Orléans lycée SCSE

BTS BLANC DEC 2007 OPTIQUE

Partie 1 : Dispositif d'éclairage de l'interféromètre (7)

La fibre utilisée est à saut d'indice , 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. 2

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. 3

Montrer que : $O.N. = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$.

1.3 - Calculer θ_M (en degrés). On prendra $n_a = 1{,}00$. 1

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 ? 1

Partie 2 Interféromètre "Michelson" (A)

Un interféromètre de Michelson, dont le principe est représenté sur la figure1, comporte deux miroirs plans M_1 et M_2 orthogonaux de facteur de réflexion égal à 1 *et une lame G inclinée à 45° par rapport à la normale aux deux miroirs*. La lame G appelée séparatrice est semi transparente de facteur de réflexion $\frac{1}{2}$, c'est à dire que le faisceau transmis et le faisceau réfléchi ont même intensité, donc même amplitude. Cette lame est supposée d'absorption négligeable, d'épaisseur nulle et n'introduisant pas de déphasage.

Un laser émet un faisceau parallèle de lumière monochromatique de longueur d'onde λ_0 (λ_0=0,6328 µm dans le vide) le long de l'axe marqué en pointillé sur la figure. Nous nous contenterons d'étudier la marche d'un rayon le long de cet axe.

Le rayon se dédouble lorsqu'il arrive sur la face semi réfléchissante de la séparatrice ; le rayon incident issu du laser donne deux rayons qui, par les chemins respectifs AB_1, B_1A et AD (D le détecteur) et AB_2, B_2A et AD, arrivent au détecteur

Le miroir M_1 est fixe et la longueur du bras AB_1 est L.

Le miroir M_2 se déplace perpendiculairement à son plan dans la direction GA et la *longueur* du bras AB_2 est x.

Tout l'interféromètre est dans l'air d'indice 1.

BTS BLANC DEC 2007

A-I

A-I-1. Justifier que l'on observe des interférences au niveau du détecteur. 1 13

A-I-2. Quelle est la couleur du rayonnement émis par le laser ? 1

A-II

A-II-1. Calculer la différence de chemin optique en D de deux ondes réfléchies respectivement sur M_1 et M_2 en fonction de L et x. 2

Que se passe-t-il si L=x ?

A-II-2. Donner, en fonction de λ_0, L et x, l'expression de la différence de phase Φ entre les deux ondes arrivant en D. 1

A-II-3. Considérant que les deux ondes arrivant sur le détecteur ont même amplitude et créeraient, si elles étaient seules, l'éclairement E, donner l'expression de l'éclairement résultant E_r en fonction de E et Φ 2

A-II-4. Exprimer l'éclairement résultant en fonction de E, λ_0, L et x. 1

A-III

Le miroir M_2 se déplace avec une vitesse v, en supposant qu'à l'instant pris comme origine x=L.

A-III-1. Donner l'expression de l'éclairement E_2 en fonction de λ_0, v et t. 1

A-III-2. En déduire l'expression de la fréquence f_0 du signal reçu par le détecteur en fonction de v et λ_0 1

A-IV

L'interféromètre est dans l'air mais nous considérons maintenant que l'indice est n=1,0003.

A-IV-1. Quelle est la nouvelle expression de la différence des chemins optiques en fonction de n, L et x? 1

A-IV-2. Si le miroir M_2 se déplace avec une vitesse v quelle est la nouvelle expression de la fréquence du signal reçu en fonction de n, v et λ_0? 1

A-IV-3. Quelle est l'erreur relative commise en considérant que l'indice vaut 1? 1

