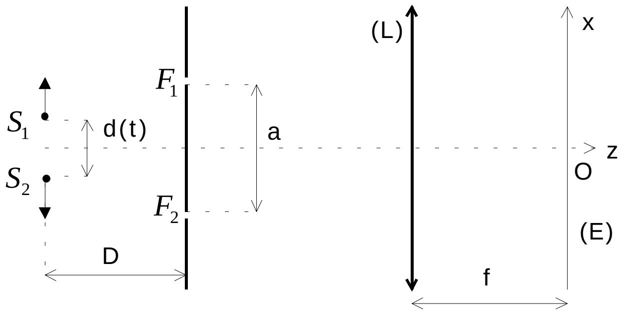
-EXERCICE 30.5-

• ENONCE :

« Fentes d' Young avec sources en mouvement »



On considère le dispositif des fentes d'Young avec observation dans le plan focal d'une lentille (L).
Les fentes sont infiniment fines.
Les 2 sources sont monochromatiques, de même longueur d'onde, et se déplacent à une vitesse constante v, symétriquement par rapport à l'axe Oz, selon l'axe Ox.
Les intensités des 2 sources sont identiques.

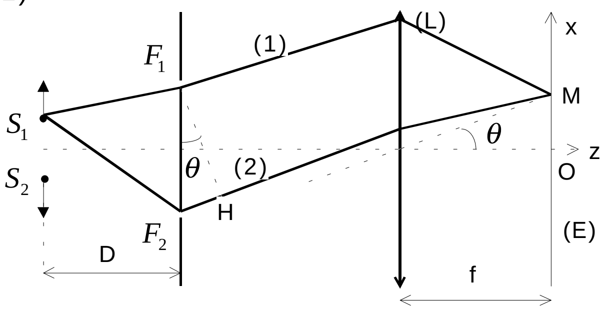
1) Déterminer l'éclairement reçu par un point M quelconque de l'écran (E).
(on considérera que $D \gg a$, et $D \gg d$)
2) Faire apparaître un facteur de visibilité $V(t)$, et calculer la périodicité T du brouillage du système d'interférences.
3) Sachant que la persistance rétinienne est de l'ordre du 1/10ème de seconde, estimer la vitesse maximum v_0 des sources pour que le phénomène soit perceptible.

Rq : cette expérience peut être réalisée avec 2 radiotélescopes, montés sur des rails ; les antennes (qui jouent le rôle de F_1 et F_2) reçoivent des ondes (dans le domaine des radiofréquences) émises par une même étoile, et sont connectées à un sommateur électronique permettant de superposer les signaux reçus.

• CORRIGE :

« Fentes d' Young avec sources en mouvement »

1)



Les 2 sources étant différentes, il y a incohérence spatiale : on peut donc se contenter de sommer les éclairements donnés par chaque source.
Pour chacune d'elles, il y a interférence à travers les 2 fentes : nous allons calculer la différence de marche entre les rayons (2) et (1), et en déduire le résultat correspondant à la deuxième source.

• On a :

$$\delta_{2/1}=(S_1F_2M)-(S_1F_1M)=(S_1F_2)-(S_1F_1)+(F_2H)=(S_1F_2)-(S_1F_1)+a\sin\theta=(S_1F_2)-(S_1F_1)+\frac{ax}{f}$$

(ceci d'après le théorème de Malus, H étant la projection orthogonale de F_1 sur le rayon (2))

Puisque $D \gg a$ et $D \gg d$, un développement limité (cf. cours 30) conduit à :

$(S_1F_2)-(S_1F_2)\simeq\frac{a}{D}\times\frac{d}{2}$ $\Rightarrow$ $\boxed{\delta_{2/1}=\frac{ad}{2D}+\frac{ax}{f}}$; pour la source (S_2) : $\boxed{\delta'_{2/1}=-\frac{ad}{2D}+\frac{ax}{f}}$

• L'éclairement est donc donné par :

$$\boxed{\mathrm{E}(x)=\mathrm{E}_1(x)+\mathrm{E}_2(x)=2\mathrm{E}_0\times[1+\cos\left(\frac{2\pi\delta_{2/1}}{\lambda}\right)+1+\cos\left(\frac{2\pi\delta'_{2/1}}{\lambda}\right)]=4\mathrm{E}_0\times[1+\cos\left(\frac{\pi ad}{\lambda D}\right)\cos\left(\frac{2\pi ax}{\lambda f}\right)]}$$

(E_0 serait l'éclairement obtenu pour **une** source avec **une** fente ouverte)

2) L'expression précédente fait apparaître un facteur de visibilité :

$\boxed{V(t)=\cos\left(\frac{\pi ad(t)}{\lambda D}\right)=\cos\left(\frac{2\pi avt}{\lambda D}\right)}$ (chaque source a la vitesse v)

• Il y a brouillage du système de franges chaque fois que $V(t)$ s'annule, donc pour :

$\frac{2\pi avt}{\lambda D}=(2p+1)\frac{\pi}{2}$ $(p\in\mathbb{N})$ $\Rightarrow$ $\boxed{T=\frac{\lambda D}{2av}}$

3) Pour que le phénomène soit perceptible, il faut que : $T\succ 1/10ème$ de seconde.

Prenons : $\lambda\approx 0{,}6\mu m$; $D\approx 1\ m$ et $a\approx 1\ mm$ $\Rightarrow$ $\boxed{v\prec v_0\approx 3\ mm.s^{-1}\approx 20\ cm.mn^{-1}}$

Rq : une vitesse 100 fois plus petite (mécaniquement possible avec de petits moteurs comme sur les interféromètres de Michelson) donne une période de 10 secondes, plus « confortable » pour l'observation.