Cohérence de la lumière

Table des matières

1 Cohérence temporelle

•La cohérence temporelle consiste à étudier l'influence,sur la figure d'interférence,de la monochromaticité de la source primaire supposée pnctuelle.

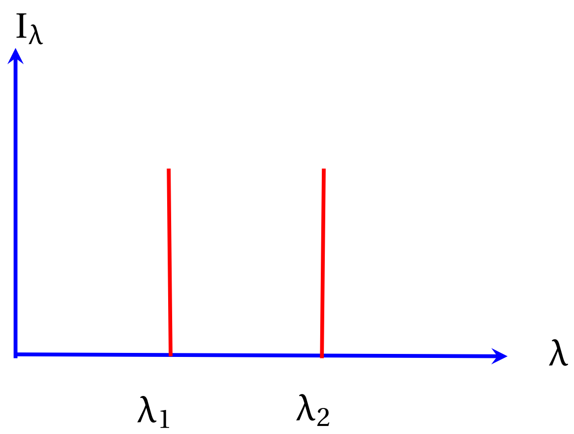
Dans le cas d'une source ponctuelle :

- $I(M) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}\delta(M)\right)$
- si $I_1 = I_2 = I_0$

$$\boxed{I(M) = 2I_0\left[1+\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}\delta(M)\right)\right]}$$

1.1 Cas d'un doublet λ_1 et λ_2 : doublet jaune du soudium

- I_λ : intensité spéctrale de la source
- $\lambda_1 = 589nm$ et $\lambda_2 = 589,6nm$
- $\lambda_1 \neq \lambda_2$: les deux ondes n'interfèrent pas
- $I(M) = I_1(M) + I_2(M)$
  $= 2I_0\left[1+\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_1}\delta(M)\right)\right] + 2I_0\left[1+\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_2}\delta(M)\right)\right]$



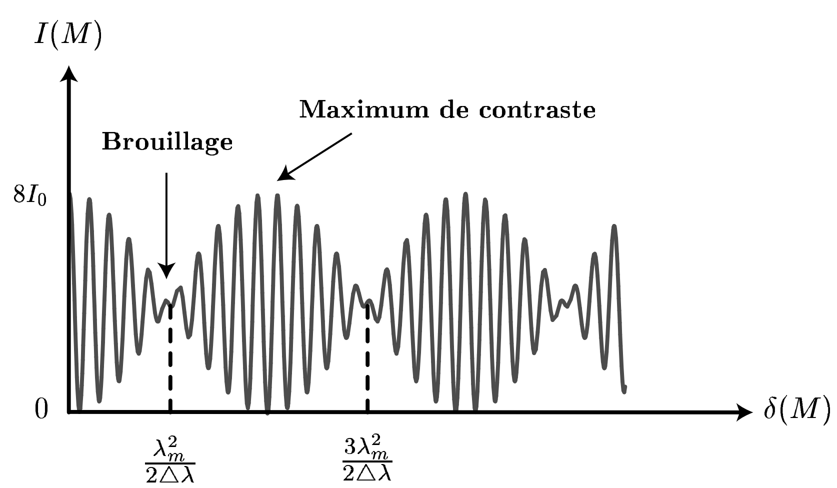
- $\cos a + \cos b = 2\cos\frac{a+b}{2}\cos\frac{a-b}{2}$
- $\lambda_m = \frac{\lambda_1+\lambda_2}{2}; \Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1; \lambda_1\lambda_2 \approx \lambda_m^2$

$$\boxed{I(M) = 4I_0\left[1+\cos\left(\pi\frac{\Delta\lambda}{\lambda_m^2}\delta\right)\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_m}\delta\right)\right]}$$

- le contraste de la figure d'interférence dépend de δ

$$\boxed{C = |V| = \left|\cos\left(\pi\frac{\Delta\lambda}{\lambda_m^2}\delta\right)\right|}$$

avec V : visibilité des franges d'interférence



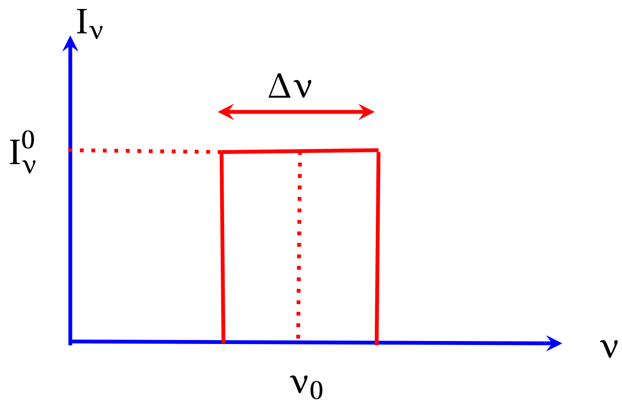
- le maximum de contraste est dû au fait que les deux figures d'interférence données par λ_1 et λ_2 sont en coïncidence
- le brouillage du figure s'explique par le fait que les deux figures sont en anti-coïncidence
- entre deux brouillages successifs

$$\boxed{\Delta\delta = \frac{\lambda_m^2}{\Delta\lambda}}$$

à l'aide de l'interféromètre de Michelson,on peut déterminer $\Delta\lambda$ facilement

