TOGETHER WE CAN

an educational and social initiative committed to helping individuals learn and grow together to pursue their passions and make a positive impact.

@wecantogether

https://linktr.ee/together_we_can

@wecantogether0

wecantogether70@gmail.com

+961-76 096391

These files have been meticulously arranged by the 'Together We Can' team,

as we wish you the best of luck on your academic journey,

filled with happiness and success

Join us in creating a better tomorrow,
hand in hand!

@wecantogether

https://linktr.ee/together_we_can

@wecantogether0

wecantogether70@gmail.com

+961-76 096391

وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات	امتحانات شهادة الثانوية العامة فرع العلوم العامة	دورة سنة 2001 العادية

مسابقة في الفيزياء المدة: ثلاث ساعات	الاسم : الرقم :

Cette épreuve, formée de quatre exercices obligatoires, est constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4.

L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

<u>Premier exercice :</u> (7 pts) Balancier d'une horloge

A- Oscillations libres non amorties

Un pendule simple est constitué d'une particule de masse m = 100 g, fixée à l'extrémité libre A d'une tige OA de longueur OA = L = 25 cm et de masse négligeable.

Ce pendule oscille, sans frottement, autour d'un axe horizontal (Δ) passant par l'extrémité O de la tige. L'amplitude des oscillations est θ_m.

Le plan horizontal passant par A_o, position d'équilibre de A, est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur. Prendre g = 10 m/s^2 et $\pi^2 = 10$.

1) Déterminer, pour une élongation angulaire quelconque θ, l'expression de l'énergie mécanique du système (pendule – Terre) en fonction de m, g, L, θ et de la vitesse angulaire θ'.
2) Etablir l'équation différentielle du second ordre qui décrit le mouvement du pendule.
3) A quelle condition doit satisfaire θ_m, pour que le mouvement du pendule soit harmonique simple (sinusoïdal de rotation)? Déterminer, dans ce cas, l'expression de la période propre T_o du pendule, et calculer sa valeur.

B- Oscillations entretenues

Le balancier d'une horloge est assimilé au pendule précédent. On remarque que l'amplitude du mouvement du balancier passe de 10° à 8° au bout de 5 oscillations lorsque les oscillations du balancier ne sont pas entretenues.

1) A quoi est due cette diminution de l'amplitude?
2) Le mouvement du balancier est-il périodique ou pseudo-périodique? Pourquoi?
3) Un dispositif approprié permet d'entretenir ces oscillations. Calculer sa puissance moyenne.

<u>Deuxième exercice</u> (6 points) Détermination de la longueur d'onde d'une lumière

A- Méthode de diffraction

La lumière monochromatique issue d'une source laser de longueur d'onde A éclaire, sous une incidence normale, une fente F_1 très fine de largeur $a_l = 0{,}1$ mm, pratiquée dans un écran opaque (E_l). On observe le phénomène de diffraction sur un écran (E_2) parallèle à (E_l) et situé à une distance D = 4 m de ce dernier (fig. 1).

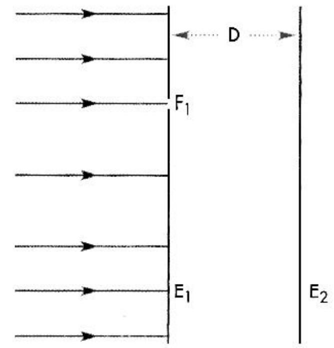


fig. 1

La frange brillante centrale obtenue sur (E_2) a une largeur L = 5 cm.

1) Décrire la figure de diffraction observée sur (E_2).
2) Le phénomène de diffraction met en évidence un certain aspect de la lumière. Lequel?
3) Calculer la largeur angulaire de la frange centrale.
4) Calculer la valeur de λ.

B- Méthode des interférences lumineuses

Les positions de la source laser et des écrans n'étant pas modifiées, on pratique dans (E_l), à une distance a = 1 mm de F_1 une deuxième fente F_2 parallèle et identique à F_1. On réalise ainsi le dispositif des fentes de Young (fig. 2).

On observe alors sur (E_2) un système de franges d'interférences. La distance entre le centre O de la frange brillante centrale et celui de la frange brillante d'ordre quatre est de 1 cm.

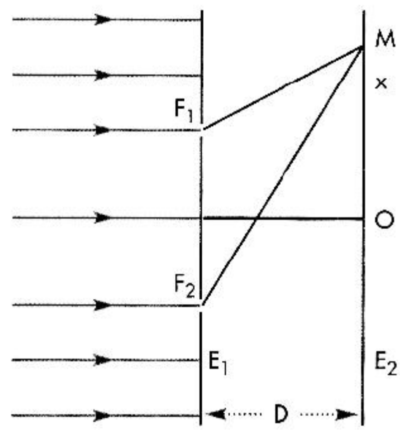


fig. 2

1) A quoi est due la formation des franges d'interférences?
2) Décrire l'aspect des franges observées sur (E_2).
3) On considère un point M quelconque sur (E_2) repéré par son abscisse x comptée à partir de O.
   a) Ecrire l'expression qui donne en M, la différence de marche optique $\delta = F_2M - F_1M$ en fonction de a, x et D.
   b) Déduire l'expression donnant les abscisses des centres des franges brillantes.
   c) Calculer la valeur de λ.

Troisième exercice (6 ½ points) Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

Données:

- Constante de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s
- Célérité de la lumière dans le vide: $c = 3 \times 10^{8}$ ms^{-1}
- Masse de l'électron: $m = 9,1 \times 10^{-31}$ kg
- $1\ eV = 1,6 \times 10^{-19}$ J
- Limites du spectre visible dans le vide: $400\ nm \leq \lambda \leq 800$ m.

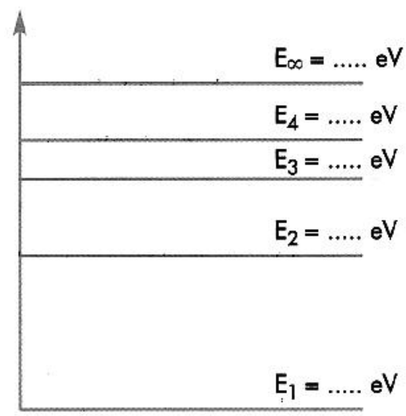
Les niveaux de l'énergie quantifiée de l'atome d'hydrogène sont donnés par la formule:

$E_n = \frac{E_0}{n^2}$ où $E_0 = 13,6$ eV et n un entier ≥ 1.

A- Spectre de raies

1) Expliquer brièvement la signification de l'expression "énergie quantifiée" et dire pourquoi les spectres (d'absorption ou d'émission) de l'hydrogène sont constitués de raies.

2) Calculer les valeurs des énergies correspondant aux niveaux n = 1, 2, 3, 4 et n = ∞. Reproduire et compléter le diagramme ci-contre.



B- Excitation de l'atome d'hydrogène

L'atome d'hydrogène est dans son état fondamental.

1) Calculer l'énergie minimale d'un photon capable:

   a) d'exciter cet atome; b) d'ioniser cet atome.

2) L'atome d'hydrogène reçoit séparément trois photons d'énergies respectives:
   a) 11 eV b) 12,75 eV c) 16 eV

Préciser dans chaque cas l'état de l'atome. Justifier.

3) L'atome, toujours dans son état fondamental, reçoit maintenant un photon d'énergie E. Un électron de vitesse $V = 7 \times 10^{5}$ ms^{-1} est alors émis. Calculer E.

C- Désexcitation de l'atome d'hydrogène

L'atome d'hydrogène se trouve dans l'état correspondant au niveau d'énergie n = 3.

1) Préciser toutes les transitions possibles de l'atome lors de sa désexcitation.

2) Parmi les radiations émises, une est visible. Calculer sa longueur d'onde dans le vide.

Quatrième exercice (8 pts) Caractéristiques d'une bobine

On se propose de déterminer par deux méthodes, l'inductance L et la résistance r d'une bobine B.

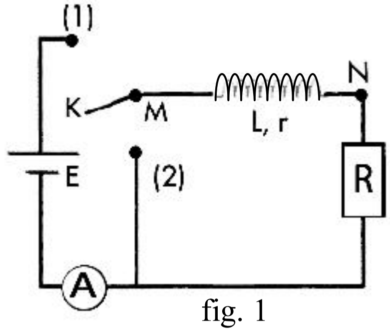


fig. 1

A- On place la bobine B dans un circuit comportant: un conducteur ohmique de résistance R = 50 Ω, une pile de f.é.m. E = 6 V et de résistance interne négligeable, un interrupteur K et un ampèremètre comme l'indique la figure 1.

1) On ferme le circuit en basculant l'interrupteur K en position (1). L'ampèremètre indique le passage d'un courant d'intensité i_1.

a) Ecrire, en régime transitoire, l'expression de la tension u_{MN} aux bornes de la bobine.

b) En régime permanent, l'ampèremètre indique I_0 = 100 mA. Quelle caractéristique L ou r de la bobine peut-on alors déterminer? Justifier. Calculer sa valeur.

2) A un instant $t_0 = 0$, pris comme origine des temps et, en un temps très court, on bascule l'interrupteur K en position 2 en admettant qu'il n'y a pas de perte d'énergie.

a) Etablir l'équation différentielle qui régit les variations de l'intensité i_2 du courant dans le nouveau circuit.

b) Vérifier que $i_2 = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ (où $\tau = \frac{L}{R+r}$) est une solution de cette équation. Calculer alors la valeur I de i_2 pour t = τ.

c) Le graphique de la figure 2 représente les variations de i_2 en fonction du temps.

Déterminer, d'après ce graphique, la valeur de τ.

Déduire alors la valeur de l'autre caractéristique de la bobine.

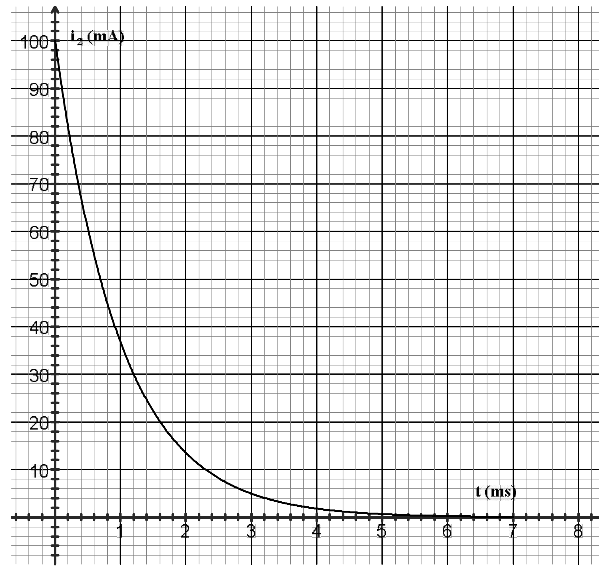


fig. 2

B- Pour s'assurer des valeurs de r et L obtenues dans la partie A, on branche en série la bobine B, le conducteur ohmique de résistance R et un condensateur de capacité C = 47 μF aux bornes d'un G.B.F. réglé sur le signal sinusoïdal de fréquence f (fig. 3).

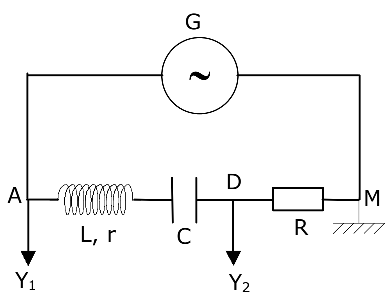


fig. 3

Sensibilité horizontale: 2 ms/div.
Sensibilité verticale sur la voie Y_1: 2 V/div.
Sensibilité verticale sur la voie Y_2: 5 V/div.

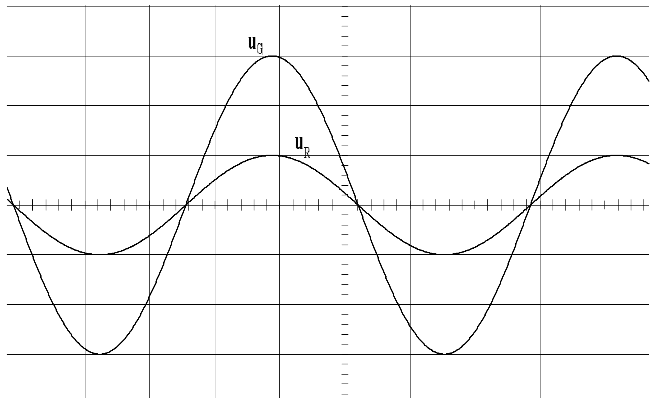


fig. 4

On visualise sur l'écran d'un oscilloscope, la tension $u_G = u$, aux bornes du générateur, sur la voie Y_1 et la tension $u_R = u_{DM}$ aux bornes du conducteur ohmique sur la voie Y_2. Pour une valeur bien déterminée de f, on obtient les deux oscillogrammes de la figure 4.

1) Les deux oscillogrammes mettent en évidence un phénomène physique. Lequel? Justifier.

2) Déterminer la valeur de f correspondante et en déduire la valeur de L.

3) Déterminer les valeurs maximales U_m de la tension u_G et I_m de l'intensité i. Déduire la valeur de r sachant que, dans ce cas, on a: $\frac{U_m}{I_m} = R + r$.

Solution

Premier exercice (7 points)

A-1)

$$E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2}I\theta'^2 + mgh;\ I = mL^2 \text{ et } h = L\text{-}L\cos\theta$$

(1,5 pts)

$$E_m = \frac{1}{2}mL^2\theta'^2 + mg(L\text{-}L\cos\theta)$$

2) Le système (pendule, Terre) est isolé. E_m est conservée:

$$\frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{1}{2}mL^2 2\theta'\theta'' + mgL(\sin\theta)\theta' = 0$$

(1,25 pts)

$$\theta'' + \frac{g}{L}\sin\theta = 0$$

3) Dans le cas où l'amplitude est faible, $\sin\theta \approx \theta$:

$\theta'' + \frac{g}{L}\sin\theta = \theta'' + \frac{g}{L}\theta$; elle est de la forme $\theta'' + \omega_o^2\theta = 0$, le mouvement est un mouvement harmonique simple de pulsation propre $\omega_o = \sqrt{\frac{g}{L}}$ et de période $T_o = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 1s.$ (1,25 pts)

B-

1) La diminution est due aux frottements. (0,5 pt)

2) Le mouvement est pseudo-périodique car l'amplitude diminue au cours du mouvement. (1 pt)

3) $\theta_{m1} = 10^o$ et $\theta' = 0$ rad $\Rightarrow$ $E_{m1} = 3{,}798 \times 10^{-3}$ J

$\theta_{m2} = 8^o$ et $\theta' = 0$ rad $\Rightarrow$ $E_{m2} = 2{,}433 \times 10^{-3}$ J

$\Delta E_m = E_{m2} - E_{m1} = -\ 1{,}365 \times 10^{-3}$ J

$$P = \frac{|\Delta E_m|}{5xT} \approx \frac{|\Delta E_m|}{5xT_o} = 0{,}273\ x10^{-3}\ W$$ (1,5 pts)

Deuxième exercice (6 ½ points)

A)

1) On observe des franges alternativement brillantes et sombres dans une direction perpendiculaire à la fente.
La largeur de la frange centrale est double que celles des autres franges. (0,75 pt)

2) Le phénomène de diffraction met en évidence l'aspect ondulatoire de la lumière. (0,25 pt)

3) $\alpha = \frac{L}{D} = 0{,}0125$ rad (1 pt)

4) $\theta_n = \frac{n\lambda}{a_1}$, pour la première frange sombre $\theta_1 = \frac{1x\lambda}{a_1}$.

$$\alpha = 2x\theta_1 = \frac{2\lambda}{a_1} \Rightarrow \lambda = \frac{\alpha \times a_1}{2} = 0{,}625\ x10^{-6}m.$$ (0,75 pt)

B-

1) Les franges d'interférences sont dues à la superposition des ondes lumineuses provenant de F_1 et de F_2. (0,5 pt)

2) Les franges d'interférences sont rectilignes, parallèles, équidistantes et alternativement brillantes et sombres. (0,75 pt)

3)

a) $\delta = MF_2 - MF_1 = \frac{ax}{D}$. (0,25 pt)

b) Les franges brillantes sont définies par $\delta = k\lambda$ d'où $x = k\frac{\lambda D}{a}$. (1 pt)

c) $k = 4$; $x = 0.01$ m $\Rightarrow \lambda = 4\frac{x.a}{D} = 0,625 \times 10^{-6}$m. (0,75 pt)

Troisième exercice (6 ½ points)

1) L'énergie est quantifiée car les valeurs correspondantes aux différents niveaux sont particulières et discrètes, ce qui produit des spectres constitués des raies discontinues. (1 pt)

2) $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ (en eV)

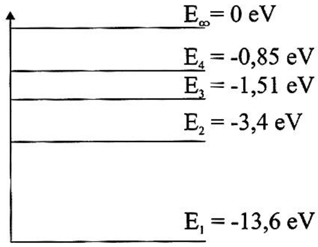
$E_1 = E_o = -13,6$ eV;

$E_2 = -3,4$ eV;

$E_3 = -1,51$ eV;

$E_4 = -0,85$ eV

$E_\infty = 0$ eV. (1,5 pts)



B-

1) a) $E_2 - E_1 = -3,4 - (-13,6) = 10,2$ eV (0,5 pt) b) $E_\infty - E_1 = 13,6$ eV (0,5 pt)

2)

a) Pour E = 11 eV, on a $E_n - E_o = 11$, ainsi $-\frac{13,6}{n^2} = 2,6 \Rightarrow n = 2,28 \notin \mathbb{N}$ alors l'atome n'absorbe pas le photon; il reste dans son état fondamental. (0,5 pt)

b) Pour E = 12,75 eV, ainsi $n = 4 \in \mathbb{N}$ alors l'atome absorbe le photon et passe au niveau d'excitation d'ordre 4. (0,5 pt)

c) Pour E = 16 eV > 13,6 eV; l'atome est ionisé et le reste de l'énergie E se transforme à Ec à l'électron. (0,5 pt)

3) $E = |E_o| + E_{c(in\ eV)} = 13,6 + 1,4 = 15$ eV (0,5 pt)

C)

1) Les transitions possibles sont : a) n = 3 → n = 1; b) n = 3 → n = 2; c) n = 2 → n = 1. (0,25 pt)

2) La désexcitation de l'atome d'hydrogène (n = 3 → n = 2) appartient à la série de Balmer qui est visible.

$\frac{h.c}{\lambda} = (E_3 - E_2)_{en\ J} \Rightarrow \lambda = 0,656 \times 10^{-6}$ m (0,75 pt)

Quatrième exercice (8 points)

A- 1)

a) $u_{MN} = ri_1 + L\dfrac{di_1}{dt}$ (0,5 pt)

b)) En régime permanent, $\dfrac{di}{dt} = 0$ et la tension aux bornes de la bobine devient $u_{MN} = r.I_o$.

$E = u_{MN} + u_R = r.I_o + RI_o = I_o(r+R) \Rightarrow R + r = \dfrac{E}{I_o} = 60\ \Omega \Rightarrow r = 10\ \Omega$ (1,25 pts)

2)

a) $0 = ri_2 + L\dfrac{di_2}{dt} + Ri_2 \Leftrightarrow L\dfrac{di_2}{dt} + (R + r)i_2 = 0$ (0,5 pt)

b) $i_2 = I_o e^{-\frac{t}{\tau}}$; $\dfrac{di_2}{dt} = -\dfrac{I_o}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow -L - \dfrac{I_o}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} + (R + r)I_o e^{-\frac{t}{\tau}} = 0$ .Alors $i_2 = I_o e^{-\frac{t}{\tau}}$ est une solution.

$t = \tau$; $I = 0,037$ A = 37 mA (0,75 pt)

c) Sur le graphique, pour $i_2 = 37$ mA, $t = \tau = 1$ ms = 10^{-3} s. $\tau = \dfrac{L}{R + r} \Rightarrow L = \tau(R + r) = 0,06$ H (1 pt)

B-

1) Le phénomène est le phénomène de résonance d'intensité car u_G et i sont en phase (u_R est l'image de i). (1 pt)

2) $T_o = 5,3$ (div) x 2 = 10,6 ms, $f_o = 94$ Hz. (0.75 pt)

$f_o = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow L = \dfrac{1}{4\pi^2 f_o^2 C} = 59,7 \text{ x}10^{-3}$ H = 59,7 mH (0,5 pt)

3) $U_{Rm} = 5$ V $\Rightarrow$ $I_m = 0,1$ A

$U_m = 3$ (div) x 2 = 6 V

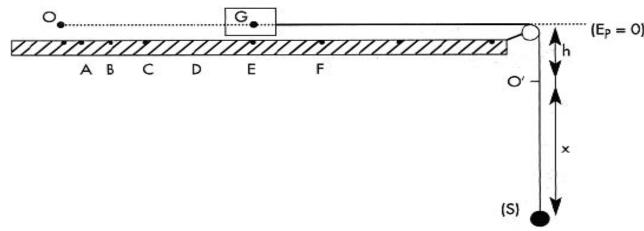
$U_m = I_m(R + r) \Leftrightarrow (R + r) = \dfrac{U_m}{I_m} = 60 \Rightarrow r = 10\ \Omega.$ (1,5 pts)

مسابقة في مادة الفيزياء
المدة: ثلاث ساعات
الاسم:
الرقم:

Cette épreuve, formée de quatre exercices obligatoires, est constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4.

L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

<u>Premier exercice</u> (7 pts) Vérification de la deuxième loi de Newton



Pour vérifier la deuxième loi de Newton relative à la dynamique des solides en translation, on dispose d'un mobile autoporteur de centre d'inertie G et de masse M = 200 g, d'une table horizontale à coussin d'air, d'un solide (S) de masse m = 50 g, d'un fil inextensible et d'une poulie de masses négligeables.

On réalise le montage schématisé par la figure ci-contre.

Le brin du fil du côté du mobile autoporteur est tendu horizontalement; l'autre, du côté de (S) est tendu verticalement. Le plan horizontal passant par G est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

A l'instant t = 0, le centre d'inertie G de l'autoporteur est en O et celui du solide (S) est en O', situé à une distance h au dessous du plan de référence. On abandonne (S) sans vitesse initiale, et, en même temps, les positions de G sont enregistrées à des intervalles de temps successifs et égaux à $\tau = 50$ ms.

A l'instant t, G acquiert une vitesse $\vec{V}$ et (S) se trouve à une distance x de O'.

On néglige toutes les forces de frottement et on prend $g = 10\ m/s^2$.

A- 1) Donner l'expression de l'énergie mécanique du système (autoporteur, (S), fil, Terre) en fonction de M, m, x, h, V et g. Cette énergie est conservée. Pourquoi?

2) Déduire l'expression de l'accélération de (S) en fonction de g, m et M et calculer sa valeur.

3) Représenter sur un schéma les forces agissant sur l'autoporteur et déterminer, en utilisant la relation $\sum \vec{F} = M\vec{a}$, la force $\vec{T}$ exercée par le fil sur l'autoporteur.

B- Par des moyens convenables, on détermine les valeurs V de la vitesse $\vec{V}$ du mobile autoporteur et on dresse le tableau suivant:

Point	A	B	C	D	E
t en ms	50	100	150	200	250
V en cm/s	10	20	30	40	50

Déterminer, à partir du tableau, les quantités de mouvement de l'autoporteur $\vec{P}_B$ en B et $\vec{P}_D$ en D et calculer le rapport $\frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t} = \frac{\vec{P}_D - \vec{P}_B}{\Delta t}$.

C- Comparer $\frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$ et $\vec{T}$. La deuxième loi de Newton est-elle alors vérifiée? Justifier.

Deuxième exercice (7 points) Détermination de la capacité d'un condensateur

Dans le but de déterminer la capacité C d'un condensateur, on réalise le circuit de la figure 1. Ce circuit comporte: le condensateur, un générateur de f.é.m. E = 9 V et de résistance interne négligeable, deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 = 200 KΩ et R_2 = 100 KΩ et deux interrupteurs K_1 et K_2.

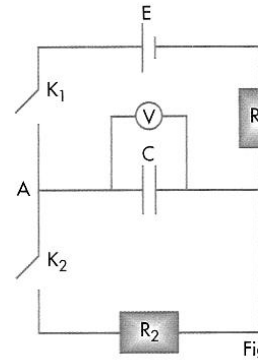


Fig. 1

I- Charge du condensateur

Le condensateur étant initialement non chargé, on ferme K_1 et on laisse K_2 ouvert. Le condensateur se charge.

1) Etablir l'équation différentielle qui régit les variations de la tension $u_C = u_{AB}$ aux bornes du condensateur.

2) Sachant que la solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme $u_C = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}})$, déduire l'expression de la constante τ_1 en fonction de R_1 et C.

3) Sachant qu'à la date t_1 = 20 s, le voltmètre indique la valeur u_C =7,78 V, calculer la capacité C du condensateur.

II- Décharge du condensateur

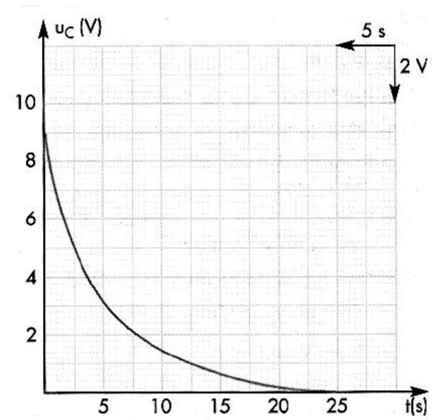
Le condensateur étant chargé sous la tension 9 V, on ouvre K_1 et on ferme K_2.

Le condensateur se décharge.

1) Reproduire le schéma du circuit durant cette phase en indiquant le sens du courant.

2) Etablir l'équation différentielle qui régit les variations de la tension $u_C = u_{AB}$ aux bornes du condensateur.

3) Sachant que la solution de cette équation différentielle est de la forme $u_C = E\, e^{-\frac{t}{\tau_2}}$, déduire l'expression de:



a) l'intensité i du courant en fonction du temps, en admettant comme sens positif dans le circuit celui du courant.

b) la constante de temps τ_2 en fonction de R_2 et C.

4) Un dispositif approprié permet de tracer la courbe des variations de u_C en fonction du temps. (fig. 2)
Déterminer, à partir de cette courbe, la valeur de τ_2.
En déduire la valeur de C.

III- Que peut-on conclure à propos des deux valeurs de C? Commenter.

Troisième exercice (6 pts) Réaction nucléaire contrôlée

La réaction nucléaire en chaîne dégage une énergie considérable. Sans précaution, elle conduirait à une explosion. Convenablement maîtrisée dans un réacteur nucléaire, cette réaction peut constituer une source d'énergie nécessaire au fonctionnement d'une centrale électrique.

A- Dans le réacteur nucléaire d'une pile atomique, la préparation de l'uranium 235, utilisé comme combustible, se fait de la façon suivante:

1) Le noyau d'uranium $^{238}_{92}U$ capte un neutron rapide et se transforme en un noyau d'uranium $^{239}_{92}U$. Ecrire la réaction correspondante.

2) Le noyau d'uranium 239 U, radioactif, se transforme en plutonium après deux désintégrations β^- successives, selon les réactions suivantes:

$$^{239}_{92}U \rightarrow {}^{A}_{Z}Np + {}^{0}_{-1}e + ...$$

$$^{A}_{Z}Np \rightarrow {}^{A_1}_{Z_1}Pu + {}^{0}_{-1}e + ...$$

Compléter ces réactions et déterminer Z, A, Z_1 et A_1 en précisant les lois utilisées.

3) Le noyau de plutonium (Pu) est radioactif α. Le noyau fils est l'isotope 235 de l'uranium. Certaines particules α sont éjectées chacune avec une énergie cinétique de 5,157 MeV et d'autres le sont avec une énergie cinétique de 5,144 MeV.

a) Ecrire l'équation de la désintégration du noyau (Pu).

b) Une de ces désintégrations α est accompagnée par l'émission d'un photon γ. Calculer l'énergie de ce photon et en déduire la longueur d'onde associée.

4) L'uranium 235 est fissile. Au cours de l'une des réactions de fission possibles, la diminution de masse est 0,2 u. Calculer, en MeV et en J, l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235.

B- Dans cette pile atomique, une masse d'uranium 235 de 0,4 kg est consommée en un jour. Le rendement de la transformation de l'énergie nucléaire en énergie électrique est de 30%. Calculer la puissance électrique de cette pile.

Donnée:

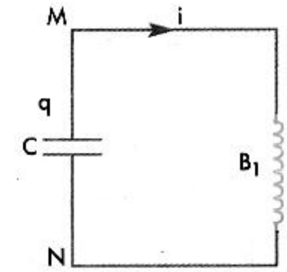
- 1 u = $1,67 \times 10^{-27}$ kg = 931,5 MeV/c^2
- c = 3×10^{8}m/s
- Masse molaire de ^{235}U = 235 g.mol^{-1}
- Constante d'Avogadro N = $6,02 \times 10^{23}$ mol^{-1}
- 1 MeV = $1,6 \times 10^{-13}$ J
- h = $6,63 \times 10^{-34}$ J.s.

Quatrième exercice (7½ pts) Oscillations électriques

On dispose d'un condensateur de capacité $C = 2 \times 10^{-10}$ F portant la charge électrique $Q = 2 \times 10^{-9}$ C et de deux bobines, B_1 d'inductance $L_1 = 5 \times 10^{-4}$ H et de résistance négligeable et B_2 d'inductance $L_2 = 5 \times 10^{-4}$ H et de résistance r.

I- Circuit oscillant idéal (L_1, C)

A l'instant $t_o = 0$, pris comme origine des temps, on relie le condensateur à la bobine B_1 (figure 1). On réalise ainsi un circuit oscillant idéal.

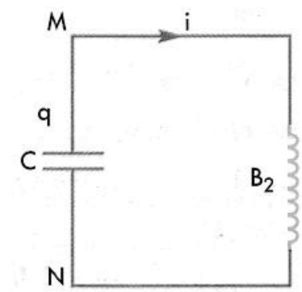


On désigne par q la charge électrique de l'armature M du condensateur, à l'instant t, et par i l'intensité du courant électrique à cet instant comptée positivement quand le courant circule dans le sens indiqué sur la figure 1.

1) Dans ce circuit, i et q sont reliées par l'expression $i = -\frac{dq}{dt}$.
   Justifier le signe (-) dans cette expression.
2) Etablir, en appliquant la loi de l'unicité des tensions, l'équation différentielle qui régit l'évolution de la charge q en fonction du temps. Déduire la fréquence propre f_o de ce circuit.
3) La solution de l'équation différentielle précédente est de la forme $q = Q \cos(2\pi f_o t)$.
   a) Donner l'expression de l'énergie électrique E_l du condensateur à l'instant t.
   b) Exprimer i en fonction du temps. Déduire l'expression de l'énergie magnétique E_2 de la bobine à l'instant t.
   c) Prouver que l'énergie électromagnétique $E = E_l + E_2$ du circuit est constante et déduire sa valeur numérique.

II- Circuit oscillant amorti

1) Au lieu de relier, à $t_o = 0$, le condensateur à B_1, on le relie à B_2 (figure 2). En considérant les mêmes définitions pour q et i, établir l'équation différentielle qui régit l'évolution de la charge q en fonction du temps.



2) Déterminer $\frac{dE}{dt}$, la dérivée par rapport au temps de l'énergie électromagnétique E du circuit.
3) Etablir la relation entre $\frac{dE}{dt}$ et ri^2 et commenter cette relation en terme de transferts d'énergie.
4) Le circuit ainsi réalisé est utilisé maintenant comme détecteur des ondes radio.
   L'onde la mieux adaptée à ce circuit est celle dont la fréquence est égale à la fréquence propre f_o du circuit.
   a) Dans quel état électrique particulier, le circuit se trouvera-t-il quand l'onde la mieux adaptée sera captée?
   b) Calculer alors la longueur d'onde correspondante à cette onde.
   On donne: célérité de la lumière dans l'air: $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}.

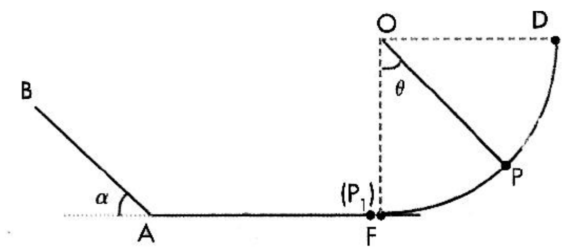
مسابقة في الفيزياء
المدة: ثلاث ساعات

الاسم :
الرقم :

Cette épreuve, formée de quatre exercices obligatoires, est constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4.

L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

<u>Premier exercice</u> (7 pts) Conservation et non-conservation de l'énergie mécanique



Un système matériel (S) comporte un fil inextensible, de masse négligeable et de longueur l = 0,45 m, portant, à l'une de ses extrémités, une particule (P) de masse m = 0,1 kg. L'autre extrémité du fil est fixée, en O, à un support. A l'équilibre, le fil est vertical.

Prendre $g = 10\ m/s^2$.

1) On écarte (S) de sa position d'équilibre d'un angle θ_m = 90°; le fil restant tendu, on abandonne (P) sans vitesse initiale.

Prendre le niveau horizontal FA comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur du système [(S), Terre]. Négliger les frottements autour de O et la résistance de l'air.

a) Calculer l'énergie mécanique du système [(S), Terre] dans sa position initiale [(P) est en D].

b) Déterminer l'expression de l'énergie mécanique du système [(S), Terre] en fonction de l, m, g, V et θ où V est la vitesse de (P) quand (S) passe par la position où le fil fait un angle θ avec la verticale.

c) Déterminer la valeur de θ (0° < θ < 90°) pour laquelle l'énergie cinétique de (P) est égale à l'énergie potentielle de pesanteur du système [(S), Terre].

d) Calculer la valeur V_o de la vitesse $\vec{V}_o$ de (P) quand (S) passe par sa position d'équilibre.

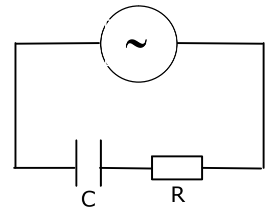
2) En passant par la position d'équilibre, le fil se rompt, et (P) entre en choc frontal avec une particule (P_1) de masse m_1 = 0,2 kg. (P_1) prend alors une vitesse $\vec{V}_1$ de valeur V_1 = 2 m/s. Déterminer la valeur V de la vitesse $\vec{V}$ de (P) juste après le choc, sachant que $\vec{V}_o$, $\vec{V}_1$ et $\vec{V}$ sont colinéaires. Le choc est-il élastique? Justifier la réponse.

3) (P_1), partant à la vitesse V_1 = 2 m/s, se déplace sans frottement le long d'une droite FA et aborde en A, à la vitesse V_1 = 2 m/s, la ligne de plus grande pente AB d'un plan incliné faisant un angle α= 30° avec l'horizontale.

a) En supposant que les frottements sur AB sont négligeables, déterminer la position du point M où (P1) rebrousse chemin.

b) En fait, les frottements le long de AB ne sont pas négligeables et (P_1) rebrousse chemin sur AB en un point N tel que AN = 20 cm. Calculer la variation de l'énergie mécanique du système $[(P_1)$, Terre] entre A et N et déduire l'intensité de la force de frottement, supposée constante.

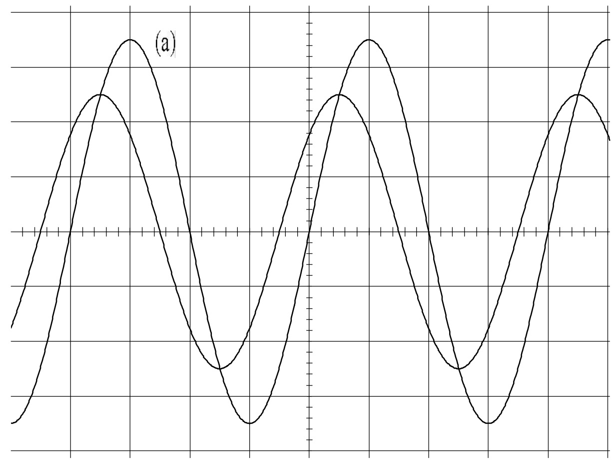
Deuxième exercice (6 ½ points) Détermination de la capacité d'un condensateur



Dans le but de déterminer la capacité C d'un condensateur, on considère les composants suivants:
un GBF présentant entre ses bornes une tension alternative sinusoïdale: $u = U_m \cos \omega t$ (u en V, t en s)
un conducteur ohmique de résistance R = 50 Ω, une bobine d'inductance L = 0,16 H et de résistance négligeable, un oscilloscope et des fils de connexion. (Prendre $0,32\pi = 1$).

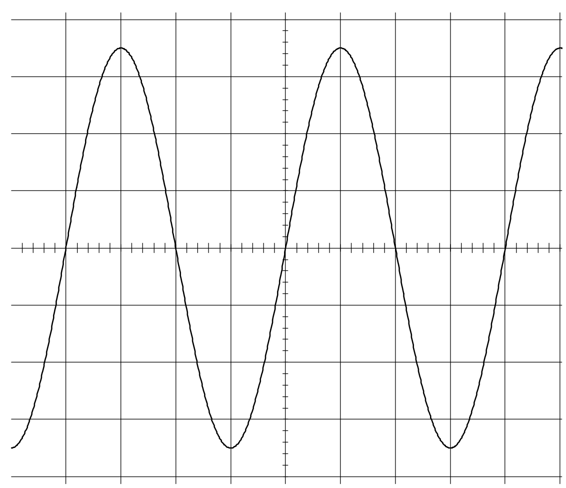
A) Dans une première expérience, le condensateur et le conducteur ohmique sont montés en série aux bornes du GBF. L'oscilloscope est utilisé pour visualiser la tension u aux bornes du GBF sur la voie Y_1 et la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique sur la voie Y_2. Les réglages de l'oscilloscope sont:

- sensibilité verticale: 2 V/div sur les deux voies.
- sensibilité horizontale: 5 ms/div.



1) Reproduire le schéma du circuit et y montrer les branchements de l'oscilloscope.
2) Les oscillogrammes obtenus sont représentés sur la figure ci-contre.
   a) L'oscillogramme (a) représente u. Pourquoi?
   b) Déterminer la fréquence de la tension u et la différence de phase entre u et u_R.
   c) Ecrire, en utilisant les valeurs numériques de U_m et de ω, les expressions, en fonction du temps, de u et de u_R et déduire l'expression de l'intensité instantanée i du courant dans le circuit.
   d) Sachant que a tension aux bornes du condensateur est: $u_C = \frac{q}{C}$, vérifier que u_C s'écrit sous la forme: $u_C = \frac{3,2 \times 10^{-4}}{C} \cos(\omega t - \frac{\pi}{4})$.
   e) Déterminer la valeur de C en appliquant la loi d'additivité des tensions et en donnant à t une valeur particulière.

B) Dans une deuxième expérience, on place la bobine en série dans le circuit précédent. On obtient ainsi un circuit série RLC. Les branchements de l'oscilloscope restant les mêmes, on observe alors un seul oscillogramme sur l'écran (les deux oscillogrammes sont confondus).
Ce résultat met en évidence un phénomène électrique.
Nommer ce phénomène et calculer de nouveau la valeur de la capacité C.



Troisième exercice (6 ½ points) Radioactivité

On donne les masses des noyaux: m($^{131}_{53}I$) = 130,87697 u; m($^{A}_{Z}Xe$) = 130,87538 u; masse d'un électron = $5,5 \times 10^{-4}$ u;
1 u = 931,5 MeV/c^2; 1 MeV = $1,6 \times 10^{-13}$ J; h = $6,63 \times 10^{-34}$ J.s et c = 3×10^8 m/s

Pour détecter une anomalie dans le fonctionnement de la thyroïde, on y injecte un échantillon du radionucléide $^{131}_{53}I$. Ce radionucléide a pour période 8 jours et il est émetteur β^-. La désintégration du nucléide $^{131}_{53}I$ donne naissance au noyau fils $^{A}_{Z}Xe$ supposé au repos.

1) a) La désintégration du nucléide $^{131}_{53}I$ s'accompagne d'une émission d'un rayonnement γ. A quoi est due l'émission de ce rayonnement?

   b) Ecrire l'équation-bilan de la désintégration d'un noyau de $^{131}_{53}I$.

   c) Calculer la constante radioactive de ce radionucléide. En déduire le nombre des noyaux de l'échantillon à la date d'injection sachant que l'activité de l'échantillon à cette date est $1,5 \times 10^5$ Bq.

   d) Calculer le nombre des noyaux désintégrés au bout de 24 jours.

2) a) Calculer l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau $^{238}_{92}U$.

   b) Calculer l'énergie d'un photon γ sachant que la longueur d'onde associée est de $3,55 \times 10^{-12}$ m.

   c) L'énergie d'un antineutrino étant 0,07 MeV, calculer l'énergie cinétique moyenne d'un électron émis.

   d) Lors de la désintégration des noyaux $^{131}_{53}I$, la glande thyroïde, de masse 40 g, absorbe seulement l'énergie cinétique moyenne des électrons et l'énergie des photons γ. Sachant que la dose absorbée par un corps est l'énergie absorbée par l'unité de masse de ce corps, calculer, en J/kg, la dose absorbée par cette glande durant 24 jours.

Quatrième exercice (7 ½ points)

Effet de la résistance d'un conducteur ohmique dans un circuit électrique

Suivant la valeur de la résistance des conducteurs ohmiques présents dans un circuit électrique, un régime permanent s'établit plus ou moins vite, ou bien, un circuit peut ou non être le siège d'oscillations électriques idéales.
Cet exercice a pour but de montrer l'effet de la résistance d'un conducteur ohmique dans quelques circuits électriques.
On dispose d'un conducteur ohmique (R) de résistance R réglable, d'une bobine (B) de résistance négligeable et d'inductance L = 0,64 H, d'un condensateur (C) de capacité $C = 10^{-6}$ F, d'un générateur (G) de résistance interne négligeable et de force électromotrice E, d'un interrupteur (K), d'un oscilloscope à mémoire et de fils de connexion.

A) Cas du circuit série (R, L)

On réalise le circuit série (R, L) de la figure 1. On ferme l'interrupteur (K) à la date t = 0.

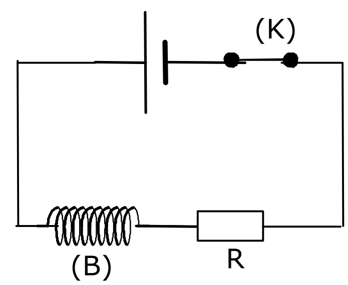


fig 1

1) Etablir, en régime transitoire, l'équation différentielle en $u_R = Ri$ associée au circuit considéré.

2) L'expression $u_R = U_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ vérifie cette équation différentielle.
Déduire les expressions de U_0 et de τ en fonction de E, R et L.

3) Exprimer, en fonction de τ, le temps t au bout duquel le régime permanent est pratiquement atteint.
Que devient alors la tension aux bornes de la bobine?

4) a) Comparer les valeurs de t et de U_0 correspondantes à:
i) $R_1 = 12\ \Omega$; ii) $R_2 = 60\ \Omega$; iii) $R_3 = 600\ \Omega$.
b) Dessiner, sur un même système d'axes (t, u_R), l'allure de la courbe représentant u_R relative à chaque valeur de R.
c) Quel est, alors, le rôle de la valeur de R dans l'établissement du régime permanent?

B) Cas du circuit série (R, C)

On réalise le circuit série (R, C) de la figure 2. On ferme (K) à la date t = 0.

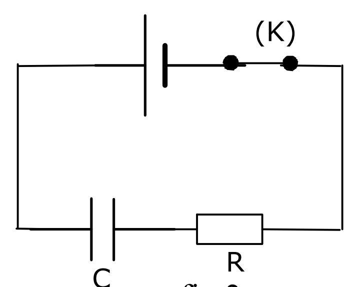


fig 2

1) Etablir, en régime transitoire, l'équation différentielle en $u_C = \frac{q}{C}$ associée au circuit considéré, q étant la charge de l'armature A du condensateur.

2) L'expression $u_C = U_C(1 - e^{-\frac{t}{\tau'}})$ vérifie cette équation différentielle.
Déduire les expressions de U_c et de τ' en fonction de E, R et C.

3) a) Exprimer, en fonction de τ', le temps t' au bout duquel le régime permanent est pratiquement atteint.
Que devient alors la tension aux bornes du conducteur ohmique?
b) Comparer les valeurs de t' et de U_c correspondantes à:
i) $R_1 = 12\ \Omega$; ii) $R_2 = 60\ \Omega$; iii) $R_3 = 600\ \Omega$.
c) Dessiner, sur un même système d'axes (t, uc), l'allure de la courbe relative à chaque valeur de R.
d) Quel est, alors, le rôle de la valeur de R dans l'établissement du régime permanent?

C) Cas du circuit série (R, L, C)

On réalise avec (C), chargé, (B) et (R) un circuit série (R, L, C). Ce circuit est le siège d'oscillations électriques libres. L'oscilloscope, branché aux bornes de (C), sert à visualiser l'évolution de u_c en fonction du temps.

Si on donne à R la valeur R = 0 et on ferme (K) à la date t = 0, on observe, sur l'écran de l'oscilloscope, l'oscillogramme de la figure 3.

Si on donne à R une certaine valeur et on ferme (K) à la date t = 0, sans changer les sensibilités de l'oscilloscope, on observe sur l'écran l'oscillogramme de la figure 4.

1) Donner l'expression de la période propre T_0 du circuit (R, L, C) ainsi réalisé et calculer sa valeur.
2) Déterminer, à partir de l'oscillogramme de la figure 3, la sensibilité horizontale utilisée.
3) a) Dans quel cas les oscillations sont-elle amorties? Pourquoi?
   b) Calculer la valeur de la pseudo-période T des oscillations.
4) Comparer les valeurs de T et T_0. Conclure.

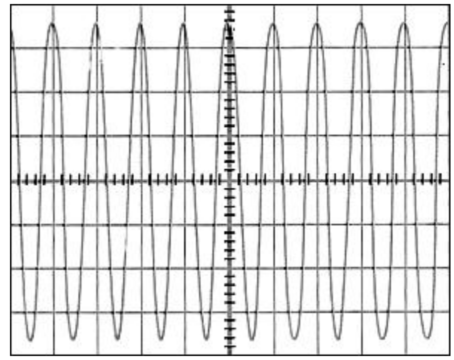


fig 3

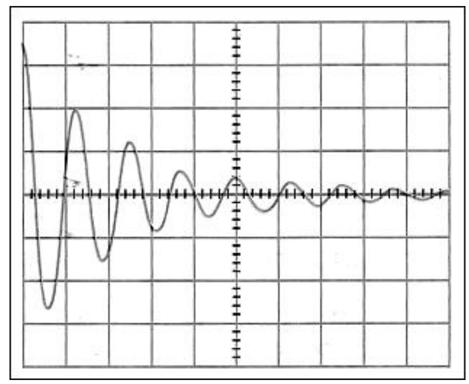


fig 4

Solution

Premier exercice (7 pts)

1)

a) en D: $E_c = 0$ J car v = 0 m/s

$E_{pp} = mgl = 0,1 \times 10 \times 0,45 = 0,45$ J

$E_m = E_c + E_{pp} = 0,45$ J (0,75 pt)

b)

$$E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2}mv^2 + mgh; \text{ et } h = l - l\cos\theta$$

(0,75 pt)

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + mgl(1-\cos\theta)$$

c) E_m du système [(S), Terre] est conservée, car les forces de frottement sont négligeables.

$E_m = E_{mD} = 0,45$ J.

$$E_{pp} = E_c = \frac{E_m}{2} = 0,45 \text{ J} \Rightarrow E_{pp} = mgl(1-\cos\theta) = 0,45 \Rightarrow \theta = 60^o$$ (1 pt)

d) $E_m = E_{mF} = 0,45$ J ; $E_{ppF} = 0$.

$$E_c = \frac{1}{2}mV_o^2 = 0,45 \Rightarrow V_o = 3 \text{ m/s}$$ (0,5)

2) Lors du choc, la quantité de mouvement du système (P, P_1) est conservée:

$$m\vec{V}_o = m\vec{V} + m_1\vec{V}_1$$

$\vec{V}_o$, $\vec{V}$ et $\vec{V}_1$ sont colinéaires: $mV_o = mV + m_1V_1 \Rightarrow V = \dfrac{mV_o - m_1V_1}{m_1} = -1$ m/s (1 pt)

E_{ci} du système avant le choc : $E_{ci} = \dfrac{1}{2}mV_o^2 = 0,45$ J.

E_{cf} du système après le choc : $E_{cf} = \dfrac{1}{2}mV^2 + m_1V_1^2 = 0,45$ J.

$E_{ci} = E_{cf} \Rightarrow$ le choc est élastique. (0,75 pt)

3)

a) En A, $E_{pA} = 0$ J $\Rightarrow E_{mA} = E_{cA} = \dfrac{1}{2}m_1V_A^2 = 0,4$ J.

E_m du système (P_1, Terre) est conservée, car les forces de frottement sont négligeables, $E_{mA} = E_{mM}$

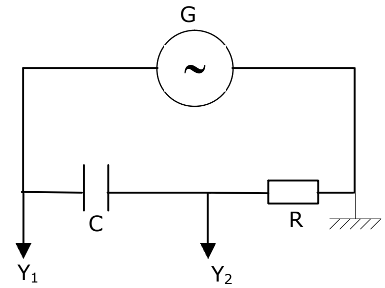
En M, $E_{cM} = 0$ J $\Rightarrow E_{mM} = E_{pM} = m_1 g AM \sin\alpha = 0,4 \Rightarrow AM = 0,4$ m . (1 pt)

b) En N, $E_{cN} = 0$ J $\Rightarrow E_{mN} = E_{pN} = m_1 g AN \sin\alpha = 0,2$ J

$\Delta E_m = E_{mN} - E_{mA} = -0,20$ J

$$\Delta E_m = W_{\vec{f}} = \vec{f}.\overrightarrow{AN} = -f \times AN \Rightarrow f = \frac{-\Delta E_m}{AN} = \frac{0,2}{0,2} = 1 \text{ N}$$ (1,25 pts)

Deuxième exercice (6 ½ points)



1) (0,5 pt)

2)

a) $U_{m(a)} > U_{m(b)}$ (0,5 pt)

b) $T = 4(\text{div}) \times 5 = 20$ ms $\Rightarrow f = \dfrac{1}{T} = 50$ Hz

$T \rightarrow 4 \text{ div} \rightarrow 2\pi$

$0{,}5 \text{ div} \rightarrow \varphi \qquad \Rightarrow \varphi = \dfrac{\pi}{4}$

u est en retard de phase sur u_R ou i de $\dfrac{\pi}{4}$. (1,25 pts)

c) $\omega = 2\pi f = 100\pi$ rad/s

$u = 7 \cos 100\pi t$.

$U_{Rm} = 2{,}5(\text{div}) \times 2 = 5$ V

$u_R = 5 \cos(100\pi t + \dfrac{\pi}{4})$ et $i = \dfrac{u_R}{R} = 0{,}1 \cos(100\pi t + \dfrac{\pi}{4})$ (1,75 pts)

d) $i = \dfrac{dq}{dt} \Rightarrow q = \int i\, dt \Rightarrow u_C = \dfrac{q}{C} = \dfrac{1}{C}\int i\, dt = \dfrac{1}{C}\int [0{,}1 \cos(100\pi t + \dfrac{\pi}{4})]\, dt = \dfrac{3{,}2\text{x}10^{-4}}{C}\cos(\omega t - \dfrac{\pi}{4})$ (0,5 pt)

e) $u_G = u_R + u_C = Ri + u_C$

$7 \cos 100\pi t = 5 \cos(100\pi t + \dfrac{\pi}{4}) + \dfrac{3{,}2\text{x}10^{-4}}{C}\cos(\omega t - \dfrac{\pi}{4})$

Pour t = 0: $7 = 5\dfrac{\sqrt{2}}{2} + \dfrac{3{,}2\text{x}10^{-4}}{C} \text{ x } \dfrac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow C = 64 \times 10^{-6}$ F = 64 μF. (1 pt)

B- Le phénomène est le phénomène de résonance d'intensité.

$f = f_o = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow C = \dfrac{1}{4\pi^2 f_o^2 L} = 64 \text{ x}10^{-6}$ F = 64 μF (1 pt)

Troisième exercice (6 ½ points)

1)

a) L'émission du rayon γ est due à la désexcitation du noyau fils. (0,25 pt)

b) ${}^{131}_{53}I \rightarrow {}^{A}_{Z}Xe + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu} + {}^{0}_{0}\gamma$

La loi de conservation du nombre de charge donne : 53 = Z - 1, d'où Z = 54.

La loi de conservation du nombre de masse donne : 131 = A d'où A = 131. (0,75 pt)

c) $\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T_{(s)}} = 10^{-6}$ s. (0,5 pt)

$A_o = \lambda N_o \Rightarrow N_o = \frac{A_o}{\lambda} = 1,5 \times 10^{11}$ noyaux (0,5 pt)

d) t = 24 jours = 3 T, et le nombre des noyaux désintégrés au bout de 3T est: N-N_o

$N = \frac{N_o}{2^3} \Rightarrow N - N_o = 1,31 \times 10^{11}$ noyaux (1 pt)

2) a) (1 pt)

$E = \Delta m \times c^2 = (m_{avant} - m_{après})c^2 = (0,00104) \times 931,5 = 0,96876$ MeV$=0,96876 \times 1,6 \times 10^{-13} = 1,55 \times 10^{-13}$ J

b) $E_{ph} = \frac{hc}{\lambda} = 5,6 \times 10^{-14}$ J = 0,35 MeV (0,75 pt)

c) Le principe de conservation de l'énergie donne:

$E = E_c(Xe) + E_{ph} + E(\overline{\nu}) + E_c(\beta^-)$

$0,96876 = 0 + 0,35 + 0,07 + E_c(\beta^-) \Rightarrow E_c(\beta^-) = 0,54876 \text{ MeV} = 0,88 \times 10^{-13}$ J (0,5 pt)

d) L'énergie absorbée par la glande lors de désintégration d'un seul noyau est:

$E_1 = 0,55 + 0,35 = 0,9$ MeV

Pour t = 24 jours, $E_2 = E_1 \times 1,31 \times 10^{11} = 1,18 \times 10^{11}$ MeV $= 1,89 \times 10^{-2}$ J

$D = \frac{E_2}{\text{masse}} = \frac{1,89 \times 10^{-2}}{0,04} = 0,47$ J/kg (1,25 pts)

Quatrième exercice (7 ½ points)

1) $u_G = u_R + u_B$; $u_R = Ri \Rightarrow i = \frac{u_R}{R}$; $u_B = L\frac{di}{dt} = \frac{L}{R}\frac{du_R}{dt}$

$E = u_R + \frac{L}{R}\frac{du_R}{dt}$ (0,5 pt)

2)

$u_R = U_o(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$; $\frac{du_R}{dt} = \frac{U_o}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow E = U_o(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + \frac{L}{R}x(\frac{U_o}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}})$

$E = U_o \times e^{-\frac{t}{\tau}}(\frac{L}{\tau \times R} - 1) + U_o \quad \forall\ t \Rightarrow$ (0,5 pt)

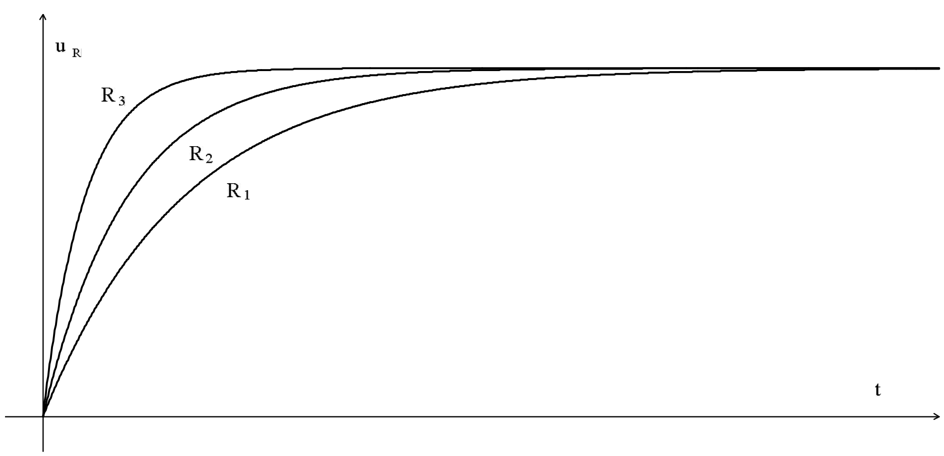
$E = U_o$; $\frac{L}{\tau \times R} - 1 = 0 \Rightarrow \tau = \frac{L}{R}$

3) Le régime permanent est pratiquement atteint au bout d'un temps t = 5τ.
$u_R \approx U_o$ (0,5 pt)

4) a)

i) $R_1 = 12\ \Omega$: $t_1 = 5\tau_1 = 0{,}267$ s; ii) $R_2 = 60\ \Omega$: $t_2 = 5\tau_2 = 0{,}053$ s ; iii) $R_3 = 600\ \Omega$: $t_3 = 5\tau_3 = 0{,}0053$ s
$U_o = E \quad \forall\ \tau$ (0,5 pt)

b) (0,5 pt)



c) Quand la résistance R augmente, le régime permanent s'établit plus rapidement. (0,25 pt)

B-

1) $u_G = u_R + u_C$; $u_R = Ri \Rightarrow i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$;

$E = RC\frac{du_C}{dt} + u_C$ (0,5 pt)

2)

$$u_C = U_C(1-e^{-\frac{t}{\tau'}});\ \frac{du_C}{dt} = \frac{U_C}{\tau'}e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow E = U_C(1-e^{-\frac{t}{\tau'}}) + RCx(\frac{U_C}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$E = U_C \times e^{-\frac{t}{\tau'}}(\frac{RC}{\tau'}-1) + U_C \quad \forall\ t \Rightarrow$$ (0,5 pt)

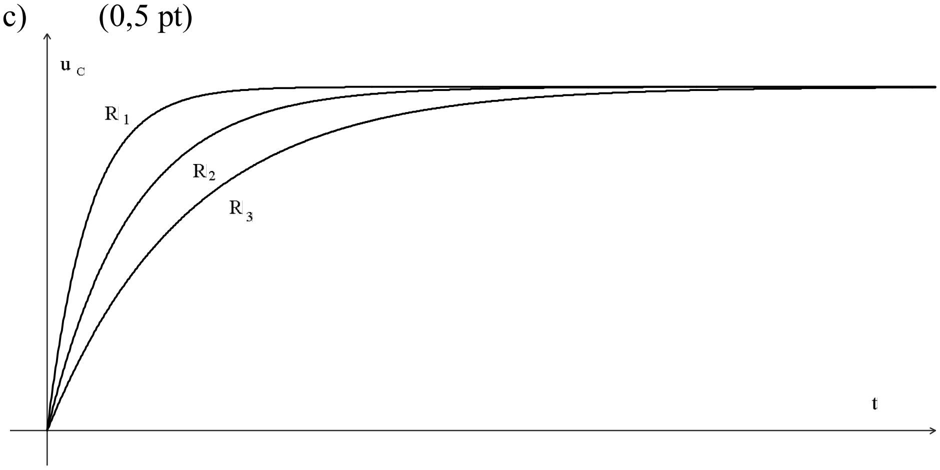
$$E = U_C;\ \frac{RC}{\tau'} - 1 = 0 \Rightarrow \tau' = RC$$

3)

a) Le régime permanent est pratiquement atteint au bout d'un temps t' = 5τ'. (0,5 pt)

b) i) $R_1 = 12\ \Omega : t'_1 = 5\tau'_1 = 6 \times 10^{-5}$ s; ii) $R_2 = 60\ \Omega : t'_2 = 5\tau'_2 = 30 \times 10^{-5}$ s ;
iii) $R_3 = 600\ \Omega : t'_3 = 5\tau'_3 = 6 \times 10^{-6}$ s
$U_C = E\ \ \forall\ \tau$ (0,5 pt)

c) (0,5 pt)



d) Quand la résistance R augmente, le régime permanent s'établit plus lentement. (0,25 pt)

C-

1) $T_o = 2\pi\sqrt{LC} = 5 \times 10^{-3}$ s = 5 ms. (0,75 pt)

2) T_o = 1(div) x S_h alors S_h = 5 ms/div (0,25 pt)

3)

a) Les oscillations sont amorties car l'amplitude de u_C diminue avec le temps. (0,5 pt)

b) T = 1,25(div) x 5 = 6,25 ms (0,25 pt)

4) $T > T_o$: La pseudo-période augmente avec la résistance du conducteur ohmique dans le circuit. (0,25 pt)

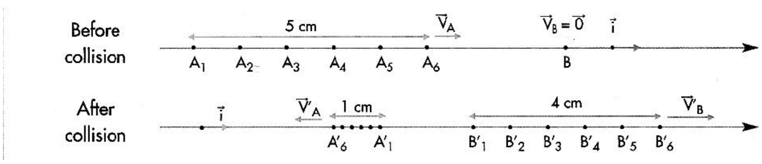
وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات	امتحانات شهادة الثانوية العامة فرع العلوم العامة	**2002**

مسابقة في الفيزياء المدة: ثلاث ساعات	الاسم: الرقم:

Cette épreuve, formée de quatre exercices obligatoires, est constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4.

L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

<u>Premier exercice</u> (7 points) Collision et lois de conservation



Pour étudier la collision entre deux mobiles, on dispose d'une table à coussin d'air horizontale, équipée d'un lanceur et de deux mobiles autoporteurs (A) et (B) de masses respectives $m_A = 0,2$ kg et $m_B = 0,3$ kg. (A), lancé à la vitesse $\vec{V}_A = V_A \vec{i}$, entre en collision avec (B), initialement au repos. (A) rebondit avec la vitesse $\vec{V}'_A = V'_A \vec{i}$, et (B) part avec la vitesse $\vec{V}'_B = V'_B \vec{i}$.

La figure ci-dessous représente, à l'échelle réelle, une partie des enregistrements de positions des centres d'inertie de (A) et (B), obtenus à des intervalles de temps successifs et égaux à $\tau = 20$ ms.

A) Loi relative à la quantité de mouvement

I) 1) Prouver, à partir de la figure, que les vitesses $\vec{V}_A$, $\vec{V}'_A$ et $\vec{V}'_B$ sont constantes et calculer les valeurs algébriques V_A, V'_A et V'_B.

2) Déterminer les quantités de mouvement, $\vec{P}_A$ et $\vec{P}'_A$ de (A), respectivement avant et après le choc et $\vec{P}'_B$ de (B) après le choc.

3) En déduire les quantités de mouvement, $\vec{P}$ et $\vec{P}'$, du centre d'inertie du système formé par (A) et (B) respectivement avant et après le choc.

4) Comparer $\vec{P}$ et $\vec{P}'$ et conclure.

II) 1) Faire l'inventaire des forces s'exerçant sur le système [(A), (B)].

2) Que vaut la somme de ces forces?

3) Ce résultat est compatible avec la conclusion faite dans (I - 4). Pourquoi?

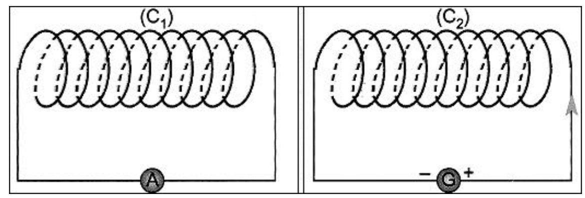
B) **Loi relative à l'énergie cinétique**

1) Calculer l'énergie cinétique du système formé par (A) et (B) avant et après le choc.

2) En déduire la nature du choc.

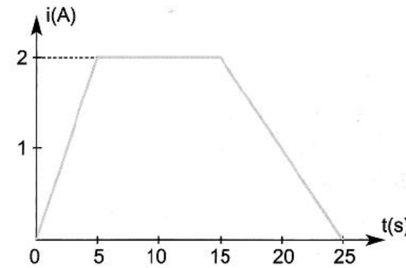
Deuxième exercice (7 points) Le transformateur

Le but de cet exercice est de mettre en évidence le principe de fonctionnement et le rôle d'un transformateur idéal.
Dans ce but, on dispose de deux bobines, l'une (C_1) de 1000 spires et l'autre (C_2) de 500 spires; la surface de chacune des spires de (C_1) et (C_2) est de 100 cm^2.



A) Principe de fonctionnement

La bobine (C_1) est reliée à un ampèremètre sensible (A) et la bobine (C_2) est montée aux bornes d'un générateur de façon à former deux circuits fermés. (Fig. 1)
La bobine (C_2) est alors parcourue par un courant d'intensité i évoluant en fonction du temps comme l'indique le graphique de la figure 2. De ce fait, (C_2) crée, à travers (C_1), un champ magnétique $\vec{B}$ supposé uniforme de module $B = 2 \times 10^{-3}$ (B en T et i en A).



1) Donner, en fonction de i, l'expression du flux magnétique à travers (C_1).
2) Donner l'expression e de la f.é.m. induite dans la bobine (C_1).
3) Trouver les valeurs de e pour $0s \leq t \leq 25s$.
4) Tracer le graphique donnant l'évolution de e, en fonction du temps, pour $0s \leq t \leq 25s$.
Echelle: sur l'axe des temps: 1cm → 5 s et sur l'axe des e: 1cm → 4 mV.
5) Reproduire le schéma de la figure 1 et indiquer, en utilisant la loi de Lenz, le sens du courant dans (C_1), dans l'intervalle $0s \leq t \leq 5s$.

B) Rôle

Les bobines (C_1) et (C_2), séparées des circuits précédents, sont utilisées avec un noyau de fer doux convenable pour former un transformateur idéal (T) dans lequel (C_1) et (C_2) sont respectivement les enroulements primaire et secondaire.

1) On maintient aux bornes de (C_1) une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace U_1 = 220V. Un voltmètre, utilisé en mode AC et monté aux bornes de (C_2), indique une valeur U_2.
   a) Donner un schéma simplifié de (T).
   b) (T) se comporte-t-il comme un survolteur ou comme un sous-volteur? Justifier la réponse et calculer U_2.
2) Une lampe, montée aux bornes de (C_2), est parcourue par un courant d'intensité efficace I_2 = 1 A. Calculer l'intensité efficace I_1 du courant passant dans la bobine (C_1).

Troisième exercice (6 points) Fission nucléaire

Données: masse d'un neutron: $m_n = 1{,}00866$ u

masse d'un noyau d'uranium 235: $m({}^{235}U) = 234{,}99342$ u

masse d'un noyau d'iode A: $m({}^{A}I) = 138{,}89700$ u

masse d'un noyau d'yttrium 94: $m({}^{94}Y) = 93{,}89014$ u

$1\ u = 1{,}66054 \times 10^{27}$ kg $= 931{,}5$ MeV/c^2.

$1\ eV = 1{,}6 \times 10^{-19}$ J

Dans une centrale nucléaire, on utilise des noyaux d'uranium 235 comme combustible. Le noyau d'uranium 235, qui subit une réaction nucléaire, a dû être bombardé par un neutron thermique.

1) Une des réactions possibles subies par l'uranium 235 a la forme:

$${}_{0}^{1}n + {}_{92}^{235}U \rightarrow {}_{53}^{A}I + {}_{Z}^{92}Y + 3\,{}_{0}^{1}n + \gamma$$

a) Le noyau d'uranium 235 est fissile. Pourquoi?

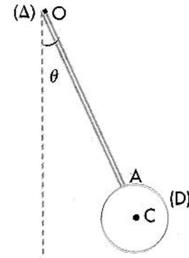
b) Cette réaction nucléaire subie par le noyau d'uranium 235 est dite provoquée. La réaction provoquée est un de deux types de réactions nucléaires. Nommer l'autre type et dire comment distinguer un type de l'autre.

c) Déterminer les valeurs de A et de Z en précisant les lois utilisées.

d) Calculer l'énergie libérée au cours de la réaction précédente. Sous quelles formes apparaît cette énergie libérée?

2) Cette centrale nucléaire convertit 30% de l'énergie libérée en énergie électrique. Calculer la masse d'uranium 235 consommée chaque jour dans une centrale nucléaire sachant qu'elle fournit une puissance électrique de 6×10^{8} W.

<u>Quatrième exercice</u> (7½points) Le balancier d'une horloge



Le balancier d'une horloge peut être schématisé par un disque homogène (D) de centre C, soudé à l'extrémité A d'une tige homogène OA.

A) Caractéristiques du mouvement du balancier

Dans cette partie, les frottements sont supposés négligeables.

Le balancier est un pendule pesant pouvant osciller autour de l'axe horizontal (Δ) passant par O (figure). Au cours d'oscillations, de faible amplitude θ_m et de période propre T_o, le pendule passe par sa position d'équilibre avec une vitesse angulaire de 0,3 rad/s.

On donne: OA = 100 cm; g = 10 m/s^2; rayon du disque AC = 10 cm;
π = 3,14; masse de la tige = 0,5 kg; masse du disque = 1 kg;
le moment d'inertie du balancier par rapport à (Δ) est I = 1,38 kg.m^2.

1) a) Préciser la position d'équilibre du pendule.
   b) Calculer son moment cinétique lors de son passage par cette position d'équilibre.
   c) Déterminer la somme des moments des forces agissant sur le pendule lors de son passage par la position d'équilibre.
   d) Déterminer, en appliquant le théorème du moment cinétique, la valeur de l'accélération angulaire du pendule lors du passage par cette position d'équilibre. En déduire que la valeur maximale de la vitesse angulaire est 0,3 rd/s.
2) a) Démontrer que le centre d'inertie G du pendule se trouve à la distance OG = 90 cm de O.
   b) Déterminer l'énergie mécanique du système (pendule, Terre) pour une élongation angulaire θ. Prendre comme niveau de référence pour l'énergie potentielle de pesanteur, le plan horizontal passant par G_o, position du centre d'inertie G du pendule à l'équilibre.
   c) Celte énergie mécanique se conserve. Pourquoi? En déduire la valeur de θ_m.
   d) Déterminer l'équation différentielle qui régit le mouvement périodique du pendule. Calculer la valeur de T_o.

B) **Entretien des oscillations du balancier**

En réalité, le pendule effectue des oscillations de pseudo-période T. Si l'on n'entretient pas le mouvement du pendule, les oscillations ont tendance à s'amortir.

1) La pseudo-période T est-elle supérieure, égale ou inférieure à T_o?
2) Pourquoi les oscillations du balancier ont-elles tendance à s'amortir?

L'entretien des oscillations s'effectue, en fait, par la descente très lente d'un solide (S). On fait remonter (S), une fois par semaine, pendant 10 s par l'intermédiaire d'un moteur électrique. Sachant que (S) a une masse M = 2 kg et qu'il descend, par semaine, d'une hauteur h = 1,5 m, déterminer la puissance moyenne de ce moteur électrique.

امتحانات شهادة الثانوية العامة
فرع العلوم العامة

دورة سنة 2003 العادية

مسابقة في الفيزياء
المدة: ثلاث ساعات

الاسم :
الرقم :

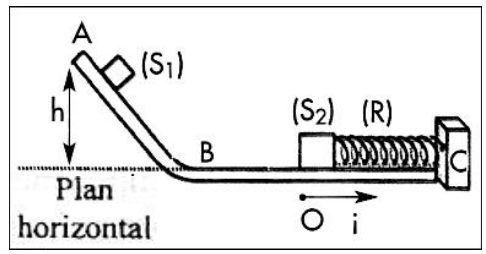
Cette épreuve, formée de quatre exercices obligatoires, est constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4.

L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

Premier exercice (6 ½ points) Détermination de la constante de raideur d'un ressort

Dans le but de déterminer la constante de raideur k d'un ressort (R) à spires non jointives, on dispose :

- d'une glissière ABC située dans un plan vertical,
- du ressort (R) fixé par une extrémité en C, l'autre extrémité étant reliée à un solide ponctuel (S_2) de masse m_2,
- d'un solide ponctuel (S_1) de masse $m_1 = 0,1$ kg placé en A à l'altitude h = 0,8 m au dessus du plan horizontal contenant BC.



On néglige tous les frottements et on prend $g = 10\ m.s^{-2}$.
Le plan horizontal passant par BC est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

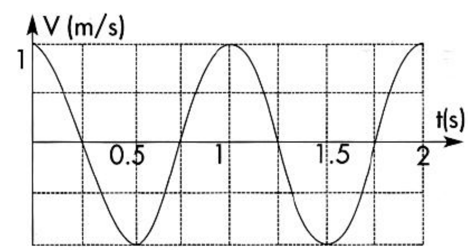
1- (S_1), lâché de A sans vitesse initiale, atteint (S_2), avec une vitesse $\vec{V}_1$, juste avant le choc.
Démontrer que le module de $\vec{V}_1$, est $V_1 = 4$ m/s.

2- (S_1) entrant en collision avec (S_2), s'accroche à (S_2) formant ainsi un seul point matériel (S). Déterminer, en fonction de m_2, l'expression de la valeur V_o de la vitesse $\vec{V}_o$ de (S) juste après le choc.

3- L'ensemble [(S), (R)] forme ainsi un pendule élastique horizontal, (S) oscillant autour de sa position d'équilibre en O.

a) Déterminer l'équation différentielle qui régit le mouvement de l'oscillateur. Déduire l'expression de sa période propre T_o.

b) La figure (2) représente l'évolution, en fonction du temps, de la mesure algébrique de la vitesse de (S). L'origine des dates correspond à la date où la vitesse de (S) est $\vec{V}_o$.



i- Donner la valeur V_o de $\vec{V}_o$.
ii- Déduire la valeur de m_2.
iii- Donner la valeur de T_o.
iv- Calculer k.

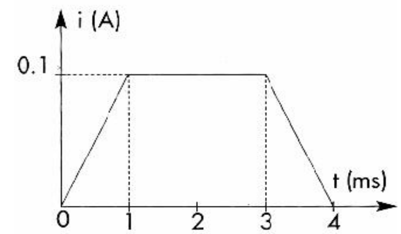
Deuxième exercice (7 pts) Rôle et caractéristiques d'une bobine

On dispose d'une bobine (B) portant les indications suivantes: $L = 65$ mH et $r = 20\ \Omega$.

A- Rôle d'une bobine

Dans le but de mettre en évidence le rôle d'une bobine, on branche la bobine aux bornes d'un générateur G_1.

Les variations, en fonction du temps, de l'intensité i du courant électrique qui traverse la bobine sont représentées par la figure (1).



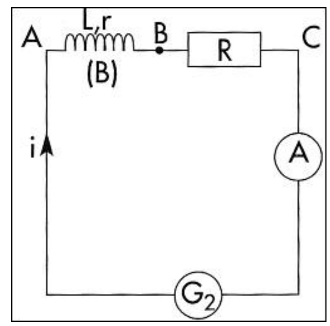
1 -a) Donner, en fonction de L et de i, l'expression littérale de la force électromotrice d'auto-induction e qui apparaît aux bornes de la bobine.

b) Déterminer la valeur de e dans chacun des intervalles de temps suivants: [0 ; 1 ms], [1 ms ; 3 ms], [3 ms ; 4 ms]

2- Dans quel intervalle la bobine joue le rôle d'un générateur? Justifier la réponse.

B- Caractéristiques de la bobine

Pour s'assurer des valeurs de L et de r, on réalise les deux expériences suivantes :



I- **Première expérience :** La bobine (B), un conducteur ohmique de résistance $R = 20\ \Omega$ et un ampèremètre de résistance négligeable sont montés en série aux bornes du générateur G_2, de force électromotrice $E = 4$ V et de résistance interne négligeable, (figure 2). Après un certain temps, l'ampèremètre indique $I = 0,1$ A. Déduire la valeur de r.

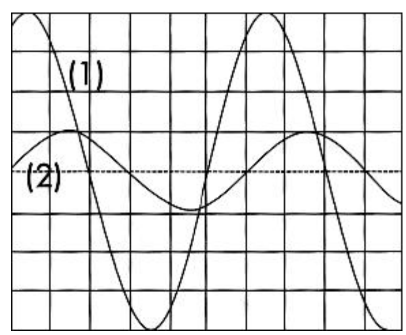
II-

III- **Deuxième expérience :** L'ampèremètre est enlevé et G_2 est remplacé par un générateur G_3 délivrant une tension alternative sinusoïdale .

1) Reproduire le schéma de la figure (2) en indiquant les branchements d'un oscilloscope pour visualiser, sur la voie (1), la tension u_g aux bornes du générateur et, sur la voie (2), la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique.
2) Les tensions visualisées sur l'oscilloscope sont schématismes sur la figure (3).

   On donne: sensibilité verticale sur les deux voies : 2 V/division
   sensibilité horizontale: 1 ms /division

   a) L'oscillogramme (1) représente u_g, Pourquoi
   b) La tension aux bornes du générateur est de la forme: $u_g = U_m \cos\omega t$. Déterminer U_m et ω.
   c) Déterminer le déphasage φ entre u_g et u_R .
   d) Déterminer l'expression de l'intensité instantanée i du courant électrique dans le circuit.
   e) En utilisant la loi d'additivité des tensions à une date t, et en donnant à t une valeur particulière, déduire la valeur de l'inductance L



III- Comparer les valeurs trouvées pour r et L à celle indiquées sur la bobine.

<u>Troisième exercice</u> (6 ½ points) Les deux aspects de la lumière

Pour mettre en évidence les deux aspects de la lumière, on réalise les deux expériences suivantes:

A- Première expérience

On recouvre une plaque métallique d'une couche de césium dont le seuil de longueur d'onde est λ_s = 670 nm. On envoie sur cette plaque une radiation monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ = 480 nm.
Un dispositif approprié placé au voisinage de la plaque détecte des électrons émis par la plaque éclairée.

1. Cette émission d'électrons par la plaque met en évidence un effet. De quel effet s'agit-il?
2. Préciser la signification du seuil de longueur d'onde.
3. Calculer, en J et en eV, l'énergie d'extraction d'un électron de la couche de césium.
4. Quelle est la forme de l'énergie transportée par un électron émis? Calculer la valeur maximale de cette énergie.

On donne: constante de Planck : $h = 6{,}6 \times 10^{-34}$ J.s;
célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \times 10^{8}$ m/s;
I eV = $1{,}6 \times 10^{-19}$J.

<u>B- Deuxième expérience</u>

On éclaire les deux fentes fines du dispositif de Young, distantes de a, par de la lumière laser de longueur d'onde dans le vide λ = 480 nm. La distance de l'écran d'observation au plan des fentes est D = 2 m.

1. Faire un schéma du dispositif en y montrant la région d'interférence.
2. Les conditions d'obtention du phénomène d'interférence sont satisfaites dans ce cas. Pourquoi?
3. A quoi est dû le phénomène d'interférence?
4. a. Décrire l'aspect de la région d'interférence observée sur l'écran.
   b. Dans cette région on compte 11 franges brillantes. La distance entre les centres des franges brillantes extrêmes est l = 9,5 mm. Qu'appelle-t-on la distance entre les centres de deux franges brillantes consécutives ? Calculer sa valeur et en déduire celle de a.

C- Les deux expériences mettent en évidence les deux aspects de la lumière. Préciser l'aspect mis en évidence par chaque expérience.

Quatrième exercice (7 ½ points) Radioactivité du polonium 210

Dans le but d'étudier la radioactivité du polonium $^{210}_{84}Po$ qui est un émetteur α, on dispose d'un échantillon de polonium 210 contenant N_o noyaux à l'instant $t_o = 0$.

A. Détermination de la demi-vie (période) radioactive

On mesure, à des dates successives, le nombre N noyaux restants. On calcule le rapport N / N_o et on dresse le tableau suivant :

t (en jours)	0	50	100	150	200	250	300
N / N_o	1	0,78	0,61	0,47	0,37	0,29	0,22
$-\ln (N / N_o)$	0	0,25				1,24	

1. Reproduire et compléter ce tableau en calculant à chaque date $- \ln (N / N_o)$.
2. Tracer la courbe représentant l'évolution de $f(t) = - \ln (N / N_o)$ en fonction du temps à l'échelle de 1 cm en abscisse pour 20 jours et 1 cm en ordonnée pour 0,1.
3. a. Sachant que $\ln (N / N_o) = - \lambda t$, déterminer graphiquement la valeur de la constante radioactive λ du polonium 210.
   b. En déduire la demi-vie du polonium 210.

B. Activité du polonium 210

1. Définir l'activité d'un échantillon radioactif.
2. Exprimer l'activité A_o de l'échantillon de polonium 210 à la date $t_o = 0$, en fonction de λ et N_o. Calculer sa valeur pour $N_o = 5 \times 10^{18}$.
3. Donner l'expression de l'activité A de l'échantillon en fonction de t.
4. Calculer la valeur de A :
   a. à la date t = 90 jours.
   b. Lorsque t augmente indéfiniment.

C. Énergie libérée par la désintégration du polonium 210

1. La désintégration d'un noyau de polonium produit un noyau fils qui est un isotope du plomb $^{A}_{Z}Pb$. Déterminer Z et A.
2. Calculer, en MeV, l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de polonium 210.
3. La désintégration du noyau de polonium peut se faire avec ou sans émission d'un photon γ. L'énergie d'un photon émis est 2,20 MeV. Sachant que le noyau fils a une vitesse négligeable, déterminer, dans chaque cas, l'énergie cinétique de la particule α émise.
4. L'échantillon est placé dans une boîte en aluminium. Ainsi, les particules α sont arrêtées par la boîte alors que les photons γ ne le sont pas.
   Sachant que la moitié des désintégrations s'effectue avec une émission γ, déterminer la puissance transférée à la boîte en aluminium à la date t = 90 jours.

Données numériques :

Masse d'un noyau de polonium 210 : 209,9828 u
Masse d'un noyau de plomb : 205,9745 u Masse de
la particule α: 4,0015 u
$1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27}$ kg $= 931,5$ MeV c^2.

وزارة التربية والتعليم العالي
المديرية العامة للتربية
دائرة الامتحانات

امتحانات شهادة الثانوية العامة
فرع العلوم العامة

دورة سنة 2003 الاستثنائية

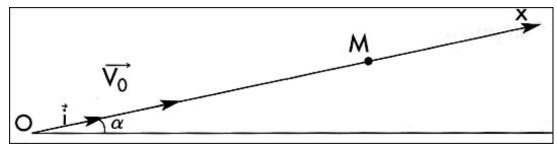
مسابقة في الفيزياء
المدة: ثلاث ساعات

الاسم :
الرقم :

Cette épreuve, formée de quatre exercices obligatoires, est constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4.

L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

Premier exercice (6 points) Étude graphique d'un échange énergétique



On dispose d'un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale ($\sin \alpha = 0{,}2$) et d'une bille (B) de masse m = 100 g, assimilée à une particule.
On veut étudier l'échange énergétique entre le système (bille, Terre) et le milieu environnant.
Dans ce but, on lance (B), à la date $t_o = 0$, à partir de O suivant la ligne de plus grande pente Ox du plan incliné, avec une vitesse $\vec{V}_o = V_o\vec{i}$. On donne $V_o = 4$ m.s^{-1}, et g = 10 m/s^2.
On prend le plan horizontal passant par le point O comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

A- Les forces de frottement sont supposées négligeables.

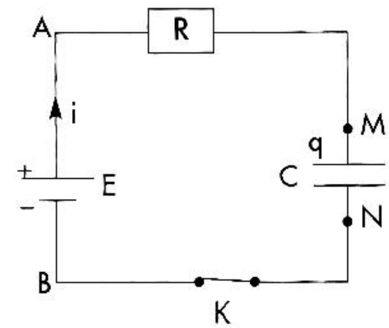
1- Déterminer la valeur de l'énergie mécanique E_m, du système (bille, Terre).
2- La bille passe, à une date t, par un point M d'abscisse 0M = x. Déterminer, en fonction de x, l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} du système (bille, Terre) lorsque la bille passe par M.
3- a) Tracer, dans le même système d'axes, les courbes donnant les variations, en fonction de x, des énergies E_m et E_{pp}.
Echelles : - sur l'axe des abscisses : 1 cm pour 1 m ;
- sur l'axe des énergies : 1 cm pour 0,2 J .
b) Utiliser le graphique pour déterminer la vitesse de (B) pour x = 3 m.
c) À partir du graphique, déterminer la valeur x_m de x pour laquelle la vitesse s'annule.

B- 1. En réalité, la vitesse de la bille s'annule au point d'abscisse x = 3 m. Les frottements ne sont pas négligeables. Calculer alors le travail de ces forces de frottement le long du parcours entre x = 0 m et x = 3 m.
2. Le système (bille, Terre) échange alors de l'énergie avec le milieu environnant. Sous quelle forme et de combien ?

<u>Deuxième exercice</u> (7 ½ pts) Réponses d'un dipôle RC série

Le but de cet exercice est de distinguer la réponse d'un dipôle RC série, quand on applique à ses bornes une tension constante, de sa réponse quand il est parcouru par un courant d'intensité constante.

A. Cas d'une tension constante



Le circuit électrique ci-contre permet de charger, sous la tension constante 9 V, le condensateur de capacité C = 10 μF à travers le conducteur ohmique de résistance R = 100 kΩ.
L'origine des dates t = 0 coïncide avec la date de fermeture de l'interrupteur K.

1- On note $u_C = u_{MN}$, la valeur instantanée de la tension aux bornes du condensateur.
   a. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par u_C, est de la forme :

$$u_C + RC\frac{du_C}{dt} = E$$

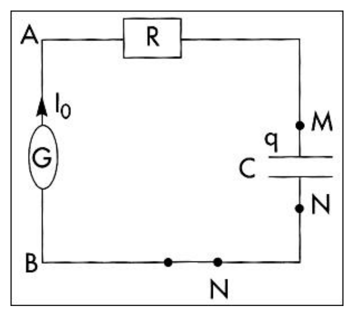
   b. Sachant que la solution de cette équation s'écrit: $u_C = A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$, déterminer A et τ.
   c. Tracer Paliure de la courbe donnant l'évolution de u_C en fonction du temps.

2- a. Déterminer l'expression de la tension $u_R = u_{AM}$ en fonction du temps.
   b. Tracer dans le même système d'axes, l'allure de la courbe donnant l'évolution de u_R en fonction du temps.

3- Quelle est la durée t_A au bout de laquelle le condensateur devient pratiquement chargé ?

B. Cas d'un courant d'intensité constante

Le condensateur précédent étant déchargé, on le charge de nouveau, à travers le même conducteur ohmique, sous un courant d'intensité constante I_o = 0,1 mA.



1- a. Montrer que la charge q s'écrit, dans le SI, sous la forme $q = 10^{-4}$ x t.
   b. La tension $u_R = u_{AM}$ aux bornes du conducteur ohmique reste constante. Déterminer sa valeur.
   c. Tracer l'allure de u_R.

2- a. Déterminer l'expression de la tension $u_C = u_{MN}$ en fonction du temps.
   b. Tracer l'allure de u_C.
   c. Déterminer la durée t_B nécessaire pour que la tension u_C atteigne la valeur 9 V.

C. Conclusions

1- Eu utilisant les graphiques précédents, préciser le cas où la tension aux bornes du condensateur atteint, en régime permanent, une valeur limite.

2- Un appareil photographique est équipé d'un flash comportant le dipôle RC précédent fonctionnant sous la tension de 9 V. On désire prendre le plus grand nombre de photos pendant une durée donnée. Lequel des deux modes de charge est-il le plus convenable? Pourquoi?

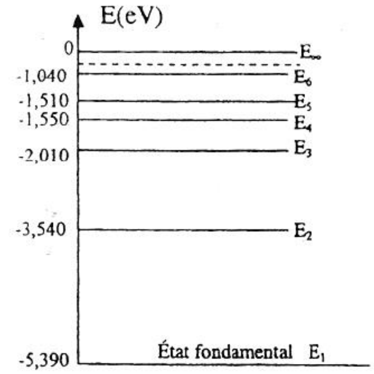
<u>Troisième exercice</u> (6 ½ points) Isotope $^{7}_{3}Li$ du lithium

Comme tout élément chimique, l'isotope $^{7}_{3}Li$ a des propriétés qui le distingue d'autres éléments chimiques.

Le but de cet exercice est de mettre en évidence quelques propriétés de l'isotope $^{7}_{3}Li$.

A- Spectre d'émission de l'atome de lithium

La figure ci-contre représente les niveaux d'énergie de l'atome de lithium.



1- Calculer, en joules, l'énergie de l'atome quand il est dans l'état fondamental (E_1) et quand il est dans le cinquième état (E_5).

2- a- Lors de sa désexcitation de différents états à l'état fondamental, l'atome de lithium émet des radiations. Calculer la plus grande fréquence et la plus petite fréquence des radiations émises.

b- Le spectre d'émission de l'atome de lithium est discontinu. Pourquoi ?

3- L'atome de lithium, pris dans son état fondamental, capte :

a- un photon dont la radiation associée a pour longueur d'onde $\lambda = 319{,}9$ nm. Montrer que l'atome absorbe ce photon. Dans quel état l'atome serait-il alors ?

b- un photon d'énergie 6,02 eV. Un électron est alors libéré. Calculer, en eV, l'énergie cinétique de cet électron.

B- Réaction nucléaire

Un noyau $^{A}_{Z}X$, au repos, est bombardé par un proton d'énergie cinétique o,65 MeV. On obtient alors deux particules α.

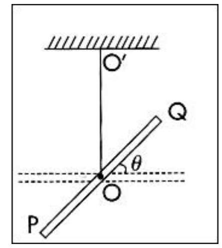
1- La réaction nucléaire ainsi produite est-elle spontanée ou provoquée? Justifier la réponse.
2- Déterminer les valeurs de Z et de A en appliquant les lois de conservation convenables. Identifier le noyau X.
3- Calculer le défaut de masse dû à cette réaction et en déduire l'énergie libérée correspondante.
4- Sachant que les deux particules α ont la même énergie cinétique E_1, calculer E_1.

Données : $h = 6{,}62 \times 10^{34}$ J x s $c = 3 \times 10^{8}\ ms^{-1}$; $1\ eV = 1{,}6 \times 10^{-19}$J
$1\ u = 931{,}5\ MeV/c^2$;
masse du noyau de l'atome de lithium : m(Li) = 7,01435 u ;
masse de la particule α: $m(\alpha) = 4{,}00150$ u ;
masse d'un proton : $m_p = 1{,}00727$ u.

Quatrième exercice (7 ½ points) Moment d'inertie d'une tige rigide

Le but de cet exercice est de déterminer, par deux méthodes, le moment d'inertie I_o d'une tige rigide PQ homogène et de section négligeable, par rapport à un axe qui lui est perpendiculaire et passant par son milieu O. Dans ce but, on considère la tige PQ de masse M = 375 g et de longueur l = 20 cm. On néglige tous les frottements. Prendre $g = 10\ m/s^2$ et $\pi^2 = 10$.

Cas du pendule de torsion



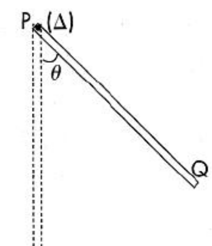
La tige PQ, maintenue horizontale, est suspendue, en son milieu O, à l'extrémité O d'un fil de torsion OO', vertical, de constante de torsion $C = 5x10^{-4}$ SI ; l'autre extrémité O ' du fil est solidaire d'un support fixe. On forme ainsi un pendule de torsion.

On écarte PQ, dans le plan horizontal, autour de OO' de $\theta_m = 0{,}1$ rad à partir de sa position d'équilibre, dans un sens choisi comme sens positif et on l'abandonne sans vitesse initiale à l'instant t = 0. PQ commence alors à osciller autour de OO', dans le plan horizontal, de part et d'autre de sa position d'équilibre.
À un instant t quelconque, la position de la tige est repérée par son élongation angulaire θ par rapport à la position d'équilibre.

1- a) Écrire, à l'instant t, l'expression de l'énergie mécanique E_m, du pendule en fonction de I_o, C, θ et de la vitesse angulaire θ'.
  b) Calculer alors la valeur de E_m.
  c) Établir l'équation différentielle du second ordre qui décrit le mouvement du pendule.
  d) Prouver que l'expression de la période propre T_o s'écrit sous la forme: $T_o = 2\pi\sqrt{\frac{I_o}{C}}$

2- On mesure la durée t_1, de 10 oscillations ; on trouve $t_1 = 100$ s. Calculer I_o.

B - Cas du pendule pesant



La tige PQ, seule, est maintenant mobile dans un plan vertical autour d'un axe horizontal (Δ) passant par son extrémité P.
On écarte la tige PQ autour de (Δ) d'un angle $\theta_m = 0{,}1$ rad à partir de sa position d'équilibre et on l'abandonne sans vitesse initiale à l'instant t = 0. La tige PQ commence à osciller de part et d'autre de sa position d'équilibre.
À un instant t quelconque, la position de la tige est repérée par son élongation angulaire θ par rapport à la position d'équilibre
Prendre le plan horizontal contenant (Δ) comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

1- a) Écrire l'expression, à l'instant t, de l'énergie mécanique E_m du système (tige, Terre) en fonction de M, g, l, θ, de la vitesse angulaire θ' et du moment d'inertie I_1, de la tige par rapport à l'axe (Δ).
  b) Calculer alors la valeur de E_m.
  c) Établir l'équation différentielle du second ordre qui régit le mouvement de la tige.
  d) Prouver que l'expression de la période propre T_o' s'écrit sous la forme: $T_o' = 2\pi\sqrt{\frac{2I_1}{Mgl}}$.

2- On mesure la durée t_2 de 10 oscillations de la tige ; on trouve $t_2 = 7{,}3$ s. Calculer I_1.

3- Sachant que $I_1 = I_o + \frac{Ml^2}{4}$, retrouver la valeur de I_o.

On donne : pour θ ≤ rad, sinθ = θ et $(1 - \cos\theta) = \frac{\theta^2}{2}$ (θ en rad).

Cette épreuve, constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4, comporte quatre exercices obligatoires. L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

Premier exercice (7 points) Système de suspension d'une voiture

Une voiture roule sur une route comportant des bosses régulièrement espacées. La distance entre deux bosses consécutives est d, et la valeur de la vitesse de la voiture est V.
Pour étudier les effets des bosses sur le comportement de la voiture, on assimile cette voiture et son système de suspension à un oscillateur mécanique (pendule élastique) dont la durée d'une oscillation est T.

A- Étude de T

1. Étude théorique

On dispose d'un pendule élastique horizontal constitué d'un solide de masse m attaché à un ressort de raideur k et de masse négligeable, l'autre extrémité du ressort étant fixée à un support. Les forces de frottement sont supposées négligeables. Le centre d'inertie G du solide peut se déplacer sur un axe horizontal Ox.
Le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur est le plan horizontal passant par le centre d'inertie du solide.
Lorsque le solide est au repos, G coïncide avec le point O choisi comme origine des abscisses.
On écarte le solide de sa position d'équilibre d'une distance x_m, puis on l'abandonne sans vitesse initiale à la date $t_0 = 0$.
À un instant t, l'abscisse du centre d'inertie du solide est x, et la mesure algébrique de sa vitesse est v.

a. À partir de l'expression de l'énergie mécanique du système (pendule –Terre), déterminer l'équation différentielle du second ordre qui régit le mouvement du solide.
b. Déduire l'expression de sa période propre T_0 .

2. Étude expérimentale

Pour mettre en évidence les effets de la masse du solide et de la raideur du ressort sur la durée T d'une oscillation d'un pendule élastique horizontal, on dispose de quatre ressorts de raideurs différentes et de quatre solides de masses différentes.
Dans chaque expérience, on mesure, à l'aide d'un chronomètre, la durée Δt de 10 oscillations effectuées par chaque pendule.

a) Influence de la masse m du solide

Dans une première expérience, les quatre solides sont accrochés séparément à l'extrémité libre du ressort de raideur k = 10 N / m. Les valeurs de Δt sont inscrites dans le tableau suivant.

m (g)	50	100	150	200
Δt (s)	4,5	6,3	7,7	8,9

Déterminer, à partir du tableau, les valeurs du rapport T^2 / m. Conclure.

b) Influence de la raideur k du ressort.

Dans une deuxième expérience, le solide de masse m = 100 g, est accroché successivement à l'extrémité libre de chacun des quatre ressorts. Les nouvelles valeurs de Δt sont inscrites dans le tableau suivant.

k (N / m)	10	20	30	40
Δt (s)	6,3	4,5	3,7	3,2

Déterminer, à partir de ce deuxième tableau, les valeurs du produit $T^2 \times k$. Conclure.

c) Expression de T

Déduire que T peut s'écrire sous la forme $T = A\sqrt{\frac{m}{k}}$ où A est une constante.

B- Oscillations de la voiture

1) La voiture, conducteur seul, est un oscillateur mécanique de période propre voisine de 1 s. Elle se déplace à la vitesse V = 36 km / h sur une route comportant des bosses distantes de d = 10 m. La voiture entre alors en résonance.
   a. Préciser l'excitateur et le résonateur
   b. Expliquer pourquoi la voiture entre en résonance.
   c. Comment le conducteur peut-il éviter cette résonance ?
2) La voiture, conducteur plus quatre passagers, se déplace sur la même route et à la même vitesse de 36 km / h. Elle n'entre pas en résonance. Pourquoi ?

Deuxième exercice (6 points) Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

Les énergies des différents niveaux de l'atome d'hydrogène sont données par la relation :

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \quad \text{(en eV)} \qquad \text{où } n \text{ est un entier positif.}$$

Données :
- Constante de Planck : $h = 6,63.10^{-34}$ J.s
- 1 eV = $1,6.10^{-19}$ J
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3.10^{8}$ m/s
- 1 nm = 10^{-9} m.

A- Énergie de l'atome d'hydrogène

1) Les énergies de l'atome sont quantifiées. Justifier en utilisant l'expression de E_n.
2) Déterminer l'énergie de l'atome d'hydrogène quand il est:
   a. dans l'état fondamental.
   b. dans le deuxième état excité.
3) Nommer l'état pour lequel l'énergie de l'atome d'hydrogène est nulle.

B- Spectres de l'atome d'hydrogène

1. Spectre d'émission

La série de Balmer de l'atome est l'ensemble des radiations émises par l'atome d'hydrogène excité lorsqu'il revient au niveau n = 2. Les valeurs des longueurs d'onde, dans le vide, des radiations visibles de cette série sont :

411 nm ; 435 nm ; 487 nm ; 658 nm.

a. Préciser, en le justifiant, la longueur d'onde λ_1 de la radiation visible dont l'énergie est la plus grande.
b. Déterminer la transition correspondant à la radiation de longueur d'onde λ_1.
c. Déduire les transitions correspondant aux trois autres radiations visibles.

2. Spectre d'absorption

Les radiations émises par le Soleil traversent un gaz constitué principalement d'hydrogène. L'étude du spectre d'absorption révèle la présence de raies noires.
Préciser, en le justifiant, le nombre et les longueurs d'ondes correspondant à ces raies.

C- Interaction photon - atome d'hydrogène

1. On envoie, séparément, sur un atome d'hydrogène, pris dans son état fondamental, deux photons d'énergies 3,40 eV et 10,2 eV.
Préciser, en le justifiant, le photon absorbé.

2. Un atome d'hydrogène, se trouvant dans son état fondamental, absorbe un photon d'énergie 14,6 eV. L'électron de cet atome est alors éjecté.

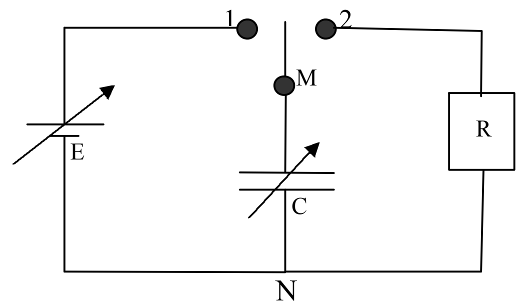
a. Justifier l'éjection de l'électron.

b. Calculer alors son énergie cinétique en eV.

Troisième exercice (7 points) Un condensateur pour sauver la vie

Pour sauver la vie d'un patient dont le cœur est en contraction désordonnée des fibres musculaires, on lui fait subir des chocs électriques délivrés par un dispositif approprié.

Pour étudier le fonctionnement de ce dispositif, on dispose d'une source de tension continue de valeur E réglable, d'un commutateur, d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un condensateur initialement neutre de capacité C ajustable. On réalise le circuit schématisé dans la figure ci-contre.



A. Étude théorique

1. Le commutateur est dans la position (1).

a. Donner le nom du phénomène physique qui aura lieu dans le condensateur.

b. Préciser les valeurs de l'intensité du courant électrique et de la tension u_{MN} après quelques secondes.

2. Le commutateur est placé ensuite dans la position (2) à la date $t_0 = 0$.

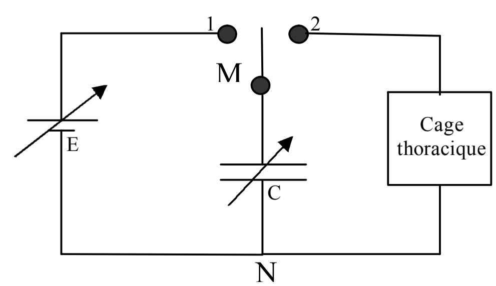
a. Établir, à la date t, l'équation différentielle donnant l'évolution de la tension $u_C = u_{MN}$ en fonction du temps.

b. L'expression $u_C = A\,e^{\frac{-t}{\tau}}$, où A et τ sont des constantes, est solution de cette équation. Déterminer les expressions de A et τ en fonction de E, R et C.

c. Établir l'expression donnant l'intensité i du courant de décharge en fonction du temps.

B. Utilisation du dispositif

Au bout d'un choc électrique, l'énergie nécessaire pour sauver la vie du patient est de 360 J. Cette énergie sera fournie dans sa cage thoracique pendant la durée t_1 contrôlée par le commutateur ; cette cage se comportant comme un conducteur ohmique de résistance 50 Ω.



Le condensateur, réglé à la capacité de 1 millifarad, est chargé sous la tension de 1810 V.

1. Déterminer l'énergie emmagasinée dans ce condensateur à la fin de la charge.
2. La décharge commence à l'instant $t_0 = 0$. À l'instant t_1, dès qu'une énergie de 360 J a été délivrée au patient, le commutateur ouvre le circuit.

a. Calculer l'énergie restant dans le condensateur à l'instant t_1.

b. En utilisant le résultat de l'étude théorique, déterminer :

i. la durée t_1.

ii. l'intensité du courant à la fin du choc électrique.

Quatrième exercice (7½ pts) Bobine dans un circuit électrique

On dispose d'un générateur de tension continue (E ; r), d'une bobine (L ; R_1), d'un conducteur ohmique de résistance $R_2 = 100\ \Omega$, de deux lampes (C_1) et (C_2), d'un oscilloscope et d'un interrupteur K.

A- Étude qualitative

Dans le but d'étudier le rôle de la bobine dans un circuit électrique, on réalise le circuit de la figure 1.
On ferme K. L'une de deux lampes s'allume avant l'autre.
Expliquer le phénomène dû au retard entre l'éclairage des deux lampes.

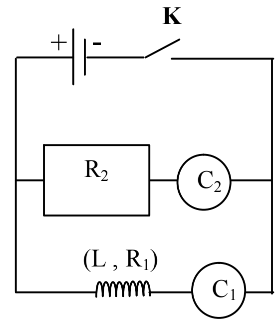


fig.1

B- Étude quantitative

Dans le but de déterminer les caractéristiques (L ; R_1) de la bobine et (E, r) du générateur, on réalise le circuit de la figure 2.
Prendre $R = R_1 + R_2 + r$ la résistance totale du circuit.

I- Étude analytique de l'établissement du courant

À la date $t_0 = 0$, on ferme l'interrupteur K.
À une date t, le circuit est parcouru par un courant électrique d'intensité i.

1) En appliquant la loi d'additivité des tensions, établir l'équation différentielle du premier ordre qui décrit l'évolution de i en fonction du temps.
2) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $i = a + be^{-t/\tau}$ où a, b et τ sont des constantes.
   a. Déterminer les expressions de a, b et τ en fonction de R, E et L.
   b. En déduire que $i = \frac{E}{R}(1 - e^{-t/\tau})$.

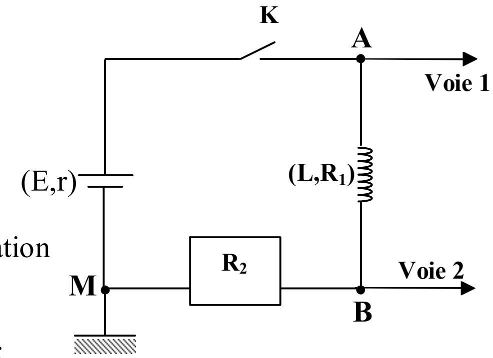


fig.2

II- Détermination des valeurs de E, r, R_1 et L

Un oscilloscope, branché comme l'indique la figure 2, permet de visualiser l'évolution, en fonction du temps, de deux tensions représentées par les deux courbes (a) et (b) de la figure 3.

1) a- Préciser la tension u_1 visualisée sur la voie 1.
   b- Déterminer l'expression de u_1 en fonction de t.
2) a- Préciser la tension u_2 visualisée sur la voie 2.
   b- Donner l'expression de u_2 en fonction de t.
3) a- Donner les valeurs de u_1 et u_2 à la date $t_0 = 0$.
   b- Déduire la valeur de E.
4) En utilisant les courbes (a) et (b), déterminer :
   a- la valeur de τ.
   b- les valeurs de r et R_1 .
5) Calculer L.

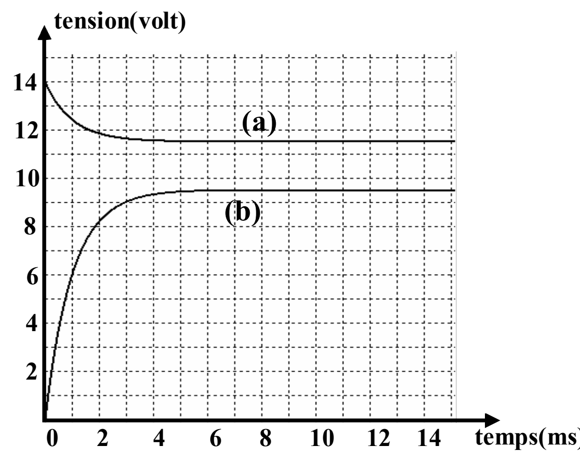


fig. 3

Premier exercice

A) 1 – a) $E_m = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2$; frottement négligeable.

$\Rightarrow \frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow kxv + mvx'' = 0 \quad \Rightarrow x'' + \frac{k}{m}x = 0$

b) $\omega_0^2 = \frac{k}{m} \quad \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$; $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

2 – a) $\frac{T^2}{m} = 4$ (S.I) $\Rightarrow \frac{T^2}{m} = $ cte.

b) $T^2 \times k = 4$ (S.I) $\Rightarrow T^2 \times k = $ cte

c) T est proportionnelle à $\sqrt{m}$ et T est inversement proportionnelle à $\sqrt{k}$ $\Rightarrow T = A\sqrt{\frac{m}{k}}$

B) 1 – a) L'excitateur est l'ensemble des bosses; le résonateur est la voiture .

b) La voiture subit des impulsions périodiques de période :

$T' = \frac{d}{V} = 1\text{s}$; $T_0 = 1$ s. $\Rightarrow$ $T' = T_0 \Rightarrow$ Résonance

c) La masse augmente $\Rightarrow T_0$ augmente $\Rightarrow T_0 \neq T'$

Deuxième exercice

A) 1 – $E_1 = -13{,}6$ eV ; $E_2 = -3{,}4$ eV ; $E_3 = -1{,}51$ eV ; $E_\infty = 0$

$\Rightarrow$ Les valeurs des énergies sont discontinues.

2 – a) $E_{f.}$ correspond à n = 1 $\Rightarrow E_{f.} = -13{,}6$ eV

b) Deuxième état excité pour n = 3 $\Rightarrow E_3 = -1{,}51$ eV.

3 – état ionisé

B) 1 – a) $E = \frac{hc}{\lambda}$ où l'énergie d'un photon est inversement proportionnelle à $\lambda \Rightarrow \lambda_1 = 411$ nm

b) $\frac{hc}{\lambda} = E_i - E_f \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = \left(\frac{-13{,}6}{n^2} + \frac{13{,}6}{4}\right) 1{,}6 \times 10^{-19}$ J ;

pour $\lambda = \lambda_1$; n = 6

c) Les trois autres transitions correspondent à : n = 5 ; n = 4 ; n = 3 .

2 – Chaque raie noire du spectre d'absorption correspond à une raie brillante, de même longueur d'onde, du spectre d'émission.

On a 4 raies brillantes $\Rightarrow$ on a 4 raies noires de longueur d'onde : 411 nm ; 487 nm ; 658 nm

C) 1 - $-13{,}6 + 3{,}4 = -10{,}2 = \frac{-13{,}6}{n^2}$ $\Rightarrow$ n = 1,15 $\Rightarrow$ n n'est pas entier; le photon n'est pas absorbé.

$-13{,}6 + 10{,}2 = -3{,}4 = \frac{-13{,}6}{n^2}$ $\Rightarrow$ n = 2 ; n est un entier

$\Rightarrow$ le photon est absorbé.

2) a) L'énergie du photon est supérieure à l'énergie d'ionisation.

b) $E_C = -13{,}6 + 14{,}6 = 1$ eV

Troisième exercice

A) **1** – a) Charge électrique

b) $i = 0$; $u_C = E$.

2 – a) $u_C = Ri = - RC\frac{du_C}{dt}$

$\Rightarrow u_C + RC\ \frac{du_C}{dt} = 0$

b) à t = 0 , $u_C = A = E$; En remplaçant u_C dans l'équation différentielle on obtient:

$\tau = RC$

c) $i = - C\ \frac{du_C}{dt} \Rightarrow i = \frac{E}{R}\ e^{-\frac{t}{\tau}}$

B) 1 – $E = \frac{1}{2}CU^2 \Rightarrow E = 1638$ J

2 – a) $E_1 = 1638 - 360 = 1278$ J

b) i) $E_1 = \frac{1}{2}C u_C^2 \Rightarrow u_C = 1599$ V ;

$u_C = E\, e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow$ t = 6,2 ms

ii) $i = \frac{E}{R}\ e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow i = 32$ A

Quatrième exercice

A) Pendant l'établissement du courant, i augmente, la bobine s'oppose à cette augmentation d'après le phénomène d'auto-induction.

B) I – 1 – $u_{AM} = u_{AB} + u_{BM} \Rightarrow E - ri = R_1\, i + L\frac{di}{dt} + R_2\, i \Rightarrow E = Ri + L\frac{di}{dt}$

2 – a) à $t = 0$; $i = 0 = a + b \Rightarrow a = - b$

$E = R(a + b e^{-\frac{t}{\tau}}) + \frac{Lb}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow E = R\,a + b e^{-\frac{t}{\tau}} (R - \frac{L}{\tau}) \Rightarrow a = \frac{E}{R}$ et $R - \frac{L}{\tau} = 0$

$\Rightarrow \tau = \frac{L}{R}$ et $b = -\frac{E}{R}$

b) $i = \frac{E}{R} - \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

B) II – 1 – a) $u_1 = u_{AM}$

b) $u_1 = E - ri = E - r\frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

2 – a) $u_2 = u_{BM}$

b) $u_2 = R_2 i = R_2 \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

3 – a) Si $t = 0$; $u_2 = 0$ et $u_1 = 14$ V

b) Si $t = 0$; $u_1 = E - ri = E \Rightarrow E = 14$ V

4 – a) à $t = \tau$; $u_2 = 0{,}63\, u_{2max} = 0{,}63 \times 9{,}5 = 6$ V. D'après la courbe (b) $\tau = 1$ ms

b) En régime permanent : $u_1 = 11{,}5$ V ; $u_1 = E - r\, I_{max}$,

avec $I_{max} = \frac{u_{2\max}}{R_2} = \frac{9{,}5}{100} = 0{,}0095$ A $\Rightarrow 11{,}5 = 14 - 95\times10^{-3}\, r \Rightarrow r = 26\ \Omega$.

En régime permanent, : $u_1 = 11{,}5 = (R_1 + R_2)\, I_{max} \Rightarrow R_2 + R_1 = \frac{11{,}5}{95\times10^{-3}} = 121\ \Omega$

$\Rightarrow R_2 = 21\ \Omega$

5 - $\tau = \frac{L}{R}$; $R = 21 + 26 + 100 = 147\ \Omega \Rightarrow L = \tau R = 147 \times10^{-3}$ H

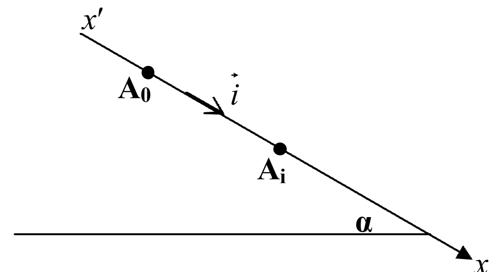
وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات	امتحانات شهادة الثانوية العامة فرع العلوم العامة	دورة سنة 2004 الإستثنائية

	مسابقة في الفيزياء المدة: ثلاث ساعات	الاسم: الرقم:

Cette épreuve, formée de quatre exercices obligatoires, est constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4.
L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

Premier exercice (6,5 pts) Détermination d'une force de frottement

Pour déterminer la valeur d'une force de frottement existant entre un mobile de masse M = 0,50 kg et une table inclinée d'un angle $\alpha = 30°$ par rapport à l'horizontale, on lâche le mobile au point A_0 sans vitesse initiale à l'instant $t_0 = 0$ pris comme origine des temps et on enregistre les différentes positions A_i de la projection de son centre d'inertie sur la table à des intervalles de temps réguliers τ = 60 ms, les points A_i étant portés par l'axe du mouvement x'x de vecteur unitaire $\vec{i}$. Prendre g = 9,8 m/s^2.



L'enregistrement obtenu permet de dresser le tableau ci-dessous.

Instant	$t_0 = 0$	$t_1 = \tau$	$t_2 = 2\tau$	$t_3 = 3\tau$	$t_4 = 4\tau$	$t_5 = 5\tau$	$t_6 = 6\tau$
Position	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
Abscisse x (mm)	0	A_0A_1 = 7,20	A_0A_2 = 28,9	A_0A_3 = 64,9	A_0A_4 = 115	A_0A_5 = 181	A_0A_6 = 259
Vitesse V (m/s)	0	0,24		0,72		1,20	
Quantité de mouvement P(kg.m/s)	0	0,12		0,36		0,60	

1) Compléter le tableau ci-dessus en calculant, aux dates t_2 et t_4, les valeurs V_2 et V_4 de la vitesse et les valeurs P_2 et P_4 de la quantité de mouvement du mobile.

2) Tracer la courbe représentant les variations de P en fonction du temps, à l'échelle de 1cm en abscisse pour 0,06 s et 1 cm en ordonnée pour 0,05 kg.m/s .

3) Montrer que la relation liant la quantité de mouvement $\vec{P} = P\vec{i}$ au temps t est de la forme $\vec{P} = \mathbf{b}\, t\vec{i}$ où **b** est une constante.

4) Calculer **b** en unités SI.

5) **a.** Démontrer que la table inclinée exerce sur le mobile une force de frottement $\vec{f}$ supposée constante et parallèle à l'axe x'x.

b. Calculer la valeur f de $\vec{f}$.

Deuxième exercice (7,5 pts) Identification de dipôles

On désire identifier deux dipôles D_1 et D_2, dont l'un est un condensateur de capacité C et l'autre une bobine d'inductance L et de résistance r. Dans ce but, on dispose d'un GBF délivrant une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace maintenue constante durant toute la manipulation, d'un oscilloscope, d'un conducteur ohmique de résistance $R=10\,\Omega$ et de fils de connexion.

On réalise le montage schématisé par la figure (1), le dipôle D pouvant être D_1 ou D_2. Les figures (2) et (3) montrent les oscillogrammes de chacune des tensions u_{AM} et u_{BM}.

On donne :

Sensibilité horizontale : 1 ms / division

Sensibilité verticale de (Y_1) : 2 V / division

Sensibilité verticale de (Y_2) : 1 V / division

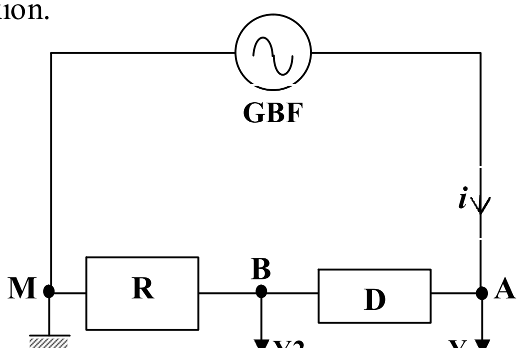


Figure 1

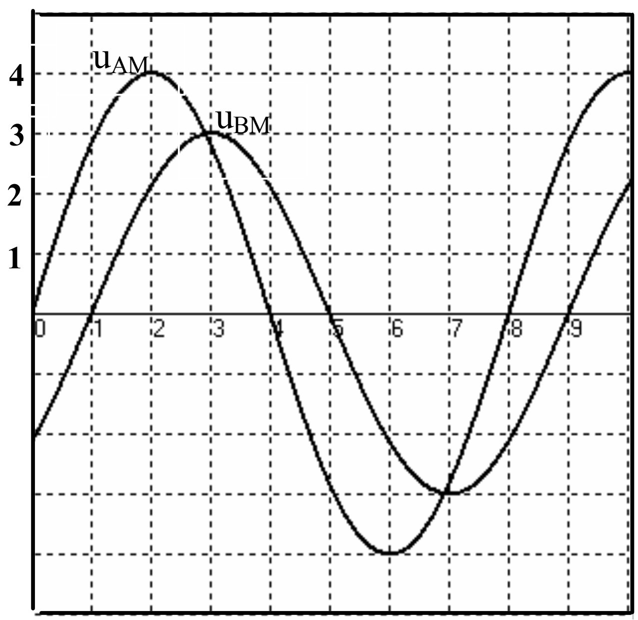


Figure 2

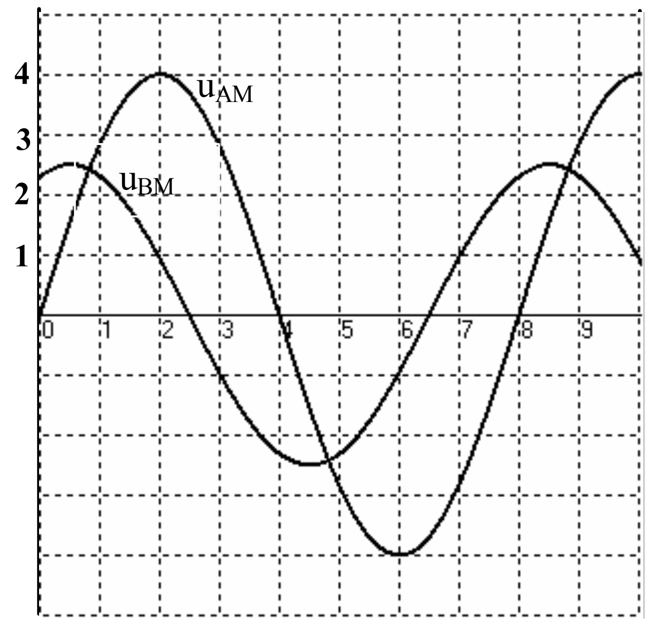


Figure 3

A- Natures de D_1 et de D_2

L'oscillogramme de la figure (2) correspond au dipôle D_1. D_1 est alors la bobine. Pourquoi ?

B- Caractéristiques (L, r) de la bobine

1. a) Déterminer la période de la tension délivrée par le GBF et en déduire sa pulsation ω .

b) Déterminer les valeurs maximales des tensions u_{AM} et u_{BM}.

c) Calculer le déphasage φ entre la tension u_{AM} et l'intensité i du courant qui traverse le circuit.

2. Sachant que l'intensité i du courant a pour expression : $i = I_{1m} \cos \omega t$, déterminer :

a) les expressions de u_{BM}, u_{AB} et u_{AM} en fonction du temps t.

b) la valeur de I_{1m}.

3. En appliquant la loi d'additivité des tensions et en donnant à ωt deux valeurs particulières, déterminer les valeurs de r et de L.

C- Capacité C du condensateur

Le dipôle D_2 étant branché entre A et B, l'expression de la tension u_{AB} est, dans ce cas : $u_{AB} = \frac{I_{2m}}{C\omega}$ sin ω t.

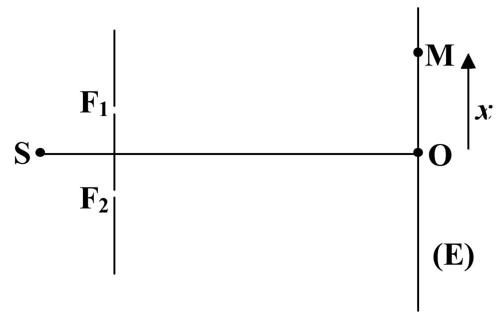
1. Vérifier que l'expression de l'intensité du courant est : i = $I_{2\,m}$ cos ω t.

2. Montrer que l'expression de u_{AM} est : $u_{AM} = 8 \cos (\omega t - \frac{3\pi}{8})$

3. Déterminer la valeur de C.

<u>Troisième exercice</u> (6,5 pts) Interférences lumineuses

On dispose d'une source S de lumière monochromatique de longueur d'onde λ et d'une lame de verre à faces parallèles d'épaisseur e et d'indice n =1,5.
Le but de cet exercice est de déterminer λ et e en utilisant le dispositif des fentes de Young.



A- <u>Valeur de λ</u>

Le dispositif des fentes de Young est constitué de deux fentes F_1 et F_2 très fines, parallèles et distantes de a = 0,15 mm, et d'un écran d'observation (E) disposé parallèlement au plan des fentes à une distance D = 1,5 m de ce plan .

1) En éclairant F_1 avec S et F_2 avec une autre source S', synchrone à S, on n'observe pas un système de franges d'interférences. Pourquoi ?
2) En éclairant F_1 et F_2 avec S, placée à égale distance de F_1 et F_2, on observe sur (E) un système de franges d'interférences.

a. Décrire ce système.

b. Au point O de l'écran, équidistant de F_1 et F_2, on observe une frange brillante. Pourquoi ?

c. On montre qu'en un point M de (E), tel que x = OM, la différence de marche optique dans l'air ou dans le vide est donnée par $\delta = F_2M - F_1M = \frac{ax}{D}$. Déterminer l'expression de x_K correspondante à la $k^{ième}$ frange brillante et en déduire l'expression de l'interfrange i.

3) On compte 11 franges brillantes qui s'étalent sur une distance d = 5,6 cm. Déterminer la valeur de la longueur d'onde λ.

B- <u>Valeur de e</u>

On place maintenant, juste derrière la fente F_1, la lame de verre. La différence de marche optique au point M devient : $\delta' = \frac{ax}{D} - e(n-1)$.

1. Montrer que l'interfrange i reste le même.

2. a) La frange centrale ne se forme plus en O. Pourquoi ?

b) La frange centrale se forme alors en O', position occupée par la cinquième frange sombre en l'absence de la lame. Déterminer l'épaisseur e de la lame.

<u>Quatrième exercice</u> (7 pts) Étude du radionucléide $^{198}_{79}Au$

On donne :

masse molaire de $^{198}_{79}Au$: 198 g ;
nombre d'Avogadro : $6{,}022 \times 10^{23}$ mol^{-1} ;
masse de l'électron : $5{,}50 \times 10^{-4}$ u ;
célérité de la lumière dans le vide $c = 3 \times 10^{8}$ m/s ;
1 u = 931,5 MeV / c^2 = $1{,}66 \times 10^{-27}$ kg ;
1 eV = $1{,}6 \times 10^{-19}$ J;
masses du noyau Au : 197,925 u ;
masse du noyau Hg : 197,923 u;
masse du proton m_p = 1,00728 u ;
masse du neutron m_n= 1,00866 u.

A- Comparaison de la masse volumique du noyau d'or et de celle de l'atome d'or

1) a. Calculer la masse d'un atome d'or $^{198}_{79}Au$.

b. Comparer la masse de l'atome d'or $^{198}_{79}Au$ à celle de son noyau.

2) Le rayon moyen d'un atome d'or est $r = 16 \times 10^{-11}$ m. Le rayon moyen d'un nucléon est $r_o = 12 \times 10^{-16}$ m. Comparer la masse volumique de l'atome d'or à celle de son noyau. Conclure à propos de la répartition de la matière dans l'atome.

B- Stabilité du noyau d'or

1. a) Donner la composition du noyau $^{198}_{79}Au$.

b) Si on brise un noyau d'or $^{198}_{79}Au$ en ses nucléons, montrer que la somme des masses des nucléons, pris séparément au repos, est supérieure à celle du noyau, pris au repos. À quoi est due cette augmentation de masse ?

2. Sachant qu'un noyau est considéré comme stable quand son énergie de liaison par nucléon est supérieure ou égale à 8 MeV, conclure à propos de la stabilité du noyau $^{198}_{79}Au$.

C- Étude de la désintégration du noyau d'or $^{198}_{79}$Au

En se désintégrant, un noyau d'or $^{198}_{79}Au$, au repos, produit un noyau fils (noyau de mercure $^{A}_{Z}Hg$) de vitesse supposée négligeable. On a pu détecter l'émission d'un photon γ d'énergie 0,412 MeV et d'une particule β^- d'énergie cinétique 0,824 MeV.

1. En précisant les lois utilisées, écrire l'équation de la réaction de désintégration du noyau d'or et déterminer A et Z.

2. a) Préciser la nature physique du rayonnement γ.

b) À quoi est due l'émission γ ?

3. a) Montrer, par application de la loi de conservation de l'énergie totale, l'existence d'une nouvelle particule émise accompagnant l'émission β^-.

b) Nommer cette particule.

c) Déduire son énergie en MeV.

4. Calculer la vitesse V de la particule relativiste β^- sachant que son énergie cinétique est donnée par :

E_c(relativiste) = $mc^2(\gamma-1)$ avec $\frac{1}{\gamma} = \sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}$

Barème de Physique (SG deuxième session)

<table>
<tr><th>Premier exercice (6,5 pts.)</th><th>Deuxième exercice (7,5 pts.)</th></tr>
<tr><td>

1) $V_2 = \frac{A_1A_3}{2\tau}$ **(1/4pt.)**

$V_2 = \frac{57,7}{0,12} = 481 mm/s$ **(1/4 pt.)**

$V_4 = \frac{A_3A_5}{2\tau}$ **(1/4 pt.)**

$V_4 = \frac{116,1}{0,12} = 967 mm/s$ **(1/4 pt.)**

$P_2 = MV_2$ **(1/4 pt.)**

$P_2 = 0,24$ kg.m/s. **(1/4 pt.)**

$P_4 = MV_4$; $P_4 = 0,48$ kg.m/s. **(1/4 pt.)**

2) Tracé de la courbe **(1pt.)**

3) La courbe est une droite passant par l'origine ;

P = b t **(1/4pt.)**

or $\vec{P} = m\vec{V}$ et $\vec{V} = V\vec{i}$; $\vec{P} = P\vec{i}$; d'où $\vec{P} = bt\vec{i}$. **(1/4pt.)**

4) $b = \frac{P_5 - P_1}{4\tau} = 2 kg.m/s^2$. **(1/2 pt)**

5) a. $\frac{d\vec{P}}{dt} = b\vec{i} = 2\vec{i}$ **(1/4pt)**

La deuxième loi de Newton, appliquée au mobile, s'écrit : $\frac{d\vec{P}}{dt} = \sum\vec{F}$. **(1/4 pt.)**

Si le frottement n'existe pas, on a :

$\sum\vec{F} = m\vec{g} + \vec{N}$; $\vec{N}$ étant l'action normale de la table sur le mobile.

$\sum\vec{F} = mg\sin\alpha\,\vec{i} - mg\cos\alpha\,\vec{j} + N\vec{j}$

Le mouvement s'effectue sur $\overrightarrow{x'x}$, on a alors : $- mg\cos\alpha\,\vec{j} + N\vec{j} = \vec{0}$; d'où :

$\sum\vec{F} = mg\sin\alpha\,\vec{i} = 0,5\times9,8\times0,5\vec{i} = 2,45\vec{i}$.

Dans ce cas : $\frac{d\vec{P}}{dt}$ n'est pas égale **à** $\sum\vec{F}$.

La force de frottement $\vec{f}$ existe. **(11/4pt.)**

b. $\sum\vec{F}$ **= (**$mg\sin\alpha$ - f) $\vec{i} = \frac{d\vec{P}}{dt} = 2\vec{i}$.

D'où : $mg\sin\alpha$ - f = 2

et f = 2,45 – 2 = 0,45 N. **(1 pt.)**

</td><td>

A- La figure (2) correpond au cas de la bobine car u_{AM} est en avance de phase sur u_{BM} qui représente l'image du courant **(1/2 pt)**

B)

1. a. T=8div × 1ms/div=8ms= 8 × 10^{-3}s. **(1/4pt)**

$\omega = 2\pi/T$; $\omega = 785$rad/s **(1/4 pt)**

b. $(U_{AM})_{max}$ = 4 div × 2 V/div = 8 V**(1/4pt)**

$(U_{BM})_{max}$ = 3 div × 1 V/div = 3 V **(1/4pt)**

c. $\varphi = \frac{2\pi\times 1div}{8div} = \frac{\pi}{4} rad$ **(1/4pt)**

2. a. $u_{BM}=Ri=RI_{1m}\cos\omega t$ **(1/4pt)**

$u_{AB}=ri+Ldi/dt=rI_{1m}\cos\omega t - L\omega I_{1m}\sin\omega t$ **(1/2pt)**

$u_{AM}= 8\cos(\omega t + \frac{\pi}{4})$ **(1/4pt)**

b. RI_{1m}=3V => I_{1m}= 0,3A **(1/4pt)**

3. $8\cos(\omega t + \frac{\pi}{4}) = (r+R) I_{1m} \cos\omega t - L\omega I_{1m}\sin\omega t$

Pour $\omega t = 0$ on a: $8\cos\frac{\pi}{4} = (r+R) I_{1m}$ ==>

r = 8,85 Ω. **(3/4pt)**

Pour $\omega t = \frac{\pi}{2}$ on a : $-8\sin\frac{\pi}{4} = -L\omega I_{1m}$ ==>

L = 24 mH. **(3/4pt)**

C-1) i = dq/dt = $Cdu_{AB}/dt = I_{2m}\cos\omega t$

(1/2 pt)

2) $(U_{AM})_{max}$= 8V ; u_{AM} est en retard de β sur i .

$\beta = \frac{1,5\times 2\pi}{8} = \frac{3\pi}{8}$ rad.=>

$u_{AM} = 8\cos(\omega t - \frac{3\pi}{8})$ **(11/4 pt)**

3) $8\cos(\omega t - \frac{3\pi}{8}) = \frac{I_{2m}}{C\omega}\sin\omega t + RI_{2m}\cos\omega t$.

Pour $\omega t = \frac{\pi}{2}$ on a : $8\sin\frac{3\pi}{8} = \frac{I_{2m}}{C\omega}$

Avec RI_{2m} = 2,5 V on a : I_{2m} = 0,25 A.

