

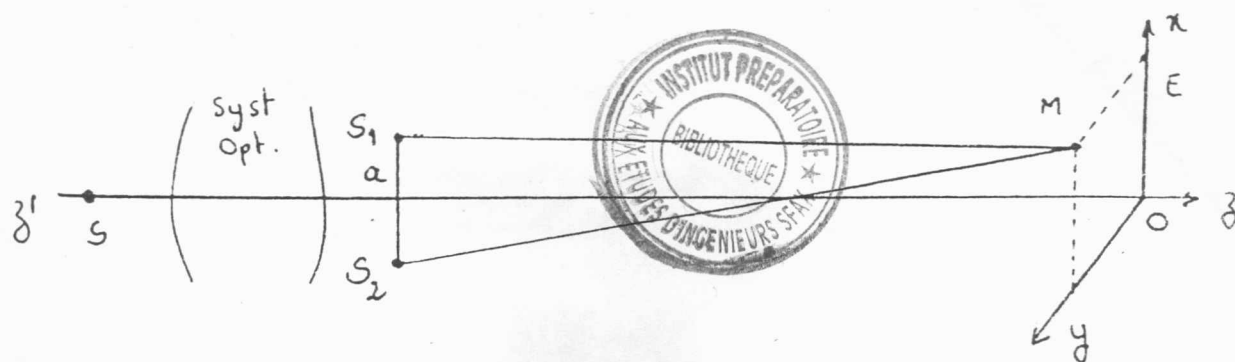
Concours en Biologie - Géologie

Epreuve de Physique

①

Corrigé.

A. Etude générale d'un système interférentiel à deux sources



I. Première partie: intensité lumineuse.

1°) Les sources ponctuelles monochromatique S_1 et S_2 , images de S à travers le système optique sont cohérentes entre elles; elles émettent par hypothèse deux ondes en phase et de même amplitude soient:

$$p_1(t) = p_0(t) = A \cos \omega t \quad \text{la vibration émise par } S_1 \text{ au pt } S_1 \text{ à l'instant}$$

$$p_2(t) = p_0(t) \quad \text{" " " " } S_2 \text{ " } S_2 \text{ "}$$

En M ces deux vibrations sont respectivement

$$p_1(M, t) = A \cos(\omega t - \varphi_1) \quad \text{en notation complexe } A e^{j\omega t} e^{-j\varphi_1}$$

$$p_2(M, t) = A \cos(\omega t - \varphi_2) \quad \text{" " " } A e^{j\omega t} e^{-j\varphi_2}$$

φ_1 et φ_2 étant les déphasages introduits lors des trajets S_1M et S_2M dans un milieu d'indice $n=1 \Rightarrow$ il vient

$$\varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda} S_1M \quad \text{et} \quad \varphi_2 = \frac{2\pi}{\lambda} S_2M$$

Les deux vibrations se superposent en M pour donner:

$$p(M, t) = p_1(M, t) + p_2(M, t) = A [\cos(\omega t - \varphi_1) + \cos(\omega t - \varphi_2)]$$

9,5

$$p(M,t) = 2A \cos \left[\omega t - \frac{(\varphi_1 + \varphi_2)}{2} \right] \cos \left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right)$$

(2)

d'amplitude $2A \cos \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}$

en notation complexe $A e^{i\omega t} [e^{-i\varphi_1} + e^{-i\varphi_2}]$.

la différence de marche entre les 2 vibrations en M du point

$$\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\pi S}{\lambda} \quad \text{avec } S = S_2M - S_1M \quad \text{la différence}$$

de marche entre les 2 vibrations lumineuses en M

$$\xi = \frac{x a}{D}$$

25

2°) 3°) et 4°)

Forme des franges observées sur l'écran E, déterminons pour cela l'intensité lumineuse qui est proportionnelle au carré du module de la vibration résultante en M.

$$I(M) = 4A^2 \cos^2 \frac{\pi x}{i} \quad \text{si } i = \frac{\lambda D}{a}$$

5

$$I(M) = 4A^2 \cos^2 \frac{\pi x}{i} = 2A^2 \left[1 + \cos 2\pi \frac{x}{i} \right]$$

En notation complexe $I(M) = AA^* = 2KA^2 [1 + \cos(\varphi_2 - \varphi_1)]$

en prenant $K = 1 \Rightarrow I(M) = 2A^2 [1 + \cos(\varphi_2 - \varphi_1)]$

$$I(M) = 2A^2 \left(1 + \cos \frac{2\pi S}{\lambda} \right) = 2A^2 \left(1 + \cos \frac{2\pi a x}{\lambda D} \right) = 2A^2 \left(1 + \cos \frac{2\pi x}{i} \right)$$

c'est une fonction périodique de x de période $i = \frac{\lambda D}{a}$

25

Sur l'écran E, nous pouvons observer des franges verticales parallèles à l'axe Oy, équidistantes et alternatives brillante ($I_{\max} = 4A^2$) et noir ($I_{\min} = 0$)

25

L'interfrange est la distance entre 2 franges brillantes (ou deux franges noires) consécutives.

