

Chapitre 006: Cohérences spatiale et temporelle

I. Cohérence spatiale

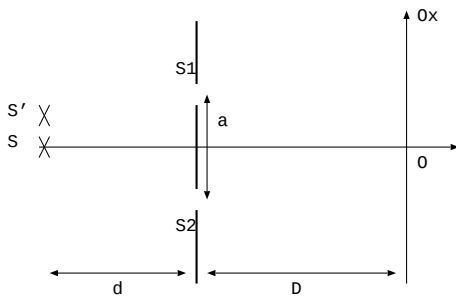
Problématique : les sources réelles ne sont pas ponctuelles, comment la largeur d'une source influe-t-elle sur les figures d'interférences?

Idée de départ : Une source étendue spatialement peut-être vue comme l'association d'une infinité de sources ponctuelles. Les différentes sources ponctuelles ne sont pas cohérentes entre elles. Chacun des points sources donne naissance à un phénomène d'interférences et on observe sur l'écran la superposition de l'ensemble des figures d'interférences obtenues pour chaque point de la source.

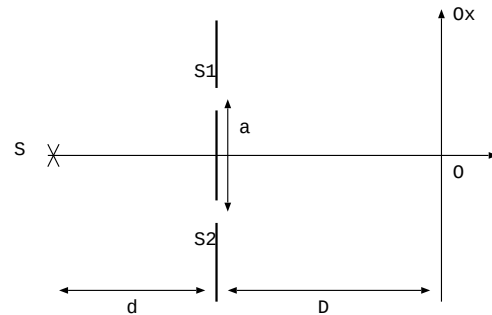
1. Approche simplifiée : la source est constituée de deux sources ponctuelles.

Dispositif étudié:

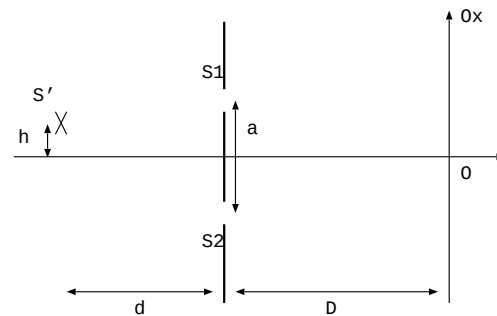
Les deux sources sont synchrones et non cohérentes :



Si la source S est seule :

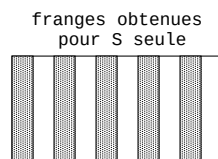
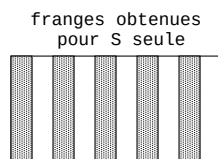


Si la source S' est seule :

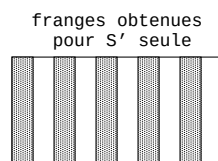
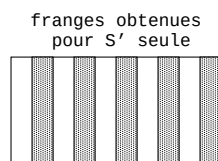


L'intensité en M est

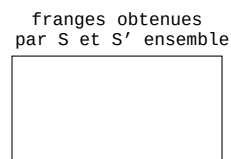
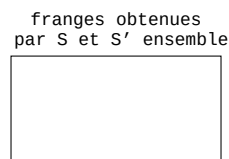
Observations: Les deux systèmes de franges obtenues pour S et S' ont donc le même interfrange et sont juste décalés, on étudie les deux situations extrêmes.



