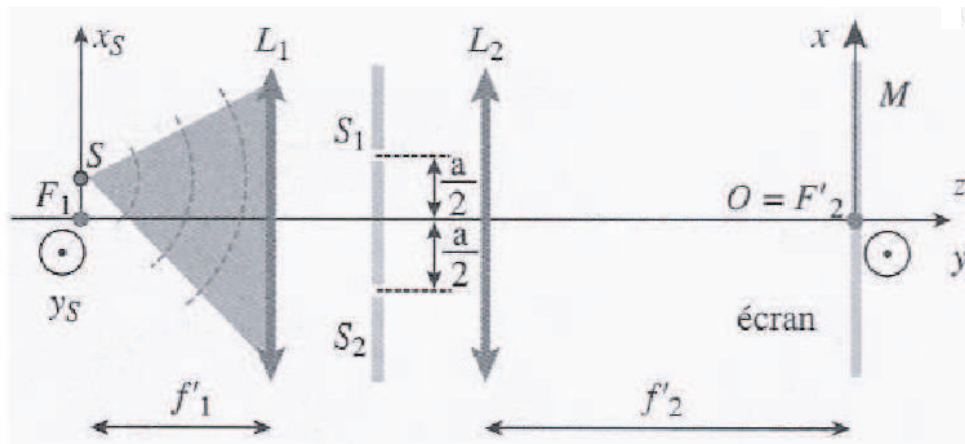


TD n°22 - Interférences à deux ondes - Trous d'Young

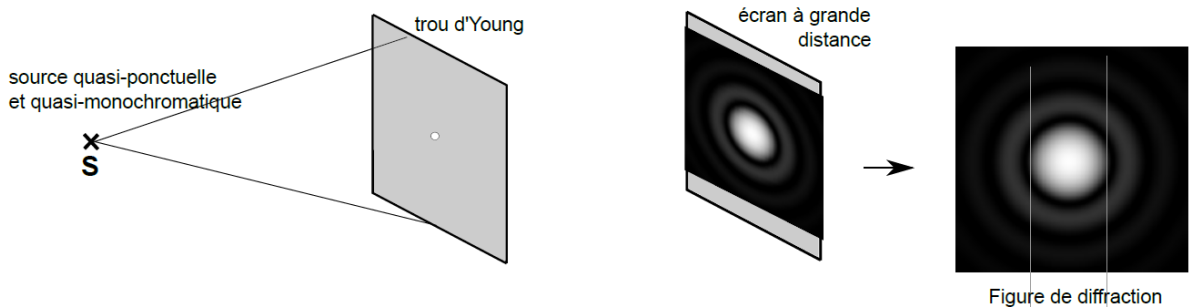
1 Expérience des trous d'Young avec lentilles puis des fentes d'Young

Le montage représenté utilise deux lentilles convergentes L_1 et L_2 utilisées dans les conditions de Gauss. La source S est dans le plan focal objet de la première, l'écran dans le plan focal image de la seconde.

