PARTIE OPTIQUE (durée 1 h 15 min)

LES DEUX PARTIES SONT INDEPENDANTES

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

L'éclairage est assuré par un laser He - Ne (λ_0 = 633 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 i_l de l'angle limite de réfraction pour la surface de séparation entre la gaine et le cœur.

$n_1 \sin(i_l) = n_2 \sin(90)$ donc $\boxed{i_l = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)}$

1.2 - L'ouverture numérique, O.N., de la fibre est définie par la relation : 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 : O.N. = $\sqrt{n_1^2 - n_2^2}$.

$\sin(\theta) = n_1 \sin(r)$ *et* $r = (90 - i_l)$ *donc* $\sin(\theta) = n_1 \cos(i_l)$

$[\sin(\theta)]^2 = [n_1 \cos(i_l)]^2$ *qui donne* $[\sin(\theta)]^2 = (n_1)^2 [1 - \sin^2(i_l)]$

$[\sin(\theta)]^2 = (n_1)^2 \left[1 - \sin^2\left(\arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)\right)\right]$

$ON^2 = (n_1)^2 \left[1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}\right]$ *en développant on obtient* $ON^2 = (n_1)^2 - n_2^2$

d'où $\boxed{\text{O.N.} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}}$

1.3 - Calculer θ_M (en degrés). On prendre n_a = 1,00.

$\theta = \arcsin(ON) = 0{,}350\ rad = 20°$

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 ?

La sortie de la fibre doit être au foyer objet de la lentille

Téléchargé sur http://www.aidexam.com

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

Le schéma de l'interféromètre est représenté figure1. 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 µm, l'éclairement E est nul.

$$E = 4E_0\left[\cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)\right]^2 = 2E_0[1-\cos(\varphi)] \quad \text{avec} \quad \varphi = 2*\Pi\frac{\delta}{\lambda} \quad \text{et} \quad \delta = 2e$$

on considère ici que la séparatrice est de type diélectrique et n'induit pas de déphasage supplémentaire

$$E = 0$$

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 $\Delta\varphi$ de la différence de phase φ entre les deux ondes.

$$\Delta S = 2a \Leftrightarrow \Delta\varphi = 2*\Pi\frac{2a}{\lambda} \Leftrightarrow \Delta\varphi = 4*\Pi\frac{a}{\lambda}$$

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 µm (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.

Le défaut amène une différence de marche donc une différence de déphasage ce qui permet de conclure à un changement d'éclairement 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 µm, 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 nm et pour a = 316 nm.
pour a = 158 nm ; E' = 4 E_0 *pour a = 316 nm. ; E' = 0 E_0*

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 ?

Le défaut sera le plus visible pour un déphasage de π ce qui conduit à une différence de marche de $\Delta S = \frac{\lambda_0}{2} + k\lambda_0$ *et donc à un défaut de* $a = \frac{\lambda_0}{4} + k\frac{\lambda_0}{2}$

