دورة العام 2013 الاستثنائية	امتحانات الشهادة الثانوية العامة الفرع : علوم الحياة	وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات
الاسم: الرقم:	مسابقة في مادة الفيزياء المدة ساعتان	

Cette épreuve est formée de trois exercices répartis sur trois pages numérotées de 1 à 3.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

Premier exercice (6 points)

Applications sur la diffraction de la lumière

A- Mesure de la largeur d'une fente

Un faisceau de lumière laser, de longueur d'onde dans le vide λ = 632,8 nm, tombe normalement sur une fente verticale de largeur « a ». La figure de diffraction est observée sur un écran placé perpendiculairement au faisceau laser à une distance D = 1,5 m de la fente. Soit « L » la largeur linéaire de la tache centrale (Fig. 1).

L'angle de diffraction θ correspondant à une frange sombre de rang n est donné par $\sin\theta = \frac{n\lambda}{a}$ avec n = ±1, ±2, ±3…

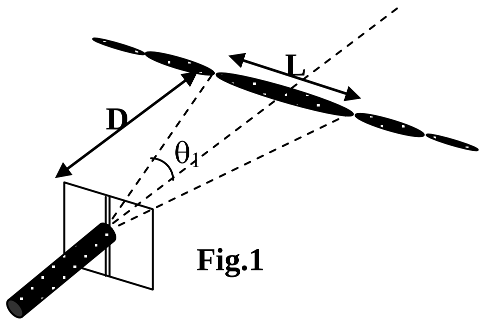


Fig.1

Pour faibles angles, prendre $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$ en radian.

1) Décrire l'aspect des franges de diffraction observées sur l'écran.
2) Écrire la relation entre a, θ_1 et λ.
3) Établir la relation entre a, λ, L et D.
4) Sachant que L = 6,3 mm, calculer la largeur « a » de la fente utilisée.

B- Contrôle de la fabrication des fils fins

Un fabricateur de fils fins désire contrôler le diamètre des fils produits. Il conserve la même source laser mentionnée dans (A) mais il remplace la fente par un fil fin vertical. Il observe sur l'écran le phénomène de diffraction (figure 2).

Pour D = 2,60 m, il obtient une tache centrale de largeur linéaire constante L_1 = 3,4 mm.

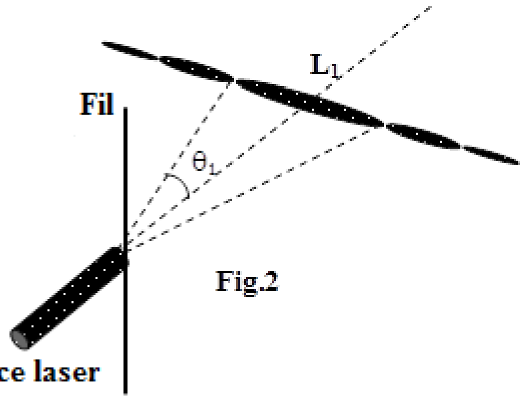


Fig.2

1) Calculer la valeur du diamètre « a_1 » du fil éclairé en un point donné.
2) Le fabricateur éclaire le fil en différentes positions dans les mêmes conditions précédentes. Préciser l'indicateur qui lui permet de contrôler que le diamètre du fil est constant.

C- Mesure de l'indice de l'eau

On plonge le dispositif de la partie (A) dans l'eau d'indice de réfraction n_{eau}. On obtient une nouvelle figure de diffraction.

On trouve que pour D = 1,5 m et a = 0,3 mm, la largeur linéaire de la tache centrale est L_2 = 4,7 mm.

1) Calculer la longueur d'onde λ' de la lumière laser dans l'eau.
2) **a)** Déterminer la relation entre λ, λ' et n_{eau}.
   b) Déduire la valeur de n_{eau}.

<u>Deuxième exercice</u> (7 points) **Oscillateur mécanique**

On dispose d'un oscillateur mécanique constitué d'un ressort, de masse négligeable, à spires non jointives de raideur k et d'un solide (S) de masse m = 0,1 kg.

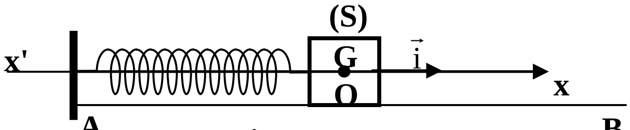


Fig. 1

Le ressort, disposé horizontalement, est fixé par l'une de ses extrémités à un support fixe et (S) est accroché à l'autre extrémité. (S) peut se déplacer sans frottement sur un rail horizontal AB et son centre d'inertie G peut alors se déplacer sur un axe horizontal x'O x. À l'équilibre, G coïncide avec l'origine O de l'axe x'x (Fig. 1).

