I. Superposition de deux ondes lumineuses

On étudie l'intensité lumineuse en un point M où se rencontrent deux ondes. Ces ondes pourront être ou non cohérentes entre elles.

Le récepteur en M reçoit cette fois deux ondes lumineuses $\left| \begin{array}{l} s_1(M,t) = S_1.cos(\omega_1.t - \varphi_1) \\ s_2(M,t) = S_2.cos(\omega_2.t - \varphi_2) \end{array} \right.$

Sources cohérentes - condition de cohérence

Deux sources sont dites cohérentes si les ondes émises ont même pulsation **et** que le déphasage entre ces deux ondes au niveau des sources est indépendant du temps.
Deux ondes ne pourront être cohérentes en M que si

- ✓ Elles sont de même pulsation
- ✓ elles sont issues d'une même source
- ✓ la différence de marche est inférieure à la longueur de cohérence : $\delta < L_c$

On utilisera également le terme de sources corrélées

Superposition de deux ondes

Dans le cas de deux ondes harmoniques, l'intensité mesurée par le récepteur correspond à la somme des intensités mesurées par ce récepteur en présence de chacune des sources prises séparément, avec éventuellement un terme d'interférence dans le cas de sources cohérentes

$$\text{Sources incohérentes } I = I_1 + I_2$$

$$\text{Sources cohérentes } I = I_1 + I_2 + 2.\sqrt{I_1.I_2}.cos(\varphi_2 - \varphi_1) \text{Formule de Fresnel}$$

Pour retrouver la formule de Fresnel (dans le cas de sources cohérentes)

- ✓ Exprimer la vibration résultante s en M en fonction de s_1 et s_2 en M (avec les retards de phase φ_1 et φ_2)
- ✓ En déduire la vibration puis l'intensité $I = \alpha.\langle s^2 \rangle$

Il est possible de raisonner sur les représentations complexes sachant que $\alpha.\langle s^2 \rangle = \frac{1}{2}.\mathcal{R}e(\underline{s}.\underline{s}^*)$

On se place dans la suite de l'étude dans le cas de deux sources cohérentes.

Ordre d'interférence

On définit l'ordre d'interférence p tel que

$$\varphi_2 - \varphi_1 = 2.p.\pi$$

Le maximum d'intensité correspond à des valeurs entières de l'ordre d'interférence.

facteur de contraste

Le récepteur est sensible aux variations d'intensité. On peut avoir une idée de ces variations en définissant le facteur de contraste C comparant la différence des intensités à la valeur moyenne.
$C = \dfrac{I_M - I_m}{I_M + I_m}$

Conditions de Fraünhöfer

L'étude d'un objet diffractant dans les conditions de Fraünhöfer est telle que

- ✓ La source S éclairant l'objet diffractant est considérée à l'infini
- ✓ Le point d'observation M est considéré à l'infini de l'objet diffractant

II. Interférences à N ondes

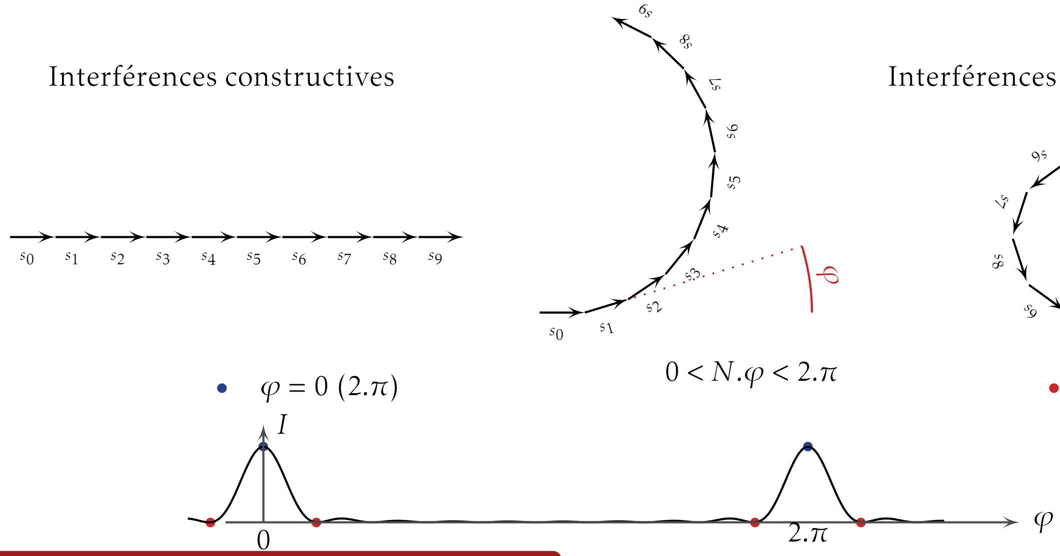
Remarque: On se place pour l'ensemble de ce chapitre dans les conditions de Fraunhöfer

1. Interférences constructives

On s'intéresse à un cas très particulier d'une superposition de N ondes cohérentes (avec $N \gg 1$) interférant en un point M, de même amplitude et dont les phases sont en progression arithmétique. On note φ la différence de phase entre deux ondes consécutives.

$$\underline{s}(M,t) = \sum_{k=0}^{N-1} S_0.e^{-i.k.\varphi}$$

Pour l'exemple proposé, $N = 10$. On utilise la représentation de Fresnel afin de déterminer graphiquement la vibration résultante des interférences des N ondes.