===> C = 43 μF. **(11/4 pt).**

5

</td></tr>
</table>

Troisième exercice (6,5 pts)

A) 1) car les deux sources ne sont pas cohérentes **(½)**

2) a. On observe des franges :

- Rectilignes **(¼)**
- Parallèles aux fentes **(¼)**
- Equidistantes **(¼)**
- Alternativement brillantes-obscures **(¼)**

b) Les ondes lumineuses arrivent en phase au point O (ou la différence de marche est nulle en O) **(1/2 pt)**

c) Les abscisses des franges brillantes vérifient la relation : $\delta = \frac{ax}{D} = K\lambda$ (K entier) => l'abscisse de la K^{ième} frange brillante est : $x_K = K\frac{\lambda D}{a}$. **(1/2 pt.)**

L'interfrange i est la distance des centres de deux franges brillantes consécutives d'ordre K et K+1 ==>

$i = (K+1)\frac{\lambda D}{a} - K\frac{\lambda D}{a} = \frac{\lambda D}{a}$ **(3/4 pt.)**

3) $d = 10\,i = 10\frac{\lambda D}{a}$ **(1/2 pt.)**

==> $\lambda = \frac{ad}{10D}$ **(1/4 pt.)**

D'où $\lambda = 0{,}56\ \mu m$. **(1/2 pt.)**

B) 1) $\delta' = \delta - e(n-1) = \frac{ax}{D} - e(n-1)$ **(1/2pt.)**

Franges brillantes ==> $\delta' = k'\lambda$ **(1/4 pt)**

==> $x_{K'} = k'\frac{\lambda D}{a} + \frac{e(n-1)D}{a}$

$i' = x_{(k'+1)} - x_{k'} = \frac{\lambda D}{a}$. L'interfrange reste le même

(¼)

2) a. $\delta' = \delta - e(n-1) = \frac{ax}{D} - e(n-1)$

Pour x = 0, on a : $\delta' = -e(n-1) \neq 0$ **(1/4 pt)**

La frange brillante centrale n'est plus en O **(1/4 pt)**

b. $x_o = 9\,i / 2$ **(1/2 pt.)**

δ' = 0 ⇒ $x_o = \frac{e(n-1)D}{a}$ ==> e = 9 λ = 5,04 μm **(1/2 pt)**

Quatrième exercice (7 pts)

A-1)a) $m_{atome} = \frac{198}{6{,}022.10^{23}} = 32{,}879.10^{-23}$g **(1/4pt)**

b) $m_{noyau} = 197{,}925 \times 1{,}66 \times 10^{-24}$g $= 32{,}855.\ 10^{-23}$g. $m_{atome} \approx m_{noyau}$ **(1/4pt)**

2) $\rho_{atome} = \frac{m_{atome}}{V_{atome}} = \frac{m_{atome}}{\frac{4}{3}\pi r^3} = 19{,}16.10^3$ kg/m³ **(1/2pt)**

$\rho_{noyau} = \frac{m_{noyau}}{V_{noyau}} = \frac{m_{noyau}}{A \times \frac{4}{3}\pi r_0^3} = 2{,}3.10^{17}$ kg/m³. **(1/2pt)**

$\rho_{noyau} = 10^{13}\rho_{atome}$ **(1/4 pt)**

La matière qui constitue l'atome se trouve concentrée au noyau. **(1/4pt)**

B-1. a) 79 protons et 119 neutrons **(1/4 pt)**

b) $79\ m_p + 119$ mn = 199,605 u **(1/4 pt)**

m_{noyau} = 197,925 u < 199,605 u. **(1/4 pt)**

L'énergie se transforme en masse **(1/4 pt)**

2) $E_l = \Delta m \times c^2$ **(1/4 pt)**

$\Delta m = Zm_p + (A-Z)m_n - m_{noyau} = 1{,}68066$ u **(1/4pt)**

E_l = 1565,535 MeV **(1/4 pt)**

E_l/A = 7,9 MeV/nucléon. **(1/4 pt)**

E_l/A < 8 MeV/nucléon **(1/4 pt)**

Le noyau $^{198}_{79}Au$ est instable. **(1/4 pt)**

C- 1) $^{198}_{79}Au \rightarrow {}^{198}_{80}Hg + {}^{0}_{-1}e + \gamma$ **(1/4pt)**

Loi de conservation de A et loi de conservation de Z. **(1/4 pt)**

2) a. Le rayonnement γ est une onde électromagnétique. **(1/4 pt)**

b) Le noyau fils Hg étant à l'état excité, il se désexcite en émettant γ. **(1/4pt)**

3) a. $E_{totale\ avant} = E_{totale\ après}$

$\sum (E_C + E_{masse})_{avant} = \sum (E_C + E_{masse})_{après}$

$(m_{Au}c^2 + 0) = (m_{Hg}c^2 + 0) + (m_{e^-}c^2 + Ec_{e^-}) +$ E(γ)

$[m_{Au} - (m_{Hg} + m_{e^-})]c^2 = Ec_{e^-} + E(\gamma)$

1,351 MeV > 1,236 MeV ==>

La nécessité d'introduire une nouvelle particule. **(1/2 pt)**

b) Antineutrino **(1/4 pt)**

c) E = 1,351 – 1,236 = 0,115 MeV **(1/4 pt)**

4) $E_{masse} = mc^2 = 0{,}00055 \times 931{,}5 = 0{,}512$ MeV.

$Ec = (\gamma - 1)\,m\,c^2$ ==> $0{,}824 = (\gamma - 1)\,0{,}512$ ==>

$\gamma = 2{,}6$

$V = 2{,}7 \times 10^8$ m/s **(1 /2 pt)**

وزارة التربية والتعليم العالي
المديرية العامة للتربية
دائرة الامتحانات

امتحانات شهادة الثانوية العامة
فرع العلوم العامة

دورة سنة ٢٠٠٥ العادية

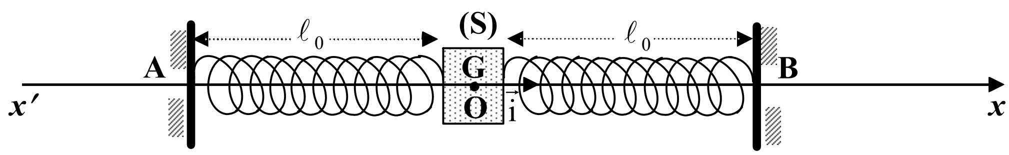
مسابقة في الفيزياء
المدة: ثلاث ساعات

الاسم :
الرقم :

Cette épreuve, formée de quatre exercices obligatoires, est constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4.
L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

Premier exercice : (7 pts) Étude d'un oscillateur mécanique horizontal

Un solide (S), de masse m = 140 g, peut glisser sur un banc horizontal. Le solide est accroché à deux ressorts à spires non jointives, identiques, de masses négligeables et fixés entre deux supports A et B. Chacun de ces ressorts, de constante de raideur k = 0,60 N/m, a une longueur à vide ℓ_0.
On désigne par O la position du centre d'inertie G de (S) lorsque l'oscillateur [(S) + deux ressorts] est à l'équilibre, chaque ressort ayant alors la longueur ℓ_0 (figure).



Écarté de cette position d'équilibre, suivant la direction $x'x$, d'une distance de 4,2 cm, le solide est lâché sans vitesse initiale à l'instant $t_0 = 0$. Au cours des oscillations, à une date t, l'abscisse de G est x et la mesure algébrique de sa vitesse est V, O étant alors l'origine des abscisses.
Le plan horizontal passant par G est le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

I –Étude théorique

Dans cette partie, les frottements sont supposés négligeables.
Le solide (S) effectue, dans ce cas, des oscillations d'amplitude $X_{m0} = 4{,}2$ cm.
1- a) Montrer que l'expression de l'énergie potentielle élastique de l'oscillateur est $E_{Pe} = kx^2$.
 b) Écrire l'expression de l'énergie mécanique E_m du système (oscillateur, Terre) en fonction de m,V , x et k.
2- a) Établir l'équation différentielle qui régit le mouvement de (S).
 b) Déduire l'expression de la période propre T_o de l'oscillateur en fonction de m et k.
 c) Calculer la valeur de T_o. Prendre $\pi = 3{,}14$.

II –Étude expérimentale

En réalité, la valeur de l'amplitude X_m diminue au cours des oscillations, chacune de durée T. Des valeurs de X_m sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Date	0	T	2T	3T	4T	5T
Amplitude X_m(cm)	$X_{m0} = 4{,}20$	$X_{m1} = 2{,}86$	$X_{m2} = 1{,}95$	$X_{m3} = 1{,}33$	$X_{m4} = 0{,}91$	$X_{m5} = 0{,}62$

1) Tracer l'allure de la courbe représentant les variations de l'abscisse x de G en fonction du temps.
 Échelles : en abscisses 1 cm pour $\frac{T}{2}$ et en ordonnées 1 cm pour 1 cm.

2) La mesure de la durée de 5 oscillations donne 10,75 s.
   a) Calculer T.
   b) Comparer T et T_o.
   c) De quel type d'oscillations s'agit-il alors ?
3) La diminution de l'énergie mécanique du système (oscillateur, Terre) est due à l'existence d'une force de frottement de la forme $\vec{f} = -h\vec{V}$ où $\vec{V} = V\ \vec{i}$ et h une constante positive.
   a) D'après le tableau des valeurs, vérifier que:
   $\frac{X_{m1}}{X_{m0}} \approx \frac{X_{m2}}{X_{m1}} \approx \ldots \approx A$ où A est une constante positive.
   b) Sachant que A est donnée par l'expression : $A = e^{\frac{-hT}{2m}}$, calculer h.

4) Afin de compenser les pertes en énergie mécanique, un dispositif (D) permet de communiquer de l'énergie à l'oscillateur à des intervalles de temps réguliers.
   a) Déterminer la puissance moyenne fournie par le dispositif (D) entre les dates t = 0 et t = 5 T.
   b) De quel type d'oscillations s'agit-il alors ?

<u>Deuxième exercice</u> : (7 ½ pts) Flash d'un appareil photographique

Cet exercice met en évidence le rôle d'un condensateur dans la production d'un éclair par la lampe du flash d'un appareil photographique.

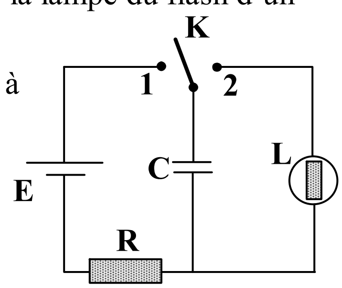


Figure 1

Le circuit simplifié du flash d'un appareil photographique comporte un dispositif assimilé à une source de tension continue E = 300 V, un condensateur de capacité C = 200 µF, un conducteur ohmique de résistance R = 10 kΩ, une lampe (L) assimilée à un conducteur ohmique de résistance r = 1 Ω et un commutateur K (figure 1).

I - Charge du condensateur

Le condensateur est initialement neutre. Le commutateur est mis en position 1 à la date $t_o = 0$. Le condensateur se charge (figure 2).

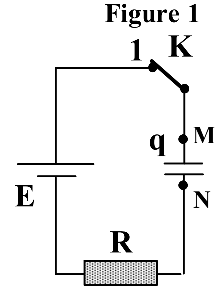


Figure 2

1- a) Établir l'équation différentielle qui régit l'évolution, en fonction du temps, de la tension $u_c = u_{MN}$ durant la charge du condensateur.
   b) La solution de cette équation, à la date t, s'écrit sous la forme :
   $u_c = A + B\ e^{\frac{-t}{\tau}}$ où A, B et τ sont des constantes. Déterminer ces constantes en fonction de E, R et C.
2- Calculer l'énergie W du condensateur à la fin de la charge.

II- Décharge du condensateur

Le condensateur étant complètement chargé, on bascule le commutateur en position 2. Le condensateur commence alors par se décharger à travers la lampe (L). On prend la date de fermeture du circuit comme origine des temps. À une date t, la tension aux bornes du condensateur est $u_c = u_{MN} = E\ e^{\frac{-t}{rC}}$ et le circuit est parcouru par un courant d'intensité i (figure 3).

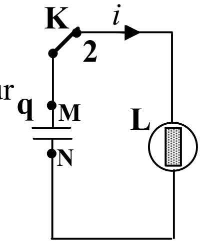


Figure 3

1. Justifier le sens du courant indiqué sur la figure (3).
2. Sachant que $i = -\frac{dq}{dt}$,
   a) déterminer l'expression de l'intensité i en fonction du temps,
   b) calculer la valeur maximale de i,
   c) déterminer la durée t_1 au bout de laquelle l'intensité i atteint 70 % de sa valeur maximale,

d) calculer, à l'instant t_1, la tension u_C aux bornes du condensateur.

3. a) En admettant que l'énergie fournie par le condensateur au bout de la durée t_1 est totalement convertie en lumière dans la lampe, déterminer la puissance moyenne reçue par la lampe au bout de t_1.

b) La lampe émet un éclair tant que la puissance moyenne qu'elle reçoit est plus grande ou égale à $6{,}4 \times 10^4$ W. Sachant que la durée de l'éclair est t_1, vérifier la production d'un éclair entre les instants 0 et t_1.

<u>Troisième exercice :</u> (7 pts) Effet photoélectrique

Les expériences sur l'effet photoélectrique réalisées par Millikan vers 1915 consistaient à déterminer les énergies cinétiques E_C des électrons émis par des cylindres métalliques en potassium (K) et en césium (Cs) lorsque ces cylindres sont éclairés par des radiations monochromatiques de fréquence ν réglable.
Le but de l'exercice est de déterminer, en se servant des expériences similaires, la constante de Planck h, ainsi que la fréquence seuil ν_S du potassium et l'énergie d'extraction W_S du potassium et celle du césium.

I - 1) Quel aspect de la lumière, le phénomène de l'effet photoélectrique met-il en évidence ?
2) Une radiation monochromatique est constituée de photons. Citer deux caractéristiques d'un photon.
3) Pour un métal pur donné, des photons incidents provoquent l'émission photoélectrique. Donner la condition relative à cette émission.

II- Dans une première expérience concernant le potassium, un dispositif approprié, servant à mesurer l'énergie cinétique E_C des électrons correspondant à la fréquence ν de la radiation incidente, nous fournit les résultats inscrits dans le tableau suivant :

ν (Hz)	E_C (eV)
6×10^{14}	0,25
7×10^{14}	0,65
8×10^{14}	1,05
9×10^{14}	1,45
10×10^{14}	1,85

Prendre 1eV = $1{,}60 \times 10^{-19}$J.

1- En se basant sur la relation d'Einstein relative à l'effet photoélectrique, montrer que l'énergie cinétique de l'électron extrait peut se mettre sous la forme $E_c = a\,\nu + b$.

2- a) Représenter graphiquement, sur la feuille de papier millimétré, les variations de l'énergie cinétique E_C en fonction de ν en portant la fréquence en abscisses à l'échelle 1 cm pour 10^{14}Hz et l'énergie cinétique en ordonnées à l'échelle 1 cm pour 0,5 eV.

b) En utilisant ce graphe, déterminer :

i. la valeur de la constante du Planck h dans le SI.
ii. la fréquence seuil ν_S du potassium.

3- Déduire la valeur de l'énergie d'extraction W_S du potassium.

III- Dans une deuxième expérience concernant le césium, on trouve les valeurs suivantes:
$E_C = 1$ eV pour $\nu = 7 \times 10^{14}$Hz.

1) Tracer, en le justifiant, sur le système d'axes précédent, le graphe donnant les variations de E_C en fonction de ν .
2) Déduire de ce graphe l'énergie d'extraction W'_S du césium.

Quatrième exercice : (6 pts) Combustible et centrale électrique

Le but de cet exercice est de comparer les masses des différents combustibles utilisés dans les centrales électriques produisant la même puissance électrique.
La centrale, de puissance électrique $P = 3 \times 10^9$ W, a un rendement supposé égal à 30 % quelle que soit la nature du combustible utilisé.

A . Énergie fournie par le combustible

Calculer, en J, l'énergie fournie par le combustible en 1 jour.

B. I. Centrale thermique

La centrale utilise le pétrole. La combustion de 1 kg de pétrole libère une énergie de $4{,}5 \times 10^7$ J. Calculer, en kg, la masse m_1 de pétrole nécessaire pour le fonctionnement de la centrale pendant 1 jour.

II. Centrale à fission nucléaire

La centrale utilise de l'uranium enrichi en ^{235}U. L'une des réactions de fission est :

$$ {}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{54}Xe + 2\,{}^{1}_{0}n $$

1) Pour réaliser une réaction de fission, le neutron doit satisfaire une certaine condition. Laquelle ?
2) La réaction de fission d'un noyau d'uranium 235 libère 189 MeV.
   a) Sous quelle forme cette énergie apparaît-elle?
   b) Calculer, en kg, la masse m_2 d'uranium 235 nécessaire pour faire fonctionner la centrale pendant 1 jour.

III. Centrale à fusion nucléaire ?

La réaction de fusion thermonucléaire est, jusqu'à présent, non contrôlée. Si on arrive à la contrôler, on peut réaliser, dans une centrale, des réactions similaires à celles produites dans le Soleil.
La réaction- bilan de fusion de l'hydrogène dans le Soleil s'écrit :

$$ 4\,{}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + 2\,{}^{A}_{Z}\mathrm{X} $$

1) Identifier la particule ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ en précisant les lois utilisées.
2) Quelle condition doit être remplie pour que la fusion puisse se réaliser ?
3) Déterminer, en J, l'énergie libérée lors de la formation du noyau d'hélium.
4) Calculer, en kg, la masse m_3 d'hydrogène nécessaire pour faire fonctionner la centrale pendant 1 jour.

C. En justifiant la réponse, proposer à un pays le mode de production d'énergie électrique le plus convenable.

Données numériques :
$1\ u = 931{,}5\ MeV/c^2 = 1{,}66.10^{-27}$ kg ; $1\ MeV = 1{,}6.10^{-13}$ J ;
Masses des noyaux et particules : ${}^{1}_{1}$H : 1,00728 u ; ${}^{4}_{2}$He : 4,00150 u ;
${}^{A}_{Z}$X : 0,00055 u ; ^{235}U : 235,04392 u.

Solution

Premier exercice

I-1-a) Epe= $1/2kx^2 + 1/2kx^2 = kx^2$ **(1/2pt)**

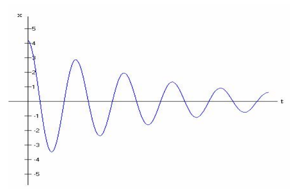
b) $E_m = E_C + Epe = ½\, mV^2 + kx^2$ **(1/2pt)**

2- a) E_m= cte => $\frac{dE_m}{dt} = 0 = mV\ \ddot{x} + 2kxV$ => $\ddot{x} + \frac{2k}{m}x = 0$ **(1/2pt)**

b) L'équation différentielle est de la forme $\ddot{x} + \omega_o^{\,2}x = 0$ où $\omega_o = \sqrt{\frac{2k}{m}}$ est la pulsation propre du mouvement. La période propre est $T_o = \frac{2\pi}{\omega_o} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$. **(1pt)**

c) $T_o = 2\pi\sqrt{\frac{0,14}{2\times 0,6}} =$ 2,145 s. **(1/2pt)**

II- 1) Allure de la courbe **(1/2pt)**



2) a) $T = \frac{10,75}{5} =$ 2,150 s **(1/2pt)**

b) T= 2,150 s et T_o= 2,145s => $T > T_o$ **(1/4pt**

c) Oscillations libres amorties **(1/4pt)**

3) a) $A = \frac{2,86}{4,2} =$ 0,68 **(1/2pt)**

b) $\ln A = -\frac{h}{2m}T$. **(1/2pt)** D'où : h = 0,05 Kg/s **(1/2pt)**

4- a) $E_m = ½\, mV^2 + kx^2$. A chaque extremum, $V = 0$, donc $E_m = k(X_m)^2$

A t = 0 , $E_{m0} = k(X_{m0})^2 = 1,0584.10^{-3}$J.

A t = 5T , $E_{m5} = k(X_{m5})^2 = 0,0231.10^{-3}$J.

La diminution en énergie mécanique du système est $|\Delta E_m| =$ $1,0584.10^{-3} - 0,0231.10^{-3} = 1,0353.10^{-3}$ J.

D'où : $P_m = \frac{|\Delta E_m|}{5T} = \frac{1,0353\times 10^{-3}}{5\times 2,15} = 0,096.10^{-3}$W. **(1 1/4 pt)**

b) L'oscillateur effectue des oscillations entretenues. **(1/4 pt)**

Deuxième exercice

I- 1- a) $E = Ri + u_C$, avec $i = dq/dt = Cdu_C/dt$; on a : $E = R\,Cdu_C/dt + u_C$. **(1 pt)**

b- $u_C = A + B\, e^{-\frac{t}{\tau}}$; $du_C/dt = -\frac{B}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$ => $E = -RC\frac{B}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} + A + B e^{-\frac{t}{\tau}}$ =>

$B e^{-\frac{t}{\tau}} (1-\frac{RC}{\tau}) + (A- E) = 0 \quad \forall t$ => $(1-\frac{RC}{\tau}) = 0$ => $\boldsymbol{\tau = RC}$ et $A - E = 0$ => .

A= E . D'autre part à $t = 0$, $u_C = 0$ => $A + B = 0$ => **B = - E** **(11/2pt)**

2- $W = ½\, C\, (u_C)^2 = ½\, CE^2$ => $W = 9$ J **(1/2pt)**

II- 1) $u_{MN} > 0$ => le courant passe dans le sens du potentiel décroissant.**(1/2 pt)**

2) a) $i = -\frac{dq}{dt} = -C\frac{du_C}{dt} = C\frac{E}{rC} e^{\frac{-t}{rC}} = \frac{E}{r} e^{\frac{-t}{rC}}$ **(1/2pt)**

b) $I_{max} = \frac{E}{r} = 300$ A. **(1/2pt)**

c) Au bout d'une durée t_1, on a : $i = 0{,}7\, I_{max} = 0{,}7 \frac{E}{r}$ => $\frac{E}{r} e^{-\frac{t_1}{rC}} = 0{,}7 \frac{E}{r}$

=> $e^{-\frac{t_1}{rC}} = 0{,}7$ ou $\frac{t_1}{rC} = 0{,}356$ => $t_1 = 7.10^{-5}$s **(1pt)**

d) si $t = t_1 = 7.10^{-5}$s , la tension aux bornes du condensateur est :

$u_C = E\, e^{-\frac{t_1}{rC}} = 300\times e^{-0,35} = 211{,}41$ V . **(1 pt)**

3-a) L'énergie du condensateur à l'instant t_1 est donc : $W_1 = ½\, C\, (u_C)^2 =$
$10^{-4}(211{,}41)^2 = 4{,}5$ J.
$\Delta W = W - W_1 = 4{,}5$ J **(1/2pt)**
$P_m = \frac{\Delta W}{t_1} = 6{,}4.10^4$ W.

b)) La lampe reçoit une puissance égale à sa puissance de fonctionnement normal , elle produit alors un éclair. **(1/2pt)**

Troisième exercice

1-1) L'aspect corpusculaire. **(1/2pt)**

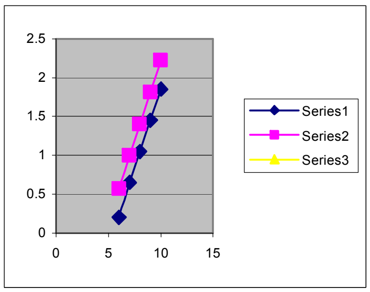
2) masse nulle ; vitesse dans le vide = c ; charge nulle ; énergie = h ν .**(1/2pt)**

3) Lorsqu'un photon, d'énergie h ν , frappe un métal d'énergie d'extraction W_S, il y a émission photoélectrique si h ν est plus grande ou égale à W_S ($\lambda < \lambda_S$ ou $\nu > \nu_S$) **(1/2pt)**

II-1-La relation d'Einstein donne : $h\nu = W_S + E_c$

On peut écrire : $E_c = h\nu - W = a\nu + b$ où $a = h$ et $b = -W_S$ **(1/2pt)**

2- a) Représentation **(1pt)**



b) i- $E_c = f(\nu)$ est une droite ne passant pas par l'origine et de coefficient directeur h.

$$h = \frac{E_{C2} - E_{c1}}{\nu_2 - \nu_1} = \frac{(1,85 - 0,25) \times 1,6.10^{-19}}{10.10^{14} - 6.10^{14}} = 6,4.10^{-34} \text{ J.s}$$ **(11/2pt)**

ii- Si l'électron est extrait avec une vitesse nulle (E_C=0), le métal est éclairé alors par une radiation de fréquence seuil

$\nu_S = \frac{W_S}{h}$. La fréquence seuil est l'intersection de la droite obtenue avec l'axe des fréquences. Graphiquement on

trouve $\nu_S = 5,5.10^{14}$Hz. **(1pt)**

3) On a : $\nu_S = \frac{W_S}{h}$ => $W_S = h\,\nu_S = 6,4.10^{-34} \times 5,5.10^{14} = 3,52.10^{-19}$J = 2,2 eV **(1/2).**

III- 1) pour tracer le graphe du césium, il suffit de placer d'abord le point (7.10^{14}Hz ; 1eV) dans le repère, puis de tracer la parallèle à la droite précédente. **(1/2pt)**

2) Pour déterminer l'énergie d'extraction du césium, il faut prolonger la droite jusqu'à son intersection avec l'axe des E_C ; on trouve W'_S = 1,9 eV. **(1/2pt)**

Quatrième exercice

A- L'énergie consommée par la centrale pendant 1 s est : $\frac{100 \times 3.10^9}{30} = 10^{10}$ W

L'énergie consommée par la centrale pendant 1 jour est :
$E = 10^{10} \times 24 \times 3600 = 864.10^{12}$J. **(1/2pt)**

B - I - La masse de pétrole nécessaire au fonctionnement pendant 1 jour est :

$m_1 = \frac{864.10^{12}}{45.10^6} = 19{,}2.10^6$ kg. **(1/2pt)**

II. 1) L'énergie du neutron est de l'ordre de 0,1 eV (ou neutron thermique ou neutron lent) **(1/4pt)**
.

2) a) L'énergie libérée apparaît sous forme d'énergie cinétique des noyaux et des neutrons. **(1/4pt)**

b) Pour libérer une énergie nucléaire de 189 MeV, on a besoin d'une masse d'uranium égale à 235,04392 u. Pour libérer l'énergie E, on a besoin d'une masse d'uranium $m_2 = \frac{235{,}04392 \times 1{,}66.10^{-27} \times 864.10^{12}}{189 \times 1{,}6.10^{-13}} = 11$ kg.**(1pt)**

III-1) Les lois de conservation de Z et de A donnent : Z = 0 et A =1 .
La particule est le positon (ou positron). **(3/4pt)**

2) Les noyaux ont une grande énergie cinétique (ou de l'ordre de 0,1 MeV ou température du milieu de l'ordre de 10^8K). **(1/4pt)**

3) L'énergie libérée est donnée par $E_3 = \Delta m.c^2$

$\Delta m = 4 \times 1{,}00728 - 4{,}0015 - 2 \times 0{,}00055 = 0{,}02652$ u

$\Delta m = 0{,}02652 \times 931{,}5$ MeV/c^2 = 24,70338 MeV/c^2.

D'où : $E_3 = 24{,}7$ MeV $= 39{,}52.10^{-13}$J. **(1pt)**

4) Pour libérer une énergie nucléaire de $39{,}52.10^{-13}$J , on a besoin d'une masse d'hydrogène égale à $4 \times 1{,}00728$ u. Pour libérer l'énergie E, on a besoin d'une masse d'hydrogène

$m_3 = \frac{4 \times 1{,}00728 \times 1{,}66.10^{-27} \times 864.10^{12}}{39{,}52.10^{-13}} = 1{,}5$ kg.**(1pt)**

C- $m_3 < m_2 < m_1$: Pour la même production d'énergie, on a une consommation en hydrogène 7 fois plus faible qu'en uranium et 13.10^6 fois plus faible qu'en pétrole.

La fusion ne produit pas des noyaux radioactifs

_ L'hydrogène est plus abondant dans la nature que l'uranium

_ La fusion est plus énergétique que la fission

_ La fusion ne produit pas des gaz toxiques **(1/2pt)**

مسابقة في مادة الفيزياء
المدة: ثلاث ساعات

الاسم:
الرقم:

Cette épreuve est constituée de quatre exercices obligatoires répartis sur quatre pages numérotées de 1 à 4.
<u>L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.</u>

<u>Premier exercice (7 pts)</u> Moment d'inertie d'un disque

On dispose d'un disque (D) homogène de masse m = 400 g et de rayon R =10 cm.
Le but de cet exercice est de déterminer, par deux méthodes, le moment d'inertie I_0 de (D) par rapport à un axe (Δ_0) perpendiculaire à son plan et passant par son centre d'inertie G.
Tous les frottements sont négligés .**Prendre**: $0,32\pi = 1$; $g = 10\ m/s^2$; $\sin\theta = \theta_{(rd)}$ pour θ faible.

A- Première méthode

Le disque (D) peut tourner librement autour d'un axe (Δ_0) horizontal, perpendiculaire à son plan et passant par son centre G (fig.1). Ce disque part du repos, à la date $t_0 = 0$, sous l'action d'une force $\vec{F}$ de moment constant par rapport à (Δ_0) et de valeur $\mathcal{M} = 0,2$ m.N. À la date $t_1 = 5$ s, (D) tourne alors à la vitesse de rotation $N_1 = 80$ tours/s.

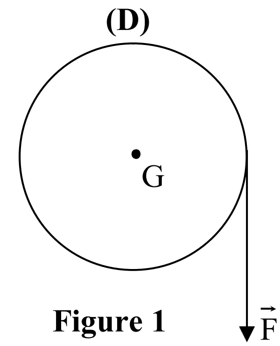


Figure 1

1) a- Nommer les forces extérieures appliquées à (D) et schématiser les.
   b- Montrer que le moment résultant de ces forces, par rapport à (Δ_0), est égal au moment $\mathcal{M}$ de la force $\vec{F}$.
   c- Préciser, en utilisant le théorème du moment cinétique, la nature du mouvement de (D).
2) a- Trouver l'expression du moment cinétique σ du disque, par rapport à (Δ_0) , en fonction de t.
   b- Déterminer la valeur de I_0 .

B – Deuxième méthode

Le disque (D) peut osciller librement autour d'un axe (Δ) horizontal, perpendiculaire à son plan et passant par un point O de sa périphérie. On désigne par I le moment d'inertie de (D) par rapport à (Δ).On écarte (D), à partir de sa position d'équilibre, d'un angle θ_0 faible et on le lâche, sans vitesse, à la date $t_0 = 0$.
On repère la position de (D), à la date t, par l'angle θ que fait la verticale OZ avec OG , $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$ représentant la vitesse angulaire de (D) à la date t (fig.2).
Le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur est le plan horizontal passant par le point O.

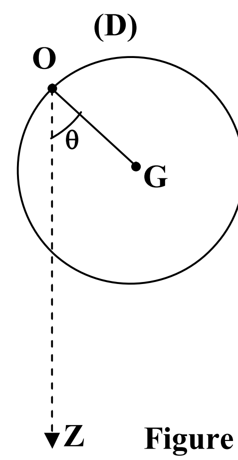


Figure 2

1) Déterminer, à la date t, l'énergie mécanique du système [(D), Terre], en fonction de I , m , g , R , θ et θ′.
2) Établir l'équation différentielle du second ordre qui régit le mouvement oscillatoire de (D).
3) Déduire l'expression de la période T des oscillations de (D) en fonction de I , m , g et R .
4) La mesure de la durée de 10 oscillations du pendule pesant ainsi constitué donne 7,7s. Déterminer la valeur de I .
5) Sachant que I_0 et I sont liés par la relation $I = I_0 + mR^2$, retrouver la valeur de I_0.

Deuxième exercice (7 pts) Identification d'un dipôle

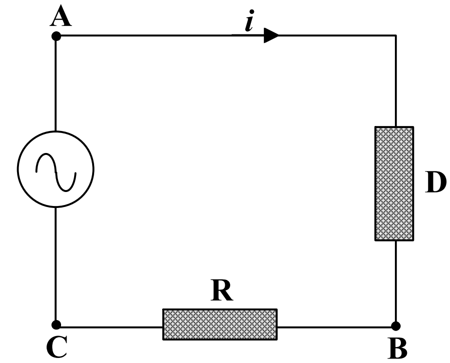


Figure 1

On voudrait exploiter un oscillogramme et identifier un dipôle (D) de grandeur caractéristique X. (D) peut être :

- un conducteur ohmique de résistance $X = R_1$
- ou un condensateur de capacité $X = C$
- ou une bobine d'inductance $X = L$ et de résistance négligeable.

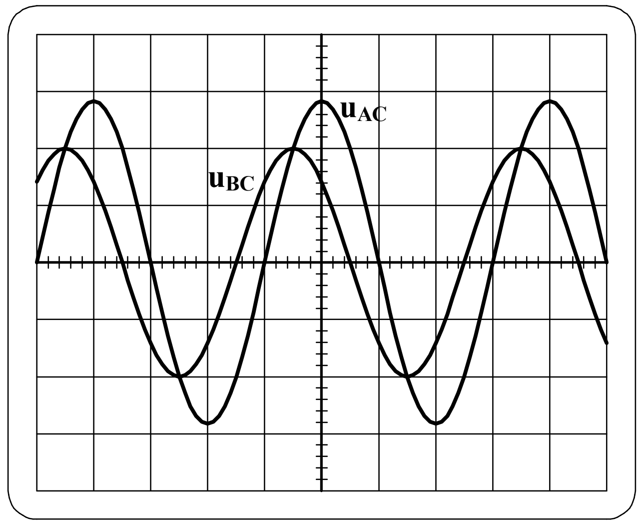
Dans ce but, on branche (D) en série avec un conducteur ohmique de résistance $R = 40\,\Omega$ et un générateur délivrant entre ses bornes une tension alternative sinusoïdale :

$$u_g = u_{AC} = 4\sqrt{2}\cos(100\,\pi t), \text{ (u en V et t en s) (fig.1).}$$

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

Un oscilloscope, convenablement branché, donne l'oscillogramme représentant l'évolution, en fonction du temps, de la tension $u_{AC} = u_g$ sur la voie 1 et celle de la tension $u_{BC} = u_R$ aux bornes du conducteur ohmique sur la voie 2 (fig.2).

La sensibilité verticale sur la voie 2 est 2V/div.

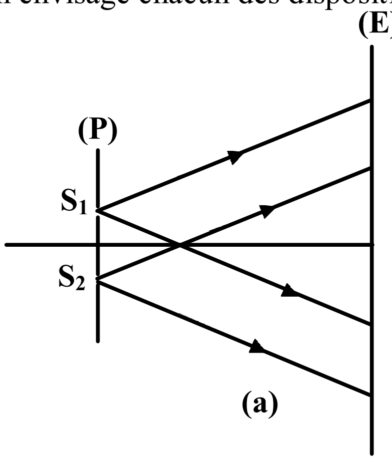


1) Reproduire la figure 1 en montrant les branchements de l'oscilloscope.
2) a- Calculer la valeur de la période T de la tension u_g.
   b- Déterminer la sensibilité horizontale adoptée sur l'oscilloscope.
3) a- L'oscillogramme de u_{BC} représente "l'image" de l'intensité i. Pourquoi?
   b- Préciser, en justifiant la réponse, la nature du dipôle (D).
4) a- Déterminer le déphasage entre u_{AC} et u_{BC}.
   b- Déterminer la valeur maximale I_m de l'intensité i.
   c- Écrire l'expression de i en fonction du temps.
5) Montrer que u_{AB} peut s'écrire sous la forme : $u_{AB} = \dfrac{0{,}1}{100\pi X}\sin(100\pi\, t + \dfrac{\pi}{4})$
6) En appliquant la loi d'additivité des tensions, déterminer la valeur de X en donnant à t une valeur particulière.

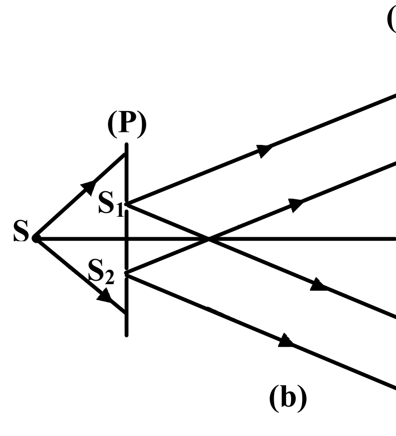
Troisième exercice (6 ½ pts) Interférences lumineuses

A- Conditions d'obtention d'un phénomène d'interférences

On dispose de deux fentes de Young et de deux lampes identiques.
On envisage chacun des dispositifs (a) et (b) représentés ci-dessous.



(a)



(b)

Dans le dispositif (a), chacune des fentes sources, S_1 et S_2 , est éclairée par une lampe; les deux lampes émettent une même radiation.
Dans le dispositif (b), S_1 et S_2 sont éclairées par une lampe placée en S et munie d'une fente très fine parallèle à S_1 et S_2 ; la lampe émet la même radiation précédente.

1- Les radiations émises par les sources lumineuses S_1 et S_2 dans les dispositifs (a) et (b) jouissent d'une propriété commune. Laquelle?

2- Une propriété différencie les radiations issues de S_1 et S_2 dans le dispositif (a) de celles issues de S_1 et S_2 dans le dispositif (b). Préciser cette propriété.

3- Le dispositif (b) permet d'observer un phénomène d'interférences. Pourquoi ?

B- Interférences et mesure

On désire réaliser une série d'expériences d'interférences avec un dispositif des fentes de Young. Les fentes, situées dans un plan (P), sont distantes de a et la figure d'interférences est observée sur un écran (E) situé à une distance D de (P).

I- Interférences dans l'air

On dispose de plusieurs filtres, chacun pouvant sélectionner une radiation monochromatique. Pour chaque radiation de longueur d'onde dans l'air λ , on mesure la distance x = 5i sur laquelle s'étalent cinq interfranges. Les résultats obtenus sont relevés dans le tableau ci-dessous.

λ(*en nm*)	470	496	520	580	610
x = 5i (en mm)	11,75	12,40	13,00	14,50	15,25
i (en mm)					

1) a- Compléter le tableau ci-dessus.

b) i- Montrer que l'expression de i en fonction de λ est de la forme $i = \alpha \lambda$ où α est une constante positive.

ii- Calculer α.

iii- En déduire la valeur du rapport $\frac{D}{a}$.

2) On éloigne (E) de 50 cm de (P). On remarque alors que, pour la radiation de longueur d'onde dans l'air λ = 496 nm , cinq interfranges s'étalent sur une distance de 18,6 mm. Déterminer la valeur de D.

3) Déduire la valeur de a.

II – Interférences dans l'eau

La radiation utilisée maintenant a pour longueur d'onde dans l'air λ = 520 nm. Le dispositif précédent est complètement immergé dans l'eau d'indice de réfraction n. La distance entre les plans (E) et (P) est D et la distance des fentes est a.

1- La valeur de la longueur d'onde λ d'une radiation lumineuse change quand on passe d'un milieu transparent à un autre. Pourquoi ?

2-Les franges d'interférences paraissent plus serrées dans l'eau que dans l'air. Pourquoi?

3- Dans l'eau, cinq interfranges s'étalent sur une distance de 9,75 mm. Déterminer la valeur de n.

Quatrième exercice (7 pts) Le Technétium 99

A - Un peu d'histoire…

En 1937, Pierrier et Sègre obtiennent, pour la première fois, un isotope de technétium $^{99}_{43}Tc$ en bombardant des noyaux de molybdène $^{98}_{42}Mo$ par un isotope de l'hydrogène $^{A}_{Z}H$ selon la réaction suivante :

$$^{98}_{42}Mo + ^{A}_{Z}H \longrightarrow ^{99}_{43}Tc + ^{1}_{0}n$$

Déterminer Z et A en précisant les lois utilisées.

B- Production actuelle et caractéristique du technétium 99

L'isotope $^{99}_{43}Tc$ est actuellement obtenu dans des générateurs molybdène/technétium, à partir de l'isotope $^{99}_{42}Mo$ du molybdène. Ce molybdène est radioactif β^- .

1) Écrire l'équation correspondant à la désintégration de $^{99}_{42}Mo$.
2) Déterminer, en MeV, l'énergie libérée par cette désintégration.
3) Les noyaux de technétium sont obtenus, en majorité, dans un état excité [$^{99}_{43}Tc^*$]
   - a- i) Compléter l'équation de désexcitation suivante: $^{99}_{43}Tc^* \longrightarrow ^{99}_{43}Tc +$ …….
     - ii) Préciser la nature du rayonnement émis.
   - b- L'énergie libérée par cette désexcitation, de valeur 0,14 MeV, est entièrement emportée par le rayonnement émis, les noyaux [$^{99}_{43}Tc^*$] et $^{99}_{43}Tc$ étant supposés au repos.
     - i) Déterminer, en u, la masse du noyau de $^{99}_{43}Tc^*$.
     - ii) Calculer la longueur d'onde du rayonnement émis.

C- Utilisation du technétium 99 en médecine

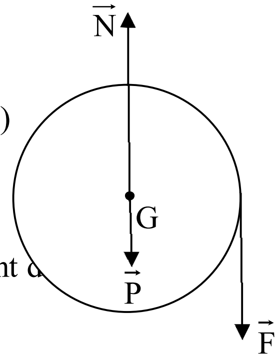
L'isotope $^{99}_{43}Tc$ est actuellement très utilisé en imagerie médicale. Le générateur molybdène/technétium est connu, en médecine, sous le nom de " vache à technétium ". Aussi, la préparation journalière dans un service médical du technétium 99, de demi-vie T_1 = 6 heures, à partir de son " père " le molybdène de demi-vie T_2 = 67 heures, permet un approvisionnement hebdomadaire.

1) Pourquoi est-il préférable, dans un service médical utilisant le technétium 99, de disposer d'une réserve de molybdène 99 et non pas d'une réserve de technétium 99 ?
2) Déterminer le nombre des noyaux de technétium 99 obtenus à partir de 1g de molybdène 99 au bout de 24 heures. En déduire la masse de ces noyaux de technétium.

Données: Masses des noyaux et particule: $^{99}_{42}Mo$ = 98,88437 u; $^{99}_{43}Tc$ = 98,88235 u; $^{0}_{-1}e = 55\times10^{-5}\,u$.
1u = 931,5 MeV/c^2 = 1,66 $\times10^{-27}$ kg ;
constante de Planck: h = 6,63 $\times10^{-34}$ J.s ;
1eV = 1,6 10^{-19} J ;
c = 3 $\times10^8$ m/s .

<u>Premier exercice. (7pts)</u>

A- 1) a – le poids $\vec{P}$, la réaction de l'axe ½ t la force $\vec{F}$



b- $\mathcal{M}(\vec{P}) = \mathcal{M}(\vec{N}) = 0$ (ligne d'action rencontre l'axe)

$\mathcal{M}(\vec{F}) = M \Rightarrow \Sigma$ ½ M

c- $\frac{d\sigma}{dt} = I_0\ddot{\theta} = M \Rightarrow \ddot{\theta} = \frac{M}{I_0} = cte$ et $\dot{\theta}_0 = 0 \Rightarrow$ Mouvement c

uniformément a ¾ éré.

2) a- $\frac{d\sigma}{dt} = M \Rightarrow \sigma = Mt + \sigma_0 \qquad \sigma_0 = I_0\theta_0' = 0 \Rightarrow$ ¾ Mt

b- $I_0\theta' = Mt \Rightarrow I_0 = \frac{Mt}{\theta'} = \frac{0,2\times 5}{2\times\pi\times 80} = 2\times 10^{-3}\,Kg$ ½

B- 1) $E_m = \frac{1}{2}I\theta'^2 -$ m **1** $\cos\theta$

2) $\frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow I\,\theta'\theta'' + mg\,R\theta'\sin\theta = 0$ or $\sin\theta = \theta$ **1** $\theta'' + mg\frac{R}{I}\theta = 0$

3) $\omega^2 = \frac{mgR}{I} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgR}}$ ½

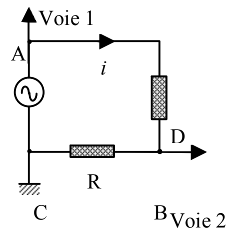
4) $T = \frac{7,7}{10} = 0,77$ s d'où :

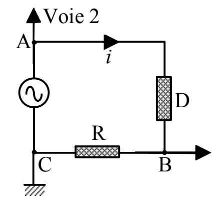
$I = \frac{T^2 mgR}{4\pi^2} = \frac{(0,77)^2\times 0,4\times 10\times 0,1\times(0,32)^2}{4} = 6,07\times 10\ ^{3}kgm^2$ **1**

5) La relation $I = I_0 + mR^2$ donne $I_0 = 6\ \times 10^{-3} - 0,$ ½ $)^2 = 2\times 10^{-3}$ kgm^2.

Deuxième exercice (7 pts)

1) Branchements ½





½

2) a- $\omega = 100\pi = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = 2\times10^{-2}s = 20ms$

b- T correspond à 4 div ; d'où 4 div $\Rightarrow 2\times10^{-2}s \Rightarrow$
1 div correspond à 5 ms => S_h = 5 ms/div ¾

3) **a-** $i = \frac{u_{BC}}{R}$. Donc i est l'image de u_{BC} ½

b- (D) est un condensateur car le courant i est en avance de phase sur la tension u_{AC} ½

4) a- $|\varphi| = \frac{2\pi\times0,5}{4} = \frac{\pi}{4}$rad ; u_{BC} est en avance de phase de $\frac{\pi}{4}$rad sur u_{AC} ¾

b- U_{mR} = 2 div × 2 V/div = 4 V $\Rightarrow I_m = \frac{U_{mR}}{R} = \frac{4}{40} = 0,1A$ ¾

c- $i = 0,1\cos(100\pi t + \frac{\pi}{4})$ ½

5) $i = C\frac{du_{AB}}{dt} \Rightarrow u_{AB} = \frac{1}{C}\int idt = \frac{0,1}{100\pi C}\sin(100\pi t + \frac{\pi}{4})$ 1

6) $u_{AC} = u_{AB} + u_{BC} \Rightarrow$

$4\sqrt{2}\ \cos(100\pi t) = \frac{0,1}{100\pi C}\sin(100\pi t + \frac{\pi}{4}) + 4\cos(100\pi t+\pi/4)$ ¼

Pour t = 0 : $4\sqrt{2} = \frac{0,1}{100\pi C}\frac{\sqrt{2}}{2} + 4\frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow C = 80\mu F$ 1

Troisième Exercice (6 ½ pts)

A- 1) Les deux sources sont synchrones ¼

2) La cohérence ¼

3) Car les fentes sources sont synchrones et cohérentes (ou cohérentes) ¼

B-I-1-a) **B-I – 1- a)** Tableau ¾

λ (ennm)	470	496	520	580	610
(en mm)	11,75	12,40	13,00	14,50	15,25
i (en mm)	2,35	2,48	2,60	2,90	3,05

5 i

b) i- $\frac{i}{\lambda} = \frac{2{,}35 \times 10^6}{470} = \frac{3{,}05 \times 10^6}{610} =$ …………..= 5000 = cte positive ½

ii- $\frac{i}{\lambda}\ \alpha = 5000$ ¼

iii- $i = \frac{\lambda D}{a} \Rightarrow \frac{i}{\lambda} = \alpha = 5000$ ¾

2) La relation $i = \frac{\lambda D}{a}$ permet d'écrire : $\frac{i_1}{i_2} = \frac{D_1}{D_2}$. Ainsi $\frac{2{,}48}{3{,}72} = \frac{D}{D + 0{,}5} \Rightarrow D = 1$ m 1

3) $b = 5000 = \frac{D}{a} = \frac{1}{a}$ => a = 0,2 mm ½

II- 1) $\lambda_{air} = \frac{c}{f}$ **;** $\lambda_{eau} = \frac{V}{f}$ => $\frac{\lambda_{eau}}{\lambda_{air}} = \frac{V}{c} = \frac{1}{n} \Rightarrow \lambda_{eau} < \lambda_{air}$. ½

2) i est proportionnelle à λ ; en passant de l'air dans l'eau, la longueur d'onde diminue, ce qui entraîne une diminution de l'interfrange i et le système de frange parait plus serré ½

3) $i_{eau} = 1{,}95$ mm ; $\frac{i_{eau}}{i_{air}} = \frac{\lambda_{eau}}{\lambda_{air}} = \frac{1}{n}$; ainsi $\frac{1{,}95}{2{,}6} = \frac{1}{n}$, 1

d'où : n = 1,33

<u>Quatrième exercice (7 pts)</u>

A- Conservation du nombre de masse: $98 + A = 99 + 1 \Rightarrow A = 2$ ½
Conservation du nombre de charge: $42 + Z = 43 \Rightarrow Z = 1$. ½

B- 1) $^{98}_{42}Mo \longrightarrow\ ^{99}_{43}Tc +\ ^{0}_{1}e +\ ^{0}_{0}\overline{\upsilon}$

2) $\Delta m = m_{avant} - m_{après} = 98,88437 - 98,88235 - 55 \times 10^{-5} = 1,47 \times 10^{-3}$ u ½

$E = \Delta m\, c^2 = 1,47 \times 10^{-3} \times 931.5 MeV/c^2 \times c^2 = 1,37$ MeV ¾

3) a- i) $^{99}_{43}Tc^{*} \longrightarrow\ ^{99}_{43}Tc + \gamma$ ½

ii) Onde électromagnétique ¼

b- i) La conservation de l'énergie totale donne :

$$m(^{99}_{43}Tc^{*})c^2 + E^{*}c = m(^{99}_{43}Tc)\, c^2 + Ec + E(\gamma) \Rightarrow m(^{99}_{43}Tc^{*})c^2 = m(^{99}_{43}Tc)\, c^2 + E(\gamma)$$

$$\Rightarrow m(^{99}_{43}Tc^{*}) = m(^{99}_{43}Tc) + \frac{E(\gamma)}{c^2} = 98,88235 \text{ u} + \frac{0,14 MeV / c^2}{931,5} \text{u} = 98,88250 \text{ u}$$ 1½

ii) $E_1 = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_1} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{0,14 \times 1,60 \times 10^{-13}} = 8,88 \times 10^{-12}\, m$ ½

C- 1) Le molybdène 99 a une demi-vie 10 fois plus grande que celle du technétium99, il constitue alors une réserve plus durable ½

2) Le nombre des noyaux de $^{99}_{42}Mo$ à la date $t_0 = 0$ est :

$$N_o = \frac{10^{24}}{1,66 \times 98,88437} = 6,09 \times 10^{21} \text{noyaux.}$$ ½

Le nombre des noyaux de $^{99}_{42}Mo$ à la date t=24 h est

$$N = N_o e^{-\lambda t} = 6,09 \times 10^{21}\, e^{-\frac{0,693 \times 24}{67}} = 4,75 \times 10^{21} \text{noyaux.}$$ ½

Le nombre des noyaux de technétium obtenus au bout de 24 heures est : $N_0 - N = 1,34 \times 10^{21}$ noyaux
la masse de Tc est : $1,34 \times 10^{21} \times 98,88235 \times 1,66\ 10^{-27} = 0,22$ g ½

مسابقة في مادة الفيزياء
الاسم:
المدة: ثلاث ساعات
الرقم:

Cette épreuve, formée de quatre exercices obligatoires, est constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4.
L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

Premier exercice : (7 pts) Détermination des caractéristiques d'une bobine

Dans le but de déterminer l'inductance L et la résistance r d'une bobine, on place la bobine en série dans un circuit comportant, un condensateur de capacité C = 160 µF et un générateur (GBF) délivrant, entre ses bornes, une tension alternative sinusoïdale $u_g = u_{AD} = 20\sin(100\pi t)$, (u en V , t en s) (figure 1).
Le circuit est alors parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité i.
Un oscilloscope branché dans le circuit permet de visualiser, sur la voie Y_A, la tension $u_g = u_{AD}$ et, sur la voie Y_B, la tension $u_b = u_{BD}$.
Sur l'écran de l'oscilloscope, on observe les oscillogrammes de la figure 2.

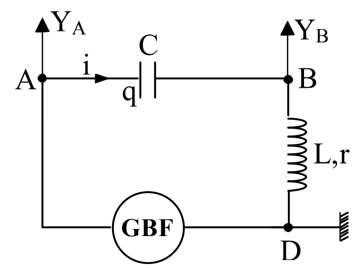


Figure 1

1) Sachant que la sensibilité verticale S_V est la même pour les deux voies, calculer sa valeur.
2) Calculer le déphasage entre u_{AD} et u_{BD}. Laquelle des deux tensions est en retard sur l'autre ?
3) Déduire l'expression de la tension u_{BD} aux bornes de la bobine en fonction du temps.
4) En appliquant la loi d'additivité des tensions et en donnant à t deux valeurs particulières, vérifier que la tension u_{AB} est $u_C = u_{AB} = 20\sin(100\pi t - \frac{\pi}{3})$. ($u_C$ en V et t en s)
5) En utilisant la relation entre l'intensité i et la tension u_C, déterminer l'expression de i en fonction du temps.
6) **a)** Donner l'expression de la tension u_{BD} aux bornes de la bobine en fonction de i.
   b) Calculer r et L en donnant à t deux valeurs particulières.

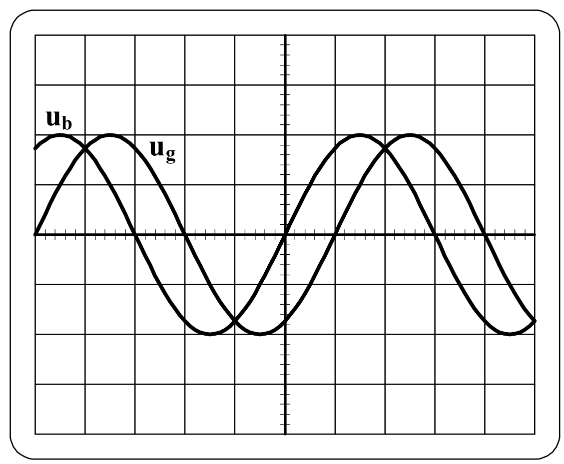


Figure 2

7) Pour s'assurer des valeurs de L et r précédemment calculées, on procède de la façon suivante:
   - on mesure la puissance moyenne consommée par le circuit, pour ω =100π rad/s et on trouve 8,66 W.
   - on fait varier la fréquence f de u_g tout en maintenant constante sa valeur maximale, et on trouve que pour f = 71 Hz, l'intensité efficace du courant dans le circuit prend une valeur maximale.

   Déterminer les valeurs de r et L.

Deuxième exercice : (6 ½ pts) Noyaux atomiques

Le but de l'exercice est de comparer les valeurs des grandeurs caractérisant la stabilité de différents noyaux et de vérifier que, au cours de certaines réactions, des noyaux peuvent se transformer en d'autres noyaux plus stables avec libération d'énergie.

Données numériques :

Masse d'un neutron : $m_n = 1{,}0087$ u ; masse d'un proton : $m_p = 1{,}0073$ u ;
masse d'un électron : $m_e = 0{,}00055$ u ; 1 u = 931,5 MeV /c^2.

I – Stabilité des noyaux atomiques

On considère le tableau ci-dessous dans lequel figurent quelques grandeurs caractéristiques associées à certains noyaux.

Noyau	${}^{2}_{1}H$	${}^{3}_{1}H$	${}^{4}_{2}He$	${}^{14}_{6}C$	${}^{14}_{7}N$	${}^{94}_{38}Sr$	${}^{140}_{54}Xe$	${}^{235}_{92}U$
Masse (u)	2,0136	3,0155	4,0015	14,0065	14,0031	93,8945	139,892	234,9935
Énergie de liaison E_ℓ (MeV)	2,23	8,57	28,41	99,54	101,44	810,50	1164,75	
Énergie de liaison par nucléon $\frac{E_\ell}{A}$ (MeV/nucléon)	1,11		7,10		7,25	8,62		

1) **a)** Définir l'énergie de liaison d'un noyau.
   b) Écrire l'expression donnant l'énergie de liaison E_ℓ d'un noyau ${}^{A}_{Z}X$ en fonction de Z, A, m_p, m_n, la masse m_X du noyau et la célérité c de la lumière dans le vide.
   c) Calculer, en MeV, l'énergie de liaison du noyau d'uranium 235.
   d) Compléter le tableau en calculant les valeurs manquantes de $\frac{E_\ell}{A}$.
   e) Indiquer, en le justifiant, le noyau le plus stable parmi les noyaux figurant dans le tableau.

2) Chacun des noyaux considérés dans le tableau appartient à un des trois domaines donnés par :
   A < 20 ; 20 < A < 190 ; A > 190.
   En se référant au tableau complété, tracer l'allure de la courbe représentant les variations de $\frac{E_\ell}{A}$ en fonction de A. Préciser sur la figure les trois domaines déjà cités.

II – Réactions nucléaires et stabilité des noyaux

On considère les trois réactions nucléaires suivantes :

${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$ (réaction 1) ;

${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}H_e + {}^{1}_{0}n$ (réaction 2) ;

${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{140}_{54}X_e + {}^{94}_{38}Sr + 2\,{}^{1}_{0}n$ (réaction 3).

1) Indiquer la nature de chaque réaction nucléaire (fission, radioactivité ou fusion).
2) **a)** Montrer que chacune des réactions nucléaires précédentes libère de l'énergie.
   b) En se référant au tableau précédent, vérifier que lors de chacune des réactions nucléaires, chacun des noyaux produits est plus stable que les noyaux initiaux.

__Troisième exercice__ **: (6 ½ pts) Indice de réfraction de l'air atmosphérique**

L'indice de réfraction de l'air pur est supposé égal à 1. L'air atmosphérique n'est pas pur, mais pollué ; il contient surtout du dioxyde de carbone. L'indice de réfraction n de l'air ainsi pollué est donné par $n = 1 + 1{,}55\times10^{-6}\, y$ où y % représente le pourcentage du dioxyde de carbone.

Dans le but de déterminer la valeur de y, on réalise le phénomène d'interférences lumineuses à l'aide du dispositif des fentes de Young en éclairant les deux fentes F_1 et F_2 distantes de a, par un faisceau laser de longueur d'onde dans l'air pur $\lambda = 0{,}633$ µm. Le faisceau tombe normalement au plan (P) qui contient les fentes. On observe des franges sur un écran (E) parallèle à (P) et situé à la distance D de ce plan. Le point O est la projection orthogonale du point I milieu de F_1F_2 sur le plan (E) (figure 1).

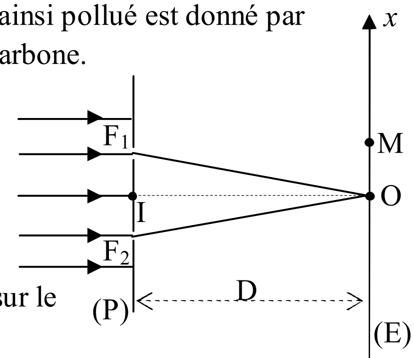


Figure 1

I – Interférences dans l'air pur

On rappelle qu'au point M de l'écran tel que OM = x, la différence de marche optique $\delta = MF_2 - MF_1$ est donnée par la relation $\delta = \frac{ax}{D}$.

1) O est le centre de la frange brillante centrale. Pourquoi?
2) M est le centre de la frange brillante d'ordre k.
   a) Donner l'expression de δ en fonction de k et λ.
   b) Déduire l'expression de l'interfrange i en fonction de λ, D et a.
3) M est le point tel que $MF_2 - MF_1 = 1{,}266$ µm.
   a) Préciser, en le justifiant, la nature et l'ordre de la frange dont le centre est en M.
   b) Exprimer x en fonction de i.

II- Interférences dans l'air pollué

On veut mesurer l'indice de réfraction n de l'air pollué de dioxyde de carbone. Dans le dispositif des fentes de Young utilisé, on considère que le faisceau issu de F_2 se propage dans l'air pur tandis que celui issu de F_1 se propage le long de $\ell = 50$ cm dans l'air pollué et le reste du trajet dans l'air pur (figure 2).

On constate, dans ce cas, que le système des franges d'interférences se déplace vers le haut.

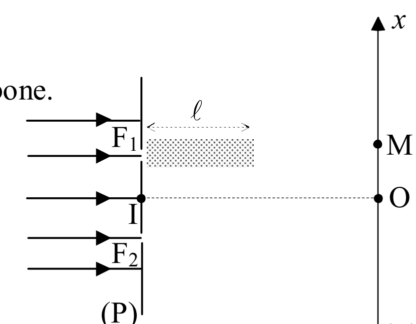


Figure 2

1) Sachant que v est la vitesse de la lumière dans l'air pollué, exprimer le temps t que met la lumière pour parcourir la distance ℓ dans l'air pollué, en fonction de v et ℓ.
2) Sachant que c est la vitesse de la lumière dans l'air pur, déterminer l'expression de la distance d parcourue par la lumière issue de F_2, pendant la même durée t, en fonction de ℓ et n.
3) Exprimer en fonction de n et ℓ l'augmentation du chemin optique du fait de l'existence de l'air pollué.
4) La nouvelle expression de la différence de marche optique est alors:

   $$\delta' = MF_2 - MF_1 = \frac{ax}{D} - \ell\,(n - 1)$$

   a) Sachant que le centre de la frange brillante centrale se déplace vers le haut et occupe la position déjà occupée par le centre de la frange brillante d'ordre 2, l'interfrange restant le même, déterminer l'expression donnant n en fonction de ℓ et λ.
   b) Montrer que n vaut 1,0000025.
5) a) L'indice n étant donné par $n = 1 + 1{,}55\times10^{-6}\, y$, calculer la valeur de y.
   b) L'air pollué en dioxyde de carbone devient nocif lorsque $y \geq 0{,}5$.
   Cet air pollué est –il nocif ? Pourquoi?

<u>**Quatrième exercice**</u> **: (7 ½ pts)** **Oscillations mécaniques libres**

Un pendule élastique horizontal est constitué d'une tige métallique homogène MN de masse m = 0,5 kg et de longueur ℓ et d'un ressort à spires non jointives de raideur k = 50 N/m, de longueur à vide L_0 et de masse négligeable. L'une des extrémités du ressort est fixée en I à un support fixe et l'autre est reliée au milieu G de la tige. Cette tige peut glisser sans frottement sur deux rails métalliques AA' et CC', horizontaux et parallèles à l'axe $x'x$ du ressort ; au cours de ce glissement, la tige reste perpendiculaire aux rails et G se déplace sur l'axe $x'x$. On écarte la tige, à partir de sa position d'équilibre, parallèlement à elle-même, dans le sens positif, de 5 cm, puis on la lâche sans vitesse à la date $t_o = 0$.

À la date t, l'abscisse de G est $x = \overline{OG}$ et $v = \frac{dx}{dt}$ est la mesure algébrique de sa vitesse ; le point O, origine des abscisses, correspond à la position de G à l'équilibre pour laquelle la longueur du ressort est L_0 (figure 1).

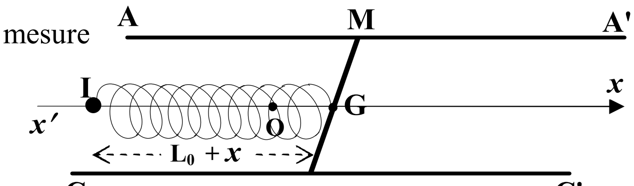


Fig.1

I – Oscillations libres non amorties

1) Écrire, à la date t, l'expression de l'énergie mécanique E_m du système (pendule, Terre) en fonction de m, x, k et v en prenant le plan horizontal passant par G comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.
2) Établir l'équation différentielle du second ordre en x qui décrit le mouvement de G.
3) La solution de cette équation différentielle a pour expression : $x = X_m \cos(\omega t + \varphi)$ où X_m est l'amplitude des oscillations. Déterminer les valeurs de ω, X_m et φ .

II – Oscillations libres amorties

Le dispositif, constitué par le pendule et les rails, est placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, perpendiculaire au plan des rails. (figure 2).

On relie A et C par un conducteur ohmique de résistance convenable ; la résistance totale du circuit est alors R. Après avoir tiré la tige de 5 cm dans le sens positif, on la lâche sans vitesse à la date $t_0 = 0$.

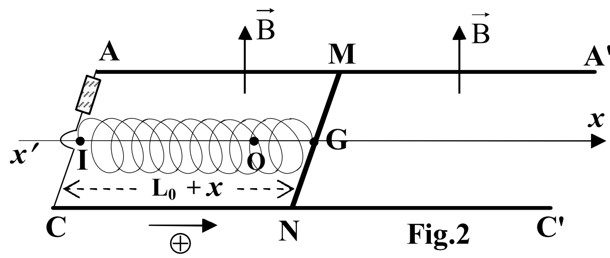


Fig.2

Un courant induit d'intensité i apparaît dans le circuit. Le pendule horizontal effectue alors quelques oscillations puis il s'arrête au bout d'une durée t_1.

1) Au cours du mouvement, une force électromotrice induite e est établie aux bornes M et N de la tige. Expliquer pourquoi.

2) **a)** Déterminer, à la date t et en fonction de B, L_0, x et ℓ , l'expression du flux magnétique qui traverse la surface limitée par le circuit AMNC tout en respectant le sens positif arbitraire choisi sur la figure 2.
b) Déduire l'expression de la f.é.m. induite e en fonction de B, ℓ et v.

c) Déterminer l'expression de i en fonction de B, R, ℓ et v.
d) Préciser le sens du courant induit dans le cas où la tige se déplace dans le sens positif.

3) **a)** Interpréter l'amortissement des oscillations et l'arrêt de la tige.
b) Calculer l'énergie mécanique de l'oscillateur à la date $t_0 = 0$.
c) Déduire la valeur de l'énergie dissipée dans le circuit entre les dates $t_0 = 0$ et t_1.
d) Sous quelle forme cette énergie est-elle dissipée ?

Premier exercice : (7 pts)

1) La tension maximale aux bornes du générateur correspond à 2 div

$\Rightarrow$ $S_V = \dfrac{20\text{ V}}{2\text{div}} = 10\text{V/div}$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

2) La différence de phase correspond à 1 division et la période couvre 6 divisions

$\varphi = \dfrac{(1)(2\pi)}{6} = \dfrac{\pi}{3}$ rad. u_g est en retard sur u_b **($\frac{3}{4}$ pt)**

3) $(U_m)_b = 20\text{V}$, $\omega = 100\pi$ et u_b est en avance sur u_g de $\dfrac{\pi}{3}$ rad $\Rightarrow$ $u_b = 20\sin(100\pi t + \dfrac{\pi}{3})$

(1 pt)

4) $u_{AD} = u_{AB} + u_{BD}$. Soit $u_{AB} = A\sin(100\pi t + \varphi)$.

$20\sin(100\pi t) = A\sin(100\pi t + \varphi) + 20\sin(100\pi t + \dfrac{\pi}{3})$

Pour t = 0 , on obtient : $0 = A\sin\varphi + 20\dfrac{\sqrt{3}}{2}$; $A\sin\varphi = -10\sqrt{3}$

Pour $100\pi t = \dfrac{\pi}{2}$, on obtient : $20 = A\cos\varphi + 10$; $A\cos\varphi = 10$

$\Rightarrow$ $\varphi = -\dfrac{\pi}{3}$ et A = 20 . Ce qui montre la relation : $u_{AB} = 20\sin(100\pi t - \dfrac{\pi}{3})$ ($1\frac{3}{4}$ pt)

5) $i = C\dfrac{du_C}{dt}$; $i = 160\times10^{-6}[20\times100\pi\cos(100\pi t - \dfrac{\pi}{3})] = 1\cos(100\pi t - \dfrac{\pi}{3})$

$= \sin(100\pi t + \dfrac{\pi}{6})$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

6) $u_b = ri + L\dfrac{di}{dt}$; $20\sin(100\pi t + \dfrac{\pi}{3}) = r\sin(100\pi t + \dfrac{\pi}{6}) + L(100\pi)[\cos(100\pi t + \dfrac{\pi}{6})]$

Pour t = 0, on obtient : $20\dfrac{\sqrt{3}}{2} = r(0,5) + 100\pi L\dfrac{\sqrt{3}}{2}$

Pour $100\pi t = \pi/2$, on obtient : $10 = r\dfrac{\sqrt{3}}{2} - 50\pi L$

$\Rightarrow$ $L = \dfrac{1}{10\pi} = 0{,}032$ H et $r = 10\sqrt{3}\ \Omega$. **($1\frac{1}{2}$ pt)**

7) La puissance électrique est consommée seulement dans la résistance de la bobine :

$P = r(I_{eff})^2 = 8{,}66 = (\dfrac{1}{\sqrt{2}})^2 r \Rightarrow r = 17{,}3\Omega = 10\sqrt{3}\Omega$. **($\frac{1}{2}$ pt)**

Le phénomène mis en évidence est la résonance d'intensité. Dans ce cas on a :

$LC\omega^2 = 1$; ou $L = \dfrac{1}{C\omega^2} = \dfrac{10^6}{160(142\pi)^2} = 0{,}032$ H. **($\frac{1}{2}$ pt)**

<u>Deuxième exercice</u> : (6 ½ pts)

I - 1- a) L'énergie de liaison d'un noyau est l'énergie minimale qu'il faut fournir pour dissocier ses nucléons.**($\frac{1}{2}$ pt)**

b) $E_\ell = [Zm_p + (A\text{-}Z)m_n - m_X]\, c^2$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

c) $\Delta m = Zm_p + (A\text{-}Z)m_n - m_X = 92 \times 1{,}0073 + 143 \times 1{,}0087 - 234{,}9935 = 1{,}9222$ u

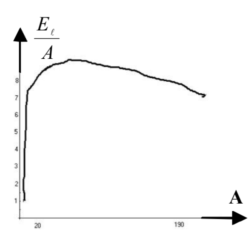
$E_\ell = 1{,}9222 \times 931{,}5$ Mev = 1790,53 Mev. **(1 pt)**

2- a) Tableau **($\frac{1}{2}$ pt)**

$^{2}_{1}H$	$^{3}_{1}H$	$^{4}_{2}He$	$^{14}_{6}C$	$^{14}_{7}N$	$^{94}_{38}Sr$	$^{140}_{54}Xe$	$^{235}_{92}U$
1,11	2,86	7,10	7,11	7,25	8,62	8,32	7,62

b) Le noyau qui a l'énergie de liaison par nucléon la plus grande est le noyau le plus stable. C'est donc le strontium le noyau le plus stable des huit. **($\frac{1}{2}$ pt)**

c) Allure de la courbe **($\frac{1}{2}$ pt)**



II- 1) Réaction (1) : radioactivité ; réaction (2) : fusion ; réaction (3) : fission. **($\frac{3}{4}$ pt)**

2) a) Pour la réaction de radioactivité $\Delta M = M_{avant} - M_{après} = 14{,}0065 - (14{,}0031 + 0{,}00055) = 0{,}00285$ u

Pour la réaction de fusion $\Delta M = M_{avant} - M_{après} = 2{,}0136 + 3{,}0155 - 4{,}0015 - 1{,}0087 = 0{,}0189$ u

Pour la réaction de fission $\Delta M = M_{avant} - M_{après} = 0{,}1983$ u.

Dans les trois réactions, il y a une perte de masse, les trois réactions libèrent donc de l'énergie. **(1 $\frac{1}{2}$ pt)**

b) - Le noyau $^{14}_{7}N$ est plus stable que le noyau $^{14}_{6}C$.

- Le noyau $^{4}_{2}He$ est plus stable que les noyaux $^{2}_{1}H$ et $^{3}_{1}H$.

- Les noyaux $^{140}_{54}Xe$ et $^{94}_{38}Sr$ sont plus stables que le noyau $^{235}_{92}U$. **($\frac{3}{4}$ pt)**

<u>Troisième exercice</u> (6 ½ pts)

I – **1)** Le point O est caractérisé par $\delta = 0$, donc une frange brillante centrale se forme en O. **($\frac{1}{2}$ pt)**

2) a) $\delta = k\,\lambda$ **($\frac{1}{4}$ pt)**

b) $\delta = \frac{ax}{D} = k\,\lambda \Rightarrow x_k = \frac{k\lambda D}{a}$ et $x_{k+1} = \frac{(k+1)\lambda D}{a} \Rightarrow i = x_{k+1} - x_k = \frac{\lambda D}{a}$ **(1 pt)**

3) a) $\frac{MF_2 - MF_1}{\lambda}$ **= 2** est de la forme $\delta = k\,\lambda$ tel que k = 2; d'où une frange brillante d'ordre 2 se forme en M. **(1pt)**

b) $\frac{ax}{D} = 2\,\lambda \Rightarrow x = \frac{2\lambda D}{a} = 2\,i$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

II – 1) $t = \frac{\ell}{v}$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

2) $d = ct = \frac{c\ell}{v} = n\ell$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

3) $n\ell - \ell = \ell(n-1)$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

4) a) $\delta' = 0 \Rightarrow \frac{ax}{D} = (n-1)\,\ell$ et $x = 2\,i \Rightarrow n = \frac{2\lambda}{\ell} + 1$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

b) n = 1,0000025 **($\frac{1}{2}$ pt)**

5) a) $1{,}0000025 = 1 + 1{,}55.10^{-6}y$ d'où y = 1,61. **($\frac{1}{2}$ pt)**

b) y = 1,61 > 0,5 , l'air de la salle est donc nocif. **($\frac{1}{4}$ pt)**

Quatrième exercice : (7 ½ pts)

I - 1) $E_m = E_c + E_e + E_{PP} = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} kx^2 + 0$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

2) E_m= cte $\Rightarrow \frac{dE_m}{dt}=0 = mvv' + kxv \Rightarrow x'' + \frac{k}{m} x = 0$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

3) $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 10$ rad/s ; $v = -X_m\omega\sin(\omega t + \varphi)$, pour t = 0 , $v = -X_m\omega\sin\varphi = 0$ et

$x_0 = X_m\cos\varphi = X_m > 0 \Rightarrow \sin\varphi = 0 \Rightarrow \varphi = 0$ et $X_m = 5$ cm **($1\frac{1}{4}$ pt)**

II - 1) Au cours du mouvement, le flux magnétique à travers le circuit AMNC est $\phi = BS\cos 0$; S varie $\Rightarrow$ le flux varie $\Rightarrow$ la f.é.m induite $e = -\frac{d\varphi}{dt}$ existe **(1 pt)**

2) a) $\phi = BS\cos 0 = B(L_0 + x)\,\ell$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

b) $e = -\frac{d\varphi}{dt} = -B\ell\frac{dx}{dt} = -B\ell v$ **($\frac{1}{2}$ pt)**

c) Le courant induit est donné par $i = \frac{e}{R} = \frac{-B\ell v}{R}$. **($\frac{1}{2}$ pt)**

d) $v > 0 \Rightarrow i < 0 \Rightarrow$ le courant induit circule dans le sens négatif dans le circuit (de M vers N dans la tige). **($\frac{1}{2}$ pt)**

3) a) Au cours du mouvement, la tige placée dans un champ magnétique, sera soumise à la force de Laplace $\vec{F}$, qui d'après la loi de Lenz, doit s'opposer à la cause qui donne naissance au courant induit ; $\vec{F}$ s'oppose donc au déplacement de la tige et joue ainsi le rôle d'une force de freinage qui provoque l'amortissement des oscillations et l'arrêt de la tige. **(1 pt)**

b) A la date $t_0 = 0$, $E_m = ½\, k\, x_m^2 = 0{,}0625$ J. **($\frac{1}{2}$ pt)**

c) $|\Delta E_m| = |0 - 0{,}0625| = 0{,}0625$ J. **($\frac{1}{2}$ pt)**

d) Sous forme d'énergie électrique (ou thermique dans R). **($\frac{1}{4}$ pt)**

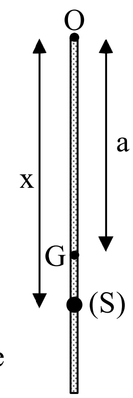
مسابقة في مادة الفيزياء
المدة: ثلاث ساعات

الاسم:
الرقم:

Cette épreuve, formée de quatre exercices obligatoires, est constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4.
<u>Les calculatrices non programmables sont autorisées.</u>

<u>Premier exercice</u> : (7 pts)

Oscillations mécaniques



Le but de cet exercice est d'étudier la réponse d'un pendule simple aux excitations imposées par un pendule composé de période réglable.
Dans ce but, on dispose d'un pendule simple (R) et d'un pendule composé (E). (R) est muni d'une plaque, de masse négligeable, permettant de régler l'amortissement dû à l'air. (E) est constitué d'une tige homogène de longueur $\ell = 1$ m, de masse M et de section négligeable, le long de laquelle peut coulisser un solide (S), supposé ponctuel et de masse M' = M.
(E) peut osciller autour d'un axe horizontal (Δ) perpendiculaire à la tige et passant par son extrémité supérieure O (figure) .
G est le centre de gravité du pendule composé ainsi constitué et I le moment d'inertie de ce pendule par rapport à (Δ). On pose OG = a et on désigne par x la distance entre la position de (S) et O.
Prendre : $g = 10\ m/s^2$; $\pi^2 = 10$; $\sin\theta \approx \theta$ rad pour $\theta \leq 10^0$.

A- Étude théorique

Le pendule (E) est écarté de sa position d'équilibre stable d'un petit angle puis il est abandonné à lui-même, sans vitesse initiale, à la date $t_0 = 0$. (E) commence à osciller de part et d'autre de sa position d'équilibre stable. On néglige tous les frottements.
À une date t, OG fait avec la verticale passant par O un angle θ et (E) possède une vitesse angulaire θ'. Le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur est le plan horizontal passant par O.

1- Montrer que l'expression de l'énergie mécanique du système [(E)-Terre] s'écrit :
$$E_m = \frac{1}{2} I \theta'^2 - 2Mga\cos\theta .$$

2- Déterminer l'équation différentielle du second ordre en θ qui régit le mouvement de (E) pour les petites oscillations ($\theta \leq 10^o$).

3- a) Montrer que l'expression de a s'écrit : $a = \dfrac{\ell + 2x}{4}$.

b) Le moment d'inertie de la tige seule par rapport à (Δ) est: $I_1 = M\dfrac{\ell^2}{3}$.

Montrer que l'expression du moment d'inertie I s'écrit: $I = \dfrac{M(\ell^2 + 3x^2)}{3}$.

4- Montrer que l'expression de la période propre T de (E) , en fonction de x, peut se mettre sous la forme $T = \sqrt{\dfrac{8(1+3x^2)}{3(1+2x)}}$.

B- Étude expérimentale

1- Le pendule (R) est considéré seul. On l'écarte d'un angle faible, à partir de sa position d'équilibre, et on le lâche sans vitesse initiale. La mesure de la durée t_1 de 10 oscillations donne $t_1 = 16{,}6$ s.
Calculer la durée T' d'une oscillation.

2- On réalise maintenant, à l'aide d'un ressort, un couplage entre (E) et (R) qui sont initialement au repos. Pour chaque valeur de x, le pendule (E) est écarté d'un angle faible de sa position d'équilibre et puis il est abandonné sans vitesse initiale ; il fait alors osciller (R). On suppose que (E) oscille avec une période égale à sa période propre T.

En faisant varier x, on constate que l'amplitude θ_m des oscillations de (R) varie.

a) Les oscillations de (R) sont dites forcées. Comparer alors, pour chaque valeur de x, la période des oscillations de (R) à celle de (E).

b) **i)** On donne à x la valeur 0,3 m. En régime permanent, (R) effectue des oscillations de période T_1 et d'amplitude θ_{m1} . Calculer la valeur de T_1.

ii) On donne à x la valeur 0,65 m. En régime permanent, (R) effectue des oscillations de période $T_2 = 1{,}62$ s et d'amplitude θ_{m2}. Comparer, en le justifiant, θ_{m1} et θ_{m2}.

c) Pour une certaine valeur de x, et en régime permanent, (R) oscille avec une amplitude maximale $\theta_{m(max)}$.

i) Nommer le phénomène mis alors en évidence.

ii) Déterminer la valeur de x.

d) Tracer l'allure de la courbe donnant les variations de l'amplitude θ_m des oscillations de (R) en fonction de la période T de (E).

e) La plaque de (R) est disposée de façon à augmenter légèrement le frottement avec l'air. Tracer, sur le même système d'axes de la question (d), l'allure de la courbe donnant les variations de l'amplitude θ_m des oscillations de (R) en fonction de la période T de (E).

<u>Deuxième exercice</u> : (7 pts)

Dispositif d'allumage dans une voiture

L'étude du dispositif d'allumage dans certaines voitures se ramène à l'étude d'un circuit série comportant une bobine (B) d'inductance L et de résistance r, un conducteur ohmique de résistance R, un ampèremètre (A) et un interrupteur K, placés aux bornes d'un générateur (G) présentant entre ses bornes M et N une tension $u_{MN} = E = 12$ V (Figure1).
On ferme l'interrupteur K à la date $t_0 = 0$.
À la date t, le circuit est parcouru par un courant d'intensité i.
On visualise, à l'aide d'un oscilloscope, la tension u_{MN} sur la voie Y_1 et la tension u_{CN} sur la voie Y_2 . Les oscillogrammes sont représentés sur la figure 2.
La sensibilité verticale sur les deux voies est : 2 V / div.
La sensibilité horizontale est 1 ms /div.
En régime permanent, l'ampèremètre indique $I_0 = 0{,}2$ A.

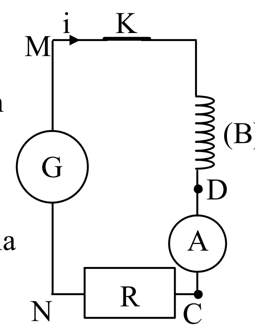
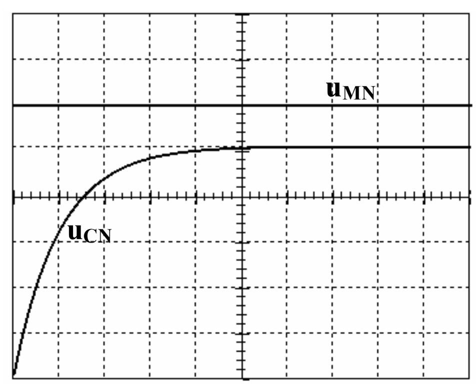


Figure 1



0 Volt **Figure 2**

1- Reproduire la figure 1 en indiquant le branchement de l'oscilloscope.

2- **a)** Établir l'équation différentielle qui régit l'évolution de l'intensité i en fonction du temps.

b) **i)** Montrer qu'en régime permanent: $E = (R + r) I_0$ et $u_{MD} = rI_0$.

ii) En utilisant les oscillogrammes et le résultat précédent, déterminer R et r.

3- **a)** **i)** Montrer, en utilisant l'équation différentielle précédente, que la tension u_{CN} vérifie la relation $\frac{RE}{L} = \frac{du_{CN}}{dt} + \frac{R+r}{L}u_{CN}$

ii) Déduire l'expression de $\frac{du_{CN}}{dt}$, en fonction de R, E et L, à la date $t_0 = 0$.

iii) La constante de temps τ est l'abscisse du point d'intersection de la tangente à l'origine de la courbe u_{CN} et de l'asymptote à cette courbe. Montrer que l'expression de τ est : $\tau = \frac{L}{R+r}$.

b) Montrer, en utilisant un des oscillogrammes, que la valeur de τ est 1 ms.

c) Déduire la valeur de L.

4- Déterminer l'énergie maximale emmagasinée par la bobine (B).

5- Le circuit précédent (dispositif d'allumage) sert, par l'intermédiaire de l'interrupteur, à alimenter les bougies de la voiture, à des dates bien déterminées, avec de l'énergie nécessaire au fonctionnement normal du moteur. L'expression de l'intensité i, dans le circuit, s'écrit : $i = I_0\,(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$. On définit le « taux de remplissage » de la bobine, par le rapport de l'énergie emmagasinée par la bobine à une date donnée à l'énergie maximale qu'elle peut emmagasiner. Déterminer la durée minimale de fermeture de l'interrupteur pour que la bobine ait un taux de remplissage au moins égal à 90,3 %.

Troisième exercice : (7 pts)

Oscillations électromagnétiques

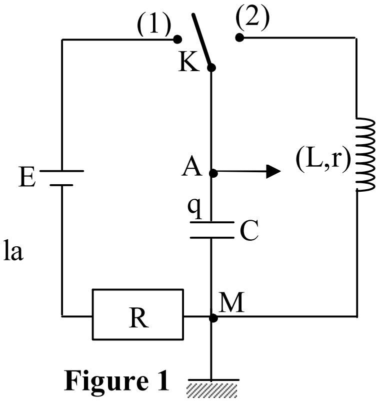


Figure 1

Un circuit oscillant est constitué d'un condensateur de capacité C =1µF et d'une bobine d'inductance L et de résistance r. Dans le but de déterminer L et r, on réalise le montage schématisé par la figure1. Le branchement d'un oscilloscope est indiqué sur cette figure. La f. é.m du générateur est : E = 10 V.

A- Charge du condensateur

L'interrupteur K est en position (1). Le condensateur est totalement chargé et la tension entre ses bornes est $u_{AM} = U_0$.

1- Déterminer la valeur de U_0.

2- Calculer l'énergie électrique emmagasinée par le condensateur.

B - Oscillations électromagnétiques

Le condensateur étant totalement chargé, on met l'interrupteur K en position (2) à la date $t_0 = 0$. À la date t, le circuit est parcouru par un courant d'intensité i et l'armature (A) porte la charge q.

I – Circuit idéal

Dans le circuit idéal, on néglige la résistance r de la bobine.

1- Reproduire la figure 1 en indiquant le sens arbitraire de passage du courant.

2- Établir l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $u_{AM} = u_C$ aux bornes du condensateur en fonction du temps.

3- Déduire, alors, l'expression de la période propre T_0 des oscillations électriques en fonction de L et C.

4- Donner l'allure de la courbe représentant l'évolution de u_C en fonction du temps.

5- Préciser le régime des oscillations électriques établies dans le circuit.

II – Circuit réel

L'évolution de la tension $u_{AM} = u_C$ observée sur l'écran de l'oscilloscope est représentée par l'oscillogramme de la figure 2.

1- Préciser le régime des oscillations électriques établies dans le circuit.

2- En se référant à l'oscillogramme :

a) Donner la valeur de la pseudo-période T des oscillations électriques.

b) Vérifier que le rapport entre deux extremums positifs consécutifs de la tension u_C est sensiblement égal à une constante a (se limiter aux quatre premiers extremums).

3- On désigne par E_n et $E_{(n+1)}$ l'énergie électromagnétique de l'oscillateur électrique aux instants respectifs nT et (n+1)T (n est un entier positif).

a) L'énergie emmagasinée dans le circuit à l'instant où la tension u_C est maximale est électrique. Pourquoi ?

b) Établir l'expression du rapport $\frac{E_{(n+1)}}{E_n}$ en fonction de a.

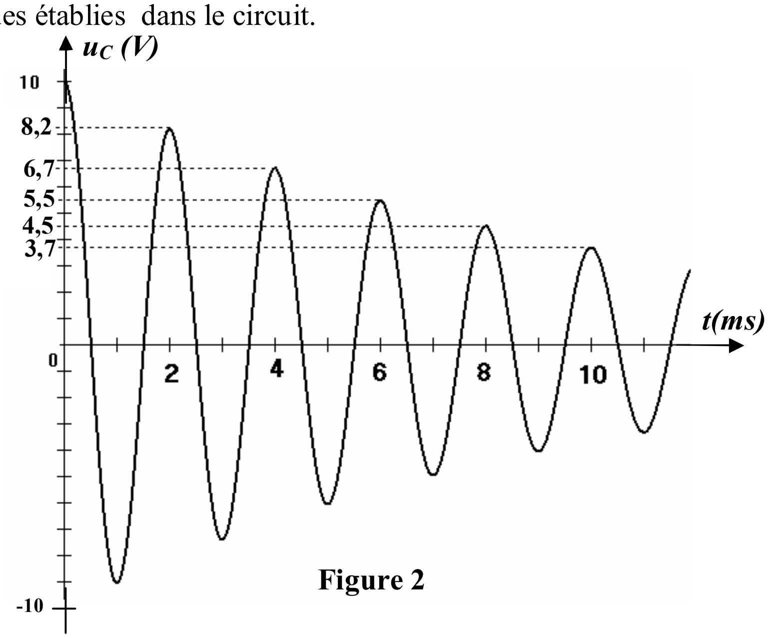


Figure 2

c) Déterminer L et r sachant que $\frac{E_{(n+1)}}{E_n} = e^{\frac{-r}{L}T}$ et que l'expression donnant la pseudo- période T est : $\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{4\pi^2}{T_o^2} - \frac{1}{4}(\frac{r}{L})^2$.

<u>Quatrième exercice</u> : (6 ½ pts)

Radioactivité

Le but de cet exercice est de mettre en évidence certaines caractéristiques du noyau de thorium 230 et son rôle dans la datation.

<u>**Données :**</u> célérité de la lumière dans le vide: $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1}; $1eV = 1{,}6 \times 10^{-19}$ J;
nombre d'Avogadro: $N = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1};
constante de Planck:$h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s; $1u = 931{,}5$ MeV/c^2 ;
masses des noyaux: $m\left({}^{A}_{88}Ra\right) = 225{,}9770$ u; $m({}^{230}_{Z}Th) = 229{,}9836$ u; $m(\alpha) = 4{,}0015$u.

A- Désintégration du noyau de thorium 230

Le noyau de thorium $({}^{230}_{Z}Th)$ est radioactif α . Le noyau fils est un isotope du radium$\left({}^{A}_{88}Ra\right)$.

1- **a)** Écrire l'équation de cette désintégration et déterminer A et Z.
b) Déterminer l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de thorium 230.

2- Une désintégration d'un noyau de thorium 230, au repos, s'effectue sans production de rayonnement γ. Le noyau fils $\left({}^{A}_{88}Ra\right)$ obtenu a une vitesse quasiment nulle. Déterminer, la valeur de l'énergie cinétique E_{C1} de la particule α émise.

3- Une autre désintégration d'un noyau de thorium 230 est accompagnée de l'émission d'un rayonnement γ de longueur d'onde dans le vide 6×10^{-12} m.
a) Calculer l'énergie de ce rayonnement.
b) Déduire la valeur de l'énergie cinétique E_{C2} de la particule α émise.

4- Un échantillon de 1g de thorium 230, d'activité $A_0 = 7{,}2 \times 10^8$ désintégrations/s, est placé au voisinage d'une feuille d'aluminium à l'instant $t_0 = 0$. Les particules α sont arrêtées par la feuille d'aluminium tandis que les photons ne sont pas absorbés.
a) Déterminer, en joules, l'énergie W transférée à la feuille d'aluminium au bout de la première seconde sachant que 50% des désintégrations s'effectuent avec émission γ, et que l'activité A_o ne change pratiquement pas au bout de cette seconde.
b) Calculer le nombre des noyaux contenus dans 1g de thorium 230.
En déduire, en an^{-1}, la valeur de la constante radioactive λ du thorium 230.

B- Datation des sédiments marins

À cause du phénomène d'érosion, une partie des roches est entraînée dans les océans. Certaines de ces roches contiennent de l'uranium 234 $({}^{234}_{92}U)$ radioactif qui donne du thorium 230.

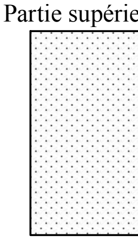
L'uranium 234 est soluble dans l'eau de mer, alors que le thorium ne l'est pas et s'accumule au fond des océans avec les autres sédiments.

Un spécimen de ces accumulations, ayant la forme d'un cylindre, est prélevé au fond de l'océan.

Ce spécimen est constitué d'une partie supérieure qui vient d'être formée et d'une autre partie inférieure qui s'est formée depuis un temps t (figure ci-contre).

On prélève un échantillon (a) de la partie supérieure et un autre (b) de la partie inférieure, ces deux échantillons ayant la même masse. (a) produit 720 désintégrations/s et (b) 86,4 désintégrations/s. Déterminer t en années.

Partie supérieure



Partie inférieure

<u>Premier exercice</u> : (7 pts)

A- 1- $E_m = E_C + E_{PP}$; $E_C = \frac{1}{2} I \theta'^2$; $E_{PP} = -2Mgh_G$ avec $h_G = a\cos\theta$ **(3/4 pt)**

2- $\frac{dE_m}{dt} = 0 = I\theta'\theta'' + 2\,M\,g\,a\theta'\sin\theta$; pour $\theta \leq 10^o$ on a : $\theta'' + \frac{2Mga}{I}\theta = 0$ **(3/4pt)**

3- a) $OG = a = \frac{\frac{M\ell}{2}+Mx}{2M} = \frac{\ell + 2x}{4}$ **(1/2pt)**

b) $I = I(tige) + I(S) = \frac{M\ell^2}{3} + M\,x^2 = \frac{M(\ell^2+3x^2)}{3}$ **(1/2pt)**

4- $\omega^2 = \frac{2Mga}{I}$ et $T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{2Mga}} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{8(1+3x^2)}{3(1+2x)}}$ **(1pt)**

B- 1) $T' = \frac{16{,}6}{10} = 1{,}66s$ **(1/4pt)**

2) a) $T' = T$ **(1/2pt)**

b) i) $T_1 = T = \sqrt{\frac{8(1+3x^2)}{3(1+2x)}}$. Pour x = 0,3 m$\Rightarrow T_1 = 1{,}45$ s **(1/2pt)**

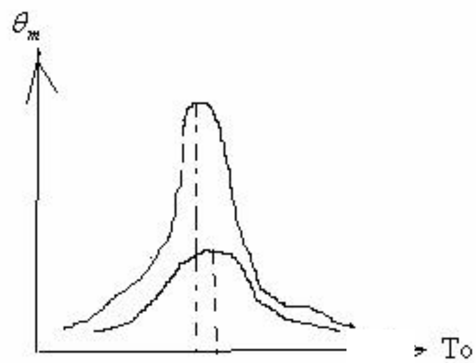
ii) Comme T_2 est plus proche de T' que T_1, alors $\theta_{m2} > \theta_{m1}$ **(1/2 pt)**

c) i) La résonance **(1/4pt)**

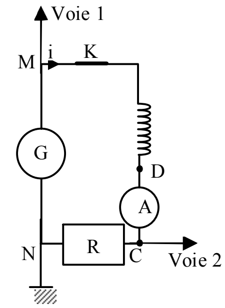
ii) À la résonance $T = T' \Rightarrow \sqrt{\frac{8(1+3x^2)}{3(1+2x)}} = 1{,}66$

$\Rightarrow 24x^2 - 16{,}53x - 0{,}27 = 0 \Rightarrow x = 0{,}7$ m **(1pt)**

d) ; e) **(1/2pt)**



Deuxième exercice : (7 pts)



1) Branchement de l'oscilloscope. **(1/2 pt)**

2) **a)** $u_{MN} = u(B) + u(R)$ **(1/4pt)**

$E = ri + L\frac{di}{dt} + Ri = (R+r)i + L\frac{di}{dt}$

b) i) En régime permanent, $i = cte = I_0 \Rightarrow \frac{di}{dt} = 0$

$\Rightarrow E = (R+r)\, I_0$ et $u_{MD} = rI_0$ **(1/2pt)**

ii) $R + r = \frac{E}{I_0} \Rightarrow R + r = 60\ \Omega$.

$U_0 = R\, I_0,$ $U_0 = 5 \times 2 = 10\ V \Rightarrow R = 50\ \Omega$; $\Rightarrow r = 10\Omega$ **(1 pt)**

3) **a) i)** $u_{CN} = u_R = Ri \Rightarrow i = \frac{u_{CN}}{R}$ et $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R} \times \frac{du_{CN}}{dt}$.

$E = (R+r) \times \frac{u_{CN}}{R} + \frac{L}{R}\frac{du_{CN}}{dt} \Rightarrow \frac{RE}{L} = \frac{du_{CN}}{dt} + \frac{(R+r)}{L}\ u_{CN}$ **(3/4pt)**

ii) à t = o, $u_{CN} = 0 \Rightarrow \left(\frac{du_{CN}}{dt}\right)_{t=0} = \frac{RE}{L}$ **(1/2 pt)**

iii) $\left(\frac{du_{CN}}{dt}\right)_{t=0}$ est le coefficient directeur de la tangente à la courbe représentative de u_{CN} ; donc

$\left(\frac{du_{CN}}{dt}\right)_{t=0} = \frac{U_0}{\tau} \Rightarrow \frac{RE}{L} = \frac{U_0}{\tau} \Rightarrow \tau = L\ \frac{U_0}{RE}$.

Soit $\tau = \frac{LI_0R}{[R(R+r)I_0]} = \frac{L}{(R+r)}$. **(1 pt)**

b) Explication de la méthode utilisée. **(1/4pt)**

c) $L = (R+r)\ \tau = 60 \times 10^{-3}$ H = 60 mH. **(1/2 pt)**

4) $E_{max} = \frac{1}{2} L\, I_0^2 = \frac{1}{2}\ 60 \times 10^{-3} \times 0{,}04 = 1{,}2 \times 10^{-3}$ J. **(1/2 pt)**

5) $i = I_0\,(1 - e^{-t/\tau})$; $E = \frac{1}{2} L\, i^2 = \frac{1}{2} L\, I_0^2\, (1 - e^{-t/\tau})^2$

$\frac{E}{E_{max}} = \frac{0{,}5LI_0^2(1-e^{-t/\tau})^2}{0{,}5LI_0^2} \geq 0{,}903 \Rightarrow (1 - e^{-t/\tau}) \geq \sqrt{0{,}903}$

$\Rightarrow e^{-t/\tau} \leq 1 - \sqrt{0{,}903} = 0{,}05 \Rightarrow \frac{-t}{\tau} \leq Ln\,(0{,}05)$

$\Rightarrow t \geq 3$ ms . La durée minimale de fermeture de l'interrupteur est 3 ms. **(1 1/4pt)**

Troisième exercice : (7 pts)

A - 1) À la fin de la charge i = 0 $\Rightarrow u_C = E - Ri = E = U_0 = 10$ V **(1/2 pt)**

2) $W = ½\, C(E)^2 = 5 \times 10^{-5}$ J **(1/2pt)**

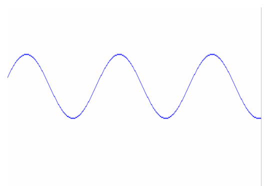
B- I) 1) Figure **(1/4pt)**

2) $u_C = u_{AM} = L\frac{di}{dt}$; $i = -\frac{dq}{dt} = -C\frac{du_C}{dt} = -C\,u'_C$; $\frac{di}{dt} = -C\,u''_C \Rightarrow$

$LC\,u''_C + u_C = 0$ **(3/4pt)**

3) $LC\,u''_C + u_C = 0 \Rightarrow u''_C + \frac{1}{LC}u_C = 0 \Rightarrow$ La pulsation propre ω_0 des oscillations est telle que $(\omega_0)^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow$ la période propre est $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}$ **(3/4 pt)**

4) (1/4 pt)



5) Les oscillations sont libres non amorties **(1/4 pt)**

II- 1) Les oscillations sont libres amorties **(1/4 pt)**

2) a) T = 2 ms **(1/4pt)**

b) $\frac{8,2}{10} = \frac{6,7}{8,2} = \frac{5,5}{6,7} = 0,82$ = **cte** = a **(1/2 pt)**

3) a) Si u_C est max. $\Rightarrow i = -C\frac{du_C}{dt} = 0 \Rightarrow$ l'énergie magnétique de la bobine $E_{magn} = ½\, Li^2$ est nulle. L'énergie est emmagasinée sous forme électrique dans le condensateur. [$E_{él} = ½\, C(u_C)^2$]. **(3/4pt)**

b) $\frac{E_{(n+1)}}{E_n} = \frac{0,5C(u_{Cmax(n+1)})^2}{0,5C(u_{Cmax(n)})^2} = a^2$ **(3/4 pt)**

c) $\frac{E_{(n+1)}}{E_n} = e^{-\frac{r}{L}T} = a^2 \Rightarrow -\frac{rT}{L} = 2\ln a \Rightarrow \frac{r}{L} = \frac{-2\ln a}{T} = -2\frac{\ln 0,82}{0,002} = 198,45$

$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{4\pi^2}{T_o^2} - \frac{1}{4}(\frac{r}{L})^2$ avec $T_0^2 = 4\pi^2 LC = 4\pi^2 \times 10^{-6} L$, on trouve :

L = 0,1 H et r = 20 Ω. **(1 1/4pt)**

Quatrième exercice : (6 ½ pts)

A- **1)** a) $({}^{230}_{Z}Th) \longrightarrow \left({}^{A}_{88}Ra\right) + {}^{4}_{2}He$

$230 = A + 4 \Rightarrow A = 226; \quad Z = 88 + 2 = 90.$ **(3/4 pt)**

b) $\Delta m = m({}^{230}_{Z}Th) - m\left({}^{A}_{88}Ra\right) - m({}^{4}_{2}He) = 5,1.10^{-3}$ u $= 4,75$ MeV/c^2

$E = \Delta m.c^2 = 4,75$ MeV. **(1 pt)**

2) L'énergie libérée est communiquée à la particule α sous forme d'énergie cinétique et aux rayonnements γ sous forme d'énergie électromagnétique : $E = E_C + E(\gamma)$.
Dans le cas où $E(\gamma) = 0$, on obtient $E = E_C = E_{C1} = 4,75$ MeV. **(1/2 pt)**

3) a) $E(\gamma) = \frac{hc}{\lambda} = 3,315 \times 10^{-14}$ J $= 0,21$ MeV **(1/2 pt)**

b) $E_{C2}({}^{4}_{2}He) = 4,75 - 0,21 = 4,54$ MeV. **(1/2 pt)**

4) a) Soit x le nombre de désintégrations/s de chaque type. On a alors : $xE_{c1} + xE_{c2} = W$; or
$A_0 = 2x = 7,2 \times 10^8$ Bq. $\Rightarrow \frac{A_0}{2}(E_{c1} + E_{c2}) = W \Rightarrow W = 5,35 \times 10^{-4}$ j. **(1 1/4 pt)**

b) $n_0 = \frac{m}{M}N = \frac{6,02 \times 10^{23}}{230} = 2,62 \times 10^{21}$ noyaux ; $\lambda = \frac{A_0}{n_0} = 2,75 \times 10^{-13}$ s^{-1} $= 86724 \times 10^{-10}$an^{-1}. **(1 pt)**

B- $A = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln 0,12 = -\lambda t \Rightarrow t = 244484$ années. **(1 pt)**

وزارة التربية والتعليم العالي
المديرية العامة للتربية
دائرة الامتحانات

امتحانات الشهادة الثانوية العامة
فرع العلوم العامة

دورة سنة 2007 العادية

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 (7 ½ pts) Solide en rotation

On dispose d'une tige rigide AB, de masse négligeable et de longueur AB = L = 80 cm, pouvant tourner autour d'un axe horizontal (Δ) perpendiculaire à la tige et passant par son milieu O. Sur cette tige peuvent coulisser deux particules identiques, chacune de masse m = 10 g. Prendre $g = 10\ m/s^2$ et $0{,}32\pi = 1$.

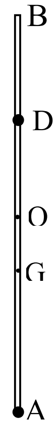


Fig.1

I- Travail du couple de frottement

On fixe une des deux particules à l'extrémité A de la tige et l'autre au point D, à une distance $\frac{L}{4}$ de O.

G étant le centre de gravité du dispositif (S) formé par la tige et les deux particules, on pose OG = a et on prend comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur, le plan horizontal passant par G quand (S) est dans sa position d'équilibre stable. (Fig.1)

1) Montrer que $a = \frac{L}{8}$.

2) (S) est dans sa position d'équilibre stable. À la date $t_0 = 0$, on communique à (S) une énergie cinétique initiale $E_0 = 1{,}95 \times 10^{-4}$ J ; (S) oscille alors autour de (Δ), de part et d'autre de sa position d'équilibre stable. À une date t, OG fait avec la verticale passant par O un angle θ.

a) On néglige les frottements. Montrer que :

i. l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur du système [(S), Terre] est $E_{PP} = 2mga(1-\cos\theta)$;

ii. la valeur de l'énergie mécanique du système [(S), Terre] est E_0 ;

iii. la valeur de l'amplitude angulaire du mouvement de (S) est $\theta_m = 8^o$.

b) En réalité, les forces de frottement constituent un couple de moment $\mathcal{M}$ par rapport à (Δ).

On suppose que $\mathcal{M}$ est constant. La mesure de la première élongation maximale de (S) est alors $\theta_{1m} = 7°$ à la date t_1.

i. Déterminer l'expression donnant la variation de l'énergie mécanique du système [(S), Terre] entre t_0 et t_1, en fonction de m, g, a, θ_{1m} et E_0.

ii. En déduire la valeur W du travail de $\mathcal{M}$ entre t_0 et t_1.

II- Moment du couple de frottement

On fixe une particule à chaque extrémité de la tige. À la date $t_0 = 0$, on lance (S) à la vitesse $N_0 = 1$ t/s ; $\mathcal{M}$ garde toujours la même valeur que précédemment (Fig.2).

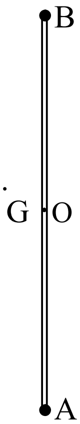


Fig.2

1) Montrer que le moment d'inertie de (S) par rapport à (Δ) est $I = 32 \times 10^{-4}\ kg.m^2$.

2) Montrer que la valeur du moment cinétique de (S) par rapport à (Δ), à $t_0 = 0$, est $\sigma_0 = 2\times10^{-2}\ kg.m^2/s$.

3) **a)** Nommer les forces extérieures appliquées à (S).

b) Montrer que la valeur du moment résultant de ces forces, par rapport à (Δ), est égale à $\mathcal{M}$.

c) Trouver, en appliquant le théorème du moment cinétique, l'expression du moment cinétique σ de (S) par rapport à (Δ), en fonction de $\mathcal{M}$, t et σ_0.

4) Lancé à la vitesse $N_0 = 1$ t/s, (S) s'arrête à la date t' = 52,8 s. Déterminer alors la valeur de $\mathcal{M}$.

III- Relation entre W et $\mathcal{M}$

En se référant aux parties I et II, vérifier que le travail W vaut $W = \mathcal{M}.\ \theta_{1m}$.

Deuxième exercice (6 ½ pts) **Énergie dissipée au cours de la charge d'un condensateur**

Le but de l'exercice est de déterminer l'énergie dissipée, par effet Joule, au cours de la charge d'un condensateur.

On charge un condensateur de capacité $C = 5 \times 10^{-3}$ F, initialement non chargé, à l'aide d'un générateur idéal de tension continue de f.é.m. E à travers un conducteur ohmique de résistance $R = 200\ \Omega$ (Fig.1).

On ferme l'interrupteur K à l'instant $t_0 = 0$. Le circuit est alors parcouru par un courant d'intensité i à la date t.

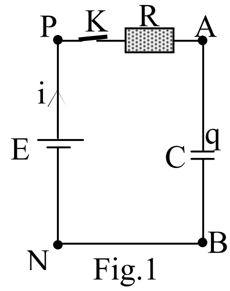


Fig.1

I- Exploitation d'un oscillogramme

Un oscilloscope fournit l'évolution de la tension $u_R = u_{PA}$ aux bornes du conducteur ohmique et celle de la tension $u_C = u_{AB}$ aux bornes du condensateur.

On obtient l'oscillogramme de la figure 2.

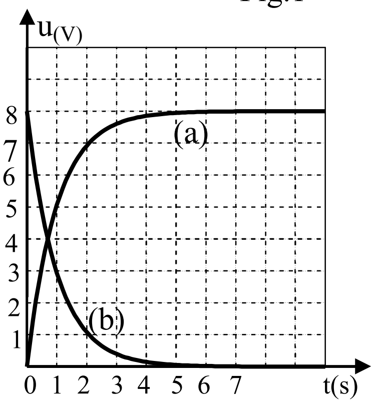


Fig.2

1) La courbe (b) représente l'évolution de u_R en fonction du temps. Pourquoi ?
2) En se référant à l'oscillogramme, déterminer:
   a) la valeur de E ;
   b) la valeur maximale I de i ;
   c) la constante de temps τ du dipôle RC.
3) Donner la durée au bout de laquelle la charge sera pratiquement complète.

II- Étude théorique de la charge

1) Montrer que l'équation différentielle en u_C s'écrit : $E = RC\dfrac{du_C}{dt} + u_C$.
2) Cette équation admet une solution de la forme $u_C = A e^{\frac{-t}{\tau}} + B$ où A, B et τ sont des constantes.
   a) Déterminer, à partir de l'équation différentielle, l'expression de B en fonction de E et celle de τ en fonction de R et C.
   b) En tenant compte de la condition initiale, déterminer l'expression de A en fonction de E.
3) Montrer que $i = \dfrac{E}{R}\, e^{\frac{-t}{\tau}}$.

III- Étude énergétique de la charge

1) Calculer la valeur de l'énergie électrique W_C emmagasinée dans le condensateur en fin de charge.
2) La puissance électrique instantanée délivrée par le générateur à la date t est $p = \dfrac{dW}{dt} = Ei$ où W est l'énergie électrique délivrée par le générateur entre les dates t_0 et t.
   a) Montrer que la valeur de l'énergie électrique délivrée par le générateur au cours de la charge complète est 0,32 J.
   b) Déduire alors l'énergie dissipée par effet Joule dans le conducteur ohmique.

Troisième exercice (6 ½ pts) Énergie d'ionisation

Données: $1\ eV = 1{,}6 \times 10^{-19}$ J ; constante de Planck : $h = 6{,}62 \times 10^{-34}$ J.s;
célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$.

Le but de cet exercice est de comparer l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène à celle de l'ion hélium He^{+} et à celle de l'ion lithium Li^{2+} portant chacun un seul électron périphérique. Les niveaux d'énergie quantifiés de chacun d'eux sont donnés par l'expression $E_n = -\dfrac{E_0}{n^2}$ où E_0 est l'énergie d'ionisation et n un entier positif non nul.

I - **Interprétation de l'existence des raies**

1) À quoi est due la présence d'une raie dans un spectre d'émission d'un atome ou d'un ion?
2) Expliquer brièvement le terme « niveaux d'énergie quantifiés ».

3) Une transition d'un niveau m à un niveau p (p < m) peut-elle se faire par absorption ou par émission d'un photon ? Pourquoi ?

II - Spectre de l'atome d'hydrogène

Pour l'atome d'hydrogène $E_0 = 13{,}6\,\text{eV}$.

1) Un atome d'hydrogène, se trouvant dans son état fondamental, interagit avec un photon d'énergie 14 eV.

a) Pourquoi ?

b) Une particule est alors libérée. Nommer cette particule et calculer son énergie cinétique.

2) **a)** Montrer que les longueurs d'onde λ des radiations émises par l'atome d'hydrogène s'expriment par: $\frac{1}{\lambda} = R_1(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{m^2})$ où m et p sont deux entiers positifs tels que m > p et R_1 est une constante positive dont on déterminera l'expression en fonction de E_0, h et c.

b) Vérifier que $R_1 = 1{,}096 \times 10^7\ \text{m}^{-1}$.

III - Spectre de l'ion hélium He^+

Le spectre de l'ion He^+ comporte, entre autres, deux raies dont les inverses des longueurs d'onde $\frac{1}{\lambda}$ sont respectivement égales à $3{,}292 \times 10^7\ \text{m}^{-1}$ et $3{,}901 \times 10^7\ \text{m}^{-1}$. Ces raies correspondent, respectivement, aux transitions : (m = 2 $\rightarrow$ p = 1) et (m = 3 $\rightarrow$ p = 1).

1) **a)** Montrer que les valeurs de $\frac{1}{\lambda}$ vérifient la relation $\frac{1}{\lambda} = R_2(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{m^2})$ où R_2 est une constante positive.

b) Déduire que $R_2 = 4{,}389 \times 10^7\ \text{m}^{-1}$.

2) Trouver la relation entre R_2 et R_1.

IV - Spectre de l'ion lithium Li^{2+}

De même, l'ion Li^{2+} peut émettre des radiations dont les longueurs d'ondes λ sont données par $\frac{1}{\lambda} = R_3(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{m^2})$ où m et p sont des entiers positifs tels que m > p et $R_3 = 9{,}860 \times 10^7\ \text{m}^{-1}$.

Trouver la relation entre R_3 et R_1.

V - Numéro atomique et énergie d'ionisation

Les numéros atomiques Z des éléments hydrogène, hélium et lithium sont respectivement 1, 2 et 3. Comparer l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène à celle de l'ion He^+ et à celle de l'ion Li^{2+}. Conclure.

<u>Quatrième exercice</u> (7 pts) Une analogie

Le but de l'exercice est de mettre en évidence l'analogie entre un oscillateur mécanique et un oscillateur électrique dans le cas des oscillations libres.

A- Oscillateur mécanique

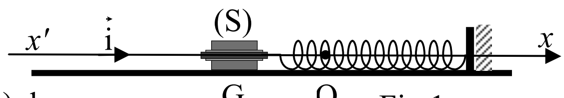


Fig.1

Un oscillateur mécanique horizontal est constitué d'un mobile (S) de masse m = 0,546 kg et d'un ressort à spires non jointives de constante de raideur $k = 5{,}70\ \text{N.m}^{-1}$ et de masse négligeable.

Le centre d'inertie G de (S) est initialement à sa position d'équilibre en O sur l'axe x'x.

(S), écarté de O d'une certaine distance, est abandonné sans vitesse à la date $t_0 = 0$. G effectue alors un mouvement rectiligne le long de l'axe x'x (fig.1). À une date t, son abscisse est x ($\overrightarrow{OG} = x\,\vec{i}$) et sa vitesse est $\vec{V}$ ($\vec{V} = V\vec{i} = \frac{dx}{dt}\vec{i}$).

Le plan horizontal contenant l'axe x'x est le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

I - Étude générale

1) Écrire l'expression de l'énergie mécanique E_m du système (oscillateur, Terre) en fonction de m, k, x et V.

2) Déterminer l'expression donnant $\frac{dE_m}{dt}$, la dérivée de E_m par rapport au temps.

II- Oscillations libres non amorties

On néglige tous les frottements.

1) Établir l'équation différentielle du second ordre décrivant l'évolution de x en fonction du temps.

2) Déduire l'expression de la fréquence propre f_0 de l'oscillateur et montrer que sa valeur est 0,51 Hz.

III- Oscillations libres amorties

En réalité, la force $\vec{F}$ due au frottement n'est pas négligeable et a pour expression : $\vec{F} = -\lambda\ \vec{V}$ à une date t, λ étant une constante positive.

1) Établir l'équation différentielle du second ordre décrivant l'évolution de x en fonction du temps sachant que $\frac{dE_m}{dt} = \vec{F}.\vec{V}$

2) La figure 2 montre les variations de x en fonction du temps.

a) Comment se manifeste l'effet de la force de frottement ?

b) Déterminer la pseudo- fréquence f des oscillations mécaniques.

c) Calculer la valeur de λ, sachant que f est donnée par l'expression :

$$f^2 = (f_0)^2 - \frac{1}{4\pi^2}\left(\frac{\lambda}{2m}\right)^2.$$

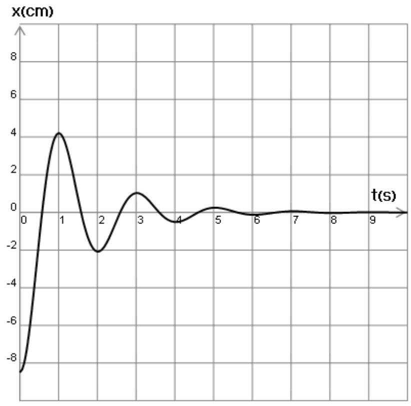


Fig.2

B- Oscillateur électrique

Cet oscillateur comporte, disposés en série, une bobine d'inductance L = 43 mH et de résistance r = 11 Ω, un conducteur ohmique de résistance R réglable, un interrupteur K et un condensateur de capacité C = 4,7 μF portant initialement la charge Q (Fig.3).

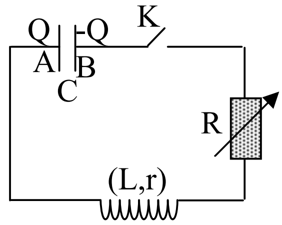


Fig. 3

On ferme l'interrupteur K à la date $t_0 = 0$. Le circuit est alors le siège d'oscillations électriques. À la date t, l'armature A porte la charge q et le circuit est parcouru par un courant d'intensité i (Fig.4).

1) Écrire l'expression de l'énergie électromagnétique E du circuit à la date t (énergie totale du circuit), en fonction de L, i, q et C.

2) Sachant que $\frac{dE}{dt} = -(R + r)i^2$, établir l'équation différentielle du second ordre qui décrit l'évolution de q en fonction du temps.

3) Donner l'expression de la fréquence propre f'_0 des oscillations électriques et montrer que sa valeur est 354,2 Hz.

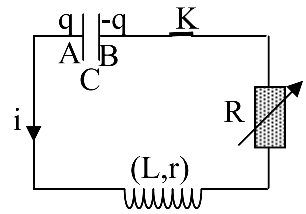


Fig. 4

4) La figure 5 donne les variations de q en fonction du temps.

a) À quoi est due la diminution de l'amplitude des oscillations avec le temps ?

b) Déterminer la pseudo-fréquence f' des oscillations électriques.

C- Une analogie

1) Faire correspondre à chacune des grandeurs mécaniques x, V, m, λ et k la grandeur électrique convenable.

2) a) Déduire la relation entre f', f'_0, L et (R + r).

b) Calculer la valeur de R.

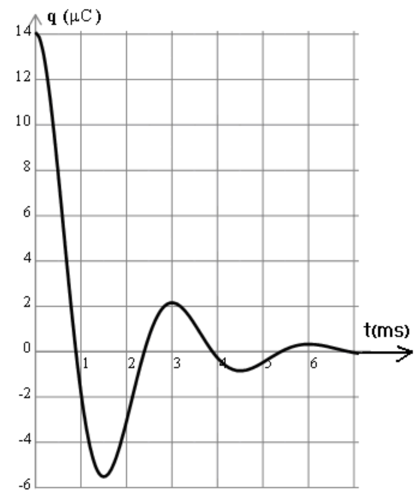


Fig.5

Solution

Premier exercice (7 ½ pts)

I- 1) $a = OG = \dfrac{m\frac{L}{2} - m\frac{L}{4}}{2m} = \dfrac{L}{8}$. **(1/2 pt)**

2) a- i) $E_{PP} = M_t\, gh_G = 2mg\,(a - a\cos\theta) = 2mga(1-\cos\theta)$. **(1/2pt)**

ii) L'énergie mécanique se conserve car les frottements sont négligeables
$\Rightarrow E_{mi} = E_{mf} \Rightarrow E_m = E_{C0} + E_{PP0} = E_0 + 0$ (pour $\theta = 0$).**(1/2pt)**

iii) $E_{mi} = E_{mf} \Rightarrow 1{,}95 \times 10^{-4} = 2mg.a\,(1 - \cos\theta_m) \Rightarrow \theta_m = 8^0$ **(1/2pt)**

b- i) $\Delta E_m = 2mga(1 - \cos\theta_{1m}) - E_0$ **(1/2pt)**

ii) $W = \Delta E_m = 2 \times 0{,}01 \times 10 \times 0{,}1(1 - 0{,}99255) - 1{,}95 \times 10^{-4}$
$= 1{,}49 \times 10^{-4} - 1{,}95 \times 10^{-4} = -4{,}6 \times 10^{-5}$ J. **(1/2 pt)**

II- 1) $I = 2m\dfrac{L^2}{4} = 32 \times 10^{-4}$ kg.m^2. **(1/2 pt)**

2) $\sigma_0 = I\,\theta_0' = I \times 2\pi N_0 = 2 \times 10^{-2}$ kg.m^2/s. **(3/4pt)**

3) a) Les forces appliquées à (S) sont : le poids $\mathbf{2}\,m\vec{g}$
réaction $\vec{R}$ de l'axe (Δ) et le couple de frottement. **(1/2pt)**

b) $\Sigma\,\mathcal{M}/\Delta = \mathcal{M}(\vec{R})/\Delta + M(\mathbf{2}\,m\vec{g})/\Delta + \mathcal{M}$ (du couple) $/\Delta$;
or $\mathcal{M}(\vec{R}) = \mathcal{M}$ (poids) = 0 (car les deux forces rencontrent l'axe) ;
$\Rightarrow \Sigma\,\mathcal{M} = \mathcal{M}$ **(1/2pt)**

c) $\dfrac{d\sigma}{dt} = \Sigma\,\mathcal{M} = \mathcal{M} \Rightarrow \sigma = \mathcal{M}\,t + \sigma_0$. **(1 pt)**

4) $\theta' = 0 \Rightarrow \sigma = 0 = \mathcal{M}\,t' + \sigma_0 \Rightarrow \mathcal{M} = -\dfrac{\sigma_0}{t'} = -3{,}78 \times 10^{-4}$ m.N. **(¾ pt)**

III- $\mathcal{M}\,\theta = -3{,}78 \times 10^{-4} \times \dfrac{7\times\pi}{180} = -4{,}6 \times 10^{-5}$ J et $W = -4{,}6 \times 10^{-5}$ J
$\Rightarrow W = \mathcal{M}\,\theta$ (θ en rad). **(1/2 pt)**

Deuxième exercice (6 ½ pts)

I- 1) Le courant i diminue avec le temps, [ou à la fin de charge i = 0] $\Rightarrow$ la tension $u_R = Ri$ est représentée par la courbe (b). **(1/2 pt)**

2) a) Explication : à la fin de la charge $u_C = E$; $E = 8$ V. **(1/2 pt)**

b) $RI = 8 \Rightarrow I = \frac{8}{200} = 0{,}04$ A. **(1/2 pt)**

c) Méthode **(1/2 pt)** $\tau = 1$s. **(1/4 pt)**

3) $5\,\tau = 5$ s **(1/4 pt)**

II- 1) $u_R = Ri = R\frac{dq}{dt} = RC\frac{du_C}{dt}$; alors $E = u_R + u_C = RC\frac{du_C}{dt} + u_C$ **(1/2 pt)**

2) a) $u_C = A\,e^{-\frac{t}{\tau}} + B \Rightarrow (-\frac{RCA}{\tau})\,e^{-\frac{t}{\tau}} + A\,e^{-\frac{t}{\tau}} + B = E \Rightarrow B = E$ et $\tau = RC$ **(1 pt)**

b) Pour $t = 0$ $u_C = 0 = A + B \Rightarrow A = -B = -E$. **(1/2 pt)**

3) $u_C = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ alors $i = C\frac{du_C}{dt} = C\frac{E}{RC}\,e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R}\,e^{-\frac{t}{\tau}}$. **(1/2 pt)**

III- 1) $W_C = \frac{1}{2}C\,E^2 = 0{,}16$ J **(1/2 pt)**

2) a) $\frac{dW}{dt} = Ei \Rightarrow W$ = primitive de Ei = primitive de $E\,\frac{E}{R}\,e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow$

$W = -CE^2\,e^{\frac{-t}{\tau}} + \text{cte}$.

Pour t = 0, l'énergie électrique délivrée par le générateur est nulle $\Rightarrow$
$\text{cte} = CE^2 \Rightarrow$ l'expression de l'énergie dissipée en fonction du temps est :

$W = CE^2(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$.

Pour $t = 5RC$ (ou $t \to \infty$), $1 - e^{\frac{-t}{\tau}} \to 1$ et $W = CE^2 = 0{,}32$ J **(3/4 pt)**

b) $W_R = W_e - W_C = CE^2 - \frac{1}{2}CE^2 = \frac{1}{2}CE^2 = 0{,}16$ J **(1/4 pt)**

Troisième exercice (6 ½ pts)

I -

1) La présence d'une raie dans un spectre d'émission est due au photon, de longueur d'onde déterminée, que l'atome peut émettre par transition d'un niveau d'énergie à un autre d'énergie inférieure. **(1/2 pt)**

2) L'énergie d'un atome ne peut prendre que des valeurs déterminées. **(1/2 pt)**

3) $E_P < E_m \Rightarrow$ l'atome perd de l'énergie par émission d'un photon. **(1/2 pt)**

II - 1) a) L'énergie du photon (14 eV) est supérieure à l'énergie d'ionisation (13,6 eV) . **(1/4 pt)**

b) Élecron ; $E_C = 14 - 13,6 = 0,4$ eV. **(1/2 pt)**

2) a) Quand un atome d'hydrogène passe d'un niveau m à un niveau inférieur p, il émet un photon d'énergie $h\nu = \frac{hc}{\lambda} = E_m - E_p = -\frac{E_0}{m^2} + \frac{E_0}{p^2} \Rightarrow$

$\frac{1}{\lambda} = \frac{E_0}{hc}(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{m^2})$ qui s'écrit sous la forme $\frac{1}{\lambda} = R_1(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{m^2})$ avec $R_1 = \frac{E_0}{hc}$ **(1 ¼ pt)**

b) $R_1 = \frac{E_0}{hc} = \frac{13,6 \times 1,6 \times 10^{-19}}{6,62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} = 1,096 \times 10^7\ m^{-1}$. **(1/2 pt)**

III - 1) a) On peut écrire : $R_2 = \frac{1}{\lambda(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{m^2})}$

Pour p = 1 et m = 2 on a $\frac{3,292 \times 10^7}{(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2})} = 4,389 \times 10^7\ m^{-1}$

Pour p = 1 et m = 3 on a $\frac{3,901 \times 10^7}{(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2})} = 4,389 \times 10^7\ m^{-1}$

La valeur de $\frac{1}{\lambda(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{m^2})}$ est la même pour les deux transitions. **(1 pt)**

b) Le calcul montre que $R_2 = 4,389 \times 10^7\ m^{-1}$. **(1/4 pt)**

2) $\frac{R_2}{R_1} = 4$ **(1/4 pt)**

IV - $\frac{R_3}{R_1} = 9$. **(1/4 pt)**

V- Lorsque Z augmente, R augmente et puisque $R = \frac{E_0}{hc} \Rightarrow$ L'énergie d'ionisation E_0 augmente lorsque Z augmente. **(3/4 pt)**

Quatrième exercice (7 pts)

A- I- 1) $E_m = ½ mV^2 + ½ kx^2$ **(1/4 pt)**

2) $\frac{dE_m}{dt} = mx'x'' + kxx'$ **(1/4 pt)**

II- 1) Dans ce cas $\frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow x'' + \frac{k}{m}x = 0$ **(1/4 pt)**

2) La pulsation propre des oscillations est $\boldsymbol{\omega_0} = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow$ la fréquence propre est

$\mathbf{f_0} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$. **(1/2 pt)**

$f_0 = 0{,}51$ Hz. **(1/4 pt)**

III- 1) $\frac{dE_m}{dt} = \vec{F}.\vec{v} \Rightarrow mx'x'' + kxx' = -\lambda x'x' \Rightarrow x'' + \frac{\lambda}{m}x' + \frac{k}{m}x = 0$. **(1/2 pt)**

2) a) L'effet de la force de frottement est une diminution de l'amplitude **(1/4 pt)**

b) La pseudo-période est T = 2 s $\Rightarrow$ f = 0,5 Hz. **(1/2 pt)**

c) $\lambda = 0{,}685$ kg/s. **(1/2 pt)**

B-1) $E = ½ Li^2 + ½ \frac{q^2}{C}$. **(1/4 pt)**

2) $\frac{dE}{dt} = -(R+r)i^2 \Rightarrow Lii' + \frac{1}{C}qq'$; avec $i = -q'$ et $i' = -q''$ on a :

$Lq'q'' + \frac{1}{C}qq' = -(R + r)(q')^2 \Rightarrow q'' + \frac{(R+r)}{L}q' + \frac{1}{LC}q = 0$. **(1/2 pt)**

3) $\mathbf{f'_0} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. $f'_0 = 354{,}2$ Hz. **(1/2 pt)**

4) a) Elle est due à la perte de l'énergie du circuit par effet Joule. **(1/4 pt)**

b) T = 3 ms $\Rightarrow$ f' = 333,3 Hz. **(1/2 pt)**

C –

1) x ---------> q **(1/4 pt)**

V----------> i **(1/4 pt)**

m ---------> L **(1/4 pt)**

λ ---------> (R+r) **(1/4 pt)**

k ---------> $\frac{1}{C}$ **(1/4 pt)**

2) a) $\mathbf{f'^2 = (f'_0)^2} - \frac{1}{4\pi^2}\left(\frac{R+r}{2L}\right)^2$ **(1/4 pt)**

b) R = 54 Ω. **(1/4 pt)**

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 (7 pts) Oscillations mécaniques

On dispose d'un disque (D) troué, de masse M = 59 g , pouvant tourner, sans frottement, autour d'un axe (Δ) horizontal perpendiculaire à son plan et passant par O, O étant le centre du disque homogène non troué.
Le centre de gravité G de (D) est à la distance a de O (a = OG) .
Le but de l'exercice est de déterminer la valeur de a et celle du moment d'inertie I du disque (D) par rapport à l'axe (Δ).
Le plan horizontal passant par O est le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur .

Prendre : $\sin\theta = \theta$ et $\cos\theta = 1 - \frac{\theta^2}{2}$ pour des angles θ faibles , θ étant en radian ; $g = 10\ m/s^2$; $\pi^2 = 10$.

I – Pendule pesant

Le disque (D) est au repos dans sa position d'équilibre stable. On l'écarte d'un angle θ_m faible et on le lâche sans vitesse à la date $t_0 = 0$. Le disque, constituant ainsi un pendule pesant, commence à osciller sans frottement de part et d'autre de sa position d'équilibre avec une période propre T_1 (Fig.1).

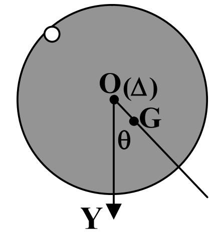


Fig.1

À un instant t, la position de (D) est repérée par son élongation angulaire θ que fait la verticale OY avec OG , et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$.

1) Écrire, à l'instant t, l'expression de l'énergie cinétique du pendule en fonction de I et θ' .
2) Montrer que l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur du système (pendule, Terre) est $E_P = -\ M\,g\,a\cos\theta$.
3) Écrire l'expression de l'énergie mécanique du système (pendule, Terre) en fonction de M, g, a, θ , θ′ et I.
4) Établir l'équation différentielle du second ordre en θ qui régit le mouvement de (D).
5) Déduire que l'expression de la période propre T_1, pour les faibles oscillations, s'écrit sous la forme :
$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{I}{Mga}}$$

II- Système oscillant

Le disque (D) est soudé maintenant à deux fils de torsion, OA et OB (OA = OB) identiques et horizontaux (Fig.2).

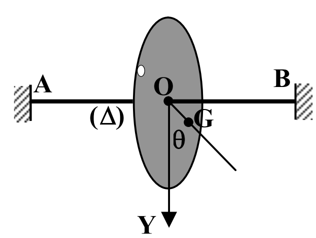


Fig.2

Les extrémités A et B sont fixes. La constante de torsion de chaque fil est $C = 2{,}8\times10^{-3}$ m.N.
À partir de sa position d'équilibre stable, on tourne (D) d'un angle θ_m faible autour de AB, confondu avec (Δ) ; les deux fils sont tordus, dans le même sens, d'un même angle θ_m. Abandonné sans vitesse à l'instant $t_0 = 0$, (D) commence à osciller autour de l'axe horizontal AB. À un instant t, la position de (D) est repérée par son élongation angulaire θ que fait la verticale OY avec OG, (chaque fil est alors tordu de θ) et sa vitesse angulaire est θ′. Le système oscillant effectue ainsi un mouvement périodique de période propre T_2 .

1) **a)** Écrire, à un instant t, l'expression de l'énergie potentielle de torsion des deux fils en fonction de C et θ.

b) Donner alors l'expression de l'énergie potentielle du système (système oscillant, Terre) en fonction de C, θ, M, g et a.

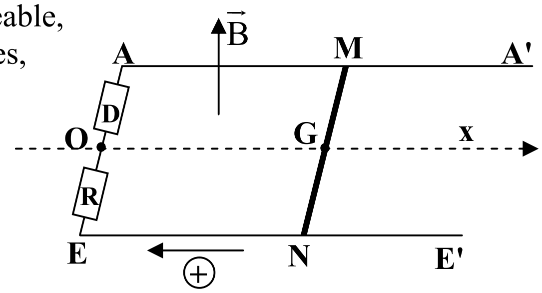
c) Déduire l'expression de l'énergie mécanique du système (système oscillant , Terre).

2) Déterminer l'expression de la période propre T_2 en fonction de I, M, g, a et C.

III- Valeurs de a et I

Sachant que les valeurs mesurées des périodes sont T_1= 4,77 s et T_2= 2,45 s et en tenant compte des résultats des parties I et II, déduire les valeurs de a et I.

Deuxième exercice (7pts) Mode de charge d'un condensateur



Une tige métallique MN, de longueur ℓ =1m et de résistance négligeable, peut se déplacer sans frottement sur deux rails horizontaux, parallèles, rectilignes et très longs, AA' et EE', de résistances négligeables. Durant son déplacement, la tige reste perpendiculaire aux rails. Un dipôle (D) et un conducteur ohmique de résistance R = 100 Ω sont reliés aux deux rails par des fils de connexion. L'ensemble déjà cité est placé dans un champ magnétique uniforme vertical ascendant $\vec{B}$ d'intensité B = 0,8 T (figure ci-contre).

À l'instant t_0 = 0, le centre de gravité G de la tige est en O. Un dispositif approprié impose à la tige un mouvement de translation uniforme, de gauche à droite, de vitesse v = 0,5 m/s.

À une date t, G est repéré par son abscisse x = $\overline{OG}$ sur l'axe x'x.

1) Trouver, à la date t, l'expression du flux magnétique qui traverse la surface AMNE en fonction de B, ℓ et x en respectant le sens positif indiqué sur la figure.

2) **a)** Expliquer l'apparition d'une f.é.m. induite e entre les bornes M et N de la tige et montrer que sa valeur est 0,4 V .

b) À la date t, un courant induit d'intensité i passe dans le circuit. Déterminer son sens.

c) Faire le schéma montrant le générateur équivalent entre M et N en précisant sa borne positive.

3) Le dipôle (D) est un condensateur de capacité C = 10^{-2} F. Au cours du déplacement de la tige, (D) subit le phénomène de charge électrique.

a) Établir l'équation différentielle qui régit l'évolution de $u_C = u_{OA}$ en fonction du temps.

b) **b)** **i)** Calculer la valeur de la constante de temps du circuit ainsi constitué.

ii) Au bout de quelle durée la charge du condensateur est-elle pratiquement complète?

c) À la fin de la charge, la tension aux bornes du condensateur est U et sa charge est Q. Calculer U et Q.

d) Déterminer les valeurs de i aux instants: t_0 = 0 et t_1 = 6 s.

e) À la date t_1 = 6 s, la tige est arrêtée. Le circuit est de nouveau parcouru par un courant.

i) À quoi est dû ce courant ?

ii) Préciser la durée de passage de ce courant.

Troisième exercice (7 pts) Les deux aspects de la lumière

A – Diffraction

Une source de radiation monochromatique de longueur d'onde dans l'air λ éclaire sous une incidence normale une fente horizontale F de largeur a réglable pratiquée dans un écran opaque (P). Un écran d'observation (E) est placé parallèlement à (P) à une distance D = 5 m (Fig.1).