Valons de x pour avoir des franges brillantes ou sombres

$$S = k\lambda \rightarrow \text{franges brillantes} \Rightarrow x = \frac{k \lambda D}{a}$$

$$S = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \rightarrow \text{franges sombres} \Rightarrow x = (2k+1) \frac{\lambda D}{2a}$$

II. Deuxième partie : déplacement de la source

1°) Lorsqu'on déplace S parallèlement à Oy , de sorte que S_1 et S_2 subissent le même déplacement, la figure d'interférences ne change pas.

En effet, en appelant y_0 le déplacement de S , les coordonnées de S_1 et S_2 deviennent

$$S_1 \begin{vmatrix} a/2 \\ y_0 \\ -D \end{vmatrix} \quad S_2 \begin{vmatrix} -a/2 \\ y_0 \\ -D \end{vmatrix}$$

$\Rightarrow$ la différence de marche S ne change pas et donc l'intensité lumineuse non plus.

$\Rightarrow$ Nous pouvons donc utiliser une fente parallèle à l'axe Oy à la place d'une source ponctuelle; la figure d'interférences sera ainsi plus lumineuse.

2°) Si le déplacement de S a lieu parallèlement à Ox d'une quantité positive x_0 , la différence de marche en π devient

$$S' = [S'S_2, \pi] - [S'S_1, \pi] = [S'S_2 - S'S_1] + [S_2, \pi - S_1, \pi]$$

$$S' = \frac{D}{\alpha x} + \frac{D}{\alpha x_0}$$

$x = -\frac{D}{Dx_0}$

La nouvelle frange centrale est telle que $S' = 0 \Rightarrow x = -\frac{D}{Dx_0}$ et comme l'interfrange n'est pas modifiée, l'int l'interfrange est déplacé vers le bas de la quantité $\frac{D}{Dx_0}$ proportionnelle au déplacement x_0 de la source.

III - Troisième partie : radiations monochromatiques

1° a) chaque radiation donne un système d'interférences d'intensité de chaque système est :

$$I_1 = 4A^2 \cos^2 \frac{\pi \alpha x}{\lambda_1 D} = 2A^2 \left(1 + \cos \frac{2\pi \alpha x}{\lambda_1 D} \right)$$

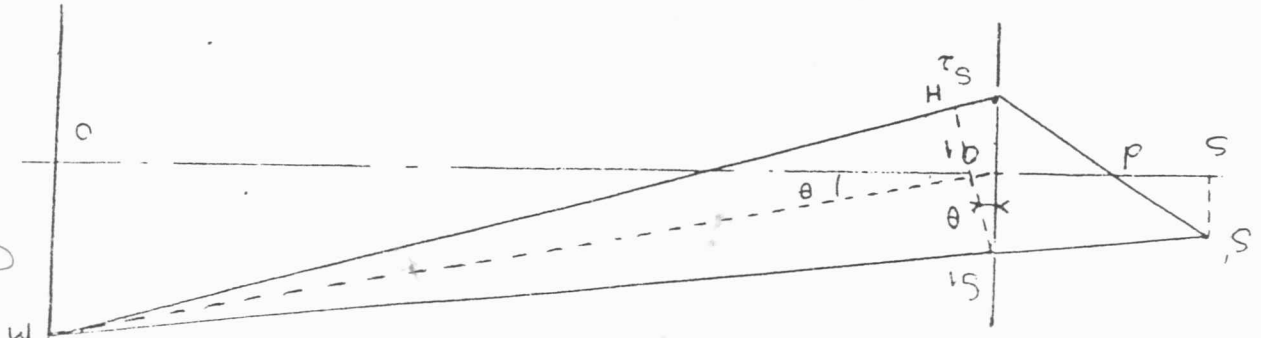
$$I_2 = 4A^2 \cos^2 \frac{\pi \alpha x}{\lambda_2 D} = 2A^2 \left(1 + \cos \frac{2\pi \alpha x}{\lambda_2 D} \right)$$

Ces deux systèmes d'interférences ne s'ajoutent pas (E) - 78 ya coïncidence à chaque fois pour

$$\frac{2\pi \alpha x}{\lambda_2} - \frac{2\pi \alpha x}{\lambda_1} = 2m\pi \quad \text{et} \quad \frac{2\pi \alpha x}{\lambda_1} - \frac{2\pi \alpha x}{\lambda_2} = 2m\pi$$

$$\Rightarrow 2\pi \alpha x \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) = 2m\pi \Rightarrow \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2m}{\alpha x} \quad (m \text{ entier})$$

$$\frac{2\pi \alpha x}{\lambda_2} - \frac{2\pi \alpha x}{\lambda_1} = (2m+1)\frac{\pi}{2} \quad \text{- 78 ya anticoincidence pour}$$



b) Nombre minimal n_1 d'interférences i_1 pour une
coïncidence $m = 1$

(5)

$$n_1 \frac{i_1}{i_2} = n_1 = 1 \Rightarrow n_1 \left(\frac{i_1}{i_2} - 1 \right) = 1$$

1^{ère} coïncidence $n_1^{-1} = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_2} \Rightarrow \boxed{r_1 = \frac{\lambda_2}{\Delta \lambda} = 18}$