Lorsque les franges brillantes du système obtenu pour S se superposent

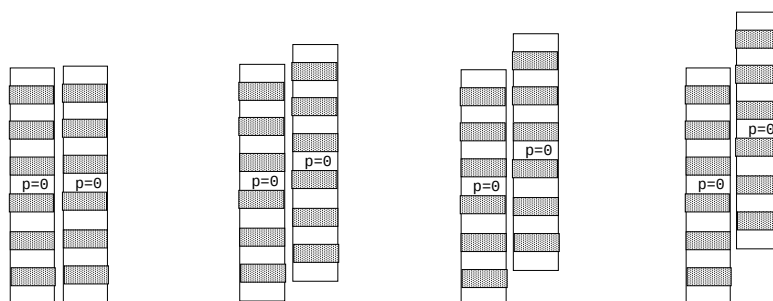


Lorsque les franges brillantes du système obtenu pour S se superposent



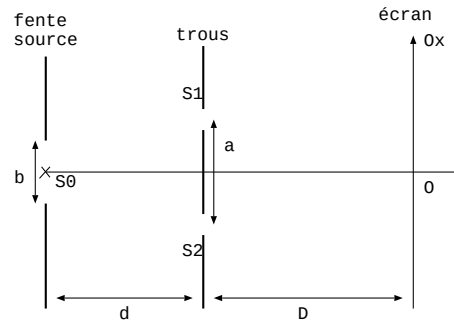
On peut en déduire les valeurs de SS' pour lesquelles le contraste reste maximal:

On peut en déduire les valeurs de SS' pour lesquelles le contraste est nul:



2. Exercice :

On réalise une expérience d'interférences avec des trous d'Young. La source principale est une fente de largeur b , le centre S_0 de la fente est sur l'axe optique. Le plan des trous est situé à une distance d de la source et on note a la distance entre les trous S_1 et S_2 . On observe le phénomène sur un écran placé à la distance D du plan des trous. La lumière, monochromatique, a pour longueur d'onde λ .



Quel est l'avantage d'éclairer le dispositif par une fente?

L'inconvénient est que sur l'écran on observe un brouillage des franges pour des valeurs de b supérieures à une valeur limite, expliquer le phénomène.

La condition de brouillage s'écrit $|\Delta p_{1/2}| > \frac{1}{2}$ où $\Delta p_{1/2} = p_{S_{1/2}}(M) - p_{S_0}(M)$ avec S_0 point de la fente source sur l'axe optique et $S_{1/2}$ point sur l'une des extrémités de la fente source.

Interpréter cette condition de brouillage et en déduire les valeurs de b pour lesquelles les franges sont visibles.

AN : $d = 10 \text{ cm}$, $\lambda = 0,5 \text{ }\mu\text{m}$ et $a = 2 \text{ mm}$.

II. Cohérence temporelle dans le dispositif d'Young

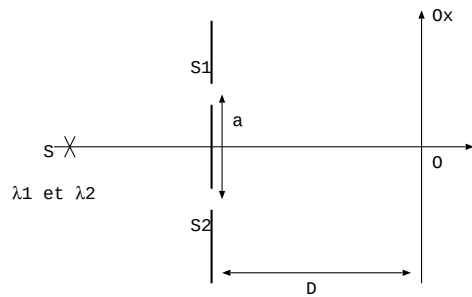
Problématique : les sources réelles ne sont pas monochromatiques, quelles sont les conséquences de la polychromaticité des sources lumineuses sur les figures d'interférences?

Idée de départ : Lorsque l'on place une source réelle (donc polychromatique) en amont d'un dispositif interférentiel, chacune des longueurs d'onde du spectre de la source donne naissance à un phénomène d'interférences. Sur un écran, on observe alors la superposition de l'ensemble des figures d'interférences obtenues pour chaque longueur d'onde de la source.

1. Cas où la source comprend un doublet

Exemple concret : Les lampes à vapeur de mercure ou de sodium possèdent toutes deux dans leurs spectres un doublet jaune, c'est-à-dire deux longueurs d'onde suffisamment proches pour qu'elles ne puissent pas être séparées par un filtre.

