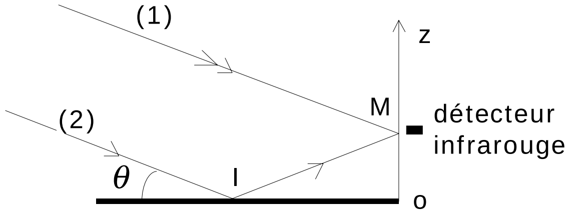
-EXERCICE 30.7-

• ENONCE :

« Miroir de LLoyd »



On considère un faisceau parallèle de lumière polarisée perpendiculairement au plan d'incidence sur un miroir plan.
La source est monochromatique, dans le domaine des infrarouges: $\lambda = 500\ \mu m$
Un détecteur I.R, placé sur un axe Oz perpendiculaire au plan du miroir, peut donc superposer une onde "directe" (rayon 1) et une onde réfléchie (rayon 2), tout en donnant une détection quadratique.

• Le faisceau incident fait un angle $\theta = 10°$ avec le plan du miroir.

1) Dans cette question, le miroir est supposé parfaitement réfléchissant.

Rappeler la condition que doit vérifier le champ électrique en $z = 0$; en déduire que l'onde incidente subit un déphasage de π lors de la réflexion sur le miroir.

Déterminer l'ordre d'interférence $p(z)$ au point M.

Quelle est la forme des franges ? Calculer l'interfrange i.

Quel est l'intérêt de travailler en infrarouge ?

2) On suppose maintenant que le coefficient de réflexion en intensité du miroir vaut : $R = 0{,}85$.

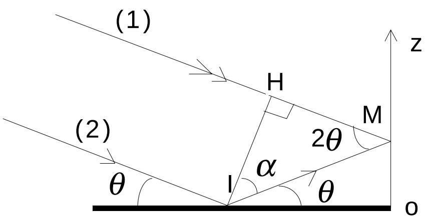
Calculer le contraste des franges obtenues et conclure.

• CORRIGE :

« Miroir de LLoyd »

1) • Le miroir étant supposé parfait, le champ électrique est nul dans sa couche métallique ; la composante tangentielle du champ électrique étant toujours continue et le champ étant ici purement tangentiel (polarisation perpendiculaire au plan d'incidence), le champ total sera nul en $z=0 \;\Rightarrow\; \boxed{\vec{E}_i+\vec{E}_r=\vec{0}}$; puisque $\vec{E}_r=-\vec{E}_r$ en $z=0$, on obtient un déphasage de π à la réflexion.

• Raisonnons sur la figure suivante :



Calculons la différence de marche entre les rayons (1) et (2); d'après le théorème de Malus, le plan passant par les points I et H est un **plan d'onde** . On a donc : $\delta_{2/1}^{géom}=IM-HM$

Il faudra rajouter une différence de marche d'une demie longueur d'onde, pour tenir compte de la réflexion sur le miroir.

On a : $\alpha=\pi-\pi/2-2\theta=\pi/2-2\theta \;\Rightarrow\; IM$ fait un angle 2θ avec HM ; il vient alors :

$$IM=\frac{z}{\sin\theta} \text{ et } HM=IM\times\cos 2\theta=\frac{z\cos 2\theta}{\sin\theta} \;\Rightarrow\; \delta_{2/1}^{géom}=\frac{z}{\sin\theta}(1-\cos 2\theta)=\frac{z}{\sin\theta}\times 2\sin^2\theta=2z\sin\theta$$

D'où : $\delta_{2/1}=2z\sin\theta+\lambda/2 \;\Rightarrow\; \boxed{p(z)=\frac{2\sin\theta}{\lambda}z+\frac{1}{2}}$

• Les franges sont les lieux des points correspondant à un même éclairement, donc à un même ordre d'interférence ⇒ ici, on a $z=cste$ ⇒ les franges sont des **droites parallèles à l'arête du miroir** (celle qui est perpendiculaire au plan d'incidence).

L'interfrange correspond à : $\Delta p=1 \;\Rightarrow\; \boxed{i=\Delta z=\frac{\lambda}{2\sin\theta}}$ <u>A.N</u> : $\boxed{i=1,44\ mm}$

Rq1 : les infrarouges correspondent à de grandes longueurs d'ondes, ce qui permet d'obtenir des franges bien espacées (dans le visible, il faudrait nettement diminuer l'angle θ pour espérer le même espacement).

Rq2 : on a une frange sombre en $z=0$; la source primaire (à l'infini) et la source secondaire (son symétrique par rapport au plan du miroir) sont **cohérentes** (ce sont 2 « parties » d'un même train d'onde qui interfèrent), mais en **opposition de phase**).

2) Il faut revenir à la « première » formule du cours concernant l'éclairement donné par 2 sources cohérentes, mais d'intensité différente :

$$\mathrm{E}(z)=\mathrm{E}_1+\mathrm{E}_2+2\sqrt{\mathrm{E}_1\mathrm{E}_2}\times\cos[2\pi\, p(z)] \quad \text{avec : } \mathrm{E}_2=R\times\mathrm{E}_1 \text{ ; il vient :}$$

$$\mathrm{E}_{max}=\mathrm{E}_1(1+R)+2\mathrm{E}_1\sqrt{R} \quad \text{et} \quad \mathrm{E}_{max}=\mathrm{E}_1(1+R)-2\mathrm{E}_1\sqrt{R} \;\Rightarrow\; \boxed{C=\frac{\mathrm{E}_{max}-\mathrm{E}_{min}}{\mathrm{E}_{max}+\mathrm{E}_{min}}=\frac{2\sqrt{R}}{1+R}}$$

<u>A.N</u> : $\boxed{C=99,7\%}$

Rq : les franges sont très bien contrastées, malgré un coefficient de réflexion pas très élevé : ceci montre que le contraste est plus sensible à d'autres facteurs comme le fait de travailler avec des sources étendues ou non monochromatiques.