

PARTIE OPTIQUE (durée conseillée 1 h 15 min)

ÉTUDE D'UN LASER

Les 4 parties peuvent être abordées indépendamment.

Ce problème se propose d'étudier deux montages, le premier permet de mesurer la longueur d'onde d'un laser de deux manières différentes à l'aide d'un interféromètre de Michelson, le second montage permet d'atténuer la puissance optique du laser.

Partie 1 : Étude des systèmes optiques environnant le Michelson

- 1.1 - Objectif :** l'objectif permettant « d'ouvrir » le faisceau laser dans l'expérience de la partie 2 est un doublet de lentilles minces (L_1 , L_2), distantes de $e = 5,0$ cm et de distances focales images respectives $f'_1 = f'_2 = 10,0$ cm. Calculer la distance focale image f' du doublet.
- 1.2 - Lentille de projection :** la lentille de projection (L_3) est une lentille mince équiconvexe, de distance focale image $f'_3 = 50,0$ cm. L'indice du verre vaut $n = 1,523$; que vaut le rayon de courbure R des deux dioptres sphériques de la lentille ?

Partie 2 : Mesure de la longueur d'onde du laser par interférences d'égale inclinaison

L'interféromètre de Michelson est réglé de façon à ce que le miroir (m_1) soit rigoureusement orthogonal à l'axe Ox , et le miroir (m_2) rigoureusement orthogonal à l'axe Oy , c'est-à-dire en « lame à faces parallèles » (Figure 1). La distance entre le centre X de la séparatrice et le centre O_3 de la lentille de projection L_3 vaut $XO_3 = 40$ cm. Le point M_1 est le centre du miroir (m_1), le point M_2 celui du miroir (m_2), la distance XM_2 vaut $20,0000$ cm, la distance XM_1 vaut $20,0700$ cm.

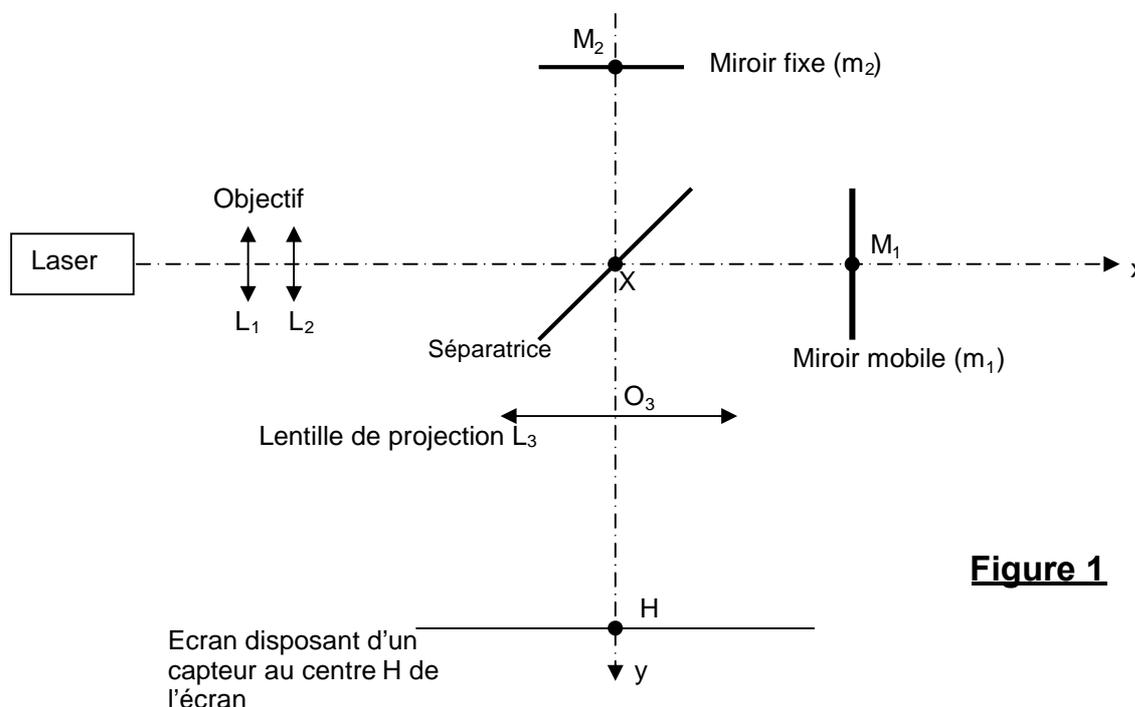


Figure 1

2.1 - Quelle est l'aspect des interférences observées avec ce réglage de l'interféromètre de Michelson ?

2.2 -

2.2.1 - Exprimer puis calculer la différence de marche δ entre les trajets optiques des deux rayons passant par les centres M_1 et M_2 des deux miroirs et interférant au centre H du capteur, en fonction de l'écart $e = (XM_1 - XM_2)$. On négligera l'éventuel déphasage à la réflexion sur la séparatrice.

2.2.2 - En déduire le déphasage entre les deux ondes.

2.3 - Les interférences étant constructives, on déplace le miroir mobile (m_1) de $\Delta e = 5,33 \cdot 10^{-5}$ m, le capteur situé au centre H de l'écran voit défilier $N = 200$ périodes de l'éclairement, les interférences sont alors de nouveau constructives.

2.3.1 - Quelle est la longueur d'onde λ du laser ?

2.3.2 - Quelle est sa couleur ?

Partie 3 : Mesure de la longueur d'onde du laser par interférences d'égale épaisseur

Le Michelson (figure 1) est maintenant réglé en « coin d'air », c'est-à-dire que le miroir (m_1) fait un petit angle α avec le plan orthogonal à l'axe Ox, le miroir (m_2) restant orthogonal à l'axe Oy ; le miroir mobile (m_1) est placé de façon à ce que la distance XM_2 soit égale à la distance XM_1 : $XM_1 = XM_2 = 20,0000$ cm. L'objectif (L_1, L_2) est remplacé par un élargisseur afocal de façon à éclairer l'interféromètre en lumière parallèle. La distance entre le centre de la séparatrice X et le centre O_3 de la lentille de projection L_3 vaut 40 cm.

3.1 - Quelle est l'aspect des interférences observées avec ce réglage de l'interféromètre de Michelson ?

3.2 - On mesure sur l'écran un interfrange i de 1,01 cm pour ce laser. On refait l'expérience en le remplaçant par un laser étalon He-Ne de longueur d'onde $\lambda_0 = 632,8$ nm ; toutes choses égales par ailleurs, on mesure alors un interfrange i_0 de 1,20 cm. En déduire la valeur de la longueur d'onde λ du laser étudié, sachant que l'interfrange est proportionnel à la longueur d'onde. Comparer à la valeur trouvée à la question 2.3.

Partie 4 : Atténuation de la puissance du faisceau laser

Le faisceau laser sera considéré comme polarisé rectilignement. L'atténuation se fait à l'aide d'un analyseur orthogonal à l'axe de propagation du faisceau laser (Figure 2).

Le réglage initial sera fait de façon à ce que l'éclairement transmis E_t soit maximal. On mesure $E_{t_{\max}} = 45$ W.cm⁻².

Objectif ou élargisseur
de faisceau



Figure 2

4.1 - Énoncer la loi de Malus.

4.2 - L'analyseur pivote autour de l'axe de propagation du faisceau laser de 30° que vaut E_t ?

4.3 - L'analyseur pivote autour de l'axe de propagation du faisceau laser de 90° que vaut E_t ?