On écarte (S) à partir de sa position d'équilibre, d'une distance $x_0 = \overline{OG_0}$ et on lui communique, à l'instant $t_0 = 0$, dans le sens positif une vitesse initiale $\vec{v}_0 = v_0\vec{i}$. (S) effectue alors des oscillations mécaniques le long de x'O x.

A- Étude théorique

À un instant t, l'abscisse de G est $x = \overline{OG}$ et la mesure algébrique de sa vitesse est $v = \dfrac{dx}{dt}$.

Prendre le plan horizontal passant par G comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

1) Écrire, à un instant t, l'expression de l'énergie mécanique E_m du système (oscillateur, Terre) en fonction de m, x, k et v.

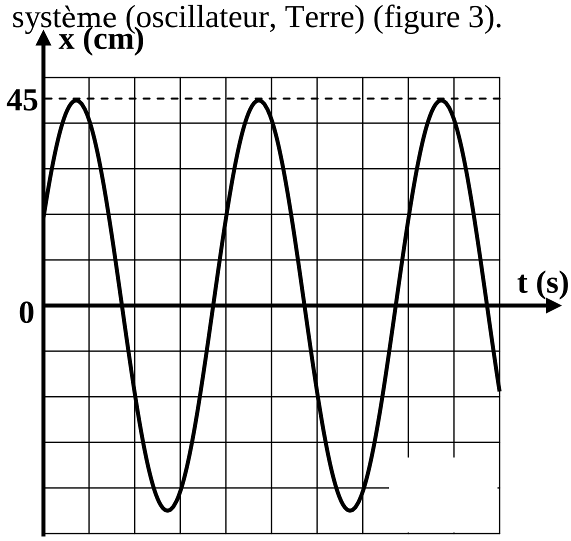
2) Établir l'équation différentielle du second ordre en x qui régit le mouvement de G.

3) La solution de cette équation différentielle a pour expression $x = X_m \sin(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$, où X_m, T_0 et φ sont des constantes. Déterminer l'expression de la période propre T_o en fonction de m et k.

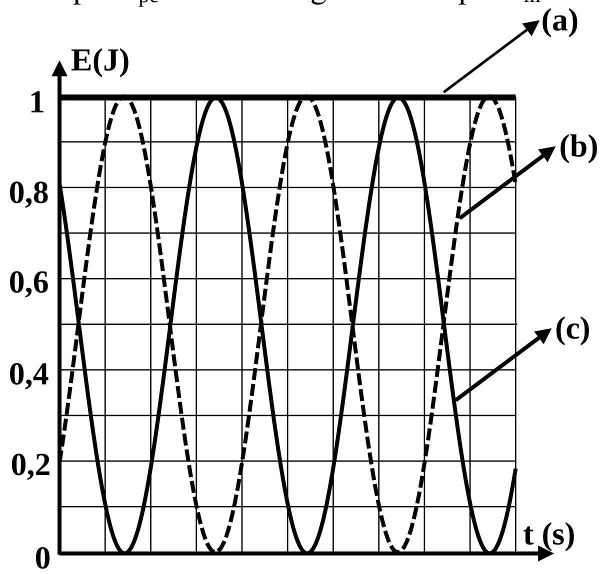
B- Étude graphique du mouvement

Un dispositif approprié permet d'obtenir l'évolution en fonction du temps :

- de l'abscisse x de G (figure 2) ;
- de l'énergie cinétique E_c, de l'énergie potentielle élastique E_{pe} et de l'énergie mécanique E_m du système (oscillateur, Terre) (figure 3).



1 division horizontale → 0,157 s
1 division verticale → 10 cm



2 divisions horizontales → 0,157s **Fig.3**

1) En se référant à la figure (2), indiquer la valeur de :

a) l'abscisse initiale x_0 ;

b) l'amplitude X_m ;

c) la période T_0.

2) Déterminer les valeurs de k et φ.

3) Les courbes (a), (b) et (c) de la figure 3 représentent les variations des énergies du système (oscillateur, Terre) en fonction du temps.En utilisant cette figure :

a) identifier, en le justifiant, l'énergie que représente chaque courbe ;

b) déterminer la valeur de la vitesse initiale v_0 ;

c) i) indiquer la valeur de la période T des énergies E_c et E_{pe} ;
ii) déduire la relation entre T et T_0.

