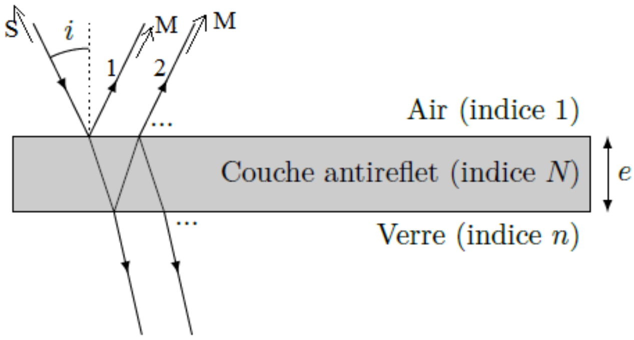
AP 3TSI - Interférences lumineuses

Exercice 1 Traitement antireflet

Le traitement antireflet d'un verre de lunette permet d'améliorer la netteté, le contraste, la vision des couleurs et présente également de nombreux autres avantages, y compris esthétiques.

Un traitement antireflet monocouche consiste à recouvrir le verre (indice n = 1,5) d'une couche d'un autre matériau (indice N = 1,3) sur une épaisseur uniforme e. La lumière incidente est supposée monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ. On étudie le trajet d'un rayon lumineux qui subit des réflexions partielles sur chaque interface (voir schéma ci-dessous).

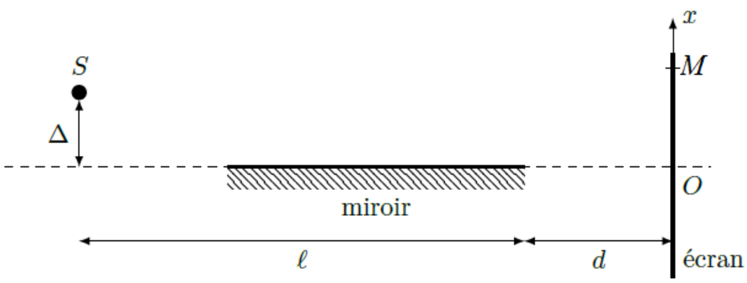


On considère un rayon à incidence normale (i = 0°) et on s'intéresse aux deux premiers rayons réfléchis (1 et 2).

1) Pour l'incidence normale, représenter sur un schéma le trajet des deux rayons réfléchis.
2) Exprimer la différence de marche $\delta(\mathrm{M})=(\mathrm{SM})_2-(\mathrm{SM})_1$ en fonction de N et e. En déduire l'expression du déphasage $\Delta\varphi$(M) entre les deux ondes.
3) A quelle condition sur e, N et λ obtient-on le résultat souhaité ?
4) Proposer une valeur de e qui permet une atténuation des reflets au milieu du domaine visible.
5) Pour cette valeur de e, quelle sera la teinte des reflets observés malgré le traitement ?

Exercice 2 Utilisation d'un miroir

Une source S ponctuelle et monochromatique (longueur d'onde λ) émet de la lumière dans toutes les directions. On place un miroir afin d'observer des interférences sur un écran. On note S' l'image de S formée par le miroir.

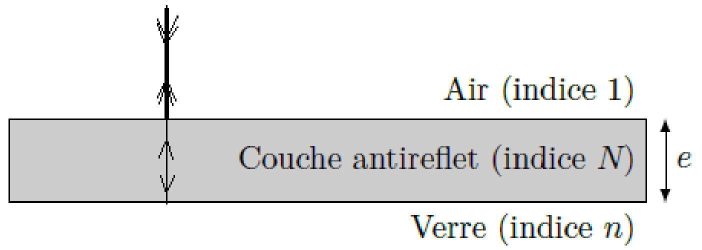


1) Indiquer la position de S' et tracer à la règle les deux rayons lumineux qui interfèrent au point M.
2) Exprimer la différence de marche δ(M) entre le rayon direct et le rayon réfléchi en fonction des distances SM et S'M. Par analogie avec les trous d'Young, donner sans démonstration une expression approchée de δ(M) en fonction de x, Δ, ℓ, et d.

