

Système à deux trous
d'Young

Élargissement spatial
de la source

Élargissement spectral
d'une source

Eric Ouvrard

PC CPGE Lycée Dupuy de Lôme - LORIENT

7 octobre 2025

Système à deux trous d'Young

Présentation du dispositif

Projection sur un écran

Interférences à l'infini

Franges d'interférence et Interfrange

Élargissement spatial de la source

Association des deux sources primaires

Critère de brouillage

Source étendue

Élargissement spectral d'une source

Cas d'un doublet

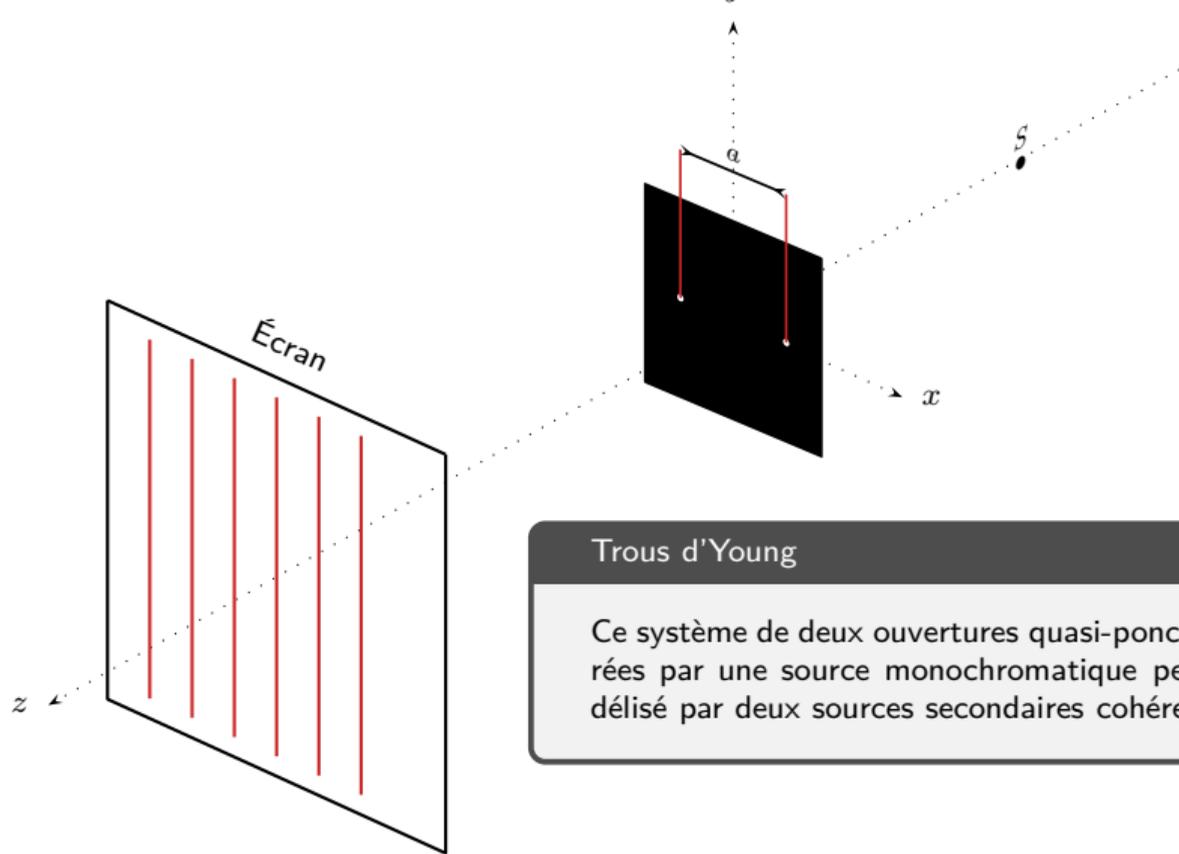
Source à spectre de bande

Longueur de cohérence

Système à deux trous
d'Young

Élargissement spatial
de la source

Élargissement spectral
d'une source



Trous d'Young

Ce système de deux ouvertures quasi-ponctuelles éclairées par une source monochromatique peut être modélisé par deux sources secondaires cohérentes

Système à deux trous d'Young

Présentation du dispositif

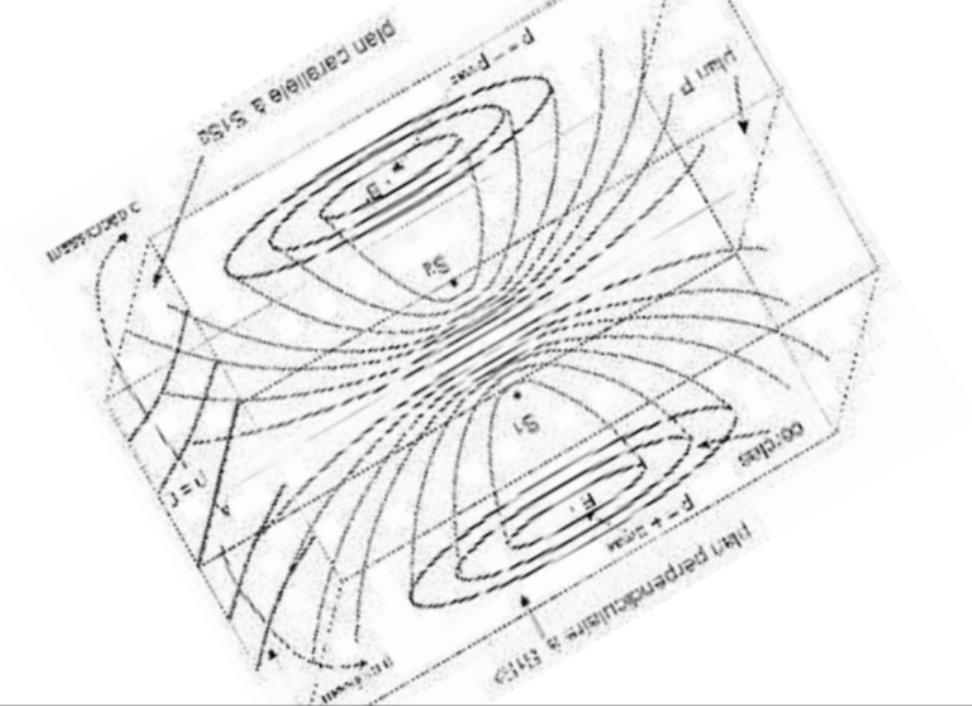
Projection sur un écran

Interférences à l'infini

Franges d'interférence et Interfrange

Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source



Délocalisation des interférences

Les franges d'interférence sont observables sur l'écran quelque soit la position de celui-ci par rapport aux trous d'Young. Elles sont donc non localisées.

Système à deux trous d'Young

Présentation du dispositif

Projection sur un écran

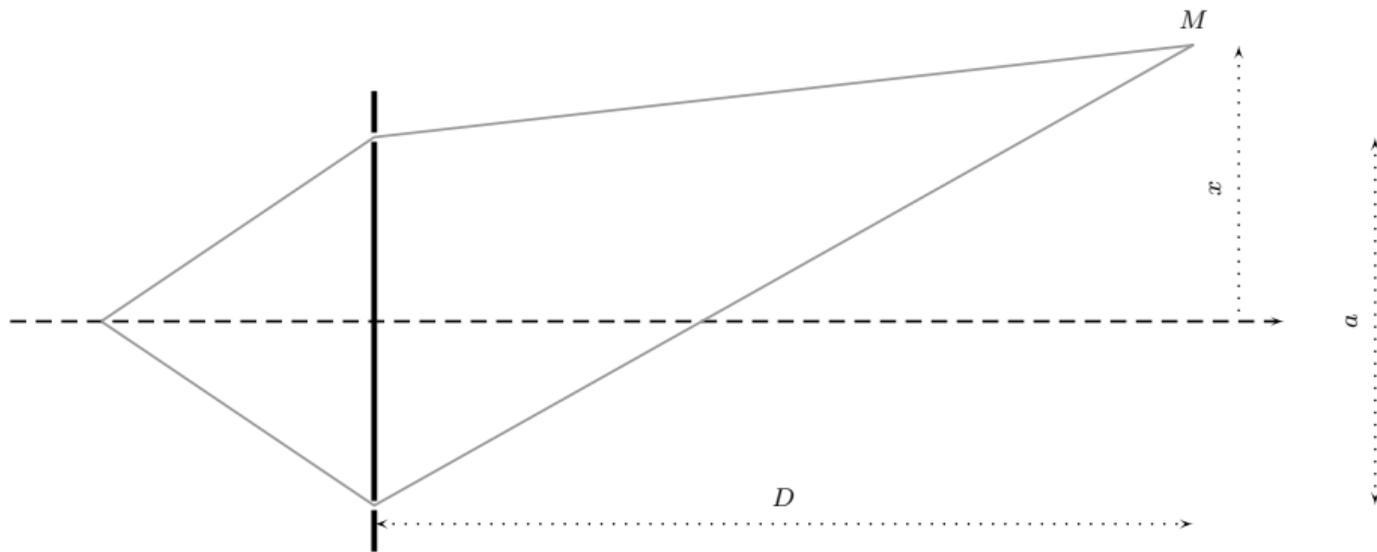
Interférences à l'infini

Franges d'interférence et Interfrange

Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

On considère dans cet exemple de calcul deux sources cohérentes **synchrones**. (Cela est obtenu en plaçant la source primaire sur l'axe des systèmes de trous d'Young)



Système à deux trous d'Young

Présentation du dispositif

Projection sur un écran

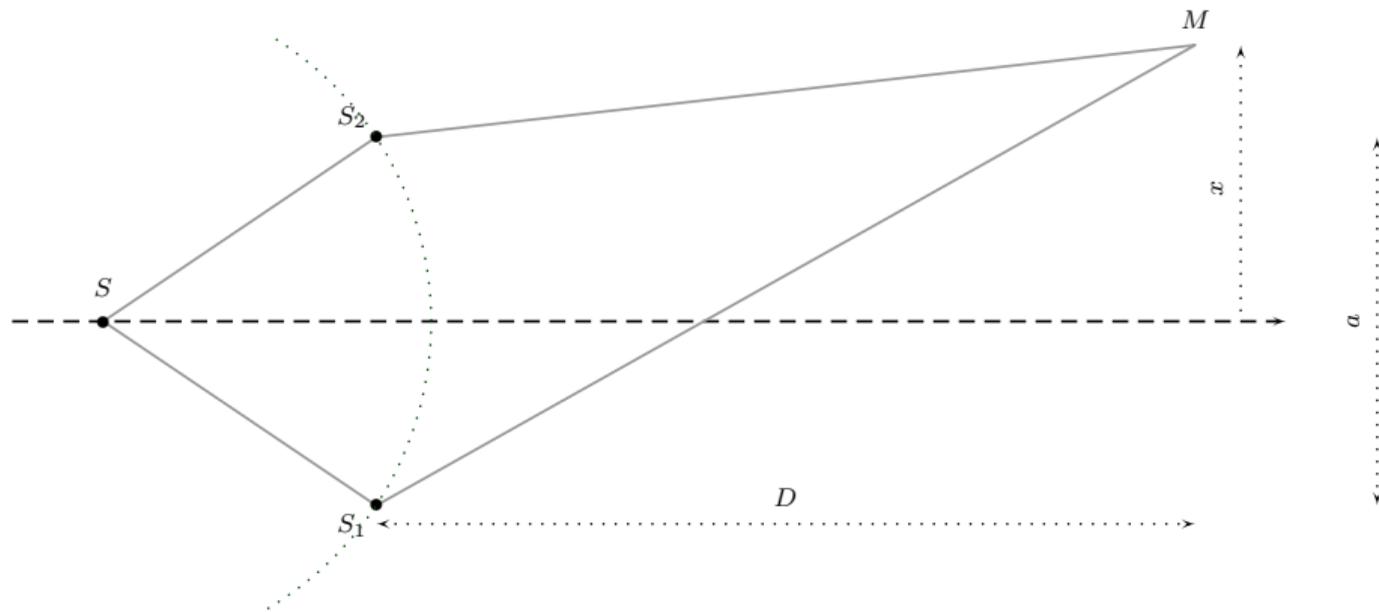
Interférences à l'infini

Franges d'interférence et Interfrange

Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

On considère dans cet exemple de calcul deux sources cohérentes **synchrones**. (Cela est obtenu en plaçant la source primaire sur l'axe des systèmes de trous d'Young)



