UNIVERSITE LIBANAISE
FACULTE DE GENIE

الجامعة اللبنانية
كلية الهندسة

Examen d'entrée 2007-2008 — Physique — Durée: 2 heures

I- [6 pts] Régime transitoire– Régime permanent

A- Circuit série (R, L)

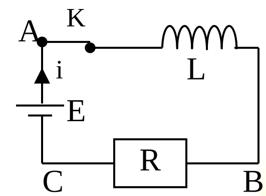


Fig. 1

Dans le circuit de la figure 1, L = 1 H, R = 1 kΩ et E = 10 V.
À la date $t_0 = 0$, on ferme l'interrupteur K. À la date t, le circuit est parcouru par un courant d'intensité i. Un oscilloscope, convenablement branché, sert à visualiser l'évolution de la tension $u_R = u_{BC}$ en fonction du temps (Fig. 2).

1- Établir l'équation différentielle qui régit les variations de l'intensité i en fonction de R, L , E et t.

2- La solution de cette équation est de la forme : $i = A_1 - B_1 e^{-\frac{t}{\tau_1}}$. Déterminer les valeurs des constantes A_1, B_1 et τ_1 et donner la signification physique de chacune.

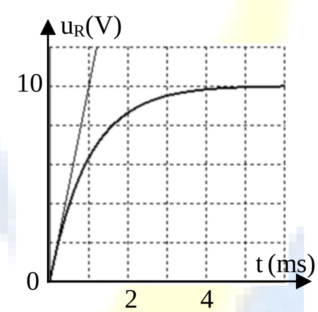


Fig. 2

3- En se référant à la figure 2, vérifier que les valeurs de A_1 et τ_1 sont égales à celles trouvées ci-dessus.

4- Déterminer:
a) la durée t_1 au bout de laquelle le régime permanent a été atteint ;
b) la valeur de l'énergie emmagasinée par la bobine à partir de t_1.

B- Disque en mouvement de rotation

Un disque peut tourner autour d'un axe (Δ) horizontal et perpendiculaire à son plan en son centre O. Le moment d'inertie I du disque par rapport à (Δ) a pour valeur $I = 1{,}52\times10^{-5}$ kg·m².
Sous l'action d'un couple moteur, de moment constant $\mathcal{M}_M = 9{,}12\times10^{-3}$ m·N, le disque est mis en rotation à partir du repos à la date $t_0 = 0$. À la date t, les grandeurs physiques θ et $\dot{\theta}$ sont respectivement l'élongation angulaire et la vitesse angulaire du disque. Au cours de sa rotation, le disque subit aussi l'action d'un couple de forces de frottement de moment $\mathcal{M}_F = -k\dot{\theta}$ où k est une constante positive avec $k = 3{,}04\times10^{-5}$ unités SI.
Par application du théorème du moment cinétique, montrer que l'équation différentielle en $\dot{\theta}$ qui décrit le mouvement du disque s'écrit : $I\frac{d\dot{\theta}}{dt} + k\dot{\theta} = \mathcal{M}_M$.

C- Une analogie

1- Faire correspondre à chacune des grandeurs électriques E, R, L, i, et $\frac{di}{dt}$ la grandeur mécanique convenable.

2- a) Déterminer la solution de l'équation différentielle en $\dot{\theta}$.
b) En déduire la durée t_2 au bout de laquelle le régime permanent sera pratiquement atteint.
c) Déterminer la vitesse angulaire en régime permanent.

II- [7 pts] L'iode 131

L'iode 131 est l'un des effluents gazeux susceptibles de s'échapper d'un réacteur nucléaire fonctionnant à l'uranium enrichi. C'est un émetteur β^- de demi-vie T = 8,05 j, son noyau fils étant le xénon (Xe). En effet, des quantités importantes d'iode 131 ont été relâchées lors des accidents survenus à Windscale (Royaume-Uni) en 1957 ($1{,}4\times10^{15}$ Bq), à Three Mile Island (USA) en 1979 ($5{,}5\times10^{11}$ Bq) et à Tchernobyl en 1986 (5×10^{17} Bq).

A- La fission de l'uranium 235

Une des réactions de fission possibles de l'uranium 235 qui donne l'iode 131 est :

$${}^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{131}_{53}\mathrm{I} + {}^{73}_{30}\mathrm{Zn} + {}^{23}_{Z}\mathrm{F} + y\,{}^{1}_{0}\mathrm{n}\,.$$

Noyau	Énergie de liaison par nucléon (MeV)
U 235	7,59
I 131	8,42
Zn 73	8,64
F 23	7,62

1- Compléter cette équation.

2- Calculer l'énergie de liaison (E_ℓ) pour chaque noyau.

3- a) Montrer que l'énergie libérée par la réaction peut s'écrire :

$E_{lib} = E_\ell\,(I) + E_\ell\,(Zn) + E_\ell\,(F) - E_\ell(U)$.

b) Calculer sa valeur.

B- La désintégration de l'iode 131

1- Écrire la réaction de désintégration de l'iode 131.

2- a) Calculer la constante radioactive λ de l'iode.

b) En déduire le temps qu'il faut pour que l'activité des effluents gazeux relâchés lors de l'accident survenu à Tchernobyl devienne égale à l'activité initiale des effluents gazeux relâchés lors de l'accident survenu à Three Mile Island.

3- La figure 3 montre les désintégrations les plus probables de l'iode 131 en xénon 131.