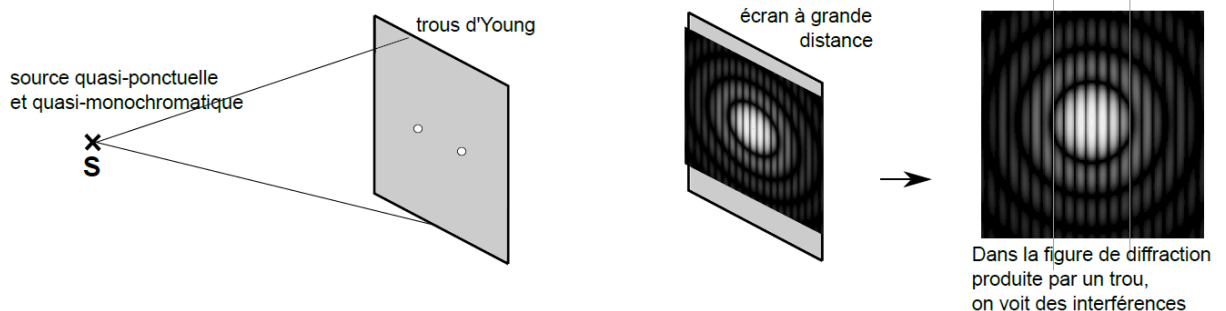


1. Dans un premier temps, l'écran placé entre L_1 et L_2 est percé de deux trous espacés d'une distance a .
 - (a) Représenter les rayons émis par S et arrivant en S_1 et S_2 après traversée de la lentille L_1 .
 - (b) Représenter les rayons émis par S_1 et S_2 , qui vont interférer en M après traversée de la lentille L_2 .
 - (c) Que devient la différence de marche $\delta(S, M)$ pour ce montage? Que devient l'interfrange? Quelle est l'influence de la distance entre les lentilles L_1 et L_2 et les fentes?
 - (d) Où est "centrée" la figure d'interférence, c'est à dire la position sur l'écran correspondant à $\delta = 0$? Donner une interprétation de sa position au sens de l'optique géométrique.
 - (e) Quel phénomène doit-on prendre en compte pour interpréter les résultats obtenus expérimentalement (voir figure ci-dessous)? Quelle est la condition à respecter pour se ramener au cas simple du cours?

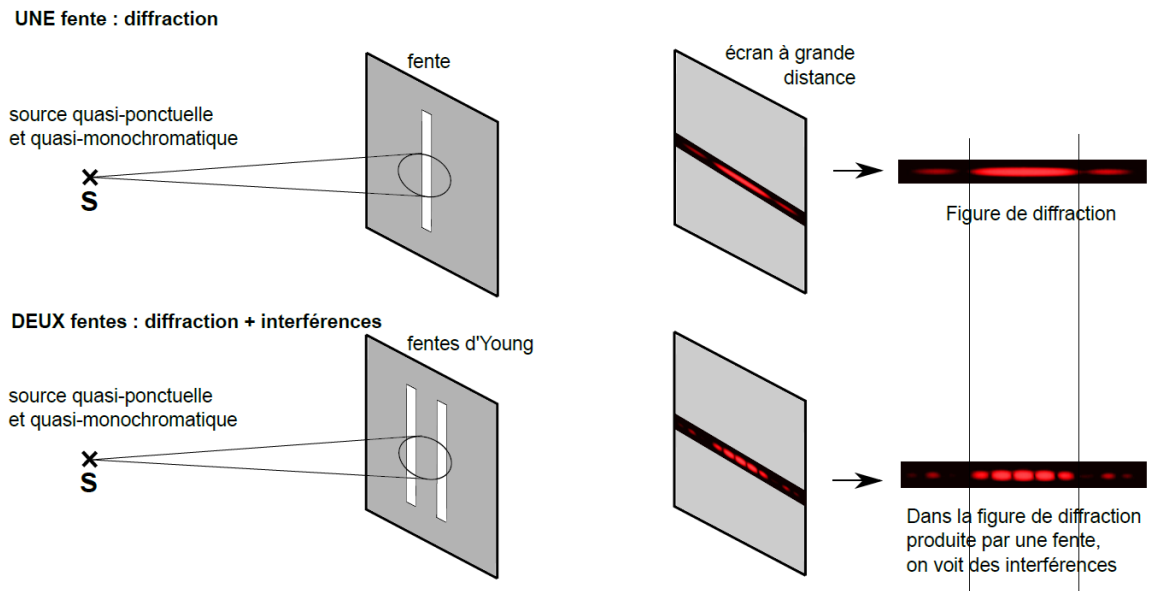
UN trou : diffraction



DEUX trous : diffraction + interférences



2. On remplace maintenant les trous par deux fentes rectangulaires de largeur ϵ selon l'axe x et de longueur b selon l'axe y . Les deux fentes sont séparées par la distance a . La source est ponctuelle et placée en F_1 .
- (a) Quelle condition sur ϵ et b doit être vérifiée pour qu'on puisse considérer que les fentes sont infiniment minces et infiniment longues et par conséquent que chacune d'entre elles diffracte une amplitude identique dans toutes les directions perpendiculaires à la fente? Quelle est la figure d'interférence dans ce cas?
- (b) Interpréter la figure ci-dessous

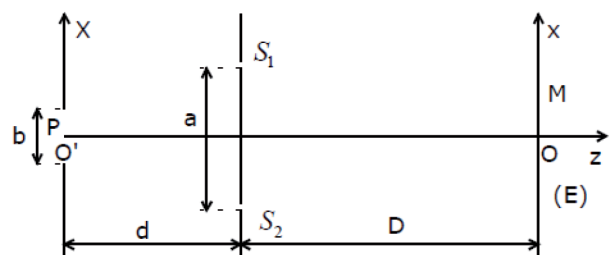


- (c) Comment est modifiée la figure d'interférence si on utilise une fente source parallèle aux fentes d'Young?

