

الدورة الإستثنائية للعام 2009	امتحانات شهادة الثانوية العامة الفرع : العلوم العامة	وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات
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)

Interférences lumineuses

On considère le dispositif des fentes de Young représenté par la figure 1 ci-contre. S_1 et S_2 sont distantes de $a = 1\text{mm}$. Les plans (P) et (E) sont distants de $D = 1\text{m}$. I est le milieu de S_1S_2 et O la projection orthogonale de I sur (P). Sur la perpendiculaire à IO au point O et parallèlement à S_1S_2 , un point M est repéré par son abscisse $OM = x$.

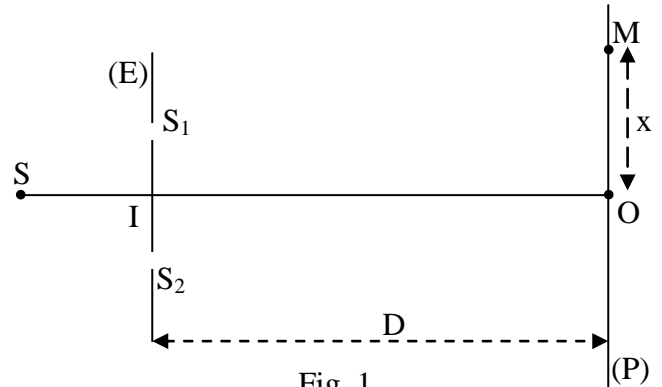


Fig. 1

- 1) S_1 et S_2 , éclairées par deux lampes, émettent des radiations synchrones. Observe-t-on des interférences lumineuses sur l'écran ? Pourquoi ?
- 2) S_1 et S_2 sont éclairées par une source ponctuelle S située sur IO. S émet une radiation monochromatique de longueur d'onde λ dans le vide (ou dans l'air).
 - a) La frange obtenue en O est-elle brillante ou sombre ? Pourquoi?
 - b) Donner l'expression, au point M, de la différence de marche optique δ entre deux radiations issues de S, l'une passant par S_1 et l'autre par S_2 , en fonction de D, a et x.
 - c) Établir la relation donnant les abscisses des centres des franges brillantes et celle donnant les abscisses des centres des franges sombres.
 - d) Pour $x = 2,24\text{ mm}$, M est situé au centre de la quatrième frange brillante (frange brillante d'ordre 4). Calculer λ .
- 3) La source S émet maintenant de la lumière blanche.
 - a) En O, on observe une lumière blanche. Pourquoi?
 - b) Calculer les longueurs d'onde des radiations visibles auxquelles il correspond en M, d'abscisse $OM = x = 2,24\text{mm}$, des franges sombres.
Spectre visible : $0,400\ \mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,800\ \mu\text{m}$.

Deuxième exercice (7,5 points)

Détermination de la période du Polonium 210

Le polonium 210 ($^{210}_{84}\text{Po}$), émetteur α , est le seul isotope du polonium que l'on trouve dans la nature ; il a été trouvé dans un minerai par Pierre Curie en 1898. Il provient aussi de la désintégration du noyau de bismuth 210 ($^{210}_{83}\text{Bi}$).

Masses des noyaux : $m(\text{Bi}) = 209,938445\text{ u}$; $m(\text{Po}) = 209,936648\text{ u}$

masse de l'électron : $m_e = 0,00055\text{ u}$

$1\text{ u} = 931,5\text{ MeV} / c^2 = 1,66 \times 10^{-27}\text{ kg}$.

Extrait du tableau périodique des éléments : $_{81}\text{Th}$; $_{82}\text{Pb}$; $_{83}\text{Bi}$; $_{84}\text{Po}$; $_{85}\text{At}$; $_{86}\text{Rn}$.

A – Le polonium 210

- 1) a) Écrire l'équation de la désintégration du bismuth 210.
b) Identifier la particule émise et préciser le type de cette désintégration.
- 2) Calculer l'énergie libérée par cette désintégration.
- 3) La désintégration du noyau de bismuth 210 est accompagnée par l'émission d'un photon γ d'énergie $E(\gamma) = 0,96 \text{ MeV}$ et d'un antineutrino d'énergie $0,02 \text{ MeV}$. Sachant que le noyau fils est pratiquement immobile, calculer l'énergie cinétique de la particule émise.