BTS BLANC DEC 2007

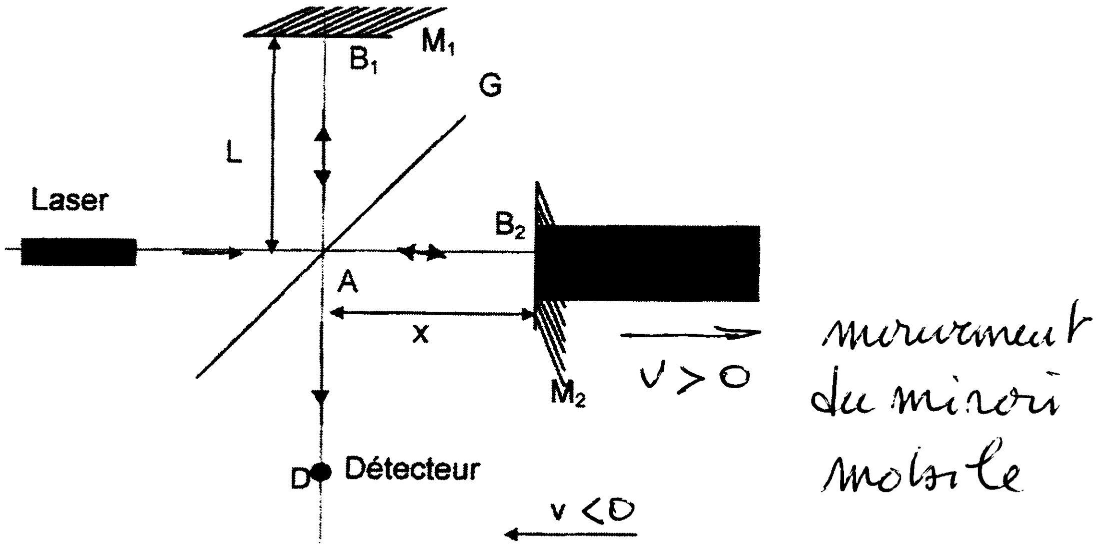


Figure 1

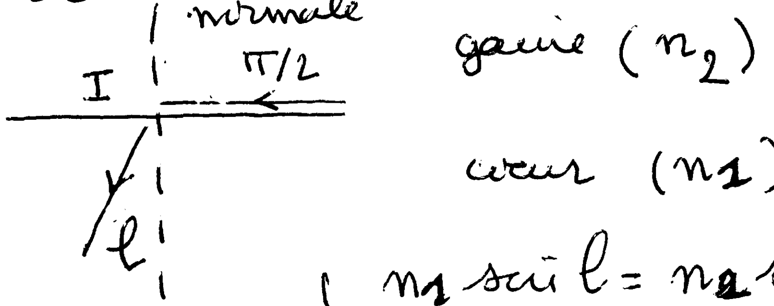
Correction du BTS Blanc Optique XII 2007

Orléans/TPIL2 SCSE

partie 1

fibre optique

1.1

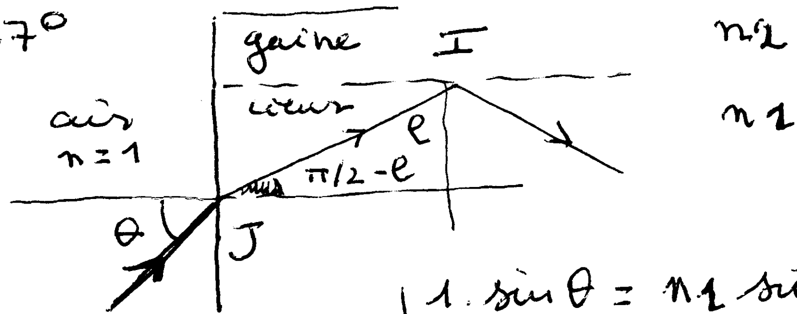


Descartes en I $\begin{cases} n_1 \sin \ell = n_2 \sin \frac{\pi}{2} \\ \Rightarrow \sin \ell = \frac{n_2}{n_1} \end{cases}$

AN : $\ell = \arcsin \frac{1,45}{1,49}$

$\ell = 76,7°$

1.2



par principe du retour inverse de la lumière, ℓ est aussi l'incidence limite de la réflexion totale

développement du calcul de la loi de Descartes en J (entrée cœur)

$1 . \sin\theta = n_1 \sin\left(\frac{\pi}{2} - \ell\right)$

$\sin\theta = n_1 \cos \ell$

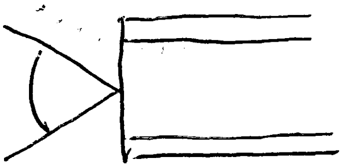
$\sin\theta = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 \ell}$

