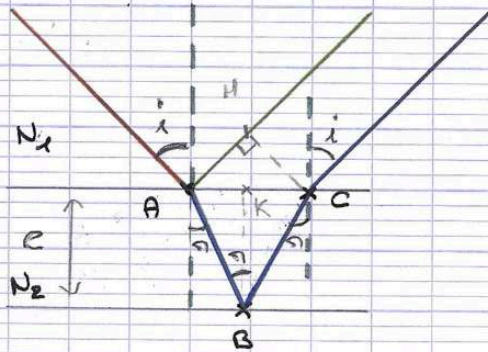


Les ondes lumineuses

Optique

Exercice 2



CH est la trace d'un plan d'onde E_1 de la 1^{ère} onde ($\perp AR_1$) mais c'est la trace d'un plan d'onde E_2 de la 2^{ème} onde. ($\perp CR_2$)

Même si E_1 et E_2 sont conjugués géométriquement ils présentent une différence de phase φ qui résulte du fait que le chemin optique S_2 diffère du chemin optique S_1 .
On cherche $S_2 - S_1$

$$S_{2/1} = S_2 - S_1 = \overline{ABC} - \overline{AH} = S_{AC} - S_{AH}$$

$$\Rightarrow \varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} S_{2/1}$$

$$S_2 = 2 S_{AB} = 2 N_2 AB = 2 N_2 \frac{e}{\cos r}$$

$$S_1 = S_{AH} = N_1 AH = N_1 AC \sin i$$

$$= 2 N_1 e \tan r \sin i$$

$$= 2 N_1 e \frac{\sin r \sin i}{\cos r}$$

$$= 2 N_2 e \frac{\sin^2 r}{\cos r}$$

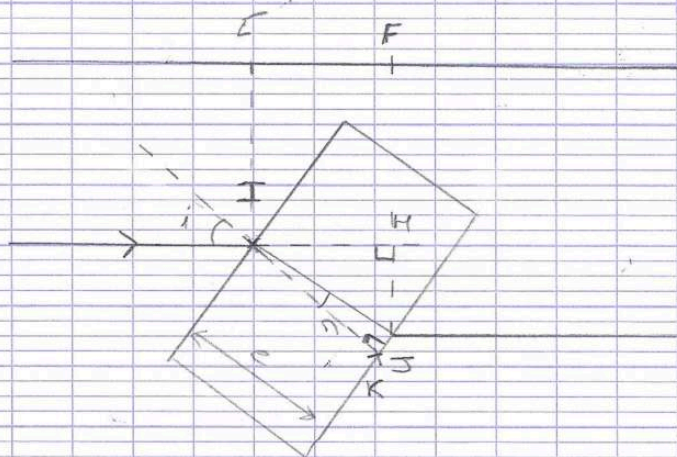
$$\text{on } AC = 2e \tan r$$

$$\text{on } N_1 \sin i = N_2 \sin r$$

$$S_{2/1} = 2 N_2 e \left(\frac{1}{\cos r} - \frac{\sin^2 r}{\cos r} \right)$$

$$= \underline{2 N_2 e \cos r}$$

La théorie électromagnétique établit que, lors de la réflexion sur un diélectrique séparant 2 milieux parfaitement transparents, il y a changement de signe pour le champ électrique si l'indice du second est supérieur au premier $N_2 > N_1$ (Rien dans le cas contraire). Un changement de signe équivaut à un déphasage qui vaut π ie une addition $\frac{\lambda_0}{2}$.



$$\delta_{2/1} = \delta_2 - \delta_1 = \delta_{IJ} - \delta_{KF}$$

$$\delta_2 = \delta_{IJ} = N_2 IJ = N_2 \frac{e}{\cos \eta}$$

$$\delta_{KF} = N_1 KF = N_1 IH = N_1 IJ \cos(i - \eta)$$

$$= N_1 e \frac{\cos(i - \eta)}{\cos \eta} = N_1 e \frac{\cos i \cos \eta + \sin i \sin \eta}{\cos \eta}$$

$$= N_1 e \cos i + N_1 e \frac{\sin i \sin \eta}{\cos \eta} \quad \text{on } N_1 \sin i = N_2 \sin \eta$$

$$= N_1 e \cos i + N_2 e \frac{\sin^2 \eta}{\cos \eta}$$

$$\delta_{2/1} = \delta_2 - \delta_1 = N_2 \frac{e}{\cos \eta} - N_2 e \frac{\sin^2 \eta}{\cos \eta} - N_1 e \cos i$$

$$= e (N_2 \cos \eta - N_1 \cos i)$$

Onde 1 $\Psi_1(\vec{n}, t) = A \cos(\omega t - \varphi_1(\vec{n})) = A \cos \Phi(\vec{n}, t)$ *optique*
 — 2 $\Psi_2(\vec{n}, t) = A \cos(\omega t - \varphi_2(\vec{n})) = A \cos \Phi(\vec{n}, t)$

$$\begin{aligned} \Delta \Phi &= \Phi(\vec{n}, t) - \Phi(\vec{n}, t) = \omega t - \varphi_2(\vec{n}) - (\omega t - \varphi_1(\vec{n})) \\ &= \varphi_1(\vec{n}) - \varphi_2(\vec{n}) = -\Delta \varphi \\ \Rightarrow \Delta \Phi &= -\Delta \varphi \end{aligned}$$

