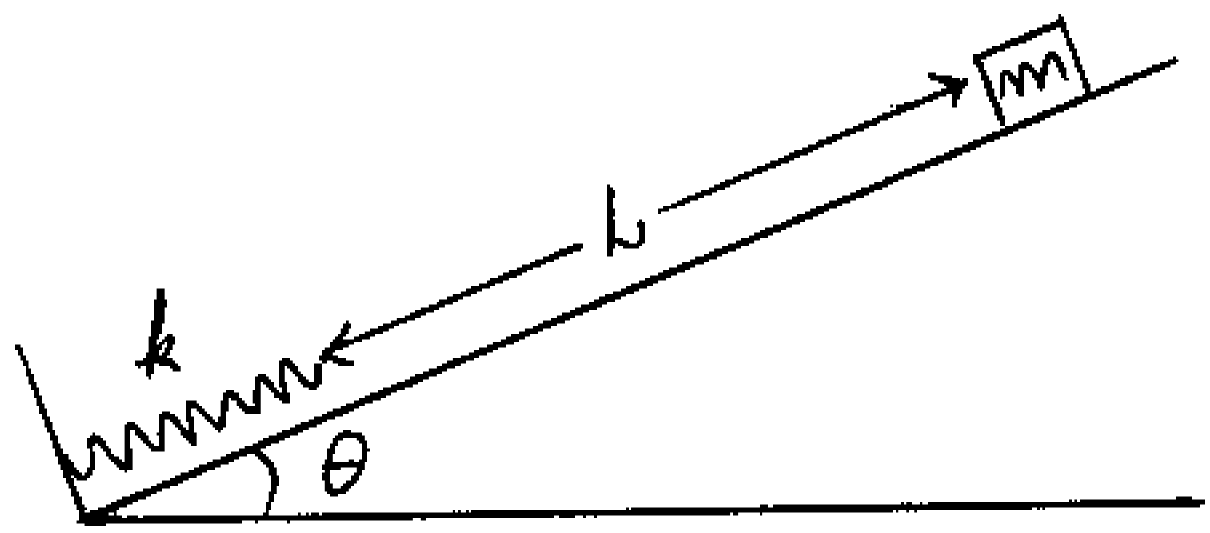
PHYSQ 124: Particules et ondes **Automne 2001**
Professeur: Marc de Montigny
Examen final: vendredi 14 décembre, de 9h à midi
Matériel: formulaire (fourni) et calculatrice
Remarque: Vous pouvez obtenir jusqu'à un maximum de 40 points sur les 50 points disponibles.

Question 1. (Maximum de 5.5 points) Oscillateur harmonique simple.

La figure ci-dessous illustre un bloc de masse m qui glisse le long d'un plan incliné d'un angle θ, sans frottement et à partir d'une vitesse initiale v_i sur une longueur L, avant d'atteindre le ressort de constante de rappel k, initialement à sa position d'équilibre. (a) Déterminez la compression maximale du ressort en termes de m, k, L, θ et v_i; (b) Quelle est la compression maximale si la masse glisse à partir du repos, si $m = 100$ g, $k = 20$ N/m, $L = 50$ cm et si le plan est incliné de 30 degrés?



Question 2. (Maximum de 4.0 points) Pendule simple.

(a) Quelle est la longueur d'un pendule simple dont la période d'oscillation est T secondes? (b) Calculez la longueur correspondant à $T = 2.0$ s. (c) Si l'on emportait sur la Lune un pendule dont la période vaut T_{Terre} sur la Terre, quelle serait serait sa période sur la Lune, où le poids d'un corps est égal au sixième de son poids sur la Terre? (d) Que vaut T_{Lune} si $T_{\text{Terre}} = 2.0$ s?

Question 3. (Maximum de 3.5 points) Ondes sinusoïdales progressives.

Le déplacement en mètres d'une onde est

$$0.26\sin(\pi t - 3.7\pi x),$$

où x et t sont exprimés en mètres et en secondes, respectivement. (a) Est-ce que l'onde se déplace dans la direction des x positifs ou négatifs? (b) Quel est le déplacement quand $t = 38$ s et à $x = 13$ m? (c) Quelle est la vitesse de l'onde?

