

PARTIE OPTIQUE (durée 1 h 15 min)

LES DEUX PARTIES SONT INDEPENDANTES

Pour contrôler des surfaces de composants optiques, on utilise l'interféromètre de Twyman - Green qui est un dérivé de l'interféromètre de Michelson.

L'éclairage est assuré par un laser He - Ne ($\lambda_0 = 633 \text{ nm}$). La lumière émise est transmise par une fibre optique. Le faisceau émergent est reçu sur une matrice CCD (figure 1).

Partie 1 : Dispositif d'éclairage de l'interféromètre

La fibre utilisée est à saut d'indice (figure 2) ; le cœur, d'indice de réfraction $n_1 = 1,49$, est entouré par une gaine d'indice $n_2 = 1,45$.

- 1.1 - Calculez la valeur ℓ de l'angle limite de réfraction pour la surface de séparation entre la gaine et le cœur.
- 1.2 - L'ouverture numérique, O.N., de la fibre est définie par la relation : $\text{O.N.} = n_a \sin\theta_M$, où n_a est l'indice de l'air et θ_M la valeur maximale de l'angle d'injection θ pour qu'il y ait réflexion totale sur la gaine au point J.
Montrer que : $\text{O.N.} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$.
- 1.3 - Calculer θ_M (en degrés). On prend $n_a = 1,00$.
- 1.4 - Où faut-il placer la sortie de la fibre par rapport à la lentille L_0 pour obtenir un faisceau de lumière parallèle ?

Partie 2 : Mise en évidence d'un défaut d'épaisseur

Le schéma de l'interféromètre est représenté figure 1. On y a placé en pointillé l'image M'_2 du miroir mobile M_2 par la séparatrice S.

- 2.1 - On réalise un contact optique imparfait : M_1 et M'_2 sont parallèles et distants de e (figure 1).
Donner l'expression littérale de l'éclairement E en tout point du capteur en fonction de l'éclairement E_0 produit par un seul faisceau, de e et de la longueur d'onde λ_0 .
Vérifier que, pour $e = 2,69 \mu\text{m}$, l'éclairement E est nul.
- 2.2 - Sur un miroir à tester M_3 , on veut mettre en évidence un petit défaut d'épaisseur a , situé autour du point A (figure 3).
 - 2.2.1 – Déterminer, pour les rayons 1 et 2, l'expression ΔS de la variation de la différence de marche créée par le défaut après réflexion sur le miroir. En déduire la variation $\Delta\phi$ de la différence de phase ϕ entre les deux ondes.
 - 2.2.2 - On place le miroir à tester M_3 à la place du miroir M_2 , dont l'image M'_2 est parallèle à M_1 , à une distance $e = 2,69 \mu\text{m}$ (question 2.1 -).
Montrer qualitativement que le défaut peut se révéler par un éclairement E' non nul sur le détecteur, à l'endroit du défaut.
 - 2.2.3 - On admettra que l'éclairement E' , obtenu en présence du défaut d'épaisseur a et quand $e = 2,69 \mu\text{m}$, a pour expression : $E' = 2E_0 \left[1 - \cos \left(\frac{4\pi a}{\lambda_0} \right) \right]$.
Calculer l'éclairement E' à l'endroit du défaut en fonction de E_0 , pour $a = 158 \text{ nm}$ et pour $a = 316 \text{ nm}$.
 - 2.2.4 - Pour quelles valeurs de a (en fonction de λ_0) le défaut d'épaisseur du miroir à tester est-il le mieux visible ?

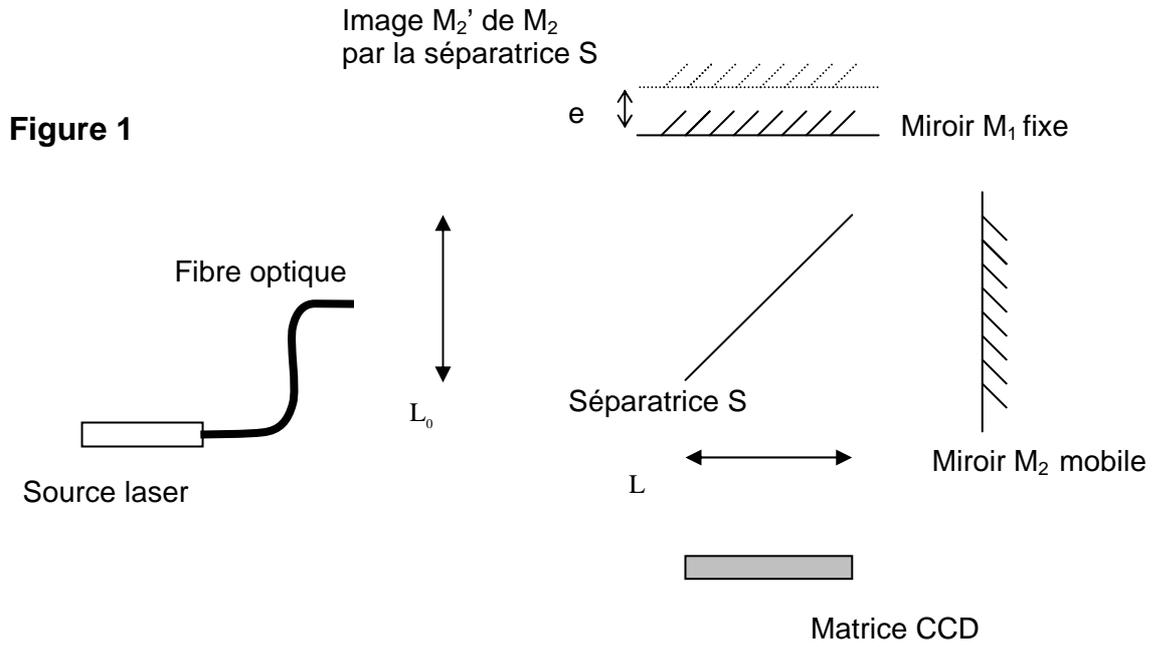


Figure 2

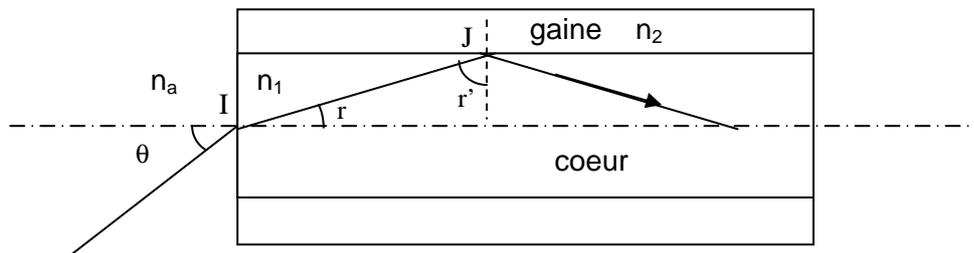


Figure 3