Dispositif 1 $\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} (\delta_2 - \delta_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (2N_2 e \cos \eta + \frac{\lambda_0}{2})$

$$\begin{aligned} \Delta \Phi < 0 &\Rightarrow \Phi_1(\vec{n}, t) > \Phi_2(\vec{n}, t) \rightarrow \text{onde 1 en avance} \\ \Delta \varphi &= \varphi_2(\vec{n}) - \varphi_1(\vec{n}) > 0 \\ &= \varphi_2(\vec{n}) > \varphi_1(\vec{n}) \quad \text{onde 1 en avance} \end{aligned}$$

Dispositif 2 $\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} [N_2 \cos \eta - N_1 \cos i]$

$N_2 > N_1$ alors $i > \eta \Rightarrow \cos i < \cos \eta \Rightarrow \delta > 0$ 1 en avance

$N_2 < N_1$ alors $i < \eta \Rightarrow \cos i > \cos \eta \Rightarrow \delta < 0$ 2 en avance

$i = 45^\circ$ $N_1 = 1$ $N_2 = 1,5$
 $N_2 \sin \eta = N_1 \sin i \Rightarrow \sin \eta = \frac{N_1}{N_2} \sin i$

$$\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (N_2 \cos \eta - N_1 \sin i) = \frac{1}{1,5} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{3}, \eta = 28,1^\circ$$

$$\frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\begin{aligned} d(\Delta \varphi) &= \frac{2\pi}{\lambda} (e(N_2 d(\cos \eta) - N_1 d(\cos i))) \\ &= \frac{2\pi}{\lambda} (e(N_1 \sin i - N_2 \sin \eta)) \end{aligned}$$

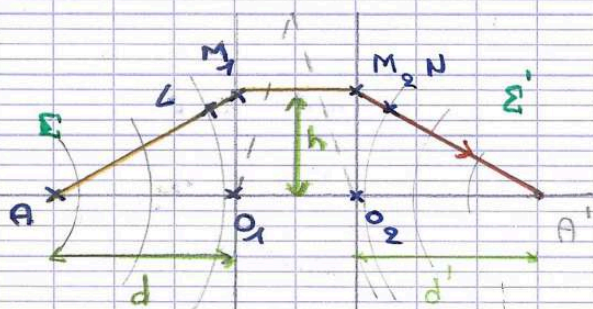
on $N_1 \sin i = N_2 \sin \eta$
 $\Rightarrow N_1 \cos i di = N_2 \cos \eta d\eta$

$$\Rightarrow dn = \frac{N_1 \cos i}{N_2 \cos r} di$$

$$d(\Delta\varphi) = \frac{2\pi}{\lambda} e (N_1 \sin i - \frac{N_1 \sin r \cos i}{\cos r})$$

$$= \frac{2\pi}{\lambda} e N_1 \frac{\sin i \cos r - \sin r \cos i}{\cos r} di$$

Exercice 4



- 1) Émission à partir de A d'une onde sphérique divergente
→ tous les points de la sphère de centre A et de rayon

$$AO_1 = d \text{ sont équiphasés} \rightarrow \delta_{AK} = \delta_{AO_1}$$

$$\varphi(M_1) - \varphi(O_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (\delta_{AM_1} - \delta_{AO_1}) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (\delta_{AK} + \delta_{CM_1} - \delta_{AO_1})$$

$$= \frac{2\pi}{\lambda_0} \delta_{CM_1}$$

ici $m \approx 1 \Rightarrow \delta_{CM_1} = CM_1 = AM_1 - AK = AM_1 - d$
et $AM_1^2 = d^2 + h^2 = d^2 (1 + (h/d)^2)$

$$\Rightarrow AM_1 = d(1 + (h/d)^2)^{1/2} \approx d(1 + \frac{h^2}{2d^2}) \approx d + \frac{h^2}{2d}$$

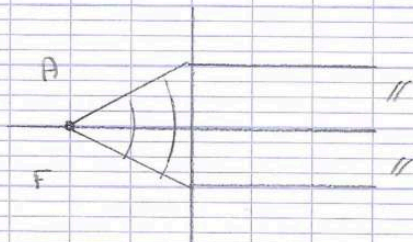
donc $\delta_{CM_1} = AM_1 - d = d + \frac{h^2}{2d} - d$

$$\Rightarrow \delta_{CM_1} = \frac{h^2}{2d} \Rightarrow \varphi(M_1) - \varphi(O_1) = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{h^2}{2d}$$

$$\varphi(M_2) - \varphi(M_1) = \frac{2\pi}{\lambda} (\delta_{AM_2} - \delta_{AO_2}) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (\delta_{AK} + \delta_{CM_1} + \delta_{M_1M_2})$$

$$\begin{aligned}
 -(\delta_{O_1} + \delta_{O_2}) &= \frac{2\pi}{\lambda_0} [\delta_{M_1} + \delta_{M_1 M_2} + \delta_{O_1 O_2}] \\
 &= \frac{2\pi}{\lambda_0} \left[\frac{h^2}{2d} + \delta_0 - \frac{c}{2} h^2 - \delta_0 \right] \\
 \Rightarrow \varphi(M_2) - \varphi(O_2) &= \frac{2\pi}{\lambda_0} \frac{h^2}{2} \left[\frac{1}{d} - c \right]
 \end{aligned}$$