1.2 Raie à profil rectangulaire de largeur $\Delta\nu$

- l'intensité spéctrale de la source pnctuelle : $I_\nu = \dfrac{dI_0}{d\nu}$
- $\Delta\nu << \nu_0$

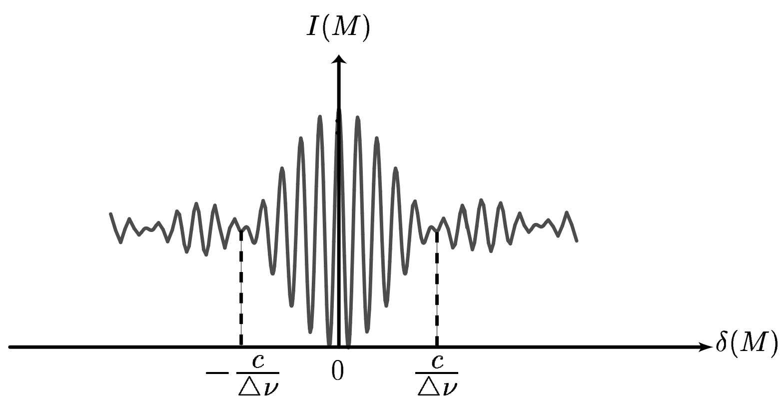


- l'intensité élementaire : $dI(M) = 2dI_0\left[1+\cos\left(\dfrac{2\pi\nu}{c}\delta\right)\right] = 2I_\nu\left[1+\cos\left(\dfrac{2\pi\nu}{c}\delta\right)\right]d\nu$
- $I(M) = 2I_\nu^0 \displaystyle\int_{\nu_0-\frac{\Delta\nu}{2}}^{\nu_0+\frac{\Delta\nu}{2}} \left[1+\cos\left(\dfrac{2\pi\nu}{c}\delta\right)\right]d\nu$
- $sinc\left(\dfrac{\pi\Delta\nu}{c}\delta\right) = \dfrac{\sin\left(\dfrac{\pi\Delta\nu}{c}\delta\right)}{\dfrac{\pi\Delta\nu}{c}\delta}$: fonctin sinus cardinal

$$\boxed{I(M) = 2I_\nu^0\Delta\nu\left[1+sinc\left(\frac{\pi\Delta\nu}{c}\delta\right)\cos\left(\frac{2\pi\nu}{c}\delta\right)\right]}$$

- le contraste de la figure d'interférence

$$\boxed{C = \left|sinc\left(\frac{\pi\Delta\nu}{c}\delta\right)\right|}$$



• Conclusion :Pour que le contraste de la figure d'interférence soit bon il est nécessaire que : $\delta(M) < l_c = c\tau = \dfrac{c}{\Delta\nu}$,ou l_c représente la longueur de cohérence temporelle.

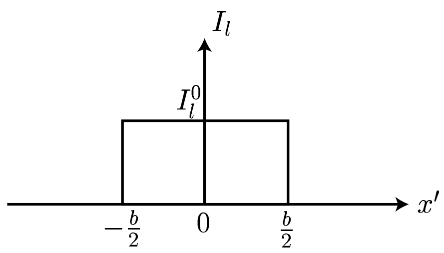
2 Cohérence spatiale

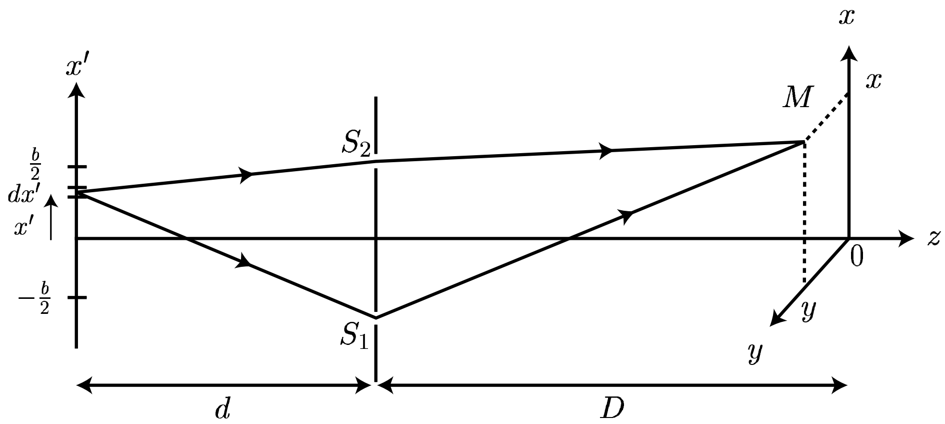
La cohérence spatiale consiste à étudier l'influence,sur la figure d'interférence,de l'étendue de la source supposée monochromatique