Dispositif étudié:

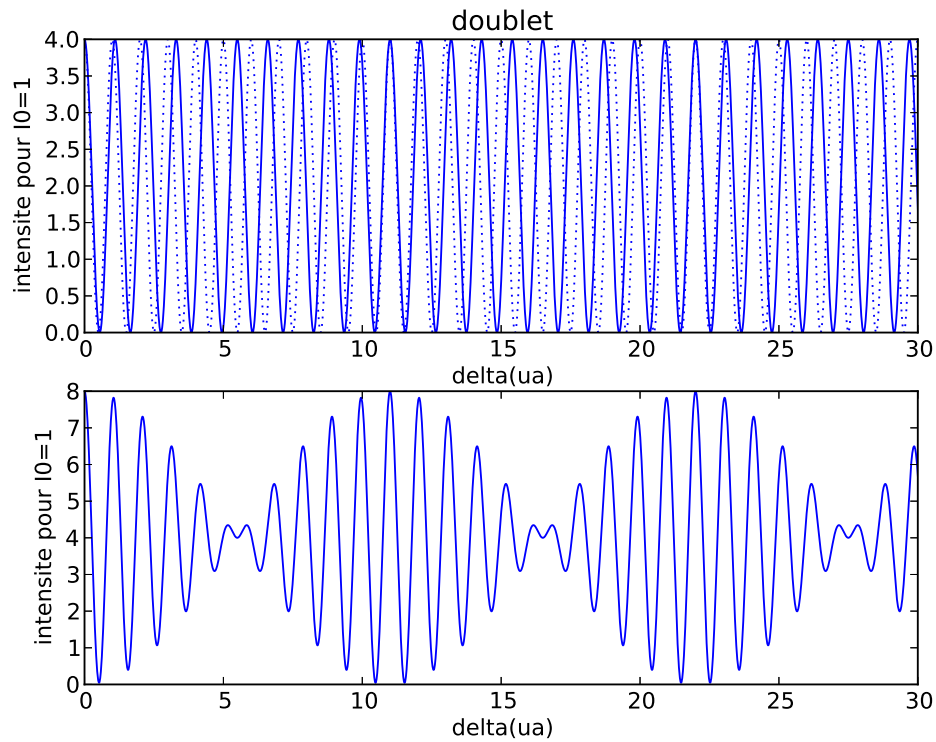


- Le spectre de la source comprend deux raies monochromatiques de longueurs d'onde λ_1 et $\lambda_2 > \lambda_1$
- Les deux raies du spectre ont la même intensité I_0
- La source est ponctuelle
- On note $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ l'écart de longueur d'onde et $\lambda_m = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$

Si la source ne présente qu'une longueur d'onde λ_1 :

Si la source ne présente qu'une longueur d'onde $\lambda_2 > \lambda_1$:

Si la source contient un doublet :

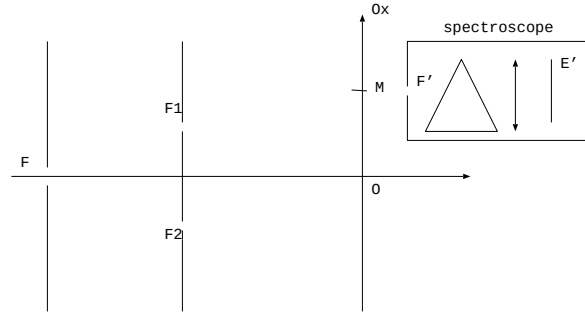


On peut en déduire les valeurs de x sur l'écran où il y a anticoincidence :

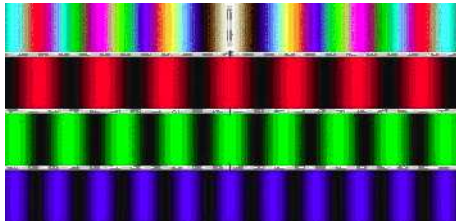
Application numérique : lampe au sodium : $\lambda_1 = 589,0 \text{ nm}$ et $\lambda_2 = 589,6 \text{ nm}$, dispositif des fentes d'Young: $a = 0,4 \text{ mm}$, $D = 1 \text{ m}$, $d = 0,1 \text{ mm}$ (largeur d'une fente). Ce dispositif permet-il d'observer le brouillage du doublet du sodium?