En pratique, lors d'une réflexion sur un miroir, l'onde lumineuse subit un déphasage supplémentaire de π.
3) En tenant compte de la réflexion, exprimer δ(M) en fonction de x, Δ, ℓ, d et λ. Sur l'écran, les franges d'interférences sont-elles parallèles ou perpendiculaires au miroir ? Etablir l'expression de l'interfrange i sur l'écran en fonction de λ, ℓ, d et Δ.
4) Par une construction géométrique, faire apparaître les limites du *champ d'interférences* (domaine de l'espace dans lequel on peut observer des interférences). La frange d'ordre 0 est-elle visible sur l'écran ?

Corrigé

Exercice 1 Traitement anti-reflet



2) $\delta(M)=2Ne$ (le rayon n°2 effectue un aller-retour dans la lame d'indice *N* et d'épaisseur *e*)

On en déduit $\Delta\phi(M)=2\pi\frac{\delta(M)}{\lambda}=\frac{4\pi Ne}{\lambda}$

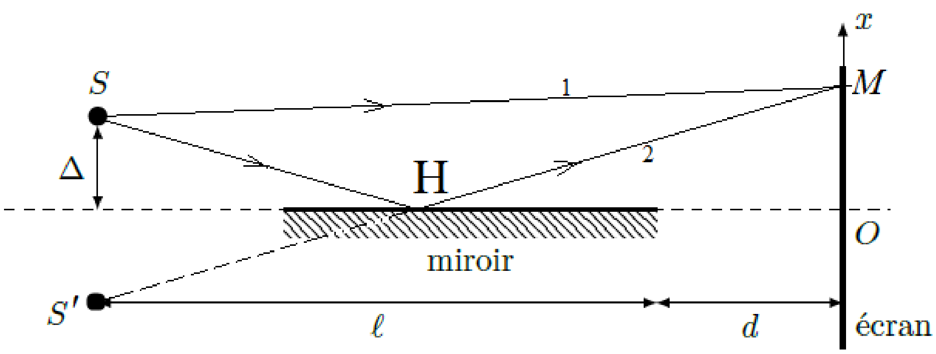
3) Les interférences sont destructives <=> $\Delta\phi(M)=\pi+2k\pi$ avec $k\in\mathbb{Z}$

On doit donc avoir $e=\frac{\lambda}{4N}+k\frac{\lambda}{2N}$

4) On peut choisir λ = 550 nm (maximum de sensibilité de l'oeil) : pour k = 0 on obtient e = 106 nm

5) Les interférences sont destructives seulement pour le centre du spectre visible. Les reflets violets et rouges seront moins bien atténués, on observera donc principalement ces teintes.

Exercice 2 Utilisation d'un miroir



2) En notant H le point d'impact du rayon réfléchi, $\delta(M) = (SM)_2 - (SM)_1 = SH + HM - SM$

Or on a S'H = SH (S et S' symétriques par rapport au miroir) donc δ(M) = S'H + HM - SM = S'M - SM

Pour les trous d'Young on avait $\delta(M)\simeq\frac{ax}{D}$, mais ici D = *l* + *d* et a = 2 Δ donc $\delta(M)\simeq\frac{2\Delta.x}{l+d}$

3) Le déphasage supplémentaire de π correspond à une différence de marche supplémentaire λ/2

Donc $\delta(M)\simeq\frac{2\Delta.x}{l+d}+\frac{\lambda}{2}$. δ(M) ne dépend que de la coordonnée x du point M et pas de y, donc l'intensité lumineuse sera identique pour tous les points de même abcisse x, les franges sont parallèles au miroir.

La position d'une frange brillante vérifie $\delta(M)=p\lambda$ avec $p\in\mathbb{Z}$ donc $x_p=(p-\frac{1}{2})\frac{\lambda(l+d)}{2\Delta}$

Entre deux franges voisines la distance vaut $i=\frac{\lambda(l+d)}{2\Delta}$

4) On a représenté en gris le domaine où les rayons directs et réfléchis peuvent interférer. On constate que la frange d'ordre p = 0 ne sera pas visible ($x_0 < 0$, en dehors du champ d'interférences)