Question 4. (Maximum de 5.0 points) Effet Doppler.

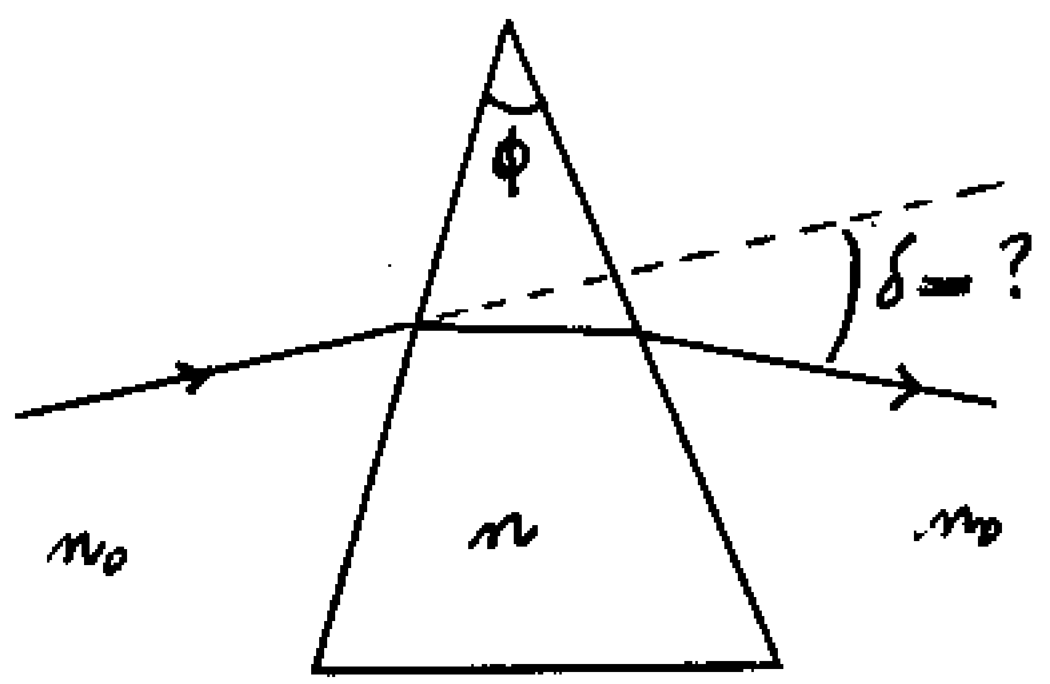
Le klaxon d'un camion a une fréquence de 800 Hz. Il est perçu par le conducteur d'une automobile comme ayant une fréquence de 960 Hz lorsqu'il s'approche du camion avec une vitesse relative de 61 m/s. Sachant que la vitesse du son est de 340 m/s, calculez la vitesse de chacun des véhicules.

Question 5. (Maximum de 4.5 points) Intensité sonore.

Sachant que l'intensité sonore d'une source est de 100 décibels lorsqu'on est à 3.5 m de la source, à quelle distance l'intensité sera-t-elle de 94 décibels?

Question 6. (Maximum de 6.5 points) Loi de Snell-Descartes.

En utilisant la loi de Snell-Descartes et l'approximation des petits angles ($\sin\theta \approx \theta$, θ en radians) exprimez l'angle de déviation δ en termes de ϕ, n et n_0, pour un prisme d'indice de réfraction n plongé dans un fluide d'indice n_0.



Question 7. (Maximum de 5.0 points) Lentilles minces.

Si on met en contact deux lentilles minces de distances focales respectives f_1 et f_2, l'ensemble devient semblable à une seule lentille de distance focale efficace $f_{\text{eff.}}$ Déterminez $f_{\text{eff.}}$ en termes de f_1 et f_2.

Question 8. (Maximum de 4.0 points) Films minces.

Une mince pellicule de plastique ($n = 1.56$) de 1.25 μm d'épaisseur est comprise entre deux lames de verre d'indice de réfraction 1.58 et 1.52, respectivement. De la lumière blanche (dont les longueurs d'onde s'étendent de 400 nm à 700 nm) éclaire suivant la normale venant du côté de la lame d'indice 1.58. Quelles sont les longueurs d'onde du visible qui seront atténuées dans la lumière réfléchie?

