

الاسم :  
الرقم :مسابقة في الفيزياء  
المدة : ساعتان

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.

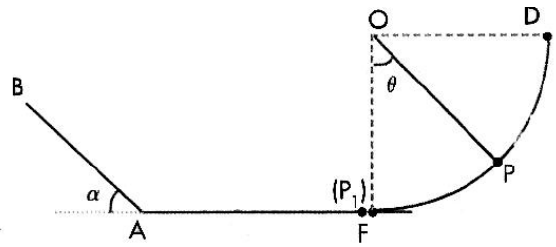
### Premier exercice (7 pts) Conservation et non-conservation de l'énergie mécanique

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  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

1) On écarte (S) de sa position d'équilibre d'un angle  $\theta_m = 90^\circ$ ; 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.



- Calculer l'énergie mécanique du système [(S), Terre] dans sa position initiale [(P) est en D].
- Déterminer l'expression de l'énergie mécanique du système [(S), Terre] en fonction de  $l$ ,  $m$ ,  $g$ ,  $V$  et  $\theta$  où  $V$  est la vitesse de (P) quand (S) passe par la position où le fil fait un angle  $\theta$  avec la verticale.
- Déterminer la valeur de  $\theta$  ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ) pour laquelle l'énergie cinétique de (P) est égale à l'énergie potentielle de pesanteur du système [(S), Terre].
- Calculer la valeur  $V_0$  de la vitesse  $\vec{V}_0$  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  $\vec{V}_0$ ,  $\vec{V}_1$  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  $\alpha = 30^\circ$  avec l'horizontale.

a) En supposant que les frottements sur AB sont négligeables, déterminer la position du point M où ( $P_1$ ) rebrousse chemin.

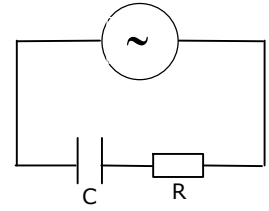
b) En fait, les frottements le long de AB ne sont pas négligeables et ( $P_1$ ) rebrousse chemin sur AB en un point N tel que  $AN = 20$  cm. Calculer la variation de l'énergie mécanique du système [( $P_1$ ), Terre] entre A et N et déduire l'intensité de la force de frottement, supposée constante.

## 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)

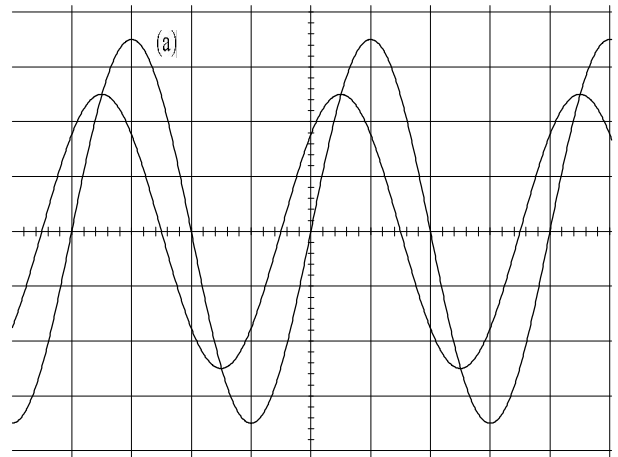
un conducteur ohmique de résistance  $R = 50 \Omega$ , une bobine d'inductance  $L = 0,16 \text{ H}$  et de résistance négligeable, un oscilloscope et des fils de connexion. (Prendre  $0,32\pi = 1$ ).



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  $\omega$ , 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 la tension aux bornes du



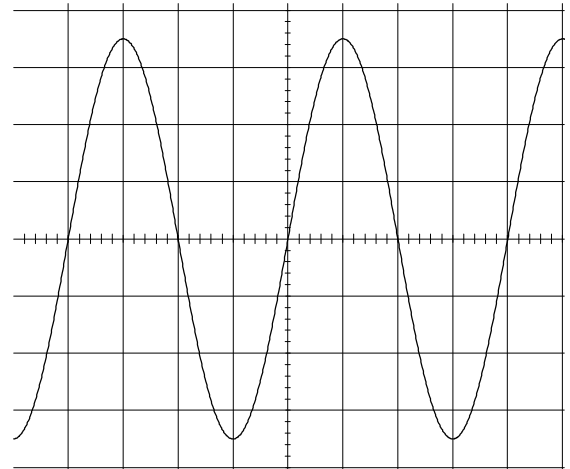
condensateur est:  $u_C = \frac{q}{C}$ , vérifier que  $u_C$  s'écrit sous la forme:  $u_C = \frac{3,2 \times 10^{-4}}{C} \cos(\omega t - \frac{\pi}{4})$ .

