PC - Lycée Dumont d'Urville

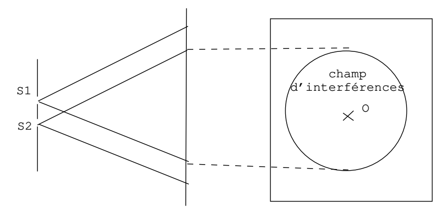
Correction DS 2 de physique

I. Problème 1

1. D'après les lois de l'optique géométrique, *les rayons se propagent en ligne droite dans un milieu homogène* et *les rayons se coupent indépendamment les uns des autres*, donc sur l'écran on devrait observer deux points lumineux correspondants aux rayons passés par les trous S_1 et S_2.

2. Cependant dans cette expérience, les lois de l'optique géométrique ne s'appliquent pas, on doit tenir compte de la nature ondulatoire de la lumière car *les distances sont de l'ordre de grandeur des longueurs d'onde* (a de l'ordre de λ). Ainsi la lumière, à la traversée des trous, subit de la diffraction. Chaque trou donne une tache centrale de *diffraction* à l'écran, circulaire et très lumineuse et les taches, en se superposant, permettent d'observer de la diffraction.

Les taches centrales de diffraction se superposent car la distance a est très faible. Le champ d'interférences a pour largeur, la largeur de *la tache centrale de diffraction, d'autant plus grande que les trous sont petits.*



3. On observe des franges rectilignes perpendiculaires à la direction S_1S_2 soit ici des franges horizontales selon Oy. La frange centrale est en O, elle est brillante.

4.

4.a. S_1 et S_2 ont respectivement pour coordonnées $(+\frac{a}{2}, 0, -D)$ et $(-\frac{a}{2}, 0, -D)$. On en déduit les coordonnées des vecteurs $\overrightarrow{S_1M} = (x-\frac{a}{2})\overrightarrow{e_x} + y\overrightarrow{e_y} - D\overrightarrow{e_z}$ et $\overrightarrow{S_2M} = (x+\frac{a}{2})\overrightarrow{e_x} + y\overrightarrow{e_y} - D\overrightarrow{e_z}$ d'où les distances cherchées:

$S_1M = \sqrt{(x-\frac{a}{2})^2 + y^2 + D^2}$ et $S_2M = \sqrt{(x+\frac{a}{2})^2 + y^2 + D^2}$.

4.b. On en déduit la différence de marche $\delta(M) = \sqrt{(x+\frac{a}{2})^2 + y^2 + D^2} - \sqrt{(x-\frac{a}{2})^2 + y^2 + D^2}$.

On a $\delta(M) = D[(1 + \frac{y^2}{D^2} + \frac{(x+\frac{a}{2})^2}{D^2})^{1/2} - (1 + \frac{y^2}{D^2} + \frac{(x-\frac{a}{2})^2}{D^2})^{1/2}$

$\delta(M) = D[(1 + \frac{y^2}{2D^2} + \frac{(x+\frac{a}{2})^2}{2D^2}) - (1 + \frac{y^2}{2D^2} + \frac{(x-\frac{a}{2})^2}{2D^2})$

$\delta(M) = D[\frac{(x+\frac{a}{2})^2}{2D^2} - \frac{(x-\frac{a}{2})^2}{2D^2}$

$\delta(M) = \frac{ax}{D}$.

4.c. Les points qui sont sur une même frange ont le même ordre d'interférences soit la même différence de marche. Or la différence de marche ne dépend que de x donc les points sur une même frange sont sur la droite d'équation $x =$constante, ces droites sont horizontales.

5.

5.a. Le temps mis par l'onde pour aller de S_1 à M dans l'air à la vitesse c est $t_1 = \frac{S_1M}{c}$, le déphasage correspondant est $\phi_1(M) = \frac{2\pi t_1}{T} = \frac{2\pi S_1M}{cT} = \frac{2\pi S_1M}{\lambda}$.

5.b. Les ondes issues de S_1 et S_2 sont cohérentes donc on somme leurs amplitudes: $s(M,t) = s_0\cos(\frac{2\pi ct}{\lambda} - \phi_1(M)) + s_0\cos(\frac{2\pi ct}{\lambda} - \phi_2(M))$

Et on en déduit l'intensité en M: c'est la valeur moyenne temporelle du carré de l'amplitude:

$I(M) = K < s(M,t)^2 >= K < (s_0\cos(\frac{2\pi ct}{\lambda} - \phi_1(M)))^2 > +K < (s_0\cos(\frac{2\pi ct}{\lambda} - \phi_2(M)))^2 > +2Ks_0^2 < \cos(\frac{2\pi ct}{\lambda} - \phi_1(M))\cos(\frac{2\pi ct}{\lambda} - \phi_2(M)) >$

$I(M) = I_0 + I_0 + Ks_0^2 < \cos(\frac{4\pi ct}{\lambda} - \phi_1(M)) - \phi_2(M) > +Ks_0^2 < \cos(\phi_2(M) - \phi_1(M)) >$ avec $I_0 = K\frac{s_0^2}{2}$

$I(M) = I_0 + I_0 + 0 + 2I_0\cos(\phi(M))$: c'est la formule de Fresnel pour des ondes de même intensité I_0.

5.c. L'ordre d'interférences en M s'écrit $p(M) = \dfrac{\delta_{2/1}(M)}{\lambda}$.

L'interfrange est la distance entre les milieux de deux franges brillantes (ou sombres) consécutives. Les franges brillantes correspondent à des ordres d'interférences entiers. On note x_k la position des franges brillantes à l'écran. On a $p = \dfrac{ax_k}{\lambda D} = k$ un entier relatif soit $x_k = \dfrac{k\lambda D}{a}$ et $i = x_{k+1} - x_k = \dfrac{\lambda D}{a}$.

5.d. Pour $p = 1,5$ on lit $x = 3,3\ mm$ (sur la 2ième frange sombre à droite de O).

Pour $p = -2$ on lit $x = -4,5\ mm$ (sur la 2ième frange brillante à gauche de O).

Sur la courbe on observe la tache centrale de diffraction entre $x = -10\ mm$ et $x = +10\ mm$.

On lit sur la courbe donnée qu'entre $x = -6,5\ mm$ et $x = +6,5\ mm$, il y a 6 interfranges soit $i = \dfrac{13}{6} = 2,17\ mm$ avec $i = \dfrac{\lambda D}{a}$. On en déduit la distance entre deux trous soit $a = \dfrac{\lambda D}{i} = \dfrac{632,8.10^{-9}.1,0}{2,17.10^{-3}} = 292\ \mu m$.

6.

6.a. soit le point M_0 sur la frange centrale. On doit donc avoir $(SS_1M_0) = (SS_2M_0)$. Or l'onde passant par S_2 est ralentie par la lame, pour compenser, cette onde doit parcourir un chemin plus court en distance derrière S_2, donc la frange centrale est en dessous de O, les franges sont descendues. .

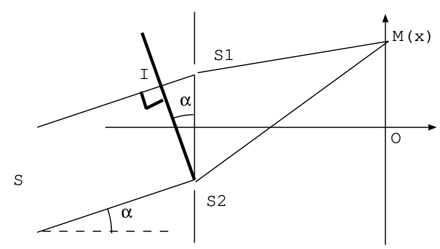
6.b. La différence de marche en présence de la lame est égale à la différence de marche sans la lame soit $\dfrac{ax}{D}$ ajoutée de la différence de marche liée à la lame soit $ne - e$ (on ajoute une lame fictive d'épaisseur e et d'indice 1 devant S_1 et pendant que le rayon 2 parcourt la lame d'épaisseur e et d'indice n, le rayon parcourt la lame d'épaisseur e et d'indice 1).

Soit $\delta'(M) = \dfrac{ax}{D} + (n-1)e$.

6.c. On a donc $p'(x=0) = \dfrac{(n-1)e}{\lambda} = 7,1 > 0$: O se trouve donc au dessus de la frange centrale, les franges sont descendues.

Les franges brillantes correspondent à des ordres d'interférences entiers donc en O, il y a les franges d'ordre $p = 1, 2, ...7$ qui ont défilé.

7. La différence de marche s'écrit $\delta''_{2/1}(M) = (SM)_2 - (SM)_1 = (SS_2) + (S_2M) - (SI) - (IS_1) - (S_1M)$ avec $(S_2M) - (S_1M) = \dfrac{ax}{D}$ et $(SI) = (SS_2)$ car entre la source S et la surface d'onde S_2I le chemin optique est constant d'où $\delta''_{2/1}(M) = -(IS_1) = -IS_1$.



De plus $\sin\alpha = \dfrac{IS_1}{a} \approx \alpha$ soit $IS_1 = a\alpha$.

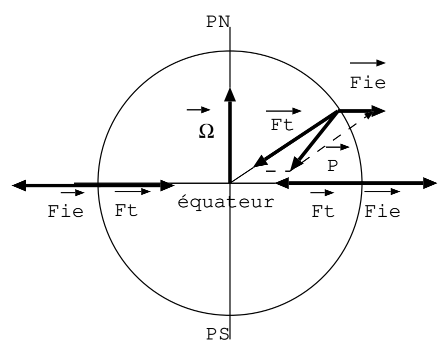
On a donc $\delta''_{2/1}(M) = \dfrac{ax}{D} - a\alpha$.

La nouvelle frange centrale se trouve en x_0 tel que $\dfrac{ax_0}{D} - a\alpha = 0$ soit $x_0 = \alpha D$. La frange centrale se trouve au-dessus de O, les franges sont montées.

II. Exercice

$1h\ 24min$.

Le poids est la résultante de la force d'attraction gravitationnelle de la Terre ajoutée de la force d'inertie d'entraînement liée à la rotation propre de la Terre.



Le poids peut s'annuler à l'équateur car les forces d'attraction gravitationnelle et d'inertie sont colinéaires de sens opposé. Si la Terre tourne très vite, il peut se faire que ces deux forces se compensent soit pour: $\mathcal{G}\dfrac{mM_T}{R_T^2} = m\Omega^2 R_T$ d'où $\Omega = \sqrt{\dfrac{\mathcal{G}M_T}{R_T^3}} = 1,23.10^{-3}\ rad.s^{-1}$ soit $T = \dfrac{2\pi}{\Omega} = 5,09.10^3\ s =$