Téléchargé sur http://www.allexams.com

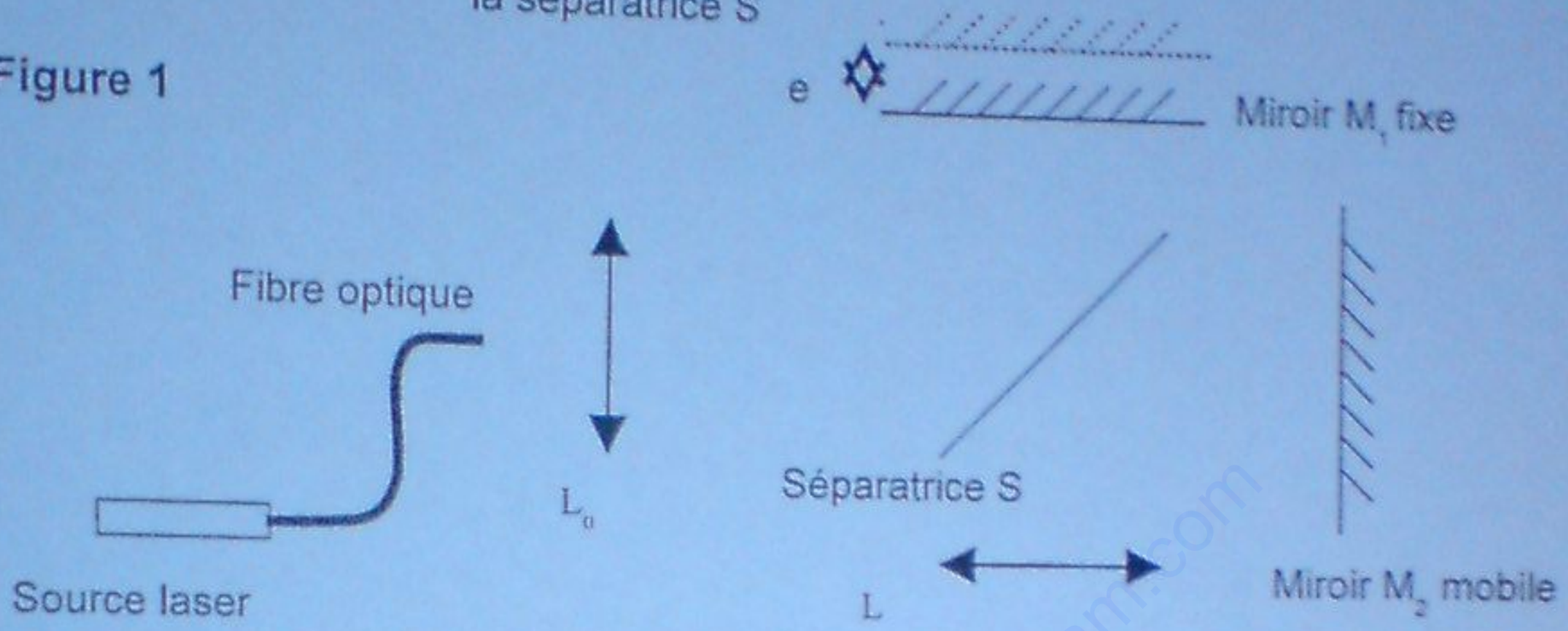


Figure 1

Figure 2

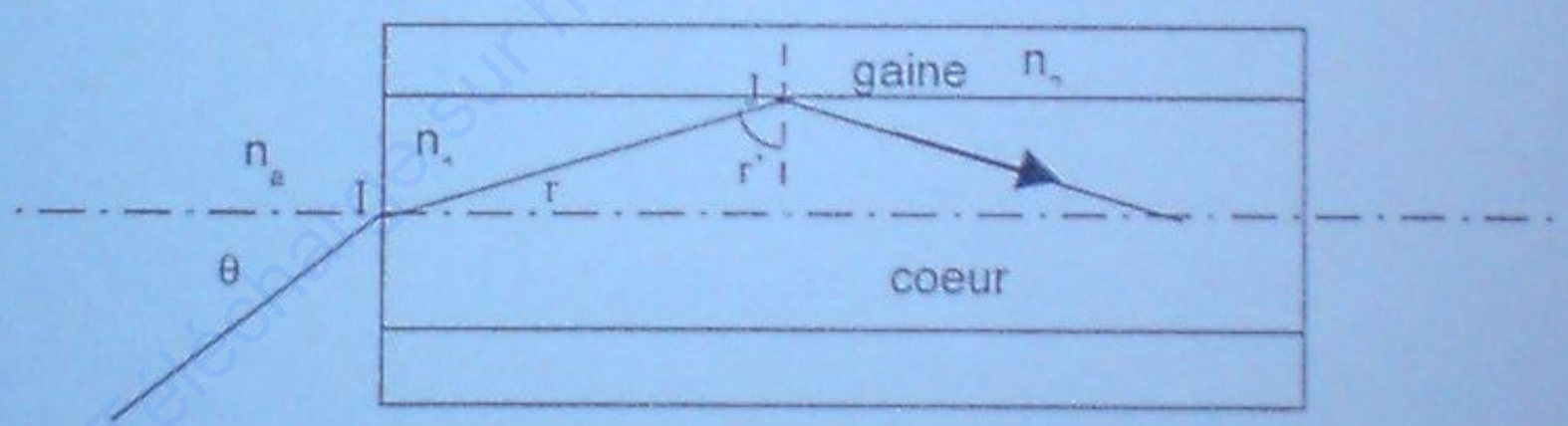
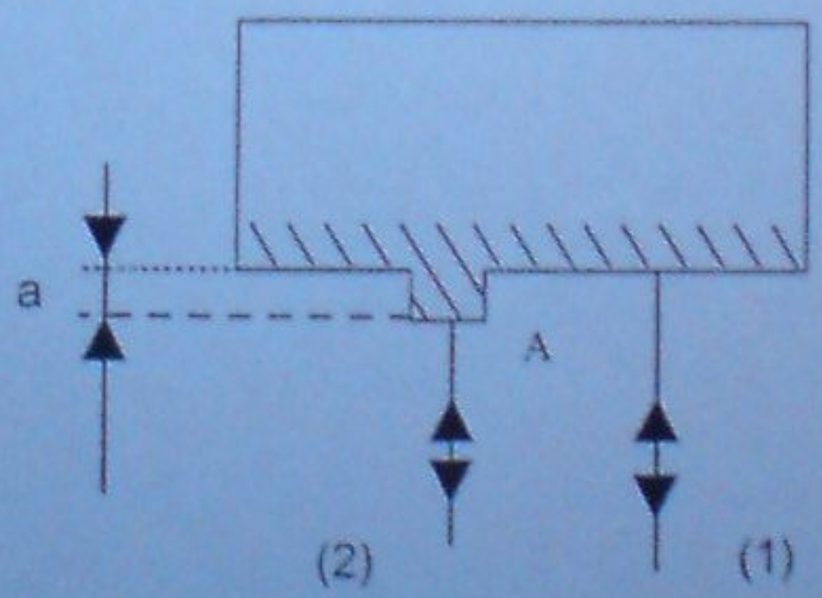


Figure 3



Miroir M_3 à tester

Téléchargé sur http://www.abcexam.com