Système à deux trous d'Young

Présentation du dispositif

Projection sur un écran

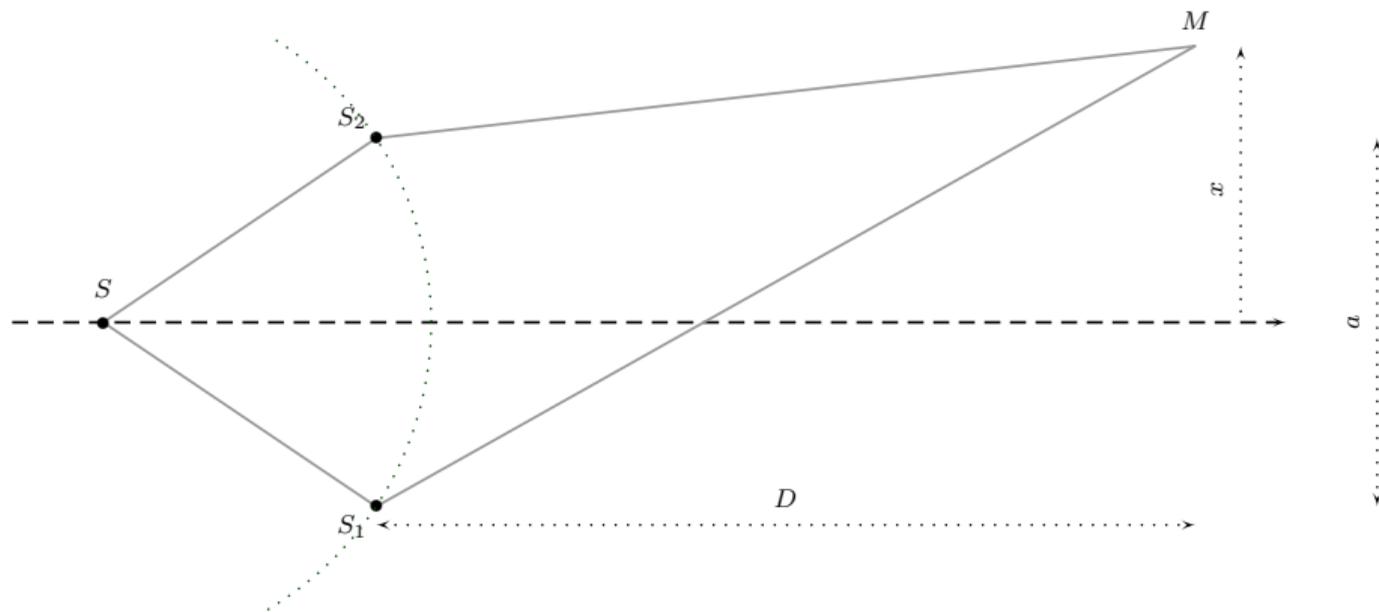
Interférences à l'infini

Franges d'interférence et Interfrange

Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

On considère dans cet exemple de calcul deux sources cohérentes **synchrones**. (*Cela est obtenu en plaçant la source primaire sur l'axe des systèmes de trous d'Young*)



$$\delta = (S_2M) - (S_1M) = \frac{n.a.x}{D}$$

Voir le chapitre précédent

Système à deux trous d'Young

Présentation du dispositif

Projection sur un écran

Interférences à l'infini

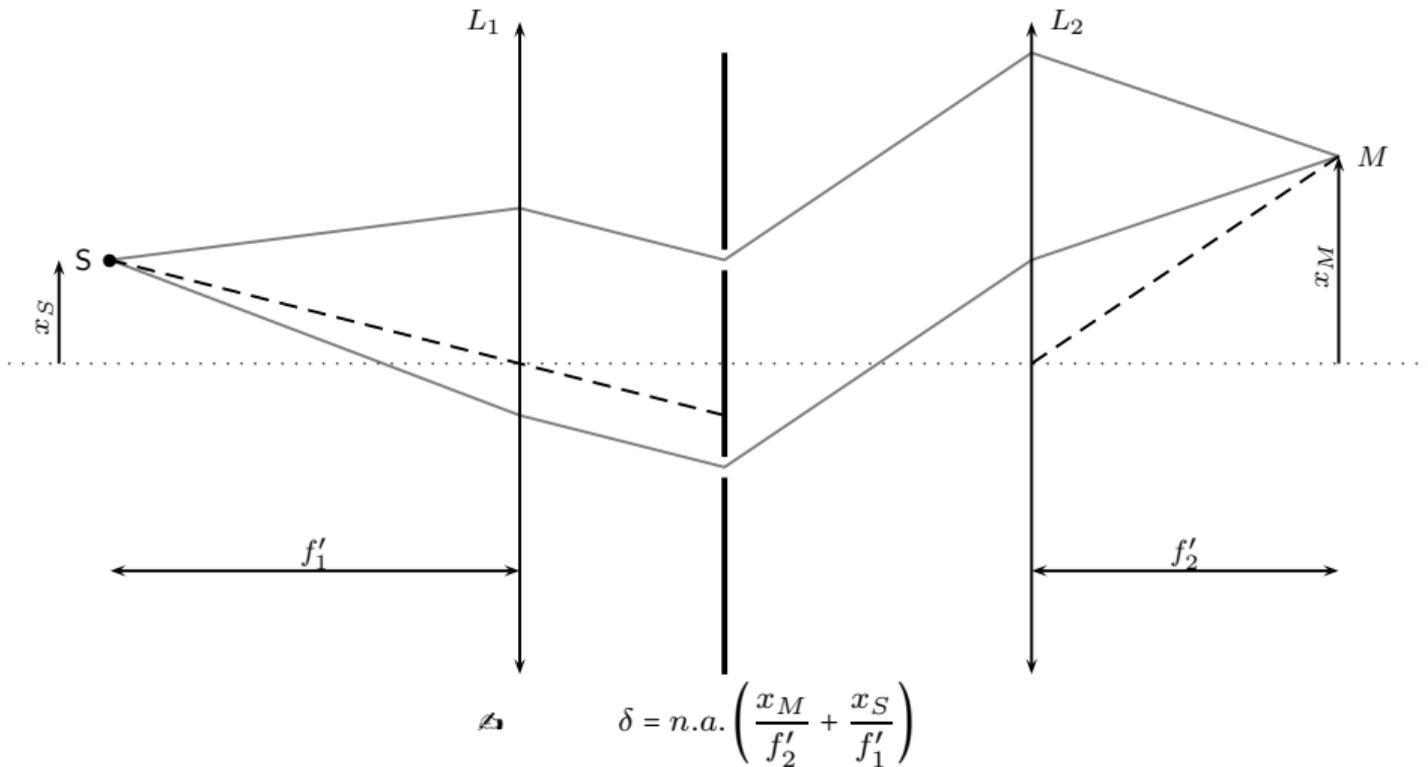
Franges d'interférence et Interfrange

Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

Conditions de Fraunhofer

Dans ces conditions, la source est collimatée à l'infini et les interférences observées à l'infini.



Système à deux trous d'Young

Présentation du dispositif

Projection sur un écran

Interférences à l'infini

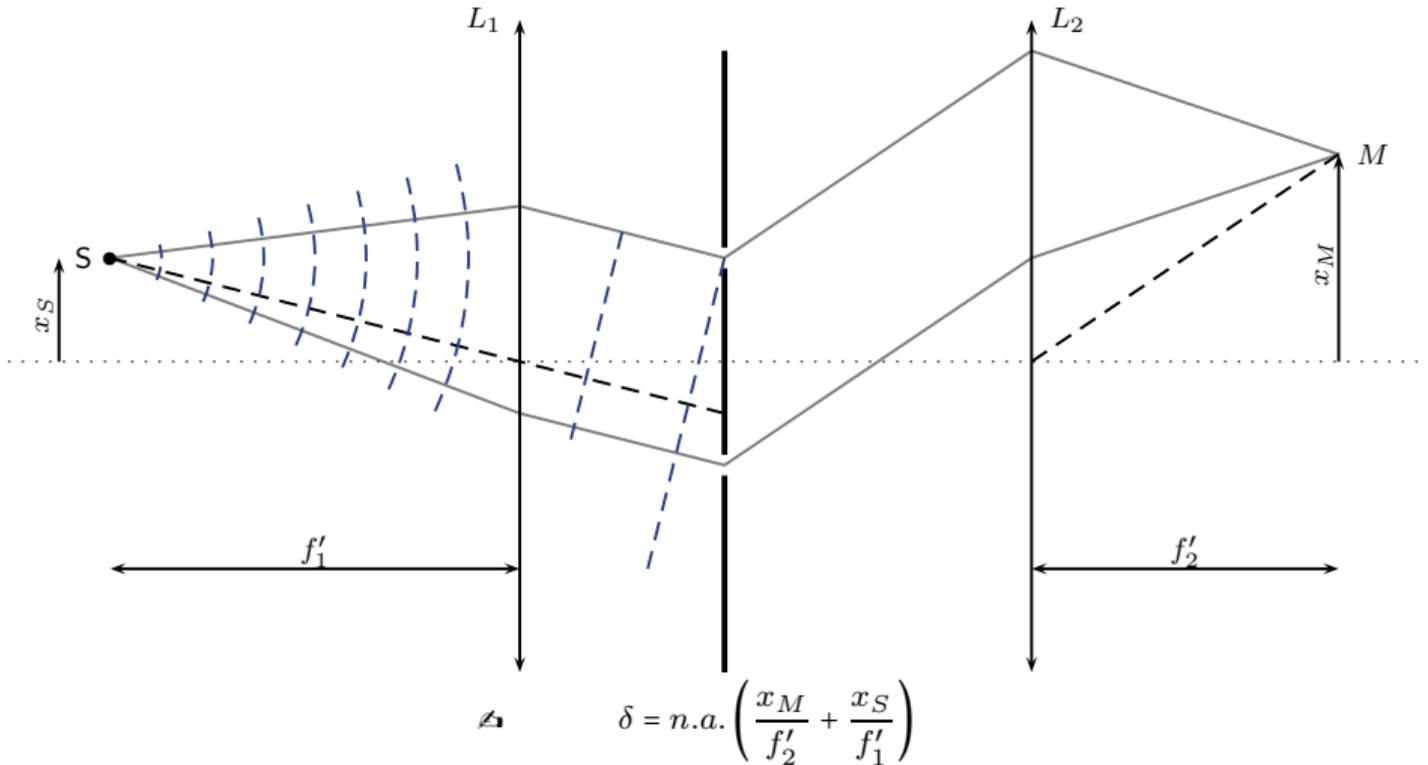
Franges d'interférence et Interfrange

Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

Conditions de Fraunhofer

Dans ces conditions, la source est collimatée à l'infini et les interférences observées à l'infini.



