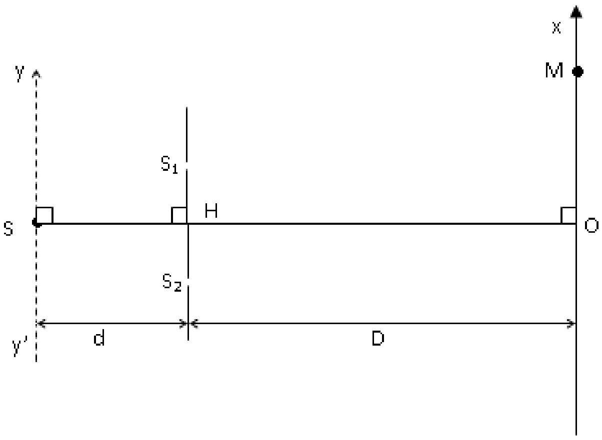
وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات	امتحانات الشهادة الثانوية العامة الفرع : علوم عامة	الدورة الإستثنائية للعام 2011
	مسابقة في مادة الفيزياء المدة ثلاث ساعات	الاسم: الرقم:

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 (6 points) Interférences lumineuses

Le but de cet exercice est de montrer comment on peut utiliser le dispositif des fentes de Young afin de pouvoir mesurer un déplacement très faible.
Une source en S, émettant une radiation monochromatique de longueur d'onde λ dans l'air, éclaire les deux fentes S_1 et S_2 distantes de a. L'écran d'observation est placé à la distance D du plan des fentes.

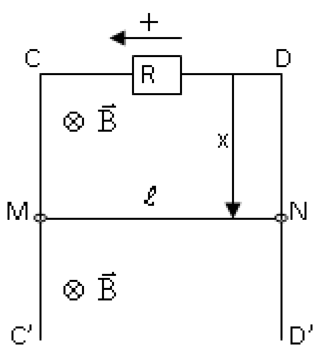


1. Décrire l'aspect des franges d'interférences observées sur l'écran.
2. En un point M d'abscisse $x = \overline{OM}$, la différence de marche optique est donnée par la relation :
   $\delta = MS_2 - MS_1 = \frac{ax}{D}$.
   a) Au point O, on observe une frange d'interférences brillante, dite frange brillante centrale. Pourquoi ?
   b) Quelle condition doit vérifier δ pour qu'on observe, en M, une frange sombre ?
   c) Exprimer x en fonction de a, D et λ, pour que M soit le centre d'une frange brillante.
   d) On donne : $\lambda = 0{,}55\ \mu m$; a = 0,2 mm ; D = 1,5 m ; d = 10 cm.
   On prend x = 1,65 cm. Les ondes qui interfèrent en M sont-elles en phase ou en opposition de phase ? Justifier la réponse.
3. On déplace la source de S en un point S' verticalement vers le haut sur l'axe y'y perpendiculaire à l'axe horizontal de symétrie SO, de la distance b = SS'. Dans ce cas, on peut écrire $S'S_2 - S'S_1 = \frac{ab}{d}$.
   a) La frange brillante centrale n'est plus en O mais en un point O'.
   i) Justifier ce déplacement.
   ii) Indiquer, en le justifiant, le sens de ce déplacement.
   b) Déterminer la valeur de b, sachant que OO' = 1cm.

Deuxième exercice (8 points)

Mouvement d'un conducteur dans deux champs

Deux rails verticaux CC' et DD' sont connectés par un conducteur ohmique de résistance R. Un fil conducteur rigide MN, de masse m et de longueur ℓ, peut glisser sans frottement le long de ces rails tout en restant horizontal et en contact avec ces rails. L'ensemble est placé dans un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme, horizontal et perpendiculaire au plan des rails. Le fil MN, lâché sans vitesse à la date $t_0 = 0$, se trouve à une date t à la distance x de CD, se déplaçant avec une vitesse de mesure algébrique v (v > 0) (Figure ci-contre).



1. Déterminer, à la date t, l'expression du flux magnétique de $\vec{B}$ à travers le circuit CMND en fonction de B, ℓ et x, en respectant le sens positif (+) indiqué sur la figure.

