

# DM 14

Vendredi 5 Février 2021

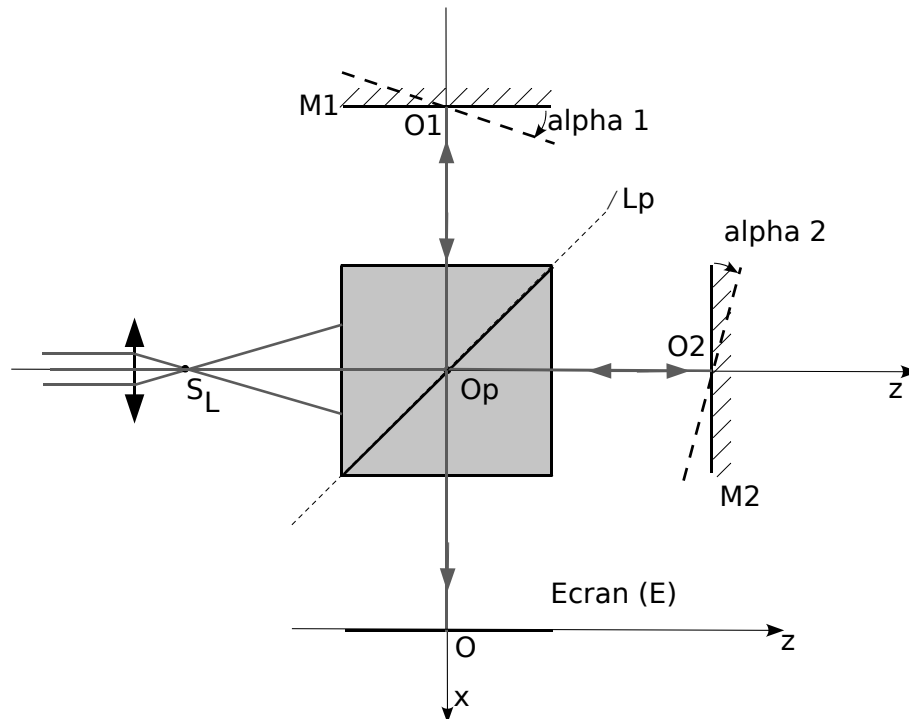
## Mesure du rayon de courbure d'un miroir par une méthode interférentielle

### Dispositif interférentiel

Le dispositif interférentiel est représenté ci-dessous. Son principe de fonctionnement est similaire à celui de l'interféromètre de Michelson. Il est composé d'un séparateur de faisceau constitué de deux prismes droits de section rectangle isocèle identiques accolés par leurs bases et de deux miroirs plan  $M_1$  et  $M_2$ , de centre respectifs  $O_1$  et  $O_2$ . Il est éclairé par une source ponctuelle  $S_L$  obtenue grâce à un faisceau de lumière parallèle monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 500$  nm provenant d'un laser ; le faisceau laser est expansé grâce à une lentille de focale image  $f' = 1$  cm placée entre le faisceau laser et la face d'entrée du séparateur. Le séparateur de faisceau se comporte comme une lame séparatrice  $L_p$ , unique d'épaisseur nulle (face commune aux deux prismes) qui transmet 50% de l'intensité lumineuse, l'autre partie étant réfléchie.

On note  $L = O_p O = 70$  cm la distance entre la séparatrice et l'écran (E) et  $l = S_p O_p = 10$  cm la distance entre la source ( $S_p$ ) et la séparatrice.

Les deux miroirs sont mobiles et peuvent pivoter autour de leur axes  $O_1 y$  et  $O_2 y$ . On note  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  les angles de rotation de chacun des miroirs, pris respectivement entre ( $O_1 z$  et  $M_1$ ) et ( $O_2 x$  et  $M_2$ ).



On se place dans le cas où les deux miroirs  $M_1$  et  $M_2$  sont orthogonaux ( $M_1$  est dans le plan  $yO_1z$  et  $M_2$  dans le plan  $xO_2y$ ). Les positions des miroirs sont données par les distances  $d_1 = O_pO_1$  et  $d_2 = O_pO_2$  avec  $d_2 \geq d_1$ .

1. En vous aidant d'un schéma clair, déterminer les coordonnées dans le repère  $(O, xyz)$  des sources secondaires  $S_1$  et  $S_2$  créées par l'interféromètre en fonction de  $l$ ,  $L$ ,  $d_1$  et  $d_2$ .  $S_1$  est l'image de la source  $S_2$  issue des réflexions sur  $L_p$  et  $M_1$ ;  $S_2$  est l'image de  $S_L$  issue des réflexions sur  $M_2$  et  $L_p$ .

En déduire la distance  $a$  qui sépare les sources  $S_1$  et  $S_2$  et la distance  $d$  de leur milieu  $S$  à l'écran en fonction de  $l$ ,  $L$ ,  $d_1$  et  $d_2$ .

2. Le miroir  $M_1$  réglé à  $d_1 = l$  restant fixe, le miroir  $M_2$  est translaté de façon à obtenir un éclairement uniforme de l'écran. Donner dans ces conditions la valeur de  $a$ .