Système à deux trous d'Young

Présentation du dispositif

Projection sur un écran

Interférences à l'infini

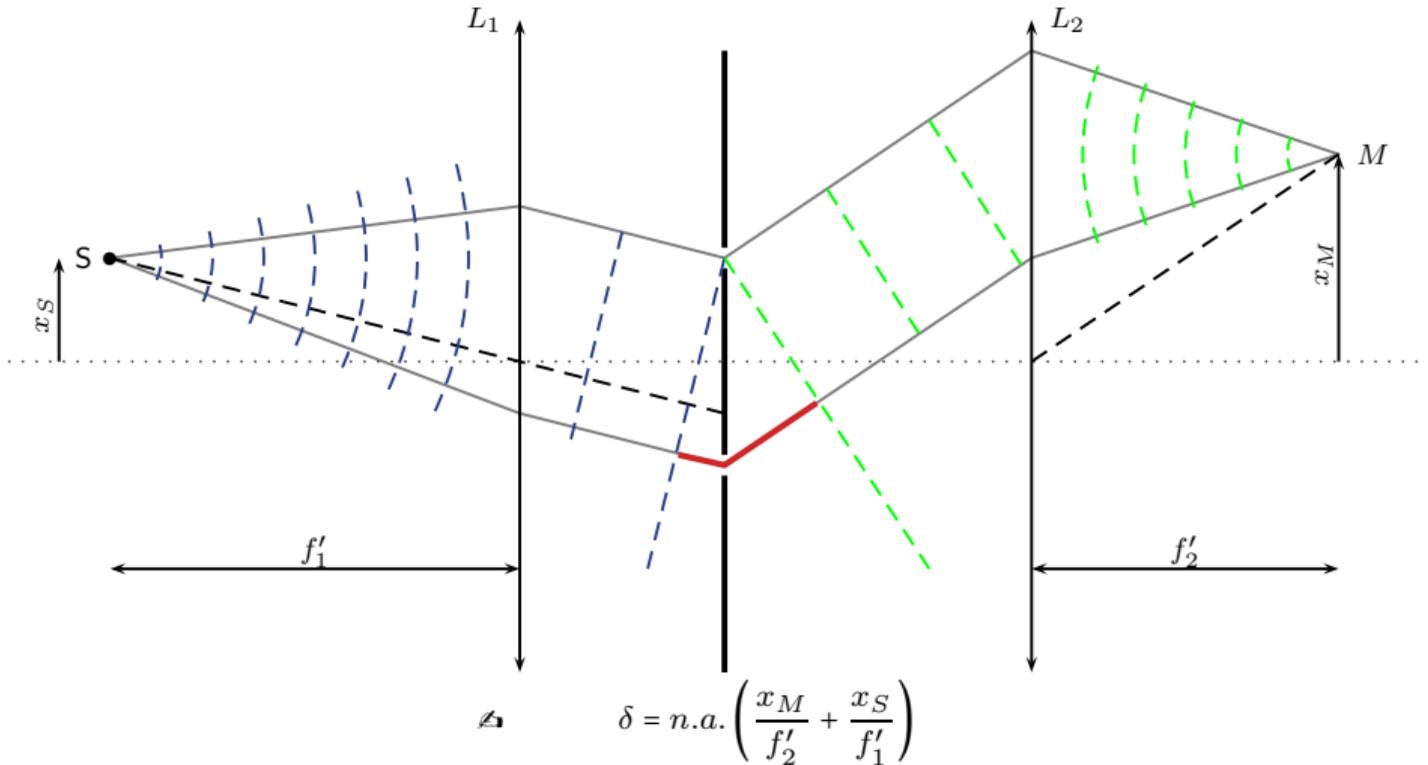
Franges d'interférence et Interfrange

Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

Conditions de Fraunhofer

Dans ces conditions, la source est collimatée à l'infini et les interférences observées à l'infini.



Système à deux trous d'Young

Présentation du dispositif
Projection sur un écran

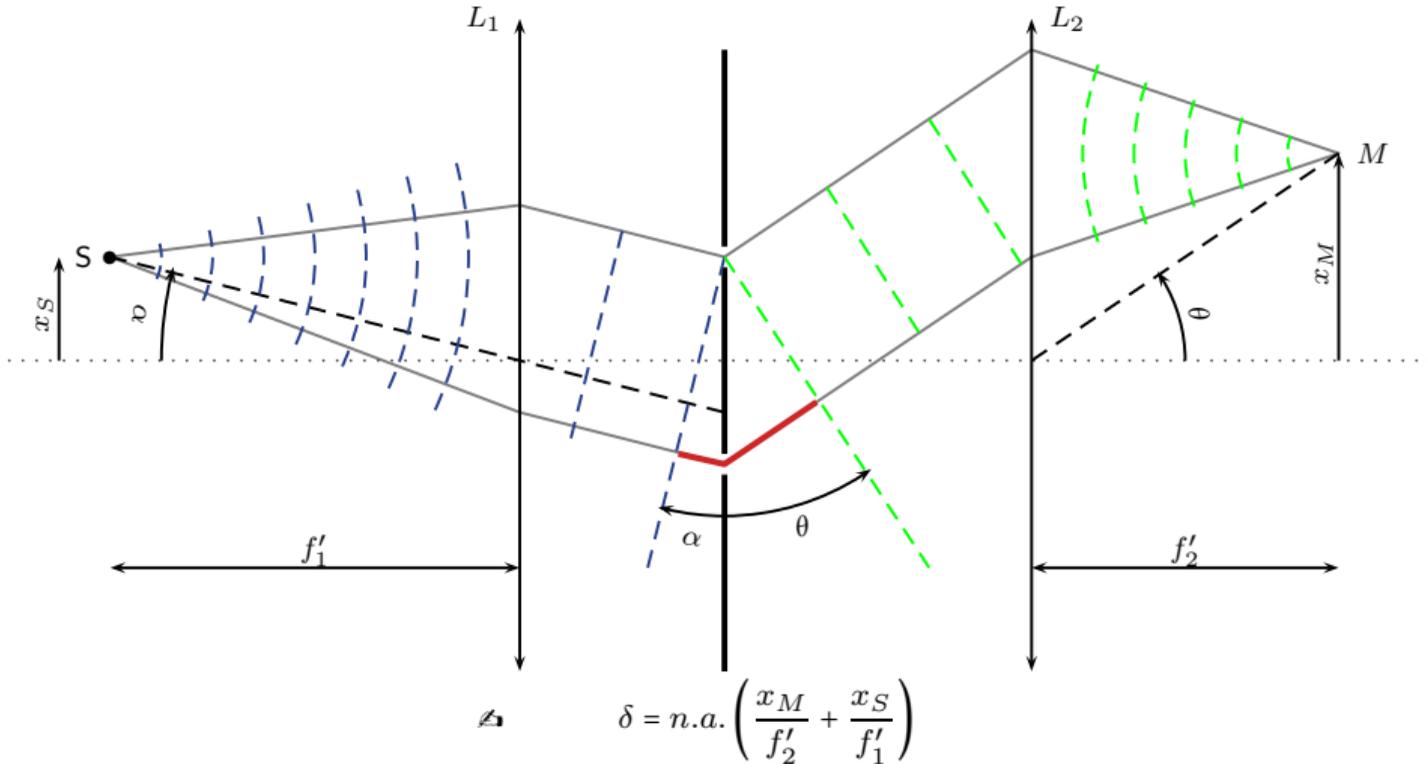
Interférences à l'infini
Franges d'interférence et Interfrange

Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

Conditions de Fraunhofer

Dans ces conditions, la source est collimatée à l'infini et les interférences observées à l'infini.



Système à deux trous d'Young

Présentation du dispositif

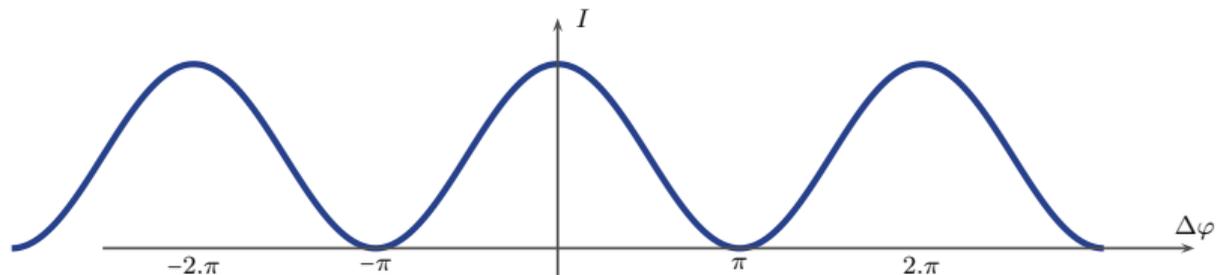
Projection sur un écran

Interférences à l'infini

Franges d'interférence et Interfrange

Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source



Interfrange

L'interfrange i correspond à la distance séparant deux franges successives.



$$i = |x_{p+1} - x_p|$$



$$i = \frac{\lambda_0 \cdot D}{n \cdot a}$$

Système à deux trous d'Young

Présentation du dispositif

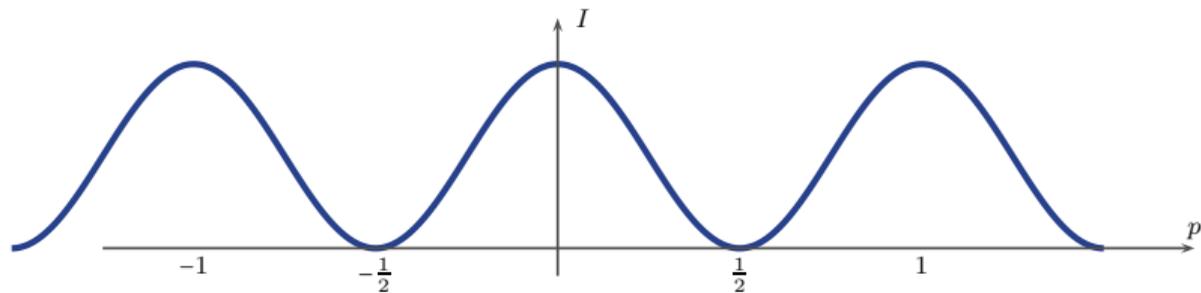
Projection sur un écran

Interférences à l'infini

Franges d'interférence et Interfrange

Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source



Interfrange

L'interfrange i correspond à la distance séparant deux franges successives.



$$i = |x_{p+1} - x_p|$$



$$i = \frac{\lambda_0 \cdot D}{n \cdot a}$$

Système à deux trous d'Young

Présentation du dispositif

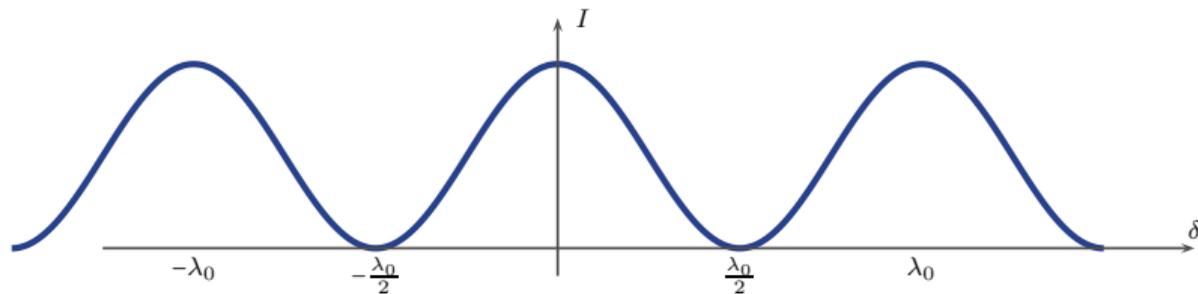
Projection sur un écran

Interférences à l'infini

Franges d'interférence et Interfrange

Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source



Interfrange

L'interfrange i correspond à la distance séparant deux franges successives.