B – Demi – vie du polonium 210

- 1) a) Écrire l'équation de la désintégration du polonium 210.
b) Identifier le noyau fils.
- 2) Pour déterminer la période radioactive T du $^{210}_{84}\text{Po}$, on considère un échantillon de cet isotope contenant, à la date $t_0 = 0$, N_0 noyaux. Soit N le nombre des noyaux non désintégrés à une date t .
a) Écrire l'expression illustrant la loi de décroissance radioactive.
b) Déterminer l'expression de la fonction $-\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$ en fonction de t .
- 3) Un compteur fournit les mesures groupées dans le tableau suivant :

t (jours)	0	40	80	120	160	200	240
$\frac{N}{N_0}$	1	0,82	0,67	0,55	0,45	0,37	0,30
$-\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$	0		0,4		0,8		1,2

- a) Compléter le tableau.
- b) Tracer, sur le papier millimétré, la courbe donnant les variations de $-\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$ en fonction du temps.
Échelle : 1 cm en abscisses correspond à 40 jours.
1 cm en ordonnées correspond à 0,2.
- c) Cette courbe est – elle en accord avec l'expression trouvée dans la question (B – 2, b) ? Justifier.
- d) i) Calculer la pente de la courbe tracée.
ii) Que représente cette pente pour le noyau de polonium 210 ?
iii) Déduire la valeur de T .

Troisième exercice (7,5 points)

Échanges d'énergie

On réalise le montage d'un circuit constitué d'un conducteur ohmique de résistance $R = 2,2 \text{ k}\Omega$, d'un générateur idéal de tension de f.é.m. $E = 8 \text{ V}$, d'une bobine d'inductance $L = 0,8 \text{ H}$ et de résistance négligeable et d'un conducteur ohmique de résistance réglable r et de deux interrupteurs K_1 et K_2 (Fig.1).

A – Circuit série (RC)

À un instant pris comme origine des temps ($t_0 = 0$), on ferme l'interrupteur K_1 , K_2 restant ouvert.

On étudie la charge du condensateur en suivant l'évolution de la tension $u_{AB} = u_C$ en fonction du temps.

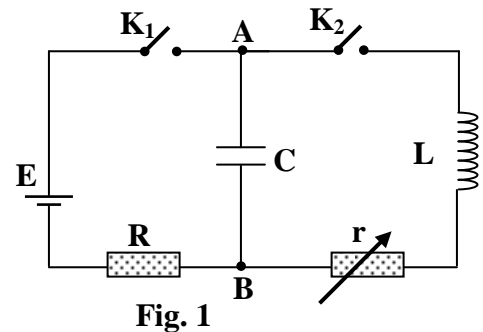


Fig. 1

- 1) Montrer que l'équation différentielle en u_C est : $E = u_C + RC \frac{du_C}{dt}$.

- 2) Sachant que $u_C = E (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ est solution de cette équation différentielle, déterminer l'expression de la constante de temps τ en fonction de R et C .
- 3) La courbe de la figure 2 donne les variations de u_C en fonction du temps. En se servant de cette courbe, déterminer la constante de temps τ (indiquer la méthode employée).
- 4) Calculer la valeur de C .
- 5) a) Donner, en ms, la durée t_1 au bout de laquelle on peut pratiquement considérer que la tension aux bornes du condensateur ne varie plus.
b) Calculer la charge du condensateur et l'énergie W_0 qu'il a emmagasinée au bout de la durée t_1 .

