

# Interférences par division du front d'onde

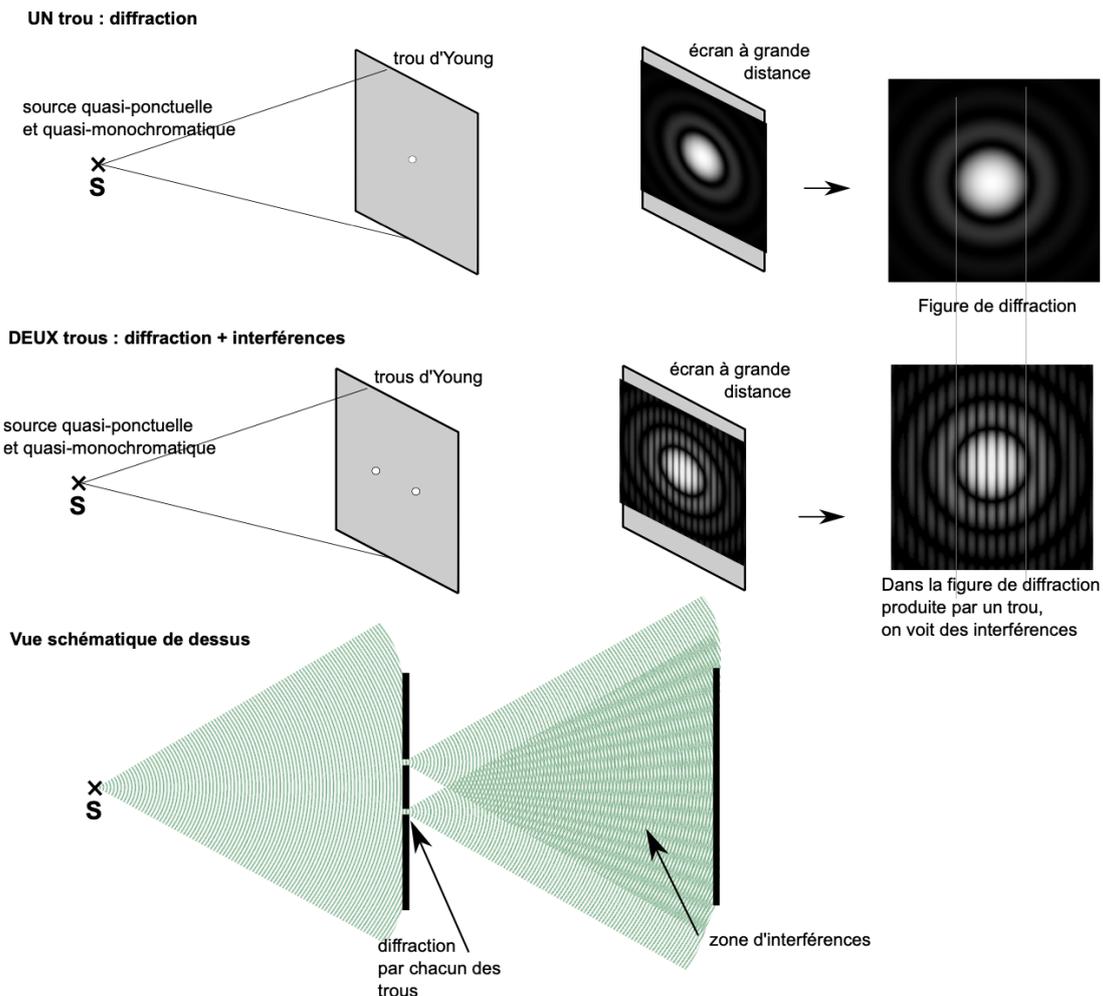
On a vu au chapitre O1 que pour interférer, les ondes devaient provenir de la même source, mais en ayant emprunté des chemins différents.

En pratique, pour aboutir à ce résultat, il y a deux possibilités :

- ▷ interféromètre par division du front d'onde (objet de ce chapitre) : on dévie différents rayons grâce aux phénomènes de diffraction ou de réflexion
- ▷ interféromètre par division d'amplitude (objet du chapitre O3) : un même rayon est envoyé sur une lame semi-réfléchissante qui transmet une portion du rayon et réfléchit l'autre portion. Le trajet est ensuite contrôlé par des miroirs pour faire rejoindre les rayons.

## I - Interféromètre des trous d'Young

### I.A - Dispositif classique



## Schématisation 2D

En  $S_1$  et  $S_2$ , le phénomène de diffraction redistribue les rayons dans toutes les directions. On dit que  $S_1$  et  $S_2$  sont des sources secondaires.

### Remarque

$S_1$  et  $S_2$  sont appelées « sources secondaires », mais ce ne sont pas des sources à proprement parler. Elles ne sont que les relais d'une même source  $S$ , ce qui implique que les ondes provenant de chacune sont cohérentes tant que les différences de marche sont inférieures à la longueur de cohérence de la source primaire  $S$ .

## I.B - Différence de marche

Différence de marche dans la configuration des trous d'Young

**Démonstration**

**Remarque**

On a donc  $p = \frac{na x}{\lambda D}$  et  $\Delta\Phi = \frac{2\pi na x}{\lambda D}$

## I.C - Figure d'interférences

Dans la configuration des trous d'Young, la figure d'interférences est composée de droites perpendiculaires à la droite reliant les 2 trous.

### Définition (Interfrange)



### Application

Déterminer l'expression de l'interfrange dans la configuration des trous d'Young.

### Définition (Localisation des interférences)

On dit que les interférences sont **localisées** si leur contraste dépend de l'endroit où elles sont visualisées. Leur localisation est alors l'endroit où le contraste est maximal. Les interférences dans la configuration des trous d'Young ne sont pas localisées.

## I.D - Montage avec lentille : observation à l'infini

Une autre configuration classique des trous d'Young, où on cherche à voir la figure d'interférence à l'infini.

Différence de marche à l'infini de la configuration trous d'Young

**Démonstration**

## II - Extension spatiale de la source, cohérence spatiale

Dans la réalité, une source n'est jamais ponctuelle : elle a toujours une aire.  
On va modéliser cette aire par un ensemble de sources ponctuelles incohérentes entre elles.

### II.A - Extension parallèle aux franges de la figure d'interférence

Effet d'une extension de la source parallèle aux franges

**Remarque** 

La figure est plus lumineuse, mais le contraste reste le même.

**Démonstration**

**Remarque**

Par le même raisonnement, on peut justifier le fait que des fentes au lieu des trous donnent la même figure d'interférence, mais avec plus de luminosité.

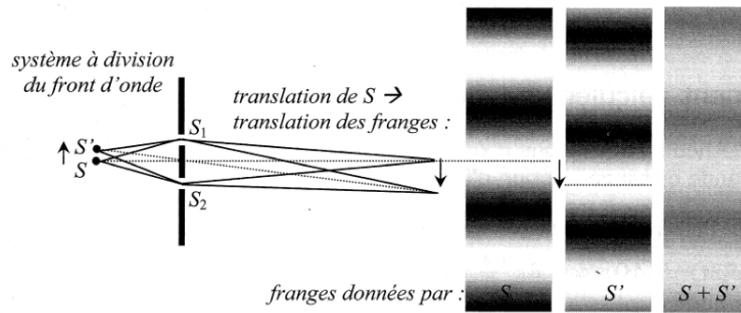
## II.B - Extension perpendiculaire aux franges

Effet d'une extension de la source perpendiculairement aux franges

**Remarque** 

La figure est plus lumineuse, mais le contraste reste le même.