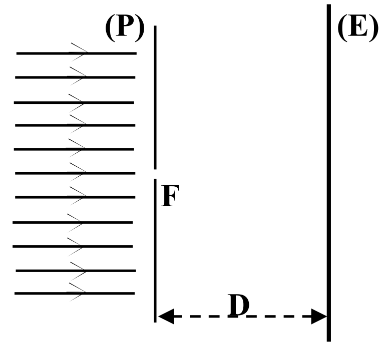


Fig. 1

1) Pour $\lambda = 0{,}5\ \mu m$, représenter par un schéma l'aspect du faisceau de lumière émergent de la fente dans chacun des deux cas suivants :
- largeur de la fente a = 2 cm.
- largeur de la fente a = 0,4 mm.

2) La largeur de la fente est fixée maintenant à 0,4 mm et la radiation utilisée appartient au domaine visible (spectre visible : $0{,}4\ \mu m \le \lambda \le 0{,}8\ \mu m$).

a) Écrire, dans ce cas, l'expression donnant la largeur angulaire de la frange brillante centrale en fonction de λ et a.

b) Montrer que la largeur linéaire de cette frange est donnée par : $L = \dfrac{2D\lambda}{a}$.

c) Calculer les largeurs linéaires L_{rouge} et L_{violet}, en utilisant successivement une radiation rouge ($\lambda_{rouge} = 0{,}8\ \mu m$) et une radiation violette ($\lambda_{violet} = 0{,}4\ \mu m$).

d) On éclaire la fente avec une lumière blanche. On observe sur toute la largeur L_{violet} une lumière blanche. Justifier.

B - Effet photoélectrique

Une source de longueur d'onde dans l'air $\lambda = 0{,}5\ \mu m$ éclaire séparément deux plaques métalliques, l'une en césium et l'autre en zinc.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs en eV du travail de sortie W_s (énergie d'extraction) pour quelques métaux.

Métal	Césium	Rubidium	Potassium	Sodium	Zinc
W_s (eV)	1,89	2,13	2,15	2,27	4,31

On donne : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s ; 1 eV = $1{,}6\times 10^{-19}$J ; $c = 3 \times 10^{8}$ m/s.

1) Calculer, en J et en eV, l'énergie d'un photon incident.

2) Pour quel métal l'effet photoélectrique se manifeste t-il ? Justifier.

3) Calculer en eV l'énergie cinétique maximale d'un électron émis.

4) La plaque de césium reçoit un faisceau lumineux monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0{,}5\ \mu m$, de puissance $P = 3978\times10^{-4}$ W. Le nombre des électrons émis en une seconde est alors $n = 10^{16}$.

a) Calculer le nombre de photons N reçus par la plaque pendant une seconde.

b) Le rendement quantique r de la plaque est le rapport du nombre des électrons émis par seconde au nombre des photons reçus pendant le même temps.
Calculer r.

C - Dualité onde –corpuscule

La théorie ondulatoire de la lumière sert à interpréter le phénomène de diffraction. Cette théorie se montre incapable d'interpréter l'effet photoélectrique. Pourquoi ?

Quatrième exercice (6 ½ pts) Rôle d'une bobine dans un circuit

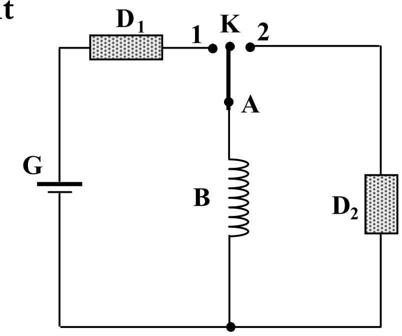


Fig. 1

On réalise le circuit schématisé par la figure 1 où :
G est un générateur de tension continue de f.é.m E = 9 V et de résistance interne négligeable ;
(D_1) est un conducteur ohmique de résistance $R_1 = 90\ \Omega$;
(D_2) est un conducteur ohmique de résistance R_2 ;
(B) est une bobine d'inductance L = 1 H et de résistance négligeable ;
(K) est un commutateur.

I - Établissement du courant dans le dipôle (R_1, L)

On place l'interrupteur en position 1 à une date choisie comme origine des temps ($t_0 = 0$).
À une date t, le circuit est parcouru par un courant d'intensité i_1 .

1) Établir l'équation différentielle en i_1.

2) Vérifier que $i_1 = \frac{E}{R_1}(1 - e^{\frac{-R_1}{L}t})$ est solution de l'équation différentielle précédente.

3) **a)** Trouver, en régime permanent, l'expression de l'intensité I_0 du courant en fonction de E et de R_1.
c) Calculer I_0.

II - Annulation du courant dans le dipôle (R_2, L) et allumage d'une lampe

A - Annulation du courant dans le dipôle (R_2, L)

À une date choisie comme une nouvelle origine des temps ($t_0 = 0$), on bascule l'interrupteur K en position 2.
À une date t, le circuit est alors parcouru par un courant d'intensité i_2 .

1) Déterminer le sens de ce courant.

2) Établir l'équation différentielle en i_2 .

3) La solution de cette équation différentielle est de la forme $i_2 = \alpha\ e^{-\beta t}$.
Montrer que $\alpha = I_0$ et $\beta = \frac{R_2}{L}$.

B - Durée d'allumage d'une lampe

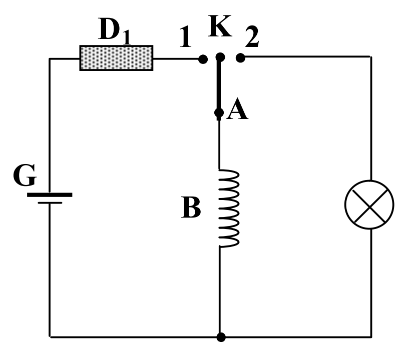


Fig. 2

Le conducteur ohmique D_2 est une lampe de résistance $R_2 = 400\ \Omega$ (fig. 2).
Cette lampe s'allume lorsqu'elle est parcourue par un courant d'intensité au moins égale 20 mA.

1) Montrer que la lampe s'allume juste à l'instant de fermeture du circuit.

2) Déterminer la durée d'allumage de la lampe.

Solution

<u>Premier exercice :</u> (7 pts)

I-

1) $E_C = \frac{1}{2} I(\theta')^2$. **(¼ pt)**

2) $E_P = -Mgh$; $h = a\cos\theta$ (figure) $\Rightarrow E_P = -Mga\cos\theta$. **(¾ pt)**

3) $E_m = E_C + E_P = \frac{1}{2} I(\theta')^2 - Mga\cos\theta$. **(¼ pt)**

4) Les frottements étant négligeables, $\Rightarrow \frac{dE_m}{dt} = 0 = I\theta''\theta' + Mga\theta'\sin\theta$.

Pour les angles faibles, on a $\sin\theta = \theta$ (rad) $\Rightarrow I\theta''\theta' + Mga\theta'\theta = 0$

$\Rightarrow I\theta'' + Mga\theta = 0 \Rightarrow \theta'' + \frac{Mga}{I}\theta = 0$. **(¾ pt)**

5) Le mouvement est sinusoïdal de rotation de pulsation $\omega_1 = \sqrt{\frac{Mga}{I}}$;

La période du mouvement est $T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{Mga}}$. **(½pt)**

II-

1) **a)** $E_{pt} = \frac{1}{2} C\theta^2 + \frac{1}{2} C\theta^2 = C\theta^2$ **(½pt)**

b) $E_P = E_{PP} + E_{pt} = -Mga\cos\theta + C\theta^2$. **(½pt)**

c) $E_m = \frac{1}{2} I(\theta')^2 - Mga\cos\theta + C\theta^2$. **(½pt)**

2) $\frac{dE_m}{dt} = 0 = I\theta''\theta' + Mga\theta'\sin\theta + 2C\theta\theta' \Rightarrow$

$I\theta'' + Mga\theta + 2C\theta = 0 \Rightarrow \theta'' + [\frac{Mga + 2C}{I}]\theta = 0$. **(1 pt)**

$T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{Mga + 2C}}$. **(½ pt)**

III- $a = 3{,}4$ mm ; $I = 1{,}14 \times 10^{-3}$ kgm^2. **(1½ pt)**

Deuxième exercice : **(7pts)**

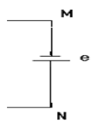
1) $\Phi = B\,S\cos 180 = -BS = -B\ell x$ **(½ pt)**

2) **a)** Φ varie car S varie $\Rightarrow e = -\frac{d\varphi}{dt}$ existe. **(½ pt)**

$$e = B\ell\frac{dx}{dt} = B\ell v = 0{,}8\times 1\times 0{,}5 = 0{,}4\ \text{V}.$$ **(¾ pt)**

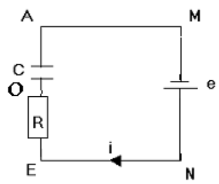
b) Le courant induit s'oppose, par ses effets électromagnétiques, à la cause qui lui a donné naissance. La force de Laplace doit être donc de sens opposé au sens du déplacement de la tige ; le courant induit circule donc dans la tige du point M vers le point N. **(½ pt)**

c) (½ pt)



3) **a)** $e = Ri + u_C = RC\frac{du_C}{dt} + u_C$

(½ pt)



b) i) $\tau = RC = 100\times 10^{-2} = 1$ s. **(½ pt)**

ii) La charge sera pratiquement totale au bout de $5\,\tau = 5$ s. **(½ pt)**

c) $U = e = 0{,}4$ V. $Q = CU = 10^{-2}\times 0{,}4 = 0{,}004$ C. **(1 pt)**

d) $e = Ri + u_C$. Pour $t_0 = 0$, $u_C = 0 \Rightarrow e = RI_0 \Rightarrow I_0 = \frac{0,4}{100} = 4$ mA

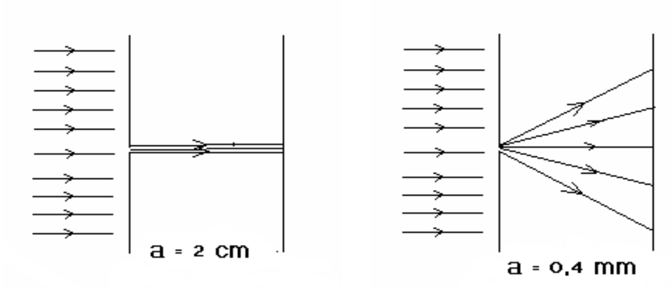
Pour t = 6 s, la charge du cond. est complète $\Rightarrow u_C = e \Rightarrow i = 0$. **(1 pt)**

e) i) À la décharge du condensateur dans le conducteur ohmique **(¼ pt)**

ii) La durée de passage du courant de décharge est $5\,\tau = 5\,RC = 5$ s **(½ pt)**

Troisième exercice : **(7 pts)**

A- 1) (½ pt)



2) a) $\alpha = \frac{2\lambda}{a}$. **(½ pt)**

b) $\alpha = \frac{2\lambda}{a} = \frac{L}{D}$ (Figure) $\Rightarrow L = \frac{2D\lambda}{a}$. **(¾ pt)**

c) $L_{rouge} = \frac{2D\lambda_{rouge}}{a} = 2$ cm ; $\lambda_{rouge} = 2\,\lambda_{violet}$

$\Rightarrow L_{rouge} = 2\,L_{violet} \quad \Rightarrow L_{violet} = 1$ cm **(½ pt)**

d) La largeur L d'une tâche centrale est : $1\text{cm} \leq L \leq 2$ cm.

Toutes les taches brillantes centrales se superposent sur la longueur 1 cm : on obtient de la lumière blanche. **(¾ pt)**

B-1) $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{0,5 \times 10^{-6}} = 39,78 \times 10^{-20}$ J

$E = \frac{39,78 \times 10^{-20}}{1,6 \times 10^{-19}}$ eV = 2,49 eV. **(1¼ pt)**

2) il y a effet photoélectrique pour le césium car : 2,49 > 1,89

2,49 < 4,31 $\Rightarrow$ il n'y a pas effet photoélectrique pour le zinc. **(½ pt)**

3) $E = W_S + E_{Cmax} \Rightarrow E_{Cmax} = 2,49 - 1,89 = 0,6$ eV. **(¾ pt)**

4) **a)** $P = NE \Rightarrow N = \frac{3978 \times 10^{-4}}{39,78 \times 10^{-20}} = 10^{18}$ photons reçus /s. **(½ pt)**

b) rendement quantique = $\frac{n}{N} = \frac{10^{16}}{10^{18}} = 0,01 = 1\%$.**(½ pt)**

C - D'après la théorie ondulatoire, l'onde apporte progressivement et continuellement de l'énergie à la matière éclairée ; ceci implique que quelle que soit la fréquence de la radiation incidente, un éclairage continu de la matière , pendant une durée suffisante, doit donner lieu à l'émission photoélectrique. Ce qui n'est pas le cas. **(½ pt)**

Quatrième exercice : (6 ½ pts)

I- 1) $E = R_1 i_1 + L\dfrac{di_1}{dt}$ **(½ pt)**

2) $\dfrac{di_1}{dt} = \dfrac{E}{L}e^{-\frac{R_1}{L}t} \Rightarrow R_1\left[\dfrac{E}{R_1}(1 - e^{-\frac{R_1}{L}t})\right] + L(\dfrac{E}{L}e^{-\frac{R_1}{L}t}) = E$ **[vérifié] (½ pt)**

3) a) En régime permanent, i_1= cte $\Rightarrow \dfrac{di_1}{dt} = 0$; l'équation différentielle s'écrit dans ce cas : $E = R_1 I_0 + 0 \Rightarrow I_0 = \dfrac{E}{R_1}$. **(¾ pt)**

b) $I_0 = \dfrac{9}{90} = 0{,}1$ A. **(¼ pt)**

II-

A-1) Pendant l'annulation du courant, la bobine, d'après la loi de Lenz, prolonge la circulation du courant dans le circuit ; le courant conserve donc le sens de A à D dans la bobine. **(¾ pt)**

2) $u_{(bobine)} = u_{(D2)} \Rightarrow u_{AD} = u_{AD} \Rightarrow L\dfrac{di_2}{dt} = -R_2 i_2 \Rightarrow L\dfrac{di_2}{dt} + R_2 i_2 = 0$ **(½ pt)**

3) $\dfrac{di_2}{dt} = -\alpha\beta e^{-\beta t} \Rightarrow -L\alpha\beta e^{-\beta t} + R_2\alpha e^{-\beta t} = 0 \Rightarrow \alpha e^{-\beta t}(R_2 - L\beta) = 0.$

$R_2 - L\beta = 0 \Rightarrow \beta = \dfrac{R_2}{L}$. **(¾ pt)**

Pour t = 0 , $i_2 = I_0 = \alpha = \dfrac{E}{R_1}$.**(½ pt)**

B – 1) Juste à la fermeture du circuit, la lampe est traversée par un courant d'intensité $I_0 = 0{,}1$ A > 0,02 A,. donc la lampe s'allume. **(½ pt)**

2) $\alpha = 0{,}1$ A et $\beta = \dfrac{400}{1} = 400\ s^{-1} \Rightarrow i_2 = 0{,}1\ e^{-400t}$ **(½ pt)**

$0{,}02 = 0{,}1\ e^{-400t} \Rightarrow \dfrac{0{,}02}{0{,}1} = e^{-400t} \Rightarrow -400\,t = \ln 0{,}2 \Rightarrow t = 4$ ms **(1pt)**

دورة سنة 2008 العادية	امتحانات الشهادة الثانوية العامة فرع 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)
Pendule pesant

Un pendule pesant est composé d'une tige AB , de masse négligeable, pouvant osciller, sans frottement, dans un plan vertical , autour d'un axe horizontal (Δ) passant par un point O de la tige; on pose OB = d. On fixe au point B une particule de masse M, supposée ponctuelle, et, sur la partie OA de la tige, peut glisser une particule C de masse m < M, située à une distance OC = x de valeur réglable. Soit a = OG, la distance entre O et le centre de gravité G du pendule (Fig.1). Le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur est le plan horizontal passant par O. $g = 10 m/s^2$; $\pi^2 = 10$; $\sin\theta = \theta$ et $\cos\theta = 1 - \frac{\theta^2}{2}$, (θ en rad) pour $\theta < 10^o$.

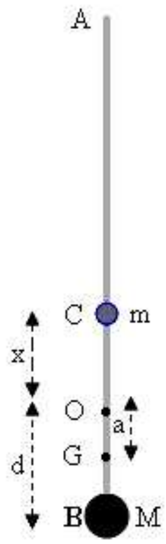


Fig. 1

A- Étude théorique

1- Montrer que la position de G est donnée par $a = \frac{Md - mx}{(M+m)}$.

2- Trouver l'expression du moment d'inertie I du pendule par rapport à l'axe (Δ) en fonction de m, x, M et d.

3- On écarte le pendule ainsi constitué, d'un angle θ_0 à partir de sa position d'équilibre stable, puis on l'abandonne sans vitesse à la date $t_0 = 0$. Le pendule oscille alors autour de (Δ), de part et d'autre de sa position d'équilibre stable. À une date t, la position du pendule est repérée par son élongation angulaire θ que fait la verticale passant par O avec OG, et sa vitesse angulaire est $\theta' = d\theta/dt$.

a) Écrire, à l'instant t, l'expression de l'énergie cinétique du pendule en fonction de I et θ'.

b) Montrer que l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur du système (pendule, Terre) est $E_P = -(M+m)\, g\, a \cos\theta$.

c) Écrire l'expression de l'énergie mécanique du système (pendule, Terre) en fonction de M, m, g, a, θ, I et θ'.

d) Établir l'équation différentielle du second ordre en θ qui régit le mouvement du pendule.

e) Déduire que l'expression de la période propre, pour les faibles oscillations, s'écrit sous la forme :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{(M+m)ga}}.$$

f) Trouver l'expression de la période T, en fonction de M, m, d, g et x.

B- Application : métronome

Un métronome est un instrument permettant de régler la vitesse avec laquelle doit être jouée une musique. Le pendule pesant étudié dans la partie A représente un métronome où M = 50 g, m = 5 g et d = 2 cm. Le graphique de la figure 2 représente les variations de la période T de ce métronome en fonction de la distance x .

1) Trouver, dans ce cas, l'expression de la période T du métronome en fonction de x.

2) Le chef de l'orchestre, se référant au métronome pour jouer une répartition, déplace C le long de OA, pour avoir le rythme de la pièce musicale. Le rythme est indiqué par des termes hérités de l'italien pour les partitions classiques :

Nom	Indication	Période (en s)
Grave	Très lent	T = 1,5
Lento	Lent	$1 \leq T \leq 1,1$
Moderato	Modérément	$0,6 \leq T \leq 0,75$
Prestissimo	Très rapide	$0,28 \leq T \leq 0,42$

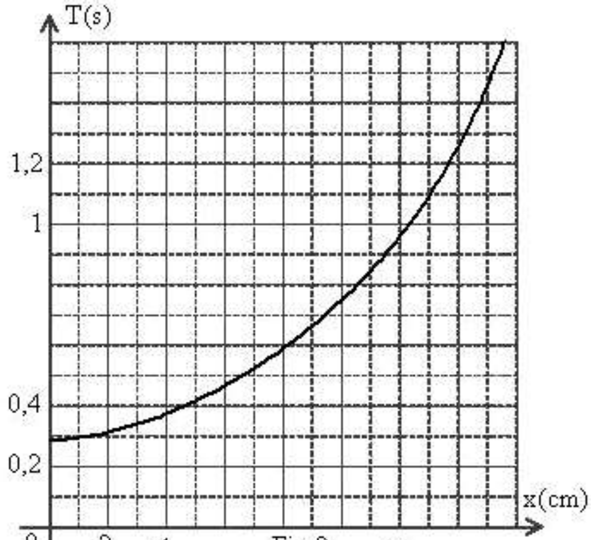


Fig.2

Déterminer, par une méthode de votre choix, les positions entre lesquelles, le chef de l'orchestre peut déplacer C, pour régler la vitesse au rythme **Lento**.

Deuxième exercice (7,5 points)
Détermination de la capacité d'un condensateur

Dans le but de déterminer la capacité C d'un condensateur, on réalise deux expériences.

A- Première expérience

On place le condensateur en série, dans un circuit comportant une bobine d'inductance L = 0,32 H, un conducteur ohmique de résistance R = 100Ω et un générateur G (GBF) délivrant, entre ses bornes, la tension alternative sinusoïdale :

$u_g = u_{DB} = 8\sin(100\pi t - \frac{\pi}{3})$ (u_g en V ; t en s) (Fig.1).

Le circuit est alors parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité $i = I_m \sin(100\pi t)$, (i en A ; t en s).

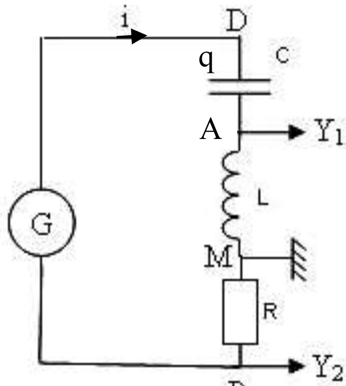


Fig.1

Un oscilloscope, branché dans le circuit, permet de visualiser, sur la voie Y_1, la tension aux bornes de la bobine $u_b = u_{AM}$ et, sur la voie Y_2, la tension aux bornes du conducteur ohmique $u_R = u_{MB}$; le bouton « Inv » (inversion) de la voie Y_2 est enfoncé.
Sur l'écran de l'oscilloscope, on observe les oscillogrammes (1) et (2) représentés sur la figure 2.
La sensibilité verticale S_v est la même sur les deux voies : S_v= 1 V/div. ($0,32\pi=1$).

1) Pourquoi a-t-on enfoncé le bouton« Inv » ?

2) En se référant à la figure 2 :

a) déterminer la sensibilité horizontale S_h adoptée sur l'oscilloscope.

b) déterminer le déphasage entre u_b et u_R.

c) laquelle des deux tensions est en avance de phase sur l'autre ?

d) déduire que la bobine a une résistance négligeable.

e) déterminer la valeur de I_m.

3) Déterminer l'expression de u_b en fonction du temps t.

4) Montrer que l'expression de la tension $u_c = u_{DA}$ est :

$u_c = - \frac{I_m}{100\pi C}\cos(100\pi t)$.

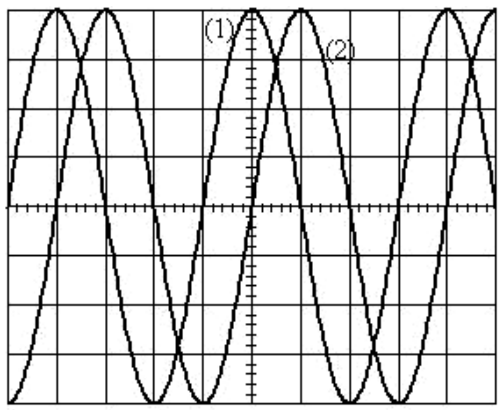


Fig.2

5) En appliquant la loi d'additivité des tensions et en donnant à t une valeur particulière, déterminer la valeur de C.

B- Deuxième expérience

Le condensateur, initialement chargé, est branché, maintenant, aux bornes de la bobine d'inductance L = 0,32 H (Fig.3).
L'oscilloscope, réglé sur la sensibilité horizontale S_h = 2 ms/div, permet de visualiser la tension u_C aux bornes du condensateur (Fig.4).

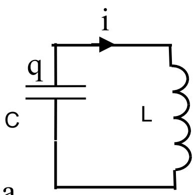


Fig.3

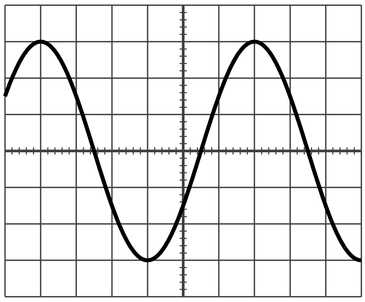


Fig.4

1) a) Montrer que la tension u_C est sinusoïdale de période T.

b) Déterminer T en fonction de L et C.

2) Calculer la valeur de C.

Troisième exercice (7,5 points)
Indice de réfraction d'un verre

On dispose d'une lame de verre à faces parallèles d'épaisseur e = 5 µm et d'indice n, et d'une source S, de lumière blanche, munie d'un filtre de façon que le dispositif des fentes de Young reçoive de la lumière monochromatique de longueur d'onde λ dans l'air de valeur réglable. Le but de cet exercice est d'étudier comment varie la valeur de n en fonction de λ.

A- Interférences lumineuses – Interfrange

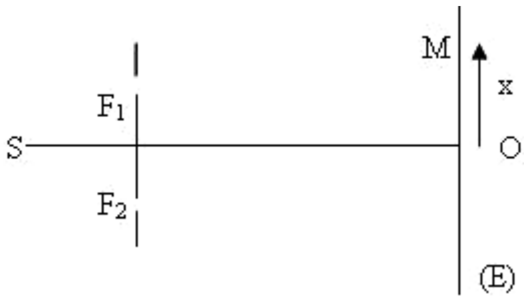
Le dispositif des fentes de Young est constitué de deux fentes F_1 et F_2 très fines, parallèles et distantes de a = 0,1 mm, et d'un écran d'observation (E) disposé parallèlement au plan des fentes à une distance D = 1 m de ce plan.

1) F_1 et F_2 sont éclairées par une radiation monochromatique de longueur d'onde λ provenant de S placée à égale distance de F_1 et F_2

a) F_1 et F_2 jouissent de deux propriétés essentielles pour qu'un phénomène d'interférences observable ait lieu. Lesquelles ?

b) Décrire le système des franges obtenu sur (E).

c) Au point O de l'écran, équidistant de F_1 et F_2, on observe une frange brillante. Pourquoi ?



2) On admet qu'en un point M de (E), tel que OM = x, la différence de marche optique dans l'air ou dans le vide est donnée par : $\delta = F_2M - F_1M = \frac{ax}{D}$

a) Déterminer l'expression de x_k correspondant au centre de la $k^{ème}$ frange brillante.

b) En déduire l'expression de l'interfrange i en fonction de λ, D et a.

B- Interposition de la lame

On place maintenant, la lame de verre, juste derrière la fente F_1. c et v sont, respectivement, les vitesses de propagation de la lumière dans le vide (pratiquement dans l'air) et dans la lame.

1) La lumière traverse la lame d'épaisseur e pendant la durée τ. Exprimer τ en fonction de e et v.

2) Exprimer la distance d, parcourue par la lumière dans l'air pendant la durée τ, en fonction de n et e.

3) Déduire que la nouvelle différence de marche optique au point M est donnée par :

$$\delta' = F_2M - F_1M = \frac{ax}{D} - e(n-1).$$

C- Mesure de n

N.B:

- L'interposition de la lame ne modifie pas l'expression de l'interfrange i.
- Dans cette question, le calcul de n doit être fait avec 3 chiffres après la virgule.

1) F_1 et F_2 sont éclairées par la radiation rouge, de longueur d'onde λ_1 = 768 nm, provenant de S. Le centre de la frange centrale se forme en O', position occupée par le centre de la $4^{ème}$ frange brillante en l'absence de la lame. Déterminer la valeur n_1 de l'indice de la lame.
2) F_1 et F_2 sont éclairées par la radiation violette, de longueur d'onde λ_2 = 434 nm, provenant de S. Le centre de la frange centrale se forme en O'', position occupée par le centre de la $8^{ème}$ frange sombre en l'absence de la lame. Déterminer la valeur n_2 de l'indice de la lame.
3) Peut-on alors parler de valeur d'indice de réfraction d'un milieu transparent donné sans tenir compte de la radiation utilisée ? Pourquoi ?

Quatrième exercice (7,5 points)
Fission nucléaire

Le but de cet exercice est de mettre en évidence certaines propriétés de la fission nucléaire.
Données: $1u = 1{,}66 \times 10^{-27}$Kg ; $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$; masse d'un neutron : $m({}_0^1n)$ = 1,008u.
Masses des noyaux : $m({}^{235}U)$ = 234,964 u; $m({}^{92}Zr)$ = 91,872 u; $m({}^{142}Te)$ = 141,869 u.

A- Énergie de la fission
L'une des réactions de fission de l'uranium 235, dans une centrale nucléaire, peut s'écrire sous la forme :

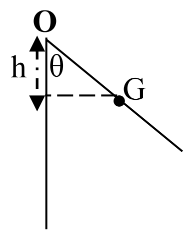
$$ {}_{92}^{235}U + {}_0^1n \rightarrow {}_{40}^{92}Zr + {}_Z^{142}Te + x\,{}_0^1n . $$

1) Déterminer Z et x en précisant les lois utilisées.
2) Calculer l'énergie produite par la fission d'un noyau d'uranium 235.
3) Déterminer la masse d'uranium 235 utilisée pour faire fonctionner cette centrale durant une année, sachant qu'elle fournit une puissance électrique de 900 MW, et que son rendement est égal à 30 %.

B- Produits de la fission
Parmi les produits de la fission, on trouve, dans le cœur de la centrale nucléaire, les radioéléments ${}_{55}^{137}Cs$ et ${}_{37}^{87}Rb$ de périodes respectives 30 ans et 5×10^{11} ans. Ces radioéléments sont placés dans une piscine dite de refroidissement, chacun des noyaux ${}_{55}^{137}Cs$ et ${}_{37}^{87}Rb$ ayant respectivement la masse 137 u et 87 u.
1) On suppose qu'on a introduit dans la piscine 1 g de chacun des radioéléments à la date $t_0 = 0$.
  a) Calculer le nombre des noyaux de chaque radioélément à la date $t_0 = 0$.
  b) Déduire le nombre des noyaux qui restent, de chaque radioélément, au bout de 3 ans de séjour dans la piscine.
  c) Déterminer le nombre des désintégrations par jour de chaque radioélément, au moment de la sortie de la piscine (3 ans après).
2) Si on admet que, pour l'homme, le danger d'un radioélément est fonction des radiations cumulées par jour, quel est, parmi les deux, le radioélément le plus dangereux ? Justifier.

C- Probabilité de la fission
Dans un dictionnaire de physique, on peut lire que la probabilité pour un noyau ${}_Z^AX$ d'être fissile est proportionnelle au rapport $\frac{Z^2}{A}$, nommé facteur de stabilité du noyau. Cette probabilité n'est plus nulle dès que ce rapport dépasse 35.
1) Que représentent Z et A pour un nucléide ${}_Z^AX$?
2) Montrer qu'un noyau doit contenir un nombre de neutrons N tel que $N < \frac{Z(Z-35)}{35}$, pour que sa probabilité d'être fissile soit non nulle.
3) Trouver le nombre maximum de nucléons que doit contenir un noyau d'uranium, où Z = 92, pour avoir une probabilité non nulle de subir une fission.

وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات	امتحانات الشهادة الثانوية العامة فرع العلوم العامة	دورة سنة 2008 العادية
مشروع معيار التصحيح	مسابقة في مادة الفيزياء المدة ثلاث ساعات	الاسم: الرقم:

Partie de la Q.	Corrigé	Note
	Premier exercice (7.5 points)	
A.1	$(M\text{-}m)\overrightarrow{OG} = M\overrightarrow{OB} + m\overrightarrow{OC} \Rightarrow a = \dfrac{Md - mx}{M+m}$.	0.75
A.2	$I = I_M + I_m = Md^2 + mx^2$.	0.50
A.3.a	$E_C = ½\, I\,\dot{\theta}^2$.	0.50
A.3.b	$E_{PP} = -(M+m)gh = -(M+m)ga\cos\theta$ 	1.00
A.3.c	$E_m = E_C + E_{PP} = ½\, I\,\dot{\theta}^2 - (M+m)ga\cos\theta$.	0.25
A.3.d	$\dfrac{dE_m}{dt} = 0 = I\dot{\theta}\ddot{\theta} + (M+m)ga\,\dot{\theta}\sin\theta \Rightarrow \ddot{\theta} + \dfrac{(M+m)ga}{I}\sin\theta = 0.$	1.00
A.3.e	Pour θ faible, $\sin\theta = \theta \Rightarrow \ddot{\theta} + \dfrac{(M+m)ga}{I}\theta = 0$ $\Rightarrow$ La pulsation propre est $\omega = \sqrt{\dfrac{(M+m)ga}{I}}$; La période propre est $T = \dfrac{2\pi}{\omega} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\dfrac{I}{(M+m)ga}}$.	1.25
A.3.f	$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{Md^2 + mx^2}{g(Md - mx)}}$.	0.75
B.1	$T = \sqrt{\dfrac{0{,}08 + 20x^2}{1 - 5x}}$.	0.50
B.2	Graphiquement ou par le calcul : Pour T = 1 s , x = 12,3 cm. pour T = 1,1 s, x = 13 cm. $\Rightarrow$ 12,3< x(cm) < 13	1.00
	Deuxième exercice (7.5 points)	
A.1	Pour éliminer l'opposition de phase obtenue suite à la manière de la connexion de la bobine et du conducteur ohmique à l'oscilloscope. (ou bien : l'oscilloscope, tel qu'il est branché visualise u_{BM}, et comme on voudrait visualiser u_{MB}, il faut alors enfoncer le bouton inversion.)	0.25
A.2.a	La pulsation de la tension est $\omega = 100\pi$ rad/s ; or la période est : $T = \dfrac{2\pi}{\omega} = 0{,}02s = 20ms$; T couvre 4 divisions sur l'écran $\Rightarrow S_h = \dfrac{20}{4} = 5ms / div$	0.75
A.2.b	T couvre 4 divisions qui correspondent à un angle de 2π rad, le	0.75

	déphasage φ est représenté par 1 division $\Rightarrow \varphi = \frac{2\pi \times 1}{4} = \frac{\pi}{2}$ rad.	
A.2.c	u_b est en avance sur u_R.	**0.25**
A.2.d	Car la tension aux bornes d'une bobine de résistance nulle est en avance de $\frac{\pi}{2}$ sur le courant traversant la bobine.	**0.50**
A.2.e	$RI_m = 4\ \text{div} \times 1\text{V/div} = 4\text{V} \Rightarrow I_m = \frac{4}{100} = 0{,}04\text{A}$.	**0.50**
A.3	$u_b = L\frac{di}{dt} = 0{,}32 \times 0{,}04 \times 100\pi \cos(100\pi t) = 4\cos(100\pi t)$.	**0.75**
A.4	$i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt} \Rightarrow u_C = \frac{1}{C} \times \text{primitive}\, i = -\frac{I_m}{100\pi C}\cos(100\pi t) \Rightarrow$ $u_C = -\frac{1{,}28 \times 10^{-4}}{C}\cos(100\pi t)$.	**0.75**
A.5	$u_g = u_C + u_b + u_R \Rightarrow$ $8\sin(100\pi t - \frac{\pi}{3}) = -\frac{1{,}28 \times 10^{-4}}{C}\cos(100\pi t) + 4\cos(100\pi t) + 4\sin(100\pi t)$ Pour t = 0 on a : $-4\sqrt{3} = -\frac{1{,}28 \times 10^{-4}}{C} + 4 + 0 \Rightarrow C = 11{,}7 \times 10^{-6}$ F.	**1.25**
B.1.a	$u_C = u_b \Rightarrow u_C = L(\frac{di}{dt}) = -L\ddot{q} = -LC\ddot{u}_C \Rightarrow \ddot{u}_C + \frac{1}{LC}u_C = 0 \Rightarrow$ la solution d'une telle forme d'équation différentielle est sinusoïdale de période T.	**0.50**
B.1.b	La pulsation ω du mouvement est telle que $\omega^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$; la période est $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{LC}$.	**0.50**
B.2	D'après l'oscillogramme de la figure 4 on a $T = 6\ \text{div} \times 2\text{ms/div} = 12\ \text{ms} = 0{,}012\text{s}$. $C = \frac{T^2}{4\pi^2 L} = \frac{144 \times 10^{-6}}{12{,}5} = 11{,}5 \times 10^{-6}$F.	**0.75**
	Troisième exercice (7.5 points)	
A.1.a	F_1 et F_2 doivent être synchrones et cohérentes.	**0.5**
A.1.b	Les franges d'interférences sont des bandes équidistantes, alternativement brillantes et sombres. Ces franges sont parallèles aux fentes.	**0.75**
A.1.c	On a $\delta = 0$ alors les radiations provenant de F_1 et F_2 arrivent on O et elles sont en phase, d'où en O se forme une frange brillante.	**0.50**
A.2.a	Pour les franges brillantes : $\delta = k\lambda$; $\frac{ax}{D} = k\lambda \Rightarrow x_k = \frac{k\lambda D}{a}$;	**0.50**
A.2.b	or $i = x_{k+1} - x_k = \frac{\lambda D}{a}$.	**0.50**
B.1	$\tau = \frac{e}{v}$	**0.50**
B.2	$d = c\tau = c\frac{e}{v} = ne$	**0.50**
B.3	l'augmentation du chemin optique pour la lumière qui traverse la lame est : $ne - e = e(n-1)$	**1.00**

	$\delta' = F_2M - (F_1M + e(n-1)) = \frac{ax}{D} - e(n-1)$	
C.1	Pour la frange centrale : $\delta' = 0 \Rightarrow \frac{ax_0}{D} - e(n_1 - 1) = 0$; $\Rightarrow \frac{ax_0}{D} = e(n_1 - 1)$; tel que $x_0 = 4i_1 = 4\frac{\lambda_1 D}{a} \Rightarrow n_1 = 1 + \frac{4\lambda_1}{e} = 1{,}614$	**1.25**
C.2	$x_0 = 7{,}5\ i_2 \Rightarrow n_2 = 1 + \frac{7{,}5\lambda_2}{e} = 1{,}651$	**0.75**
C. 3	**Non :** $\lambda_1 \neq \lambda_2 \Rightarrow n_1 \neq n_2$ **Oui :** $\lambda_1 \neq \lambda_2 \Rightarrow n_1$ □ n_2	**0.75**
	Quatrième exercice (7.5 points)	
A.1	${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{92}_{40}Zr + {}^{142}_{Z}Te + x\,{}^{1}_{0}n$ Conservation du nombre de masse : $235 + 1 = 92 + 142 + x \Rightarrow x = 2$ Conservation du nombre de charge : $92 = 40 + Z \Rightarrow Z = 52$.	**1.00**
A.2	$\Delta m = 234{,}964 - 91{,}872 - 141{,}869 - 1{,}008 = 0{,}215$ u soit $3{,}57\times10^{-28}$ kg. $E = \Delta m.c^2 = 3{,}21\times10^{-11}$J.	**1.25**
A.3	$E_1 = \frac{9\times10^8}{0{,}3} = 3\times10^9$ J/s. L'énergie pour 1 année : $3\times10^9 \times 365\times24\times3600 = 9{,}46\times10^{16}$ J. Le nombre des noyaux fissionnés : $\frac{9{,}46\times10^{16}}{3{,}21\times10^{-11}} = 2{,}947\times10^{27}$ noyaux La masse : $2{,}947\times10^{27}\times234{,}964\times1{,}66\times10^{-27} = 1149{,}4$ kg.	**1.25**
B.1.a	$N_0(\text{ Cs }) = \frac{1}{137\times1{,}66\times10^{-24}} = 4{,}4\times10^{21}$ noyaux. $N_0(\text{ Rb }) = \frac{1}{87\times1{,}66\times10^{-24}} = 6{,}9\times10^{21}$ noyaux	**0.50**
B.1.b	$N = N_0\, e^{-\frac{0{,}693\cdot t}{T}} \Rightarrow N(Cs) = 4{,}1\times10^{21}$ noyaux. $N(Rb) = 6{,}89\times10^{21}$ noyaux.	**0.75**
B.1.c	Nombre des désintégrations par jour = λN (λ: j^{-1}) Pour le Cs : $\frac{0{,}693\times4{,}1\times10^{21}}{30\times365} = 2{,}6\times10^{17}$. Pour le (Rb) : $\frac{0{,}693\times6{,}89\times10^{21}}{5\times10^{11}\times365} = 2{,}6\times10^{7}$.	**1.00**
B.2	Le produit le plus dangereux est le Cs, car il a le taux de désintégrations le plus grand.	**0.25**
C.1	Z est le nombre de charge, et A est le nombre de masse.	**0.25**
C.2	$\frac{Z^2}{A} > 35 \Rightarrow \frac{Z^2}{Z + N} > 35$ $\Rightarrow Z(Z-35) > 35\ N \Rightarrow N < \frac{Z(\ Z-35\ )}{35}$.	**0.75**
C.3	$\frac{Z^2}{A} > 35 \Rightarrow A < \frac{Z^2}{35} = \frac{(92)^2}{35} \approx 242$.	**0.50**

الدورة الإستثنائية للعام 2008	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	

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.

<u>Premier exercice</u> **(7,5 points)**

Réponse d'un dipôle électrique à une tension continue

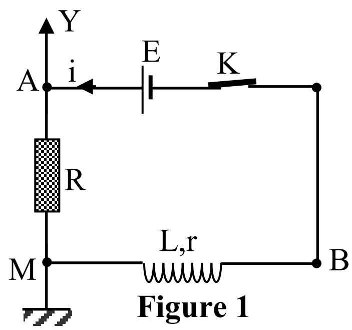


Figure 1

Dans le but d'étudier la réponse, en courant, d'un dipôle électrique soumis à une tension continue, on dispose d'une bobine d'inductance L = 40 mH et de résistance r = 18 Ω, d'un condensateur de capacité C = 100 μF, d'un conducteur ohmique de résistance R = 2 Ω, d'un interrupteur K et d'un générateur délivrant entre ses bornes une tension constante E = 8 V.

A – Réponse du dipôle (R, L)

On branche en série la bobine et le conducteur ohmique aux bornes du générateur (Fig. 1).

À la date $t_0 = 0$, on ferme K. Le circuit est alors parcouru par un courant d'intensité i. À l'aide d'un oscilloscope, on visualise l'évolution au cours du temps de la tension u_{AM} aux bornes du conducteur ohmique (Fig. 2).

1) Exprimer la tension u_{AM} aux bornes du conducteur ohmique et la tension u_{MB} aux bornes de la bobine en fonction de R, L, r, i, et $\frac{di}{dt}$.

2) Établir l'équation différentielle vérifiée par i.

3) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $i = I_0(1- e^{-\frac{t}{\tau}})$.

a) Montrer que $I_0 = \frac{E}{R+r}$ et $\tau = \frac{L}{R+r}$.

b) Calculer les valeurs de I_0 et τ.

4) En se référant à la figure 2, déterminer la valeur de I_0 et celle de τ.

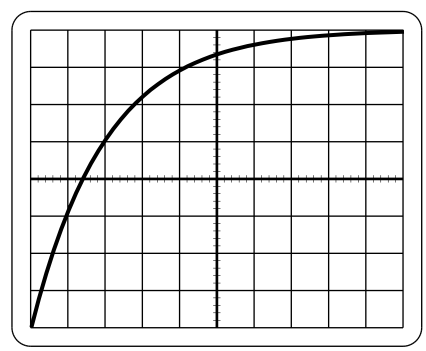


Figure 2

Sensibilité horizontale : 1 ms/div
Sensibilité verticale : 0,1 V/div

B – Réponse du dipôle (R, C)

Dans le circuit précédent, on remplace la bobine par le condensateur (Fig. 3).
À $t_0 = 0$, on ferme K. Le circuit est alors parcouru par un courant d'intensité i.
À l'aide de l'oscilloscope, on visualise l'évolution au cours du temps de la tension u_{AM} (Fig. 4).

1) Exprimer l'intensité i du courant en fonction de C et $\frac{du_C}{dt}$, où u_C est la tension u_{MB} aux bornes du condensateur.

2) En utilisant la loi d'additivité des tensions, montrer que l'équation différentielle en i est de la forme : $RC\frac{di}{dt} + i = 0$

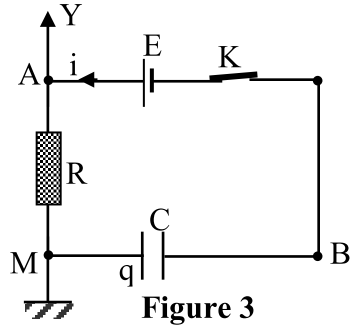


Figure 3

3) La solution de cette équation différentielle est de la forme :

$i = I_1 e^{-\frac{t}{\tau_1}}$. Déterminer, les expressions des deux constantes I_1 et τ_1 en fonction de E, R et C et calculer leurs valeurs.

4) En se référant à la figure 4, déterminer la valeur de I_1 et celle de τ_1.

C – Dans chacun des deux circuits précédents, on remplace le conducteur ohmique par une lampe. Expliquer l'évolution de la luminosité de la lampe dans chaque circuit.

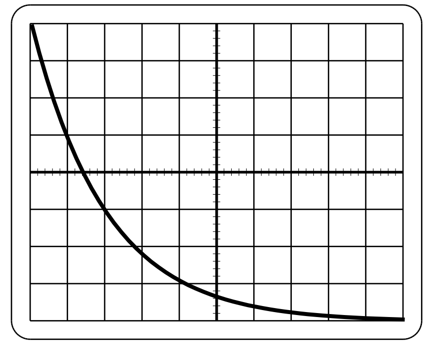


Figure 4

Sensibilité horizontale: 0,1 ms/div
Sensibilité verticale : 1 V/div

__Deuxième exercice__ **(7,5 points)**

Circuit (R,L,C) série

On dispose d'un condensateur de capacité C = 5 μF, d'un conducteur ohmique de résistance R = 40 Ω et d'une bobine d'inductance L et de résistance r, montés en série aux bornes du secondaire d'un transformateur parfait.

A – Grandeurs caractéristiques du transformateur

On raccorde le primaire du transformateur au secteur (220 V ; 50 Hz) (Fig.1). Le secondaire du transformateur délivre entre ses bornes la tension : $u_{NM} = 3\cos\omega t$ (u en V ; t en s).
Le circuit est alors parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité : $i = I_m\cos(\omega t - \varphi)$.
L'enroulement secondaire comporte 15 spires et ne peut pas supporter un courant d'intensité efficace supérieure à 10 A.

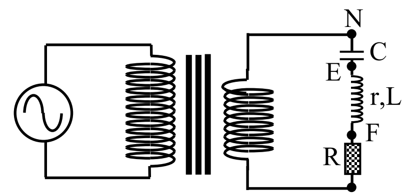


Figure 1

1) Donner la valeur de la fréquence de la tension alternative sinusoïdale au secondaire.
2) Déterminer le nombre des spires du primaire. Prendre $\sqrt{2} = 1,4$.
3) Calculer l'intensité efficace maximale que peut supporter le primaire.

B – Détermination de L et r

Un oscilloscope, branché dans le circuit précédent, permet de visualiser sur la voie Y_1 la tension $u_1 = u_{NM}$ et sur la voie Y_2 la tension $u_2 = u_{FM}$ aux bornes du conducteur ohmique.

1) Reproduire le schéma de la figure 1 et indiquer les branchements de l'oscilloscope.
2) Les réglages de l'oscilloscope sont les suivants:
Sensibilité horizontale: 4 ms/div.
Sensibilité verticale pour les deux voies Y_1 et Y_2 : 1 V/div.
En se référant à l'oscillogramme de la figure 2, montrer que: $i = 0,05\cos(100\pi t - 0,2\pi)$; (i en A, t en s).
3) Calculer la puissance moyenne consommée par le dipôle NM.
4) Déduire la valeur de la résistance r de la bobine.
5) Sachant que $u_{NM} = u_{NE} + u_{EF} + u_{FM}$ est vérifiée quelque soit t, déterminer la valeur de L.

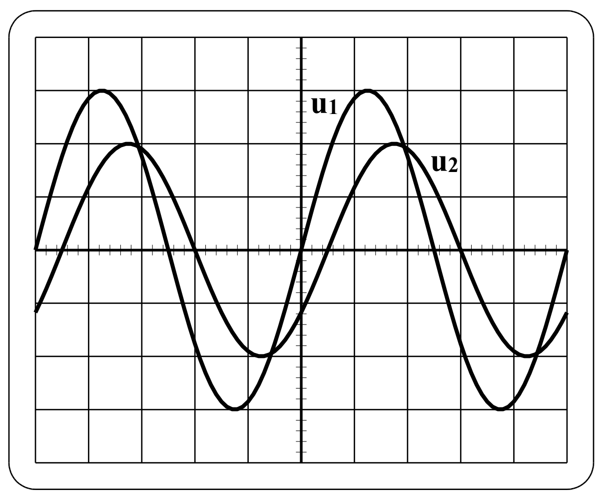
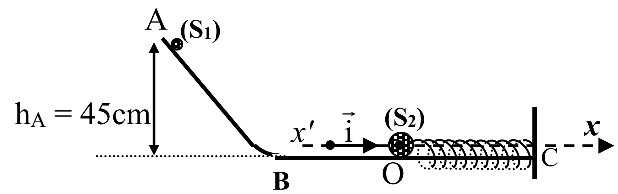


Figure 2

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

Détermination de la constante de raideur d'un ressort



Pour déterminer la constante de raideur k d'un ressort on l'attache par une extrémité à un solide (S_2), de masse m_2 = 200 g, qui peut glisser sans frottement sur la partie horizontale BC d'une piste ABC située dans un plan vertical, l'autre extrémité du ressort est fixée en C.

Un autre solide (S_1), de masse m_1 = 50 g, est lâché sans vitesse initiale d'un point A de la partie courbe de la piste. Le point A se trouve à une hauteur h_A = 45 cm de la partie horizontale de la piste.

(S_2), initialement au repos en un point O, est ainsi heurté par (S_1).

(S_1) et (S_2) sont supposés ponctuels.

Prendre le plan horizontal passant par BC comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur, $g = 10\ ms^{-2}$, $0{,}32\pi = 1$ et négliger toute force de frottement.

1) Déterminer la valeur V_1 de la vitesse $\overrightarrow{V_1}$ de (S_1) juste avant sa collision avec (S_2).

2) Après la collision, (S_1) reste en contact avec (S_2) et les deux forment ainsi un solide (S) de centre d'inertie G et de masse $M = (m_1 + m_2)$. G effectue alors des oscillations autour de O, d'amplitude 3 cm, sur l'axe x'Ox d'origine O et de vecteur unitaire $\vec{i}$.

a) Montrer que la valeur de la vitesse $\overrightarrow{V_0}$ de G juste après la collision est 0,6 m/s.

b) Soient x et v respectivement l'abscisse et la valeur algébrique de la vitesse de G à un instant t après la collision. L'instant de la collision en O est considéré comme origine des temps $t_0 = 0$.

i) Écrire, à un instant t, l'expression de l'énergie mécanique du système (S, ressort,Terre) en fonction de x, k, M et v.

ii) En déduire l'équation différentielle du second ordre en x qui régit le mouvement de G.

iii) L'équation horaire des oscillations de (S) est donnée par: $x = X_m\sin(\omega_0 t + \varphi)$. Déterminer la valeur de φ ainsi que les expressions des constantes X_m et ω_0 en fonction de k, M et V_0.

iv) Déduire la valeur de la raideur k du ressort.

3) En réalité, les frottements ne sont pas négligeables. Pour s'assurer de la valeur de k, on attache l'extrémité C du ressort à un vibreur, de fréquence f réglable, vibrant dans la direction du ressort. On remarque que l'amplitude des oscillations de (S) varie avec f et prend une valeur maximale pour f = 3,2 Hz.

a) Nommer le phénomène physique qui se manifeste pour f = 3,2 Hz.

b) Calculer la valeur de k.

Quatrième question (7,5 points)

Le radionucléide potassium 40

L'isotope de potassium ${}^{40}_{19}K$ est radioactif β^+ ; il se désintègre pour donner l'argon ${}^{A}_{Z}Ar$. Le but de cet exercice est d'étudier la désintégration du potassium 40.

Données :

masses des noyaux : m (${}^{40}_{19}K$) = 39,95355 u ; m(${}^{A}_{Z}Ar$) = 39,95250 u ;

masses des particules : m(${}^{0}_{1}e$) = $5,5\times10^{-4}$ u; m(neutrino) ≈ 0 ;

nombre d'Avogadro : N = $6,02\times10^{23}$ mol^{-1}; 1 u = 931,5 MeV/c^2 ;

période radioactive de ${}^{40}_{19}K$: T = $1,5\times10^{9}$ années ; masse molaire de ${}^{40}_{19}K$ = 40 g mol^{-1}.

1 MeV = $1,6\times10^{-13}$ J.

A – Bilan énergétique de la désintégration du potassium 40

1) **Énergie libérée par une désintégration.**
   - **a)** Écrire l'équation de désintégration d'un noyau de potassium 40 et déterminer Z et A.
   - **b)** Calculer, en MeV, l'énergie E_1 libérée par cette désintégration.
   - **c)** Le noyau fils est supposé au repos. L'énergie portée par β^+ est en général plus petite que E_1. Pourquoi ?

2) **Énergie reçue par une personne**

   La masse de potassium 40 existant, à une date t, dans le corps d'un adulte est, en moyenne, égale $2,6\times10^{-3}$ % de sa masse.

   Une personne adulte a une masse M = 80 kg.

   - **a) i)** Calculer la masse m de potassium 40 contenu dans le corps de cette personne à la date t.
     ii) Déduire le nombre des noyaux de potassium 40 contenus dans la masse m à la date t.
   - **b) i)** Calculer la valeur de la constante radioactive λ du potassium 40.
     ii) Déduire la valeur de l'activité A de la masse m à la date t.
   - **c)** Déduire, en J, l'énergie E libérée chaque seconde par la masse m.

B – Datation par le potassium 40

Certaines roches volcaniques contiennent du potassium dont une partie est du radionucléide potassium 40.

À l'instant de sa formation ($t_0 = 0$), une roche volcanique contient N_0 noyaux de potassium 40 et ne contient pas d'argon. À la date t, cette roche contient respectivement N_K et N_{Ar} noyaux de potassium 40 et d'argon 40.

1) **a)** Écrire l'expression de N_K, traduisant la loi de décroissance radioactive, en fonction du temps.
   b) Déduire l'expression de N_{Ar} en fonction du temps.
2) Un géologue analyse une roche volcanique. Il constate que les noyaux d'argon 40 existant dans cette roche sont deux fois moins nombreux que les noyaux de potassium 40. Déterminer l'âge de cette roche.

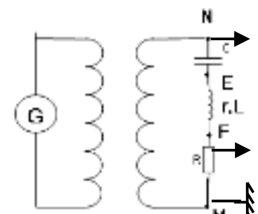
الدورة الإستثنائية للعام 2008	امتحانات الشهادة الثانوية العامة الفرع : علوم عامة	1. وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات
الاسم: الرقم:	مسابقة في مادة الفيزياء المدة ثلاث ساعات	مشروع معيار التصحيح

premier exercice (7,5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1	$u_{AM} = Ri$ et $u_{MB} = L\frac{di}{dt} + ri$.	0.50
A.2	On a $E = Ri + L\frac{di}{dt} + ri \Rightarrow i + \frac{L}{R+r}\frac{di}{dt} = \frac{E}{R+r}$.	0.75
A.3.a	$\frac{di}{dt} = \frac{I_0}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$; $I_0 - I_0 e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{L}{R+r}\frac{I_0}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R+r}$ $\Rightarrow I_0 = \frac{E}{R+r}$ et $\frac{L}{R+r}\frac{I_0}{\tau} - I_0 = 0$; soit $\tau = \frac{L}{R+r}$.	1.25
A.3.b	$I_0 = \frac{8}{18+2} = 0,4$ A et $\tau = \frac{0,04}{18+2} = 2\times10^{-3}$ s.= 2 ms.	0.50
A.4	D'après le graphe 2 : $u_R(max)$ $0,1\times8 = 0,8$ V et $u_R(max) = R\times I_0$ $I_0 = \frac{u_R(max)}{R} = 0,4$ A. De même, pour $t = \tau$, $u_R = 0,63\ u_R(max) = 0,5$ V ce qui correspond à $\tau = 2$ divisions $\Rightarrow \tau = 2$ ms.	1.00
B.1	$i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$.	0.25
B.2	$E = u_{AM} + u_{MB} \Rightarrow E = u_C + Ri$. En dérivant par rapport au temps : $0 = \frac{du_C}{dt} + R\frac{di}{dt} \Rightarrow \frac{i}{C} + R\frac{di}{dt} = 0$ Ainsi : $RC\frac{di}{dt} + i = 0$	0.75
B.3	$i = I_1 e^{-\frac{t}{\tau_1}}$. Pour $t_0 = 0$, $u_C = 0$ et $i = I_1 \Rightarrow E = 0 + RI_1 \Rightarrow I_1 = \frac{E}{R} = \frac{8}{2} = 4$ A. $\frac{di}{dt} = -\frac{I_1}{\tau_1} e^{-\frac{t}{\tau_1}}$; en remplaçant : $-RC\frac{I_1}{\tau_1} e^{-\frac{t}{\tau_1}} + I_1 e^{-\frac{t}{\tau_1}} = 0$ $\Rightarrow -RC\frac{I_1}{\tau_1} + I_1 = 0 \Rightarrow \tau_1 = RC = 2\times10^0\times10^{-6} = 2\times10^{-4} = 0,2$ ms.	1.00
B.4	$u_R(max) = 8$ V $= RI_1 \Rightarrow I_1 = 8/2 = 4$ A et pour $t = \tau_1$, $u_R = 0,37\ u_R(max) = 3$ V $\Rightarrow \tau_1 = 0,2$ ms.	0.50
C	Dans A : La lampe s'allume après un temps très court de la fermeture du	1

	circuit. la luminosité de la lampe augmente et atteint une intensité constante après un certain temps. Dans B : La lampe s'allume juste à la fermeture du circuit . sa luminosité diminue et la lampe s'éteint après un certain temps.	

Deuxième exercice (7,5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1	f = 50 Hz	0.50
A.2	$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$ => $\frac{3/\sqrt{2}}{220} = \frac{15}{N_1}$ => N_1 = 1540 spires.	0.75
A.3	$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$ => $\frac{10}{I_1} = \frac{1540}{15}$ => I_1 = 97 mA**.**	0,75
B.1	Fig.1	0,25
B.2	T = 5 div$\times$4 ms/div = 20 ms = 0,02 s => $\omega = \frac{2\pi}{0,02} = 100\pi$ rad/s. $(U_R)_{max} = RI_{max}$ => $I_{max} = \frac{2}{40} = 0,05$ A. $\varphi = 0,5\times2\pi/5 = 0,2\pi$ rad. i est en retard sur u_{NM} => i = 0,05 cos(100πt – 0,2π).	1,50
B.3	P = UIcos φ = $\frac{3}{\sqrt{2}}\times\frac{0,05}{\sqrt{2}}\times\cos 0,2\pi = 0,061$ W	0.75
B.4	$P = R_{totale} I^2$ => $R_{totale} = \frac{0,061}{(0,05/\sqrt{2})^2}$ = 48,8 Ω = R + r = 40 + r => r = 8,8 Ω	1
B.5	$u_{NE} = u_C$ = 1/C primitive(i) = 32sin(ωt – 0,2 π) u_{EF} = ri + Ldi/dt u_{EF} = 8,8×0,05cos(100πt – 0,2 π) - L×5 π sin(100πt – 0,2 π). u_{FM} = Ri = 2 cos(100πt – 0,2 π). 3cosωt = 32sin(ωt – 0,2 π) + 0,44cos(100πt – 0,2 π) - L×5 π sin(100πt– 0,2 π) + 2 cos(100πt – 0,2 π). Pour t = 0, on obtient L = 2,15 H.	2

s

Troisième exercice (7.5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
1	Conservation de l'énergie mécanique entre A et B: $m_1gh_A+0 = 0+ \frac{1}{2} m_1 V_1^2$; $V_1 = \sqrt{2gh_A} = \sqrt{2\times10\times0,45} = 3$ m/s .	1.25
2.a	. Conservation de la quantité de mouvement : $m_1 \vec{V}_1 + \vec{0} = (m_1 + m_2)\vec{V}_0$; projection : $V_0 = \frac{m_1}{m_1+m_2}V_1 = \frac{0,05}{0,05+0,2}3 = 0,6$ m/s	1.00
2.b.i	$E_m = \frac{1}{2} M v_G^2 + \frac{1}{2} kx^2$; $(M = m_1 + m_2)$.	0.50
2.b.ii	E_m se conserve: Dérivons par rapport au temps $\frac{d(E_m)}{dt} = 0$ $\Rightarrow Mv\dot{v} + kx\dot{x} = 0 \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{M}x = 0$	1.00
2.b.iii	$\dot{x}$ $x' = \omega_0 X_m\cos(\omega_0 t + \varphi)$ et $\ddot{x} = -\omega_0^2.X_m\sin(\omega_0 t + \varphi)$. En remplaçant : $\omega_0^2 X_m\sin(\omega_0 t + \varphi) + \frac{k}{M}X_m\sin(\omega_0 t + \varphi) \Rightarrow \omega_0^2 = \frac{k}{M} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{M}}$; À t = 0: $x = 0 \Rightarrow X_m\sin\varphi = 0 \Rightarrow \varphi = 0$ ou π. À t = 0 : $v = V_0 \Rightarrow \omega_0 X_m\cos\varphi = V_0 > 0 \Rightarrow \varphi = 0$, $X_m = \frac{V_0}{\omega_0} = V_0\sqrt{\frac{M}{k}}$	2.00
2.b.iv	$X_m = V_0\sqrt{\frac{M}{k}} \Rightarrow k = \frac{V_0^2 M}{X_m^2} = \frac{0,36\times0,25}{0,03^2} = 100$ N/m.	0.75
3.a	Le phénomène de résonance d'amplitude.	0.25
3.b	$\omega_0 = \omega = 2\pi f = \sqrt{\frac{k}{M}}$; $4\pi^2 f^2 = \frac{k}{M} \Rightarrow k = 4\pi^2 f^2 M = 100$ N/m	0.75

Quatrième exercice(7,5pts)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1.a	${}^{40}_{19}K \rightarrow {}^{A}_{Z}Ar + {}^{0}_{1}e + {}^{0}_{0}\nu$. Z = 18; A = 40.	0.75
A.1.b	$\Delta m = 39{,}95355 - 39{,}95250 - 5{,}5\times 10^{-4} = 5\times10^{-4}$ u. $E_1 = mc^2 = 5\times10^{-4}\times 931{,}5$ MeV/$c^2 \times c^2 = 0{,}47$ MeV.	1.00
A.1.c	Car $E_1 = E(\beta^+) + E({}^{0}_{0}\nu) + E(\gamma)$	0.50
A.2.a.i	$m = \dfrac{80\times 2{,}6\times10^{-3}}{100} = 2{,}1\times10^{-3}$ kg = 2,1 g	0.50
A.2.a.ii	$N = \dfrac{m}{M}$ **N =** $3{,}16\times10^{22}$ noyaux.	0.50
A.2.b.i	$\lambda = \dfrac{0{,}693}{1{,}5\times10^{9}\times365\times24\times3600} = 1{,}46\times10^{-17}\ s^{-1}$	0.50
A.2.b.ii	$A = \lambda N = 1{,}46\times10^{-17}\times 3{,}16\times10^{22} = 4{,}61\times10^{5}$ Bq	0.75
A.2.c	l'énergie reçue en chaque seconde : $E = 4{,}16\times10^{5}\times0{,}47 = 2{,}17\times10^{5}$ MeV $= 3{,}47\times10^{-8}$ J.	0.75
B.1.a	$N_K = N_0 e^{-\lambda t}$	0.50
B.1.b	$N_{Ar} = N_0 - N_K = N_0(1-e^{-\lambda t})$	0.50
B.2	$\dfrac{N_{Ar}}{N_K} = \dfrac{1}{2} \Rightarrow \dfrac{1 - e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}} = \dfrac{1}{2} \Rightarrow e^{\lambda t} = \dfrac{3}{2}$ $\Rightarrow t = \dfrac{T}{0{,}693}\ln\dfrac{3}{2} \Rightarrow t = 8{,}8\times10^{8}$ années	1.25

دورة سنة 2008 العادية الإكمالية	امتحانات الشهادة الثانوية العامة فرع 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 squatre pages numérotées de 1 à 4.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

Premier exercice (7 points)
Oscillateur harmonique

Dans le but d'étudier un oscillateur harmonique, on dispose d'un solide ponctuel (S) de masse m = 100 g et de deux ressorts, à spires non jointives, identiques (R_1) et (R_2) chacun de constante de raideur k et de longueur à vide L_0. L'oscillateur ainsi constitué est schématisé par la figure 1.
À l'équilibre, (S) est à l'origine O de l'axe x'x, de vecteur unitaire $\vec{i}$, et la longueur de chaque ressort est L_0.

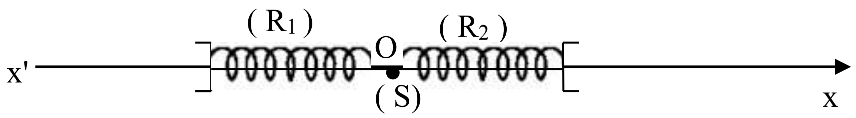


Fig 1

À partir de cette position, on écarte (S) vers la droite d'une distance d puis on le lâche sans vitesse à la date $t_0 = 0$. À une date t, l'abscisse de (S) est x, la mesure algébrique de sa vitesse est $v = x'$ et celle de son accélération est x''.
(S) est assujetti alors à osciller, sans frottement, sur l'axe x'x ; le plan horizontal contenant cet axe est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

A- Équation différentielle

1) Écrire, à la date t, l'expression de l'énergie mécanique du système (ressorts, (S)).
2) Établir l'équation différentielle qui régit le mouvement de (S).
3) En déduire l'expression de la pulsation propre ω_0 du mouvement en fonction de k et m.

B- Valeurs de quelques grandeurs

Un dispositif approprié a tracé la courbe représentative de l'accélération x" = f(x) (Fig. 2).

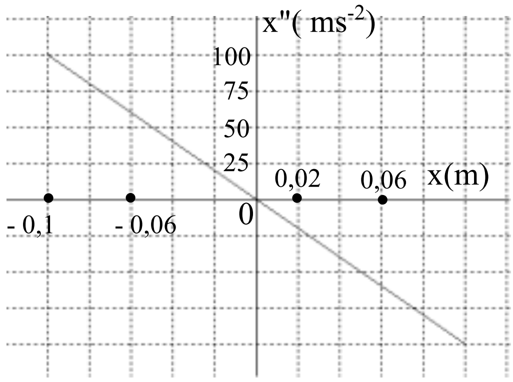


Fig. 2

1) Montrer que la courbe représentative de l'accélération x" = f(x) est conforme à l'équation différentielle déjà établie.
2) En se référant au graphique :
a) donner la valeur de l'amplitude X_m du mouvement;
b) donner la valeur de l'accélération x" pour $x = -X_m$;
c) trouver la valeur de la pulsation propre ω_0 du mouvement.
3) a) Montrer que la valeur de la vitesse de (S) est maximale quand il passe par sa position d'équilibre.
b) Déduire la valeur de la vitesse maximale V_{max}.
4) Calculer la valeur de la constante de raideur k.

Deuxième exercice (7 points)
Circuit série (RLC)

Le but de cet exercice est de déterminer les valeurs approchées des grandeurs caractéristiques d'un condensateur et d'une bobine.

On considère alors le circuit électrique schématisé par la figure 1. Ce circuit comporte en série un condensateur de capacité C, une bobine d'inductance L et de résistance r et un conducteur ohmique de résistance R = 20 Ω. L'ensemble est branché aux bornes d'un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale u de fréquence f réglable. Un courant alternatif sinusoïdal i passe alors dans le circuit.

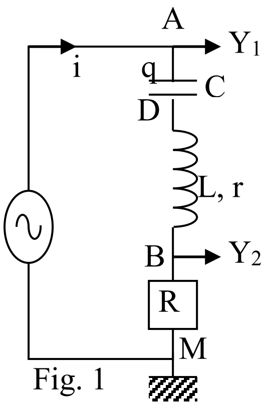


Fig. 1

Un oscilloscope convenablement branché sert à visualiser la tension $u = u_{AM}$ aux bornes du générateur sur la voie Y_1 et la tension u_{BM} aux bornes du conducteur ohmique sur la voie Y_2. Les réglages de l'oscilloscope sont les suivants :

Base de temps : S_h = 2 ms/div

Sensibilité verticale :

- sur la voieY_1 , Sv_1 = 2 V/div
- sur la voieY_2 , Sv_2 = 0,25 V/div

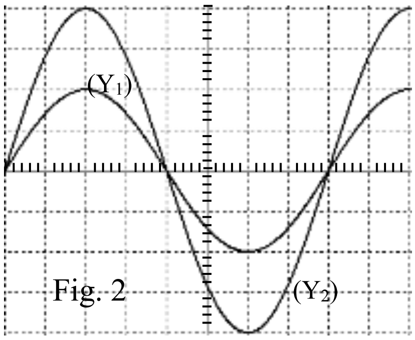


Fig. 2

1. On fait varier la valeur de f. Pour une valeur f_o de f, on observe sur l'écran de l'oscilloscope les oscillogrammes représentés à la figure 2 .

a) Les oscillogrammes montrent que le circuit est le siège d'un phénomène physique. Nommer ce phénomène et donner , dans ce cas, la relation entre f_o, L et C.

b) Déterminer la valeur de f_o.

c) Déterminer la valeur maximale U_m de u et celle I_m de i.

d) Le circuit est équivalent à un conducteur ohmique de résistance R_t =R+ r. Déterminer R_t et r.

2. La bobine est remplacée par un conducteur ohmique de résistance r' = 60 Ω (Fig.3). La tension aux bornes du générateur est $u = U_m \cos 2\pi f_0 t$. Sur l'écran, on observe les oscillogrammes représentés à la figure 4. Les réglages de l'oscilloscope sont les mêmes que précédemment.

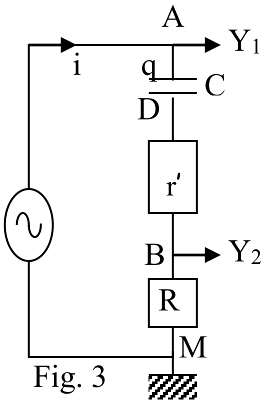


Fig. 3

a) La tension u_{AM} est en retard de phase par rapport à u_{BM}. Pourquoi ?

b) Calculer le déphasage φ entre u_{AM} et u_{BM}.

c) Déterminer l'expression instantanée de u_{BM}.

d) Calculer la valeur maximale I_m de l'intensité i du courant et déterminer son expression instantanée.

e) Vérifier que la tension aux bornes du condensateur s'exprime par :

$$u_{AD} = \frac{8{,}9\times10^{-5}}{C}\sin(125\pi t + \frac{\pi}{4}) \ ;$$

(u_{AD} en V ; t en s).

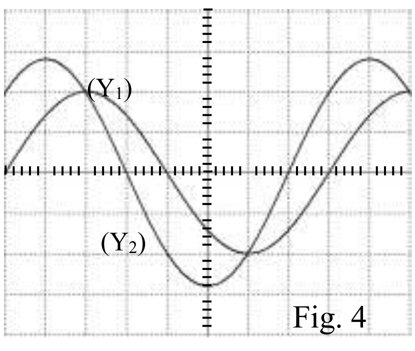


Fig. 4

f) En appliquant la loi d'additivité des tensions et en donnant à t une valeur particulière, calculer la valeur de C.

g) En utilisant la relation trouvée dans (1,a), calculer L.

Troisième exercice (6 points)
Nébuleuse d'Orion

La grande nébuleuse d'Orion comporte quatre étoiles très chaudes rayonnant de la lumière ultraviolette de longueur d'onde dans le vide inférieure à 91,2 nm, au sein d'un grand « nuage » de gaz interstellaire constitué en majorité d'atomes d'hydrogène.
Le diagramme de la figure 1 représente quelques-uns des niveaux d'énergie E_n de l'atome d'hydrogène.
Données: constante de Planck : $h = 6{,}626\times10^{-34}$ J.s; célérité de la lumière dans le vide : $c = 2{,}998\times10^{8}$ ms^{-1}; 1 eV = $1{,}602\times10^{-19}$ J; spectre de la couleur rose : 640 nm $\leq \lambda \leq$ 680 nm;
spectre visible : 400 nm $\leq \lambda \leq$ 800 nm.

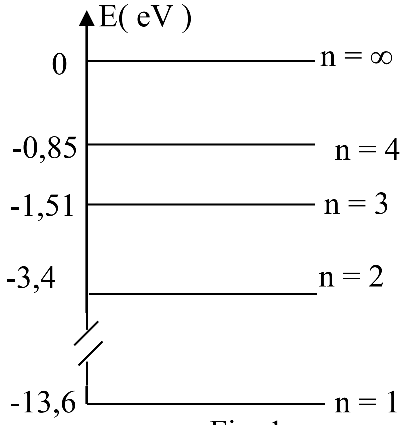


Fig. 1

A- 1) L'énergie de l'atome d'hydrogène dans son état ionisé est, par convention, égale à zéro. Utiliser cette convention pour justifier le signe (-) de E_n.

2) L'atome d'hydrogène est dans son état fondamental.

a) Montrer que la valeur minimale de l'énergie d'ionisation de cet atome vaut : $E_i = 2{,}178\times10^{-18}$ J.

b) Calculer la longueur d'onde λ_i de l'onde associée au photon dont l'énergie est égale E_i.

c) Montrer que la lumière, rayonnée par les étoiles chaudes de la nébuleuse d'Orion, peut ioniser les atomes d'hydrogène du gaz interstellaire. Préciser alors l'état dynamique des électrons arrachés.

B- Le gaz interstellaire de la nébuleuse d'Orion étant ionisé, des électrons arrachés sont captés par des protons au repos (atomes d'hydrogène ionisés) pour former des atomes d'hydrogène dans un état excité. Un atome d'hydrogène excité se désexcite ensuite progressivement.

1) Couleur de la nébuleuse d'Orion

Parmi les transitions possibles, on envisage le passage de l'atome d'hydrogène du niveau 3 au niveau 2.

a) Calculer la longueur d'onde, dans le vide, de la radiation correspondante à cette transition.

b) Cette radiation est visible. Pourquoi ?

c) Justifier alors la couleur rose de la nébuleuse.

2) Température maximale à la surface de la nébuleuse d'Orion

L'électron avant sa capture par l'ion hydrogène H^+ a une énergie cinétique E_C. L'énergie totale du système (ion + électron) $E = 0 + E_C$ est conservée.
Quand l'atome se désexcite, après la capture de l'électron, il passe à l'état excité caractérisé par son niveau d'énergie E_n, en émettant un photon de fréquence ν telle que : $E_C = E_n + h\nu$

a) Montrer que pour n = 2, on a : $\nu = \dfrac{E_C}{h} + 8{,}22\times10^{14}$ (ν en Hz).

b) L'énergie cinétique moyenne des électrons est liée à la température qui règne à la surface de l'étoile par la relation : $E_C = \dfrac{3}{2}kT$. ($k = 1{,}38\times10^{-23}$ SI); et T est la température en Kelvin).

On constate que la plus petite longueur d'onde, dans la bande d'émission des raies de la nébuleuse d'Orion, vaut $\lambda = 245$ nm dans le vide.

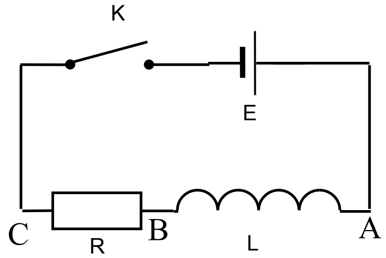
i) Montrer que cette raie correspond à $(E_C)_{max}$. Calculer $(E_C)_{max}$.

ii) Déduire la valeur maximale de T.

Quatrième exercice (7.5 points)
Une analogie

A- Circuit R-L

Un circuit série est constitué d'un générateur idéal de tension de f.é.m E, d'une bobine d'inductance L et de résistance négligeable, d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un interrupteur K (figure ci-contre).



À l'instant $t_0 = 0$, on ferme K. À la date t, le circuit est parcouru, en régime transitoire, par un courant électrique d'intensité i.

1) Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution de l'intensité i en fonction du temps a pour expression :

$$E = Ri + L\frac{di}{dt}. \quad (1)$$

2) Vérifier que l'expression $i = \frac{E}{R}(1 - e^{\frac{-R}{L}t})$ est solution de cette équation différentielle.

3) Trouver l'expression I_{max} de l'intensité du courant en régime permanent (après une longue durée).

4) Déterminer, en fonction de R et L, l'expression de la durée t_1 au bout de laquelle la valeur de i sera égale à $0,63I_{max}$.

5) Tracer l'allure de la courbe représentant l'évolution de i en fonction du temps, en indiquant t_1 et I_{max} sur la figure.

B- Chute verticale dans un liquide

Une bille métallique, de masse m, partant du repos, est animée d'un mouvement de chute verticale dans un liquide. On suppose que la seule force résistante s'exerçant sur la bille a pour expression $\vec{f} = - h\ \vec{v}$; $\vec{v}$ étant la vitesse instantanée de la bille et h une constante positive.

1) Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur la bille lors de sa chute verticale.

2) En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution de la mesure algébrique v de la vitesse s'écrit :

$$mg = hv + m\frac{dv}{dt}. \qquad (2)$$

C- Une analogie

1) En comparant les équations différentielles (1) et (2), faire correspondre à chacune des grandeurs électriques E, R, L, i et $\frac{di}{dt}$ la grandeur mécanique convenable.

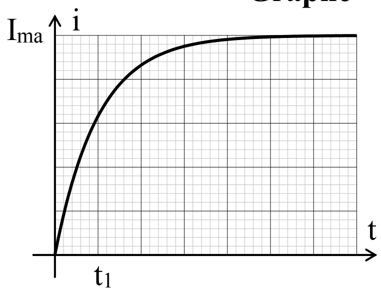
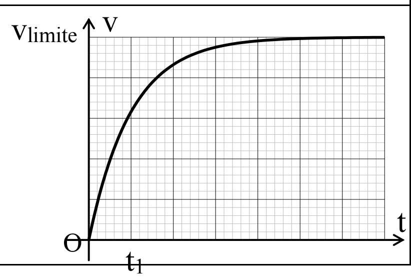
2) Déduire, en utilisant l'analogie entre les grandeurs physiques :
   a) la solution de l'équation différentielle (2).
   b) l'expression v_{limite} de v au bout d'un temps très long .
   c) Déterminer l'expression de la durée t'_1 au bout de laquelle la valeur de v sera égale à $0,63\ v_{limite}$ en fonction de h et m.

3) Tracer l'allure de la courbe représentant l'évolution de v en fonction du temps, en indiquant t'_1 et v_{limite} sur la figure.

وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات	امتحانات الشهادة الثانوية العامة فرع العلوم العامة	دورة سنة 2008 العادية الإكمالية
مشروع معيار التصحيح	مسابقة في مادة الفيزياء المدة: ثلاث ساعات	الاسم: الرقم:

Partie de la Q.	Corrigé	Note
	Premier exercice (7 points)	
A.1	$E_m = 1/2\ mv^2 + kx^2$	0.5
A.2	$\frac{dE_m}{dt} = mx'x'' + 2kxx' = 0 \Rightarrow x'' + \frac{2k}{m}x = 0.$	0. 5
A.3	Cette équation est de la forme : $x'' + \omega_0^2 x = 0$ $\omega_0 = \sqrt{\frac{2k}{m}}$.	0,75
B.1	$x'' = -\omega_0^2 x$ est bien une droite de coefficient directeur $-\omega_0^2$	0,5
B.2.a	$X_m = 10$ cm.	0.25
B.2.b	$x'' = 100\ m/s^2$	0.75
B.2.c	L'équation différentielle s'écrit : $x'' + \omega_0^2 x = 0 \Rightarrow x'' = -\omega_0^2 x$; le coefficient directeur de la droite est : $\frac{100}{-0{,}1} = -1000\,s^{-2} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{1000} = 31{,}6\ rad/s$	1
B.3a	En passant par la position d'équilibre x = 0 ; le graphique montre que pour x = 0, x" = 0 $\Rightarrow \frac{dV}{dt} = 0 \Rightarrow$ V est maximale.	0.75
B.3.b	Conservation de l'E_m $\Rightarrow \frac{1}{2}mV_{max}^2 = kX_m^2 \Rightarrow \lvert V_{max}\rvert = \omega_0 X_m \Rightarrow V_{max} = 3{,}16\ m/s.$	0,75
B.4	$\omega_0^2 = \frac{2k}{m} \Rightarrow k = 50\ N/m.$	1,25
	Deuxième exercice (7 points)	
1.a	Résonance d'intensité , car la tension aux bornes du générateur et celle aux bornes du conducteur ohmique (image du courant) sont en phase. $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	0.75
1.b	$T_o = 8 \times 2 = 16$ ms $\Rightarrow f_o = \frac{1}{T_o} = \frac{1}{16x10^{-3}} = 62{,}5Hz$ et $\omega_o = 2\pi f_o = 125\ \pi$ rd/s	0.50
1.c	$U_m = 2 \times 2 = 4$ V $U_{Rm} = 4 \times 0{,}25 = 1\ V \Rightarrow I_m = \frac{U_{Rm}}{R} = \frac{1}{20} = 0{,}05$ A	0,75
1.d	Car u et i sont en phase . $U_m = R_t I_m \Rightarrow R_t = \frac{4}{0{,}05} = 80\ \Omega$ $r = R_t - R = 60\ \Omega$.	1
2.a	u_{BM} (image de i) est en avance de phase sur $u_{AM} = u_g$. Ceci est prévu car le circuit est capacitif .	0.25
2.b	2π rd $\rightarrow$ 8 div $\varphi \rightarrow$ 1div $\Rightarrow \varphi = \frac{2\pi}{8} = \frac{\pi}{4} rd$	0.25

2.c	U_{BMmax} = 2,8x0,25 = 0,7 V ; ω_o =125 π rd $\Rightarrow$ u_{BM} = 0,7 cos (125 π t +π/4) (u_{BM} en V , t en s) U_m =2x2 = 4 V alors u = 4 cos 125 π t (u en V ,t en s)	**0.75**
2.d	$I_m = \dfrac{U_{BM\max}}{R} = \dfrac{2{,}8x0{,}25}{20} = 0{,}035$ A $\Rightarrow$ $i = 0{,}035 \cos(125\pi t + \dfrac{\pi}{4})$ (i en A , t en s)	**0.50**
2.e	$i = \dfrac{dq}{dt}$ et $q = C u_c \Rightarrow i = C \dfrac{du_c}{dt} \Rightarrow C \dfrac{du_c}{dt} = I_m \cos(125\pi t + \dfrac{\pi}{4})$ $\Rightarrow u_c = \dfrac{I_m}{C}\int \cos(125t + \dfrac{\pi}{4})dt = \dfrac{I_m}{125\pi C}\sin(125\pi t + \dfrac{\pi}{4})$ $u_c = \dfrac{8{,}9x10^{-5}}{C}\sin(125\pi t + \dfrac{\pi}{4})$	**0.75**
2.f	Additivité des tensions : $u_{AM} = u_{AD} + u_{DB} + u_{BM}$ $\Rightarrow 4\cos 125\pi t = \dfrac{8{,}9x10^{-5}}{C}\sin(125\pi t + \dfrac{\pi}{4}) + 80\times 0{,}035\cos(125\pi t + \dfrac{\pi}{4})$ Pour $125\pi t = \dfrac{\pi}{2}$ on a : $0 = \dfrac{8{,}9x10^{-5}}{C}\sin(\dfrac{\pi}{2} + \dfrac{\pi}{4}) + 2{,}8\cos(\dfrac{\pi}{2} + \dfrac{\pi}{4}) \Rightarrow$ $-\dfrac{8{,}9\times 10^{-5}}{C}\times\dfrac{\sqrt{2}}{2} = 2{,}8(-\dfrac{\sqrt{2}}{2}) \Rightarrow C = 32\times 10^{-6}\text{F} = 32\ \mu\text{F}$	**1.00**
2.g	$LC = 6{,}49 \times 10^{-6} \Rightarrow L = \dfrac{6{,}49\times 10^{-6}}{32\times 10^{-6}} = 0{,}2$ H	**0.50**
	Troisième exercice (6 points)	
A.1	Pour ioniser un atome d'hydrogène, pris dans un état d'énergie E_n, il faut lui fournir une énergie W telle que: $W + E_n = 0$. Or W est sûrement > 0, donc E_n **< 0.**	**0.50**
A.2.a	Puisqu'il s'agit de l'énergie minimale donc l'électron arraché est au repos; alors : $E_i = E_\infty - E_1 = E_1 = 13{,}6\text{ eV} = 13{,}6\times 1{,}602\times 10^{-19} = 2{,}178\times 10^{-18}$ J.	**0.75**
A.2.b	$\lambda_i = \dfrac{hc}{E_i} = \dfrac{6{,}626\times 10^{-34}\times 2{,}999\times 10^{8}}{2{,}178\times 10^{-18}}$ **= 91,24×10⁻⁹ m = 91,24 nm**	**0.75**
A.2.c	Comme λ de la lumière rayonnée par les étoiles chaudes est < λ_i $\Rightarrow$ $E > E_i$ alors les atomes d'hydrogène du gaz interstellaire sont ionisés et les électrons arrachés possèdent de l'E_C**.**	**0.75**
B.1.a	$\lambda_{32} = \dfrac{hc}{E_3 - E_2}$ **= 656,3×10⁻⁹ m = 656,3 nm.**	**0.75**
B.1.b	Oui elle est visible car 400 nm ≤ λ_{32} ≤ 800 nm.	**0.25**
B.1.c	Parce que 640 nm ≤ λ_{32} ≤ 680 nm	**0.25**
B.2.a	$E_C = E_2 + h\nu \Rightarrow \nu = \dfrac{E_C}{h} - \dfrac{E_2}{h} = \dfrac{E_C}{h} + \dfrac{3{,}4\times 1{,}602\times 10^{-19}}{6{,}626\times 10^{-34}}$. $\boldsymbol{\nu} = \dfrac{E_C}{h} + 8{,}22\times 10^{14}$ Hz	**0.75**
B.2.b.i	Comme il s'agit de $\lambda_{min} \Rightarrow \nu_{max} \Rightarrow (E_C)_{max}$. $\dfrac{c}{\lambda_{min}} = \dfrac{(E_C)_{\max}}{h} + 8{,}22\times 10^{14} \Rightarrow (E_C)_{max} = 2{,}66\times 10^{-19}$ **J.**	**0.75**
B.2.b.ii	$E_C = \dfrac{3}{2}kT \Rightarrow T_{max} = 12850$ K.	**0.50**
	Quatrième exercice (7.5 points)	

A.1	$\mathbf{E = u_R + u_L. \quad E = Ri + L\frac{di}{dt}\ (1)}$.	**0.50**
A.2	$\frac{di}{dt} = \frac{E}{R}\times(\frac{R}{L})e^{-\frac{R}{L}t} = \frac{E}{L}e^{-\frac{R}{L}t}$**, en remplaçant dans l'équation différentielle on obtient :** $\mathbf{E = R\frac{E}{R}(1-e^{-\frac{R}{L}t}) + L(\frac{E}{L}e^{-\frac{R}{L}t}) = E}$.	**0.75**
A.3	**Si** $\mathbf{t \to \infty}$, $e^{-\frac{R}{L}t} \to \mathbf{0} \Rightarrow \mathbf{i = \frac{E}{R} = I_{max}}$.	**0.50**
A.4	$\mathbf{i = \frac{E}{R}(1-e^{-\frac{R}{L}t_1}) = 0{,}63 I_{max} = 0{,}63\frac{E}{R} \Rightarrow 1-e^{-\frac{R}{L}t_1} = 0{,}63 \Rightarrow e^{-\frac{R}{L}t_1} = 1-0{,}63 = 0{,}37}$ $\Rightarrow \mathbf{-\frac{R}{L}t_1 = \ln 0{,}37 = -0{,}99 \approx -1 \Rightarrow t_1 = \frac{L}{R}}$.	**0.75**
A.5	**Graphe** 	**0.75**
B.1	Le poids de la bille $m\vec{g}$: force verticale descendante La force de frottement $\vec{f} = -h\vec{v}$: force verticale ascendante.	**0.25**
B.2	$\frac{\overrightarrow{dP}}{dt} = m\frac{\overrightarrow{dv}}{dt} = \Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{g} - h\vec{v}$. Par projection sur un axe vertical orienté positivement dans le sens du mouvement on obtient : $m\frac{dv}{dt} = mg - hv \Rightarrow mg = hv + m\frac{dv}{dt}$ (2).	**1**
C.1	E correspond à mg ; R correspond à h ; i correspond à v ; L correspond à m ; $\frac{di}{dt}$ correspond à l'accélération $\frac{dv}{dt}$.	**1.25**
C.2.a	Par analogie, on peut déduire que : $v = \frac{mg}{h}(1-e^{-\frac{h}{m}t})$	**0.50**
C.2.b	Si $t \to \infty$, $e^{-\frac{h}{m}t} \to 0 \Rightarrow v = \frac{mg}{h} = v_{limite}$.	**0.50**
C.2.c	$v = 0{,}63 v_{limite} = 0{,}63\frac{mg}{h} = \frac{mg}{h}(1-e^{-\frac{h}{m}t_1}) \Rightarrow$ $0{,}63 = 1-e^{-\frac{h}{m}t_1} \Rightarrow e^{-\frac{h}{m}t_1} = 0{,}37 \Rightarrow -\frac{h}{m}t_1 = \ln 0{,}37 = -0{,}99 \approx -1 \Rightarrow t_1 = \frac{m}{h}$.	**0.50**
C.3	Graphe 	**0.25**

7

الدورة العادية للعام 2009	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	

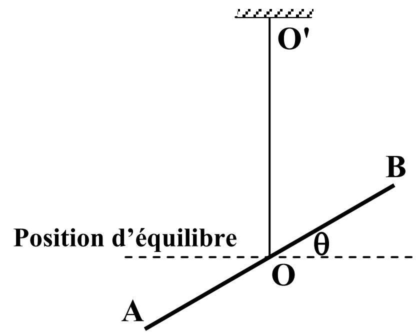
Cette épreuve est formée de quatre exercices répartis sur quatre pages numérotées de 1 à 4.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

Premier exercice : (7,5 points)

Pendule de torsion

Le but de l'exercice est de déterminer le moment d'inertie I d'une tige homogène AB par rapport à un axe qui lui est perpendiculaire en son milieu et la constante de torsion C d'un fil OO' de masse négligeable.

La tige a une masse M et une longueur AB = ℓ = 60 cm.
Un pendule de torsion [P] est obtenu en fixant le point milieu de AB à l'extrémité O du fil tandis que l'autre extrémité O' est fixée à un support. La tige est écartée de sa position d'équilibre d'un angle faible θ_m dans le plan horizontal ; elle est lâchée sans vitesse à l'instant $t_0 = 0$. Ainsi, la tige peut tourner dans un plan horizontal autour d'un axe (Δ) passant par OO'.



À un instant t au cours du mouvement, l'abscisse angulaire de la tige est θ et sa vitesse angulaire est $\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt}$.

Le plan horizontal contenant la tige est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur. On néglige toute force de frottement et on prend $\pi^2 = 10$.

A – Étude théorique

1) Donner, à l'instant t, l'expression de l'énergie mécanique E_m du système [[P], Terre] en fonction de I, C, θ et $\dot{\theta}$.

2) a) Écrire l'expression de E_m quand $\theta = \theta_m$.
b) Déterminer, en fonction de I, C et θ_m, l'expression de la vitesse angulaire de [P] lors du passage par la position d'équilibre.

3) Établir l'équation différentielle du second ordre en θ qui régit le mouvement de [P].

4) Déduire que le mouvement de [P] est sinusoïdal.

5) Déterminer l'expression de la période propre T_1 du pendule en fonction de I et C.

B – Étude expérimentale

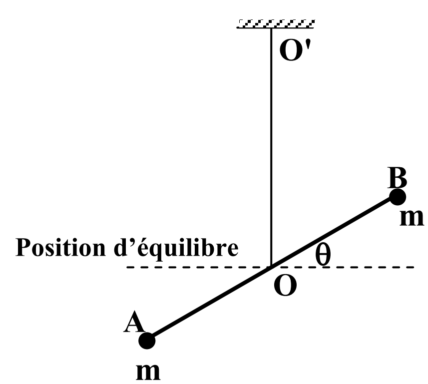
1) À l'aide d'un chronomètre, on mesure la durée t_1 de 20 oscillations et on obtient t_1= 20 s. Déterminer la relation entre I et C .

2) À chaque extrémité de la tige est fixée une particule de masse m = 25 g . On obtient ainsi un nouveau pendule de torsion [P'] qui peut effectuer également un mouvement sinusoïdal de rotation de période propre T_2.

a) Déterminer le moment d'inertie I' du système (tige + particules) par rapport à l'axe (Δ) en fonction de I, m et ℓ.

b) Écrire l'expression de T_2 en fonction de I, C, m et ℓ.

c) À l'aide d'un chronomètre, on mesure la durée t_2 de 20 oscillations et on obtient t_2 = 40 s. Trouver une nouvelle relation entre I et C.

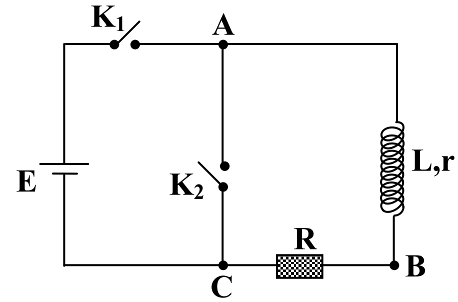


3) Calculer les valeurs de I et C.

Deuxième exercice : (7,5 points)

Phénomène d'auto-induction

Le montage représenté par la figure ci-dessous est constitué d'un générateur idéal de tension de f.é.m. E =12V, d'une bobine de résistance r =10 Ω et d'inductance L = 40 mH, d'un conducteur ohmique de résistance R = 40 Ω et de deux interrupteurs K_1 et K_2 .



A – À l'instant $t_0 = 0$, on ferme l'interrupteur K_1 et on laisse K_2 ouvert. À une date t, le circuit est parcouru, en régime transitoire, par un courant d'intensité i_1.

1) Établir l'équation différentielle qui décrit l'évolution de i_1 en fonction du temps.

2) I_0 est l'intensité du courant en régime permanent. Déterminer l'expression de I_0 en fonction de E,r et R et calculer sa valeur.

3) La solution de l'équation différentielle est de la forme : $i_1 = I_0\,(1-e^{\frac{-t}{\tau}})$.

- **a)** Déterminer l'expression de τ en fonction de L, r et R et calculer sa valeur.
- **b)** Donner la signification physique de τ .

4) **a)** Déterminer l'expression de la f.é.m. d'auto-induction e_1 en fonction du temps.
b) Calculer la mesure algébrique de e_1 à l'instant $t_0 = 0$.

B – Après quelques secondes, le régime permanent étant établi, on ouvre K_1 et on ferme au même instant K_2. On considère la date de la fermeture de K_2 comme une nouvelle origine des temps $t_0 = 0$. À une date t, le circuit (L,R,r) est alors parcouru par un courant induit d'intensité i_2 .

1) Déterminer le sens de i_2 .

2) Établir l'équation différentielle qui décrit l'évolution de i_2 en fonction du temps.

3) Vérifier que $i_2 = I_0\,e^{\frac{-t}{\tau}}$ est la solution de cette équation.

4) Calculer la mesure algébrique de la f.é.m. d'auto-induction e_2 à la date $t_0 = 0$.

C – Comparer e_1 et e_2 et déduire le rôle de la bobine dans chacun des deux circuits précédents.

Troisième exercice (7,5 points)

Caractéristiques d'un circuit (R, L, C)

Dans le but de déterminer les caractéristiques d'un circuit (R, L, C), on réalise le montage schématisé par la figure 1. Ce circuit comprend : un générateur G délivrant à ses bornes une tension alternative sinusoïdale u_g de la forme : $u_g = u_{AM} = U_m\cos(2\pi f)t$, un conducteur ohmique de résistance R= 650 Ω, une bobine d' inductance L et de résistance négligeable et un condensateur de capacité C.

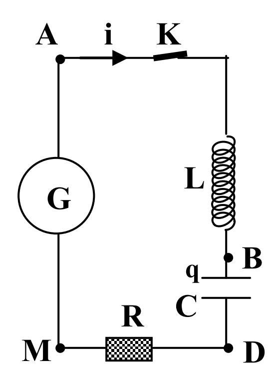


Fig.1

A – La fréquence f de la tension u_g est réglée à la valeur f_1.

On visualise, à l'aide d'un oscilloscope, les variations, en fonction du temps, de la tension u_{AM} aux bornes de G sur la voie (Y_1) et de la tension u_{DM} aux bornes du conducteur ohmique sur la voie (Y_2).
L'oscillogramme obtenu est représenté par la figure 2.

Sensibilité verticale pour les deux voies : 2 V/div.

Sensibilité horizontale : 0,1 ms/div.

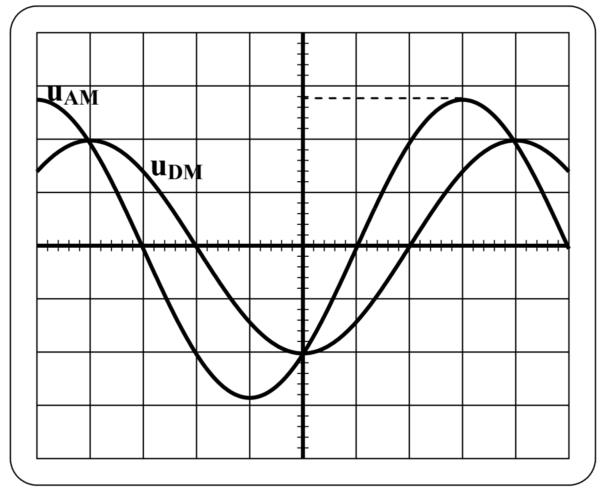


Fig.2

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

2) En se référant à l'oscillogramme, déterminer:

a) la valeur de la fréquence f_1;

b) la valeur absolue φ_1 du déphasage entre u_{AM} et u_{DM}.

3) L'intensité i qui traverse le circuit s'écrit sous la forme: $i = I_m\cos(2\pi f_1 t - \varphi_1)$.

a) Écrire, en fonction du temps, les expressions des tensions u_{AB}, u_{BD} et u_{DM}.

b) La relation : $u_{AM} = u_{AB} + u_{BD} + u_{DM}$ est vérifiée quel que soit t. Montrer, en donnant à t une valeur particulière, que l'on a : $\tan\varphi_1 = \dfrac{L(2\pi f_1) - \dfrac{1}{C(2\pi f_1)}}{R}$

B – À partir de la valeur f_1, on diminue continuellement la fréquence f . On constate, que pour une valeur $f_0 = 500$ Hz de f, le circuit est le siège du phénomène de résonance d'intensité.

Déduire, de ce qui précède, la relation entre L, C et f_0.

C – On continue à diminuer la fréquence f . Pour la valeur f_2 de f , on trouve que le déphasage entre u_{AM} et u_{DM} est φ_2 tel que $\varphi_2 = -\varphi_1$.

1) Déterminer la relation entre f_1, f_2 et f_0.

2) En déduire la valeur de f_2.

D– Déduire de ce qui précède les valeurs de L et C.

Quatrième exercice (7,5 points)

Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

Les énergies des différents niveaux de l'atome d'hydrogène sont données par la relation :

$E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ où E_0 est une constante positive et n un entier positif.

Données :

Constante de Planck : $h = 6{,}62 \times 10^{-34}$ J.s

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \times 10^8$ m/s ; 1 eV = $1{,}6 \times 10^{-19}$ J; 1 nm = 10^{-9} m.

1) **a)** L'énergie de l'atome d'hydrogène est quantifiée. Qu'est-ce qu'on entend par « *énergie quantifiée* » ?
b) Expliquer pourquoi le spectre d'absorption ou d'émission de l'atome d'hydrogène est constitué de raies.

2) Un atome d'hydrogène, préalablement excité, se désexcite en passant du niveau d'énergie E_2 au niveau d'énergie E_1. Il émet alors la radiation de longueur d'onde dans le vide : $\lambda_{2\to1} = 1{,}216 \times 10^{-7}$ m.
Déterminer, en J, la valeur :
- **a)** de la constante E_0;
- **b)** de l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène pris dans son état fondamental.

3) Pour l'hydrogène, on définit plusieurs séries de raies spectrales auxquelles sont attribués les noms de chercheurs qui ont participé à leur étude. Parmi ces séries, on considère celle de Balmer, caractérisée par les transitions des niveaux d'énergie $E_P > E_2$ (p > 2) au niveau d'énergie E_2 (n = 2).
À chaque transition $p \to 2$ correspond une raie de longueur d'onde $\lambda_{p\to2}$ dans le vide.
- **a)** Montrer que $\lambda_{p\to2}$, exprimée en nm, est donnée par la relation : $\frac{1}{\lambda_{p\to2}} = 1{,}096 \times 10^{-2}\left[\frac{1}{4} - \frac{1}{p^2}\right]$.
- **b)** L'analyse du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène révèle la présence des quatre raies visibles. On considère les trois raies H_α , H_β et H_γ de longueurs d'onde respectives dans le vide $\lambda_\alpha = 656{,}28$ nm , $\lambda_\beta = 486{,}13$ nm et $\lambda_\gamma = 434{,}05$ nm.
À quelle transition correspond chacune de ces radiations ?
- **c)** Montrer que les longueurs d'onde des radiations correspondant tendent, lorsque $p \to \infty$, vers une limite λ_0 que l'on calculera .

4) Balmer, en 1885, ne connaissait que les raies de l'atome d'hydrogène appartenant au spectre visible. Il a pu écrire la formule: $\lambda = K\frac{p^2}{p^2 - 4}$ où K est une constante positive et p un entier positif .
Déterminer la valeur de K en tenant compte des données numériques et comparer sa valeur à celle de λ_0 .

Premier exercice (7.5 points)

A – 1) $E_m = E_C + E_{PP} + E_{Pe} = ½I\theta'^2 + 0 + ½C\theta^2$ **(¾)**

2) a) Pour la déviation maximale, $\theta = \theta_m$ et $\theta' = 0$.

ainsi $E_m = ½C\theta^2_m$ **(½)**

b) Dans la position d'équilibre, $E_m = ½ I\theta'^2_m$

$\Rightarrow \theta' = \pm \theta_m\sqrt{\frac{C}{I}}$ **(¾)**

3) L'E_m est conservée car pas de frottement,

la dérivée par rapport au temps de E_m est ainsi nulle

$I\theta'\theta'' + C\theta\theta' = 0$; $\theta' \neq 0$ ainsi $\theta'' + \frac{C}{I}\theta = 0$ **(¾)**

4) L'équation a la forme: $\theta'' + \omega^2\theta = 0 \Rightarrow$ Mvt. sinusoïdal **(¼)**

5) Elle a une solution sinusoïdale avec $\omega^2 = \frac{C}{I}$

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ ainsi $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{I}{C}}$ **(¾)**

B – 1) $t_1 = 20T_1 = 20s$ ainsi $T_1 = 1 = 2\pi\sqrt{\frac{I}{C}}$

et $40\frac{I}{C} = 1$ alors $C = 40\,I$ **(1)**

2) a) $I' = I + 2m\left(\frac{\ell}{2}\right)^2 = I + m\frac{\ell^2}{2} = I + 0{,}0045$ **(¾)**

b) Même loi de mouvement, alors $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{I'}{C}} = 2\pi\sqrt{\frac{I + \frac{m\ell^2}{2}}{C}}$ **(½)**

c) $T_2 = 2$ ainsi $10\frac{I'}{C} = 1$ ou $C = 10\,I' = 10(I + 0{,}0045) = 10\,I + 0{,}045$ **(¾)**

3) $C = 40\,I = 10I + 0{,}045 \Rightarrow I = 1{,}5\times10^{-3}$ kg.m^2 et $C = 0{,}06$ N×m **(¾)**

Deuxième exercice (7.5 points)

A – 1) $E = ri_1 + L\frac{di_1}{dt} + Ri_1 \Rightarrow E = (r+R)\,i_1 + L\frac{di_1}{dt}$. **(½)**

2) Quand le régime permanent est établi, i_1 est constante et $\frac{di_1}{dt} = 0$;

l'intensité est alors I_0 telle que : $E = (r+R)\,I_0 \Rightarrow I_0 = \frac{E}{R+r}$.

$I_0 = \frac{12}{40+10} = 0{,}24$ A **(1)**

3) a) $\frac{di_1}{dt} = I_0/\tau\,(e^{\frac{-t}{\tau}}) \Rightarrow E = (r+R)\,I_0(1 - e^{\frac{-t}{\tau}}) + L\,I_0/\tau\,(e^{\frac{-t}{\tau}})$

$\Rightarrow L/\tau = (r+R) \Rightarrow \tau = \frac{L}{R+r} = \frac{0{,}04}{50} = 0{,}8$ ms. **(1)**

b) La constante de temps caractérise la durée de l'établissement du courant dans un dipôle (R+r), L **(¼)**

4) a) $e_1 = -L\frac{di_1}{dt} = -L\,I_0/\tau\,(e^{\frac{-t}{\tau}}) = -E\,e^{\frac{-t}{\tau}}$. **(½)**

b) Pour t = 0, $e_1 = -E = -12$ V. **(¼)**

B – 1) D'après la loi de Lenz, La bobine est parcourue par un courant d'intensité i_2 de meme sens que celui de i_1. **(½)**

2) $u_{AC} = u_{AB} + u_{BC} \Rightarrow 0 = ri_2 + L\frac{di_2}{dt} + Ri_2$

$\Rightarrow L\frac{di_2}{dt} + (R+r)\,i_2 = 0$ **(¾)**

3) $\frac{di_2}{dt} = -I_0/\tau\;e^{\frac{-t}{\tau}} \Rightarrow -L\,I_0/\tau\;e^{\frac{-t}{\tau}} + (R+r)\,I_0\,e^{\frac{-t}{\tau}} = 0$ **(1)**

4) $e_2 = -L\frac{di_2}{dt} = -L(-I_0/\tau\;e^{\frac{-t}{\tau}}) = E\,e^{\frac{-t}{\tau}}$.

À t = 0, on a $e_2 = E = 12$ V. **(¾)**

C – $e_1 = -e_2$.

Quand on ferme K_1, la f.é.m. induite s'oppose à l'établissement du courant dans le circuit $\Rightarrow e_1 < 0$ (la bobine joue le rôle d'un générateur en opposition). Quand on ferme K_2, la f.é.m. induite s'oppose à l'annulation du courant dans le circuit $\Rightarrow e_2 > 0$ (la bobine joue le rôle d'un générateur). **(1)**

Troisième exercice (7.5 points)

A – 1) branchements de l'oscilloscope. **(¼)**

2) a) $T_1 \rightarrow 8$ div $\Longrightarrow T_1 = 0{,}8$ ms

$f_1 = 1/T_1 = 1/\,0{,}8 \times 10^{-3} = 1250$ Hz **(½)**

b) $|\varphi_1| = 2\pi\, 1/8 = \pi/4$ rad. **(¼)**

3) a) $i = Im\cos(2\pi f_1 \cdot t - \varphi_1)$; $u_{AB} = L\, di/dt = -LIm(2\pi f_1)\sin(2\pi f_1 t - \varphi_1)$

$u_C = 1/C \int i\, dt = Im/C \int \cos(2\pi f_1 t - \varphi_1)\, dt$

$u_C = (Im / C.2\pi f_1)\sin(2\pi f_1 t - \varphi_1)$

$u_R = Ri = R\, Im\cos(2\pi f_1 t - \varphi_1)$ **(1)**

b) $Um\cos 2\pi f_1 t = R\, Im\cos(2\pi f_1 t - \varphi_1) + (Im / C.2\pi f_1)\sin(2\pi f_1 t - \varphi_1) - LIm(2\pi f_1)\sin(2\pi f_1 t - \varphi_1)$

$2\pi f_1 t = \pi/2 \Longrightarrow 0 = RIm\sin\varphi_1 + (Im / C.2\pi f_1)\cos\varphi_1 - L\, Im(2\pi f_1)\cos\varphi_1$

$\Longrightarrow R\sin\varphi_1 = [L(2\pi f_1) - 1/(C(2\pi f_1))]Im\cos\varphi_1$

$$tg\varphi_1 = \frac{L(2\pi f_1) - \dfrac{1}{C(2\pi f_1)}}{R} \quad \textbf{(¾)}$$

B – Résonance d'intensité $\Longrightarrow \varphi = 0 \Longrightarrow tg\varphi = 0 \Longrightarrow L2\pi f_0 - 1/C(2\pi f_0) = 0$

$\Longrightarrow LC4\pi^2 f_0^2 = 1.$ **(¾)**

C – 1) $tg\varphi_1 = -\,tg\,\varphi_2 \Longrightarrow \dfrac{L(2\pi f_1) - \dfrac{1}{C(2\pi f_1)}}{R} = \dfrac{\dfrac{1}{C2\pi f_2} - L2\pi f_2}{R}$

$\Longrightarrow L2\pi f_1 + L2\pi f_2 = 1/C\,[1/(2\pi f_1) + 1/(2\pi f_2)]$

$LC = 1/\,4\pi^2 f_1 f_2 = 1/\,4\pi^2 f_0^2 \Longrightarrow f_0^2 = f_1 f_2$ **(1½)**

2) $f_2 = (500^2)/\,1250 = 250000/1250 = 200$ Hz **(½)**

D – $\varphi_1 = \pi/4 \Longrightarrow L2\pi(1250) - 1/(C \times 2\pi \times 1250) = 650$

$LC = 1/(4\pi^2 500^2) = 10^{-7} \Longrightarrow LC \times 4\pi^2 \times 1250^2 - 1 = 650 \times C \times 2\pi \times 1250$

$\Longrightarrow C = 5.25\,/(650 \times 2\pi \times 1250) = 10^{-6}$ F $= 1\ \mu$F

$L = 10^{-7}/\,10^{-6} = 10^{-1}$ H $= 0.1$ H **(2)**

Quatrième exercice (7.5 points)

1) a) Les énergies de l'atome d'hydrogène ne peuvent pas prendre que des valeurs particulières (bien déterminées) **(½)**

b) Pour une transition électronique $p \rightarrow n$ le photon émis (ou absorbé) a un longueur d'onde : $\lambda_{p,n} = \dfrac{hc}{E_p - E_n}$.

Comme E_p et E_n sont quantifiées alors $(E_p - E_n)$ l'est aussi ; ce qui fait que $\lambda_{p,n}$.a un valeur bien déterminée, ce qui correspond à une raie. **(1)**

2) a) $E_2 = -\dfrac{E_0}{4}$ et $E_1 = -E_0 \Rightarrow E_2 - E_1 = \dfrac{3E_0}{4} = \dfrac{hc}{\lambda_{2,1}}$

$$\Rightarrow E_0 = \frac{4 \times 6{,}62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3 \times 1{,}216 \times 10^{-7}} = 2{,}177 \times 10^{-18}\ \text{J.}\ \textbf{(1½)}$$

b) $E_i = E_\infty - E_1 = E_0 = 2{,}177 \times 10^{-18}$ J. **(½)**

3) a)
$$\begin{cases} E_p - E_2 = -\dfrac{E_0}{p^2} + \dfrac{E_0}{4} = \dfrac{hc}{\lambda_{p,2}} \Rightarrow \dfrac{1}{\lambda_{p,2}} = \dfrac{E_0}{hc}\left(\dfrac{1}{4} - \dfrac{1}{p^2}\right) \\ = \dfrac{2{,}177 \times 10^{-18} \times 10^{-9}}{6{,}62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}\left(\dfrac{1}{4} - \dfrac{1}{p^2}\right) = 1{,}096 \times 10^{-2}\left(\dfrac{1}{4} - \dfrac{1}{p^2}\right) \end{cases} \quad \textbf{(1½)}$$

b) $\lambda_\alpha = 656{,}28$ nm $\Rightarrow p = 3$, donc c'est la transition $3 \rightarrow 2$.

λ_β ; $4 \rightarrow 2$ et λ_γ ; $5 \rightarrow 2$. **(¾)**

c) Quand $p \rightarrow \infty \Rightarrow \lambda \rightarrow \lambda_0 = \dfrac{4}{1{,}096 \times 10^{-2}} = 364{,}96$ nm **(½)**

4) Pour $\lambda_\alpha = 656{,}28$ nm, $p = 3$ d'où $K = \lambda \dfrac{p^2 - 4}{p^2} = 364{,}6$ nm, on trouve que $K \cong \lambda_0$ **(1¼)**

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.

<u>Premier exercice</u> (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 = 1mm.
Les plans (P) et (E) sont distants de D = 1m. 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.

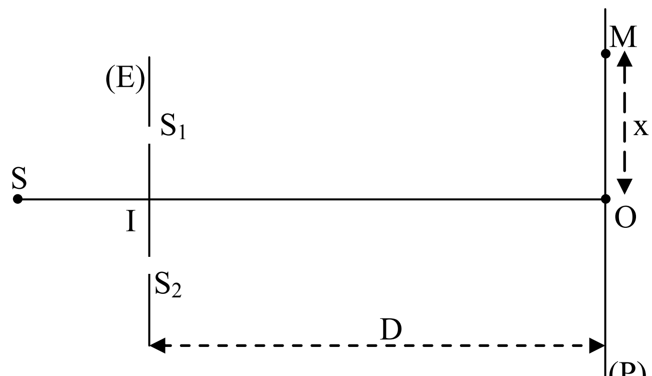


Fig. 1

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 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 = 2,24mm, des franges sombres.
   Spectre visible : $0,400\ \mu m \leq \lambda \leq 0,800\ \mu m$.

<u>Deuxième exercice</u> (7,5 points)

Détermination de la période du Polonium 210

Le polonium 210 ($^{210}_{84}Po$), 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 ($^{210}_{83}Bi$).

Masses des noyaux : m (Bi) = 209,938445 u ; m(Po) = 209,936648 u
masse de l'électron : m_e = 0,00055 u
1 u = 931,5 MeV / c^2 = 1,66 10^{-27} kg.

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

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 $E(\gamma) = 0{,}96$ MeV et d'un antineutrino d'énergie 0,02 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 ${}^{210}_{84}Po$, on considère un échantillon de cet isotope contenant, à la date $t_o = 0$, N_o 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 $-\ell n\left(\frac{N}{N_0}\right)$ 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
$-\ell n\left(\frac{N}{N_0}\right)$	0		0,4		0,8		1,2

   a) Compléter le tableau.
   b) Tracer, sur le papier millimétré, la courbe donnant les variations de $-\ell n\left(\frac{N}{N_0}\right)$ 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.

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

Échanges d'énergie

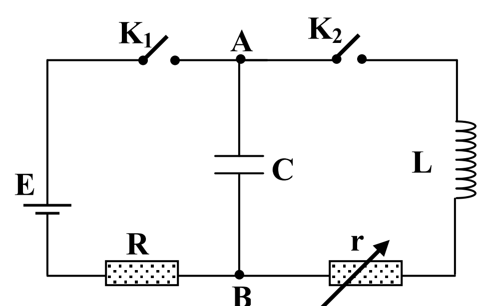


Fig. 1

On réalise le montage d'un circuit constitué d'un conducteur ohmique de résistance $R = 2{,}2$ kΩ, d'un générateur idéal de tension de f.é.m. $E = 8$ V, d'une bobine d'inductance $L = 0{,}8$ 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.

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 le 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.

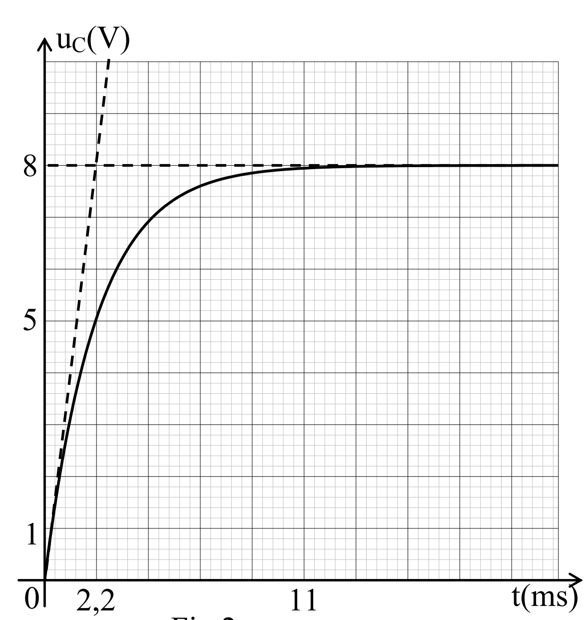


Fig.2

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_o .

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.

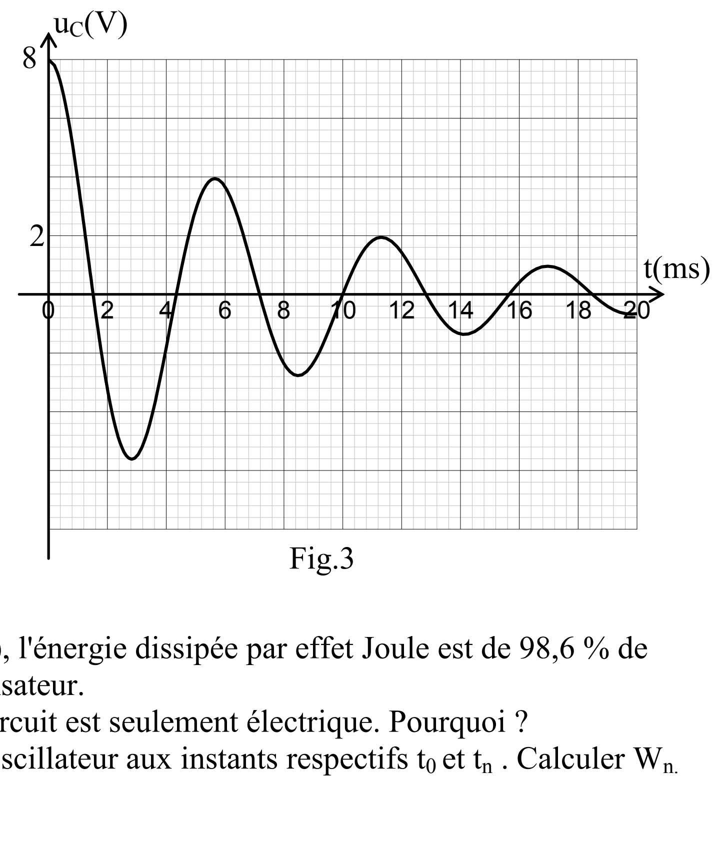


Fig.3

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.

<u>Quatrième exercice</u> (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.

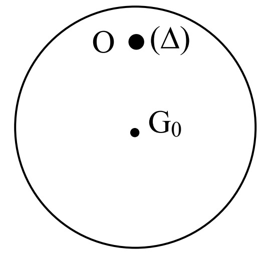


Fig 1

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

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

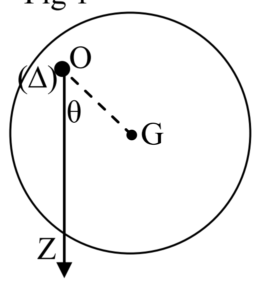


Fig 2

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 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 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 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}.

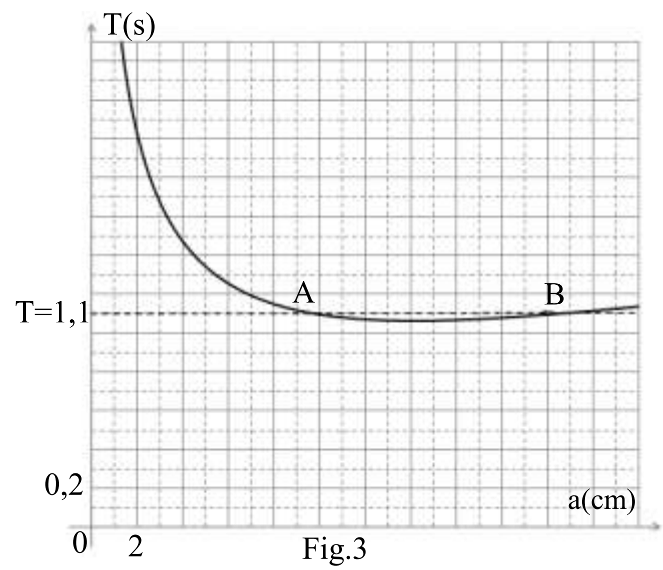


Fig.3

4

Premier exercice

1) On ne peut pas observer des franges d'interférences puisque les deux sources sont synchrones mais pas cohérentes. **(½)**

2) **a)** La frange en O est brillante puisque la différence de marche en O est nulle $= (SS_1 + S_1O) - (SS_2 + S_2O) = 0$; les deux vibrations lumineuses atteignent O en phase. **(¾)**

b) $\delta = \dfrac{ax}{D}$ **(½)**

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

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

$\Rightarrow x = (2k+1)\dfrac{\lambda D}{2a}$ **(1½)**

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

$\Rightarrow \lambda = \dfrac{ax}{4D} = \dfrac{1\times 2{,}24}{4\times 10^3} = 0{,}56\times 10^{-3}$ mm = 560 nm **(1¼)**

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

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

$\dfrac{4{,}48\times 10^{-3}}{(2k+1)}$ mm $= \dfrac{4{,}48}{(2k+1)}$ µm

$0{,}4\mu m \le \lambda_V \le 0{,}8\mu m \Rightarrow 0{,}4 \le \dfrac{4{,}48}{(2k+1)} \le 0{,}8 \Rightarrow 5{,}6 \le (2k+1) \le 11{,}2 \Rightarrow (2k+1) \in \{7, 9, 11\}$

(2k + 1)	7	9	11
λµm	0,64	0,497	0,407

(2)

Deuxième exercice

A – 1) a) ${}^{210}_{83}Bi \rightarrow {}^{210}_{84}Po + {}^{a}_{z}X$

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

$83 = 84 + z \Rightarrow z = -1$ **(½)**

b) La particule émise est un électron ${}^{0}_{-1}e$; ${}^{210}_{83}Bi$ est émetteur β^{-1} **(¼)**

2) $E_{libérée} =$ m × c² ou m est le défaut de masse

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

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

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

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

$\Rightarrow E_c = E(e) = 1{,}16 - 0{,}96 - 0{,}02 = 0{,}18$ MeV **(¾)**

B – 1) a) ${}^{210}_{84}Po \quad {}^{A}_{Z}X + {}^{4}_{2}He$

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

$84 = Z + 2 \Rightarrow Z = 82$ **(½)**

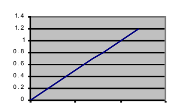
b) ${}^{a}_{z}X$ est le ${}^{206}_{82}Pb$ **(¼)**

2) a) $N = N_o e^{-\lambda t}$ où λ est la constante radioactive de ${}^{a}_{z}X$ **(½)**

b) $\dfrac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$ $\ell n(\dfrac{N}{N_0}) = -\lambda t \Rightarrow -\ell n(\dfrac{N}{N_0}) = \lambda t$ **(½)**

3) a) Les valeurs qui manquent sont : 0,20 ; 0,60 ; 1 **(½)**

b) (1¼)



c) La courbe est une droite qui passe par l'origine elle est en accord avec $-\ell n(\dfrac{N}{N_0}) = \lambda t$. **(¼)**

d) i) $\lambda = \dfrac{0{,}6}{120} = 5\quad 10^{-3}$ jour^{-1} **(½)**

ii) La pente de cette courbe est la constante radioactive λ du polonium 210. **(¼)**

iii) $T = \dfrac{\ell n2}{\lambda} = 138{,}6$ jours. **(½)**

Troisième exercice

A – 1) $E = u_C + Ri$, $i = C\dfrac{du_C}{dt}$ ainsi : $E = u_C + RC\dfrac{du_C}{dt}$ **(½)**

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

$\dfrac{RC}{\tau} = 1 \Rightarrow \tau = RC.$ **(¾)**

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. **(½)**

4) $\tau = RC = 2{,}2\times10^{3} = 2{,}2\times10^{-3} \Rightarrow C = 10^{-6}\text{F} = 1\ \mu\text{F}.$ **(½)**

5) a) Au bout de $t_1 = 5\tau = 11$ ms. **(¼)**

b) $Q = CE = 8\times10^{-6}$ C ; $W_0 = ½\, CE^2 = 32\times10^{-6}$ J. **(1)**

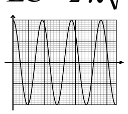
B – 1) $u_C = L\dfrac{di}{dt}$, $i = -\dfrac{dq}{dt} = -C\dfrac{du_C}{dt}$, ainsi : $u_C = -LC\ddot{u}_C \Rightarrow u_C + LC\ddot{u}_C = 0$ **(½)**

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

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

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

$\Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{0{,}8\times10^{-6}} = 5{,}62$ ms. **(¾)**

3)  **(¼)**

4) L'énergie (électrique) W_0 du condensateur passe, à la bobine qu'elle emmagasine sous forme d'énergie magnétique et vice versa. **(¼)**

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. **(¼)**

2) a) $3T = 17$ ms $\Rightarrow T = 5{,}67$ ms **(¼)**

b) T est légèrement supérieure à T_0. **(¼)**

3) a) Car u_C est max. $\Rightarrow i = 0 \Rightarrow W_{mag.} = 0 \Rightarrow$ énergie du circuit = énergie électrique **(¼)**

b) $W_n = 0{,}014\, W_0 \Rightarrow \dfrac{W_n}{W_0} = 0{,}014 \Rightarrow W_n = 0{,}014\times32\times10^{-6} = 0{,}448\times10^{-6}$ J. **(½)**

c) $W_n = ½\, Cu_n^2 \Rightarrow u_n = 0{,}95$ V . Le graphique donne $t = 17$ ms $= nT = n(5{,}62) \Rightarrow n = 3$ **(¾)**

Quatrième exercice

A – 1) $E_m = \dfrac{1}{2}I\theta'^2 + mga(1-\cos\theta) = \dfrac{1}{2}I\theta'^2 + mga\dfrac{\theta^2}{2}$ **(¾)**

2) a) $\dfrac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow I\theta'\theta'' + mga\theta\theta' = 0;\ \theta' \neq 0 \Rightarrow \theta'' + \dfrac{mga}{I}\theta = 0$ **(½)**

b) $\theta'' + \omega_0^2\theta = 0 \Rightarrow \omega_0^2 = \dfrac{mga}{I}$; puisque $T = \dfrac{2\pi}{\omega_0} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\dfrac{I}{mga}}$. **(½)**

3) a) i) $T_1 = 2\pi\sqrt{\dfrac{I_1}{mga_1}}$ et . $T_2 = 2\pi\sqrt{\dfrac{I_2}{mga_2}}$; $T_1 = T_2 \Rightarrow \dfrac{I_1}{I_2} = \dfrac{a_1}{a_2}$ **(½)**

ii) $\dfrac{I_0 + ma_1^2}{a_1} = \dfrac{I_0 + ma_2^2}{a_2} \Rightarrow I_0(a_2 - a_1) = ma_1a_2(a_2 - a_1) \Rightarrow I_0 = ma_1a_2$. **(¾)**

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

$T' = 2\pi\sqrt{\dfrac{ma_1a_2 + ma_1^2}{mga_1}} = 2\pi\sqrt{\dfrac{a_1 + a_2}{g}} \Rightarrow \ell = a_1 + a_2$. **(1)**

B – 1) a) $a_1 = 10$ cm et $a_2 = 20$ cm **(½)**

b) $I_0 = ma_1a_2 = 4\times10^{-3}$ kgm² ; $\ell = a_1 + a_2 = 30$ cm. **(1)**

2) a) À partir du graphique : T_{min} pour a' = 14 cm . **(½)**

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

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

Donc T est minimale si

$\dfrac{I_0}{mga} = \dfrac{a}{g} \Rightarrow a = \sqrt{\dfrac{I_0}{m}} = 14{,}1\ \text{cm} \Rightarrow a = 14{,}1$ cm $\Rightarrow T_{min} = 1{,}05$ s **(1½)**

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

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

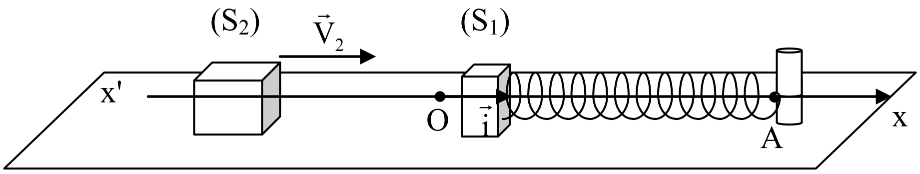
2010 الدورة العادية للعام	امتحانات الشهادة الثانوية العامة الفرع : علوم عامة	وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات
الاسم: الرقم:	مسابقة في مادة الفيزياء المدة ثلاث ساعات	

Cette épreuve est formée de quatre exercices répartis sur quatre pages numérotées de 1 à 4.

<u>L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.</u>

<u>Premier exercice</u> : (7,5 points) Oscillateur mécanique

Deux solides (S_1) et (S_2), de masses respectives $m_1 = 100$ g et $m_2 = 500$ g, peuvent glisser sur une table horizontale. Le solide (S_1) est fixé à une extrémité d'un ressort à spires non jointives de masse négligeable et de constante de raideur k = 25 N/m, l'autre extrémité A du ressort étant fixée à un obstacle (Voir figure ci-dessous). (S_2) est lancé vers (S_1) et atteint, juste avant le choc, la vitesse $\vec{V_2} = V_2 \vec{i}$ où $V_2 = 0,48$ m/s. Au moment du choc, (S_2) se colle sur (S_1) et juste après le choc, à la date $t_0 = 0$, l'ensemble forme un seul solide (S) de centre d'inertie G et se lance avec la vitesse $\vec{V_0} = V_0 \vec{i}$. Le plan horizontal passant par G est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.



A – Étude théorique

On néglige toute force de frottement.

1) Montrer que $V_0 = 0,40$ m/s.

2) Après le choc, (S), toujours lié au ressort, poursuit son mouvement. À une date t, on repère la position de G par son abscisse x sur l'axe $(O, \vec{i})$, $v = \frac{dx}{dt}$ étant la mesure algébrique de la vitesse de G. L'origine O des abscisses correspond à la position de G à la date $t_0 = 0$.

a) Calculer l'énergie mécanique du système [(S), ressort, Terre] à la date $t_0 = 0$.

b) Donner, à la date t, l'expression de l'énergie mécanique du système [(S), ressort, Terre] en fonction de m_1, m_2, k, x et v.

c) En déduire que l'abscisse de G est 6,2 cm lorsque v s'annule pour la première fois.

3) **a)** Établir l'équation différentielle du second ordre qui décrit le mouvement de G.

b) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $x = X_m \sin(\omega_o t + \varphi)$.

i) Déterminer les valeurs des constantes X_m , ω_o et φ.

ii) Calculer la valeur de la période propre T_0 des oscillations de G et déduire le temps t_1 mis par G pour passer de la position O à la position où v s'annule pour la première fois.

B – Étude expérimentale

En réalité, (S), toujours lancé à la date $t_0 = 0$ avec la vitesse $\vec{V_0}$, effectue des oscillations de pseudo-période très voisine de T_0. La vitesse de G s'annule alors pour la première fois à la date t_1 mais son abscisse est de 6 cm.

1) Déterminer l'énergie perdue au bout de t_1.

2) Un dispositif approprié (D), relié convenablement à l'oscillateur, sert à compenser l'énergie perdue. Calculer la puissance moyenne fournie par (D).

3) L'oscillateur est au repos. On enlève le dispositif (D) et l'obstacle. L'extrémité A du ressort est reliée à un vibreur, qui vibre le long du ressort, avec une fréquence f de valeur réglable.

  a) En régime permanent, (S) effectue des oscillations de fréquence f. Pourquoi ?

  b) Pour une certaine valeur f_1 de f, l'amplitude des oscillations de (S) passe par un maximum.

    i) Nommer le phénomène mis ainsi en évidence.

    ii) Calculer la valeur de f_1.

Deuxième exercice : (7,5 points)

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

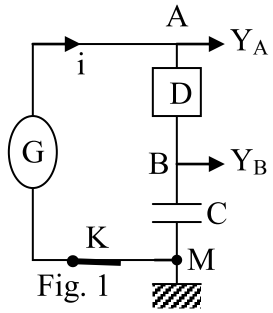


Fig. 1

On réalise le montage du circuit de la figure 1, où G est un générateur délivrant un signal carré (E, 0) de période T (Fig. 2), D un conducteur ohmique de résistance R = 10 kΩ et (C) un condensateur de capacité C = 0,2 μF. Un oscilloscope visualise la tension $u_g = u_{AM}$ aux bornes de G et la tension $u_C = u_{BM}$ aux bornes de (C).

A- Étude théorique

Charge de (C)

Au cours de la charge de (C), à une date t, la tension u_g vaut E et l'intensité du courant est i.

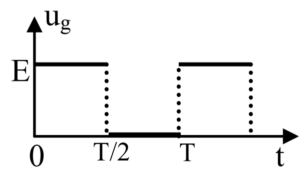


Fig.2

1) Donner l'expression de i en fonction de C et $\frac{du_C}{dt}$.

2) Établir, pour $0 \le t \le \frac{T}{2}$, l'équation différentielle vérifiée par u_C.