2^o a) λ_2 est composé de deux radiations

$$\lambda'_2 = 0.577 \mu\text{m} \quad \text{et} \quad \lambda''_2 = 0.579 \mu\text{m}$$

Chaque radiation donne un système d'interférences;
l'intensité de chaque système est:

$$I'_2 = I_0 \cos^2 \frac{\pi x}{i'_2} = \frac{I_0}{2} \left(1 + \cos \frac{2\pi S}{\lambda'_2} \right)$$

$$I''_2 = I_0 \cos^2 \frac{\pi x}{i''_2} = \frac{I_0}{2} \left(1 + \cos \frac{2\pi S}{\lambda''_2} \right)$$

l'éclairement résultant en M est la somme des éclairements
 I'_2 et I''_2 .

$$\begin{aligned} I_2 \text{ total} &= \frac{I_0}{2} \left(2 + \cos \frac{2\pi S}{\lambda'_2} + \cos \frac{2\pi S}{\lambda''_2} \right) \\ &= I_0 \left[1 + \cos \pi S \left(\frac{1}{\lambda''_2} - \frac{1}{\lambda'_2} \right) \cos \pi S \left(\frac{1}{\lambda''_2} + \frac{1}{\lambda'_2} \right) \right] \end{aligned}$$

Pour $\lambda_2 = \frac{\lambda'_2 + \lambda''_2}{2}$ et $\Delta \lambda_2 = \lambda''_2 - \lambda'_2$ ($\lambda''_2 > \lambda'_2$)

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda'_2} + \frac{1}{\lambda''_2} = \frac{2\lambda_2}{\lambda'_2 \lambda''_2} \approx \frac{2}{\lambda_2}$$

$$\frac{1}{\lambda'_2} - \frac{1}{\lambda''_2} \approx \frac{\Delta \lambda_2}{\lambda_2^2}$$

$$\Rightarrow \boxed{I = I_0 \left(1 + \cos \pi \frac{\Delta \lambda_2}{\lambda_2^2} \frac{ax}{D} \cos 2\pi \frac{ax}{\lambda_2 D} \right)} \quad p_2$$

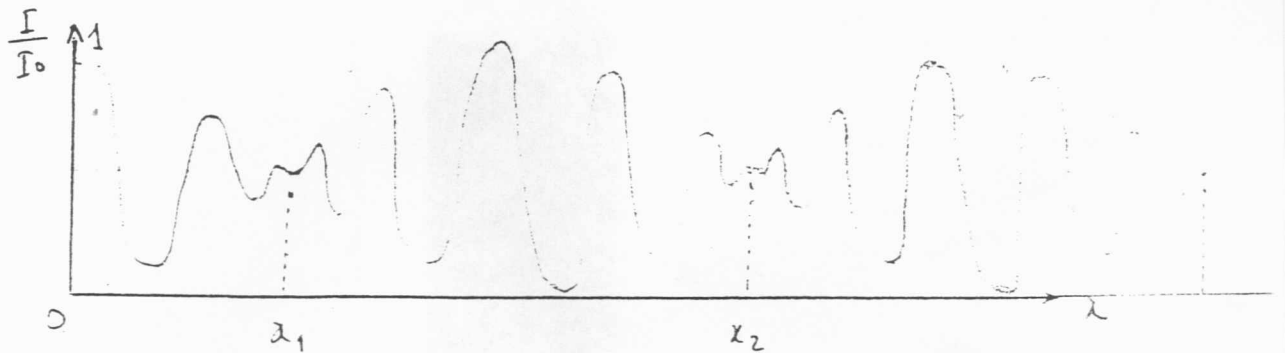
b) I est donc de la forme $I = I_0 (1 + V \cos 2\pi p_2)$ (6)

ou $V(x) = \cos \frac{\pi \Delta \lambda_2 x}{\lambda_2^2 D}$ est un facteur de visibilité

Remarquons que $V(x)$ peut se mettre sous la forme $V(x) = \cos \frac{\pi S \Delta \lambda_2}{\lambda_2^2 2\lambda}$

ce qui nous montre que les variations en fonction de x sont beaucoup plus lentes que celle de $\cos \frac{2\pi S}{\lambda_2}$ ($\frac{\Delta \lambda_2}{2\lambda_2}$ est petit)

la fonction $I = I(x)$ s'y lit alors ci-dessous (non déformé)



Sur l'écran E, on observe des franges d'interférences qui distillent l'interfrange vaut $i_2 = \frac{\lambda_2 D}{a}$

c) Ces franges vont passer successivement par des

- minima de visibilité (il y a bavillonnage des franges) pour

$$x_m = \frac{2n+1}{2} \frac{\lambda_2^2}{\Delta \lambda_2} \frac{D}{a} = \frac{2n+1}{2} \frac{\lambda_2}{\Delta \lambda_2} i_2 \quad (n \text{ entier})$$

- maxima de visibilité pour

$$x'_m = n \frac{\lambda_2^2}{\Delta \lambda_2} \frac{D}{a} = n \frac{\lambda_2}{\Delta \lambda_2} i_2$$

A.N: $i_2 = 193 \mu\text{m} \Rightarrow x_m = \frac{2n+1}{2} \cdot \frac{0,578}{0,002} \cdot 193 \cdot 10^{-6} = \frac{0,056 (2n+1)}{2} = x_m$

$$x'_m = n \cdot \frac{0,578}{0,002} \cdot 193 \cdot 10^{-6} = 0,056 n = x'_m$$

d) Calcul de p_2 pour la 1^{ère} coïncidence

(7)

$$p_2 = \frac{\lambda_2}{\Delta \lambda_2} = 289$$

e) élevée $\Rightarrow$ non observable avec le dispositif
(le temps d'interférences est de 1cm).

IV - Quatrième partie : lumière blanche

1° L'éclairement produit en M d'abscisse x sur l'axe Ox (figure) par une radiation de longueur d'onde λ est donné par les formules classiques :

$$I(x) = \frac{I_0}{2} (1 + \cos p(x, \lambda)) \quad \text{avec} \quad p(x, \lambda) = \frac{2\pi S}{\lambda} = \frac{2\pi a x}{\lambda D}$$

$$I(x) = \frac{I_0}{2} \left(1 + \cos \frac{2\pi a x}{D \lambda} \right)$$

L'éclairement est indépendant de λ au point $x=0$; on observe donc une frange centrale brillante blanche.

L'interfrange i correspondant à λ est $i = \frac{\lambda D}{a}$, i augmente avec λ .
Le minimum de frange correspondant à des longueurs d'onde distinctes se superposent rarement ; on observe donc au voisinage de la frange centrale des franges irisées, et rapidement un brouillage.

2° a) A la sortie du spectroscopie, on observe le spectre de la lumière arrivant en M $\Rightarrow$ chaque radiation λ

se projette sur l'écran en M.

En particulier, il manque dans le spectre les raies dont la longueur d'onde λ annule $I(x, \lambda)$ en M ; il présente des converances sombres $\Rightarrow$ "spectre cannelé" obtenues par

$$\cos \frac{2\pi a x}{D \lambda} = -1$$

En s'éloignant de la frange centrale et on place la fente du spectroscope à la distance x de cette frange centrale, on analyse le blanc d'ordre supérieur et on observe un spectre dans lequel alternent des bandes claires et des bandes sombres irrégulièrement espacées correspondant aux radiations qui existent et qui sont absentes.

b) Les longueurs d'onde correspondantes aux cannelures sombre

$$S = (2k+1) \frac{\lambda}{2} = \frac{2x}{D} \Rightarrow \lambda = \frac{2x}{D} \frac{1}{(2k+1)} = \frac{9 \cdot 10^{-6}}{2k+1}$$

λ appartenant au spectre visible, k vérifie

$$0,4 \cdot 10^{-6} \leq \frac{9 \cdot 10^{-6}}{x_{k+1}} \leq 0,8 \cdot 10^{-6}.$$

$$\Rightarrow k \geq 5,125 \quad \text{et} \quad k \leq 10,75$$

$\Rightarrow$ il ya donc 5 conclusions possibles. Correspondant à $k=6$

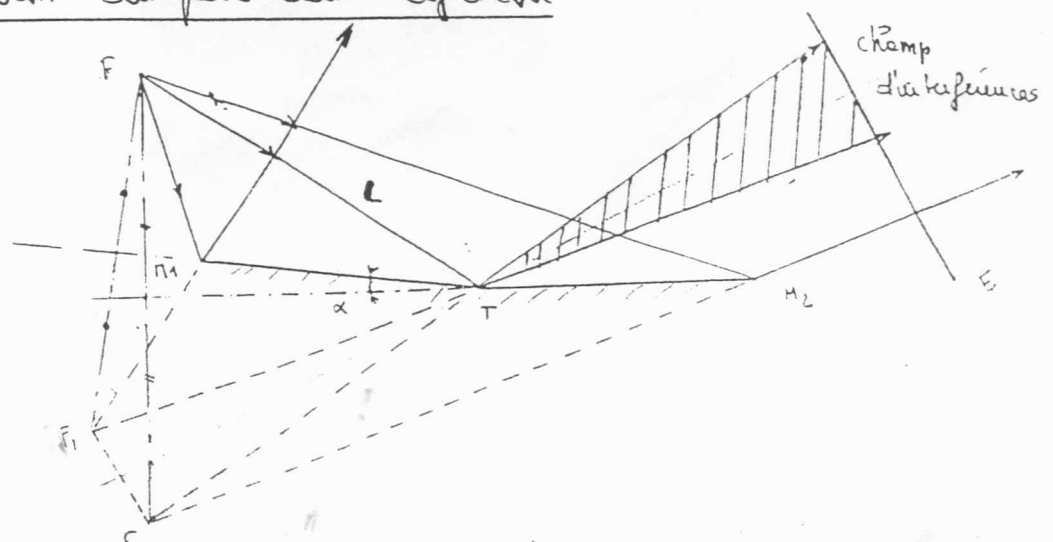
$K = 7$ $K = 8$ $K = 9$ $K = 10$

$$\Rightarrow \lambda_5 = 0.692 \mu\text{m} \quad \lambda_7 = 0.6 \mu\text{m} \quad \lambda_8 = 0.529 \mu\text{m} \quad \lambda_9 = 0.476 \mu\text{m}$$

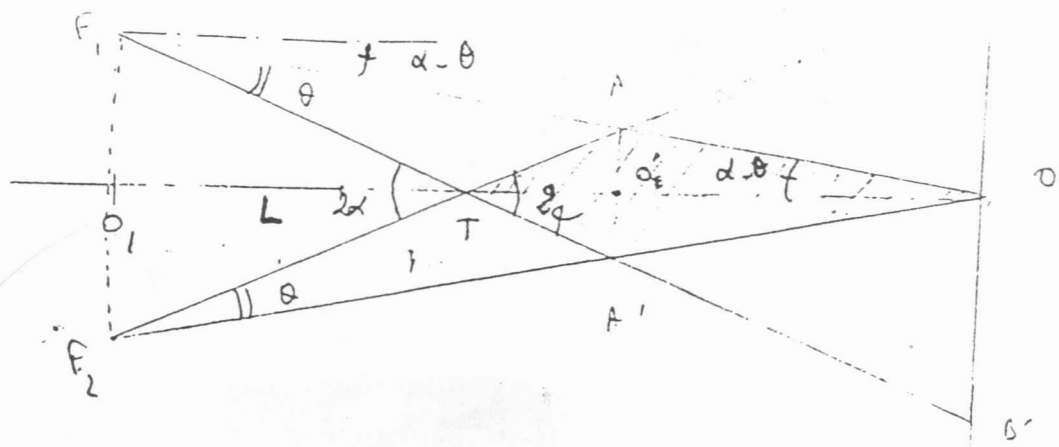
et $\lambda_{10} = 2,429 \mu\text{m}.$

B. Etude du dispositif particulier des miroirs de Fresnel

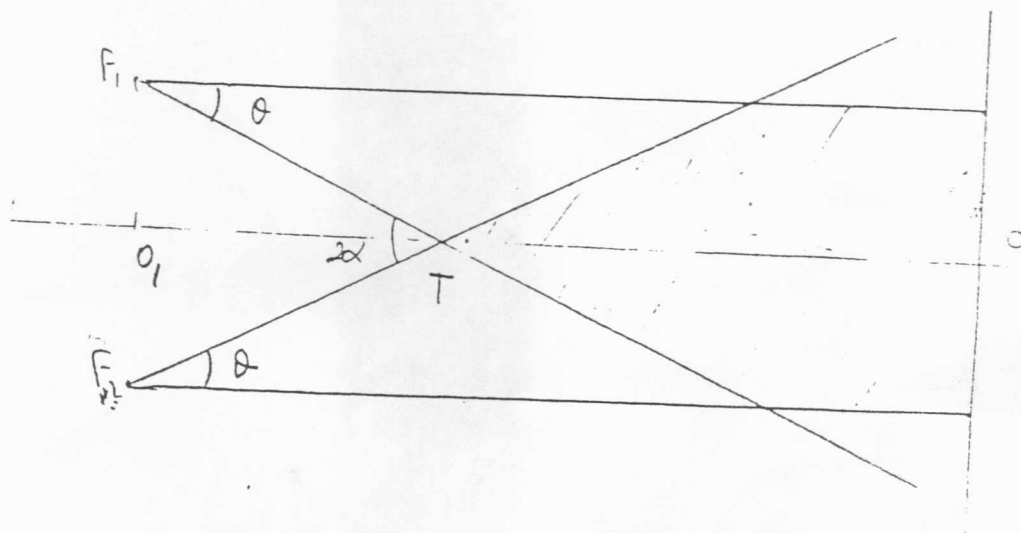
1°) Construction du faisceau réfléchi



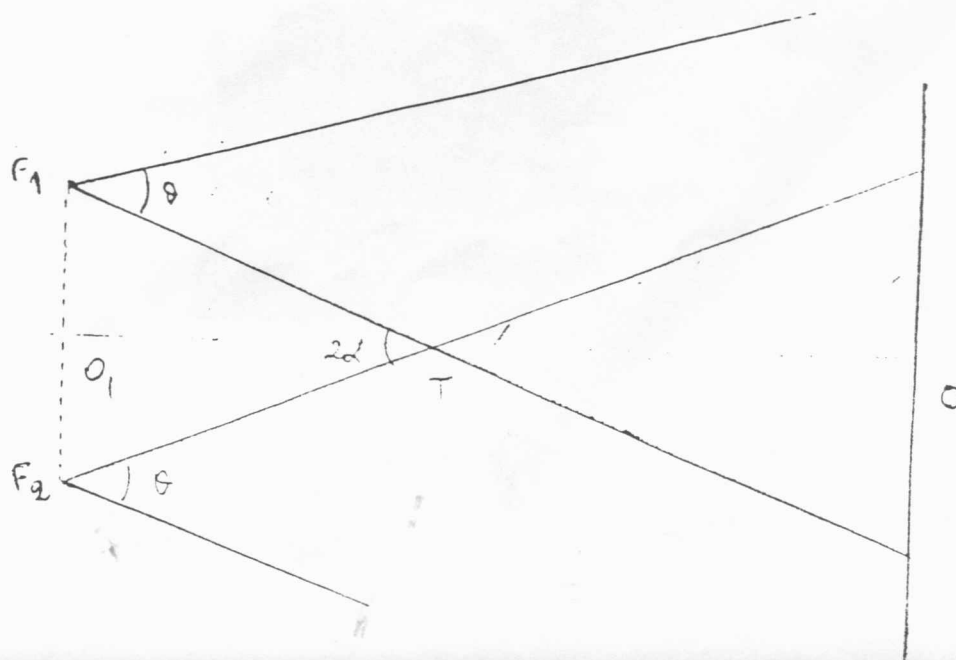
b) a) $\theta < \alpha$



b) $\theta = \alpha$



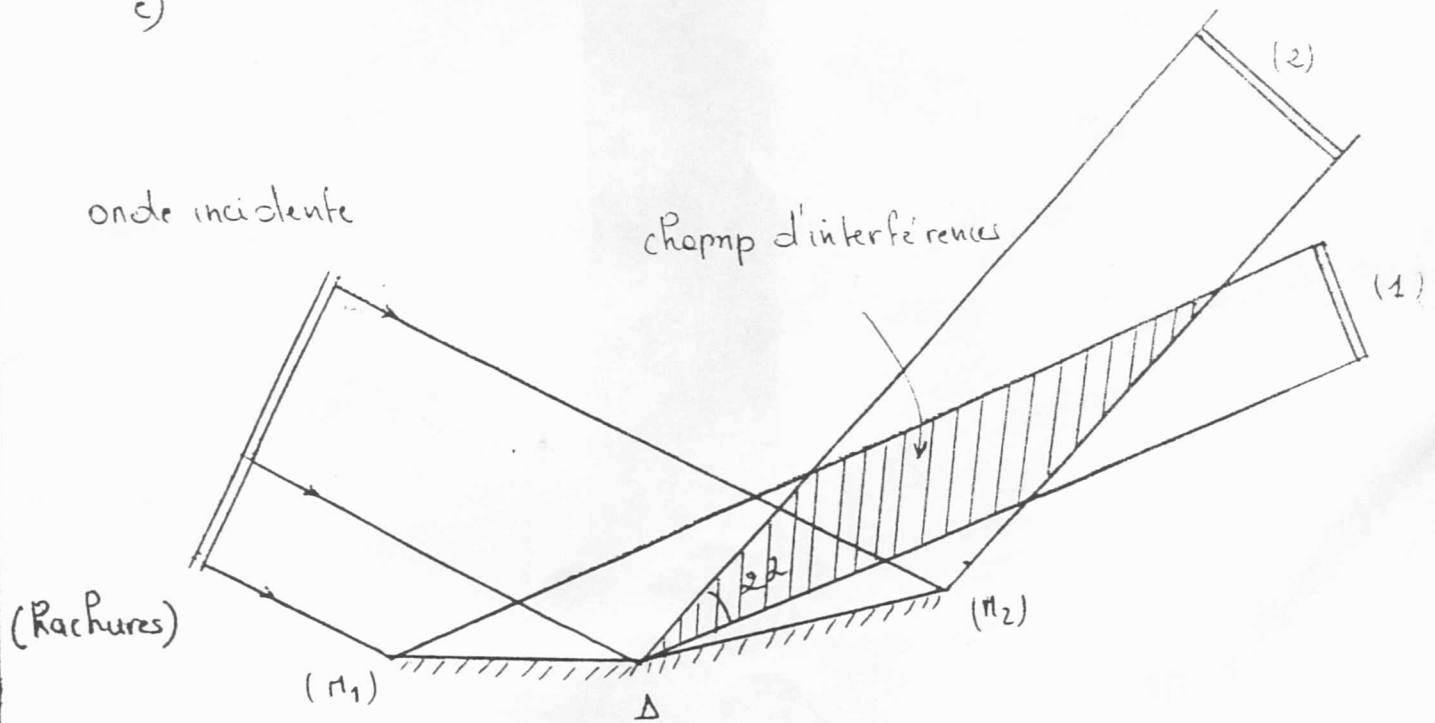
c) $\theta > \alpha$



3°) a) Pour obtenir un faisceau de rayons parallèles, on place entre la source et le système interférentiel, une lentille mince convergente de telle sorte que son foyer principal coïncide avec celui de la lentille.

b) Les parties du front d'onde plane incidente, réfléchi par M_1 et M_2 semblent provenir de sources situées à l'infini dans des directions faisant entre elles un angle 2α , et elles sont cohérentes.

