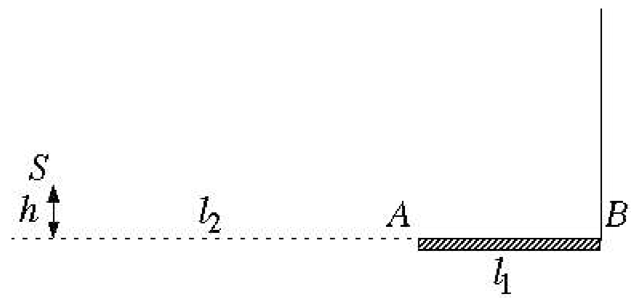
Miroir de Lloyd.

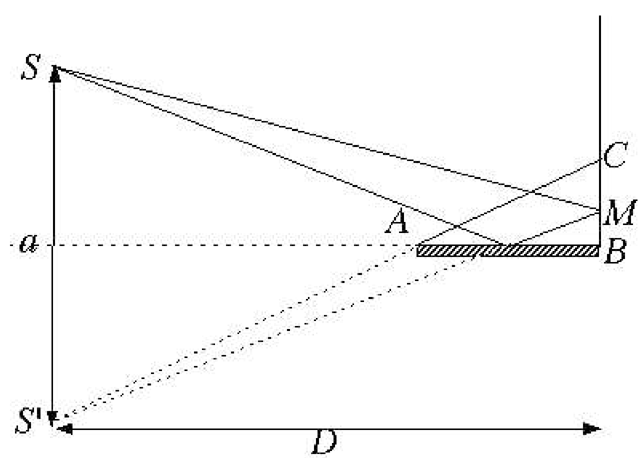
Le dispositif interférentiel du miroir de Lloyd est constitué d'un miroir plan AB de $l_1 = 10$ cm de long, et d'un écran qui lui est orthogonal en B. Une source ponctuelle située à un hauteur $h = 1$ mm au dessus du plan du miroir et à $l_2 = 20$ cm de A, émet une radiation de longueur d'onde $\lambda = 0,546\ \mu$m.(voir figure)



Question 1 :

Expliquer pourquoi ce dispositif permet d'observer des interférences sur l'écran, puis pourquoi on a une frange sombre en B. Déterminer la hauteur du champ d'interférences et calculer l'interfrange.

Un point M de l'écran est éclairé par deux rayons, le premier qui va directement de S à M et le second qui se réfléchit sur le miroir et semble provenir de l'image S' de S par le miroir. Tout se passe comme si M était éclairé par deux sources synchrones S et S' distantes de $a = 2\,h = 2$ mm et placées à $D = l_1 + l_2 = 30$ cm de l'écran (voir figure ci-dessous, où la hauteur h a été exagérée pour la lisibilité).



On retrouve une situation classique étudiée en cours qui donne au point M tel que $BM = x$ une différence de marche $\Delta \approx \frac{a\,x}{D}$, un déphasage$\varphi = 2\,\pi \frac{\Delta}{\lambda}$ et une intensité

$$\mathcal{I} = \mathcal{I}_{max}\,\frac{1 + \cos\varphi}{2}$$

Au point$B$ correspondant à $x = 0$, on s'attend donc à avoir $\Delta = 0$, $\varphi = 0$ et $\mathcal{I} = \mathcal{I}_{max}$. Or l'énoncé, *et donc l'expérience*, donnent en ce point une intensité nulle. L'explication en est que la réflexion d'un rayon s'accompagne d'un changement de signe et donc, en notant $\underline{s}_0$ l'amplitude complexe du rayon direct à son arrivée en M, celle du rayon réfléchi est, en ce même point M, non pas $\underline{s}_0\ \exp(-\jmath\,\varphi)$ mais $-\underline{s}_0\ \exp(-\jmath\,\varphi)$, d'où

$$\underline{s}_{tot} = \underline{s}_0 - \underline{s}_0\ \exp(-\jmath\,\varphi)$$

$$\mathcal{I} = \underline{s}_{tot}\,\underline{s}_{tot}^{*} = \cdots = \mathcal{I}_{max}\,\frac{1 - \cos\varphi}{2}$$

Du reste l'expérience sert justement à mettre en évidence ce changement de signe et l'astuce réside dans le fait qu'un seul des rayons arrivant au point M subit une réflexion.

Le rayon qui limite le champ d'interférences est le rayon issu de S', qui passe par A et aboutit au point C de l'écran. L'application automatique de cette bonne vieille formule de Thalès donne $BC = 0,5$ mm

L'interfrange est classiquement $i = \frac{\lambda D}{a} = 0,0819$ mm

Question 2 :

Expliquer, en s'inspirant de ce qui précède, qu'un bateau en mer à 12 km de la rive capte difficilement une émission radio de longueur d'onde de 2 m si l'émetteur est placé à une hauteur de 10 m et que les choses s'arrangent s'il est placé sur une colline à une hauteur de 500 m.

L'émetteur est la source S avec $h = 10$ m, la mer est le miroir et le bateau, à une distance $D = 12$ km fait office d'écran. Ici la longueur d'onde est $\lambda = 2$ m. L'interfrange vaut ici :

$$i = \frac{\lambda D}{2h} = \frac{2 \times 12\,000}{20} = 1\,200\,\mathrm{m}$$

La taille du bateau est négligeable devant cet interfrange et placé en $x \approx 0$, sur la frange «sombre», il ne capte qu'un signal faible.

Par contre avec $h = 500$ m, l'interfrange devient égal à 24 m et l'antenne du bateau placée en haut du mat, à quelques mètres de la surface, est, par comparaison avec l'interfrange, notablement écarté du minimum d'intensité, la réception est bien meilleure.