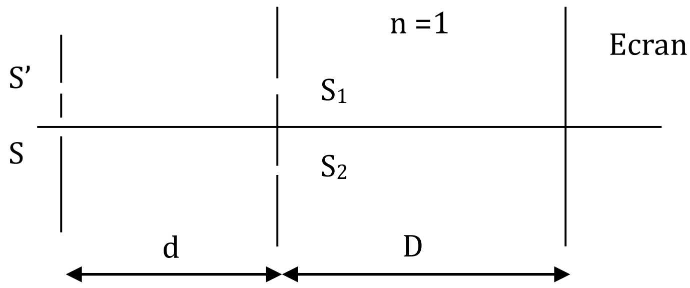
INTERFERENCES A DIVISION DU FRONT D'ONDE– EXERCICES

1. Interférences dues à deux trous sources ; cohérence spatiale

On considère un dispositif de trous d'Young sans lentille ; les deux trous d'Young S_1 et S_2 sont distants de a. Ils sont éclairés en lumière monochromatique par deux sources ponctuelles S (sur l'axe) et S'(décalée) incohérentes et distantes de b, qui leur sont parallèles et qui sont situées dans un plan E à la distance d de celui des sources.
Un écran est placé à la distance D du plan des trous , et l'on a D,d >> a ,b.



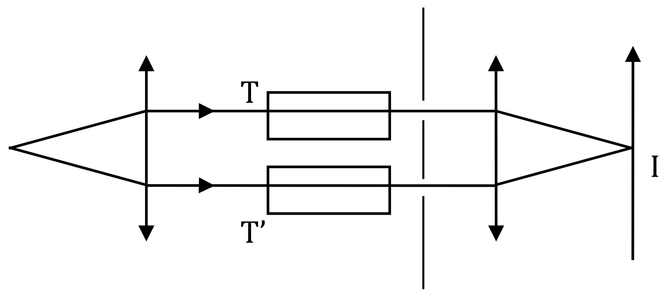
1) Donner la différence de marche et l'expression de l'éclairement sur l'écran si :

- seule la source S éclaire ;
- seule la source S' éclaire ;
- les deux sources S et S' éclairent.

2) Dans ce dernier cas, à quelle condition sur b l'éclairement de l'écran est-il uniforme ?
AN : a = 2 mm ; d = 1,20 m ; λ = 600 nm ; D = 5m.

2. Interféromètre de Rayleigh ; indice de l'air :

L'interféromètre de Rayleigh, dérivé du dispositif d'Young, est représenté ci-contre.
Lorsque les tubes T et T' sont remplis d'air dans les conditions normales, le montage est symétrique et l'on observe une frange brillante au centre I de l'écran.
La source S émet la radiation λ = 577 nm, la longueur commune des tubes est l = 0,2 m. T' étant toujours rempli d'air, on fait progressivement le vide dans T.

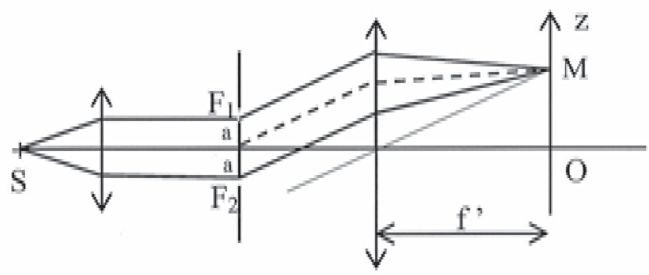


1) Qualitativement, où se trouve alors la frange d'ordre p = 0 ?
2) Dans quel sens ont défilé les franges en I ?
3) Pendant le pompage, 101 franges brillantes défilent en I et, lorsque la pression dans T est quasi-nulle, on observe en I une frange sombre. En déduire l'indice de l'air dans les conditions normales.
4) Quelle variation d'indice minimale peut-on détecter avec ce système ?

Réponse : b) n = 1,000293.