$$i = |x_{p+1} - x_p|$$

↳

$$i = \frac{\lambda_0 \cdot D}{n \cdot a}$$

Système à deux trous d'Young

Présentation du dispositif

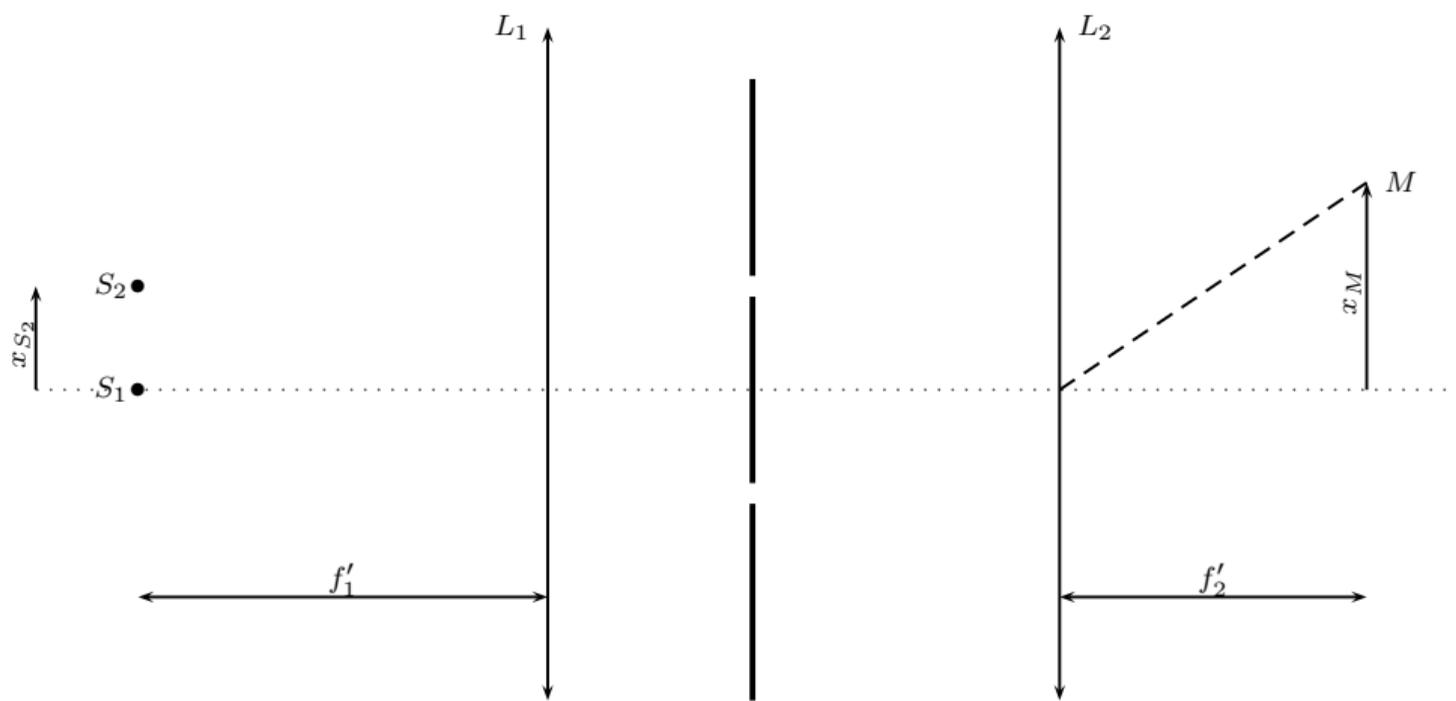
Projection sur un écran

Interférences à l'infini

Franges d'interférence et Interfrange

Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source



Système à deux trous d'Young

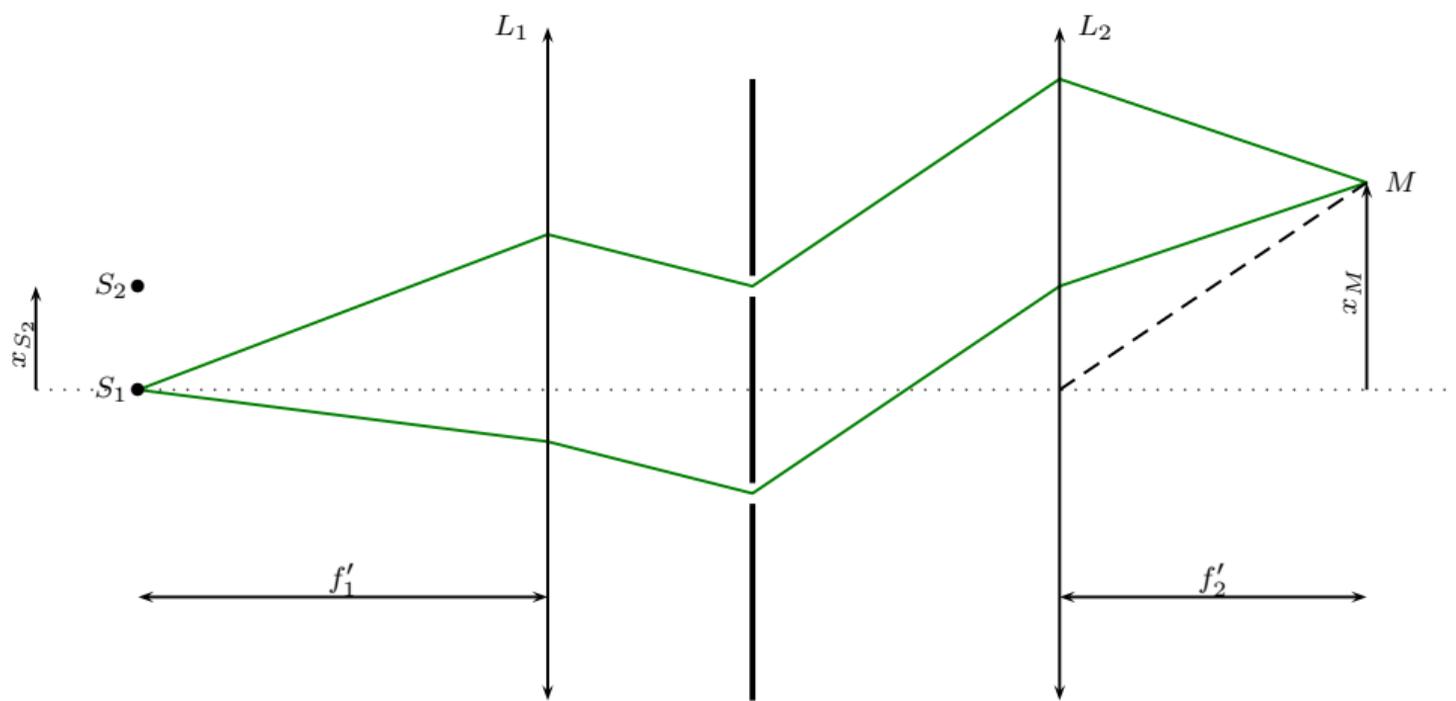
Élargissement spatial de la source

Association des deux sources primaires

Critère de brouillage

Source étendue

Élargissement spectral d'une source



Pour la source S_1 :

$$\Delta\varphi_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot a}{\lambda_0} \left(\frac{x_M}{f'_2} \right)$$

$$I_1 = 2 \cdot I_0 \cdot (1 + \cos\Delta\varphi_1)$$

Système à deux trous d'Young

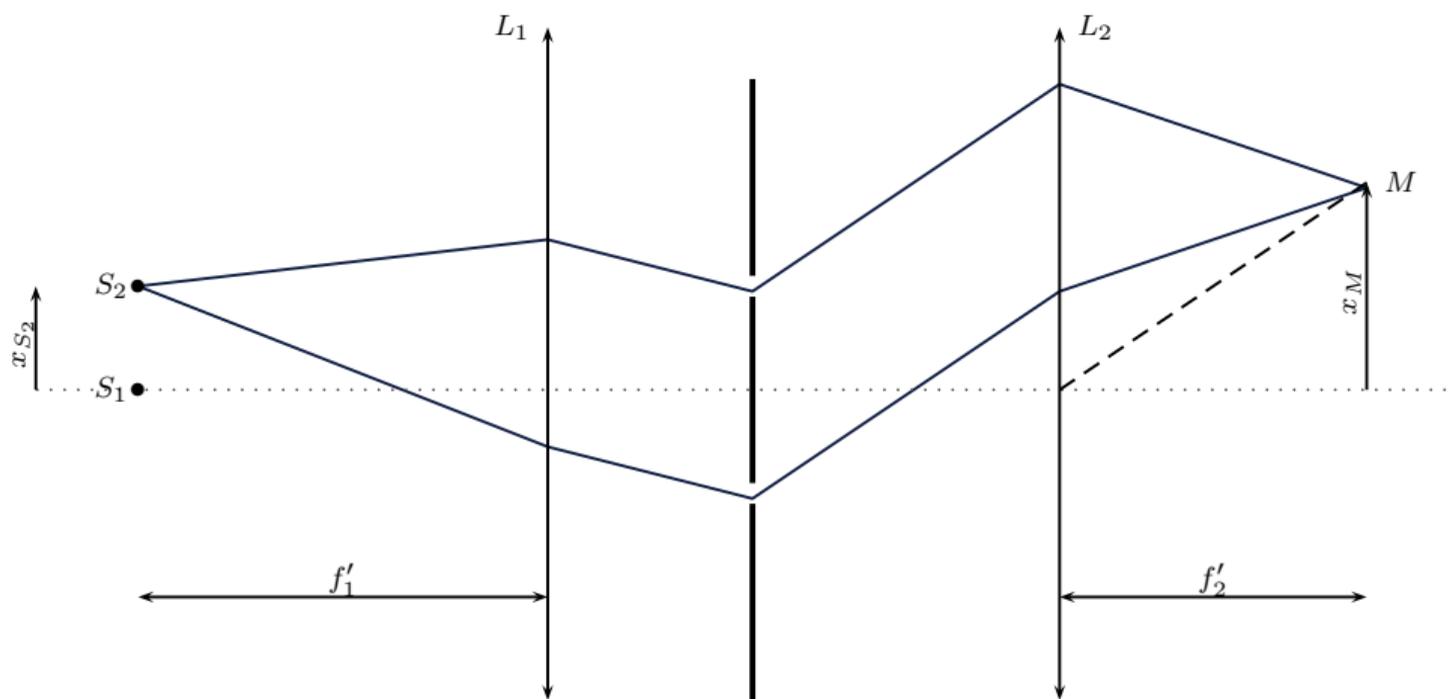
Élargissement spatial de la source

Association des deux sources primaires

Critère de brouillage

Source étendue

Élargissement spectral d'une source



Pour la source S_1 :

$$\Delta\varphi_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot a}{\lambda_0} \left(\frac{x_M}{f'_2} \right)$$

$$I_1 = 2 \cdot I_0 \cdot (1 + \cos\Delta\varphi_1)$$

Pour la source S_2 :

$$\Delta\varphi_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot a}{\lambda_0} \left(\frac{x_M}{f'_2} + \frac{x_{S_2}}{f'_1} \right)$$

$$I_2 = 2 \cdot I_0 \cdot (1 + \cos\Delta\varphi_2)$$

Système à deux trous d'Young

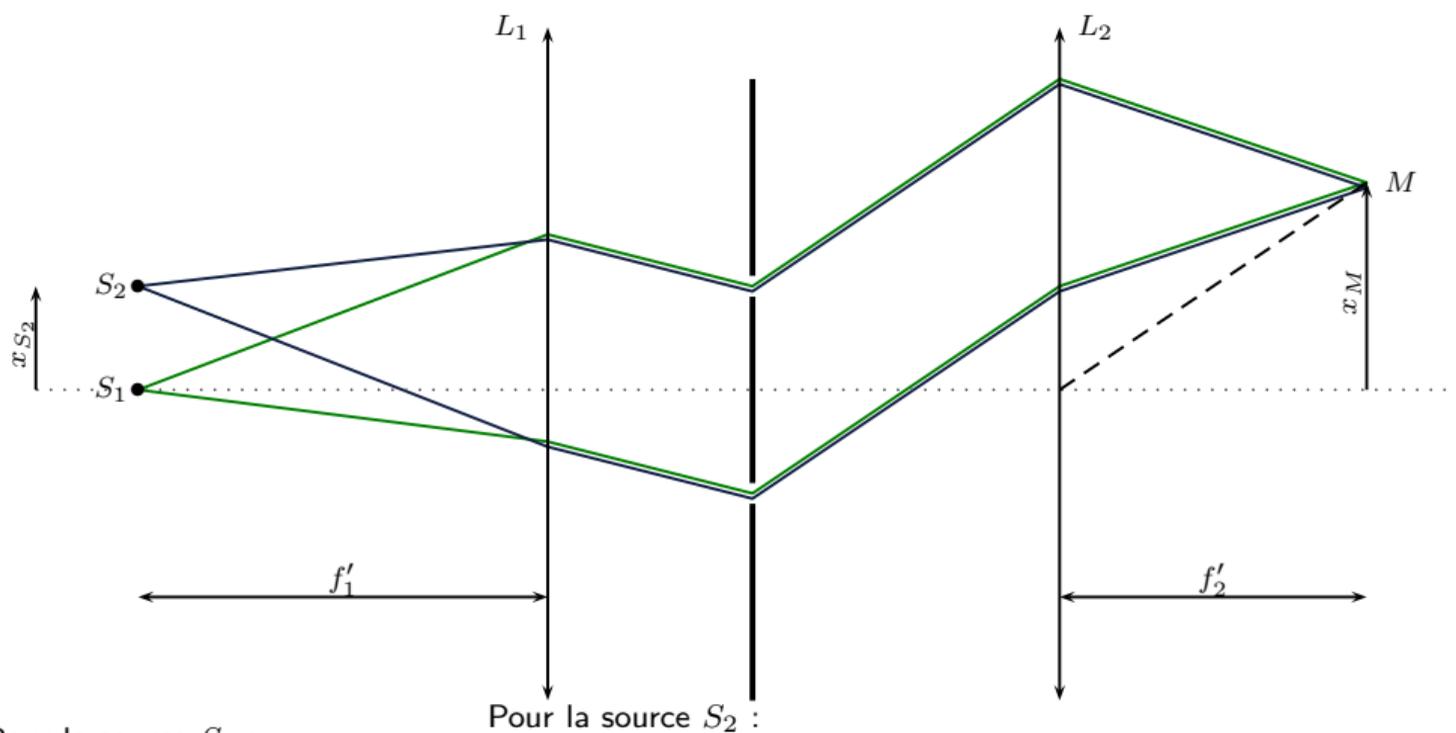
Élargissement spatial de la source

Association des deux sources primaires

Critère de brouillage

Source étendue

Élargissement spectral d'une source



Pour la source S_1 :