► Cas des trous de Young avec une fente

Considérons le dispositif des trous de Young avec une fente source de largeur b

- l'intensité par unité de longeur $I_l = \dfrac{dI_0}{dx'}$
- la fente éclaire les deux trous de Young



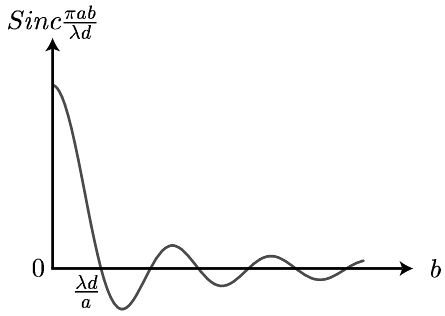


- $dI = 2dI_0\left[1+\cos\left(\dfrac{2\pi}{\lambda}\delta(M)\right)\right] = 2I_l dx'\left[1+\cos\left(\dfrac{2\pi}{\lambda}\delta(M)\right)\right]$
- $\delta(M) = \dfrac{ax'}{d} + \dfrac{ax}{D}$
- $I = 2I_l^0\displaystyle\int_{-b/2}^{b/2}\left[1+\cos\left(\dfrac{2a\pi}{\lambda}\left(\dfrac{x'}{d}+\dfrac{x}{D}\right)\right)\right]dx'$
  $= 2I_l^0\left[b + \dfrac{\lambda d}{2\pi a}\left\{\sin\dfrac{2\pi a}{\lambda}\left(\dfrac{x}{D}+\dfrac{b}{2d}\right) - \sin\dfrac{2\pi a}{\lambda}\left(\dfrac{x}{D}-\dfrac{b}{2d}\right)\right\}\right]$
- $\sin(A+B) - \sin(A-B) = 2\sin B\cos A$

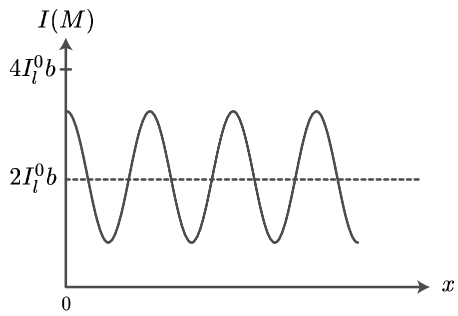
$$I(M) = 2I_l^0 b\left[1 + sinc\left(\frac{\pi ab}{\lambda d}\right)\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}.\frac{ax}{D}\right)\right]$$

- le contraste de la figure d'interférence

$$C = \left|sinc\left(\frac{\pi ab}{\lambda d}\right)\right|$$

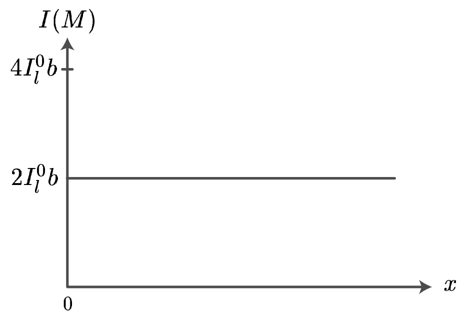


► Cas n°1 : $0 < b < b_s = \dfrac{\lambda d}{a}$



- la visibilité : $V = sinc(\dfrac{\pi ab}{\lambda d}) > 0$
- le contraste de la figure d'interférence est maximale pour les valeurs de b tendant vers zéro
- lorsque la largeur de la source augment (b augmente),le contraste de la figure diminue

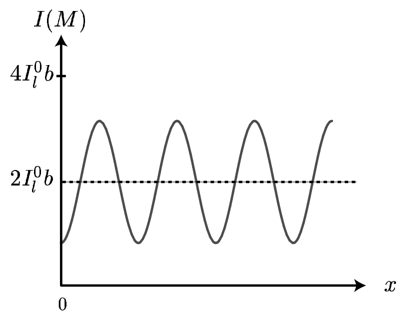
► Cas n°2 : $b = b_s = \dfrac{\lambda d}{a}$



- la visibilité : $V = sinc\left(\dfrac{\pi ab}{\lambda d}\right) = 0$
- $I(M) = 2I_l^0 b$ est constante ,l'écran est donc uniformément éclairé
- la longuer de cohérence spatiale est définie par

$$\boxed{b_s = \frac{\lambda d}{a}}$$

► Cas n°3 : $b_s < b < 2b_s$



- la visibilité : $V = sinc\left(\dfrac{\pi ab}{\lambda d}\right) < 0$
- il y a inversion de contraste : une frange brillante du 1^{er} cas devient sombre dans le $3^{ème}$ cas et inversement
- le contraste de la figure d'interférence diminue

- Dans le cas d'une source primaire ponctuelle,les interférences sont non localisées
- Dans le cas d'une source primaire non ponctuelle (étendue) les interférences sont localisées