Question 9. (Maximum de 4.5 points) Interférence et diffraction.

Dans l'expérience de Young, on observe neuf franges d'interférence brillantes dans le maximum central de diffraction. Combien de franges brillantes trouve-t-on dans le premier maximum secondaire de diffraction?

Question 10. (Maximum de 3.5 points) Diffraction.

Une fente de 0.08 mm de largeur est éclairée par de la lumière de longueur d'onde 620 nm. Quelle est la largeur du maximum central de diffraction sur un écran situé à 2.4 m de cette fente?

Question 11. (Maximum de 4.0 points) Critère de Rayleigh.

Soit deux objets situés à 25 cm d'un oeil. Quelle est la plus petite distance entre les objets que l'oeil est capable de séparer, si on suppose que la pupille a un diamètre de 3 mm et que la lumière incidente a une longueur d'onde de 500 nm?

$E_i = E_f$; $K = \frac{1}{2} m v^2$, $U_{grav} = mgh$, $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$, $U_{mew} = \frac{1}{2} k x^2$

$\sin\theta = \frac{opp.}{hyp.}$, $\cos\theta = \frac{adj.}{hyp}$, $\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{opp.}{adj.}$; $x = A\cos\omega t$, $v = -\omega A \sin\omega t$

$\omega = 2\pi f$, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$, $E_{tot} = \frac{1}{2} k A^2$, $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$, $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$

$y = A\sin(kx - \omega t)$, $v = \lambda f$, $v = \frac{\omega}{k}$; $f' = \frac{v \pm v_0}{v \pm v_s} f$; $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$

$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$ $\left(I_0 = 10^{-12} \, W/m^2\right)$, $I = \frac{P}{4\pi r^2}$; $\sin\theta \approx \theta \approx \tan\theta$; $\theta_i = \theta_r$;

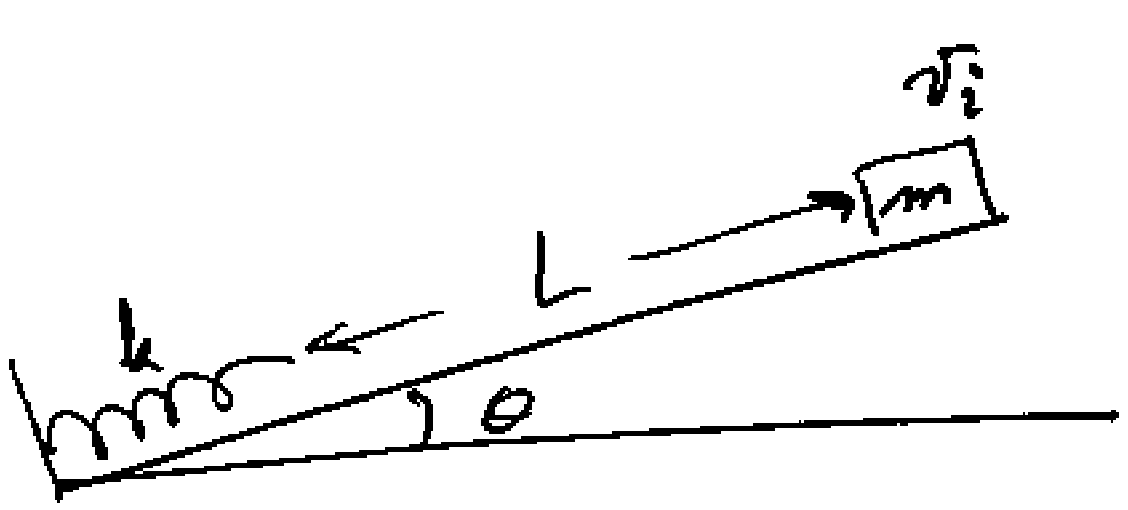
$\frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$, $m = -\frac{d_i}{d_0}$; $d\sin\theta = m\lambda$, $a\sin\theta = m\lambda$, $a\sin\theta = 1.22\lambda$,

