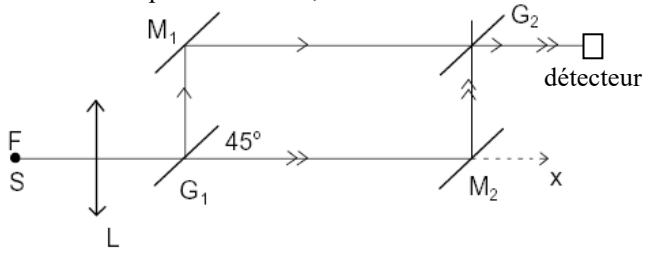
Exercices du chapitre Op2

Différence de marche en un point

1. Interféromètre de Mach–Zehnder

Un dispositif interférentiel est représenté sur le schéma ci-dessous. Il est placé dans l'air, assimilé au vide.



S est une source monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ_0. G_1 et G_2 sont deux lames semi-réfléchissantes introduisant les mêmes déphasages. Elles sont inclinées à 45° par rapport à l'axe *Sx*. M_1 et M_2 sont deux miroirs parallèles aux lames.

a) À quelle classe d'interféromètre (division de front d'onde ou d'amplitude) ce dispositif appartient-il ?

b) Quel est l'ordre d'interférences sur le détecteur ?

c) On interpose sur le trajet M_1G_2 une très fine lame à faces parallèles, non absorbante, d'indice N et d'épaisseur e. La lame est disposée perpendiculairement au faisceau lumineux. Déterminer la variation de l'ordre d'interférences sur le détecteur, et l'expression de l'intensité mesurée.

d) Calculer l'ordre pour $e = 0{,}100$ mm, $\lambda_0 = 0{,}500$ µm et $N = 1{,}500$, et en déduire si cette épaisseur e est mesurable à partir des variations de l'intensité détectée.

d) Le détecteur peut déceler une variation d'éclairement de 1 %. Quelle est la plus petite épaisseur e mesurable ?

2. Irisations sur une flaque d'huile

Quand on observe la réflexion de la lumière solaire sur une flaque d'eau et d'huile, on peut voir apparaître un spectre coloré : on se propose d'interpréter ce phénomène.

Lorsqu'une goutte d'huile tombe sur une flaque d'eau, elle s'étale en une très mince couche d'épaisseur e à la surface de l'eau. La flaque d'eau repose sur le sol (goudron, béton…). L'indice de l'eau est $n_e = 1{,}33$, celui de l'huile est $n_h = 1{,}47$ et celui de l'air $n_a = 1{,}00$.

On suppose que l'éclairage de la flaque et l'observation s'effectuent approximativement sous incidence normale.

L'œil perçoit une lumière blanche si les couleurs bleue, rouge et verte auxquelles il est sensible sont présentes de façon équilibrée dans le spectre observé ; si l'une d'elles est beaucoup plus faible, on observe une couleur dite complémentaire.

a) Faire un schéma des deux couches liquides, et tracer un rayon incident et les deux rayons qui vont ensuite interférer.

b) Déterminer la différence de marche entre ces deux rayons lorsqu'ils parviennent à l'œil. En déduire la condition d'interférences *destructives* pour une raie spectrale de longueur d'onde dans le vide λ_0.

c) Interpréter l'observation d'une lumière colorée en un point donné de la flaque, et les variations de couleurs selon les endroits.

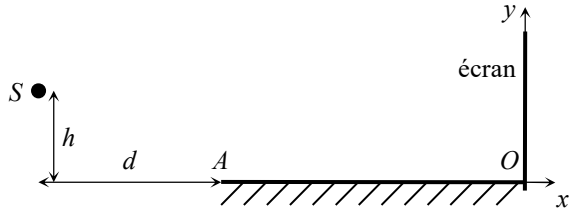
d) Sur une partie de la flaque, on observe une couleur magenta, qui est le complémentaire du vert ($\lambda_0 \sim 0{,}55$ µm). évaluer l'épaisseur de la couche d'huile.

Figures d'interférences

3. Miroir de Lloyd

Le dispositif interférentiel du miroir de Lloyd est constitué d'un miroir plan de longueur $AO = 10$ cm et d'un écran placé orthogonalement au miroir en *O*.

Une source ponctuelle *S* située à une hauteur $h = 1{,}0$ mm au-dessus du plan du miroir, et à la distance $d = 20$ cm de *A*, émet une lumière de longueur d'onde $\lambda = 0{,}546$ µm.



a) Expliquer pourquoi ce dispositif permet d'observer des interférences sur l'écran, et préciser la hauteur H du champ d'interférences (zone où les interférences sont visibles). On fera apparaître l'image S' de *S* par le miroir.

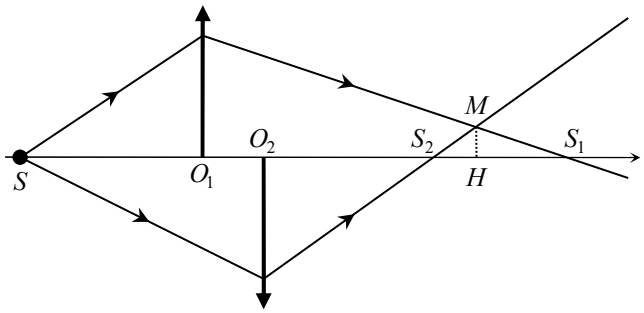
b) Pourquoi a-t-on une frange sombre en *O* ?

c) Déterminer l'équation cartésienne des franges brillantes d'interférences, et en déduire leur forme géométrique.

d) De combien augmente l'ordre d'interférences entre une frange brillante et la suivante ? En déduire la distance i (interfrange) entre deux franges brillantes voisines.

4. Bilentille de Meslin

Une lentille convergente, de focale $f' = 20$ cm et d'épaisseur e au centre, est sciée en deux. On déplace une moitié par rapport à l'autre le long de l'axe optique, de sorte que les deux centres optiques soient O_1 et O_2 avec $O_1O_2 = 10$ cm. On place une source ponctuelle monochromatique ($\lambda_0 = 0{,}50$ µm) en *S* tel que $SO_1 = 30$ cm ; les deux demi-lentilles en forment deux images S_1 et S_2. On a tracé ci-dessous les deux rayons passant par un point *M* donné, et on nomme *H* le projeté de *M* sur l'axe optique. L'indice du verre est *n*, celui de l'air vaut 1.



a) Calculer les longueurs O_1S_1, O_2S_2, SS_1, SS_2 et S_2S_1.

b) Déterminer les chemins optiques (SS_1) et (SS_2).

c) Où peut-on observer des interférences avec ce dispositif ?

d) On note $S_2S_1 = \ell$, $S_2H = x$ et $HM = r$. On suppose r très petit devant x et $\ell - x$. Montrer que la différence de marche (géométrique) entre les deux rayons est $\delta = S_2M + MS_1 - \ell$, puis en donner une expression approchée.

e) On place un écran perpendiculairement à l'axe, entre les points S_1 et S_2, coupant l'axe en *H* avec $S_2H = \ell/2$. Décrire qualitativement puis quantitativement la figure d'interférences.

☞ *Réponses partielles*

1. e) $e_{min} = 0{,}032$ µm.

2. b) Interférences destructives pour $2n_h e = m\lambda_0$ avec *m* entier.

3. a) $H = h\dfrac{AO}{d}$.

4. b) $(SS_1) = SS_1 + (n-1)e$. c) $\delta \approx \dfrac{r^2\ell}{2x(\ell - x)}$.