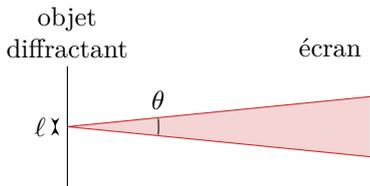


Interférences par division du front d'onde

I - Diffraction



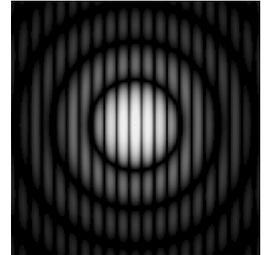
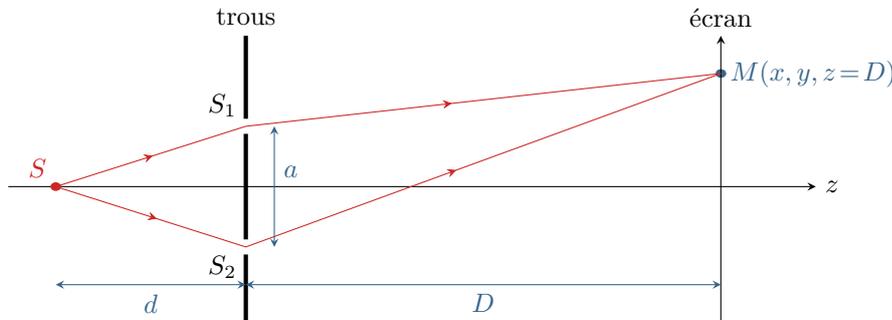
Une tâche centrale entourée de tâches lumineuses, la figure de diffraction respecte les symétries et invariances de l'objet diffractant.

Largeur angulaire de la tâche centrale :

$$\theta \sim \frac{\lambda}{\ell}$$

II - Trous d'Young

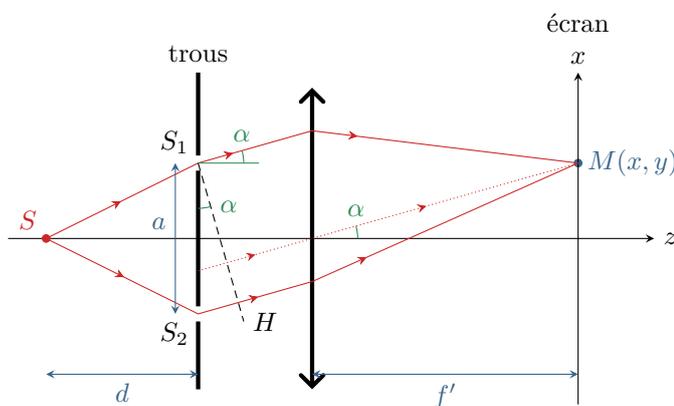
- **Dispositif** : les interférences se superposent à la figure de diffraction par un trou.



- **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



Animation permettant de constater visuellement (certains) des résultats ci-dessous.

- **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_{ext} = ordre d'interférence du point source situé à l'extrémité ; p_{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 λ , 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 (longueur de cohérence petite), plus le contraste diminue rapidement.

\rightsquigarrow critère de brouillage : la figure est considérée brouillée pour les points M tels que $\delta > L_c = c\tau_c = \frac{\lambda_0^2}{\Delta\lambda}$

V - Réseaux par transmission

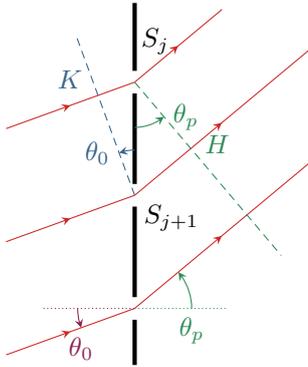
- **Réseau** : grand nombre de fentes identiques régulièrement réparties

↪ a = pas du réseau ; $n = 1/a$: nombre de traits par mm (attention à la conversion pour AN).

↪ 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.

🚫🚫🚫 **Attention !** Pour que la démonstration se passe bien du point de vue des signes, tous les angles doivent être positifs, les rayons arrivent donc *du bas* et repartent *vers le haut*.



▷ source à l'infini donc K et S_{j+1} appartiennent au même plan d'onde (Malus) $\Leftrightarrow (SK) = (SS_{j+1})$;

▷ si la source était située au point d'observation (à l'infini), alors H et S_j appartiendraient au même plan d'onde (Malus) $\Leftrightarrow (HM) = (S_jM)$ (retour inverse) ;

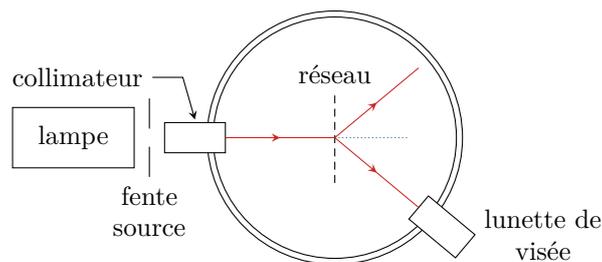
▷ conclusion sur la ddm :

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

▷ 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 (λ grand) de l'ordre p le sont davantage que les raies les moins déviées (λ petit) de l'ordre $p + 1$.