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

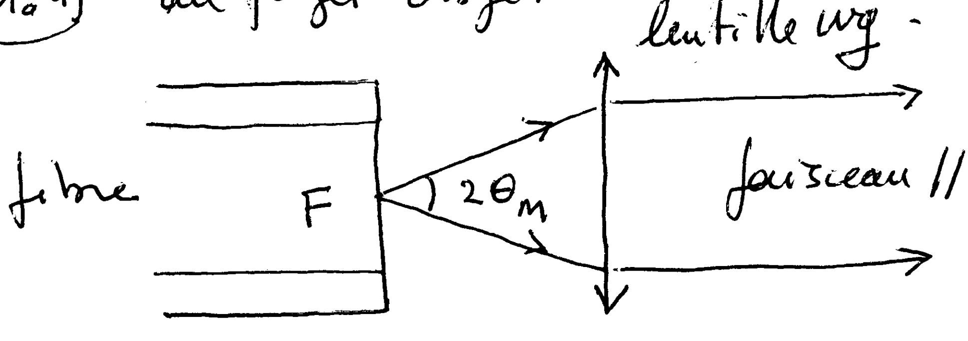
$\sin\theta = \boxed{\sqrt{n_1^2 - n_2^2} = ON}$

1.3 $\sin\theta_M = 0,343 \Rightarrow \theta_M = 20°$

soit 40° pour l'ouverture



1.4 au foyer objet



partie 2 interféromètre de Michelson à miroir mobile -

A I 1 au niveau du détecteur il y a superposition de 2 ondes de même fréquence issues d'une même source => interférences -

A I 2 $\lambda_0 = 0,6328\ \mu m$ correspond au rouge

A II 1 chaque réflexion sur miroir crée un déphasage $\frac{\lambda_0}{2}$

$$\delta = \left(2nL + \frac{\lambda_0}{2}\right) - \left(2nx + \frac{\lambda_0}{2}\right) = 2n(L-x)$$

pour l'air $n = 1$ => $\underbrace{\delta = 2(L-x)}$ $\underbrace{L = x \Rightarrow \delta = 0}$

A II 2 $\phi = 2\pi\frac{\delta}{\lambda_0} = \frac{4\pi(L-x)}{\lambda_0}$

A II 3 $E = 2E_2(1+\cos\phi)$ cours

⚠ $\underline{E}$ = champ électrique

E = éclairement $E \sim \underline{E}\,\underline{E}^*$

$$\begin{cases} \underline{E_1} = \underline{E}\, e^{j(\omega t)} \quad \underline{E_2} = \underline{E}\, e^{j(\omega t+\phi)} \\ \underline{E_1}+\underline{E_2} = \underline{E}\, e^{j\omega t}\left(1+e^{j\phi}\right) \\ (\underline{E_1}+\underline{E_2})(\underline{E_1}+\underline{E_2})^* = 2\underline{E}^2(1+\cos\phi) \end{cases}$$

$$E = 2E_2(1+\cos\phi)$$

A II 4 $E = 2E_2(1+\cos\phi) = 2E_2\left(1+\cos\frac{4\pi(L-x)}{\lambda_0}\right)$

A III 1 à $t=0$ $x = L$ => $x = vt + L$ d'où $E_2 = 2E_2\left(1+\cos\frac{4\pi v t}{\lambda_0}\right)$

A III 2 $\cos\frac{4\pi v t}{\lambda_0}$ s'écrit $\cos 2\pi f_0 t$ avec $f_0 = \frac{2v}{\lambda_0}$

⚠ remarque intéressante

C'est aussi le décalage de fréquence Doppler entre la fréquence optique émise $f_e = \frac{c}{\lambda_0}$ et la fréquence f_2 reçue après réflexion sur le miroir M_2 animé à v

en effet : $f_2 = f_e\left(1-\frac{2v}{c}\right) \Rightarrow \Delta f_{Doppler} = -\frac{2v}{c}$

au signe près bien sûr, c'est la même fréquence que f_0

A IV 1 $\delta = 2n(L-x)$ A IV 2 $E = 2E_2\left(1+\cos\frac{4\pi n(L-x)}{\lambda}\right)$

$f_0' = \frac{2nv}{\lambda_0}$

A IV 3 $\frac{f_0'-f_0}{f_0} = \frac{n-1}{n} \doteq 3.10^{-4}$ (très faible)