3) La solution de cette équation différentielle est de la forme:

$$u_C = A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad \text{où A et } \tau \text{ sont des constantes.}$$

  a) Déterminer, en fonction de E, R et C, les expressions de A et τ.

  b) Tracer l'allure du graphique représentant les variations de u_C en fonction du temps et indiquer sur le graphique les points correspondant à A et τ.

Décharge de (C)

4) Au cours de la décharge de (C), à une date t, la tension u_g est égale à 0. En considérant la date $\frac{T}{2}$ comme nouvelle origine des temps (début de la décharge), vérifier que $u_C = E e^{-\frac{t}{\tau}}$.

5) a) Quelle doit être la durée minimale de la charge pour que u_C atteigne pratiquement la valeur E?

  b) Quelle est alors la valeur minimale de T?

B – Étude expérimentale

1) Sur l'écran de l'oscilloscope, on observe les oscillogrammes de la figure 3.

a) Quelle courbe correspond à la charge du condensateur ? Justifier la réponse.

b) Calculer la valeur de E et celle de la période du signal carré.

2) **a)** On augmente la fréquence de la tension délivrée par G (Fig.4).
Déterminer la période T du signal carré.
Justifier la forme de l'oscillogramme de la figure 4 qui représente les variations de u_C.

b) On continue à augmenter la fréquence de la tension délivrée par G. L'oscillogramme de u_C devient presque triangulaire. Pourquoi ?

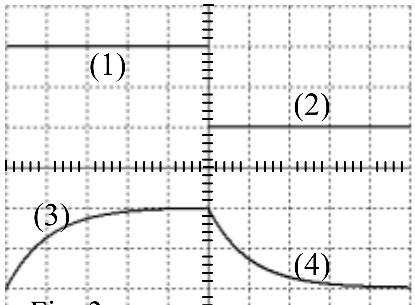


Fig. 3
S_V = 5 V/div; S_h = 2 ms/div.

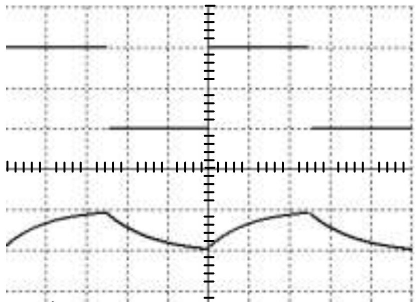


Fig. 4
S_V = 5 V/div; S_h = 1 ms/div.

Troisième exercice : (7,5 points) Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation :

$E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ où E_n est exprimée en eV et n est un entier naturel non nul.

Données :

Constante de Planck : $h = 6,62\times10^{-34}$ J.s ; 1nm = 10^{-9} m ;
célérité de la lumière dans le vide $c = 3\times10^8$ m/s ; 1 eV = $1,6\times10^{-19}$ J ;
spectre visible dans le vide : 400 nm $\leq \lambda \leq$ 750 nm.

La série de Lyman représente l'ensemble des radiations émises par l'atome d'hydrogène suite à la désexcitation des niveaux $n \geq 2$ vers le niveau fondamental $n = 1$.

1) **a)** On dit que l'énergie d'un atome est quantifiée.
Qu'entend-on par « énergie quantifiée » ?

b) Écrire l'expression de l'énergie d'un photon associé à une radiation de longueur d'onde λ dans le vide.

2) **a)** Montrer que les longueurs d'onde λ dans le vide des radiations de la série de Lyman, exprimées en nm, sont données par la relation: $\lambda = 91,3\left(\frac{n^2}{n^2-1}\right)$.

b) **i)** Déterminer, en nm, la longueur d'onde λ_1 maximale de la radiation de la série de Lyman.

ii) Déterminer, en nm, la longueur d'onde λ_2 minimale de la radiation de la série de Lyman.

iii) Les radiations de la série de Lyman appartiennent-elles au domaine visible, ultraviolet ou infrarouge ? Justifier la réponse.

3) Une lampe à hydrogène éclaire maintenant une surface métallique de zinc de longueur d'onde seuil λ_S = 270 nm.

a) Définir la longueur d'onde seuil d'un métal.

b) Des électrons sont émis par la surface métallique de zinc. Pourquoi ?

c) L'énergie cinétique maximale E_C d'un électron émis par une radiation de la série de Lyman est comprise entre les valeurs a et b: $a \leq E_C \leq b$. Déterminer, en eV, les valeurs de a et b.

d) L'énergie cinétique de ces électrons émis est quantifiée. Pourquoi ?

Quatrième exercice : (7,5 points) Un réacteur nucléaire « Le surgénérateur »

Lire attentivement l'extrait du texte suivant :

« …..Les réacteurs nucléaires à neutrons rapides emploient l'uranium 238 ou le plutonium 239 (ou les deux à la fois) comme combustibles…….Le principe d'un surgénérateur est de produire, à partir de l'uranium 238, au moins autant, sinon plus, de matériau fissile que le réacteur n'en brûle, et le bilan global serait une consommation d'uranium 238 seul, matériau relativement abondant comparé à l'uranium 235….. »

Données :

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3\times10^8$ m/s ; masse d'un neutron (^1_0n) : 1,0087 u.

$1\ u = 931{,}5\ MeV/c^2 = 1{,}66\times10^{-27}$ kg ; $1\ MeV = 1{,}6\times10^{-13}$ J;

Elément	TELLURE	TECHNÉTIUM	MOLYBDÈNE	PLUTONIUM	NEPTUNIUM
Nucléide	$^{135}_{52}Te$	$^{102}_{43}Tc$	$^{102}_{42}Mo$	$^{239}_{94}Pu$	$^{239}_{93}Np$
Masse (u)	134,9167	101,9092	101,9103	239,0530	239,0533

1) Relever du texte un indicateur qui montre, à énergie égale produite dans la centrale nucléaire, que l'uranium 238 présente un avantage sur l'uranium 235.

2) Dans un réacteur surgénérateur, l'uranium 238 réagit avec un neutron rapide selon la réaction suivante :

$$^{238}_{92}U + ^1_0n \rightarrow ^A_ZX . \quad (1).$$

Le noyau obtenu ^A_ZX est radioactif; il se transforme en plutonium fissile selon les équations suivantes.

$$^A_ZX \rightarrow ^0_{-1}e + ^{A_1}_{Z_1}X_1 + ^0_0\bar{\nu} . \quad (2)$$

$$^{A_1}_{Z_1}X_1 \rightarrow ^0_{-1}e + ^{239}_{94}Pu + ^0_0\bar{\nu} \quad (3).$$

a) Identifier ^A_ZX et $^{A_1}_{Z_1}X_1$.

b) Écrire l'équation bilan de la réaction nucléaire entre un noyau d'uranium 238 et un neutron conduisant au plutonium 239. (Cette réaction sera appelée réaction (4)).

c) Dire, pour chacune des réactions précédentes, si elle est une réaction spontanée ou provoquée.

3) Le plutonium $^{239}_{94}Pu$ peut réagir avec un neutron suivant la réaction :

$$^{239}_{94}Pu + ^1_0n \rightarrow ^{102}_{42}Mo + ^{135}_{52}Te + 3\,^1_0n . \quad (5)$$

a) Calculer, en MeV/c^2, la perte de masse Δm par cette réaction.

b) En déduire, en MeV, l'énergie E libérée par la fission d'un noyau de plutonium.

c) Trouver, en joules, l'énergie libérée par la fission d'un kilogramme de plutonium.

4) On suppose que chaque réaction de fission produit 3 neutrons. En utilisant ce qui précède, montrer que le rôle de l'un de ces trois neutrons est en accord avec la phrase de l'extrait :

« …….. produire, à partir de l'uranium 238, au moins autant, sinon plus, de matériau fissile que le réacteur n'en brûle … ».

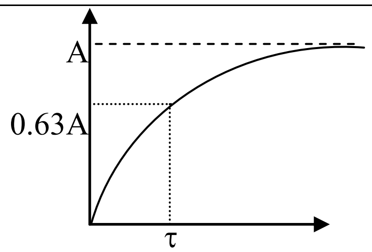
2010 الدورة العادية للعام	امتحانات الشهادة الثانوية العامة الفرع : علوم عامة	وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات
الاسم: الرقم:	مسابقة في مادة الفيزياء المدة ثلاث ساعات	مشروع معيار التصحيح

Première exercice (7.5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1	La quantité de mouvement du système, se conserve au cours du choc $m_2\,\overrightarrow{V_2} + \vec{0} = (m_1 + m_2)\,\vec{V}_0$ $\Rightarrow V_0 = \dfrac{m_2}{m_1+m_2}\,V_2$; $V_0 = \dfrac{500}{600}\times 0{,}48 = 0{,}40$ m/s	
A.2.a	$E_m = ½\,Mv^2 + ½\,kx^2$; $E_{PP} = 0$, $t = 0 \Rightarrow x = 0$, $V = V_0$ $E_m(t_0 = 0) = ½\,M\,V_0^2 = ½\times 0{,}6\times(0{,}4)^2 = 0{,}048$ J ;	
A.2.b	$ME = ½\,(m_1 + m_2)\,v^2 + ½\,kx^2$	
A.2.c	Pas de frottement $\Rightarrow E_m =$ constante $\Rightarrow ½\,(m_1 + m_2)\,v^2 + ½\,kx^2 = ½\,(m_1 + m_2)\,V_0^2$. Pour $v = 0$, $X_m^2 = \dfrac{M}{k}\,V_0^2 = \dfrac{0{,}600}{25}(0{,}4)^2 \Rightarrow X_m = 0{,}062$ m = 6,2 cm.	
A.3.a	$E_m = ½\,(m_1 + m_2)\,v^2 + ½\,kx^2 =$ constante quelconque soit t. $\dfrac{dE_m}{dt} = 0 = (m_1 + m_2)\,vx'' + kxv$ et $v \neq 0$ au cours des oscillations $\Rightarrow x'' + \dfrac{k}{(m_1+m_2)}\,x = 0$.	
A.3.b.i	$x = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$; $v = x' = X_m\,\omega_0\cos(\omega_0 t + \varphi)$; $x'' = -\,X_m\,\omega_0^2\sin(\omega_0 t + \varphi)$. On remplace : $-\,X_m\,\omega_0^2\sin(\omega_0 t + \varphi) + \dfrac{k}{M}\,X_m\sin(\omega_0 t + \varphi) = 0$ $\Rightarrow \omega_0^2 = \dfrac{k}{M}$ $\Rightarrow$ la pulsation propre est $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{k}{M}} = \sqrt{\dfrac{25}{0{,}6}} = 6{,}45$ rd/s. À la date $t_0 = 0$, $V_0 = 0{,}40$ m/s $\Rightarrow 0{,}4 = X_m\times 6{,}45\cos(\varphi)$ et $x_0 = 0$ $\Rightarrow X_m \sin\varphi = 0 \Rightarrow \sin\varphi = 0 \Rightarrow \varphi = 0$ ou π Or $\cos(\varphi) > 0 \Rightarrow \varphi = 0$ rd Pour $\varphi = 0$, $X_m = \dfrac{0{,}4}{6{,}45} = 0{,}062$ m = 6,2 cm. On obtient x (cm) = 6,2sin(6,45 t)	
A.3.b.ii	La période propre est $T_0 = \dfrac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\dfrac{1}{6{,}45} = 0{,}974$ s	

	$t_1 = T_0/4 = 0,243$ s.	
B.1	La perte d'énergie est $E = \lvert \Delta E_m \rvert = ½\, k(X_m^2 - X_{m1}^2) = 3,05\times10^{-3}$ J	
B.2.	Puissance moyenne des forces de frottement : $P_{moy} = \dfrac{E}{t_1} = 1,25\times10^{-2}$ W.	
B.3.a	La fréquence est f qui est celle du vibreur, car l'oscillateur effectue des oscillations forcées	
B.3.b.i	C'est le phénomène de résonance d'amplitude	
B.3.b.ii	$T \approx T_0$ et $f_1 \approx 1/T_0 \Rightarrow f_1 = 1,03$ Hz.	

Deuxième exercice (7.5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1	$i = \dfrac{dq_B}{dt} = C\dfrac{du_C}{dt}$.	
A.2	Pour $0 \le t \le T/2$, $u_g = E = u_R + u_C = Ri + u_C$ $\Rightarrow RC\dfrac{du_C}{dt} + u_C = E$.	
A.3.a	$\dfrac{du_C}{dt} = A\dfrac{1}{\tau}\, e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow RC\, A\dfrac{1}{\tau}\, e^{-\frac{t}{\tau}} + A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}). = E$ $\Rightarrow A\, e^{-\frac{t}{\tau}}\,(RC\,\dfrac{1}{\tau} - 1) + A - E = 0$, quelque soit t $\Rightarrow A = E$ et $\tau = RC$.	
A.3.b	Voir figure 	
A.4	Pour $T/2 \le t \le T$; $0 = u_R + u_C = Ri + u_C \Rightarrow RC\dfrac{du_C}{dt} + u_C = 0$. $u_C = E\, e^{-\frac{t}{\tau}}$ $\Rightarrow \dfrac{du_C}{dt} = -E\dfrac{1}{\tau}\, e^{-\frac{t}{\tau}}$ Remplaçant chaque grandeur par sa valeur dans l'équation différentielle, on obtient : $-RC\, E\dfrac{1}{\tau}\, e^{-\frac{t}{\tau}} + E\, e^{-\frac{t}{\tau}} = 0$; qui est vraie, puisque $\tau = RC$.	
A.5.a	La durée minimale de la charge ou de la décharge doit être 5τ.	
A.5.b	La valeur minimale de T doit être 10τ	
B.1.a	La courbe (3) correspond à la charge du condensateur puisque u_C croît avec le temps.	
B.1.b	E = 5 V/div×2 div = 10 V. la période T de la tension carrée = 2 ms/div×10 div = 20 ms.	
B.2.a	La période T de la tension carrée est maintenant : 1ms/div×5 div = 5 ms. La durée de la charge et de la décharge est maintenant inférieure à 5τ. Le	

	condensateur n'aura pas le temps de se charger ou de se décharger complètement.	
B.2.b	T<<< 10τ , et courbe devient linéaire (droite) pendant la charge et la décharge	

Troisième exercice (7.5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
1.a	L'énergie d'un atome ne peut prendre qu'un certain nombre de valeurs discrètes .	
1.b	$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$	
2.a	$E_n - E_1 = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = -\frac{13,6}{n^2} - (-\frac{13,6}{1^2}) = 13,6\,(1 - \frac{1}{n^2}) = 13,6\,(\frac{n^2-1}{n^2}) \Rightarrow$ $\lambda = \frac{hc}{13,6}(\frac{n^2}{n^2-1})$. $\lambda = \frac{6,62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{13,6\times1,6\times10^{-19}}(\frac{n^2}{n^2-1}) = 0,913\times10^{-7}\,(\frac{n^2-1}{n^2})$ m $\lambda = 91,3\,(\frac{n^2-1}{n^2})$ nm.	
2.b.i	L'énergie d'un photon étant inversement proportionnelle à sa longueur d'onde énergie minimale correspond à λ maximal = λ_1 ⇒ transition à partir de n = 2 $\Rightarrow \lambda_1 = 91,3\,(\frac{4}{4-1}) = 122$ nm	
2.b.ii	énergie maximale correspond à n la plus grande $\Rightarrow n = \infty \Rightarrow \lambda_2 = 91,3$ nm.	
2.b.iii	$91,3 \leq \lambda(nm) \leq 122$ Le spectre de la série de Lyman appartient au domaine ultra-violet	
3.a	C'est la longueur d'onde maximale de la radiation incidente pour qu'il ya un effet photoélectrique.	
3.b	La longueur d'onde incidente est telle que $91,3 \leq \lambda(nm) \leq 122$, elle est inférieure donc à $\lambda_S = 270$ nm, on a donc émission des électrons	
3.c	La relation d'Einstein donne : $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_S} + E_C$ $\Rightarrow E_C = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_S} = hc(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_S})$; $(E_C)_{max} = b$ $b = hc(\frac{1}{\lambda_{min}} - \frac{1}{\lambda_S}) = 6,62\times10^{-34}\times3\times10^{8}(\frac{1}{91,3\times10^{-9}} - \frac{1}{270\times10^{-9}})$; $b = 0,725\times10^{-19}$ J = 0,453 eV. $(E_C)_{min} = a$ $a = hc(\frac{1}{\lambda_{max}} - \frac{1}{\lambda_S}) = 6,62\times10^{-34}\times3\times10^{8}(\frac{1}{122\times10^{-9}} - \frac{1}{270\times10^{-9}})$; $a = 0,449\times10^{-19}$ J = 0,281 eV.	

3.d	Dans la relation $E_C = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_S}$; les valeurs des λ sont discrètes $\Rightarrow$ les valeurs de E_C forment alors une suite discontinue $\Rightarrow$l'énergie cinétique des électrons émis est quantifiée.	

Quatrième exercice (7.5 points)

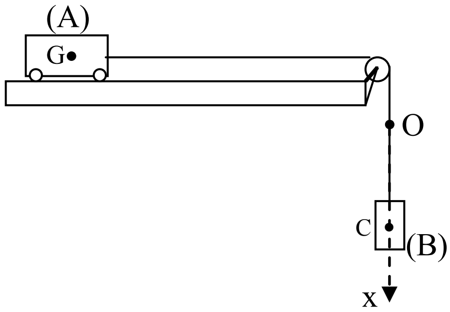
Partie de la Q.	Corrigé	Note
1	« … le bilan global serait une consommation d'uranium 238 seul, matériau relativement abondant comparé à l'uranium 235….. »	
2.a	$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{A}_{Z}X$. **(1)** A = 239 ; Z = 92 donc $^{A}_{Z}X$ est $^{239}_{92}U$ $^{239}_{92}U \rightarrow ^{0}_{-1}e + ^{A_1}_{Z_1}X_1 + ^{0}_{0}\bar{\nu}$. **(2)** A_1= 239 ; Z_1= 93, donc $^{A_1}_{Z_1}X_1$ est $^{239}_{93}N_P$	
2.b	**(1) +(2) +(3)** $\Rightarrow$ $^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{94}P_U + 2\,^{0}_{-1}e + 2\,^{0}_{0}\bar{\nu}$ **(4)**	
2.c	**(1) :** réac. provoquée ; **(2)** et **(3) :** spontanées**;** **(4) :** provoquée.	
3.a	$\Delta m = 0{,}2086$ u = 194,31 MeV/c^2	
3.b	$E = m\,c^2$ = 194,31 MeV	
3.c	Masse d'un noyau de plutonium 239 est : 239 u = $239 \times 1{,}6605 \times 10^{-27}$ kg **=** $396{,}86 \times 10^{-27}$ kg **N**ombre des noyaux contenus dans1 kg de plutonium 239 est : $\frac{1}{396{,}86\times10^{-27}} = 2{,}52\times10^{24}$ noyaux L'énergie libérée : $2{,}52 \times 10^{24} \times 194{,}31 = 4{,}9 \times 10^{26}$ MeV = $7{,}83 \times 10^{13}$ J.	
4	Un neutron interagit avec l'uranium 238 pour former un autre noyau de plutonium. Ce qui montre que les noyaux de plutonium sont en excès dans la population des noyaux.	

الدورة الإستثنائية للعام 2010	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	

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 ½ points)

Moment d'inertie d'une poulie



Dans le but de déterminer le moment d'inertie d'une poulie par rapport à son axe de rotation, on utilise le dispositif de la figure ci-contre, comportant un chariot (A), de masse M = 1 kg, attaché à un bloc (B), de masse m = 0,18 kg, au moyen d'un fil inextensible et de masse négligeable. Le fil passe sur la poulie de rayon r = 5 cm. Un appareil approprié peut enregistrer, à des intervalles de temps successifs égaux à τ = 50 ms, l'abscisse $x = \overline{OC}$ des différentes positions occupées par le centre d'inertie C de (B) .
On néglige toutes les forces de frottement et on utilise $g = 10\ m/s^2$.
Le tableau ci-dessous donne l'abscisse x de C et la mesure algébrique V de sa vitesse à des instants différents.

t (ms)	$t_0 = 0$	$t_1 = 50$	$t_2 = 100$	$t_3 = 150$	$t_4 = 200$
x (cm)	0	0,175	0,7	1,575	2,8
V (m/s)	0	0,07	0,14	0,21	0,28

A – Étude énergétique

1) Calculer l'énergie cinétique de (B) à l'instant t_4 = 200 ms.
2) Calculer la variation de l'énergie cinétique de (B) entre les instants t_0 et t_4.
3) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique ($\Delta E_C = \Sigma W$), calculer le travail effectué par la tension $\vec{T}_1$ qu'exerce le fil sur le bloc (B).
4) Montrer que la valeur T_1 de $\vec{T}_1$, supposée constante, est égale à 1,548 N.

B – Étude dynamique

1) Calculer les valeurs P_0, P_1, . . .P_4 de la quantité de mouvement $\vec{P}$ du chariot (A) respectivement aux instants t_0, t_1, . . . t_4.
2) **a)** Tracer le graphique représentant les variations de P en fonction du temps.
b) Montrer que l'équation correspondant au graphique peut être écrite sous la forme : P = kt + b où k et b sont des constantes à déterminer.
3) En appliquant à (A) la deuxième loi de Newton :
a) déterminer la relation entre les constantes k, M et la mesure algébrique a de l'accélération du mouvement et en déduire la valeur de a ;
b) montrer que la valeur T_2 de la tension $\vec{T}_2$ qu'exerce le fil sur le chariot (A) vaut 1,40 N.

C – Détermination du moment d'inertie de la poulie

1) Préciser les forces qui s'exercent sur la poulie.
2) En appliquant le théorème du moment cinétique, déterminer le moment d'inertie de la poulie par rapport à son axe de rotation.

Deuxième exercice : (7 ½ points)

Identification de deux dipôles

On dispose d'un générateur G, présentant à ses bornes une tension constante E , d'un générateur G', présentant à ses bornes une tension alternative sinusoïdale d'expression :
$u = 5\sqrt{2}\sin 2\pi ft$ (u en V et t en s) de fréquence f réglable, d'un ampèremètre (A) de résistance négligeable, de deux dipôles (D_1) et (D_2) dont l'un est une bobine d'inductance L et de résistance r et l'autre un condensateur de capacité C, d'un interrupteur K et de fils de connexion. (Prendre : $\frac{1}{\pi} = 0,32$)

Dans le but d'identifier chacun de ces deux dipôles et de déterminer leurs caractéristiques, on réalise les expériences suivantes et on prend des mesures après que le circuit ait atteint le régime permanent.

A – Première expérience

Chacun des deux dipôles, pris séparément, est alimenté par le générateur G.
En régime permanent :

- Le circuit comportant (D_1) n'est parcouru par aucun courant.
- Le circuit comportant (D_2) est parcouru par un courant d'intensité I = 1 A et consomme une puissance de 5 W.

1) Déterminer la nature de (D_1).
2) Déterminer la résistance r de la bobine.

B – Deuxième expérience

Chacun des deux dipôles, pris séparément, est alimenté par le générateur G' , la tension u étant de fréquence f = 50 Hz.
En régime permanent :

- Le circuit comportant le condensateur est parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité i_1 de valeur efficace I_1 = 50 mA et ne consomme aucune puissance (Fig. 1).
- La bobine est parcourue par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité i_2 de valeur efficace $I_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}$ A et consomme une puissance moyenne de 2,5 W (Fig. 2).

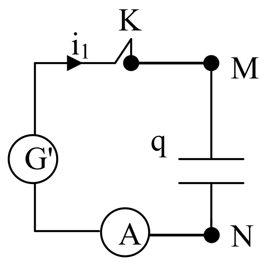


Fig1

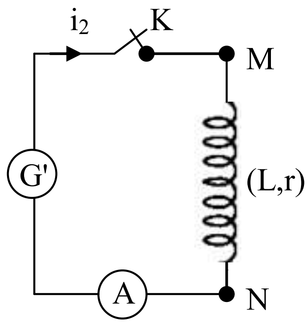


Fig 2

1) Déterminer le déphasage entre i_1 et u et celui entre i_2 et u.
2) Écrire, en le justifiant, les expressions de i_1 et i_2 en fonction du temps.
3) a) Montrer que $i_1 = C\frac{du}{dt}$.
b) En déduire la valeur de C.
4) a) Écrire la relation qui lie u, i_2, r et L.
b) En utilisant les expressions de u et i_2 en fonction du temps et en donnant à t une valeur particulière, déterminer la valeur de L.

C – Troisième expérience

En réalité, les valeurs de r et L coïncident avec celles inscrites sur la bobine. Pour s'assurer de la valeur de C, on réalise une expérience qui consiste à brancher, en série, la bobine et le condensateur aux bornes de G'. En donnant à f différentes valeurs, on constate que l'intensité efficace dans le circuit prend une valeur maximale pour $f = f_0 = 225$ Hz.

1) Pour la fréquence f_0, le circuit est le siège d'un phénomène électrique particulier. Nommer ce phénomène.
2) Déterminer la valeur de C.

Troisième exercice : (7 ½ points)

Aspect ondulatoire de la lumière et ses applications

Le but de cet exercice est de mettre en évidence l'exploitation d'un phénomène lumineux dans la mesure des petits déplacements

A – Diffraction

Un laser éclaire, sous une incidence normale, une fente rectiligne F, de largeur a, pratiquée dans un écran opaque (P). La lumière transmise de F est reçue sur un écran (E), parallèle à (P) et situé à 3 m de (P) (Fig.1).

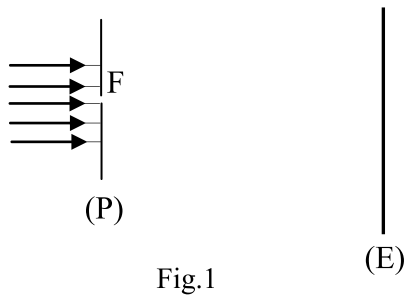


Fig.1

1) Décrire la figure observée sur (E) dans les deux cas suivants:

a) $a = a_1 = 1$ cm.

b) $a = a_2 = 0,5$ mm.

2) Il est impossible d'isoler un rayon lumineux en diminuant la largeur de la fente. Pourquoi?

3) On opère avec la fente de largeur $a_2 = 0,5$ mm. La largeur de la tache centrale de diffraction observée sur (E) est 7,2 mm. Montrer que la longueur d'onde de la lumière utilisée est $\lambda = 600$ nm.

4) On enlève l'écran (P). Un cheveu, de diamètre d, est tendu à la place de la fente F. On obtient sur l'écran une figure de diffraction. La mesure de la largeur de la tache centrale de diffraction donne 12 mm. Déterminer la valeur de d.

B – Interférences

Afin de mesurer le petit déplacement d'un appareil, on fixe l'écran (P) à cet appareil. Dans un écran (P'), on pratique deux fentes très fines et parallèles F_1 et F_2 distantes de 1 mm.

On reprend l'expérience précédente et on introduit (P') entre (P) et (E). (P) et (P') sont parallèles et se trouvent à une distance D' = 1 m l'un de l'autre.

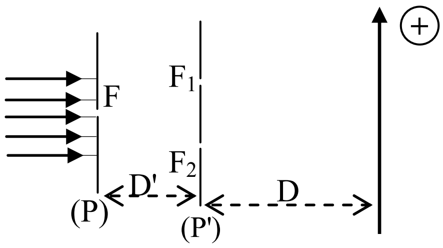


Fig.2

La fente F, pratiquée dans (P), est équidistante des deux fentes F_1 et F_2. La fente F est éclairée par la source laser de longueur d'onde $\lambda = 600$ nm. Un phénomène d'interférences est observé sur l'écran (E) qui est situé à une distance D = 2 m de (P').

1) Faire un schéma montrant la région où pourront apparaître des franges d'interférences.

2) Préciser, en le justifiant, la position du centre O de la frange centrale.

3) Un point M de l'écran se trouve à la distance d_1 de F_1 et à la distance d_2 de F_2 tel que: $d_2 = d_1 + 1500$ nm. Le point M est au centre de la troisième frange sombre. Pourquoi ?

4) On compte sur (E) 11 franges brillantes. Calculer la distance d séparant les centres des franges brillantes extrêmes.

5) On fait subir à l'appareil et par suite à la fente F un déplacement z du côté de F_2, normalement au plan médiateur de F_1F_2 , la nouvelle position de F étant notée F'. On remarque que la frange centrale occupe maintenant la position déjà occupée par la troisième frange brillante.

a) Expliquer pourquoi la frange centrale se déplace sur l'écran et déterminer le sens de ce déplacement.

b) En un point N de (E), d'abscisse x par rapport à O, on peut écrire :

$(F'F_2N) - (F'F_1N) = \frac{ax}{D} + \frac{az}{D'}$. Calculer la valeur de z.

<u>Quatrième exercice</u> : (7 ½ points)

Les neutrons et la fission nucléaire dans un réacteur

On donne : m($^{235}_{92}U$) = 234,99332 u ; m(I) = 138,89700 u ; m(Y) = 93,89014 u ;

m_n= m($^{1}_{0}n$) = 1,00866 u ; 1 u = 931,5 MeV/c^2.

Dans un réacteur à uranium 235, la fission d'un noyau ($^{235}_{92}U$) sous l'impact d'un neutron thermique donne naissance à différentes paires de fragments avec émission de quelques neutrons. Les plus probables paires de fragments ont des nombres de masse proches de 95 et de 140. Une des réactions typiques de fission est celle qui donne naissance à l'iode ($^{A}_{53}I$), à l'yttrium ($^{94}_{Z}Y$) et à 3 neutrons.

A – Déterminer Z et A.

B – **1)** Montrer que la perte de masse dans cette réaction vaut Δm = 0,18886 u.

2) Déterminer, en MeV, l'énergie E libérée par cette réaction de fission.

3) Sachant que chaque neutron formé a une énergie cinétique moyenne E_0 = 1 % E. Calculer E_0.

4) Pour qu'un neutron, produit par la réaction de fission, puisse provoquer une nouvelle fission nucléaire d'un noyau d'uranium 235, il doit avoir une énergie cinétique faible, proche de E_{th} = 0,025 eV (neutron thermique). En vue de diminuer l'énergie cinétique d'un neutron produit de E_0 à E_{th}, ce neutron doit subir des collisions successives avec des noyaux au repos plus lourds de masse M = 2 m_n, dits, noyaux« ralentisseurs » ; ces collisions sont supposées élastiques et les vitesses colinéaires.

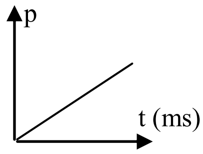
a) En utilisant les lois de conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie cinétique, montrer qu'après chaque collision, le neutron rebondit avec le tiers (1/3) de sa vitesse initiale.

b) Déterminer, en fonction de E_0, l'expression de l'énergie cinétique E_l du neutron après la première collision. En déduire, en fonction de E_0, l'expression de l'énergie cinétique E_k du neutron après la kième collision.

c) Calculer le nombre k de chocs nécessaires pour que l'énergie d'un neutron passe de E_0 à 0,025 eV.

وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات	امتحانات الشهادة الثانوية العامة الفرع : علوم عامة	الدورة الإستثنائية للعام 2010
مشروع معيار التصحيح	مسابقة في مادة الفيزياء المدة ثلاث ساعات	الاسم: الرقم:

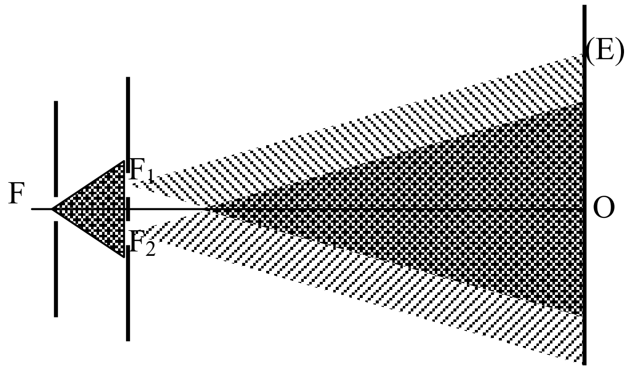
Premier exercice (7.5 points)

A.1	$E_C(t_4) = \frac{1}{2}\, m\, V_4^2 = 7{,}056 \times 10^{-3}$ J.	0.5
A.2	Variation de l’énergie cinétique de B: $\Delta E_C = 7{,}056 \times 10^{-3} - 0 = 7{,}056 \times 10^{-3}$ J.	0.5
A.3	Les forces agissantes sur (B), sont: la tension $\vec{T}_1$ vers le haut et le poids $\vec{P}_1$ de (B). $\Delta E_C = W(\vec{T}_1) + W(\vec{P}_1) = W(\vec{T}_1) + mg(x_4 - x_0)$ $7{,}056 \times 10^{-3} = W(\vec{T}_1) + 0{,}18 \times 10 \times (2{,}8 \times 10^{-2} - 0) \Rightarrow$ $W(\vec{T}_1) = -43{,}344 \times 10^{-3}$ J	1
A.4	$W(\vec{T}_1) = -T_1(x_4 - x_0) \Rightarrow -43{,}344 \times 10^{-3} = -T_1(2{,}8 \times 10^{-2})$ $\Rightarrow T_1 = 1{,}548$ N	0.5
B.1	$P = MV$; $P_0 = 0$ kg·m/s; $P_1 = 0{,}07$ kg·m/s; $P_2 = 0{,}14$ kg·m/s; $P_3 = 0{,}21$ kg·m/s; $P_4 = 0{,}28$ kg·m/s.	0.5
B.2.a		1
B.2.b	le graphique de P en fonction du temps est une droite: $P = kt + b$. pour $t = 0, P = 0 = b$; k = pente du graphique $= 1{,}40$ kg·m/s^2.	1
B.3.a	$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{k} = M\vec{a} \Rightarrow a = 1{,}40$ m/s^2	1
B.3.b	Les forces agissantes sur le chariot sont: $\vec{T}_2$ horizontale et $\vec{P}_2$ le poids de (A) et la réaction normale $\vec{R}$. Appliquons la deuxième loi de Newton: $\sum \vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$. $\vec{T}_2 + \vec{P}_2 + \vec{R} = \frac{d\vec{P}}{dt}$, projection horizontale: $T_2 = \frac{dP}{dt} = k = 1{,}40$ N	0.5
C.1	Les forces agissantes sont : $\vec{T}'_1$, $\vec{T}'_2$, $\vec{P}_p$ et $\vec{R}_N$.	0.5
C.2	$\sum \text{moments}(\vec{F}_{ext}) = I\ddot{\theta}$ donne $(T_1 - T_2)\, r = I\ddot{\theta} = I\frac{a}{r}$, Qui donne $I = 2{,}643 \times 10^{-4}$ kg·m^2.	0.5

Deuxième exercice (7.5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1	**D_1** est un condensateur, car sous une tension constante, le circuit, en régime permanent, n'est parcouru par aucun courant en fin de sa charge.	0.5
A.2	$P = r\,I^2 \Rightarrow\ r = 5\ \Omega$	0.5
B.1	La puissance $P = UI\cos\varphi$. Pour le condensateur : $P = 0\ \Rightarrow\ \cos\varphi_1 = 0\ \Rightarrow\ \lvert\varphi_1\rvert = \frac{\pi}{2}$ rd. Pour la bobine : $P = 2,5$ W et $I_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}$ A $\Rightarrow 2,5 = 5\times\frac{\sqrt{2}}{2}\cos\varphi_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow$ $\lvert\varphi_2\rvert = \frac{\pi}{4}$ rd.	0.5 0.5
B.2	Dans le cas d'un circuit comportant C, i_1 est en avance de $\frac{\pi}{2}$ par rapport à u, $i_1 = 0,05\sqrt{2}\ \sin(100\pi t+\frac{\pi}{2})$; Dans le cas d'un circuit RL : i_2 est en retard de $\frac{\pi}{4}$ par rapport à u, $i_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}\sqrt{2}\sin(100\pi t-\frac{\pi}{4})\ \Rightarrow i_2 = \sin(100\pi t-\frac{\pi}{4})$	0.5 0.5
B.3.a	$i_1 = \frac{dq}{dt}$ et $q = Cu \Rightarrow i_1 = C\frac{du}{dt}$	0.5
B.3.b	$i_1 = C\frac{du}{dt} = 5\sqrt{2}\times 100\pi C\cos 100\pi t = 500\,\pi\,C\sqrt{2}\ \sin(100\pi t+\frac{\pi}{2})$ En comparant les amplitudes : $500\,\pi\,C\sqrt{2} = 0,05\sqrt{2}$ $\Rightarrow\ C = 32\times10^{-6}$ F ou 32 µF	1.5
B.4.a	$u = ri_2 + L\frac{di_2}{dt}$.	0.5
B.4.b	$5\sqrt{2}\ \sin 100\pi t = 5\sin(100\pi t-\frac{\pi}{4}) + L\times100\pi\cos(100\pi t-\frac{\pi}{4})$ Pour $t = 0$: $0 = -5\frac{\sqrt{2}}{2} + L\times100\pi\frac{\sqrt{2}}{2}\ \Rightarrow L = 0,016$ H ou 16 mH	1
C.1	Résonance d'intensité	0.5
C.2	$LC\omega_0^2 = 1 \Rightarrow C = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 L} = 31,6\ \mu F$	0.5

Troisième exercice (7.5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1.a	$a = a_1 = 1cm$: on observe une tache lumineuse	0.5
A.1.b	$a = a_2 = 0,5$ mm : on observe une figure de diffraction : des taches alternées brillantes et sombres situées de part et d'autre d'une tache centrale plus brillante que les franges brillantes latérales et de largeur double	0.75
A.2	Pour isoler un rayon lumineux, un faisceau doit traverser un trou de très petit diamètre. À cause de la diffraction la lumière, ce faisceau se diffracte et le rayon n'est pas isolé .	0.25
A.3	La largeur angulaire de la tache centrale de diffraction est $\alpha = \frac{2\lambda}{a_2} = \frac{\ell}{D}$ + Figure $\Rightarrow \lambda = 600$ nm	1
A.4	$\alpha = 2\frac{\lambda}{d} = \frac{\ell'}{D}$ $\Rightarrow d = 3\times10^{-4}$ m = 0,3 mm	0.5
B.1		0.5
B.2	la frange centrale est caractérisée par $\delta = 0$, donc sa position O est l'intersection de la médiatrice du segment F_1F_2 et l'écran. Nature : brillante car $\delta = 0$ est justifiée par $\delta = k\lambda$ pour $k = 0$	0.5
B.3	$\delta = d_2 - d_1 = 1500$ nm ; $\frac{\delta}{\lambda/2} = 5 = (2k + 1) \Rightarrow k = 2$	1
B.4	$d = 10\, i = 10\, \frac{\lambda D}{a} = 12$ mm	0.5
B.5.a	Puisque la frange centrale est caractérisée par $\delta = 0$ et comme le chemin $OF_1F' > OF_2F'$, alors la différence de marche en O n'est pas nulle , la frange centrale se déplace. Soit O' la nouvelle position : $O'F_1F' = O'F_2F'$, puisque FF_2 est plus petit que FF_1 il faut que $O'F_2$ soit plus grand que $O'F_1$, O' au dessus de O	1
B.5.b	Si O' coïncide avec N, alors $\delta_N = 0$ et par suite $\frac{ax}{D} + \frac{a\,z}{D'} = 0$ $\Rightarrow z = -\frac{D'x}{D}$; la frange brillante d'ordre 3 se forme normalement au point d'abscisse $x = 3\, \frac{\lambda D}{a} = 3,6\times10^{-3}$ m ou 3,6 mm. Ainsi $z = \frac{-1\times 3,6}{2} = -1,8$ mm	1

Quatrième exercice (7 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A	${}_{0}^{1}n + {}_{92}^{235}U \longrightarrow {}_{53}^{A}I + {}_{Z}^{94}Y + 3\,{}_{0}^{1}n$ $1 + 235 = A + 94 + 3 \Rightarrow A = 139$; $0 + 92 = 53 + Z + 0 \Rightarrow Z = 39$	0.5
B.1	$\Delta m = 1{,}00866 + 234{,}99332 - 138{,}89700 - 93{,}89014 - 3\times1{,}00866$ $\Delta m = 0{,}18886$ u	2
B.2	L'énergie $E = \Delta m\, c^2 = 0{,}18886\times931{,}5 = 175{,}92$ MeV.	1
B.3	$E_0 = 1{,}759$ MeV.	0.5
4.a	Conservation de la quantité de mouvement : $m_nV_0 + 0 = m_nV_1 + 2m_n V' \Rightarrow V_0 - V_1 = 2 V'$ (1) ; Choc élastique : $\frac{1}{2} m_n V_0^2 = \frac{1}{2} m_n V_1^2 + \frac{1}{2} 2m_nV'^2 \Rightarrow V_0^2 - V_1^2 = 2 V'^2$ (2) ; (1) et (2) $\Rightarrow V_1 = \dfrac{-V_0}{3}$	2
4.b	$\frac{1}{2} m_n V_1^2 = \frac{1}{2} m_n \dfrac{V_0^2}{9} \Rightarrow E_1 = \dfrac{E_0}{9}$ et $E_k = (\dfrac{1}{9})^k E_0 = \dfrac{E_0}{9^k}$	1
4.c	$0{,}025 = \dfrac{1{,}76\times10^6}{9^k} \Rightarrow k\ln 9 = \ln(\dfrac{1{,}76\times10^6}{0{,}025}) \Rightarrow k = 8.$	0.5

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

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

Premier exercice (7,5 points) Moment d'inertie d'une tige

On dispose d'une tige rigide AB homogène, de section négligeable, de longueur ℓ = 1 m et de masse m = 240 g. Cette tige peut tourner autour d'un axe (Δ) horizontal qui lui est perpendiculaire et passant par son milieu O. Le but de cet exercice est de déterminer, par deux méthodes, le moment d'inertie I_0 de la tige, par rapport à l'axe (Δ). La position verticale CD de cette tige représente l'origine des abscisses angulaires. On néglige toute force de frottement.

Prendre : g = 10 m/s^2; $\pi^2 = 10$; $\sqrt{3} = 1{,}732$;

$\sin\theta \approx \theta$ et $\cos\theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$ pour des angles θ faibles mesurés en rd.

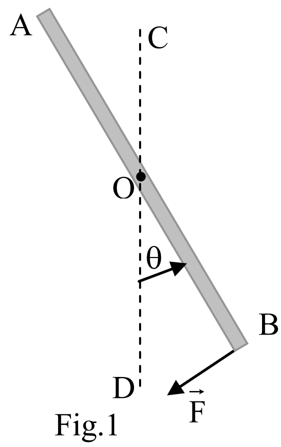


Fig.1

A – Première méthode

La tige, partant du repos à la date $t_0 = 0$, tourne autour de (Δ) sous l'action d'une force $\vec{F}$ dont le moment par rapport à (Δ) est constant de valeur $\mathbf{M}$ = 0,1 m.N (Fig.1).

À une date t, l'abscisse angulaire de la tige est θ et sa vitesse angulaire est θ'.

1) a) Montrer que le moment résultant des forces appliquées à la tige par rapport à (Δ) est égal à $\mathbf{M}$.

b) Déterminer, en utilisant le théorème du moment cinétique, la nature du mouvement de la tige entre t_0 et t.

c) Déduire l'expression du moment cinétique σ de la tige, par rapport à (Δ), en fonction du temps t.

2) Déterminer la valeur de I_0, sachant qu'à la date t_1 = 10 s, la vitesse de rotation de la tige est 8 tours/s.

B – Deuxième méthode

On fixe, au point B, une particule de masse m' = 160 g. Le système (S) ainsi formé constitue un pendule pesant dont le centre d'inertie est G. (S) peut osciller librement, autour de l'axe (Δ).

On écarte (S), à partir de sa position d'équilibre, d'un angle faible et on le lâche, sans vitesse, à la date $t_0 = 0$.

À la date t, l'élongation angulaire du pendule est θ et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$.

Le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur est le plan horizontal passant par le point O.

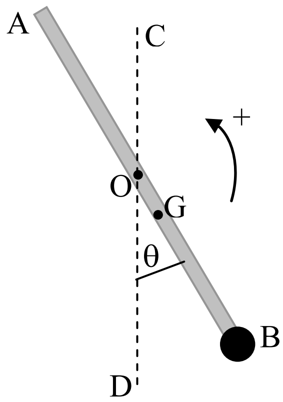


Fig.2

1) Déterminer :

a) la position de G par rapport à O (a = OG), en fonction de m, m' et ℓ ;

b) le moment d'inertie I de (S) par rapport à (Δ), en fonction de I_0, m' et ℓ.

2) Déterminer, à la date t, l'énergie mécanique du système [(S), Terre], en fonction de I, θ', θ, m, m', a et g.

3) a) Établir l'équation différentielle du second ordre qui régit le mouvement de (S).

b) Déduire l'expression de la période propre T des oscillations de (S), en fonction de I_0, m', ℓ et g.

4) La durée de 10 oscillations du pendule vaut 17,32 s. Déterminer la valeur de I_0.

Deuxième exercice (7,5 points) **Détermination de la capacité d'un condensateur**

Dans le but de déterminer la capacité C d'un condensateur, on dispose du matériel suivant :

- un générateur G délivrant à ses bornes une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace U et de fréquence f réglable;
- un conducteur ohmique de résistance $R = 250\ \Omega$;
- un oscilloscope;
- deux voltmètres V_1 et V_2;
- un interrupteur;
- des fils de connexion.

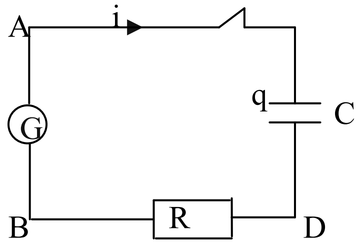


Fig 1

On réalise le montage du circuit schématisé par la figure 1.

A – Étude théorique

La tension aux bornes du générateur est $u_{AB} = U\sqrt{2}\sin\omega t$. En régime permanent, l'intensité i du courant peut se mettre sous la forme : $i = I\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi)$, où I est la valeur efficace de i .

1) a) Donner l'expression de l'intensité i en fonction de C et $\frac{du_C}{dt}$ avec $u_c = u_{AD}$.

b) Déterminer l'expression de la tension u_C en fonction du I, C, ω et t.

c) En déduire l'expression de la valeur efficace U_C de u_C en fonction de I, C et ω.

2) En appliquant la loi d'additivité des tensions et en donnant à t une valeur particulière, montrer que $\tan\varphi = \frac{1}{RC\omega}$.

B – Détermination de C

1) À l'aide de l'oscilloscope

L'oscilloscope, convenablement branché, visualise sur la voie (Y_1) la tension u_{AB} aux bornes du générateur, et sur la voie (Y_2) la tension u_{DB} aux bornes du conducteur ohmique. Sur l'écran de l'oscilloscope, on obtient les oscillogrammes représentés par la figure 2.

Base de temps : 1 ms / div.

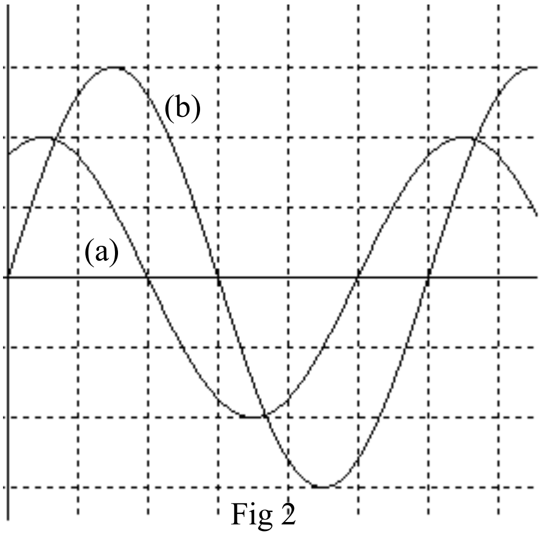


Fig 2

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

b) En se référant à la figure 2,

i) déterminer la valeur de la fréquence f de la tension u_{AB} ;

ii) lequel des oscillogrammes, (a) ou (b), est-il en avance de phase par rapport à l'autre ?

iii) pourquoi l'oscillogramme (a) visualise-t-il l'évolution de la tension u_{DB} ?

iv) déterminer le déphasage entre les deux tensions u_{AB} et u_{DB}.

c) Calculer la valeur de C.

2) À l'aide des voltmètres

On débranche l'oscilloscope et on règle la fréquence f à la valeur 200 Hz. On branche, ensuite, le voltmètre V_1 aux bornes du conducteur ohmique et V_2 aux bornes du condensateur. V_1 et V_2 indiquent respectivement 2,20 V et 3,20 V.

En tenant compte de ces mesures et de la partie A, déterminer la valeur de C.

Troisième exercice (7,5 points) **Aspects de la lumière**

On dispose d'une source (S) émettant une lumière visible monochromatique de fréquence $\nu = 6{,}163\times10^{14}$ Hz.

Données: $c = 3\times10^{8}$ m/s ; $h = 6{,}62\times10^{-34}$ J.s ; $1\text{eV} = 1{,}6\times10^{-19}$ J.

I – Premier aspect de la lumière

A – Cette source éclaire une fente très fine qui se trouve à 10 m d'un écran. Une figure, étalée sur une grande largeur, est observée sur l'écran.

1) À quel phénomène est due la formation de cette figure?

2) Déterminer la largeur de la fente sachant que la largeur linéaire de la tache centrale est de 40 cm.

B – La même source éclaire maintenant les deux fentes du dispositif de Young, ces deux fentes verticales étant distantes de $a = 1$ mm. Une figure est observée sur un écran placé parallèlement au plan des fentes et à la distance $D = 2$ m de ce plan.

Décrire la figure observée et calculer la valeur de l'interfrange i.

C – Quel aspect de la lumière les deux expériences précédentes mettent- elles en évidence?

II – Deuxième aspect de la lumière

A – Un faisceau lumineux émis par (S) tombe sur la surface d'une plaque de césium dont l'énergie d'extraction est $W_0 = 1{,}89$ eV.

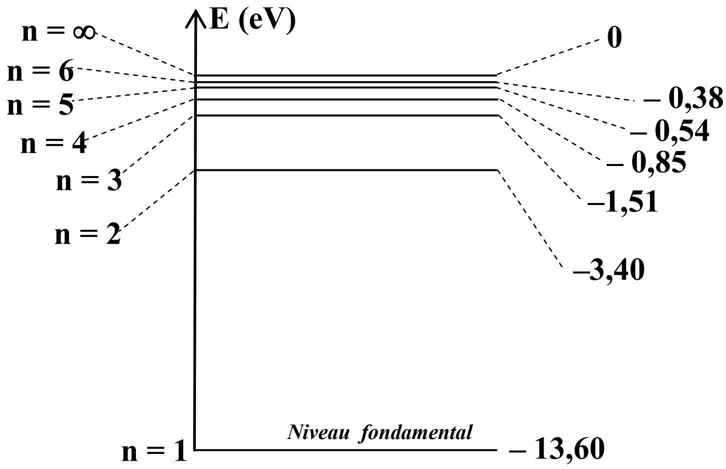
1) a) Calculer la valeur de la fréquence seuil du césium.

b) Déduire qu'il y a une émission d'électrons par la plaque.

2) Déterminer la valeur de l'énergie cinétique maximale d'un électron émis.

B – La figure ci-contre représente le diagramme énergétique de l'atome d'hydrogène. L'énergie de l'atome d'hydrogène est donnée par :

$E_n = \dfrac{-13{,}6}{n^2}$ (E_n en eV, n un nombre entier non nul).



1) Un atome d'hydrogène, pris dans l'état fondamental, reçoit un photon de (S). Ce photon n'est pas absorbé. Pourquoi ?

2) L'atome d'hydrogène, pris dans le premier état excité, reçoit un photon de (S). Ce photon est absorbé et l'atome passe alors à un nouvel état excité.

a) Déterminer ce nouvel état excité.

b) L'atome se désexcite. Préciser la transition possible pouvant donner la radiation visible dont la longueur d'onde est la plus grande.

C – Quel aspect de la lumière les parties A et B mettent- elles en évidence?

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

Le but de cet exercice est de mettre en évidence le phénomène des oscillations électromagnétiques dans différentes situations.

Pour cela, on dispose d'un générateur G idéal de f.é.m $E = 3$ V, d'un condensateur non chargé de capacité $C = 1\mu F$, d'une bobine d'inductance $L = 0{,}1$ H et de résistance r, d'un conducteur ohmique de résistance R, d'un oscilloscope, d'un commutateur K et de fils de connexion.

A – Charge du condensateur

On réalise le montage schématisé par la figure1. L'oscilloscope est branché aux bornes du condensateur.

L'interrupteur K est en position (1). Le condensateur se charge totalement et la tension entre ses bornes est alors $u_{AM} = U_0$.

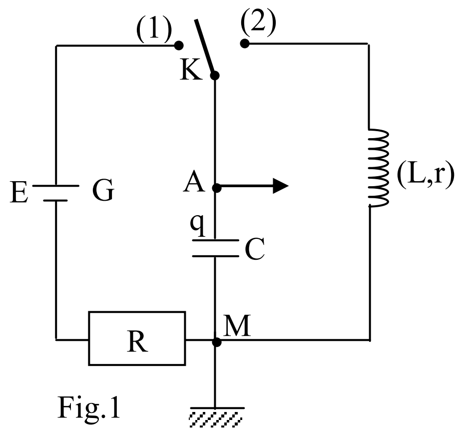


Fig.1

1) Déterminer la valeur de U_0.

2) Calculer l'énergie électrique W_0 emmagasinée par le condensateur à la fin de la charge.

B – Oscillations électromagnétiques

Le condensateur étant totalement chargé, on met, à la date $t_0 = 0$, l'interrupteur K en position (2).

Le circuit est le siège d'oscillations électriques. À une date t, le circuit est parcouru par un courant d'intensité i.

1) **Première situation (circuit idéal)**
Dans le circuit idéal, on néglige la résistance r de la bobine.
a) Reproduire la figure 1 en indiquant un sens arbitraire de i.
b) Établir l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $u_{AM} = u_C$ aux bornes du condensateur en fonction du temps.
c) Déduire, alors, l'expression de la période propre T_0 des oscillations électriques en fonction de L et C et calculer sa valeur en ms, avec 2 chiffres après la virgule. (utiliser $\pi = 3,14$).
d) Tracer l'allure de la courbe représentant l'évolution de la tension u_C en fonction du temps.
e) Préciser le mode des oscillations électriques établies dans le circuit.

2) **Deuxième situation (circuit réel)**
L'évolution de la tension $u_{AM} = u_C$ observée sur l'écran de l'oscilloscope est représentée par l'oscillogramme de la figure 2.
a) Préciser le mode des oscillations électriques établies dans le circuit.
b) Donner une interprétation énergétique du phénomène obtenu.
c) En se référant à l'oscillogramme de la figure 2 ,
i) donner la durée T d'une oscillation ;
ii) comparer T et T_0 ;
iii) préciser la valeur autour de laquelle la tension u_C évolue.

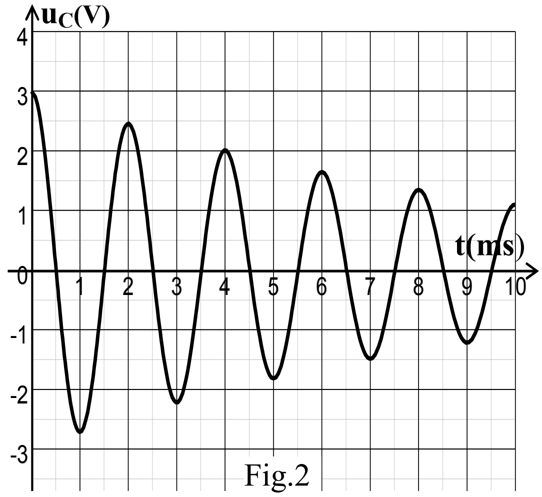


Fig.2

3) **Troisième situation**
On réalise un nouveau montage en série (Figure 3) formé du générateur G, de la bobine, du condensateur initialement non chargé, et de l'interrupteur K.
On ferme K à la date $t_0 = 0$. À une date t, le circuit est alors parcouru par un courant d'intensité i.
La figure 4 donne, en fonction du temps, les variations de i (Fig. 4a) et u_C (Fig. 4b).

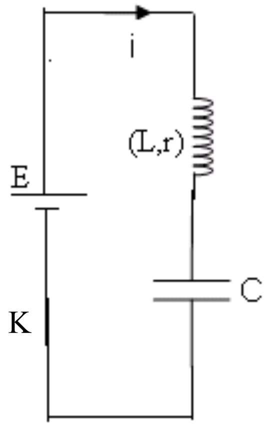


Fig.3

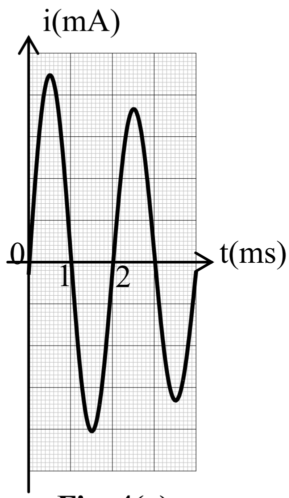


Fig. 4(a)

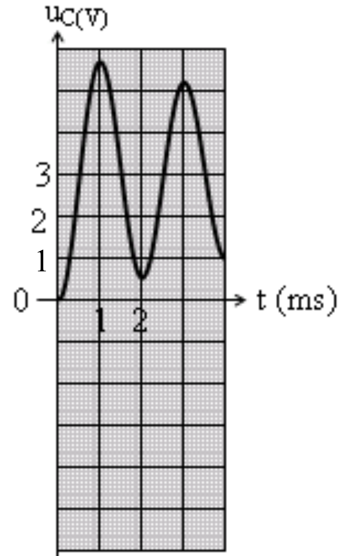
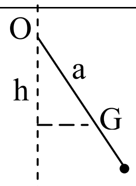


Fig. 4(b)

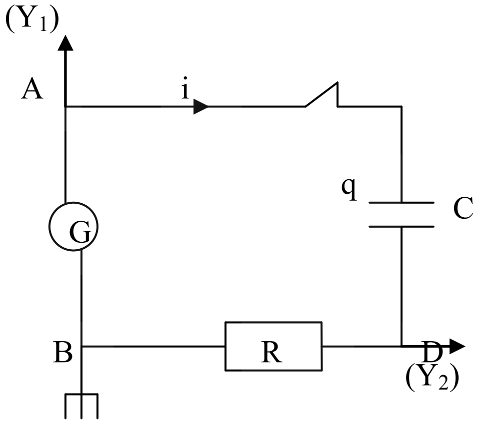
a) Préciser la valeur autour de laquelle la tension u_C évolue.
b) Donner la durée d'une oscillation.
c) On considère les 3 intervalles de temps suivants : $0 \leq t \leq 0,5$ ms ; $0,5$ ms $\leq t \leq 1$ ms ; 1 ms $\leq t \leq 1,5$ ms.
En se référant aux courbes de la figure 4, préciser , en le justifiant, l'intervalle où :
i) la bobine fournit de l'énergie au condensateur;
ii) le condensateur fournit de l'énergie à la bobine;
iii) aucun échange d'énergie ne se produit entre le condensateur et la bobine.

الدورة العادية للعام **2011**	**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)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1.a	$\Sigma M = M(\text{poids}) + M(\text{de la réaction}) + M$ Le poids et la réaction de l'axe rencontrent l'axe : $\Sigma M = 0 + 0 + M = M$.	0.75
A.1.b	$\frac{d\sigma}{dt} = \Sigma M = M = I_0\,\theta'' = \text{cte} \Rightarrow \theta'' = \text{cte}$, la vitesse initiale étant nulle $\Rightarrow$ le mouvement de rotation de la tige est uniformément accéléré.	0.5
A.1.c	$\theta'' = \text{cte} = \frac{M}{I_0} \Rightarrow \theta' = \frac{M\,t}{I_0}$. $\sigma = I_0\,\theta' = M\,t$.	0.5
A.2	$\theta' = 2\pi N \Rightarrow$ À l'instant t_1 : $2\pi N\ I_0 = M\,t_1$. $\Rightarrow I_0 = \frac{0{,}1\times 10}{2\pi\times 8} = 1{,}99\times 10^{-2} \approx 0{,}02\ \text{kg.m}^2$	1
B.1.a	$a = \frac{m\times 0 + m'\frac{\ell}{2}}{(m+m')} = \frac{m'\ell}{2(m+m')}$.	0.5
B.1.b	$I = I_0 + m'\frac{\ell^2}{4}$.	0.5
B.2	$E_m = E_C + E_{PP} = ½\, I(\theta')^2 - (m+m')gh$ $h = a\cos\theta \Rightarrow E_m = ½\, I(\theta')^2 - (m+m')g\,a\cos\theta$.  	1
B.3.a	$\frac{dE_m}{dt} = 0 = I\theta'\,\theta'' + (m+m')g\,a\,\theta'\sin\theta$. θ est faible, $\sin\theta \approx \theta \Rightarrow \theta'' + \frac{(m+m')ga}{I}\theta = 0$	1
B.3.b	L'équation différentielle caractérise un mouvement harmonique simple de pulsation $\omega = \sqrt{\frac{(m+m')ga}{I}}$ .L'expression de la période propre est $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{(m+m')ga}} = 2\pi\sqrt{\frac{I_0 + m'\frac{\ell^2}{4}}{(m+m')g\frac{m'\ell}{2(m+m')}}} = 2\pi\sqrt{\frac{I_0 + m'\frac{\ell^2}{4}}{g\frac{m'\ell}{2}}}$ $T = \sqrt{\frac{8I_0 + 2m'\ell^2}{m'\ell}}$.	1
B.4	$T = 1{,}732\ s = \sqrt{3}\ s \Rightarrow 3 = \frac{8I_0 + 0{,}32}{0{,}16} \Rightarrow I_0 = \frac{0{,}16}{8} = 0{,}02\ \text{kg.m}^2$.	0.75

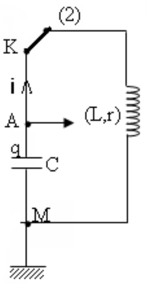
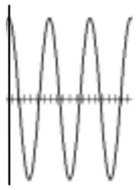
Deuxième exercice (7,5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1.a	$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow i = C\frac{du_C}{dt}$.	0.5
A.1.b	$u_C = \frac{1}{C}\int idt \Rightarrow u_C = -\frac{I\sqrt{2}}{C\omega}\cos(\omega t+\varphi)$.	0.5
A.1.c	$U_C = \frac{I}{C\omega}$	0.25
A.2	$U\sqrt{2}\sin\omega t = RI\sqrt{2}\sin(\omega t+\varphi) - \frac{I\sqrt{2}}{C\omega}\cos(\omega t+\varphi)$ Pour $t_0 = 0 \Rightarrow 0 = RI\sqrt{2}\sin\varphi - \frac{I\sqrt{2}}{C\omega}\cos\varphi \Rightarrow \tan\varphi = \frac{1}{RC\omega}$.	1.25
B.1.a	branchement de l'oscilloscope  Fig 1	0.5
B.1.b.i	$T \to 6$ ms $\Rightarrow f = 166{,}67$ Hz	0.5
B.1.b.ii	(a) est en avance de phase par rapport à (b)	0.5
B.1.b.iii	Dans un circuit (RC), l'intensité (ou u_R) est en avance de phase par rapport à la tension u_G , donc (a) visualise la tension u_{DB}	0.5
B.1.b.iv	$\lvert\varphi\rvert = \frac{2\pi\times 1}{6} = \frac{\pi}{3}$ rad.	0.5
B.1.c	$tg\varphi = \frac{1}{RC\omega} = \sqrt{3}$ $\Rightarrow \mathbf{C} = \frac{1}{250\times\sqrt{3} \times 166{,}67\times 2\pi} = 2{,}2\times10^{-6}$ F $= 2{,}2$ µF	1.25
B.2	$U_R = RI$ et $U_C = \frac{I}{C\omega} \Rightarrow \frac{Uc}{U_R} = \frac{1}{RC\omega}$ $\Rightarrow C = \frac{2{,}2}{3{,}2\times 250\times 2\pi\times 200} = 2{,}19\times10^{-6}$ F $\approx 2{,}2$ µF	1.25

Troisième exercice (7,5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
I- A.1	Diffraction	0.25
I- A.2	$\tan\theta_1 = \frac{x/2}{D} = \frac{x}{2D} = 0{,}02 \approx \sin\theta_1 \approx \theta_1$ Mais pour la 1ère F.S : $\sin\theta_1 = \frac{\lambda}{a}$ alors $a = \frac{\lambda}{0{,}02}$ Mais $\lambda = \frac{c}{\upsilon} = \frac{3\times10^8}{6{,}163\times10^{14}}$ =0,4868 μm alors a = 24 μm	1.25
I - B	Les frange sont : alternativement brillantes et sombres, rectilignes parallèles aux fentes et équidistantes. L'interfrange $i = \frac{\lambda D}{a}$, en millimètre nous obtenons $i = 0{,}4868\times2 = 0{,}97$ mm ≈ 1mm	1.25
I - C	Aspect ondulatoire	0.25
II – A.1.a	$W_0 = h\nu_0$ ainsi la fréquence seuil est : $\nu_0 = \frac{W_0}{h} = 4{,}568\times10^{14}$ Hz	0.5
II – A.1.b	$\nu > \nu_0$ ainsi la il y a émission d'électrons	0.25
II – A.2	Energie cinétique maximale $E_{C(max)} = h\nu - W_0$ $E_{C(max)} = (6{,}163\times10^{14}\times6{,}62\times10^{-34}) - (1{,}89\times1{,}6\times10^{-19}) = 1{,}056\times10^{-19}$ J	0.75
II – B.1	$h\nu = \frac{(6{,}163\times10^{14}\times6{,}62\times10^{-34}}{(1{,}6\times10^{-19})} = 2{,}55$ eV Si le photon est absorbé, on aura : –13,6 + 2,55= –11,05 eV. Ce niveau n'existe pas. Ce photon n'est pas absorbé.	1
II – B.2.a	–3,4 + 2,55 = – 0,85 eV qui correspond au niveau n = 4	0.5
II – B.2.b	- Les radiations visibles appartiennent à la série de Balmer - On a deux transitions possibles :4 $\rightarrow$ 2 ou 3 $\rightarrow$ 2 - λ (max) correspond à un écart énergétique $\Delta E = (E_n - E_2)_{min}$ $\Rightarrow$ Transition 3 $\rightarrow$ 2	1.25
II - C	Aspect corpusculaire de la lumière.	0.25

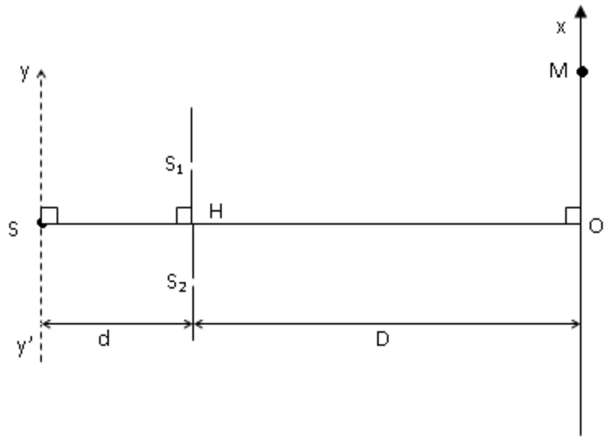
Quatrième exercice (7,5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1	À la fin de la charge, $u_{AM} = E = U_0 = 3$ V	0.5
A.2	$W_0 = ½ CE^2 = 4,5\times 10^{-6}$ J	0.5
B.1.a	Sens arbitraire de i. 	0.5
B.1.b	$u_C = ri + L\frac{di}{dt}$, $i = -\frac{dq}{dt} = -C\frac{du_C}{dt}$ => $u_C = -LC\,u''_C$ => $LC\,u''_C + u_C = 0$ => $u''_C + \frac{1}{LC}u_C = 0$	1.5
B.1.c	$\omega_0^{\ 2} = \frac{1}{LC}$ => $T_0 = 2\pi\sqrt{LC} = 1,98$ ms.	1
B.1.d		0.5
B.1.e	Les oscillations libres sont non amorties.	0.25
B.2.a	Les oscillations libres sont amorties	0.25
B.2.b	L'énergie totale du circuit n'est pas constante à cause de la résistance de la bobine qui dissipe l'énergie sous forme de chaleur.	0.5
B.2.c.i	$T = \frac{10}{5} = 2$ ms	0.25
B.2.c.ii	$T > T_0$	0.25
B.2.c.iii	Autour de 0	0.25
B.3.a	Autour de E = 3 V	0.25
B.3.b	T = 2 ms	0.25
B.3.c.i	Pour $0,5 \text{ ms} \leq t \leq 1 \text{ ms}$: u_C augmente et i diminue $\Rightarrow$ la bobine donne de l'énergie au condensateur.	0.25
B.3.c.ii	Pour $1\text{ms} \leq t \leq 1,5 \text{ ms}$: u_C diminue et i augmente $\Rightarrow$ le condensateur donne de l'énergie à la bobine.	0.25
B.3.c.iii	Pour $0 \leq t \leq 0,5 \text{ ms}$: u_C augmente et i augmente $\Rightarrow$ pas d'échange d'énergie entre la bobine et le condensateur.	0.25

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.

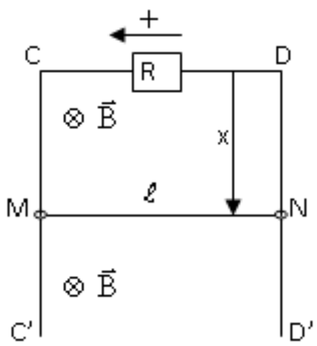


1. Décrire l'aspect des franges d'interférences observées sur l'écran.
2. En un point M d'abscisse $x = \overline{OM}$, la différence de marche optique est donnée par la relation :
   $\delta = MS_2 - MS_1 = \dfrac{ax}{D}$.
   a) Au point O, on observe une frange d'interférences brillante, dite frange 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 $S'S_2 - S'S_1 = \dfrac{ab}{d}$.
   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 : $P_{el} = \dfrac{B^2\ell^2}{R}v^2$.

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 : $\dfrac{dv}{dt} + \dfrac{B^2\ell^2}{mR}v = g$.

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

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

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 : $\ell = 20$ 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.

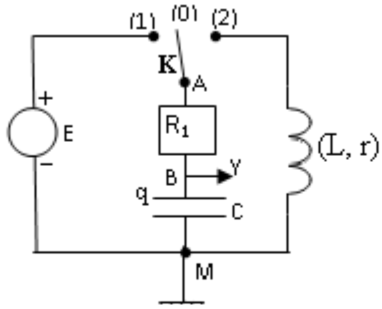
a) Expliquer cette diminution.

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 $R_1 = 25\ \Omega$ 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

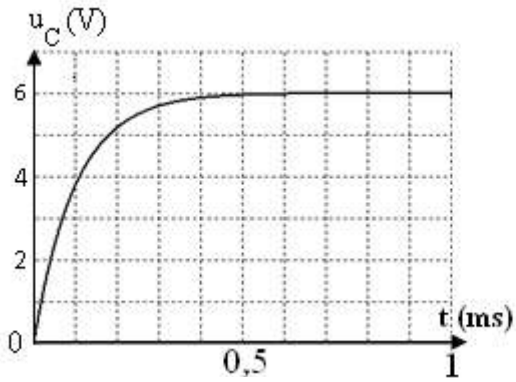
À l'instant $t_0 = 0$, on place l'interrupteur en position (1) et la charge du condensateur débute. À un instant t, le circuit est parcouru par un courant d'intensité i et le condensateur porte la charge q.

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.



Document 1

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

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

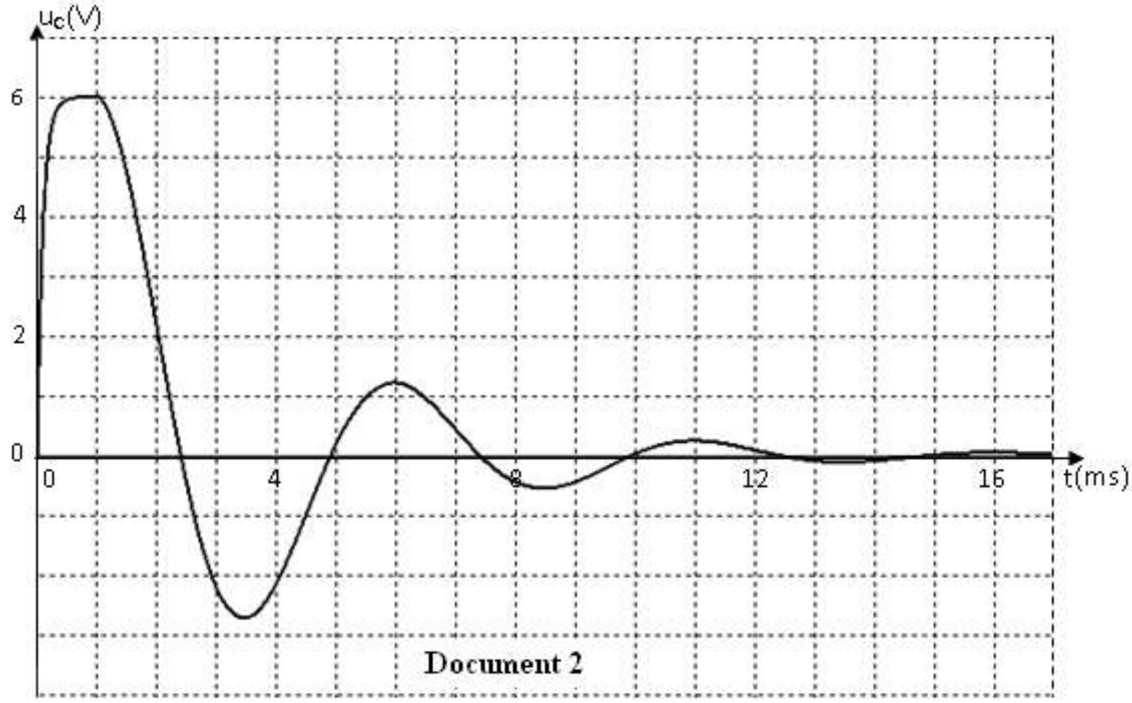
ii) La durée minimale au bout de laquelle le condensateur est pratiquement totalement chargé.

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_l = 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 = 1ms, 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).

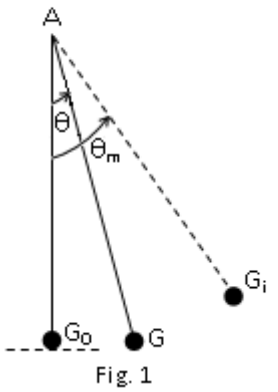


Fig. 1

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.

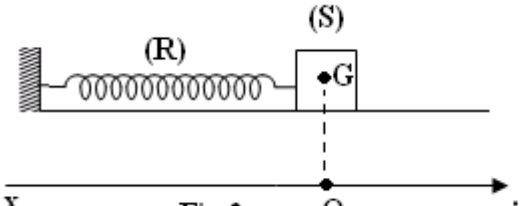


Fig.2

(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.

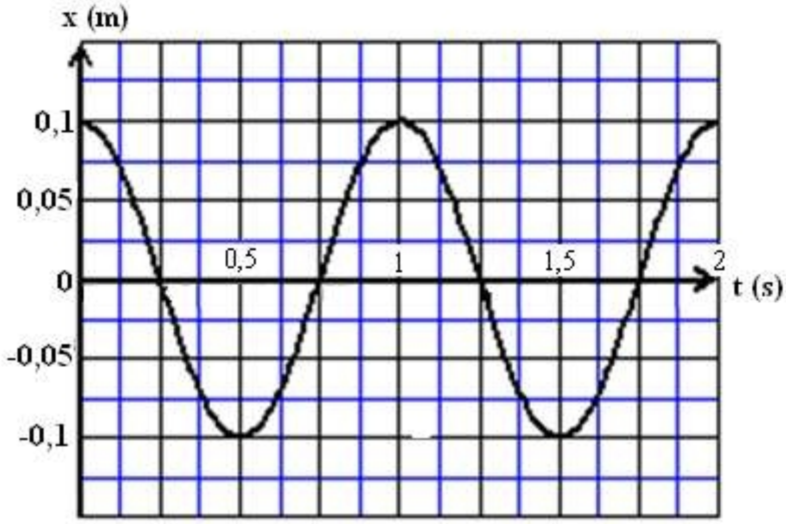


Fig. 3

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].

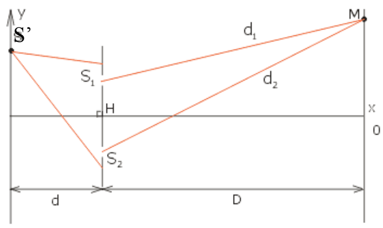
C- Comportement des pendules sur la Lune

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

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

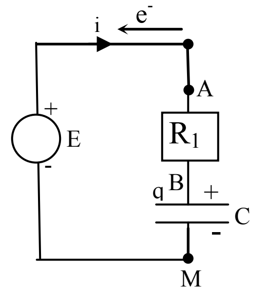
Premier exercice (6 points)

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 : $b = -\frac{d}{D}x \Rightarrow b = \frac{d}{D}\lvert x\rvert =$ $\frac{10\times(1)}{1,5\times10^{2}} = 0,0667$ 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	$V_{lim} = \frac{10^{-2}\times 10\times 0,1}{0,5^2\times 0,2^2} = 1$ m/s et $\tau = \frac{10^{-2}\times 0,1}{0,5^2\times 0,2^2} = 0,1$ 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	$P = \frac{B^2\ell^2}{R}v_{lim}^2 = \frac{0,5^2\times 0,2^2}{0,1}1^2 = 0,1$ 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: $u_{AM} = u_{AB} + u_{BM} \Rightarrow E = R_1 i + u_C$ $\Rightarrow R_1C\dfrac{du_C}{dt} + u_C = E$	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	$T_0 = 2\pi\sqrt{LC} \approx 4{,}96 \times 10^{-3}\ \text{s} \Rightarrow r \approx 23\ \Omega$	¼ ½
B.4.a	À la date $t = 6$ ms, $U_{C\,(6)} = 1{,}25$ V	½
B.4.b	$W = W_0 - W_1 = \dfrac{1}{2}C(E^2 - U_{C(6)}^2) = \dfrac{1}{2}\times4\times10^{-6}(36 - 1{,}25^2) = 6{,}89\times10^{-5}$ 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

الدورة العادية للعام 2012	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	

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 (8 points) Oscillation et rotation d'un système mécanique

Une tige rigide AB, de masse négligeable et de longueur L = 2 m, peut tourner, sans frottement, autour d'un axe horizontal (Δ) qui lui est perpendiculaire et passant par son milieu O. Sur cette tige, peuvent coulisser, de part et d'autre de O, deux particules identiques (S) et (S'), chacune de masse m = 100 g.

Prendre : accélération de la pesanteur sur la Terre $g = 9{,}8\ m/s^2$;

Pour les angles faibles : $\cos\theta = 1 - \frac{\theta^2}{2}$ et $\sin\theta = \theta$ en rad.

A- Mouvement oscillatoire

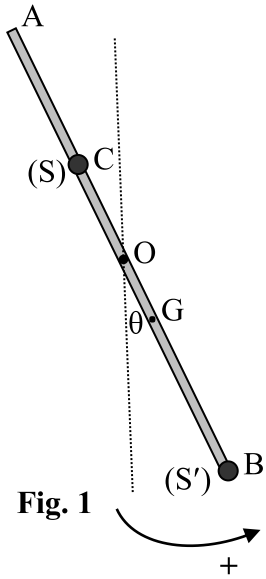


Fig. 1

La particule (S) est fixée au point C de la tige à la distance $OC = \frac{L}{4}$ et la particule (S') est fixée en B (Fig.1). G est le centre de gravité du système (P) formé par la tige et les deux particules. On pose OG = a et I_0 le moment d'inertie de (P) par rapport à l'axe (Δ). On écarte (P) d'un angle θ_m faible, autour de (Δ), à partir de la position d'équilibre stable, dans le sens positif indiqué sur la figure et on l'abandonne sans vitesse initiale à la date $t_0 = 0$; (P) oscille alors autour de l'axe (Δ) avec une période propre T. À une date t, l'abscisse angulaire du pendule pesant, ainsi constitué, est θ (θ étant l'angle que fait la tige avec la verticale passant par O) et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$. On néglige toutes les forces de frottement et on prend le plan horizontal passant par O comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

1) Montrer que $a = \frac{L}{8}$.

2) Montrer que $I_0 = \frac{5mL^2}{16}$.

3) Écrire, à la date t, l'expression de l'énergie mécanique du système (Terre, (P)) en fonction de I_0, m, a, g, θ et θ'.

4) Établir l'équation différentielle du second ordre en θ qui régit le mouvement de (P).

5) Déduire, en fonction de L et g, l'expression de T. Calculer sa valeur sur la Terre.

6) Le système (P) oscille maintenant sur la Lune. Dans ce cas, sa période propre, pour de faibles oscillations, est T'. Comparer, en le justifiant, T′et T.

B- Mouvement de rotation

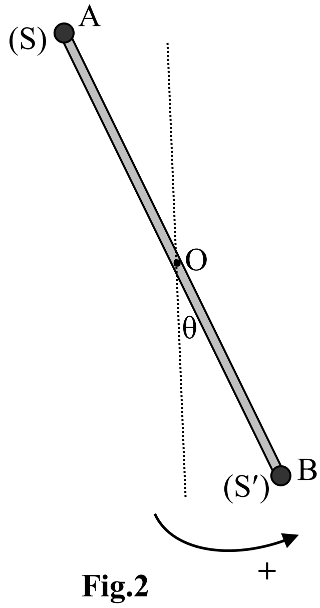


Fig.2

Dans cette partie, les particules (S) et (S') sont fixées en A et B respectivement (Fig.2). À la date $t_0 = 0$, on lance le système (P′) ainsi constitué, autour de (Δ) avec une vitesse angulaire initiale $\theta'_0 = 2$ rad/s ; (P′) tourne alors, dans un plan vertical autour de (Δ). À une date t, l'abscisse angulaire de la tige, par rapport à la verticale passant par O, est θ, et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$. Au cours de la rotation, (P′) est soumis à un couple de forces de frottement dont le moment, par rapport à (Δ) est $M = -h\,\theta'$, où h est une constante positive.

1) Nommer, à une date t, le couple et les forces appliqués à (P′).
2) Montrer que le moment résultant de ce couple et ces forces, par rapport à (Δ), est égal à $M = -h\ \theta'$.
3) Montrer que le moment d'inertie de (P′) par rapport à (Δ) est $I = 0{,}2$ kgm^2.
4) En utilisant le théorème du moment cinétique $\frac{d\sigma}{dt} = \Sigma M_{ext}$, montrer que l'équation différentielle en σ s'écrit : $\frac{d\sigma}{dt} + \frac{h}{I}\sigma = 0$, σ étant le moment cinétique de (P′) par rapport à (Δ).

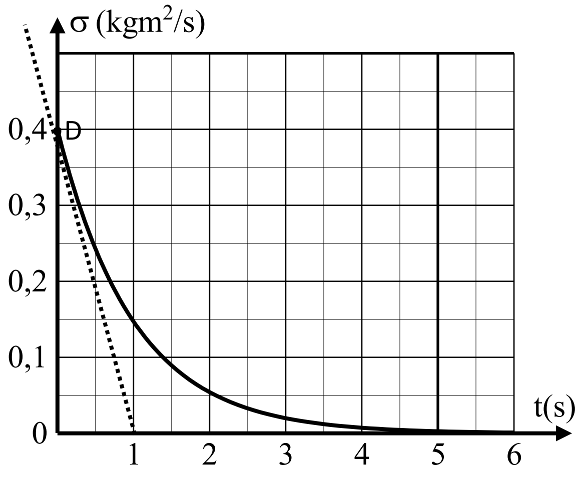


Fig.3

5) Vérifier que $\sigma = \sigma_0\, e^{-\frac{h}{I}t}$ est une solution de l'équation différentielle (σ_0 étant le moment cinétique de (P′), par rapport à (Δ), à l'instant $t_0 = 0$).
6) La variation de σ en fonction du temps, est représentée par la courbe de la figure 3. Sur cette figure, on a tracé la tangente à la courbe au point D à la date $t_0 = 0$.
   a) La courbe de la figure 3 est en accord avec la solution de l'équation différentielle. Pourquoi?
   b) Déterminer la valeur de h.

<u>Deuxième exercice</u> (6,5 points) Charge et décharge d'un condensateur

On réalise le montage schématisé par la figure 1, où G est un générateur de tension de f.é.m constante E = 10 V et de résistance intérieure négligeable, (C) un condensateur, préalablement non chargé, de capacité C = 1 F, (D) un conducteur ohmique de résistance R= 10 Ω, M un moteur électrique sur l'axe duquel est enroulée une corde, de masse négligeable, reliée à un solide de masse m = 1 kg et un interrupteur K (Fig.1).
On donne g = 10 m/s^2.

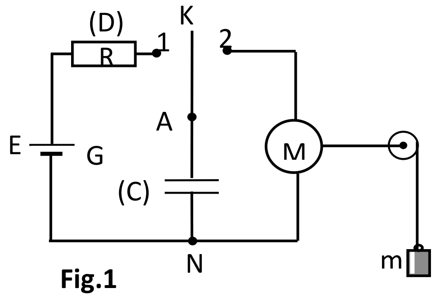


Fig.1

A- Charge du condensateur
K est en position 1 à la date $t_0 = 0$.
1) Déterminer l'équation différentielle qui décrit l'évolution de la tension $u_{AN} = u_C$ aux bornes du condensateur.
2) La solution de l'équation différentielle est de la forme : $u_C = A + B\, e^{\frac{-t}{\tau}}$ où A, B et τ sont des constantes.
   Déterminer les expressions de A, B et τ en fonction de E, R et C.
3) À la fin de la charge :
   a) déduire la valeur de la tension u_C ;
   b) calculer, en J, l'énergie stockée dans le condensateur.

B- Décharge du condensateur dans le moteur
Le condensateur étant totalement chargé, on bascule K en position 2 à une date choisie comme une nouvelle origine de temps. Au bout d'une durée t_1, le solide s'élève d'une hauteur h = 1,5 m. À la date t_1 la tension aux bornes du condensateur est $u_C = u_1$.
La variation de la tension u_C aux bornes du condensateur au cours de sa décharge dans le moteur entre les dates 0 et t_1 est représentée par la courbe de la figure 2.

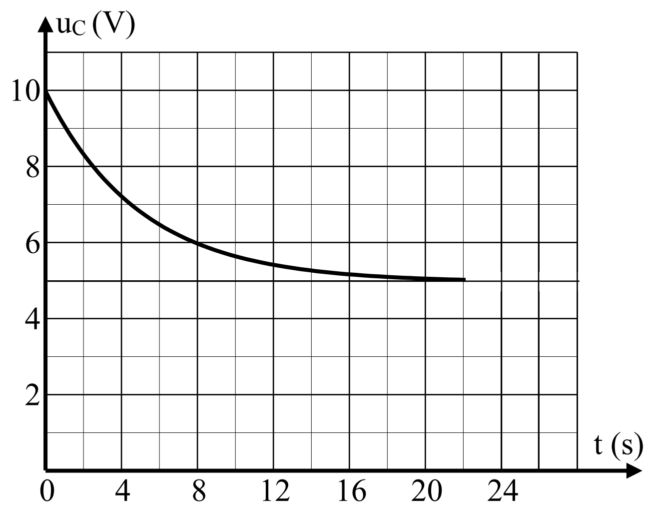


Fig.2

1) En se référant à la figure 2 :
- **a)** donner la valeur de t_1, lorsque la tension u_C atteint la valeur minimale u_1 ;
- **b)** donner la valeur de la tension u_1.

2) À la date t_1, le condensateur stocke encore de l'énergie W_1.
- **a)** Dire pourquoi.
- **b)** Calculer la valeur de W_1.

3) L'énergie cédée par le condensateur est supposée reçue par le moteur.
- **a)** Calculer la valeur W_2 de l'énergie cédée par le condensateur entre les dates 0 et t_1.
- **b)** Sous quelles formes d'énergie, W_2 est-elle transformée ?
- **c)** Déterminer le rendement du moteur.

<u>Troisième exercice</u> (8 points) Oscillations électromagnétiques

Un circuit électrique est constitué d'un générateur de tension de f.é.m constante E = 10 V et de résistance intérieure négligeable, d'un condensateur, initialement non chargé et de capacité $C = 10^{-3}$F, d'une bobine d'inductance L = 0,1 H et de résistance négligeable, d'un rhéostat de résistance variable R et d'un interrupteur K.

Dans le but d'étudier l'effet de R sur les oscillations électriques du circuit (R,L,C), on réalise le montage schématisé par la figure (1).

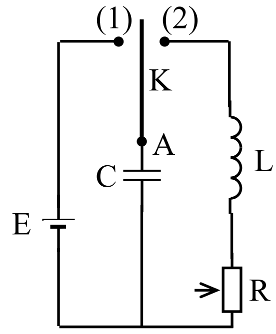


Fig.1

A- L'interrupteur est placé en position (1).

1) Nommer le phénomène physique qui aura lieu dans le circuit électrique.

2) Après un temps suffisamment long de la fermeture du circuit, préciser les valeurs de :
- **a)** l'intensité du courant électrique ;
- **b)** la tension $u_{AM} = u_C$ aux bornes du condensateur ;
- **c)** l'énergie électrique $W_{éle}$ stockée dans le condensateur.

B- Le condensateur étant totalement chargé, on place l'interrupteur en position (2), à la date $t_0 = 0$ prise comme origine des dates.

I- la résistance du rhéostat est réglée à la valeur R = 0.

1) Établir l'équation différentielle régissant l'évolution de $u_C = u_{AM}$ en fonction du temps.

2) La solution de l'équation différentielle est de la forme $u_C = E\cos(\frac{2\pi}{T_0}t)$.
- **a)** Déterminer, en fonction de L et C, l'expression de la période propre T_0 des oscillations électriques libres qui prennent naissance dans le circuit.
- **b)** Calculer la valeur de T_0.

3) Exprimer, en fonction du temps, l'énergie électrique $W_{éle}$ emmagasinée dans le condensateur.

4) L'énergie électrique $W_{éle}$ est une fonction périodique de période T′. Écrire la relation entre T′ et T_0.

5) Calculer l'énergie électrique stockée dans le condensateur à la date $t_0 = 0$.

6) Représenter l'allure de $W_{éle}$ en fonction du temps.

II- Le rhéostat est réglé à une résistance R faible.

La variation de l'énergie électrique $W_{éle}$ en fonction du temps est représentée sur la figure (2).

En se référant à cette figure :

1) nommer le type des oscillations électriques ;

2) déterminer la valeur de la pseudo-période T des oscillations électriques ;

3) justifier qu'aux instants : 0 ; 31,5 ms ; 63 ms ; t_2= 94,5 ms ; 126 ms, l'énergie totale emmagasinée dans le circuit est électrique.

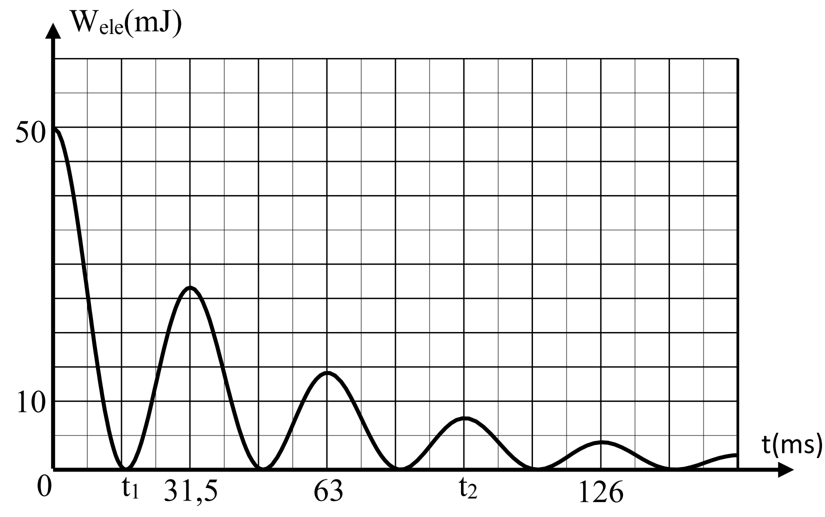


Fig.2

4) préciser la forme de l'énergie dans le circuit à la date t_1 ;
5) préciser, entre les dates $t_0 = 0$ et $t = 31,5$ ms, l'intervalle de temps dans lequel :
   - la bobine fournit de l'énergie au circuit ;
   - le condensateur fournit de l'énergie au circuit.
6) calculer l'énergie dissipée dans le rhéostat entre les dates $t_0=0$ et t_2.

III - Que se passe-t-il si on augmente trop la résistance du rhéostat ?

__Quatrième exercice__ (7,5 points) Spectre de l'atome d'hydrogène

Rydberg a trouvé en 1885 la formule empirique donnant les longueurs d'onde des raies de la série de Balmer ; d'autres séries ont été découvertes après cette date.
Un atome dans un état excité n, passe à un état d'énergie inférieur m, en rayonnant une onde électromagnétique de longueur d'onde λ, telle que :

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right), \quad \lambda \text{ en mètre et } R = 1,097\times10^7\ m^{-1}.$$

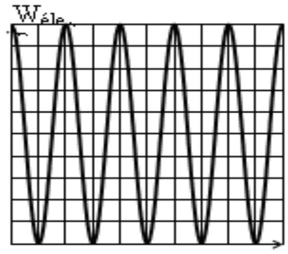
On donne : Célérité de la lumière dans le vide $c = 2,998\times10^8$ m/s ;
Constante de Planck $h = 6,626\times10^{-34}$ J.s ; 1 eV = $1,60\times10^{-19}$ J.

1) Montrer que l'énergie E_n de l'atome d'hydrogène, correspondant au niveau d'énergie n, a pour expression $E_n = \frac{-hcR}{n^2}$.
2) Déduire que l'énergie E_n, exprimée en eV, peut s'écrire sous la forme $E_n = \frac{-13,6}{n^2}$.
3) Calculer la valeur de l'énergie :
   a) maximale de l'atome d'hydrogène ;
   b) minimale de l'atome d'hydrogène ;
   c) de l'atome d'hydrogène dans le premier état excité E_2 ;
   d) de l'atome d'hydrogène dans le deuxième état excité E_3.
4) Déduire que l'énergie de l'atome est quantifiée.
5) Donner trois caractéristiques d'un photon.
6) **a)** Définir l'énergie d'ionisation W_i d'un atome d'hydrogène, pris dans son état fondamental.
   b) Calculer la valeur de W_i.
   c) Calculer la valeur de la longueur d'onde de la radiation susceptible de réaliser cette ionisation.
7) La série de Lyman correspond aux raies émises par l'atome d'hydrogène excité lorsqu'il revient à son niveau fondamental.
   a) Déterminer les longueurs d'onde, maximale et minimale, de cette série.
   b) À quel domaine (visible, infrarouge, ultra-violet) appartiennent-elles ?
8) **a)** Calculer les fréquences $\nu_{3\to1}, \nu_{2\to1}$, et $\nu_{3\to2}$ des photons émis correspondant, respectivement, aux transitions $E_3 \to E_1$, $E_2 \to E_1$ et $E_3 \to E_2$ de l'atome d'hydrogène.
   b) Vérifier la relation de **Ritz** $\nu_{3\to1} = \nu_{3\to2} + \nu_{2\to1}$.

Premier exercice : Oscillation et rotation d'un système mécanique		8
Question	**Réponse**	
A-1	2ma = mL/2 – mL/4= mL/4 $\Rightarrow$ a = $\frac{L}{8}$.	½
A-2	$I_0 = m(L/2)^2 + m(L/4)^2 = \frac{5mL^2}{16}$.	½
A-3	$E_m = E_C + E_{PP} = ½\, I_0\theta'^2 - 2mga\cos\theta$	¾
A-4	$\frac{dE_m}{dt} = 0 = I_0\theta'\theta'' + 2mga\,\theta'\sin\theta \Rightarrow I_0\theta'' + 2mga\,\theta = 0 \Rightarrow \theta'' + \frac{2mga}{I_0}\theta = 0$.	¾
A-5	La pulsation propre du pendule est $\omega = \sqrt{\frac{2mga}{I_0}} \Rightarrow$ la période est T = $\frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{I_0}{2mga}} = 2\pi\sqrt{\frac{5mL^2\times 8}{16\times 2mg\times L}} = 2\pi\sqrt{\frac{5L}{4g}} =$ $2\pi\sqrt{\frac{5\times 2}{4\times 9{,}8}} = 3{,}17s$.	1
A-6	g(Lune) < g(Terre) $\Rightarrow$ T(Lune) > T(Terre).	½
B-1	Le poids, l'action de l'axe et le couple des forces de frottement.	¼
B-2	Le poids et l'action de l'axe passent par l'axe, leurs moments sont nuls, le moment résultant est celui du couple de frottement $\Rightarrow \Sigma M = M = -h\theta'$.	½
B-3	$I = 2\,m(L/2)^2 = mL^2/2 = (0{,}1\times 4)/2 = 0{,}2$ kgm^2.	½
B-4	$\frac{d\sigma}{dt} = \Sigma M_{ext} = M = -h\theta'$, or $\sigma = I\theta' \Rightarrow \frac{d\sigma}{dt} = -\frac{h}{I}\sigma$ $\Rightarrow \frac{d\sigma}{dt} + \frac{h}{I}\sigma = 0$.	¾
B-5	$\frac{d\sigma}{dt} = -\frac{h}{I}\sigma_0 e^{-\frac{h}{I}t} \Rightarrow -\frac{h}{I}\sigma_0 e^{-\frac{h}{I}t} + \frac{h}{I}\sigma_0 e^{-\frac{h}{I}t} = 0$.	½
B-6-a	Car pour t = 0 , $\sigma_0 = I_\times\theta'_0 = 0{,}2\times 2 = 0{,}4$ kgm^2/s. courbe décroissante et pour t →5s, $\sigma \to 0$.	½
B-6-b	$\frac{d\sigma}{dt} = -\frac{h}{I}\sigma_0 e^{-\frac{h}{I}t}$, à t = 0, $\frac{d\sigma}{dt} = -\frac{h}{I}\sigma_0 = -\frac{0{,}4}{1} \Rightarrow h = \frac{0{,}4\times 0{,}2}{0{,}4} = 0{,}2$ S.I.	1

Deuxième exercice : Charge et décharge d'un condensateur		6 ½
Question	**Réponse**	
A-1	E = Ri + u_C = RC $\frac{du_C}{dt}$ + u_C	½
A-2	$\frac{du_C}{dt} = -\frac{B}{\tau}\ e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow$ E = RC($-\frac{B}{\tau}\ e^{-\frac{t}{\tau}}$) + A + B$e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow$ A= E et RC($-\frac{B}{\tau}$)+B= 0$\Rightarrow\ \tau = RC$. Pour t = 0, u_C = 0 = A+ B $\Rightarrow$ B = -A = - E	1 ½
A-3-a	On a u_C = E (1 - $e^{-\frac{t}{RC}}$) , pour t →∞, u_C→ E = 10 V.	½
A-3-b	W = ½ C E^2 = ½ (1) (100) = 50 J.	½
B-1-a	t_1 = 22 s.	¼
B-1-b	u_1 = 5 V.	¼
B-2-a	car u_C = u_1 = 5 V ≠ 0 .	¾
B-2-b	W_1 = ½ C$(u_C)^2$= ½ (1) $(5)^2$ = 12,5 J.	½
B-3-a	W_2 = W – W_1 = 50 – 12,5 = 37,5 J.	½
B-3-b	Thermique et mécanique	¼
B-3-c	r = $\frac{mgh}{W_2} = \frac{1\times10\times1{,}5}{37{,}5}$ = 40 %.	1

Troisième exercice : Oscillations électromagnétiques		8
Question	**Réponse**	
A-1	La charge du condensateur	¼
A-2-a-b-c	i=0 ; u_C = E= 10V ; $W_{éle}$=1/2 CE^2= ½(10^{-3})(100) = 0,05 J.	¾
B-I-1	u_C = u_{AM}= L$\frac{di}{dt}$, i= - C$(u_C)'$$\Rightarrow \frac{di}{dt} = -C(u_C)'' \Rightarrow$ $(u_C)''$+ $\frac{1}{LC}$ u_C = 0	1
B-I-2-a	$(u_C)' = -\frac{2\pi}{T_0}E\sin\frac{2\pi}{T_0}t$, $(u_C)'' = -(\frac{2\pi}{T_0})^2E\cos\frac{2\pi}{T_0}t$, en remplaçant dans l'équation différentielle, on obtient : $-(\frac{2\pi}{T_0})^2E\cos\frac{2\pi}{T_0}t + \frac{1}{LC}$ Ecos$\frac{2\pi}{T_0}$ = 0$\Rightarrow$ $(\frac{2\pi}{T_0})^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$	1
B-I-2-b	T_0 = $2\pi\sqrt{10^{-4}}$ =0,0628 s= 62,8 ms.	¼
B-I-3	$W_{éle}$= ½ $C(u_C)^2$= ½ $CE^2\cos^2(\frac{2\pi}{T_0}t)$ = 0,05$\cos^2$(100t).	½
B-I-4	T'= T_0/2.	¼
B-I-5	Pour t_0=0, on a $W_{éle}$=0,05 J.	¼

B-I-6		½
B-II-1	Les oscillations sont libres amorties	¼
B -II-2	2T = 126 ms ; T = 63 ms.	½
B -II-3	Aux instants :0 ; 31,5 ms ; 63 ms ; 94,5 ms ; 126 ms ; l'énergie électrique est maximale $\Rightarrow$ u_C est max. $\Rightarrow$ i =C(u_C)'=0 $\Rightarrow$ l'énergie magnétique E_{mag}= ½ L(i)² est nulle $\Rightarrow$ E_{totale} du circuit est électrique.	3/4
B - II -4	l'énergie est magnétique	¼
B - II -5	0<t<t_1 : $W_{éle}$ diminue $\Rightarrow$ le condensateur fournit de l'énergie à la bobine. t_1<t<31,5 ms : $W_{éle}$ augmente $\Rightarrow$ la bobine fournit de l'énergie au condensateur.	½
B - II -6	W(dissipée) = 50 – 7,5 = 42,5 mJ.	½
B - III	L'énergie électrique est vite dissipée dans le rhéostat et le régime est non oscillatoire (apériodique)	½

Quatrième exercice : Spectre de l'atome d'hydrogène		**7 ½**
Question	**Réponse**	
1	$E_n - E_m = \frac{hc}{\lambda} = hc \times R(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}) \Rightarrow E_n = -\frac{hcR}{n^2}$	¾
2	On a hcR = 6,626×10⁻³⁴ ×2,998×10⁸×1,097×10⁷ (en J) = 21,79×10⁻¹⁹ J = 13,6 eV $\Rightarrow$ $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ eV.	¾
3-a	Si n $\rightarrow \infty$, $E_{max} \rightarrow$ 0.	¼
3-b	Si n $\rightarrow$ 1, E_{min} = - 13,6 eV.	¼
3-c	$E_2 = -\frac{13,6}{2^2} = -3,4eV$	¼
3-d	E_3 pour n = 3 $\Rightarrow E_3$ = - 1,51 eV.	¼
4	Seules certaines valeurs E_n (-13,6 ; -3,4 ; -1,51 ; -0,85 ……) sont permises.	¼
5	Le photon a : une masse nulle, une charge nulle, une vitesse dans le vide c, une énergie hν.	¾
6-a	L'énergie d'ionisation est l'énergie qu'il faut fournir à l'atome pour lui arracher, sans vitesse, son électron.	½
6-b	W_i + (-13,6) = 0 ; W_i = 13, 6 eV.	½
6-c	$Ona : \frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2})$ pour n→∞ et m = 1, on a : $\frac{1}{\lambda} = R = 1,097 \times 10^7$ $\Rightarrow \lambda = 0,911 \times 10^{-7} m.$	½
7-a	$Ona : \frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2})$; pour m =1 et n = 2, on obtient λ_{max} = 0,121×10⁻⁶m pour m=1 et n→∞, on obtient λ_{min} = 0,091×10⁻⁶m.	½
7-b	Au domaine ultra-violet.	¼
8-a	$Ona : \frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2})$. Pour m=1 et n=3, on trouve	1 ¼

	$\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{3^2})=\frac{8}{9}R=0{,}975\times10^7$ $\nu=\frac{c}{\lambda}\Rightarrow\nu_{3\to1}=2{,}92\times10^{15}\,\text{Hz}.$ Pour m=1 et n=2 on a $\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{2^2})=\frac{3}{4}R=0{,}82275\times10^7\Rightarrow\nu_{2\to1}=2{,}47\times10^{15}\,\text{Hz}.$ Pour m=2 et n=3 on a $\frac{1}{\lambda}=\text{R}(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{3^2})=\frac{5}{36}\text{R}=0{,}15236\times10^7\Rightarrow\nu_{3\to2}=0{,}46\times10^{15}\,\text{Hz}.$	
8-b	Ce qui vérifie $\nu_{3\to1}=\nu_{3\to2}+\nu_{2\to1}$	½

الدورة الإستثنائية للعام 2012	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	

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 ½ points) Oscillateur mécanique

Une tige rigide métallique MN, de masse m = 0,25 kg, peut glisser sans frottement sur deux rails métalliques PP' et QQ' parallèles et horizontaux. Au cours de ce glissement, la tige reste perpendiculaire aux rails. Ces deux rails, séparés d'une distance ℓ, sont connectés par un conducteur ohmique de résistance R (figure 1). On néglige la résistance de la tige et des rails.

A- Induction électromagnétique

L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme et vertical $\vec{B}$ dirigé vers le haut et de valeur B. La position de G, centre d'inertie de la tige, est repérée par son abscisse x sur un axe horizontal $(O, \vec{i})$ où O correspond à la position de G à $t_0 = 0$. On pose O'O = d. À une date t, G a pour abscisse $\overline{OG} = x$ et une vitesse $\vec{v}$ de mesure algébrique v (figure 1).

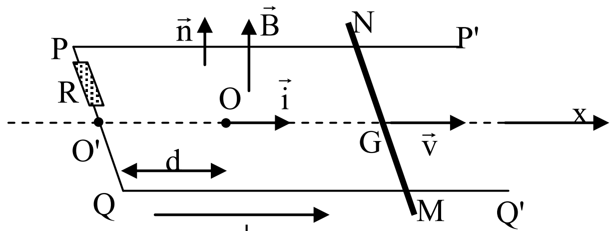


Fig. 1

1) En tenant compte du sens positif indiqué sur la figure 1, montrer que l'expression du flux magnétique à travers la surface limitée par le circuit MNPQ, est donnée par $\varphi = B(d+x)\ell$.

2) **a)** Établir l'expression de la f.é.m. induite « e » aux bornes de la tige MN en fonction de ℓ, B et v.

b) **i)** Établir l'expression de l'intensité i du courant électrique induit dans le circuit en fonction de R, ℓ, B et v.

ii) Déduire le sens du courant induit.

3) Montrer que l'expression de la force électromagnétique $\vec{F}$ qui s'exerce sur la tige s'écrit sous la forme : $\vec{F} = \frac{-B^2\ell^2}{R}\vec{v}$.

B- Oscillations libres non amorties

On élimine le champ magnétique $\vec{B}$.

Le centre d'inertie G de la tige est attaché à un ressort de masse négligeable, de longueur à vide L_0 = O'O = d et de raideur k = 50 N/m. Ainsi à l'équilibre l'abscisse de G est x = 0.

La tige, déplacée d'une distance X_m = 10 cm dans le sens positif, est lâchée sans vitesse initiale à une date $t_0 = 0$; la tige oscille alors autour de sa position d'équilibre. À une date t, G a pour abscisse x et pour vitesse $\vec{v}$ de mesure algébrique v (figure 2).

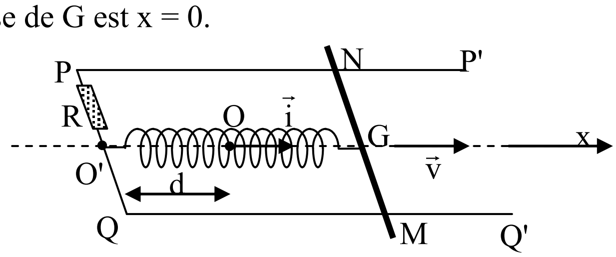


Fig. 2

1) Écrire, en fonction de m, v, k et x, l'expression de l'énergie mécanique du système (tige, ressort, Terre). Le plan horizontal passant par G est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

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

3) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $x = A\cos(\omega t + \phi)$. Déterminer les valeurs des constantes ω, A et ϕ (A > 0).

C- Oscillations libres amorties

Le dispositif de la figure 2 est placé maintenant dans le champ magnétique $\vec{B}$. La tige est de nouveau déplacée de X_m = 10 cm dans le sens positif, puis lâchée sans vitesse initiale à la date $t_0 = 0$; la tige oscille alors autour de sa position d'équilibre. À une date t, G a pour abscisse x et pour vitesse $\vec{v}$ de mesure algébrique v (figure 3).

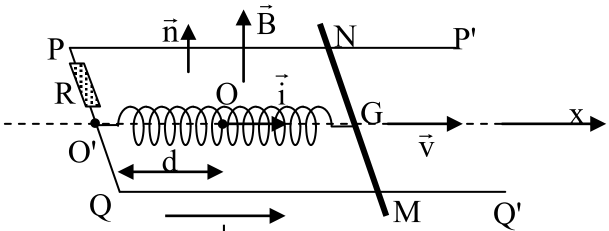


Fig. 3

1) Calculer, à $t_0 = 0$, l'énergie mécanique du système (tige, ressort, Terre). Le plan horizontal passant par G est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.
2) Au cours de son mouvement, l'oscillateur perd de l'énergie mécanique.
   a) Montrer que la puissance de la force électromagnétique $\vec{F}$, exercée sur la tige, est donnée par : $P = \dfrac{-B^2\ell^2v^2}{R}$.
   b) Déterminer l'expression de la puissance perdue par effet Joule dans le conducteur ohmique en fonction de B, ℓ, v et R.
   c) Déduire sous quelle forme l'énergie de l'oscillateur est-elle dissipée ?
3) Après quelques oscillations, la tige s'arrête. Donner, en Joules, la valeur de l'énergie totale dissipée par l'oscillateur au cours de son mouvement.

<u>Deuxième exercice</u> : (7 ½ points) Détermination des caractéristiques d'une bobine

Dans le but de déterminer l'inductance L et la résistance r d'une bobine, on place la bobine en série dans un circuit comportant un condensateur de capacité C = 160 μF et un générateur (GBF) délivrant, entre ses bornes, une tension alternative sinusoïdale :

$$u_g = u_{AD} = 20\sin(100\pi t), \quad (u_g \text{ en V}, t \text{ en s}).$$

Le circuit est alors parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité i.
Un oscilloscope branché dans le circuit permet de visualiser sur la voie Y_A la tension $u_g = u_{AD}$, et sur la voie Y_B la tension $u_C = u_{BD}$ (figure 1).
Sur l'écran de l'oscilloscope, on observe les oscillogrammes de la figure 2.

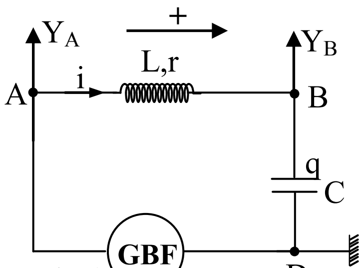


Fig.1

Prendre : $\pi = \dfrac{1}{0,32}$.

1) Sachant que la sensibilité verticale S_V est la même pour les deux voies, calculer sa valeur.
2) Calculer le déphasage entre u_g et u_C. Laquelle des deux tensions est en retard sur l'autre ?
3) Déduire l'expression de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps.
4) En utilisant la relation entre l'intensité i et la tension u_C, déterminer l'expression de i en fonction du temps.
5) En appliquant la loi d'addition des tensions et en donnant à t deux valeurs particulières, déterminer r et L.
6) Pour s'assurer des valeurs de L et r précédemment calculées, on procède de la façon suivante:
   - on mesure la puissance moyenne consommée par le circuit pour ω =100π rad/s et on trouve 8,66 W.
   - on fait varier la fréquence f de u_g tout en maintenant constante sa valeur maximale, et on trouve que pour f = 71 Hz l'intensité efficace du courant dans le circuit prend une valeur maximale.

   Déterminer les valeurs de r et L.

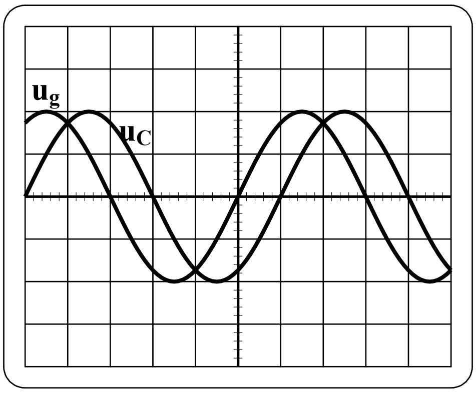


Fig. 2

<u>Troisième exercice</u> : (7 ½ points) Diffraction et interférence de la lumière

Une source de lumière laser émet un faisceau cylindrique de lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 640$ nm dans l'air.

A- Diffraction

Ce faisceau tombe normalement sur un écran vertical (P) muni d'une fente horizontale F_1 de largeur a. Le phénomène de diffraction est observé sur un écran (E) parallèle à (P) et situé à la distance D = 4 m de (P).
On prend sur (E) un point M tel que M coïncide avec la 2ème tache sombre comptée à partir de O, milieu de la frange centrale brillante. OIM = θ (θ est faible) est l'angle de diffraction de la deuxième tache sombre (figure 1).

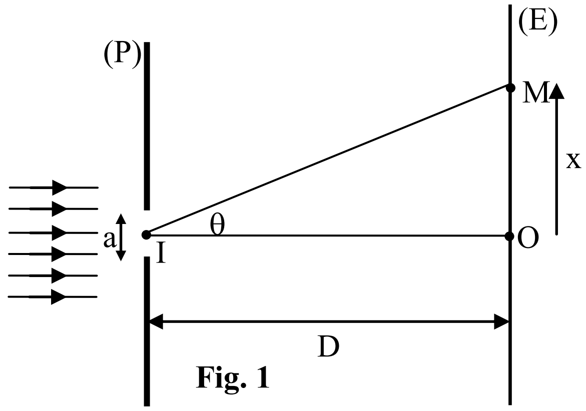


Fig. 1

1) Écrire l'expression de θ en fonction de a et λ.
2) Déterminer l'expression de OM = x en fonction de a, D et λ.
3) Déterminer la valeur de a si OM = 1,28 cm.
4) On remplace la fente F_1 par une autre F_1' de largeur 100 fois plus grande que celle de F_1.
   Qu'observe-t-on alors sur l'écran ?

B- Interférence

On pratique dans (P) une autre fente F_2 identique et parallèle à F_1 et telle que $F_1F_2 = a' = 1$ mm. Le faisceau laser éclaire normalement les deux fentes F_1 et F_2. On observe alors sur (E) des franges d'interférences. O' est la projection orthogonale du point I' milieu de F_1F_2 sur le plan (E) (figure 2).

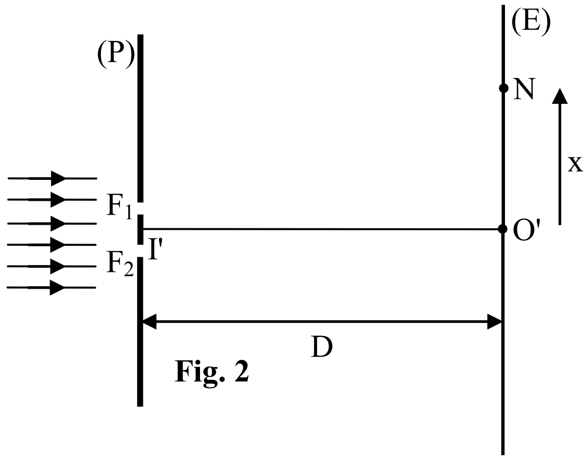


Fig. 2

1) **a)** À quoi est du le phénomène d'interférence ?
   b) Décrire les franges observées sur (E).
2) On considère sur (E) un point N tel que O'N = x.
   a) Écrire en fonction de a', x et D, l'expression de la différence de marche optique $\delta = F_2N - F_1N$.
   b) Si N est le milieu d'une frange sombre d'ordre k, écrire en fonction de k et λ, l'expression de la différence de marche optique δ en N.
   c) Déduire l'expression de x en fonction de a', D, k et λ.
   d) Sachant que l'interfrange i est la distance entre les centres de deux franges sombres consécutives, déduire alors l'expression de i en fonction de λ, D et a'.
3) On plonge le dispositif de la figure 2 dans l'eau d'indice de réfraction n.
   a) **i)** L'interfrange i varie et devient i'. Pourquoi ?
   ii) Montrer que $i' = \frac{i}{n}$.
   b) On éloigne parallèlement (E) de (P) d'une distance $d = \frac{4}{3}$ m à partir de sa position initiale. On remarque que l'interfrange reprend sa valeur initiale i.
   Déduire alors la valeur de n.

__Quatrième exercice__ : **(7 ½ points) Réacteurs nucléaires**

On donne:

- unité de masse atomique 1u = 931,5 MeV/c^2= $1{,}66\times10^{-27}$ kg
- 1 MeV = $1{,}6\times10^{-13}$ J
- masse des particules (en u) : antineutrino ${}^{0}_{0}\bar{\nu} \approx 0$; électron ${}^{0}_{-1}e$: $5{,}5\times10^{-4}$; neutron ${}^{1}_{0}n$: 1,0087 ;

Élément	Molybdène		Technétium		Tellure
Nucléide	${}^{101}_{42}Mo$	${}^{102}_{42}Mo$	${}^{101}_{43}Tc$	${}^{102}_{43}Tc$	${}^{135}_{52}Te$
Masse (en u)	100,9073	101,9103	100,9073	101,9092	134,9167

Élément	Uranium		Neptunium	Plutonium
Nucléide	${}^{235}_{92}U$	${}^{238}_{92}U$	${}^{239}_{93}Np$	${}^{239}_{94}Pu$
Masse (en u)	235,0439	238,0508	239,0533	239,0530

Lire attentivement le texte suivant sur les réacteurs nucléaires à neutrons rapides, puis répondre aux questions posées.

« …la matière de base de l'énergie nucléaire est l'uranium naturel qui contient deux isotopes: l'uranium 235 et l'uranium 238…

… Les réacteurs nucléaires à neutrons rapides (surrégénérateurs), emploient l'uranium 235 ou le plutonium 239 (ou les deux à la fois) comme combustibles. Dans chaque réacteur on dispose autour du cœur constitué d'uranium 235 (${}^{235}_{92}U$), une couverture constituée essentiellement d'uranium 238 (${}^{238}_{92}U$) fertile. Cette couverture peut capter des neutrons rapides, issus de la réaction de fission de l'uranium 235.

Ces réacteurs transforment davantage d'atomes d'uranium 238 en plutonium 239.

En définitive, dans les réacteurs à neutrons rapides bien étudiés, la quantité de matière fissile créée excède notablement celle qui est consommée ; c'est ce qu'on exprime en disant qu'ils sont surrégénérateurs… »

<u>Questions</u> :

1) **a)** Qu'appelle-t-on isotopes d'un élément ?
b) Donner la composition de chacun des noyaux d'uranium 235 et d'uranium 238.

2) Dans le réacteur, l'uranium 238 réagit avec les neutrons rapides suivant la réaction :

${}^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow X$ (réaction 1)

Le noyau X obtenu est radioactif et par deux émissions β^- successives se transforme en plutonium :

$X \rightarrow {}^{0}_{-1}e + Y + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$ (réaction 2)

$Y \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}_{94}Pu + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$ (réaction 3)

a) Identifier X et Y.
b) Déduire l'équation bilan de la réaction nucléaire entre un noyau ${}^{238}_{92}U$ et un neutron rapide conduisant au plutonium 239 (réaction 4).

3) Le plutonium 239 (${}^{239}_{94}Pu$) est fissile et peut réagir avec des neutrons suivant la réaction :

$${}^{239}_{94}Pu + {}^{1}_{0}n \rightarrow B + {}^{135}_{52}Te + 3\,{}^{1}_{0}n \quad \text{(réaction 5)}$$

a) Identifier B.
b) Calculer, en MeV/c^2, le défaut de masse Δm de la réaction 5.
c) Déduire, en Mev, l'énergie libérée E lors de la fission d'un noyau de plutonium.
d) Trouver, en joules, l'énergie libérée par la fission d'un kilogramme de plutonium.

4) À l'aide des réactions 4 et 5 justifier la définition du « surrégénérateur » donnée dans le texte.

الدورة الإستثنائية للعام 2012	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 : Oscillateur mécanique		7 ½
Question	**Corrigé**	**Note**
A.1	Le flux $\varphi = \vec{B}\, S\vec{n} = BS\cos\theta = B(d+x)\ell$; $\theta = 0$	½
A.2.a	la f.é.m. induite e : $e = -\frac{d\varphi}{dt} = -B\ell v$;	½
A.2.b.i	L'intensité i du courant électrique induit : $i = e/R = -B\ell v/R$;	½
A.2.b.ii	$i < 0$, donc le sens de i est opposé au sens positif choisi, il passe de N vers M dans la tige.	¼
A.3	La force de Laplace s'oppose au mouvement (d'après la loi de Lenz : le courant induit s'oppose par ses effet électromagnétique à la cause qui lui a donné naissance). $F = i\ell B = (\frac{-B\ell v}{R}).B\ell = \frac{-B^2\ell^2 v}{R} \Rightarrow \vec{F} = -\frac{B^2\ell^2}{R}\vec{v}$	1
B.1	$E_m = ½\, mv^2 + ½\, kx^2$.	½
B.2	Pas de frottement, conservation de l'énergie mécanique, E_m = constante. Dérivons E_m par rapport au temps : $\frac{dE_m}{dt} = 0$; $mv\dot{v} + kx\dot{x} = 0 \Rightarrow m\ddot{x} + kx = 0$ ($v = \dot{x}$ et $\dot{v} = \ddot{x}$) $\Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$.	¾
B.3	$\dot{x} = -\omega A\sin(\omega t + \varphi)$ et $\ddot{x} = -\omega^2 A\cos(\omega t+\varphi)$. En remplaçant dans l'équation différentielle $\Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 14{,}1$ rd/s Pour $t_0 = 0$, $\dot{x} = 0 = \omega A\sin(\varphi) = 0 \Rightarrow \sin(\varphi) = 0 \Rightarrow \varphi = 0$ ou π. De même : Pour $t_0 = 0$, $x = X_m = A\cos(\varphi) > 0$ et $A > 0$, donc $\varphi = 0$ et A = 10 cm.	1 ½
C.1	L'énergie mécanique initiale est : $E_m(0) = ½\, k\, x_0^2 = ½\, 50\times0{,}01 = 0{,}25$ J.	½
C.2.a	La puissance de la force $\vec{F}$ est : $\vec{F}\cdot\vec{v} = P = -\frac{B^2\ell^2 v^2}{R}$.	¼
C.2.b	La puissance perdue par effet Joule : $Ri^2 = R\times(B\ell v/R)^2 = \frac{B^2\ell^2 v^2}{R}$.	½
C.2.c	Puisque $\lvert P_{\text{électromagnétique}}\rvert = \lvert P_{\text{thermique}}\rvert$ donc l'énergie mécanique se transforme totalement en chaleur dans le conducteur ohmique.	½
C.3	L'énergie totale dissipée = E_m = 0,25 J.	¼

Deuxième exercice : Détermination des caractéristiques d'une bobine		7 ½
Question	**Corrigé**	**Note**
1	La tension maximale aux bornes du générateur correspond à 2 div $\Rightarrow$ $S_V = 20/2 = 10$V/div	½
2	La différence de phase correspond à 1 division et la période couvre 6 divisions $\varphi = \lvert\varphi\rvert = \frac{1\times 2\pi}{6} = \frac{\pi}{3}$ rad. u_C est en retard sur u_g	1
3	$(U_C)_{max} = 20$V , $\omega = 100\pi$ et u_C est en retard par rapport à u_g $\Rightarrow u_C = 20\sin(100\pi t - \pi/3)$	1
4	$i = C\frac{du_c}{dt}$; $\frac{du_C}{dt} = 2.10^3\pi\cos(100\pi t - \pi/3)$ $\Rightarrow i = 160.10^{-6}.2.10^3\pi.\cos(100\pi t-\pi/3) = \cos(100\pi t-\pi/3)$	1 ½
5	$u_{AD} = u_{AB} + u_{BD}$. $20\sin(100\pi t) = ri + L\frac{di}{dt} + u_C$ $20\sin(100\pi t) = r\cos(100\pi t-\pi/3) - 100\pi L\sin(100\pi t-\pi/3) + 20\sin(100\pi t-\pi/3))$ * pour $100\pi t = \pi/3$ on obtient : $20\,\frac{\sqrt{3}}{2} = r \Rightarrow r = 10\sqrt{3}\,\Omega$ * pour t = 0 on obtient : $L = \frac{1}{10\pi} = 0{,}032$H	2
6	La puissance électrique est consommée seulement dans la résistance de la bobine : $P = r\,(I_{eff})^2 = 8{,}66 = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 r \Rightarrow r = 17{,}3\Omega$ Le phénomène mis en évidence est la résonance d'intensité. Dans ce cas on a : $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ou $LC\omega^2 = 1 \Rightarrow L = 0{,}03$ H.	1 ½

Troisième exercice : Diffraction et interférence de la lumière		7 ½
Question	**Corrigé**	**Note**
A.1	M est une frange sombre si $\sin\theta = n\frac{\lambda}{a} = \theta$, la 2ème frange : n =2 donc $\theta = 2\frac{\lambda}{a}$	1
A.2	$\tan\theta = \theta = \frac{OM}{D} = \frac{x}{D}$ donc $\mathbf{x} = OM = D\cdot\theta = \frac{2D\lambda}{a}$	¾
A.3	$a = \frac{2\lambda D}{x} = 0.4mm$	¾
A.4	On observe une tache éclairée	½
B.1.a	Il est du à la superposition de 2 ondes lumineuses	½
B.1.b	Franges brillantes et obscures, parallèles, rectilignes et équidistantes	½
B.2.a	$\delta = \frac{a'x}{D}$	¼
B.2.b	$\delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$	¼
B.2.c	$x = (2k+1)\frac{\lambda D}{2a'}$	½
B.2.d	$i = x_{k+1} - x_k = \frac{\lambda D}{a'}$	½
B.3.a.i	$i = \frac{\lambda D}{a}$ et λ varie car la célérité de la lumière varie en passant dans l'eau ⇒ i varie	½
B.3.a.ii	$\lambda' = \frac{v}{f}$ et v = c/n ⇒ λ' = λ/n ; i' = λ'D/a' = λD/na' = i/n	¾
B.3.b	D' = D + d ; i= λ(D + d)/na' = λD/a' donc n = (D + d)/D = 1,33	¾

Quatrième exercice : Réacteurs nucléaires		7 ½
Question	**Corrigé**	**Note**
1.a	On appelle isotopes des noyaux qui ont même numéro atomique Z et des nombres de masse A différents.	½
1.b	les noyaux d'uranium comportent 92 protons et, 143 neutrons pour ${}^{235}_{92}U$, 146 neutrons pour ${}^{238}_{92}U$.	½
2.a	${}^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{239}_{92}X$ (réaction 1) ; ${}^{239}_{92}X$ est un isotope de l'uranium. ${}^{239}_{92}U \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{239}_{93}Y + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$. (réaction 2) ${}^{239}_{93}Y$ est noyau de neptunium ${}^{239}_{93}Np$. ${}^{239}_{93}Np \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{239}_{94}Pu + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$. (réaction 3).	1 ½
2.b	L'addition (1) + (2) + (3) donne l'équation bilan de la réaction necléaire conduisant à la formation de plutonium : ${}^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{239}_{94}Pu + 2\,{}^{0}_{-1}e + 2\,{}^{0}_{0}\bar{\nu}$. (réaction 4).	1
3.a	${}^{239}_{94}Pu + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{102}_{42}B + {}^{135}_{52}Te + 3\,{}^{1}_{0}n$ (réaction 5). B est ${}^{102}_{42}Mo$ est un noyau de molybdène.	½
3.b	$\Delta m = 239{,}053 + 1{,}0087 - (101{,}9103 + 134{,}9167 + 3\times1{,}0087$ $= 0{,}2086$ u $= 0{,}2086 \times 931{,}5$ MeV/c^2 = 194, 3 MeV /c^2.	1
3.c	E = $\Delta m \times c^2$ = 194, 3 MeV.	½
3.d	Nombre de noyaux de plutonium dans une masse de 1 kg est $N = \dfrac{1}{1{,}66\times10^{-27}\times239{,}053} = 2{,}52\times10^{24}$ $E' = 2{,}52\times10^{24}\times194{,}3\times1{,}6\times10^{-13} = 7{,}83\times10^{13}$ J.	1 ½
4	Sous l'action d'un neutron incident, un noyau de plutonium réagit selon l'équation (5) et libère trois neutrons au cours de sa fission. Sur ces trois neutrons : - un est utilisé à entretenir la réaction de fission de plutonium; - les deux autres sont disponibles pour réagir avec l'uranium 238 pour créer deux atomes de plutonium.Pour un noyau de plutonium fissile consommé, deux noyaux de plutonium sont créés. Cela justifie l'appelation de surrégénérateur donné à un tel réacteur.	½

وزارة التربية والتعليم العالي
المديرية العامة للتربية
دائرة الامتحانات

امتحانات الشهادة الثانوية العامة
الفرع : علوم عامة

دورة سنة 2013 العادية

الأثنين 1 تموز 2013	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: (7 ½ points)

Vérification de la deuxième loi de Newton

On considère un plan incliné formant un angle $\alpha = 30^o$ avec le plan horizontal.
Un objet (S), supposé ponctuel et de masse m = 0,5 kg, est lancé de O le point le plus bas du plan, à la date $t_0 = 0$, avec une vitesse $\vec{V}_0 = V_0\,\vec{i}$ suivant la ligne de plus grande pente (OB) du plan incliné. Soit A un point de (OB) tel que OA = 5 m (fig.1).
La position de (S), à la date t, est donnée par $\overrightarrow{OM} = x\vec{i}$ où x = f(t).

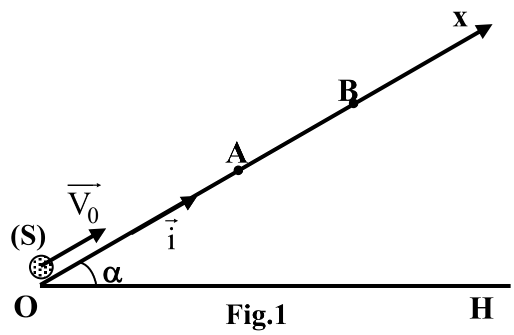


Fig.1

La variation de l'énergie mécanique du système [(S), Terre], en fonction de x, est représentée par le graphique de la figure 2.
Prendre :
- le plan horizontal passant par OH comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 10 ms^{-2}$.

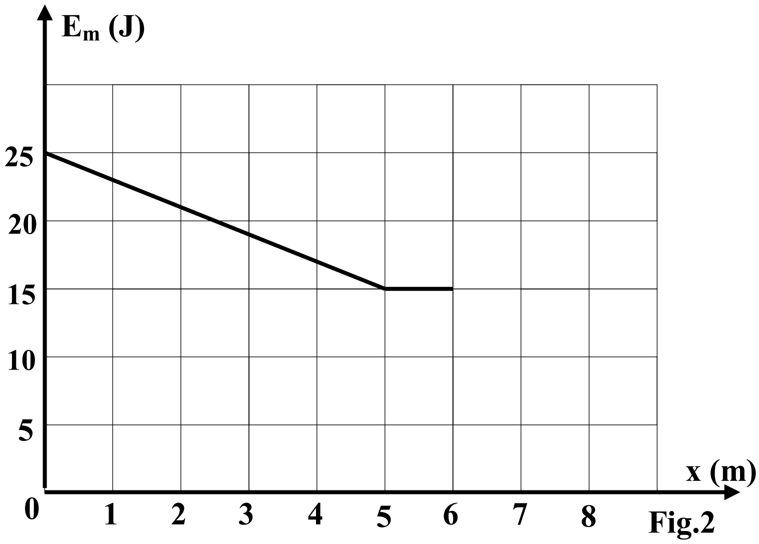


Fig.2

1) En utilisant le graphique de la figure 2 :
  a) montrer que (S) est soumis à une force de frottement entre les points d'abscisses $x_0 = 0$ et $x_A = 5$ m ;
  b) i) calculer la variation de l'énergie mécanique du système [(S), Terre] entre les instants de passage de (S) par les points O et A ;
   ii) déduire l'intensité de la force de frottement supposée constante entre O et A ;
  c) déterminer, pour $0 \le x \le 5$ m**,** l'expression de l'énergie mécanique du système [(S), Terre] en fonction de x ;
  d) déterminer la vitesse de (S) au point d'abscisse x = 6m.