2. **a)** Déterminer l'expression de :

   i) la f.é.m. induite **e** aux bornes du fil conducteur MN, en fonction de v, B et ℓ.

   ii) l'intensité **i** du courant induit, en fonction de R, B, ℓ et v.

   b) Indiquer, en le justifiant, le sens du courant.

3. Montrer que la puissance électrique dissipée par le conducteur ohmique, à la date t, est donnée par :

   $P_{el} = \frac{B^2\ell^2}{R}v^2$.

4. Le fil MN est soumis à deux forces : son poids $m\vec{g}$ et la force de Laplace $\vec{F}$ de module $F = i\,\ell\,B$.

   a) En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle en v est donnée par : $\frac{dv}{dt} + \frac{B^2\ell^2}{mR}v = g$.

   b) La solution de cette équation différentielle s'écrit : $v = A\,(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$.

   Montrer que $A = \frac{mgR}{B^2\ell^2}$ et $\tau = \frac{mR}{B^2\ell^2}$.

   c) Montrer que v va atteindre une valeur limite V_{lim}.

   d) i) Exprimer v, en fonction de V_{lim}, à la date $t = \tau$.

   ii) En déduire le temps au bout duquel v atteint pratiquement sa valeur limite.

   e) Calculer la valeur de V_{lim} et celle de τ, sachant que : ℓ = 20 cm, m = 10 g, R = 0,1 Ω, B = 0,5 T et g = 10 m/s^2.

5. En régime permanent, à partir de l'instant où $v = V_{lim}$, l'énergie mécanique du système (MN dans le champ $\vec{B}$, Terre) diminue.

   a) Expliquer cette diminution.

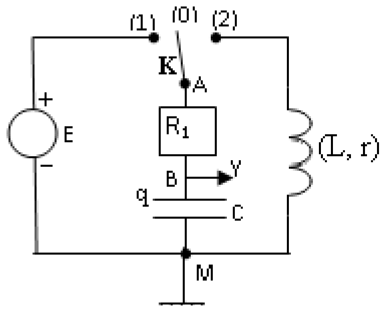
   b) Sous quelle forme cette énergie est-elle dissipée?

   c) Calculer la puissance dissipée.

Troisième exercice (8 points)

Étude de la charge et de la décharge d'un condensateur

Le montage de la figure ci-contre permet d'étudier l'évolution de la tension $u_C = u_{BM}$ aux bornes d'un condensateur de capacité C au cours de la charge et de la décharge. On dispose d'un générateur délivrant une tension constante E, d'un conducteur ohmique de résistance R_1 = 25 Ω et d'une bobine d'inductance L et de résistance r. Initialement, l'interrupteur K est en position (0) et le condensateur est non chargé. Un oscilloscope permet de visualiser l'évolution de u_C en fonction du temps.



A – Charge du condensateur

À l'instant $t_0 = 0$, on place l'interrupteur en position (1) et la charge du condensateur débute. À un instant t, le circuit est parcouru par un courant d'intensité i et le condensateur porte la charge q.

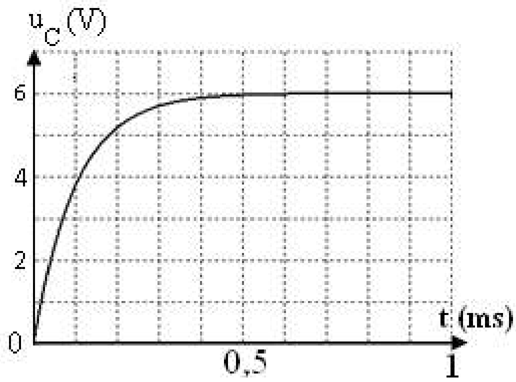
1. **a)** Reproduire le schéma du circuit en indiquant le sens réel du courant électrique.

   b) Écrire la relation entre i et u_C.

2. **a)** Établir l'équation différentielle en u_C.

   b) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $u_C = A + B\,e^{-\frac{t}{\tau_1}}$. Déterminer les expressions des constantes A, B et τ_1.

   c) En se référant au graphique du document 1 ci-contre, déterminer :



Document 1

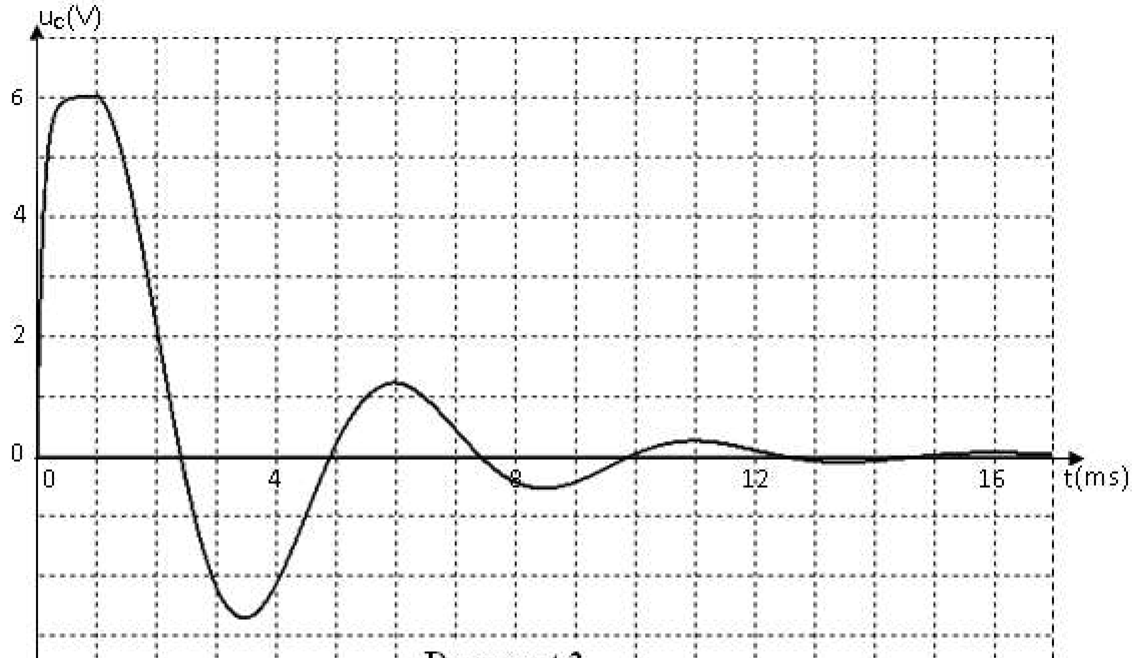
   i) les valeurs de E et τ_1. En déduire que la valeur de C est de 4 μF.

   ii) La durée minimale au bout de laquelle le condensateur est pratiquement totalement chargé.

B – Décharge du condensateur à travers une bobine

Le passage de K, de la position (1) à la position (2), s'effectue entre les dates $t_1 = 0,6$ ms et $t_2 = 1$ ms.
Le document 2 donne les variations de u_C en fonction du temps entre les dates 0 et 17ms .

1. La tension u_C reste constante entre les dates t_1 et t_2. Pourquoi ?
2. À partir de la date $t_2 = 1$ms, le circuit est le siège d'oscillations électriques. En se référant au graphique du document 2, donner la valeur de la pseudo-période T des oscillations électriques.



Document 2

3. **a)** Écrire l'expression de la période propre T_0 d'un circuit LC.

   b) Sachant que L = 0,156 H et $\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 - \left(\frac{r+R_1}{2L}\right)^2$, calculer r.
4. **a)** Déterminer, à partir du document 2, la valeur de u_C à la date t = 6 ms.

   b) Calculer la valeur de l'énergie électrique perdue dans le circuit au bout de la première oscillation.

Quatrième exercice (8 points)

Oscillateurs mécaniques

Les parties A et B sont indépendantes. Dans tout ce qui suit, les frottements sont négligés.

A-Pendule simple

Un pendule simple (P) est constitué d'une particule G de masse m attachée à l'une des extrémités d'un fil inextensible, de masse négligeable et de longueur L ; l'autre extrémité du fil est attachée en un point fixe A. Le pendule est écarté de sa position d'équilibre de θ_m. AG_i est la position initiale à partir de laquelle le pendule est abandonné sans vitesse à la date $t_0 = 0$. Le pendule oscille alors avec l'amplitude θ_m. À une date t, AG est repérée par θ, élongation angulaire mesurée à partir de la position d'équilibre, et v est la mesure algébrique de la vitesse de G (Fig.1).

