Anneaux d'égale épaisseur

Un interféromètre de Michelson réglé en coin d'air est éclairé par une source monochromatique. Sur un écran situé à une distance D derrière une lentille, on observe des franges rectilignes.

1) Comment doit-on éclairer le dispositif ? où sont localisées les interférences ? Préciser la position de l'écran.

Correction

Il faut éclairer le dispositif en incidence normale. En pratique, on met l'ampoule sur un point focal objet d'une lentille lentille convergente. Les interférences sont localisées sur les miroirs si la source est étendue. Il faut donc mettre une lentille pour conjuguer les miroirs et un écran.

2) Rappeler l'expression de la différence de marche en fonction de e en franges d'égale épaisseur.

Correction

On rappelle que :

$$\boxed{\delta = 2e}$$

3) Les miroirs sont dorénavant parfaitement parallèles. Qu'observe-t-on sur l'écran ?

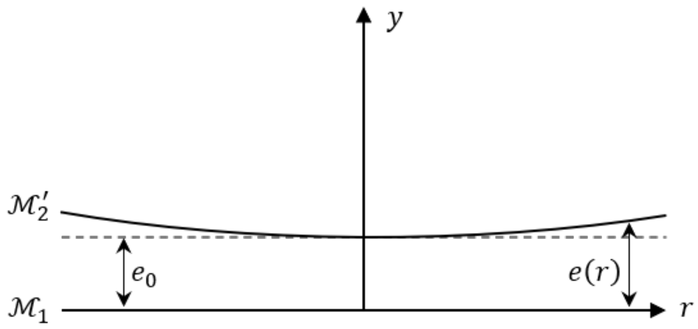
Correction

L'épaisseur e est constant. Or,

$$\delta = 2e \quad \Rightarrow \quad I(x) = 2I_0\left[1+\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}\,2e\right)\right]$$

L'éclairement est donc uniforme.

Un des miroirs s'est déformé et est devenu sphérique de rayon R. Soit e_0 la distance entre les centres des deux miroirs.



4) Exprimer l'épaisseur d'air $e(r)$ entre $\mathcal{M}_1$ et $\mathcal{M}_2'$ (image de $\mathcal{M}_2$ à travers la séparatrice) en fonction de e_0, r et R. On se place dans des conditions d'observation telles que $r \ll R$ et $e_0 \ll R$.

Correction

Le centre du cercle est $(r, y) = (0, R + e_0)$. Le rayon possède un rayon R. Son équation est donc :

$$r^2 + (e(r) - R - e_0)^2 = R^2 \quad \Rightarrow \quad r^2 + R^2 - 2R\,(e(r) - e_0) + \underbrace{(e(r) - e_0)^2}_{\text{ordre 2}} = R^2$$

Or, $e(r) - e_0$ est un infiniment petit. En travaillant au premier ordre, l'expression précédente devient :

$$r^2 - 2R\,(e(r) - e_0) \simeq 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{e(r) = e_0 + \frac{r^2}{2R}}$$

5) Qu'observe-t-on ? Pourquoi parle-t-on d'anneaux d'égale épaisseur ?

Correction

On a : $\delta = 2e$.

Allure des zones brillantes : même intensité, donc même δ, donc même e, donc même r. Il s'agit donc d'anneaux.

On parle d'anneaux d'égale épaisseur car $\delta = 2e = cte$ correspond à des cercles de même épaisseur e. Par opposition aux anneaux d'égale inclinaison où $\delta = 2e\cos(i)$ où un anneau correspond à un i donné.

6) Déterminer l'expression r_k du rayon du $k^{\text{ème}}$ anneau brillant en fonction de r_1, k, λ et R.

Correction

La différence de marche vaut :

$$\delta = 2e_0 + \frac{r^2}{R} \quad \Rightarrow \quad p = \frac{2e_0}{\lambda} + \frac{r^2}{R\lambda} \quad \Rightarrow \quad r^2 = R\lambda\left(p - \frac{2e_0}{\lambda}\right)$$

Ordre d'interférence au centre :

$$p_0 = \frac{2e_0}{\lambda}$$

Ordre du premier anneau brillant :

$$p_1 = \lfloor p_0 \rfloor + 1 \quad \Rightarrow \quad r_1^2 = R\lambda\,(p_1 - p_0)$$

où $\lfloor \cdot \rfloor$ désigne la partie entière.

Ordre du $k^{\text{ème}}$ anneau brillant :

$$p_k = \lfloor p_0 \rfloor + k \quad \Rightarrow \quad r_k^2 = R\lambda\,(p_k - p_0)$$

On en déduit :

$$r_k^2 - r_1^2 = R\lambda\,(k-1) \quad \Rightarrow \quad \boxed{r_k = \sqrt{r_1^2 + R\lambda\,(k-1)}}$$