

Interrogation de cours n°22

13

1 Interférences à 2 ondes - Trous d'Young

• Énoncer le critère de brouillage en un point M de l'écran d'un interféromètre à deux ondes éclairé par une source ponctuelle polychromatique de largeur spectrale Δλ telle que Δλ ≪ λm où λm est la longueur d'onde moyenne du spectre.

1 Il y a brouillage sur l'écran pour les points M tels que:

$$\Delta p(M) = \left| p_{\lambda}(M) - p_{\lambda + \frac{\Delta\lambda}{2}}(M) \right| \leq \frac{1}{2}$$

(Ceci est vrai $\forall \lambda \in [\lambda_{min}; \lambda_{min} + \frac{\Delta\lambda}{2}]$
si le spectre n'est pas trop large, i.e. $\Delta\lambda \ll \lambda_m$)

• En déduire pour quelle différence de marche δ, puis pour quelle abscisse x sur l'écran on observe le premier brouillage dans le cas d'un montage des trous d'Young éclairé par une source polychromatique ponctuelle placée dans le plan médiateur des trous. L'écran est placé dans le plan focal d'une lentille convergente de focale f'.

2 Dans le cas classique des trous d'Young : $p(M) = \frac{\delta(M)}{\lambda}$ avec $\delta(M) = \frac{ax}{f'}$
avec une lentille de projection

donc $\Delta p(M) = \left| \frac{\delta(M)}{\lambda} - \frac{\delta(M)}{\lambda + \frac{\Delta\lambda}{2}} \right| = \left| \delta(M) \left(\frac{\Delta\lambda/2}{\lambda(\lambda + \Delta\lambda/2)} \right) \right| \approx \left| \delta(M) \frac{\Delta\lambda}{2\lambda_m^2} \right| = \frac{1}{2}$

donc 1er brouillage pour x_0 tq : $|x_0| = \frac{\lambda_m^2 f'}{a \Delta\lambda}$

↑ 1er brouillage
↑ Spectre pas trop large $\Delta\lambda \ll \lambda \approx \lambda_m$
↑ moyenne du spectre

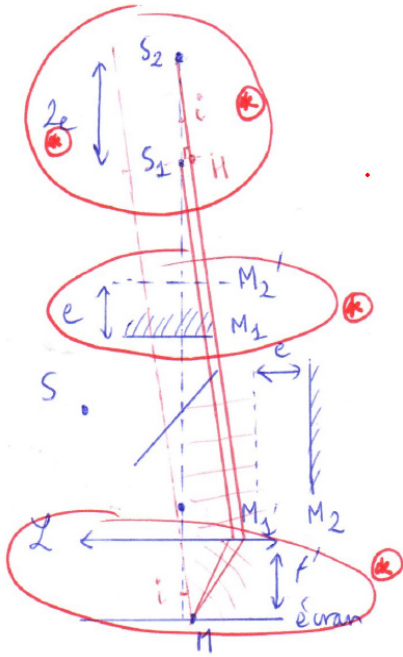
franges visibles
← 1er brouillage
franges brouillées

schéma bonus +0,5

2 Interféromètre de Michelson

• Représenter sur un schéma un interféromètre de Michelson réglé en lame d'air, éclairé par une source S ponctuelle monochromatique, avec un écran placé au foyer image d'une lentille convergente de focale f' . On représentera la position des miroirs, l'épaisseur de la lame d'air e , et les sources fictives secondaires. Tracer les rayons interférant en M depuis les sources secondaires (pas depuis S). En déduire l'expression de la différence de marche δ .

3,5



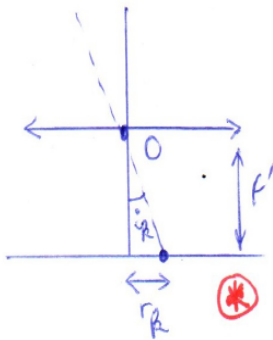
D'après le théorème de Malus et le principe de retour inverse de la lumière: *

$$\delta = (S_2M) - (S_1M) = (S_2H) = 2ne \cos i$$

$$\delta = 2e \cos i \quad \sin i = 1$$

• Toujours dans ce cas, démontrer l'expression du rayon r_k du $k^{\text{ième}}$ anneau sur la figure d'interférence. On fera l'hypothèse que le centre de la figure d'interférence est brillant.

2,5



Au centre de la figure: $p_0 = \frac{2e}{\lambda} \in \mathbb{N}$ car brillant.

Pour le $k^{\text{ième}}$ rayon: $p_k = p_0 - k$

$$\text{or } p_k = \frac{2e \cos ik}{\lambda} \approx \frac{2e}{\lambda} \left(1 - \frac{ik^2}{2}\right) \approx \frac{2e}{\lambda} \left(1 - \frac{r^2}{2f'^2}\right)$$

\uparrow ik point \uparrow $\tan ik = \frac{r}{f'}$

donc $p_0 - k = p_0 - \frac{2er^2}{\lambda 2f'^2}$

$$\text{et } r_k = \sqrt{\frac{k f'^2 \lambda}{e}}$$

- Démontrer l'expression de la différence de marche dans le cas d'un interféromètre réglé en coin d'air (on s'aidera d'un schéma), dans le cas où l'angle α entre un miroir et son image par la séparatrice est très faible. En déduire la valeur de l'interfrange **sur les miroirs**.

2

schéma (de X_{miroir})

$\delta = 2(IJ) \stackrel{n=1}{=} 2e(X_{\text{miroir}}) = 2X_{\text{miroir}} \tan \alpha$

$\delta \approx 2\alpha X_{\text{miroir}}$

$\tan \alpha \approx \alpha$ car α très faible.

donc $I = 2I_0 \left[1 + \cos \left(\frac{2\pi \times 2\alpha X_{\text{miroir}}}{\lambda} \right) \right]$

et l'interfrange vaut donc $\boxed{i = \frac{\lambda}{2\alpha}}$ sur les miroirs.

- Quelle précaution expérimentale doit-on prendre de façon à observer une figure bien contrastée sur l'écran si la source utilisée est une source monochromatique étendue?

1

Si la source est étendue, on doit faire l'image (ajout d'une lentille)

- des anneaux à l'∞ si l'interféromètre est réglé en lame d'air
- des franges en conjuguant les miroirs et l'écran si l'interféromètre est réglé en coin d'air

- Quelle précaution expérimentale supplémentaire doit-on prendre si la source utilisée est étendue et correspond à un doublet (par exemple lampe à vapeur de sodium)?

1

Dans ce cas, il faut choisir e de manière à éviter une anticoïncidence des anneaux ou des franges.