2) Pour que l'onde qui sort de la fente soit une onde plane uniforme plan (Ox) de fait que M_2 et O_2 soient équiphas $\Rightarrow \varphi(M_2) - \varphi(O_2) = 0$
 $\Rightarrow c = \frac{1}{d}$



On identifie $d = g'$.
 $c = \frac{1}{g'}$

On souhaite que E' soit une onde sphérique convergente vers A' , donc les points N et O_2 tel que $A'N = AO_2 = d'$ soient équiphas.
 $\Rightarrow \varphi(N) - \varphi(O_2) = 0$

$$\begin{aligned}
 \varphi(N) - \varphi(O_2) &= \frac{2\pi}{\lambda_0} [\delta_{AN} - \delta_{AO_2}] = \frac{2\pi}{\lambda_0} [(\delta_{AC} + \delta_{CM_1} + \delta_{M_1 M_2} + \delta_{M_2 N}) - (\delta_{AO_1} + \delta_{O_1 O_2})] \\
 \varphi(N) - \varphi(O_2) &= \frac{2\pi}{\lambda_0} \left[\frac{h^2}{2d} + \delta_0 - \frac{ch^2}{2} + \frac{h^2}{2d'} - \delta_0 \right] \\
 \varphi(N) - \varphi(O_2) &= \frac{2\pi}{\lambda_0} \frac{h^2}{2} \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} - c \right) \\
 \Rightarrow \varphi(N) - \varphi(O_2) = 0 &\Rightarrow \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} - c = 0
 \end{aligned}$$

on a $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{g'}$

Rappel : Angle solide

Par définition $\Omega = \frac{S}{R^2}$ de S est la surface de la projection de l'objet sur une sphère de rayon R (Analogie d'un angle, où $\theta = \frac{l}{R}$ avec l la longueur de l'arc).

$$\Omega_{\text{esp}} = 4\pi$$

$$\Omega_{\text{demi esp}} = 2\pi$$

$$\Omega_{\text{cone}} = 2\pi(1 - \cos \alpha)$$

$$\int_0^\alpha \frac{dS}{R^2}$$

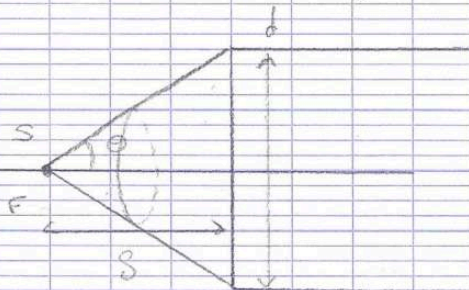
Exercice 7

1) $P = IS$ et S étant la surface occupée

$$\text{P'onde} \Rightarrow S = 4\pi R_0^2$$

$$I_0 = \frac{P}{4\pi R_0^2} = \frac{100}{4\pi} = \frac{25}{\pi} \text{ W.m}^{-2} \approx 7,96 \text{ W.m}^{-2}$$

2)



$$P_{\text{collectée}} = \frac{\Omega}{4\pi} P_r = \frac{2\pi(1 - \cos \theta)}{4\pi} P_r$$

$$\tan \theta = \frac{d}{28} = \frac{1}{8} \Rightarrow \theta = 7,125^\circ$$

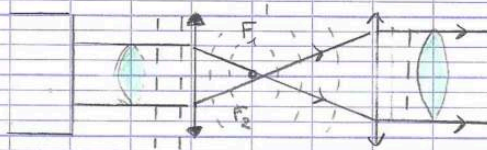
$$\cos \theta =$$

$$P_{\text{collectée}} = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ W.}$$

onde plane donc $\neq$ pas d'influence de la distance

$$\frac{P}{S_{\text{surface}}} = \frac{P_{\text{collectée}}}{\pi d^2} = \frac{1P}{\pi d^2} = 7,95 \text{ W.m}^{-2}$$

Exercice 6



photodiode
OpK
 $\langle i \rangle = 500 \mu A$
 $\lambda = 650 \text{ nm}$

$$1) \quad g_2 = 5 g_1 \quad \begin{cases} \omega = \frac{2\pi c}{\lambda_0} = 3,67 \cdot 10^{15} \text{ rad.s}^{-1} \\ k = \frac{2\pi}{\lambda_0} = 1,22 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} \end{cases}$$

$$2) \quad \text{Avant } L_1: \vec{E}(r, t) = \vec{E}_0 e^{i(\omega t - k \vec{r})}$$

onde plane

$$\text{Entre } L_1 \text{ et } F: \vec{E}(r, t) = \frac{\vec{E}_1}{r} e^{i(\omega t + k r)}$$

sphérique convergente

$$\text{Entre } F \text{ et } L_2: \vec{E}(r, t) = \frac{\vec{E}_1}{r} e^{i(\omega t - k r)}$$

divergente

$$\text{Après } L_2: \vec{E}(r, t) = \vec{E}_2 e^{i(\omega t - k \vec{r})}$$

plane

3) On cherche l'intensité de l'onde plane à la sortie du Paon.