<u>Troisième exercice</u> (7 points) Charge et décharge d'un condensateur

L'objectif de cet exercice est de déterminer, par deux méthodes différentes, la valeur de la capacité C d'un condensateur.

Dans ce but, on réalise le montage de la figure 1. Ce montage comprend : un générateur idéal délivrant une tension continue de valeur E = 10 V, un condensateur de capacité C, deux conducteurs ohmiques de résistances identiques $R_1 = R_2 = 10\ k\Omega$ et un commutateur K.

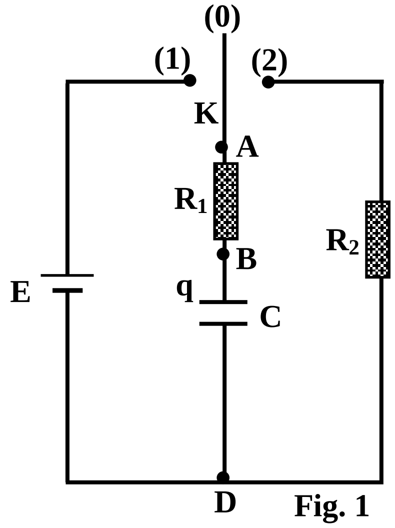


Fig. 1

A- Charge du condensateur

Le commutateur K est d'abord en position (0) et le condensateur est neutre.
À l'instant $t_0 = 0$, on permute K à la position (1) et la charge du condensateur débute.

1) Etude théorique

a) En appliquant la loi d'additivité des tensions et en adoptant le sens du courant électrique comme sens positif dans le circuit, montrer que l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $u_C = u_{BD}$ aux bornes du condensateur, s'écrit sous la forme : $E = R_1 C\dfrac{du_C}{dt} + u_C$.

b) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $u_C = A(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}})$ où A et τ_1 sont des constantes. Montrer que A = E et $\tau_1 = R_1C$.

c) Montrer qu'à la fin de la charge $u_C = E$.

d) Montrer que l'expression de $u_{AB} = u_{R1} = Ee^{-\frac{t}{R_1C}}$.

e) Établir l'expression du logarithme népérien de u_{R1} [$\ell n(u_{R_1})$] en fonction du temps.

2) Etude graphique

La variation de $\ell n(u_{R_1})$ en fonction du temps, est représentée par la figure 2.

a) Justifier que l'allure du graphe obtenu est compatible avec l'expression de $\ln(u_{R1})$ en fonction du temps.

b) Déduire, en utilisant le graphe, la valeur de la capacité C.

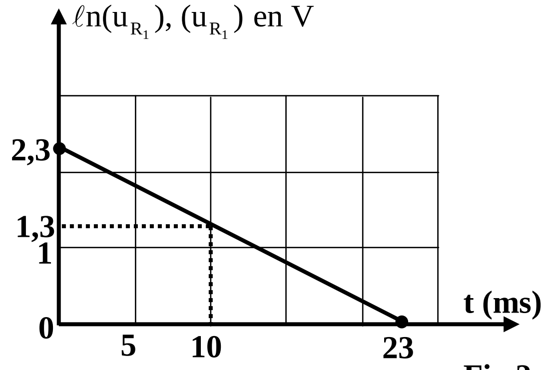


Fig.2

B- Décharge du condensateur

Le condensateur étant complètement chargé, on bascule le commutateur K à la position (2). À une date $t_o = 0$, pris comme nouvelle origine de temps, la décharge du condensateur débute.

1) Lors de la décharge, le courant électrique circule de B vers A à travers le conducteur ohmique de résistance R_1. Justifier.

2) En adoptant le sens du courant électrique comme sens positif, montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C aux bornes du condensateur est de la forme : $u_C + (R_1 + R_2)C\dfrac{du_C}{dt} = 0$.

3) La solution de l'équation différentielle est : $u_C = E\,e^{-\frac{t}{\tau_2}}$ où τ_2 est la constante de temps du circuit de décharge. Montrer que $\tau_2 = (R_1 + R_2)C$.

4) La variation de la tension u_C aux bornes du condensateur et la tangente à la courbe $u_C = f(t)$ à l'instant $t_o = 0$, sont représentées sur la figure 3. Déduire, de cette figure, la valeur de la capacité C.