A partir de la position précédente, le miroir  $M_2$  est déplacé parallèlement à l'axe  $Oz$  d'une distance  $e$ , telle que  $d_2 - d_1 = e > 0$  avec  $e \ll d_1$  et  $e \ll d_2$ .

3. Décrire la figure d'interférence observée sur l'écran.
4. Le centre de la figure d'interférence est brillant. La première frange brillante, hors de l'axe, est situé à 20 mm du centre de la figure. Calculer la distance  $e$ .  
Calculer l'ordre d'interférence au centre de la figure d'interférence.

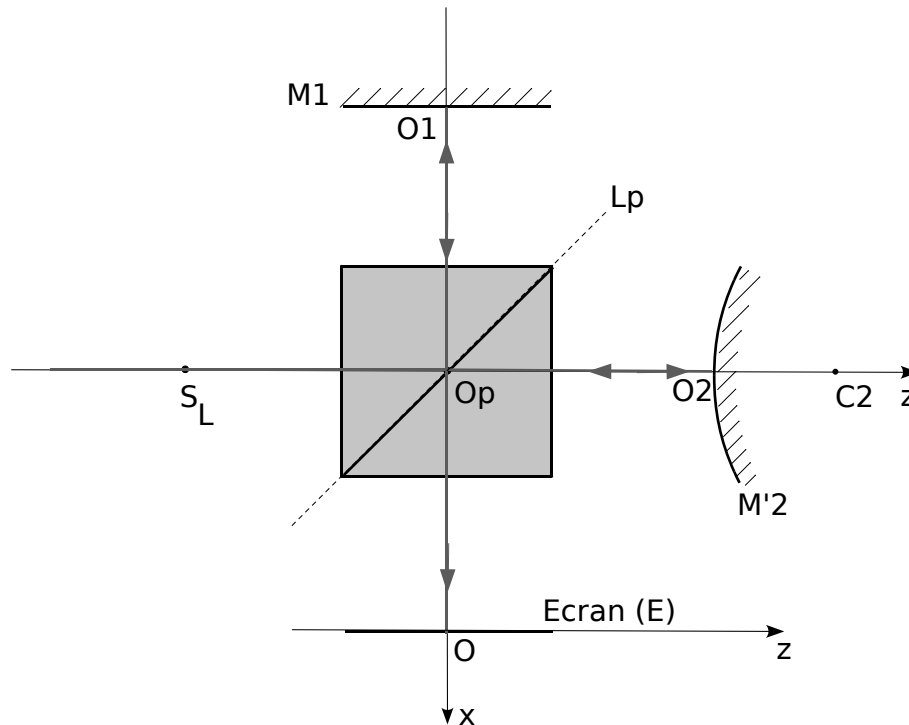
A partir de la position des miroirs obtenus question 2, on fait subir à chaque miroir une très faible rotation, dans le même sens et du même angle  $\alpha$  ( $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ ).

5. Montrer, en vous aidant d'un schéma, que les sources secondaires  $S_1$  et  $S_2$  créées par l'interféromètre sont situées sur un axe parallèle à  $Oz$ , le milieu  $S$  de  $S_1S_2$  étant sur l'axe  $Oz$ .

6. Déterminer la distance  $a$  entre les deux sources et la distance  $d$  du milieu des sources à l'écran en fonction de  $\alpha$ ,  $l$  et  $d_1$  ou  $d_2$ .  
Décrire la figure d'interférence observée sur l'écran.
7. La distance entre deux franges brillantes consécutives est égale à  $d_i = 5$  mm. Calculer l'angle  $\alpha$  en radians.  
Comment varie la distance entre les franges si on augmente l'angle  $\alpha$  ?

### Bonus : Mesure du rayon de courbure d'un miroir

L'interféromètre de la question précédente est initialement réglé en plaçant les deux miroirs orthogonalement et à la même distance de la séparatrice ( $d_1 = d_2 = l$ ). Le miroir  $M_1$  est un miroir de référence parfaitement plan. Le miroir  $M_2$  est alors remplacé par un miroir sphérique convexe  $M'_2$ , dont le sommet est positionné en  $O_2$  et de centre  $C_2$ . L'axe  $O_p z$  est l'axe optique du miroir  $M'_2$  et  $R_2 = \overline{O_2 C_2}$  son rayon.



8. Déterminer la position  $\overline{O_2 S'_L}$  de  $S'_L$ , image de  $S_L$  par  $M'_2$  en l'absence du séparateur de faisceau en fonction de  $R_2$  et  $l$ .
9. Déterminer les coordonnées dans le repère  $(O, xyz)$  des sources secondaires  $S_1$  et  $S_2$  créées par l'interféromètre en fonction de  $l$ ,  $L$  et  $R_2$ .
10. Montrer que, dans le cas où  $R_2 \gg l$ , la distance  $a$  entre les deux sources se met sous la forme  $a \approx \frac{8l^2}{R_2}$  et que la distance  $d$  du milieu des sources à l'écran est voisine de  $d \approx L + 3l$ .
11. En déduire l'aspect de la figure d'interférence observée sur l'écran.
12. Le centre de la figure d'interférence est un point brillant. La cinquième frange brillante est située à 12,5 mm du centre. Calculer la valeur du rayon  $R_2$  du miroir  $M'_2$ .