$$I_2 = \frac{P}{K \lambda^2} \langle i \rangle = 1000 \text{ W.m}^{-2}$$

$P_2 = I_2 s_2$ avec $s_2 = \pi r_2^2$ comme le système est sans perte, c'est aussi la puissance du Paon.

$$P = I_1 s_1 = I_2 s_2$$

$$\Rightarrow I_1 = I_2 \left(\frac{s_2}{s_1} \right)$$

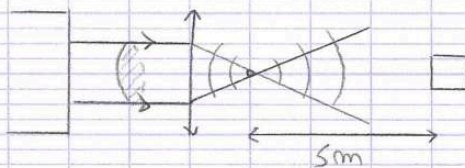
$$\text{on } \frac{R_2}{R_1} = \frac{s_2}{s_1} = 5 \quad (\text{Thalès})$$

$$\text{Comme } I_1 = I_2 \frac{s_2}{s_1} = I_2 \frac{\pi R_2^2}{\pi R_1^2} = 25 \cdot 1000 \text{ W/m}^2$$

$$= I_2 \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^2 = 25 I_2$$

On cherche $\vec{E}_0$: $I_1 = \langle \vec{S}(M, t) \rangle_\tau = mc\epsilon_0 \langle \vec{E}^2 \rangle_\tau$
 ici $\tau = 10^{-6}$ s $\Rightarrow \tau \gg T = \frac{2\pi}{\omega}$
 $\Rightarrow \langle \vec{E}^2 \rangle_\tau = \frac{\vec{E}_0^2}{2} \rightarrow I_1 = mc\epsilon_0 \frac{\vec{E}_0^2}{2} \Rightarrow \vec{E}_0 = \sqrt{\frac{2I_1}{mc\epsilon_0}}$
 $\Rightarrow \vec{E}_0 = 4341 \text{ V.m}^{-1}$

4) $P = I_1 S_1 = 25 \cdot 10^3 \times 10^{-6} = 25 \text{ mW}$



5) 1^{ère} méthode

Champ après L_1 : $\vec{E}_1(n) = \frac{\vec{E}_1}{n} e^{j(\omega t + kn)}$
 avec $\frac{E_1}{g_1} = \vec{E}_0$ car la surface de l'onde est la même de part et d'autre de la lentille au voisinage de L_1

Après F : $\vec{E}(n) = \frac{\vec{E}_1}{n} e^{j(\omega t - kn)} = \frac{g_1 \vec{E}_0}{n} e^{j(\omega t - kn)}$

Amplitude à la distance n

$$A(n) = \frac{g_1 \vec{E}_0}{n}$$

$$A(n = 5 \text{ m}) = \frac{10^{-2}}{5} \times \vec{E}_0 = 2 \cdot 10^{-3} \times 4341 = 2 \cdot 10^{-3} \times 4341$$

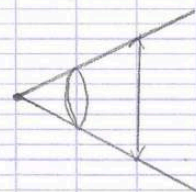
$$= 8,682 \text{ V.m}^{-1}$$

2^{ème} méthode :

Rappel, $\alpha \text{ m}^{-1}$

$$P_{\text{collecte}} = \frac{R}{2} P_{\text{Lentille}}$$

$$\Rightarrow P_s = \frac{g_1}{R} P_{\text{Lentille}}$$



$$P = \frac{g_1}{R} P_{\text{Lentille}}$$

$$I = \frac{P}{S} = \frac{g_1 P_{\text{Lentille}}}{R g_1 R^2} = \frac{P_{\text{Lentille}}}{R R^2} \text{ et } R = 2n(1 - \cos \theta)$$

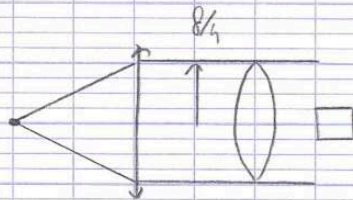
$$\theta \text{ petit} \Rightarrow \cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2} = \Omega = 2\pi [1 - (1 - \frac{\theta^2}{2})] \text{ opt} \\ \approx \pi \theta^2$$

$$\Rightarrow \Omega \approx \pi \tan^2 \theta \approx \pi \left(\frac{R_1}{g_1} \right)^2 = \frac{21}{g_1^2}$$

$$I = \frac{g_1^2 P_{\text{Laser}}}{R^2 s_1} = \frac{(10^{-2})^2 \times 25 \cdot 10^{-3}}{5^2 \times 10^{10}} = \frac{10^{-7}}{10^8} = 0,1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Exercice 8