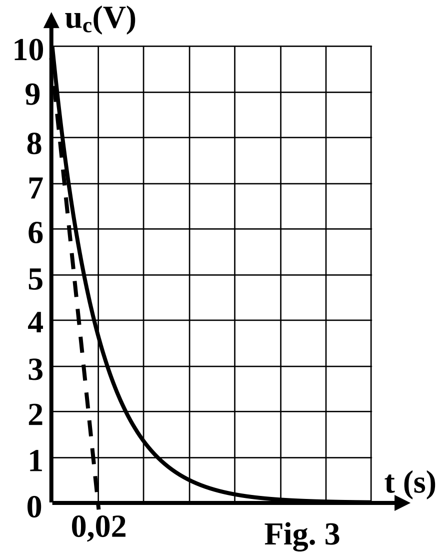


Fig. 3

Premier exercice (6 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A-1	On observe : - Des franges alternativement brillantes et sombres - La frange centrale brillante de largeur double que les franges latérales - La direction de la figure de diffraction est perpendiculaire à celle de la fente	**0.25** **0.25** **0.25**
A-2	Sin $\theta_1 = \frac{\lambda}{a} \approx \theta_1$	**0.25**
A-3	On a $\tan\theta_1 = \frac{L}{2D}$, vu que θ_1 est faible, alors : $\tan\theta_1 \approx \theta_1$, soit : $\theta_1 = \frac{L}{2D}$. Vu que $\sin\theta_1 \approx \theta_1$, alors : $\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$.	**0.5** **0.5**
A-4	$a = \frac{2D\lambda}{L} = \frac{2\times1,5\times632,8\times10^{-9}}{6,3\times10^{-3}} = 3\times10^{-4}$ m ou 0,3 mm.	**0.25×3**
B-1	Le diamètre du fil $= \frac{2\times2,6\times632,8\times10^{-9}}{3,4\times10^{-3}} = 0,967\times10^{-3}$ m = 0,967 mm	**0.25×3**
B-2	La largeur linaire de la tache centrale. Car si L = constante $\Rightarrow$ a = constante	**0.25** **0.25**
C.1	En appliquant la même relation, on obtient : $\frac{\lambda'}{a} = \frac{L_2}{2D}$ $\Rightarrow \lambda' = \frac{aL_2}{2D} = \frac{0,3\times10^{-3}\times4,7\times10^{-3}}{2\times1,5} = 470\times10^{-9}$ m	**0.25×3**
C-2-a	$\lambda' = \frac{V}{\nu}$ et $\lambda = \frac{C}{\nu} \Rightarrow \frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{V}{C} = \frac{1}{n} \Rightarrow \lambda' = \frac{\lambda}{n}$	**0.25-0.50**
C-2-b	$n = \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{623,8}{470} = 1.346$	**0.50**

Deuxième exercice (7 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A-1	$E_m = ½\, kx^2 + ½\, mv^2$	**0.50**
A-2	Mouvement sans frottement : Em = cte $\Rightarrow \frac{dE_m}{dt} = 0 = kxx' + mvv'$ $\Rightarrow x'' + \frac{k}{m} x = 0$.	**0.25** **0.50**
A-3	$x = X_m \sin(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi) \Rightarrow v = \frac{2\pi}{T_0} X_m \cos(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi)$ $\Rightarrow x'' = -(\frac{2\pi}{T_0})^2 X_m \sin(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi)$ $\Rightarrow -(\frac{2\pi}{T_0})^2 X_m \sin(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi) + \frac{k}{m} X_m \sin(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi) = 0$ $\Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.	**0.25** **0.25** **0.25** **0.25**
B-1-a	$x_0 = 20$ cm	**0.25**
B-1-b	$X_m = 45$ cm	**0.25**
B-1-c	$T_0 = 4 \times 0{,}157 = 0{,}628$s.	**0.50**
B-2	$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow k = \frac{4\pi^2 m}{T_0^2}$ $\Rightarrow$ k = 10 N/m. Pour $t_0=0$, $x = x_0 = X_m \sin\varphi \Rightarrow \sin\varphi = \frac{x_0}{X_m} = \frac{20}{45} = 0{,}44 \Rightarrow \varphi = 0{,}46$ rad ou $\varphi = \pi - 0{,}46$ rad ; or $v_0 = X_m \omega \cos\varphi > 0$ d'après la figure 2 $\Rightarrow \cos\varphi > 0$ et $\varphi = 0{,}46$ rad.	**0.50** **0.25** **0.25** **0.50**
B-3-a	La courbe (a) représente E_m car E_m= cte. $E_{P0} = ½k(x_0)^2 = ½(10)\times(0{,}2)^2 = 0{,}2$ J $\Rightarrow$ (b) représente E_{pe}. La courbe (c) représente E_c car à t = 0s Ec = Em- E_{pe} = 0,8J ou ….	**0.50** **0.50** **0.25**
B-3-b	$E_{c0} = ½\, m(v_0)^2 = 0{,}8$ J $\Rightarrow v_0 = 4$ m/s.	**0.50**
B-3-c-i	$T = 2 \times 0{,}157 = 0{,}314$ s	**0.25**
B-3-c-ii	$T_0 = 0{,}628$ s $\Rightarrow T = \frac{T_0}{2}$	**0.25**