2) Soit v la valeur de la vitesse de (S) quand il passe par le point M d'abscisse x telle que $0 \le x \le 5$ m**.**
  a) Déterminer la relation entre v et x.
  b) Déduire que la valeur algébrique de l'accélération de (S) est $a = -9\ ms^{-2}$.

3) **a)** Déterminer les valeurs de la vitesse de (S) en O et en A.
  b) Calculer la durée $\Delta t = t_A - t_0 = t$ de déplacement de (S) au cours de sa montée de O vers A, sachant que la valeur algébrique de la vitesse de (S) est donnée par : $v = at + v_0$.
  c) Déterminer les quantités de mouvement $\vec{P}_O$ et $\vec{P}_A$ de (S), respectivement en O et en A.

4) Déterminer la résultante des forces extérieures $\sum \vec{F}_{ext}$ appliquées à (S).

5) Vérifier, d'après les résultats précédents, la deuxième loi de Newton, sachant que $\frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t} = \frac{d\vec{P}}{dt}$.

<u>Deuxième exercice</u>: (7 ½ points)

Pendule de torsion

Le but de cet exercice est d'étudier le mouvement d'un pendule de torsion dans trois situations différentes.

On considère un pendule de torsion constitué d'un disque homogène (D), de faible épaisseur, suspendu par son centre de gravité O à un fil de torsion vertical fixé à sa partie supérieure en un point O' (figure 1).

On donne :

- constante de torsion du fil $C = 0{,}16$ m.N/rad ;
- moment d'inertie du disque par rapport à l'axe OO' : $I = 25 \times 10^{-4}$ kg·m^2.

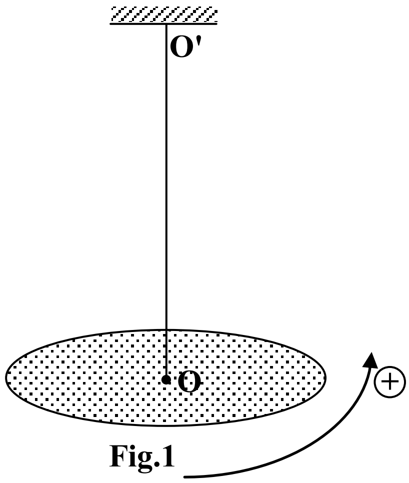


Fig.1

A) Oscillations libres non amorties

Le disque est dans sa position d'équilibre. On le tourne autour de OO' dans un sens choisi comme sens positif, d'un angle $\theta_m = 0{,}1$ rad (figure 1), puis on l'abandonne sans vitesse initiale à l'instant $t_0 = 0$.

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

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

1) Écrire l'expression de l'énergie mécanique E_m du système [pendule, Terre] en fonction de I, θ, C et θ'.

2) On suppose que les frottements sont négligeables.

a) Établir l'équation différentielle en θ qui régit le mouvement du disque.

b) L'équation horaire du mouvement du disque est de la forme : $\theta = \theta_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$. Déterminer ω_0 et ϕ.

c) Déterminer la vitesse angulaire du disque quand il passe pour la première fois par sa position d'équilibre.

B) Oscillations libres amorties

En réalité, le disque est soumis à une force de frottement dont le moment par rapport à OO' est $\mathcal{M} = -h\dfrac{d\theta}{dt}$ où h est une constante positive.

1) En appliquant au disque le théorème du moment cinétique, montrer que l'équation différentielle en θ, qui régit son mouvement s'écrit sous la forme : $\theta'' + \dfrac{h}{I}\theta' + \dfrac{C}{I}\theta = 0$.

2) Déterminer, en fonction de h et θ', l'expression $\dfrac{dE_m}{dt}$ (dérivée de l'énergie mécanique E_m par rapport au temps du système [pendule, Terre]). Déduire le sens de variation de E_m.

C) Oscillations forcées

Le pendule est au repos dans sa position d'équilibre. Un excitateur (E), couplé au disque, lui communique des excitations périodiques de pulsation ω_e réglable.

En faisant varier ω_e de (E), l'amplitude θ_m du mouvement du disque prend alors une valeur maximale 0,25 rad pour $\omega_e = \omega_r$.

1) Nommer le phénomène physique mis en évidence.

2) Indiquer la valeur approximative de ω_r.

3) Tracer l'allure de la courbe représentant la variation de l'amplitude θ_m en fonction de la pulsation ω_e.

<u>Troisième exercice</u>: (7 ½ points)

Détermination des caractéristiques d'un dipôle inconnu

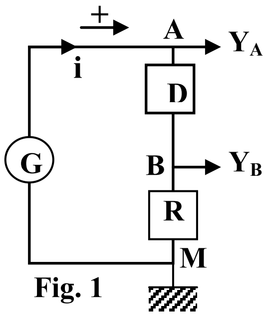


Fig. 1

Un dipôle électrique (D), de nature inconnue, peut être un conducteur ohmique R', une bobine d'inductance L et de résistance r ou un condensateur de capacité C. Pour déterminer sa nature et ses caractéristiques, on le branche en série avec un conducteur ohmique de résistance R = 10 Ω aux bornes d'un générateur G comme l'indique la figure 1. À l'aide d'un oscilloscope on peut mesurer la tension $u_g = u_{AM}$ aux bornes du générateur ainsi que la tension $u_R = u_{BM}$ aux bornes du conducteur ohmique.

A- Cas d'une tension continue

Le générateur G délivre une tension continue U_0. Sur l'écran de l'oscilloscope on observe les oscillogrammes de la figure 2.

1) Montrer que la tension U_0 = 12V.

2) **a)** Déterminer, dans le régime permanent, la valeur I de l'intensité du courant dans le circuit.

b) Déduire que (D) n'est pas un condensateur.

c) Déterminer la résistance du dipôle (D).

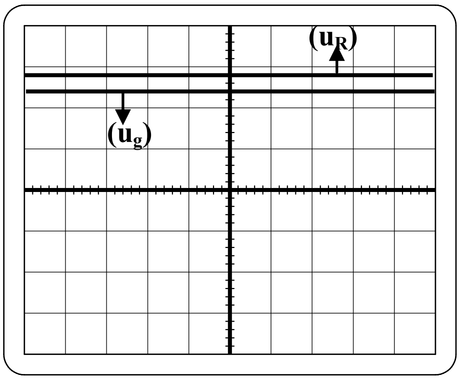


Fig.2 **Voie A: S_V = 5 V/div**
Voie B: S_V = 2 V/div

B- Cas d'une tension alternative

Le générateur G délivre maintenant une tension alternative sinusoïdale. Sur l'écran de l'oscilloscope on observe les oscillogrammes de la figure 3.

1) En se référant aux oscillogrammes de la figure 3, montrer que :

a) (D) est une bobine ;

b) l'oscillogramme (2) représente la variation de la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique.

2) La tension aux bornes du générateur est donnée par: $u_g = U_m\sin(\omega t)$. Déterminer U_m et ω.

3) Déterminer l'expression instantanée de l'intensité i en fonction du temps.

4) En appliquant la loi d'additivité des tensions et en donnant à t deux valeurs particulières, déterminer l'inductance L et la résistance r de (D).

5) Afin de vérifier les valeurs de L et de r de (D), on rajoute un condensateur de capacité C réglable en série au circuit précédent. Pour $C = 10^{-4}$ F, on obtient les oscillogrammes de la figure 4.

a) Nommer le phénomène observé.

b) Vérifier, en utilisant les oscillogrammes de la figure 4, les valeurs de L et de r.

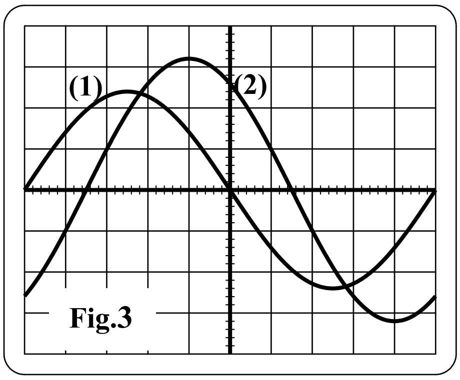


Fig.3

Voie A: S_V = 5 V/div
Voie B: S_V = 1 V/div
Sensibilité horizontale: S_h = 2 ms/div

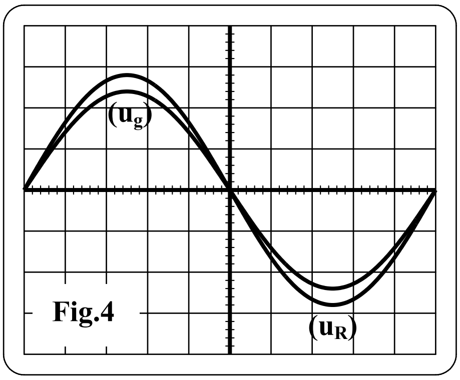


Fig.4

Voie A: S_V = 5 V/div
Voie B: S_V = 2 V/div
Sensibilité horizontale: S_h = 2 ms/div

Quatrième exercice: (7 ½ points)

Fission nucléaire

La fission nucléaire en chaîne, convenablement maîtrisée dans une centrale nucléaire, peut constituer une source d'énergie considérable pour produire de l'énergie électrique.

Données :

masses des noyaux : ${}^{235}_{92}U = 234,9934$ u; ${}^{138}_{x}Ba = 137,8742$ u; ${}^{y}_{36}Kr = 94,8871$ u ;

masse molaire de ${}^{235}U = 235$ g mol^{-1}; nombre d'Avogadro $N_A = 6,02.10^{23}$ mol^{-1} ;

$m({}^{1}_{0}n) = 1,0087$ u; 1 u = 931,5 MeV/c^2; 1 eV = $1,6.10^{-19}$ J.

A) Rendement d'une centrale nucléaire

Dans le réacteur d'une centrale nucléaire, on utilise l'uranium naturel enrichi en uranium 235. Le noyau d'uranium 235 capte un neutron thermique et se transforme en un noyau d'uranium 236 dans un état excité. La désexcitation de ce noyau s'accompagne de l'émission d'un photon γ d'énergie égale à 20 MeV.

1) **a)** Compléter la réaction suivante : ${}^{236}_{92}U^* \rightarrow \ ..... \ + \ \gamma$.

b) Indiquer la valeur de l'excès d'énergie que possède un noyau d'uranium 236 dans l'état excité considéré.

2) L'uranium obtenu se scinde ensuite, d'une façon instantanée, produisant ainsi deux nucléides, appelés fragments de la fission, avec l'émission de quelques neutrons et d'un photon γ selon la réaction-bilan suivante :

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{138}_{x}Ba + {}^{y}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n + \gamma $$

Déterminer :

a) x et y ;

b) en Mev, l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235 ;

c) l'énergie libérée par la fission de 1 g d'uranium 235 ;

d) le rendement de la centrale nucléaire, sachant qu'elle fournit une puissance électrique de 800 MW et consomme 2,8 kg d'uranium 235 par jour.

B) Réaction en chaîne

L'énergie cinétique d'un neutron, susceptible de provoquer la fission d'un noyau d'uranium 235, doit être de l'ordre de 0,04 eV.

On suppose que les neutrons émis lors de la fission possèdent la même énergie cinétique.

1) La somme des énergies cinétiques des fragments (Kr et Ba) est évaluée à 174 MeV et l'énergie du photon γ émis est $E_\gamma = 20$ MeV.

a) Montrer, en utilisant la conservation de l'énergie totale, que l'énergie cinétique d'un neutron émis lors de cette fission vaut 2 MeV.

b) Déduire que les neutrons émis ne provoquent pas des réactions de fission de l'Uranium 235.

2) Pour produire une fission avec un neutron émis, il faut le ralentir par collision avec des atomes de carbones 12 dans des blocs de graphite. On suppose que chaque collision entre un neutron et un atome de carbone est parfaitement élastique et que les vecteurs vitesses, avant et après le choc, sont colinéaires.

Prendre : $m({}^{1}_{0}n) = 1$ u et $m({}^{12}C) = 12$ u.

a) On désigne par $\vec{V}_0$ la vitesse de chaque neutron émis lors de la fission, et par $\vec{V}_1$ sa vitesse juste après son premier choc avec un atome de carbone 12 supposé initialement au repos.

Montrer que $\left|\dfrac{V_1}{V_0}\right| = k = \dfrac{11}{13}$.

b) **i)** Montrer que le rapport des énergies cinétiques du neutron après et avant le premier choc, est $\dfrac{Ec_1}{Ec_0} = k^2$.

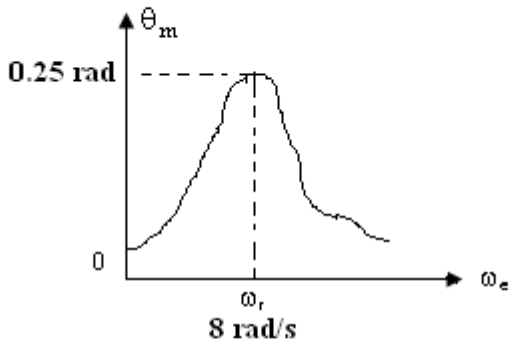
ii) Déterminer le nombre de chocs nécessaires, entre un neutron émis et des atomes de carbone 12 au repos, pour que l'énergie cinétique du neutron soit réduite à 0,04 eV.

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

Premier exercice (7 ½ points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
1.a	car l'énergie mécanique de (S) diminue le long de cette partie.	**0.25**
1.b.i	$\Delta E_m = E_{mf} - E_{mi} = 15 - 25 = -10$ J.	**0.50**
1.b.ii	$\Delta Em = W(\vec{f}) = -fx \Rightarrow f = \frac{10}{5} = 2$ N.	**0.75**
1.c	$E_m = ax + b$; pour $x = 0 \Rightarrow E_m = 25$ J $\Rightarrow b = 25$ J et $a = \frac{\Delta E_m}{\Delta x} = \frac{-10}{5} = -2$ J/m $\Rightarrow E_m = -2x + 25$.(E_m en J ; x en m)	**1.00**
1.c	Pour x = 6m, Em = 15J $\Rightarrow mgx\sin\alpha + 1/2\, mv^2 = 15 \Rightarrow v = 0$ m/s	**0.50**
2.a	$E_m = \frac{1}{2}mV^2 + mgx\sin\alpha = -2x + 25$ $\Rightarrow 0{,}25\, V^2 + 4{,}5\, x - 25 = 0$.	**0.75**
2.b	On dérive par rapport à t : $\Rightarrow 0{,}5V\, a + 4{,}5\, V = 0 \Rightarrow a = -9\ ms^{-2}$.	**0.50**
3.a	Vitesse en O: $(E_{PP})_O = 0$; $E_m = 25 = \frac{1}{2}mV_0^2 \Rightarrow V_0 = 10\ ms^{-1}$. Vitesse en A : $E_m = \frac{1}{2}mV_A^2 + mgx_A\sin\alpha = 15$ $\Rightarrow V_A = \sqrt{10} = 3{,}16\ ms^{-1}$.	**0.75**
3.b	$v = at + v_0 \Rightarrow \Delta t = t = \frac{3{,}16 - 10}{-9} = 0{,}76 s$.	**0.50**
3.c	$\vec{P}_0 = m\vec{V}_0 \Rightarrow P_0 = 0{,}5 \times 10 = 5\ kgms^{-1}$. $\vec{P}_A = m\vec{V}_A \Rightarrow P_A = 0{,}5 \times 3{,}16 = 1{,}58\ kgms^{-1}$	**0.50**
4	$\sum \vec{F}_{ext.} = \vec{p}_y + \vec{N} + \vec{p}_x + \vec{f}$; Or $\vec{p}_y + \vec{N} = \vec{0}$ (pas de mouvement suivant l'axe des y) $\sum \vec{F}_{ext.} = \vec{p}_x + \vec{f} = (-mg\sin\alpha - f)\,\vec{i} = -4{,}5\,\vec{i}$.	**0.75**
5	$\frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = \frac{1{,}58 - 5}{0{,}76}\vec{i} = -4{,}5\,\vec{i}$. d'où: $\frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = \sum \vec{F}_{ext}$	**0.75**

Deuxième exercice (7 ½ points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A-1	$E_m = E_{PP} + E_C + E_{Pe} = 0 + ½\, I\,\theta'^2 + ½\, C\,\theta^2$.	**0.75**
A-2.a	$\frac{dE_m}{dt} = 0 = I\dot{\theta}\ddot{\theta} + C\theta\dot{\theta} \Rightarrow \ddot{\theta} + \frac{C}{I}\theta = 0$.	**0.75**
A-2.b	$\theta = \theta_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$; $\theta' = \omega_0\theta_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$; $\theta'' = -\omega_0^2\theta_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$ $\ddot{\theta} + \frac{C}{I}\theta = 0$ en remplaçant θ'' et θ dans l'équation différentielle on obtient $\omega_0 = \sqrt{\frac{C}{I}} = 8$ rad/s Pour $t_0 = 0$, $\theta = \theta m \sin\varphi = \theta_m \Rightarrow \sin\varphi = 1 \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2}$ rad.	**2**
A-2.c	Lorsque le pendule passe par sa position d'équilibre $\theta = 0 \Rightarrow$ $\sin(\omega_0 t + \varphi) = 0 \Rightarrow \cos(\omega_0 t + \varphi) = \pm 1 \Rightarrow \theta' = \pm\, \omega_0\theta_m$ Il passe pour la première fois dans le sens négatif $\Rightarrow$ $\theta'_0 = -\,\omega_0\theta_m = -\,0.8$ rad/s	**1**
B-1	$\frac{d\sigma}{dt} = \sum M \Rightarrow I\ddot{\theta} = -\,C\theta - h\dot{\theta} \Rightarrow \ddot{\theta} + \frac{h}{I}\dot{\theta} + \frac{C}{I}\theta = 0$.	**0.75**
B-2	$\frac{dE_m}{dt} = I\dot{\theta}\ddot{\theta} + C\theta\dot{\theta}$; on remplace $\ddot{\theta}$ dans cette expression, on obtient : $\frac{dE_m}{dt} = I\dot{\theta}(-\frac{h}{I}\dot{\theta} - \frac{C}{I}\theta) + C\theta\dot{\theta} = -\,h\dot{\theta}^2$. $\frac{dE_m}{dt} < 0 \Rightarrow E_m$ diminue avec le temps.	**1.25**
C-1	La résonance	**0.25**
C-2	pour $\omega_e = \omega_r = \omega_0 = 8$ rad/s.	**0.25**
C-3		**0.5**

Troisième exercice (7 ½ points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1	La tension : $U_0 = 5$ V/div×2,4 div = 12 V.	**0.50**
A.2.a	$u_R = RI$, $u_R = 2$ V/div×2,8 div = 5,6 V $\Rightarrow I = 5,6/10 = 0,56$ A.	**0.50**
A.2.b	Ce résultat nous permet d'éliminer le condensateur puisqu'en régime permanent, il y a passage de courant dans le circuit.	**0.50**
A.2.c	Sous une tension continue, une bobine se comporte dans l'état permanent comme un conducteur ohmique. Ainsi, si (D) est une bobine ou un conducteur ohmique, on peut déterminer la résistance x de (D). $U_g = (R+x)I \Rightarrow R + x = 12/0,56 = 21,43\ \Omega$. Ainsi $x = 21,43 - 10 = 11,43\ \Omega$.	**0.75**
B.1.a	(D) ne peut pas être un conducteur ohmique car il y a une différence de phase entre u_g et u_R.	**0.25**
B.1.b	Puisque (D) est une bobine, le courant i doit être en retard de phase, et par conséquence u_R par rapport à u_g. L'oscillogramme (2) représente alors les variations de la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique.	**0.50**
B.2	$U_m = 5$V/div×2,4 div = 12 V, et $\omega = 2\pi/T$; $T = S_h\times x = 2$ms/div×10 div = 20 ms . $\Rightarrow \omega = 100\pi$ rd/s ou 314,16 rd/s $u_g = 12\sin(100\pi t)$.	**0.75**
B.3	$I_m = U_m(R)/R = 1$ V/div×3,2 div/10 = 0,32 A et $\varphi = 2\ \pi\times1,5/10$; $\varphi = 0,3\pi = 0,94$ rd. $i = 0,32\sin(\omega t - 0,94)$.	**0.75**
B.4	Ainsi $u_{bob} = L\dfrac{di}{dt} + ri$ $u_{bob} = L\times100\pi\times0,32\cos(\omega t\text{-}0,3\pi) + 0,32\ r\sin(\omega t - 0,3\pi)$. Ainsi $u_g = 12\sin(\omega t) = L\times100,5\cos(\omega t - 0,3\pi) +(R+r)0,32\sin(\omega t - 0,3\pi)$. Pour $\omega t = 0$: $0 = 100,5\ L\cos(0,3\pi) - (R+r)0,32\sin(0,3\pi)$ $59,1\ L - 0,259(R+r) = 0 \Rightarrow L = 0,0044\ (R+r)$ Pour $\omega t = \pi/2$: $12 = 100,5L\cos(0,2\pi)+0,32(R+r)\sin(0,2\pi)$ $12 = 81,30L + 0,188(R+r) = (0,358 + 0,188)(R+r) = 0,546\ (R+r)$ $\Rightarrow R+r = 12/0,546 = 21,97\ \Omega$ et par suite $r = 11,97\ \Omega$. $L = 0,0044\times21,97 = 0,097$ H.	**2.00**
B.5.a	On observe le phénomène de résonance d'intensité	**0.25**
B.5.b	À la résonance, $T = T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ = 20 ms = 2×10^{-2} s $\Rightarrow 10^{-4} = \pi^2 LC = \pi^2 L\times10^{-4} \Rightarrow L = 0,1$ H À la résonance: $U_m(G) = 12\ V = (R+r)I_m$, $U_m(R) = 2$V/div×2,8 = 5,6 V = $RI_m \Rightarrow I_m = 0,56$ A Soit $R+r = 12/0,56 = 21,43\ \Omega \Rightarrow r = 11,43\ \Omega$.	**0.75**

Quatrième exercice (7 ½ points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1.a	${}^{236}_{92}U^{*} \rightarrow {}^{236}_{92}U + \gamma$	0.25
A.1.b	L'excès d'énergie est 20 MeV	0.25
A.2.a	Conservation du nombre de masse : 1 + 235 = 138 + A + 3 $\Rightarrow$ A = 95. Conservation du nombre de charge : 92 = Z + 36 $\Rightarrow$ Z = 56	0.75
A.2.b	$\Delta m = 1{,}0087 + 234{,}9934 - 137{,}8742 - 94{,}8871 - 3\times1{,}0087 = 0{,}2147$ u $E = \Delta m\, c^2$; Alors $E = 0{,}2147\times931{,}5\ \text{MeV}/c^2\times c^2 = 199{,}99 \approx 200$ MeV.	1.00
A.2.c	Nombre des noyaux contenus dans 1 g d'uranium 235 : $n = \frac{m}{M}N = \frac{1}{235}6{,}02\times10^{23} = 2{,}56\times10^{21}$ noyaux L'énergie nucléaire libérée par 1 g: $2{,}56\times10^{21}\times200\times1{,}6\times10^{-13} = 8{,}19\times10^{10}$ J.	1.25
A.2.d	L'énergie nucléaire libérée par jour : $2800\times8{,}19\times10^{10} = 2{,}29\times10^{14}$ J. L'énergie électrique fournie par jour : $8\times10^{8}\times24\times3600 = 6{,}91\times10^{13}$ J Rendement de la centrale : $\frac{6{,}91\times10^{13}}{2{,}29\times10^{14}} = 0{,}30$ c.à.d 30%..	0.75
B.1-a	$m({}^1_0n)\cdot c^2 + E_C({}^1_0n) + m({}^{235}U) + E_C({}^{235}U)$ $= m(B_a).c^2 + E_C(B_a) + m(K_r)\cdot c^2 + Ec(K_r) + 3m({}^1_0n)\cdot c^2 +$ $3E_C({}^1_0n)_{\text{émis}} + E(\gamma)$ $\Rightarrow E_{\text{libérée}} = E_C(Ba) + E_C(K_r) + 3E_C({}^1_0n)_{\text{émis}} + E(\gamma) - E_C({}^1_0n)_{\text{incident}}$ $\Rightarrow E_C({}^1_0n)_{\text{émis}} = \frac{200-174-20+0.04}{3} = 2$ MeV.	1.00
B.1-b	Car ce n'est pas un neutron thermique	0.25
B.2.a	Conservation de la quantité de mouvement: $m_1\vec{V}_0 = m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2$ projection $\Rightarrow m_1(V_0 - V_1) = m_2V_2$ (1) La collision est élastique, alors $\frac{1}{2}m_1V_0^2 = \frac{1}{2}m_1V_1^2 + \frac{1}{2}m_2V_2^2$; $\Rightarrow m_1(V_0^2 - V_1^2) = m_2V_2^2$ (2) $\frac{(2)}{(1)} \Rightarrow V_0 + V_1 = V_2$ (3) ; (1) et (3) $\Rightarrow V_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}V_0$; $\Rightarrow \left\lvert\frac{V_1}{V_0}\right\rvert = \left\lvert\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right\rvert = \frac{11}{13} = k$	1.25
B.2.b.i	$\frac{E_{C1}}{E_{C0}} = \frac{V_1^2}{V_0^2} = k^2$, après le premier choc,	0.25
B.2.b.ii	après le deuxième choc : $\frac{E_{C2}}{E_{C1}} = k^2 \Rightarrow \frac{E_{C2}}{E_{C0}} = (k^2)^2 = k^4$ On démontre par récurrence que: $\frac{E_{Cn}}{E_{C0}} = k^{2n} \Rightarrow \frac{0{,}04}{2.10^6} = k^{2n}$ $\rightarrow\Rightarrow n = \frac{1}{2}\left(\frac{\ln 2.\ 10^{-8}}{\ln\frac{11}{13}}\right) = 53$ chocs	0.50

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)

Oscillateur mécanique horizontal

Un oscillateur mécanique horizontal est formé d'un autoporteur (S), de masse m = 510 g, attaché à deux ressorts identiques à spires non jointives et dont les deux autres extrémités A et B sont reliées à deux supports fixes. Chaque ressort, de masse négligeable, a une constante de raideur k = 10 Nm^{-1} et une longueur à vide ℓ_0. (S) peut glisser sur une table à coussin d'air horizontale et son centre d'inertie G peut alors se déplacer sur un axe horizontal x'Ox.

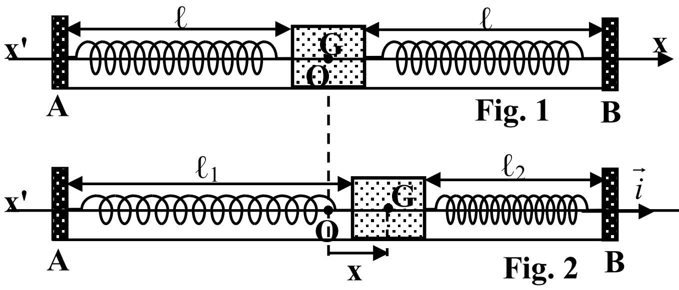


Fig. 1
Fig. 2

À l'équilibre (figure 1) :

- G coïncide avec l'origine O de l'axe x'x ;
- chacun des deux ressorts est allongé de $\Delta\ell$ et sa longueur est $\ell = \ell_0 + \Delta\ell$.

Le plan horizontal passant par G est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

A- Étude théorique

On suppose que (S) est mis en oscillations libres non amorties. À un instant t, l'abscisse de G est $x = \overline{OG}$ et la mesure algébrique de sa vitesse est $v = \frac{dx}{dt}$ et les deux ressorts ont des longueurs ℓ_1 et ℓ_2 (figure 2).

1) a) En se référant à la figure 2, exprimer ℓ_1 et ℓ_2 en fonction de ℓ et x.

b) Montrer, à un instant t, que l'énergie potentielle élastique totale emmagasinée dans les deux ressorts est donnée par : $E_{Pé} = k\,[(\Delta\ell)^2 + x^2]$.

2) Écrire, à l'instant t, l'expression de l'énergie mécanique du système ((S), deux ressorts, Terre) en fonction de v, m, k, $\Delta\ell$ et x.

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

4) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $x = X_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$ où X_m, ω_0 et φ sont des constantes.

a) Déterminer, en fonction de k et m, l'expression de ω_0.

b) Déduire la valeur T_0 de la période propre des oscillations de G.

B- Étude expérimentale

Un dispositif approprié permet d'enregistrer l'abscisse x de G en fonction du temps (figure 3).

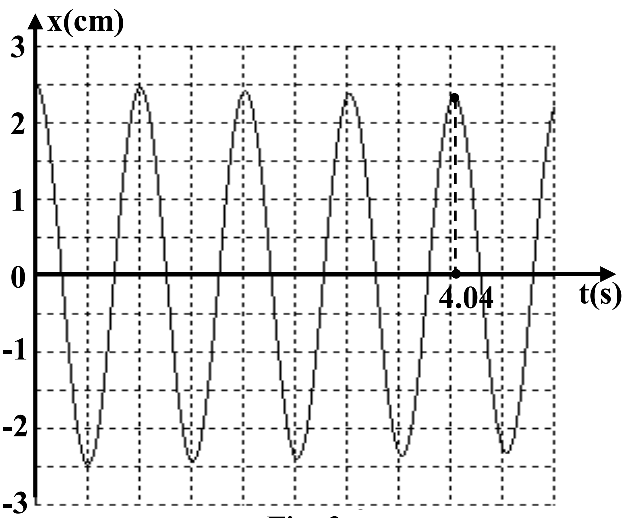


Fig. 3

1) a) La valeur expérimentale de la période T est légèrement différente de la valeur théorique T_0. Indiquer la cause de cette différence.

b) En se référant à la figure 3, déterminer la période T des oscillations de G.

2) À t = 4,04s, l'amplitude des oscillations est 2,36 cm.

a) Déterminer l'énergie mécanique perdue par le système

((S), deux ressorts, Terre) entre les instants $t_0 = 0$ et t = 4,04s.

b) Déduire la puissance moyenne perdue pendant cet intervalle de temps.

3) L'extrémité A du ressort de gauche est couplé à un excitateur (E) de fréquence « f » réglable (figure 4). Les forces de frottement étant maintenant appréciables, l'autoporteur est forcé à osciller avec une fréquence égale à celle de (E). Les variations, en fonction du temps, de l'abscisse x de G sont représentées, pour deux valeurs données de « f », par les figures 5 et 6.

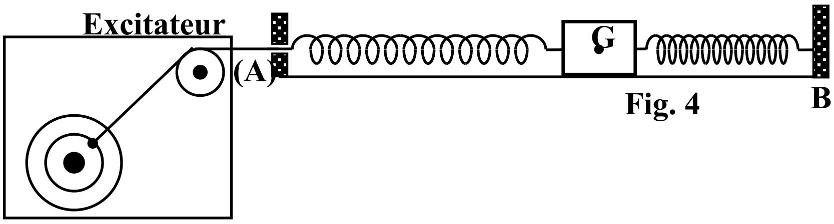


Fig. 4

a) Déterminer, dans chaque cas, l'amplitude et la période des oscillations de G.

b) L'amplitude des oscillations de la figure 6 est plus grande que celle des oscillations de la figure 5. Interpréter cette augmentation.

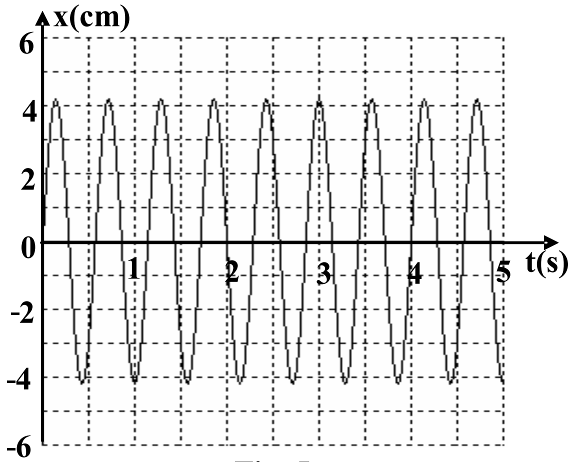


Fig. 5

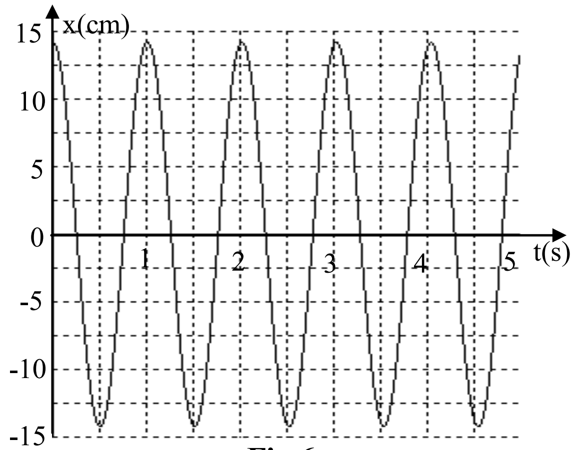


Fig.6

<u>Deuxième exercice</u> : (7.5 points)

Détermination des caractéristiques d'une bobine

Dans le but de déterminer les caractéristiques d'une bobine, on considère le circuit électrique représenté par la figure 1. Ce circuit comporte, en série, un condensateur de capacité C, une bobine d'inductance L et de résistance r, un conducteur ohmique de résistance R et un ampèremètre (A) de résistance négligeable. L'ensemble est branché aux bornes d'un GBF de fréquence f réglable et qui maintient entre ses bornes une tension alternative sinusoïdale $u = u_{AM} = U\sqrt{2}\,\sin(2\pi f\,t + \varphi)$.

Le circuit est alors parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité $i = I\sqrt{2}\,\sin(2\pi f\,t)$ (Fig 1).

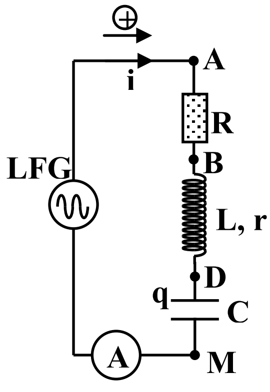


Fig. 1

A- 1) Écrire l'expression de la tension :

a) u_{AB} aux bornes du conducteur ohmique en fonction de R, I, f et t ;

b) u_{BD} aux bornes de la bobine en fonction de L, r, I, f et t.

2) Montrer que la tension aux bornes du condensateur est : $u_{DM} = -\dfrac{I\sqrt{2}}{2\pi\ f\ C}\cos(2\pi f t)$.

B- 1) En appliquant la loi d'additivité des tensions et en donnant à t deux valeurs particulières, montrer que :

a) l'intensité efficace I du courant est : $I = \dfrac{U}{\sqrt{(R+r)^2 + (2\pi\ f\ L - \dfrac{1}{2\pi\ f\ C})^2}}$;

b) la différence de phase φ entre la tension u_{AM} et le courant i est :

2

$$\tan \varphi = \frac{2\pi f L - \dfrac{1}{2\pi f C}}{R + r}.$$

2) On maintient U constante et on fait varier f ; I varie et l'ampèremètre indique pour chaque valeur de f une valeur de I.
Un dispositif approprié permet de tracer la courbe représentant les variations de I en fonction de f (figure 2). Cette courbe met en évidence un phénomène physique pour $f = f_o = 110$ Hz.

a) Nommer ce phénomène.
b) Indiquer la valeur I_o de I correspondant à la valeur f_o de f.
c) Pour $f = f_0$, montrer que :
i) $4\pi^2 f_o^2 LC = 1$, en utilisant la relation donnée dans la question (B-1-b);
ii) le circuit est équivalent à un conducteur ohmique de résistance $R_t = R + r$, en utilisant la relation donnée dans la question (B-1-a).
d) Sachant que $C = 21$ μF, calculer L.
e) Sachant que U = 8 V et R = 30 Ω, calculer r.

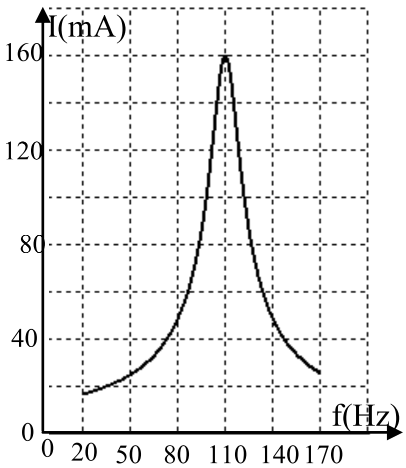


Fig. 2

Troisième exercice : (7.5 points)

Sous-marin nucléaire

Un sous-marin nucléaire est actionné par un réacteur fonctionnant à l'uranium 235. On désire déterminer le rendement du réacteur de ce sous-marin qui consomme 112 g d'uranium 235 par jour.

Prendre : $c = 3\times10^8$ m/s; 1 MeV $= 1{,}6\times10^{-13}$ J ; masse d'un atome d'uranium 235 $= 3{,}9\times10^{-25}$ kg.

1) Une des réactions nucléaires qui peut avoir lieu dans le réacteur est:

$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \longrightarrow ^{91}_{36}Kr + ^{y}_{x}Ba + 3\,^{1}_{0}n$$

a) Déterminer les valeurs de x et y.
b) La réaction ci-dessus est-elle provoquée ou spontanée ? Justifier.
c) Donner la condition que le neutron projectile doit satisfaire pour que cette réaction ait lieu.

2) Le tableau ci-contre donne les énergies de liaison par nucléon E_ℓ/A pour chacun des noyaux impliqués.

Noyau	$^{235}_{92}U$	$^{91}_{36}Kr$	$^{A}_{Z}Ba$
E_ℓ/A (MeV/nucléon)	7,59	8,55	8,31

a) Calculer l'énergie de liaison E_ℓ de chacun de ces noyaux.
b) Écrire l'expression de l'énergie de liaison E_ℓ d'un noyau $^{A}_{Z}X$ en fonction de A, Z, m_X (masse du noyau), m_P (masse d'un proton) et m_n (masse d'un neutron).
c) Montrer que l'énergie libérée par cette réaction de fission peut être donnée par:

$$E_{libérée} = E_\ell(Kr) + E_\ell(Ba) - E_\ell(U).$$

d) Déduire la valeur de $E_{libérée}$ en MeV et en joule.

3) On suppose que chacune des autres réactions de fission, qui peuvent avoir lieu dans le réacteur, libère une énergie approximativement égale à celle obtenue dans la partie (2-d).
a) Calculer l'énergie libérée par la fission de 112 g d'uranium 235.
b) Déterminer le rendement du réacteur de ce sous-marin, sachant que la puissance électrique qu'il fournit est 25 MW.

Quatrième exercice : (7.5 points)

L'effet photoélectrique

Prendre : $c = 3\times10^8$ m/s; 1 eV = $1{,}6\times10^{-19}$ J ; $h = 6{,}64 \times 10^{-34}$ J.s.

A- Émission de photoélectrons

Soient W_0 l'énergie minimale nécessaire pour extraire un électron de la surface d'un métal qui couvre la cathode d'une cellule photoélectrique et ν_0 la fréquence seuil de ce métal.

1) Définir la fréquence seuil ν_0.

2) Écrire la relation entre W_0 et ν_0.

3) Pour déterminer W_0 et par suite la nature du métal, on éclaire successivement la cathode de la cellule photoélectrique et à chaque fois séparément avec des radiations de différentes fréquences et on détermine l'énergie cinétique maximale (Ec_{max}) des photoélectrons émis pour chaque radiation de fréquence ν. On obtient les résultats regroupés dans le tableau 1.

Tableau 1				
ν ($\times 10^{14}$ Hz)	5,5	6,2	6,9	7,5
Ec_{max}(eV)	0,20	0,49	0,79	1,03

a) Tracer le graphique représentant les variations de Ec_{max} en fonction de ν.
Echelle : En abscisse : 1 cm → 10^{14} Hz et en ordonnée : 1 cm → 0,20 eV.

b) **i)** Le graphique obtenu est conforme à la relation d'Einstein concernant l'effet photoélectrique. Justifier.
ii) Nommer la constante physique que représente la pente du graphique.

c) En utilisant le graphique, déterminer la valeur de :
i) cette constante physique;
ii) la fréquence seuil ν_0.

Tableau 2			
metal	cesium	sodium	potassium
W_0 (eV)	2,07	2,28	2,30

d) Déduire la valeur de W_0.

e) En se référant au tableau 2, indiquer la nature du métal utilisé.

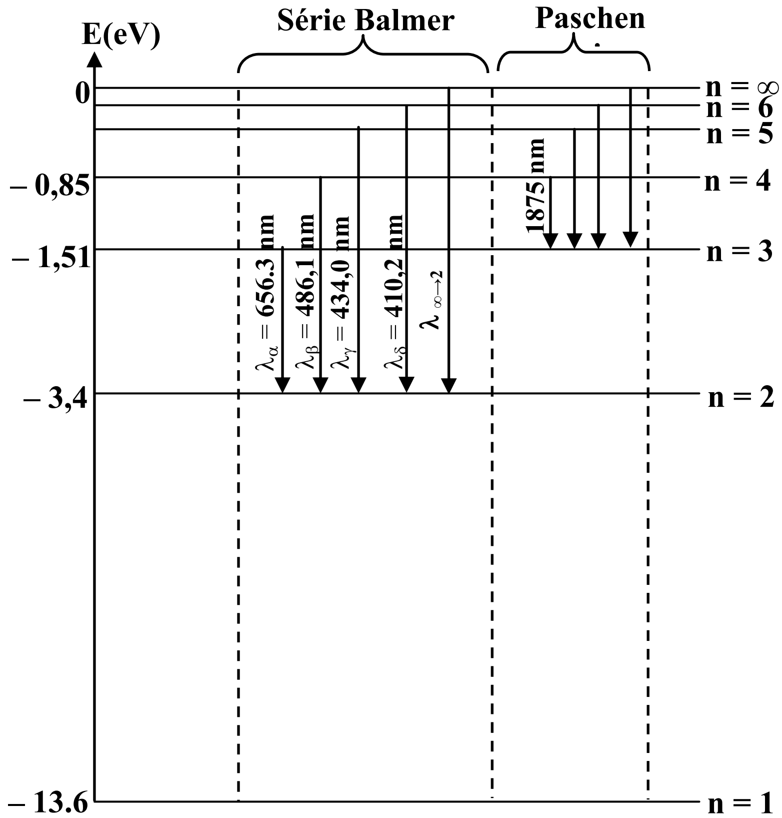
B- L'atome d'hydrogène

Les radiations qui constituent le spectre de raies de l'atome d'hydrogène peuvent être classées en plusieurs séries ; chaque série correspond aux transitions électroniques qui aboutissent au même niveau énergétique. La figure ci-dessous montre quelques-unes de ces séries avec les longueurs d'onde de quelques raies émises.

Les radiations émises par une lampe à hydrogène éclairent la cathode de la cellule photoélectrique au césium.

1) Considérons la raie ayant la plus petite longueur d'onde de la série de Paschen.
a) À quelle transition cette raie correspond-elle ?
b) En déduire l'énergie du photon correspondant émis.
c) Est-ce que les photons de la série de Paschen sont capables de provoquer l'émission photoélectrique de la surface de césium ? Pourquoi ?

2) Considérons les raies correspondant aux radiations émises de longueurs d'onde λ_α et λ_β de la série de Balmer.
a) En se référant au diagramme énergétique, calculer les fréquences ν_α et ν_β correspondantes.
b) Une de ces deux radiations peut provoquer l'émission de photoélectrons de la surface de césium. Préciser laquelle de ces deux radiations.



4

Premier exercice (7.5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1.a	$\ell_1 = \ell + x$ et $\ell_2 = \ell - x$.	**0.25**
A.1.b	L'énergie potentielle élastique emmagasinée dans les deux ressorts sont : $E_{pé} = ½\, k(\Delta\ell + x)^2 + ½\, k(\Delta\ell - x)^2 = k[(\Delta\ell)^2+x^2]$	**1.00**
A.2	L'énergie mécanique du système : $E_m = ½\, m\, v^2 + k[(\Delta\ell)^2+x^2]$	**0.50**
A.3	Frottement négligeable, E_m = constante. Dérivons par rapport au temps : $0 = mv\dot{v} + 2kx\dot{x} \Rightarrow m\ddot{x} + 2kx = 0$ ($v = \dot{x}$ et $\dot{v} = \ddot{x}$) $\Rightarrow \ddot{x} + \frac{2k}{m}x = 0$.	**0.75**
A.4.a	$x' = -\omega_0 X_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$ et $x'' = -\omega_0^2 X_m \cos(\omega_0 t+\varphi)$. En remplaçant dans l'équation différentielle : $\omega_0^2 = \frac{2k}{m}$. $\omega_0 = \sqrt{\frac{2k}{m}}$	**0.50**
A.4.b	La valeur de la période propre T_0 est : $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}} = 2\pi\sqrt{\frac{0{,}51}{2\times 10}} = 1{,}003\ s \approx 1\ s$.	**0.50**
B.1.a	T légèrement plus grande que T_0 à cause des frottements.	**0.25**
B.1.b	$T = 4{,}04/4 = 1{,}01$ s.	**0.50**
B.2.a	Variation de l'énergie mécanique : $Em_0 = k\,(\Delta\ell^2 + x_0^2)$ à t = 0s $Em_{4T} = k\,(\Delta\ell^2 + x_4^2)$ à t = 4T $\Rightarrow \Delta ME = k[x_4^2 - x_0^2] = 10[5.57\times10^{-4} - 6.25\times10^{-4}] = -6.8\times10^{-4}$ J. Alors l'énrgie mécanique perdue est 6.8×10^{-4} J.	**0.75**
B.2.a	La puissance moyenne perdue : $\frac{\lvert\Delta E_m\rvert}{\Delta t} = \frac{6.8\times10^{-4}}{4.04} = 1.68\times10^{-4}$ W	**0.50**
B.3.a	Figure 5 : $X_m = 4{,}1$ cm et $T = 4/7 = 0{,}57$ s. Figure 6 : $X_m \approx 14$ cm et $T = 1{,}01$ s.	**1.00**
B.3.b	Dans le cas (figure 5) on est loin de la résonance $T < T_0$ et dans le cas (figure 6) on est à la résonance $T = T_0$, car l'amplitude est la plus grande seulement à la résonance.	**1.00**

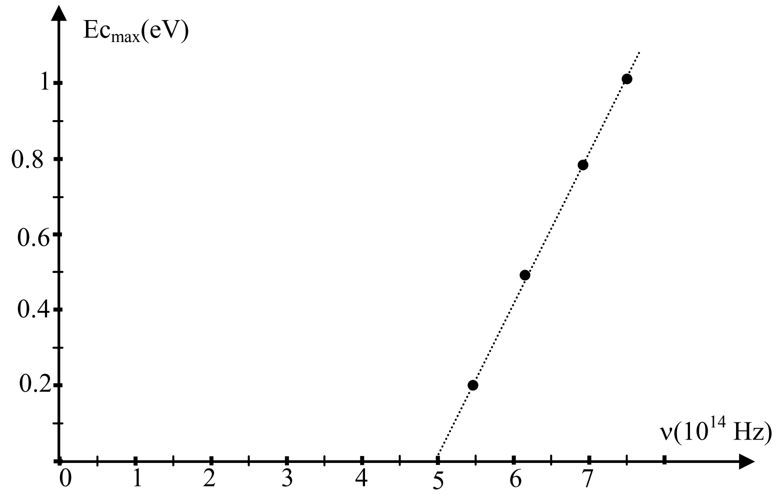
Deuxième exercice (7.5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1.a	$u_{AB} = Ri = RI\sqrt{2}\sin(2\pi f t)$	**0.50**
A.1.b	$u_{BD} = L\dfrac{di}{dt} + ri = 2\pi f L I\sqrt{2}\cos(2\pi f t) + rI\sqrt{2}\sin(2\pi f t)$	**0.50**
A.2	$u_{DM} = \dfrac{q}{C}$ or $dq = i\,dt = I\sqrt{2}\sin(2\pi f t)dt \Rightarrow q = -\dfrac{I\sqrt{2}}{2\pi f}\cos(2\pi f t)$. $u_{DM} = -\dfrac{I\sqrt{2}}{2\pi f C}\cos(2\pi f t)$.	**1.00**
B.1.a	$u_{AM} = u_{AB} + u_{BD} + u_{DM}$ $U\sqrt{2}\sin(2\pi f t + \varphi) = RI\sqrt{2}\sin(2\pi f t) + 2\pi f L I\sqrt{2}\cos(2\pi f t) +$ $rI\sqrt{2}\sin(2\pi f t) - \dfrac{I\sqrt{2}}{2\pi f C}\cos(2\pi f t)$ $U\sqrt{2}\sin(2\pi ft + \varphi) = (2\pi fL - \dfrac{1}{2\pi f C})I\sqrt{2}\cos(2\pi ft) + (R + r)I\sqrt{2}\sin(2\pi ft)$ Pour $2\pi f t = 0$ $U\sin\varphi = I(2\pi f L - \dfrac{1}{2\pi f C})$ (1) Pour $2\pi f t = \dfrac{\pi}{2}$ $U\cos\varphi = I(R+r)$ (2) élevons au carré et additionnant (1) + (2) : $U^2 = [(R+r)^2 + (2\pi f L - \dfrac{1}{2\pi fC})^2]I^2$ $I = \dfrac{U}{\sqrt{(R+r)^2 + (2\pi fL - \dfrac{1}{2\pi fC})^2}}$	**2.00**
B.1.b	Divisons $\dfrac{(1)}{(2)} \Rightarrow \tan\varphi = \dfrac{2\pi fL - \dfrac{1}{2\pi fC}}{R + r}$	**0.50**
B.2.a	Résonance d'intensité	**0.25**
B.2.b	$I = I_o = 160$ mA .Cette valeur est maximale	**0.50**
B.2.c.i	À la résonance u et i sont en phase , d'après (B-1-b) $\Rightarrow \varphi = 0 \Rightarrow \tan\varphi = 0 \Rightarrow 2\pi f_0 L - \dfrac{1}{2\pi f_0 C} = 0 \Rightarrow 4\pi^2 f_0^2 LC = 1$	**0.75**
B.2.c.ii	La relation (B-1-a) devient alors : $U = (R + r)I$. Le circuit est alors équivalent à un conducteur ohmique de résistance $R_t = R + r$.	**0.50**
B.2.d	La relation $4\pi^2 f_o^2 LC = 1$ donne $L = 0,1$ H	**0.50**
B.2.e	La relation $U = (R + r)I \Rightarrow (R + r) = 50 \Rightarrow r = 20\ \Omega$.	**0.50**

Troisième exercice (7.5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
1.a	Conservation du nombre de masse : $1 + 235 = 91 + A + 3 \Rightarrow A = 142$; Conservation du nombre de charge: $0 + 92 = 36 + Z + 0 \Rightarrow Z = 56$.	**1.00**
1.b	La réaction nucléaire est provoquée et non spontanée, car on elle est produite par une intervention extérieure : bombardement par un neutron	**0.50**
1.c	Le neutron doit être thermique (neutron lent)	**0.50**
2.a	Puisque $E_{\ell(X)} = A\dfrac{E_{\ell(X)}}{A}$, alors: $E_\ell(U) = 235\times7{,}59 = 1783{,}65$ MeV; $E_\ell(Kr) = 91\times8.55 = 778{,}05$ MeV; Et $E_\ell(Ba) = 142\times8{,}31 = 1180{,}02$ MeV.	**1.00**
2.b	$E_\ell = [Z\times m_P + (A-Z)m_n - m(X)]\cdot c^2$	**0.50**
2.c	$m_X = [Z\times m_P + (A - Z)m_n] - \dfrac{E_{\ell(X)}}{c^2}$ $E_{lib} = \Big\{ [m_n + (92\ m_P + (235 - 92)m_n - \dfrac{E_{\ell(U)}}{c^2}\ ]$ $- [(36\ m_P + (91 - 36)m_n - \dfrac{E_{\ell(Kr)}}{c^2})\ ]$ $- [(56\ m_P + (142 - 56)m_n - \dfrac{E_{\ell(Ba)}}{c^2})]$ $- (3m_n) \Big\} c^2$ $E_{lib} = E_\ell(Kr) + E_\ell(Ba) - E_\ell(U)$	**1.50**
2.d	$E_{lib} = 1180{,}02 + 778{,}05 - 1783{,}65 = 174{,}42$ MeV. $E_{lib} = 174{,}42\times1{,}6\times10^{-13} = 2{,}79\times10^{-11}$ J	**0.75**
3.a	1 réaction de fission $\rightarrow 3.9\times10^{-25}$ kg $\rightarrow 2.79\times10^{-11}$ J 0.112 kg $\rightarrow$? L'énergie libérée par la fission de 112 g est: 8.0123×10^{12} J.	**0.75**
3.b	$P = \dfrac{E}{t} = \dfrac{8.0123\times10^{12}}{24\times3600} = 9.2735\times10^7$ watt Le rendement du réacteur est : $\eta = \dfrac{25\times10^6}{92.735\times10^6} = 0.269 = 26.9\%$	**1.00**

Quatrième exercice (7.5 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1	La fréquence seuil ν_0 d'un métal est la fréquence minimale d'une onde électromagnétique qui peut provoquer l'émission d'un photoélectron lorsqu'elle éclaire le métal.	**0.50**
A.2	$W_0 = h\,\nu_0$.	**0.25**
A.3.a	Voir figure 	**1.50**
A.3.b.i	L'énergie d'un photon doit être égale à l'énergie W_0 + L'énergie cinétique maximale des photoélectrons émis: $h\nu = W_0 + E_{cmax} \Rightarrow E_{cmax} = h\nu - h\nu_0$ qui est une fonction linéaire de la fréquence ν.	**0.50**
A.3.b.ii	La pente du graphique est h (constante de Planck)	**0.25**
A.3.c.i	$h = \Delta(Ec_{max})/\ \Delta(\nu)$ $h = \frac{(1,03-0,2)\cdot 1,6\cdot 10^{-19}}{(7,5-5,5)\cdot 10^{14}} = 6,64\times10^{-34}$ SI.	**1.00**
A.3.c.ii	$\nu_0 = 5\times10^{14}$ Hz,	**0.25**
A.3.d	$W_0 = h\nu_0 = 6,64\times10^{-34}\times5\times10^{14} = 3,32\times10^{-19}$ J ; $W_0 = 3,32\times10^{-19}/1,6\times10^{-19} = 2,075$ eV	**0.50**
A.3.e	Le métal utilisé est le césium	**0.25**
B.1.a	La plus petite longueur d'onde dans la série Paschen correspond à la transition de $n = \infty$ à $n = 3$.	**0.50**
B.1.b	Ainsi l'énergie du photon correspondant est: $E_\infty - E_3 = 1,51$ eV.	**0.50**
B.1.c	Non, car la plus grande énergie de la série de Paschen est 1.51 ev < 2.075 ev	**0.50**
B.2.a	On sait que $\nu = c/\lambda \Rightarrow$ $\nu_\alpha = 3\times10^{8}/656,3\times10^{-9} = 4,57\times10^{14}$ Hz.; $\nu_\beta = 3\times10^{8}/486,10\times10^{-9} = 6,17\times10^{14}$ Hz	**0.50**
B.2.b	la radiation de fréquence $\nu_\alpha < \nu_0$ n'émet pas de photoélectrons; tandis que $\nu_\beta > \nu_0$ émet des photoélectrons.	**0.50**

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 ½ points)　　Mesure d'un déplacement micrométrique

Le but de cet exercice est de mesurer le déplacement micrométrique d'un appareil, en lui attachant une source (S) de lumière monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ.

On donne : la constante de Planck : $h = 6{,}62\times10^{-34}$ J.s ; $c = 3\times10^{8}$ m/s ; 1 eV = $1{,}6\times10^{-19}$ J ; la masse d'un électron $m_e = 9{,}1\times10^{-31}$ kg.

A – Détermination de la longueur d'onde λ

La source (S) éclaire une cellule photoélectrique dont la cathode est recouverte de césium de travail d'extraction W_S = 1,9 eV.

1) Calculer la longueur d'onde seuil λ_S du césium.

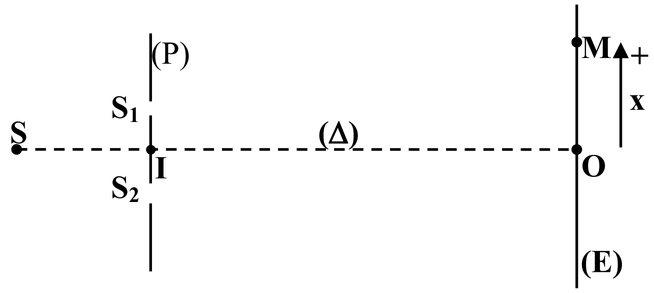
2) La vitesse maximale d'un photoélectron émis par la cathode est $2{,}37\times10^{5}$ m/s.

a) Calculer l'énergie cinétique maximale d'un photoélectron émis.

b) Déduire que la valeur de la longueur d'onde de la lumière incidente est λ = 0,602 µm.

B – Détermination du déplacement de l'appareil

La source (S), de longueur d'onde λ, est placée sur l'axe de symétrie (Δ) de deux fentes fines et parallèles S_1 et S_2, séparées d'une distance a = 0,8 mm et percées dans une plaque opaque (P). Un écran (E) est placé parallèlement à (P) à une distance D = 1,6 m. I et O sont respectivement les intersections de (P) et (E) avec l'axe (Δ) (Figure ci-contre). (S) éclaire les deux fentes S_1 et S_2.



1) Reproduire la figure en y représentant la région d'interférence.

2) Sur l'écran (E), on observe un ensemble des franges d'interférence. Un point M du champ d'interférence est localisé sur (E) par son abscisse $x = \overline{OM}$.

a) Décrire l'aspect des franges d'interférence observées sur E.

b) Exprimer, en fonction de x, D et a, la différence de marche optique $\delta = S_2M - S_1M$.

c) Déduire, en fonction de λ, D et a, l'expression de l'abscisse x de M lorsque M est le centre d'une :

i. frange brillante ;

ii. frange sombre.

d) Montrer que O est le centre de la frange centrale.

3) **a)** Déterminer, en fonction de λ, D et a, l'expression de l'interfrange i. Calculer sa valeur.

b) Préciser la nature et l'ordre de la frange dont le centre a pour abscisse x = – 4,2 mm.

4) On déplace lentement (S) le long de l'axe (Δ). La position de la frange centrale change-t-elle ? Justifier.

5) La source (S) est maintenant sur l'axe (Δ) à une distance d = 8 mm de I. On déplace lentement (S), perpendiculairement à (Δ), vers l'une des deux fentes. La différence de marche optique δ' en M est maintenant donnée par: $\delta' = \frac{ax}{D} + \frac{ay}{d}$; y étant le déplacement de (S).

Sachant que la frange centrale occupe la position de la frange brillante d'ordre +1 avant le déplacement de (S), déterminer « y » et déduire le sens de déplacement de (S).

Deuxième exercice : (7 ½ points)　　Centrale nucléaire

A – Réaction de fission nucléaire

Un réacteur nucléaire fonctionne à l'uranium enrichi constitué à 3% de $^{235}_{92}U$ et de 97 % de $^{238}_{92}U$.

1) Une des réactions possibles de fission de l'uranium 235 est :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{94}_{\dots}Sr + ^{140}_{54}Xe + \dots ^{1}_{0}n \qquad (1)$$

a) Définir un isotope fissile.
b) Compléter l'équation de la réaction en précisant les lois utilisées.

2) Les énergies de liaison par nucléon des noyaux de la réaction (1) sont données dans le tableau ci-dessous:

noyau	$^{235}_{92}U$	$^{140}_{54}Xe$	$^{94}_{...}Sr$
Énergie de liaison par nucléon $\frac{E_\ell}{A}$	7,5 MeV	8,2 MeV	8,5 MeV

Calculer l'énergie de liaison E_ℓ pour chaque noyau.

3) **a)** Déterminer l'expression de la masse d'un noyau $^{A}_{Z}X$ en fonction de A, Z, m_p (masse du proton), m_n (masse du neutron), E_ℓ et c (célérité de la lumière dans le vide).
b) Montrer que l'énergie libérée par la réaction (1) peut s'écrire :$E_{lib} = E_\ell\ (Sr) + E_\ell\ (Xe) - E_\ell\ (U)$.
c) Calculer cette énergie en MeV.

4) Dans le cœur du réacteur, la fission d'un noyau d'uranium 235 libère en moyenne une énergie de 200 MeV ; 30% de cette énergie est transformée en énergie électrique. Une centrale nucléaire fournit une puissance électrique de 1350 MW. Déterminer, en kg, la consommation journalière de $^{235}_{92}U$ dans cette centrale.

On donne : 1MeV = $1,6\times10^{-13}$ J ; $N_A = 6,02\times10^{23}$ mol^{-1} ; masse molaire de l' ^{235}U = 235g.

B – Danger de la radioactivité

L'iode 131 est l'un des gaz susceptibles de s'échapper d'un réacteur nucléaire. $^{131}_{53}I$ est un émetteur β^-, sa demi-vie est T = 8 jours et le noyau fils est le tellure (Te).

1) **a)** La désintégration d'un noyau $^{131}_{53}I$ s'accompagne le plus souvent d'une émission γ. Écrire l'équation de désintégration de l'iode 131.
b) Indiquer la cause de l'émission γ.

2) L'iode 131 pose de sérieux problèmes par son aptitude à se fixer sur la glande thyroïde. Soit A_0 l'activité d'un échantillon de l'iode 131 à un instant $t_0 = 0$ et A son activité à un instant t.
a) Calculer, en jour $^{-1}$, la valeur de la constante radioactive λ de l'iode 131.
b) Déterminer l'expression de $-\ln(\frac{A}{A_0})$ en fonction de λ et t.
c) Tracer, entre t = 0 et t = 32 jours, la courbe représentant $-\ln(\frac{A}{A_0})$ en fonction de t.

Prendre comme échelle : 1 cm en abscisse ↔ 4 jours ; 1 cm en ordonnée ↔ 0,5.

d) On suppose que l'effet de l'iode sur l'organisme devient presque négligeable lorsque son activité devient un dixième de sa valeur initiale. Déterminer, à partir de la courbe tracée, le temps au bout duquel l'iode devient inoffensif.

<u>Troisième exercice</u> : (7 ½ points) **Condensateur et bobine**

Le but de cet exercice est de déterminer, par des méthodes différentes, les caractéristiques d'un condensateur et d'une bobine.

A – Circuit RC

On réalise un montage comprenant en série : un générateur de tension de force électromotrice E et de résistance interne négligeable, un interrupteur K, un conducteur ohmique de résistance R = 100Ω et un condensateur non chargé de capacité C (Fig. 1). À l'instant $t_0 = 0$, on ferme l'interrupteur K ; le circuit est alors parcouru par un courant d'intensité i.

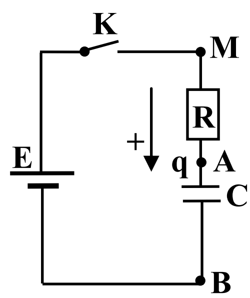


Fig.1

1) Établir l'équation différentielle qui régit l'évolution de $u_{AB} = u_C$ en fonction du temps.

2) La solution de cette équation différentielle est $u_C = E(1-e^{\frac{-t}{\tau}})$.
a) Déterminer l'expression de τ en fonction de R et C.

b) Montrer qu'au bout d'une durée $t = 5\tau$, le condensateur est supposé complètement chargé.

3) Un système approprié enregistre les variations de la tension $u_{AB} = u_C$ aux bornes du condensateur (fig.2).

a) En se référant à cette figure :

i. indiquer la valeur de E ;

ii. déterminer la valeur de τ.

b) Déduire la valeur de C.

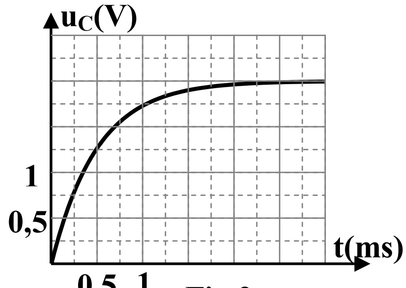


Fig.2

B – Circuit RL

On remplace le condensateur par une bobine d'inductance L et de résistance r (Fig. 3). À l'instant $t_0 = 0$s, on ferme l'interrupteur K. Un système approprié enregistre, en fonction du temps, les variations de l'intensité i du courant qui passe dans le circuit (Fig. 4).

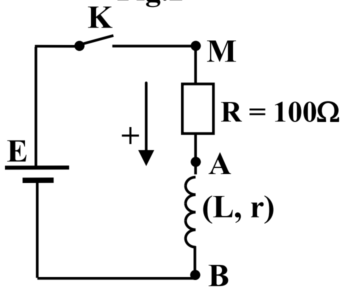


Fig.3

1) Établir l'équation différentielle qui régit l'évolution de i en fonction du temps.

2) Vérifier que $i = \frac{E}{(R+r)}(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$ est la solution de l'équation différentielle avec $\tau = \frac{L}{R+r}$.

3) Déterminer, en régime permanent, l'expression de l'intensité I du courant en fonction de E, R et r.

4) En se référant à la figure 4, indiquer la valeur de I.

5) Déterminer les valeurs de r et L.

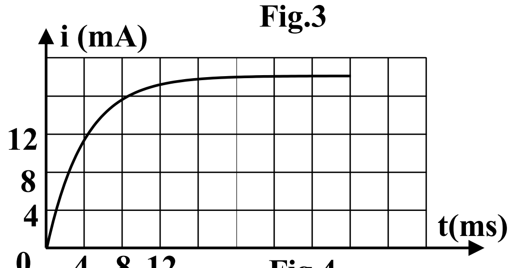


Fig.4

C – Circuit RLC

Le condensateur précédent de capacité $C = 5 \times 10^{-6}$ F, initialement chargé sous la tension E, est connecté en série avec la bobine (L, r = 11Ω), le conducteur ohmique R = 100Ω et l'interrupteur K comme l'indique la figure 5.

À l'instant $t_0 = 0$ on ferme K. L'enregistrement des variations de la tension $u_C = u_{AB}$ aux bornes du condensateur en fonction du temps est représenté par la courbe de la figure 6.

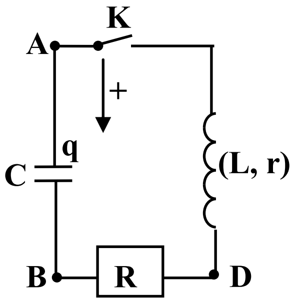


Fig.5

1) Établir l'équation différentielle qui régit l'évolution de u_C en fonction du temps.

2) La solution de cette équation différentielle est :

$$u_C = 2e^{\frac{-(R+r)t}{2L}}\cos(\frac{2\pi}{T}t).$$

Utiliser le graphe de la figure 6 pour déterminer de nouveau la valeur de l'inductance L de la bobine.

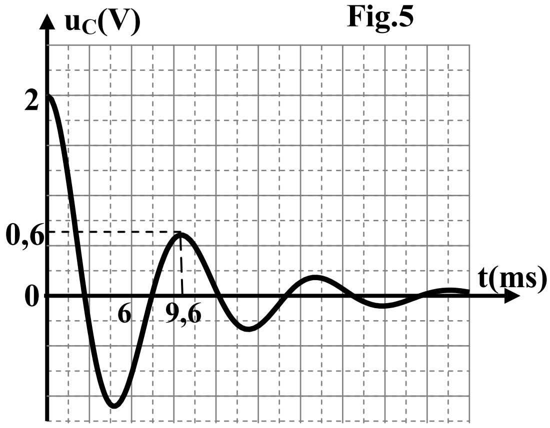


Fig.6

<u>Quatrième exercice</u>: (7 ½ points) Oscillations mécaniques

Un pendule simple est constitué d'une particule de masse m = 100g, fixée à l'extrémité libre A d'une tige OA de longueur $\ell = 0,45$ m et de masse négligeable. Ce pendule oscille dans un plan vertical, autour d'un axe horizontal (Δ) passant par l'extrémité O de la tige.

Le pendule est initialement au repos dans sa position d'équilibre. Pour le mettre en mouvement, on lance, à l'instant $t_0 = 0$, la particule horizontalement dans le sens positif, avec une vitesse $\vec{v_0}$ de valeur $v_0 = 0,3$ m/s (Fig.1). À un instant t, l'élongation angulaire du pendule est θ et la valeur algébrique de la vitesse de la particule est v.

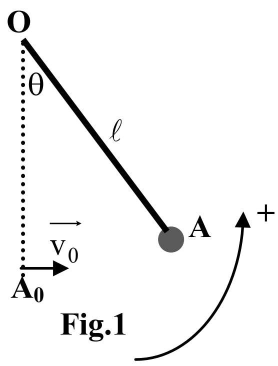


Fig.1

Prendre :

- le plan horizontal passant par A_0, position d'équilibre de A, comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 10\ m/s^2$;
- pour les angles faibles : $\cos\theta \approx 1-\dfrac{\theta^2}{2}$ et $\sin\theta \approx \theta$ (θ en rd).

A- On néglige les forces de frottements.

1) **a)** Montrer que l'énergie mécanique du système (pendule, Terre) à l'instant $t_0=0$ est $E_{m0} = 4{,}5$ mJ.

b) Déterminer, à l'instant t, l'expression de l'énergie mécanique du système (pendule, Terre) en fonction de m, v, ℓ, g et θ.

c) Déduire l'écart angulaire maximal θ_m atteint par le pendule.

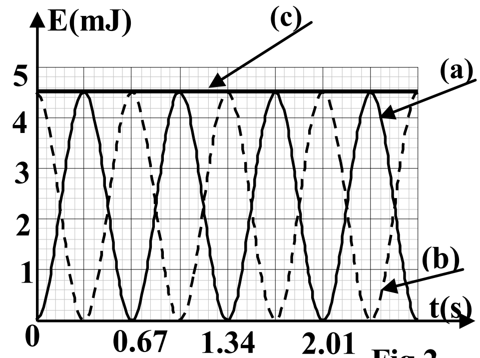


Fig.2

2) **a)** Sachant que $v = \ell\dfrac{d\theta}{dt}$, établir l'équation différentielle du second ordre en θ qui régit le mouvement du pendule.

b) Déduire l'expression de la pulsation propre ω_0 et celle de la période propre T_0 du pendule en fonction de ℓ et g.

c) Calculer les valeurs de T_0 et ω_0.

3) L'équation horaire du mouvement du pendule est de la forme : $\theta = \theta_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$. Déterminer φ.

4) La figure (2) montre trois courbes qui représentent l'énergie cinétique E_C, l'énergie potentielle de pesanteur E_P et l'énergie mécanique E_m du système (pendule - Terre).

a) Identifier chacune des courbes a, b et c.

b) Relever de la figure 2 la valeur de la période T_E de la variation des énergies.

c) Déduire la relation entre T_E et T_0.

B- En réalité, les forces de frottement ne sont pas négligeables. Les variations de l'élongation θ du pendule en fonction du temps sont représentées par le graphe de la figure 3.

1) En se référant à la figure 3 :

a) indiquer le type d'oscillations effectuées par le pendule.

b) déterminer la durée T d'une oscillation. Comparer T et T_0.

2) Sachant que l'énergie cinétique du pendule à la date t = 2T est 2,74 mJ, déterminer la puissance moyenne qu'il faut fournir au pendule pour compenser les pertes en énergie entre $t_0 = 0$ et t = 2T.

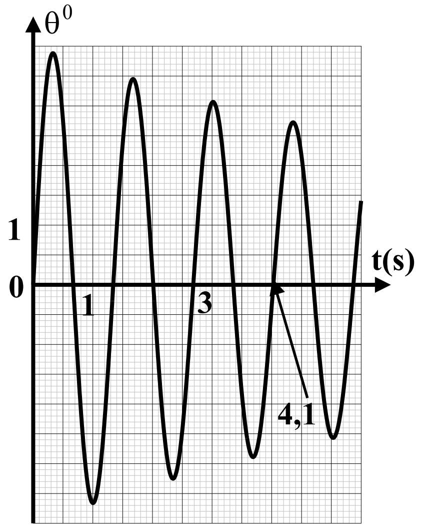


Fig.3

C- On soumet le pendule à des excitations périodiques de pulsation réglable ω_e. On relève pour chaque valeur de ω_e la valeur de l'amplitude θ_m des oscillations du pendule et on trace le graphe de $\theta_m = f(\omega_e)$ représenté sur la figure 4.

1) **a)** Nommer le phénomène mis en évidence.

b) Donner la valeur de la pulsation ω_e pour laquelle l'amplitude des oscillations est maximale.

2) Un système approprié permet d'augmenter légèrement les forces de frottement. Reproduire et tracer sur la même figure l'allure de la courbe donnant les variations de l'amplitude θ_m des oscillations du pendule en fonction de la pulsation ω_e des excitations.

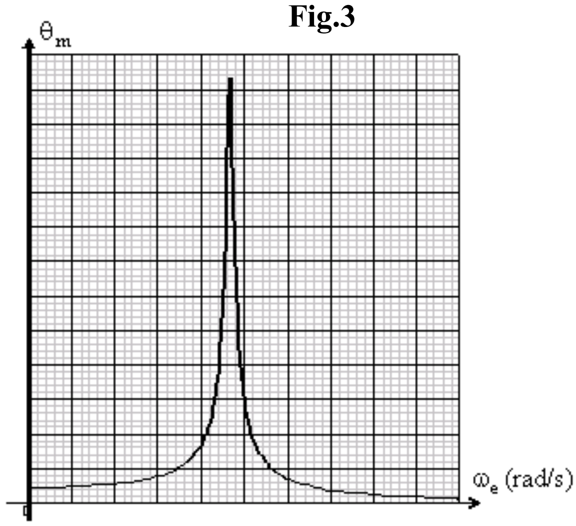
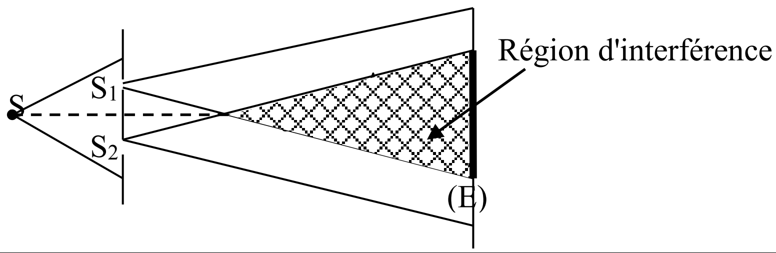
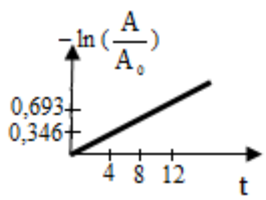
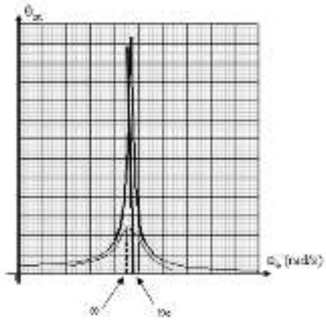


Fig.4

وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات	امتحانات الشهادة الثانوية العامة الفرع : علوم عامة	دورة العام 2014 العادية الأربعاء 18 حزيران 2014
مشروع معيار التصحيح	مسابقة في مادة الفيزياء المدة ثلاث ساعات	الاسم: الرقم:

Premier exercice : Mesure d'un déplacement micrométrique (7 ½ points)		
Partie de la Q.	**Corrigé**	**Note**
A-1	$W_s = 1{,}9\times1{,}6\times10^{-19} = \frac{h.c}{\lambda_s} \Leftrightarrow \lambda_s = 6{,}53 \times 10^{-7}$ m = 0.653 μm.	**0.75**
A-2-a	$Ec_{max} = \frac{1}{2} m V^2_{max} = 2{,}56\times10^{-20}$ J	**0.5**
A-2-b	$\frac{hc}{\lambda_0} = W_s + Ec_{max} \Leftrightarrow \lambda = 6{,}02\times10^{-7}$m = 0,602 μm	**0.75**
B-1		**0.5**
B-2-a	On observe sur E des franges rectilignes, alternativement brillantes et sombres, parallèles aux deux fentes et équidistantes.	**0.75**
B-2-b	$\delta = (SS_2 + S_2M) - (SS_1 + S_1M) = d_2 - d_1 = \frac{ax}{D}$	**0,25**
B-2-c.i	$\frac{ax}{D} = k\lambda$ (franges brillantes) $\Leftrightarrow x_b = \frac{k\lambda D}{a}$	**0,5**
B-2-c.ii	$\frac{ax}{D} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ (Franges sombres) $\Leftrightarrow x_D = \frac{(2k+1)\lambda D}{2a}$	**0,5**
B-2-d	$\delta = \frac{ax}{D} = d_2 - d_1 = k\lambda$ Pour les franges brillantes et K =0 pour la frange centrale or $d_2 - d_1 = 0$; O est équidistante de S_1 et S_2.	**0.5**
B-3-a	$i = x_{K+1} - x_K = \frac{\lambda D}{a}$ (pour les franges brillantes et sombres) $i \approx 1.2\times10^{-3}$m	**0.75**
B-3-b	$x_D = \frac{(2k+1)\lambda D}{2a} \Leftrightarrow k = -4 \Leftrightarrow$ frange sombre d'ordre -4	**0.5**
B-4	Non. Quand S est déplacée le long $\Delta \Leftrightarrow SS_2O - SS_1O$ reste la même = 0 $\Leftrightarrow \delta = d_2 - d_1$ ne change pas	**0.5**
B-5	$\delta' = \frac{ay}{d} + \frac{ax}{D} = 0$ pour la frange centrale $\Leftrightarrow y = -\frac{xd}{D} = -6 \times 10^{-6}$m < 0 alors le déplacement de S est opposé au déplacement de la frange centrale, c.à.d (S) est déplacée du côté de S_2.	**0.5**

Deuxième exercice : Centrale nucléaire (7 ½ points)		
Partie de la Q.	**Corrigé**	**Note**
A-1.a	$^{235}_{92}U$ est fissile qui peut subir la fission nucléaire	**0.25**
A-1.b	$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{94}_{Z}Sr + ^{140}_{54}Xe + x\ ^{1}_{0}n$ Selon la loi de la conservation de nombre de masse atomique $\Leftrightarrow$ X = 2 neutron Selon la loi de la conservation du nombre de charge $\Leftrightarrow$ Z = 38 (pour Sr)	**0.75**
A-2	$E_{\ell\ (U)} = 7{,}5 \times 235 = 1762{,}5$ MeV $E_{\ell\ (Xe)} = 8{,}2 \times 140 = 1148$ MeV $E_{\ell\ (Sr)} = 8{,}5 \times 94 = 799$ MeV	**0.25**
A-3-a	$E_{\ell\ (X)} = [z.m_p + (A-Z).m_n - m_X].\ C^2 \Rightarrow m_X = [z.m_p + (A-Z).m_n] - E_\ell / c^2$	**0.5**
A-3-b	$E_{lib} = [(m_U + m_n) - (m_{Sr} + m_{Xe} + 2m_n)]c^2$; $m_X = Zm_P + (A-Z)m_n - E_l/c^2$ $E_{lib} = [(92m_P+143m_n-E_l(U)/c^2+m_n) - (38m_P+56m_n-E_l(Sr)/c^2+54m_P+86m_n-E_l(Xe)/c^2+2m_n)]c^2$ $E_{lib} = E_l(Sr) + E_l(Xe) - E_l(U)$.	**1.25**
A-3-c	$E_{lib} = 184{,}5$ MeV	**0.25**
A- 4	$P_e = 1350$ MW $\Leftrightarrow$ énergie électrique en un jour $E_e = P \times t = 1350 \times 10^{-6} \times 24 \times 3600 = 1{,}1664 \times 10^{14}$J Énergie totale libérée = $E_t = \frac{E_e}{0.3} = 3.888 \times 10^{14}$ J $= 2{,}43 \times 10^{27}$ MeV 1 noyau ---------→ 200 MeV N ------------ $2{,}43 \times 10^{27}$ MeV $N = 1{,}215 \times 10^{25}$ noyaux $m = \frac{N \times M}{N_A} = 4743$ g = 4,743 Kg	**1.25**
B-1-a	$^{131}_{53}I \longrightarrow ^{131}_{54}Te + ^{0}_{-1}e + \bar{\nu} + \gamma$	**0.5**
B-1-b	En raison de la désexcitation du noyau fils Te	**0.25**
B-2-a	$\lambda = \ln 2 / T = 0{,}693/8 = 0{,}0866$ jour $^{-1}$	**0.5**
B-2-b	$A = A_0\ e^{-\lambda t} \Rightarrow A/A_0 = e^{-\lambda t} \Rightarrow -\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = \lambda t$	**0.5**
B-2-c	Équation d'une ligne droite passant par l'origine 	**0.75**
B-2-d	$A = A_0/10 \Rightarrow t = 26{,}58$ jours ≈ 27 jours	**0. 5**

Quatrième exercice : Oscillations mécaniques (7 ½ Points)		
Partie de la Q.	**Corrigé**	**Note**
A.1.a	$E_{m0} = E_{PP} + E_C = 0 + ½\, m(v_0)^2 = 0 + ½\,(0,1)(0,3)^2 = 4,5\times10^{-3}$ J= 4,5 mJ	**0.50**
A.1.b	$E_m = ½\, mv^2 + mgh = ½\, mv^2 + mg\ell(1 - \cos\theta)$	**0.75**
A.1.c	On néglige les forces de frottement donc : E_m (pour $\theta = \theta_m$) $= E_{m0}$ = constante $\Rightarrow 0 + mg\ell(1 - \cos\theta_m) = 0,1\times10\times0,45\ (1 - \cos\theta_m) = 4,5\times10^{-3}$ J $\Rightarrow 1 - \cos\theta_m = 0,01 \Rightarrow \cos\theta_m = 0,99 \Rightarrow \theta_m = 8^o$ $\Rightarrow$ l'amplitude des oscillations est faible $\theta_m = 8^o$	**0.75**
A.2.a	$\frac{dE_m}{dt} = 0 = mvv' + mg\ell\,\theta'\sin\theta$; on a $v = \ell\,\theta' \Rightarrow v' = \ell\,\theta''$, ainsi $\theta'' + \frac{g}{\ell}\sin\theta = 0$ faibles angles : $\sin\theta \approx \theta \Rightarrow \theta'' + \frac{g}{\ell}\theta = 0$	**0.75**
A.2.b	$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$ et $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$	**0.50**
A.2.c	$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{\ell}} = \sqrt{\frac{10}{0,45}} = 4,71$ rad/s ; $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} = 1,34$ s.	**0.50**
A.3	$\theta = \theta_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$; pour t =0, $\theta = \theta_m \sin\varphi = 0$ $\Rightarrow \sin\varphi = 0 \Rightarrow \varphi = 0$ ou $\varphi = \pi$; $\theta' = \theta_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$; $\theta'_0 = \theta_m \cos\varphi > 0 \Rightarrow \varphi = 0$.	**0.75**
A.4.a	La courbe c représente E_m car elle est parallèle à l'axe des t : Em = cte = 4,5 mJ La courbe a représente E_{PP} car à l'origine à t = 0 $E_{pp0} = 0$ La courbe b représente E_C car à l'origine à t = 0 ; $v = v_{max} \Rightarrow E_m = E_{c(max)} = 4,5$ mJ	**0.50**
A.4.b	$T_E = 0,67$ s ;	**0.25**
A.4.c	$T_0 = 1,34$ s $= 2T_E$	**0.25**
B.1.a	Le pendule effectue des oscillations libres amorties	**0.25**
B.1.b	$T = \frac{4,1}{3} = 1,37$ s. T est légèrement supérieure à T_0.	**0.50**
B.2	$P = \frac{\lvert\Delta Em\rvert}{\Delta t} = \frac{\lvert E_{m(2T)} - E_{m(0)}\rvert}{2T}$ $E_{m(2T)} = E_{C2} + E_{pp} = 2,74\times10^{-3} + 0 = 2,74\times10^{-3}$ J ; $E_{m(0)} = E_{C0} + E_{pp} = 4,5\times10^{-3} + 0 = 4,5\times10^{-3}$ J ; Pour entretenir les oscillations il faut fournir au pendule une puissance : $P_{moy} = \frac{1,76\times10^{-3}}{2\times1,37} = 0,64\times10^{-3}$ W	**0.75**
C.1.a	Résonance d'amplitude	**0.25**
C.1.b	Pour $\omega_e = \omega_0 = 4,71$ rad/s	**0.25**
C.2		**0.25**

Troisième exercice : Condensateur et bobine (7 ½ points)		
Partie de la Q.	**Corrigé**	**Note**
A.1	$E = Ri + u_C = RC\frac{du_C}{dt} + u_C$.	**0.50**
A.2.a	$\frac{du_C}{dt} = \frac{E}{\tau}e^{\frac{-t}{\tau}} \Rightarrow E = RC\frac{E}{\tau}e^{\frac{-t}{\tau}} + E(1-e^{\frac{-t}{\tau}}) \Rightarrow \frac{RC}{\tau} = 1 \Rightarrow \tau = RC.$	**0.25** **0.50**
A.2.b	Si $t = 5\tau \Rightarrow u_C = E(1 - e^{-5}) = 0{,}99E \approx E.$	**0.50**
A.3.a.i	E = 2 V	**0.25**
A.3.a.ii	À $t = \tau$ on a $u_C = 0{,}63\,E = 1{,}26\text{ V} \Rightarrow \tau = 0{,}5$ ms.	**0.50**
A.3.b	$\tau = RC \Rightarrow C = 5\times10^{-6}$ F.	**0.50**
B.1	$E = Ri + ri + L\frac{di}{dt} \Rightarrow E = (R+r)i + L\frac{di}{dt}$.	**0.50**
B.2	$\frac{di}{dt} = \frac{E}{L}e^{\frac{-(R+r)t}{L}}$; $(R+r)\frac{E}{(R+r)}(1 - e^{\frac{-(R+r)t}{L}}) + L\frac{E}{L}e^{\frac{-(R+r)t}{L}} = E$ $\Rightarrow E = E$	**0.50** **0.25**
B.3	Si $t \to \infty \Rightarrow e^{\frac{-(R+r)t}{L}} \to 0 \Rightarrow I = \frac{E}{R+r}$ **<u>Ou bien</u>** d'après l'équation différentielle : en régime permanent $i = I = cte \Rightarrow L\frac{di}{dt} = 0$ $\Rightarrow E = (R+r)I + 0 \Rightarrow I = \frac{E}{R+r}$	**0.50**
B.4	I = 18 mA (régime permanent)	**0.25**
B.5	$0{,}018 = \frac{2}{100+r} \Rightarrow r = 11\,\Omega$. À $t = \tau$ on a $i = 0{,}63\,I = 11{,}34$ mA $\Rightarrow \tau = 4$ ms. Or $\tau = \frac{L}{R+r} \Rightarrow L = 0{,}44$ H.	**0.25** **0.50** **0.25**
C.1	$u_{AB} + u_{BD} + u_{DA} = 0 \Rightarrow u_C + R.i + L\frac{di}{dt} + ri = 0$ or $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$ $\Rightarrow u_C + (R+r).C\frac{du_C}{dt} + L.C\frac{d^2u_C}{dt^2} = 0$	**0.25** **0.5**
C.2	À t = 9,6 ms = T on a $u_C = 0{,}6$ V , on remplace dans la solution on obtient : L = 0,44 H	**0.5** **0.25**

وزارة التربية والتعليم العالي	امتحانات الشهادة الثانوية العامة	دورة العام 2015 العادية
المديرية العامة للتربية	الفرع : علوم عامة	الخميس 11 حزيران 2015
دائرة الامتحانات		

مسابقة في مادة الفيزياء	الاسم:
المدة ثلاث ساعات	الرقم:

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

Premier exercice : (7 points)

Oscillateur mécanique

Le but de cet exercice est d'étudier les oscillations libres d'un oscillateur mécanique.

On dispose d'un mobile (A) de masse m = 0,25 kg, fixé à l'une des extrémités d'un ressort à spires non jointives, de masse négligeable et de raideur k = 10 N/m ; l'autre extrémité du ressort est accrochée à un support fixe (C) (figure 1).

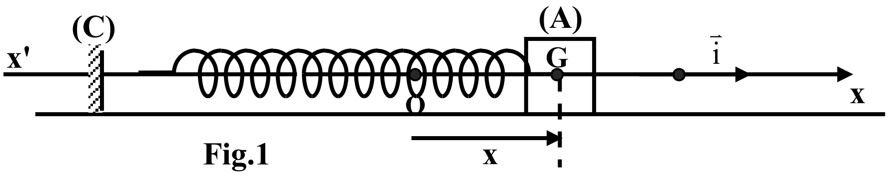


Fig.1

(A) peut glisser sur un rail horizontal et son centre d'inertie G peut alors se déplacer suivant un axe horizontal x'Ox.

À l'équilibre, G coïncide avec l'origine O de l'axe x'x. À un instant t, la position de G est repérée, sur l'axe $(O, \vec{i})$, par son abscisse $x = \overline{OG}$; sa vitesse est $\vec{v} = v\vec{i}$ où $v = x' = \dfrac{dx}{dt}$.

Le plan horizontal contenant G est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

A- Étude théorique

Dans cette partie, on néglige toute force de frottement.

1) **a)** Ecrire l'expression de l'énergie mécanique du système [(A), ressort, Terre] en fonction de k, m, x et v.
b) Etablir l'équation différentielle en x qui régit le mouvement de G.

2) La solution de cette équation différentielle a pour expression $x = X_m \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$ où X_m et φ sont des constantes et T_0 la période propre de l'oscillateur.

a) Déterminer l'expression de T_0 en fonction de m et k et calculer sa valeur.

b) À la date $t_o = 0$, G passe par le point d'abscisse $x_o = 2$ cm avec une vitesse de valeur algébrique $V_0 = -0{,}2$ m/s. Déterminer X_m et φ.

B- Étude expérimentale

Dans cette partie, la force de frottement est donnée par $\vec{f} = -\mu\vec{v}$ où μ est une constante positive.

Un dispositif approprié a permis de tracer la courbe donnant les variations de x = f(t) (figure 2) et les courbes donnant les variations de l'énergie cinétique $E_c(t)$ de G et de l'énergie potentielle élastique $E_p(t)$ du ressort (figure 3).

1) En se référant à la figure 2, donner la valeur de la pseudo-période T du mouvement de G. Comparer sa valeur à celle de la période propre T_o.

2) En se référant aux figures 2 et 3, préciser parmi les courbes A et B celle qui représente $E_p(t)$.

3) **a)** Vérifier que le rapport $\dfrac{X_m(T)}{X_m(0)} = \dfrac{X_m(2T)}{X_m(T)} = a$ où a est une constante à déterminer.

b) Sachant que $a = e^{-\frac{\mu T}{2m}}$, calculer, en SI, la valeur de μ.

4) Sur la figure 3 sont repérés deux instants particuliers notés t_1 et t_2.

a) En se référant à la figure 3, indiquer, en le justifiant, à quel instant t_1 ou t_2 la valeur de la vitesse du mobile est :

i) maximale ;

ii) nulle.

b) Que peut-on conclure quant à la valeur de la force de frottement à chacun de ces instants ?

c) Déduire autour de quel instant t_1 ou t_2, la diminution de l'énergie mécanique est-elle la plus grande?

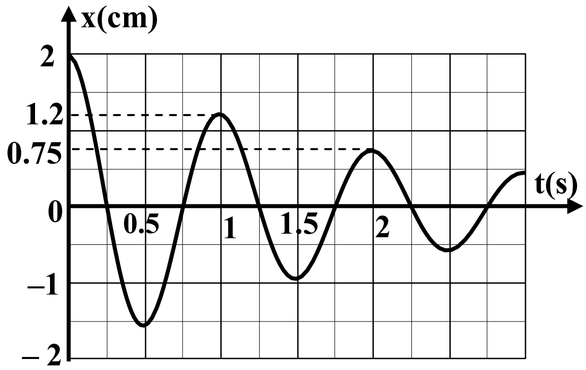


Fig.2

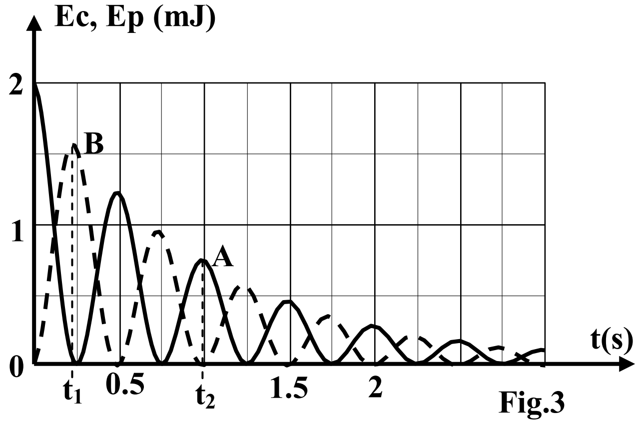


Fig.3

<u>Deuxième exercice</u> : (7 points)

Caractéristique d'un dipôle

Dans le but de déterminer la caractéristique d'un dipôle (D), on réalise le montage du circuit schématisé par la figure 1. Ce circuit comprend, montés en série : le dipôle (D), un conducteur ohmique de résistance $R = 100\,\Omega$, une bobine ($L = 25$ mH ; $r = 0$) et un générateur (GBF) délivrant une tension sinusoïdale $u(t) = u_{AM}$ de fréquence f réglable.

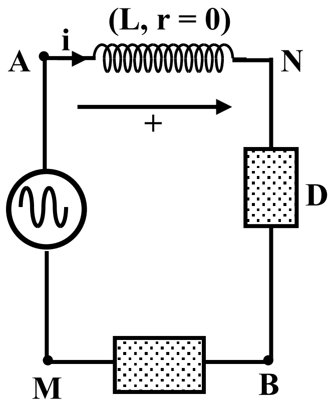


Fig.1

A- Première expérience

On branche un oscilloscope de manière à visualiser l'évolution, en fonction du temps, de la tension u_{AM} aux bornes du générateur sur la voie (Y_1) et de la tension u_{BM} aux bornes du conducteur ohmique sur la voie (Y_2).

Pour une certaine valeur de f, on observe l'oscillogramme de la figure 2.

Les réglages de l'oscilloscope sont :

- ✓ sensibilité verticale : 2 V /div pour la voie (Y_1) ;
  0,5 V /div pour la voie (Y_2) ;
- ✓ sensibilité horizontale : 1 ms/ div.

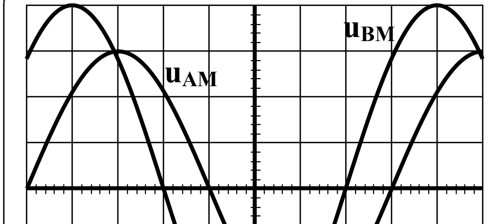


Fig.2

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

2) En utilisant la figure 2, déterminer :

a) la valeur de f et en déduire celle de la pulsation ω de u_{AM} ;

b) la valeur maximale U_m de la tension u_{AM} ;

c) la valeur maximale I_m de l'intensité i du courant dans le circuit ;

d) Le déphasage entre u_{AM} et i. Indiquer laquelle des deux est en avance par rapport à l'autre.

3) (D) est un condensateur de capacité C. Justifier.

4) On donne : $u_{AM} = U_m \sin \omega t$. Écrire l'expression de i en fonction du temps.

5) Montrer que l'expression de la tension aux bornes du condensateur est :

$$u_{NB} = -\frac{0,02}{250\pi C}\cos(250\pi t + \frac{\pi}{4}) \quad (u_{NB} \text{ en V ; C en F ; t en s})$$

6) En appliquant la loi d'additivité des tensions et en donnant à t une valeur particulière, déterminer la valeur de C.

B- Deuxième expérience

On fixe la tension efficace aux bornes du générateur et on fait varier f. On relève pour chaque valeur de f la valeur de l'intensité efficace I.

Pour une valeur particulière $f = f_0 = \frac{1000}{\pi}$ Hz, on constate que I passe par un maximum.

1) Nommer le phénomène qui a lieu dans le circuit pour $f = f_0$.
2) Déterminer de nouveau la valeur de C.

<u>Troisième exercice</u> : (6 ½ points)

Circuits électriques

A- Étude d'un circuit (L, C)

Le circuit (L, C) de la figure 1 comporte un condensateur de capacité C, une bobine d'inductance L et de résistance négligeable et un interrupteur K. L'armature A du condensateur porte initialement la charge Q_0. À $t_0 = 0$, on ferme K. Soit q la charge portée par l'armature A à la date t et i l'intensité du courant traversant le circuit à cette date.

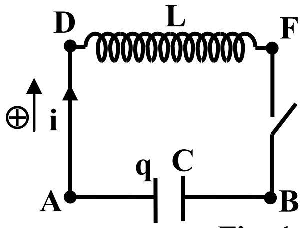


Fig. 1

1) **a)** Indiquer sous quelle forme l'énergie est emmagasinée dans le circuit à la date $t_0 = 0$.
b) Déduire que $i = 0$ à $t_0 = 0$.

2) Montrer, en utilisant la conservation de l'énergie électromagnétique, que l'équation différentielle en q s'écrit $\ddot{q} + \frac{1}{LC}q = 0$.

3) La solution de cette équation différentielle est de la forme $q = Q_m \cos(\omega_0 t + \phi)$; Q_m, ω_0 et ϕ sont des constantes et $Q_m > 0$.
a) Déterminer ϕ.
b) Déterminer l'expression littérale de Q_m en fonction de Q_0 et celle de ω_0 en fonction de L et C.

4) **a)** Déterminer l'expression de i en fonction du temps.
b) Tracer l'allure de la courbe $i = f(t)$.

B- Étude d'un circuit (R, L) série

On considère le circuit de la figure 2, formé d'une source de tension continue de f.é.m E, d'un conducteur ohmique de résistance R, d'un interrupteur K et d'une bobine d'inductance L et de résistance négligeable. À $t_0 = 0$, on ferme K.

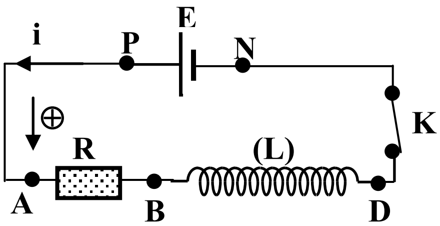


Fig.2

1) En appliquant la loi d'additivité des tensions, établir l'équation différentielle qui régit l'évolution de i en fonction du temps.
2) Déduire que l'intensité du courant en régime permanent est $I = \frac{E}{R}$.
3) La solution de l'équation différentielle est de la forme $i = A + B.e^{-\lambda t}$. Déterminer les expressions des constantes A, B et λ en fonction de I, R et L.
4) À l'ouverture de K, on observe une étincelle de rupture au niveau de l'interrupteur.
a) Nommer le phénomène responsable de cette étincelle.
b) Pour éliminer l'étincelle on utilise un condensateur initialement neutre. Où faut-il le placer ?

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

Réactions nucléaires

Données : masse d'un proton : $m_p = 1,0073$ u ; masse d'un neutron : $m_n = 1,0087$ u ;
masse d'un noyau $^{235}_{92}U$: $m_U = 235,0439$ u ; masse d'un noyau $^{90}_{36}Kr$: $m_{Kr} = 89,9197$ u ;
masse d'un noyau $^{142}_{Z}Ba$: $m_{Ba} = 141,9164$ u ; masse molaire atomique de $^{235}_{92}U$: M = 235 g/mol ;
nombre d'Avogadro : $N_A = 6,022\times10^{23}$ mol^{-1} ; 1 u = 931,5 MeV/c^2 = $1,66\times10^{-27}$ kg ; 1 MeV = $1,6\times10^{-13}$J.

A- Réaction nucléaire provoquée

Suite à la collision avec un neutron thermique, un noyau d'uranium 235 subit la réaction suivante :

$$^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{90}_{36}Kr + {}^{142}_{Z}Ba + y\,{}^{1}_{0}n$$

1) **a)** Déterminer y et Z.
b) Indiquer le type de cette réaction provoquée.

2) Calculer, en MeV, l'énergie libérée par cette réaction.

3) En fait, 7 % de cette énergie apparaît sous forme d'énergie cinétique de tous les neutrons produits.
a) Déterminer la vitesse de chaque neutron produit sachant qu'ils ont des énergies cinétiques égales.
b) Un neutron thermique, qui peut provoquer la fission nucléaire, doit avoir une vitesse de quelques km/s ; indiquer alors le rôle du "modérateur" dans un réacteur nucléaire.

4) Dans un réacteur nucléaire à uranium 235, l'énergie moyenne libérée par la fission d'un noyau est 170 MeV.
a) Déterminer, en joules, l'énergie moyenne libérée par la fission d'un kilogramme d'$^{235}_{92}U$.
b) la puissance nucléaire d'un tel réacteur est 100 MW. Déterminer la durée Δt nécessaire pour que le réacteur consomme un kilogramme d'uranium $^{235}_{92}U$.

B- Réaction nucléaire spontanée

1) Le noyau de Krypton $^{90}_{36}Kr$ obtenu est radioactif. Il se désintègre en zirconium $^{90}_{40}Zr$ par une série de désintégrations β^-.
a) Déterminer le nombre de ces désintégrations β^-.
b) Préciser, sans calcul, parmi les deux nucléides $^{90}_{36}Kr$ et $^{90}_{40}Zr$, celui qui est le plus stable.

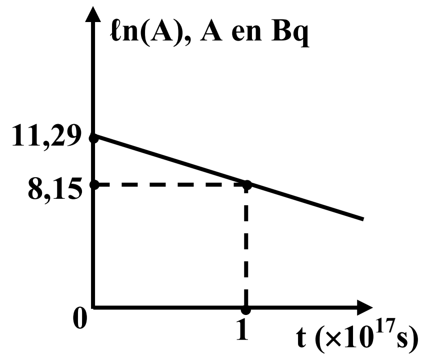
2) L'uranium $^{235}_{92}U$ est un émetteur α.
a) Écrire l'équation de désintégration d'un noyau d'uranium $^{235}_{92}U$ et identifier le noyau produit. On donne :

Actinium $_{89}Ac$	Thorium $_{90}Th$	Protactinium $_{91}Pa$

b) Le nombre de noyaux d'$^{235}_{92}U$ restant en fonction du temps est donnée par :
$N = N_0e^{-\lambda t}$ avec N_0 le nombre initial de noyau d'$^{235}_{92}U$ et λ sa constante radioactive.
i) Définir l'activité A d'un échantillon radioactif.
ii) Écrire l'expression de A en fonction de λ, N_0 et t.

c) Établir l'expression de $\ell n(A)$ en fonction de l'activité initiale A_0, λ et t.

d) La figure ci-contre représente la variation de $\ell n(A)$ d'$^{235}_{92}U$ en fonction du temps.
i) Montrer que l'allure de la courbe de la figure ci-contre est en accord avec l'expression de $\ell n(A)$.
ii) En utilisant la courbe de la figure ci-contre, déterminer, en s^{-1}, la valeur de λ.

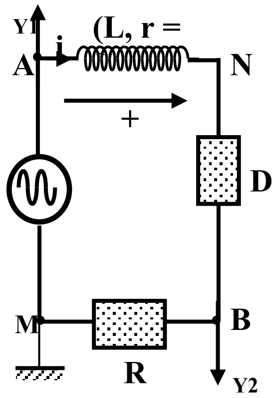


iii) Déduire la période radioactive T de l' $^{235}_{92}U$.

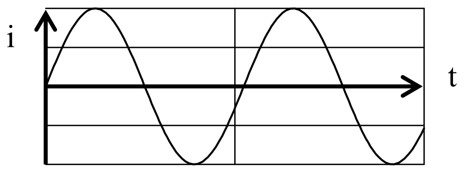
وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات	امتحانات الشهادة الثانوية العامة الفرع : علوم عامة	
مشروع معيار التصحيح	مسابقة في مادة الفيزياء المدة ثلاث ساعات	الاسم: الرقم:

Premier exercice : Oscillateur mécanique (7 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1.a	$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$	½
A.1.b	Pas des forces de frottement E_m est conservée $\Rightarrow \frac{dE_m}{dt} = 0$ $\frac{1}{2}m2vx'' + \frac{1}{2}k2xv = 0$ or v n'est pas toujours nulle, alors : $x'' + \frac{k}{m}x = 0$	¾
A.2.a	$x = X_m\sin\left(\frac{2\pi}{T_o}t + \varphi\right)$; $x' = X_m\frac{2\pi}{T_o}\cos\left(\frac{2\pi}{T_o}t + \varphi\right)$; $x'' = -X_m\frac{4\pi^2}{T_o^2}\sin\left(\frac{2\pi}{T_o}t + \varphi\right)$; $\Rightarrow -X_m\frac{4\pi^2}{T_o^2}\sin\left(\frac{2\pi}{T_o}t + \varphi\right) + \frac{k}{m}X_m\frac{2\pi}{T_o}\sin\left(\frac{2\pi}{T_o}t + \varphi\right) = 0$ $\Rightarrow \frac{4\pi^2}{T_o^2} = \frac{k}{m} \Rightarrow T_o = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3.14\sqrt{\frac{0.25}{10}} = 0{,}993$ sec ≈ 1 s.	1 ¼
A.2.b	$v = \frac{dx}{dt} = \frac{2\pi}{T_o}X_m\cos\left(\frac{2\pi}{T_o}t + \varphi\right)$ pour t =0 ; x = 2cm $\Rightarrow 2 = X_m\sin\varphi$ t = 0 ; v = -20 cm/s $\Rightarrow -20 = X_m \times 2\pi\cos\varphi \Rightarrow -\frac{10}{\pi} = X_m\cos\varphi$ Le rapport donne : $\tan\varphi = -\frac{2\pi}{10} = -0{,}628 \Rightarrow \varphi = -0{,}56$ rd ou 2,58 rd pour $\varphi = -0{,}56$ rd ; $X_m = \frac{2}{\sin(-0{,}56)} = \frac{2}{-0{,}53} = -3{,}77$ cm < 0 à rejeter. pour $\varphi = 2{,}58$ rd ; $X_m = \frac{2}{\sin(2{,}58)} = \frac{2}{0{,}53} = 3{,}77$ cm > 0 acceptable. Alors $\varphi = 2{,}58$ rd et $X_m = 3{,}77$ cm.	1 ¼
B.1	Le graphique donne T = 1s légèrement supérieure à T_o.	½
B.2	Sur le graphique de la figure 2 à $t_o = 0$, x est maximale alors v = 0 $\Rightarrow E_c = 0 \Rightarrow$ la courbe B donne les variations de E_c(t) et par suite A donne les variations de E_p(t).	½
B.3.a	$\frac{X_m(T)}{X_m(0)} = \frac{12{,}5}{20} = 0{,}625$; $\frac{X_m(2T)}{X_m(T)} = \frac{7{,}5}{12{,}5} = 0{,}6 \Rightarrow \frac{X_m(T)}{X_m(0)} = \frac{X_m(2T)}{X_m(T)} = a = 0{,}6$	½
B.3.b	$a = e^{-\frac{\mu}{2m}T} \Rightarrow -\frac{\mu}{2m}T = \ell n\, a \Rightarrow \mu = -\frac{2m \times \ln a}{T} = \frac{-2 \times 0{,}25\,(-0{,}51)}{1} = 0{,}255$kg/s.	¾
B.4.a.i	À l'instant t_1, E_c est maximale alors v est maximale	¼
B.4.a.ii	À l'instant t_2, $E_c = 0 \Rightarrow v = 0$.	¼
B.4.b	À l'instant t_1, f a une intensité maximale (v maximale) À l'instant t_2, f a une valeur nulle (v = 0).	½
B.4.c	Au voisinage de t_1, la force de frottement a une intensité maximale d'où une grande diminution de l'énergie mécanique alors qu'au voisinage de t_2 la force de frottement est pratiquement nulle d'où une faible diminution de l'E_m .	½

Deuxième exercice : Caractéristique d'un dipôle (7 points)		
Partie de la Q.	**Corrigé**	**Note**
A.1	Branchement de l'oscilloscope. 	½
A.2.a	T = 8 ms $\Rightarrow$ f = 125 Hz. $\omega = 2\pi f = 250\pi$ rad/s.	**1**
A.2.b	$U_m = 3\times 2 = 6$ V.	¼
A.2.c	$U_{m(R)} = 0{,}5\times 4 = 2\text{ V} \Rightarrow I_m = \dfrac{U_m(R)}{R} = 2\times 10^{-2}$ A	¾
A.2.d	$\lvert\varphi\rvert = \dfrac{2\pi}{8} = \dfrac{\pi}{4}$ rad ; i(t) est en avance de phase par rapport à u(t).	¾
A.3	i est en avance de phase par rapport à u_{AM} $\Rightarrow$ (D) est un condensateur	¼
A.4	$i = 2\times 10^{-2} \sin(250\pi t + \dfrac{\pi}{4})$ (i en A et t en s)	½
A.5	$i = C\dfrac{du_{NB}}{dt} \Rightarrow u_{NB} = \dfrac{1}{C}\int i\,dt \;\; \dfrac{1}{C}\int 0.02\sin(\omega t + \dfrac{\pi}{4})dt$ $\Rightarrow u_{NB} = -\dfrac{0.02}{250\pi C}\cos(250\pi t + \dfrac{\pi}{4})$	¾
A.6	$U_m\sin(\omega t) = L\omega I_m \cos(\omega t + \dfrac{\pi}{4}) - \dfrac{0.02}{250\pi C}\cos(250\pi t + \dfrac{\pi}{4}) + 2\sin(\omega t + \dfrac{\pi}{4})$ $t = 0 \Rightarrow 0 = L\omega I_m \dfrac{\sqrt{2}}{2} - \dfrac{0.02}{250\pi C}\times\dfrac{\sqrt{2}}{2} + 2\,\dfrac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow C = 1.06\times 10^{-6}$ F	**1 ¼**
B.1	Résonance d'intensité	¼
B.2	$f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow C = 1.06\times 10^{-6}$ F	¾

Troisième exercice : (6 ½ points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1.a	Energie électrique	¼
A.1.b	$E_{mag} = 0 = ½ Li^2 \Rightarrow i = 0$	½
A.2	A un instant t : Etotale = Eélec + E mag = $½\, q^2/C + ½\, Li^2$ = cte Avec $i = -\frac{dq}{dt} = -q'$ et $i' = -\frac{d^2q}{dt^2} = -q''$ $\frac{dE}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{qq'}{C} + Lii' = 0$ $\Rightarrow \frac{qq'}{C} + L(-q')(-q'') = 0 \Rightarrow q'(\frac{q}{C} + Lq'') = 0$ or $q' \neq 0$ donc $q'' + \frac{1}{LC}q = 0$	¾
A.3.a	$q = Q_m \cos(\omega_0 t + \phi) \Rightarrow \dot{q} = -\omega_0 Q_m \sin(\omega_0 t + \phi) \Rightarrow \ddot{q} = -Q_m(\omega_0)^2 \cos(\omega_0 t + \phi)$ $i = -\frac{dq}{dt} = \omega_0 Q_m \sin(\omega_0 t + \phi)$; or pour $t = 0$, $i = 0 \Rightarrow 0 = \sin\phi = 0$; $\Rightarrow \phi = 0$ ou π rad; or pour $t = 0$ $q = Q_0 > 0 = Q_m \cos\phi$, avec $Q_m > 0 \Rightarrow \cos\phi > 0 \Rightarrow \phi = 0$.	1
A.3.b	On a $Q_0 = Q_m \cos\phi \Rightarrow Q_m = Q_0$. On remplace $q = Q_0 \cos\omega_0 t$ dans l'équation différentielle on obtient: $-Q_0(\omega_0)^2 \cos(\omega_0 t) + Q_0 \frac{1}{LC}\cos(\omega_0 t) = 0 \Rightarrow \omega_0^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$	¾
A.4.a	$i = -\frac{dq}{dt} = \omega_0 Q_m \sin(\omega_0 t + \phi) \Rightarrow i = \omega_0 Q_m \sin(\omega_0 t)$	½
A.4.b		¼
B.1	$u_{AD} = u_{AB} + u_{BD} \Rightarrow E = Ri + L\frac{di}{dt}$,	½
B.2	$E = Ri + L\frac{di}{dt}$, car $u_L = L\frac{di}{dt}$; en régime permanent, i = cte = I $\Rightarrow \frac{di}{dt} = 0 \Rightarrow E = RI$ et $I = \frac{E}{R}$.	½
B.3	$i = A + B.e^{-\lambda t}$ à $t_0 = 0$: $A + B = i = 0 \Rightarrow A = -B$ $\frac{di}{dt} = -\lambda B e^{-\lambda t} \Rightarrow E = RA - RAe^{-\lambda t} + L\lambda A e^{-\lambda t}$ $\Rightarrow Ae^{-\lambda t}(L\lambda - R) + RA = E$ par identification : $L\lambda - R = 0 \Rightarrow \lambda = \frac{R}{L}$ et $RA = E \Rightarrow A = \frac{E}{R}$ Donc $B = -A = -\frac{E}{R}$	1
B.4.a	Phénomène d'auto-induction	¼
B.4.b	Aux bornes de K	¼

Quatrième exercice : Réactions nucléaires (7 points)		
Partie de la Q.	**Corrigé**	**Note**
A.1.a	***Conservation du nombre de charge : 92 + 0 = 36 + Z + 0 ainsi Z = 56*** Conservation du nombre de masse : 235 + 1 = 90 + 142 + y ainsi y = 4	¾
A.1.b	c'est une réaction de fission nucléaire	¼
A.2	$\Delta m = [m_U + m_n] - [m_{Kr} + m_{Ba} + 4m_n]$ $\Delta m = 235{,}0439 - [89{,}9197 + 141{,}9164 + 3\times1{,}0087] = 0{,}1817$ u $E = \Delta mc^2 = [0{,}1817\times931{,}5\ \text{Mev}/c^2]\ c^2 = 169{,}25355$ MeV	¾
A.3.a	L'énergie cinétique de chaque neutron : $\dfrac{169{,}253\times\frac{7}{100}}{4} = 2{,}961937$ MeV $= 4{,}739\times10^{-13}$ J L'énergie cinétique = $\frac{1}{2}mv^2$ ainsi $v = \sqrt{\dfrac{2Ec}{m}} = \sqrt{\dfrac{2\times4{,}739\times10^{-13}}{1{,}0087\times1{,}66\times10^{-27}}} = 2{,}379\times10^7$ m/s $= 2{,}379\times10^4$ km/s.	½
A.3.b	Un modérateur aide ainsi à réduire la vitesse des neutrons afin de pouvoir provoquer de telles réactions de fission.	¼
A.4.a	235 g contiennent $6{,}02\times10^{23}$ noyaux alors 1000 g contiennent $\dfrac{1000}{235}\times6{,}02\times10^{23} = 2{,}5617\times10^{24}$ noyaux. $E = 170\times1{,}6\times10^{-13}\times2{,}5617\times10^{24} = 6{,}97\times10^{13}$ J **<u>Ou bien</u>** : $N = \dfrac{m}{M}N_A = \dfrac{10^3}{235}\times6{,}022\times10^{23} = 2{,}56\times10^{24}$ noyaux $E = N\times E_{lib} = 170\times1.6\times10^{-13}\times2.5617\times10^{24} = 6.97\times10^{13}$ J	½
A.4.b	$E = P\times\Delta t$ ainsi $\Delta t = \dfrac{6{,}97\times10^{13}}{10^8} = 6{,}97\times10^5$ s = 8 jours	½
B.1.a	${}^{90}_{36}Kr \rightarrow {}^{90}_{40}Zr + a\ {}^{0}_{-1}\beta \Rightarrow a = 4$	¼
B.1.b	Un noyau instable se désintègre en un noyau plus stable ainsi ${}^{90}_{40}Zr$ est plus stable.	¼
B.2.a	${}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A}_{Z}X$, en équilibrant l'équation, on obtient A = 231 et Z = 90 ainsi X est du thorium	½
B.2.b.i	L'activité est le nombre de désintégrations par unité de temps	¼
B.2.b.ii	$A = -\dfrac{dN}{dt} = \lambda N_0e^{-\lambda t}$ **<u>Ou bien</u>** : $A = \lambda.N = \lambda N_0e^{-\lambda t}$	¼
B.2.c	$A = A_0e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln A = -\lambda t + \ln A_0$.	½
B.2.d.i	l'allure de la courbe est une ligne droite décroissante qui ne passe pas par l'origine, son équation est alors de la forme : $\ln A = at + b$ avec $a < 0$ et $b \neq 0$, ce qui est en accord avec la relation trouvée	½
B.2.d.ii	λ = - pente de la courbe = $\dfrac{11{,}29-8{,}15}{1\times10^{17}} = 3{,}14\times10^{-17}\ s^{-1}$,	½
B.2.d.iii	$T = \dfrac{\ln 2}{\lambda} = \dfrac{0{,}693}{3{,}14\times10^{-17}} = 22{,}0747\times10^{15}$ s $= 7\times10^8$ ans	½

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 points)

Le flash d'un appareil photographique

Le flash électronique d'un appareil photographique est formé essentiellement d'un condensateur de capacité C, d'une lampe à éclat (lampe flash) et d'un circuit électronique qui transforme la tension constante $E = 3$ V fournie par deux piles en une tension constante $U_0 = 300$ V. Le but de cet exercice est de montrer l'influence du circuit électronique sur l'éclat de la lampe flash.

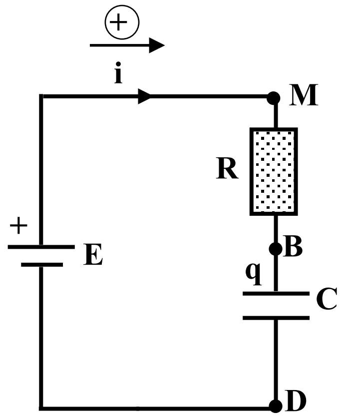


Fig. 1

A- Détermination de la valeur de la capacité C du condensateur

Pour déterminer la valeur de la capacité C du condensateur, on réalise le circuit de la figure 1 où le conducteur ohmique a une grande résistance R et le générateur de tension continue fournit à ses bornes une tension constante $E = 3$ V. Un système approprié permet de tracer la courbe représentant les variations de l'intensité i du courant en fonction du temps.
Le condensateur étant non chargé, on ferme le circuit à la date $t_0 = 0$. On obtient le graphique de la figure 2.

1) a) Déterminer l'expression de l'intensité i du courant électrique en fonction de C et de la tension $u_C = u_{BD}$ aux bornes du condensateur.

b) En appliquant la loi d'additivité des tensions, déterminer l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C.

2) La solution de cette équation différentielle est donnée par : $u_C = E\,(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ où $\tau = RC$.

a) Déterminer, en fonction du temps, l'expression de l'intensité i du courant électrique.

b) Déduire à l'instant $t_0 = 0$, en fonction de E et R, l'expression de l'intensité I_0 du courant.

c) En utilisant la figure 2 :

i) calculer la valeur de la résistance R du conducteur ohmique ;

ii) déterminer la valeur de la constante de temps τ du circuit.

d) Déduire que $C \approx 641\ \mu F$.

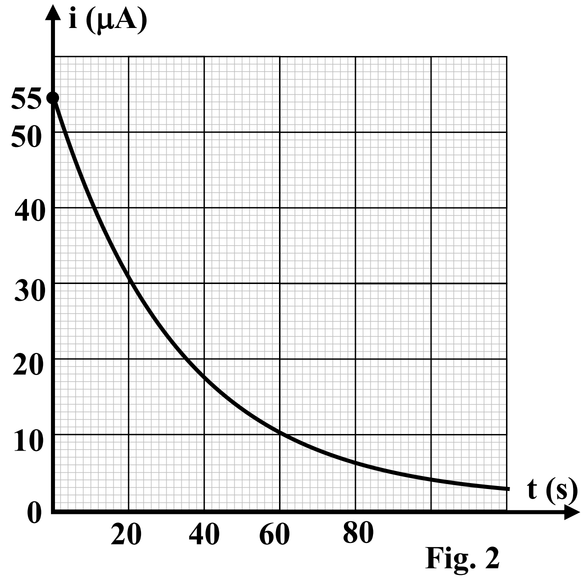


Fig. 2

B - Etude énergétique

1) Montrer que la valeur de l'énergie électrique, emmagasinée dans le condensateur lorsqu'il est complètement chargé sous la tension E, est $W \approx 2{,}9 \times 10^{-3}$ J.

2) Le condensateur, complètement chargé, est déconnecté du circuit. Il se décharge ensuite dans un conducteur ohmique de même résistance R. Calculer :

a) la durée au bout de laquelle le condensateur peut être supposé complètement déchargé ;
b) la puissance moyenne mise en jeu au cours de la décharge.

C- Le flash de l'appareil photographique

La décharge du condensateur dans une lampe à éclats provoque un éclair d'une durée d'environ une milliseconde.

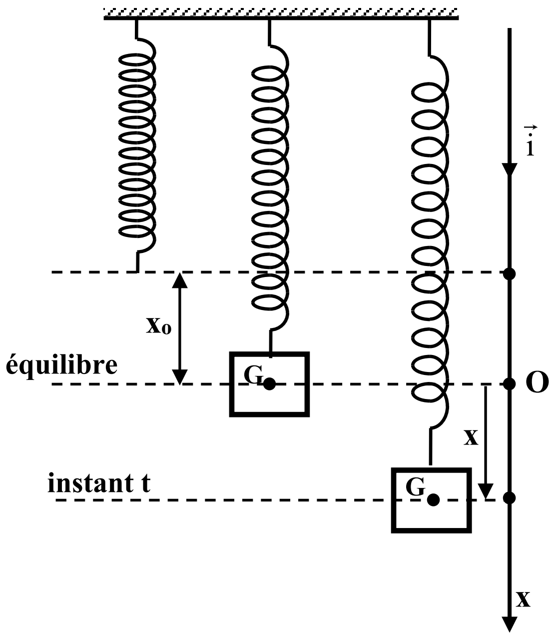
1) Déterminer la valeur de la puissance électrique moyenne P_e consommée par cet éclair si le condensateur est chargé sous la tension :
a) E = 3 V.
b) U_0 = 300 V.
2) Expliquer pourquoi faut-il élever la tension avant de l'appliquer aux bornes du condensateur.

Deuxième exercice (7 points)

Mesure de l'accélération de la pesanteur

Dans le but de mesurer l'accélération de la pesanteur on considère un solide (S) de masse m accroché à l'extrémité inférieure d'un ressort de constante de raideur k, de masse négligeable et dont l'extrémité supérieure est fixée à un support. A l'équilibre, le centre d'inertie G de (S) est confondu avec O et l'allongement du ressort a une valeur $\Delta L_0 = x_0$ (figure ci-contre). On désigne par g l'accélération de la pesanteur à l'endroit où l'expérience est réalisée.

A partir de la position d'équilibre, on étire le ressort en déplaçant (S) verticalement vers le bas puis on le lâchant sans vitesse initiale à la date $t_o = 0$. G oscille alors autour de sa position d'équilibre O. A la date t, G a pour abscisse $x = \overline{OG}$, et sa vitesse est $v = \frac{dx}{dt}$. Le plan horizontal passant par O est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.



A- Etude statique

1) Nommer les forces extérieures agissant sur (S) à l'équilibre.
2) Déterminer une relation entre m, g, k et x_o.

B- Etude énergétique

1) Écrire, à la date t, l'expression de l'énergie :
a) cinétique de (S) en fonction de m et v ;
b) potentielle élastique du ressort en fonction de k, x et x_o ;
c) potentielle de pesanteur du système [(S), Terre] en fonction de m, g et x.
2) Montrer que l'expression de l'énergie mécanique du système [(S), ressort, Terre] est donnée par :
$E_m = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} k (x + x_o)^2 - mgx$
3) **a)** En appliquant le principe de la conservation de l'énergie mécanique, montrer que l'équation différentielle du second ordre en x du mouvement de G s'écrit sous la forme : $x'' + \frac{k}{m} x = 0$.
b) En déduire l'expression de la période propre T_0 de l'oscillateur en fonction de m et k.
c) Montrer que l'expression de T_0 peut être donnée par : $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{x_0}{g}}$.

C- Etude expérimentale
Pour des solides de masses différentes accrochés respectivement au même ressort, on mesure à l'aide d'un chronomètre les valeurs de T_o. Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

m (g)	20	40	60	80	100
x_o (cm)	4	8	12	16	20
T_o (s)	0,40	0,567	0,693	0,80	0,894
T_o^2 (s^2)	0,16		0,48	0,64	

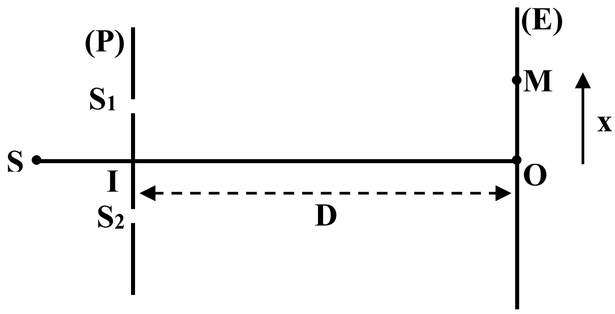
1) Compléter le tableau.
2) Tracer la courbe donnant x_o en fonction de T_o^2.
Echelle :
- 1 cm correspond à 0,16 s^2 sur l'axe des abscisses.
- 1 cm correspond à 4 cm sur l'axe des ordonnées.

3) Déterminer la valeur de la pente de cette courbe, et en utilisant l'expression $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{x_0}{g}}$, déduire la valeur de l'accélération g de la pesanteur .

Troisième exercice (6 points)

Interférences lumineuses

On considère le dispositif des fentes de Young représenté par la figure ci-contre. S_1 et S_2 sont distantes de a = 1 mm. Les plans (P) et (E) sont distants de D = 2 m. I est le milieu de $[S_1S_2]$ et O la projection orthogonale de I sur (E). Sur la perpendiculaire à (IO) au point O et parallèlement à $[S_1S_2]$, un point M est repéré par son abscisse $\overline{OM} = x$.



La différence de marche optique en M, situé dans la région d'interférence sur l'écran d'observation, vaut $\delta = SS_2M - SS_1M = \frac{ax}{D}$.

A- La source S émet une lumière monochromatique de longueur d'onde λ dans l'air.
1) Le phénomène d'interférence lumineuse met en évidence un aspect de la lumière. Nommer cet aspect.
2) Indiquer les conditions d'obtention du phénomène d'interférence.
3) Décrire l'aspect des franges observées sur (E).
4) Déterminer l'expression donnant les abscisses des centres des franges brillantes et celles des centres des franges obscures.
5) Déduire l'expression de l'interfrange i en fonction de λ, D et a.

B- La source S émet de la lumière blanche dont les longueurs d'onde des radiations visibles dans le vide ou dans l'air sont telles que : 400 nm (violet) $\leq \lambda \leq$ 800 nm (rouge).
1) La frange centrale obtenue est blanche. Justifier.
2) Comparer les positions des centres des premières franges brillantes de couleur rouge et violette d'un même côté de O.
3) L'abscisse du point M est x = 4 mm.
a) Montrer que les radiations qui arrivent en phase au point M ont pour longueur d'onde λ (en nm) = $\frac{2000}{k}$ où k est un entier positif non nul.
b) Déterminer les longueurs d'onde de ces radiations.

C- La source S émet deux radiations de longueurs d'onde λ_1 = 450 nm et λ_2 = 750 nm.
Déterminer l'abscisse x du point le plus proche de O où deux franges obscures coïncident.

Quatrième exercice (7,5 points)

Résonance électrique : danger et utilisation

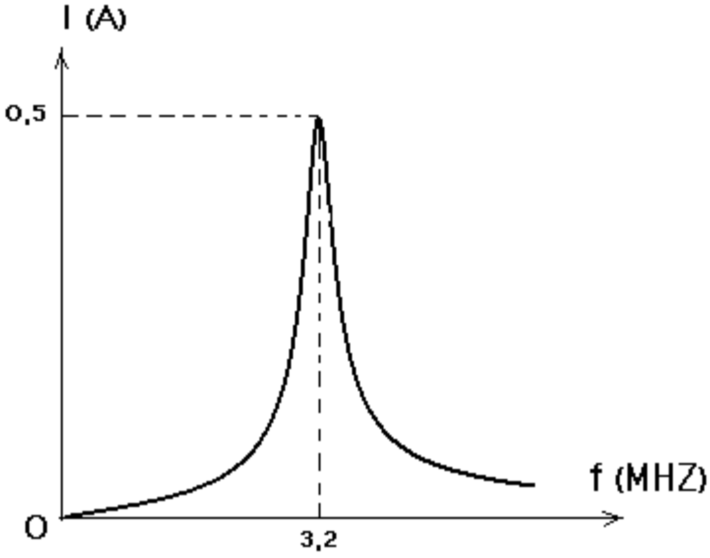
Le but de cet exercice est de mettre en évidence l'un des dangers que peut présenter le phénomène de résonance d'intensité dans un circuit électrique et l'application de ce phénomène dans la réception radio.

On considère un dipôle (D) constitué par l'association, en série, d'une bobine de résistance négligeable et d'inductance L, d'un condensateur de capacité $C = 5 \times 10^{-10}$ F et d'un conducteur ohmique de résistance R.

Le dipôle (D) est relié aux bornes d'un générateur de basse fréquence délivrant à ses bornes une tension sinusoïdale $u = 5\sqrt{2}\sin(2\pi f\, t)$ (u en V ; t en s).

Le circuit est parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité i et de même fréquence f.

Prendre : $\pi = \frac{1}{0,32}$; 1 MHz = 10^6 Hz



1) Nommer le régime des oscillations électriques établies dans le circuit.

2) On fait varier la fréquence f de la tension aux bornes du générateur et on mesure, pour chaque valeur de f, la valeur efficace I de l'intensité i du courant dans le circuit. Les mesures obtenues permettent de tracer la courbe schématisée par la figure ci-dessus.

- **a)** En utilisant cette figure, donner :
  - **i)** la valeur maximale I_o de I ;
  - **ii)** la fréquence f_o pour laquelle on a une résonance d'intensité ;
  - **iii)** l'intervalle de fréquences où l'intensité du courant est en avance sur la tension aux bornes du générateur.
- **b)** Le dipôle (D) est dans un état de résonance.
  - **i)** Nommer l'excitateur et le résonateur.
  - **ii)** Donner la valeur du déphasage entre u et i.
  - **iii)** La puissance moyenne consommée par le dipôle (D) est maximale. Justifier.
  - **iv)** Calculer la valeur de cette puissance.
  - **v)** Montrer que R = 10 Ω et $L = 5 \times 10^{-6}$ H.

3) La manipulation avec un circuit électrique doit se faire en respectant les règles élémentaires de sécurité. Il y a risque d'électrocution avec une tension supérieure à 24 V.
Le circuit électrique est en résonance d'intensité.

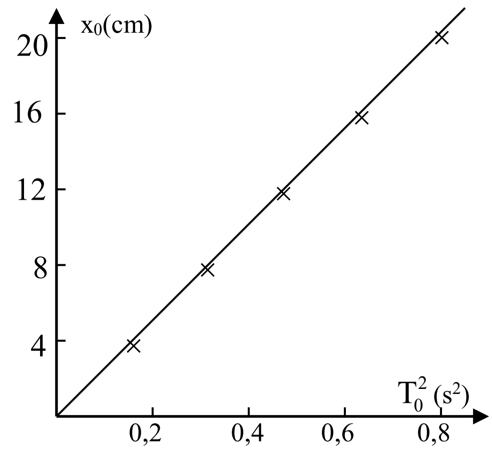
- **a)** **i)** Ecrire l'expression de l'intensité du courant en fonction du temps.
  - **ii)** Déduire l'expression de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps.
- **b)** On dit qu'il y a une surtension aux bornes du condensateur lorsque la tension efficace U_C aux bornes du condensateur est nettement plus grande que la tension efficace U aux bornes du dipôle (D).
  - **i)** Calculer la valeur efficace de la tension aux bornes du condensateur.
  - **ii)** Montrer qu'il y a une surtension aux bornes du condensateur.
  - **iii)** En manipulant, un élève règle la tension efficace aux bornes de (D) à 5 V. Préciser le risque qu'il peut courir.

4) On veut capter, avec un récepteur radio, l'émission d'une station (S) de longueur d'onde $\lambda = 94$ m. La réception reste bonne tant que la fréquence de l'onde de la station choisie est proche de la fréquence propre du circuit (L,C) de réception. Le dipôle (D) constitue le circuit de réception du poste radio considéré. Peut-on capter l'émission de (S) ? Justifier la réponse sachant que les ondes radio se propagent dans l'air à la célérité $c = 3 \times 10^8$ m/s.