2. Montage d'Young en lumière blanche

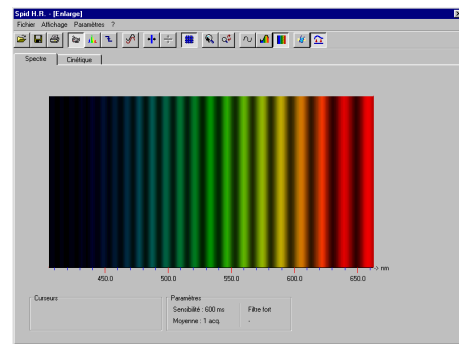
Soit un montage d'Young où la fente fine F est éclairée par une lampe à incandescence qui émet de la lumière blanche contenant toutes les longueurs d'onde comprises entre $\lambda_B = 400 \text{ nm}$ et $\lambda_R = 800 \text{ nm}$.



Voici ce que l'on observe sur l'écran :



Voici les spectres que l'on observe en fonction du point que l'on vise sur l'écran:

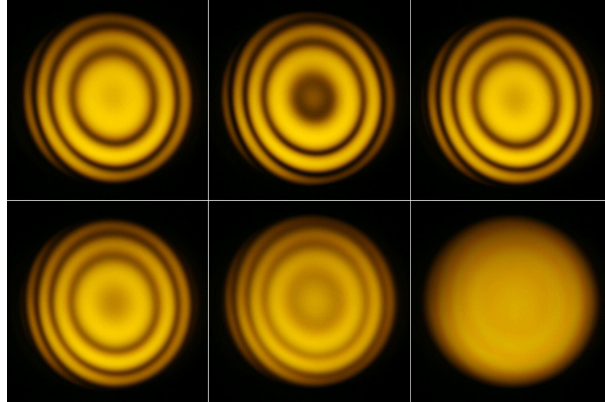


On se place en M , un peu éloigné de O (on choisit M tel que $\delta(M) = 5 \mu m$). Sur l'écran ce point est éclairé en blanc. Calculer toutes les longueurs d'onde qui donnent des franges brillantes en ce point. Calculer toutes les longueurs d'onde éteintes (celles qui donnent des franges noires). En déduire l'allure du spectre de la lumière en ce point.

Pour déterminer x_{lim} la valeur limite de x sur l'écran à partir de laquelle on n'observe plus d'interférences car il y a trop de franges qui se superposent, on peut appliquer le critère semi quantitatif de brouillage : $|p_{\lambda_{max}} - p_{\lambda_{moy}}| > \frac{1}{2}$. Expliquer ce critère et calculer x_{lim} .

III. Cohérence temporelle: interféromètre de Michelson

1. Michelson en lame d'air éclairé par la lampe à vapeur de sodium

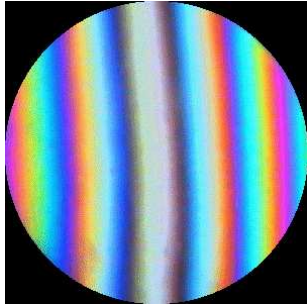


Exercice : On éclaire l'interféromètre, en configuration lame d'air, par une lampe à vapeur de sodium. On observe alors deux annulations successives du contraste pour les valeurs suivantes, correspondant au repérage du miroir mobile : $x' = 13,24 \text{ mm}$ et $x'' = 13,52 \text{ mm}$. En déduire la valeur expérimentale $\Delta\lambda$ de l'écart en longueur d'onde du doublet jaune.

Donnée : longueur d'onde moyenne : $\lambda = 589,3 \text{ nm}$.

2. Michelson en coin d'air éclairé en lumière blanche?

Voici ce que l'on voit sur l'écran (quand on fait l'image des miroirs sur l'écran):



Voici les spectres que l'on observe en fonction du point que l'on vise sur l'écran:

