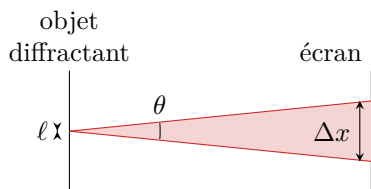


# Interférences par division du front d'onde

## I - Diffraction



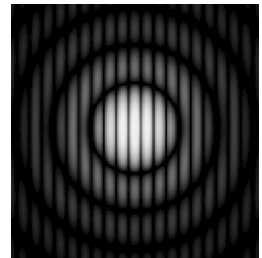
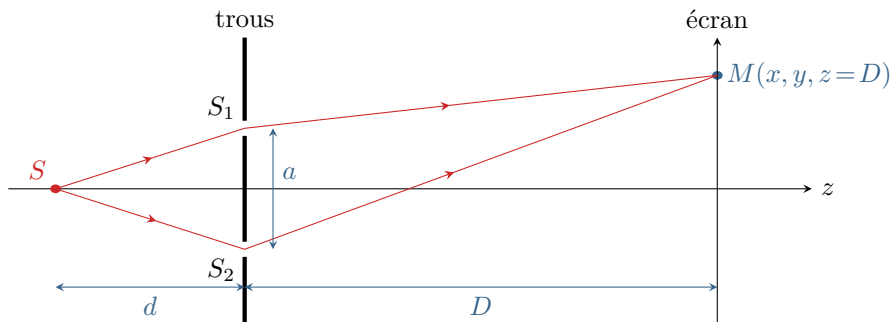
• **Allure de la figure de diffraction** : une tâche centrale entourée de tâches lumineuses, la figure de diffraction respecte les symétries et invariances de l'objet diffractant.

• **Largeur de la tâche centrale** : objet diffractant de taille  $\ell$  observé à une distance  $D$

$$\theta \sim \frac{\lambda}{\ell} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta x \sim D\theta = \frac{\lambda D}{\ell}.$$

## II - Trous d'Young

• **Dispositif** : les interférences se superposent à la figure de diffraction par un trou.



• **Différence de marche à grande distance** :

① **Simplification du calcul** par symétrie :  $SS_1 = SS_2$

② Calcul des **longueurs géométriques**  $SS_1$  et  $SS_2$  :

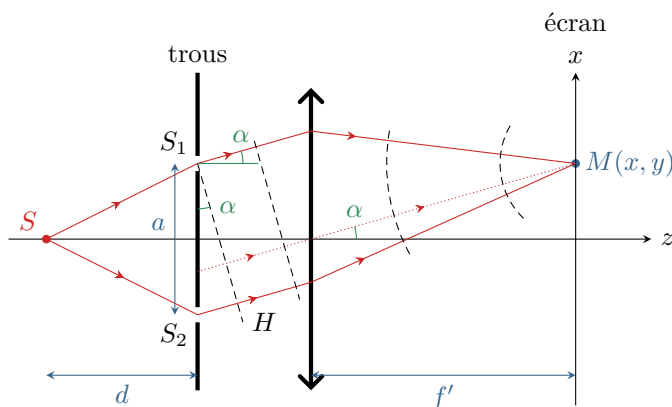
→ ou bien exprimer les coordonnées 3d des vecteurs  $\overrightarrow{S_1M}$  et  $\overrightarrow{S_2M}$  ;

→ ou bien supposer le problème plan (invariance par translation) et appliquer le théorème de Pythagore.

③ **Développement limité** : factoriser par  $D \gg a, x$  puis utiliser  $(1 + \varepsilon)^\alpha = 1 + \alpha\varepsilon$ .

④ Conclure :  $\delta = \frac{ax}{D}$ .

• **Différence de marche à l'infini** (ou au foyer d'une lentille convergente) :



① **Construction** de la figure : commencer par le rayon non dévié arrivant en  $M$  pour en déduire la direction avant la lentille des rayons qui interfèrent.

② **Simplification** par symétrie :  $SS_1 = SS_2$ .

③ Théorème de **Malus** et ppe de **retour inverse** : si la source était située en  $M$ , alors  $S_1$  et  $H$  appartiendraient au même plan d'onde, donc

$$(S_1M) = (HM) \quad \rightsquigarrow \quad \delta = (S_2H)$$

④ **Trigonométrie** et petits angles :

$$\alpha = \frac{x}{f'} = \frac{S_2H}{a} \quad \rightsquigarrow \quad \delta = \frac{ax}{f'}.$$

• **Interfrange** : période spatiale de l'éclairement :  $i = \lambda D/a$  pour trous d'Young.

$$\mathcal{E}(x+i) = \mathcal{E}(x)$$

$$p(x+i) = p(x) + 1$$

$$\delta(x+i) = \delta(x) + \lambda.$$

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

- **Effet d'un déplacement de la source primaire parallèlement aux franges** : aucun effet sur la figure d'interférences.
- **Effet d'un déplacement de la source primaire perpendiculairement aux franges** : source décalée par rapport à l'axe optique  $\iff$  ajout d'une ddm constante  $\iff$  décalage de la figure d'interférences sur l'écran.
- **Trous d'Young éclairés par deux sources primaires ponctuelles décalés** :
  - ▷ sources incohérentes  $\implies$  addition des éclairagements :  $\mathcal{E}_{\text{tot}} = \mathcal{E}_{S_1} + \mathcal{E}_{S_2}$  ;
  - ▷ pour chacune des sources, l'éclairagement se calcule avec la formule de Fresnel :

$$\mathcal{E}_{\text{tot}} = 2\mathcal{E}_0 \left[ 1 + \cos \left( \frac{2\pi}{\lambda} \delta_1 \right) \right] + 2\mathcal{E}_0 \left[ 1 + \cos \left( \frac{2\pi}{\lambda} \delta_2 \right) \right]$$

▷ Forme générale du résultat :

$$\mathcal{E}_{\text{tot}} = \text{éclairage moyen} \times \left( 1 + \text{facteur de contraste} \times \text{termes d'interférences} \right)$$

Le facteur de contraste est constant ou varie lentement ; le terme d'interférences est identique au résultat d'une seule source ponctuelle.

- **Trous d'Young éclairés par une source primaire étendue** : plus la source est large, plus le contraste se dégrade.
  - $\rightsquigarrow$  critère semi-quantitatif de brouillage : la figure est considérée brouillée dès que

$$\Delta p = p_{\text{ext}} - p_{\text{centre}} > 1/2$$

$p_{\text{ext}}$  = ordre d'interférence du point source situé à l'extrémité ;  $p_{\text{centre}}$  = du point source situé au centre.

- **Fentes d'Young** : utiliser deux fentes d'Young parallèles aux franges à la place des trous permet de gagner en luminosité sans affecter les interférences (attention, la figure de diffraction est modifiée).

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

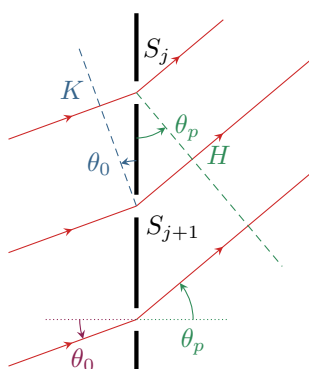
- **Effet de la longueur d'onde sur la figure d'interférences** :
  - ▷ interfrange proportionnel à  $\lambda$ , donc figure d'interférences plus « dilatée » aux grandes longueurs d'onde ;
  - ▷ longueurs d'onde différentes = incohérentes  $\implies$  addition des éclairagements ;
  - ▷ en un point donné l'état d'interférence n'est pas le même pour toutes les longueurs d'onde.
    - $\rightsquigarrow$  contraste non uniforme sur l'écran.
- **Source à spectre continu** : plus le spectre de la source est large (temps de cohérence petit), plus le contraste diminue rapidement.
  - $\rightsquigarrow$  critère semi-quantitatif de brouillage : la figure est considérée brouillée pour les points  $M$  tels que

$$\Delta p = p_{\lambda_0}(M) - p_{\lambda_{\text{min/max}}}(M) > 1/2 \quad \iff \quad \delta > L_c = c \tau_c$$

$p_{\lambda_0}$  = ordre d'interférence en  $M$  pour la longueur d'onde centrale du spectre ;  $p_{\lambda_{\text{min/max}}}$  = ordre d'interférence en  $M$  pour les longueurs d'onde extrêmes du spectre.

### V - Réseaux par transmission

- **Réseau** : grand nombre de fentes identiques régulièrement réparties
  - $\rightsquigarrow$   $a$  = pas du réseau ;  $n = 1/a$  : nombre de traits par mm (attention à la conversion pour AN).
  - $\rightsquigarrow$  maxima d'intensité d'autant plus concentrés et lumineux que le pas du réseau est faible.
- **Formule des réseaux** : position des maxima d'intensité donnée par la condition d'interférences constructives entre deux motifs successifs.



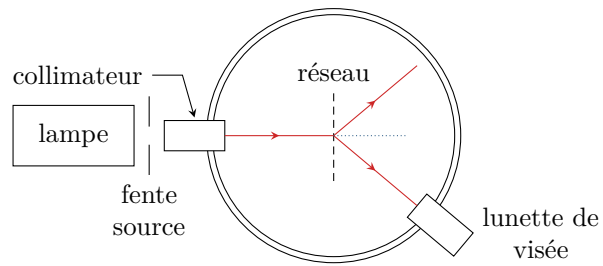
- ▷ source à l'infini donc  $K$  et  $S_{j+1}$  appartiennent au même plan d'onde (Malus)  $\iff (SK) = (S_{j+1}M)$  ;
- ▷ si la source était située au point d'observation (à l'infini), alors  $H$  et  $S_j$  appartiendraient au même plan d'onde (Malus)  $\iff (HM) = (S_jM)$  (retour inverse) ;
- ▷ conclusion sur la ddm :

$$\delta = (SS_{j+1}M) - (SS_jM) = S_{j+1}H - KS_j = a \sin \theta_p - a \sin \theta_0$$

- ▷ position des maxima d'intensité :  $\delta = p\lambda$  avec  $p \in \mathbb{Z}$ ,

$$\sin \theta_p - \sin \theta_0 = p \frac{\lambda}{a}$$

- **Montage expérimental** : spectrométrie avec un goniomètre.



- **Recouvrement d'ordre** : les raies les plus déviées ( $\lambda$  grand) de l'ordre  $p$  se chevauchent avec les raies les moins déviées ( $\lambda$  petit) de l'ordre  $p + 1$ .