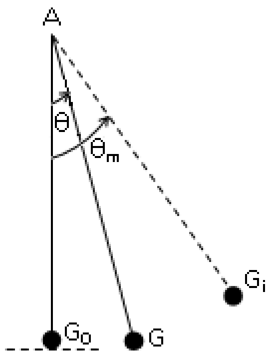


Fig. 1

Prendre le plan horizontal passant par G_0 comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

1. Trouver l'expression de l'énergie mécanique du système [(P), Terre] en fonction de m, g, L, v et θ.
2. Établir l'équation différentielle du second ordre en θ qui régit le mouvement de ce pendule.
3. a) Quelle condition doit satisfaire θ pour que le mouvement soit harmonique simple ?
b) En déduire, dans ce cas, l'expression de la période propre T_0 des oscillations.

c) Établir l'équation horaire du mouvement, dans le cas où $\theta_m = 0{,}1$ rad.
Prendre : $g = 10 m/s^2$; $L = 1m$ et $\pi^2 = 10$.

B- Pendule élastique horizontal

Un solide (S) de masse m peut glisser sur un plan horizontal ; il est accroché à un ressort (R) de raideur k = 4 N/m. Lorsque le solide (S) est en équilibre, son centre d'inertie G se situe à la verticale du point O, origine de l'axe horizontal des abscisses x'x.

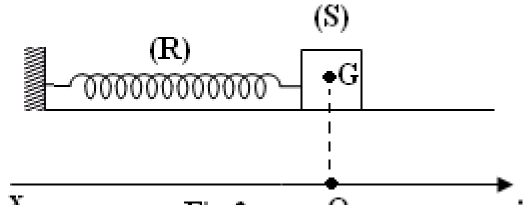


Fig.2

(S), écarté de sa position d'équilibre, est abandonné sans vitesse à la date $t_0 = 0$. À une date t, l'abscisse de G est x et la mesure algébrique de sa vitesse est v.

Un dispositif approprié donne les variations de x en fonction du temps (Fig. 3).

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

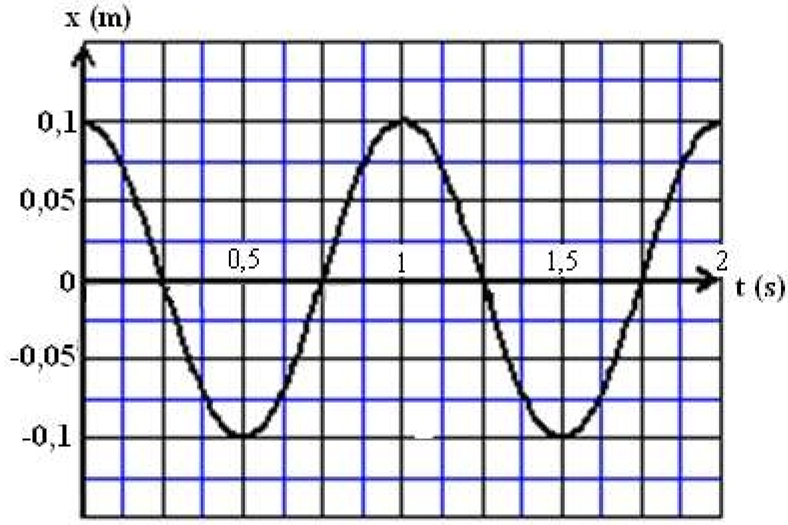


Fig. 3

1. Établir l'équation différentielle du second ordre en x qui régit le mouvement de G.
2. La solution de l'équation différentielle est de la forme : $x = X_m \cos(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi)$, où X_m, T_0 et φ sont des constantes. En se référant au graphique de la figure (3), donner les valeurs de X_m et T_0 et déterminer φ.
3. **a)** Déterminer l'expression de la période propre T_0 en fonction de m et k.
   b) En déduire m.
4. **a)** En se référant au graphique de la figure (3), donner les dates auxquelles l'énergie potentielle élastique est maximale.
   b) Calculer alors la valeur de l'énergie mécanique du système [(S), (R), Terre].