$$\Delta\varphi_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot a}{\lambda_0} \left(\frac{x_M}{f'_2} \right)$$

$$I_1 = 2 \cdot I_0 \cdot (1 + \cos\Delta\varphi_1)$$

Pour la source S_2 :

$$\Delta\varphi_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot a}{\lambda_0} \left(\frac{x_M}{f'_2} + \frac{x_{S_2}}{f'_1} \right)$$

$$I_2 = 2 \cdot I_0 \cdot (1 + \cos\Delta\varphi_2)$$

Pour l'association des sources :

$$I_{tot} = I_1 + I_2$$

Système à deux trous d'Young

Élargissement spatial de la source

Association des deux sources primaires

Critère de brouillage

Source étendue

Élargissement spectral d'une source

Sources primaires multiples

Lorsqu'un système interférentiel est éclairé par plusieurs sources primaires, l'intensité en M est obtenue par la superposition des franges d'interférences obtenues pour chacune des sources prises séparément.

Source S_1 seule :



Source S_2 seule :



Deux sources :



Système à deux trous d'Young

Élargissement spatial de la source

Association des deux sources primaires

Critère de brouillage

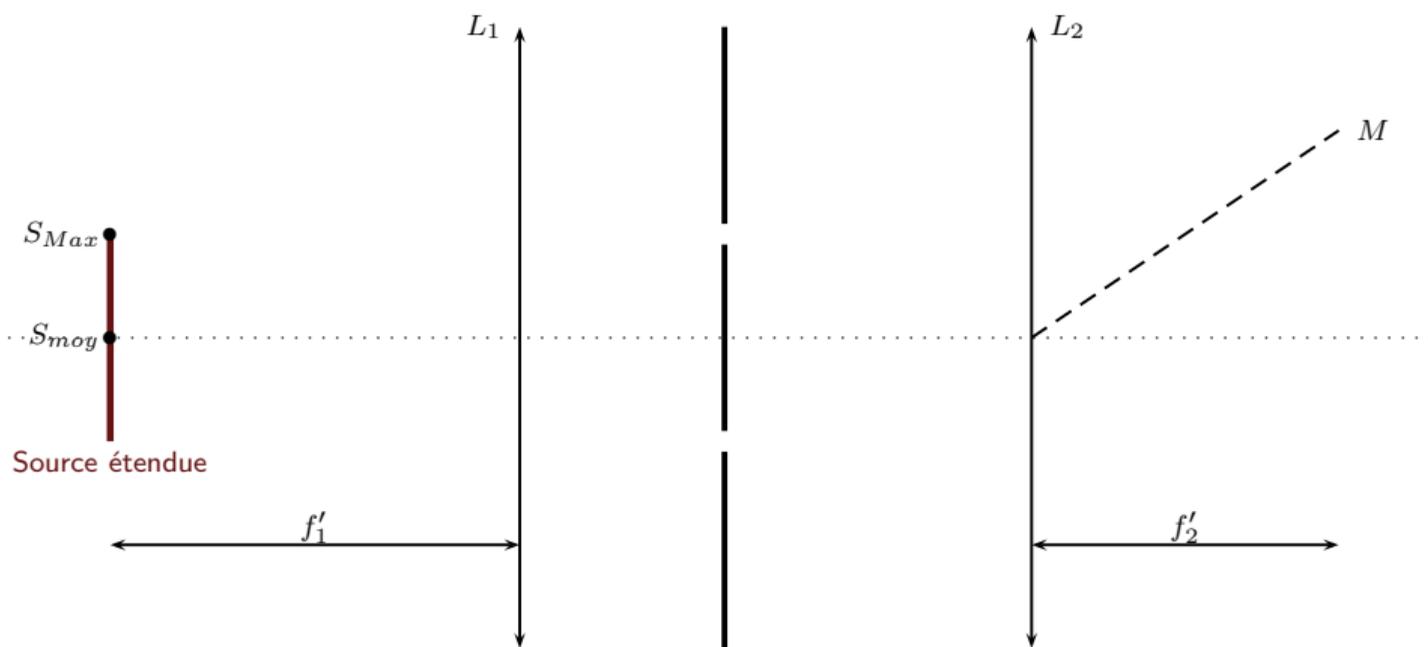
Source étendue

Élargissement spectral d'une source

brouillage des franges pour 2 sources

La multiplication des sources entraîne une diminution du contraste. Il y aura brouillage pour deux sources si les ordres p_1 et p_2 en M pour chacune de ces sources sont tels que

$$|p_{S_2} - p_{S_1}| = \frac{1}{2} + m \quad m \in \mathcal{N}$$



Système à deux trous d'Young

Élargissement spatial de la source

Association des deux sources primaires

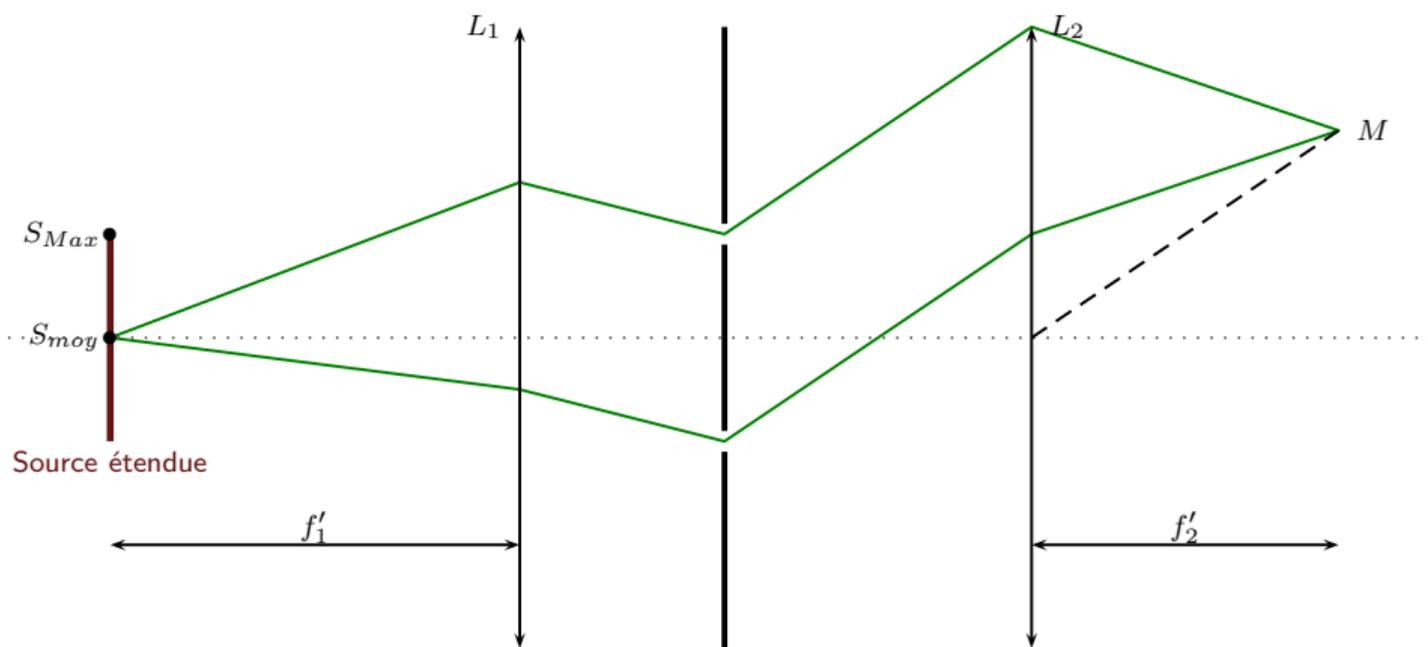
Source étendue

Élargissement spectral d'une source

brouillage des franges pour 1 source étendue

On considère S_{moy} et S_{max} les position centrale et extrême de la source étendue et $p_{S_{moy}}$, $p_{S_{Max}}$ les ordres d'interférence pour les rayons issus de ces sources en M . Il y aura brouillage des interférences si

$$|p_{S_{moy}} - p_{S_{Max}}| \geq \frac{1}{2}$$



Système à deux trous d'Young

Élargissement spatial de la source

Association des deux sources primaires

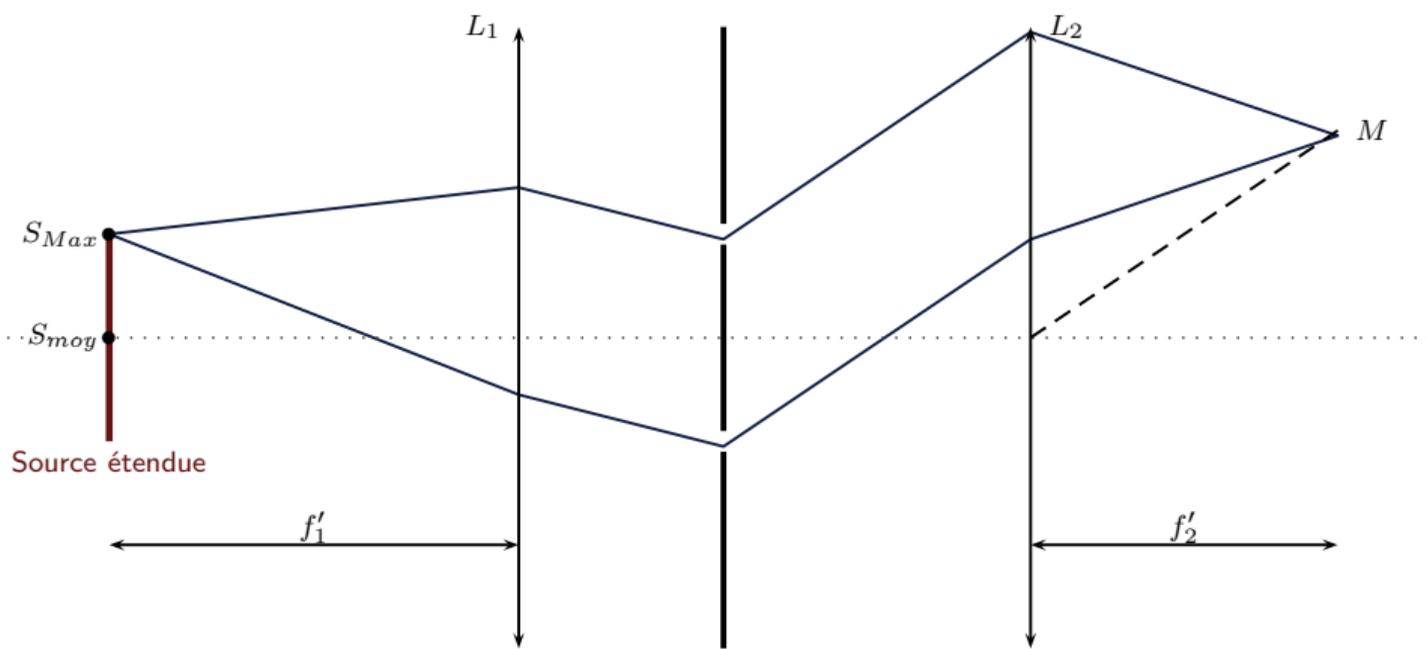
Source étendue

Élargissement spectral d'une source

brouillage des franges pour 1 source étendue

On considère S_{moy} et S_{max} les position centrale est extrême de la source étendue et $p_{S_{moy}}$, $p_{S_{Max}}$ les ordres d'interférence pour les rayons issus de ces sources en M . Il y aura brouillage des interférences si

