# Interférences Lumineuses

## 1 Phénomène d'Interférences à deux ondes

### 1.1 Principe

Qualitativement lorsque 2 ondes se rencontrent, elles peuvent se combiner pour s'additionner ou s'annuler.

### 1.2 Conditions d'interférences

Soient 2 sources $S_1$ et $S_2$ émettant des ondes d'amplitudes respectives :
$\mathcal{A}_1 = \mathcal{A}_{01} \cos(\omega_1 t - k_{01}(S_1M) + \varphi_1)$
$\mathcal{A}_2 = \mathcal{A}_{02} \cos(\omega_2 t - k_{02}(S_2M) + \varphi_2)$

**Conditions pour que les ondes interfèrent :**
- les 2 ondes doivent se superposer
- $\omega_1 = \omega_2$
- $\varphi_1 - \varphi_2 = C^{\text{te}}$ ($S_1$ et $S_2$ sont issues d'une même source)
- $(\delta)$ doit être suffisament petit.

**Intensité totale :** $I = < \mathcal{A}^2 > \quad = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos(k_0(\delta))$

**Différence de marche :** $(\delta)(M) = (SM)_2 - (SM)_1$

**Ordre d'interférence :** $p(M) = \dfrac{k_0(\delta(M))}{2\pi} = \dfrac{(\delta(M))}{\lambda_0} \qquad p \in \mathbb{R}, \quad p = p(M)$

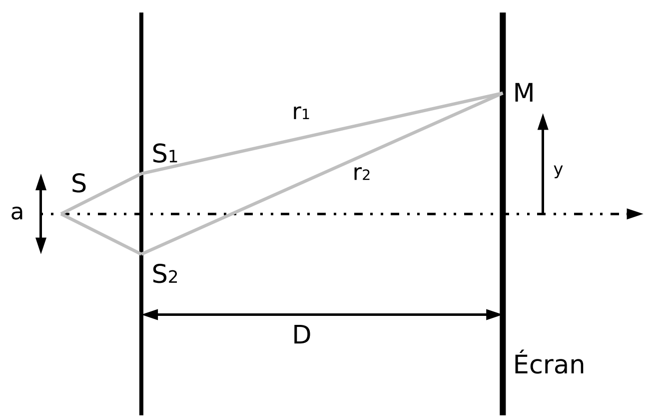
**Intensité totale :** $I(M) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos(2\pi p) = I(p)$

**Franges d'interférences :** intersection de l'écran $E$ avec les surfaces $I = C^{\text{te}}$
$\{M \in E, \quad I = I_0\} = \{M \in E, \quad p = p_0\}$

**Contraste :** $C = \dfrac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = \dfrac{2\sqrt{I_1 I_2}}{I_1 + I_2} \qquad C_{\max} = 1$
$I(M) = I_0(1 + C\cos(2\pi p)) \qquad I_{\max} = I_0(1 + C) \qquad I_{\min} = I_0(1 - C)$

**Interfrange :** distance entre les 2 franges brillantes les plus proches. Si les interférence sont périodiques, l'interfrange correspond à la périodicité spatiale du phénomène d'interférences. $I_{\max}(p \in \mathbb{Z}) \Rightarrow$ franges brillantes : $\delta = p\lambda_0$

## 2 Dispositif des trous d'Young (interférences non localisées)



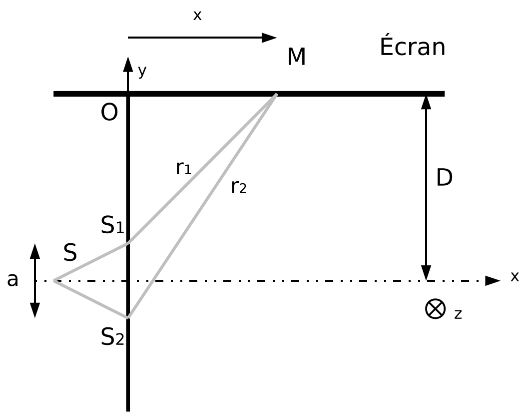
$I(M) = I_0\left[1+\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)\right)\right]$ Les surfaces d'égale intensité sont des hyperboloïdes de révolution autour de $(S_1S_2)$ et de foyers $S_1$ et $S_2$.

