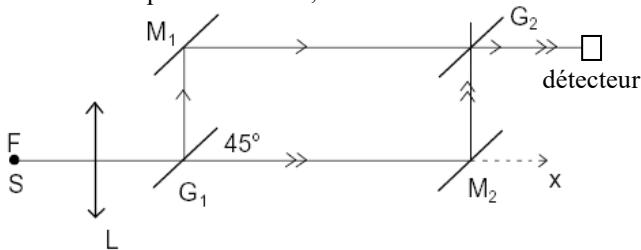


# Exercices du chapitre Op2

## 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  $\lambda_0$ .  $G_1$  et  $G_2$  sont deux lames semi-réfléchissantes introduisant les mêmes déphasages. Elles sont inclinées à  $45^\circ$  par rapport à l'axe  $Sx$ .  $M_1$  et  $M_2$  sont deux miroirs parallèles aux lames.

- À quelle classe d'interféromètre (division de front d'onde ou d'amplitude) ce dispositif appartient-il ?
- Quel est l'ordre d'interférences sur le détecteur ?
- 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.
- Calculer l'ordre pour  $e = 0,100 \text{ mm}$ ,  $\lambda_0 = 0,500 \mu\text{m}$  et  $N = 1,500$ , et en déduire si cette épaisseur  $e$  est mesurable à partir des variations de l'intensité détectée.
- Le détecteur peut déceler une variation d'éclairement de 1 %. Quelle est la plus petite épaisseur  $e$  mesurable ?

### 2. Irisations sur une flaue d'huile

Quand on observe la réflexion de la lumière solaire sur une flaue 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 flaue d'eau, elle s'étale en une très mince couche d'épaisseur  $e$  à la surface de l'eau. La flaue 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 flaue 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.

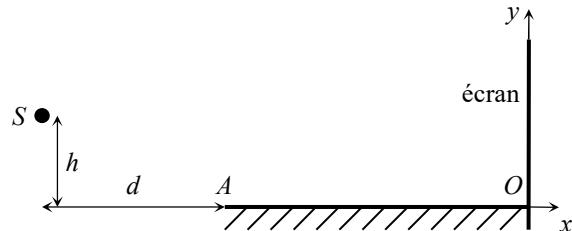
- Faire un schéma des deux couches liquides, et tracer un rayon incident et les deux rayons qui vont ensuite interférer.
- Déterminer la différence de marche entre ces deux rayons lorsqu'ils parviennent à l'œil. En déduire la condition d'interférences *destructives* pour une raie spectrale de longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0$ .
- Interpréter l'observation d'une lumière colorée en un point donné de la flaue, et les variations de couleurs selon les endroits.
- Sur une partie de la flaue, on observe une couleur magenta, qui est le complémentaire du vert ( $\lambda_0 \sim 0,55 \mu\text{m}$ ). 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  $AO = 10 \text{ cm}$  et d'un écran placé orthogonalement au miroir en  $O$ .

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

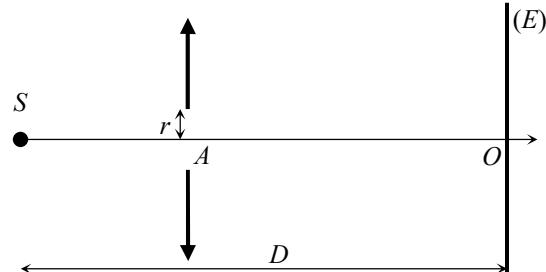


- Expliquer pourquoi ce dispositif permet d'observer des interférences sur l'écran, et préciser la hauteur  $H$  du champ d'interférences (zone où les interférences sont visibles). On fera apparaître l'image  $S'$  de  $S$  par le miroir.
- Pourquoi a-t-on une frange sombre en  $O$  ?
- Déterminer l'équation cartésienne des franges brillantes d'interférences, et en déduire leur forme géométrique.
- 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. Interférences entre onde sphérique et onde plane

Une lentille convergente, de grand diamètre, d'indice  $n = 1,50$  et de distance focale image  $f' = 10 \text{ cm}$ , a une épaisseur maximale  $e = 3,0 \text{ mm}$  sur son axe optique. On la perce en son centre d'un trou circulaire de rayon  $r = 5,0 \text{ mm}$ .

Une source  $S$  ponctuelle monochromatique (longueur d'onde  $\lambda_0 = 0,50 \mu\text{m}$ ) est placée au foyer principal objet. Un écran ( $E$ ) est situé à une distance  $D = 40 \text{ cm}$  de la source  $S$ .



- On observe sur l'écran un phénomène d'interférences. Pourquoi ? S'agit-il de division de front d'onde ou d'amplitude ? Préciser la forme et les dimensions du champ d'interférences.
- Déterminer la différence de marche  $\delta$  entre deux rayons parvenant en un point  $M$  de l'écran, repéré par sa distance  $\rho$  à l'axe optique, et en déduire l'intensité lumineuse au point  $M$ . Quelle est la forme des franges ?
- Dans l'approximation  $\rho \ll D$  (à justifier), montrer que  $\delta \approx (n-1)e - \frac{\rho^2}{2D}$  en prenant l'indice de l'air égal à 1.
- Donner l'expression du rayon des franges brillantes. Calculer le rayon  $\rho_0$  de la frange d'ordre 0 : est-elle visible ? Déterminer les ordres des franges dans le champ d'interférences.

#### Réponses partielles

1. e)  $e_{\min} = 0,032 \mu\text{m}$ .

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

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

4. a) Anneau entre  $R_1 = 5,0 \text{ mm}$  et  $R_2 = 20 \text{ mm}$ . d)  $\rho_0 = 35 \text{ mm}$  : hors du champ.