$\delta = 2e = \begin{cases} m\lambda_n \\ (m+\frac{1}{2})\lambda_n \end{cases}$, $\lambda = \frac{\lambda}{n}$; $n = \frac{c}{v}$; $f_n = \frac{nv}{2L}$; $f_n = \frac{nv}{4L}$, $\lambda_n = \frac{2L}{n}$, $\lambda_n = \frac{4L}{n}$

$\tan\theta = \frac{y}{L}$; $\delta \simeq d\sin\theta$; $\frac{\phi}{2\pi} = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{\Delta t}{T}$, $f = \frac{1}{2} R$; $\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$;

PHYSQ 124 EXAMEN FINAL 14 DÉC. 2001

① /5.5



PAS DE FRICTION

$x =$ COMPRESSION MAXIMALE.

$\underline{\underline{i}}$ $\quad$ $\underline{\underline{f}}$

(a) $E_i = E_f$ AVEC $E = \frac{1}{2}mv^2 + mgh + \frac{1}{2}kx^2$ $\qquad x_i = 0, \; v_i$

$x_f = x, \; v_f = 0$

$\frac{1}{2}mv_i^2 + mgh_i + 0 = 0 + mgh_f + \frac{1}{2}kx^2$ $\qquad h_i - h_f = (L+x)\sin\theta$

$0 = \frac{1}{2}kx^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 - mg(h_i - h_f) = \frac{1}{2}kx^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 - mg(L+x)\sin\theta = 0$

ÉQUATION QUADRATIQUE EN x : $\underbrace{k}_{a}x^2 \underbrace{- 2mg\sin\theta}_{b}\, x \underbrace{- (mv_i^2 + 2mgL\sin\theta)}_{c} = 0$

$$\boxed{x = \frac{mg\sin\theta + \sqrt{m^2g^2\sin^2\theta + mk(v_i^2 + 2gL\sin\theta)}}{k}}$$

(ON REJETTE LE − CAR ON VEUT $x > 0$.)

(b) $x = \left[(0.1)(9.81)\sin 30 + \sqrt{(0.1)^2(9.81)^2\sin^2 30 + (0.1)(20)(2(9.81)(0.5)\sin 30)}\right]/20 = \boxed{18.3\text{ cm}}$

(LE SIGNE − DONNERAIT -13.4 cm)

[NOTE: AVEC $h_i - h_f = L\sin\theta$ i.e. SANS x ON A $x = \sqrt{\frac{m}{k}(2gL\sin\theta + v_i^2)} = 15.7$ cm

1124 Fin (a 2001) 2/7

② (a) $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$, $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$; $T^2 = \frac{4\pi^2 L}{g}$, $\boxed{L = \frac{gT^2}{4\pi^2}}$

/4

(b) si $T = 2s$ $\boxed{L = \frac{g}{\pi^2} = 0{,}993\,m}$

(c) $T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$ $\frac{g_{LUNE}}{g_{TERRE}} = \frac{1}{6}$, $\frac{T_{LUNE}}{T_{TERRE}} = \sqrt{\frac{g_{TERRE}}{g_{LUNE}}}$ $\boxed{T_{LUNE} = T_{TERRE}\sqrt{6}}$

(d) $\boxed{T_{LUNE} = (2{.}00)\sqrt{6} = 4{.}90\,s}$

③ /3.5 (a) $y = 0{.}26 \sin(\pi t - 3{.}7\pi x)$ m

se déplace vers $\boxed{x \text{ Positifs}}$

car $\pi t - 3{.}7\pi x$ = constant si x augmente quand t augmente.