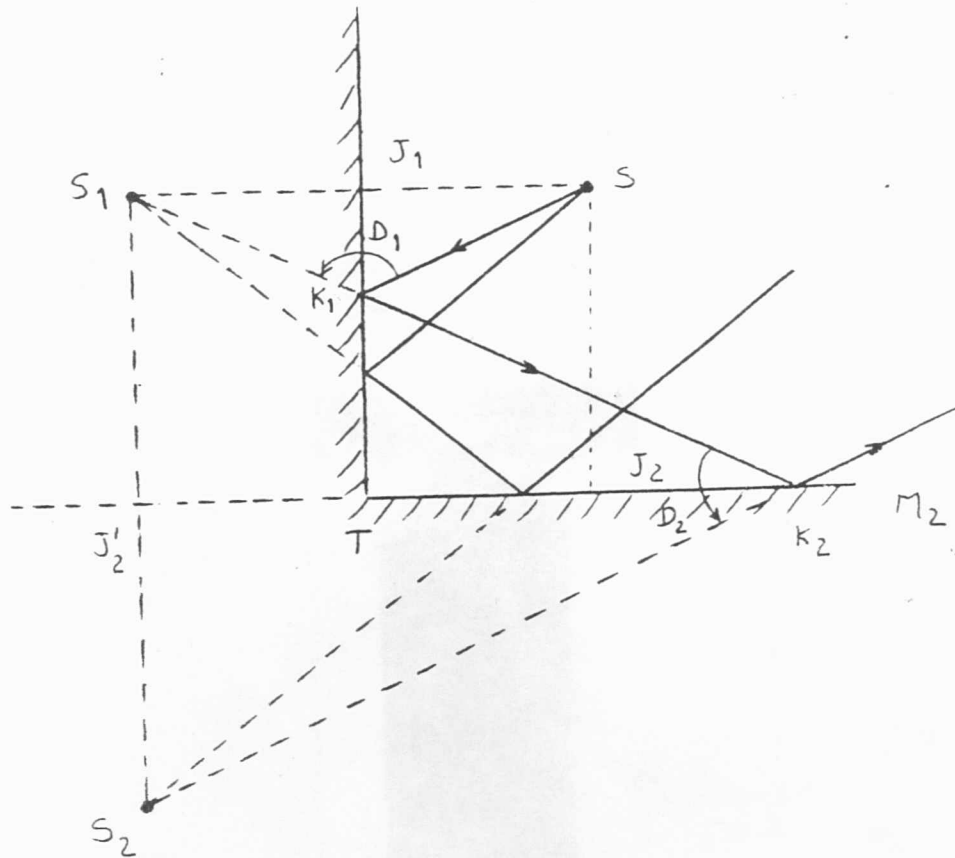
c)



(1) onde réfléchi par (M_1)

(2) " " par (M_2)

1°) a) Marche du rayon lumineux



b) Déviation angulaire totale subie par un rayon lumineux :

S : objet $\Rightarrow \overline{J_1 S} = -\overline{J_1 S_1} \Rightarrow S_1$: image de S donnée par M_1
 le rayon incident SK_1 semble provenir, après réflexion, de S_1
 Déviation lors de la première réflexion :

$$D_1 = \hat{SK_1 S_1} = 2 \hat{J_1 K_1 S} = 2 \hat{TK_1 K_2}$$

puis le rayon arrive en K_2 sur M_2 ; pour le miroir M_2 , le rayon semble provenir de l'objet réel S_1
 son image (virtuelle) est donc S_2 tel que :

$$\overline{J_2' S_2} = -\overline{J_2' S_1}$$

Le rayon après réflexion sur M_2 semble provenir de S_2
 qui est d'ailleurs l'image définitive de S donnée par l'ensemble des 2 miroirs.

La déviation D_2 est telle que

(12)

$$D_2 = S_1 \hat{K}_2 S_2 = 2 S_1 \hat{K}_2 J'_2$$

d'où la déviation totale

$$D = D_1 + D_2 = 2 (T \hat{K}_1 K_2 + S_1 \hat{K}_2 J'_2)$$

or $T \hat{K}_1 K_2$ et $S_1 \hat{K}_2 J'_2$ sont des angles complémentaires dans le triangle rectangle $TK_1 K_2$

$$T \hat{K}_1 K_2 + S_1 \hat{K}_2 J'_2 = 90^\circ \implies \boxed{D = 180^\circ}$$

c) Construction : voir figure.

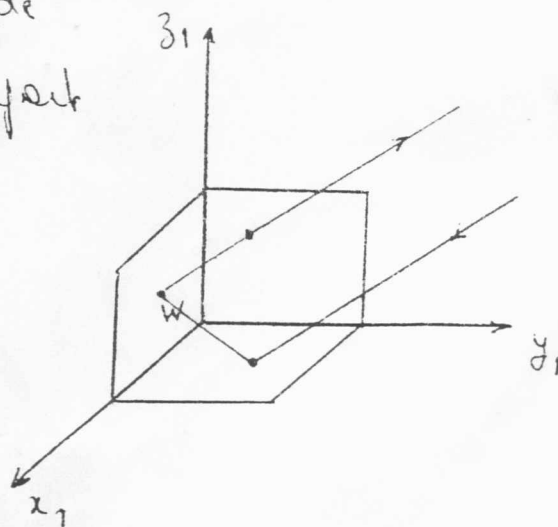
Nature de l'image définitive : S_2 est virtuelle

car elle est située avant la face d'entrée du système optique considéré

20) a) Soit $\vec{k}_i$ le vecteur d'onde incident, le rayon réfléchi repart selon la direction incidente

$$\text{Si } \vec{k}_2 = -\vec{k}_i$$

$$\text{or soit } \vec{k}_i \begin{vmatrix} k_{x_1} \\ k_{y_1} \\ k_{z_1} \end{vmatrix}$$



par réflexion sur le plan Wx_1y_1 , on conserve les composantes k_{x_1} et k_{y_1} et seul s'inverse la composante k_{z_1} , puis par réflexion sur le plan Wx_1z_1 , la composante k_{y_1} s'inverse, enfin par réflexion sur le plan Wy_1z_1 , la composante k_{x_1} s'inverse.

