مسابقة في مادة الفيزياء — الاسم:

المدة : ثلاث ساعات — الرقم:

Cette épreuve est formée de quatre exercices répartis sur quatre pages numérotées de 1 à 4.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

Premier exercice : (7,5 points)

Charge et décharge d'un condensateur

Le but de cet exercice est d'étudier la charge et la décharge d'un condensateur ayant une capacité C =1 μF. Pour cela, on réalise le circuit de la figue (1) composé du condensateur, d'un générateur idéal de tension constante E, d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un commutateur K à deux voies.

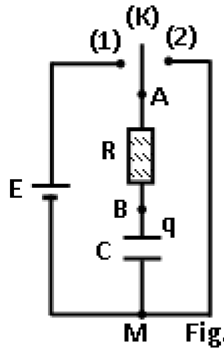


Fig.1

Prendre le sens du courant comme sens positif du circuit.

A – Charge du condensateur

Le condensateur est initialement neutre, le commutateur K est placé en position (1) à la date $t_0 = 0$. Un appareil approprié enregistre les variations de la tension $u_C = u_{BM}$ aux bornes du condensateur en fonction du temps.

1) Établir l'équation différentielle qui régit les variations de la tension u_C en fonction du temps.

2) La solution de cette équation différentielle est donnée par : $u_C = A + Be^{-\frac{t}{\tau}}$.

Déterminer les expressions des constantes A, B et τ en fonction de E, R et C.

3) La figure 2 montre les variations de u_C en fonction du temps t. La droite (OT) représente la tangente à la courbe $u_C(t)$ à $t_0 = 0$.

a) Déterminer la valeur de τ.

b) Déduire les valeurs de E et R.

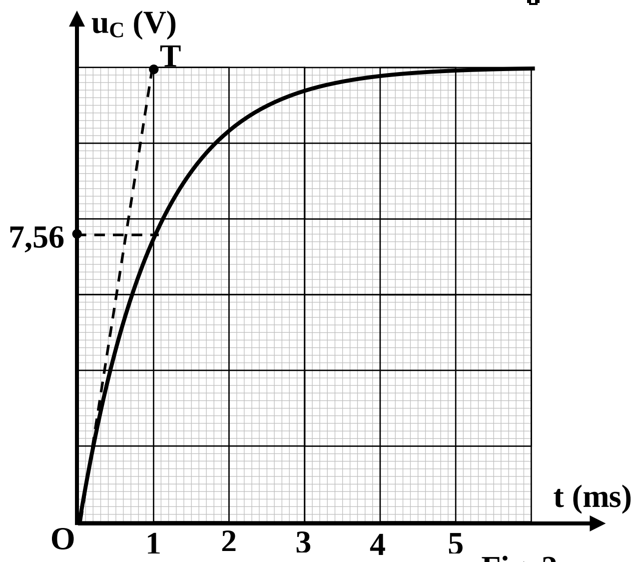


Fig. 2

B – Décharge du condensateur

La charge du condensateur est terminée, le commutateur K est placé en position (2) à une nouvelle origine de temps $t_0 = 0$. A la date t le circuit est alors parcouru par un courant d'intensité i.

1) Schématiser le circuit de décharge en y indiquant le sens du courant i.

2) Montrer que l'équation différentielle en i s'écrit : $i + RC\frac{di}{dt} = 0$.

3) Vérifier que $i = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ est la solution de l'équation différentielle où $I_0 = \frac{E}{R}$.

4) a) Calculer les valeurs de i aux dates $t_0 = 0$ et $t_1 = 2{,}5\tau$.

b) Déduire la valeur de u_C à la date $t_1 = 2{,}5\tau$.

5) Déterminer l'énergie électrique W_e perdue par le condensateur entre les dates $t_0 = 0$ et $t_1 = 2{,}5\tau$.

6) L'énergie thermique dissipée par effet joule dans le conducteur ohmique, entre t_0 et t_1, est donnée par :

$$W_{th} = \int_{t_0}^{t_1} Ri^2 dt .$$

a) Déterminer la valeur de W_{th}.

b) Comparer W_{th} et W_e . Conclure.

