

OPTIQUE 8 : Interféromètres et cohérence spatiale

École Centrale Pékin

Année 3

Table des matières

2	Cohérence spatiale	2
2.1	Un critère semi-quantitatif de cohérence spatiale	2
2.2	Théorème de localisation	2

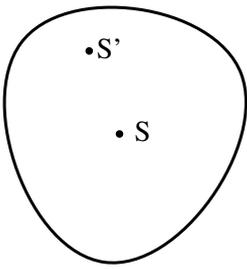
2 Cohérence spatiale

2.1 Un critère semi-quantitatif de cohérence spatiale

Dans le cas d'une source étendue, le problème revient à avoir une somme de sources ponctuelles incohérentes entre elles car les phases à l'émission ϕ sont différentes. Ainsi, chaque source ponctuelle est source d'une figure d'interférence après passage dans l'interféromètre. Au total, les figures d'interférence se superposent sur l'écran avec un décalage de frange : il y a **brouillage** et les franges d'interférences ne sont plus visibles.

Il faut ainsi se munir d'un critère de **cohérence spatiale** c'est-à-dire un critère concernant la taille de la source afin qu'il n'y ait pas brouillage des interférences.

Cohérence spatiale :



source étendue

Soit S la position moyenne d'une source étendue, constituée de sources ponctuelles S' monochromatiques (incohérentes). Il n'y a pas brouillage de la figure d'interférences en un point M du champ d'interférences lorsque :

$\forall S' \in \text{source étendue} :$

$$|\delta_{S'}(M) - \delta_S(M)| < \frac{\lambda_0}{2} \iff |p_{S'}(M) - p_S(M)| < \frac{1}{2}$$

La notion de cohérence spatiale est donc une notion relative au système {source - diviseur d'ondes}.

2.2 Théorème de localisation

2.2.1 Situation

Considérons un **diviseur d'ondes** quelconque, éclairé par une source ponctuelle S , comme représenté sur la figure 1. Les interférences sont observées en un point M de l'espace, et on note \vec{u}_1 et \vec{u}_2 les directions d'entrée dans l'interféromètre des deux rayons qui interfèrent en M . La différence de marche entre les deux voies s'écrit :

$$\delta = \delta_{12}(S, M) = (SM)_1 - (SM)_2$$

où il est rappelé qu'elle dépend a priori à la fois du point M et du point S .

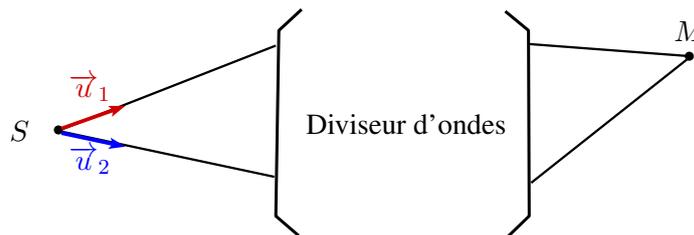


FIGURE 1 – Schéma de principe de la situation

2.2.2 Critère de non brouillage

On cherche à établir un critère de non-brouillage des interférences sous l'effet de l'élargissement de la source. Rappelons qu'une source large classique est modélisée comme une assemblée de sources ponctuelles deux à deux incohérentes.

Théorème - Critère de non brouillage : Trouver un critère de non-brouillage revient à chercher les points M pour lesquels la différence de marche $\delta_{12}(S, M)$ ne dépend pas (ou presque pas) de la position de la source S : **pour deux points sources S et S'**

$$\delta_{12}(S, M) = \delta_{12}(S', M) \text{ si et seulement si } \overrightarrow{SS'} \cdot (\vec{u}_2 - \vec{u}_1) = 0$$

Démonstration. Reprenons le résultat montré précédemment dans le cas des trous d'Young où le rayon de direction \vec{u}_1 passe par S_1 et le rayon de direction \vec{u}_2 passe par S_2 avec la source mère S est déplacée en S' :

$$\delta_{12}(S', M) = \delta_{12}(S, M) + n \frac{\overrightarrow{SS'}}{D'} \cdot \overrightarrow{S_2S_1}$$

on peut écrire que : $\overrightarrow{S_2S_1} = \overrightarrow{S_2S} + \overrightarrow{SS_1} = S_2S\vec{u}_2 - SS_1\vec{u}_1 \approx D'(\vec{u}_2 - \vec{u}_1)$ si $D' \gg x'$ et $D' \gg z'$. On obtient alors :

$$\delta_{12}(S', M) = \delta_{12}(S, M) + n\overrightarrow{SS'} \cdot (\vec{u}_2 - \vec{u}_1)$$

Ainsi, on a bien $\delta_{12}(S', M) = \delta_{12}(S, M)$ si $\overrightarrow{SS'} \cdot (\vec{u}_2 - \vec{u}_1) = 0$ □

Ce résultat est général en ce sens qu'il vaut pour n'importe quel **interféromètre**. Analysons ce résultat. Il y a deux possibilités pour que le contraste des interférences soit préservé quand la source est élargie :

- ① **possibilité 1** : l'élargissement se fait orthogonalement aux rayons qui interfèrent (voir paragraphe ??);
- ② **possibilité 2** : les rayons qui interfèrent vérifient $\vec{u}_1 = \vec{u}_2$ et **proviennent du même rayon incident**.

La **possibilité 1** est contraignante sur la source : elle ne concerne que $\overrightarrow{SS'}$ et pas M : c'est celle qui est abordée au paragraphe ??. La **possibilité 2** n'est pas contraignante sur la source mais sur l'interféromètre : en effet, il n'est pas possible de vérifier le critère $\vec{u}_1 = \vec{u}_2$ avec un interféromètre fonctionnant par division du front d'onde. Seul un interféromètre fonctionnant à division d'amplitude le permet.

2.2.3 Théorème de localisation

On reformule l'interprétation du paragraphe précédent mais avec des mots différents :

Théorème - Théorème de localisation : Lorsqu'un dispositif fonctionnant par **division d'amplitude** est illuminé par une **source étendue**, les interférences **ne sont pas délocalisées**. Il existe une surface de l'espace où leur contraste est maximal nommée **surface de localisation** : **cette surface se trouve à l'intersection des deux rayons émergents nés d'un même rayon incident**.