$$|p_{S_{moy}} - p_{S_{Max}}| \geq \frac{1}{2}$$



Système à deux trous d'Young

Élargissement spatial de la source

Association des deux sources primaires

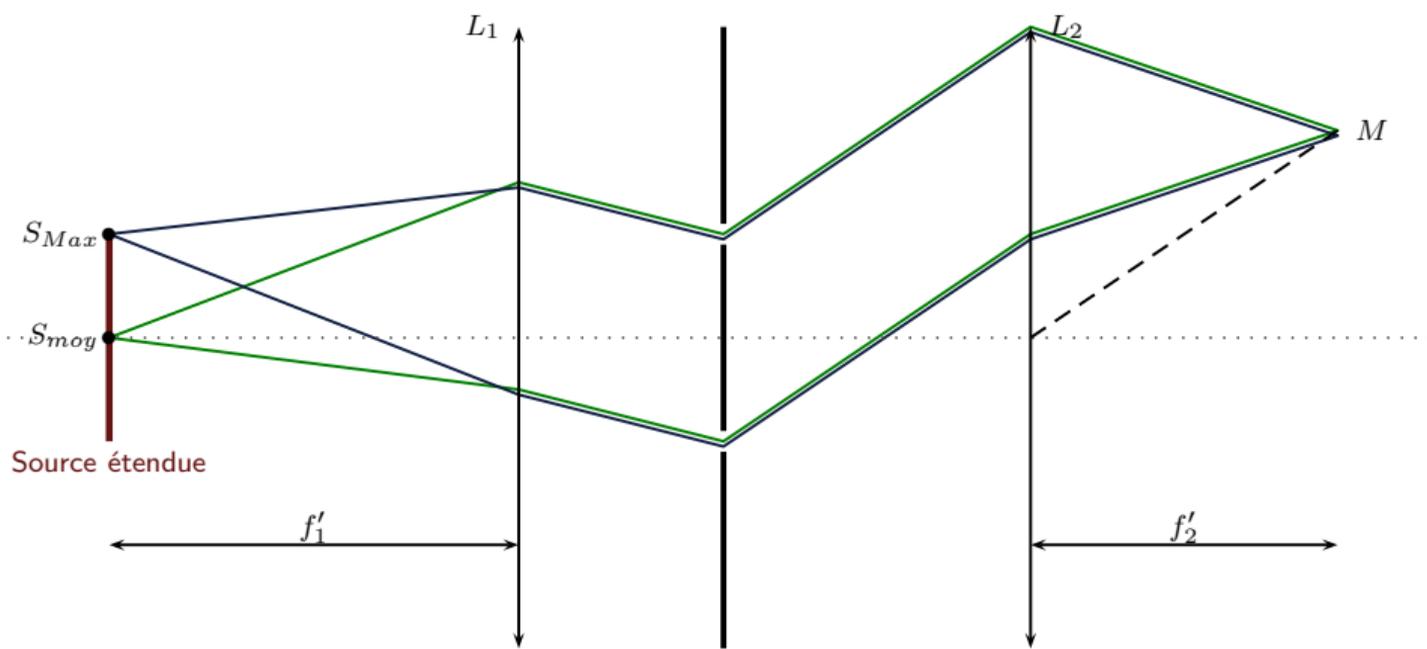
Source étendue

Élargissement spectral d'une source

brouillage des franges pour 1 source étendue

On considère S_{moy} et S_{max} les position centrale et extrême de la source étendue et $p_{S_{moy}}$, $p_{S_{Max}}$ les ordres d'interférence pour les rayons issus de ces sources en M . Il y aura brouillage des interférences si

$$|p_{S_{moy}} - p_{S_{Max}}| \geq \frac{1}{2}$$



Système à deux trous d'Young

Élargissement spatial de la source

Association des deux sources primaires

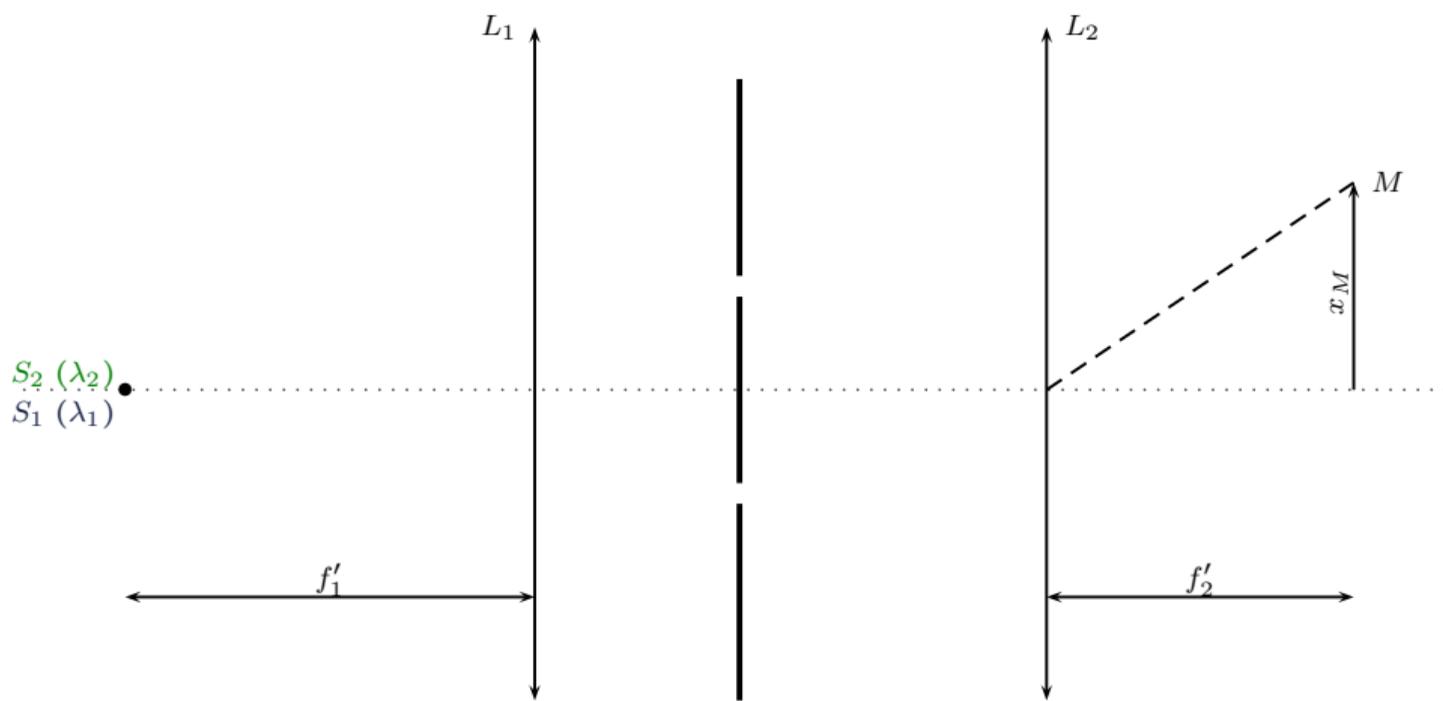
Source étendue

Élargissement spectral d'une source

brouillage des franges pour 1 source étendue

On considère S_{moy} et S_{max} les position centrale et extrême de la source étendue et $p_{S_{moy}}$, $p_{S_{Max}}$ les ordres d'interférence pour les rayons issus de ces sources en M . Il y aura brouillage des interférences si

$$|p_{S_{moy}} - p_{S_{Max}}| \geq \frac{1}{2}$$



Système à deux trous d'Young

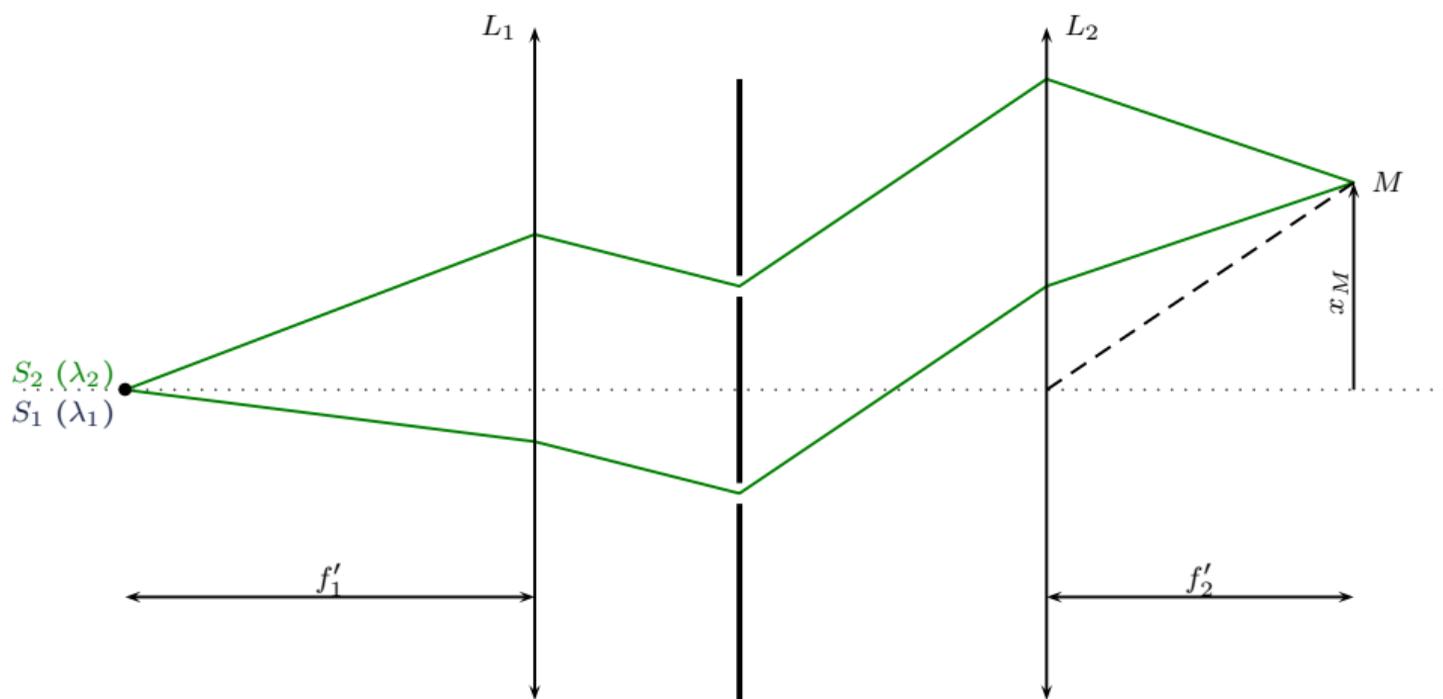
Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

Cas d'un doublet

Source à spectre de bande

Longueur de cohérence



Pour la source S_1 :

$$\Delta\varphi_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot a}{\lambda_1} \frac{x_M}{f'_2}$$

$$I_1 = 2 \cdot I_0 \cdot (1 + \cos\Delta\varphi_1)$$

Système à deux trous d'Young

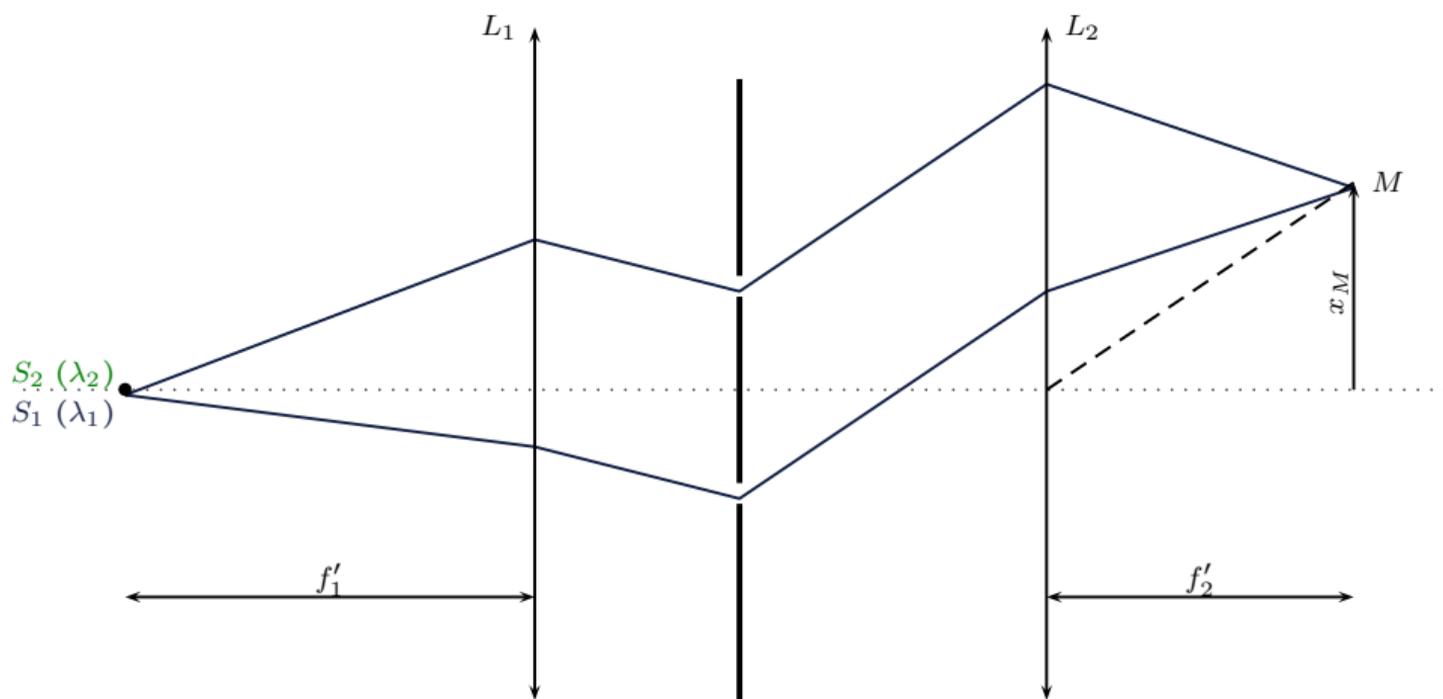
Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

Cas d'un doublet

Source à spectre de bande

Longueur de cohérence



Pour la source S_1 :

$$\Delta\varphi_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot a}{\lambda_1} \frac{x_M}{f'_2}$$

$$I_1 = 2 \cdot I_0 \cdot (1 + \cos\Delta\varphi_1)$$

Pour la source S_2 :

$$\Delta\varphi_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot a}{\lambda_2} \frac{x_M}{f'_2}$$

$$I_2 = 2 \cdot I_0 \cdot (1 + \cos\Delta\varphi_2)$$

Système à deux trous d'Young

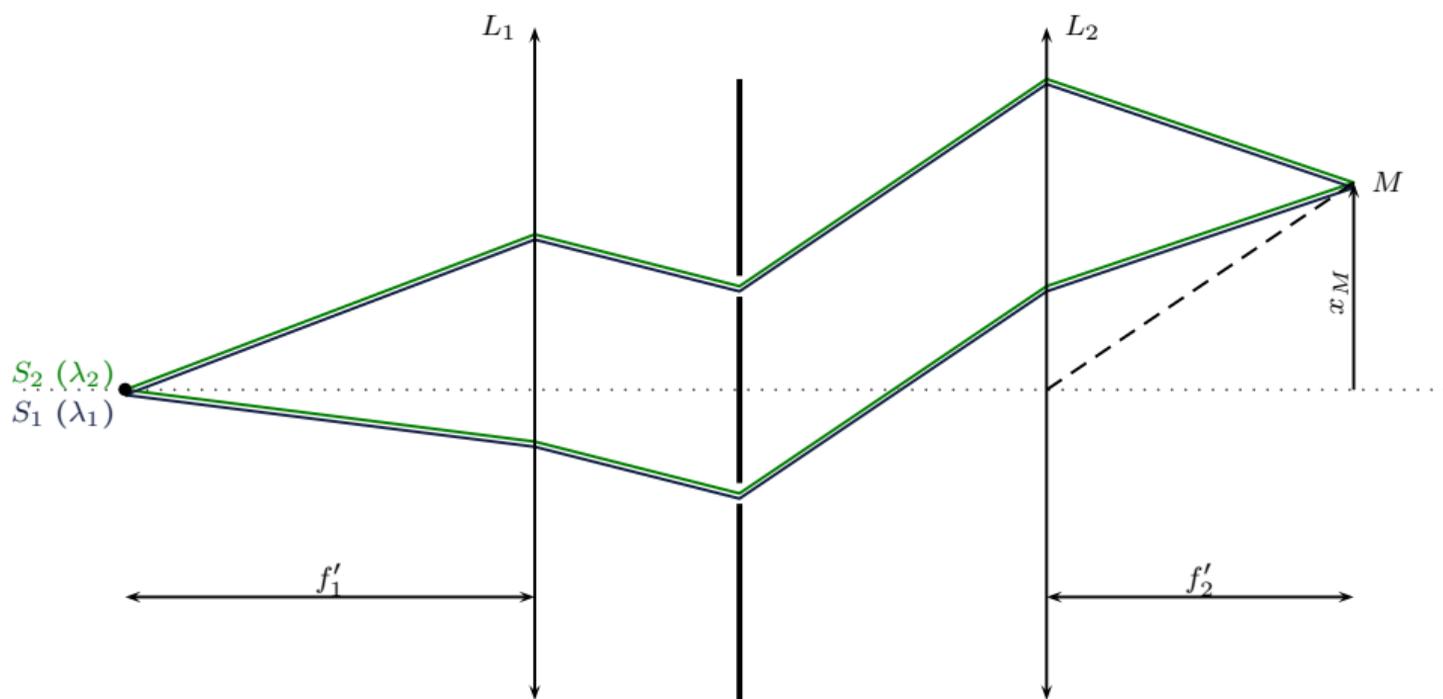
Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

Cas d'un doublet

Source à spectre de bande

Longueur de cohérence



Pour la source S_1 :

$$\Delta\varphi_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot a}{\lambda_1} \frac{x_M}{f'_2}$$

$$I_1 = 2 \cdot I_0 \cdot (1 + \cos\Delta\varphi_1)$$

Pour la source S_2 :

$$\Delta\varphi_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot a}{\lambda_2} \frac{x_M}{f'_2}$$

$$I_2 = 2 \cdot I_0 \cdot (1 + \cos\Delta\varphi_2)$$

Pour l'association des sources :

$$I_{tot} = I_1 + I_2$$

Système à deux trous d'Young

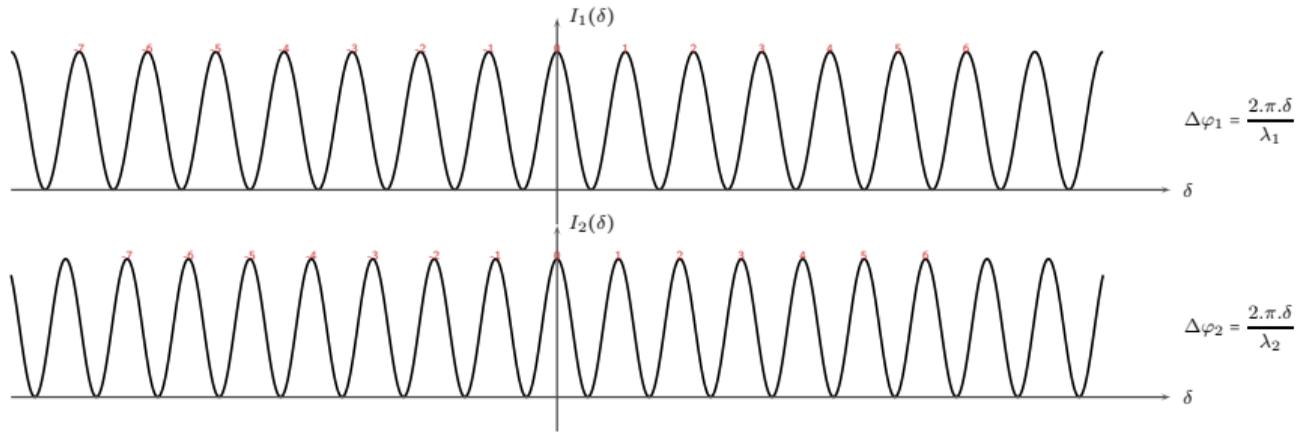
Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

Cas d'un doublet

Source à spectre de bande

Longueur de cohérence



Système à deux trous d'Young

Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

Cas d'un doublet

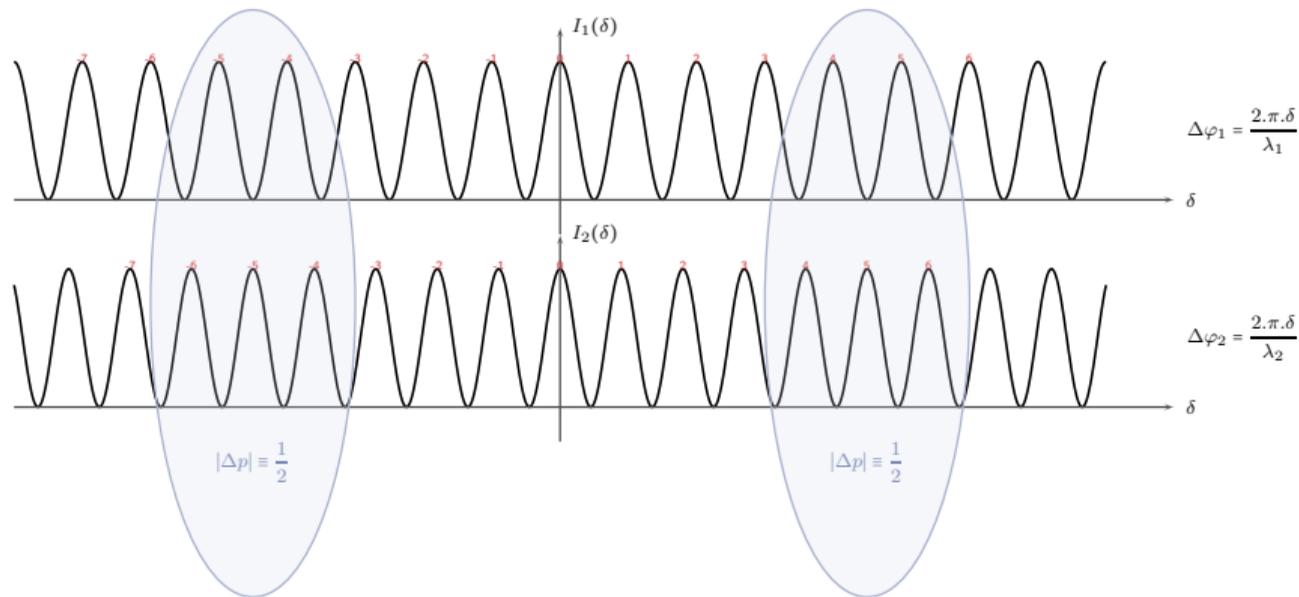
Source à spectre de bande

Longueur de cohérence

Condition de brouillage pour un doublet

L'intensité en un point M est la superposition des franges d'interférences en ce point M obtenues pour chacune des composantes spectrales. Il y aura brouillage si