<u>Deuxième exercice</u> : (7,5 points)

Détermination de l'inductance d'une bobine et de la capacité d'un condensateur

Dans le but de déterminer l'inductance L d'une bobine de résistance négligeable et la capacité C d'un condensateur, on réalise les deux expériences suivantes :

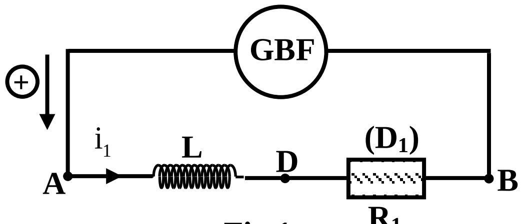


Fig.1

A – Première expérience

Dans cette expérience le circuit de la figure (1) comporte en série : un conducteur ohmique (D_1) de résistance $R_1 = 25\ \Omega$, la bobine d'inductance L et de résistance négligeable et un générateur à basses fréquences (GBF) délivrant une tension alternative sinusoïdale : $u_{AB} = U_m \sin(\omega t)$ (u_{AB} en V et t en s).

Le circuit est parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité i_1.

On branche un oscilloscope qui visualise l'évolution, en fonction du temps, de la tension u_{AB} sur la voie (Y_1) et de la tension u_{DB} sur la voie (Y_2).

Les réglages de l'oscilloscope sont :

- sensibilité verticale sur les deux voies: 1 V/division ;
- sensibilité horizontale : 1 ms/division.

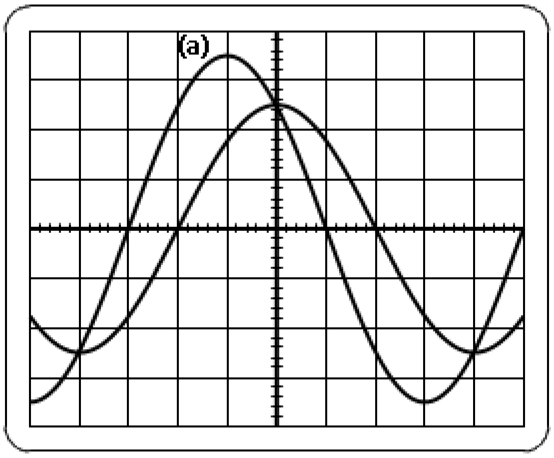


Fig. 2

1) Reproduire la figure (1) en y montrant les branchements de l'oscilloscope.

2) Les oscillogrammes obtenus sont représentés sur la figure (2).

a) L'oscillogramme (a) représente u_{AB}. Justifier.

b) En se référant à la figure (2), déterminer :

i) la pulsation ω de la tension u_{AB} ;

ii) les amplitudes U_m et U_{m1} respectivement des tensions u_{AB} et u_{DB} ;

iii) le déphasage entre u_{AB} et u_{DB}.

3) a) Ecrire l'expression de la tension u_{DB} en fonction du temps.

b) Déduire que $i_1 = 0{,}1\sin\left(\omega t - \dfrac{\pi}{4}\right)$ (i_1 en A ; t en s).

4) Déterminer la valeur de L en appliquant la loi d'additivité des tensions.

B – Deuxième expérience

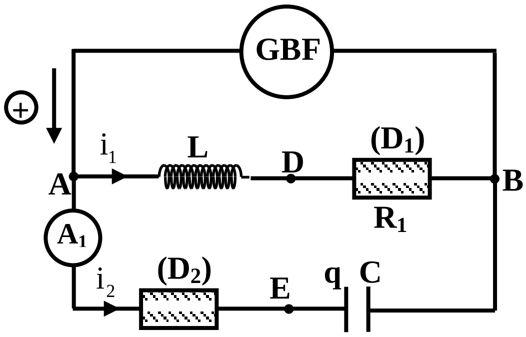


Fig.3

Dans cette expérience, un autre circuit, comportant en série, le condensateur de capacité C, un conducteur ohmique (D_2), et un ampèremètre (A_1) de résistance négligeable, est connecté ente A et B (figure 3).

Cette deuxième branche, est parcourue alors par un courant d'intensité i_2.

L'oscilloscope est utilisé, dans ce cas, pour visualiser la tension $u_{EB} = u_C$ aux bornes du condensateur, et la tension u_{DB} aux bornes de (D_1).

L'amplitude U_m et la pulsation ω du (GBF) restent constantes. Les réglages de l'oscilloscope restent les mêmes.

Les deux oscillogrammes obtenus sont confondus (figure 4).

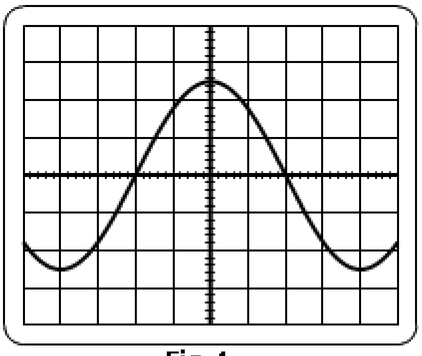


Fig. 4

Sachant que $i_1 = 0{,}1\sin\left(\omega t - \dfrac{\pi}{4}\right)$ (i_1 en A ; t en s)

1) Ecrire l'expression de u_C en fonction du temps.

2) Déterminer l'expression de i_2 en fonction de C et t .

3) L'ampèremètre (A_1) indique $I_2 = 27{,}7$ mA. Déterminer la valeur de C.

<u>Troisième exercice</u> : (7,5 points)

Pendule de torsion

Le but de cet exercice est d'étudier les oscillations d'un pendule de torsion.
On considère un pendule de torsion constitué d'un disque homogène (D), de faible épaisseur, suspendu par son centre d'inertie O à un fil de torsion vertical fixé à sa partie supérieure en un point O' (figure 1).

Données :

- le moment d'inertie de (D) par rapport à l'axe (OO') : $I = 3{,}2\times10^{-6}$ kg.m^2 ;
- la constante de torsion du fil : $C = 8\times10^{-4}$ mN/rad ;
- le plan horizontal passant par O est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

A – Oscillations libres non amorties

Les frottements sont supposés négligeables.
Le disque est dans sa position d'équilibre. On le tourne autour de (OO'), dans le sens positif, d'un angle $\theta_m = 0{,}1$ rad, puis on l'abandonne sans vitesse initiale à la date $t_0 = 0$.

A la date t, l'abscisse angulaire du disque est θ et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$.

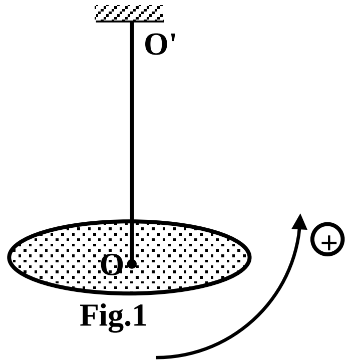


Fig.1

1) Écrire, à la date t, l'expression de l'énergie mécanique du système (pendule ; Terre) en fonction de I, C, θ et θ'.
2) Etablir l'équation différentielle du second ordre qui régit l'évolution de θ en fonction du temps.

3) La solution de l'équation différentielle est de la forme : $\theta = \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$

où T_0 et φ sont des constantes. Déterminer T_0 et φ.

B – Oscillations libres amorties

En réalité les forces de frottement ne sont pas négligeables. (D) effectue alors des oscillations faiblement amorties de pseudo période T.
1) A la fin de chaque oscillation l'amplitude des oscillations diminue de 2,5% de sa valeur précédente.
a) Calculer l'énergie mécanique E_0 du système (pendule ; Terre) à la date $t_0 = 0$.
b) Montrer que la perte d'énergie mécanique à la fin de la première oscillation est : $|\Delta E| = 1{,}97\times10^{-7}$ J.

2) Calculer la valeur moyenne de la puissance dissipée par les forces de frottement en admettant que la valeur de la pseudo période T est égale à T_0.

C – Oscillations entretenues

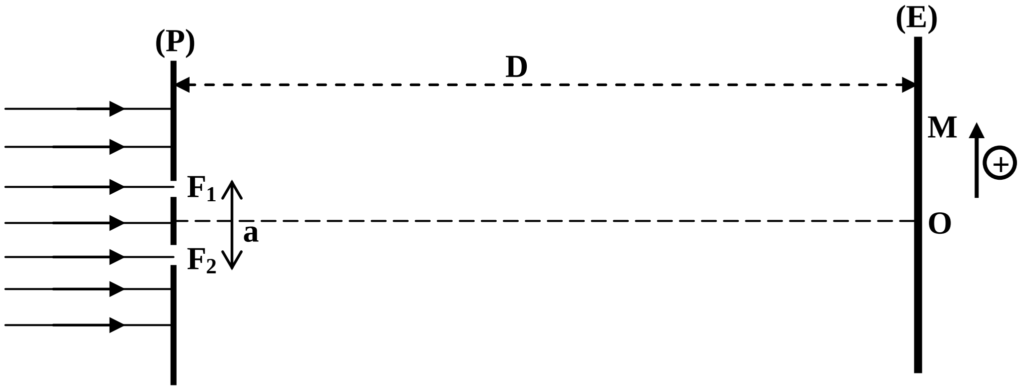
Un dispositif (M) permet de restituer à la fin de chaque oscillation l'énergie perdue par le pendule. Ce dispositif (M) emmagasine une énergie W = 0,8 J. L'énergie fournie au pendule, pour entretenir ses oscillations, représente 25% de l'énergie emmagasinée par (M).
Déterminer, en jours, la durée maximale pour entretenir les oscillations du pendule.

