

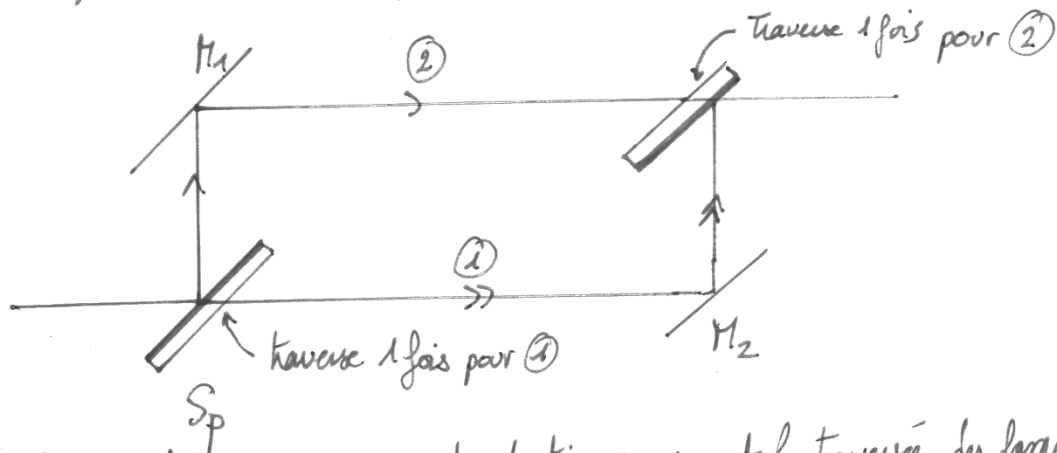
Physique : DM10

Biréfringence du scotch (Centrale MP – 2017)

III.A.1) L'interféromètre de Michelson est un autre dispositif à division d'amplitude. Celui-ci a été inventé fin XIX^{ème} siècle, vers 1881.

III.A.2) Dans l'IM, la lame compensatrice permet aux deux rayons qui interfèrent de traverser une épaisseur de verre voisine.

. Dans l'IMZ, si les 2 lames semi-réfléchissantes sont bien placées, les 2 rayons traversent une épaisseur de verre voisine: une compensatrice est inutile



III.A.3) Les chemins optiques sont identiques à part la traversée des lames:

$$\Rightarrow \underline{S = (n_e - n_o) e = \Delta n \cdot e.}$$

III.A.4) On utilise la formule de Fresnel : $I(r) = 2I_0 \left(1 + \cos \frac{2\pi S}{\lambda}\right)$
 $\Rightarrow$ l'intensité sera uniforme sur l'écran car S ne dépend pas de x .

III.A.5) $I(r)$ sera maximal si $\cos \left(\frac{2\pi S}{\lambda}\right) = 1 \Rightarrow \underline{S = p\lambda \text{ où } p \in \mathbb{Z}}$

III.A.6) On peut travailler en lumière blanche ainsi on aura des longueurs d'ondes pour lesquelles : $S = \left(p + \frac{1}{2}\right) \lambda$

. On observe ainsi des franges de couleur que l'on pourra analyser avec un spectroscope à fibre optique.

Ainsi pour les différentes cannelures on aura :

$$\begin{cases} S = (p + \frac{1}{2}) \lambda_p \\ \delta = (q + \frac{1}{2}) \lambda_q \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{\delta}{\lambda_p} - \frac{\delta}{\lambda_q} = p - q.$$

Si les deux cannelures sont successives : $\Delta m = \left(\frac{1}{\lambda_p} - \frac{1}{\lambda_q} \right) = 1.$

$\Rightarrow$ $\begin{cases} \text{on mesure } e \text{ au palmer} \\ \text{on mesure } \lambda_p \text{ et } \lambda_q \text{ à l'aide du spectroscope} \end{cases}$

$$\Rightarrow \text{on en déduit } \Delta m = \frac{1}{e \left(\frac{1}{\lambda_p} - \frac{1}{\lambda_q} \right)}$$

III.B.1) a) Dans le vide : $\vec{k} = \frac{\omega}{c} \vec{u}_z$

b) Maxwell-Gauss dans le vide : $\text{div } \vec{E} = 0$ pour 10PPH : $i\vec{k} \cdot \vec{E} = 0$

$\Rightarrow \vec{k} \perp \vec{E}$: onde transverse électrique

III.B.2) Avant la lame : $\vec{E} = E_{0x} e^{i(\omega t - \frac{\omega}{c}z)} \vec{u}_x$.

. Dans la lame avec l'origine à l'entrée : $\vec{E} = E_{0x} e^{i(\omega t - \frac{m\omega}{c}z)} \vec{u}_x$

. En $z = e^-$: $\vec{E} = E_{0x} e^{i(\omega t - \frac{m\omega}{c}e)} \vec{u}_x$

. On suppose qu'il y a continuité en $z = e$ d'où : (on néglige la réflexion)

$$\vec{E}(z > e) = E_{0x} e^{-i\frac{m\omega}{c}e} \underbrace{e^{i(\omega t - \frac{\omega}{c}(z-e))}}_{\text{déphasage lié à la lame}} \vec{u}_x$$

III.B.3) a) la linéarité du pb permet d'écrire :

$$\vec{E}(z > e) = \frac{E_0}{\sqrt{2}} e^{i(\omega t - \frac{\omega}{c}(z-e))} \begin{vmatrix} e^{-i\frac{m\omega}{c}e} \vec{u}_x \\ e^{-i\frac{m\omega}{c}e} \vec{u}_y \end{vmatrix}$$

⑥ Après la lame, en général l'onde n'est plus polarisée rectilignement, on a :

$$\vec{E}(z)e = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \cos(\omega t - \frac{\omega}{c}(z-e+m_0e)) \\ \cos(\omega t - \frac{\omega}{c}(z-e+m_1e)) \end{pmatrix} = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \cos(\omega t + \varphi) \\ \cos(\omega t + \varphi + \Delta\varphi) \end{pmatrix}$$

où $\Delta\varphi = \frac{\omega(m_1 - m_0)e}{c}$

Il faut $\Delta\varphi = 2p\pi$ pour retrouver une onde polarisée rectilignement, sinon on aura une onde polarisée elliptiquement.

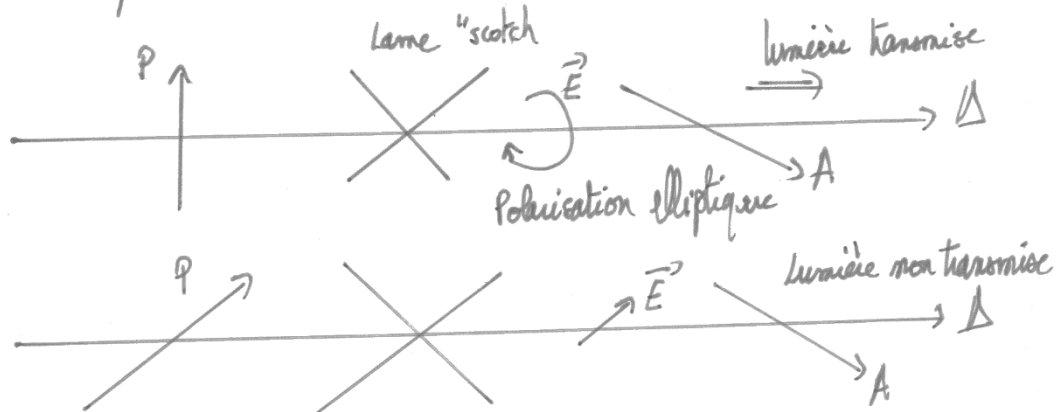
⑦ Si $\Delta\varphi = 2p\pi \Leftrightarrow \frac{2\pi S}{\lambda} = 2p\pi \Leftrightarrow S = p\lambda$ alors :

$\vec{E} = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \cos(\omega t + \varphi) \begin{pmatrix} \vec{u}_x \\ \vec{u}_y \end{pmatrix}$, l'onde est polarisée rectilignement selon la 1^{ère} bissectrice