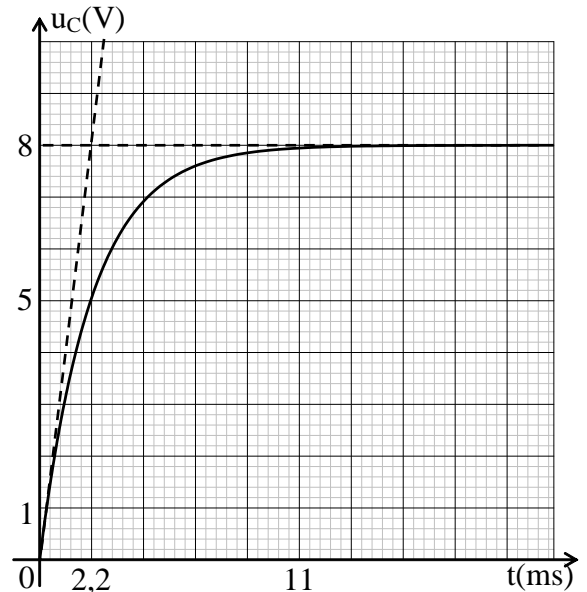


Fig.2

B – Circuit série (L,C)

On donne à r la valeur zéro. La tension aux bornes du condensateur est 8 V. À un instant choisi comme origine des temps ($t_0 = 0$), on ouvre l'interrupteur K_1 et on ferme l'interrupteur K_2 .

- 1) Établir l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension u_C en fonction du temps.
- 2) Le circuit est le siège d'oscillations électriques de période propre T_0 . La solution de cette équation différentielle est : $u_C = E \cos(\frac{2\pi}{T_0} t)$.

Déterminer la valeur de T_0 .

- 3) Tracer l'allure de la courbe représentant les variations de u_C en fonction du temps.
- 4) Préciser les échanges énergétiques qui ont lieu dans le circuit.

C – Circuit (r, L, C) série

On donne à r une certaine valeur. La tension aux bornes du condensateur est de 8 V. On ouvre K_1 et on ferme K_2 à la date $t_0 = 0$. L'oscillogramme de la figure 3 donne les variations de la tension u_C en fonction du temps.

- 1) Préciser les échanges énergétiques qui ont lieu dans le circuit.
- 2) a) En se référant à la figure 3, trouver la pseudo-période T des oscillations électriques.
b) Comparer T et T_0 .
- 3) Au bout de la durée $t_n = nT$ (n étant un nombre entier), l'énergie dissipée par effet Joule est de 98,6 % de l'énergie W_0 initialement emmagasinée dans le condensateur.
 - a) À la date $t_n = nT$, l'énergie emmagasinée dans le circuit est seulement électrique. Pourquoi ?
 - b) On désigne par W_0 et W_n l'énergie électrique de l'oscillateur aux instants respectifs t_0 et t_n . Calculer W_n .
 - c) Déterminer n .

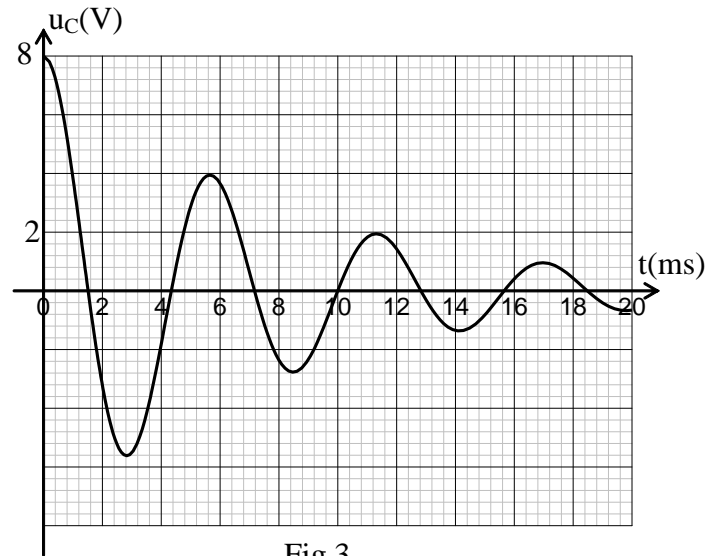


Fig.3

Quatrième exercice (7,5 points)

Pendule pesant

Le but de cet exercice est d'étudier les variations de la période propre T d'un pendule pesant en fonction de la distance a , de valeur réglable, séparant l'axe d'oscillation du centre d'inertie de ce pendule, et de mettre en évidence quelques propriétés associées à cette distance a .