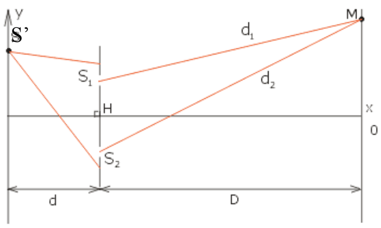
C- Comportement des pendules sur la Lune

On suppose que les deux pendules précédents sont placés sur la Lune.
Parmi les hypothèses ci-dessous, choisir, en le justifiant, pour chaque pendule celle qui est correcte.

Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3
T_0 ne varie pas	T_0 augmente	T_0 diminue

وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات	امتحانات الشهادة الثانوية العامة الفرع : علوم عامة مشروع معيار التصحيح	الدورة الإستثنائية للعام 2011

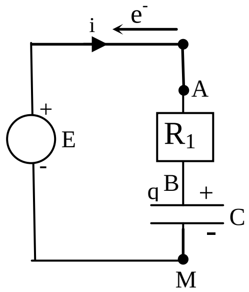
Premier exercice (6 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
1	Sur l'écran, on observe des franges alternativement brillantes et sombres, rectilignes ; équidistantes et parallèles aux fentes sources S_1 et S_2 .	¼ ¼ ¼ ¼
2.a	Au point O, $\delta = 0$, toutes les ondes arrivant en O sont en phase : on observe en O une frange brillante centrale	½
2.b	Au point M d'abscisse x, on observe une frange sombre si la différence de marche δ en ce point est telle que : $\delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ avec k entier	½
2.c	L'abscisse x du point M s'obtient à partir de l'expression de la différence de marche : $\delta = k\lambda = \frac{ax}{D} \Rightarrow x = \frac{k\lambda D}{a}$	½
2.d	$\delta = \frac{ax}{D} = \frac{0,2\times16,5}{1,5\times10^{3}} = 2,2\times10^{-3}$mm ; $\frac{\delta}{\lambda} = \frac{2,2\times10^{-3}}{0,55\times10^{-3}} = 4$, ainsi δ est un multiple entier de la longueur d'onde : les ondes qui interfèrent en M sont en phase.	½ ½
3.a.i	Si O reste le centre de la F.B.C : $\delta' = (S'S_2 + S_2O) - (S'S_1 + S_1O) = (S'S_2 - S'S_1) \neq 0$ Mais pour le centre de F.B.C. on a : $\delta' = 0 \Rightarrow$ O se déplace en un pt O'.	½
3.a.ii	$\delta' = (S'S_2 + S_2O') - (S'S_1 + S_1O') = 0 \Rightarrow (S'S_2 - S'S_1) + (S_2O' - S_1O') = 0$ $\Rightarrow (S'S_2 - S'S_1) = -(S_2O' - S_1O')$; $(S'S_2 - S'S_1) > 0 \Rightarrow (S_2O' - S_1O') < 0 \Rightarrow S_2O' < S_1O' \Rightarrow$ O se déplace vers le bas. **Autre méthode :** La frange centrale sur l'écran correspond à une différence de marche nulle en ce point ; au point M: $\delta' = SS_2 + S_2M - (SS_1 + S_1M)$ $\delta' = (SS_2 - SS_1) + (S_2M - S_1M)$ $\delta' = \frac{ab}{d} + \frac{ax}{D}$. $\delta' = \frac{ab}{d} + \frac{ax}{D} = 0 \Rightarrow \frac{b}{d} = -\frac{x}{D} \Rightarrow x = -\frac{bD}{d} < 0 \Rightarrow$ La F.B.C se déplace vers le bas.	½
3.b	La frange centrale correspond à $\delta' = 0$; sa position est définie par : $\frac{ab}{d} + \frac{ax}{D} = 0$ soit : $b = -\frac{d}{D}x \Rightarrow b = \frac{d}{D}\|x\| =$ $\frac{10\times(1)}{1,5\times10^{2}} = 0,0667$ cm = 0,667 mm.  	¾ ¾