Condition d'interférences constructives

Les interférences de N ondes sont constructives en M si l'intensité résultante est maximum, donc si toutes les vibrations sont en phase en M

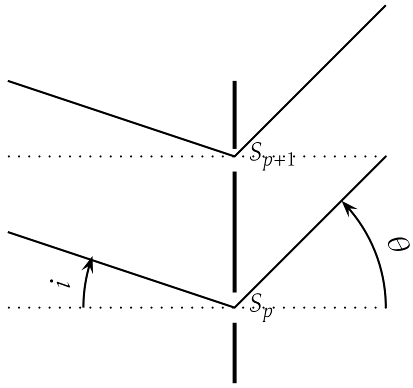
$$\varphi = 2.\pi\ (2.\pi) = 2.\pi.p \qquad p \in \mathcal{Z}$$

La représentation dans le diagramme de Fresnel permet d'expliquer cette relation

Méthode - Demi-largeur d'une frange brillante

- ✓ On raisonne sur la frange d'ordre $p = 0$, le maximum est obtenu pour $\varphi_M = 0$
- ✓ Montrer par la représentation de Fresnel que le premier minimum est obtenu pour $N.\varphi_m = 2.\pi$
- ✓ En déduire que la demi largeur de la frange brillante est caractérisée par la variation du retard de phase $\Delta\varphi = \varphi_m - \varphi_M = \dfrac{2.\pi}{N}$

2. Réseau par transmission



Le réseau est un système constitué d'un grand nombre de fentes diffractantes de dimensions toutes identiques. Il existe des réseaux par transmission ou par réflexion.
Les caractéristiques d'un réseau plan par transmission sont

- ✓ Le pas a *distance entre deux fentes voisines*
- ✓ Le nombre total de fente N
- ✓ Le nombre de fente par unité de largeur $n = \frac{N}{a}$

Méthode - Interférences constructives

- ✓ Représenter deux rayons passant par deux fentes successives, en définissant des angles orientés
- ✓ Exploiter le théorème de Malus afin de repérer la différence de marche δ entre les deux chemins optiques
- ✓ En déduire le retard φ entre deux ondes passant par deux fentes consécutives
- ✓ Appliquer la condition d'interférences constructives pour un système à N ondes pour trouver la formule du réseau

$$sini - sin\theta = p.\frac{\lambda_0}{a}$$

Déviation

L'angle de déviation correspond à l'angle entre le prolongement du faisceau incident et le rayon diffracté par le réseau

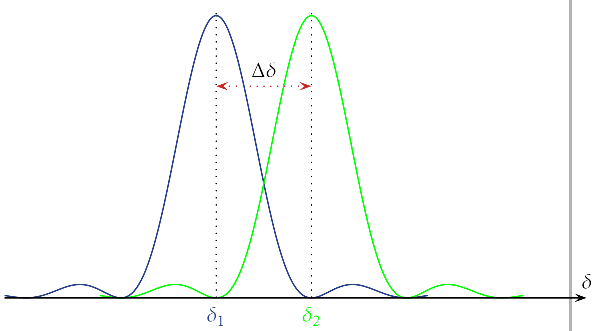
A partir de la définition et selon les angles définis, on exprime D en fonction des angles incident et diffracté en veillant à leur orientation.

Méthode - Pouvoir de résolution

Le spectre de la source comporte un doublet avec les longueurs d'onde $\lambda_1 = \lambda_0$ et $\lambda_2 = \lambda_0 + \Delta\lambda$ avec $\Delta\lambda \ll \lambda_0$. Le pouvoir de résolution traduit la capacité à observer séparément les faisceaux diffractés de longueurs d'onde λ_1 et λ_2.
Il y aura séparation si l'écart entre les deux maxima est supérieur à la demi-largeur de la frange brillante.

- ✓ Exprimer à l'ordre p les différences de marche δ_1 et δ_2 permettant d'obtenir les maxima pour les longueurs d'onde respectives λ_1 et λ_2
- ✓ Exprimer l'écart de différence de marche $\Delta\delta_1$ entre le maximum et le minimum d'intensité, ce qui correspond à la demi largeur de la frange brillante
- ✓ Traduire la condition de résolution en fonction de $\Delta\delta_1$, δ_1 et δ_2 et trouver

$$\frac{\lambda_0}{\delta\lambda} \leqslant p.N$$



Méthode - Recouvrement des ordres

On dit qu'il y a recouvrement des ordres pour une source émettant dans un intervalle spectral $[\lambda_m; \lambda_M]$ si, pour l'angle de diffraction à la sortie du réseau

$$|\theta\,(p+1, \lambda_m)| < |\theta\,(p, \lambda_M)|$$

Pour repérer un recouvrement des ordres

- ✓ Exprimer l'angle θ à l'ordre p en fonction de λ.
- ✓ Comparer $|\theta\,(p+1, \lambda_m)|$ et $|\theta\,(p, \lambda_M)|$ puis conclure