On dispose alors d'un disque (D) homogène de masse $m = 200g$, mobile sans frottement autour d'un axe horizontal (Δ) perpendiculaire à son plan et passant par un point O (Fig. 1).

I_0 est le moment d'inertie de (D) par rapport à l'axe (Δ_0) parallèle à (Δ) et passant par son centre d'inertie G et I son moment d'inertie par rapport à l'axe (Δ) , (Δ_0) étant distant de (Δ) de $a = OG$, tel que : $I = I_0 + ma^2$.

On prend comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur le plan horizontal passant par le centre d'inertie G_0 de (D) lorsque (D) est dans sa position d'équilibre stable (Fig.1).

(D) est mis en oscillation autour de (Δ) et on mesure la valeur de la période propre correspondant à chaque valeur de a .

Prendre : $g = 10 \text{ m/s}^2$; $\pi^2 = 10$;

pour les angles faibles (θ en radian); $1 - \cos\theta = \frac{\theta^2}{2}$ et $\sin\theta = \theta$.

A – Étude théorique

On écarte (D) d'un angle θ_m faible à partir de sa position d'équilibre et on l'abandonne sans vitesse à la date $t_0 = 0$. (D) oscille alors autour de l'axe (Δ) avec une période propre T .

À une date t , l'abscisse angulaire du pendule est θ et sa vitesse angulaire

est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$ (Fig.2).

1) Écrire, à la date t , l'expression de l'énergie mécanique du système (pendule, Terre) en fonction de I , m , a , g , θ et θ' .

2) a) Établir l'équation différentielle du second ordre en θ qui régit le mouvement de (D).

b) Déduire que l'expression de la période T de ce pendule s'écrit : $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mga}}$.

3) T_1 et T_2 sont respectivement les périodes du pendule quand il oscille autour de (Δ) qui passe successivement par O_1 et O_2 où $O_1G = a_1$ et $O_2G = a_2$. Les oscillations sont de même période ($T_1 = T_2$). I_1 et I_2 sont respectivement les moments d'inertie du pendule par rapport à (Δ) qui passe successivement par O_1 et O_2 .

a) i) Trouver la relation entre I_1 , I_2 , a_1 et a_2 .

ii) Déduire que $I_0 = m a_1 a_2$.

b) La période propre T' d'un pendule simple de longueur ℓ , pour des oscillations de faible amplitude, a pour

expression $T' = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$.

Montrer que, lorsque la valeur de T' est égale à celle de T_1 , on a $\ell = a_1 + a_2$.

B – Étude expérimentale

Pour chaque valeur de a , on mesure la valeur de T . Les mesures effectuées permettent de tracer la courbe donnant les variations de T en fonction de a . La droite d'équation $T = 1,1 \text{ s}$ coupe cette courbe en deux points A et B. (Fig. 3).

1) a) En se référant au graphique, donner les valeurs de a_1 et a_2 correspondant à la période $T = 1,1 \text{ s}$.

b) Déduire la valeur de I_0 et celle de ℓ .

2) D'après le graphique de la figure 3, T prend une valeur minimale ($T_{\min} = 1,05 \text{ s}$) pour une certaine valeur a' de a .

a) Donner, à partir du graphique, la valeur a' correspondant à T_{\min} .

b) Retrouver, par le calcul, les valeurs de a' et T_{\min} .