⇒ après les 3 réflexions $\boxed{\vec{r}_2 = -\vec{r}_1}$

(13)

De plus ceci est indépendant des mouvements lunaires.

b) Longueur du chemin optique d'un aller-retour Terre-Lune

$$2d_{TL} = c \cdot \tau = 3 \cdot 10^8 \cdot 2,56 = 7,68 \cdot 10^8$$

$$= 768\,000 \text{ km.}$$

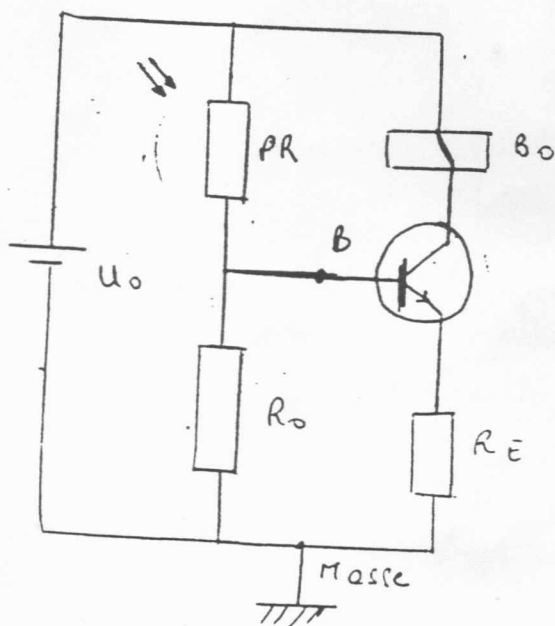
En déduire la distance Terre - Lune

$$\boxed{d_{TL} = \frac{768\,000}{2} = 384\,000 \text{ km}}$$

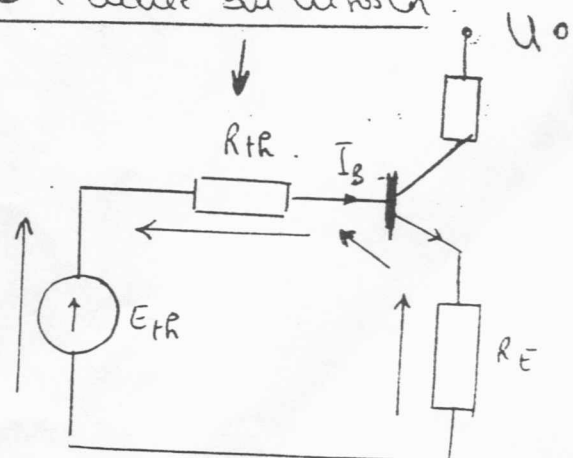
3° a) Les caractéristiques E_{th} et R_{th} du générateur de Thévenin équivalent du circuit entre le point B et la masse

$$\boxed{E_{th} = R_o I_o = \frac{R_o U_o}{R_P + R_o}}$$

$$\boxed{R_{th} = \frac{R_P \times R_o}{R_P + R_o}}$$



Modèle de transistor équivalent
à l'entrée du transistor



(b) Calcul de R_o

14

équation de la maille :

$$\frac{R_o U_o}{P_R + R_o} = \frac{P_R \times R_o}{P_R + R_o} \cdot \frac{I_c}{\beta} + V_{BE} + R_E I_c$$

$$\frac{10 R_o}{10^5 + R_o} = \frac{10^5 R_o}{10^5 + R_o} \cdot 20 \cdot 10^{-6} + 0,2 + 220 \cdot 2 \cdot 10^{-3}$$

$$= \frac{2 R_o}{10^5 + R_o} + 0,64$$

$$\Rightarrow 8 R_o = 0,64 (10^5 + R_o) \Rightarrow R_o (8 - 0,64) = 0,64 \cdot 10^5$$

$$R_o = \frac{0,64 \cdot 10^5}{7,36} = \underline{\underline{8,7 \text{ K}\Omega}}$$

(c) Valeur de la résistance de la cellule

$$\frac{10 \times 8,7 \cdot 10^3}{P_R + 8,7 \cdot 10^3} = \frac{P_R \cdot 8,7 \cdot 10^3}{P_R + 8,7 \cdot 10^3} \cdot 0,15 \cdot 10^{-3} + 3,5$$

$$\frac{87 \cdot 10^3 - 1,305 P_R}{P_R + 8,7 \cdot 10^3} = 3,5 \Rightarrow 4,8 P_R = (87 - 30,45) \cdot 10^3$$

$$\Rightarrow P_R = \frac{56,55 \cdot 10^3}{4,81} = \underline{\underline{11,8 \text{ K}\Omega = P_R}}$$