Deuxième exercice (8 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
1	Le flux magnétique $\phi = \vec{B}.S\vec{n} = -BS = -B\ell x$.	¼ ¼
2.a.i	la fém induite $e = -\frac{d\phi}{dt} = B\ell\frac{dx}{dt} = B\ell v$.	¼ ¼
2.a.ii	l'intensité $i = \frac{e}{R} = \frac{B\ell v}{R}$.	¼ ¼
2.b	$i > 0$, le courant passe de M vers N dans le fil.	½
3	La puissance électrique dissipée: $P_{el} = Ri^2 = R(\frac{B\ell v}{R})^2 = \frac{B^2\ell^2}{R}v^2$.	½
4.a	$m\vec{g} + \vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$; avec $F = iBL = \frac{B^2\ell^2}{R}v$ projection positive vers le bas : $mg - \frac{B^2\ell^2}{R}v = \frac{dP}{dt} = m\frac{dv}{dt}$. $\Rightarrow \frac{dv}{dt} + \frac{B^2\ell^2}{mR}v = g$	¼ ¼ ½ ½
4.b	$\frac{dv}{dt} = \frac{A}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}$; $\frac{A}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} + A\frac{B^2\ell^2}{mR} - A\frac{B^2\ell^2}{mR}e^{-\frac{t}{\tau}} = g$. $\Rightarrow A\frac{B^2\ell^2}{mR} = g$ et $\frac{A}{\tau} = A\frac{B^2\ell^2}{mR}$ $\Rightarrow A = \frac{mgR}{B^2\ell^2}$ et $\tau = \frac{mR}{B^2\ell^2}$	½ ½
4.c	Lorsque t augmente, le terme $e^{-\frac{t}{\tau}}$ tend vers zéro et v tend vers A. Ainsi $V_{lim} = A = \frac{mgR}{B^2\ell^2}$.	½
4.d.i	Pour $t = \tau$, $v = V_{lim}(1 - e^{-1}) = 0{,}63\ V_{lim}$.	½
4.d.ii	Le conducteur MN atteint pratiquement sa vitesse limite pour $t = 5\tau = 0{,}5$ s.	½
4.e	$V_{lim} = \frac{10^{-2}\times10\times0{,}1}{0{,}5^2\times0{,}2^2} = 1$ m/s et $\tau = \frac{10^{-2}\times0{,}1}{0{,}5^2\times0{,}2^2} = 0{,}1$ s	¼ ¼
5.a	l'énergie cinétique ne varie pas car la vitesse de MN reste constante tandis que l'énergie potentielle gravitationnelle diminue.	¼
5.b	Elle est dissipée sous forme de chaleur par effet Joule dans le conducteur ohmique.	¼
5.c	$P = \frac{B^2\ell^2}{R}v_{lim}^2 = \frac{0{,}5^2\times0{,}2^2}{0{,}1}1^2 = 0{,}1$ W.	¼ ¼

Troisième exercice (8 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1.a	Schéma et sens de i 	¼
A.1.b	$i = C\dfrac{du_c}{dt}$	½
A.2.a	D'après la loi d'additivité des tensions: $u_{AM} = u_{AB} + u_{BM} \Rightarrow E = R_1 i + u_C$ $\Rightarrow R_1 C\dfrac{du_C}{dt} + u_C = E$	½ ½
A.2.b	$u_C = A + B\,e^{-\frac{t}{\tau_1}}$ À $t = 0 \Rightarrow u_C = 0 \Rightarrow A + B = 0 \Rightarrow \boxed{A = -B} \Rightarrow u_C = A - A\,e^{-\frac{t}{\tau_1}}$ $\dfrac{du_C}{dt} = \dfrac{A}{\tau_1}e^{-\frac{t}{\tau_1}} \Rightarrow \dfrac{R_1C}{\tau_1}e^{-\frac{t}{\tau_1}} + A - Ae^{-\frac{t}{\tau_1}} = E\,;\ \Rightarrow \boxed{A = E}$ et $\dfrac{R_1C}{\tau_1} - 1 = 0 \Rightarrow \boxed{\tau_1 = R_1C.}$	½ ½ ½
A.2.c.i	$(u_C)_\ell = E = 6$ V. Pour $t = \tau_1$, $u_C = 0{,}63\ E = 3{,}78$ V. D'après le graphique : $\tau_1 = 0{,}1$ ms. $\tau_1 = R_1C \Rightarrow C = 4\times10^{-6}$ F.	¼ ½ ¼
A.2.c.ii	$t_{min} = 5\tau_1 = 0{,}5$ ms $= 5\times10^{-4}$ s.	¼ ¼
B.1	Au cours du passage de (1) à (2), le circuit sera ouvert et la tension u_C ne varie pas et garde la valeur 6 V entre $t_1 = 0{,}6$ ms et $t_2 = 1$ ms.	½
B.2	$T = 5$ ms $= 5\times10^{-3}$ s.	½
B.3.a	$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$	¼
B.3.b	$T_0 = 2\pi\sqrt{LC} \approx 4{,}96 \times 10^{-3}$ s $\Rightarrow r \approx 23\ \Omega$	¼ ½
B.4.a	À la date t = 6 ms, $U_{C\,(6)} = 1{,}25$ V	½
B.4.b	$W = W_0 - W_1 = \dfrac{1}{2}C(E^2 - U^2_{C(6)}) = \dfrac{1}{2}\times4\times10^{-6}(36 - 1{,}25^2) = 6{,}89\times10^{-5}$ J	½ ¼