1)



$$I = \frac{i}{\kappa \sigma} \quad , \quad P_{\text{GaAs}} = I \cdot S = \frac{i}{\kappa \sigma} \pi \frac{g^2}{16}$$

$$P_{\text{Laser}} = P_{\text{GaAs}} \times \frac{1\pi}{\Omega} = \frac{1\pi i \pi g^2}{\kappa \sigma 16 2\pi (1 - \cos \theta)}$$

$$P_{\text{Laser}} = \frac{i \pi g^2}{8 \kappa \sigma (1 - \cos \theta)}$$

$$= 10,6 \text{ mW}$$

$$\text{on } \tan \theta = \frac{1}{4} \Rightarrow \theta = 14^\circ$$

$$2) \quad I(2g) = \frac{P_{\text{source}}}{2g^2 \epsilon} = \frac{P_{\text{source}}}{4\pi (2g)^2}$$

$$= \frac{P_{\text{source}}}{16\pi g^2}$$

$$P'_{\text{reflex}} = I(2g) \times \sigma$$

$$i' = \kappa \sigma I(2g)$$

$$= 0,5 \times 0,5 \times 10^{-6} \times 10,6 \cdot 10^{-3} \\ = \frac{\kappa \sigma P_{\text{source}}}{16 \pi g^2} = 33 \text{ nA}$$

Chapitre 2

Exercice 2 : interférométrie de Rayleigh

1) voir schéma

$$2) \delta_{2/1} = \delta_2 - \delta_1 = p(m_2 - m_1)$$

$$\varphi_{2/1} = \frac{2\pi}{\lambda_0} p(m_2 - m_1)$$

3) Interférences de deux ondes monochromatiques totalement cohérentes qui issues de la même source séparées par division du front d'onde.

$$I(D) = I_1(D) + I_2(D) + 2\sqrt{I_1(D)I_2(D)} \cos \varphi_{2/1}(D)$$

$$\text{avec } I_1(D) = I_2(D) = I_0$$

$$\begin{aligned} \text{donc } I(D) &= 2I_0 (1 + \cos \varphi_{2/1}(D)) \\ &= 2I_0 \left[1 + \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda_0} p(m_2 - m_1) \right) \right] \end{aligned}$$

$$4) \text{État initial : } m_1 = m_2 = m_0 \Rightarrow \varphi_{2/1}^{\text{initial}}(D) = 0$$

$$\Rightarrow I(D) = 4I_0 = I_{\max}$$

$$\text{ordre d'interférence } p = \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{\delta}{\lambda_0} = 0$$

$$\text{État final } \begin{cases} m_1 = m_0 \\ m_2 = m_{\text{vide}} = 1 \end{cases}$$

$$I(D) = 2I_0 (1 + \cos \frac{2\pi}{\lambda_0} (1 - m_0)) = 0 = I_{\min}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow |p^{\text{final}}| &= 268,5 \\ &= \left| \frac{p(1 - m_0)}{\lambda_0} \right| \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_0 &= 1 + 268,5 \cdot \frac{\lambda_0}{p} \\ &= 1,00293. \end{aligned}$$

Chapitre 3

6
opt

Exercice 3 - Interférométrie de Young

1) a) $a \ll g_2'$ et $y \ll g_2'$

$$s_{2/H} = s_2 P - s_1 P \approx s_2 H$$

$$s_{2/H} = a \sin \theta \approx a \tan \theta \approx \frac{ay}{g_2'}$$

$$\Rightarrow \varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} \frac{ay}{g_2'} \quad m=1$$

b) Onde 1 : $E_1(p) = E_0 e^{+i(\omega t - \varphi_1(P))}$

Onde 2 : $E_2(p) = E_0 e^{+i(\omega t - \varphi_2(P))}$

En P : $E_T(P) = E_1(P) + E_2(P)$

$$= E_0 e^{i(\omega t - \varphi_1)} (1 + e^{-i(\varphi_2 - \varphi_1)})$$

$i=j$

$$= E_0 e^{i(\omega t - \varphi_1)} (1 + e^{-j\varphi})$$

$$= E_0 e^{j(\omega t - \varphi_1)} e^{-j\varphi/2} (e^{j\varphi/2} + e^{-j\varphi/2})$$

$$= E_0 e^{j(\omega t - \varphi_1)} e^{-j\varphi/2} 2 \cos \varphi/2$$

et $I(P) = \frac{1}{2} c \epsilon_0 E(P) E^*(P)$

$$= \frac{1}{2} c \epsilon_0 4 E_0^2 \cos^2 \frac{\varphi}{2}$$

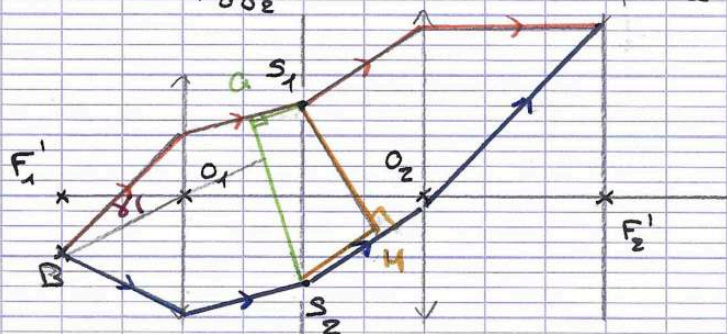
on $I_0 = \frac{1}{2} c \epsilon_0 E_0^2$

$$\Rightarrow I(P) = 4 I_0 \cos^2 \frac{\varphi}{2}$$

$$= 2 I_0 (1 + \cos \varphi)$$

c) $p = \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{ay(p)}{\lambda_0 g_2'} \Leftrightarrow y(p) = p \frac{\lambda_0 g_2'}{a} \Leftrightarrow y(10) = 5 \text{ mm}$