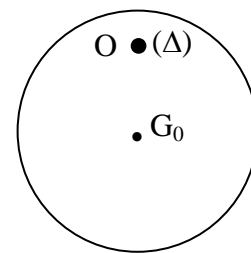


Fig 1

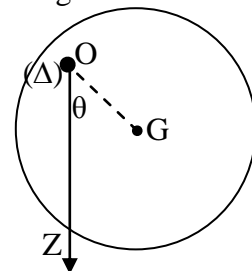


Fig 2

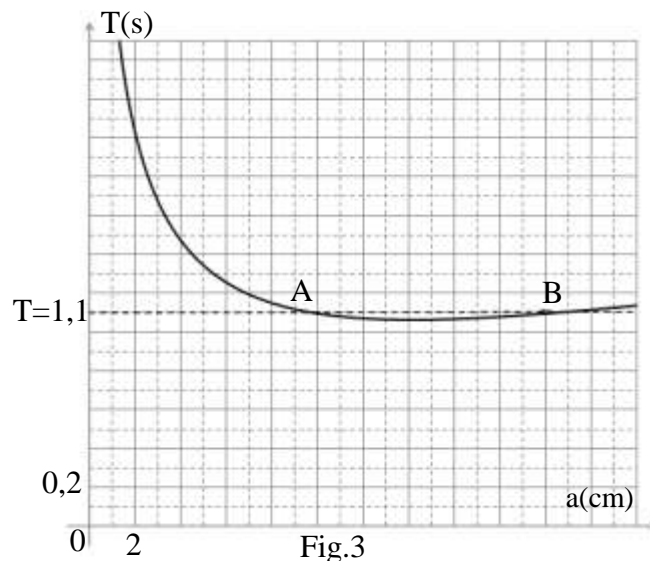


Fig.3

Premier exercice

1) On ne peut pas observer des franges d'interférences puisque les deux sources sont synchrones mais pas cohérentes. (1/2)

2) a) La frange en O est brillante puisque la différence de marche en O est nulle $\delta_o = (SS_1 + S_1O) - (SS_2 + S_2O) = 0$; les deux vibrations lumineuses atteignent O en phase. (3/4)

b) $\delta = \frac{ax}{D}$ (1/2)

c) Franges brillantes : $\delta = k\lambda \Rightarrow \frac{ax}{D} = k\lambda \Rightarrow x = k \frac{\lambda D}{a}$

Franges obscures : $\delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \frac{ax}{D} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$

$\Rightarrow x = (2k + 1) \frac{\lambda D}{2a}$ (1 1/2)

d) $OM = x = 4i = 4 \frac{\lambda D}{a}$

$\Rightarrow \lambda = \frac{ax}{4D} = \frac{1 \times 2,24}{4 \times 10^3} = 0,56 \times 10^{-3} \text{ mm} = 560 \text{ nm}$ (1 1/4)

3) a) Toutes les radiations donnent en O frange brillante donc c'est la superposition de toutes les couleurs \Rightarrow tache lumineuse blanche. (1)

b) $\frac{ax}{D} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2ax}{(2k + 1)D} = \frac{2 \times 1 \times 2,24}{(2k + 1) \times 10^3} =$

$\frac{4,48 \times 10^{-3}}{(2k + 1)} \text{ mm} = \frac{4,48}{(2k + 1)} \mu\text{m}$

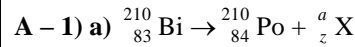
$0,4 \mu\text{m} \leq \lambda_v \leq 0,8 \mu\text{m} \Rightarrow 0,4 \leq \frac{4,48}{(2k + 1)} \leq 0,8 \Rightarrow 5,6 \leq (2k + 1) \leq 11,2 \Rightarrow (2k + 1)$

$\in \{7, 9, 11\}$

(2k + 1)	7	9	11
$\lambda \mu\text{m}$	0,64	0,497	0,407

(2)

Deuxième exercice



Lois de conservation : $210 = a + 0 \Rightarrow a = 0$

$83 = 84 + z \Rightarrow z = -1$ (1/2)

b) La particule émise est un électron ${}_{-1}^0\text{e}$; ${}_{83}^{210}\text{Bi}$ est émetteur β^{-1} (1/4)

2) $E_{\text{libérée}} = \Delta m \times c^2$ ou Δm est le défaut de masse

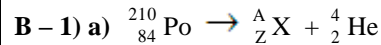
$\Delta m = m_{\text{av}} - m_{\text{ap}} = m(\text{Bi}) - m(\text{Po}) - m(\text{e})$

$\Delta m = 209,938445 \text{ u} - 209,936648 \text{ u} - 0,00055 \text{ u} = 1,247 \times 10^{-3} \text{ u}$