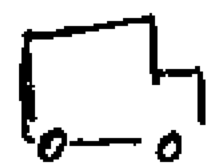
(b) $y = 0{.}26 \sin\left(\pi(38) - 3{.}7\pi(13)\right) = -0{.}08\,m$ $\boxed{-8cm}$

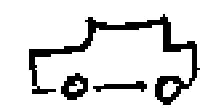
(c) $\sin\left(\underbrace{2\pi f}_{\pi} t - \underbrace{\frac{2\pi}{\lambda}}_{3.7\pi} x\right)$, $v = \lambda f = \frac{\lambda}{2\pi} 2\pi f = \frac{1}{3{.}7\pi} \cdot \pi = 0{.}270\,\frac{m}{s} = \boxed{27{.}0\,\frac{cm}{s}}$

1.5

P124 F. A2001

(4) 1/6

 $\longrightarrow v_s$ $f = 800\,Hz$

$v_o \longleftarrow$  $f' = 960\,Hz$

$$f' = \frac{v+v_o}{v-v_s} f \qquad v = 340$$

$$960 = \frac{v+v_o}{v-v_s} 800 \,, \quad 1{,}2\,(v - v_s) = v + v_o$$

$$\underbrace{0.2\,v}_{68} = 1{,}2\,v_s + v_o \quad (1)$$

$$v_s + v_o = 61 \quad (2)$$

$(1)-(2)$: $0{,}2\,v_s = 68 - 61 \rightarrow \boxed{v_s = 35\,\frac{m}{s}}$ $\qquad$ (1) : $v_o = 61 - 35 \,.$ $\boxed{v_o = 26\,\frac{m}{s}}$

(5) 4,5/

$\beta = 10 \log \frac{I}{I_o}$; $I = \frac{P}{4\pi r^2}$, $r^2 = \frac{P}{4\pi I} = \frac{P}{4\pi I_o\, 10^{\beta/10}}$. P fixe

$I = I_o\, 10^{\beta/10}$.

$r_1 = 3.5$

$\beta_1 = 100$

$\beta_2 = 94$

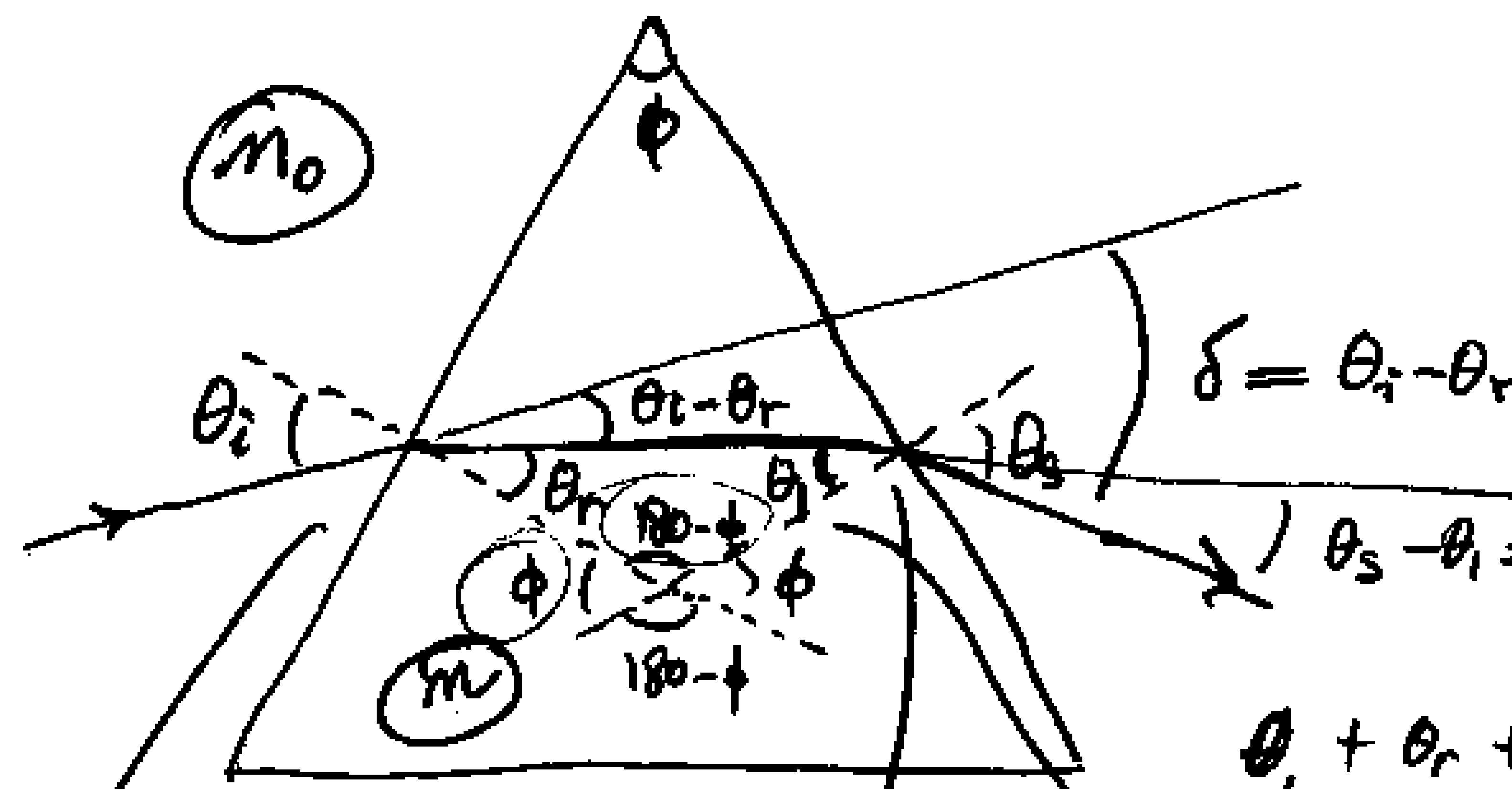
$$\frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{10^{\beta_1/10}}{10^{\beta_2/10}} = 10^{(\beta_1-\beta_2)/10} = 10^{0.6}$$