**Démonstration**



*A gauche : figure d'interférences lorsque la source ponctuelle est en  $S$*

*Au milieu : figure d'interférences lorsque la source ponctuelle est en  $S'$*

*A droite : superposition des figures d'interférences de gauche et du milieu*

### suite de la démonstration

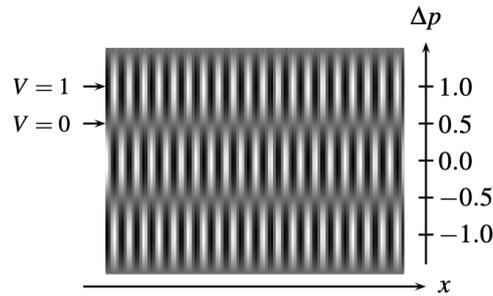
#### Critère de brouillage

Il y a brouillage si la différence d'ordre d'interférence  $\Delta p$  entre le centre et une extrémité de la source est supérieure à  $1/2$  :

$$\text{Brouillage} \iff \Delta p > \frac{1}{2}$$

#### Démonstration

 Critère de brouillage : variation du contraste  $V$  en fonction de la différence d'ordre d'interférence entre deux sources incohérentes



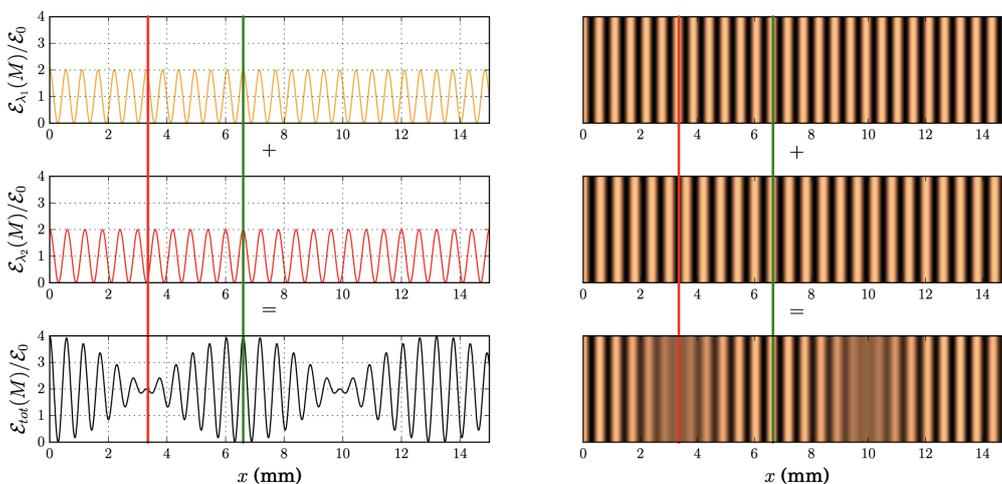
### III - Extension spectrale de la source, cohérence temporelle

On a déjà dit qu'aucune source n'était strictement monochromatique. Pour prendre en compte la polychromaticité d'une source, on a deux options :

- ▷ soit on considère que la source émet plusieurs ondes monochromatiques de différentes pulsation (approche "spectrale")
- ▷ soit on considère que la source émet des trains d'onde d'une durée  $\tau_c$  (approche "temporelle")

Dans cette partie, on va opter pour l'approche "spectrale" en considérant le cas le plus simple : une source qui émet 2 ondes strictement monochromatique, ce qu'on appelle un doublet.

 **Observations** : Simulation de l'expérience des fentes d'Young éclairées par un doublet spectral. La figure est réalisée pour  $\lambda_1 = 550 \text{ nm}$ ,  $\lambda_2 = 600 \text{ nm}$ ,  $D = 1 \text{ m}$  et  $a = 1 \text{ mm}$ .





### Interprétation

$$\mathcal{E}_1 = 2\mathcal{E}_{0,1} \left( 1 + \cos \left( \frac{2\pi}{\lambda_1} \frac{na x}{D} \right) \right) \quad \mathcal{E}_2 = 2\mathcal{E}_{0,2} \left( 1 + \cos \left( \frac{2\pi}{\lambda_2} \frac{na x}{D} \right) \right)$$