Quatrième exercice (8 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1	$E_m = E_C + E_{PP} = ½\, mv^2 + mgL(1 - \cos\theta)$	¼ ½
A.2	$\frac{dE_m}{dt} = 0 = mvx'' + mgL\theta'\sin\theta = mL^2\theta'\theta'' + mgL\theta'\sin\theta \Rightarrow \theta'' + \frac{g}{L}\sin\theta = 0.$	½
A.3.a	$\theta < 10^o\ \forall$ le temps t.	¼
A.3.b	$\theta < 10^o \Rightarrow \sin\theta = \theta$ en rad ; dans ce cas : L'équation différentielle est : $\theta'' + \frac{g}{L}\theta = 0$ $\Rightarrow$ la pulsation propre ω_0 est telle que $(\omega_0)^2 = \frac{g}{L} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{L}}$. La période propre est $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$.	½ ¼ ¼
A.3.c	Soit $\theta = \theta_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$; avec $\theta_m = 0,1$ rad et $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{L}} = \pi$ rad/s ; à t = 0 on a : $\theta = \theta_m \sin\varphi = \theta_m \Rightarrow \sin\varphi = 1 \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2}$ rad $\Rightarrow \theta = 0,1\sin(\pi t + \frac{\pi}{2})$	¼ ¼ ¼
B.1	$E_m = E_C + E_{pe} + E_{PP} = ½\, mv^2 + ½\, kx^2 + 0 =$ constante. $\frac{dE_m}{dt} = 0 = mvx'' + kxv \Rightarrow x'' + \frac{k}{m}x = 0.$	¼ ¼
B.2	$X_m = 0,1$ m ; $T_0 = 1$ s ; si t = 0, $x = X_m\cos\varphi = X_m \Rightarrow \cos\varphi = 1 \Rightarrow \varphi = 0.$	¼ ¼ ¼
B.3.a	$x = X_m\cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi) \Rightarrow v = -X_m\frac{2\pi}{T_0}\sin(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$ $\Rightarrow x'' = -X_m\frac{2\pi}{T_0}\frac{2\pi}{T_0}\cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$; En remplaçant dans l'équation différentielle on obtient : $-X_m\frac{2\pi}{T_0}\frac{2\pi}{T_0}\cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi) + \frac{k}{m}X_m\cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi) = 0 \Rightarrow \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $\Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.	**1**
B.3.b	$T_0 = 1$ s et k = 4 N/kg on obtient m = 0,1 kg.	½
B.4.a	$E_{pe} = ½\, kx^2$, E_{pe} est max. si $\lvert x \rvert$ est max. $\Rightarrow x = \pm 0,1$ m $\Rightarrow$aux dates 0, 0,5s, 1s, 1,5s, 2s	¼ ¼
B.4.b	Pour E_{pe} max, $E_c = 0$. $E_m = E_{pe} = ½\, k(X_m)^2 = 2\times10^{-2}$ J.	¼ ¼ ¼
C	Pour le pendule simple $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$; sur la Lune g diminue et T_0 augmente. Pour le pendule élastique $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$; T_0 indépendante de g $\Rightarrow$ ne varie pas sur la Lune.	½ ¼