$E_{\text{lib}} = 1,247 \times 10^{-3} \times 931,5 \frac{\text{MeV}}{c^2} \times c^2 = 1,16 \text{ MeV}$. (1)

3) $E_{\text{lib}} = E(\text{Po}) + E(\gamma) + E(\text{e}^-) + E(\bar{\nu})$

$\Rightarrow E_c = E(\text{e}) = 1,16 - 0,96 - 0,02 = 0,18 \text{ MeV}$ (3/4)



Lois de conservation : $210 = A + 4 \Rightarrow A = 206$

$84 = Z + 2 \Rightarrow Z = 82$ (1/2)

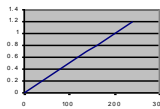
b) ${}_Z^A\text{X}$ est le ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ (1/4)

2) a) $N = N_0 e^{-\lambda t}$ où λ est la constante radioactive de ${}_Z^A\text{X}$ (1/2)

b) $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t \Rightarrow -\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = \lambda t$ (1/2)

3) a) Les valeurs qui manquent sont : 0,20 ; 0,60 ; 1 (1/2)

b) (1 1/4)



c) La courbe est une droite qui passe par l'origine elle est en accord avec

$-\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = \lambda t$. (1/4)

d) i) $\lambda = \frac{0,6}{120} = 5 \times 10^{-3} \text{ jour}^{-1}$ (1/2)

ii) La pente de cette courbe est la constante radioactive λ du polonium 210. (1/4)

iii) $T = \frac{\ln 2}{\lambda} = 138,6 \text{ jours}$. (1/2)

Troisième exercice

A - 1) $E = u_C + Ri$, $i = C \frac{du_C}{dt}$ ainsi : $E = u_C + RC \frac{du_C}{dt}$ (1/2)

2) $u_C = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \Rightarrow \frac{du_C}{dt} = \frac{E}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow E = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + RC \frac{E}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow$

$$\frac{RC}{\tau} = 1 \Rightarrow \tau = RC. \quad (3/4)$$

3) À l'instant $t = \tau$, $u_C = 0,63E = 0,63 \times 8 = 5,04$ V,

graphiquement on trouve : $t = \tau = 2,2$ ms pour $u_C = 5,04$ V. (1/2)

4) $\tau = RC = 2,2 \times 10^3 = 2,2 \times 10^{-3} \Rightarrow C = 10^{-6} F = 1 \mu F.$ (1/2)

5) a) Au bout de $t_1 = 5\tau = 11$ ms. (1/4)

b) $Q = CE = 8 \times 10^{-6} C$; $W_0 = \frac{1}{2} CE^2 = 32 \times 10^{-6} J.$ (1)

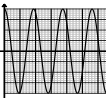
B - 1) $u_C = L \frac{di}{dt}$, $i = -\frac{dq}{dt} = -C \frac{du_C}{dt}$, ainsi : $u_C = -LC \ddot{u}_C \Rightarrow u_C + LC \ddot{u}_C = 0$ (1/2)

2) $u_C = E \cos(2\pi/T_0)t \Rightarrow \dot{u}_C = -E \left(\frac{2\pi}{T_0}\right) \sin(2\pi/T_0)t$

$$\Rightarrow \ddot{u}_C = -E(2\pi/T_0)^2 \cos(2\pi/T_0)t;$$

En remplaçant u_C et \ddot{u}_C dans l'équation différentielle, il vient : $E \cos(2\pi/T_0)t - LC E(2\pi/T_0)^2 \cos(2\pi/T_0)t = 0 \Rightarrow 1 - LC(2\pi/T_0)^2 = 0$

$$\Rightarrow T_0 = 2\pi \sqrt{LC} = 2\pi \sqrt{0,8 \times 10^{-6}} = 5,62 \text{ ms.} \quad (3/4)$$

3)  (1/4)

4) L'énergie (électrique) W_0 du condensateur passe, à la bobine qu'elle emmagasine sous forme d'énergie magnétique et vice versa. (1/4)