Premier exercice (7 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1.a	L'expression de i : $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$	0,5
A.1.b	$u_{AD} = u_{AB} + u_{BD} \Rightarrow E = Ri + u_C \Rightarrow E = RC\frac{du_C}{dt} + u_C$	0,5
A.2.a	$i = C\frac{du_C}{dt} = C\frac{E}{RC}e^{-\frac{t}{\tau}}, \Rightarrow i = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}.$	0,5
A.2.b	À l'instant $t_0 = 0$, $I_0 = \frac{E}{R}$	0,25
A.2.c.i	À l'instant $t_0 = 0$, $I_0 = 54\ \mu A \Rightarrow R = 54545,45\ \Omega$	0,5
A.2.c.ii	Pour $i = 0,37\ I_0 = 20,35 \approx 20\ \mu A$, $t = \tau = 35$ s.	0,75
A.2.d	$RC = \tau =$ 35 s, $C = 641\mu F$	0,5
B.1	Énergie électrique $W = ½\ CE^2 = ½ \times 641\times 10^{-6}\times 9 = 2,9\times10^{-3}J$	0,5
B.2.a	La durée : $\Delta t = 5\tau = 175$ s.	0,5
B.2.b	La puissance moyenne de décharge = $W/\Delta t = 1,65\times10^{-5}$ W	0,75
C.1.a	$W_1 = ½\ CE^2 = 2,9\times10^{-3}J \Rightarrow P_1 = \frac{W_1}{t} = 2,9$ W.	0,5
C.1.b	$W_2 = ½\ C\,U_0^2 = 28,845J \Rightarrow P_2 = \frac{W_2}{t} = 28845$ W	0,75
C.2	Pour augmenter la puissance consommée par la lampe à éclat durant la décharge et par suite son éclat	0,5

Deuxième exercice (7 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1	Le poids $m\vec{g}$ et la tension du ressort $\vec{F}$	**0,5**
A.2	A l'équilibre $\vec{F} + m\vec{g} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F} = - m\vec{g} \Rightarrow F = mg = k\, x_0$	**0,75**
B.1.a	$E_c = \frac{1}{2} mv^2$	**0,25**
B.1.b	$E_{pe} = \frac{1}{2} k\,(x + x_0)^2$	**0,25**
B.1.c	$E_{pp} = - mgx$	**0,25**
B.2	$E_m = E_c + E_{pe} + E_{pp} \Rightarrow E_m = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} k\,(x + x_o)^2 – mgx.$	**0,25**
B.3.a	E_m conservée $\Rightarrow \frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{1}{2}\, m2vx'' + \frac{1}{2}\, k\, 2\,(x + x_o)\, v – mgv = 0$ $v \neq 0$ et $k\, x_o = mg$ alors : $x'' + \frac{k}{m} x = 0$	**1**
B3.b	Equation différentielle de la forme $x'' + \omega_o^2\, x = 0$ alors : $\omega_o = \sqrt{\frac{k}{m}}$ et $T_o = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$	**1**
B.3.c	$mg = k\, x_o \Rightarrow \frac{m}{k} = \frac{x_0}{g} \Rightarrow T_o = 2\pi\sqrt{\frac{x_0}{g}}$	**0,5**
C.1	Les valeurs qui manquent sont : 0,321 ; 0,799.	**0,5**
C.2	1. Figure  	**0,5**
C.3	C'est une droite passant par l'origine. La pente est : $a = \frac{x_0}{T_0^2} = 0.25\ m/s^2$. D'autre part $T_0^2 = 4\,\pi^2 \frac{x_0}{g}$; $\Rightarrow g = 4\,\pi^2 \frac{x_0}{T_0^2} = 4 \times (3.14)^2 \times 0.25$ $\Rightarrow g = 9{,}86\ m/s^2$.	**1,25**

Troisième exercice (6 points)

Partie de la Q.	Corrigé	Note
A.1	L'aspect ondulatoire	**0,5**
A.2	Les deux sources S_1 et S_2 sont synchrones et cohérentes.	**0,5**
A.3	On observe sur l'écran les franges d'interférence : - franges brillantes et sombres alternativement - rectiligne et équidistantes - parallèles aux deux fentes	**0,5**
A.4	franges brillantes : $\delta = k\lambda = \frac{ax}{D} \Rightarrow x = \frac{k\lambda D}{a}$. franges obscures : $\delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2} = \frac{ax}{D} \Rightarrow x = \frac{(2k+1)\lambda D}{2a}$	**1**
A.5	$i = x_{k+1} - x_k = (k+1)\frac{\lambda D}{a} - \frac{k\lambda D}{a} = \frac{\lambda D}{a}$	**0,5**
B.1	Chaque radiation de la lumière blanche donne en O une frange brillante ; la superposition de toutes les radiations en O donnent la couleur blanche.	**0,5**
B.2	$x_V = k\frac{\lambda_v D}{a}$ et $x_R = k\frac{\lambda_R D}{a} \Rightarrow \lambda_R > \lambda_v \Rightarrow x_R > x_V$	**0,5**
B.3.a	$x = \frac{k\lambda D}{a} \Rightarrow 4\times10^6 \text{(en nm)} = \frac{k\lambda\times2\times10^9}{1\times10^6} \Rightarrow \lambda \text{ (en nm)} = \frac{2000}{k}$	**0.5**
B.3.b	$400 \le \lambda = \frac{2000}{k} \le 800$ $2{,}5 \le k \le 5 \Rightarrow k = 3,\ 4$ et 5 $\lambda_1 = \frac{2000}{3} = 667$ nm ; $\lambda_2 = \frac{2000}{4} = 500$ nm et $\lambda_2 = \frac{2000}{5} = 400$ nm	**0,75**
C	L'abscisse des points de l'écran où les radiations, arrivent en opposition de phase est: $x = \frac{(2k+1)\lambda D}{2a} \Rightarrow \frac{(2k_1+1)\lambda_1 D}{2a} = \frac{(2k_2+1)\lambda_2 D}{2a}$ $\Rightarrow \frac{(2k_1+1)\lambda_1 D}{2a} = \frac{(2k_2+1)\lambda_2 D}{2a} \Rightarrow \frac{(2k_1+1)}{(2k_1+1)} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{5}{3}$; $\lambda_1 < \lambda_2 \Rightarrow k_1 > k_2$; $900k_1 + 450 = 1500\,k_2 + 750 \Rightarrow 3k_1 - 5k_2 = 1$. Cette équation est vérifiée pour $k_1 = 2$ et $k_2 = 1$ (premier solution) $x \text{ (en mm)} = \frac{(4+1)450\times10^{-6}\times2\times10^3}{2\times1} = 2{,}25$ mm.	**0,75**

Quatrième exercice (7.5 points)

Partie de la Q.	Solution	Note
1	Oscillations électriques forcées	0,5
2.a.i	$I_0 = 0,5\,A$	0,25
2.a.ii	$f_0 = 3,2\times10^6\,HZ$	0,25
2.a.iii	$0 < f < 3.2$ MHz	0,5
2.b.i	L'excitateur est le générateur ; le résonateur (L, C).	0,5
2.b.ii	$\phi = 0$.	0,25
2.b.iii	$P = UI\cos\phi$; à la résonance $I = I_{max} = I_0$ et $\cos\phi = 1$ est max. puisque U = cte , P est max . $P_{max} = 5\times0,5\times1 = 2,5$ W.	0,5
2.b.iv	$P_{max} = 5\times0,5\times1 = 2,5$ W.	0,5
2.b.v	$P = R\times I_0^2 \Rightarrow R = \frac{2,5}{0,25} = 10\,\Omega$ À la résonance $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow L = 5\times10^{-6}\,H$	1
3.a.i	i= $I_0\sqrt{2}$ sin $(2\pi f_0 t)$	0,25
3.a.ii	$i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_c}{dt} \Rightarrow u_c = \frac{1}{C}\text{Primitive de } i = -\frac{I_0\sqrt{2}}{2\pi f_0 C}\cos(2\pi f_0 t)$	0,5
3.b.i	$U_c = \frac{I_0}{2\pi f_0 C} = \frac{0,5}{2\pi\times3,2\times10^6\times5\times10^{-10}} = 50\,V$	0,5
3.b.ii	$U_c = 50\,V > U = 5\,V \Rightarrow$ À la résonance , on a une surtension aux bornes du condensateur.	0,25
3.b.iii	possibilité d'électrocution car $U_C > 24V$	0,5
4	$\lambda = \frac{c}{f}$ (f étant la fréquence de l'onde émise par la station) $\Rightarrow f = \frac{3\times10^8}{94} = 3,19\times10^6$ Hz ; f étant très voisine de la fréquence propre $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 3,2\times10^6$ Hz du dipôle (D), on est à la résonance et on capte les émissions de (S) .	1,25

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.

<u>Premier exercice</u> : (7,5 points) Variation de l'énergie cinétique d'un système

Le but de cet exercice est de vérifier le théorème de l'énergie cinétique d'un système.
Un skieur, de masse M = 80 kg, descend de O vers A, à vitesse constante $\vec{V} = V\,\vec{i}$, de valeur V = 30 m/s, le long de la ligne de plus grande pente d'une piste inclinée d'un angle $\alpha = 30^o$ par rapport à l'horizontale.
La piste exerce sur le skieur une force de frottement constante $\vec{f} = -\,f\vec{i}$.
L'étude du mouvement du skieur se ramène à l'étude du mouvement de son centre d'inertie G sur $\overrightarrow{x'x}$ de vecteur unitaire $\vec{i}$ (figure 1).

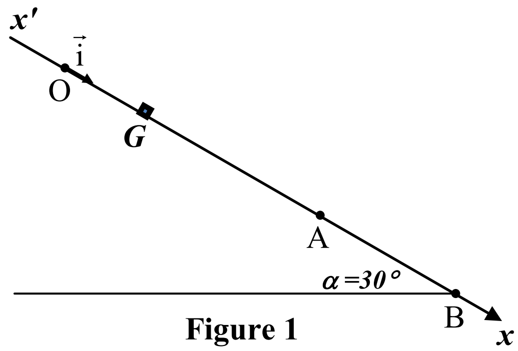


Figure 1

On néglige la résistance de l'air sur le skieur.
Prendre :
- le plan horizontal passant par B comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur du système (skieur, Terre) ;
- $g = 10\ m/s^2$.

1) Nommer et représenter en G les forces extérieures qui s'exercent sur le skieur le long du trajet OA.

2) **a)** Montrer que la quantité de mouvement $\vec{P}$ du skieur est constante.
b) En appliquant au skieur, entre les points O et A, la deuxième loi de Newton, déduire la valeur f de $\vec{f}$.

3) Pour s'arrêter en B, le skieur exerce à partir de A une force de freinage constante $\vec{f_1} = -f_1\vec{i}$. Le skieur parcourt AB pendant un intervalle de temps Δt = 3 s.
a) Déterminer la valeur de $\vec{f_1}$, en admettant que $\frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t} \approx \frac{d\vec{P}}{dt}$.
b) L'énergie mécanique du système (skieur, Terre) diminue de A à B. Nommer les forces responsables de cette diminution.
c) Déterminer la distance AB parcourue par le skieur au bout de l'intervalle de temps Δt.

4) **a)** Déterminer entre A et B :
i. la variation ΔE_{pp} de l'énergie potentielle de pesanteur du système (skieur, Terre) ;
ii. le travail effectué par son poids $W_{M\vec{g}}$.
b) Comparer ΔE_{pp} et $W_{M\vec{g}}$.

5) ΔE_C et $\sum W_{\vec{F}_{ext}}$ sont respectivement la variation de l'énergie cinétique du skieur et la somme algébrique des travaux des forces extérieures appliquées au skieur entre A et B.
Vérifier, entre A et B, le théorème de l'énergie cinétique $\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}_{ext}}$.

<u>Deuxième exercice</u> : (7,5 points) Caractéristiques d'un circuit (RLC)

On dispose :

- d'un générateur G délivrant une tension alternative sinusoïdale : $u_{AM} = u_G = U\sqrt{2}\cos\omega t$ (u_{AM} en V et t en s), où U = 5 V et $\omega = 2\pi f$ avec f fréquence réglable ;
- d'une bobine d'inductance L de résistance négligeable ;
- d'un condensateur de capacité C ;
- d'un conducteur ohmique de résistance R = 150 Ω ;
- d'un oscilloscope ;
- d'un milliampèremètre de résistance négligeable ;
- d'un interrupteur K et de fils de connexion.

Dans le but de déterminer L et C, on réalise les expériences suivantes :

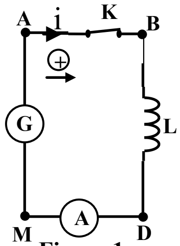


Figure 1

A- Première expérience
On réalise successivement le montage de la figure 1 et celui de la figure 2.
Pour une valeur f = 500 Hz, l'intensité efficace I, indiquée par le milliampèremètre, prend la même valeur I = 50 mA dans chacun des deux montages considérés. Prendre $\frac{1}{\pi} = 0{,}32$.

1) La bobine est branchée aux bornes de G (figure 1) ; le circuit est parcouru par un courant d'intensité $i = I\sqrt{2}\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$. (i en A et t en s)

a) Déterminer l'expression de la tension $u_{BD} = u_b$ en fonction de L, ω, I et t.
b) Déduire la valeur de L.

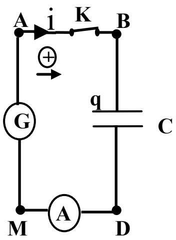


Figure 2

2) Le condensateur est branché aux bornes de G (figure 2) ; le circuit est parcouru par un courant d'intensité $i = I\sqrt{2}\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$.

a) Déterminer l'expression de la tension $u_{BD} = u_c$ en fonction de C, ω, I et t.
b) Déduire la valeur de C.

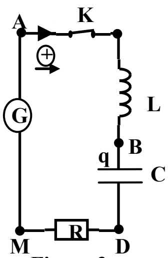


Figure 3

B- Deuxième Expérience
Pour s'assurer des valeurs de L et C obtenues dans la première expérience, on réalise le montage du circuit schématisé par la figure 3. Ce circuit comprend le générateur, la bobine, le condensateur et le conducteur ohmique de résistance R = 150 Ω. L'oscilloscope, convenablement branché, visualise sur la voie (1), la tension u_{AM} aux bornes du générateur, et sur la voie (2), la tension u_{DM} aux bornes du conducteur ohmique. Ces tensions sont schématisées par l'oscillogramme de la figure 4.

Le circuit est parcouru par un courant d'intensité $i = I\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi)$.

1) Reproduire la figure 3 et indiquer les branchements de l'oscilloscope.

2) En appliquant la loi d'additivité des tensions et en donnant à t une valeur particulière, montrer que : $\tan\varphi = \dfrac{\frac{1}{C\omega} - L\omega}{R}$.

3) En se référant à l'oscillogramme de la figure 4 visualisé sur l'écran de l'oscilloscope, déterminer :
a) la valeur de la fréquence f de u_{AM} ;
b) la valeur du déphasage φ entre u_{AM} et i.

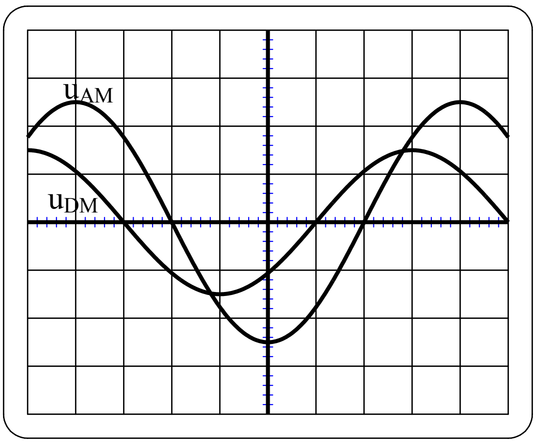


Figure 4
Sensibilité horizontale : 0,5 ms/div

4) La tension efficace U aux de G étant maintenue constante, on fait varier f. On observe que u_{AM} et u_{DM} deviennent en phase lorsque f prend la valeur f_0 = 500 Hz.

a) Nommer le phénomène mis en évidence.

b) Écrire la relation donnant ω_0 en fonction de L et C.

5) Déterminer L et C.

<u>Troisième exercice</u> : (7,5 points) Aspect corpusculaire de la lumière

Le but de cet exercice est d'étudier le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène et d'utiliser la lumière émise pour produire l'effet photoélectrique.

Données :

- Constante de Planck : $h = 6{,}62\times10^{-34}$ J·s ;
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3\times10^{8}$ m/s ;
- 1 eV = $1{,}602\times10^{-19}$ J ;
- Charge élémentaire : $e = 1{,}602\times10^{-19}\,\text{C}$;
- 1 nm = 10^{-9} m.

A- Atome d'hydrogène

Ce spectre est constitué, dans sa partie visible, de quatre raies notées H_α, H_β, H_γ et H_δ de longueurs d'onde respectives dans le vide 656,27 nm , 486,13 nm, 435,05 nm et 410,17 nm.

I- En 1885, Balmer remarqua que les longueurs d'onde λ de ces quatre raies vérifient la relation empirique : $\lambda = \lambda_0 \dfrac{n^2}{n^2-4}$ où λ_0 = 364,6 nm et n un entier positif non nul.

1) La plus petite valeur de n est 3. Justifier.

2) Calculer la longueur d'onde de la raie correspondante.

3) Déduire les valeurs de n qui correspondent aux longueurs d'onde des trois autres raies visibles du spectre d'émission de l'hydrogène.

II- Les niveaux d'énergie quantifiés de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation :

$$E_n = -\frac{13{,}6}{n^2} \text{ (en eV) où n est un entier positif non nul.}$$

En utilisant l'expression de E_n , déterminer l'énergie de l'atome quand il est :

1) dans le niveau fondamental ;

2) dans chacun des cinq premiers niveaux excités ;

3) à l'état ionisé.

B- Effet photoélectrique

Une lampe à hydrogène de puissance P_s = 2 W, émet uniformément des radiations dans toutes les directions dans un milieu homogène et non absorbant. Cette lampe éclaire la cathode C d'une cellule photoélectrique au potassium ayant une surface utile s = 2 cm^2, et située à une distance D = 1,25 m de la lampe (Figure 1). Le travail d'extraction du potassium W_0 = 2,20 eV.

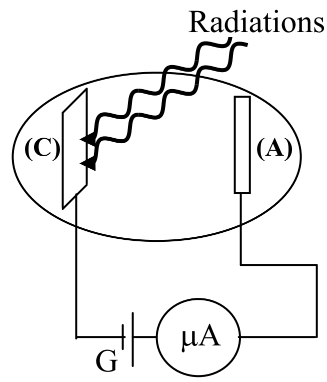


Figure 1

1) Calculer la longueur d'onde seuil de la cathode de potassium.

2) Parmi les raies de la série de Balmer, préciser les radiations qui peuvent provoquer l'émission photoélectrique.

3) À l'aide d'un filtre, on éclaire la cellule par la lumière bleue H_β de longueur d'onde λ = 486,13 nm. Le générateur G est réglée de façon à permettre à l'anode (A) de capter tous les électrons émis par la cathode dont le rendement quantique est r = 0,875 %.

a) Montrer que la puissance rayonnante P_0 reçue par la cellule vaut $2{,}04\times10^{-5}$ W.

b) Déterminer le nombre N_0 des photons incidents reçus par la cathode en une seconde.

c) Déterminer l'intensité du courant traversant le circuit.

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

Le but de cet exercice est d'étudier le mouvement d'un pendule pesant.
On considère un pendule pesant (P) constitué :

- d'une tige (R) rectiligne, homogène, de longueur AB = ℓ et de masse m ;
- d'un solide (S) ponctuel de masse m_1, pouvant coulisser le long de la partie OB, O étant le milieu de la tige.

On fixe (S) en un point C tel que $\overline{OC}$ = x (x > 0). (P) peut osciller, dans un plan vertical, autour d'un axe horizontal (Δ) perpendiculaire en O à la tige (Figure 1).

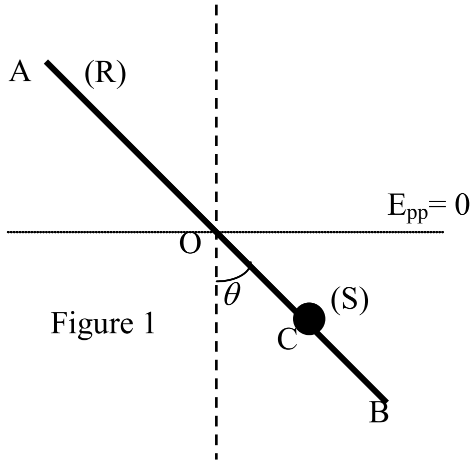


Figure 1

On écarte le pendule de sa position d'équilibre d'un angle θ_m faible, puis on le lâche sans vitesse à la date $t_0 = 0$; le pendule oscille alors, sans frottement, autour de sa position d'équilibre. À la date t, l'élongation angulaire du pendule est θ et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$.

On donne : moment d'inertie de la tige par rapport à l'axe de rotation (Δ) : $I_0 = \frac{1}{12}m\ell^2$;

$m = 3m_1$; $\ell = 0,5$ m ; $g = 10$ m/s^2 et $\pi^2 = 10$.

Pour θ faible : $\cos\theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$ et $\sin\theta \approx \theta$ (θ en rd)

G est le centre d'inertie du pendule et le plan horizontal passant par O est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

1) Montrer que :

a) $\overline{OG} = \frac{x}{4}$;

b) l'expression du moment d'inertie du pendule par rapport à (Δ) est : $I = \frac{m}{12}(\ell^2 + 4x^2)$.

2) Déterminer l'expression de l'énergie mécanique du système (pendule, Terre) en fonction de θ, θ', m, x et ℓ.

3) **a)** Établir l'équation différentielle du second ordre en θ qui régit les oscillations du pendule.

b) Déduire que l'expression de la période propre du pendule est $T_0 = \sqrt{\frac{4x^2 + \ell^2}{x}}$.

4) **a)** Déterminer la valeur de x pour laquelle T_0 est minimale.

b) Déduire que $T_{0\,(min)} = 1,41$ s.

5) À l'aide d'un dispositif de couplage, le pendule (P) joue le rôle d'un excitateur pour un pendule simple (P_1) de longueur $\ell_1 = 65$ cm. Les oscillations de (P) et (P_1) sont faiblement amorties.

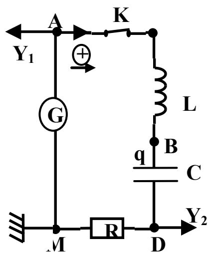
a) Sachant que la période propre d'un pendule simple, pour de faibles oscillations, est donnée par $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$, calculer la valeur de la période propre T_{01} de (P_1).

b) i) (P) oscille maintenant avec sa période minimale. On constate que (P_1) n'entre pas en résonance d'amplitude avec (P). Justifier.

ii) On déplace (S) entre O et B. Pour une valeur x_0 de x, on constate que (P_1) oscille avec une grande amplitude. Déterminer la valeur de x_0.

دورة العام ٢٠١٦ العاديّة الاثنين ١٣ حزيران 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 : **Variation de l'énergie cinétique d'un système**		7 ½
Q	**Corrigé**	**Note**
1	Le skieur est soumis aux forces suivantes: • réaction normal $\vec{N}$; • Poids $m\vec{g}$; • La force de frottement $\vec{f}$ Schéma	¾
2.a	$\vec{P} = M\vec{V}$ comme $\vec{V} = \overrightarrow{Cte}$ $\Rightarrow$ $\vec{P} = \overrightarrow{Cte}$	¾
2.b	$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{p} + \vec{N} + \vec{f} = \vec{0}$ suivant x'x : Mgsinα – f = 0 ⇒ f = 400 N	**1**
3.a	$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{p} + \vec{f} + \vec{N} + \vec{f_1} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$ or $\vec{p} + \vec{f} + \vec{N} = \vec{0} \Rightarrow \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t} = \vec{f_1}$ Suivant x'x : $-f_1 = \frac{MV_B - MV_A}{\Delta t} = \frac{-MV_A}{\Delta t} \Rightarrow f_1 = 800$ N. **Ou bien** : $\frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t} = \sum\vec{F}_{ext} \Rightarrow \frac{\vec{P}_O - \vec{P}_A}{\Delta t} = \sum\vec{F}_{ext}$ projection suivant x'x : $\frac{0 - MV_A}{\Delta t} = Mg\sin\alpha - f - f_1 = 0 - f_1 = -f_1 \Rightarrow f_1 = 800N$	**1**
3.b	Force de freinage f_1 Force de frottement f	½
3.c	$\Delta E_m = W(\vec{f}) + W(\vec{f_1}) \Rightarrow E_{mB} - E_{mA} = W(\vec{f}) + W(\vec{f_1}) \Rightarrow$ $-1/2\ MV^2 - Mg\ AB\sin\alpha = -f.AB - f_1.AB \Rightarrow (40\times900) + (400\times AB) = 1200\times AB$ $\Rightarrow AB = 45$ m.	**1**
4.a.i	$\Delta E_{pp} = Epp_B - Epp_A = 0 - Mg\ AB\sin\alpha = -Mg\ AB\sin\alpha = -1800$ J	¾
4.a.ii	$W(M\vec{g}) = Mgh = Mg\ AB\sin\alpha = 1800$ J	½
4.b	$\Delta E_{pp} = -W(M\vec{g})$	¼
5	$\Delta E_C = EC_B - EC_A = 0 - ½\ M V_A^2 = -36\ 000J$ $\sum W_{\vec{F}_{ext}} = W_{M\vec{g}} + W_{\vec{N}} + W_{\vec{f}} + W_{\vec{f_1}} = 1800 + 0 - (400+800)45 = -36000J$ $\Rightarrow \Delta E_C = \sum W_{\vec{F}_{ext}}$ **Ou bien** : $\Delta E_m = \Delta E_C + \Delta E_{pp} = W(\vec{f}) + W(\vec{f_1})$ $\Rightarrow \Delta E_C = W(\vec{f}) + W(\vec{f_1}) - \Delta E_{pp} = W(\vec{f}) + W(\vec{f_1}) + W(M\vec{g})$ Or $W(\vec{N}) = 0 \Rightarrow \Delta E_C = \sum W_{\vec{F}_{ext}}$	**1**

Deuxième exercice : **Caractéristiques d'un circuit (RLC)**		7 ½
Q.	**Corrigé**	**Note**
A.1.a	$u_{BD} = u_b = L\dfrac{di}{dt} = -LI\omega\sqrt{2}\sin(\omega t - \dfrac{\pi}{2})$	¾
A.1.b	$u_{AM} = u_{BD} \Rightarrow -LI\omega\sqrt{2}\sin(\omega t - \dfrac{\pi}{2}) = U\sqrt{2}\cos\omega t \Rightarrow LI\omega\sqrt{2}\cos(\dfrac{\pi}{2} + \omega t - \dfrac{\pi}{2}) = U\sqrt{2}\cos\omega t$ par comparaison : $U\sqrt{2} = LI\omega\sqrt{2} \Rightarrow L = 0{,}032$ H = 32 mH. **Ou bien** : $-LI\omega\sqrt{2}\sin(\omega t - \dfrac{\pi}{2}) = U\sqrt{2}\cos\omega t$ Pour t = 0 : $U\sqrt{2} = LI\omega\sqrt{2} \Rightarrow L = 0{,}032$ H = 32 mH.	¾
A.2.a	$i = C\dfrac{du_C}{dt} \Rightarrow u_C = \dfrac{1}{C}\int idt = \dfrac{I\sqrt{2}}{C\omega}\sin(\omega t + \dfrac{\pi}{2})$	¾
A.2.b	$u_{AM} = u_{BD} \Rightarrow U\sqrt{2}\cos\omega t = \dfrac{I\sqrt{2}}{C\omega}\sin(\omega t + \dfrac{\pi}{2}) \Rightarrow U\sqrt{2}\cos\omega t = \dfrac{I\sqrt{2}}{C\omega}\cos(\dfrac{\pi}{2} - \omega t - \dfrac{\pi}{2})$ par comparaison : $U\sqrt{2} = \dfrac{I\sqrt{2}}{C\omega} \Rightarrow C = 3{,}2\times10^{-6}$ F $= 3{,}2$ μF **Ou bien** : $u_{AM} = u_{BD} \Rightarrow U\sqrt{2}\cos\omega t = \dfrac{I\sqrt{2}}{C\omega}\sin(\omega t + \dfrac{\pi}{2})$ Pour t = 0 : $U\sqrt{2} = \dfrac{I\sqrt{2}}{C\omega}\sin(\dfrac{\pi}{2}) \Rightarrow C = 3{,}2\times10^{-6}$ F $= 3{,}2$ μF	¾
B.1	branchements de l'oscilloscope  	¼
B.2	$u_{AM} = u_{AB} + u_{BD} + u_{DM} \Rightarrow$ $U\sqrt{2}\cos\omega t = -LI\omega\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi) + \dfrac{I\sqrt{2}}{C\omega}\sin(\omega t + \varphi) + RI\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi)$ Pour $\omega t = \dfrac{\pi}{2} \Rightarrow 0 = -LI\sqrt{2}\cos\varphi + \dfrac{I\sqrt{2}}{C\omega}\cos\varphi - RI\sqrt{2}\sin\varphi \Rightarrow \tan\varphi = \dfrac{\frac{1}{C\omega} - L\omega}{R}$	1
B.3.a	$T = 4$ ms $\Rightarrow f = \dfrac{1}{T} = 250\text{Hz}$.	½
B.3.b	$\lvert\varphi\rvert = \dfrac{2\pi}{8} = \dfrac{\pi}{4}$ rad	½
B.4.a	Résonance d'intensité	¼
B.4.b	$\varphi = 0 \Rightarrow tg\,\varphi = 0 \Rightarrow \dfrac{1}{C\omega_0} = L\omega_0 \Rightarrow LC = \dfrac{1}{\omega_0^2}.\ \omega_0^2 = \dfrac{1}{LC} \Rightarrow \omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$	½

	Ou bien : $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{\omega_0}{2\pi} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	
B.5	A la résonnance : $LC = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2}$ Pour $\varphi = \frac{\pi}{4} \Rightarrow 1 = \frac{\frac{1}{C\omega} - L\omega}{R} \Rightarrow \frac{1}{C\omega} - L\omega = R \Rightarrow 1 - LC\omega^2 = RC\omega$ $\Rightarrow 1 - \frac{1}{\omega_0^2}\omega^2 = RC\omega \Rightarrow C = \frac{1}{R\omega} - \frac{\omega}{\omega_0^2 \times R} = 3{,}2\times10^{-6}$ F = 3,2 µF $\Rightarrow LC = \frac{1}{\omega_0^2} \Rightarrow L = \frac{1}{C\omega_0^2} = 32$ mH	1 ½

Troisième exercice : Aspect corpusculaire de la lumière		**7 ½**
Q.	**Corrigé**	**Note**
A.I.1	λ , λ_0 et n^2 sont positifs alors $n^2 - 4 > 0 \Rightarrow n^2 > 4$ et $n > 2$; la plus petite valeur de n est alors 3	½
A.I.2	$\lambda = \lambda_0 \frac{n^2}{n^2-4} \Rightarrow \lambda = 364{,}7 \text{ x } \frac{9}{9-4} = 656{,}46$ nm	½
A.I.3	Dans ces conditions n prend les valeurs suivantes : n = 4 on trouve λ = 486,13 nm , n = 5 on trouve λ = 435,05 nm , n = 6 on trouve λ = 410,17 nm	¾
A.II.1	Niveau fondamental n = 1 alors E_1 = - 13,6 eV	**0.5**
A.II.2	Premier niveau excité n = 2 alors $E_2 = \frac{-13{,}6}{4}$ = - 3,4 eV ; deuxième niveau excité n = 3 alors E_3 = -1,51 eV ; E_4 = - 0,85 eV ; E_5 = - 0,54 eV ; E_6 = -0,38 eV .	**1.25**
A.II.3	L'atome est ionisé lorsque n $\rightarrow \infty \Rightarrow E_\infty = 0$	½
B.1	$W_0 = \frac{hc}{\lambda_S} \Rightarrow \lambda_S = \frac{hc}{W_0} = 5{,}65\times10^{-7}\,\text{m} = 565$ nm	¾
B.2	Les raies de la série Balmer capables de produire l'émission photoélectrique doivent avoir une longueur d'onde $\lambda < \lambda s \Rightarrow$ les raies H_β , H_γ et H_δ provoquent l'émission photoélectrique car $\lambda_\beta < \lambda s$; $\lambda_\gamma < \lambda s$ et $\lambda_\delta < \lambda s$	½
B.3.a	La puissance rayonnante P_0 reçue par la cellule est donnée par : $P_0 = \frac{P_s \times s}{4\pi D^2} = 2{,}04\times10^{-5}\,\text{W}$	¾
B.3.b	Le nombre N_0 de photons incidents sur la cathode en une seconde est : $N_0 = \frac{E_{\text{reçue}} \text{ en 1s}}{E_{\text{photon}}} = \frac{E_{\text{reçue}} \text{ en 1s}}{hc/\lambda_\beta} 4{,}99\times10^{13}\,\text{photons / s}$	¾
B.3.c	Le nombre des photons efficaces = nombre des électrons émis N_e $\Rightarrow N_e = r \times N_0 = 4{,}37\times10^{11}$ électrons/s $I_0 = \frac{q}{t} = \frac{N_e e}{t} = 6{,}99\times10^{-8}\,\text{A}$	¾

Quatrième exercice : Pendule pesant		7 ½
Q.	**Corrigé**	**Note**
1.a	$(m + m_1)\overrightarrow{OG} = m\,\overrightarrow{OO} + m_1\overrightarrow{OM} \Rightarrow \overline{OG} = \dfrac{x}{4}$	½
1.b	$I_{(sys)} = I_{(tige)} + I_{(S)} \Rightarrow I = \dfrac{1}{12}m\ell^2 + \dfrac{m}{3}x^2 = \dfrac{m}{12}(4x^2+\ell^2)$.	½
2	$\dfrac{1}{2}I\theta'^2 - (m+m_1)gOG\cos\theta = \dfrac{m}{24}(4x^2 + \ell^2)\theta'^2 - \dfrac{4m}{3}g\dfrac{x}{4}\cos\theta$	¾
3.a	$E_m = Cte \Rightarrow \dfrac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow \dfrac{m}{12}(4x^2+\ell^2)\theta'\theta'' + \dfrac{m}{3}gx\theta'\sin\theta = 0$ Pour des faibles oscillations : $\sin\theta \approx \theta \Rightarrow \theta'' + \left(\dfrac{4gx}{4x^2 + \ell^2}\right)\theta = 0$	¾
3.b	Cette équation différentielle est de la forme : $\theta'' + \omega_0^2\theta = 0 \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\dfrac{4gx}{4x^2+\ell^2}} \Rightarrow T_0 = \sqrt{\dfrac{4x^2+\ell^2}{x}}$.	½
4.a	$\dfrac{dT_0}{dx} = \dfrac{\frac{1}{2}\left(\frac{4x^2-\ell^2}{x^2}\right)}{\sqrt{\frac{4x^2 + \ell^2}{x}}}$; T_0 est minimale lorsque $\dfrac{dT_0}{dx} = 0 \Rightarrow 4x^2 - \ell^2 = 0$; alors T_0 est minimale pour $4x^2 = \ell^2 \Rightarrow x = \pm\dfrac{\ell}{2}$ or $x > 0 \Rightarrow x = \dfrac{\ell}{2}$	1 ½
4.b	$T_0 = \sqrt{\dfrac{\ell^2 + \ell^2}{\frac{\ell}{2}}} = 2\sqrt{\ell} = 1{,}41\text{s}$.	½
5.a	$T_{01} = 2\pi\sqrt{\dfrac{\ell_1}{g}} = 1{,}61$ s	½
5.b.i	Le phénomène de résonance d'amplitude aura lieu lorsque au cours des oscillations forcées, imposées par l'excitateur sur le résonateur, la période propre de l'excitateur devient égale (très voisine) de celle du résonateur. Comme T_0 =1,41 s de (P) est plus petite de T_{01} = 1,61 s de (P_1), donc le phénomène de résonance ne peut pas avoir lieu.	½
5.b.ii	(P_1) oscille avec une grande amplitude, donc il est en résonance d'amplitude avec (P); alors la période propre de (P) est égale à T_{01}. $T_0 = \sqrt{\dfrac{4x^2+\ell^2}{x}} = 1{,}61 \Rightarrow 4x^2 - (1{,}61)^2x + \ell^2 = 0$. La solution de cette équation du second degré donne ; x_1 = 53 cm (inacceptable car elle est > que $\dfrac{\ell}{2}$ = 25 cm) et x_2 = 11,75 cm (acceptable)	1 ½

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

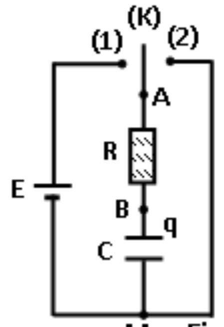


Fig.1

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.

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.

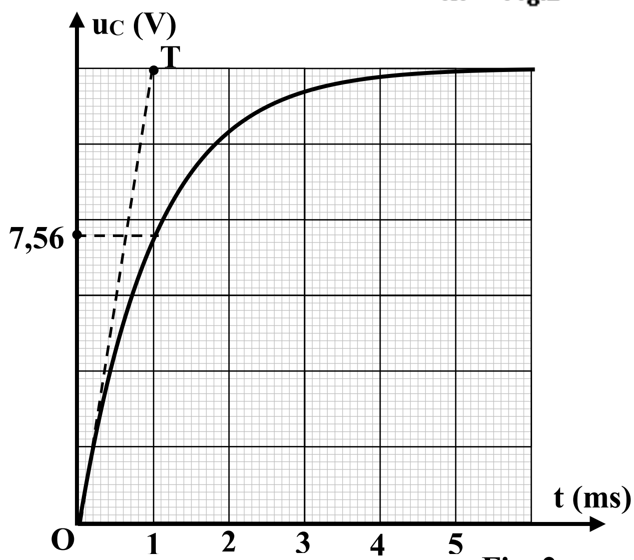


Fig. 2

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 :

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).

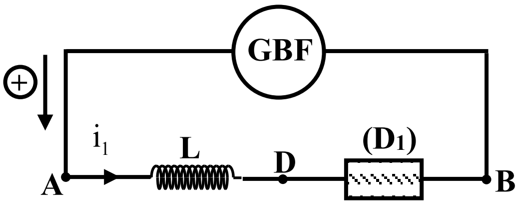


Fig.1

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).

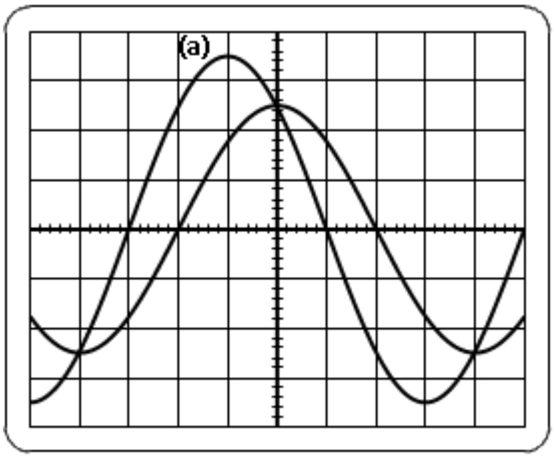


Fig. 2

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

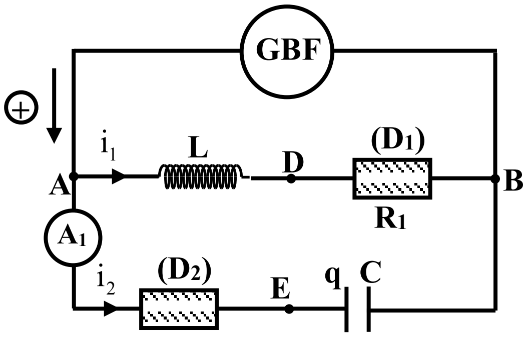


Fig.3

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).

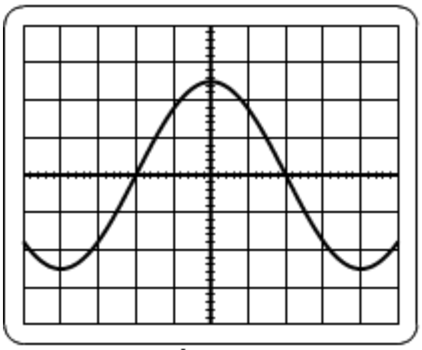


Fig. 4

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

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') : $I = 3{,}2\times10^{-6}$ 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 $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$.

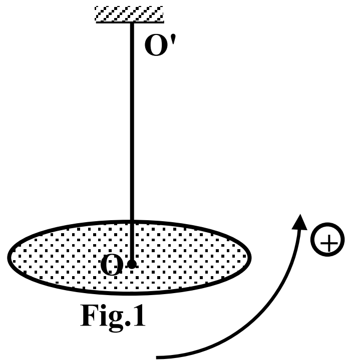


Fig.1

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).

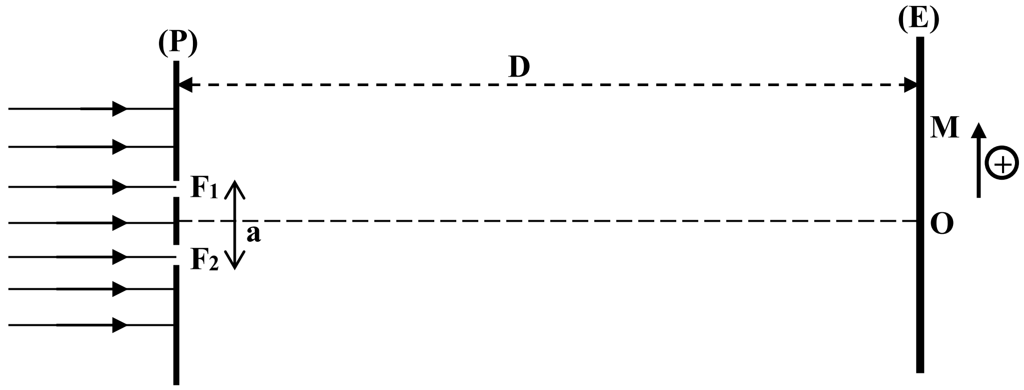
Déterminer, en jours, la durée maximale pour entretenir les oscillations du pendule.

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 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 $k^{ième}$ frange sombre.

2) Déduire l'expression de l'interfrange i.

3) Calculer i.

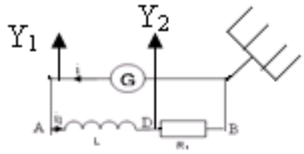
4) Soit N un point sur l'écran (E) d'abscisse : $x_N = \overline{ON} = 2,4$ mm. Préciser la nature et l'ordre de la frange en N.

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.

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

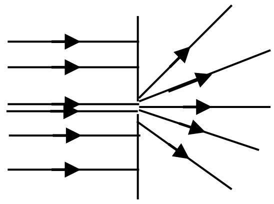
Deuxième exercice (7,5 points)

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	$T = 8\times 1 = 8$ ms $= 0.008$ s; $\omega = \frac{2\pi}{T} = 250\ \pi$ rd/s.	1.00
A.2.b.ii	$U_m = 3.5\times 1 = 3.5$ V; $U_{m1} = 2.5\times 1 = 2.5$ V.	1.00
A.2.b.iii	$\varphi = \frac{2\pi}{8}\times 1 = \frac{\pi}{4}$ 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

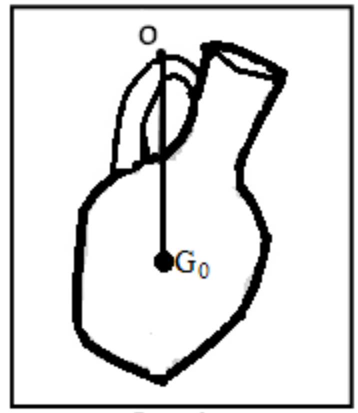
Quatrième exercice : (7,5 points)

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 $\tan\frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha_{rad}}{2} \Rightarrow \quad L = \alpha \times D = \frac{2\lambda D}{a_1}$.	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

Cette épreuve est formée de quatre exercices répartis sur quatre pages.
L'usage d'une calculatrice non programmable est recommandé.

Exercice 1 (8 points) Détermination du moment d'inertie d'un vase de poterie

Le but de cet exercice est de déterminer le moment d'inertie d'un vase de poterie par rapport à deux axes de rotation distincts. Le vase a une masse $m = 2$ kg et un centre de masse G.



Doc. 1

1- Moment d'inertie du vase par rapport à un axe horizontal

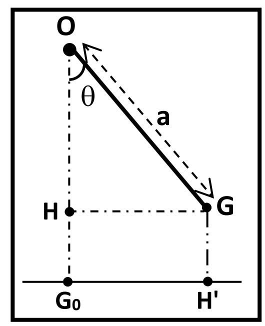
On suspend le vase au point O. Le vase est assimilé à un pendule pesant qui peut osciller librement, sans frottement, autour d'un axe horizontal (Δ) passant par O (Doc. 1). Le moment d'inertie du vase par rapport à (Δ) est I.

À l'équilibre, le centre de masse du vase est à la position G_0 sur la verticale passant par le point de suspension O ($OG = OG_0 = a = 24$ cm).

Le vase est écarté de sa position d'équilibre stable d'un petit angle $\theta_m = 0{,}16$ rd, puis il est lâché sans vitesse initiale.

Le document 2 est un schéma simplifié du pendule pesant à un instant t quelconque.

À l'instant t, l'abscisse angulaire de G est $\theta = (\overrightarrow{OG_0}, \overrightarrow{OG})$ et la valeur algébrique de sa vitesse angulaire est $\theta' = \dfrac{d\theta}{dt}$.



Doc. 2

Le plan horizontal passant par G_0 est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur. Négliger la résistance de l'air.

Données : $g = 10$ m/s^2 ; Pour des angles faibles : $\cos\theta = 1 - \dfrac{\theta^2}{2}$ et $\sin\theta = \theta$ (θ en radian).

1-1) Déterminer, à un instant t, l'expression de l'énergie mécanique du système (pendule - Terre) en fonction de I, a, g, m, θ et θ′.

1-2) Établir l'équation différentielle en θ qui régit le mouvement du pendule.

1-3) La solution de l'équation différentielle obtenue est : $\theta = \theta_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$ où ω_0, θ_m et φ sont des constantes.

1-3-1) Déterminer l'expression de la pulsation propre ω_0.

1-3-2) Déduire l'expression de la période propre T_o des oscillations en fonction de I, m, g et a.

1-4) Le pendule effectue 9 oscillations en 25,2 secondes.

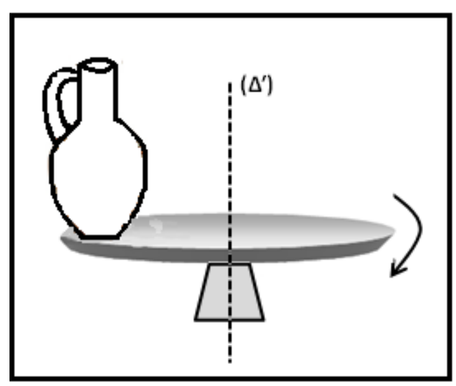
1-4-1) Calculer la période propre T_o des oscillations.

1-4-2) Déduire la valeur de I.

1-5) Un dispositif approprié mesure la vitesse angulaire du pendule. Lorsque le pendule passe par sa position d'équilibre, sa vitesse angulaire est $\theta'_{éq} = 0{,}36$ rd/s. Appliquer le principe de conservation de l'énergie mécanique du système (pendule, Terre) pour déterminer de nouveau la valeur de I.

2- Moment d'inertie du vase par rapport à un axe vertical

On considère un disque horizontal tournant dans le sens de rotation des aiguilles d'une montre avec une vitesse angulaire $\theta'_d = 0{,}7$ rd/s autour d'un axe vertical (Δ') passant par son centre de masse. La masse du disque est $M = 20$ kg et son rayon est $R = 50$ cm.



Doc. 3

On place lentement le vase sur le bord du disque tournant. Le système (disque - vase) tourne dans le sens de rotation des aiguilles d'une montre avec une vitesse angulaire $\theta'_{\text{système}} = 0{,}45$ rd/s.

Le moment d'inertie du disque par rapport à (Δ') est : $I_d = \frac{1}{2}MR^2$.

Le moment d'inertie du vase par rapport à (Δ') est I'.

2-1) Nommer les forces extérieures agissant sur le système (disque - vase).

2-2) Montrer que le moment cinétique σ, par rapport à (Δ'), du système (disque - vase) est conservé.

2-3) Déduire la valeur de I'.

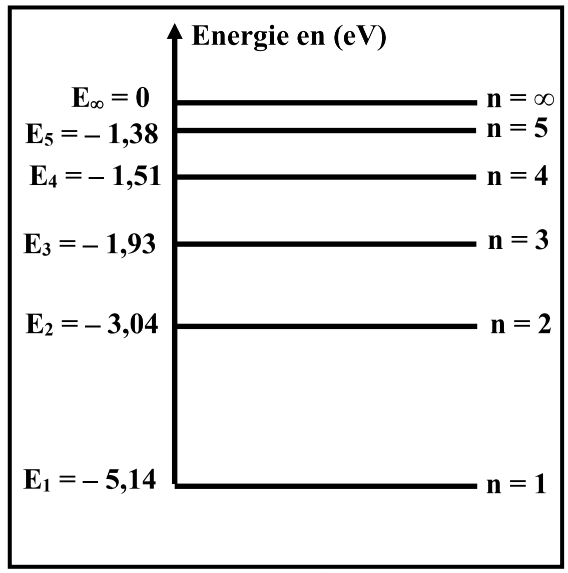
<u>Exercice 2</u> (7,5 points) Atome de Sodium

Le document 1 représente quelques niveaux d'énergie de l'atome de sodium.

Données : $h = 6{,}6 \times 10^{-34}$ J.s ; $c = 3 \times 10^{8}$ m/s ;

$1\text{eV} = 1{,}6 \times 10^{-19}$ J ; 1 u = 931,5 MeV/c^2.

Le but de cet exercice est d'étudier l'excitation et la désexcition de l'atome de sodium.



Doc. 1

1- Excitation de l'atome de sodium

On considère un échantillon d'atomes de sodium initialement à l'état fondamental.

Cet échantillon est éclairé par une lumière blanche qui contient toutes les radiations visibles : $0{,}4\ \mu\text{m} \leq \lambda_{\text{visible}} \leq 0{,}8\ \mu\text{m}$.

1-1) En utilisant le document 1, montrer que l'énergie de l'atome de sodium est quantifiée.

1-2) Déterminer, en eV, l'énergie maximale et l'énergie minimale des photons de la lumière blanche.

1-3) En utilisant le document 1, montrer que la lumière blanche n'est pas capable d'ioniser l'atome de sodium.

1-4) Déterminer, en nm, la longueur d'onde d'un photon absorbé par l'atome de sodium pour passer au premier niveau excité.

2- Désexcitation de l'atome de sodium

Le spectre d'émission, obtenu de la lampe à vapeur de sodium à faible pression, contient deux raies jaunes très rapprochées de longueurs d'onde $\lambda_1 = 589{,}0$ nm et $\lambda_2 = 589{,}6$ nm. Ces deux raies sont appelées le doublet D du sodium.

2-1) L'atome de sodium se désexcite du niveau d'énergie E_n à l'état fondamental en émettant un photon de longueur d'onde $\lambda_1 = 589{,}0$ nm. Préciser, en eV, la valeur de E_n.

2-2) L'atome de sodium subit une transition du niveau d'énergie E_3 au niveau d'énergie E_1. Durant cette transition il perd de l'énergie $E_{3\to1}$ et sa masse diminue de Δm.

2-2-1) Calculer, en MeV, la valeur de $E_{3\to1}$.

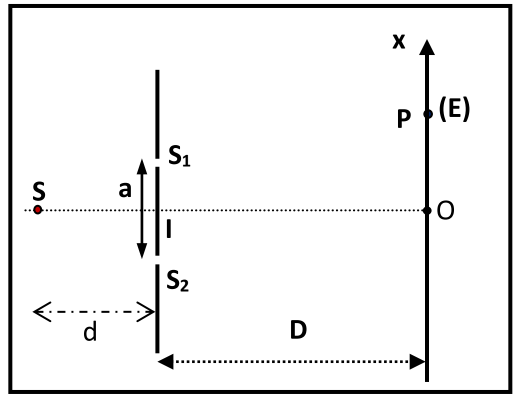
2-2-2) Déduire, en u, la valeur de Δm.

2-3) La puissance des radiations de longueur d'onde λ_1 et λ_2 émises par la lampe à vapeur de sodium est P = 6 W. La puissance P_1 de la radiation de longueur d'onde λ_1 est deux fois plus grande que la puissance P_2 de la radiation de longueur d'onde λ_2.

2-3-1) Montrer que $P_1 = 4$ W.

2-3-2) Déterminer le nombre de photons, de la radiation de longueur d'ondeλ_1, émis par la lampe à vapeur de sodium en une seconde.

Exercice 3 (7 points) Interférences lumineuses



Doc. 1

Le document 1 montre le dispositif des fentes d'Young. (OI) est la médiatrice à $[S_1S_2]$. Une source ponctuelle S, émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ = 500 nm dans l'air, est placée devant S_1 et S_2.

P est un point sur la figure d'interférence obtenue sur un écran (E) et a pour abscisse $x = \overline{OP}$ relativement à l'origine O de l'axe (Ox). La distance entre S_1 et S_2 est « a », et la distance entre le plan des deux fentes et l'écran (E) est D.

On donne : $S_2P - S_1P = \dfrac{ax}{D}$.

La différence de marche optique au point P est $\delta = SS_2P - SS_1P$.

Le but de cet exercice est de déterminer les valeurs de « a » et D.

1) S est placé sur (OI) comme le montre le document 1. Dans ce cas la différence de marche optique au point P est $\delta = \dfrac{ax}{D}$.

1-1) Montrer que le point O est le centre de la frange brillante centrale.

1-2) Déterminer l'expression de l'abscisse du centre de la $k^{\text{ième}}$ frange sombre.

1-3) Déduire l'expression de l'interfrange i en fonction de a, λ et D.

1-4) Un dispositif approprié enregistre, en fonction de x, l'intensité de la lumière reçue de S sur l'écran (E). Le graphe du document 2 montre l'intensité en fonction de x entre deux points A et B.

En se référant au document 2 :

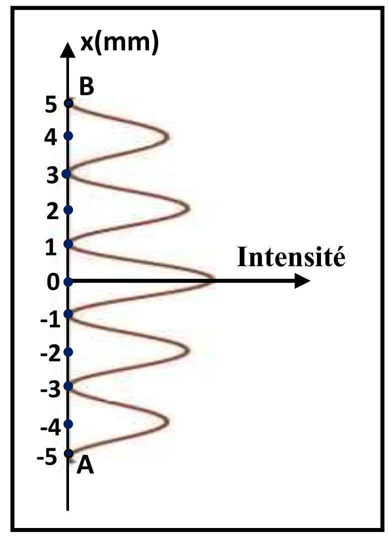
1-4-1) indiquer le nombre des franges brillantes entre A et B ;

1-4-2) donner l'expression de la distance AB en fonction de l'interfrange i ;

1-4-3) indiquer l'ordre et la nature de la frange dont le centre est B ;

1-4-4) donner l'abscisse du centre de la première frange sombre du côté positif de O.

1-5) Déduire que D = 4000 a (SI).



Doc. 2

2) La source ponctuelle S se trouve à une distance « d » du plan des deux fentes ;
S est déplacée d'une distance z du côté de S_1, perpendiculairement à (IO) et normalement aux deux fentes.

On donne : $SS_2 - SS_1 = \dfrac{az}{d}$.

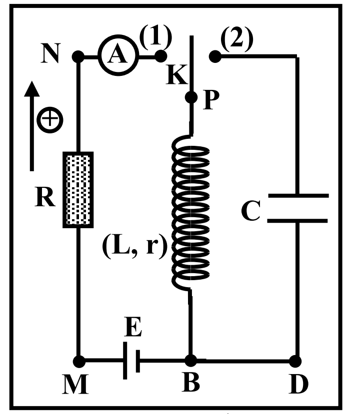
2-1) Montrer que la différence de marche optique au point P est : $\delta = \dfrac{az}{d} + \dfrac{ax}{D}$.

2-2) Déduire l'expression de l'abscisse du centre de la frange brillante centrale.

2-3) On remarque que le centre de la frange brillante centrale coïncide avec la position qu'occupait le centre de la $10^{\text{ème}}$ frange brillante, du côté négatif de O, avant le déplacement de (S).
On donne : d = 40 cm et z = 0,4 cm.
Déterminer les valeurs de « a » et D.

<u>Exercice 4</u> (7,5 points) Caractéristiques d'une bobine

Le but de cet exercice est de déterminer les caractéristiques d'une bobine. Pour cela on considère le circuit du document 1 qui comprend : une bobine d'inductance L et de résistance r, un condensateur initialement neutre de capacité C, un générateur de tension idéal de f.é.m. E, un conducteur ohmique de résistance R, un commutateur K et un ampèremètre (A) de résistance négligeable.



Doc. 1

1- Première expérience

On place K à la position 1 à la date $t_0 = 0$. L'ampèremètre (A) indique un courant i qui augmente de zéro à sa valeur maximale $I_0 = 0{,}1$ A et le régime permanent est atteint.

1-1) Nommer le phénomène qui a lieu dans la bobine durant l'établissement du courant.

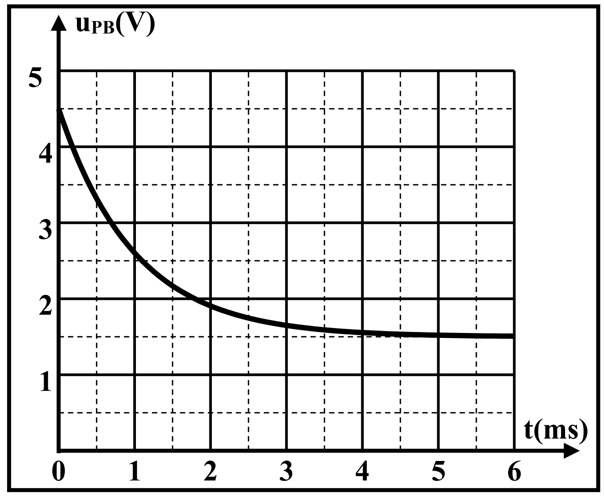
1-2) Déterminer, en appliquant la loi d'additivité des tensions, l'expression de I_0 en fonction de E, R et r.

1-3) Un dispositif approprié nous permet d'enregistrer la tension u_{PB} aux bornes de la bobine en fonction du temps comme l'indique la courbe du document 2.

1-3-1) En appliquant la loi d'additivité des tensions et en utilisant la courbe du document 2, montrer que $E = 4{,}5$ V.

1-3-2) En utilisant la courbe du document 2, vérifier, sans calcul, que la valeur de la résistance r n'est pas nulle.

1-3-3) Déduire que $r = 15\ \Omega$.



Doc.2

1-4) Montrer que $R = 30\ \Omega$.

1-5) Établir, en appliquant la loi d'additivité des tensions, l'équation différentielle qui décrit l'évolution de l'intensité i du courant en fonction du temps.

1-6) La solution de l'équation différentielle est $i = I_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$, où τ est une constante.

1-6-1) Déterminer l'expression de τ en fonction de L, r et R.

1-6-2) Déterminer, à $t = \tau$, la valeur de la tension $u_R = u_{MN}$ aux bornes du conducteur ohmique.

1-6-3) Montrer qu' à $t = \tau$, la tension aux bornes de la bobine est $u_{PB} = u_{bobine} = 2{,}61$ V.

1-6-4) Déduire, en utilisant le document 2, la valeur de τ.

1-7) Calculer la valeur de L.

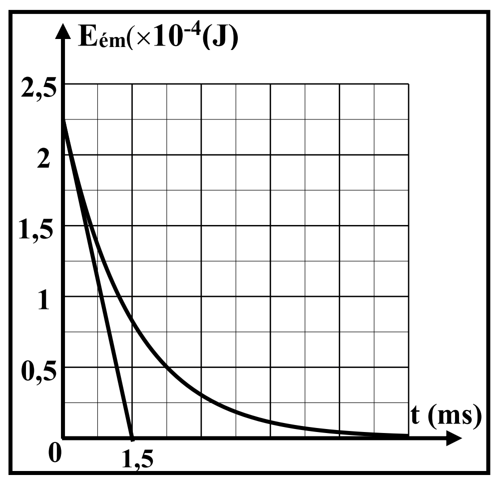
2- Deuxième expérience

Lorsque le régime permanent du courant dans la bobine est atteint ($i = I_0$), on bascule K rapidement de la position (1) à la position (2) à un instant $t_0 = 0$, pris comme nouvelle origine de temps.

L'énergie électromagnétique dans le circuit est :

$E_{ém} = E_{électrique} + E_{magnétique}$.

Un dispositif approprié permet de tracer la courbe de l'énergie électromagnétique $E_{ém}$ en fonction de t, et la tangente à la courbe à $t_0 = 0$ (Doc. 3).



Doc. 3

2-1) En utilisant la courbe du document 3, indiquer la valeur de $E_{ém}$ à $t_0 = 0$.

2-2) Déduire la valeur de L.

2-3) Calculer la pente de la tangente .

2-4) Déduire la valeur de r, sachant que $\frac{dE_{ém}}{dt} = -ri^2$.

Exercice 1 (8 points) Détermination du moment d'inertie d'un vase de poterie

Partie			Réponses	notes
1	1-1		$E_{pp} = m\,g\,h_G$ .mais $h_G = GH = a - a\cos\theta$, où $a = OG = OG_o$ Donc **$E_{pp} = m\,g\,a\,(1 - \cos\theta)$**. θ_m est petit , donc $\cos\theta = 1 - \frac{\theta^2}{2}$, alors $E_{pp} = \frac{1}{2} m\,g\,a\theta^2$; $E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2} I\,\theta'^2 + \frac{1}{2} m\,g\,a\theta^2$	1
	1-2		le pendule oscille sans frottement et résistance de l'air donc Em du système est conservée. $E_m = \frac{1}{2} I\,\theta'^2 + \frac{1}{2} m\,g\,a\theta^2$ = constante, donc $\frac{d\,ME}{dt} = 0$, alors $2\,(\frac{1}{2} I'\,\theta'') + 2\,(\frac{1}{2} mg\,a\,\theta') = 0$ $\theta'\,(I\theta'' + mga\theta) = 0$. $\theta' \neq 0 \Rightarrow \theta'' + \frac{m\,g\,a}{I}\theta = 0$ équation différentielle de second ordre en θ.	1
	1-3	1-3-1	$\theta = \theta_m \sin(\omega_o t + \varphi)$, donc $\theta' = \omega_o\theta_m\cos(\omega_o t + \varphi)$ et $\theta'' = -\omega_o^2\theta_m \sin(\omega_o t + \varphi) = -\omega_o^2\,\theta$ remplaçons θ'' dans l'équation différentielle: $-\omega_o^2\theta + \frac{m\,g\,a}{I}\theta = \theta\,(-\omega_o^2 + \frac{m\,g\,a}{I}) = 0$ $\theta = 0$ à rejeter , donc $\omega_o^2 = \frac{m\,g\,a}{I}$,par conséquent $\omega o = \sqrt{\frac{mga}{I}}$	0,75
		1-3-2	$T_o = \frac{2\pi}{\omega_o}$, $\Rightarrow T_o = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mga}}$	0,5
	1-4	1-4-1	$T_o = \frac{25.2}{9}$, $\Rightarrow T_o = 2{,}8$ s	0,5
		1-4-2	$T_o = \frac{2\pi}{\omega_o} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mga}}$, donc $T_o^2 = \frac{4\,\pi^2\,I}{m\,g\,a}$; $2.8^2 = \frac{4\times 3.14^2\times I}{2\times 10\times 0.24}$ alors $I = 0.95$ kg.m^2	0,75
	1-5		$E_m = \frac{1}{2}\,I\,\theta_m'^2 = \frac{1}{2} m\,g\,a\,\theta_m^2$; $I \times 0.36^2 = 2 \times 10 \times 0.24 \times 0.16^2$; $I = 0.95$ kg.m^2.	1
2	2-1		Système: (disque - vase). Forces extérieures: poids $M\vec{g}$ du disque ; poids $m\vec{g}$ du vase ; reaction $\vec{R}$ de l'axe de rotation	0,5
	2-2		Moments par rapport à (Δ): $M_{\vec{R}} = M_{M\vec{g}} = 0$; $M_{\vec{R}} = 0$ car $\vec{R}$ rencontre (Δ) et $M_{m\vec{g}/\Delta} = 0$ car $m\vec{g}$ // à (Δ) . $\sum M = M_{m\vec{g}} + M_{\vec{R}} + M_{M\vec{g}} = 0$. mais $\sum M = \frac{d\,\sigma}{dt}$, $\Rightarrow \frac{d\,\sigma}{dt} = 0$ .donc σ = constant.	1
	2-3		$I_d = \frac{1}{2} M\,R^2 = \frac{1}{2}\times 20 \times 0{,}5^2 = 2{,}5$ kg.m^2 Le moment cinétique du système est conserve $\Rightarrow \sigma_{initiale} = \sigma_{finale}$ $I_d\theta'_d + 0 = (I' + I_d)\theta'_{systeme}$, so $2.5 \times 0.7 = (I' + 2.5)\,(0.45)$, donc $I' = 1.39$ kg.m^2	1

<u>Exercice 2</u> (7,5 points) Atome de Sodium

Partie			Réponses	Note
1	1-1		les niveaux d'énergie possèdent des valeurs bien précis donc l'énergie de l'atome est alors quantifiée	0,5
	1-2		$E_{ph} = \frac{hC}{\lambda}$ donc ; E_{ph} max si λ est minimum ; $E_{ph(max)} = \frac{6,6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{0,4 \times 10^{-6}} = 4,95 \times 10^{-19}$ J = 3.093 eV $E_{ph(min)} = \frac{6,6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{0,8 \times 10^{-6}} = 2,475 \times 10^{-19}$J = 1,546 eV	0,5 0,5
	1-3		$W_{ion} = E_{\infty} - E_1 = 0 - (-5,14) = 5,14$ eV, $E_{ph(max)} = 3,093\text{eV} < W_{ion} = 5,14$ eV Donc il ne peut pas inoniser l'atome de sodium	1
	1-4		$E_{ph} = E_2 - E_1$ donc $\frac{hC}{\lambda} = -3,04 + 5,14 = 2,1\text{eV} = 3,36 \times 10^{-19}$J $\lambda = \frac{6,6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{3,36 \times 10^{-19}} = 0,589 \times 10^{-6}$m = 589 nm.	1
2	2-1		Puisque λ_1 = 589 nm donc elle correspond à l'excitation de l'atome du niveau d'énergie E_1 vers E_2. Donc cette longueur donc est émise lorsque l'atome se désexcite de E_2 vers E_1. Par suite $E_n = E_2 = -3.04$ eV **<u>Ou bien</u>** : $E_n - E_1 = E_{photon}$; $E_{photon} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{589 \times 10^{-9} \times 1,6 \times 10^{-19}} = 2,1\text{eV}$ $E_n - = E_{photon} + E_1 = 2,1 - 5,14 = -3,04$ eV	1
	2-2	2-2-1	$E_{3/1} = E_3 - E_1 = 3,21$ eV = $3,21 \times 10^{-6}$ MeV.	0,75
		2-2-2	$E_{3/1} = \Delta mc^2$ donc $\Delta m = \frac{3,21 \times 10^{-6}}{931,5} = 3,446 \times 10^{-9}$u.	0,75
	2-3	2-3-1	$P = P_1 + P_2$ mais $P_1 = 2P_2$ donc $P = 3P_2$ alors $P_2 = 2$W et $P_1 = 4$ W.	0,5
		2-3-2	$P_1 = \frac{nE_{2/1}}{t}$ alors $n = \frac{t \times P_1}{E_{2/1}} = \frac{1 \times 4}{3,36 \times 10^{-19}} = 1,19 \times 10^{19}$ photons/s	1

Exercice 3 (7 points) Interférences lumineuses

Partie			Réponses	note
1	1-1		En O, x = 0 , donc $\delta_O = 0$, alors O est le centre de la frange brillante centrale	0,5
	1-2		Frange sombre : $\delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$, $k \in Z$, donc $(2k+1)\frac{\lambda}{2} = \frac{a\,x}{D}$ alors $x = \frac{(2k+1)\,\lambda\,D}{2\,a}$	0,75
	1-3		$i = x_{K+1} - x_K = (2(k+1)+1)\frac{\lambda D}{2a} - (2k+1)\frac{\lambda D}{2a} = \frac{\lambda D}{a}$ $i = \frac{\lambda\,D}{a}$	0,5
	1-4	1-4-1	5 franges brillantes	0,5
		1-4-2	AB = 5 i	0,5
		1-4-3	B est le centre de la troisième frange sombre (d'ordre 2) du côté positif de O.	0,5
		1-4-4	Première frange brillante $x_1 = 1$ mm	0,5
	1-5		$x_1 = \frac{(2k+1)\,\lambda\,D}{2\,a}$, k = 0, donc $D = \frac{2\,x_1}{\lambda}\,a = \frac{2 \times 1 \times 10^{-3}}{500 \times 10^{-9}}\,a$, alors D = 4000 a. **<u>Ou bien :</u>** $x_B = \frac{(2k+1)\,\lambda\,D}{2\,a}$, k = 2 , donc $D = \frac{2\,x_B}{5\,\lambda}\,a = \frac{2 \times 5 \times 10^{-3}}{5 \times 500 \times 10^{-9}}\,a$, alors D = 4000 a.	0,75
2	2-1		$\delta = SS_2P - SS_1P = (SS_2 - SS_1) + (S_2P - S_1P) = \frac{aZ}{d} + \frac{ax}{D}$.	0,5
	2-2		Frange brillante centrale : $\delta = 0$, donc $0 = \frac{aZ}{d} + \frac{ax}{D}$. Alors $x = -\frac{Z\,D}{d}$	0,5
	2-3		$10^{ème}$ frange brillante, donc : $x = -10i = -10\frac{\lambda D}{a} = -\frac{Z\,D}{d}$ Alors : $a = \frac{10\lambda d}{Z} = 5\times10^{-4}$ m Or D = 4000a = 2m	1,5

Exercice 4 (7,5 points) Caractéristiques d'une bobine

Partie			Réponses	notes
1	1-1		Phénomène d'auto-induction électromagnétique	0,25
	1-2		La loi d'addition des tensions : $u_{MB} = u_{MN} + u_N$ donc $ri + L\frac{di}{dt} + Ri = E$ En régime permanent : $i = I_0 =$ cte donc $\frac{di}{dt} = 0$ par suite $I_0 = \frac{E}{r + R_0}$	0,75
	1-3	1-3-1	A t = 0 : i = 0 donc $u_R = 0$ donc $E = u_R + u_{bobine}$ par suite E = 4,5V (graphe)	0,5
		1-3-2	En régime permanent : $\frac{di}{dt} = 0$ donc $u_{bobine} = 0 + rI_0$; graphiquement : $u_{bobine} \neq 0$ donc ; $r \neq 0$	0,5
		1-3-3	$rI_0 = 1,5$ V donc r = 15 Ω.	0,5
	1-4		$I_0 = \frac{E}{r + R_0}$ donc $R_0 = -r + E/I_0 = 30\ \Omega$.	0,5
	1-5		$u_{MB} = u_{MN} + u_N$ donc $ri + L\frac{di}{dt} + Ri = E$; $(r+R)\,i + L\frac{di}{dt} = E$	0,5
	1-6	1-6-1	$\frac{di}{dt} = \frac{I_0}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow E = (r + R_0)\left(I_0 - I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + L\frac{I_0}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}$ Par suite : $\tau = \frac{L}{r + R_0}$	0,75
		1-6-2	À t = τ : i = 0,63 I_0 = 0,063 A donc $u_R = R.i = 1,89$ V	0,75
		1-6-3	$u_{bobine} = E - u_R = 2,61$ V	0,25
		1-6-4	Graphiquement τ = 1 ms	0,25
	1-7		$L = \tau(r + R_0) = 0,045$H.	0,5
2	2-1		$E_{ém} = 2,25.10^{-6}$ J	0,25
	2-2		$\frac{1}{2}LI_0^2 = 2,25.10^{-4}$ donc L = 0,045H	0,5
	2-3		Pente = $-2,25.10^{-4}/1,5.10^{-3} = -0,15$ J/s	0,5
	2-4		Pente = $-rI_0^2$ donc r = 15 Ω.	0,25

وزارة التربية والتعليم العالي | امتحانات الشهادة الثانوية العامة | دورة العام ٢٠١٧ الاستثنائيّة
المديرية العامة للتربية | الفرع: علوم عامة | الثلاثاء في ٨ آب ٢٠١٧
دائرة الامتحانات الرسميّة

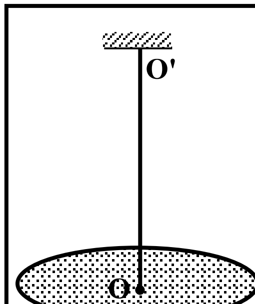
مسابقة في مادة الفيزياء | الاسم:
المدة: ثلاث ساعات | الرقم:

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.

Exercice 1 (7,5 points)

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, de masse négligeable, fixé à sa partie supérieure en un point O' (Document 1).



Doc.1

Le but de cet exercice est de déterminer le moment d'inertie I de (D) par rapport à l'axe (OO') et la constante C de torsion du fil.

Le disque est dans sa position d'équilibre. On le tourne, dans le plan horizontal, autour de (OO') d'un angle θ_m puis on l'abandonne sans vitesse initiale à la date $t_0 = 0$.

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

Le plan horizontal passant par O est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

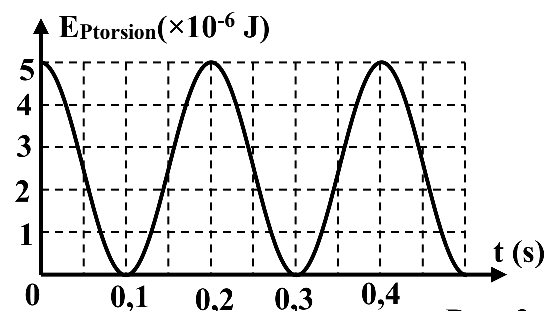
Les frottements sont supposés négligeables.

1- Étude théorique

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

1-2) Établir l'équation différentielle qui régit l'évolution de θ en fonction du temps.

1-3) Déduire, en fonction de C et I, l'expression de la fréquence propre f_0.



Doc. 2

2- Étude expérimentale

Un dispositif approprié nous permet de tracer la variation de l'énergie potentielle de torsion du fil en fonction du temps comme le montre le document 2.

2-1) En utilisant le graphe du document 2 :

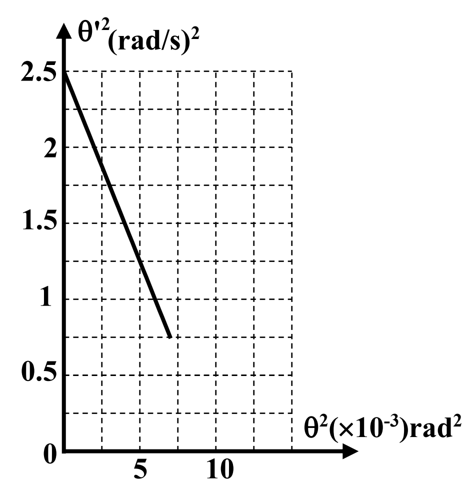
2-1-1) justifier que les oscillations du pendule sont non amorties ;

2-1-2) déterminer la valeur de f_0, sachant que $f_E = 2f_0$; f_E étant la fréquence de l'énergie potentielle de torsion ;

2-1-3) déterminer la valeur de l'énergie mécanique E_m du système (pendule ; Terre).

2-2) Écrire, en utilisant l'expression de l'énergie mécanique, l'expression de θ'^2 en fonction de θ, C, I et E_m.

2-3) La courbe du document 3 représente la variation de θ'^2 en fonction de θ^2.



Doc.3

2-3-1) Montrer que l'allure de la courbe du document 3 est conforme à l'expression de θ'^2 déjà établie dans la partie (2-2).

2-3-2) Déterminer, en utilisant la courbe du document 3, la valeur de I.

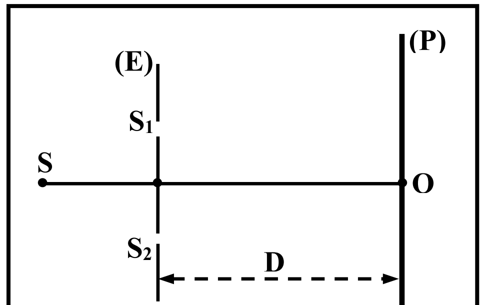
2-4) Déterminer, par deux méthodes différentes, la valeur de C.

Exercice 2 **(7,5 points)**

Interférences lumineuses

On considère le dispositif des fentes d'Young représenté par le document 1. (S_1) et (S_2) sont deux fentes très fines, parallèles et distantes de a = S_1S_2. (P) est l'écran d'observation disposé parallèlement au plan (E) des deux fentes, à une distance D de ce plan. (S) est une source ponctuelle de radiations monochromatiques de longueur d'onde λ dans l'air, placée à égale distance de (S_1) et (S_2).

Le but de cet exercice est de déterminer l'expression de l'interfrange « i ».



Doc.1

1- Figure d'interférences

1-1) (S_1) et (S_2) jouissent de deux propriétés pour que le phénomène d'interférences ait lieu. Lesquelles ?

1-2) Décrire l'aspect des franges d'interférences obtenues sur l'écran (P).

2- Expression de l'interfrange « i »

2-1) En utilisant plusieurs sources monochromatiques de longueurs d'onde différentes, on mesure, pour chaque longueur d'onde λ, la distance entre les centres de la première et de la onzième frange de même nature. Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau du document 2.

Doc. 2						
λ (nm)	400	500	600	650	700	750
10 i (mm)	36	45	54	58,5	63	68,5
i (mm)						

2-1-1) Copier et compléter le tableau du document 2.

2-1-2) Tracer le graphe qui représente la variation de l'interfrange « i » en fonction de la longueur d'onde λ en utilisant pour échelle :

sur l'axe des abscisses : 1cm $\leftrightarrow$ 100 nm ; sur l'axe des ordonnées : 1 cm $\leftrightarrow$ 1mm.

2-1-3) Déterminer, en utilisant le graphe précédent, l'expression de « i » en fonction de λ.

2-2)

On propose les 6 expressions suivantes pour « i » (C est une constante positive sans unité).

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
$i = C\,\lambda\,D\,a$	$i = C\dfrac{D}{\lambda a}$	$i = C\dfrac{\lambda D}{a}$	$i = C\lambda\dfrac{D^2}{a^2}$	$i = C\lambda\dfrac{a^2}{D^2}$	$i = C\lambda^2\dfrac{D}{a}$

2-2-1) En se basant sur l'étude expérimentale précédente, les expressions de (b) et (f) sont à éliminer. Justifier.

2-2-2) Une analyse des unités nous permet d'éliminer l'expression (a). Justifier.

2-2-3) On remarque qu'en augmentant la distance D, l'interfrange « i » augmente aussi. Préciser, parmi les expressions (c), (d) et (e), celle qui ne vérifie pas ce résultat.

2-2-4) Pour choisir la bonne expression de « i » parmi les deux qui restent, on double la distance D ; on remarque que « i » double aussi. Déterminer l'expression valable de « i ».

2-2-5) Déduire la valeur de C sachant que D = 1,8 m et a = 0,2 mm.

Exercice 3 **(7,5 points)**

Spectre du Soleil

En 1814, Fraunhofer découvre les raies d'absorption présentes dans le spectre du Soleil. Il étudie 570 raies et désigne les principales raies par les lettres A, B, C, etc… (Doc. 1). Son but était d'identifier les entités chimiques de l'atmosphère solaire.

Doc.1										
Raies	A	B	C	a	D-Doublet		E	F	G	h
Longueur d'onde (nm)	759,370	686,719	657,289	627,661	589,592	588,410	527,039	486,881	434,715	410,805

On donne : célérité de la lumière dans le vide : $c = 2{,}998\times10^{8}$m/s ; constante de Planck: $h = 6{,}626\times10^{-34}$J.s ; 1 eV = $1{,}60\times10^{-19}$J.

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation $E_n = -\dfrac{E_0}{n^2}$; avec $E_0 = 13{,}6$ eV et n un entier positif non nul.

1- Spectre du Soleil.

A quoi est due la présence des raies d'absorption (raies noires) dans le spectre du Soleil ?

2- Série de Balmer de l'atome d'hydrogène

La série de Balmer est une série de raies spectrales de l'atome d'hydrogène. La raie « C » du spectre du document 1 correspond à la raie alpha (α) de cette série. Trois autres raies bêta, gamma et delta (β, γ et δ) de la même série se trouvent dans ce document.

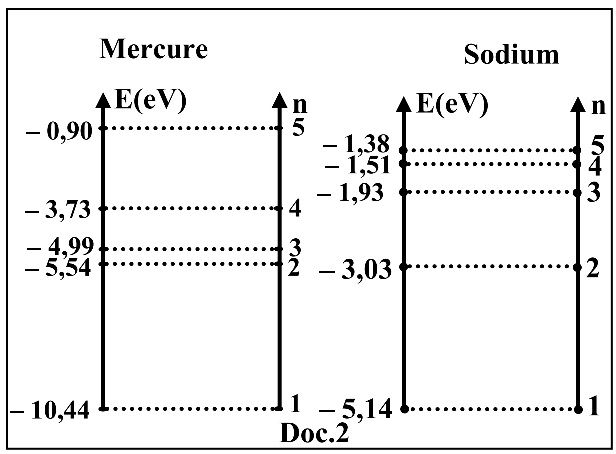
2-1) À quel domaine, visible, infrarouge ou ultraviolet, appartiennent les raies de la série de Balmer ?

2-2) Chaque raie de cette série correspond à une absorption à partir du premier niveau excité E_2 vers un niveau supérieur d'énergie E_n.

2-2-1) Montrer que les longueurs d'onde des raies de cette série sont données par : $\lambda = \dfrac{4n^2 hc}{E_0(n^2-4)}$

2-2-2) λ_α, λ_β, λ_γ et λ_δ sont les longueurs d'onde respectives des raies α, β, γ et δ. Sachant que la raie α correspond à n = 3 et $\lambda_\beta > \lambda_\gamma > \lambda_\delta$, indiquer les valeurs de n qui correspondent aux trois autres raies et calculer leurs longueurs d'onde.

2-2-3) Déduire, en utilisant le document 1, lesquelles des raies du spectre d'absorption du Soleil sont celles de la série Balmer.



Doc.2

3- Doublet D d'un atome

Le doublet D du document 1 correspond à la transition d'un certain atome de son état fondamental vers son premier niveau excité.

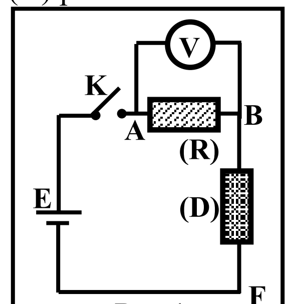
3-1) Calculer l'énergie de chaque photon qui correspond à chaque raie du doublet D.

3-2) Le document 2 montre deux diagrammes simplifiés des niveaux d'énergies des atomes de Mercure et de Sodium. Montrer que l'une des raies du doublet D, correspond à l'un de ces deux atomes.

<u>Exercice 4</u> (7,5 points)

Stimulateur cardiaque

Le but de cet exercice est d'identifier un dipôle (D) et d'étudier son utilisation en médecine. (D) peut être un conducteur ohmique, une bobine de résistance négligeable ou un condensateur.



Doc.1

1- Identification du dipôle

Le dipôle (D) est connecté en série avec un conducteur ohmique de résistance $R = 8.10^5\ \Omega$ aux bornes d'un générateur idéal de f.é.m. constante E. Un voltmètre (V), connecté aux bornes de (R), mesure la tension $u_R = u_{AB}$ comme l'indique le Document 1. L'interrupteur (K) est fermé à t = 0 et les indications du voltmètre sont dressées dans le tableau suivant :

Doc. 2									
t(s)	0	0,4	0.8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,2
u_R (V)	12	7,28	4,44	2,68	1,62	1	0,6	0,36	0,2

1-1) Montrer, en utilisant le document 2, que le dipôle (D) est un condensateur.

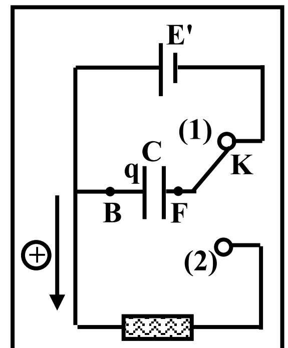
1-2) Déduire la valeur numérique de E.

1-3) Soit $u_C = u_{BF}$ la tension aux bornes du condensateur à une date t. Calculer le rapport $\frac{u_C}{E}$ à t = 0,8 s.

1-4) Déduire, en se référant au document 2, la valeur de la constante de temps τ du circuit.

1-5) Montrer que la capacité du condensateur est C = 1μF.

2- Utilisation du condensateur en médecine: stimulateur cardiaque



Doc.3

Lorsque le cœur humain ne fonctionne pas correctement, la chirurgie permet d'implanter dans le corps un stimulateur cardiaque qui envoie des impulsions électriques artificielles au cœur. Ce stimulateur peut être modélisé par un circuit électrique (document 3) comportant: un générateur idéal de f.é.m E' constante, un conducteur ohmique de résistance R', le condensateur de capacité C = 1μF et un commutateur électronique (K).

À t = 0, le commutateur est placé en position 1 ; le condensateur se charge instantanément. Le commutateur bascule alors automatiquement en position 2 et le condensateur se décharge lentement dans (R'). À l'instant t_1 la tension aux bornes du condensateur est $u_C = u_{BF} = 2{,}08$ V ; le circuit envoie alors une impulsion électrique au cœur pour obtenir un battement. À ce moment le commutateur passe automatiquement en position 1 et ainsi de suite.

Doc.4

2-1) Établir l'équation différentielle en $u_C = u_{BF}$ pendant la décharge.

2-2) La solution de l'équation différentielle précédente est de la forme : $u_C = a + b\ e^{\frac{-t}{\tau'}}$. Déterminer, en fonction de E', R' et C, les expressions des constantes a, b et τ'.

2-3) Déterminer graphiquement la valeur de τ'.

2-4) Déduire la valeur de R '.

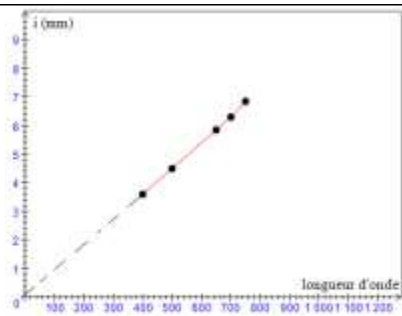
3- Battements du cœur

3-1) Indiquer, en se référant au document 4, la valeur de t_1.

3-2) Déduire la durée **Δt** séparant deux impulsions successives.

3-3) Déduire le nombre de battements du cœur par minute.

			Exercice 1 : Pendule de torsion	7½
1	1-1		$E_m = \frac{1}{2}I\theta'^2 + \frac{1}{2}C\theta^2$	1
1	1-2		Pas de frottement. Alors : E_m= Cte; $\frac{dE_m}{dt} = 0$; $I\theta'\theta'' + C\theta\theta' = 0 \Rightarrow \theta'' + \frac{C}{I}\theta = 0$	1
1	1-3		L'équation différentielle est de la forme : $\theta'' + \omega_0^2\theta = 0$; $\omega_0 = \sqrt{\frac{C}{I}}$ $\omega_0 = 2\pi f_0 \Rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{C}{I}}$	1
2	2-1	2-1-1	$(E_{ptorsion})$ max = constante donc les oscillations sont non amorties	¼
2	2-1	2-1-2	Puisque $f_E = 2f_0$ donc $T_0 = 2T_E = 2 \times 0.2 = 0.4$ s ; $f_0 = \frac{1}{T_0} = \mathbf{2,5}$ **Hz**	1
2	2-1	2-1-3	Em = $(E_{ptorsion})_{max} = 5 \times 10^{-6}$ J.	½
2	2-2		$E_m = \frac{1}{2}I\theta'^2 + \frac{1}{2}C\theta^2$; $\theta'^2 = -\frac{C}{I}\theta^2 + \frac{2E_m}{I}$	½
2	2-3	2-3-1	Ligne droite décroissante qui ne passe pas par l'origine ce qui est conforme avec l'expression de θ'^2 qui est de la forme ; y = -bx + c	½
2	2-3	2-3-2	Pour θ = 0 ; $\theta'^2 = \frac{2E_m}{I}$ = 2,5 donc $I = \frac{2E_m}{\theta'^2} = \frac{2\times5\times10^{-6}}{2,5} = 4 \times 10^{-6} kg.m^2$	½
2	2-4		Première méthode : $\omega_0 = \sqrt{\frac{C}{I}}$ donc C = 10×10^{-4} m×N/rd Deuxième méthode : pente de la ligne droite = $-\frac{C}{I} = -\frac{2,5}{0,01}$ = -250 ; donc C = 250 × 4×10^{-6}= 10×10^{-4} m×N/rd	1 ¼

Q			**Exercice 2 : Interfrange**	**7.5 points**
1		**1.1**	(S_1) et (S_2) sont deux sources synchrones et cohérentes	**0,5**
		1.2	franges rectilignes, brillantes et sombres, équidistantes et parallèles aux deux fentes.	**1**
2	**2.1**	**2.1.1**	3,6 / 4,5 / 5,4 / 5,85 / 6,3 / 6,85	**0,5**
		2.1.2		**1,25**
		2.1.3	L'allure de i(λ) est une ligne droite dont le prolongement passe par l'origine Pente $\alpha = 9000$ donc i = 9000 λ.	**0,25** **0,75**
	2.2	**2.2.1**	i est proportionnelle à λ d'après 2-1-3.Or l'expression (b) montre que i et λ sont inversement proportionnelles. l'expression (f) montre que i est proportionnelle au carré de λ.	**0,5** **0,5**
		2.2.2	Dans l'expression (a) l'unité de i est m^3. Donc à rejeter.	**0,5**
		2.2.3	i et D varient dans le même sens . Or dans l'équation (e) , si D augmente i diminue. Donc à rejeter.	**0,5**
		2.2.4	L'interfrange et la distance sont proportionnelles ce qui est satisfait par l'équation (c).	**0,5**
		2.2.5	Pour n'importe quel couple de valeurs du tableau: (500 nm, 4.5 mm) : $C = \frac{i \times a}{\lambda D} = \frac{4,5\times10^{-3} \times 0.2\times10^{-3}}{500\times10^{-9} \times 1,8} = 1$	**0,75**

		Exercice 3 ***: Spectre solaire***	**7 ½**
1		La présence des raies noires dans le spectre d'absorption est due à l'absorption des photons par les gaz présents dans l'atmosphère. Chaque raie manquante correspond à une transition dans l'atome du gaz, d'un niveau inférieur à un niveau supérieur.	**0,5**
2	**2.1**	visible	**0,5**
2.2	**2.2.1**	$E_{photon} = E_n - E_2 \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = \frac{-E_0}{n^2} + \frac{-E_0}{2^2} \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{E_0}{hc}\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right)$ $\Rightarrow \lambda = \frac{4n^2hc}{E_0(n^2-4)}$	**1,5**
	2.2.2	raie α → n = 3(donnée) ; raie β → n = 4 ; raie γ → n = 5 ; raie δ → n = 6 $\lambda_\alpha = 657{,}289$ nm (donnée); $\lambda_\beta = 486{,}881$ nm ; $\lambda_\gamma = 434{,}715$ nm ; $\lambda_\delta = 410{,}805$nm	**1,5**
	2.2.3	raie α → C (donnée) ; raie β → F ; raie γ → G ; raie δ → h	**0,75**
3	**3.1**	Pour λ = 589,592 nm ; $E_{photon} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6{,}626.10^{-34}.2{,}998.10^{8}}{589{,}592.10^{9}} = 3{,}36\,.\,10^{-19} J =$ 2,10 eV. Pour λ = 588,410 nm ; $E_{photon} = 3{,}376.10^{-19}$J = 2,11 eV.	**1,5**
	3.2	Mercure : $E_2 - E_1 = 4{,}9$ eV Sodium : $E_2 - E_1 = 2{,}11$ eV$=E_{photon}$ Donc ce gaz est le sodium.	**1,25**

Exercice 4		Stimulateur cardiaque	7,5pts
1	1-1	$u_D = E - u_R$; u_D croit avec le temps,car : u_R décroît et E est constante	**0,5**
	1-2	E = 12 V à t = 0 u_R = 12 V $u_C = 0$	**0,5**
	1-3	$\frac{u_C}{E} = \frac{12 - 4.44}{12} = 0.63$	**0,5**
	1-4	**τ = 0.8 s** car à t = τ: $u_C = 0.63E$	**0,5**
	1.5	$\tau = RC$ donc $C = \frac{\tau}{R} = \frac{0.8}{8\times10^5} = 10^{-6}$ F	**0,75**
2	2.1	$U_{BF}(C) = u_{BF}(R)$, donc $u_C = Ri$ $i = -\frac{dq}{dt} = -C\frac{du_C}{dt}$, ainsi $u_C + RC\frac{du_C}{dt} = 0$	**1**
	2.2	$u_C = a + be^{\frac{-t}{\tau'}}; \frac{du_C}{dt} = -\frac{b}{\tau'}e^{\frac{-t}{\tau'}}, so\ -\frac{b}{\tau'}e^{\frac{-t}{\tau'}} + \frac{1}{R'C}\left(a + be^{\frac{-t}{\tau'}}\right) = 0$ $be^{\frac{-t}{\tau'}}\left(+\frac{1}{R'C} - \frac{1}{\tau'}\right) + \frac{a}{R'C} = 0$, donc $\tau' = R'C\ et\ a = 0$ à t = 0: $u_C = E'$, par conséquent, $b = E'$	**1,5**
	2-3	Graphiquement: à t = τ':u_C = 0.37 E'= 2.086 V, *donc* τ' = **t_1 = 0.8 s**	**0,75**
	2-4	$R' = \frac{\tau'}{C} = \frac{0.8}{10^{-6}}$ = **800000 Ω**	**0,5**
3	3-1	**t_1 = 0.8 s**	**0,25**
	3-2	Δt = temps de la décharge + temps de la charge = t_1 + 0 = **0.8 s**	**0,25**
	3-3	$N_b = \frac{60}{0.8}$ = **75**	**0,5**

مسابقة في مادة الفيزياء — الاسم:
المدة: ثلاث ساعات — الرقم:

Cette épreuve est formée de quatre exercices répartis sur quatre pages.
L'usage d'une calculatrice non programmable est recommandé.

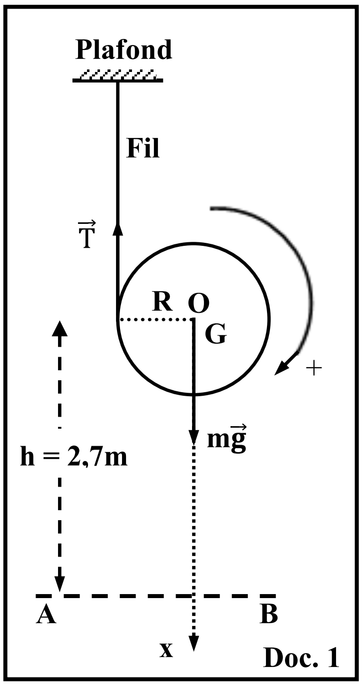
Exercice 1 (7 ½ points)

Roulement d'un disque le long d'un fil vertical

Un fil fin, vertical, est fixé à un plafond par son extrémité supérieure et l'autre extrémité est enroulée autour d'un disque homogène de centre de masse (G), de rayon R et de masse m = 2 kg (Doc. 1).

Ox est un axe vertical orienté positivement vers le bas et d'origine O.
À la date $t_0 = 0$, on lâche le disque à partir du repos et (G) coïncide avec O situé à une hauteur h = 2,7 m d'une ligne horizontale (AB).
(G) se déplace alors d'un mouvement rectiligne le long de l'axe Ox et le disque tourne avec une vitesse angulaire θ' autour de son axe horizontal (Δ) passant par O. Au cours de la descente, le fil reste tangent au disque. Négliger la résistance de l'air.
Le but de cet exercice est de déterminer, par deux méthodes différentes, la vitesse et l'accélération de (G) lorsqu'il passe par la ligne (AB).
Données :

- le plan horizontal contenant (AB) est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- la vitesse linéaire de (G), à un instant t, est $v = R\,\theta'$;
- le moment d'inertie du disque par rapport à (Δ) est $I = \frac{mR^2}{2}$;
- $g = 10\ m/s^2$.



Doc. 1

1- Première méthode : deuxième loi de Newton

Le disque est soumis à deux forces : son poids $m\vec{g}$ et la tension $\vec{T}$ du fil (Doc. 1)

1-1) Déterminer, par rapport à (Δ), l'expression du moment de $\vec{T}$ et la valeur du moment de $m\vec{g}$.

1-2) Appliquer la deuxième loi de Newton en rotation (théorème du moment cinétique) pour montrer que $T = \frac{I\theta''}{R}$ (θ'' est l'accélération angulaire du disque par rapport à (Δ)).

1-3) Appliquer la deuxième loi de Newton en translation pour montrer que T = mg – ma. ($\vec{a}$ est l'accélération linéaire de (G)).

1-4) Montrer que $a = \frac{2g}{3}$.

1-5) Déduire, en fonction de g et t, l'expression de :

1-5-1) la vitesse v de (G) ;

1-5-2) l'abscisse x de (G).

1-6) Déterminer la vitesse de (G) lorsqu'il passe par la ligne (AB).

2- Deuxième méthode : principe de conservation de l'énergie mécanique

2-1) Calculer l'énergie mécanique du système [disque, Terre] à $t_o = 0$.

2-2) Écrire, en fonction de v, m, θ' et I, l'expression de l'énergie mécanique du système [disque, Terre] lorsque (G) passe par la ligne (AB).

2-3) Appliquer le principe de conservation de l'énergie mécanique pour déterminer la vitesse de (G) lorsqu'il passe par la ligne (AB).

2-4) Écrire l'expression de l'énergie mécanique du système [disque, Terre] à un instant t quelconque en fonction de v, m, θ', I, g, h et l'abscisse x de (G).

2-5) Déduire que $a = \frac{2g}{3}$.

Exercice 2 (7 points)

Fission de l'uranium 235

Dans un réacteur nucléaire, l'uranium 235 capte un neutron thermique et donne un noyau ${}^{A}_{Z}X$ instable (réaction 1).
${}^{A}_{Z}X$ se divise en deux noyaux Krypton et Baryum (fragments possibles de fission) avec émission de certains nombre de neutrons et une radiation γ (réaction 2).

Réaction 1 : ${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{A}_{Z}X$

Réaction 2 : ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A'}_{36}Kr + {}^{141}_{Z'}Ba + 3\ {}^{1}_{0}n + \gamma$

Données :

la masse du noyau ${}^{235}_{92}U$ est 234,99346 u ;

la masse du noyau ${}^{A'}_{36}Kr$ est 91,90641 u ;

la masse du noyau ${}^{141}_{Z'}Ba$ est 140,88369 u ;

la masse de ${}^{1}_{0}n$ est 1,00866 u ;

1 eV = $1,6 \times 10^{-19}$ J ;

1 u = 931,5 MeV/c^2.

1- Déterminer les valeurs de A, Z, A′, et Z′.

2- Déduire le nom de l'isotope ${}^{A}_{Z}X$.

3- La réaction bilan (réaction de fission) des deux réactions successives précédentes est :

$${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{A'}_{36}Kr + {}^{141}_{Z'}Ba + 3\ {}^{1}_{0}n + \gamma$$

Cette réaction peut engendrer une réaction en chaine. Pourquoi ?

4- Au moins un des fragments de fission est créé à l'état excité. Pourquoi ?

5- Montrer que l'énergie libérée par la réaction de fission d'un noyau d'uranium 235 est :
$E_{lib} \sqcup 2.8 \times 10^{-11}$J.

6- La première réaction de fission donne 3 neutrons (première génération). On suppose que les trois neutrons stimulent d'autres fissions similaires à la première. Ces fissions donnent 9 neutrons (deuxième génération), et ainsi de suite…

6-1) Déterminer le nombre N de neutrons émis à la $100^{ème}$ génération.

6-2) En supposant que chacun de ces neutrons émis bombarde un noyau d'uranium 235. Déduire l'énergie totale libérée par la fission des noyaux d'uranium bombardés par ces N neutrons.

6-3) Dans une centrale nucléaire, la réaction de fission est contrôlée : en moyenne, un des trois neutrons produits peut stimuler d'autres réactions de fissions. On suppose que la centrale nucléaire fonctionne suivant la réaction de fission précédente et a un rendement de 33 %.
Dans un réacteur nucléaire $1,5 \times 10^{25}$ noyaux d'uranium 235 subissent la fission chaque jour.

6-3-1) Déterminer l'énergie électrique $E_{élec}$ délivrée par la centrale en un jour.

6-3-2) Déduire la puissance électrique moyenne $P_{élec}$ de cette centrale.

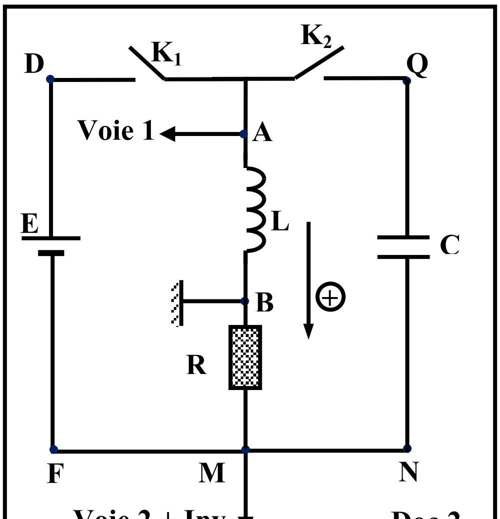
7- Une fois la fusion nucléaire commence, il est difficile de la contrôler. Déduire un avantage de la fission nucléaire par rapport à la fusion nucléaire.

Exercice 3 (8 points) Énergie thermique dégagée par un circuit électrique

Le but de cet exercice est de déterminer l'énergie thermique dégagée par deux circuits électriques différents.

Le circuit du document 2 est composé d'un générateur idéal DC de tension E = 10 V, d'un conducteur ohmique de résistance R = 100 Ω, d'une bobine d'inductance L, de deux interrupteurs K_1 et K_2 et d'un condensateur de capacité C = 5 µF. Les deux voies (voie 1 et voie 2) d'un oscilloscope sont connectées respectivement aux bornes de la bobine et du condensateur. Le bouton « Inv » inversion de la voie 2 est enfoncé.

Initialement K_1 et K_2 sont ouverts ; le condensateur et la bobine n'emmagasinent aucune énergie.



Doc.2

1- **Détermination de l'énergie thermique dégagée par un circuit série (R, L)**

On ferme K_1 à un instant $t_o = 0$. Les courbes du document 3 représentent les tensions $u_{bobine} = u_{AB}$ et $u_R = u_{BM}$ en fonction du temps t. La droite (Δ) est la tangente à $u_R(t)$ à $t_0 = 0$.

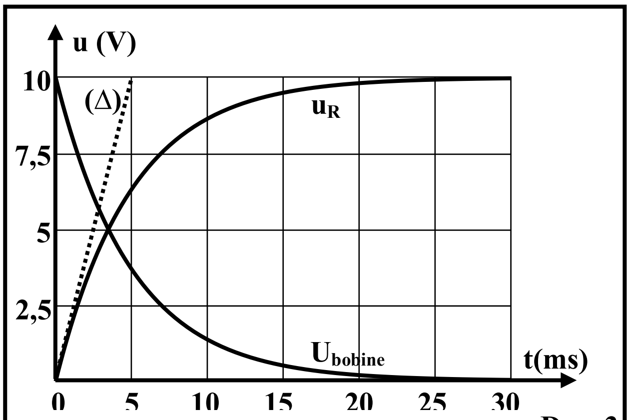
1-1) Durant l'établissement du courant dans le circuit, l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine augmente. Justifier.

1-2) En se référant au document 3, indiquer la valeur de la tension aux bornes de la bobine en régime permanent.

1-3) En déduire que la résistance de la bobine est négligeable.

1-4) Établir l'équation différentielle qui décrit la variation de u_R en fonction du temps t.

1-5) Se servir de l'équation différentielle pour déterminer $\frac{du_R}{dt}$ à $t_o = 0$ en fonction de R, L et E.



Doc. 3

1-6) Montrer que L = 0,5 H en se servant de la tangente (Δ).

1-7) Déterminer l'énergie magnétique maximale W_{mag} emmagasinée dans la bobine.

1-8) Le régime permanent est atteint à t = 25 ms, l'énergie thermique dégagée par le conducteur ohmique durant l'intervalle de temps [0 ; 25 ms] est $W_R = 7\ W_{mag}$.

1-8-1) Calculer W_R durant l'intervalle de temps [0 ; 25 ms].

1-8-2) Déterminer l'énergie thermique W'_R dégagée par le conducteur ohmique durant l'intervalle [0 ; 30 ms].

2- **Détermination de l'énergie thermique dégagée par un circuit (R, L, C) série**

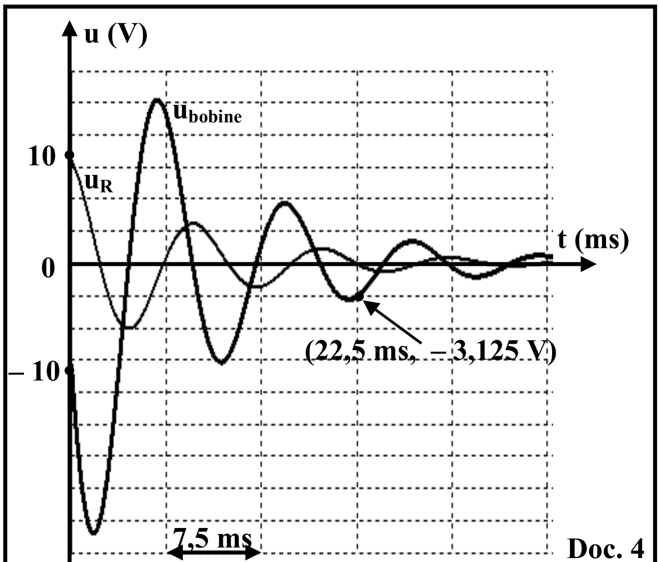
Lorsque le régime permanent, dans le circuit, est atteint, on ferme K_2 et on ouvre K_1 simultanément et à un instant $t_o = 0$ pris comme nouvelle origine du temps. Le graphe du document 4 montre $u_R = u_{BM}$ et $u_{bobine} = u_{AB}$ en fonction du temps t.

2-1) Donner, à $t_o = 0$, la valeur de l'énergie électromagnétique initialement emmagasinée dans le circuit (R, L, C) série.

2-2) À un instant $t_1 = 22{,}5$ ms :

$u_{bobine} = u_{AB} = -\ 3{,}125$ V (Doc.4).

2-2-1) Utiliser le document 4 pour calculer la valeur de l'intensité du courant dans le circuit à l'instant t_1.



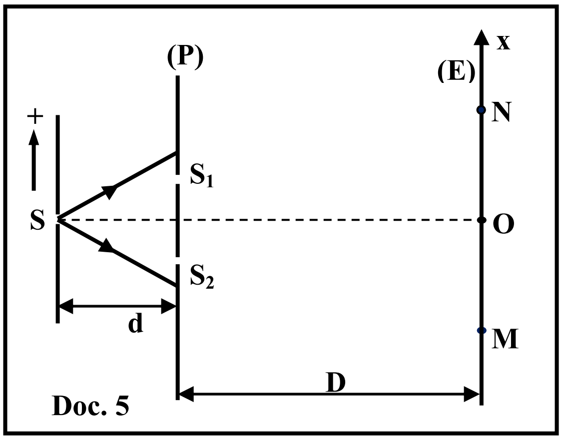
Doc. 4

2-2-2) Appliquer la loi d'additivité des tensions pour déterminer $u_{NQ} = u_C$ à l'instant t_1.
2-2-3) Déterminer l'énergie électromagnétique dans ce circuit à l'instant t_1.
2-2-4) Déduire la valeur de l'énergie thermique dégagée par ce circuit durant l'intervalle de temps [0 ; 22,5 ms].

<u>Exercice 4</u> (7 ½ points)

Interférence de la lumière

Le document 5 représente le dispositif des fentes d'Young. Un écran vertical (E) peut se déplacer tout en restant parallèle à un écran opaque (P) muni de deux fentes S_1 et S_2 très fines, horizontales, parallèles et distantes de $S_1S_2 = a$.
S est une fente fine, horizontale, située à une distance d de (P). D est la distance entre (E) et (P).
M, N et O, trois points de (E), appartiennent à un axe vertical (Ox). O, milieu de [MN], est équidistant de S_1 et S_2. Une lumière laser, de longueur d'onde λ dans l'air, éclaire la fente S.



Doc. 5

Données :
$SS_1 = SS_2$; $\lambda = 600$ nm ; $a = 0,1$ mm ; $MN = 30$ mm ;
$d = 20$ cm ; $x_N = 15$ mm (abscisse du point N).

1- Étude qualitative

1-1) Les conditions d'obtention des franges d'interférence sont satisfaites. Pourquoi ?
1-2) Nommer le phénomène qui a lieu au niveau de chacune des fentes S_1 et S_2.
1-3) Les franges obtenues sur (E) sont alignées horizontalement. Pourquoi ?

2- Étude expérimentale

La différence de marche optique en un point Q de l'écran, appartenant au champ d'interférence et d'abscisse $x = \overline{OQ}$, est : $\delta = (SS_2+S_2Q) - (SS_1+S_1Q) = \frac{ax}{D}$.

2-1) Dans la région d'interférence, le point O est le centre d'une frange brillante pour n'importe quelle valeur de D. Justifier.
2-2) La distance entre (P) et (E) est $D = D_1 = 3$ m.
2-2-1) Définir l'interfrange « i » et calculer sa valeur.
2-2-2) Déduire qu'il existe, entre M et N, une seule frange brillante de centre O.

2-3) La distance entre (P) et (E) est maintenant $D = D_2 = 5$ m.
2-3-1) Montrer que le point N est le centre d'une frange sombre.
2-3-2) On déplace progressivement l'écran (E) parallèlement à lui-même vers (P). Pour $D = D_3$, le point N sera le centre de la première frange brillante. Calculer D_3.
2-4) La fente S subit un déplacement z parallèlement à (P) du côté de l'une des deux fentes.
La différence de marche optique, au point N, devient :

$$\delta' = \frac{az}{d} + \frac{ax_N}{D}$$

2-4-1) Déterminer la relation entre z et D pour que le point N reste le centre de la première frange brillante.
2-4-2) Déduire z pour D = 2 m.
2-4-3) Indiquer alors le sens du déplacement de (S).

وزارة التربية والتعليم العالي
المديريّـة العامة للتربية
دائرة الامتحانات الرسمية

امتحانات الشهادة الثانوية العامة
فرع العلوم العامة

دورة العام ٢٠١٨ العادية
الإثنين ١١ حزيران ٢٠١٨

مسابقة في مادة الفيزياء
أسس التصحيح

Exercice 1 (7,5 pts) Roulement d'un disque le long d'un fil vertical

Partie			Réponses	Notes
1	1-1		$\mathcal{M}_{m\vec{g}} = 0$ puisque $m\vec{g}$ passe par (Δ). $\mathcal{M}_{\vec{T}} = T \times R$.	0,5
	1-2		$\Sigma M_{ext} = \frac{d\sigma}{dt} = I\,\theta''$, donc $\mathcal{M}_{m\vec{g}} + \mathcal{M}_{\vec{T}} = 0 + TR$, alors $TR = I\,\theta''$, par suite $T = \frac{I\theta''}{R}$.	0,5
	1-3		$\Sigma\vec{F}_{ext} = m\vec{a}$; $m\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a}$. Projection suivant Ox, donc $mg - T = ma$ alors, $T = mg - ma$.	0,75
	1-4		$T = \frac{I\theta''}{R} = \frac{mR^2a}{2R^2} = \frac{ma}{2}$. Mais $T = mg - ma$, donc $mg = \frac{ma}{2} + ma = \frac{3ma}{2}$, par suite $a = \frac{2g}{3}$	0,5
	1-5	1	Primitive de l'accélération on obtient $v = a\,t + V_0$ Alors $v = \frac{2g}{3}\,t$ ($V_0 = 0$)	0,5
		2	Primitive de la vitesse on obtient $x = \frac{1}{2}\frac{2g}{3}t^2 = \frac{g}{3}t^2$	0,5
	1-6		$h = \frac{g}{3}t^2$; alors $t = \sqrt{\frac{3h}{g}} = \sqrt{\frac{3\times 2{,}7}{10}}$, donc $t = 0.9$ Sec. $v = \frac{2g}{3}t = \left(\frac{2g}{3}\times 0{,}9\right) + 0 = \frac{2\times 10}{3}\times 0{,}9 = 6$ m/s.	1
2	2-1		$Em_o = Ec + Epp = 0 + mgh = 2 \times 10 \times 2.7 = 54$ J.	0,5
	2-2		$Em_f = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\theta'^2 + 0$	0,5
	2-3		$Em_o = Em_f$, donc $54 = \frac{1}{2}\left(mv^2 + \frac{mR^2v^2}{2R^2}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{3mV^2}{2}\right)$ alors $v = \sqrt{\frac{4\times 54}{3\times 2}} = 6$ m/s.	1
	2-4		$Em = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\theta'^2 + mg(h - x)$.	0,5
	2-5		$\frac{1}{4}mR^2\theta'^2 = -\,mgh + mgx - \frac{1}{2}mv^2 + mgh$ ($Em_{(t)} = Em_0$) $\frac{1}{4}mR^2\frac{v^2}{R^2} + \frac{1}{2}mv^2 = mgx$; $\frac{3}{4}mv^2 = mgx$; $v^2 = \frac{4gx}{3}$ Dérivons par rapport au temps, alors $2\,vv' = \frac{4g}{3}x'$ par suite $a = \frac{2g}{3}$	0,75

Exercice 2 (7 pts) Fission de l'uranium-235

Partie	Réponses	Notes
1	Loi de conservation de nombre de charge : $Z = 92 + 0 = 92.$ Loi de conservation de nombre de masse : $A = 235 + 1 = 236.$ $236 = A' + 141 + 3(1)$, alors $A' = 92$. $92 = 36 + Z' + 3(0)$, alors $Z' = 56$	1
2	${}_{Z}^{A}X$ est uranium puisque $Z = 92$.	0,25
3	Car chaque réaction de fission libère 3 neutrons.	0,5
4	Car il y a émission des photons γ	0,25
5	$E_{lib} = \Delta m \cdot c^2$ $\Delta m = m_{avant} - m_{apres}$ $= [1{,}00866 + 234{,}99346]$ $- [140{,}88369 + 91{,}90641 + 3(1{,}00866)] = 0{,}18604$ $E_{lib} = \Delta m\, c^2 = 0{,}18604\ u\, c^2 = 0{,}18604 \times 931{,}5\ \frac{MeV}{c^2} \times c^2$ $= 173{,}3$ Mev $E_{lib} = 173{,}3 \times 1{,}6 \times 10^{-13}$, donc $E_{lib} \cong 2{,}8 \times 10^{-11}$ J.	1,5
6 — 6-1	$1^{ère}$ génération $\rightarrow 3^1$ neutrons. Après 2 générations $\rightarrow 3^2 = 9$ neutrons … A la $100^{ème}$ génération $\rightarrow N = 3^{100} = 5.15 \times 10^{47}$ neutrons	0,5
6 — 6-2	$E_{total} = N\, E_{lib} = 5{,}15 \times 10^{47} \times 2{,}8 \times 10^{-11} = 1{,}44 \times 10^{37}$ J.	0,5
6 — 6-3 — 1	$E_{nuleaire} = 1{,}5 \times 10^{25} \times E_{lib} = 1{,}5 \times 10^{25} \times 2{,}8 \times 10^{-11}$ $= 4{,}2 \times 10^{14}$ J. $E_{electrique} = 0{,}33 \times E_{nucleaire} = 0{,}33 \times 4{,}2 \times 10^{14}$ $= 1{,}39 \times 10^{14}$ J	1
6 — 6-3 — 2	$P_{electrique} = \frac{E_{electrique}}{\Delta t} = \frac{1{,}39 \times 10^{14}}{24 \times 3600} = 1{,}6 \times 10^{9}$ W.	1
7	L'énergie libérée par la fission nucléaire peut être contrôlée donc elle peut être utilisée dans une centrale nucléaire ; alors que la fusion nucléaire ne peut pas être contrôlée donc elle n'est pas utilisée dans une centrale nucléaire.	0,5

Partie			Réponses	Notes
Exercice 3 (8 pts)			**Energie thermique dégagée par un circuit électrique**	
1	1-1		u_R augmente donc i augmente , $W_{mag} = \frac{1}{2} L\, i^2$, i augmente, donc W_{mag} augmente.	**0,5**
	1-2		$u_{bobine} = 0$.	**0,25**
	1-3		$u_{bobine} = r\,i + L\frac{di}{dt}$. régime permanent : $\frac{di}{dt} = 0$ et $u_{bobine} = 0$. (puisque u_R est constante donc i est constante) et $i \neq 0$, donc $r = 0$.	**0,25**
	1-4		$u_{DE} = u_{AB} + u_{BM}$; $E = L\frac{di}{dt} + u_R$. $u_R = iR$, donc $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R}\frac{du_R}{dt}$, alors $\frac{du_R}{dt} + \frac{R}{L}u_R = \frac{R}{L}E$.	**0,75**
	1-5		À $t_o = 0$; $u_R = 0$, donc à $t_o = 0$: $\frac{du_R}{dt} = \frac{RE}{L}$	**0,5**
	1-6		La pente de la tangente sur u_R à $t_o = 0$, $= \frac{du_R}{dt}$. pente $= \frac{10}{0{,}005} = \frac{RE}{L}$, donc $L = \frac{100\times10\times0{,}005}{10} = 0{,}5H$	**0,75**
	1-7		$W_{max} = \frac{1}{2}LI_{max}{}^2 = \frac{1}{2}\times 0{,}5 \times (\frac{10}{100})^2 = 2{,}5 \times 10^{-3}$J.	**0,75**
	1-8	1	$W_R = 7\, W_{mag} = 7\times 2{,}5\times10^{-3} = 17{,}5\times10^{-3}$ J	**0,5**
		2	$W_{chaleur[0\ ,\ 30\ ms]} = W_{chaleur[0\ ,\ 25\ ms]} + W_{chaleur[25\ ms\ ,\ 30\ ms]}$ $= 7\times 2{,}5 \times 10^{-3} + EI_{max}\Delta t = 17{,}5 \times10^{-3} + (10\times0.1\times0.005)$ donc $W_{chaleur[0\ ,\ 30\ ms]} = 22{,}5 \times 10^{-3}$J.	**1**
2	2-1		$W_{em} = \frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2}Cu_C{}^2$ à $t_0 = 0$ $u_C = 0$. donc $W_{em} = \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2}\times 0{,}5 \times (0{,}1)^2 = 2{,}5 \times 10^{-3}$J.	**0,75**
	2-2	1	A t = 22,5ms; $u_R = 0$; donc $i = 0$.	**0,25**
		2	$u_{AB} + u_{BM} + u_{MN} + u_{NQ} + u_{QA} = 0$, Donc, $u_{bobine} + u_R + 0 + u_C + 0 = 0$, Alors, $-3{,}125 + 0 + u_C = 0$, donc $u_C = 3{,}125$V	**0,5**
		3	$W'_{em} = \frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2}Cu_c{}^2 = 0 + \frac{1}{2}\times 5 \times 10^{-6} \times 3{,}125^2$ $= 2{,}44 \times 10^{-5}$J.	**0,75**
		4	$W_{chaleur[\ 0,\ 22{,}5\ ms]} = W_{em} - W'_{em} = 2{,}5\times10^{-3} - 2{,}44\times10^{-5}$ $= 2{,}47\times 10^{-3}$J.	**0,5**

Exercice 4 (7 pts)	**Interférence de la lumière**			
Partie			**Réponses**	**Notes**
1	**1-1**		Les deux fentes sont éclairées par une même source S.	**0,5**
	1-2		Diffraction.	**0,5**
	1-3		Les franges sont alignées horizontalement car les deux fentes sont dirigées suivant l'horizontal et les franges sont parallèles aux deux fentes.	**0,5**
2	**2-1**		En O: $\delta = \frac{a \times 0}{D} = 0$ pour chaque valeur de D. Donc, O est le centre de la frange brillante central pour chaque valeur de D. **<u>Ou bien</u>** $\delta = (SS_2+S_2O)-(SS_1+S_1O) = (SS_2-SS_1)+(S_2O-S_1O) = 0 + 0 =0$ car $SS_2 = SS_1$ et $S_1O = S_2O$	**0,5**
	2-2	**1**	L'interfrange i est la distance entre les centres de deux franges consécutive de même nature. $i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{600 \times 10^{-9} \times 3}{0{,}1 \times 10^{-3}} = 18 \times 10^{-3}$m = 18 mm.	**1,5**
		2	OM = ON = $\frac{30}{2}$ = 15 mm < i . Par suite, entre N et M on a seulement une seule frange brillante en O.	**0,5**
	2-3	**1**	$i' = \frac{\lambda D}{a} = \frac{600\times10^{-9}\times5}{0{,}1\times10^{-3}} = 30\times10^{-3}$ = 30 mm $\delta_N = \frac{ax}{D} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$; $(2k+1) = \frac{2ax}{\lambda D} = \frac{2x}{i} = 1$ Donc K = 0 par suite N occupe le centre de la première frange sombre **<u>Ou bien</u>** : $i' = \frac{\lambda D}{a} = \frac{600\times10^{-9}\times 5}{0.1\times10^{-3}} = 30\times10^{-3}$ = 30 mm x_N = 15 mm = $\frac{i'}{2}$, donc N occupe le centre de la première frange sombre **<u>Ou bien</u>** $\frac{\delta}{\lambda} = \frac{ax}{D\lambda} = \frac{x}{i'} = \frac{1}{2}$ Donc $\delta = \frac{1}{2}\lambda$ de la forme $(2k+1)\frac{\lambda}{2}$ Avec K = 0 donc N occupe le centre de la première frange sombre	**0,5**
		2	Pour la première frange brillante, $\delta = k\lambda = \lambda$ (k = 1) $k\lambda = \frac{ax}{D_3}$; $D_3 = \frac{ax}{\lambda} = \frac{10^{-4}\times15\times10^{-3}}{600\times10^{-9}} = \frac{15}{6}$ = 2,5 m	**0,75**
	2-4	**1**	$\delta' = \frac{az}{d} + \frac{ax_N}{D} = k\lambda = \lambda$ $\frac{az}{d} = -\frac{ax_N}{D} + \lambda$; $z = -\frac{d}{D}x_N + \frac{\lambda D}{a} = \frac{-3\times10^{-3}}{D} + 1{,}2\times10^{-3}$	**1,25**
		2	$z = \frac{-3\times10^{-3}}{2} + 1{,}2\times10^{-3} = -0{,}3\times10^{-3}$ m	**0,5**
		3	z < 0 ; donc S s'est déplacée vers le bas	**0,5**

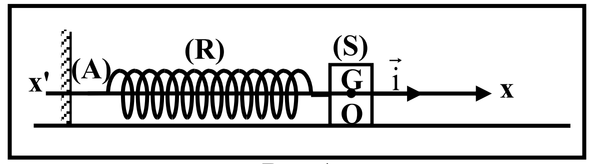
مسابقة في مادة الفيزياء | الاسم:
المدة: ثلاث ساعات | الرقم:

Cette épreuve est formée de quatre exercices répartis sur quatre pages.
L'usage d'une calculatrice non programmable est recommandé.

Exercice 1 (8points) Oscillations mécaniques

Le but de cet exercice est d'étudier les oscillations d'un pendule élastique horizontal. Le pendule comporte :

- un solide (S) de masse m ;
- un ressort horizontal(R) de masse négligeable à spires non jointives et de constante de raideur k = 160N/m.



Doc.1

On fixe le ressort (R) par son extrémité (A) à un support et l'autre extrémité est reliée à (S).

(S) peut glisser sur un rail horizonal et son centre d'inertie (G) peut se déplacer sur un axe horizontal x'x de vecteur unitaire $\vec{i}$.

À l'équilibre, (G) coïncide avec l'origine O de l'axe x'x(Doc. 1).

Le plan horizontal contenant(G) est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

Prendre: $\pi^2=10$.

1- Oscillations libres non amorties

À l'instant t_0 = 0, on écarte (S) vers la gauche d'un déplacement $x_0 = -2\sqrt{2}$ cm, puis on le lance avec une vitesse initiale $\overrightarrow{v_0} = v_0\,\vec{i}$, avec $v_0 < 0$. (S) oscille sans frottement avec une amplitude X_m = 4 cm et une période propre T_0 = 0,35s.

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

1-1) Calculer l'énergie mécanique du système [(S), ressort, Terre].

1-2) Établir l'équation différentielle du second ordre en x qui régit le mouvement de (G).

1-3) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $x = X_m\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi\right)$, où φ est une constante.

1-3-1) Déterminer l'expression de la période propre T_0 en fonction de m et k.

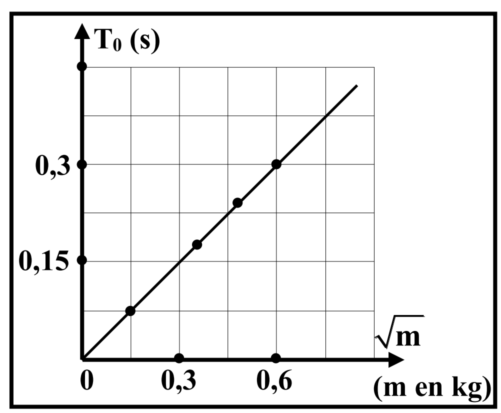
1-3-2) Déduire la valeur de m.

1-3-3) Déterminer la valeur de φ.

1-4) En utilisant le principe de conservation de l'énergie mécanique, montrer que $\left(\frac{T_0}{2\pi}\right)^2 v_0^2 = X_m^2 - x_0^2$.

1-5) Déduire la valeur de v_0.

1-6) Afin de vérifier la valeur de la constante de raideur k, on répète l'expérience précédente en accrochant, successivement, au ressort des solides de masses différentes. On mesure, pour chaque masse, la valeur correspondante de la période propre. Un système approprié permet de tracer la courbe de T_0 en fonction de $\sqrt{m}$ (Doc. 2).



Doc. 2

1-6-1) Déterminer, en utilisant le document 2, l'expression de T_0 en fonction de $\sqrt{m}$.

1-6-2) Déduire la valeur de k.

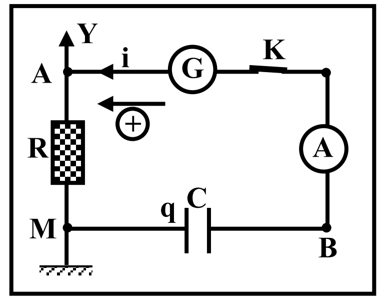
2- Oscillations forcées

Les forces de frottement ne sont plus négligeables. L'extrémité (A) du ressort est reliée maintenant à un vibreur de fréquence réglable « f » vibrant dans la même direction du ressort. On remarque que l'amplitude des oscillations de (S) varie avec « f »; l'amplitude atteint sa valeur maximale pour une fréquence f_1=2,86Hz.

2-1) Nommer l'excitateur et le résonateur.
2-2) Nommer le phénomène physique qui a lieu pour $f = f_1$.
2-3) Déduire de nouveau la valeur de k.

<u>Exercice 2</u> (8 points) Détermination de la capacité d'un condensateur

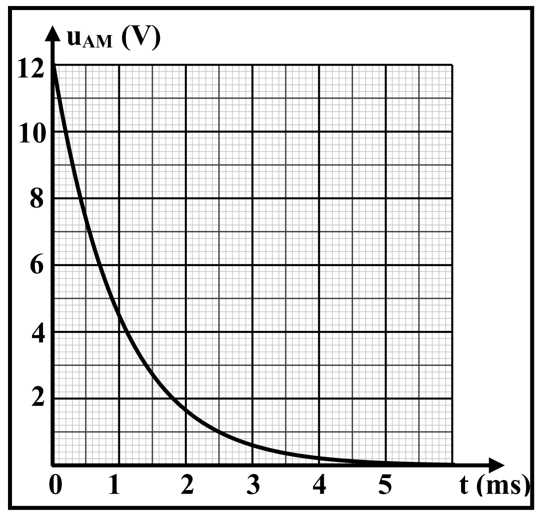
Le but de cet exercice est de déterminer, par deux méthodes différentes, la capacité C d'un condensateur. Dans ce but on dispose : d'un condensateur de capacité C initialement non chargé, d'un conducteur ohmique de résistance R, d'un interrupteur K, d'un ampèremètre (A) de résistance négligeable et d'un générateur (G).



Doc. 3

1- Première expérience

(G) délivre une tension constante $u_{AB} = E = 12V$.
On branche en série le condensateur, le conducteur ohmique et l'ampèremètre (A)aux bornes de (G) (Doc.3).
À l'instant $t_0 = 0$, on ferme K, le circuit est alors parcouru par un courant d'intensité i et l'ampèremètre indique une valeur $I_0 = 0{,}012A$.
Un oscilloscope est utilisé pour visualiser l'évolution au cours du temps de la tension u_{AM} aux bornes du conducteur ohmique (Doc. 4).



Doc. 4

1-1) Établir l'équation différentielle qui régit les variations de la tension $u_c = u_{MB}$.

1-2) Déduire que l'équation différentielle en iest :$i + RC\dfrac{di}{dt} = 0$.

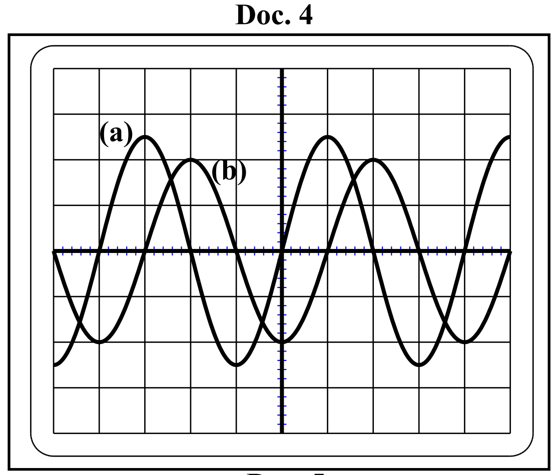
1-3) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $i = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$, avec I_0 et τ sont des constantes.
Montrer que $I_0 = \dfrac{E}{R}$ et $\tau = RC$.

1-4) En utilisant le document 4 :
1-4-1) montrer que la valeur de R est 1kΩ ;
1-4-2) déterminer la valeur de τ ;
1-4-3) déduire la valeur de C.

2- Deuxième expérience

(G) délivre entre ses bornes une tension alternative sinusoïdale. Un oscilloscope branché dans le circuit permet de visualiser, sur la voie (Y_1) la tension u_{AM} et sur la voie (Y_2) la tension u_{MB}, le bouton « INV » de la voie (Y_2) étant enfoncé.
Le document 5 montre les courbes des tensions u_{AM} et u_{MB}.
On donne :$\pi = 3{,}125$.
Les réglages de l'oscilloscope sont :

- sensibilité horizontale : 2,5 ms/div ;
- sensibilité verticale : 5 V/div pour la voie (Y_1) ;
  10 V/div pour la voie (Y_2).



Doc. 5

2-1) L'oscillogramme (b) représente la tension u_{MB}. Pourquoi ?
2-2) Calculer la période de la tension délivrée par (G) et en déduire sa pulsation ω.
2-3) Calculer les valeurs maximales des tensions u_{AM} et u_{MB}.
2-4) Calculer le déphasage φ entre la tension u_{MB} et l'intensité du courant i.
2-5) Sachant que l'intensité i du courant a pour expression : $i = I_m \cos(\omega t)$.
2-5-1) Déterminer les expressions de u_{AM} et u_{MB} en fonction du temps t ;
2-5-2) Calculer la valeur de I_m.
2-6) Déduire la valeur de C.

Exercice3 (7points) Détermination de l'âge d'un liquide

Le tritium ^3_1H est un isotope radioactif de l'hydrogène. Le tritium est produit dans la haute atmosphère par les rayonnements cosmiques et amené sur Terre par la pluie. Le tritium peut être utilisé pour déterminer l'âge des liquides contenant cet isotope d'hydrogène.
Dans cet exercice, on compte déterminer l'âge d'un liquide contenu dans une ancienne bouteille en utilisant l'activité du tritium.

1- Décroissance radioactive du tritium

Le tritium est un émetteur beta-moins (β^-). Il se désintègre pour donner un des isotopes de l'hélium sans émission de rayonnement gamma.

1-1) Compléter l'équation de la décroissance du tritium et déterminer A et Z.

$$^3_1H \rightarrow {}^A_ZHe + \ldots$$

1-2) Le noyau d'hélium est produit à l'état fondamental. Pourquoi ?

1-3) Une particule X accompagne la désintégration ci-dessus afin de satisfaire à une certaine loi. Nommer cette particule et cette loi.

2- Détermination de la période radioactive du tritium

On considère un échantillon de l'isotope radioactif du tritium ^3_1H.

À un instant $t_0 = 0$, le nombre des noyaux présents dans cet échantillon est N_0.

L'activité A de l'échantillon radioactif représente le nombre de désintégrations par unité de temps.

L'activité à un instant t est donnée par l'expression suivante : $A = -\dfrac{dN}{dt}$, où N est le nombre des noyaux restants (non désintégrés) à l'instant t.