$$r_2^2 = 3.5^2\, 10^{0.6}$$

$$r_2 = 3.5\sqrt{10^{0.6}} = 3.5 \times 10^{0.3} = \boxed{6{,}98\,m}$$

P124, F   A2001

⑥ 6.5



$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$

$\sin\theta \simeq \theta$

$\delta = \theta_i - \theta_r + \theta_s - \phi + \theta_r$

$\theta_s - \theta_1 = \theta_s - \phi + \theta_r$

$\theta_1 + \theta_r + 180 - \phi = 180$

$\theta_1 = \phi - \theta_r$

$n_0 \sin\theta_i = n \sin\theta_r$

$\theta_i \simeq \frac{n}{n_0}\theta_r$

$n \sin(\phi - \theta_r) = n_0 \sin\theta_s$

$\phi - \theta_r \simeq \frac{n_0}{n}\theta_s$

$\frac{n}{n_0}(\phi - \theta_r) \simeq \theta_s$

$\delta = \frac{n}{n_0}\theta_r - \theta_r + \frac{n}{n_0}(\phi - \theta_r) - (\phi - \theta_r)$

$= \phi\left(\frac{n}{n_0} - 1\right) + \frac{n}{n_0}\theta_r - \theta_r - \frac{n}{n_0}\theta_r + \theta_r$

$\boxed{\delta = \phi\left(\frac{n}{n_0} - 1\right)}$

? 124, F. A01

7 /6

$$\frac{1}{p_1}+\frac{1}{q_1}=\frac{1}{f_1} \quad (1) \qquad \frac{1}{p_2}+\frac{1}{q_2}=\frac{1}{f_2} \quad (2)$$

- IMAGE de LA 1ère = OBJET de LA 2nde
- LENTILLES COLLÉES

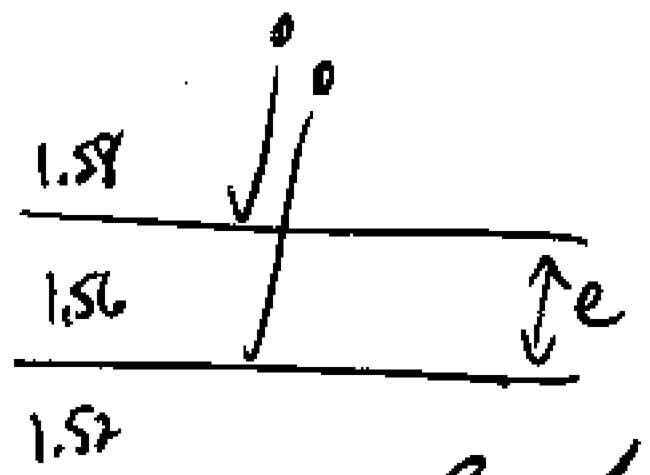
$\Big\}\quad p_2 = -q_1$

(1) + (2)

$$\frac{1}{p_1}+\frac{1}{q_1}+\frac{1}{-q_1}+\frac{1}{q_2}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}$$

$$\frac{1}{p_1}+\frac{1}{q_2}=\frac{1}{f_{eff}}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2} \Rightarrow \boxed{f_{eff}=\frac{f_1 f_2}{f_1+f_2}}$$