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:  $m({}_{53}^{131}\text{I}) = 130,87697 \text{ u}$ ;  $m({}_Z^A\text{Xe}) = 130,87538 \text{ u}$ ; masse d'un électron =  $5,5 \times 10^{-4} \text{ u}$ ;

$1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ ;  $1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$ ;  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  et  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

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

- 1) a) La désintégration du nucléide  ${}_{53}^{131}\text{I}$  s'accompagne d'une émission d'un rayonnement  $\gamma$ . A quoi est due l'émission de ce rayonnement?
  - b) Ecrire l'équation-bilan de la désintégration d'un noyau de  ${}_{53}^{131}\text{I}$ .
  - 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  $1,5 \times 10^5 \text{ Bq}$ .
  - d) Calculer le nombre des noyaux désintégrés au bout de 24 jours.
- 2) a) Calculer l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau  ${}_{92}^{238}\text{U}$ .
  - b) Calculer l'énergie d'un photon  $\gamma$  sachant que la longueur d'onde associée est de  $3,55 \times 10^{-12} \text{ m}$ .
  - c) L'énergie d'un antineutrino étant  $0,07 \text{ MeV}$ , calculer l'énergie cinétique moyenne d'un électron émis.
  - d) Lors de la désintégration des noyaux  ${}_{53}^{131}\text{I}$ , la glande thyroïde, de masse  $40 \text{ g}$ , absorbe seulement l'énergie cinétique moyenne des électrons et l'énergie des photons  $\gamma$ . Sachant que la dose absorbée par un corps est l'énergie absorbée par l'unité de masse de ce corps, calculer, en  $\text{J/kg}$ , la dose absorbée par cette glande durant 24 jours.

## Solution

### Premier exercice (7 pts)

1)

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

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

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

b)

$$E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2}mv^2 + mgh; \text{ et } h = l - l\cos\theta \quad (0,75 \text{ pt})$$

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

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

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

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

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

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

2) Lors du choc, la quantité de mouvement du système (P, P<sub>1</sub>) est conservée:

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

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

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

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

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

3)

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

$E_m$  du système (P<sub>1</sub>, Terre) est conservée, car les forces de frottement sont négligeables,  $E_{mA} = E_{mM}$

$$\text{En M, } E_{cM} = 0 \text{ J} \Rightarrow E_{mM} = E_{pM} = m_1gAM \sin \alpha = 0,4 \Rightarrow AM = 0,4 \text{ m.} \quad (1 \text{ pt})$$

$$\text{b) En N, } E_{cN} = 0 \text{ J} \Rightarrow E_{mN} = E_{pN} = m_1gAN \sin \alpha = 0,2 \text{ J}$$

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

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

## Deuxième exercice (6 ½ points)

1) (0,5 pt)

2)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

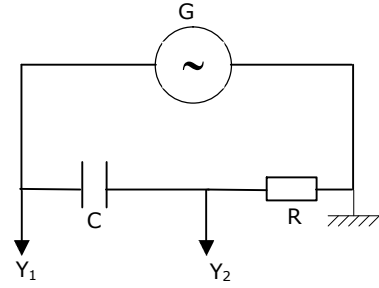
e)  $u_G = u_R + u_C = Ri + u_C$

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

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

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

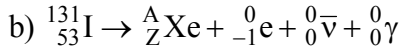
$$f = f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow C = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 L} = 64 \times 10^{-6} \text{ F} = 64 \mu\text{F} \quad (1 \text{ pt})$$



### Troisième exercice (6 ½ points)

1)

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



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)

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

$$A_0 = \lambda N_0 \Rightarrow N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = 1,5 \times 10^{11} \text{ noyaux} \quad (0,5 \text{ pt})$$

d)  $t = 24 \text{ jours} = 3 T$ , et le nombre des noyaux désintégrés au bout de  $3T$  est:  $N - N_0$

$$N = \frac{N_0}{2^3} \Rightarrow N - N_0 = 1,31 \times 10^{11} \text{ noyaux} \quad (1 \text{ pt})$$

2) a) (1 pt)

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

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

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

$$E = E_c(\text{Xe}) + E_{\text{ph}} + E(\bar{\nu}) + E_c(\beta^-) \quad (0,5 \text{ pt})$$

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

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

$$E_1 = 0,55 + 0,35 = 0,9 \text{ MeV}$$

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

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