Troisième exercice (7 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A-1-a	$u_{AD} = u_{AB} + u_{BD} \Rightarrow E = R_1.i + u_C$ avec $i = C\frac{du_C}{dt}$ on obtient : $\mathbf{E = R_1 C\frac{du_C}{dt} + u_C}$.	0.50-0.25
A-1-b	$\frac{du_C}{dt} = \frac{A}{\tau_1}e^{-\frac{t}{\tau_1}}$, en remplaçant dans l'équation différentielle, on obtient : $E = \mathbf{R_1 C}\frac{A}{\tau_1}e^{-\frac{t}{\tau_1}} + A(1-e^{-\frac{t}{\tau_1}}) \Rightarrow E = A\,e^{-\frac{t}{\tau_1}}(\frac{R_1C}{\tau_1}-1) + A$ Par identification A = E et $\tau_1 = R_1.C$	0.25 0.25 0.50
A-1-c	A la fin de la charge, $t \to \infty \Rightarrow e^{-\frac{t}{\tau_1}} \to 0 \Rightarrow u_C = A = E$. <u>Ou bien</u> : A la fin de la charge i =0 $\Rightarrow u_{R1} = 0 \Rightarrow u_c = E$	0.50
A-1-d	$u_{R1} = R_1 i = R_1C\frac{du_C}{dt} = R_1C\frac{E}{\tau_1}e^{-\frac{t}{\tau_1}} = Ee^{\frac{-t}{R_1C}}$ <u>Ou bien</u> : $u_G = u_{R1} + u_c \Rightarrow E = u_{R1} + E - Ee^{\frac{-t}{R1C}} \Rightarrow u_{R1} = Ee^{\frac{-t}{R_1C}}$	0.50
A-1-e	$u_{R1} = Ee^{\frac{-t}{R_1C}} \Rightarrow \ln u_{R1} = \ln E - t/\tau_1$	0.25
A-2-a	$\ln(u_R) = \ln E - \frac{t}{R_1C}$: fonction linéaire décroissante <u>ou bien</u> : $\ln(u_R)$ est de la forme $\ln(u_R) = at + b$ avec $a < 0$	0.50
A-2-b	Le coefficient directeur de cette droite est $-\frac{1}{R_1C} = \frac{2,3-1,3}{0-0,01} = -100\ s^{-1} \Rightarrow$ $\frac{1}{R_1C} = 100\ s^{-1}$ et $C = \frac{1}{10^6}F = 1\ \mu F$.	0.50 0.50
B-1	Car au cours de la charge, l'armature B du condensateur porte la charge positive.	0.25
B-2	$u_C = (R_1+R_2)i$ avec $i = -C\frac{du_C}{dt}$, on obtient : $u_C + (R_1+R_2)C\frac{du_C}{dt} = 0$.	0.50-0.25
B-3	En remplaçant u_C par $u_C = E\,e^{-\frac{t}{\tau_2}}$ dans l'équation différentielle on obtient : $E\,e^{-\frac{t}{\tau_2}} + (R_1+R_2)C(-\frac{E}{\tau_2}e^{-\frac{t}{\tau_2}}) = 0 \Rightarrow \tau_2 = (R_1+R_2)C$	0.50
B-4	La tangente à la courbe $u_C = f(t)$ à l'instant $t_0 = 0$ coupe l' axe de temps en un point d' abscisse $\tau_2 = 0,02$ s. $\tau_2 = (R_1+R_2)C \Rightarrow \frac{0.02}{20000} \Rightarrow C = 10^{-6}$ F	0.50 0.50