$$|p_{\lambda_2} - p_{\lambda_1}| = \frac{1}{2} + m$$



Système à deux trous d'Young

Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

Cas d'un doublet

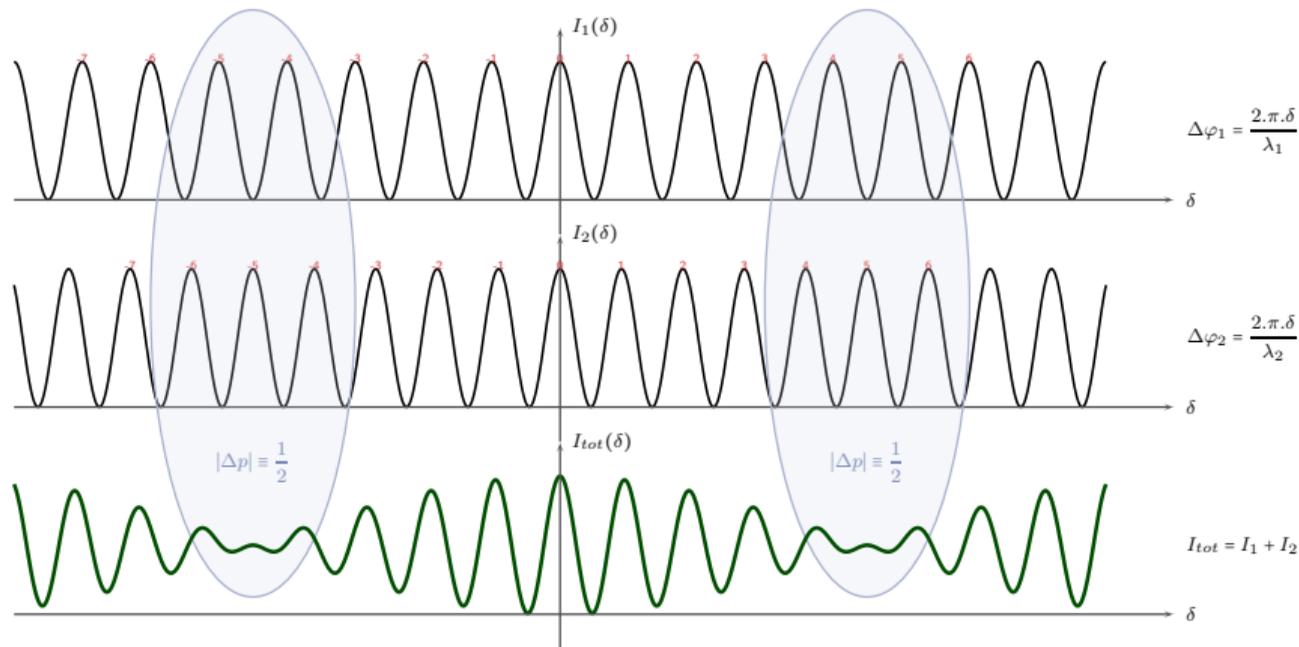
Source à spectre de bande

Longueur de cohérence

Condition de brouillage pour un doublet

L'intensité en un point M est la superposition des franges d'interférences en ce point M obtenues pour chacune des composantes spectrales. Il y aura brouillage si

$$|p_{\lambda_2} - p_{\lambda_1}| = \frac{1}{2} + m$$



Système à deux trous d'Young

Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

Cas d'un doublet

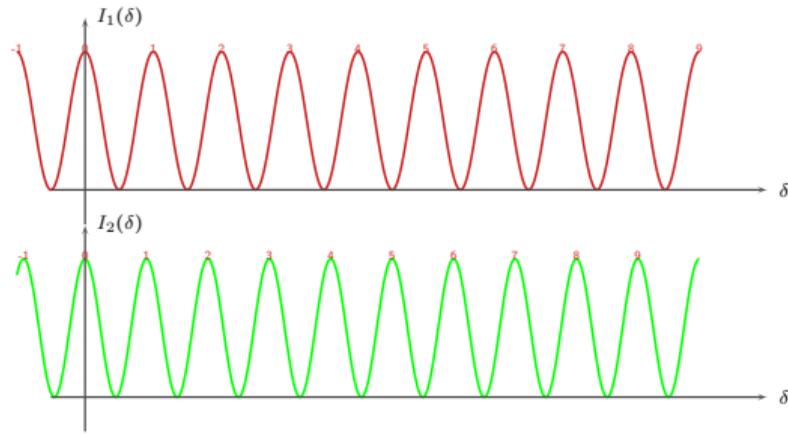
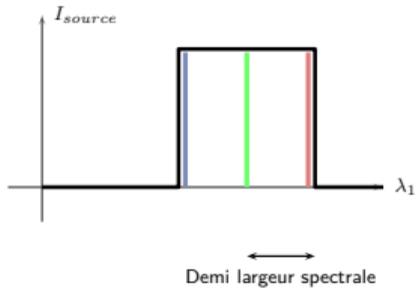
Source à spectre de bande

Longueur de cohérence

Condition de brouillage pour un doublet

L'intensité en un point M est la superposition des franges d'interférences en ce point M obtenues pour chacune des composantes spectrales. Il y aura brouillage si

$$|p_{\lambda_2} - p_{\lambda_1}| = \frac{1}{2} + m$$



Système à deux trous d'Young

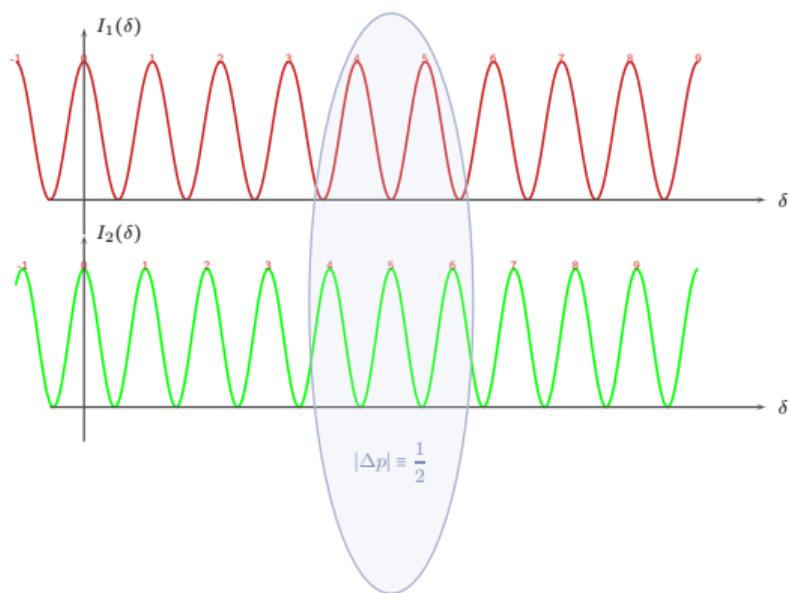
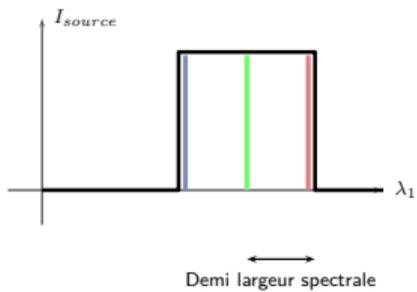
Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

Cas d'un doublet

Source à spectre de bande

Longueur de cohérence



Système à deux trous d'Young

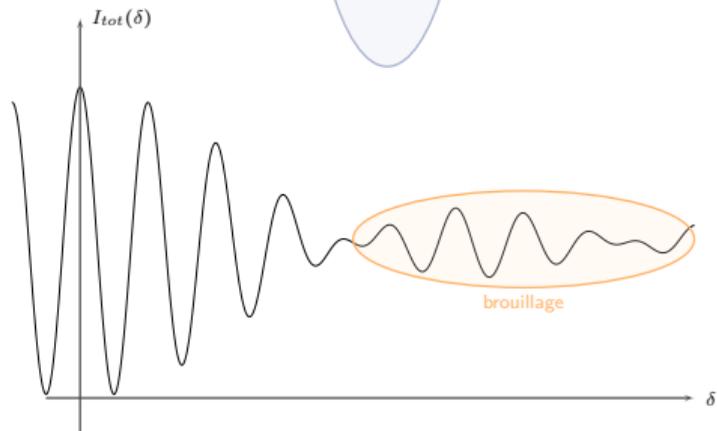
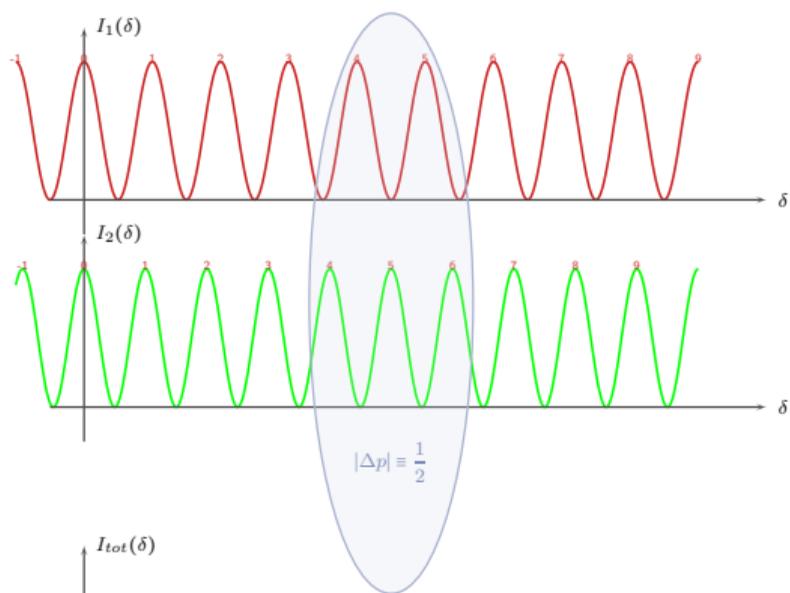
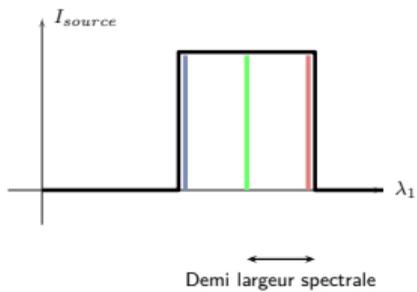
Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

Cas d'un doublet

Source à spectre de bande

Longueur de cohérence



Système à deux trous d'Young

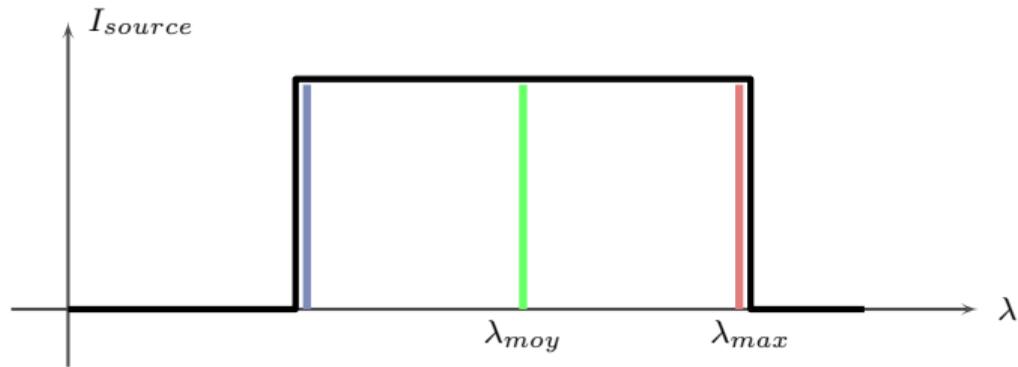
Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

Cas d'un doublet

Source à spectre de bande

Longueur de cohérence



Système à deux trous d'Young

Élargissement spatial de la source

Élargissement spectral d'une source

Cas d'un doublet

Source à spectre de bande

Longueur de cohérence



Développement spectral

Brouillage pour une source non monochromatique

Les franges d'interférence ne sont contrastées que pour des différences de marche assez faible. Il y a brouillage dès que :



$$\left| p(\lambda_{max}) - p(\lambda_{moy}) \right| > \frac{1}{2}$$

Par la relation précédente :

$$\delta_{max} = \frac{\lambda_{moy}^2}{\Delta\lambda}$$

Par la longueur d'un train d'onde

- Durée d'émission $\tau \equiv \frac{2\pi}{\Delta\omega} = \frac{2\pi}{2\pi \cdot c \cdot \Delta\left(\frac{1}{\lambda}\right)} \equiv \frac{\lambda_{moy}^2}{\Delta\lambda \cdot 2\pi \cdot c}$
- Longueur du train d'onde $l = c \cdot \tau = \frac{\lambda_{moy}^2}{\Delta\lambda}$

Longueur de cohérence

Si la différence de marche est supérieure à la longueur d'un train d'onde, il y a brouillage de la figure d'interférence.

Système à deux trous
d'Young

Élargissement spatial
de la source

Élargissement spectral
d'une source

Cas d'un doublet

Source à spectre de bande

Longueur de cohérence