

الاسم:  
الرقم:

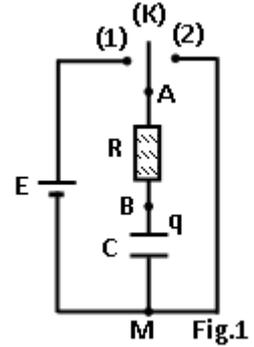
مسابقة في مادة الفيزياء  
المدة : ثلاث ساعات

**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  $C = 1 \mu\text{F}$ . Pour cela, on réalise le circuit de la figure (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. Prendre le sens du courant comme sens positif du circuit.



**A – Charge du condensateur**

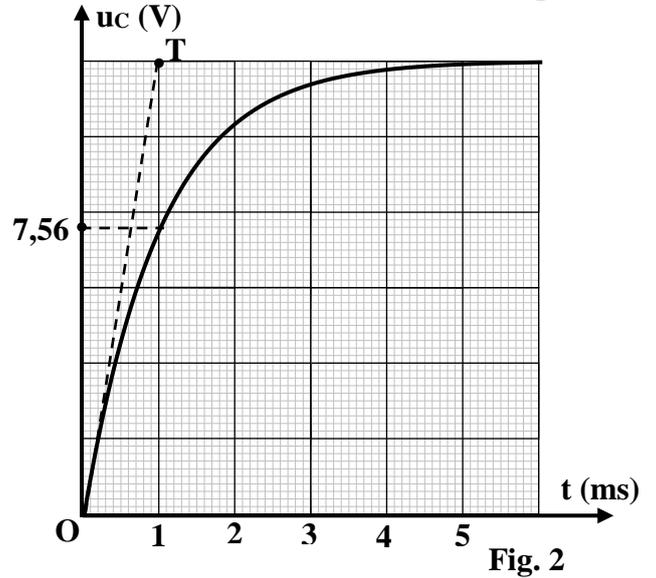
Le condensateur est initialement neutre, le commutateur  $K$  est placé en position (1) à la date  $t_0 = 0$ . Un appareil approprié enregistre les variations de la tension  $u_C = u_{BM}$  aux bornes du condensateur en fonction du temps.

- 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  $\tau$  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  $\tau$ .
- b) Déduire les valeurs de  $E$  et  $R$ .

**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.

**Deuxième exercice : (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 :

**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.

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

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

**B – Deuxième expérience**

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  $\omega$  du (GBF) restent constantes. Les réglages de l'oscilloscope restent les mêmes.

Les deux oscillogrammes obtenus sont confondus (figure 4).

Sachant que  $i_1 = 0,1 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right)$  ( $i_1$  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  $C$ .