### Effet d'une extension spectrale

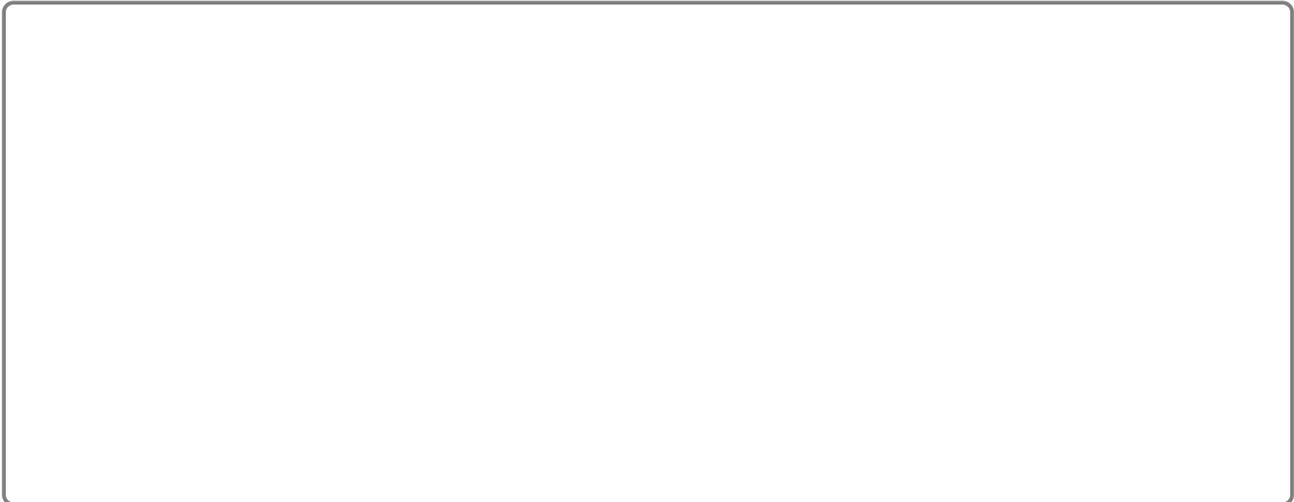


### Application

On considère un système de trous d'Young éclairé par un doublet.  
Montrer que l'intensité totale se met sous la forme

$$\mathcal{E}(x) = \mathcal{E}_{moy} \left( 1 + \cos \left( 2\pi \frac{\Delta\lambda}{2\lambda^2} \frac{ax}{D} \right) \cos \left( 2\pi \frac{ax}{\lambda D} \right) \right)$$

avec  $\mathcal{E}_{moy}$  une constante de proportionnalité dépendant de l'intensité  $\mathcal{E}_0$  des raies ;  
 $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$  la séparation du doublet et  $\lambda = (\lambda_1 + \lambda_2)/2$  sa longueur d'onde moyenne.  
Comme les deux longueurs d'onde sont très proches, on approximera  $\lambda_1\lambda_2 \simeq \lambda^2$ .



Pour généraliser, on prendra plutôt le deuxième modèle (approche "temporelle").

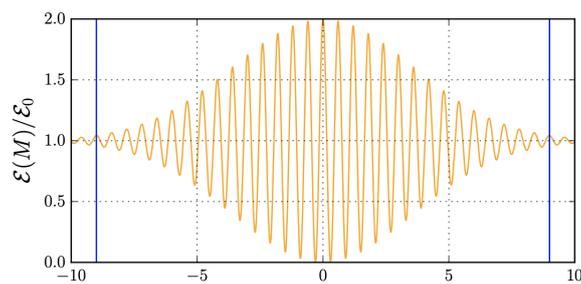
**Critère de cohérence temporelle**



**Application**

On éclaire des trous d'Young avec une source de longueur d'onde moyenne 600 nm et de largeur spectrale  $\Delta f$ . On observe l'éclairement en fonction de la différence de marche  $\delta$  (en nm).

Déterminer  $\delta f$ .



## IV - Réseaux par transmission : interférences à $N$ ondes

### IV.A - Dispositif : le réseau par transmission

#### Définition (Réseau par transmission)

#### ODG

En général, on aura  $a$  de l'ordre de la centaine de traits par mm.

### IV.B - Différence de marche et formule des réseaux

Au programme n'est étudiée que la configuration avec des rayons provenant de l'infini et avec une observation à l'infini.

#### Remarque

Dans cette partie, les angles doivent être **orientés**.

Différence de marche entre deux rayons voisins

Démonstration

Formule des réseaux



**Explication et illustration**