2) a)



$$\begin{aligned} b &\ll g_1' \\ a &\ll g_2' \\ y &\ll g_2' \end{aligned}$$

$$S_{2/1} = S_2 H - Q S_1$$

$$S'_{2/1} = \frac{ay}{g'_1} - \frac{cb}{g'_1}$$

$$b) I'(y) = 2I_0 \left[1 + \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} a \left(\frac{y}{g'_2} - \frac{b}{g'_1} \right) \right) \right]$$

$$c) i = \frac{\Delta y}{g'_1} \text{ pour } \Delta p = 1$$

$$p = \frac{\phi}{2\pi} = \frac{a}{\lambda_0} \left(\frac{y_0}{g'_2} - \frac{b}{g'_1} \right)$$

$$p+1 = \frac{a}{\lambda_0} \left(\frac{y_{p+1}}{g'_2} - \frac{b}{g'_1} \right)$$

$$\Delta p = 1 = \frac{a}{\lambda_0} \left[\frac{y_{p+1}}{g'_2} - \frac{b}{g'_1} - \frac{y_p}{g'_2} + \frac{b}{g'_1} \right]$$

$$= \frac{a \Delta y}{\lambda g'_2} \Rightarrow i = \Delta y = \frac{\lambda g'_2}{a}$$

Position de la frange centrale, frange telle que

pour $S' = 0$

$$S' = 0 = \frac{ay_0}{g'_2} - \frac{cb}{g'_1}$$

$$\Rightarrow y_0 = b \frac{g'_2}{g'_1} = 5 \text{ mm}$$

3) a) On a deux sources incohérentes

$$I''(y) = I(y) + I'(y)$$

$$I''(y) = 2I_0 \left\{ 1 + \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{ay}{g'_2} \right) + 1 + \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} a \left(\frac{y}{g'_2} - \frac{b}{g'_1} \right) \right) \right\}$$

$$\text{on } \cos p + \cos q = 2 \cos \left(\frac{p+q}{2} \right) \cos \left(\frac{p-q}{2} \right)$$

$$\Rightarrow I''(y) = 4I_0 \left\{ 1 + \cos \left(\frac{\pi ab}{\lambda g'_1} \right) \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} a \left(\frac{y}{g'_2} - \frac{b}{2g'_1} \right) \right) \right\}$$

On obtient $I''(y) = 4I_0 \left\{ 1 + V \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} a \left(\frac{y}{g'_2} - \frac{b}{2g'_1} \right) \right] \right\}$
avec $V = \cos \left(\frac{\pi ab}{\lambda g'_1} \right)$ facteur de visibilité des franges.

Avec les deux zones les deux systèmes de franges se recouvrent. La figure d'interférence dépend de V fixé par les paramètres du montage. Ce système présentera des franges brillantes quand $\cos \mu = 1$ avec une intensité $I''_{\max}(y) = 4I_0(1+V)$ et des franges sombres quand $\cos \mu = -1$ avec $I''_{\min} = 4I_0(1-V)$.

$$\text{Contraste : } \frac{I''_{\max} - I''_{\min}}{I''_{\max} + I''_{\min}} = \frac{8I_0 V}{8I_0} = V.$$

b) Les franges disparaissent si $V=0 \Leftrightarrow \cos\left(\frac{\pi ab}{\lambda g_1}\right) = 0$
 $\Rightarrow \frac{\pi ab}{\lambda g_1} = (2q+1)\frac{\pi}{2} \quad q \text{ entier} \Rightarrow b = (2q+1)\frac{\lambda g_1}{2}$

$$\Rightarrow b = (2q+1) \frac{\lambda g_1}{2}$$

c) Michelson doit utiliser des distances variables (équivalent des trous de Young)

$$\text{tan } \alpha g = \frac{b}{g_1} \approx \alpha g$$

$$= \alpha g = \left(2q + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2}$$

Exercice 7 - Interféromètre de Michelson

1) 2) $\delta_{e/1} = 2x$ (car $m=1$)