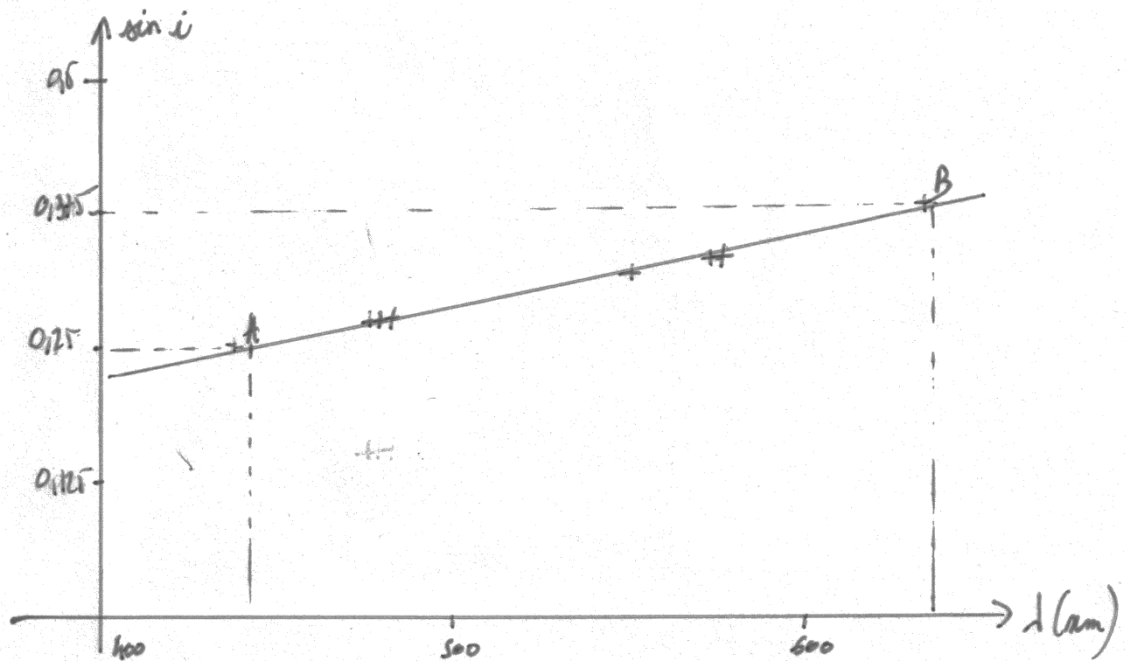
III.C.1) ① 1 polariseur et 1 analyseur sont associés si leur association ne transmet pas de lumière.

② Pour repérer les lignes neutres d'un ruban on introduit le ruban entre P et A associés.

Cependant si on attaque le ruban adhésif avec 1 OPPIH selon l'un des axes de la lame l'onde ressort polarisée rectilignement selon cet axe et pourra éteindre la lumière.



M.C.2) a) Si on travaille en incidence normale : $\sin i = \frac{p\lambda}{a}$ avec $p=1$ pour l'ordre 1.



la pente vaut : $m = \frac{(0,175 - 0,125)}{(650 - 400)} \cdot 10^3 \approx \underline{625 \text{ traits/mm}}$

D'où : $\underline{a = 1,6 \mu\text{m}}$

- b) l'incertitude est causée par :
- le réglage imprécis de la normale.
 - l'incertitude de lecture des angles.
 - le fait de travailler dans l'ordre 1. (ordre 2, meilleure résolution)

M.C.3) a) les raies absorbées sont telles que : $(m_e - m_o)e = p\lambda$ si P et A sont croisés

b) Il faut 3 épaisseurs pour observer une extinction d'où :

$$(m_e - m_o) \cdot 3e = p\lambda$$

$$\Leftrightarrow \Delta m = \frac{p\lambda}{3e}$$

Si on prend $\lambda \in [380 \text{ nm} / 750 \text{ nm}]$ on obtient pour $p=1$

$$4,5 \cdot 10^{-3} \leq \Delta m \leq 8,9 \cdot 10^{-3}$$

$$\Rightarrow \underline{(\Delta m)_{\text{max}} = 8,9 \cdot 10^{-3}}$$

③. Pour 10 épaisseurs on observe 4 extinctions :

$$\begin{cases} \Delta n \cdot 10e = p \lambda_p \\ \Delta n \cdot 10e = (p+3) \lambda_{p+3} \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \Delta n \cdot 10e \left(\frac{1}{\lambda_{p+3}} - \frac{1}{\lambda_p} \right) = 3.$$

$$\Leftrightarrow \Delta n = \frac{3}{10e} \left(\frac{1}{\lambda_{p+3}} - \frac{1}{\lambda_p} \right)^{-1} = \underline{\underline{0,0128}}$$

• des auteurs ont obtenu : $\Delta n = 0,0139 \Rightarrow \eta = 8\%$

M.C.4) ① des 2 bras correspondent aux 2 polarisations selon les lignes neutres de la lame. Ils permettent d'introduire une δ . La division d'amplitude se fait à l'entrée de la lame par projection sur les 2 axes neutres. (ou sur les lames SR).

② A la sortie de l'analyseur on a : $I = I_x + I_y + 2\sqrt{I_x I_y} \cos\left(\frac{2\pi\delta}{\lambda}\right)$
ou $\delta = \Delta n e$.

$$\Rightarrow C = \frac{2\sqrt{I_x I_y}}{I_x + I_y} \text{ qui est maximum si } I_x = I_y$$

Dans le contraste C est maximal si $I_x = I_y \Leftrightarrow E_{0x} = E_{0y}$