8 /4



ATTÉNUÉES = MIN

$e = 1.25 \times 10^{-6}\,m$

$= 1250\,nm$

$$2e = (m+\tfrac{1}{2})\frac{\lambda}{n}$$

$$2ne = 2(1.56)(1250\,nm) = (m+\tfrac{1}{2})\lambda$$

$$\lambda = \frac{3900\,nm}{m+\tfrac{1}{2}}$$

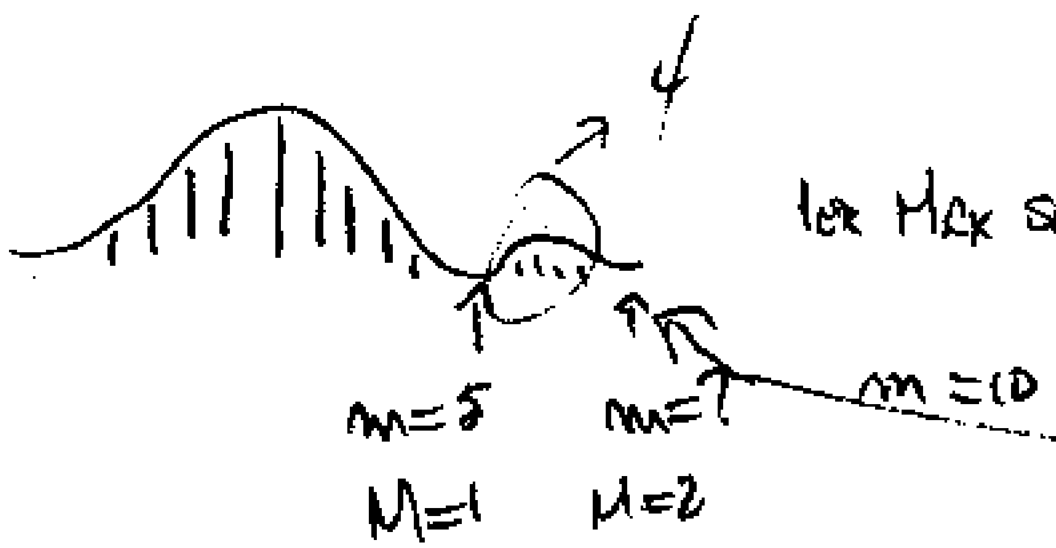
m:	0	1	2	3	4	5
=	7800,	2600,	1560,	1114,	867,	709
	6	7	8	9	10	
	600,	520,	459,	411,	371	

$\boxed{\text{Réponse : } 411,\ 459,\ 520 \text{ et } 600\,nm}$

P124 F A01

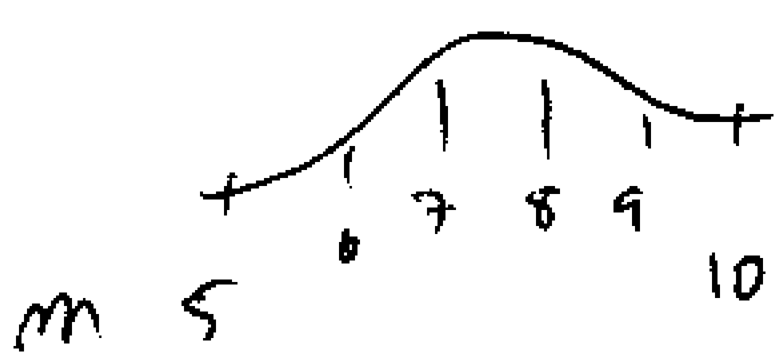
(9) /4,5

Max central de diffraction : interférence $d \sin\theta = m\lambda = 5\lambda$; diffraction $a \sin\theta = M\lambda = \lambda$ } $d = 5a$