2-1) Montrer que l'équation différentielle du premier ordre qui décrit les variations de N est :
$\dfrac{dN}{dt} + \lambda N = 0$, avec λ est la constante de décroissance radioactive de l'isotope radioactif.

2-2) Vérifier que $N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ est une solution de l'équation différentielle ci-dessus, où $\tau = \dfrac{1}{\lambda}$.

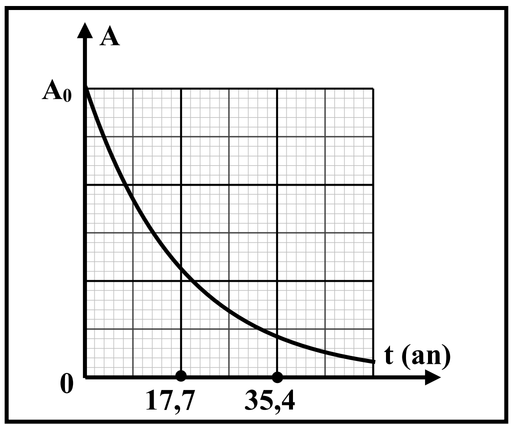
2-3) Déduire que l'expression de l'activité est donnée par :
$A = A_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$, où A_0 est l'activité initiale de l'échantillon.

2-4) Calculer A en fonction de A_0 lorsque $t = \tau$.

2-5) Le document 6 représente l'activité d'un échantillon de tritium en fonction du temps.

2-5-1) Montrer que $\tau = 17{,}7$ ans.

2-5-2) Déduire la période radioactive du tritium.



Doc. 6

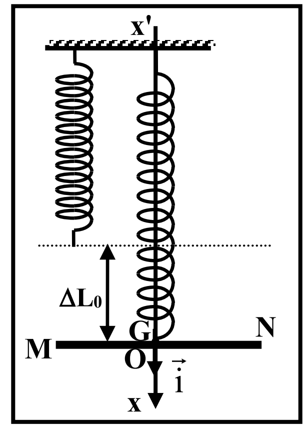
3- Détermination de l'âge d'un liquide

Une ancienne bouteille contient un certain liquide, elle est juste ouverte (en 2018). On a trouvé que l'activité du tritium dans ce liquide est 10,4 % de l'activité initiale du même liquide fraîchement préparé. Déterminer l'année de production du liquide dans l'ancienne bouteille.

<u>Exercice 4</u> (7points) Induction électromagnétique

Le but de cet exercice est de déterminer la valeur B d'un champ magnétique uniforme $\overrightarrow{B}$.

On considère un ressort de constante de raideur k et de masse négligeable, relié par son extrémité supérieure à un support fixe. Son extrémité inférieure est reliée à une tige en cuivre MN de masse m et de longueur ℓ. À l'équilibre, l'allongement du ressort est ΔL_0 et le centre de masse G de la tige coïncide avec l'origine O d'un axe vertical x'Ox de vecteur unitaire $\vec{i}$ (Doc.7).



Doc. 7

1- Tige en équilibre

1-1) Nommer les forces extérieures agissant sur la tige dans sa position d'équilibre.

1-2) Déterminer la relation entre m, g, k et ΔL_0.

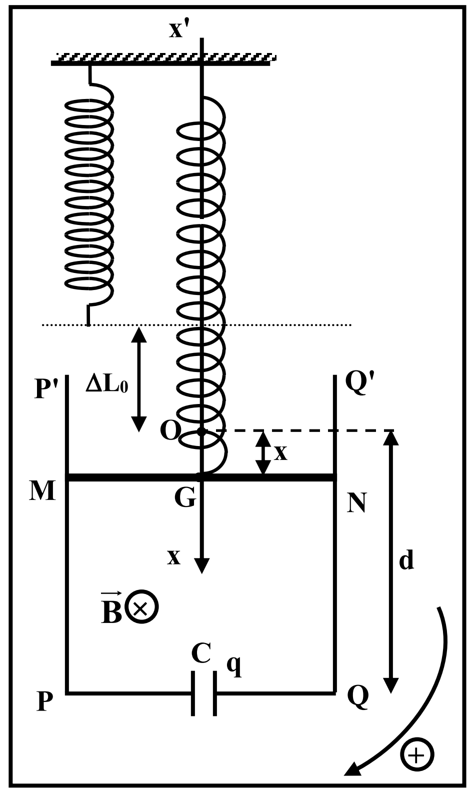
2- Induction électromagnétique

La tige MN peut glisser sans frottement le long de deux rails métalliques verticaux (PP') et (QQ'). Au cours de ce glissement, la tige reste perpendiculaire aux deux rails. Ces deux rails sont séparés d'une distance ℓ ; un condensateur, initialement non chargé, de capacité C est relié entre P et Q. La tige et les deux rails sont supposés de résistance négligeable. L'ensemble est placé dans un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme, horizontal et perpendiculaire au plan des rails.

À la position d'équilibre G se trouve à une distance d de (PQ).

On tire la tige, à partir de sa position d'équilibre, verticalement vers le bas d'une distance X_m, puis on la lâche sans vitesse initiale, G oscille alors autour de sa position d'équilibre O.

À un instant t, G est défini par son abscisse $x = \overline{OG}$ et la valeur algébrique de sa vitesse est $v = \frac{dx}{dt}$ (Doc. 8).



Doc. 8

2-1) En respectant le sens positif indiqué sur le document 8, montrer que l'expression du flux magnétique à travers la surface MNQP est donnée par $\phi = B\ell d - B\ell x$.

2-2) Déduire l'expression de la force électromotrice induite « e » dans la tige en fonction de B, ℓ et v.

2-3) Sachant que $u_{QP} = u_C = e$, montrer que l'expression de l'intensité du courant électrique induit dans le circuit MNQP est : $i = C B \ell \frac{dv}{dt}$.

3- Oscillations libres

La tige est soumise à une force électromagnétique (force de Laplace) $\vec{F} = - B^2 \ell^2 C \frac{dv}{dt} \vec{i}$.

3-1) En appliquant la 2^{ème} loi de Newton $\sum \vec{F}_{ext} = m.x''\vec{i}$, montrer que l'équation différentielle du second ordre en x qui régit le mouvement de la tige est donnée par : $x'' + \frac{k}{m + B^2\ell^2 C} x = 0$.

3-2) Préciser la nature du mouvement de la tige.

3-3) Déduire l'expression de la période propre T_0 des oscillations de la tige.

3-4) La durée de 10 oscillations est 4,69 s .Déterminer la valeur de B, sachant que m = 10g, ℓ = 10 cm, $C = 8$ mF et $k = 1{,}8$ N/m .

Exercice 1 (8 points) Oscillations mécaniques

Partie			Réponse	Notes
1	1.1		$Em = \frac{1}{2}kX_m^2 = \frac{1}{2}(160)(4\times10^{-2})^2 = 0{,}128J$	0,5
1	1.2		$Em = Ec + Ep_e = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$. Les forces de frottement sont négligeables, donc Em est conservée : $\frac{d(Em)}{dt} = 0 = mvv' + kxx'$, donc $x'(mx'' + kx) = 0$, par suite $x'' + \frac{k}{m}x = 0$	0,75
1	1.3	1.3.1	$x = X_m\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi\right)$; $x' = -X_m\frac{2\pi}{T_0}\sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi\right)$; $x'' = -X_m(\frac{2\pi}{T_0})^2\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi\right)$; On remplace dans l'équation différentielle : $-X_m(\frac{2\pi}{T_0})^2\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi\right) + \frac{k}{m}X_m\cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi\right) = 0$; $(\frac{2\pi}{T_0})^2 = \frac{k}{m}$ donc $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	1
1	1.3	1.3.2	$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, alors $m = \frac{T_0^2k}{4\pi^2}$, donc $m = 0.49kg = 490g$	0,75
1	1.3	1.3.3	$x_0 = x_m\cos\varphi$; $-2\sqrt{2} = 4\cos\varphi$; $\cos\varphi = -\frac{\sqrt{2}}{2}$;donc $\varphi = \frac{3\pi}{4}$ ou $\varphi = -\frac{3\pi}{4}$ Mais $v_0 = -X_m\frac{2\pi}{T_0}\sin\varphi$; Puisque $v_0 < 0$ donc $\sin\varphi > 0$; Par suite $\varphi = 3\pi/4$ rad	1
1	1.4		$Em\vert_{x_0} = Em\vert_{x_m}$, donc $\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}kx_0^2 = \frac{1}{2}kX_m^2$, alors $mv_0^2 = k(X_m^2 - x_0^2)$ On remplace $m = \frac{kT_0^2}{4\pi^2}$ dans l'équation précédente on aura : $\left(\frac{T_0}{2\pi}\right)^2 v_0^2 = X_m^2 - x_0^2$	0,75
1	1.5		$v_0^2 = \frac{(X_m^2 - x_0^2)4\pi^2}{T_0^2}$, donc $v_0 = 0{,}511$ m/s	0,5
1	1.6	1.6.1	T_0 est proportionnelle à $\sqrt{m}$ donc $T_0 = \text{pente}\sqrt{m}$. $\text{Pente} = \frac{\Delta T_0}{\Delta\sqrt{m}} = \frac{0{,}3}{0{,}6} = 0{,}5 s/\sqrt{kg}$, alors $T_0 = 0.5 \times \sqrt{m}$ (S. I.)	1
1	1.6	1.6.2	$T_0 = \frac{2\pi}{\sqrt{k}}\sqrt{m}$, donc $\text{pente} = \frac{2\pi}{\sqrt{k}} = 0{,}5$, donc $k = \frac{4\pi^2}{0{,}25} = \frac{4\times10}{0{,}25} = 160 N/m$	0,75
2	2.1		Excitateur : vibreur ; Résonateur : oscillateur	0,5
2	2.2	2.2.1	Résonance d'amplitude	0,25
2	2.2	2.2.2	À la résonance : $f_1 \approx f_0 = 2{,}86$ Hz, on remplace $T_0 = \frac{1}{2{,}86}$ dans $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, on aura $k \cong 160 N/m$	0,25

Exercice 2 (8 points) **Détermination de la capacité d'un condensateur**

Partie			Réponse	Notes
1	1.1		$u_{AB} = u_{AM} + u_{MB}$, donc $E = u_C + Ri$ et $i = dq/dt = C\, du_c/dt$ Alors : $E = u_C + RC\, du_c/dt$	0,5
	1.2		On dérive par rapport au temps l'équation obtenue, on aura : $0 = \frac{dUc}{dt} + RC\,\frac{d^2Uc}{dt^2}$ Mais $i = c\frac{dUc}{dt}$ et $\frac{di}{dt} = c\frac{d^2Uc}{dt^2}$ on obtient : $0 = \frac{i}{C} + R\frac{di}{dt}$, donc $0 = i + RC\,\frac{di}{dt}$	0,75
	1.3		$\frac{di}{dt} = -\,\frac{I_0}{\tau}\, e^{-t/\tau}$, en remplaçant dans l'équation différentielle : $0 = I_0\, e^{-t/\tau} + RC\,(\frac{-\,I0}{\tau})\, e^{-t/\tau}$, donc $0 = I_0\,(1 - \frac{RC}{\tau})\, e^{-t/\tau} \forall t$ on aura $\tau = RC$ À $t = 0$: $i = I_0\, e^0 = I_0$ et À $t = 0$, $i = \frac{E}{R}$, donc $\frac{E}{R} = I_0$	1
	1.4	1.4.1	$I_o = \frac{E}{R}$, alors $R = \frac{12}{0,012} = 1000\Omega$	0,5
		1.4.2	A $t = \tau$: $u_R = 0,37E = 0,37\times12 = 4,44$ V Graphique: $\tau = 1$ ms $= 10^{-3}$ s	0,5
		1.4.3	$C = \frac{\tau}{R} = \frac{10^{-3}}{10^{3}} = 10^{-6}$F = 1µF	0,5
2	2.1		Dans un circuit (R - C) série, l'intensité du courant iest en avance sur u_C Mais u_R est l'image du courant i, donc u_R est en avance de phase sur u_C. Puisque la courbe (a) est en avance de phase sur la courbe (b) donc la courbe (b) représente la tension u_C.	0,5
	2.2		$T = 4 \times 2,5 = 10$ ms $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{10^{-2}} = 200\ \pi$rd/s = 625 rd/s	0,75
	2.3		$(U_{AM})_m = 2,5 \times 5 = 12.5$ v $(U_{MB})_m = 2 \times 10 = 20$ V	0.5
	2.4		$\varphi = \frac{2\pi d}{D} = \frac{2\pi \times 1}{4} = \frac{\pi}{2}$ rd	0,5
	2.5	2.5.1	$u_R = u_{AM} = 12.5\cos(200\,\pi t)$ S.I. u_C est en retard de $\frac{\pi}{2}$rd sur u_R, donc : $u_C = u_{MB} = 20\cos(200\,\pi t - \frac{\pi}{2})$ S.I.	0,5
		2.5.2	$I_m = \frac{(UAM)_m}{R} = \frac{12,5}{10^3} = 12,5 \times 10^{-3}$ A.	0,5
	2.6		$i = C\,\frac{du_C}{dt}$, donc$i = C \times 20 \times [-200\pi\sin(200\pi t - \frac{\pi}{2})]$ et $i = I_m\cos(\omega t)$ $I_m\cos(\omega t) = -\,C \times 4 \times 10^3\pi\ \sin(200\pi\, t - \frac{\pi}{2})$ $I_m\cos(\omega t) = C \times 4 \times 10^3\pi\cos(200\pi\, t)$, donc $I_m = C \times 4 \times 10^3\pi$ Donc : $12,5\times 10^{-3} = C \times 4 \times 10^3\times\pi$ Alors : $C = \frac{12,5 \times 10^{-3}}{4 \times 10^3 \times \pi} = \frac{12.5 \times 10^{-6}}{2 \times 6.25} = 10^{-6}$ F = 1 µF	1

Exercice 3 (7 points) **Détermination de l'âge d'un liquide**

Partie		Réponse	Notes
1	**1.1**	${}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{A}_{Z}He + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\nu^{-}$ La loi de conservation de nombre de masse : $3 = A + 0$, donc $A = 3$ La loi de conservation de nombre de charge : $1 = z - 1$, donc $z = 2$	**1**
	1.2	Lorsque le noyau tritium se désintègre pour produire un isotope d'hélium sans accompagnement des radiations gamma, alors le noyau de l'hélium est produit à l'état fondamental.	**0,5**
	1.3	La particule est l'antineutrino, la loi est la loi de conservation de l'énergie totale (ou conservation de l'énergie)	**0,5**
2	**2.1**	$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$, donc $\frac{dN}{dt} + \lambda N = 0$	**0,5**
	2.2	$N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$, mais $\frac{dN}{dt} = -\frac{N_0}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} = -\frac{N}{\tau}$. Le remplacement dansl'équation différentielle, donne: $-\frac{N}{\tau} + \lambda N = 0$ Mais $\tau = \frac{1}{\lambda}$, alors: $-\lambda N + \lambda N = 0$	**0,75**
	2.3	$A = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$, mais $A_0 = \lambda N_0$, parsuite $A = A_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$	**0,75**
	2.4	$A = A_0 e^{-\frac{\tau}{\tau}} = A_0 e^{-1}$, par suite $A = 0{,}37\ A_0$	**0,75**
	2.5 – **2.5.1**	à $t = \tau$, $A = 0{,}37\ A_0$. Graphiquement, puisque $A = 0{,}37\ A_0$; $t = \tau = 17{,}7$ ans.	**0,5**
	2.5 – **2.5.2**	$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{\ell n\ 2}$, alors $T = \tau\ \ell n\ 2 = 17{,}7\ (\ell n 2)$, parsuite $T = 12{,}3$ ans.	**0,75**
3		$A = A_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$, alors $0.104\ A_0 = A_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$, donc $\ell n\ (0{,}104) = -t / \tau$ $t = -\ell n\ (0{,}104)\ (17{,}7) \cong 40$ ans. Année de production = 2018 – 40 = 1978.	**1**

Exercice 4 (7 points) **Induction électromagnétique**

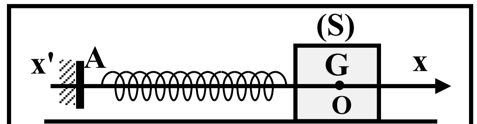
Partie		Réponse	Notes
1	1.1	Force de pesanteur $\vec{P} = m\vec{g}$ et la tension du ressort $\vec{T}$.	0,5
	1.2	La tige est en équilibre: $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$; $\vec{T} = -\vec{P} = -m\vec{g}$, alors $k\Delta L_0 = mg$	1
2	2.1	$\phi = BS\cos(\vec{n};\vec{B}) = B(d-x)\times \ell\cos 0 = B d \ell - B\ \ell x$	0,75
	2.2	$e = -\frac{d\varphi}{dt} = B\ \ell v$	0,5
	2.3	$i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt} = C\frac{de}{dt} = CB\ell\frac{dv}{dt}$	0,75
3	3.1	$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$, $m\vec{g} + \vec{T} + \vec{F} = m\vec{v'}$; Alors : $mg - k(\Delta L_0 + x) - B^2\ell^2 C\frac{dv}{dt} = mx''$, $k\Delta L_0 = mg$ Donc : $x'' + \frac{k}{m + B^2\ell^2 C}x = 0$.	1,25
	3.2	L'équation différentielle est de la forme x" + ω_0^2 x = 0 donc le mouvement est harmonique simple	0,5
	3.3	$\omega_0^2 = \frac{k}{m + B^2\ell^2 C}$; La période propre $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{m + B^2\ell^2 C}{k}}$	0,75
	3.4	$T_0 = \frac{4,69}{10} = 0,469\,s$; $T_0^2 k = 4\pi^2(m + B^2\ell^2 C)$ $B^2 = \frac{1}{\ell^2 C}\left[\frac{T_0^2 k}{4\pi^2} - m\right]$ En remplaçant chaque terme par sa valeur on aura : B = 0,699 T (si π = 3,14) B= 0,6 T (si on remplace la valeur exacte de π)	1

وزارة التربية والتعليم العالي المديريّة العامّة للتربية دائرة الامتحانات الرسميّة	امتحانات الشهادة الثانوية العامة فرع العلوم العامة	دورة العام 2019 العاديّة الأثنين 24 حزيران 2019
	مسابقة في مادة الفيزياء المدة: ثلاث ساعات	الاسم: الرقم:

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

Exercice 1 (8 points) Oscillations libres amorties

On considère un oscillateur mécanique formé d'un solide (S), de masse m, et d'un ressort horizontal de masse négligeable et de constante de raideur k. (S) est attaché à l'une des deux extrémités du ressort, l'autre extrémité étant reliée à un support fixe A. Le centre de masse G, de (S), peut se déplacer suivant un axe horizontal (x' x) (Doc. 1).



Doc. 1

À l'équilibre, G coïncide avec l'origine O de l'axe (x' x). On déplace (S) horizontalement, dans le sens positif, à partir de sa position d'équilibre. À l'instant $t_0 = 0$, l'abscisse de G est X_m et (S) est lâché sans vitesse initiale. À un instant t, l'abscisse de G est $x = \overline{OG}$ et la valeur algébrique de sa vitesse est $v = x' = \frac{dx}{dt}$. Durant son mouvement, (S) est soumis à plusieurs forces parmi lesquelles on a la tension $\vec{F} = -k\,x\,\vec{i}$ du ressort et la force de frottement $\vec{f} = -h\,\vec{v}$, où h est une constante positive appelée coefficient d'amortissement.

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

Le but de cet exercice est d'étudier l'effet du frottement sur les oscillations et de déterminer la valeur de h.

1) Étude théorique

1-1) Montrer, en appliquant la deuxième loi de Newton $\sum \vec{F}_{ext} = m\frac{d\vec{v}}{dt}$, que $m\frac{dv}{dt} + k\,x = -h\,v$.

1-2) Écrire, à un instant t, l'expression de l'énergie mécanique E_m du système (Oscillateur, Terre) en fonction de m, k, x et v.

1-3) Déduire que $\frac{dE_m}{dt} = -h\,v^2$.

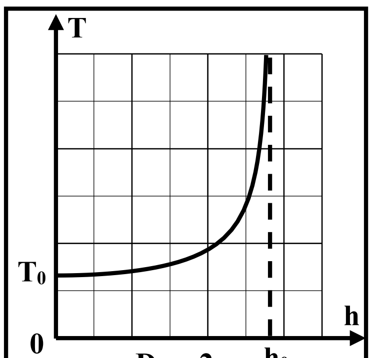
1-4) Établir l'équation différentielle, du second ordre en x, qui régit le mouvement de G.

1-5) Le centre de masse G oscille avec une pulsation $\omega = \sqrt{\frac{k}{m} - \left(\frac{h}{2m}\right)^2}$.
Déduire l'expression de la pseudo-période T.

1-6) Pour différentes valeurs de h, on obtient la courbe du document 2 représentant T en fonction de h, pour $0 \le h < h_0$.

1-6-1) Comment varie T pour $0 \le h < h_0$?

1-6-2) T_0 représente la période propre des oscillations de G. Justifier en se référant au document 2.



Doc. 2

1-7) Déduire l'expression de T_0 en fonction de m et k.

2) Étude expérimentale

Dans l'étude expérimentale, on prend : m = 0,5 kg et k = 100 N/m.

2-1) Calculer la valeur de T_0.

2-2) La courbe du document 3 représente x en fonction du temps t. En utilisant le document 3 :

2-2-1) déterminer la pseudo-période T ;

2-2-2) donner deux indicateurs montrant que (S) est soumis à une force de frottement.

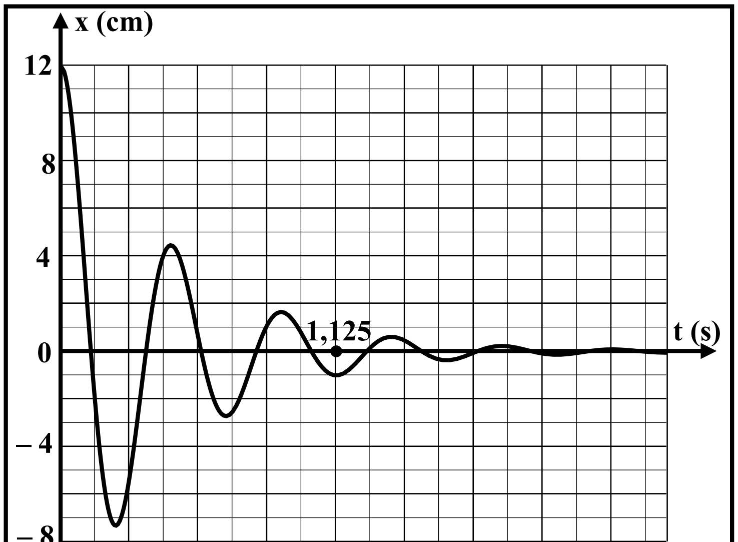
2-3) Calculer h.

2-4) Dans le but de déterminer de nouveau la valeur de h, un dispositif approprié est utilisé pour tracer les courbes de E_m et de l'énergie cinétique E_C de (S) en fonction du temps ainsi que la tangente à la courbe représentant E_m à t = 0,27 s (Doc. 4).

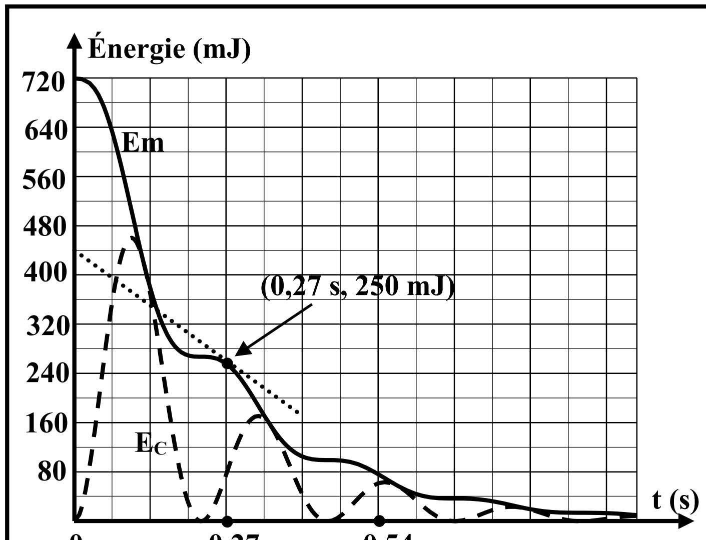
2-4-1) Déterminer la vitesse de G à t = 0,27 s en utilisant la courbe représentant E_C.

2-4-2) Déterminer $\frac{dE_m}{dt}$ à t = 0,27 s.

2-4-3) Déduire de nouveau la valeur de h.

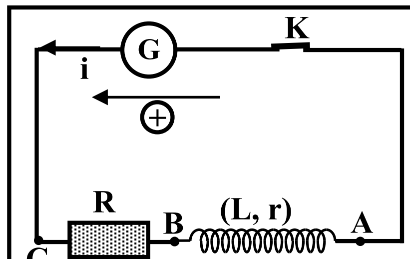


Doc. 3



Doc. 4

Exercice 2 (8 points) **Caractéristiques d'une bobine**



Doc. 5

Le but de cet exercice est de déterminer, par deux méthodes, les caractéristiques d'une bobine.

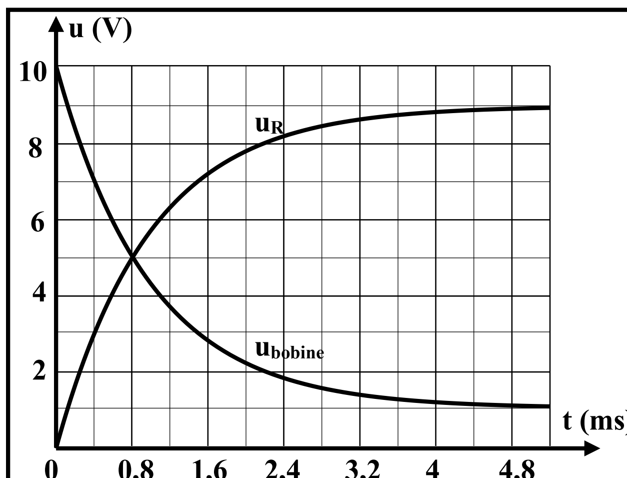
On réalise un montage comprenant en série : un générateur (G), un interrupteur K, un conducteur ohmique de résistance R = 90 Ω et une bobine d'inductance L et de résistance r (Doc.5).

À l'instant $t_0 = 0$, on ferme l'interrupteur K. À un instant t, le circuit est parcouru par un courant d'intensité i.

1) Première méthode

(G) est un générateur délivrant une tension constante $u_{CA} = E$.

Un système approprié trace les courbes $u_{CB} = u_R$ et $u_{BA} = u_{bobine}$ en fonction du temps (Doc. 6).



Doc. 6

1-1) En utilisant les courbes du document 6 :

1-1-1) déterminer la valeur de E ;

1-1-2) déterminer la valeur de l'intensité I_0 du courant en régime permanent ;

1-1-3) montrer que r = 10 Ω.

1-2) Établir, en appliquant la loi d'additivité des tensions, l'équation différentielle du premier ordre qui décrit l'évolution de i au cours du temps.

1-3) La solution de cette équation différentielle est

$$i = I_0 \left(1 - e^{\frac{-(R+r)}{L}t}\right).$$

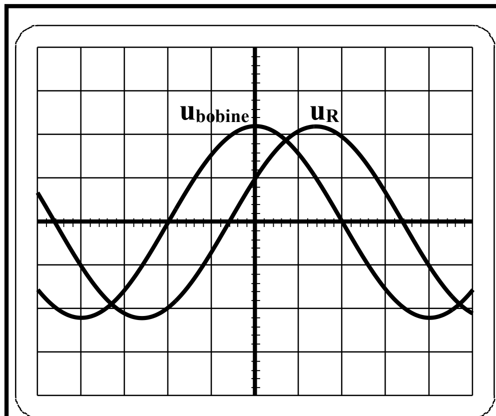
Déduire les expressions des tensions u_R et u_{bobine} en fonction de R, r, L, I_0 et t.

1-4) À un instant t_1, $u_{bobine} = u_R$. Montrer que $t_1 = -\frac{L}{R+r}\ell n\left(\frac{R-r}{2R}\right)$.

1-5) Déduire la valeur de L en utilisant le document 6.

2) Deuxième méthode

Le générateur (G) délivre maintenant une tension alternative sinusoïdale de pulsation ω.
Un oscilloscope, convenablement branché dans le circuit, permet de visualiser $u_{CB} = u_R$ sur la voie 1 et $u_{BA} = u_{bobine}$ sur la voie 2 (Doc. 7). Les réglages de l'oscilloscope sont :
Sensibilité horizontale : S_h = 4 ms/div.
Sensibilité verticale : S_{V1} = 4 V/div pour la voie 1 ;
S_{V2} = 1 V/div pour la voie 2.



Doc. 7

2-1) Le circuit est parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité $i = I_m\sin(\omega t)$ (S.I.).
Déterminer l'expression de u_{bobine} en fonction de L, I_m, r, ω et t.

2-2) L'expression de la tension aux bornes de la bobine s'écrit sous la forme : $u_{bobine} = A\sin(\omega t) + B\cos(\omega t)$, avec A et B des constantes.
Déterminer A et B en fonction de r, L, I_m et ω.

2-3) En utilisant le document 7, calculer :

2-3-1) les valeurs de I_m et ω ;

2-3-2) la valeur maximale U_m de la tension aux bornes de la bobine ;

2-3-3) la différence de phase φ entre u_{bobine} et u_R.

2-4) Déterminer de nouveau les valeurs de L et r, sachant que $\tan\varphi = \frac{L\omega}{r}$ et $U_m^2 = A^2 + B^2$.

Exercice 3 (7 points) Désintégration du radon 219

Le but de cet exercice est de déterminer les valeurs de la puissance et de l'énergie des radiations électromagnétiques γ émises durant la désintégration du radon 219. Le radionucléide radon $^{219}_{86}Rn$ se désintègre, en polonium $^{A}_{Z}Po$ avec émission d'une particule α et d'un rayonnement γ d'énergie E_γ suivant l'équation : $^{219}_{86}Rn \rightarrow {}^{A}_{Z}Po + \alpha + \gamma$

Données : m ($^{219}_{86}Rn$) = 204007,3316 MeV/c^2 ; m ($^{A}_{Z}Po$) = 200271,9597 MeV/c^2; m(α) = 3728,4219 MeV/c^2.
1 MeV = $1{,}602\times10^{-13}$ J ; Masse molaire de $^{219}_{86}Rn$: M = 219 g/mol ; $N_A = 6{,}022 \times 10^{23}$mol^{-1}.

1) Calculer A et Z, en indiquant les lois utilisées.
2) Calculer, en MeV, l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de radon 219.
3) Déduire que l'énergie du rayonnement γ émis est E_γ= 0,195 MeV sachant que le noyau de radon est au repos, et que l'énergie cinétique de la particule α émise est 6,755 MeV et celle du noyau de polonium est négligeable.
4) À t_0 = 0, la masse initiale de l'échantillon de radon est m_0 = 8 g. Montrer que le nombre initial N_0 des noyaux de radon présents dans l'échantillon à t_0 = 0 est $N_0 = 21{,}998 \times 10^{21}$ noyaux.
5) Calculer le nombre des particules α émises entre t_0 = 0 et t_1 = 10 s, sachant que le nombre des noyaux de radon restants à t_1 = 10 s est $N = 3{,}998 \times 10^{21}$ noyaux.
6) Calculer la valeur de la constante radioactive λ et celle de la demi-vie radioactive T du radon 219.
7) Calculer, en becquerel, l'activité A_1 de l'échantillon de radon 219 à l'instant t_1 = 10 s.
8) L'énergie du rayonnement γ émis entre l'instant t_0 = 0 et un instant t est : $E = N_d E_\gamma$ où N_d est le nombre des noyaux désintégrés de radon 219 entre ces deux instants.

8-1) Montrer que $E = N_0 E_\gamma (1 - e^{-\lambda t})$.
8-2) Déduire la valeur de E durant l'intervalle de temps $[0, \infty[$.

9) La puissance p, à un instant t, des radiations γ émises, est donnée par : $p = \frac{dE}{dt}$.

9-1) Montrer que $p = \lambda N_0 E_\gamma e^{-\lambda t}$.
9-2) Déduire la puissance maximale P_{max} des radiations γ.
9-3) Déduire la puissance des radioations γ pour $t \to \infty$.

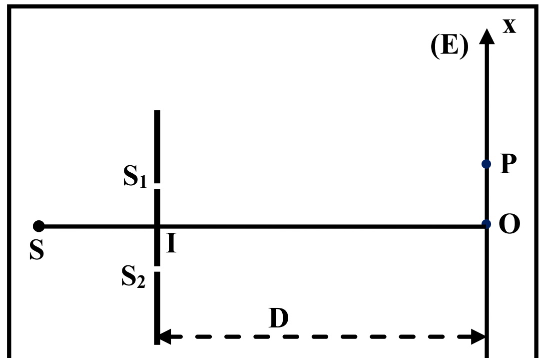
Exercice 4 (7 points) Interférence de la lumière

Le but de cet exercice est d'étudier le phénomène d'interférences lumineuses en utilisant le dispositif de Young.

Le document 8 montre un dispositif de Young, qui est constitué de deux fentes S_1 et S_2 fines, parallèles, horizontales et distantes de a = 0,5 mm, et d'un écran d'observation (E) disposé parallèlement au plan des deux fentes et à une distance D = 2 m.

Une source ponctuelle S, située à égale distance de S_1 et de S_2, éclaire les deux fentes par une radiation monochromatique de longueur d'onde λ = 600 nm dans l'air. (OI) est la médiatrice du segment $[S_1S_2]$.

L'expression de la différence de marche optique en un point P situé dans la région d'interférence sur un axe vertical (Ox) est :

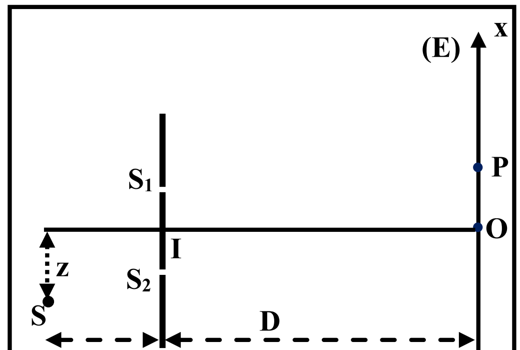


Doc. 8

$$\delta = (SS_2 + S_2P) - (SS_1 + S_1P) = \frac{ax}{D} \text{ où } x = \overline{OP}.$$

1) Décrire la figure d'interférence observée sur (E).
2) Montrer que O est le centre de la frange brillante centrale.
3) On suppose que P est le centre de la frange sombre d'ordre k, $k \in \mathbb{Z}$.

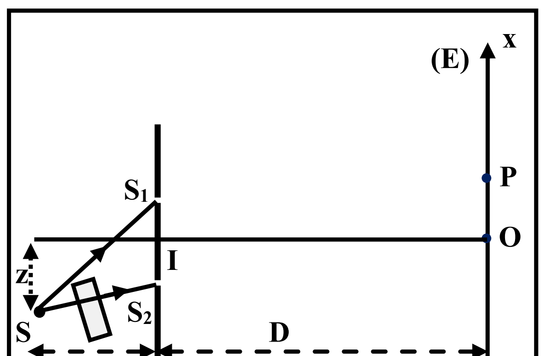
3-1) Donner l'expression de la différence de marche optique δ au point P en fonction de k et λ.
3-2) Déduire l'expression de l'abscisse x_k de P en fonction de k, λ, D et a.
3-3) Déterminer l'ordre de la frange sombre en P sachant que $x_k = 6$ mm.



Doc. 9

4) La source (S), située à la distance d du plan des fentes, est déplacée de z du côté de S_2, parallèlement à l'axe (Ox) dans le sens négatif (Doc. 9).
La différence de marche optique au point P devient :

$$\delta = \frac{az}{d} + \frac{ax}{D}$$



Doc. 10

4-1) Déterminer la position du centre O' de la frange centrale brillante en fonction de D, z et d.
4-2) Préciser si la frange brillante centrale est déplacée du côté de S_1 ou du côté de S_2.
4-3) Une lame à faces parallèles, transparente, d'épaisseur e = 0,02 mm et d'indice de réfraction n = 1,5 est placée devant S_2 (Doc. 10). La différence de marche optique au point P devient : $\delta = \frac{az}{d} + \frac{ax}{D} + e(n - 1)$.
On règle la distance d de façon que le centre de la frange brillante centrale revienne au point O.
Déterminer la valeur de d sachant que $|z| = 0,4$ cm.

أسس التصحيح – مادة الفيزياء - فرنسي

Exercice 1 (8 points) Oscillations libres amorties

Partie			Réponses	note
1	1-1		$m\vec{g}+\vec{N}+\vec{f}+\vec{F}=m\dfrac{d\vec{v}}{dt}$; par projection on aura : $0+0+-hv-kx=m\dfrac{dv}{dt}$, alors $m\dfrac{dv}{dt}+kx=-hv$	0,75
	1-2		$E_M = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2$	0,25
	1-3		$\dfrac{dEM}{dt}=mv\dfrac{dv}{dt}+kx\dfrac{dx}{dt}=v\left(m\dfrac{dv}{dt}+kx\right)$ Or on a $m\dfrac{dv}{dt}+kx=-hv$ On aura $\dfrac{dEM}{dt}=v(-hv)$, alors $\dfrac{dEM}{dt}=-hv^2$	0,5
	1-4		$\dfrac{dEM}{dt}=v\left(m\dfrac{dv}{dt}+kx\right)=-hv^2$, donc $m x''+h x'+kx=0$	0,5
	1-5		$T=\dfrac{2\pi}{\omega}=\dfrac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}-\left(\frac{h}{2m}\right)^2}}$	0,25
	1-6	1	quand h augmente, T augmente	0,25
		2	T_0 correspond à h = 0 donc pas de frottement et la période est dite propre	0,25
	1-7		Pour h = 0 , $T=T_o=\dfrac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}-0}}$ donc $T_o=2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$	0,5
2	2-1		$T_o=2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}=2\times3{,}14\sqrt{\dfrac{0.5}{100}}=0{,}444$ s	0,5
	2-2	1	2,5 T = 1,125 s , alors T = 0,45 s.	0,5
		2	X_m diminue avec le temps et T est supérieur à $T_o (T > T_o)$	0,5
	2-3		$T=\dfrac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}-\left(\frac{h}{2m}\right)^2}}$,alors $\dfrac{k}{m}-\dfrac{h^2}{4m^2}=\dfrac{4\pi^2}{T^2}$, alors $h^2=4mk-\dfrac{16m^2\pi^2}{T^2}$ par suite $h=\sqrt{4mk-\dfrac{16m^2\pi^2}{T^2}}=\sqrt{4(0{,}5)(100)-\dfrac{16(0.5^2)(\pi^2)}{0.45^2}}=2{,}24$ kg/s	1
	2-4	1	pour t = 0.27 s, E_C = 80 mJ , alors $\frac{1}{2} m V^2 = 0.08$ et $V=\sqrt{\dfrac{2\times0.08}{0.5}}=0{,}566$ m/s.	0,75
		2	$\dfrac{dEM}{dt}=\dfrac{\Delta EM}{\Delta t}$ pente $=\dfrac{0{,}25-0.440}{0{,}27-0}=-0{,}704$ J/s	0,75
		3	$\dfrac{dEM}{dt}=-0{,}704=-hV^2$, alors $h=\dfrac{0{,}704}{0{,}566^2}=2{,}2$ kg/s	0,75

Exercice 2 (8 points) Caractéristiques d'une bobine

Partie			Réponses	Notes
1	1-1	1	Loi d'additivité des tensions : $u_{CA} = u_{CB} + u_{BA}$ en régime permanent $u_{CB} = u_R = 9V$ et $u_{BA} = u_{bobine} = 1V$; donc $u_{CA} = E = 9+1 = 10V$ **Ou bine** : $E = u_{bobine} + u_R$. A t = 0, i = 0 donc $u_R = 0$ alors $E = u_{0bobine} = 10V$	0,75
		2	En régime permanent $u_{CB} = u_R = 9 = R \times I_0$ donc $9 = 90 \times I_0$; $I_0 = 0,1$ A	0,5
		3	$u_{BA} = u_{bobine} = ri + L\frac{di}{dt}$; en régime permant $u_{BA} = 1V$ et $\frac{di}{dt} = 0$ donc $1 = r I_0$; $r = \frac{1}{0.1} = 10\ \Omega$ **Ou bien** : En régime permanent $I_0 = E/(R+r)$ donc $r = 10\ \Omega$	0,5
	1-2		Loi d'additivité des tensions : $u_{CA} = u_{CB} + u_{BA}$; $E = Ri + ri + L\frac{di}{dt} = (R+r)i + L\frac{di}{dt}$	0,5
	1-3		$u_{bobine} = ri + L\frac{di}{dt} = r I_0(1 - e^{\frac{-(R+r)}{L}t}) + L(R+r)\frac{I_0}{L} e^{\frac{-(R+r)}{L}t} = r I_0 + RI_0 e^{\frac{-(R+r)}{L}t}$ $u_R = Ri = RI_0(1 - e^{\frac{-(R+r)}{L}t})$	0,5 0,25
	1-4		$u_{bobine} = u_R$; $r I_0 + RI_0 e^{\frac{-(R+r)}{L}t} = RI_0\left(1 - e^{\frac{-(R+r)}{L}t}\right)$; $(R - r) I_0 = 2 RI_0 e^{\frac{-(R+r)}{L}t}$; $e^{\frac{-(R+r)}{L}t} = \frac{R-r}{2R}$; $-\frac{(R+r)t1}{L} = \ln(\frac{R-r}{2R})$ $t_1 = -\frac{L}{R+r} \times \ell n\left(\frac{R-r}{2R}\right)$	0,75
	1-5		$L = \frac{-(R+r)\times t1}{\ell n\left(\frac{R-r}{2R}\right)} = \frac{-(90+10)\times 0.0008}{\ell n(\frac{90-10}{180})} = 0,099$ H	0,75
2	2-1		$u_{bobine} = ri + L\frac{di}{dt} = rI_m\sin(\omega t) + L\,\omega\, I_m\cos(\omega t)$	0,5
	2-2		$u_{bobine} = rI_m\sin(\omega t) + L\,\omega\, I_m\cos(\omega t) = A\sin(\omega t) + B\cos(\omega t)$ donc $A = rI_m$ et $B = L\,\omega\, I_m$	0,5
	2-3	1	$U_{Rm} = 4V/div \times 2,2div = 8,8$ V ; $I_m = \frac{URm}{R} = \frac{8,8}{90} = 0,098A$ $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{8\times4\times10^{-3}} = 62.5\pi rd/s = 196,35 rd/s$	0,5 0,5
		2	Um = 2.2div × 1V/div = 2,2V	0,25
		3	$\varphi = \frac{2\pi\times1,4\ div}{8div} = \frac{7\pi}{20}$ rd=1.099rd	0,5
	2-4		$\tan\varphi = \frac{L\omega}{r}$; $\tan 1,099 = \frac{L\times62,5\pi}{r}$ donc $\frac{L}{r} = \frac{\tan 1,099}{62,5\pi}$; $L = \frac{\tan 1.099}{62,5\pi}\times r$. ① $U_m^2 = A^2 + B^2$; $9 = (rI_m)^2 + (L\,\omega I_m)^2$② En remplaçant ① dans ② : $2,2^2 = r^2 \times I_m^2\,(1 + \omega^2 \times \left(\frac{\tan 1,099}{62,5\pi}\right)^2)$; donc r = 9,998 Ω et L = 0,0998 H **ou bien** : $U_m^2 = A^2 + B^2$ alors $U_m^2 = (L\omega)^2 I_{max}^2 + r^2 I_{max}^2$ mais $\tan\varphi = \frac{L\omega}{r}$; $L\,\omega = r\tan\varphi$; Alors $U_m^2 = r^2 I_{max}^2\,(1 + tan^2\varphi)$ on aura : $r = \frac{U_m}{I_m\sqrt{1+(tan\varphi)^2}} = 10,3\ \Omega$ alors L = 0,1 H	0,75

Exercice 3 (7 points) **Désintégration du radon 219**

Partie		réponses	notes
1		Loi de conservation de nombre de masse A : 219 = A + 4 + 0 donc A = 215. Loi de conservation de nombre de charge Z : 86 = Z + 2 + 0 donc Z = 84.	**1**
2		$E_{lib} = \Delta m \times c^2$ $E_{lib} = [(m\ {}^{219}_{86}Rn) - (m\ {}^{A}_{Z}Po + m\alpha)]\ c^2 = 204007{,}3316 - (200271{,}9597 + 3728{,}4219)$ $E_{lib} = 6{,}95 MeV$	**0,75**
3		$E_{lib} = Ec_{(\alpha)} + E_\gamma$; $E_\gamma = 6{,}95 - 6{,}755 = 0{,}195 MeV$	**0,5**
4		$N_o = \frac{m_0}{M} N_A = \frac{8}{219} \times 6{,}022 \times 10^{23} = 21{,}998 \times 10^{21}$ noyaux.	**0,5**
5		$N_\alpha = N_d = N_o - N = 21{,}998 \times 10^{21} - 3{,}998 \times 10^{21} = 18 \times 10^{21}$ noyaux.	**0,5**
6		$N = N_o e^{-\lambda t}$, donc $\lambda t = -\ln\frac{N}{N_o} = -\ln\left(\frac{3{,}998 \times 10^{21}}{21{,}998 \times 10^{21}}\right)$ donc $\lambda = \frac{-1}{10} \times \ln\left(\frac{3{,}998 \times 10^{21}}{21{,}998 \times 10^{21}}\right) = 0{,}1705\ s^{-1}$. $T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0{,}693}{\lambda} = \frac{0{,}693}{0{,}1705} = 4{,}06$ s.	**1**
7		$A = \lambda N = 0{,}1705 \times 3{,}998 \times 10^{21} = 68{,}1659 \times 10^{19}$ Bq.	**0,5**
8	**8-1**	$E = N_d E\gamma = (N_o - N)E\gamma = \left(N_o - N_o\ e^{-\lambda t}\right)E\gamma$, donc $E = N_o\ E\gamma\ (1 - e^{-\lambda t})$	**0,25**
	8-2	Pour $t \to \infty$, $E = N_o\ E_\gamma(1 - 0) = 21{,}998 \times 10^{21} \times 0{,}195 \times 1{,}602 \times 10^{-13}$ Donc, $E = 6{,}87 \times 10^6$ J	**0,5**
9	**9-1**	$P = \frac{dE}{dt} = \frac{d(N_o\ E_\gamma\ (1 - e^{-\lambda t}))}{dt} = \lambda\ N_o\ E_\gamma\ e^{-\lambda t}$	**0,5**
	9-2	Pour t = 0 ; $p = p_{max} = \lambda\ N_o\ E_\gamma\ e^{-\lambda(0)} = \lambda\ N_o\ E_\gamma$ $p = 0{,}1705 \times 21{,}998 \times 10^{21} \times 0{,}195 \times 1{,}602 \times 10^{-13} = 11{,}72 \times 10^7$ W	**0,75**
	9-3	Pour $t \to \infty$, $P_\infty = \lambda\ N_o\ E_\gamma\ e^{-\lambda(\infty)} = 0$	**0,25**

Exercice 4 (7 points) **Interférence de la lumière**

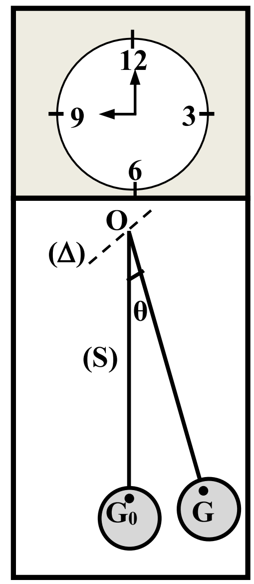
Partie		Réponses	notes
1		On observe des franges rectilignes, alternativement brillantes et sombres, équidistantes et parallèles entre eux et aux fentes	**1**
2		$x_O = 0$ donc $\delta_o = \frac{a\,x}{D} = 0$	**0,5**
3	3-1	$\delta = (2K+1)\frac{\lambda}{2}$ avec $k \in Z$	**0,5**
	3-2	$(2K+1)\frac{\lambda}{2} = \frac{a\,x}{D}$, donc $x_k = (2k+1)\frac{\lambda D}{2a}$ avec $k \in Z$	**1**
	3-3	$x_k = (2k+1)\frac{\lambda D}{2a}$ donc $6 \times 10^{-3} = (2k+1)\frac{600\times10^{-9}\times2}{2\times0{,}5\times10^{-3}}$, on aura $k = 2$	**1**
4	4-1	$\delta_{O'} = \frac{az}{d} + \frac{ax}{D} = 0$, donc $x_{O'} = \frac{-zD}{d}$	**1**
	4-2	$Z < 0$ et $D > 0$; $d > 0$ donc $x_{O'} > 0$, par suite la frange central est déplacée du côté de S_1.	**0,75**
	4-3	$\delta_O = 0$ et $x_O = 0$, mais $\delta = \frac{az}{d} + \frac{ax}{D} + e\,(n-1)$ $d = \frac{-a\,Z}{e\,(n-1)} = \frac{-(0{,}5\times10^{-3})\,(-0{,}4\times10^{-2})}{(0{,}02\times10^{-3})(1{,}5-1)}$, donc $d = 0{,}2$ m	**1,25**

مسابقة في: مادة الفيزياء	الاسم:
المدّة: ثلاث ساعات	الرقم:

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

Exercice 1 (7,5 points) Pendule pesant d'une horloge

Une horloge, comportant un pendule pesant (S), peut être équipée d'une pile sèche pour fonctionner normalement. Le pendule (S) de cette horloge est formé d'une tige rigide et d'un disque fixé à sa partie inférieure (Doc.1).



Doc .1

Le pendule peut osciller dans un plan vertical autour d'un axe horizontal (Δ) passant par l'extrémité supérieure O de la tige. La distance entre O et le centre de masse G du pendule est OG = a = 20 cm.

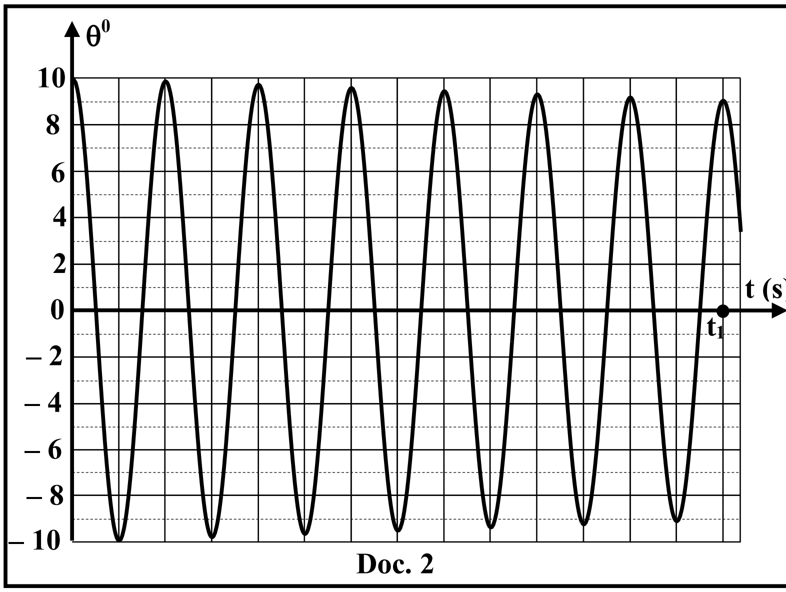
Soit G_0 la position de G lorsque le pendule est dans sa position d'équilibre stable. La masse de (S) est m = 40g et son moment d'inertie, par rapport à (Δ), est I = 0,002 kg.m^2.

Le pendule est écarté, à partir de sa position d'équilibre, d'un petit angle $\theta_m = 10^o = 0{,}1745$ rd puis il est lâché sans vitesse initiale à $t_o = 0$. (S) oscille alors autour de (Δ). À un instant t, la position du pendule est repérée par son élongation angulaire $\theta = (\overrightarrow{OG_0}, \overrightarrow{OG})$, et sa vitesse angulaire est $\theta' = \dfrac{d\theta}{dt}$.

Prendre :

- le plan horizontal passant par G_0 comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 9{,}8$ m/s^2; $\cos\theta \cong 1 - \dfrac{\theta^2}{2}$ et $\sin\theta \cong \theta$ (θ en rd) pour $\theta \leq 10^o$.

1) **Oscillations de (S) sans pile sèche.**
L'horloge n'est pas équipée d'une pile sèche. Le document 2, représente l'évolution de θ en fonction du temps t.



Doc. 2

1-1) Déterminer, en utilisant le document 2, les énergies mécaniques Em_0 à $t_0 = 0$ et Em_1 à $t = t_1$du système [(S), Terre].

1-2) Déduire que le pendule est soumis à une force de frottement.

1-3) Déterminer, entre t_0 et t_1, la valeur moyenne de l'énergie mécanique perdue par le système [(S), Terre] pendant une oscillation.

1-4) Préciser le type d'oscillation.

1-5) Calculer la valeur approximative de la pseudo-période de (S) sachant que $t_1 = 7{,}025$ s.

1-6) Le moment du poids de (S) par rapport à (Δ) est $\mathcal{M}_{\overrightarrow{mg}} = -\, m\, g\, a \sin\theta$. Montrer, en appliquant le théorème du moment cinétique sur (S), que le moment de la force de frottement est :
$\mathcal{M}_{\overrightarrow{fr}} = 0{,}002\, \theta'' + 0{,}0784\, \theta$ (S.I.).

1-7) Certaines valeurs de θ, θ′ et $\theta'' = \frac{d\theta'}{dt}$, données par un système approprié, à des instants particuliers, sont inscrites dans le tableau ci-dessous :

t (S)	0	0,183	6,603	8,415	12,67
θ (rd)	0,1745	0,0714	- 0,1284	- 0,1306	- 0,0747
θ″ (rd/s²)	- 6,8404	- 2,7689	5,0153	5,1345	2,9042
θ′(rd/s)	0	- 1	0,6	- 0,5	0,8
$\mathcal{M}_{\overrightarrow{fr}}$ (N.m)	0		$-3{,}6 \times 10^{-5}$		$-4{,}8 \times 10^{-5}$
$\frac{\mathcal{M}_{\overrightarrow{fr}}}{\theta'}$(N.m.s)					

Recopier et compléter les trois dernières lignes de ce tableau.

1-8) Déduire la relation entre $\mathcal{M}_{\overrightarrow{fr}}$ et θ′.

2) Oscillations de (S) en présence d'une pile sèche

L'horloge est équipée maintenant d'une pile sèche pour compenser les pertes en énergie mécanique du système [(S), Terre], ainsi le pendule effectue des oscillations entretenues avec une amplitude constante $\theta_m = 10°$ et de période T = 1s.

À $t_o = 0$, la pile sèche, complètement chargée, possède une énergie $E_0 = 2880$ J. Soit $\Delta t = t - t_0$, l'intervalle de temps pendant lequel la pile fournit 10 % de E_0 au système [(S), Terre]. Pendant cet intervalle, l'horloge fonctionne normalement (avec une amplitude constante θ_m).

2-1) Calculer l'énergie fournie par la pile au système [(S), Terre] durant le fonctionnement normal de l'horloge.

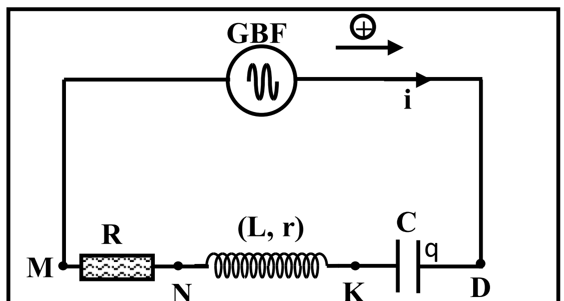
2-2) Déduire, en utilisant le résultat de la partie 1-3), la durée Δt (en jours) pendant laquelle l'horloge fonctionne normalement.

Exercice 2 (8 points) Puissance électrique dans un circuit RLC

On considère le circuit électrique représenté dans le document 3. Ce circuit comporte un condensateur de capacité C = 2,5 μF, une bobine d'inductance L et de résistance r et un conducteur ohmique de résistance R = 170 Ω. L'ensemble est branché en série aux bornes d'un GBF de fréquence f réglable.

Le GBF maintient entre ses bornes une tension alternative sinusoïdale $u_G = u_{DM} = U_m \sin(1250\,t)$ (S.I). Le circuit est alors parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité i.

Un oscilloscope convenablement branché permet de visualiser la tension $u_G = u_{DM}$ aux bornes du GBF sur la voie (Y_1) et la tension $u_R = u_{NM}$ aux bornes du conducteur ohmique sur la voie (Y_2).

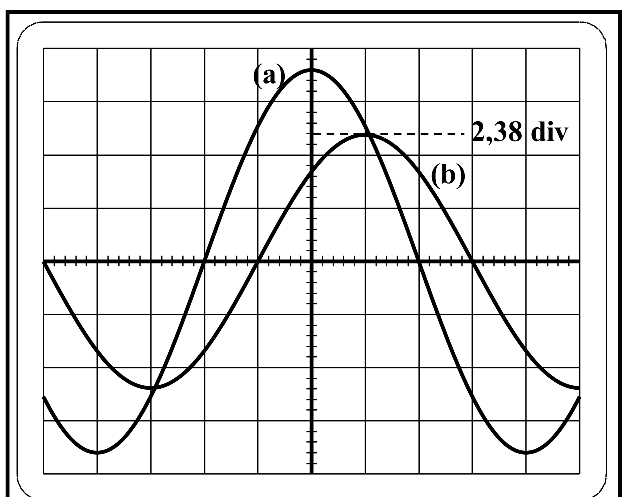


Doc. 3

On obtient les oscillogrammes (a) et (b) du document 4.

La sensibilité verticale sur les deux voies est : $S_V = 5$V / div.

Prendre $0{,}32\pi = 1$.



Doc. 4

1) Reproduire le schéma du circuit du document 3 en y montrant les branchements de l'oscilloscope.
2) En se référant au document 4 :
   - **2-1)** montrer que l'oscillogramme (a) représente u_G ;
   - **2-2)** déterminer la valeur maximale I_m de i ;
   - **2-3)** déterminer la différence de phase φ entre u_G et u_R.
3) Écrire, en fonction du temps, l'expression de i.
4) Montrer que la tension aux bornes du condensateur est :

$u_{DK} = u_c = -22{,}4 \cos(1250t - \frac{\pi}{4})$ (S.I.).

5) Déterminer l'expression de la tension $u_{KN} = u_{bobine}$ aux bornes de la bobine en fonction de L, r et t.

6) Montrer, en appliquant la loi d'additivité des tensions et en donnant à t deux valeurs particulières, que L = 0,4 H et r = 10 Ω.

7) L'expression de la puissance électrique moyenne consommée dans le circuit est :

$$P_{moy} = \frac{(R+r)U_m^2}{2\left[(R+r)^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2\right]} \text{ avec } \omega = 2\pi f.$$

La puissance P_{moy}, prend sa valeur maximale P_1, pour une fréquence $f = f_1$.

7-1) Déterminer la valeur de f_1.

7-2) Calculer la valeur de P_1.

7-3) Le circuit est le siège d'une résonnance d'intensité pour $f = f_1$. Justifier.

7-4) Déduire la nouvelle expression de i en fonction du temps pour $f = f_1$.

Exercice 3 (7,5 points) Réacteur nucléaire

L'invention du premier réacteur nucléaire ou pile atomique comme elle était nommée en 1942, fut le premier pas vers de futures centrales nucléaires. Les matériaux radioactifs utilisés dans ces réacteurs, comme l'uranium et le plutonium, peuvent être divisés en plusieurs fragments par le bombardement des neutrons thermiques. Au cours de cette opération d'autres neutrons sont émis à leur tour, provoquant de nouvelles divisions de noyaux avec nouvelles libérations de neutrons et ainsi de suite.

Doc.5

1) Relever du document 5, la phrase qui fait allusion :

1-1) à la fission nucléaire ;

1-2) à la réaction en chaîne.

2) Une des réactions qui a lieu dans un réacteur nucléaire est : ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{Z}Xe + x\,{}^{1}_{0}n$

Données: 1u = 931,5 MeV/c^2 ; Masse d'un neutron : m (${}^{1}_{0}n$) = 1,00866u.

Masses des noyaux : m (${}^{235}_{92}U$) = 234,99358 u ; m (${}^{94}_{38}Sr$) = 93,90384 u ; m (${}^{140}_{Z}Xe$) = 139,90546 u.

2-1) La réaction de fission de l'Uranium 235 est dite « provoquée ». Pourquoi ?

2-2) Calculer Z et x en précisant les lois utilisées.

2-3) Déterminer, en MeV, l'énergie libérée par cette réaction.

2-4) L'énergie cinétique des neutrons produits représente 2,6% de l'énergie libérée par cette réaction. On suppose que ces neutrons émis ont des énergies cinétiques égales. Calculer l'énergie cinétique de chaque neutron émis.

3) Les études montrent que la majorité des neutrons émis possèdent une grande énergie cinétique (de quelques MeV). Pour qu'un neutron émis puisse provoquer une nouvelle fission nucléaire d'un noyau d'Uranium 235, il doit avoir une faible énergie cinétique, proche de E_{th} = 0,025 eV (neutron thermique). Dans le but de réduire l'énergie cinétique E_0, d'un neutron émis, à la valeur E_{th}, le neutron, de masse m et de vitesse V_0, doit subir des collisions successives avec des noyaux lourds au repos de masse M = K.m (K est une constante positive). On suppose que ces collisions sont élastiques et que les vitesses des particules avant et après chaque collision sont toutes colinéaires.

3-1) On désigne par V_1 la vitesse du neutron juste après sa première collision avec un noyau lourd. Montrer, en utilisant les lois de conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie cinétique, que :

$$V_1 = \left(\frac{1-K}{1+K}\right)V_0.$$

3-2) Déduire que l'expression de l'énergie cinétique E_n de ce neutron juste après la $n^{ème}$ collision est :

$$E_n = \left(\frac{(1-K)^2}{(1+K)^2}\right)^n E_0.$$

3-3) Si l'énergie cinétique initiale d'un neutron émis est E_0 = 2,1MeV, calculer le nombre approximatif « n » de collisions que le neutron doit subir pour que son énergie cinétique finale devienne E_n = 0,025 eV, lorsqu'il fait des collisions avec :

3-3-1) des noyaux de deutérium (K = 2) ;

3-3-2) des noyaux de carbone (K = 12).

3-4) Les noyaux de deutérium sont plus convenables que ceux du carbone pour ralentir les neutrons. Justifier.

Exercice 4 (7 points) Constante de Planck

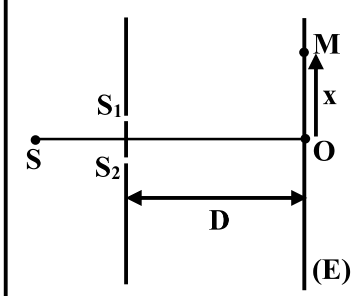
Le but de cet exercice est de déterminer la constante de Planck h.

On donne : 1 eV = $1,6\times10^{-19}$ J ; célérité de la lumière dans l'air : c = 3×10^{8}m/s.

1) Interférences

Une source (S) émet un faisceau de radiations monochromatiques de longueur d'onde λ dans l'air. Le faisceau tombe normalement sur le plan des deux fentes S_1 et S_2, d'un dispositif de Young. S_1 et S_2 sont distantes de a = 0,5mm. Un écran (E) est placé à la distance D = 2m du plan des deux fentes. La source (S) est placée sur la médiatrice de $[S_1S_2]$ qui rencontre (E) en O. On utilise un détecteur d'ondes électromagnétiques pour explorer les franges d'interférences sur (E).

La différence de marche optique en un point M de (E) dans la zone d'interférence est $\delta = \frac{a\,x}{D}$, avec $x = \overline{OM}$ (Doc. 6).



Doc.6

1-1) Déterminer l'expression de l'abscisse du centre d'une frange d'intensité maximale et celle du centre d'une frange d'intensité nulle en fonction de λ, D, a et K (K est un entier).

1-2) (S) émet une radiation (1) monochromatique de longueur d'onde $\lambda = \lambda_1$. L'abscisse du centre de la cinquième frange d'intensité maximale est x = 30 mm.
Déterminer λ_1, et déduire que la fréquence de la radiation (1) est $\nu_1 = 2\times10^{14}$ Hz.

1-3) (S) émet maintenant une radiation (2) monochromatique de longueur d'onde $\lambda = \lambda_2$. L'abscisse du centre de la deuxième frange d'intensité nulle est x = 6mm.
Déterminer λ_2, et déduire que la fréquence de la radiation (2) est $\nu_2 = 3\times10^{14}$Hz.

2) Excitation et ionisation de l'atome d'hydrogène

Les énergies des différents niveaux de l'atome d'hydrogène sont données par:

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ eV; où n est un entier positif non nul.}$$

2-1) Un atome d'hydrogène, initialement au niveau d'énergie n = 3, absorbe un photon de la radiation (2) de fréquence ν_2. Il passe au niveau n = 7. Montrer que l'énergie de ce photon est E_2 =1,23 eV.

2-2) Un atome d'hydrogène, initialement au niveau d'énergie n = 7, absorbe un photon de la radiation (1), de fréquence ν_1. L'atome est ionisé et l'électron libéré possède une énergie cinétique de 0,551 eV.
Montrer que l'énergie de ce photon est E_1= 0,82 eV.

3) Effet photoélectrique

Un métal de travail d'extraction W_0 =1,625 eV, est éclairé par une radiation (3) de fréquence $\nu_3 = 5\times10^{14}$ Hz; L'énergie cinétique maximale d'un électron émis de la surface de ce métal est Ec_{max} = 0,445 eV. Déterminer L'énergie E_3 d'un photon de cette radiation.

4) Constante de Planck

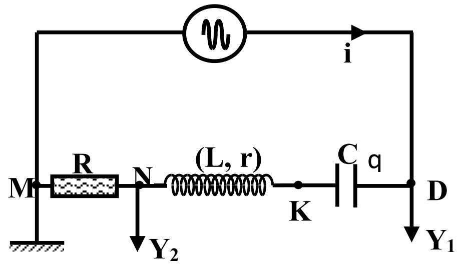
4-1) En utilisant les résultats précédents, montrer que $\frac{E_1}{\nu_1} \cong \frac{E_2}{\nu_2} \cong \frac{E_3}{\nu_3}$.

4-2) Déduire, dans le SI, la valeur de la constante de Planck h.

Exercice 1 (7,5 points) Pendule pesant d'une horloge

<table>
<tr><th colspan="2">Partie</th><th>Réponses</th><th>Note</th></tr>
<tr><td rowspan="8">1</td><td>1</td><td>$Em_0 = \frac{1}{2}I\theta'^2 + mga(1-\cos\theta) = 0 + mga\frac{{\theta_0}^2}{2} = 0{,}04 \times 9{,}8 \times 0{,}2 \times \frac{(0.1745)^2}{2}$
Donc , $Em_0 = 1{,}2\times 10^{-3}$ J
<u>Ou bien :</u>
$Em_0 = \frac{1}{2}I\theta'^2 + mga(1-\cos\theta) = 0 + 0{,}04 \times 9{,}8 \times 0{,}2 \times (1-\cos 10^o)$
Donc , $Em_0 = 1{,}19\times 10^{-3}$ J
$Em_1 = 0 + mga\frac{{\theta_1}^2}{2} = 0.04 \times 9.8 \times 0.2 \times \frac{(0.157)^2}{2} = 0{,}966\times 10^{-3}$ J
$Em_0 = \frac{1}{2}I\theta'^2 + mga(1-\cos\theta) = 0 + 0{,}04 \times 9{,}8 \times 0{,}2 \times (1-\cos 9^o)$
Donc , $Em_1 = 0{,}965\times 10^{-3}$ J</td><td>1,5</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Puisque $Em_7 < Em_0$, donc le pendule (S) est soumis à une force de frottement</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>3</td><td>$Em_{perdue} = \frac{Em_0 - Em_7}{7} = \frac{(1{,}2\times10^{-3}) - (0{,}966\times10^{-3})}{7} = 3{,}34 \times 10^{-5}$ J.
<u>Ou bien :</u>
$Em_{perdue} = \frac{Em_0 - Em_7}{7} = \frac{(1{,}19\times10^{-3}) - (0{,}965\times10^{-3})}{7} = 3{,}322 \times 10^{-5}$ J.</td><td>1</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Oscillations libres amorties car l'amplitude diminue ou car l'énerigе mécanique diminue</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>5</td><td>$T = \frac{t_1}{n} = \frac{7{,}025}{7} = 1{,}0035\ s$</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>6</td><td>$\sum \mathcal{M}_{ext} = \frac{d\sigma}{dt} = I\theta''$; $\mathcal{M}_{m\vec{g}} + \mathcal{M}_{\vec{R}} + \mathcal{M}_{\vec{fr}} = I\,\theta''$; $-m\,g\,a\sin\theta + 0 + \mathcal{M}_{\vec{fr}} = I\,\theta''$
$\mathcal{M}_{\vec{fr}} = 0.002\theta'' + (0.04 \times 9.8 \times 0.2\times\theta)$; $M_{\vec{fr}} = 0.002\,\theta'' + 0.0784\,\theta$</td><td>1</td></tr>
<tr><td>7</td><td><table>
<tr><td>θ'(rd/s)</td><td>0</td><td>- 1</td><td>0,6</td><td>- 0,5</td><td>0,8</td></tr>
<tr><td>$M_{\vec{fr}}$ (N.m)</td><td>0</td><td>6×10⁻⁵</td><td>3,6×10⁻⁵</td><td>3×10⁻⁵</td><td>-4,8×10⁻⁵</td></tr>
<tr><td>$\frac{M_{\vec{fr}}\,(N.m)}{\theta'}$ S.I</td><td></td><td>-6×10⁻⁵</td><td>-6×10⁻⁵</td><td>-6×10⁻⁵</td><td>-6×10⁻⁵</td></tr>
</table></td><td>1</td></tr>
<tr><td>8</td><td>$\mathcal{M}_{\vec{fr}}$ = Cte× θ'; Cte = $-6 \times 10^{-5}\ S.I.$ Donc, $\mathcal{M}_{\vec{fr}} = -6 \times 10^{-5}\,\theta'$.</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2</td><td>1</td><td>L'énergie donnée pendant Δt est : $E_{donnée} = 0.1E_0 = 0{,}1 \times 2880 = 288$ J</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>2</td><td>$\left\{\begin{matrix} 1s \xrightarrow{\text{a besoin}} 3.34 \times 10^{-5}\ J \\ \Delta t \xrightarrow{\text{a besoin}} 288\ J \end{matrix}\right\}$ donc $\Delta t = \frac{1\times288}{3{,}34\times10^{-5}} = 8{,}62 \times 10^6$ s = 99,76 jours
<u>Ou bien :</u>
$\begin{matrix} 1s \xrightarrow{\text{a besoin}} 3{,}322 \times 10^{-5}\ J \\ \Delta t \xrightarrow{\text{a besoin}} 288\ J \end{matrix}$; donc $\Delta t = \frac{1\times288}{3{,}322\times10^{-5}} = 8{,}669 \times 10^6$ s = 100,34 jours</td><td>0,75</td></tr>
</table>

Exercice 2 (8 points) **Puissance électrique dans un circuit RLC**

Partie		Réponse	Note
1			**0,25**
2	**1**	La sensibilité verticale sur les deux voies est la même ; $U_{m(a)} > U_{m(b)}$ Donc l'oscillogramme (a) représente u_G	**0,5**
	2	$I_m = \frac{U_{m(R)}}{R} = \frac{2{,}38div \times 5V/div}{170} = 0{,}07A$	**0,5**
	3	$\varphi = \frac{2\pi \times 1div}{8div} = \frac{\pi}{4} rd$	**0,5**
3		$i = I_m \sin(2\pi ft - \frac{\pi}{4}) = 0{,}07 \sin(1250t - \frac{\pi}{4})$ (i en A et t en s)	**0,5**
4		$u_{DK} = u_c = \frac{1}{C}\int i dt = \frac{1}{C}\int 0{,}07 \times \sin\left(1250t - \frac{\pi}{4}\right) dt = \frac{-0{,}07}{2{,}5\times10^{-6}\times1250} \cos\left(1250t - \frac{\pi}{4}\right)$ $u_{DK} = u_c = -22{,}4 \cos\left(1250 - \frac{\pi}{4}\right)$	**1**
5		$u_{KN} = u_{bobine} = ri + L\frac{di}{dt} = 0{,}07r \sin(1250t - \frac{\pi}{4}) + 0{,}07 L \times 1250 \times \cos(1250t - \frac{\pi}{4})$ $u_{KN} = u_{bobine} = 0{,}07r \sin(1250t - \frac{\pi}{4}) + 87{,}5 \times L \cos(1250t - \frac{\pi}{4})$	**1**
6		$u_{DM} = u_{DK} + u_{KN} + u_{NM}$ est vérifiée quel que soit le temps t $18 \sin(1250t) = -22{,}4 \cos\left(1250t - \frac{\pi}{4}\right) + 0{,}07r \sin(1250t - \frac{\pi}{4})$ $+ 87{,}5 L \cos(1250t - \frac{\pi}{4}) + 0{,}07\times170 \sin(1250t - \frac{\pi}{4})$. Pour ($1250t = \frac{\pi}{4}$ rd) : $18\frac{\sqrt{2}}{2} = -22{,}4 + 87{,}5L$; on calcule <u>L = 0,4H</u> Pour ($1250t = 0$) : $0 = -22{,}4\frac{\sqrt{2}}{2} - 0{,}07r\frac{\sqrt{2}}{2} + 87{,}5\times0{,}4\times\frac{\sqrt{2}}{2} - 11{,}9\frac{\sqrt{2}}{2}$; $0 = -22{,}4 - 0{,}07r + (87{,}5\times0{,}4) - 11{,}9$ on calcule <u>r = 10 Ω</u>	**1,5**
7	**1**	P_{moy} prend sa valeur maximale lorsque le dénominateur est minimal Parsuite $L\omega = 1/C\omega$ donc $f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{0{,}32}{2\sqrt{0{,}4\times2{,}5\times10^{-6}}} = 160Hz$	**0,75**
	2	$P_1 = \frac{U_m^2}{2(R+r)} = \frac{18^2}{2(170+10)} = 0{,}9W$	**0,5**
	3	Résonance d'intensité car $L\omega = 1/C\omega$ parsuite $LC\omega^2 = 1$	**0,25**
	4	$I_m = \frac{U_m}{R+r} = \frac{18}{170+10} = 0.1A \Rightarrow i = 0{,}1 \sin(1000\, t)$	**0,75**

Exercice 3 (7,5 points) **Réacteur nucléaire**

Partie		Réponses	Note
1	1	Fission nucléaire : l'uranium et le plutonium, peuvent être divisés en plusieurs fragments par le bombardement des neutrons thermiques	0,25
	2	Réaction en chaîne : d'autres neutrons sont émis à leur tour, provoquant de nouvelles divisions de noyaux avec nouvelles libérations de neutrons et ainsi de suite.	0,25
2	1	Car l'uranium se désintègre en deux noyaux plus légers sous l'impact d'un neutron **Ou bien** : Intervention extérieure	0,25
	2	Loi de conservation de nombre de masse A : 235 + 1 = 94 + 140 + x ; x = 236 – 234 = 2. Loi de conservation de nombre de charge Z : 92 = 38 + Z ; Z = 54	1
	3	$E_{lib} = \Delta m \times c^2 = [\ (m_U + m_n) - (m_{Sr} + m_{Xe} + 2m_n)] \times c^2 = 0{,}17562 \times 931{,}5\ MeV/c^2 \times c^2$ $E_{lib} = 163{,}59$ MeV	1
	4	$2.Ec = \frac{2{,}6}{100} \times 163{,}59 = 4{,}25334\ MeV$; E_c de chaque neutron = 2,127 MeV	0,75
3	1	Conservation de la quantité de mouvement : $m\vec{v}_0 = m\vec{v}_1 + Km\vec{v}$ $\vec{v}_0 = \vec{v}_1 + K\vec{v}$; $v_0 - v_1 = kv$ (équation 1) Choc élastique : $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Kmv^2$; $v_0^2 = v_1^2 + K\,v^2$; $(v_0 - v_1)(v_0 + v_1) = Kv^2$ (équation 2) (2) / (1) : $(v_0 + v_1) = v$ donc : $v_0 = v_1 + kv = v_1 + k(v_0 + v_1)$; $v_1 = \frac{1-k}{1+k}v_0$	1,5
	2	Après la première collision : $E_1 = ½\, mv_1^2 = ½\, m \left(\frac{1-k}{1+k}\right)^2 v_0^2 = \frac{(1-k)^2}{(1+k)^2}E_0$ Après la $n^{ième}$ collision : $E_n = \left(\frac{(1-k)^2}{(1+k)^2}\right)^n E_0$	1
	3 – 1	n = 8 ou 9 collisions	0,5
	3 – 2	n = 54ou 55 collisions	0,5
	4	Le nombre des collisions avec les noyaux de deutérium est plus petit.	0,5

Exercice 4 (7 points) Constante de Planck

Partie		Réponses	Note
1	1	Centre d'une frange brillante $\delta = \frac{ax}{D} = k\lambda_1$; $x=\frac{k\lambda_1 D}{a}$ Centre d'une frange sombre $\delta = \frac{ax}{D} = (2k+1)\frac{\lambda_1}{2}$; $x=\frac{(2k+1)\lambda_1 D}{2a}$	0,5 0,5
	2	$5^{\text{ème}}$ frange brillante donc $k = 5$ $x = \frac{5\lambda_1 D}{a}$, $\lambda_1 = 1{,}5 \times 10^{-6}$m, $\nu_1 = \frac{c}{\lambda_1} = 2 \times 10^{14}$Hz	1
	3	$2^{\text{ème}}$ frange sombre, $k = 1$ donc $x = \frac{3\lambda_2 D}{2a}$, $\lambda_2 = 10^{-6}$m, $\nu_2 = 3 \times 10^{14}$Hz	1
2	1	$E_2 = (E_7 - E_3) = \frac{-13{,}6}{49} + \frac{13{,}6}{9} = 1{,}23$eV.	0,75
	2	$E_1 = (E_\infty - E_7) + Ec_{\text{électron}} = (0 - \frac{13{,}6}{49}) + 0{,}551 = 0{,}82$ eV .	1
3		D'après la relation d'Einstein : $E_{\text{Photon 3}} = W_0 + Ec_{max} = 2{,}07$eV	0,75
4	1	$\frac{E_1}{\nu_1} = 4{,}1\times10^{-15}$eV.s $= 6{,}56\times10^{-34}$ J.s ; $\frac{E_2}{\nu_2} = 4{,}1\times10^{-15}$eV.s $= 6{,}56\times10^{-34}$ J.s ; $\frac{E_3}{\nu_3} = 4{,}14\times10^{-15}$eV.s $= 6{,}62\times10^{-34}$ J.s Donc $\frac{E_1}{\nu_1} \cong \frac{E_2}{\nu_2} \cong \frac{E_3}{\nu_3}$	0,75
	2	$E = h\nu$; donc $h \approx 6{,}6 \times 10^{-34}$J. s	0,75

مسابقة في: مادة الفيزياء	الاسم:
المدّة: ثلاث ساعات	الرقم:

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

Exercice 1 (7,5 points) Deux mouvements périodiques d'un système

On considère un système (S) formé d'une tige rigide (AB) mince et homogène, de longueur ℓ = 0,6 m et de masse M = 1 kg et de deux particules identiques (S_1) et (S_2), de masse m = 0,5 kg chacune. (S_2) est fixée à l'extrémité B de la tige et (S_1) est fixée sur la tige à une distance réglable de son centre O.

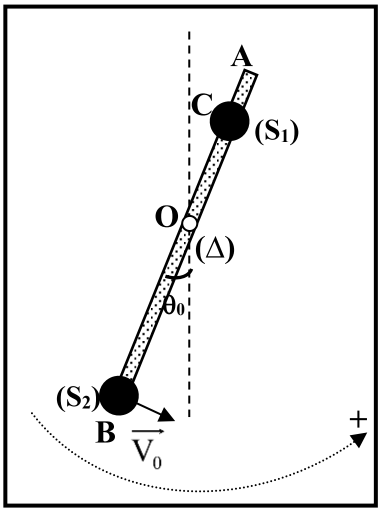
Soit G le centre de masse de (S) tel que $\overline{OG}$ = a.

Le système est écarté, dans un plan vertical, d'un angle θ_o = - 0,08 rd à partir de sa position d'équilibre stable (θ = 0), puis on le lance avec une vitesse angulaire initiale θ'_o = 0,3 rd/s à t_0 = 0. Le mouvement de (S) se fait sans frottement, dans le plan vertical autour d'un axe horizontal (Δ) passant par O.

À une date t, la position de la tige est repérée par son abscisse angulaire θ que fait la verticale passant par O avec OG, et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$.

Le moment d'inertie de la tige par rapport à (Δ) est $I_{tige} = \frac{1}{12} M\ell^2$.

Le but de cet exercice est d'étudier deux mouvements périodiques de ce système, pour deux positions différentes de (S_1).



Doc.1

1) Premier mouvement

(S_1) est fixée en un point C située à une distance $\overline{OC}$ = - 0,2 m (Doc. 1). Le système (S) ainsi formé est un pendule pesant qui oscille avec un angle maximal $\theta_m < 10^o$.

On donne : g = 10 m/s^2 ; $\cos\theta \cong 1 - \frac{\theta^2}{2}$ et $\sin\theta \cong \theta$ (θ en rad) pour $\theta \le 10^o$.

1-1) Montrer que a = 0,025 m.

1-2) Calculer la valeur du moment d'inertie I du pendule par rapport à (Δ).

1-3) Nommer les forces extérieures agissant sur (S).

1-4) Le moment du poids de (S) par rapport à (Δ) est : $\mathcal{M}$ = - (2m + M) g a sin θ.
En utilisant le théorème du moment cinétique, montrer que l'équation différentielle en θ qui régit le mouvement de (S) est : $\theta'' + \frac{(2m + M)g\,a}{I}\theta = 0$.

1-5) Déduire que le mouvement du pendule est périodique et montrer que sa période T_0 ne dépend pas de θ'_o.

1-6) Calculer T_0.

1-7) Une équation horaire de l'abscisse angulaire du pendule est donnée par :
$\theta = \theta_m \sin(\frac{2\pi}{T_o}t + \varphi)$. Déduire les valeurs de θ_m et φ.

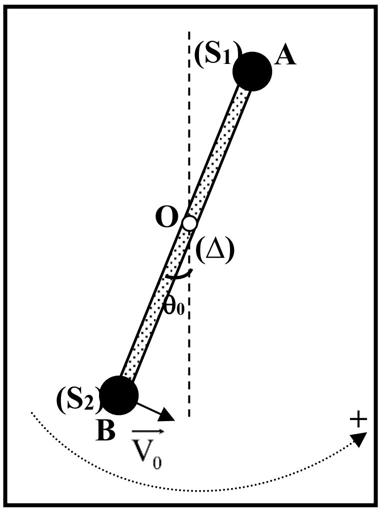
2) Deuxième mouvement

(S_1) est fixée maintenant en A, situé à une distance $\overline{OA}$ = - 0,3 m (Doc. 2).

2-1) Montrer que G coïncide avec O (a = 0).

2-2) En utilisant l'équation différentielle établie dans la partie (1- 4), montrer que (S) est en mouvement de rotation uniforme.

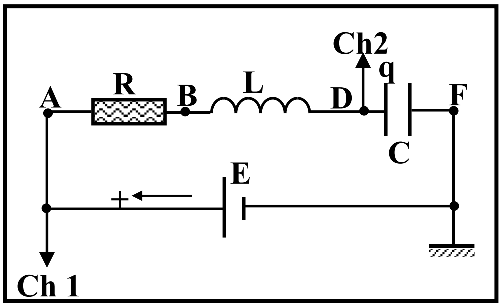
2-3) La période T du mouvement dépend de θ'_o.
Écrire la relation entre T et θ'_o. Calculer la valeur de T.



Doc. 2

Exercice 2 (7,5 points) **Circuit (R, L, C) série**

Un condensateur de capacité C = 6 µF, une bobine purement inductive d'inductance L = 0,8 H et un conducteur ohmique de résistance R = 100 Ω sont branchés en série entre deux points A et F. Le but de cet exercice est de déterminer l'énergie électrique consommée par ce circuit lorsqu'il est alimenté par deux différentes sources de tension.



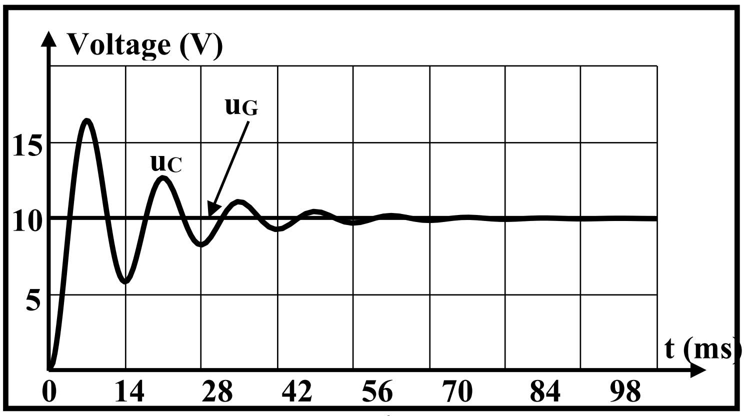
Doc. 3

1) Le circuit (R, L, C) est alimenté par une tension constante

Le circuit est relié à un générateur idéal de f.é.m. $E = u_G = u_{AF} = 10$ V (Doc.3).

Le condensateur est initialement non chargé. Un oscilloscope, convenablement branché, permet de visualiser la tension u_{AF} et la tension $u_{DF} = u_C$ aux bornes du générateur et du condensateur respectivement.

Le document 4 montre l'évolution de u_G et u_C en fonction du temps.



Doc. 4

1-1) En appliquant la loi d'additivité des tensions, montrer que l'équation différentielle du second ordre en u_C :

$$u''_C + \frac{R}{L}u'_C + \frac{u_C}{LC} = \frac{E}{LC}.$$

1-2) Répondre aux questions suivantes en utilisant le document 4.

1-2-1) Choisir parmi les expressions a), b) et c) celle qui est correcte :

a) u_C est alternative sinusoïdale ;

b) u_C oscille et finit par s'annuler ;

c) u_C oscille autour de E puis devient égale à E.

1-2-2) Déterminer la valeur de la pulsation des oscillations de u_C.

1-2-3) Préciser un intervalle de temps durant lequel le condensateur consomme de l'énergie et un intervalle de temps durant lequel le condensateur fournit de l'énergie.

1-3) Après un certain temps, le régime permanent est établi.

1-3-1) Montrer, en utilisant le document 4, que le condensateur ne consomme et ne fournit pas de l'énergie ;

1-3-2) Calculer l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur ;

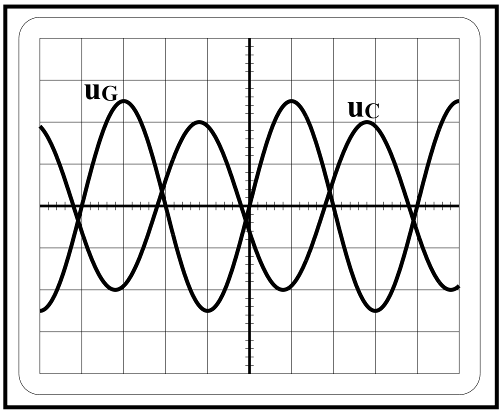
1-3-3) Déterminer la valeur du courant dans le circuit ;

1-3-4) Déduire que le circuit ne consomme et ne fournit pas de l'énergie électrique.

2) Le circuit (R, L, C) est alimenté par une tension alternative sinusoïdale

Le circuit est alimenté maintenant par un G.B.F délivrant une tension alternative sinusoïdale $u_G = u_{AF} = 10 \sin(215\pi t)$ (SI) et la tension aux bornes du condensateur dans le régime permanent est $u_C = U_{C(m)} \sin(215\pi t + \varphi)$ (SI).

Les courbes du document 5, représentent en régime permanent, u_G et u_C, visualisées sur l'écran de l'oscilloscope. La sensibilité verticale sur les deux voies est $S_V = 4$ V/div.



Doc. 5

2-1) Indiquer la valeur de la pulsation de u_C.

2-2) u_C effectue des oscillations électromagnétiques forcées. Justifier.

2-3) En utilisant le document 5, calculer $U_{C(m)}$ et $|\varphi|$.

2-4) Déduire que l'expression du courant i dans le circuit est : $i = 0{,}032 \cos(215\pi t - 2{,}83)$ (SI).

2-5) Déterminer la puissance moyenne consommée par le circuit.

2-6) Déduire l'énergie électrique consommée par le circuit durant une période de la tension.

Exercice 3 (7,5 points) **Identification de deux lumières monochromatiques**

On considère une source de lumière dichromatique (S), émettant deux lumières monochromatiques (A) et (B) de longueur d'onde dans l'air λ_1 et λ_2 respectivement. La couleur du faisceau lumineux émis par (S) paraît magenta.

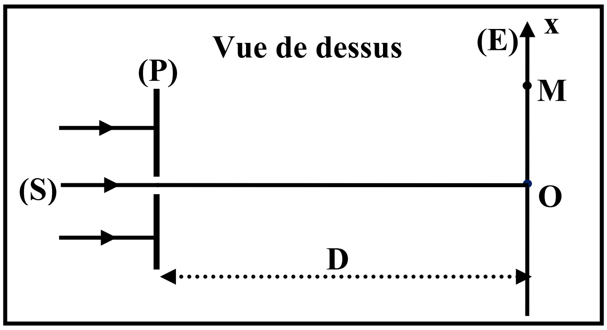
Le but de cet exercice est de déterminer λ_1 et λ_2.

On donne :

- les longueurs d'ondes des radiations visibles sont comprises entre 400 nm et 800 nm : 400 nm $\leq \lambda_{\text{visible}} \leq$ 800 nm ;
- $\lambda_1 < \lambda_2$.

1) Diffraction de la lumière

(S) éclaire, dans l'air et sous une incidence normale, une fente verticale fine, de largeur a = 0,2 mm, qui se trouve dans un plan opaque (P). Une figure de diffraction est observée sur un écran (E) parallèle à (P) et situé à une distance D = 2 m de (P). M est un point sur (E) appartenant à la figure de diffraction et sa position est repérée par $x = \overline{OM}$ par rapport à O, le centre de la frange brillante centrale (Doc.6). Les angles de diffraction des franges dans cet exercice sont de petites valeurs.



Doc. 6

1-1) Un filtre est placé devant la source (S). Il laisse passer seulement la lumière (B) de longueur d'onde $\lambda = \lambda_2$.

Soit M le centre d'une frange sombre d'ordre n (n est un entier relatif).

1-1-1) Écrire en fonction de a, n et λ, l'expression de l'angle de diffraction θ de M.

1-1-2) Montrer que l'abscisse de M est $x = \frac{n\,\lambda\,D}{a}$.

1-1-3) La frange centrale brillante obtenue par la diffraction d'une lumière monochromatique de longueur d'onde λ est délimitée par deux franges sombres. Déduire, en utilisant la question (1-1-2), que la largeur de la frange brillante centrale est $L = \frac{2\,\lambda\,D}{a}$.

1-2) On enlève le filtre, les deux lumières (A) et (B) atteignent l'écran.

1-2-1) Comparer la largeur la frange brillante centrale obtenue par la diffraction de la lumière (A) avec celle obtenue par la diffraction de la lumière (B).

1-2-2) On remarque que de la frange brillante centrale sur la figure de diffraction paraît de couleur magenta. La largeur de cette frange est 9,3 mm. Déduire que λ_1= 465 nm.

1-3) Les deux lumières (A) et (B) atteignent toujours l'écran. L'abscisse d'un point Q sur la figure de diffraction est x = 27,9 mm. Q est le centre d'une frange sombre d'ordre n_1 pour la lumière (A) et en même temps Q est le centre d'une frange sombre d'ordre n_2 de la lumière (B).

1-3-1) Déterminer la valeur de n_1.

1-3-2) Montrer que $n_2 \times \lambda_2$ = 2790 nm.

1-3-3) Montrer que $4 \leq n_2 < 6$.

1-3-4) Déduire que les valeurs possibles de λ_2 sont 558 nm et 697,5 nm.

2) Effet photoélectrique

On place de nouveau le filtre devant la source (S). La lumière (B) de longueur d'onde λ_2 issue du filtre, éclaire une plaque de césium pure de longueur d'onde seuil λ_0= 590 nm. Un dispositif convenable est placé à proximité de la plaque pour détecter les électrons émis par la plaque de césium.

Le dispositif ne détecte pas l'émission de photoélectrons de la plaque de césium. Déduire λ_2.

Exercice 4 (7,5 points) Corps humain radioactif

Les corps humains contiennent des traces de quelques radionucléides car nous mangeons, buvons et respirons des substances radioactives qui se trouvent naturellement dans l'environnement.
Le document 7, représente la masse et l'activité des radionucléides naturels, trouvés dans le corps d'une personne de masse m = 70 kg, selon une étude faite par un centre de recherche.
Le but de cet exercice est de préciser si ces radionucléides sont dangereux pour cette personne.

Nuclide	Masse	Activité
Potassium 40	17 mg	4,4 kBq
Uranium	90 µg	1,1 Bq
Thorium	30 µg	0,11 Bq
Carbone 14	22 ng	3,63 kBq
Radium	31 pg	1,1 Bq
Polonium	0,2 pg	37 Bq
Tritium	0,06 pg	23 Bq

Doc. 7

On donne :
$m({}^{14}_{6}C) = 13{,}99995$ u ; $m({}^{A}_{Z}N) = 13{,}99923$ u ;

$m_{(e^-)} = 5{,}486 \times 10^{-4}$ u; $1\text{ u} = 931{,}5 \dfrac{\text{MeV}}{c^2}$, $1\text{ u} = 1{,}66 \times 10^{-27}$ kg ; $1\text{ eV} = 1{,}6 \times 10^{-19}$ J.

1) Désintégration du carbone 14

Le carbone 14 est un émetteur bêta moins. Son équation de désintégration est :

$${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{A}_{Z}N + {}^{M}_{D}e + X$$

1-1) La particule X est un antineutrino. Pourquoi ?
1-2) Compléter, en le justifiant, l'équation ci-dessus.
1-3) Définir l'activité d'un échantillon radioactif.
1-4) Le carbone 14 est constamment renouvelé par ingestion. En déduire que l'activité du carbone 14 à l'intérieur du corps humain reste constante avec le temps.
1-5) En utilisant le document 7 :
1-5-1) calculer le nombre N_0 des noyaux de ${}^{14}_{6}C$ présents dans le corps de cette personne. (1 ng = 10^{-9} g)
1-5-2) déterminer, en année, la demi-vie du carbone 14.
1-6) Déterminer, en MeV et en J, l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de carbone 14. On néglige la masse de la particule X.
1-7) Montrer que l'énergie libérée durant une année par la désintégration du carbone 14 dans le corps de cette personne est environ $E' \cong 2{,}94 \times 10^{-3}$ J.

2) Effets de la radiation sur le corps humain

2-1) Le corps humain n'absorbe pas l'énergie de l'antineutrino. Donner une propriété de l'antineutrino qui justifie cette affirmation.
2-2) Sachant que :

- l'équivalent physiologique de dose ED_1, en sievert (Sv), reçu par la personne de masse m, provenant de la désintégration du carbone 14, durant une année est : $ED_1 = \dfrac{E'}{m} \times FQ$

  (FQ : facteur de qualité = 1 pour la radiation bêta moins) ;
- l'équivalent physiologique de dose ED_2, reçu par le corps de la personne étudiée, des autres radionucléides est $ED_2 = 0{,}268$ mSv durant une année.
- l'équivalent physiologique de dose total, reçu par un corps humain est : $ED = ED_1 + ED_2$;
- l'équivalent physiologique de dose autorisé à être absorbé par un corps humain ne doit pas dépasser 5 mSv durant une année.

2-2-1) Calculer l'équivalent physiologique de dose total reçu par le corps de la personne étudiée durant une année.
2-2-2) Déduire si ces radionucléides sont dangereux pour cette personne, durant une année.

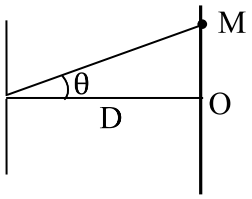
Exercice 1 (7.5 points) Deux mouvements périodiques d'un système

Partie		Réponses	Note
1	1-1	$a = \frac{m\,x_A + m\,x_B + M(0)}{m + m + M} = \frac{0,5\times(-0,2) + (0,5)(0,3) + 0}{0,5 + 0,5 + 1}$ = **0,025 m**	0,5 0,25
	1-2	$I = I_R + I_A + I_B = \frac{1}{12}M\ell^2 + md^2 + mOB^2 = \frac{1}{12}\times 1\times 0,6^2 + 0,5(0,3^2 + 0,2^2)$ I = **0,095 kgm²**	0,75
	1-3	La force de pesanteur $\vec{P}$ du système ; la réaction du support $\vec{R}$ en O	0,25
	1-4	$\Sigma\mathcal{M}_{ext} = \frac{d\sigma}{dt} = \frac{d(I\theta')}{dt} = I\,\theta''$, donc $\mathcal{M}_{\vec{W}} + \mathcal{M}_{\vec{R}} = I\,\theta''$, mais $\mathcal{M}_{\vec{R}} = 0$ car $\vec{R}$ rencontre (Δ) $-(2m + M)g\,a\sin\theta = I\,\theta''$, donc $-(2m + M)g\,a\,\theta = I\,\theta''$, alors $\boldsymbol{\theta'' + \frac{(2m + M)g\,a}{I}\theta = 0}$	0,75
	1-5	L'équation différentielle est de la forme $\theta'' + \omega_0^2\theta = 0$, avec $\omega_0^2 = \frac{(2m + M)g\,a}{I}$ est une constante positive Le mouvement est alors harmonique simple et sa période : $T_o = \frac{2\pi}{\omega_o} = \boldsymbol{2\pi\sqrt{\frac{I}{(2m + M)ga}}}$, donc T_o ne dépend pas de θ'_o.	0,5 0,75
	1-6	$T_o = 2\pi\sqrt{\frac{0\ 095}{(2\times 0\ 5 + 1)\times 10\times\ 0\ 025}}$ = **2,74 s**	0,25
	1-7	$\theta_o = -0,08 = \theta_m\sin(\varphi)$, donc $\sin(\varphi) = \frac{-0,08}{\theta_m}$ **équation (1)** $\theta' = \frac{2\pi\,\theta_m}{T_o}\cos(\frac{2\pi}{T_o}t + \varphi)$, donc $0,3 = \frac{2\pi\,\theta_m}{2\ 74}\cos(\varphi)$, alors $\cos(\varphi) = \frac{0\ 131}{\theta_m}$ **équation (2)** $\sin^2\varphi + \cos^2\varphi = 1$,don c $\left(\frac{0\ 08}{\theta_m^2}\right)^2 + \left(\frac{0\ 131}{\theta_m^2}\right)^2 = 1$; par suite, $\boldsymbol{\theta_m = 0.153}$ **rad** $\sin(\varphi) = \frac{-0\ 08}{0\ 153} = -0,5228$, donc $\varphi = -0,55$ rd ou $\varphi = 3,69$ rd D'après l'équation (2) $\cos\varphi > 0$; par suite , **φ = -0,55 rad**	0,75 1
2	2-1	$a = \frac{0\ 5(0\ 3) + 0\ 5\ (-\ 0\ 3) + 0}{2}$ = **0**	0,25
	2-2	$\theta'' + \frac{(2m + M)g\,a}{I}\theta = 0$, puisque $a = 0$, donc $\theta'' = 0$ Comme $\theta'_o \neq 0$, par suite le mouvement est circulaire uniforme	0,75
	2-3	$T = \frac{2\pi}{\theta'_o}$ $T = \frac{2\pi}{0\ 3}$ = **20,9 s**	0,5 0,25

Exercice 2 (7,5 points) Circuit (R, L, C) série

Partie			Réponse	Note
1	1-1		$u_{AF} = u_{AB} + u_{BD} + u_{DF}$, donc $E = Ri + L\frac{di}{dt} + u_C$, mais $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt}$ $E = RC\frac{du_C}{dt} + LC\frac{d^2u_C}{dt^2} + u_C$, alors $\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{R}{L}\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{LC} = \frac{E}{LC}$	0,75
	1-2	1	l'expression correcte est (c) : u_C performe des oscillations amorties autour de E puis devient égale à E.	0,25
		2	T = 14 ms , donc $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{14 \times 10^{-3}}$ = **448,8 rd/s**	0,75
		3	$W_C = \frac{1}{2}Cu_C^2$, donc le condensateur consomme de l'énergie lorsque $\lvert u_C \rvert$ augmente Durant **] 0; 7ms[:** $\lvert u_C \rvert$ augmente, donc le condensateur consomme de l'énergie. le condensateur fournit de l'énergie lorsque $\lvert u_C \rvert$ diminue Durant **]7ms ; 14ms[** : $\lvert u_C \rvert$ diminue, donc le condensateur fournit de l'énergie.	0,25 0,25 0,25
	1-3	1	La tension aux bornes du condensateur devient constante $u_c = E$, par suite Wc devient constante	0,25
		2	$W_C = \frac{1}{2}Cu_C^2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{-6} \times 10^2 = \mathbf{3 \times 10^{-4}\ J}$	0,5
		3	$i = C\frac{du_C}{dt}$, puisque $u_C = E$ = constante , donc **i = 0**	0,5
		4	L'énergie magnétique : $W_L = \frac{1}{2}Li^2$ et l'énergie dissipée par effet Joule : $P_R = R\,i^2$ En régime permanent, i = 0 ; par suite, $W_R = W_L = 0$ et Wc = constante Par suite l'énergie totale du circuit ne varie pas et le circuit ne consomme et ne fournit pas de l'énergie en régime permanent.	0,5
2	2-1		$\omega = 215\,\pi$ rad/s.	0,25
	2-2		la pulsation propre de u_C est égale à celle du générateur ou l'amplitude de uc reste constante.	0,25
	2-3		$U_{C(m)} = S_V \times Y_m = 4 \times 2 = \mathbf{8\ V}$ $\lvert\varphi\rvert = \frac{2\pi d}{D} = \frac{2\pi \times 1{,}8}{4} = \mathbf{2{,}83\ rd}$	0,25 0,25
	2-4		u_C est en retard de phase de $\lvert\varphi\rvert$ sur u_G Donc : $u_C = U_{C(m)}\sin(215\pi t - \lvert\varphi\rvert) = 8\sin(215\pi t - 2{,}83)$ $i = C\frac{du_C}{dt} = 6 \times 10^{-6} \times 215\,\pi \times 8\cos(215\pi t - 2{,}83) = 0{,}032\cos(215\pi t - 2{,}83)$ (SI)	0,75
	2-5		$i = 0.032\cos(215\pi t - 2{,}83) = 0.032\sin(215\pi t - 2{,}83 + \frac{\pi}{2}) =$ $0{,}032\sin(215\pi t - 1{,}26)$ $P_{moyenne} = I_{eff}U_{G(eff)}\cos\beta = \frac{0{,}032}{\sqrt{2}} \times \frac{10}{\sqrt{2}}\cos 1{,}26 = \mathbf{0{,}049\ W}$	0,75
	2-6		$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{215\,\pi} = 9{,}3 \times 10^{-3}$s $W = P_{moyenne} \times T = 0{,}049 \times 9{,}3 \times 10^{-3} = \mathbf{4{,}6 \times 10^{-4}\ J}$	0,75

Exercice 3 (7.5 points) Identification de deux lumières monochromatiques

Partie			Réponses	Note
1	1-1	1	$\text{Sin}\theta = \frac{n\lambda}{a}$, puisque les angles sont faibles donc $\sin\theta \cong \theta$,alors $\boldsymbol{\theta = \frac{n\lambda}{a}}$	0,5
		2	On considère le triangle droit formé par O, M et le centre de la fente  $\tan\theta \cong \theta = \frac{x}{D}$, donc $x = \theta\, D = \frac{\mathbf{n\,\lambda\,D}}{\mathbf{a}}$	1
		3	Puisque la frange brillante centrale est délimitée de part et d'autre par des franges sombres Donc : $L = x_1 - x_{-1} = \frac{\lambda D}{a} - \frac{-\lambda D}{a} = \frac{\mathbf{2\lambda D}}{\mathbf{a}}$	1
	1-2	1	Puisque $\lambda_1 < \lambda_2$, donc $L_1 < L_2$ Par suite, la largeur de la frange brillante centrale obtenue par la diffraction de la lumière (B) est plus grande de celle obtenue par la diffraction de la lumière (A).	0.25
		2	$L_1 = \frac{2\,\lambda_1\,D}{a}$, donc $\lambda_1 = \frac{a\,L_1}{2D} = \frac{0\ 2 \times 10^{-3} \times 9\ 3 \times 10^{-3}}{2 \times 2} = 4{,}65 \times 10^{-7}$ m = **465 nm**	1
	1-3	1	$x = \frac{n_1 \lambda_1 D}{a}$, donc $n_1 = \frac{a\,x}{D\,\lambda_1} = \frac{0\ 2 \times 10^{-3} \times 27\ 9 \times 10^{-3}}{2 \times 465 \times 10^{-9}} = \mathbf{6}$	0,5
		2	$x = \frac{n_2 \lambda_2 D}{a}$, donc $n_2 \lambda_2 = \frac{a\,x}{D} = \frac{0\ 2 \times 10^{-3} \times 27\ 9 \times 10^{-3}}{2}$, on aura $\mathbf{n_2 \lambda_2 = 2{,}79 \times 10^{-6}\ m = 2790\ nm}$	0.75
		3	$n_2 = \frac{2790}{\lambda_2}$ avec 465 nm < $\lambda_2 \leq$ 800 nm $n_2 \geq \frac{2790}{800}$, donc $n_2 \geq 3{,}49$ mais $n \in \mathbb{N}$; par suite, $n_2 \geq 4$ $n_2 < \frac{2790}{400}$; alors $\mathbf{n_2 < 6}$ **<u>Ou bien</u>** : $n_2 \lambda_2 = n_1 \lambda_1$, mais $\lambda_2 > \lambda_1$, donc $n_2 < n_1$; alors $\mathbf{n_2 < 6}$	1
		4	$\lambda_2 = \frac{a, x}{n_2 D}$ si $n_2 = 4$ alors $\lambda_2 = 697{,}5$ nm si $n_2 = 5$ alors $\lambda_2 = 558$ nm	0,75
2			L'effet photoélectrique aura lieu si $\lambda_2 \leq \lambda_0$, puisq'il n'y a pas émisssion des photoélectrons de la plaque de césium donc $\lambda_2 > \lambda_0$; alors $\mathbf{\lambda_2 = 697{,}5\ nm}$	0,75

Exercice 4 (7.5 points) Corps humain radioactif

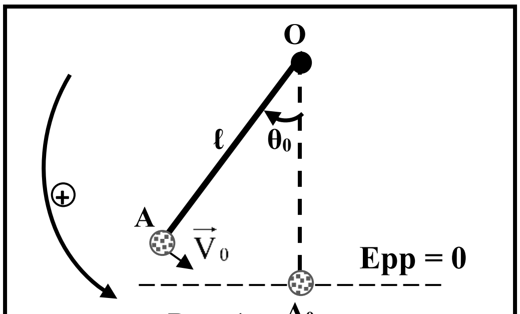
Partie			Réponses	Note
1	1-1		Puisque le type de désintégration est β^- **Ou bien** : en radioactivité, l'émission d'un électron est accompagnée par l'émission d'un antineutrino	**0,25**
	1-2		Loi de conservation du nombre de masse A : 14 = A + 0 + 0 , donc A = 14 Loi de conservation du nombre de charge Z : 6 = Z - 1 + 0 , donc Z = 7 $\mathbf{{}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}}$	**0,5** **0,5** **0,25**
	1-3		L'activité est le nombre de désintégrations par unité de temps.	**0,5**
	1-4		A = λ N. puisque λ et N ne variant pas avec le temps , donc A reste constante avec le temps.	**0.5**
	1-5	1	$N_o = \frac{m}{m\ {}^{14}_{6}C} = \frac{22 \times 10^{-9}}{13\ 99995 \times 1\ 66 \times 10^{-24}} = \mathbf{9{,}466 \times 10^{14}}$ **noyaux**	**0,75**
		2	$A_o = \lambda\ N_o$, donc $\lambda = \frac{3630}{9\ 466 \times 10^{14}} = 3{,}835 \times 10^{-12} s^{-1}$ $T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{3\ 835 \times 10^{-12}} = 1{,}807 \times 10^{11}$ s = **5730 ansées**	**1**
	1-6		$E_{lib} = \Delta mc^2 = (13{,}99995) - (13{,}99923 + 5{,}486 \times 10^{-4})] \times 931{,}5\ \frac{MeV}{c^2} \times c^2$ E_{lib}= **0,1596591 MeV** = 0,1596591 ×1,6 × 10^{-13} J = $\mathbf{2{,}55 \times 10^{-14}}$ **J**	**1** **0,25**
	1-7		$E' = E_{lib} \times N_{désintégrés} = E_{lib} \times A \times t = 2{,}55 \times 10^{-14} \times 3650 \times 3600 \times 24 \times 365$ Donc, $\mathbf{E' = 2.94 \times 10^{-3}}$ **J**	**0,75**
2	1		L'antineutrino ne subit aucune interaction avec la matière	**0,25**
	1-2	1	$ED_1 = \frac{E'}{m} = \frac{2{,}94 \times 10^{-3}}{70} = 4{,}2 \times 10^{-5}$ Sv = 0,042 mSv $ED = ED_1 + ED_2$ = 0,042 + 0,268 = 0,31 mSv	**0,75**
		2	0,31mSv ≪ 5 mSv Par suite les radionucléides présents dans le corps de cette personne ne lui causent pas un danger	**0,25**

مسابقة في مادة الفيزياء	الاسم:
المدة: ساعتان ونصف	الرقم:

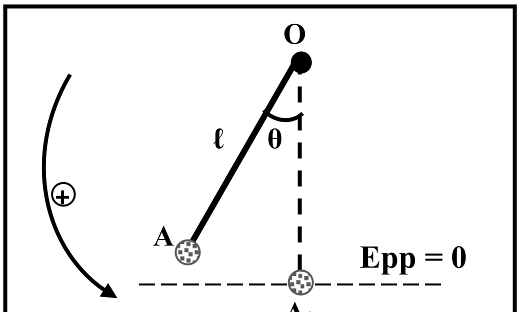
Cette épreuve est formée de quatre exercices obligatoires répartis sur quatre pages.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

Exercice 1 (5 pts) — Pendule simple

Un pendule simple est constitué d'une particule de masse m = 50g, fixée à l'extrémité inférieure A d'un fil inextensible OA, de longueur ℓ et de masse négligeable.
Ce pendule peut osciller dans un plan vertical, autour d'un axe horizontal (Δ) passant par l'extrémité supérieure O du fil.
On écarte le pendule dans le sens négatif de sa position d'équilibre.
À un instant $t_0 = 0$, l'abscisse angulaire du pendule est $\theta_0 = -\frac{\pi}{36}$ rd, et on lance la particule dans le sens positif, avec une vitesse $\vec{V}_0$ de valeur V_0 (Doc. 1).
À un instant t, l'abscisse angulaire du pendule est θ et la valeur de la vitesse de la particule est $v = \ell\,|\theta'| = \ell\left|\frac{d\theta}{dt}\right|$ (Doc. 2).



Doc. 1



Doc. 2

Prendre:
- le plan horizontal contenant A_0, position d'équilibre de A, comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 10\ m/s^2$.

1) On suppose que le pendule oscille sans frottement.
L'équation différentielle du second ordre en θ qui régit le mouvement du pendule est : $\theta'' + 20\,\theta = 0$ (S.I.).

1.1) Le mouvement du pendule est harmonique simple. Justifier.

1.2) Calculer la valeur de la période propre T_0 du pendule.

1.3) Sachant que la période propre du pendule est $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$, montrer que $\ell = 50$ cm.

1.4) L'énergie mécanique du système (pendule, Terre) à un instant t est E_m.

1.4.1) Montrer que l'expression de E_m est $E_m = \frac{1}{2}mv^2 + mg\ell(1 - \cos\theta)$.

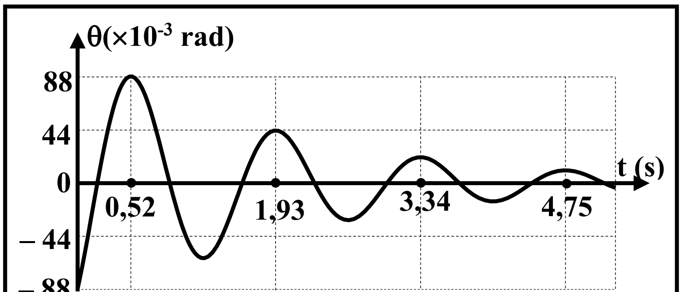
1.4.2) Déduire la valeur de V_0, sachant que l'énergie mécanique du système (pendule, Terre) à $t_0 = 0$ vaut $E_{m0} = 1{,}95 \times 10^{-3}$ J.

2) En réalité, le pendule est soumis à une force de frottement. On répète l'expérience précédente, un système approprié montre l'évolution de l'élongation θ du pendule en fonction du temps (Doc. 3).
En utilisant le document 3:

2.1) indiquer le type des oscillations ;

2.2) calculer l'énergie mécanique du système (pendule, Terre) à t = 0,52 s.

2.3) déduire la puissance moyenne perdue par le système (pendule, Terre) entre $t_0 = 0$ et t = 0,52 s.

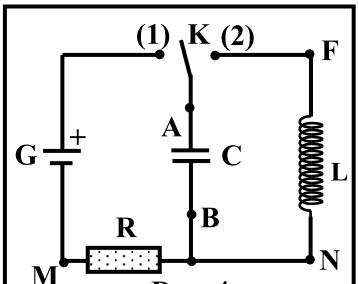


Doc. 3

Exercice 2 (5 pts) Caractéristiques des dipôles électriques

Le but de cet exercice est de déterminer la capacité C d'un condensateur et l'inductance L d'une bobine. Dans ce but on réalise le circuit du document 4, formé de :

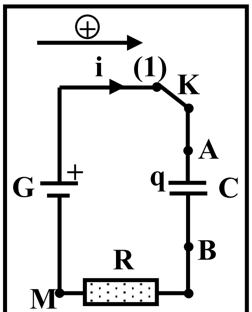
- un générateur idéal G de force électromotrice (f.é.m) E = 2 V;
- un conducteur ohmique de résistance R = 1 kΩ ;
- un condensateur de capacité C ;
- une bobine d'inductance L et de résistance négligeable ;
- un commutateur K.



Doc. 4

1) Circuit (R, C) série

Le condensateur est initialement neutre. À l'instant $t_0 = 0$, on place K à la position (1). À un instant t, l'armature A du condensateur, porte une charge q et l'intensité du courant traversant le circuit est i (Doc. 5).



Doc. 5

1.1) Nommer le phénomène physique qui aura lieu dans le circuit.

1.2) Montrer que l'équation différentielle qui décrit la variation de la tension $u_{AB} = u_C$ aux bornes du condensateur est : $\tau \frac{du_C}{dt} + u_C = E$, où $\tau = RC$ est la constante de temps du circuit.

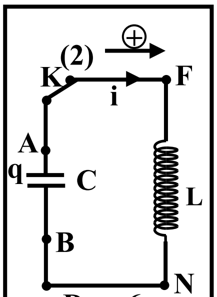
1.3) $u_C = 2\,(1 - e^{-1000\,t})$ (u_C en V et t en s) est une solution de cette équation différentielle. Déterminer la valeur de τ.

1.4) Déduire la valeur de C.

2) Circuit (L, C)

Le condensateur est complètement chargé. À un instant $t_0 = 0$, pris comme nouvelle origine de temps, on permute K à la position (2).

À un instant t, l'armature A du condensateur, porte une charge q et l'intensité du courant traversant le circuit est i (Doc. 6).



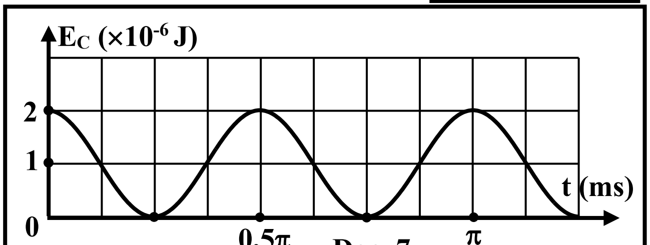
Doc. 6

2.1) Établir l'équation différentielle qui décrit la variation de la charge q.

2.2) Déduire que l'expression de la période propre T_0 du circuit est $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$.

2.3) La courbe du document 7 représente l'évolution de l'énergie électrique E_C emmagasinée dans le condensateur en fonction du temps. Déterminer la valeur de T_0, sachant que $T_0 = 2\,T_E$, avec T_E la période de l'énergie électrique.

2.4) Déduire la valeur de L.



Doc. 7

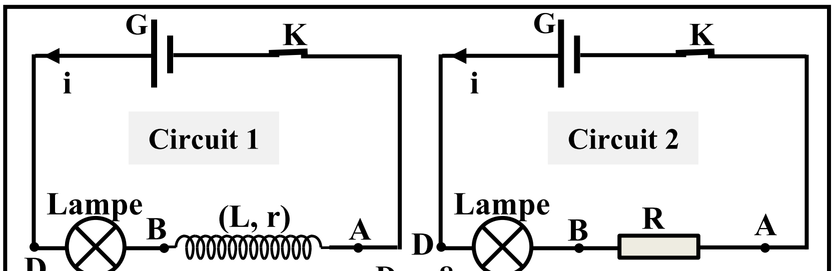
Exercice 3 (5 pts) Auto-induction

On dispose d'une bobine d'inductance L et de résistance r, d'un conducteur ohmique de résistance R = 8 Ω, d'un interrupteur K, d'une lampe à incandescence et d'un générateur idéal (G) de force électromotrice E = 10 V.

Le but de cet exercice est d'étudier l'effet de la bobine sur la luminosité d'une lampe dans un circuit série soumis à une tension constante et de déterminer ses caractéristiques.

1) Luminosité de la lampe

On réalise successivement le circuit 1 et le circuit 2 du document 8. Les phrases 1 et 2 ci-dessous, décrivent la luminosité de la lampe après la fermeture de K.



Doc. 8

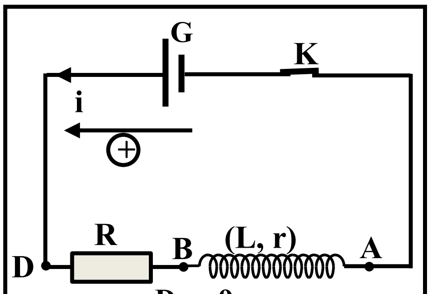
<u>**Phrase 1**</u>: La lampe s'allume instantanément juste à la fermeture de l'interrupteur.

<u>**Phrase 2**</u>: Après la fermeture de l'interrupteur, la luminosité de la lampe augmente progressivement et devient stable après un certain temps.

Faire correspondre chacune des phrases 1 et 2 au circuit convenable.

2) Détermination de L et r

On branche la bobine et le conducteur ohmique en série avec (G) comme le montre le document 9. À l'instant $t_0 = 0$, on ferme K. À un instant t, le circuit est parcouru par un courant d'intensité i.



Doc. 9

2.1) Montrer, en appliquant la loi d'additivité des tensions, que l'équation différentielle qui décrit la variation de la tension $u_{DB} = u_R$ est : $\frac{L}{R}\frac{du_R}{dt} + \left(\frac{R+r}{R}\right)u_R = E$.

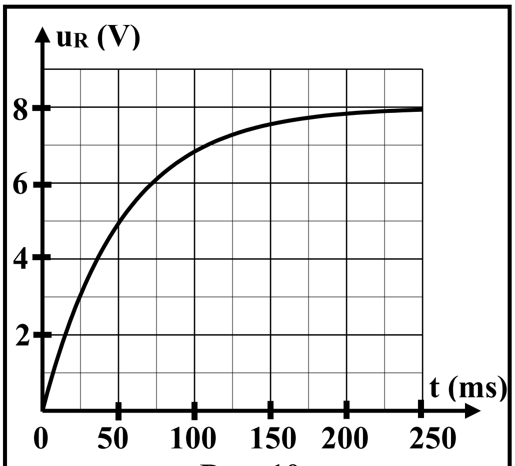
2.2) Déduire que l'expression de la tension aux bornes du conducteur ohmique, en régime permanent, est :

$U_{R\,max} = E\frac{R}{R+r}$.

2.3) La solution de cette équation différentielle est

$u_R = U_{R\,max}\,(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$ avec $\tau = \frac{L}{R+r}$.

Un système approprié trace l'évolution de u_R avec le temps (Doc. 10).



Doc. 10

2.3.1) En utilisant la courbe du document 10, indiquer la valeur de $U_{R\,max}$.

2.3.2) Déterminer la valeur de r.

2.3.3) En utilisant la courbe du document 10, déterminer la valeur de τ.

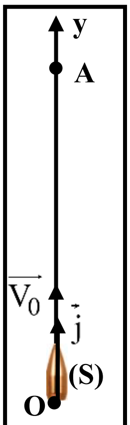
2.3.4) Déduire la valeur de L.

Exercice 4 (5 pts) Balles perdues

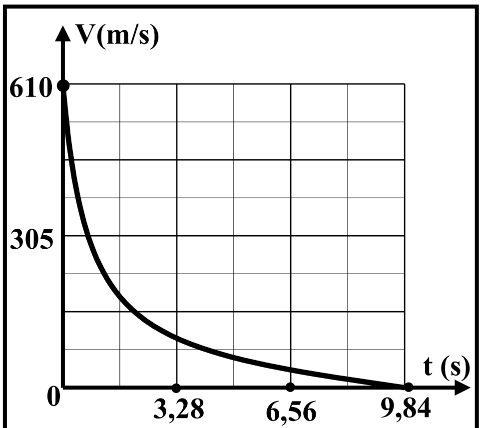
Le but de cet exercice est de déterminer l'énergie thermique produite durant le mouvement d'une balle tirée par une arme à feu et de montrer son danger.

Une balle (S), assimilée à une particule, de masse $m = 7 \times 10^{-3}$ kg, est tirée par une arme à feu, d'un point O situé au niveau du sol avec une vitesse initiale $\vec{V}_0 = V_0\,\vec{j}$. La balle est soumise à la résistance de l'air, durant tout son mouvement. Prendre :

- $g = 10$ m/s^2 ;
- le plan horizontal contenant O comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.



Doc. 11



Doc. 12

1) Mouvement ascendant de la balle

A l'instant $t_0 = 0$, la balle (S) est tirée, à partir du point O, verticalement vers le haut. (S) se déplace le long d'un axe vertical y'y, d'origine O, orienté positivement vers le haut. À $t_1 = 9{,}84$s, (S) atteint sa hauteur maximale h au point A (Doc. 11). La courbe du document 12 représente l'évolution de la valeur de la vitesse V de (S) avec le temps, durant son mouvement ascendant de O vers A.

1.1) Déterminer, en utilisant le document 12, les quantités de mouvement $\vec{P}_0$ et $\vec{P}_1$ de (S) aux instants $t_0 = 0$ et $t_1 = 9{,}84$ s respectivement.

1.2) Déduire la variation de la quantité de mouvement $\Delta\vec{P}$ de (S) entre t_0 et t_1.

1.3) On donne $m\vec{g} + \vec{f} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$, avec $\Delta t = t_1 - t_0$ et $\vec{f}$ est la moyenne des forces de frottement agissant sur (S) durant Δt. Montrer que la valeur f de $\vec{f}$ est $f \cong 0{,}364$ N.

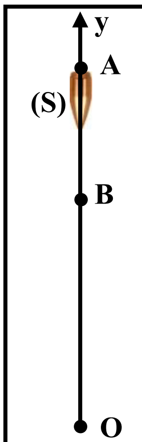
1.4) Calculer, à $t_0 = 0$, l'énergie mécanique Em_0 du système [(S), Terre].

1.5) On donne $\Delta Em = -f \times h$, avec ΔEm est la variation de l'énergie mécanique du système [(S), Terre] durant $\Delta t = t_1 - t_0$. Montrer que $h \cong 3000$ m.

1.6) Déduire la valeur de l'énergie thermique E_{th1} produite durant le mouvement ascendant de (S), sachant que $E_{th1} = |\Delta Em|$.

2) Mouvement descendant de la balle

On suppose que la trajectoire de (S) durant son mouvement descendant reste verticale.
(S) commence son mouvement descendant du point A, passe à travers un point B (AB = 352 m) et arrive au sol, au point O, avec une vitesse de valeur V = 44 m/s (Doc. 13). La valeur f_1 de la force de frottement $\vec{f_1}$ agissant sur (S), durant son mouvement entre B et O est $f_1 = 0{,}07$ N.



Doc. 13

2.1) Déterminer la valeur de l'énergie thermique E_{th2} produite durant le mouvement descendant de (S) entre B et O, sachant que $E_{th2} = \left|W_{\vec{f_1}}\right|$.

2.2) Calculer l'énergie thermique produite durant le mouvement descendant de (S) de A vers O, sachant que l'énergie thermique produite durant le mouvement descendant de (S) de A vers B vaut 18 J.

3) Danger de la balle perdue

Une balle peut transpercer la peau d'une personne, si sa vitesse dépasse 61 m/s.
Une balle (S'), identique à (S), est tirée vers le haut avec un angle faible par rapport à la verticale (environ 15°), elle décrit une trajectoire curviligne et atteint le sol avec une vitesse de 90 m/s.
Préciser laquelle des deux balles (S) ou (S') est-elle la plus dangereuse, si elle frappe quelqu'un lorsqu'elle atteint le sol.

وزارة التربية والتعليم العالي
المديرية العامّة للتربية
دائرة الامتحانات الرسميّة

امتحانات الشهادة الثانوية العامة
فرع العلوم العامّة

دورة العام 2021 العاديّة

مسابقة في مادة الفيزياء — الاسم:
المدة: ساعتان ونصف — الرقم:

Exercice 1 (5 pts) Pendule simple

Partie			Réponse	Note
1	1-1		Car l'équation différentielle est de la forme $\theta'' + \omega_0^2\theta = 0$	0,25
	1-2		$\omega_0 = \sqrt{20}$ rad/s $T_0 = \dfrac{2\pi}{\omega_0} = \dfrac{2\pi}{\sqrt{20}}$, donc $T_0 = 1{,}405$ s	0,75
	1-3		$T_0 = 2\pi\sqrt{\dfrac{\ell}{g}}$, alors $1{,}405 = 2\pi\sqrt{\dfrac{\ell}{10}}$, donc $1{,}974 = 4\pi^2\,\dfrac{\ell}{10}$, alors $\ell = 0{,}5$ m	0,5
	1.4	1	$E_m = Ec + Epp$ Mais, $E_{pp} = m\,g\,z = m\,g\,(\ell - \ell\cos\theta) = m\,g\,\ell\,(1 - \cos\theta)$ (Figure) $E_C = \frac{1}{2} I\,\theta'^2$, mais $I = m\,\ell^2$ et $v = \ell\,\theta'$ Donc, $E_m = \dfrac{1}{2} m\,v^2 + mg\ell\,(1 - \cos\theta)$	1
		2	$E_{mo} = \frac{1}{2} m\,V_0^2 + mg\,\ell(1 - \cos\theta_0)$ $1{,}95 \times 10^{-3} = 0{,}05 \times 10 \times 0{,}5\,[1 - \cos(\frac{-\pi}{36})] + \frac{1}{2} \times 0{,}05\,v_0^2$, alors $V_0 = 0{,}2$ m/s	0,75
2	2-1		Oscillations mécaniques libres amorties	0,25
	2-2		$E_{m\,(0,52)} = 0 + mg\ell(1 - \cos\theta_{(0,52)}) = 0{,}05 \times 10 \times 0{,}5\,[1 - \cos(88\times10^{-3})]$ Donc, $E_{m\,(0,52)} = 9{,}67 \times 10^{-4}$ J	0,5
	2-3		$P_{perdue} = \dfrac{(E_m)_{perdue}}{\Delta t} = \dfrac{1{,}95\times10^{-3} - 9{,}67\times10^{-4}}{0{,}52}$ $P_{perdue} = \dfrac{9{,}83\times10^{-4}}{0{,}52} = 1{,}89 \times 10^{-3}$ W	0,5 0,5

Exercice 2 (5 pts) Caractéristiques d'un dipôle électrique

Partie		Réponse	Note
1	1.1	Charge d'un condensateur	0,25
	1.2	Le sens positive est dirigé vers l'armature de charge q, alors $i = +\frac{dq}{dt} = c\,\frac{du_C}{dt}$ $u_{AM} = u_{AB} + u_{BM}$, alors $E = u_C + R\,i = u_C + RC\,\frac{du_C}{dt}$ mais $\tau = RC$ Par suite $\tau\frac{du_C}{dt} + u_C = E$	0,75
	1.3	$u_C = 2\,(1 - e^{-1000t})$, donc $\frac{du_C}{dt} = 2 \times 1000\ e^{-1000t}$ On remplace u_C et $\frac{du_C}{dt}$ dans l'équation différentielle : $E = 2 + (-2 + 2000\,\tau)\,e^{-1000\,t}$, mais $e^{-1000\,t} = 0$ est inacceptable Donc, $-2 + 2000\,\tau = 0$, alors $\tau = 10^{-3}$ s = 1 ms	1
	1.4	$\tau = RC$, donc $C = \frac{\tau}{R} = \frac{10^{-3}}{1000}$, alors $C = 10^{-6}$ F = 1 μF	0,5
2	2.1	$u_{AB} = u_{AF} + u_{FN} + u_{NB}$, alors $\frac{q}{C} = 0 + L\,\frac{di}{dt} + 0$ $i = -\frac{dq}{dt} = -q'$, donc $i' = -\frac{d^2q}{dt^2} = -q''$ $\frac{q}{C} = -L\,q''$, alors $\mathbf{q'' + \frac{1}{LC}\,q = 0}$	1
	2.2	L'équation différentielle est de la forme : $\mathbf{q'' + \omega_0^2\ q = 0}$ Par suite $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$, alors $T_o = 2\pi\,\sqrt{LC}$	0,5
	2.3	Graphiquement, $T_E = 0{,}5\,\pi$ ms , donc $T_0 = 2T_E = 2 \times 0{,}5\,\pi$, alors $T_o = \pi$ ms	0,5
	2.4	$T_0^2 = 4\,\pi^2\,L\,C$, alors $(\pi \times 10^{-3})^2 = 4\,\pi^2\,L\,(10^{-6})$, alors $L = 0{,}25$ H	0,5

Exercice 3 (5 pts) **Auto induction**

<table>
<tr><th colspan="3">Partie</th><th>Réponse</th><th>Note</th></tr>
<tr><td colspan="3">1</td><td>Phrase 1 correspond au circuit 2 ; Une résistance R s'oppose au passage du courant électrique.
Phrase 2 correspond au circuit 1 ; Une inductance L s'oppose à la variation de l'intensité du courant électrique.</td><td>0,25
0,25</td></tr>
<tr><td rowspan="6">2</td><td colspan="2">2.1</td><td>$u_{DA} = u_{DB} + u_{BA}$
$E = u_R + ri + L\frac{di}{dt}$
$u_{BD} = u_R = R\,i$, alors $i = \frac{u_R}{R}$, donc $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R}\frac{du_R}{dt}$
Donc, $E = u_R + r\frac{u_R}{R} + \frac{L}{R}\frac{du_R}{dt}$
Donc, $\frac{L}{R}\frac{du_R}{dt} + \left(\frac{R+r}{R}\right)u_R = E$</td><td>1,25</td></tr>
<tr><td colspan="2">2.2</td><td>En régime permanent i = I = cte , alors $\frac{du_R}{dt} = 0$ et i est maximale, donc $u_R = U_{Rmax}$
En remplacant dans l'équation différentielle on aura :
$0 + \left(\frac{R+r}{R}\right)U_{R\,max} = E$, alors $U_{Rmax} = E\frac{R}{R+r}$</td><td>1</td></tr>
<tr><td rowspan="4">2.3</td><td>1</td><td>$U_{R\,max} = 8$ V</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>2</td><td>$U_{R\,max} = E\frac{R}{R+r}$, alors $8 = 10\frac{8}{8+r}$, donc $r = 2\ \Omega$</td><td>0,75</td></tr>
<tr><td>3</td><td>À t = τ ; $u_R = 63\ \%\ U_0 = 0{,}63 \times 8 = 5{,}04$ V
ce qui correspond à t = τ = 50 ms</td><td>0,25
0,5</td></tr>
<tr><td>4</td><td>$\tau = \frac{L}{R+r}$, alors $L = \tau(R + r) = 0{,}05 \times (8 + 2)$, donc $L = 0{,}5$ H</td><td>0,5</td></tr>
</table>

Exercice 4 (5 pts) **Balles perdues**

parties		Réponse	Note
1	1.1	$\vec{P}_o = m\vec{V}_o = 7\times10^{-3}\times 610\,\vec{j}$, donc $\vec{P}_o = 4{,}27\vec{j}$ (kgm/s) $\vec{P}_1 = m\vec{V}_1 = \vec{0}$, car $\vec{V}_1 = \vec{0}$	0,5 0,25
	1.2	$\Delta\vec{P} = \vec{P}_1 - \vec{P}_o = \vec{0} - 4{,}27\vec{j}$, donc $\Delta\vec{P} = -4{,}27\vec{j}$ (kgm/s)	0,5
	1.3	$m\vec{g} + \vec{f} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$ Par projection suivant y'y on aura : $-mg - f = \frac{\Delta P}{\Delta t}$, donc $-7\times10^{-3}\times10 - f = \frac{-4{,}27}{9{,}84}$, par suite $f \cong 0{,}364$ N	0,75
	1.4	$E_{mo} = Ec_o + Epp_o = \frac{1}{2}\,m\,V_o^2 + m\,g\,h_o = \frac{1}{2}\times(7\times10^{-3})\times 610^2 + 0$ Donc , $E_{mo} = 1302{,}35$ J	0,5
	1.5	$Em_1 = Ec_1 + Epp_1 = \frac{1}{2}mV_1^2 + mgh = 0 + 7\times10^{-3}\times 10\,h = 0{,}07\,h$ $\Delta E_m = W_{\vec{f}}$, donc $E_{m1} - E_{m0} = -f\times h$ $0{,}07\,h - 1302{,}35 = -0{,}364\,h$; par suite, $h \cong 3000$ m	0,75
	1.6	$\Delta E_m = W_{\vec{f}} = -f\,h = -0{,}364\times 3000 = -1092$ J $E_{th1} = \lvert\Delta Em\rvert = 1092$ J	0,25
2	2.1	$E_{th2} = \left\lvert W_{\vec{f_1}}\right\rvert$ et $W_{\vec{f}} = -f_1\times BO$ BO = AO – AB = 3000 – 352 = 2648 m $W_{\vec{f}} = -0{,}07\times2648 = -185{,}36$ J $\cong -185$ J , donc $W_{th2} = 185$ J	0,75
	2.2	$W_{th} = 18 + 185 = 203$ J	0,25
3		Pour S : $V_{sol} = 44$ m/s < 61 m/s Pour S' : $V_{sol} = 90$ m/s > 61 m/s Donc, S' est plus dangereuse que S	0,5

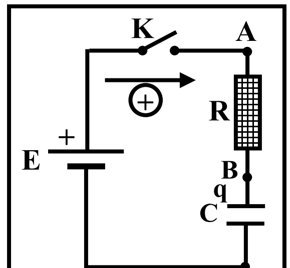
	مسابقة في مادة الفيزياء	الإسم :
	المدة: ساعتان ونصف	الرقم :

Cette épreuve est formée de quatre exercices obligatoires réparties sur quatre pages.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

Exercice 1 (5 pts)

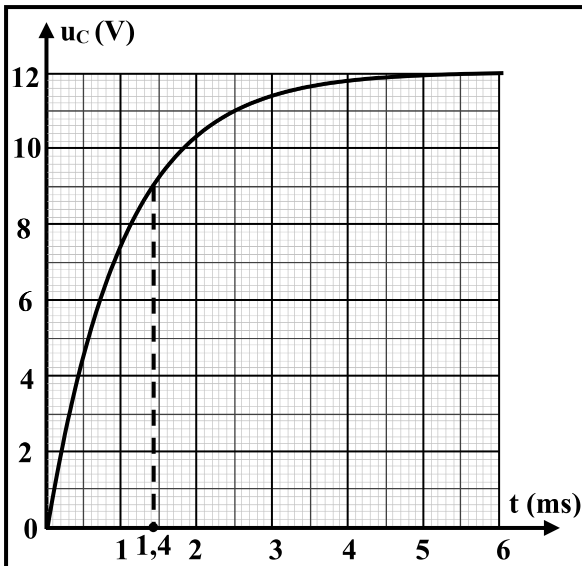
Charge d'un condensateur

Le but de cet exercice est de déterminer la capacité C d'un condensateur et la puissance électrique moyenne consommée par ce dipôle pendant un certain intervalle de temps.
Dans ce but on réalise le circuit série du document 1 formé d'un conducteur ohmique de résistance R = 1 kΩ, d'un condensateur initialement neutre de capacité C, d'un générateur idéal de force électromotrice E et d'un interrupteur K.
On ferme K à la date $t_0 = 0$.



