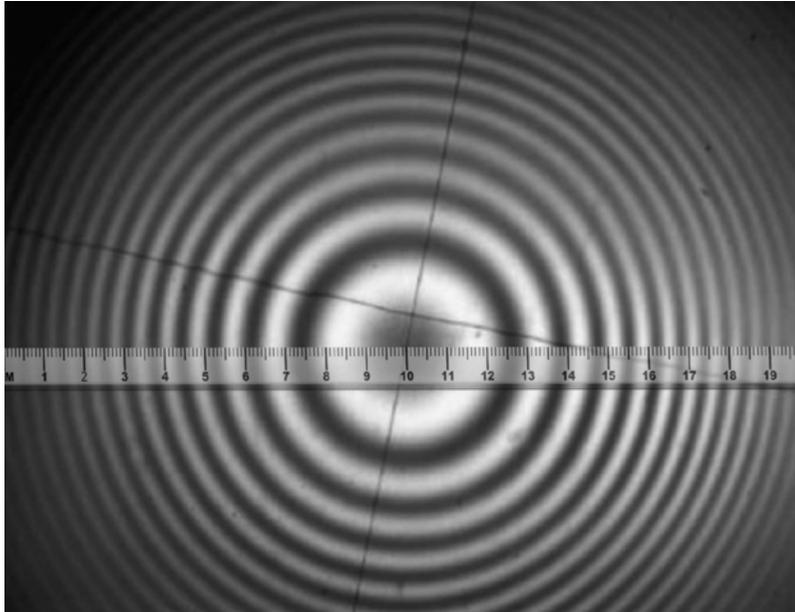


TD n°9 : Interférences par division d'amplitude

Exercice 1 : Michelson en lame d'air (CCINP)

La figure suivante a été obtenue à l'aide d'un interféromètre de MICHELSON éclairé par une source étendue de longueur d'onde dominante $\lambda = 589$ nm.



- 1) Proposer un montage permettant d'obtenir cette figure avec tout le matériel usuellement disponible en salle de TP que vous jugerez nécessaire.
- 2) Déduire de la figure l'épaisseur de la lame d'air équivalente, sachant que l'image est observée sur un écran à l'aide d'une lentille de distance focale $f' = 100$ cm. Évaluer l'incertitude associée.

Exercice 2 : Mesure du doublet du mercure en coin d'air

Un interféromètre de MICHELSON, réglé en coin d'air d'angle $\alpha = 10^{-3}$ rad, est éclairé par une source étendue monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 578$ nm.

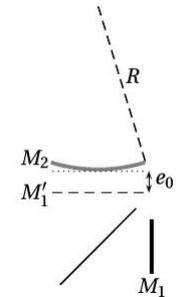
- 1) Faire un schéma du dispositif.
- 2) Qu'observe-t-on ? Comment visualiser les interférences ? Sont-elles localisées ?

- 3) On observe les franges sur un écran à une distance $D = 1$ m du miroir de sortie en intercalant une lentille convergente (L) de focale f' à la distance d du miroir. Où faut-il placer la lentille et quelle doit être sa distance focale si on veut observer des franges d'interfrange $i = 1,16$ mm sur l'écran ?
- 4) En réalité la source émet un doublet de longueurs d'onde $\lambda' = 577$ nm et $\lambda'' = 579$ nm. À quelle distance b de la frange centrale se trouve la première zone de brouillage des franges ?

Exercice 3 : Miroir sphérique

Le miroir M_2 d'un interféromètre de MICHELSON est sphérique, de rayon algébrique R (la figure correspond à un miroir convexe, soit $R > 0$), avec $|R| \gg e_0$.

On éclaire avec une source étendue monochromatique $\lambda = 632,8$ nm en incidence quasi-normale et on observe M_2 . La lame séparatrice introduit un déphasage de π . On observe des anneaux de rayon r_k pour le k -ième anneau noir.