### 2.1 Observation transversale

$$(\delta) = \frac{ay}{D} \qquad p = \frac{ay}{\lambda D} \qquad i = \frac{\lambda D}{a} \qquad I(M) = I_0\left[1+\cos\left(\frac{2\pi ay}{\lambda D}\right)\right]$$

Les franges d'interférences sont des hyperboles.

### 2.2 Observation longitudinale



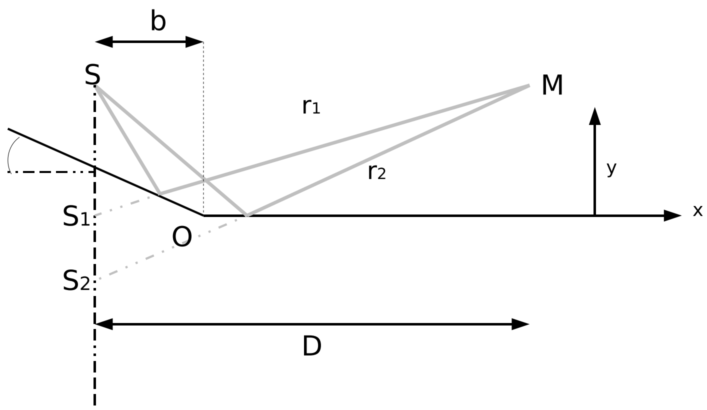

$$(\delta) = a\left(1-\frac{x^2+z^2}{2D^2}\right) \qquad I(M) = I_0\left[1+\cos\left(\frac{2\pi\delta}{\lambda}\right)\right]$$

Les franges d'interférences sont des cercles concentriques de centre O.

$$p_{\max} = E\left(\frac{a}{\lambda}\right) \qquad R_{p_{\max}} = D\sqrt{2\left(1-p_{\max}\frac{\lambda}{a}\right)}$$

Le centre O est brillant $\Leftrightarrow \frac{a}{\lambda} \in \mathbb{Z}$

## 3 Miroirs de Fresnel (interférences non localisées)



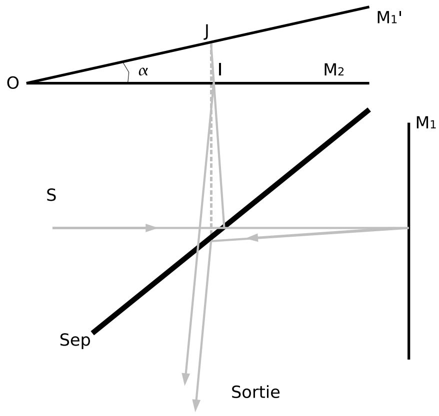

Deux miroirs plans forment un petit angle. $S$ est une source ponctuelle monochromatique

Situation analogue aux trous d'Young en observation transversale. $i = \frac{\lambda D}{2\theta b}$ avec $\theta$ l'angle entre les 2 miroirs.

**Remarque :** à la réflexion sur un miroir le champ $\overrightarrow{E}$ change de sens : $\underline{\mathcal{A}}(B) = -\underline{\mathcal{A}}(A) = e^{j\pi}\underline{\mathcal{A}}(A) = e^{jk\frac{\lambda_0}{2}}\underline{\mathcal{A}}(A)$
On observe un déphasage de $\pi$, ou une différence de marche de $\dfrac{\lambda}{2}$

# 4 Interféromètre de Michelson (interférences localisées)

## 4.1 Réglage en coin d'air

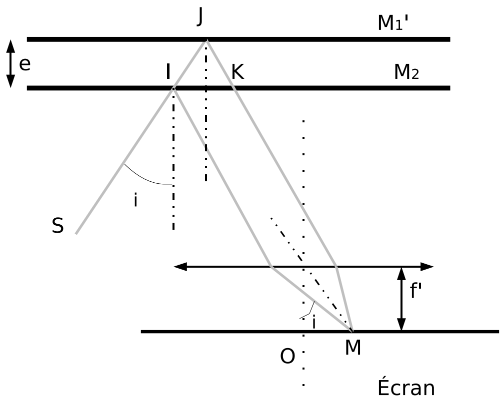



Les deux miroirs ne sont pas perpendiculaires : les interférences sont localisées à la surface de $M_2$ (réglage en coin d'air)
$(\delta) = -2\alpha x \qquad (x = OI)$

$$I(M) = I_0\left[1 + \cos\left(\frac{4\pi\alpha x}{\lambda}\right)\right] \qquad \text{avec} \qquad i = \frac{\lambda}{2\alpha}$$