Réponses : 1c. $\delta(S, M) = \frac{ax_S}{f'_1} + \frac{ax_M}{f'_2}$, 1d. $x_{S'} = -\frac{f'_2}{f'_1}x_S$.

2 Inversion de contraste avec des trous d'Young

Lorsqu'on réalise l'expérience classique des trous d'Young de la figure ci-contre avec une fente source monochromatique de longueur d'onde λ , on constate qu'en élargissant la taille de la fente source selon la direction parallèle aux trous, le contraste commence par diminuer, puis des franges sombres/brillantes viennent remplacer les franges initialement brillantes/sombres. On appelle ce phénomène une *inversion de contraste*.



- Interpréter ce phénomène et déterminer la largeur b de la fente lorsque ce phénomène est le plus visible. On notera que $D \gg a$ et $d \gg a.c$
- En prenant en compte l'influence de la diffraction au niveau de la fente source, quelle est la taille maximale de b qui permette d'éclairer correctement les trous d'Young? Commenter en lien avec la question précédente.

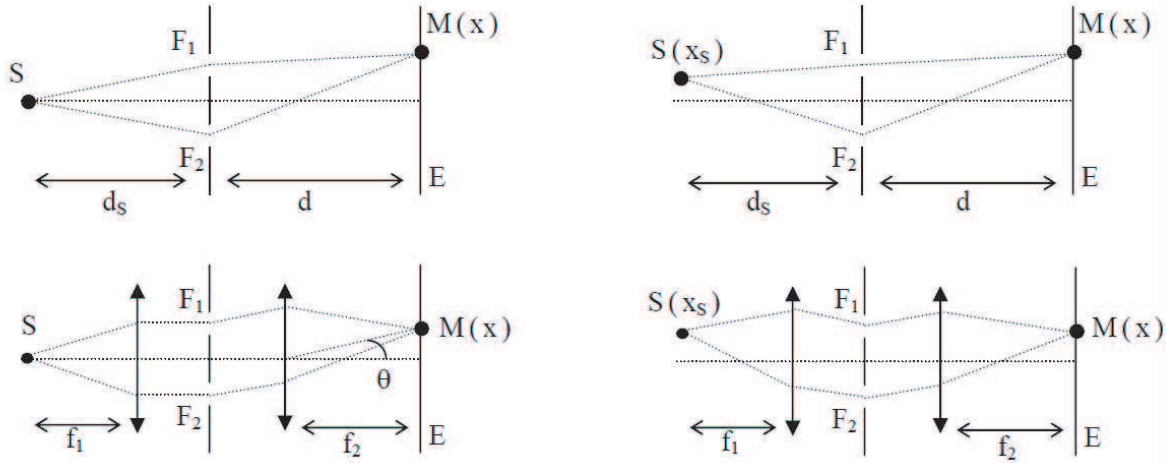
Réponse : 1. $b \simeq \frac{3\lambda d}{2a}$, 2. $b_{max} = \frac{2\lambda d}{a}$

3 Interférences à deux sources

Deux fentes d'Young F_1 et F_2 très fines, distantes de a , sont éclairées par une source ponctuelle S émettant un rayonnement monochromatique de longueur d'onde λ . Pour commencer, on considère que le système est placé dans l'air dont on prendra l'indice égal à 1.

1. Questions préliminaires

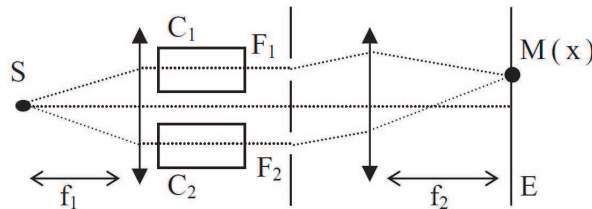
- (a) Dans chacun des quatre cas de figure suivant, donner sans démonstration la différence de marche entre les deux rayons interférant au point $M(x)$ (on pourra considérer les angles petits).



- (b) Donner alors la forme des franges d'interférences observées sur l'écran, ainsi que l'interfrange.

2. Application : mesure de l'indice d'un gaz.

On intercale maintenant deux cuves transparentes C_1 et C_2 identiques et de même longueur L devant les fentes. Désormais, l'indice n de l'air sera considéré comme différent de 1 (on cherche à le mesurer), et on pose $n = 1 + \epsilon$.



