

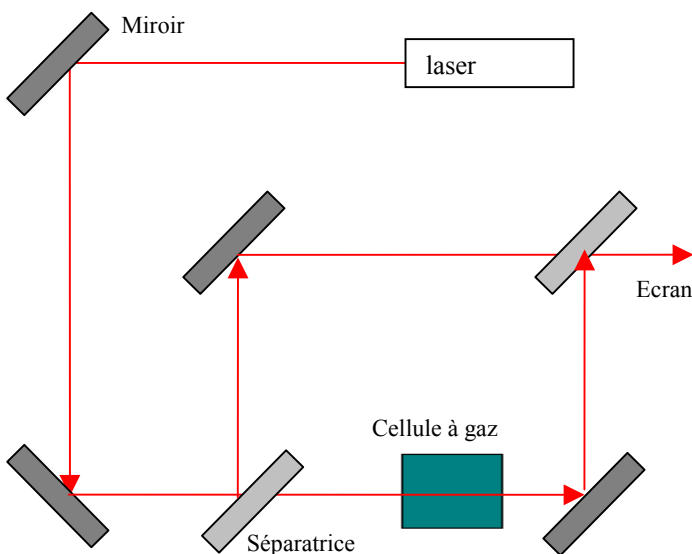
Mesure de l'indice de réfraction d'un gaz avec un interféromètre de Mach-Zehnder

ATTENTION : NE PAS MODIFIER LE MONTAGE SANS AUTORISATION !!!

Voir la notice constructeur Phywe.



Matériel (points jaunes) :



- 1 plateau carré + supports magnétiques Phywe
- 1 laser HeNe 633 nm 1mW et son alim (utilisé aussi dans le TP polarisation 2 donc parfois remplacé par l'HeNe vert 1 mW 543 nm)
- 1 filtre spatial constitué d'un objectif *20 et d'un trou de 30 μ m (facultatif, non représenté ici)
- 4 miroirs carrés de 9 cm² (les 2 premiers ne servent qu'à rabattre le faisceau afin que l'ensemble du montage soit contenu dans le plateau carré)
- 2 lames séparatrices de 4 cm sur 2,9 cm (dont l'étiquette jaune indique le côté métallisé, qui doit se placer du côté de l'onde incidente)
- 1 cellule cylindrique (épaisseur $e = 5$ cm) contenant le gaz étudié, avec une pompe manuelle équipée d'un manomètre mesurant la dépression Δp par rapport à la pression atmosphérique p_0 (qui elle est mesurée à l'aide d'un manomètre absolu)
- 1 écran

Ce montage permet de mesurer de façon précise l'indice de réfraction n de l'air ou d'un autre gaz contenu dans la cellule (CO_2, \dots) en fonction de la pression. En effet, la différence de marche produite par la présence de la cellule vaut :

$$\delta = \delta_0 + e(n-1), \delta_0 \text{ étant un décalage fixe dû aux fenêtres d'entrée et de sortie de la cellule}$$

On suppose que l'indice du gaz contenu dans la cellule varie linéairement avec la pression : $n(p) = 1 + \alpha p$. On a donc : $\delta = \delta_0 + e \alpha p$, égal à $k \lambda$ lorsque les interférences sont constructives (k entier : ordre d'interférences).

Quand la pression varie, les franges défilent. Expérimentalement, on peut compter le nombre de franges qui passent (Δk) en fonction de la dépression (Δp). On a alors : $e \alpha \Delta p = \Delta k \lambda$, soit $\alpha = (\Delta k / \Delta p) \cdot \lambda / e$.

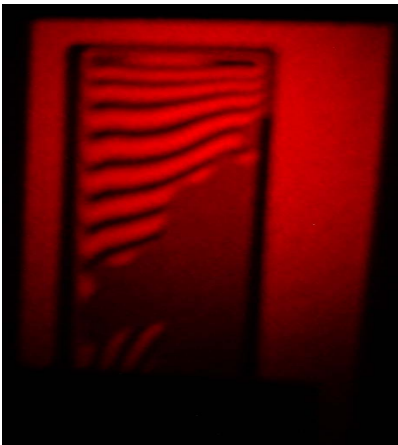
Il suffit donc de tracer le nombre de franges qui défilent en fonction de la dépression (Δk en fonction de Δp). On doit trouver une droite, dont la pente ($\Delta k / \Delta p$) permet de calculer l'indice du gaz en fonction de la pression par :

$$n(p) = 1 + (\Delta k / \Delta p) \cdot (\lambda / e) \cdot p$$

Pour les valeurs tabulées de l'indice des gaz, consultez un Handbook (disponible par exemple en chimie).

PRECAUTIONS !!!