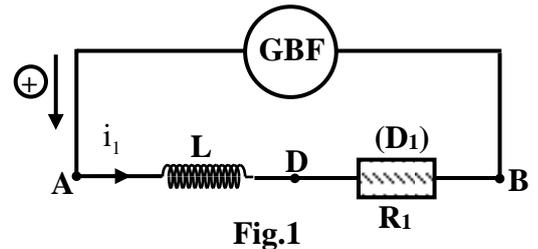


Fig.1

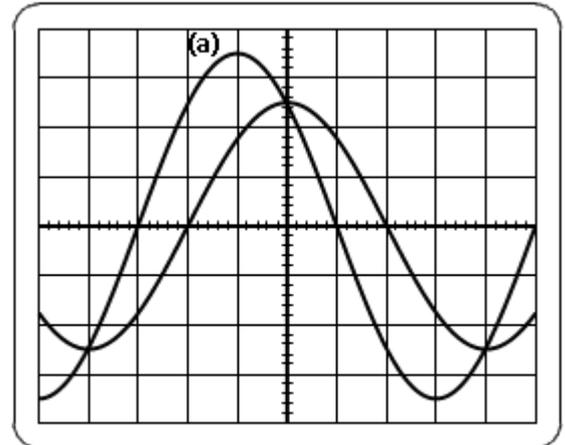


Fig. 2

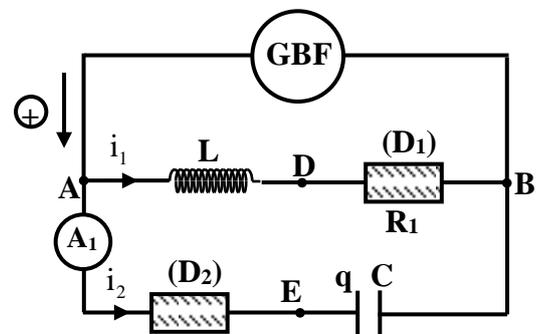


Fig.3

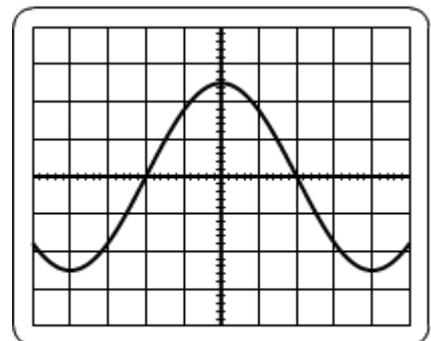


Fig. 4

### Troisième exercice : (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') :  $I = 3,2 \times 10^{-6} \text{ kg.m}^2$  ;
- la constante de torsion du fil :  $C = 8 \times 10^{-4} \text{ mN/rad}$  ;
- 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  $\theta_m = 0,1 \text{ rad}$ , puis on l'abandonne sans vitesse initiale à la date  $t_0 = 0$ .

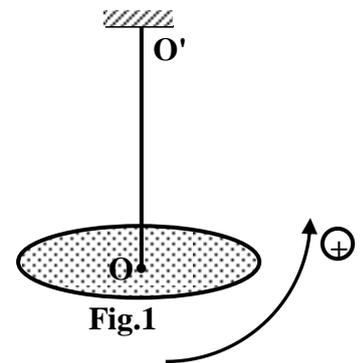
A la date t, l'abscisse angulaire du disque est  $\theta$  et sa vitesse angulaire est  $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$ .

1) Écrire, à la date t, l'expression de l'énergie mécanique du système (pendule ; Terre) en fonction de I, C,  $\theta$  et  $\theta'$ .

2) Etablir l'équation différentielle du second ordre qui régit l'évolution de  $\theta$  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  $\varphi$  sont des constantes. Déterminer  $T_0$  et  $\varphi$ .



#### **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 :  $|\Delta E| = 1,97 \times 10^{-7} \text{ J}$ .

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  $W = 0,8 \text{ J}$ . L'énergie fournie au pendule, pour entretenir ses oscillations, représente 25% de l'énergie emmagasinée par (M).

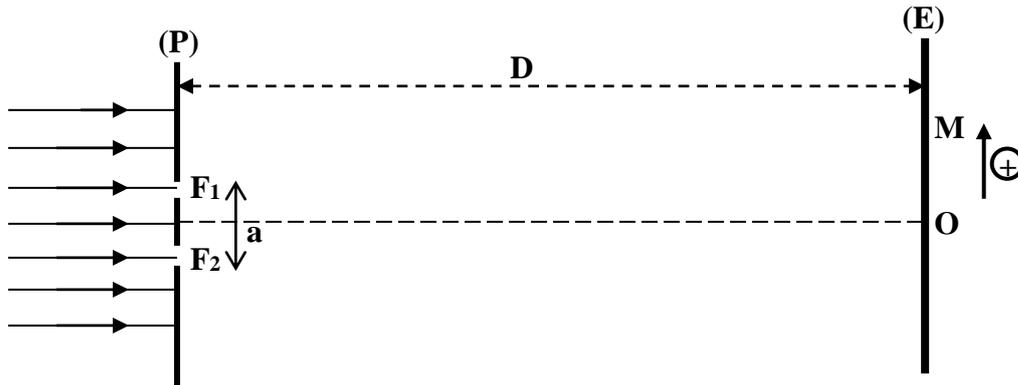
Déterminer, en jours, la durée maximale pour entretenir les oscillations du pendule.

### Quatrième exercice : (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 apparaît 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  $\alpha$  ( $\alpha$  faible) de la frange brillante centrale en fonction de  $\lambda$  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  $\delta = \frac{ax}{D}$ .

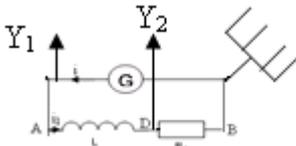
- 1) Déterminer l'expression de l'abscisse  $x_k$  correspondante au centre de la  $k^{\text{ième}}$  frange sombre.
- 2) Dédire l'expression de l'interfrange  $i$ .
- 3) Calculer  $i$ .
- 4) Soit N un point sur l'écran (E) d'abscisse :  $x_N = \overline{ON} = 2,4$  mm. Préciser la nature et l'ordre 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.

وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات	امتحانات الشهادة الثانوية العامة الفرع : علوم عامة	دورة العام 2016 الاستثنائية السبت 6 آب 2016
مشروع معيار التصحيح	مسابقة في مادة الفيزياء المدة ثلاث ساعات	الاسم: الرقم:

### Premier exercice (7.5 points)

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

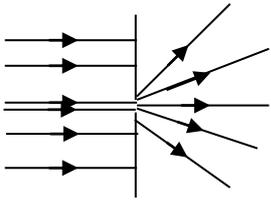
## Deuxième exercice (7,5 points)

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	$T = 8 \times 1 = 8 \text{ ms} = 0.008 \text{ s}$ ; $\omega = \frac{2\pi}{T} = 250 \pi \text{ rd/s}$ .	1.00
A.2.b.ii	$U_m = 3.5 \times 1 = 3.5 \text{ V}$ ; $U_{m1} = 2.5 \times 1 = 2.5 \text{ V}$ .	1.00
A.2.b.iii	$\varphi = \frac{2\pi}{8} \times 1 = \frac{\pi}{4} \text{ rd}$ .	0.50
A.3.a.	$u_{R1} = 2.5 \sin(250 \pi t - \frac{\pi}{4})$ .	0.5
A.3.b	$I_{m1} = \frac{U_{m1}}{R_1} = \frac{2.5}{25} = 0.1 \text{ A}$ . $i_1 = 0.1 \sin(250 \pi t - \frac{\pi}{4})$ . ou $i_1 = \frac{u_{R1}}{R} = 0.1 \sin(250 \pi t - \frac{\pi}{4})$	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: $0 = 25 \pi L \frac{\sqrt{2}}{2} - 2.5 \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} \times L = \frac{0.1}{\pi} = 0.032 \text{ H}$ .	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 $I_{\text{eff}} = 0.0277 \text{ A} \Rightarrow I_{2M} = I_{\text{eff}} \sqrt{2} = 0.0391 \text{ A}$ mais $I_{2m} = 625 \pi C \Rightarrow C = \frac{I_{2m}}{625 \pi} = 2 \times 10^{-5} \text{ F}$	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.	$E_m = \text{Cte} \Rightarrow \frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow I \theta' \theta'' + C \theta \theta' = 0 \Rightarrow \theta'' + \frac{C}{I} \theta = 0$	1.00
A.3.	$\theta = \theta_m \cos \left( \frac{2\pi}{T_0} t + \varphi \right) \Rightarrow \theta' = -\theta_m \frac{2\pi}{T_0} \sin \left( \frac{2\pi}{T_0} t + \varphi \right)$ $\Rightarrow \theta'' = -\theta_m \left( \frac{2\pi}{T_0} \right)^2 \sin \left( \frac{2\pi}{T_0} t + \varphi \right) = - \left( \frac{2\pi}{T_0} \right)^2 \theta$ $-\frac{4\pi^2}{T_0^2} \theta + \frac{C}{I} \theta = 0$ $\Rightarrow T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{I}{C}} \Rightarrow T_0 \approx 0.4 \text{ s.}$ <p>à <math>t_0 = 0</math>, <math>\theta = 0.1 \text{ rad}</math>  <math>0.1 \cos \varphi = 0.1 \Rightarrow \varphi = 0</math></p>	1.5
B.1.a	$E_0 = \frac{1}{2} C \theta_{0m}^2 = 4 \times 10^{-6} \text{ J}$	0.75
B.1.b	$\theta_{0m} = 0.1 \text{ rad} \Rightarrow \theta_{1m} = \frac{0.1 \times 97.5}{100} = 0.0975 \text{ rad.}$ $\Rightarrow  \Delta E  = \frac{1}{2} C (\theta_{0m}^2 - \theta_{1m}^2) = 1.97 \times 10^{-7} \text{ J}$	1.25
B.2	$P_{\text{moy}} = \frac{\Delta E}{T} = 4.92 \times 10^{-7} \text{ W}$	0.75
C	<p>L'énergie utilisée par l'oscillateur: <math>\frac{0.8 \times 25}{100} = 0.2 \text{ J.}</math></p> <p>La durée de cette utilisation : <math>t = \frac{0.2}{4.92 \times 10^{-7}} = 406504 \text{ s} = 4,7 \text{ jours}</math></p>	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 $0,1 \text{ mm} < 1 \text{ mm}$ .	0.50
A.2.		0.50
A.3	On observe des franges: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alternativement sombres et brillantes.</li> <li>• Perpendiculaires à la direction de la fente.</li> <li>• La largeur de la frange centrale est égale au double des franges brillantes latérales qui l'entoure.</li> </ul>	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 $\alpha$ est faible, alors $\tan \frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha_{\text{rad}}}{2} \Rightarrow L = \alpha \times D = \frac{2\lambda D}{a_1}$ .	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 $d = a = 1 \text{ mm}$	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