3. Système interférentiel à trois fentes (Banque PT 2017) :

On considère le système à deux fentes ci-contre, éclairé par une source S ponctuelle et monochromatique de longueur d'onde λ.
Les amplitudes en M des rayons issus de F_1et F_2 s'écrivent :
$\underline{s}_1(M,t) = s_0.\exp(j(\omega t+\varphi))$; $\underline{s}_2(M,t) = s_0.\exp(j(\omega t-\varphi))$.
a) Donner l'expression de φ en fonction de a, f', λ et z.
On ajoute une troisième fente F_0 identique aux deux autres et au milieu de celles-ci.



b) Ecrire l'amplitude en M du rayon issu de F_0, puis l'amplitude totale en M.
c) En déduire que l'intensité en M s'écrit :

$$E = E_0\ (\ 1+2.\cos(\varphi))^2$$

Tracer l'allure de E/E_0.

Système interférentiel à trois fentes (Banque PT 2017) : corrigé :

a) Le déphasage en M entre le rayon issu de F_1 et le rayon issu de F_2 est 2φ.
D'après le cours on a donc :

$$\varphi = \frac{n(2a)z}{\lambda f'}$$

car les deux fentes sont distantes de 2a.
Remarque : le rayon issu de F_2 est bien en retard si $z > 0$.

b) Le déphasage en M entre le rayon issu de F_0 et le rayon issu de F_2 est φ.
L'amplitude en M du rayon issu de F_0 s'écrit donc :

$$\underline{S}_0(M,t) = s_0.\exp(j(\omega t))$$

L'amplitude résultante en M est :

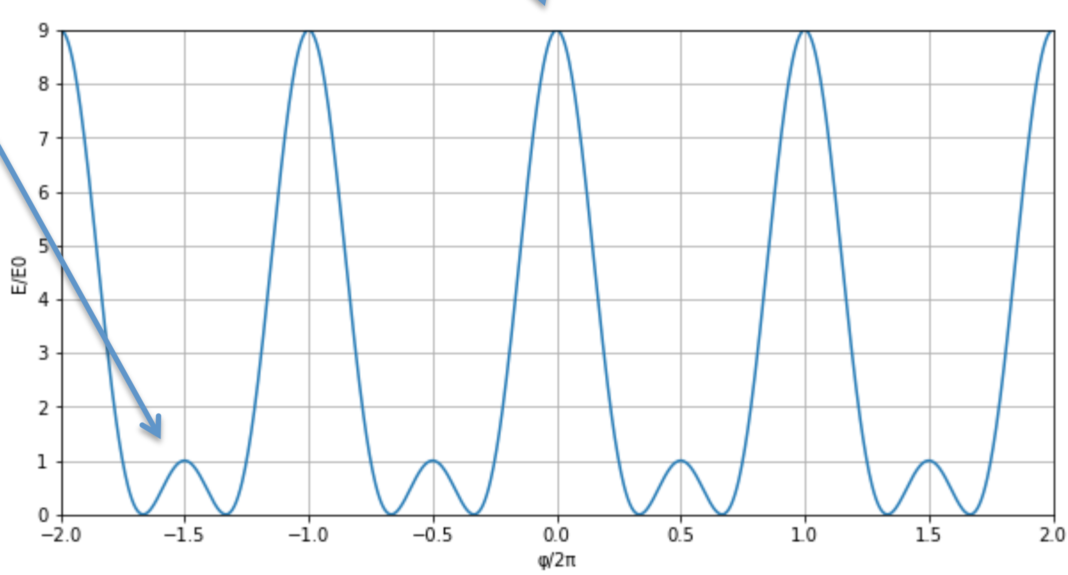
$$\underline{s}(M,t) = \underline{s}_0(M,t) + \underline{s}_1(M,t) + \underline{s}_2(M,t)$$
$$= s_0.\exp(j(\omega t)) + s_0.\exp(j(\omega t+\varphi)) + s_0.\exp(j(\omega t-\varphi))$$
$$= s_0.\exp(j(\omega t))[1+\exp(j\varphi)+\exp(-j\varphi)]$$
$$= s_0.\exp(j(\omega t))[1+2.\cos(\varphi)]$$

c) L'intensité résultante en M est :

