900 mbar, déterminer l'indice de l'air à la pression P_1 . Conclure.

- Différence de marche au centre lorsque la cuve est vide : $\delta = 2e n_1 + 4e'(n - n_1) + 2d(n_2 - n_1)$

Différence de marche au centre lorsque la cuve est remplie d'air : $\delta = 2e n_1 + 4e'(n - n_1)$

\Rightarrow La variation de δ est donc : $\Delta\delta = 2d(n_2 - n_1) < 0$

\Rightarrow Le nombre d'anneaux qui défilent au centre vérifie donc : $\Delta\delta = -N\lambda = 2d(n_2 - n_1)$

$$\Rightarrow n_1 - n_2 = \frac{N\lambda}{2d}$$

- En utilisant la loi de Gladstone, on obtient : $K = \frac{N\lambda}{2d(P_1 - P_2)} = 3,5 \times 10^{-9} \text{ Pa}^{-1}$

$$\Rightarrow n_1 = 1 + 3,6 \times 10^{-4}$$

4. Quel est l'intérêt d'utiliser une source fortement cohérente ?

L'utilisation d'une source cohérente permet de conserver des anneaux après l'introduction de la lame.

Dans le cas d'une source moins cohérente (lampe à vapeur de sodium, longueur de cohérence relative à une raie de l'ordre de quelques mm), l'introduction de la lame alors que l'on est proche du contact optique, provoque la disparition des anneaux.

Il faut charioter pour retrouver des anneaux et donc compenser la différence de marche due à l'introduction de la lame (en choisissant $e = 2e'(n - n_1)$, on est au voisinage de la différence de marche nulle avant pompage). Il suffit alors que la source ait une longueur de cohérence d'au moins une centaine de longueur d'onde pour que l'on puisse enregistrer un défilement de 30 anneaux (ce qui est le cas pour la lampe à vapeur de sodium $L_c \approx 980\lambda_0$)

Données :

$$d = 2,5 \text{ cm}$$