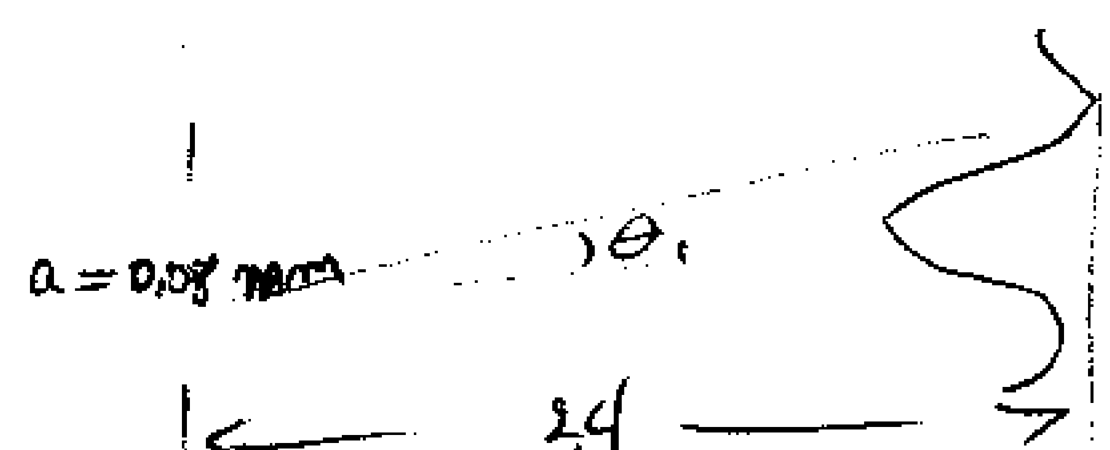
les max secondaire de diffraction : interf. $d\sin\theta = m\lambda$; diffrac. $a\sin\theta = 2\lambda$ } $\frac{d}{a} = \frac{m}{2}$, $m = 10$

5



il y a $\boxed{\text{Quatre}}$ franges brillantes dans les max secondaire de diffraction.

(10) /3,5



$\lambda = 620$ nm

$a = 8 \times 10^{-5}$ m

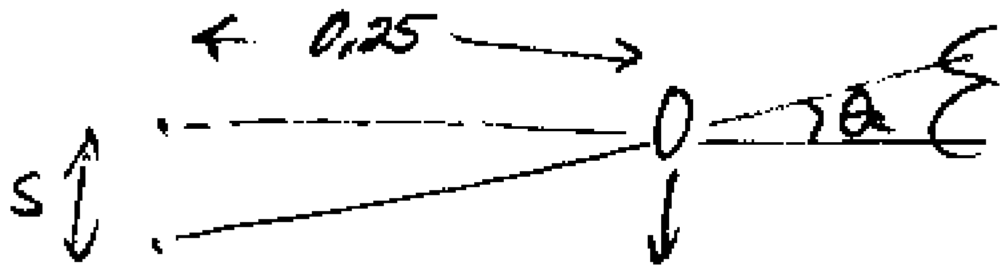
$\sin\theta_1 = \frac{\lambda}{a} = \cancel{8\times10} \ \frac{6.2\times10^{-7}}{8\times10^{-5}}$ $\theta_1 = 0,444°$

$y = L\tan\theta_1 = 2.4 \tan 0.444° = 1,86 \times 10^{-2}$ m

$\boxed{\text{Largeur} = 2y = 3,72 \text{ cm}}$

(11)

/A



$a = 3\times10^{-3}\,m$

$\lambda = 5.0\times10^{-7}$

$$\theta_c = \arcsin \frac{1.22\lambda}{a} = \arcsin \frac{(1.22)(5\times10^{-7})}{3\times10^{-3}} = 1.165\times10^{-2} \text{ degrees}$$

$$s = L\tan\theta_c = 0.25 \tan 1.165\times10^{-2} = \boxed{50.8\,\mu m}$$