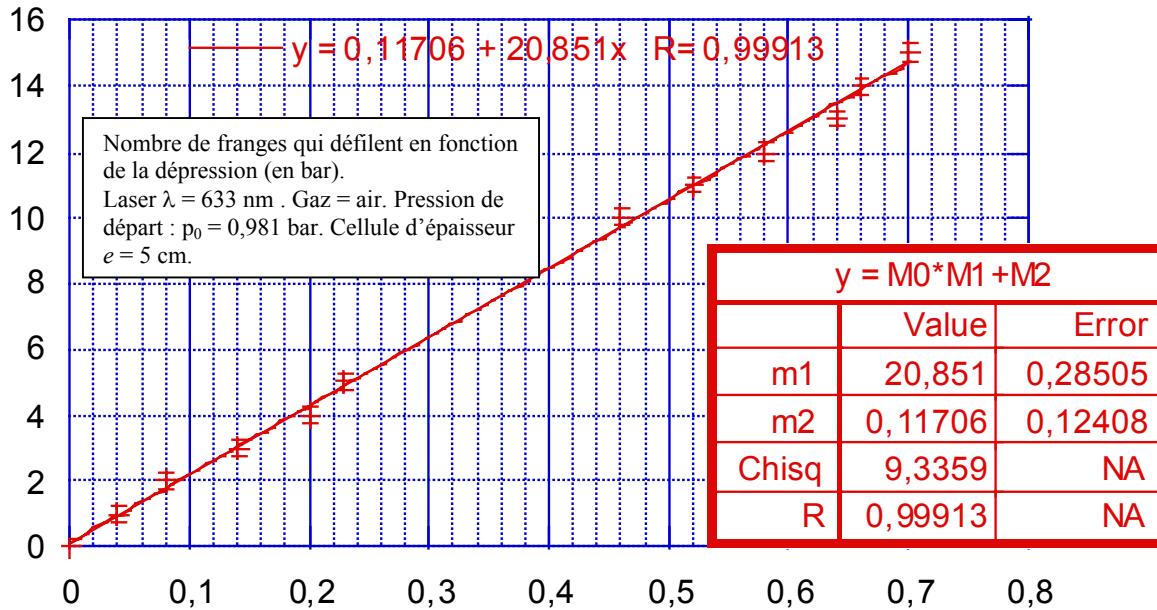
- Ne pas mettre les doigts sur les miroirs et les lames séparatrices.
- Commencer par placer les miroirs puis rajouter les lames et enfin le filtre spatial en vérifiant l'horizontalité du faisceau à chaque étape.
- Avant d'ajouter le filtre spatial, chercher à obtenir des franges d'interférences. Pour cela, superposer les taches puis élargir le faisceau grâce à une lentille courte focale placée à la sortie de l'interféromètre.
- **Le filtre spatial est un peu délicat à régler** : éviter d'y toucher. **On peut aussi s'en passer, ce qui rend le montage beaucoup plus simple à régler** (superposer les taches puis ajouter à la fin un objectif de courte focale pour élargir les faisceaux et voir des franges)
- On peut utiliser une caméra CCD ou un capteur type photodiode pour pointer plus précisément les franges qui défilent.



Ci-contre une photo des interférences obtenues en plaçant un objet opaque sur l'un des deux chemins optiques : les interférences ne se produisent que dans la zone de superposition des deux faisceaux sur l'écran, et non dans la zone d'ombre de l'objet.

On observe des franges qui ne sont pas tout à fait rectilignes. Cela prouve que les surfaces des différents éléments optiques du montage (miroirs, séparatrices) ne sont pas rigoureusement planes à l'échelle de la longueur d'onde. Toutefois, cela ne gêne pas la mesure.

EXEMPLE DE MESURE :



$$n(p) = 1 + (\Delta k / \Delta p) \cdot (\lambda / e) \cdot p = 1 + (20,851 \pm 0,28) \cdot (633 \text{E-9} / 5 \text{E-2}) \cdot p = 1 + (2,64 \text{E-4}) \cdot p \text{ (mesure projet L3P, à vérifier)}$$

En particulier, à $p = 1 \text{ atm} = 1,013 \text{ bar}$, on calcule $n = 1,000\,267 \pm 0,000\,004$ (valeur tabulée 1,000 273)

Remarque : cette expérience peut aussi être réalisée en plaçant la cellule à gaz devant l'un des deux miroirs d'un **interféromètre de Michelson**. Dans ce cas, attention au fait que la cellule est traversée deux fois par la lumière (donc remplacer l'épaisseur e dans les formules ci-dessus par $2e$). Utiliser le Michelson DMS de préférence, sinon la cellule de 5 cm d'épaisseur ne peut être placée devant aucun miroir (pas de place). On dispose aussi d'une cellule à gaz plus petite (1 cm d'épaisseur), qui peut être adaptée à tous nos Michelson, mais on comptera 5 fois moins de franges avec celle-ci, donc la mesure sera 5 fois moins précise.