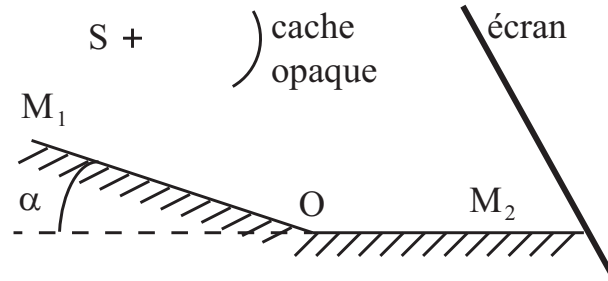
- (a) Les deux cuves sont remplies d'air. Déterminer l'éclairement obtenu dans le plan d'observation. Donner en particulier la position de la frange centrale.
 (b) On fait le vide dans C_1 . Comment est modifiée la figure d'interférence ? En déduire une méthode de mesure de ϵ .
 (c) Quelle est selon vous la difficulté pratique à laquelle on risque de se heurter en réalisant cette expérience ?

Réponses : 2b. $\epsilon = -\frac{ax_0}{f_2L}$.

4 Miroirs de Fresnel

Une source lumineuse ponctuelle S , monochromatique de longueur d'onde λ_0 éclaire deux miroirs plans (M_1) et (M_2) faisant entre eux un petit angle α . On pose $SO = \ell$.

On observe les interférences sur un écran normal à la médiatrice de S_1S_2 (où S_1 et S_2 sont les images de S par les deux miroirs) et situé à la distance L du point O telle que $L \gg S_1S_2$ $L \gg \ell$.



1. Tracer les faisceaux issus de S qui se réfléchissent sur les miroirs.
2. Ce système est-il à division du front d'onde ou à division d'amplitude ?
3. Montrer que l'on peut formellement se ramener au dispositif des trous d'Young. On précisera quelles sont les grandeurs correspondant à l'écartement a entre les trous et à la distance D entre les trous et l'écran dans le cas présent.
4. En déduire la direction des franges observées et la valeur de l'interfrange en fonction de α , ℓ et L .

Réponses : 4. $i = \frac{\lambda L}{2\alpha\ell}$.

5 Étoile double

Pour mesurer la distance angulaire α des deux composantes E_1 et E_2 , supposées identiques, d'une étoile double, le physicien français Fizeau (1819-1896) a proposé de placer un écran percé de deux fentes fines identiques, parallèles, d'écartement variable a , devant l'objectif d'un télescope (qu'on représentera par une lentille convergente) muni d'un filtre ne laissant passer que les radiations de longueur d'onde λ issues des sources E_1 et E_2 .

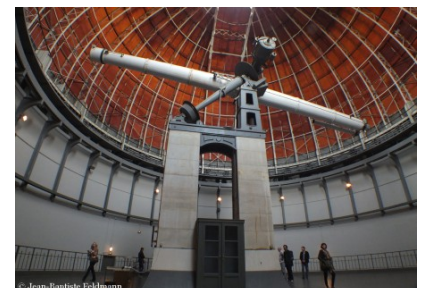


1. Faire un schéma du dispositif sachant que l'observation se fait sur un écran placé dans le plan focal image de l'objectif.
2. On observe des franges d'interférence pour a "faible" et on augmente progressivement a jusqu'à la valeur a_1 pour laquelle les franges sont complètement brouillées pour la première fois. En déduire l'expression de l'angle α sous lequel est vu l'écart entre les deux étoiles en fonction de a_1 et λ .
3. Faire l'application numérique avec $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$ et $a_1 = 9,8 \text{ cm}$.

Ces étoiles peuvent-elles être distinguées à l'œil nu, avec une lunette astronomique commerciale (1 m), ou encore avec celle de l'observatoire de Nice (18 m de long - figure ci-contre) ?

Données :

- Pouvoir de résolution de l'œil : $\alpha_{\min} = 3 \times 10^{-4} \text{ rad}$.
- Grossissement de lunettes astronomiques : $G_{\text{commerciale}} = 50$, $G_{\text{observatoire de Nice}} = 2000$.



Réponses : 2. $\alpha = \frac{\lambda}{2a_1}$, 3. $\alpha = 2,8 \times 10^{-6} \text{ rad} = 0,6''$.