On observe des franges droites parallèles à l'arrête au coin.
On parle de franges de coin d'air, ou de franges d'égale épaisseur (car $IJ = C^{\text{te}}$)
On peut observer les franges sur un écran avec une lentille convergente.

## 4.2 Réglage en lame à faces parallèles

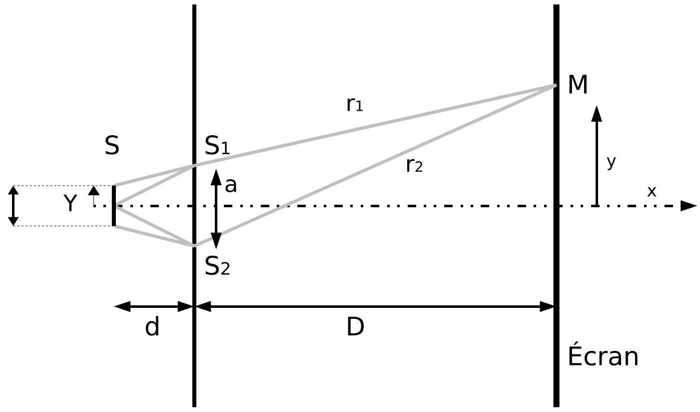



$M_1 \perp M_2$
Les 2 faisceaux sont parallèles en sortie. Ils se recombinent en $M$, point du plan focal image d'un lentille convergente, ou à l'infini.
On parle d'intefèrences localisées à l'infini.

$$(\delta) = -2e\cos(i) \qquad I(M) = I_0\left[1 + \cos\left(\frac{4\pi e\cos(i)}{\lambda}\right)\right]$$

Forme des franges : $i = C^{\text{te}}$, les franges sont des cerlces concentriques de centre $O$ (franges d'égale inclinaison).
$r_p = f'\sqrt{2(1 + \frac{\lambda p}{2e}}$ (situation similaire aux trous d'Young en observation longitudinale).

# 5 Influence de la taille de la source (cohérence spatiale)




La source éclaire suivant un ensemble de sources ponctuelles *incohérentes*

$$dI = I_1 \left[1 + \cos\left(\frac{2\pi a}{\lambda}\left(\frac{y}{D} + \frac{Y}{d}\right)\right)\right] dY$$

$$\text{d'où} \qquad I(M) = I_1 s \left[1 + \text{sinc}\left(\frac{\pi a s}{\lambda d}\right)\cos\left(\frac{2\pi a y}{\lambda D}\right)\right]$$

$c = \text{sinc}\left(\frac{\pi a s}{\lambda d}\right) = c(s) \to 0 \quad \text{quand} \quad s \to \infty$ On observe un brouillage périodique des franges. Cohérence spatiale : les interférences sont observables si $s$ est petit.

# 6 Influence des couleurs de la source (cohérence temporelle)

## 6.1 Source à spectre rectangulaire

C est maximal au voisinage du centre.
Il y a donc un brouillage régulier des franges ($C = 0$)
Altération de C : $(\delta) \to 0 \quad \textit{quand} \quad r \to \infty$.

## 6.2 Source à doublet

$S$ émet 2 longeurs d'ondes : $\lambda_1$, $\lambda_2$ très proches

- $\lambda_1$ créé des franges $i_1 = \frac{\lambda_1 D}{a}$
- $\lambda_2$ créé des franges $i_2 = \frac{\lambda_2 D}{a}$

Il y a donc un brouillage régulier des franges.

## 6.3 Lumière blanche

Phénomène d'irisation, atténuation rapide du contraste.
Cohérence temporelle : les interférences sont observables si la source n'est pas trop polychromatique.