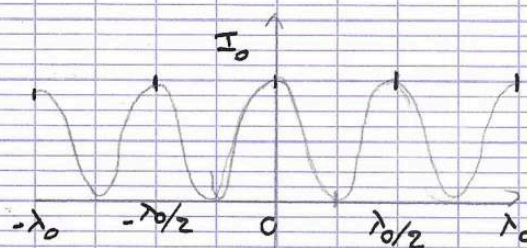
$$I = \frac{I_0}{2} \left(1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0} \delta_{e/1}\right)\right) = \frac{I_0}{2} \left(1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0} 2x\right)\right)$$

en $x=0$ (contact optique) $\Rightarrow I = I_{\max} = I_0$

$$I = I_{\max} = I_0 \quad \text{quand} \quad \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0} 2x\right) = 1$$

$$\Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda_0} 2x_R = 2k\pi$$

$$x_R = R \frac{\lambda_0}{2}$$



$$\Delta x = 2 \mu\text{m}$$

$$2 \mu\text{m} = R \lambda/2$$

$$\Delta S = 4 \mu\text{m} = 8\lambda$$

$$4 \mu\text{m} = R 0,5 \mu\text{m}$$

$\rightarrow$ 16 minimum de 1^{er} ordre

$$p = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{2x}{\lambda} = \frac{2 \times 5}{5 \cdot 10^{-4}} = 20 \text{ 000} \quad \text{ordre d'interférence.}$$

$$\text{en } x = 0,5 \text{ cm}$$

$$p \text{ entier donc } I(x = 0,5 \text{ cm}) = I_{\text{max}} = I_0$$

3) a) Voir cours

$$\delta = 2x \cos(\alpha) \quad (\text{distance entre } S_1 \text{ et } S_2')$$

$$b) \delta = 2x \left(1 - \frac{\alpha^2}{2}\right) \quad \text{on } \tan \alpha = \frac{\eta}{g'} \approx \alpha$$

$$= 2x \left(1 - \frac{\eta^2}{2g'^2}\right)$$

$$c) I(\eta) = \frac{I_0}{2} \left\{ 1 + \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda_0} 2x \left(1 - \frac{\eta^2}{2g'^2}\right) \right] \right\}$$

$$d) \text{ Ordre d'interférence } p = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{2x}{\lambda} \left(1 - \frac{\eta^2}{2g'^2}\right)$$

$$\text{à } x \text{ fixe, } p(\eta) = \text{cte} \Rightarrow \eta = \text{cte} \\ \theta = \text{cte}$$

donc les franges sont des anneaux de centre F'
on a une succession d'anneaux noirs et brillants
Au centre de l'écran, donc en F' , en $\eta = 0$,

$$\text{donc } p_0 = \frac{2x}{\lambda} = 20 \text{ 000}$$

Donc en F' , l'ordre d'interférence est entier
L'intensité est maximale donc $I(\eta=0) = I$

L'intensité est maximale donc $I(n=0) = I_0$
centre brillant.

$$p(n_1) = p_0 - 1$$

$$p(n) = \frac{2x}{\lambda_0} - x \frac{n}{\lambda_0 g^{1/2}} = p_0 - n^2 \frac{x}{\lambda_0 g^{1/2}}$$

$$p(n_1) = p_0 - n_1^2 \frac{x}{\lambda_0 g^{1/2}}$$

$$n_1 = g^{1/2} \sqrt{\frac{\lambda}{x}}$$

g) Quand x diminue on a p qui ^{diminue} ~~augmente~~ donc les
anneaux brillants se déplacent et n augmente

Le m -ième anneaux brillent

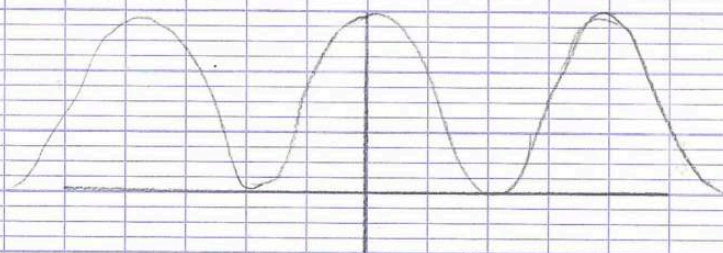
$$p_m = p_0 - m = p_0 - x \frac{n_m^2}{\lambda_0 g^{1/2}}$$

$$\Rightarrow n_m = g^{1/2} \sqrt{m} \sqrt{\frac{\lambda}{x}} \quad n_m \propto \frac{1}{\sqrt{x}}$$

Exercice 8 - Interféromètre de Michelson en lumière polychromatique

1) a) Voir cours

$$b) I(m) = \frac{I_s}{2} (1 + \cos(\frac{2\pi}{\lambda} 2x)) \quad \text{car } m=1$$



c) Le 1000 minimum correspond à $p = 1000 - 1/2$
 comme $p = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{2x}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{2x}{p} = 0,6327564 \mu\text{m}$

$$\Delta\lambda = \frac{\Delta x}{x} = 2 \cdot 10^{-5} \mu\text{m}$$

autre méthode $\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} 2x\right) = -1$

$$\frac{2\pi}{\lambda} 2x = (2R+1)\pi \quad R = 555,5$$

$$\lambda = 0,63218 \mu\text{m}.$$

d) État initial $\varphi_{2/4}^{\text{vide}} = \frac{2\pi}{\lambda} 2x$

final $\varphi_{2/4}^{\text{air}} = \frac{2\pi}{\lambda} 2x_{\text{max}}$

et $\Delta\varphi = \varphi_{2/4}^{\text{air}} - \varphi_{2/4}^{\text{vide}} = 2\pi$
 $\Rightarrow -\frac{2x}{\lambda} + \frac{2x_{\text{max}}}{\lambda} = 1$

