Trous et fentes d'Young – Source spatialement étendue

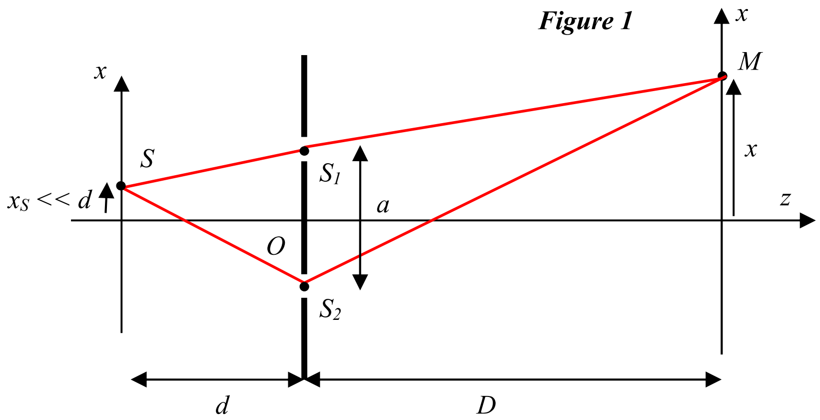
But recherché : augmenter la luminosité des phénomènes d'interférence en augmentant la taille de la source.

Prérequis : *formules de Fresnel (en fonction de $\varphi(M)$, de $\delta(M)$, de $p(M)$, de la position sur l'écran), ordre d'interférence, interférences constructives / destructives, frange d'ordre 0.*

Etape 1 - Trous d'Young : translation de la source primaire S ponctuelle en dehors de l'axe

1[er] cas : translation de *S* parallèlement à (S_1S_2) :

Figure 1



1. **Analyse physique** : comment la position de la frange centrale (frange d'ordre 0) est-elle modifiée lorsque la source primaire S est translatée d'une distance x_S (cf. Fig. 1) ? Répondre sans effectuer de calcul.
   Représenter les différentes différences de marche sur la figure.

2. Exprimer la différence de marche totale $\delta(x)$ entre deux ondes issues de S passant respectivement par les trous S_1 et S_2 et parvenant en M en termes de chemins optiques.
   Mettre en évidence dans cette expression la différence de marche δ_S introduite par la translation de la source S puis l'exprimer (en utilisant une méthode connue) en fonction de x_S, a et d.
   En déduire l'expression de la différence de marche totale $\delta(x)$ entre deux ondes issues de S et parvenant en M par les deux voies en fonction de x, x_S, a, d et D.

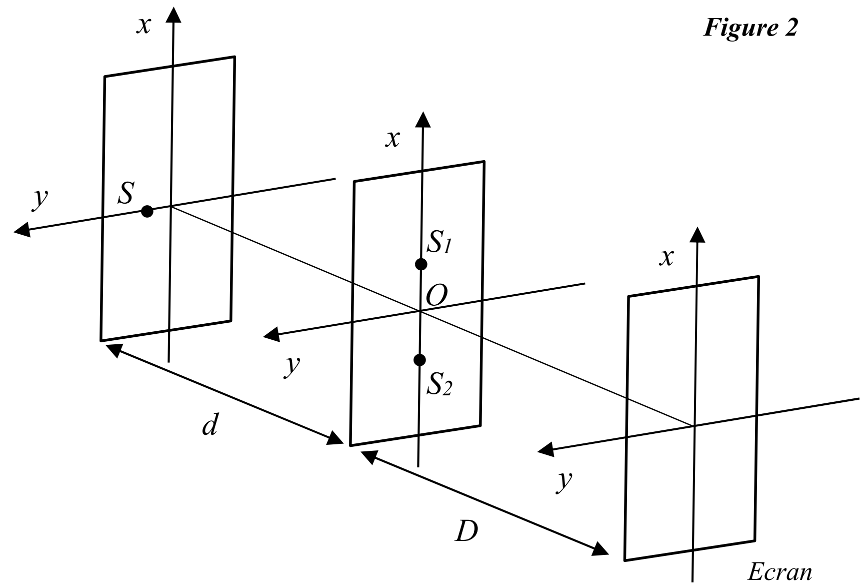
3. En déduire l'ordre d'interférence $p(x)$ au point M et donner l'expression de $I(x)$.

4. Déterminer la position x_0 de la frange centrale. En déduire que le système de franges est translaté en bloc d'une quantité à déterminer.
   Exprimer $p(x)$ en fonction de x, x_0 et l'interfrange i.

5. **Analyse géométrique**.
   Placer x_0 sur le schéma ci-dessus. Que peut-on dire des angles $\theta \approx x_0/D$ et $\theta_S \approx x_S/d$?

2[nd] cas : translation de *S* orthogonalement à (S_1S_2) :

Figure 2



6. **Analyse physique** : compléter ce schéma par 2 rayons issus de S passant par chacune des voies et conclure en termes de différence de marche.
   Représenter les franges d'interférences dans le plan de l'écran.
   Donner l'expression de $I(x)$.