C - 1) L'énergie (électrique) W_0 du condensateur passe en partie à la bobine qu'elle emmagasine sous forme d'énergie magnétique et le reste se dissipe sous forme d'énergie thermique par effet Joule. (1/4)

2) a) $3T = 17 \text{ ms} \Rightarrow T = 5,67 \text{ ms}$ (1/4)

b) T est légèrement supérieure à T_0 . (1/4)

3) a) Car u_C est max. $\Rightarrow i = 0 \Rightarrow W_{\text{mag}} = 0 \Rightarrow$ énergie du circuit = énergie électrique (1/4)

b) $W_n = 0,014 W_0 \Rightarrow \frac{W_n}{W_0} = 0,014 \Rightarrow W_n = 0,014 \times 32 \times 10^{-6} = 0,448 \times 10^{-6} J.$ (1/2)

c) $W_n = \frac{1}{2} C u_n^2 \Rightarrow u_n = 0,95 \text{ V}$. Le graphique donne $t = 17 \text{ ms} = nT = n(5,62) \Rightarrow n = 3$ (3/4)

Quatrième exercice

A - 1) $E_m = \frac{1}{2} I \theta'^2 + mga(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2} I \theta'^2 + mga \frac{\theta^2}{2}$ (3/4)

2) a) $\frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow I \theta' \theta'' + mga \theta \theta' = 0$; $\theta' \neq 0 \Rightarrow \theta'' + \frac{mga}{I} \theta = 0$ (1/2)

b) $\theta'' + \omega_0^2 \theta = 0 \Rightarrow \omega_0^2 = \frac{mga}{I}$; puisque $T = \frac{2\pi}{\omega_0} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mga}}$. (1/2)

3) a) i) $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{mga_1}}$ et $T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{I_2}{mga_2}}$; $T_1 = T_2 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{a_1}{a_2}$ (1/2)

ii) $\frac{I_0 + ma_1^2}{a_1} = \frac{I_0 + ma_2^2}{a_2} \Rightarrow I_0(a_2 - a_1) = ma_1 a_2 (a_2 - a_1) \Rightarrow I_0 = ma_1 a_2.$ (3/4)

b) $T' = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{mga_1}}$ $T' = 2\pi \sqrt{\frac{I_0 + ma_1^2}{mga_1}}$

$$T' = 2\pi \sqrt{\frac{ma_1 a_2 + ma_1^2}{mga_1}} = 2\pi \sqrt{\frac{a_1 + a_2}{g}} \Rightarrow \ell = a_1 + a_2. \quad (1)$$

B - 1) a) $a_1 = 10$ cm et $a_2 = 20$ cm (1/2)

b) $I_0 = ma_1 a_2 = 4 \times 10^{-3} \text{ kgm}^2$; $\ell = a_1 + a_2 = 30$ cm. (1)

2) a) À partir du graphique : T_{min} pour $a' = 14$ cm. (1/2)

b) $T = 2\pi \sqrt{\frac{I_0 + ma^2}{mga}}$ T est minimale si $\left(\frac{I_0}{mga} + \frac{a}{g}\right)$ est minimale or

$$\frac{I_0}{mga} \times \frac{a}{g} = \frac{I_0}{mg^2} = \text{Cte}$$

Donc T est minimale si

$$\frac{I_0}{mga} = \frac{a}{g} \Rightarrow a = \sqrt{\frac{I_0}{m}} = 14,1 \text{ cm} \Rightarrow a = 14,1 \text{ cm} \Rightarrow T_{\text{min}} = 1,05 \text{ s} \quad (1/2)$$

$$\text{Ou } T = 2\pi \sqrt{\frac{I_0 + ma^2}{mga}} = \frac{2\pi}{\sqrt{mg}} \sqrt{\frac{I_0}{a} + ma} = \text{cte} \Rightarrow \frac{dT}{da} = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{2\pi}{\sqrt{mg}} \frac{\left(-\frac{I_0}{a^2} + m\right)}{2\sqrt{\frac{I_0}{a} + ma}} = 0 \Rightarrow I_0 = ma^2$$