Doc. 1

1) Nommer le phénomène physique qui a lieu dans le circuit.
2) Établir l'équation différentielle qui décrit l'évolution de la tension $u_{BD} = u_C$ aux bornes du condensateur.
3) La solution de cette équation différentielle est : $u_C = A + B\,e^{\frac{-t}{\tau}}$.
Déterminer les expressions des constantes A, B et τ en fonction de E, R et C.
4) La courbe du document 2 représente l'évolution de u_C avec le temps.
4.1) En se référant au document 2, indiquer la valeur de E.
4.2) En utilisant le document 2, déterminer la constante de temps τ du circuit.
4.3) Déduire la valeur de C.
4.4) En utilisant le document 2, déterminer l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur à t =1,4 ms.
4.5) Déduire la puissance électrique moyenne consommée le condensateur entre t = 0 et t =1,4 ms.



Doc. 2

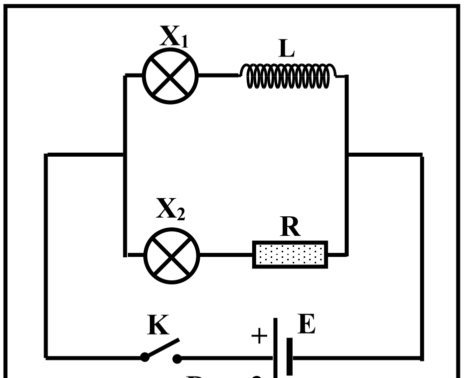
Exercice 2 (5 pts)

Auto-induction

On dispose d'un générateur idéal G de force électromotrice (f.é.m) E, d'une bobine d'inductance L et de résistance négligeable, d'un conducteur ohmique de résistance R, de deux lampes X_1 et X_2, d'un oscilloscope et d'un interrupteur K.

Le but de cet exercice est d'étudier l'effet de l'inductance d'une bobine durant l'établissement du courant et de déterminer la valeur de son inductance.

On réalise, dans ce but, deux expériences :



Doc. 3

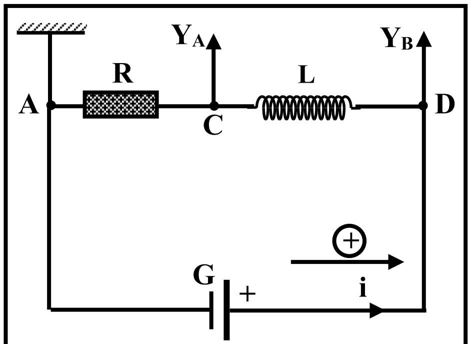
1) **Première expérience**

On réalise le circuit du document 3. Lorsqu'on ferme K, on constate que la lampe X_2 s'allume instantanément alors que la lampe X_1 s'allume avec un léger retard par rapport à X_2.

Expliquer la cause de ce retard d'éclairage de la lampe X_1.

2) **Deuxième expérience**

On réalise le circuit du document 4. On donne R = 100 Ω.



Doc. 4

2.1) L'oscilloscope, branché comme l'indique le circuit du document 4, permet de visualiser l'évolution, en fonction du temps, de deux tensions.
Indiquer la tension visualisée sur chacune des voies Y_A et Y_B.

2.2) Établir l'équation différentielle qui décrit la variation de la tension $u_{CA} = u_R$ aux bornes du conducteur ohmique.

2.3) La solution de cette équation différentielle est :

$$u_R = A\,(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$$

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

2.4) Montrer que la tension aux bornes du conducteur ohmique, en régime permanent, est $u_R = E$.

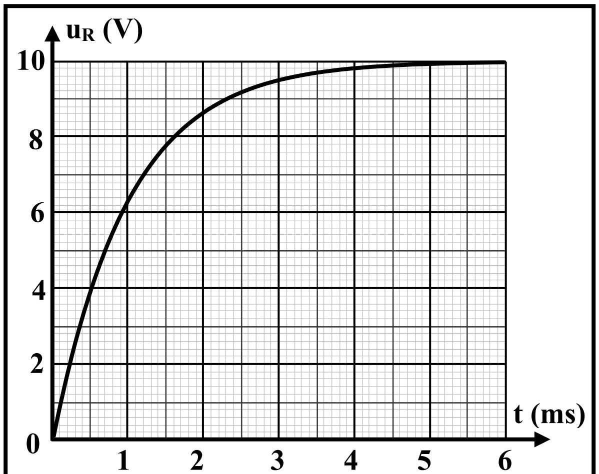
2.5) La courbe du document 5 représente l'évolution de la tension u_R avec le temps.

2.5.1) En se référant au document 5, indiquer la valeur de E.

2.5.2) Définir la constante de temps τ d'un circuit série (R, L).

2.5.3) En utilisant le document 5, déterminer la valeur de τ.

2.5.4) Déduire la valeur de L.

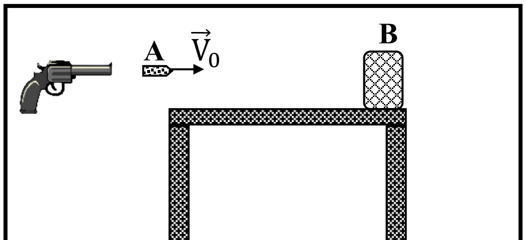


Doc. 5

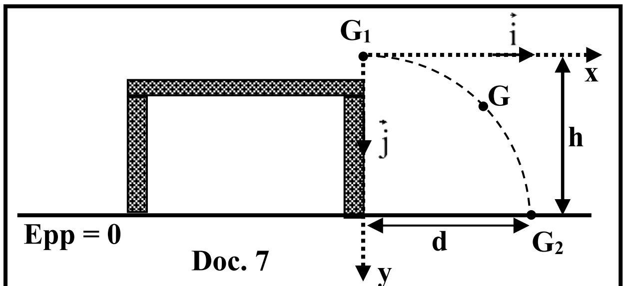
Exercice 3 (5 pts)

Mouvement d'un bloc dans un plan vertical

Une arme à feu tire une balle (A) de masse $m_1 = 10$ g vers un bloc (B), assimilée à une particule, de masse $m_2 = 240$ g, initialement au repos, au bord d'une table horizontale (Doc.6).
La balle (A) frappe le bloc (B) avec une vitesse horizontale $\vec{V}_0$ de valeur $V_0 = 125$ m/s et s'y incruste.
Le système [(A), (B)] est assimilé à une particule G de masse $M = m_1 + m_2$. Juste après la collision, G quitte la table, à la position G_1 de hauteur h = 80 m, avec une vitesse $\vec{V}_1$ horizontale. G se déplace dans un plan vertical G_1xy contenant $\vec{V}_1$, puis il atteint le sol en G_2 (Doc 7).
On néglige les frottements avec l'air.



Doc. 6



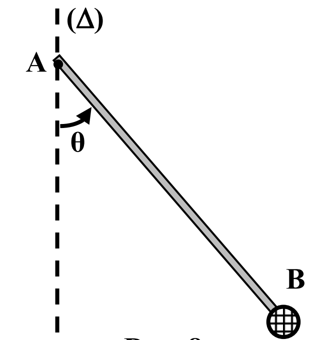
Doc. 7

Prendre :
- le plan horizontal contenant G_2 comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 10$ m/s^2.

1) Durant la collision entre (A) et (B), la quantité du mouvement du système [(A), (B)] est conservée. Pourquoi ?
2) Déduire que la valeur de $\vec{V}_1$ est $V_1 = 5$ m/s.
3) Montrer que la collision entre (A) et (B) est une collision non élastique (choc mou).
4) G quitte la table en G_1 à un instant $t_0 = 0$ pris comme origine de temps.
  4. 1) Durant le mouvement de G entre G_1 et G_2, l'énergie mécanique du système [(A), (B), Terre] est conservée. Pourquoi ?
  4. 2) Déduire la valeur de la vitesse V_2 avec laquelle G atteint le sol en G_2.
  4. 3) Appliquer la deuxième loi de Newton pour montrer que l'expression de la quantité du mouvement du système [(A), (B)], à une date t, est : $\vec{P} = 1{,}25\,\vec{i} + 2{,}5t\,\vec{j}$ (en S.I.).
  4. 4) Déduire les équations paramétriques x(t) et y(t) de G dans le repère G_1xy.
  4. 5) Sachant les coordonnées de G_2 ($x_{G2} = d$, $y_{G2} = 80$ m), déduire :
    4.5.1) le temps pris par G pour passer de G_1 à G_2 ;
    4.5.2) la valeur de la distance $d = x_{G2}$.

Exercice 4 (5 pts)

Pendule pesant



Doc. 8

On dispose d'une tige rigide AB, uniforme, de section négligeable, de masse M = 0,5 kg et de longueur L = AB = 2 m. Cette tige peut tourner autour d'un axe horizontal (Δ) passant par son extrémité supérieure A (Doc. 8).

Le but de cet exercice est de déterminer le moment d'inertie I_1 de la tige par rapport à (Δ).

Dans ce but on fixe sur l'extrémité inférieure B de la tige, une particule de masse m = 0,1 Kg.

Le système (S), formé de la tige et de la particule, constitue un pendule pesant de centre de masse G.

(S) est écarté, à partir de sa position d'équilibre ($\theta_0 = 0$), d'un petit angle puis il est lâché sans vitesse initiale à $t_0 = 0$.

(S) oscille alors sans frottement autour de (Δ).

À un instant t, l'élongation angulaire du pendule est θ et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$.

Prendre :

- le plan horizontal contenant A comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $\sin\theta \approx \theta$ et $\cos\theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$ pour $\theta \leq 10^o$ (θ en rd) ;
- $g = 10\ m/s^2$; $\pi^2 = 10$.

1) Écrire l'expression du moment d'inertie I de (S) par rapport à (Δ) en fonction de I_1, m et L.

2) Montrer que la position de G par rapport à A est : $AG = a = \frac{L(M+2m)}{2(M+m)}$.

3) (S) effectue des oscillations libres non-amorties. Pourquoi ?

4) Écrire l'expression de l'énergie mécanique du système [(S), Terre] en fonction de m, M, g, θ, θ′ et I.

5) Établir l'équation différentielle en θ qui régit le mouvement de (S).

6) Déduire que l'expression de la période propre du pendule est $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{2I}{(M+2m)gL}}$.

7) Le pendule effectue 20 oscillations pendant 49 secondes.

7.1) Déterminer la valeur de I.

7.2) Déduire la valeur de I_1.

وزارة التربية والتعليم العالي
المديريّة العامّة للتربية
دائرة الامتحانات الرسميّة

امتحانات الشهادة الثانوية العامة
فرع العلوم العامّة

دورة العام ٢٠٢١ الإستثنائية

مسابقة في مادة الفيزياء
أسس التصحيح - فرنسي

Exercice 1 (5 pts) Charge d'un condensateur

Partie		Réponse	Note
1		Charge d'un condensateur	0,25
2		$u_{AD} = u_{AB} + u_{BD}$ $E = Ri + u_C$ $\quad i = \frac{dq}{dt}$ et $q = C\,u_C$ donc $i = C\frac{du_C}{dt}$ $E = R\,C\frac{du_C}{dt} + u_C$	1
3		$u_C = A + Be^{-t/\tau}$, donc $\frac{du_C}{dt} = -\frac{B}{\tau}e^{-t/\tau}$ On remplace u_C et $\frac{du_C}{dt}$ dans l'équation différentielle $E = -RC\frac{B}{\tau}e^{-t/\tau} + A + Be^{-t/\tau}$ $E = Be^{-t/\tau}(-RC\frac{1}{\tau} + 1) + A$ Cette égalité est vérifié à tout instant t, donc : $E = A$ et $Be^{-t/\tau}(-RC\frac{1}{\tau} + 1) = 0$ $Be^{-t/\tau} = 0$ inacceptable, donc $(-RC\frac{1}{\tau} + 1) = 0$; par sutie $\tau = RC$	1
4	4.1	$E = 12$ V	0,25
	4.2	À $t = \tau$: $u_C = 0,63\,E = 0,63 \times 12 = 7,56$ V Graphiquement, pour $u_C = 7,56$ V , $t = \tau = 1$ ms	1
	4.3	$\tau = RC$, donc $1 \times 10^{-3} = 1000 \times C$, alors $C = 1 \times 10^{-6}$ F	0,5
	4.4	Graphiquement, à $t = 1,4$ ms on a $u_c = 9$V $W_C = \frac{1}{2}C\,u_C^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 10^{-6} \times 9^2$, donc $W_C = 4,05 \times 10^{-5}$ J	0,5
	4.5	$P_{moyenne} = \frac{W_C}{\Delta t} = \frac{4\ 05 \times 10^{-5}}{1\ 4 \times 10^{-3}} = 0,029$ W	0,5

Exercice 2 (5 pts) **Auto-induction**

Partie		Réponses	Note
1		A l'instant de fermeture de l'interrupteur, l'intensité du courant augmente, ce qui donne naissance au phénomène d'auto-induction dans la bobine qui va retarder l'établissement du courant ce qui explique le retard d'éclairage de la lampe X_1 branchée en série avec la bobine.	0,75
2	2.1	Sur la voie Y_A on mesure u_{CA} Sur la voie Y_B on mesure u_{DA}.	0,25 0,25
	2.2	$u_{DA} = u_{DC} + u_{CA}$ $E = L\frac{di}{dt} + u_R$; $i = \frac{u_R}{R}$, donc $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R}\frac{du_R}{dt}$ On remplace $\frac{di}{dt}$: $E = \frac{L}{R}(\frac{du_R}{dt}) + u_R$	1
	2.3	$u_R = A\,(1 - e^{-t/\tau}) = A - A\,e^{-t/\tau}$, donc $\frac{du_R}{dt} = \frac{A}{\tau}\,e^{-t/\tau}$ On remplace u_R et $\frac{du_R}{dt}$ dans l'équation différentielle : $E = \frac{L\,A}{R\,\tau}e^{-t/\tau} + A - A\,e^{-t/\tau}$ Cette équation est vérifiée à tout instant, donc $E = A$ $Ae^{-t/\tau}\,(\frac{L}{R\,\tau} - 1) = 0$, mais $A\,e^{-t/\tau} = 0$ est inacceptable Donc, $(\frac{L}{R\,\tau} - 1) = 0$, par suite $\tau = \frac{L}{R}$	1
	2.4	En régime permanent $t = 5\,\tau$ alors $u_R = E(1 - e^{-5}) \cong E$	0,25
	2.5.1	$E = 10V$	0,25
	2.5.2	C'est la durée nécessaire pour que l'intensité du courant atteigne 63% de sa valeur maximale.	0,5
	2.5.3	At $t = \tau$: $u_R = 0,63E = 0,63\times 10 = 6,3$ V Graphiquement : pour $u_R = 6,3$ V , $t = \tau = 1$ ms	0,25
	2.5.4	$\tau = \frac{L}{R}$,donc $1\times10^{-3} = \frac{L}{100}$, alros $L = 0,1$ H	0,5

Exercice 3 (5 pts) **Mouvement d'un bloc dans un plan vertical**

Partie			Réponse	Note
1			Durant la collision, les forces extérieures appliquées au système sont négligeables par rapport aux forces intérieures. Le système étudié est isolé pendant la collision $\sum \vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{0}$ donc $\vec{P}$ est constante.	0,25
2			$\vec{P}_{avant} = \vec{P}_{après}$ $m\ \vec{V}_0 = (m_1 + m_2)\ \vec{V}_1$ Donc, $0{,}01 \times 125\ \vec{i} = (0{,}01 + 0{,}24)\ \vec{V}_1$,alors $V_1 = 5$ m/s	0,75
3			$Ec_{avant} = \frac{1}{2} m V_0^2 = \frac{1}{2} \times 0{,}01 \times 125^2 = 78{,}125$ J $Ec_{après} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) V_1^2 = \frac{1}{2}(0{,}01 + 0{,}24) \times 5^2 = 3{,}125$ J $Ec_{avant} > Ec_{après}$, donc c'est un choc inélastique	0,5
4	4.1		Car on néglige les frottements avec l'air.	0,25
	4.2		$Em_{G1} = Em_{G2}$ $Ec_{G1} + Epp_{G1} = Ec_{G2} + Epp_{G2}$ $Ec_{G1} + (m_1 + m_2)gh = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) V_2^2 + 0$ $3{,}125 + (0{,}25 \times 10 \times 80) = \frac{1}{2} \times 0{,}25 \times V_2^2$; Donc, $V_2 = 40{,}3$ m/s	0,75
	4.3		$\frac{d\vec{P}}{dt} = \sum \vec{F}_{ext} = (m_1 + m_2)\ \vec{g} = (m_1 + m_2)g\ \vec{j}$ Par projection sur G_1x : $\frac{dP_x}{dt} = 0$; $P_x = cte = P_{0x} = (m_1 + m_2)v_1 = 0{,}25 \times 5 = 1{,}25$ kg.m/s Par projection sur G_1y : $\frac{dP_y}{dt} = (m_1 + m_2)g$; $P_y = (m_1 + m_2)gt + P_{0y}$ or v_1 est horizontale donc $P_{0y} = 0$ on aura $P_y = (m_1 + m_2)gt = 0{,}25 \times 10 \times t = 2{,}5\ t$ (S.I.) Donc $\vec{P} = 1{,}25\ \vec{i} + 2{,}5t\ \vec{j}$ **<u>Ou bien</u>** $\sum \vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{P}}{dt}$,donc $(m_1 + m_2)\ \vec{g} = (m_1 + m_2)\ g\ \vec{j} = \frac{d\vec{P}}{dt}$, alors $d\vec{p} = (m_1 + m_2)\ g\ \vec{j}\ dt$ $\vec{p} = (m_1 + m_2)\ g\ t\ \vec{j} + \vec{P}_i$, mais $\vec{P}_i = (m_1 + m_2)\ \vec{V}_i = 0{,}25 \times 5\ \vec{i}$ Donc $\vec{P}_i = 1{,}25\ \vec{i}$ (kg.m/s) $\vec{p} = (0{,}25 \times 10)\ t\ \vec{j} + 1{,}25\ \vec{i}$; donc, $\vec{P} = 1{,}25\ \vec{i} + 2{,}5t\ \vec{j}$	0,75
	4.4		$v_x = \frac{P_x}{(M+m)} = v_1 = 5$ m/s donc $x(t) = 5t + x_0 = 5t$ $v_y = \frac{P_y}{(M+m)} = 10\ t$ donc $y(t) = 5t^2 + y_0 = 5t^2$ **Ou bien** : $\vec{V} = \frac{\vec{P}}{M} = \frac{1\ 25\ \vec{i} + 2\ 5t\ \vec{j}}{0\ 25} = 5\ \vec{i} + 10\ t\ \vec{j}$ (SI) $\vec{r} = \int \vec{V}\ dt = 5t\ \vec{i} + 5\ t^2\ \vec{j} + \vec{r}_i$,mais $\vec{r}_i = \vec{0}$, donc $\vec{r} = 5t\ \vec{i} + 5\ t^2\ \vec{j}$ $x = 5\ t$ (SI) et $y = 5\ t^2$ (SI)	0,5 0,5
	4-5	1	Lorsque G arrive en G_2, on a y = 80 m alors $80 = 5t^2$ donc t = 4 s	0,5
		2	En remplaçant t = 4 dans l'équation horaire x(t) on calcul $x_{G2} = d = 20$ m	0,25

Exercice 4 (5 pts) **Pendule pesant**

Partie	Réponses	Note
1	$I = I_{tige/(\Delta)} + I_{particule/(\Delta)} = I_1 + m L^2$	**0,5**
2	$\overrightarrow{AG} = \frac{M\,\overrightarrow{AO} + m\,\overrightarrow{AB}}{M+m}$; $a = \frac{M\frac{L}{2} + m\,L}{M+m} = \frac{L(M+2m)}{2(M+m)}$	**0,75**
3	(S) oscille alors sans frottement autour de (Δ)	**0,25**
4	$Em = Ec + Epp = \frac{1}{2} I(\theta')^2 - (M+m)gh$; $h = a\cos\theta$ $Em = \frac{1}{2}.I(\theta')^2 - (m+M)g\,a\cos\theta$ $Em = \frac{1}{2}.I(\theta')^2 - (m+M)g(\frac{L\,(M+2m)}{2\,(M+m)})\cos\theta$ $Em = \frac{1}{2}.I(\theta')^2 - \frac{g\,L\,(M+2m)}{2}\cos\theta$	**1**
5	Pas de frottement, Em = constante , donc $\frac{dEm}{dt} = 0$ $I\theta'\,\theta'' + \frac{g\,L\,(M+2m)}{2}\theta'\sin\theta = 0$, donc $\theta'(I\theta'' + \frac{g\,L\,(M+2m)}{2}\sin\theta) = 0$ $\theta' = 0$ inacceptable , donc $I\theta'' + \frac{g\,L\,(M+2m)}{2}\sin\theta = 0$ θ faible, donc $\sin\theta \approx \theta$, alors $\theta'' + \frac{(M+2\,m)\,g\,L}{2I}\theta = 0$	**0,5**
6	L'équation différentielle est de la forme : $\theta'' + \omega_0^2\,\theta = 0$ Donc $\omega_o = \sqrt{\frac{(M+2m)\,g\,L}{2I}}$; mais $\omega_o = \frac{2\pi}{T_0}$ Donc $T_o = 2\pi\sqrt{\frac{2I}{(M+2m)gL}}$	**1**
7 — **7.1**	$T_0 = \frac{49}{20} = 2{,}45$ s $T_0^2 = \frac{8\,\pi^2\,I}{(M+2m)gL}$; $2{,}45^2 = \frac{8\,(10)\,I}{(0{,}5+0{,}2)\times 10\times 2}$ donc $I = 1{,}05$ kg.m^2	**0,5**
7 — **7.2**	$I = I_1 + m\,L^2$ $I_1 = 1{,}05 - (0{,}1 \times 2^2)$, donc $I_1 = 0{,}65$ kg.m^2	**0,5**

دورة العام 2022 العاديّة | امتحانات الشهادة الثانوية العامة | وزارة التربية والتعليم العالي
الخميس 30 حزيران 2022 | فرع العلوم العامّة | المديرية العامّة للتربية
دائرة الامتحانات الرسميّة

الاسم:	مسابقة في مادة الفيزياء	
الرقم:	المدة: ساعتان ونصف	

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

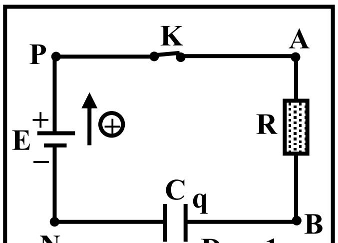
Exercice 1 (4,5pts)

Charge d'un condensateur

Le but de cet exercice est de déterminer la durée minimale dont a besoin un condensateur, pour emmagasiner l'énergie électrique nécessaire afin de pouvoir alimenter ensuite un flash électronique.

Dans ce but, on réalise le circuit du document 1.

Ce circuit comprend, en série : un conducteur ohmique de résistance R = 100 Ω,
un condensateur, initialement neutre, de capacité C = 10 mF, un interrupteur K et un générateur idéal de force électromotrice (f.é.m.) $E = u_{PN} = 12$ V.



Doc. 1

A l'instant $t_o = 0$, on ferme K, un courant électrique d'intensité i traverse le circuit.

1) Reproduire le circuit du document 1 en y indiquant le sens de i.

2) Établir l'équation différentielle qui décrit la variation de la tension $u_C = u_{BN}$ aux bornes du condensateur.

3) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $u_C = E\left(1 - e^{\frac{-t}{\tau}}\right)$, où τ est une constante.

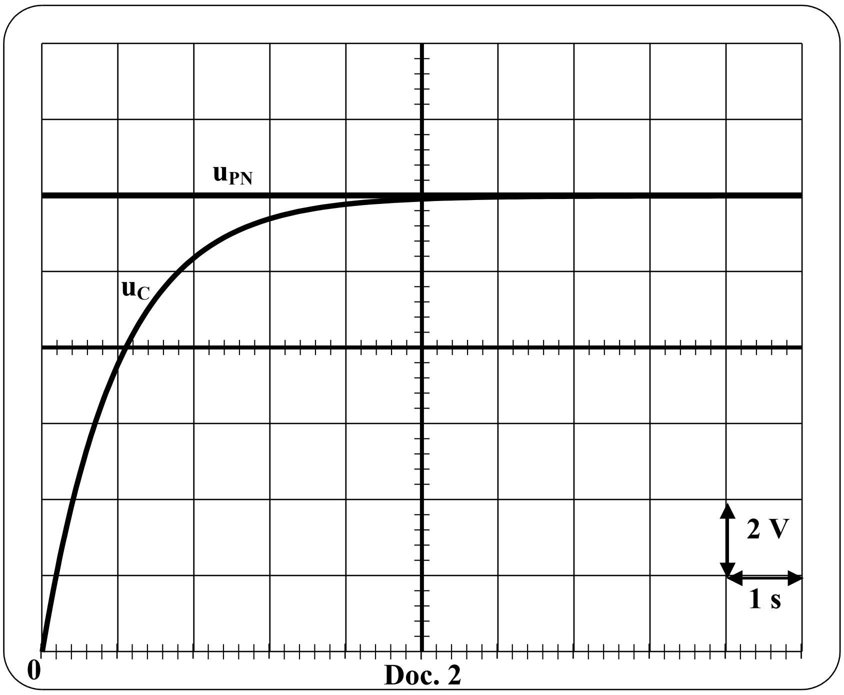
3.1) Déterminer l'expression de τ en fonction de R et C.

3.2) Calculer la valeur de τ.

4) Un oscilloscope est utilisé pour visualiser, sur la voie (Y_1), la tension $u_C = u_{BN}$ aux bornes du condensateur et sur la voie (Y_2), la tension u_{PN} aux bornes du générateur. On visualise les oscillogrammes représentés dans le document 2.

4.1) Indiquer, sur le circuit du document 1, déjà reproduit, les branchements de l'oscilloscope.

4.2) En se référant au document 2, déterminer de nouveau la valeur de τ.



Doc. 2

5) Durant la phase de charge, l'énergie électrique minimale qui doit être emmagasinée dans le condensateur pour pouvoir alimenter ensuite le flash est W = 0,18 J.

5.1) Calculer la valeur de la tension U_1 de u_C lorsque l'énergie emmagasinée dans le condensateur devient 0,18 J.

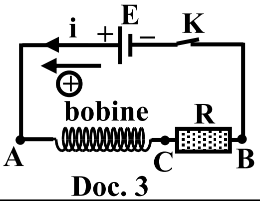
5.2) Déduire, graphiquement, la durée minimale dont a besoin le condensateur pour emmagasiner l'énergie électrique nécessaire pour pouvoir alimenter le flash.

Exercice 2 (5pts)

Étincelles à l'ouverture d'un circuit à forte inductance

On considère un circuit comportant en série une bobine, d'inductance L et de résistance r, un conducteur ohmique de résistance $R = 10^4\ \Omega$, un interrupteur K et un générateur idéal G de tension constante $u_{AB} = E = 20$ V.

On ferme l'interrupteur à l'instant $t_0 = 0$, le circuit est alors parcouru par un courant électrique d'intensité i (Doc. 3).



Doc. 3

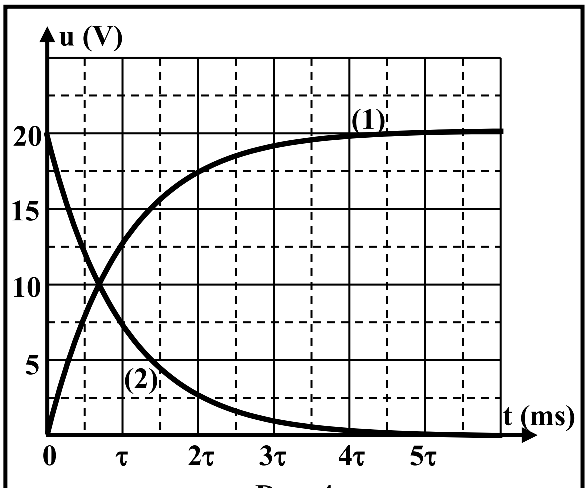
1) Étude théorique

1.1) Établir l'équation différentielle qui décrit la variation de i.

1.2) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $i = I_m\left(1 - e^{\frac{-t}{\tau}}\right)$, où I_m et τ sont des constantes. Déterminer les expressions de I_m et τ en fonction de E, R , r et L.

2) Étude expérimentale

Les courbes (1) et (2) du document 4 montrent les tensions u_{AC} aux bornes de la bobine et u_{CB} aux bornes du conducteur ohmique en fonction du temps t.



Doc. 4

2.1) La courbe (1) représente $u_{CB} = u_R$. Pourquoi ?

2.2) En utilisant la courbe (2), montrer que la résistance r de la bobine peut être supposée négligeable.

2.3) Le régime permanent est pratiquement atteint à t = 0,25 ms. Calculer la valeur de la constante τ du circuit.

2.4) Déduire que L = 0,5 H.

2.5) Déterminer l'énergie magnétique maximale emmagasinée dans la bobine en régime permanent.

3) Ouverture du circuit

On ouvre l'interrupteur K brusquement, l'intensité du courant électrique est supposée décroitre linéairement avec le temps suivant la relation $i = -2000\,t + 0{,}002$ (SI).

3.1) Calculer la valeur de la f.é.m. d'auto induction dans la bobine durant la décroissance de i.

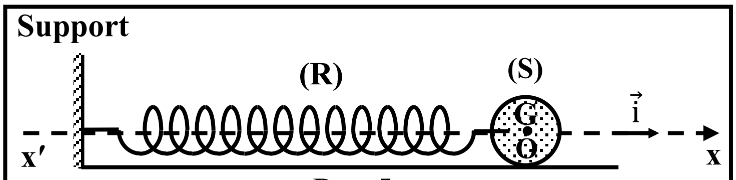
3.2) Déduire que durant la décroissance de l'intensité du courant électrique, des étincelles apparaissent au niveau des contacts de l'interrupteur.

3.3) Proposer une méthode pour protéger l'interrupteur des étincelles.

Exercice 3 (5pts)

Détermination d'une force exercée par un mur sur une balle

Le but de cet exercice est de déterminer l'intensité de la force exercée par un mur sur une balle, durant une collision entre eux. Dans ce but, on utilise un ressort (R) de masse négligeable, à spires non jointives, de constante de raideur k = 51 N/m. Le ressort, placé horizontalement, est relié par l'une de ses deux extrémités à un support fixe. Une balle (S), de masse m = 1 kg, est attachée à l'autre extrémité du ressort. (S) peut se déplacer, sans frottement, sur une surface horizontale et son centre de masse G peut se déplacer le long d'un axe horizontal x'x, de vecteur unitaire $\vec{i}$.



Doc. 5

À l'équilibre G coïncide avec l'origine O de l'axe x'x (Doc. 5).

1) Mouvement oscillatoire de (S)

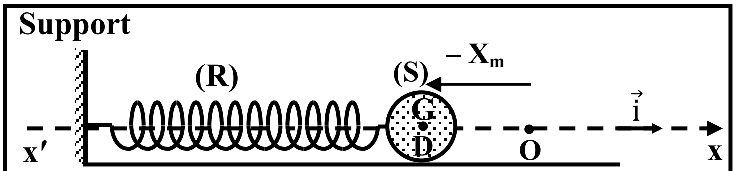
On écarte (S) de sa position d'équilibre vers la gauche, dans le sens négatif, d'un déplacement $\overline{OD} = -X_m$ et on la lâche, à l'instant $t_0 = 0$, sans vitesse initiale comme le montre le document 6.

Le pendule élastique, formé de (S) et du ressort, oscille alors sans frottement avec une période propre T_0.

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

G atteint le point O, pour la première fois, à un instant t_1 avec une vitesse $\overrightarrow{V_1} = 1\,\vec{i}$ (m/s).

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



Doc. 6

1-1) En appliquant le principe de conservation de l'énergie mécanique du système [(S), Ressort, Terre], déterminer la valeur de X_m.

1-2) Écrire, à l'instant t, l'expression de l'énergie mécanique E_m du système, en fonction de x, m, k et v.

1-3) Établir l'équation différentielle, du second ordre en x, qui régit le mouvement de G.

1-4) Déduire la valeur de T_0.

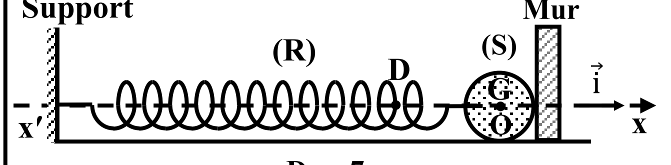
1-5) Choisir du tableau ci-dessous, la relation correcte entre t_1 et T_0.

Relation 1	Relation 2	Relation 3	Relation 4
$t_1 = \frac{T_0}{4}$	$t_1 = \frac{T_0}{2}$	$t_1 = \frac{3T_0}{4}$	$t_1 = T_0$

2) Collision de (S) avec un mur

Lorsque G atteint O à l'instant t_1, (S) entre en collision frontale et parfaitement élastique avec un mur (Doc. 7).

À un instant t_2, juste après la collision, (S) rebondit avec une vitesse $\overrightarrow{V_2} = -1\vec{i}$ (m/s).



Doc. 7

La durée de cette collision est Δt. G continue son mouvement en oscillant avec la même période propre T_0 et atteint de nouveau le point D à un instant t_3.

2.1) Montrer que $t_3 = \frac{T_0}{2} + \Delta t$.

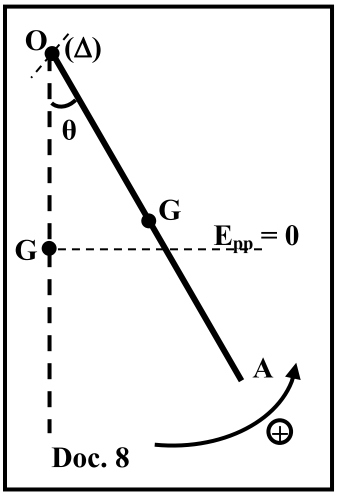
2.2) Calculer Δt sachant que $t_3 = 0,5$ s.

2.3) Déterminer la variation de la quantité de mouvement $\Delta\vec{P}$ de (S), durant sa collision avec le mur, entre t_1 et t_2.

2.4) En appliquant sur (S), la deuxième loi de Newton $\Sigma \vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{P}}{dt} \cong \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$, déterminer la valeur de la force $\vec{F}_{mur/(S)}$ (supposée constante) exercée par le mur sur (S) durant la collision. Négliger la valeur de la force de tension exercée par le ressort sur (S) durant la collision.

Exercice 4 (5,5 pts)

Oscillations d'une tige rigide



Un pendule pesant est formé d'une tige métallique rigide, mince et homogène de longueur ℓ = OA et de masse m = 0,5 kg. La tige, de centre de masse G, peut tourner, sans frottement dans un plan vertical autour d'un axe horizontal (Δ) passant par son extrémité supérieure O. Le moment d'inertie de la tige par rapport à (Δ) est $I = \frac{m\ell^2}{3}$.

Le pendule est écarté, dans un plan vertical, d'un petit angle θ_m à partir de sa position d'équilibre stable, puis on le lâche sans vitesse initiale.

À l'instant $t_0 = 0$, le pendule passe par sa position d'équilibre ($\theta_0 = 0$) dans le sens positif (contre les aiguilles d'une montre).

À un instant t, l'abscisse angulaire du pendule est θ et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$ (Doc. 8).

Prendre :

- le plan horizontal passant par la position la plus basse de G comme niveau de référence pour l'énergie potentielle de pesanteur.
- $\sin\theta \cong \theta$ et $\cos\theta \cong 1 - \frac{\theta^2}{2}$ pour les petits angles mesurés en radians (rad).
- $g = 10\ m/s^2$ et $\pi^2 = 10$.

1) Équation horaire du mouvement du pendule

1.1) Déterminer, à l'instant t, l'expression de l'énergie mécanique du système (Pendule, Terre) en fonction de m, g , I, θ , θ′, et a = OG.

1.2) Montrer que l'équation différentielle en θ, qui régit le mouvement du pendule est :

$$\theta'' + \frac{3\,g}{2\,\ell}\,\theta = 0.$$

1.3) La solution de l'équation différentielle obtenue est $\theta = \theta_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$, où ω_0 et φ sont des constantes. Déterminer :

1.3.1) l'expression de la pulsation propre ω_0 en fonction de g et ℓ ;

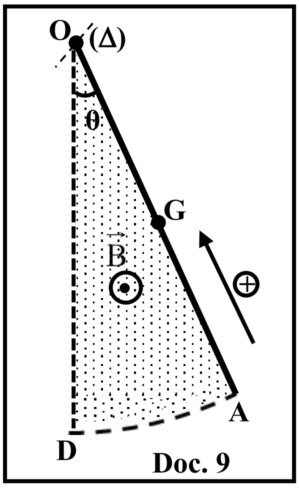
1.3.2) la valeur de φ.

1.4) La tige effectue 10 oscillations pendant 16 s.

1.4.1) Déduire la valeur de ω_0.

1.4.2) Calculer la valeur de ℓ.

2) Induction électromagnétique



L'expérience ci-dessus est répétée dans un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme, horizontal et d'intensité B = 0,19 T. $\vec{B}$ est parallèle à (Δ) comme l'indique le document 9.

Une force électromotrice f.é.m. « e » est induite dans la tige mais pas de courant induit car le circuit est ouvert.

À un instant t, durant le mouvement de la tige depuis sa position d'équilibre ($\theta_0 = 0$), jusqu'à sa position d'élongation maximale ($\theta = \theta_m$), le flux magnétique à travers la surface hachurée ODA est donné par :

$\phi = \frac{B\ell^2}{2}\,\theta$, où $\theta = \theta_m \sin(\omega_0 t)$ et $t \in \left[0\ ;\ \frac{T_0}{4}\right]$. T_0 est la période propre du pendule.

Durant l'intervalle de temps $\left[0\ ;\ \frac{T_0}{4}\right]$:

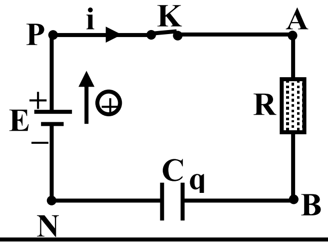
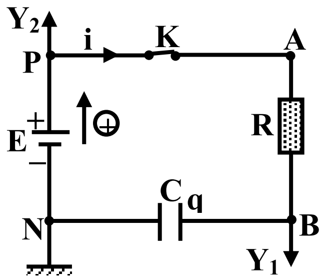
2.1) Déterminer l'expression de « e » dans la tige en fonction de B, θ_m ,ℓ, ω_0 et t .

2.2) La tension aux bornes de la tige est $u_{AO} = ri - e$. Montrer que $u_{AO} = \frac{B\ell^2\omega_0\theta_m}{2}\cos(\omega_0 t)$.

2.3) Sachant que $u_{AO} = 0{,}06\cos(\omega_0 t)$ dans le SI. Déduire la valeur de θ_m.

مسابقة في مادة الفيزياء	الاسم:
المدة: ساعتان ونصف	الرقم:

Exercice 1 (4,5pts) **Charge d'un condensateur**

Partie		Réponse	Note
1		 	0,25
2		$u_{PN} = u_{PA} + u_{AB} + u_{BN}$; $E = R\,i + u_C$ mais $i = \frac{dq}{dt}$ et $q = C\,u_C$, donc $i = C\frac{du_C}{dt}$, alors $E = R\,C\frac{du_C}{dt} + u_C$	1
3	3.1	$u_C = E\,(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$, donc $\frac{du_C}{dt} = \frac{E}{\tau}e^{\frac{-t}{\tau}}$ On remplace u_C et $\frac{du_C}{dt}$ dans l'équation différentielle On obtient: $E = R\,C\,\frac{E}{\tau}e^{\frac{-t}{\tau}} + E - E\,e^{\frac{-t}{\tau}}$ donc $E\,e^{\frac{-t}{\tau}}[\frac{RC}{\tau} - 1] = 0$ Cette équation est vérifiée à tout instant t, or $E\,e^{\frac{-t}{\tau}} = 0$ est inacceptable alors $\frac{RC}{\tau} - 1 = 0$ ce qui donne $\tau = RC$	1
	3.2	$\tau = RC = 100\times10^{-2} = 1$ s	0,25
4	4.1	 	0,25
	4.2	A $t = \tau$, $u_C = 0,63\times12 = 7,56$ V, d'après le graphe: $u_C = 7,56$ s à t = 1 s donc $\tau = 1$ s	0,75
5	5.1	$W = \frac{1}{2}C\,u_C^2$; $0,18 = \frac{1}{2}10^{-2}\,U_1^2$ donc $U_1 = 6$ V	0,75
	5.2	D'après le graphe $U_1 = 6$ V à t = 0,7 s	0,25

Exercice 2 (5pts)

Étincelles à l'ouverture d'un circuit à forte inductance

Partie		Réponse	Note
1	1.1	$u_{AB} = u_{AC} + u_{CB}$; $E = r\,i + L\frac{di}{dt} + R\,i$; $E = (R+r)\,i + L\frac{di}{dt}$	0,75
	1.2	$i = I_m\left(1 - e^{\frac{-t}{\tau}}\right)$; $\frac{di}{dt} = \frac{I_m}{\tau} e^{\frac{-t}{\tau}}$ on remplace i et $\frac{di}{dt}$ dans l'équation différentielle, on obtient : $E = (R+r)\ I_m\left(1 - e^{\frac{-t}{\tau}}\right) + L\frac{I_m}{\tau} e^{\frac{-t}{\tau}}$ $I_m e^{\frac{-t}{\tau}}\ [\frac{L}{\tau} - (R+r)] + (R+r) I_m = E$ cette équation est vraie à tout instant, par comparaison : $\frac{L}{\tau} - (R+r) = 0$ donc $\tau = \frac{L}{R+r}$ et $(R+r) I_m = E$ alors $I_m = \frac{E}{R+r}$	1
2	2.1	$u_{CB} = u_R = R\,i$. Le courant augmente durant l'établissement du courant et R est une constante positive, donc u_R augmente avec le temps.	0,25
	2.2	En régime permanent : $i = I_m$ = constant donc $\frac{di}{dt} = 0$ et graphiquement $u_{AC} = 0$ Mais $u_{AC} = r\,i + L\frac{di}{dt}$; $0 = r\ I_m + 0$ et $I_m \neq 0$ donc $r = 0$	0,5
	2.3	Le régime permanent est atteint à t = 0,25 ms = 5 τ donc τ = 0,05 ms	0,25
	2.4	$\tau = \frac{L}{R+r}$; $L = \tau(R + r) = 0{,}05\times10^{-3}\ (10^4 + 0)$ donc L = 0,5 H	0,5
	2.5	$W_{magnétique} = \frac{1}{2} L\ I_m^2$, mais $I_m = \frac{E}{R+r}$; $I_m = \frac{20}{10^4} = 2 \times 10^{-3}$ A Alors $W_{magnétique} = \frac{1}{2} \times 0{,}5 \times (2\times10^{-3})^2 = 1\times10^{-6}$ J	0,75
3	3.1	$e = -L\frac{di}{dt}$ alors : $e = -0{,}5\times(-2000) = 1000$ V	0,5
	3.2	Car e = 1000 V est une tension très élevée. Donc la tension aux bornes de l'interrupteur est très grande ce qui causera l'apparition des étincelles entre ces bornes	0,25
	3.3	En plaçant un condensateur en dérivation avec l'interrupteur Ou bien : On branche une diode et un conducteur ohmique en dérivation avec la bobine	0,25

Exercice 3 (5pts)

Détermination d'une force exercée par un mur sur une balle

Partie		Réponse	Note
1	1.1	$Em_D = Em_O$; Donc $Epp_D + E_{CD} + Epe_D = Epp_O + E_{CO} + Epe_O$ $Epp_D = Epp_O = 0$ car G est sur le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur. $E_{CD} = 0$ car $V_D = 0$ et $Epe_O = 0$ car $x_0 = 0$. $\frac{1}{2}k\,X_m^2 = \frac{1}{2}m\,V_1^2$; $\frac{1}{2}\times 51\times X_m^2 = \frac{1}{2}\times 1\times 1$ donc $X_m = 0{,}14$ m	0,5
	1.2	$Em = Ec + E_{pe} + E_{PP}$; $Em = \frac{1}{2}k\,x^2 + \frac{1}{2}m\,v^2$	0,5
	1.3	Pas de frottement donc Em = constante, donc $\frac{dEm}{dt} = 0$; (La somme des travaux effectués par les forces non-conservatives est nulle) $k\,x\,x' + m\,v\,v' = 0$, mais $x' = v$ et $v' = x''$, donc $v\,(k\,x + m\,x'') = 0$ $v = 0$ inacceptable , alors $k\,x + m\,x'' = 0$ par suite $x'' + \frac{k}{m}x = 0$	0,75
	1.4	L'équation différentielle est de la forme : $x'' + \omega_0^2 x = 0$ donc $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$, mais $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$ donc $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$; $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{1}{51}}$; $T_0 = 0{,}88$ s	0,75
	1.5	$t_1 = \frac{T_0}{4}$	0,25
2	2.1	G se déplace de D vers O pendant $\frac{T_0}{4}$. La durée de la collision est Δt G retourne de O à D pendant $\frac{T_0}{4}$ ce qui donne : $t_3 = \frac{T_0}{4} + \Delta t + \frac{T_0}{4}$ on aura : $t_3 = \frac{T_0}{2} + \Delta t$	0,5
	2.2	$t_3 = \frac{T_0}{2} + \Delta t$; $0.5 = \frac{0{,}88}{2} + \Delta t$; $\Delta t = 0{,}06$ s	0,25
	2.3	$\Delta\vec{P} = \vec{P}_{t_2} - \vec{P}_{t_1} = m\vec{V}_2 - m\vec{V}_1$, alors $\Delta\vec{P} = -1\,\vec{i} - 1\,\vec{i} = -2\,\vec{i}$ (kg.m/s)	0,5
	2.4	On applique la deuxième loi de Newton sur (S): $\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$ donc $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{mur/(S)} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$ mais $m\vec{g} + \vec{N} = \vec{0}$ $\vec{F}_{mur/S} = \frac{2\,\vec{i}}{0{,}66} = -\,33{,}3\,\vec{i}$ (N)	1

Exercise 4 (5,5pts) **Oscillations d'une tige rigide**

Part			Réponse	Note
1	1.1		$Em = EC + E_{PP}$; $Em = \frac{1}{2}\ I\ \theta'^2 + mgh$; avec $h = a(1 - \cos\theta)$ donc $Em = \frac{1}{2}\ I\ \theta'^2 + mga(1 - \cos\theta)$	0,75
	1.2		Pas de frottement donc Em = constante, donc $\frac{dEm}{dt} = 0$ (La somme des travaux effectués par les forces non-conservatives est nulle) $I\ \theta'\theta'' + mg\ a\ \theta' \sin\theta = 0$, don $\theta'(I\ \theta'' + mg\ a \sin\theta) = 0$; $\sin\theta \cong \theta$ $\theta'(I\ \theta'' + mg\ a\ \theta) = 0$; $\theta' = 0$ inacceptable , donc $I\ \theta'' + mg\ a\ \theta = 0$ $\frac{m\ell^2}{3}\ \theta'' + mg\frac{\ell}{2}\theta = 0$, donc $\theta'' + \frac{3g}{2\ell}\ \theta = 0.$	0,75
	1.3	1.3.1	$\theta = \theta_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$, $\theta' = \omega_0\theta_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$, $\theta'' = -\omega_0^2\theta_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$, On remplace dans l'équation différentielle, on obtient : $-\omega_0^2\theta_m \sin(\omega_0 t + \varphi) + \frac{3g}{2\ell}\ \theta_m \sin(\omega_0 t + \varphi) = 0$ $\theta_m \sin(\omega_0 t + \varphi)\ [-\omega_0^2 + \frac{3g}{2\ell}] = 0$, donc $-\omega_0^2 + \frac{3g}{2\ell} = 0$; $\omega_0 = \sqrt{\frac{3g}{2\ell}}$	1
		1.3.2	$\theta = \theta_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$: A $t_o = 0$: $\theta_o = 0 = \theta_m \sin\varphi$ $\theta_m \neq 0$, donc $\sin\varphi = 0$, alors $\varphi = 0$ ou $\varphi = \pi$ rad $\theta' = \omega_0\theta_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$: A $t_o = 0$: $\theta'_0 = \omega_0\theta_m \cos(\varphi)$ $\theta'_0 > 0$, donc $\cos(\varphi) > 0$; alors $\varphi = 0$	0,5
	1.4	1.4.1	$10T_0 = 16$ s alors $T_0 = 1{,}6$ s ; $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = 1{,}25\ \pi$ rad/s $= 3{,}9$ rad/s	0,5
		1.4.2	$\omega_0 = \sqrt{\frac{3g}{2\ell}}$ C ; $\ell = \frac{3\ g}{2\ \omega_0^2} = \frac{3\ (10)}{2\times1.25^2 \times 10}$; $\ell = 0{,}96$ m	0,5
2	2.1		$e = -\frac{d\phi}{dt} - = (\frac{B\ell^2}{2}\theta')$; $e = -\frac{B\ell^2}{2}\theta_m\ \omega_0 \cos(\omega_0 t)$	0,5
	2.2		$u_{AO} = ir - e$. le circuit est ouvert $i = 0$ donc: $u_{AO} = -e$ par suite : $u_{AO} = \frac{B\ell^2\omega_0\theta_m}{2} \cos(\omega_0 t).$	0,5
	2.3		$u_{AO} = 0{,}06 \cos(\omega_0 t) = \frac{B\ell^2\omega_0\theta_m}{2} \cos(\omega_0 t)$; $0{,}06 = \frac{B\ell^2\omega_0\theta_m}{2}$ $0{,}06 = \frac{0{,}19\times(0{,}96)^2\times1{,}25\pi\theta_m}{2}$; $\theta_m = 0{,}17$ rad	0,5

مسابقة في مادة الفيزياء	الاسم:
المدة: ساعتان ونصف	الرقم:

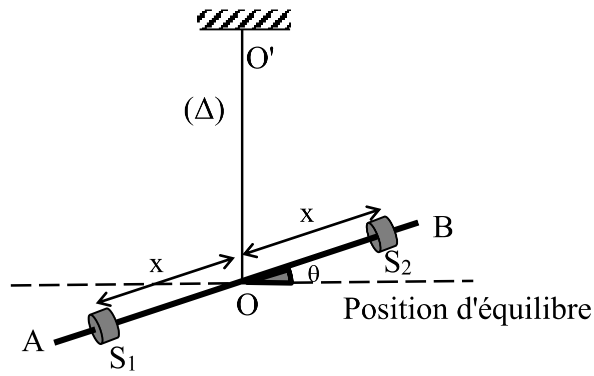
Cette épreuve est formée de quatre exercices obligatoires répartis sur quatre pages.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

Exercice 1 (5 pts)

Pendule de torsion

On dispose d'un pendule de torsion (P) formé de :

- une tige homogène et uniforme AB suspendue en son centre de masse O à un fil de torsion vertical, dont l'extrémité supérieure est fixée en un point O' ;
- deux objets identiques (S_1) et (S_2), assimilés à des particules, de même masse m = 200 g. Ces deux particules sont fixés sur la tige à la même distance réglable « x » de part et d'autre de O. (Doc. 1)



Doc. 1

Le fil de torsion OO', de masse négligeable, a une constante de torsion C et la tige AB possède un moment d'inertie I_0 par rapport à un axe (Δ) confondu avec (OO').
On écarte la tige de sa position d'équilibre d'un angle θ_m dans le plan horizontal puis on la lâche sans vitesse initiale.
La tige se met à osciller, sans frottement, dans un plan horizontal autour de (Δ). À la date t, l'abscisse angulaire de la tige est θ et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$.
Le plan horizontal contenant la tige est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.
Prendre $\pi^2 = 10$

1) Écrire, en fonction de I_0, m et x, l'expression du moment d'inertie I de (P) par rapport à (Δ).

2) Écrire l'expression de l'énergie mécanique E_m du système [(P), Terre] en fonction de I, θ, C et θ'.

3) Établir l'équation différentielle en θ qui régit le mouvement de (P).

4) Déduire l'expression de la période propre T_0 de (P) en fonction de I et C.

5) Montrer que : $T_0^2 = \frac{4\pi^2 I_0}{C} + \frac{8\pi^2 m\, x^2}{C}$

6) On fait varier la distance x et on mesure pour chaque cas la durée de 10 oscillations complètes de (P). On inscrit les valeurs mesurées dans le tableau du document 2.

x (cm)	10	15	20	25
Durée de 10 oscillations (s)	5,83	6,24	6,78	7,41
T_0 (s)				
T_0^2 (s^2)				
x^2 (m^2)				

Doc. 2

6.1) Recopier puis compléter le tableau du document 2.

6.2) Tracer, sur la feuille de papier millimétré, la courbe donnant T_0^2 en fonction de x^2.
Prendre comme échelle : sur l'axe des abscisses : 1 cm ↔ 0,01 m^2
sur l'axe des ordonnées : 1 cm ↔ 0,1 s^2

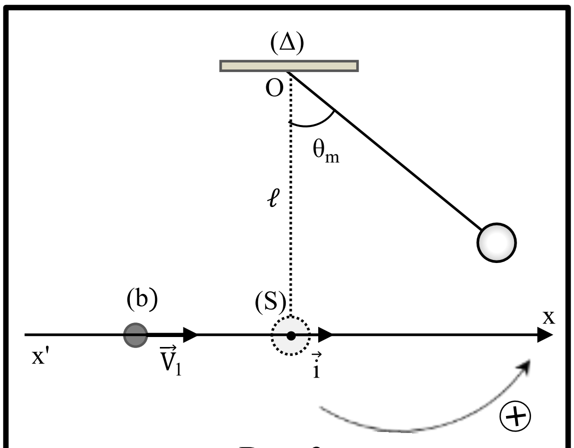
6.3) L'allure de cette courbe peut être considérée conforme à l'expression de T_0^2 de la partie (5). Justifier.

7) Déduire les valeurs de I_0 et C.

Exercice 2 (5 pts)

Période d'un pendule simple

Un pendule simple est formé d'une sphère (S), assimilée à une particule, de masse m_s= 2 kg et suspendue à un fil inextensible, de masse négligeable et de longueur ℓ = 1 m.
Une bille (b) de masse m_b= 50 g est lancée suivant un axe horizontal x'x de vecteur unitaire $\vec{i}$, avec une vitesse $\vec{V}_1 = 11\ \vec{i}$ (m/s) et entre en collision frontale avec (S) initialement au repos.
Juste après la collision, la bille (b) rebrousse chemin horizontalement avec une vitesse $\vec{V}'_1 = -\ 10{,}46\ \vec{i}$ (m/s) et (S) se met en mouvement avec une vitesse horizontale de valeur V_0.
Le pendule [fil, (S)] oscille, sans frottement, dans un plan vertical, autour d'un axe horizontal (Δ) passant par l'extrémité supérieure O du fil (Doc. 3).



Doc. 3

Le but de cet exercice est de déterminer la période des oscillations du pendule pour différentes valeurs de la vitesse de lancement de la bille.
Prendre :

- le plan horizontal passant par la position la plus basse de (S) comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $\sin\theta \cong \theta$ (θ en rd) pour $\theta \leq 0{,}175$ rd ;
- $g = 10\ m/s^2$.

1) Collision entre (S) et (b)

1.1) En appliquant la loi de conservation de la quantité de mouvement au système [(S), (b)], montrer que $V_0 = 0{,}537$ m/s .

1.2) Montrer que la collision est élastique.

2) Déviation maximale du pendule

Après la collision, le pendule atteint un écart angulaire maximal θ_m. Montrer que θ_m= 0,17 rd.

3) Oscillation du pendule

Après la collision, le pendule [fil, (S)] oscille, dans un plan vertical autour de (Δ). À un instant t, l'abscisse angulaire du pendule est θ et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$.

L'équation différentielle en θ qui régit les oscillations du pendule est : $\theta'' + \frac{g}{\ell}\sin\theta = 0$.

3.1) Déduire que le mouvement du pendule est harmonique simple.

3.2) Déduire l'expression de la période propre T_0 des oscillations en fonction de ℓ et g.

3.3) Calculer la valeur de T_0.

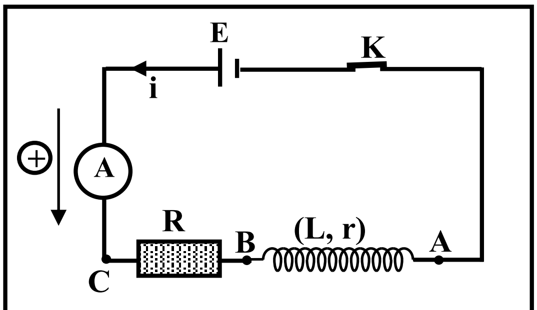
4) La même expérience est répétée en lançant la bille horizontalement vers (S) avec une vitesse $\vec{V}_1 = V_1\ \vec{i}$ avec $V_1 < 11$ m/s. Préciser si la période des oscillations du pendule augmente, diminue ou reste la même.

Exercice 3 (5 pts)

Caractéristiques d'une bobine

On réalise le circuit du document 4 comprenant :

- un générateur idéal de f.é.m. E = 12 V ;
- un conducteur ohmique de résistance R = 15 Ω ;
- une bobine d'inductance L et de résistance r ;
- un ampèremètre (A) de résistance négligeable ;
- un interrupteur K.



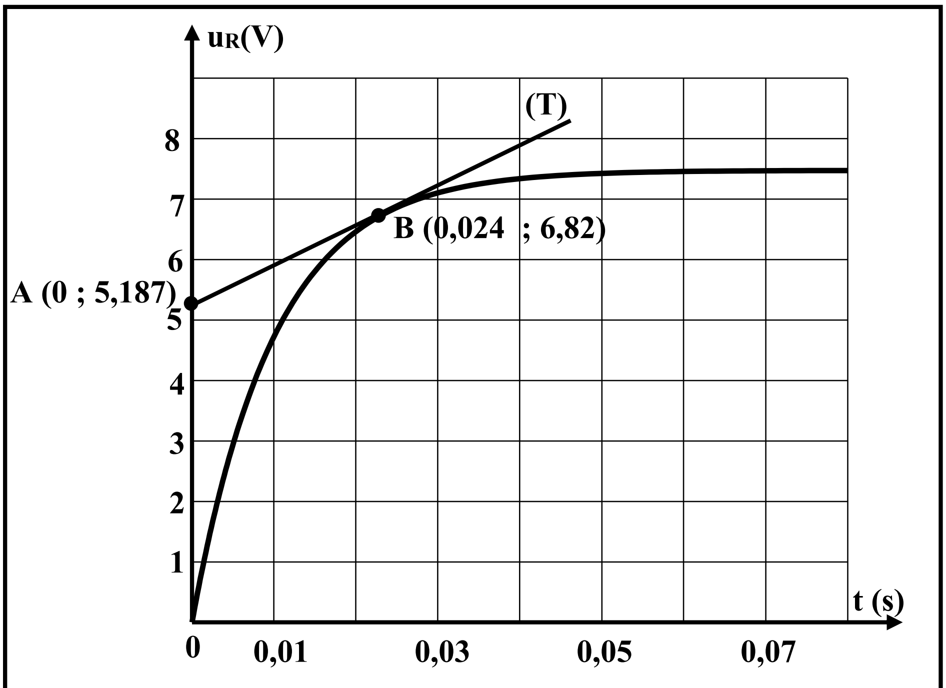
Doc. 4

Le but de cet exercice est de déterminer les valeurs de L et r.
À l'instant $t_0 = 0$, on ferme l'interrupteur K, l'intensité du courant électrique i parcourant le circuit, commence à croitre progressivement.
À l'instant t_1, le régime permanent est établi dans le circuit et l'ampèremètre (A) affiche une intensité $I_1 = 0,5$ A.

1) Un phénomène d'auto-induction a lieu dans la bobine entre t_0 et t_1. Expliquer ce phénomène.
2) En régime permanent, la bobine se comporte comme un conducteur ohmique de résistance r. Justifier.
3) Montrer que la valeur de la résistance de la bobine est r = 9 Ω.
4) Montrer que l'équation différentielle qui décrit l'évolution de $u_{CB} = u_R$ est :

$$\frac{RE}{L} = \left(\frac{r+R}{L}\right)u_R + \frac{du_R}{dt}$$

5) Vérifier que $u_R = \frac{RE}{r+R}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ est une solution de cette équation différentielle où $\tau = \frac{L}{r+R}$.
6) Déduire l'expression de l'instant t_1 en fonction de L, r et R.
7) La courbe du document 5 montre l'évolution de u_R au cours du temps.
(T) est la tangente à la courbe u_R au point B (0,024 s ; 6,82 V).
7.1) Calculer la pente de la tangente (T).
7.2) En utilisant le document 5 et l'équation différentielle, déduire la valeur de l'inductance L.



Doc. 5

Exercice 4 (5 pts)

Induction électromagnétique

Deux rails conducteurs, CD et EF parallèles, de résistance négligeable et distants de ℓ = 15 cm, sont placés dans un plan horizontal.

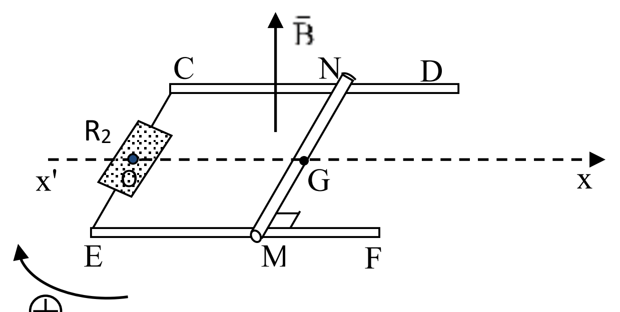
Une tige conductrice rigide MN, de longueur ℓ, perpendiculaire aux rails et peut glisser, sans frottement, dans une direction parallèle aux rails le long d'un axe horizontal x'x. La résistance de cette tige vaut $R_1 = 0{,}5\ \Omega$.

Les extrémités C et E des rails sont reliées à un conducteur ohmique de résistance $R_2 = 0{,}5\ \Omega$.

Le circuit ainsi formé par les deux rails et la tige, est placé dans un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme, vertical, perpendiculaire au plan des rails et d'intensité B = 0,5 T (Doc. 6).

À l'instant $t_0 = 0$, le centre de masse G de la tige coïncide avec l'origine O de l'axe x'x, on déplace la tige à vitesse constante $\vec{V}$ de gauche à droite (dans le sens positif de l'axe x'x).

À un instant t, le centre de masse G de la tige est repéré par son abscisse $x = \overline{OG} = 2\,t$ (x en m et t en s).



Doc. 6

1) Le flux traversant le circuit fermé CNME varie.

1.1) Indiquer la cause de la variation du flux magnétique traversant ce circuit.

1.2) Expliquer cette affirmation « Le courant électrique induit existe dans le circuit CNME tant que la tige MN se déplace ».

2) Montrer que l'expression du flux magnétique à travers la surface CNME est $\phi = -\,0{,}15\,t$ (S.I.).

3) Déterminer la valeur de la force électromotrice induite « e » dans la tige.

4) Sachant que $u_{NM} = R_1\,i - e$, montrer que l'expression de l'intensité du courant électrique induit dans le circuit CNME est : $i = \dfrac{e}{R_1 + R_2}$

5) Déduire la valeur et le sens de i.

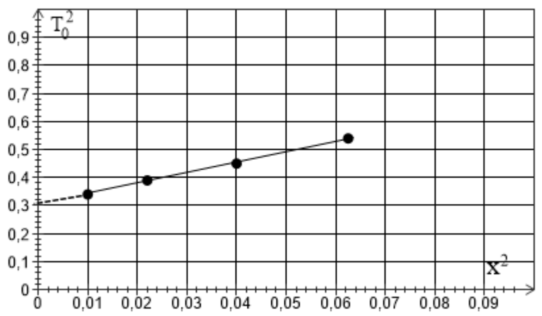
6) Une force électromagnétique (force de Laplace) $\vec{F}$ agit sur la tige mobile MN.

6.1) Indiquer le sens de cette force.

6.2) Calculer la valeur F de $\vec{F}$.

7) On déplace la tige avec une vitesse constante de même valeur que celle de $\vec{V}$ mais en inversant le sens du déplacement de droite à gauche. Indiquer, dans ce cas, le sens et la valeur de la force électromagnétique.

مسابقة في مادة الفيزياء
المدة: ساعتان ونصف

<table>
<tr><th colspan="3">Exercice 1 (5 pts) Pendule de torsion</th></tr>
<tr><th>Partie</th><th>Réponse</th><th>Note</th></tr>
<tr><td>1</td><td>$I_{[P]/\Delta} = I_{tige/\Delta} + I_{S1/\Delta} + I_{S2/\Delta} = I_0 + mx^2 + mx^2 = I_0 + 2mx^2$</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>2</td><td>$E_m = \frac{1}{2} I\theta'^2 + \frac{1}{2} C\theta^2$</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>3</td><td>E_m= Cte donc $\frac{dE_m}{dt} = 0$; $I\theta'\theta'' + C\theta\theta' = 0$ donc $\theta'' + \frac{C}{I}\theta = 0$</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>4</td><td>L'équation différentielle est de la forme : $\theta'' + \omega_0^2\theta = 0$ avec $\omega_0 = \sqrt{\frac{C}{I}}$
Par suite $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{C}}$</td><td>0,25
0,25</td></tr>
<tr><td>5</td><td>$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{I}{C}} = 2\pi\sqrt{\frac{I_0 + 2mx^2}{C}}$ on élève au carré pour avoir
$T_0^2 = \frac{4\pi^2 I_0}{C} + \frac{8\pi^2 m\, x^2}{C}$</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>6 — 6.1</td><td>
<table>
<tr><td>x (cm)</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td></tr>
<tr><td>Durée de 10 oscillations</td><td>5,83</td><td>6,24</td><td>6,78</td><td>7,41</td></tr>
<tr><td>T_0 (s)</td><td>0,583</td><td>0,624</td><td>0,678</td><td>0,741</td></tr>
<tr><td>T_0^2 (s^2)</td><td>0,34</td><td>0,39</td><td>0,46</td><td>0,55</td></tr>
<tr><td>x^2 (m^2)</td><td>0,01</td><td>0,022</td><td>0,04</td><td>0,06</td></tr>
</table>
</td><td>0,75</td></tr>
<tr><td>6 — 6.2</td><td>
</td><td>0,75</td></tr>
<tr><td>6 — 6.3</td><td>L'allure de la courbe est une ligne droite dont le prolongement ne passe pas par l'origine, donc son équation est de la forme : $T_0^2 = A\, x^2 + B$ (A et B deux constantes positives)
Ce qui est conforme avec la relation $T_0^2 = \frac{4\pi^2 I_0}{C} + \frac{8\pi^2 m\, x^2}{C}$</td><td>0,5</td></tr>
<tr><td>7</td><td>Pente de la courbe = $\frac{8\pi^2 m}{C} = \frac{80 \times 0,02}{C} = \frac{0,55 - 0,34}{0,06 - 0,01} = 4.2$; C ≅ 4 N.m/rd
Choix d'un point particulier de la courbe : $I_0 \cong 0,03$ kg .m²</td><td>0,5
0,5</td></tr>
</table>

Exercice 2 (5 pts)	Période d'un pendule simple	
Partie	**Réponse**	**Note**
1.1	$\vec{P}_{avant} = \vec{P}_{après}$; $m_b\vec{v}_1 = m_b\vec{v'}_1 + m_s\vec{v}_0$ $m_b\vec{v}_1 - m_b\vec{v'}_1 = m_s\vec{v}_0$; $m_b(\vec{v}_1 - \vec{v'}_1) = m_s\vec{v}_0$ $0{,}05\,(11\,\vec{i} + 10{,}46\,\vec{i}) = 2\,\vec{v}_0$; $\vec{v}_0 = 0{,}537\,\vec{i}$ (m/s)	**1**
1.2	$Ec_{avant} = \frac{1}{2}m_b v_1^2 = \frac{1}{2}\times 0{,}05\times 11^2 = 3{,}02$ J $Ec_{apres} = \frac{1}{2}m_b v_1'^2 + \frac{1}{2}m_S v_0^2 = \frac{1}{2}\times 0{,}05\times 10{,}46^2 + \frac{1}{2}\times 2\times 0{,}537^2 = 3{,}02$ J $Ec_{avant} = Ec_{apres}$ donc collision élastique	**1**
2	Em est constante, donc : $\frac{1}{2}m_s v_0^2 = m_s g\,\ell\,(1 - \cos\theta_m)$ $\frac{1}{2}(0{,}537^2) = 10\times 1\times(1 - \cos\theta_m)$, donc $\cos\theta_m = 0{,}986$, so $\theta_m = 0{,}17$ rd	**1**
3.1	$\theta m \leq 0{,}175$ rd donc $\sin\theta \approx \theta$ donc $\theta'' + \frac{g}{\ell}\sin\theta = 0$. L'équation différentielle sera de le forme : $\theta'' + \omega_0^2\theta = 0$ avec $\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$. Donc le mouvement du pendule est harmonique simple.	**0,5**
3.2	$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$	**0,5**
3.3	$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{1}{10}} = 1{,}99 \cong 2$ s	**0,5**
4	$V_1 < 11$ m/s, donc $\theta m \leq 0{,}175$ rd, par suite le mouvement est toujours harmonique simple, donc $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ qui est indépendante de V_1. Donc la période des oscillations reste la même.	**0,5**

Exercice 3 (5 pts)	Caractéristiques d'une bobine	
Partie	**Réponse**	**Note**
1	Entre t_0 et t_1, le courant augmente, donc le la valeur du champ magnétique produite dans la bobine augmente, donc la bobine est parcourue par un flux magnétique variable. Par suite la bobine est le siège d'une f.é.m. induite.	**0,5**
2	$u_{BA} = ri + L\frac{di}{dt}$ En régime permanent, i = I_1 = constante , donc $\frac{di}{dt} = 0$ Par suite, u_{BA} = ri ; alors la bobine se comporte comme un conducteur ohmique.	**0,5**
3	$u_{CA} = u_{CB} + u_{BA}$, donc E = Ri + ri +L$\frac{di}{dt}$ En régime permanent : E = $RI_1 + rI_1$ $I_1 = \frac{E}{R+r} = \frac{12}{15+r} = 0{,}5$, donc $15+r = \frac{12}{0{,}5} = 24$, alors r=9Ω	**0,5**
4	$E = Ri + +ri + L\frac{di}{dt}$, donc $E = L\frac{di}{dt} + (R+r)i$ $u_R = Ri$; alors $i = \frac{u_R}{R}$ et $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R}\frac{du_R}{dt}$ donc : $E = \frac{L}{R}\frac{du_R}{dt} + (R+r)\frac{u_R}{R}$ Par suite : $\frac{RE}{L} = \left(\frac{r+R}{L}\right)u_R + \frac{du_R}{dt}$	**1**
5	$u_R = \frac{RE}{r+R}(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$; $\frac{du_R}{dt} = \frac{RE}{r+R} \times \frac{1}{\tau} \times e^{\frac{-t}{\tau}} = \frac{RE}{r+R} \times \frac{r+R}{L} \times e^{\frac{-t}{\tau}} = \frac{RE}{L}e^{\frac{-t}{\tau}}$ On remplace dans l'équation différentielle : $\frac{RE}{L} = \left(\frac{r+R}{L}\right)\left(\frac{RE}{r+R} - \frac{RE}{r+R}e^{\frac{-t}{\tau}}\right) + \frac{RE}{L}e^{\frac{-t}{\tau}}$ Donc $\frac{RE}{L} = \frac{RE}{L} - \frac{RE}{L}e^{\frac{-t}{\tau}} + \frac{RE}{L}e^{\frac{-t}{\tau}}$; Alors, 0 = 0 Donc c'est une solution de l'équation différentielle	**0,75**
6	$t_1 = 5\,\tau = \frac{5L}{r+R}$	**0,25**
7.1	Pente=$\frac{\Delta u_R}{\Delta t} = \frac{6{,}82 - 5{,}187}{0{,}024 - 0} = 68$ V/s	**0,5**
7.2	$\frac{RE}{L} = \left(\frac{r+R}{L}\right)u_R + \frac{du_R}{dt}$ Pour t = 0,024 s on a u_R=6,82V et $\frac{du_R}{dt}$=pente=68V/s On remplace dans l'équation différentielle : $\frac{15\times12}{L} = \left(\frac{24}{L}\right)6{,}82 + 68$, *then* L = 0,24H = 240mH	**1**

Exercice 4 (5 pts)		Induction électromagnétique	
Partie		**Réponses**	**Note**
1	**1.1**	L'augmentation (ou la variation) de la surface CNME parcourue par le flux magnétique	**0,5**
	1.2	Tant que la tige se déplace, il y a variation du flux magnétique à travers la surface CNME par suite courant induit. Si la tige s'arrête de se déplacer le flux magnétique à travers la surface CNME sera constant et il n'y aura plus un courant induit dans le circuit	**0,5**
2		$\phi = B.S.\cos(\vec{B}, \vec{n}) = B.(\ell x).\cos(\pi) = 0,5\times0,15\times 2\,t = -0,15\,t.$	**0,5**
3		$e = -\frac{d\phi}{dt} = 0,15\ V$	**0,75**
4		$u_{NM} = R_1 i - e = u_{CE} = -R_2\, i$ donc $e = (R_1 + R_2)\, i$ on aura : $i = \frac{e}{R_1 + R_2}$ **<u>Ou bien</u>** : $u_{NM} + u_{CB} + u_{EC} + u_{CN} = 0$ $R_1\, i - e + 0 + R_2\, i + 0 = 0$ alors $i = \frac{e}{R_1 + R_2}$	**0,5**
5		$i = \frac{e}{R_1 + R_2} = \frac{0,15}{1} = 0,15A$ $i > 0$ donc le courant circule comme l'orientation positive choisie	**0,5** **0,5**
6	**6.1**	Sens : vers la gauche	**0,25**
	6.2	$F = i\,B\,\ell\,\sin(\pi/2) = 0,15 \times 0,5 \times 0,15 \times 1 = 0,011\ N$	**0,5**
7		Sens : vers la droite Valeur : F = 0,011 N	**0,25** **0,25**

وزارة التّربية والتّعليم العالي
المديريّة العامّة للتّربية
دائرة الامتحانات الرسميّة

امتحانات الشهادة الثانويّة العامّة
فرع العلوم العامّة

دورة العام 2023 العاديّة
الثلاثاء 11 تموز 2023

مسابقة في مادّة الفيزياء — الاسم:
المدّة: ساعتان ونصف — الرّقم:

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

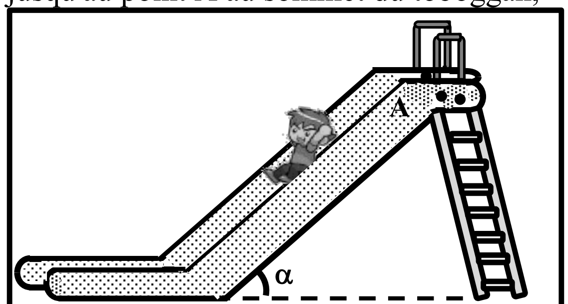
Exercice 1 (5 pts)

Mouvement sur un toboggan

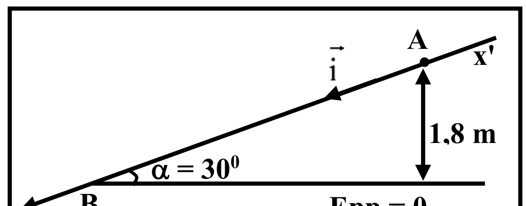
Dans un parc de jeu, un enfant joue sur un toboggan.

L'enfant, assimilé à une particule, a une masse M = 20 kg. Il grimpe jusqu'au point A au sommet du toboggan, puis il glisse sans vitesse initiale jusqu'au point B situé en bas du toboggan au niveau du sol (Doc. 1).

La partie AB du toboggan est rectiligne et inclinée d'un angle $\alpha = 30^o$ sur l'horizontale. Le sommet A du toboggan se trouve à une altitude h_A = 1,8 m du sol. Le point A est pris comme origine d'un axe x'x, passant par A et B, et de vecteur unitaire $\vec{i}$ (Doc. 2).



Doc. 1



Doc. 2

Le but de cet exercice est de déterminer la durée du mouvement de l'enfant de A vers B dans deux cas : sans frottement et avec frottement. Prendre :

- le plan horizontal passant par B comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 10\ m/s^2$.

1) L'enfant grimpe du sol au sommet A.

1.1) Calculer la variation de l'énergie potentielle de pesanteur ΔEpp du système (Enfant, Terre) entre le sol et A.

1.2) Calculer le travail W effectué par le poids de l'enfant, lorsqu'il grimpe du sol au sommet A, sachant que $W = M\, g\, (h_i - h_f)$ avec h_i et h_f les altitudes initiales et finales par rapport au sol.

1.3) Comparer W et ΔEpp.

2) On suppose que l'enfant glisse sans frottement de A vers B.

2.1) Déterminer la valeur V_B de la vitesse de l'enfant lorsqu'il atteint le sol en B.

2.2) Montrer que la variation de la quantité de mouvement de l'enfant entre A et B est $\Delta\vec{P} = 120\ \vec{i}$ (kg.m/s).

2.3) Montrer que la somme des forces extérieures qui s'exercent sur l'enfant, durant son mouvement descendant de A vers B est $\Sigma\vec{F}_{ext} = 100\ \vec{i}$ (N).

2.4) Déduire, en appliquant la deuxième loi de Newton, la durée Δt_1 du parcours AB, sachant $\frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t} = \frac{d\vec{P}}{dt}$.

3) En réalité, l'enfant subit l'action d'une force de frottement $\vec{f}$, supposée constante et parallèle au déplacement. Pendant son mouvement descendant de A vers B, le système (Enfant, Toboggan, Terre, Atmosphère) perd 25 % de son énergie mécanique qu'il avait en A.

3.1) Montrer que durant le mouvement descendant de l'enfant de A vers B, la variation de l'énergie interne du système (Enfant, Toboggan, Terre, Atmosphère) est $\Delta U = 90$ J.

3.2) Déduire que la valeur de la force de frottement $\vec{f}$ est f = 25 N.

3.3) La variation de la quantité de mouvement de l'enfant entre A et B est dans ce cas $\Delta\vec{P} = 60\sqrt{3}\,\vec{i}$ (kg.m/s).

Déterminer, en appliquant la deuxième loi de Newton, la durée Δt_2 du parcours AB, sachant $\frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t} = \frac{d\vec{P}}{dt}$

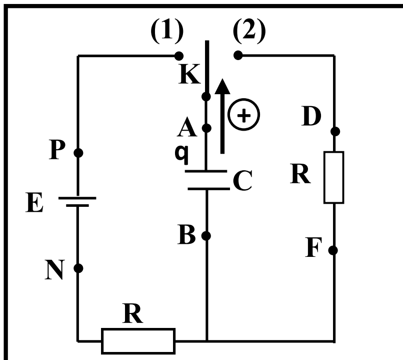
Exercice 2 (5,5 pts)

Effet de la capacité d'un condensateur sur la durée de sa décharge

Le but de cet exercice est d'étudier l'effet de la capacité d'un condensateur sur la durée de sa décharge.

Dans ce but, on réalise le circuit du document 3 qui comprend :

- un condensateur initialement non chargé de capacité C réglable ;
- deux conducteurs ohmiques identiques de résistance R = 100 Ω ;
- un générateur idéal de tension continue $u_{PN} = E$;
- un commutateur K.



Doc. 3

1) Charge du condensateur

À l'instant $t_0 = 0$, on place K à la position (1) et la phase de charge du condensateur commence. À t_1, le condensateur est complètement chargé.

1.1) Indiquer la valeur de l'intensité i du courant dans le circuit à l'instant t_1.

1.2) Écrire, à l'instant t_1, l'expression de la charge Q du condensateur en fonction de E et C.

2) Décharge du condensateur

Le condensateur est complètement chargé.

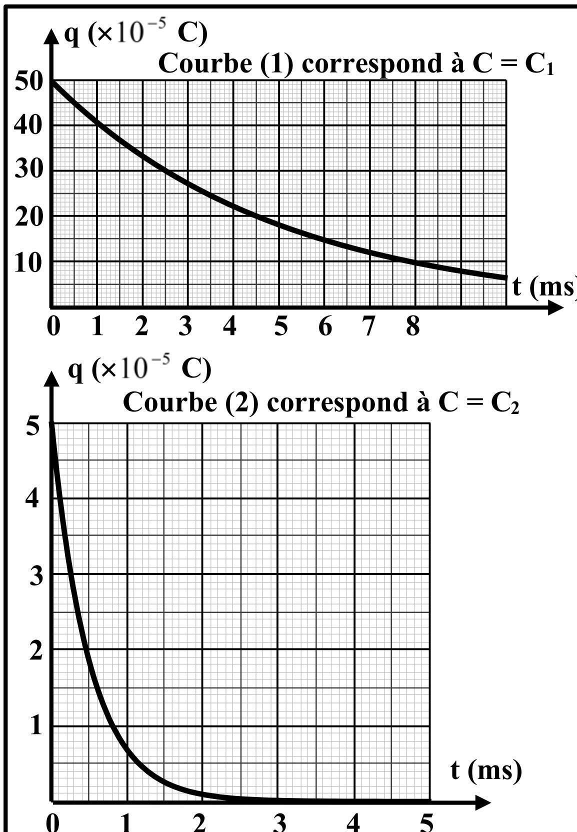
À un instant $t_0 = 0$, pris comme nouvelle origine de temps, K est placé à la position (2) ; le phénomène de décharge du condensateur commence.

2.1) Montrer que l'équation différentielle qui décrit la variation de la charge q de l'armature A du condensateur est : $R\,\dfrac{dq}{dt} + \dfrac{q}{C} = 0$.

2.2) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $q = Q\,e^{-\frac{t}{\tau}}$ où τ est une constante.
Déterminer l'expression de τ en fonction de R et C.

2.3) Calculer le rapport $\dfrac{q}{Q}$ à $t = \tau$.

2.4) Vérifier que le condensateur sera pratiquement déchargé complètement à $t_2 = 5\,\tau$.



Doc. 4

3) Durée de décharge du condensateur

On répète la charge et la décharge du condensateur mais en donnant à C deux valeurs différentes C_1 et C_2 ; les courbes du document 4, montrent l'évolution de la charge q, au cours du temps, durant la décharge du condensateur pour chaque valeur de C.

3.1) En utilisant le document 4, recopier puis compléter le tableau suivant :

	La charge Q (en C) à $t_0 = 0$	La constante de temps τ (en ms)
Courbe (1) correspond à $C = C_1$	$Q_1 =$	$\tau_1 =$
Courbe (2) correspond à $C = C_2$	$Q_2 =$	$\tau_2 =$

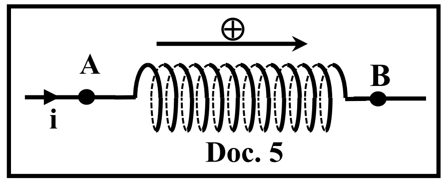
3.2) Calculer les valeurs de C_1 et C_2.

3.3) Déduire l'effet de la capacité du condensateur sur la durée de sa décharge.

Exercice 3 (5,5 pts)

Inductance et résistance d'une bobine

On dispose d'une bobine d'inductance L et de résistance r. Le but de cet exercice est de déterminer L et r par deux méthodes différentes.



Doc. 5

1) Première méthode

Une portion d'un circuit est formée de la bobine, qui est parcourue par un courant électrique d'intensité « i ». La bobine est orientée positivement de A vers B (Doc. 5).

1.1) Écrire l'expression de la f.é.m d'auto-induction « e » dans la bobine en fonction de L, i et du temps t.

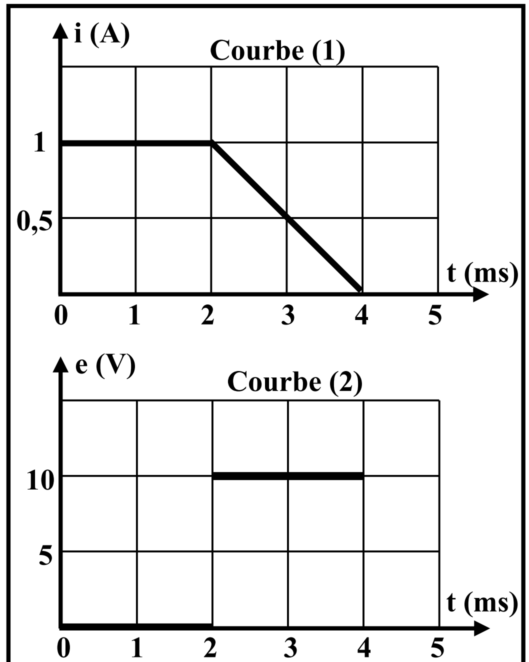
1.2) Les courbes (1) et (2) du document 6 montrent respectivement l'évolution de « i » et de « e » entre 0 et 4 ms.
En utilisant le document 6 :

1.2.1) justifier chacune des affirmations suivantes :

- **Affirmation 1** : entre 0 et 2 ms, la bobine se comporte comme un conducteur ohmique de résistance r.
- **Affirmation 2** : entre 2 ms et 4 ms, un phénomène d'auto-induction a lieu dans la bobine.
- **Affirmation 3** : entre 2 ms et 4 ms, la bobine fournit au circuit l'énergie magnétique emmagasinée.

1.2.2) déterminer la valeur de L ;

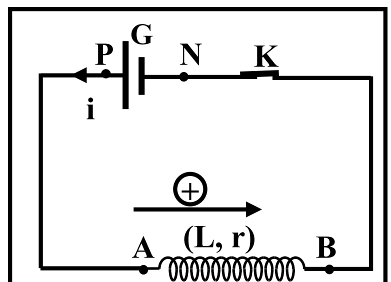
1.2.3) déterminer la valeur de r, sachant qu'à t = 3 ms la tension aux bornes de la bobine est $u_{AB} = -5$ V.



Doc. 6

2) Deuxième méthode

On branche la bobine en série avec un générateur idéal G de force électromotrice (f.é.m) E = 20 V (Doc.7).
À l'instant $t_0 = 0$, on ferme l'interrupteur K. À un instant t, le circuit est parcouru par un courant d'intensité i. Le document 8 montre la courbe de l'évolution de i au cours du temps et la tangente (T) à la courbe i(t) à $t_0 = 0$.



Doc. 7

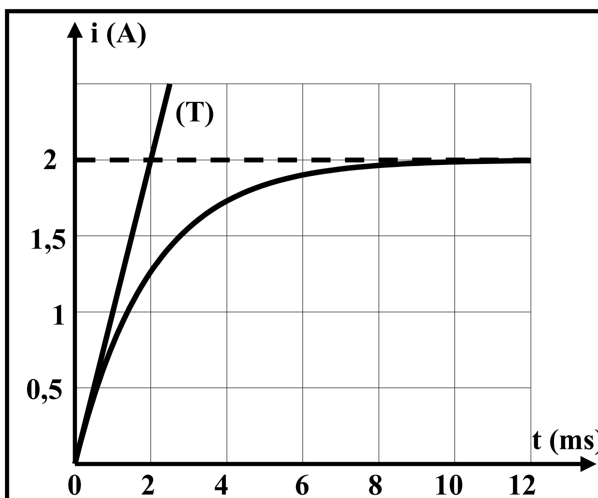
2.1) Établir l'équation différentielle du premier ordre qui décrit l'évolution de i au cours du temps.

2.2) Déterminer l'expression de l'intensité maximale I_m du courant circulant dans le circuit en régime permanent en fonction de E et r.

2.3) Calculer r, en utilisant le document 8.

2.4) Déterminer, en utilisant l'équation différentielle, l'expression de $\frac{di}{dt}$ à $t_0 = 0$ en fonction de E et L.

2.5) Calculer la pente de (T). En déduire L.



Doc. 8

Exercice 4 (4 pts)

Diamètre d'un fil de pêche

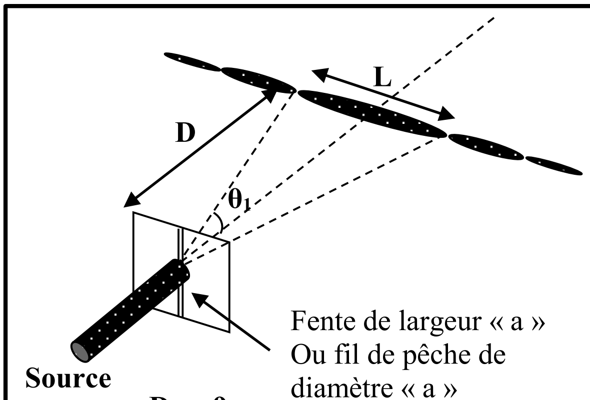
Le but de cet exercice est d'évaluer si le fil de pêche choisi par un pêcheur est adapté à la capture d'un poisson truite d'une taille spécifique en utilisant le phénomène de diffraction.

1) Dispositif de diffraction

Une lumière monochromatique, de longueur d'onde λ, tombe normalement sur une fente fine verticale de largeur « a ». La figure de diffraction est observée sur un écran placé perpendiculairement au faisceau de lumière incidente, et à une distance D de la fente. Soit « L » la largeur de la tache centrale brillante (Doc. 9).

Les angles de diffraction des franges dans cet exercice sont de petites valeurs.

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



Doc. 9

1.1) Décrire la figure de diffraction observée sur l'écran.

1.2) Écrire, en fonction de « a » et λ, l'expression de l'angle de diffraction θ_1 correspondant au centre de la première frange sombre.

1.3) Montrer que $L = \dfrac{2\lambda D}{a}$.

2) Diamètre du fil de pêche

Un pêcheur souhaite pêcher des truites de taille 50 à 55 cm. Il achète un fil de pêche fin et formé à 100% de copolymère, mais la résistance d'un fil de pêche dépend également de son diamètre « a ». Pour savoir si le fil choisi est adapté à un tel type de pêche, il utilise le dispositif de diffraction décrit au document 9, en remplaçant la fente de largeur « a » par le fil de pêche de diamètre « a », il observe alors sur l'écran une figure de diffraction similaire à celle obtenue dans le document 9.

L'écran est placé à une distance D du fil de pêche, la tache centrale obtenue sur l'écran est de largeur $L_1 = 13$ mm.

En éloignant l'écran de 50 cm du fil de pêche, la largeur de la tache centrale devient $L_2 = 19{,}5$ mm.

2.1) Montrer que D = 1m.

2.2) Calculer le diamètre « a » du fil choisi, sachant que la longueur d'onde de la lumière utilisée est $\lambda = 650$ nm.

2.3) En se référant au tableau du document 10, préciser si le fil choisi est adapté à la pêche des truites de taille 50 à 55 cm.

Fil de pêche 100 % copolymère	Diamètre	Utilisation
Fil (1)	0,10 mm	Convient à la pêche d'une truite de taille 35 à 40 cm
Fil (2)	0,18 mm	Convient à la pêche d'une truite de taille 50 à 55 cm
Fil (3)	0,25 mm	Convient à la pêche d'une truite de taille 65 à 70 cm
Doc. 10		https://www.truitesaquaponiques.com/

مسابقة الفيزياء
أسس التصحيح

Exercice 1 (5 pts)	**Mouvement sur un toboggan**	
Partie	**Réponse**	**Note**
1.1	L'énergie potentielle de pesanteur du système en B $Epp_{sol} = 0$ Et en A $Epp_A = M\,g\,h_A = 360$ J $\Delta Epp = Epp_A - Epp_{Sol} = 360 - 0 = 360$ J	**0,75**
1.2	Le travail effectué par le poids de l'enfant, lorsqu'il se déplace du sol au somment A : $W = M\,g\,(h_i - h_f) = 20\times10\times(0-1{,}8) = -360$ J	**0,25**
1.3	$W_{poids} = -\Delta Epp$	**0,25**
2.1	$Em_A = Epp_A + Ec_A = 360$ J ($Ec_A = 0$ car $V_A = 0$) Pas de frottement, l'énergie mécanique du système est conservée, (Ou, les forces non conservatives sont négligeables) Donc $Em_B = Em_A = 360$ J Mais $Em_B = Ec_B + Epp_B$; $Epp_B = 0$ (sur le niveau de référence de l'Epp) Donc $\frac{1}{2} M V_B^2 = 360$ par suite $V_B = 6$ m/s	**0,75**
2.2	$\Delta\vec{P} = \vec{P_B} - \vec{P_A}$; $\Delta\vec{P} = M\vec{V_B} - M\,\vec{V_A}$, donc $\Delta\vec{P} = 20\times 6\,\vec{i} - \vec{0}$, alors $\Delta\vec{P} = 120\,\vec{i}$	**0,5**
2.3	$\Sigma\vec{F}_{Ext} = M\vec{g} + \vec{N}$, suivant $\vec{i}$: $\Sigma\vec{F}_{Ext} = Mg.\sin\alpha\,\vec{i} + \vec{0} = 100\,\vec{i}$	**0,5**
2.4	$\Delta\vec{P} = \Sigma\vec{F}_{Ext}\times\Delta t_1$, donc $120\,\vec{i} = 100\,\vec{i}\times\Delta t_1$, alors $\Delta t_1 = 1{,}2$ s	**0,25**
3.1	Le système (enfant, toboggan, Terre, Atmosphère) est énergétiquement isolé, son énergie totale $E = Em + U =$ constante Donc : $\Delta U = -\Delta(Em)$ Il y a perte 25 % de l'Em, donc : $\Delta(Em) = -0{,}25\times Em_A = -0{,}25(360) = -90$ J Par suite $\Delta U = -\Delta(Em) = 90$ J	**0,75**
3.2	La variation de l'énergie mécanique est due au travail effectué par la force de frottement : $\Delta Em = W_{\vec{f}}$ donc $\Delta(Em) = -90 = -f\times AB = -f\times\frac{h_A}{\sin(\alpha)}$ $-90 = -f\times 3{,}6$, donc $f = 25$ N	**0,5**
3.3	$\Delta\vec{P} = \Sigma\vec{F}_{Ext}\times\Delta t_2$, $\Sigma\vec{F}_{Ext} = (Mg.\sin\alpha - f)\,\vec{i} + \vec{0}$ donc $60\sqrt{3}\,\vec{i} = (100-25)\,\vec{i}\times\Delta t_2$, alors $\Delta t_2 = 1{,}385$ s	**0,5**

Exercice 2 (5,5 pts) Effet de la capacité d'un condensateur sur la durée de sa décharge		
Partie	**Réponse**	**Note**
1.1	À L'instant t_1 : $i = 0$	**0,25**
1.2	$Q = C\,E$	**0,25**
2.1	$u_C = u_{DF} = u_R$; $\frac{q}{C} = R\,i$; mais $i = -\frac{dq}{dt}$ on obtient : $R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$	**0,5**
2.2	$q = Q\,e^{\frac{-t}{\tau}}$; $\frac{dq}{dt} = -\frac{Q}{\tau}\,e^{\frac{-t}{\tau}}$ on remplace q et $\frac{dq}{dt}$ dans l'équation différentielle $-R\,\frac{Q}{\tau}\,e^{\frac{-t}{\tau}} + \frac{Q e^{\frac{-t}{\tau}}}{C} = 0$; $Q e^{\frac{-t}{\tau}}\,[-\frac{R}{\tau} + \frac{1}{C}] = 0$; Mais $Q e^{\frac{-t}{\tau}} \neq 0$; donc $-\frac{R}{\tau} + \frac{1}{C} = 0$; alros $\frac{R}{\tau} = \frac{1}{C}$ Ce qui donne $\tau = RC$	**1**
2.3	Le rapport : $\frac{q}{Q} = \frac{Q e^{\frac{-t}{\tau}}}{Q}$ à $t = \tau$: $\frac{q}{Q} = e^{-1} = 0{,}37$	**0,5**
2.4	$q = Q\,e^{\frac{-t}{\tau}}$; à $t_2 = 5\,RC$: $q = Q\,e^{-5} = 0{,}006\,Q \approx 0$	**0,5**
3.1	Courbe (1): A $t_0 = 0$: $Q_1 = 50 \times 10^{-5}$ C à $t = \tau_1$: $q = 0{,}37\times50\times10^{-5} = 18{,}5\times10^{-5}$ C. D'après la courbe : $q = 18{,}5\times10^{-5}$ C correspond à t = 5 ms ; donc $\tau_1 = 5$ ms Courbe (2): A $t_0 = 0$: $Q_2 = 5 \times 10^{-5}$ C à $t = \tau_2$: $q = 0{,}37\times5\times10^{-5} = 1{,}85\times10^{-5}$ C. D'après la courbe : $q = 1{,}85\times10^{-5}$ C correspond à t = 0,5 ms ; donc $\tau_1 = 0{,}5$ ms (tableau ci-dessous)	**1**
3.2	$\tau_1 = R\,C_1$, donc $C_1 = \frac{\tau_1}{R}$: $C_1 = \frac{5\times10^{-3}}{100}$ alors $C_1 = 5\times10^{-5}$ F = 50 μF $\tau_2 = R\,C_2$, donc $C_2 = \frac{\tau_2}{R}$; $C_2 = \frac{0{,}5\times10^{-3}}{100}$ alors $C_2 = 0{,}5\times10^{-5}$ F = 5 μF	**1**
3.3	Lorsque la capacité augmente la durée de décharge devient plus longue	**0,5**

Tableau de la partie 3.1 :

	Charge Q à $t_0 = 0$	Constante de temps τ
Courbe (1) pour $C = C_1$	$Q_1 = 50\times10^{-5}$ C	$\tau_1 = 5$ ms
Courbe (2) pour $C = C_2$	$Q_2 = 5\times10^{-5}$ C	$\tau_2 = 0{,}5$ ms

Exercice 3 (5,5 pts)	Caractéristiques d'une bobine	
Partie	**Réponse**	**Note**
1.1	$e = -L\frac{di}{dt}$	**0,25**
1.2.1	•Affirmation 1 : Durant cet intervalle i = constante donc $\frac{di}{dt} = 0$ alors e = 0, La tension aux bornes de la bobines $u_{AB} = ri - e = ri$ La bobine se comporte alors comme un conducteur ohmique de résistance r. •Affirmation 2 : i varie avec le temps donc $e \neq 0$ donc un phénomène d'auto-induction a lieu dans le circuit •Affirmation 3 : i diminue, donc $W_{mag} = \frac{1}{2}Li^2$ diminue. Ou, e.i > 0, donc, elle joue le rôle d'un générateur	**1,5**
1.2.2	Durant l'intervalle [2ms ; 4 ms] : e = 10 V $\frac{di}{dt} = \text{pente} = \frac{0-1}{4\times10^{-3}-2\times10^{-3}} = -500$ A/s $e = -L\frac{di}{dt}$ donc : $10 = -L(-500)$, alors L = 0,02 H = 20 mH	**0,75**
1.2.3	$u_{AB} = ri - e$; à t = 3 ms : $-5 = r\,(0,5) - 10$ 0,5 r = 10 – 5 = 5 ; donc r = 10 Ω	**0,5**
2.1	$u_g = u_L$; $E = ri + L\frac{di}{dt}$	**0,5**
2.2	En régime permanent : $i = I_m$; et $\frac{di}{dt} = 0$ donc $E = r\,I_m$; alors $I_m = \frac{E}{r}$	**0,5**
2.3	$I_m = 2$ A ; $2 = \frac{20}{r}$ donc r = 10 Ω	**0,25**
2.4	$E = r\,i + L\frac{di}{dt}$, donc $\frac{di}{dt} = E - r\,i$; Mais à $t_0 = 0$: i = 0 par suite $\left.\frac{di}{dt}\right)_{t_0=0} = \frac{E}{L}$	**0,5**
2.5	La pente de la tangente $= \frac{2}{2\times10^{-3}} = 1000$ A/s Or, la pente de la tangente $= \left.\frac{di}{dt}\right)_{t_0=0} = \frac{E}{L}$; Donc, $1000 = \frac{20}{L}$; Alors L = 0,02 H = 20 mH	**0,75**

Exercice 4 (4 pts)	Diamètre d'un fil de pêche	
Partie	**Réponses**	**Note**
1.1	On observe sur l'écran : ▪ Alternativement des franges brillantes et sombres ; ▪ La frange centrale est la plus intense et sa largeur est double celles des autres franges brillantes ; ▪ La direction des franges d'interférences est perpendiculaire à celle de la fente.	**0,75**
1.2	$\sin\theta_1 \approx \theta_1 = \frac{\lambda}{a}$	**0,25**
1.3	$\tan\theta_1 = \frac{L/2}{D}$; alors $\theta_1 = \frac{L}{2D}$; $\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$ donc : $L = \frac{2\lambda D}{a}$	**1**
2.1	$\frac{\lambda}{a} = \frac{L_1}{2D_1} = \frac{L_2}{2D_2}$; $\frac{L_2}{L_1} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{D+0,5}{D}$ $\frac{L_2}{L_1} = \frac{D+0,5}{D}$; $\frac{19,5}{13} = \frac{D+0,5}{D}$ Alors 19,5 D = 13 D + 6,5 ; donc D = 1 m	**1**
2.2	$a = \frac{2\lambda D}{L_1}$; donc $a = \frac{2\times 650\times 10^{-9}\times 1}{1,3\times 10^{-2}}$; a = 0,1 mm	**0,5**
2.3	Le fil choisi n'est pas adapté à la pêche des poissons truites de taille 50 à 55 cm. Pour pêcher des poissons truites de taille 50 à 55 cm, il a besoin d'un fil dont le diamètre au moins 0,18 mm.	**0,5**

مسابقة في مادة الفيزياء	الاسم:
المدة: ساعتان ونصف	الرقم:

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

Exercice 1 (5,5 pts)

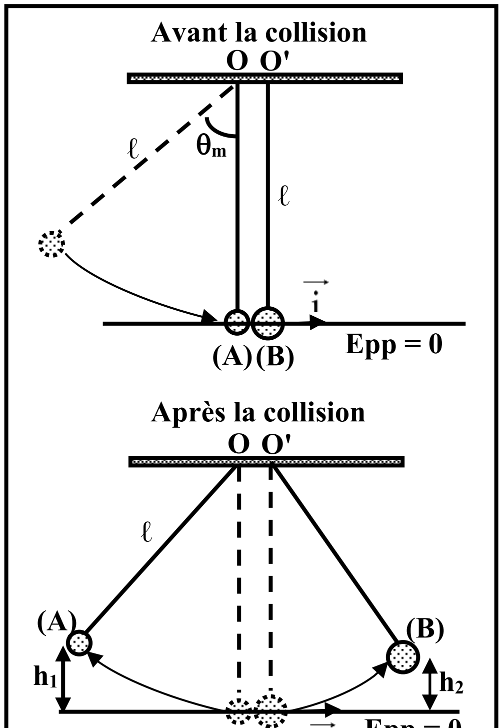
Collision

On dispose de deux pendules simples (S_1) et (S_2) :

- Le pendule (S_1) est constitué d'une sphère (A), assimilée à une particule, de masse m_1 et fixée à l'extrémité inférieure d'un fil inextensible, de longueur ℓ et de masse négligeable. L'extrémité supérieure du fil est fixée, en O, à un support ;
- Le pendule (S_2) est constitué d'une sphère (B), assimilée à une particule, de masse $m_2 > m_1$ et fixée à l'extrémité inférieure d'un fil inextensible, de même longueur ℓ et de masse négligeable. L'extrémité supérieure du fil est fixée, en O', au même support de (S_1).

Les deux fils sont verticaux et les deux particules se touchent (Doc. 1).
Négliger la résistance de l'air et les frottements autour de O et O'.
Prendre :

- le niveau horizontal passant par les positions les plus basses de (A) et (B) comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 10\ m/s^2$.



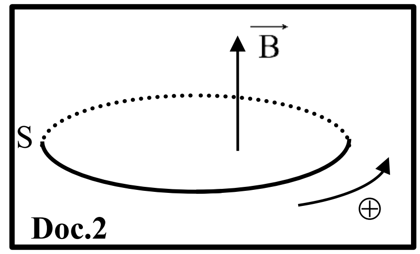
Doc. 1

1) On écarte le système (S_1) de sa position d'équilibre d'un angle θ_m ; le fil restant tendu, on abandonne (A) sans vitesse initiale. Déterminer, en fonction de g, ℓ et θ_m, l'expression de la vitesse v_1 de (A) lorsque le pendule (S_1) passe par sa position d'équilibre.
2) Lorsque (S_1) passe par sa position d'équilibre, (A) entre en collision frontale et élastique avec (B). Déterminer, en fonction de m_1, m_2 et v_1, les expressions v'_1 et v'_2 des valeurs algébriques des vitesses $\vec{v'_1}$ et $\vec{v'_2}$ respectivement pour (A) et (B) juste après cette collision.
3) Préciser les signes des v'_1 et v'_2.
4) Les valeurs algébriques des quantités de mouvement de (A) et (B) juste après cette collision sont P'_1 et P'_2 respectivement : $P'_1 = \frac{-2}{75}$ kg.m/s et $P'_2 = \frac{1}{15}$ kg.m/s.
   4.1) Déterminer la valeur algébrique de la quantité de mouvement P_1 de (A) juste avant cette collision.
   4.2) Déduire la valeur de l'angle θ_m si $\ell = 40$ cm et $m_1 = 20$ g.
5) Les hauteurs maximales atteintes par (A) et (B) après cette collision sont respectivement h_1 et h_2 (Doc. 1).
   5.1) Déterminer l'expression de h_1 en fonction de v'_1 et g.
   5.2) Ecrire l'expression de h_2 en fonction de v'_2 et g.
   5.3) Déterminer le rapport $\frac{m_1}{m_2}$ pour que $h_1 = h_2$.

Exercice 2 (5 pts)

Plaque à induction

On dispose d'une spire circulaire (S) fermée, de diamètre d = 4 cm et de résistance R = 1 mΩ. Le plan de la spire, placée horizontalement, est perpendiculaire à un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ (Doc.2).
Le champ magnétique $\vec{B}$ est créé par un courant électrique « i ».
Le document 3 montre l'évolution de « i » dans le temps.
La valeur du champ magnétique est donnée par : B = 0,01 i (B en T et i en A).

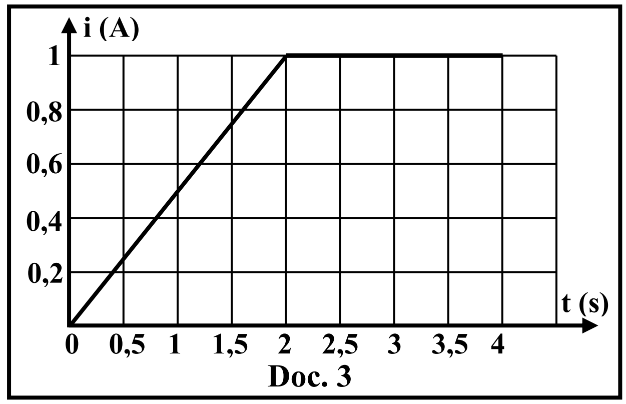


Doc.2

1) En respectant le sens positif indiqué sur le document 2, montrer que l'expression du flux magnétique à travers (S) est :
1.1) $\Phi = 2\,\pi \times 10^{-6}\,t$ (Φ en Wb et t en s) pour $t \in [0\,;\,2s]$;
1.2) $\Phi = 4\,\pi \times 10^{-6}$ Wb pour $t \in\,]2s\,;\,4\,s]$.

2) Déduire la valeur de la force électromotrice induite « e » dans (S) durant chacun des deux intervalles : [0 ; 2s[et]2 s; 4 s].

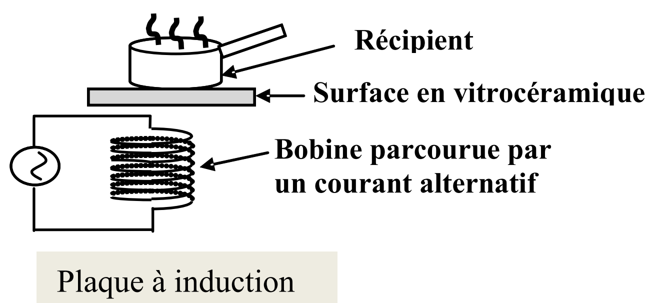
3) L'énergie électrique produite dans (S) est totalement convertie en énergie thermique « E ».
3.1) Préciser l'intervalle de temps durant lequel il y a dégagement de l'énergie thermique dans (S).
3.2) Déterminer, durant cet intervalle, la valeur de l'énergie thermique « E » dégagée, sachant que l'intensité du courant électrique induit dans (S) est donné par $i_1 = \dfrac{e}{R}$.



Doc. 3

4) Les plaques à induction sont une des applications de production de l'énergie thermique en se basant sur le principe d'induction électromagnétique (Doc. 4).

Dans ce type de plaque, une bobine est placée sous une surface en vitrocéramique. Lorsque la bobine est parcourue par un courant électrique variable alternatif de fréquence «f» réglable entre 50 Hz et 50 kHz, elle génère un champ magnétique variable qui, à son tour, induit des courants électriques dans le fond métallique du récipient, ce qui produit de l'énergie thermique (chaleur) par effet Joule.



Doc. 4

4.1) En se référant au document 4, indiquer la partie qui joue le rôle de l'inducteur et celle qui joue le rôle de l'induit.

4.2) Le fond du récipient est modélisé par une spire circulaire similaire à (S). Expliquer l'apparition du courant induit dans le fond du récipient.

4.3) la puissance moyenne totale produite dans le fond du récipient par effet Joule est donnée par :

$$P = k\,(2\pi f)^2 \text{ (k est une constante positive).}$$

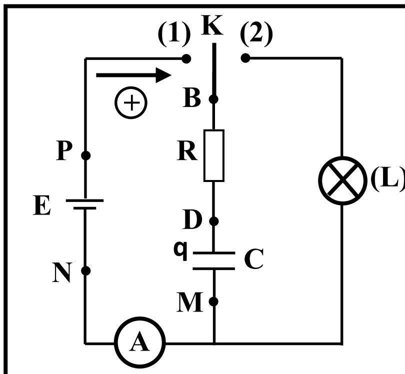
Déterminer le facteur par lequel la puissance P sera multipliée si la fréquence devient 100 fois plus grande.

Exercice 3 (5 pts)

Durée de luminosité d'une lampe

Le but de cet exercice est d'étudier la durée de luminosité d'une lampe au plafond d'une voiture.
Dans ce but, on réalise le circuit du document 5 contenant :

- un générateur idéal de force électromotrice E = 12 V;
- un conducteur ohmique, de résistance R ;
- un condensateur, initialement non chargé, de capacité C ;
- un ampèremètre (A) de résistance négligeable ;
- une lampe (L) de résistance négligeable ;
- un commutateur K.



Doc. 5

1) Charge du condensateur

À l'instant $t_0 = 0$, Le commutateur K est en position (1) et la phase de charge du condensateur commence.
À un instant t, l'armature D du condensateur porte une charge q et un courant électrique d'intensité i traverse le circuit. L'équation différentielle qui décrit la variation de i est : $R\,\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}i = 0$.

1.1) Vérifier que $i = \frac{E}{R}\,e^{\frac{-t}{RC}}$ est une solution de l'équation différentielle.

1.2) Déduire l'expression de i à $t_0 = 0$.

1.3) Calculer la valeur de R, sachant qu'à $t_0 = 0$, l'ampèremètre affiche 1,2 mA.

1.4) Appliquer la loi d'additivité des tensions pour montrer que : $q = EC - EC\,e^{\frac{-t}{RC}}$.

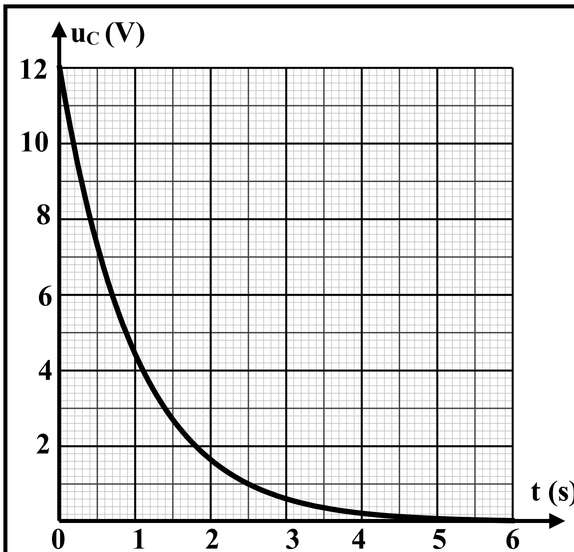
1.5) Lorsque le condensateur est complètement chargé, la charge de l'armature D vaut $Q = 12\times10^{-4}$ coulomb. Montrer que C = 100 μF.

1.6) Calculer la valeur de la constante de temps τ du circuit durant la charge du condensateur, sachant que τ = RC.

2) Décharge du condensateur

Le circuit du document 5 représente un circuit modèle, utilisé pour allumer une lampe au plafond d'une voiture. Initialement le commutateur est en (1) et le condensateur est complètement chargé, lorsqu'on ouvre la porte de la voiture puis on la ferme, le commutateur est basculé en (2). Le condensateur se décharge alors à travers le conducteur ohmique et la lampe. Durant la décharge la luminosité de la lampe diminue progressivement.

Le document 6, montre l'évolution de la tension $u_{DM} = u_C = E\,e^{\frac{-t}{\tau'}}$ dans le temps.



Doc. 6

2.1) En utlisant le document 6, déterminer la valeur de la constante de temps τ' du circuit durant la décharge du condensateur.

2.2) τ = τ'. Pourquoi ?

2.3) La lampe utilisée s'allume tant que $u_C \geq 1$ V.
En se référant au document 6, indiquer la durée pendant laquelle la lampe s'allume durant la phase de décharge du condensateur.

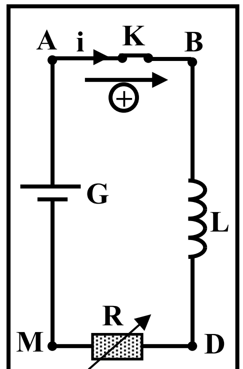
2.4) Préciser comment doit-on varier la valeur de la capacité C pour augmenter cette durée.

Exercice 4 (4,5 pts)

Inductance d'une bobine

Le but de cet exercice est de déterminer l'inductance L d'une bobine. Dans ce but, on réalise le montage du document 7, comprenant en série : un générateur idéal (G) de force électromotrice E = 6 V, un interrupteur K, un conducteur ohmique de résistance R réglable et une bobine d'inductance L et de résistance négligeable.

À la date $t_0 = 0$, on ferme l'interrupteur K. À une date t, le circuit est parcouru par un courant électrique d'intensité i.

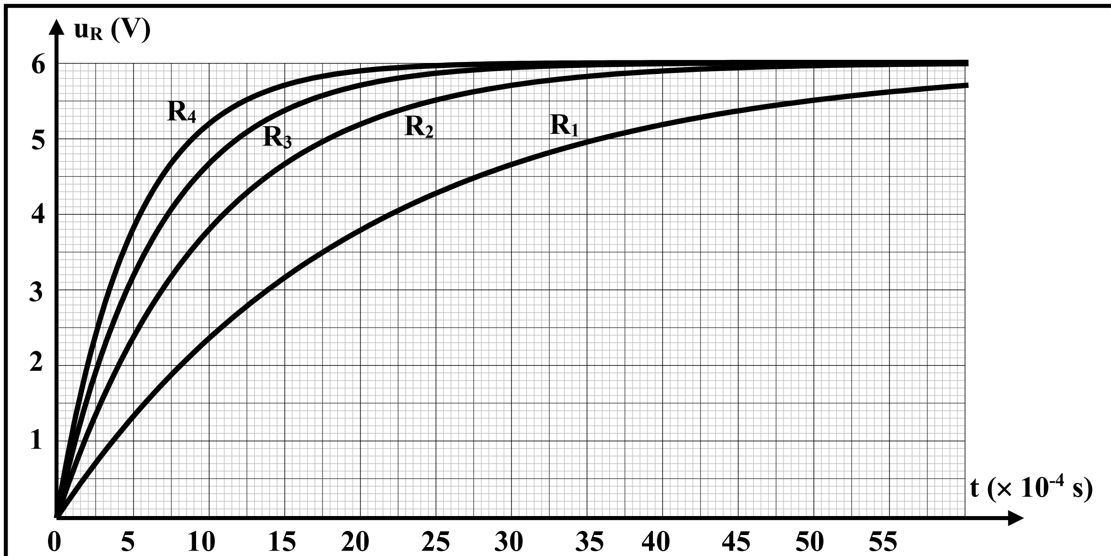


Doc. 7

1) Montrer que l'équation différentielle du premier ordre qui décrit la variation de $u_R = u_{DM}$ aux bornes du conducteur ohmique est donnée par : $E = \frac{L}{R}\frac{du_R}{dt} + u_R$.

2) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $u_R = a + b\,e^{-t/\tau}$ où a, b et τ sont des constantes. Déterminer les expressions de a, b et τ en fonction de R, E et L.

3) Les courbes du document 8, représentent l'évolution de u_R dans le temps pour quatre différentes valeurs de R : $R_1 = 50\ \Omega$; $R_2 = 100\ \Omega$; $R_3 = 150\ \Omega$ et $R_4 = 200\ \Omega$.



Doc. 8

3.1) En utilisant le document 8, déterminer, pour chaque valeur de R, la valeur de la constante de temps τ du circuit RL.

Valeur de R	$R_1 = 50\ \Omega$	$R_2 = 100\ \Omega$	$R_3 = 150\ \Omega$	$R_4 = 200\ \Omega$
Constante de temps τ (s)	$\tau_1 =$	$\tau_2 =$	$\tau_3 =$	$\tau_4 =$

3.2) Vérifier que $R_1\tau_1 = R_2\tau_2 = R_3\tau_3 = R_4\tau_4$.

3.3) Déduire la valeur de L.

مسابقة في مادة الفيزياء
أسس التصحيح - فرنسي

Exercice 1 (5,5 pts)	**Collision**	
Partie	**Réponses**	**Note**
1	Pas de frottement (le travail effectué par les forces non conservatives est nul), l'énergie mécanique du système [S_1, Terre] est conservée $(Em)_{\theta=\theta m} = (Em)_{\theta=0}$; $(Ec + Epp)_{\theta=\theta m} = (Ec + Epp)_{\theta=0}$; $(Epp)_{\theta=\theta m} = (Ec)_{\theta=0}$ $m_1 g\ell(1-\cos\theta) = \frac{1}{2} m_1 v_1^2$ Alors $v_1 = \sqrt{2g\ell(1-\cos\theta_m)}$	**0,75**
2	Durant le choc il y a conservation de la quantité de mouvement $\vec{P}_{\text{juste avant le choc}} = \vec{P}_{\text{juste après le choc}}$ $m_1\vec{v_1} = m_1\vec{v_1'} + m_2\vec{v_2'}$; Projetons sur $\vec{i}$, les vitesses sont colinéaires (mesure algébriques) $m_1v_1 = m_1v_1' + m_2v_2'$; $m_1(v_1 - v_1') = m_2v_2'$ Choc élastique, doc Ec est constante : $E_{c \text{ avant le choc}} = E_{c \text{ après le choc}}$ $\frac{1}{2}m_1v_1^2 = \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2$; $m_1(v_1^2 - v_1'^2) = m_2v_2'^2$ $m_1 = (v_1 - v_1')(v_1 + v_1') = m_2v_2'^2$ Diviser eq. (2) par eq. (1) : $\frac{m_1(v_1^2 - v_1'^2)}{m_1(v_1 - v_1')} = \frac{m_2v_2'^2}{m_2v_2'}$; donc, $v_2' = v_1 + v_1'$ Résoudre les eqs. (1) et (3), on aura : $v_1' = \frac{(m_1 - m_2)v_1}{m_1 + m_2}$; et $v_2' = \frac{2m_1v_1}{m_1 + m_2}$	**1,25**
3	$v_1' < 0$ car $m_1 < m_2$ et $v_1 > 0$; donc, (A) rebondit (se deplace dans le sens negative). $v_2' > 0$ car m_1 et v_1 sont positives; donc, (B) se deplace dans le sens positif.	**0,25** **0,25**
4.1	Durant le choc il y a conservation de la quantité de mouvement $\vec{P}_{\text{juste avant le choc}} = \vec{P}_{\text{juste après le choc}}$; Valeurs algébriques, $P_{\text{juste avant le choc}} = P'_1 + P'_2 = 0{,}04$ kg.m/s $= \frac{1}{25}$ kg. m/s	**0,5**
4.2	$P_{\text{juste avant le choc}} = m_1v_1$; donc, $0.04 = 0.02\times v_1$; alors, $v_1 = 2$ m/s Mais $v_1 = \sqrt{2g\ell(1-\cos\theta_m)}$ on aura $\theta m = 60^o = \pi/3 = 1{,}04$ rad	**0,25** **0,5**
5.1	Système [S_1, Terre] ; $Em_{h=0} = Em_{h=h1}$ $(Ec)_{h=0} = (Epp)_{h=h1}$; $\frac{1}{2} m_1 v_1'^2 = m_1 g h_1$; donc, $h_1 = \frac{v_1'^2}{2g}$	**0,5**
5.2	$h_2 = \frac{v_2'^2}{2g}$	**0,25**
5.3	$h_1 = h_2$; $v_1'^2 = v_2'^2$; Mais après la collision (A) et (B) se déplacent dans deux sens opposés ; Par suite $\frac{2m_1v_1}{m_1 + m_2} = -\frac{(m_1 - m_2)v_1}{m_1 + m_2}$ Donc, $2 m_1 v_1 = -m_1 v_1 + m_2 v_1$, alors $3 m_1 v_1 = m_2 v_1$ Par suite : $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{3}$	**1**

Exercice 2 (5 pts)	La plaque inductrice	
Partie	**Réponse**	**Note**
1.1	pour $t \in [0 ; 2s]$: $i = 0,5\ t$ $\phi = B\times S \times \cos(\vec{B}, \vec{n}) = 0,01\ i \times\pi \times r^2 \times \cos(0^o) = 0,01\times 0.5\ t \times\pi \times 0,02^2 = 2\pi \times 10^{-6}\ t$ Wb	**0,25** **0,75**
1.2	pour $t \in]2s ; 4s]$: $i = 1$ A $\phi = B\times S\times \cos(\vec{B}, \vec{n}) = 0,01\ i \times \pi \times r^2 \times \cos(0^o) = 0,01\times 1 \times \pi \times 0,02^2 = 4\ \pi \times 10^{-6}$ Wb	**0,25** **0,5**
2	$e = -\dfrac{d\phi}{dt}$ pour $t \in [0 ; 2s[$: $e = -6,3 \times 10^{-6}$ V $= -2\pi \times 10^{-6}$ V pour $t \in]2s ; 4s]$: $e = 0$V	**0,25** **0,25** **0,25**
3.1	Il y a dégagement de l'énergie thermique lorsque (S) est parcourue par un courant induit donc lorsqu'il y a une f.é.m. induite par suite c'est durant l'intervalle [0 ; 2s[	**0,25**
3.2	$i_1 = \dfrac{e}{R} = \dfrac{-6.3\times 10^{-6}}{0.001} = -6,3\times 10^{-3}$ A $= -2\pi \times 10^{-3}$ A $E = R\, i_1^2 \times t = 0,001 \times (6,3 \times 10^{-3})^2 \times 2 = 7,9 \times 10^{-8}$J	**0,25** **0,5**
4.1	Inducteur : bobine Induit : le fond du récipient	**0,25** **0,25**
4.2	Lorsque la bobine est parcourue par un courant électrique alternatif variable, elle génère un champ magnétique variable, il y aura à travers le fond du récipient un flux variable, ce qui induit des courants électriques dans le fond du métal du récipient.	**0,5**
4.3	$f' = 100\ f$ $P = k\ (2\pi\ f)^2$; $P' = k\ (200\ \pi\ f)^2 = 10^4\ k\ (2\pi\ f)^2 = 10^4\ P$	**0,5**

Exercice 3 (5 points) Durée de luminosité d'une lampe		
Partie	**Réponse**	**Note**
1.1	$R\frac{di}{dt}+\frac{1}{C}i=0$; $\frac{di}{dt}=-\frac{E}{R}\frac{1}{RC}e^{\frac{-t}{RC}}$ on remplace i et $\frac{di}{dt}$ dans l'équation différentielle $-R\frac{E}{R}\frac{1}{RC}e^{\frac{-t}{RC}}+\frac{1}{C}\frac{E}{R}e^{\frac{-t}{RC}}=0$ alors $-\frac{E}{RC}e^{\frac{-t}{RC}}+\frac{1}{C}\frac{E}{R}e^{\frac{-t}{RC}}=0$; $0=0$ vérifiée	**1**
1.2	à $t_0=0$; $i_0=\frac{E}{R}$	**0,25**
1.3	$1{,}2\times10^{-3}=\frac{12}{R}$ donc $R = 10\,000\ \Omega = 10\ k\Omega$	**0,25**
1.4	$E=u_R+u_C$; $E=Ri+\frac{q}{C}$; $E=E\,e^{\frac{-t}{RC}}+\frac{q}{C}$; $E-E\,e^{\frac{-t}{RC}}=\frac{q}{C}$; donc, $q=EC-EC\,e^{\frac{-t}{RC}}$	**1**
1.5	$Q = EC = 12\times10^{-4}$ C donc $C = 1\times10^{-4}$ F = 100 μF.	**0,25**
1.6	$\tau = RC = 10\,000\times1\times10^{-4} = 1$ s	**0,25**
2.1	A $t=\tau'$ on a $u_C = 0{,}37\times 12 = 4{,}44$ V ce qui correspond à $\tau' = 1$s	**0,75**
2.2	Puisque $\tau = RC$, et C et R sont les même, En plus, la lampe a une résistance négligeable, Donc, $\tau = \tau'$	**0,5**
2.3	$u_C = 1$ V, pour $t = 2{,}5$ s	**0,25**
2.4	Pour augmenter t, il faut augmenter C car quand C augmente, τ augmente, Le condensateur prend alors plus du temps avant d'atteindre la tension de 1 V	**0,5**

Exercice 4 (4,5 pts) Inductance d'une bobine		
Partie	**Réponses**	**Note**
1	$u_{AM} = u_{AB} + u_{BD} + u_{DM}$ $E = L\frac{di}{dt} + u_R$; $u_R = Ri$ et $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R}\frac{du_R}{dt}$; donc, $E = \frac{L}{R}\frac{du_R}{dt} + u_R$	**0,75**
2	$u_R = a + b\,e^{-t/\tau}$; $\frac{duR}{dt} = -b/\tau\, e^{-t/\tau}$ On remplace dans l'équation différentielle : $E = \frac{-L\,b}{R\,\tau}\,e^{\frac{-t}{\tau}} + a + b\,e^{\frac{-t}{\tau}}$; $b\,e^{\frac{-t}{\tau}}\,[\frac{-L}{R\,\tau} + 1] + a = E$ par indentification : $a = E$ et $\tau = L/R$ À $t = 0$, $i = 0$ par suite $u_R = 0$ et $a = -b$ donc $b = -E$	**1**
3.1	Méthode graphique pour déterminer la constante de temps τ. A $t = \tau$ on a $u_R = 0{,}63\times6 = 3{,}78 \cong 3{,}8$ V ; On trouve alors graphique pour chaque R la constante de temps correspondante R : $R_1 = 50\ \Omega$; $R_2 = 100\ \Omega$; $R_3 = 150\ \Omega$; $R_4 = 200\ \Omega$ τ (s) : $\tau_1 = 20\times10^{-4} = 0{,}002$ s ; $\tau_2 = 0{,}001$ s ; $\tau_3 = 0{,}0006$ s ; $\tau_4 = 0{,}0005$ s	**0,5** **1**
3.2	Puisque $R_1\tau_1 = 0{,}1$; $R_2\tau_2 = 0{,}1$; $R_3\tau_3 = 0{,}09 \cong 0{,}1$; et $R_4\tau_4 = 0{,}1$ (unité SI) D'où, $R_1\tau_1 = R_2\tau_2 = R_3\tau_3 = R_4\tau_4 \cong 0{,}1$ (S.I.)	**0,5**
3.3	Puisque $\tau = L/R$ donc $R\,\tau = L$; par suite $L = 0{,}002\times50 = 0{,}1$ H	**0,75**

Table of part 3.1:

R	$R_1 = 50\ \Omega$	$R_2 = 100\ \Omega$	$R_3 = 150\ \Omega$	$R_4 = 200\ \Omega$
τ (s)	$\tau_1 = 20\times10^{-4} = 0{,}002$ s	$\tau_2 = 0{,}001$ s	$\tau_3 = 0{,}0006$ s	$\tau_4 = 0{,}0005$ s