$$m-1 = \frac{\lambda}{2x} = 2 \cdot 10^{-3}$$

$$m = 1,002$$

$$\begin{aligned} 2) I'(x) &= I(x, \lambda_1) + I(x, \lambda_2) \\ &= \frac{I_s}{2} \left(1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_1} 2x\right)\right) + \frac{I_s}{2} \left(1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_2} 2x\right)\right) \\ &= \frac{I_s}{2} \left\{ 2 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_1} 2x\right) + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_2} 2x\right) \right\} \\ &= \frac{I_s}{2} \left\{ 1 + \cos[2\pi(\sigma_1 - \sigma_2)] \cos[2\pi(\sigma_1 + \sigma_2)] \right\} \end{aligned}$$

En général $\sigma_1 - \sigma_2 \ll \sigma_1 + \sigma_2$, donc la période de 1^{er} cos est beaucoup plus grande que celle de 2^{ème}

$$I_- = \frac{1}{\sigma_1 + \sigma_2}$$

zur gegebene

$$\Delta x = X = \frac{1}{2(\sigma_1 - \sigma_2)}$$

$$\sigma = \frac{f}{\lambda} \Rightarrow d\lambda = -\frac{d\sigma}{\sigma^2} \Rightarrow \Delta\lambda = \frac{\Delta\sigma}{\sigma^2}$$

$$q = \frac{2\pi}{\lambda} \delta = \frac{4\pi h y}{\lambda (D+L)}$$

Déphasage de π à la réflexion
 " $\varphi = \pi$ " $\Rightarrow \delta = \frac{\lambda}{2}$

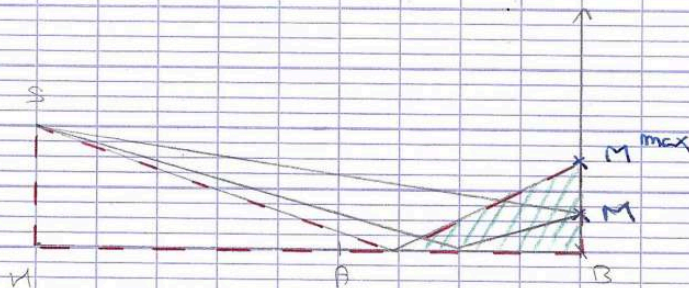
$$\varphi = \frac{4\pi hy}{\lambda(D+L)} + \pi$$

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \delta = \pi \Rightarrow \delta = \frac{\lambda}{2}$$

$$\delta = \frac{2hy}{D+L} + \frac{\lambda}{2}$$

Interférence des de deux ondes cohérentes de même intensité I_0 , alors

$$I(y) = 2I_0 \left\{ 1 - \cos \left(\frac{4\pi hy}{\lambda(D+L)} \right) \right\}$$



$$\lambda = 596 \text{ nm}$$

$$h \ll D$$

$$h \ll L$$

$$y \ll L \text{ et } D$$

Champ d'interférence $y_{\max} = \frac{L}{D} h = 0,5 \text{ mm}$

$$i = \frac{\lambda(D+L)}{2h} = 0,0813 \text{ mm}$$

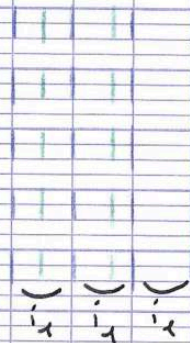
$$N = \frac{y_{\max}}{i} = 6,105 \left\{ \begin{array}{l} 6 \text{ franges brillantes} \\ 7 \text{ franges sombres} \end{array} \right.$$

$$i_1 = \frac{\lambda(D+L)}{2h_1} \text{ et } i_2 = \frac{\lambda(D+L)}{2h_2}$$

$$h_2 > h_1 \quad i_2 < i_1$$

$$S \frac{\lambda(D+L)}{2h_1} = (g + \frac{1}{2}) i_2 = (g + \frac{1}{2}) \frac{\lambda(D+L)}{2h_2}$$

$$h_2 = \frac{19}{18} h_1$$



$$S_{i_1} = (p + 1/2) i_2 = (2p+1) \frac{i_2}{2} + \frac{S}{h_1} = (p + \frac{1}{2}) \frac{1}{h_2}$$

$$= (2p+1) \frac{1}{2h_2}$$

$$h_2 = \left(\frac{2p+1}{18} \right) h_1 \Rightarrow \Delta h = \left(\frac{2p+1}{18} \right) h_2 - h_1$$

$$p = 3$$

$$I^T = I_1(h_1) + I_2(h_2) = 2I_0 \left(1 - \cos \left(\frac{4\pi R_{1y}}{\lambda(D+C)} \right) \right) + 2I_0 \left(1 - \cos \left(\frac{4\pi R_{2y}}{\lambda(D+C)} \right) \right)$$

$$= 2I_0 \left\{ 2 - \left[\cos \left(\frac{4\pi R_{1y}}{\lambda(D+C)} \right) \right] \right.$$