<u>Quatrième exercice</u> : (7,5 points)

Diffraction et interférences

On éclaire à l'aide d'un laser, sous incidence normale, deux fentes horizontales F_1 et F_2, de largeur a_1= 0,1 mm chacune, pratiquées dans un écran opaque (P) et distantes de $F_1F_2 = a = 1$ mm. La longueur d'onde de la lumière laser est $\lambda = 600$ nm. La distance entre le plan des fentes et l'écran d'observation (E) est D = 2 m.

O est un point de l'écran (E) situé sur la médiatrice de $[F_1F_2]$ (figure ci-dessous).



A – On couvre la fente F_1 par un petit écran opaque ; la lumière passe à travers F_2.
1) Un phénomène de diffraction apparait sur l'écran (E). Justifier.
2) Reproduire la figure et tracer le faisceau de la lumière qui émerge de la fente F_2.
3) Décrire ce qu'on observe sur l'écran (E).
4) Écrire l'expression donnant la largeur angulaire α (α faible) de la frange brillante centrale en fonction de λ et a_1 .

5) a) Montrer que la largeur linéaire L de la frange brillante centrale est donnée par : $L = 2\frac{\lambda D}{a_1}$.

   b) Calculer L.
6) L'écran opaque couvre maintenant F_2. La lumière passe à travers la fente F_1.
Le centre de la nouvelle frange centrale de diffraction se trouve à une distance d du centre de la frange centrale précédente. Préciser la valeur de d .

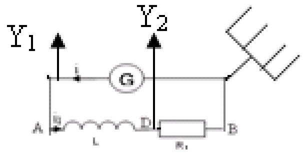
B – On enlève le petit écran opaque et les deux fentes sont maintenant éclairées par le faisceau laser.
On montre qu'en un point M de (E), tel que : $x = \overline{OM}$, la différence de marche optique dans l'air est donnée par $\delta = \frac{ax}{D}$.
1) Déterminer l'expression de l'abscisse x_k correspondante au centre de la $k^{\text{ième}}$ frange sombre.
2) Déduire l'expression de l'interfrange i.
3) Calculer i.
4) Soit N un point sur l'écran (E) d'abscisse : $x_N = \overline{ON} = 2{,}4$ mm. Préciser la nature et l'ordre de la frange en N.
5) On approche l'écran (E), parallèlement à lui-même, de 40 cm du plan (P) des deux fentes. Déterminer la nouvelle nature et l'ordre de la frange observée au même point N.

دورة العام ٢٠١٦ الاستثنائية السبت ٦ آب ٢٠١٦	امتحانات الشهادة الثانوية العامة الفرع : علوم عامة	وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات
الاسم: الرقم:	مسابقة في مادة الفيزياء المدة ثلاث ساعات	مشروع معيار التصحيح

Premier exercice (7.5 points)

Part of the Q	Réponses	Notes
A.1.	$E = u_R + u_C = Ri + u_C$;Mais $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$. $\Rightarrow RC\frac{du_C}{dt} + u_C = E$	0.75
A.2.	$u_C = A + Be^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow \frac{du_C}{dt} = -\frac{B}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}$ $E = -\frac{RCB}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} + A + Be^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow E = A + (1-\frac{RC}{\tau})Be^{-\frac{t}{\tau}}$ $\Rightarrow E = A, (1-\frac{RC}{\tau})Be^{-\frac{t}{\tau}}=0$ mais $B \neq 0 \Rightarrow \tau = RC$ At t=0 $,u_C = 0 \Rightarrow A + B = 0, \Rightarrow B = -A = -E$ $\Rightarrow u_C = E(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$	1.00
A.3.a	A partir du graphe , τ est l'abscisse du point d'intersection de OT avec l'asymptote $\Rightarrow \tau$= 1ms	0.50
A.3.b	$A\ t = \tau, u_C = 0.63E \Rightarrow E = \frac{7.56}{0.63} = 12V$ $\tau = RC \Rightarrow R = 10^3\Omega$	0.75
B.1.	Figure	0.25
B.2.	$u_{AB} + u_{BM} = 0, \Rightarrow -Ri + u_c = 0 \Rightarrow -Ri + \frac{q}{c} = 0$ Derivons par rapport au temps , $-R\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\left(\frac{dq}{dt}\right)$ mais $i = -\frac{dq}{dt} \Rightarrow i\ +\ RC\frac{di}{dt} = 0$	0.75
B.3.	$i = I_0e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow \frac{di}{dt} = -\frac{I_0}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow I_0e^{-\frac{t}{\tau}} - \frac{RC}{\tau}I_0e^{-\frac{t}{\tau}} = 0$, verifié	0.50
B.4.a.	$i = I_0e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow i = I_0e^{-\frac{t}{\tau}} = 0.082I_0$ mais $I_0 = \frac{E}{R} = 0.012A \Rightarrow i = 9.84\times10^{-4}A$	0.75
B.4.b	$u_C = u_R = Ri = 0.984V$	0.25
B.5.	$W_e = \frac{1}{2}C(E^2 - u^2) = 7.15\times10^{-5}J$	0.75
B.6.a	$W_h = \int_{t_0}^{t_1} R\,i^2\,dt = W_h = \frac{RI_0^2\tau}{2}(e^0 - e^{-5}) = 7.15x10^{-5}J$	0.75
B.6.b	$W_e = W_h$ l'énergie électrique perdue par le condensateur est transformé en chaleur par le conducteur ohmique	0.50

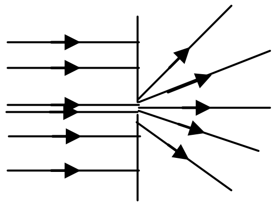
Deuxième exercice (7,5 points)

Part of the Q	Réponses	Mark
A.1	Connexion 	0.5
A.2.a	Les deux voies ont la même sensibilité verticale. alors la l'oscillogramme qui a l'amplitude la plus grande correspond à la tension du générateur. ou dans un circuit (RL) série, la tension du générateur est en avance de phase sur l'intensité du courant dont l'image est u_{DB},	0.5
A.2.b.i	$T = 8\times1 = 8$ ms $= 0.008$ s; $\omega = \frac{2\pi}{T} = 250\ \pi$ rd/s.	1.00
A.2.b.ii	$U_m = 3.5\times1 = 3.5$ V; $U_{m1} = 2.5\times1 = 2.5$ V.	1.00
A.2.b.iii	$\varphi = \frac{2\pi}{8}\times1 = \frac{\pi}{4}$ rd.	0.50
A.3.a.	$u_{R1} = 2.5\sin(250\pi t - \frac{\pi}{4})$.	0.5
A.3.b	$I_{m1} = \frac{U_{m1}}{R_1} = \frac{2.5}{25} = 0.1$ A. $i_1 = 0.1\sin(250\pi t - \frac{\pi}{4})$. ou $i_1 = \frac{u_{R1}}{R} = 0.1\sin(250\pi - \frac{\pi}{4})$	0.50
A.4	$u_{AB} = u_{AD} + u_{DB}$; avec: $u_{AD} = L\frac{di_1}{dt} = 25\pi L\cos(250\pi t - \frac{\pi}{4})$; $u_{DB} = R_1 i_1 = 2.5\sin(250\pi t - \frac{\pi}{4})$. On a alors: $3.5\sin(250\pi t) = 25\pi L\cos(250\pi t - \frac{\pi}{4}) + 2.5\sin(250\pi t - \frac{\pi}{4})$. pour t = 0, on obtient: $0 = 25\pi L\frac{\sqrt{2}}{2} - 2.5\frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2}\times L = \frac{0.1}{\pi} = 0.032$ H.	1.25
B.1	$u_c = u_{R1} = 2.5\sin(250\pi t - \frac{\pi}{4})$.	0.5
B.2.	$i_2 = C\frac{du_C}{dt} = 625\pi C\cos(250\pi t - \frac{\pi}{4})$	0.5
B.3	L'ampèremètre indique $I_{eff} = 0.0277A \Rightarrow I_{2M} = I_{eff}\sqrt{2} = 0.0391A$ mais $I_{2m} = 625\pi C \Rightarrow C = \frac{I_{2m}}{625\pi} = 2x10^{-5}F$	0.75