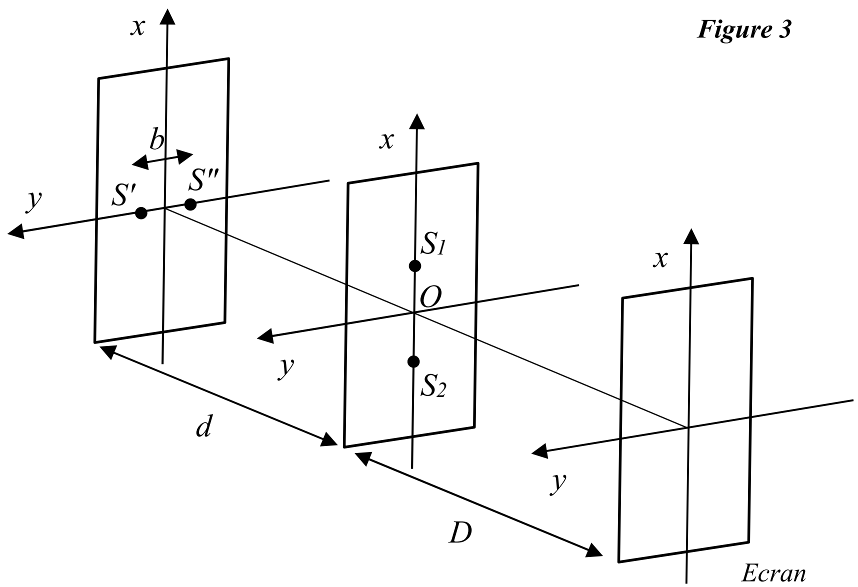
Etape 2 - Bi-source = 2 points source S' et S'' puis généralisation à une fente source

Les deux ondes émises par S' sont cohérentes, les deux ondes émises par S'' également mais les sources S' et S'' sont incohérentes (non corrélées).
On suppose que les amplitudes de toutes les ondes sont identiques (sources d'intensité I_0).

7. Exprimer l'intensité totale *I(M)* au point *M* d'observation sur l'écran en fonction des intensités *I'(M)* et *I''(M)* due aux deux sources *S'* et *S''*.

8. **1er cas : $(S'S'') \perp (S_1S_2)$** $S'(0, b/2, -d)$ et $S''(0, -b/2, -d)$

Figure 3



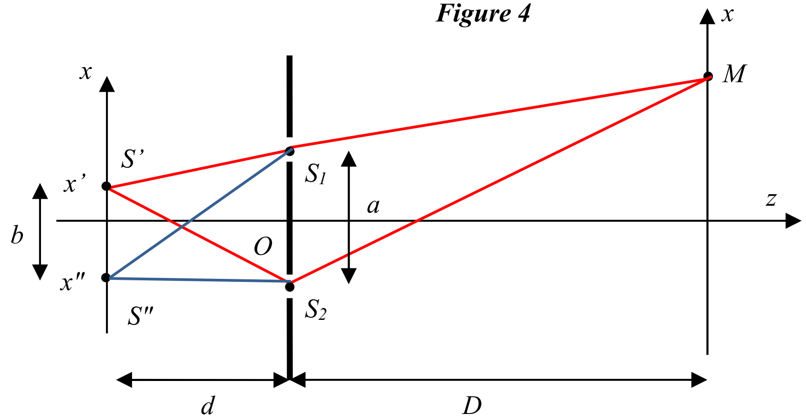
Compléter ce schéma par 2 rayons issus de chaque source primaire (*S'* et *S''*) et représenter les franges d'interférences dans le plan de l'écran. Donner l'expression de *I*(*x*).

Généralisation : fente source infiniment fine orthogonale à la direction des trous d'Young

9. On éclaire le dispositif des trous d'Young par une fente fine perpendiculaire à (S_1S_2) (i.e. parallèle à *Oy*) : décrire l'intensité dans le plan d'observation et interpréter en utilisant les résultats de la question 8. Quel est l'intérêt de cette configuration expérimentale ?

10. **2nd cas : $(S'S'') // (S_1S_2)$** $S'(-b/2, 0, -d)$ et $S''(b/2, 0, -d)$

Figure 4



a. En utilisant les questions 7 et 3, écrire l'intensité *I(x)* dans le plan de l'écran sous la forme $I(M) = A\left(1 + C(b)\cos\frac{2\pi x}{i}\right)$. Exprimer *A*, *i* et la visibilité *C(b)*.
b. La position des franges dépend-t-elle de *b* ? Montrer que *C* peut s'annuler pour plusieurs valeurs de *b*. Quelle est alors l'intensité sur l'écran ? Pourquoi parle-t-on de ***brouillage des franges*** ? Cette relation est appelée ***critère de brouillage***.
c. Quel serait la variation $\Delta p = p'' - p'$ de l'ordre d'interférence si on déplaçait une unique source *S* de *S'* à *S''* ? Montrer que le critère de brouillage précédent peut se mettre sous la forme $\Delta p = m + ½$ où *m* est un entier. En déduire une condition sur Δp pour une bonne visibilité des franges.
d. Retrouver cette relation sans aucun calcul en utilisant le raisonnement sur les angles développé à la question 5.

Généralisation : fente source large – Notion de cohérence spatiale

11. On éclaire le dispositif des trous d'Young par une fente de largeur *b* parallèle à (S_1S_2) (i.e. parallèle à *Ox*) : décrire qualitativement les phénomènes observés lorsqu'on tente d'élargir la fente source.
12. Afin de quantifier ce phénomène en effectuant un minimum de calculs, ***on associe les points de la fente source deux par deux*** : un point d'abscisse $-b/2 \le x_S \le 0$ et un point d'abscisse $x_S + b/2$: exprimer la variation $\Delta p_{1/2}$ de l'ordre d'interférence si on déplaçait une source *S* de l'abscisse x_S à l'abscisse $x_S + b/2$ (donc sur la ***moitié*** de la source). Montrer que le critère de brouillage est satisfait pour $b = \lambda d/a$.

En pratique, pour observer des franges bien contrastées, il faudra donc $b \ll \lambda d/a$.
Retenir : $\left|\Delta p_{1/2}\right| < \frac{1}{2}$ $\Rightarrow$ interférences visibles. $\left|\Delta p_{1/2}\right| \ge \frac{1}{2}$ $\Rightarrow$ brouillage.