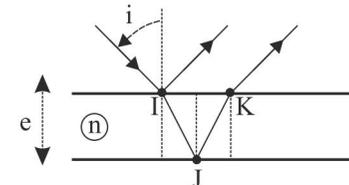
- 1) Montrer que la différence de marche vaut

$$\delta(r) = 2e_0 + \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2}$$

- 2) En diminuant e_0 les anneaux rentrent. On mesure $r_1 = 5,7$ mm et $r_{112} = 6,0$ cm. En déduire la nature de M_2 et la valeur de R .

Exercice 4 : Lame mince

Une source monochromatique de longueur d'onde λ et d'éclairement \mathcal{E}_0 éclaire une lame à faces parallèles d'épaisseur e et d'indice $n = 1,33$ sous des angles d'incidence variés. On observe la lumière réfléchie à l'infini dans une direction faisant un angle i avec la normale à la lame.



On donne les coefficients de réflexion et de transmission en amplitude sur un dioptre, entre deux milieux d'indices n_1 et n_2

$$r_{1 \rightarrow 2} = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \quad \text{et} \quad t_{1 \rightarrow 2} = \frac{2n_1}{n_1 + n_2}$$

- 1) Tracer les rayons lumineux associés aux ondes qui se superposent à l'infini. Calculer les rapports des amplitudes des ondes par rapport à la première et justifier qu'on peut se limiter aux deux premières.
- 2) Montrer que leur différence de marche vaut $\delta = 2e \sqrt{n^2 - \sin^2 i}$.
- 3) Calculer le rayon angulaire de la première frange brillante sachant que $e = 10,00 \mu\text{m}$ et $\lambda = 500 \text{ nm}$. Justifier l'ajout de $\lambda/2$ dans l'expression de la différence de marche.
- 4) La source est désormais une source de lumière blanche dont le spectre s'étend de $\lambda_m = 400 \text{ nm}$ à $\lambda_M = 800 \text{ nm}$. On analyse la lumière récupérée dans la direction $i = 30^\circ$ avec un spectroscope. On compte $N = 31$ cannelures. En déduire la valeur de l'épaisseur e .
- 5) Certains papillons exotiques ont des couleurs iridescentes, c'est-à-dire changeant de couleur avec l'angle sous lequel on les éclaire. Ceci est souvent dû à un phénomène d'interférences se produisant sur une couche mince à la surface de leurs ailes.

Les ailes du *Papilio Ulysses*, papillon indonésien, passent du bleu-violet quand il est éclairé sous incidence rasante à une couleur verte en incidence normale. Interpréter qualitativement ce changement de couleur.

Réponses

Exercice 1 : Michelson en lame d'air

$e = (736 \pm 13) \mu\text{m}$ à 68% de confiance.

Exercice 2 : Mesure du doublet du mercure en coin d'air

3) $d = D/5 = 20 \text{ cm}$ et $f' = \frac{d(D-d)}{D} = 16 \text{ cm}$.

4) Premier brouillage pour $\Delta p = 1/2$ soit $x = 16,7 \text{ cm}$ sur l'écran.

Exercice 3 : Miroir sphérique

1) $\delta = 2e(r)$. Utiliser PYTHAGORE et un DL.

2) Miroir concave ici. $R = -\frac{r_k^2 - r_1^2}{k\lambda} = -50,3 \text{ m}$

Exercice 4 : lame mince

1) $\frac{I_2}{I_1} = t_{1n}^2 t_{n1}^2 = 0,98$ mais $\frac{I_3}{I_2} = r_{n1}^4 = 4.10^{-4}$.

2) Calcul du cours mais avec un indice n .

3) $p_{i=0} = 53,7$ donc $p_1 = 53$ et $i_1 = 9,3^\circ$.

4) Cannelures pour p demi-entier donne $e = 10 \mu\text{m}$.

5) À p fixé, si l'angle d'incidence i augmente alors λ doit diminuer.