Troisième exercice (7,5 points)

Part of the Q	Answer	Mark
A.1.	$E_m = \frac{1}{2} I\theta'^2 + \frac{1}{2} C\theta^2$	1.00
A.2.	$E_m = Cte \Rightarrow \frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow I\theta'\theta'' + C\theta\theta' = 0 \Rightarrow \theta'' + \frac{C}{I}\theta = 0$	1.00
A.3.	$\theta = \theta_m \cos(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi) \Rightarrow \theta' = -\theta_m \frac{2\pi}{T_0} \sin(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi)$ $\Rightarrow \theta'' = -\theta_m (\frac{2\pi}{T_0})^2 \sin(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi) = -(\frac{2\pi}{T_0})^2 \theta$ $-\frac{4\pi^2}{T_0^2}\theta + \frac{C}{I}\theta = 0$ $\Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I}{C}} \Rightarrow T_0 \approx 0.4$ s. à $t_0 = 0$, $\theta = 0$ .1rd $0{,}1 \cos\varphi = 0.1 \Rightarrow \varphi = 0$	1.5
B.1.a	$E_0 = \frac{1}{2} C\ \theta_{0m}^2 = 4\times10^{-6}$ J	0.75
B.1.b	$\theta_{0m} = 0.1$rad $\Rightarrow \theta_{1m} = \frac{0.1\times 97.5}{100} = 0.0975$ rad. $\Rightarrow \lvert\Delta E\rvert = \frac{1}{2} C\ (\theta_{0m}^2 - \theta_{1m}^2) = 1.97\times10^{-7}$ J	1.25
B.2	$P_{moy} = \frac{\Delta E}{T} = 4.92\times10^{-7}$ W	0.75
C	L’énergie utilisée par l’oscillateur: $\frac{0.8\times25}{100} = 0.2$ J. La durée de cette utilisation : $t = \frac{0.2}{4.92\times10^{-7}} = 406504$ s = 4,7 jours	1.25

Quatrième exercice : (7,5 points)

Part of the Q	Answer	Mark
A.1	Car la le faisceau laser traverse une fente de largeur 0,1 mm < 1 mm.	0.50
A.2.		0.50
A.3	On observe des franges: • Alternativement sombres et brillantes. • Perpendiculaires à la direction de la fente. • La largeur de la frange centrale est égale au double des franges brillantes latérales qui l'entoure.	0.75
A.4	$\alpha = \frac{2\lambda}{a_1}$	0.50
A.5.a	Figure $\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{L/2}{D}$, mais α est faible, alors $\tan\frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha_{rad}}{2} \Rightarrow L = \alpha \times D = \frac{2\lambda D}{a_1}$.	0.75
A.5.b	$L = \frac{2\times 0.633\times 10^{-3}\times 2\times 10^{3}}{0.1}\text{mm} = 25\text{ mm}$.	0.50
A.6.	Le centre de la frange centrale se trouve sur la perpendiculaire abaissée de la fente à (E), donc d = a = 1mm	0.50
B.1.	$\delta = \frac{ax}{D}$, pour une frange sombre $\delta=(2k+1)\frac{\lambda}{2} \Rightarrow x = (2k+1)\frac{\lambda D}{a}$	0.75
B.2.	$i = x_{k+1} - x_k = \frac{[2(k+1)+1]\lambda D}{2a} - \frac{(2k+1)\lambda D}{2a} = \frac{\lambda D}{a}$.	0.75
B.3	$i = \frac{0.6\times 10^{-3}\times 2\times 10^{3}}{1} = 1.2\text{ mm}$.	0.50
B.4.	$\frac{x}{i} = \frac{2.4}{1.2} = 2 \Rightarrow x = 2\,i \Rightarrow$ N est le centre de la frange brillante d'ordre k = 2	0.75
B.5.	$i = \frac{0.6\times 10^{-3}\times 1.6\times 10^{3}}{1} = 0.96\text{ mm}$ $\frac{x}{i} = \frac{2.4}{0.96} = 2.5 \Rightarrow x = 2.5i \Rightarrow$ N est sur la frange sombre d'ordre k = 2	0.75