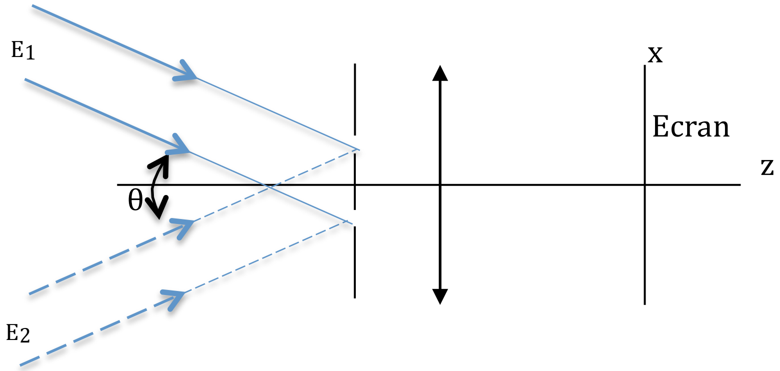
$$I(M) = 1/2. \langle \underline{s}(M,t).\underline{s}^*(M,t)\rangle$$
$$= \tfrac{1}{2} s_0^2.\exp(j(\omega t)).\exp(-j(\omega t))\ [1+2.\cos(\varphi)]^2$$
$$= E_0.[1+2.\cos(\varphi)]^2$$

En posant $E_0 = \tfrac{1}{2} s_0^2$.

On constate sur la figure l'existence de **maximas principaux** pour $\varphi = 2k\pi$ avec k entier relatif, et de maximas secondaires pour $\varphi = (2k+1)\pi$



4. Interféromètre stellaire de Michelson et Fizeau.



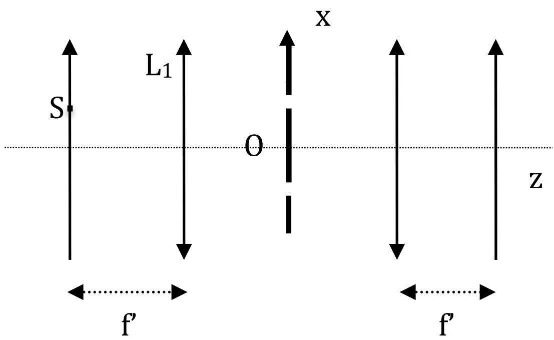
On place devant l'objectif d'un télescope de focale f' = 41,45 m, un écran percé de deux trous S_1 et S_2 distants de a. On est dans l'air (n=1).
On observe avec cet instrument une étoile double dont les composantes E_1 et E_2, de même intensité, émettent une vibration quasi-monochromatique de longueur d'onde λ = 550 nm.
Le diamètre apparent de l'étoile double est θ. L'écran est placé dans le plan focal image de la lentille.

1) Les deux étoiles émettent-elles de manière incohérente ou cohérente ?
2) Faire un schéma de deux rayons provenant de E_1 et interférant en un point M de l'écran.
3) Quel est le déphasage φ en M de ces deux rayons ? Même question pour l'étoile E_2.
4) On constate, en augmentant a à partir de zéro, que l'éclairement devient uniforme pour la valeur a_1.

Montrer qu'il est possible d'en déduire θ. Calculer sa valeur minimale, sachant que la distance a peut atteindre la valeur 6,1 m à l'aide d'un système à quatre miroirs.
Réponses : c) $\varphi = \pi a\theta/\lambda + 2\pi ax/\lambda f'$; $\theta = 0{,}009''$.

5. Trous d'Young :

On considère une expérience de trous d'Young dans l'air (n = 1), dans laquelle une source ponctuelle et monochromatique S éclaire deux trous S_1 et S_2 très petits et identiques placés sur l'axe Ox.



S a pour coordonnées x_s selon Ox, S_1 (-a/2, 0,0), S_2 (a/2, 0,0).
On observe les franges dans le plan focal de la seconde lentille.
a) Calculer la différence de marche en M(x,y), l'éclairement puis l'interfrange i en fonction des données ; décrire les franges.
c) Calculer l'ordonnée y_O du point où l'ordre d'interférence est nul. Comment se déplacent les franges lorsque x_S augmente ?
d) Pour une valeur x_S positive, sur lequel des deux trous faut-il placer une lame d'épaisseur e et d'indice n pour avoir la frange d'ordre 0 en x_M = 0, et quelle doit être l'épaisseur e (on suppose que les rayons arrivent normalement sur la lame) ?