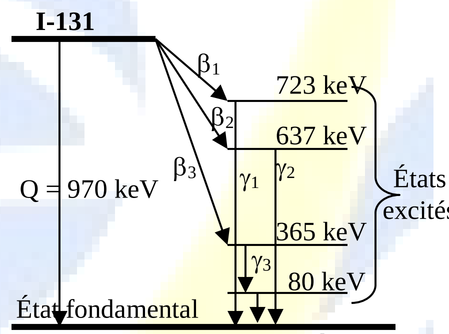


Fig. 3

a) Que représente Q ?

b) i) Vérifier que l'énergie cinétique maximale de l'émission β_2 est 333 keV.

ii) En déduire l'énergie cinétique maximale de chacune des β_1 et β_3.

c) Calculer la vitesse maximale de chacune des β_2.

d) i) Calculer l'énergie du photon γ_3 qui est l'un des plus probables.

ii) Ce photon tombe sur une plaque métallique ; un électron est arraché de ce métal. Pourquoi ?

Données: La masse d'un électron est $m_0 = 511$ keV/c^2 ; $E_C = m_0c^2(\gamma - 1)$ avec $\frac{1}{\gamma} = \sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}$

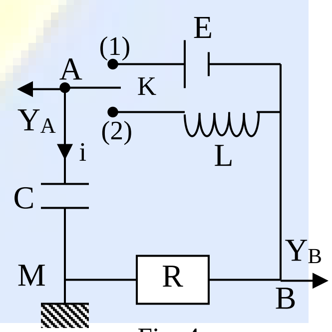


Fig. 4

III- [7 pts] Importance du circuit oscillant (L, C)

A. Charge du condensateur

Dans le circuit de la figure 4, C = 10 μF, L = 1 H, la valeur de R est réglable et E = 10 V.
Un oscilloscope peut enregistrer les variations de la tension $u_C = u_{AM}$ et celles de la tension $u_R = u_{BM}$.

1- On règle R à la valeur R = 50 Ω. À un instant donné, on fait passer l'interrupteur K dans la position (1).

a) Donner l'expression de la constante de temps τ du circuit RC.

b) En déduire la durée minimale au bout de laquelle le condensateur sera supposé pratiquement chargé.

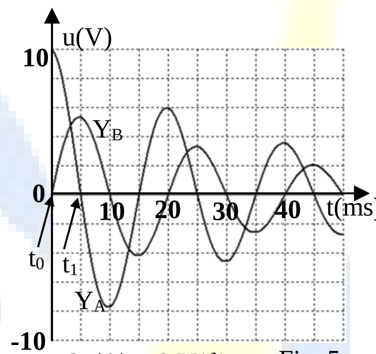
2- Calculer, en fin de charge, l'énergie emmagasinée par le condensateur.

B. Circuit oscillant idéal

On règle R à la valeur zéro et à la date $t_0 = 0$, on place K dans la position 2.

1- Établir l'équation différentielle qui régit les variations de u_C en fonction du temps.

2- Montrer que u_C s'écrit : $u_C = A\cos(\frac{2\pi}{T_0}t)$. Calculer A et T_0.



$S_V(A)$ = 2 V/div
$S_V(B)$ = 0,5 V/div
Fig. 5

C. Exploitation d'un oscillogramme

On règle R à la valeur R = 50 Ω. L'oscilloscope nous fournit les courbes de la figure 5.

1- Calculer, à la date t_1 = 5 ms :

a) l'intensité du courant dans le circuit ;

b) l'énergie totale emmagasinée dans le circuit.

2- En déduire la puissance moyenne perdue entre les dates t_0 et t_1.

3- Déterminer la durée T d'une oscillation. Comparer T et T_0.

D. Le portique

Pour éviter le vol des marchandises, on leur attache de petits circuits oscillants du type LC. À la sortie d'un magasin, on est obligé de passer à travers le portique de sécurité. Ce portique émet en permanence une onde radio de faible puissance de fréquence f = 10 MHz, exactement égale à la fréquence propre f_0 du petit oscillateur. Dans ces conditions, le circuit capte l'énergie émise, se met à osciller, et émet à son tour une onde qui vient perturber l'onde émise par le portique. La détection de cette perturbation déclenche une alarme.

1- Pourquoi f doit-elle être égale à f_0 ?

2- La capacité C' du condensateur vaut 0,5 nF. Déterminer la valeur de l'inductance L' de la bobine.

3- a) Calculer la longueur d'onde de l'onde radio émise par le portique (On donne : $c = 3,0\times10^8$ m.s^{-1}).

b) Cette onde est émise à partir du portique dans plusieurs directions. Elle subit ainsi un des phénomènes physiques : réflexion, réfraction ou diffraction. Lequel ?

UNIVERSITE LIBANAISE
FACULTE DE GENIE

الجامعة اللبنانية
كلية الهندسة

Examen d'entrée 2007-2008 **<u>Solution de Physique</u>** **Durée: 2 heures**

I- [6 pts] Régime transitoire– Régime permanent
A- Circuit série (R, L)

1- On a $u_{AC} = E = L\frac{di}{dt} + Ri \Rightarrow \frac{di}{dt} + \frac{R}{L}i = \frac{E}{L}$.

2- À $t_0 = 0$, $i = 0$, donc: $0 = A_1 - B_1$; $A_1 = B_1$. $\Rightarrow$: $i = A_1(1- e^{-\frac{t}{\tau_1}})$;

$\frac{di}{dt} = \frac{A_1}{\tau_1}e^{-\frac{t}{\tau_1}} \Rightarrow \frac{A_1}{\tau_1}e^{-\frac{t}{\tau_1}} + \frac{R}{L}A_1 - \frac{R}{L}A_1 e^{-\frac{t}{\tau_1}} = \frac{E}{L}$

Par identification: $\tau_1 = \frac{L}{R} = 1$ ms, appelée constante de temps du circuit RL et $A_1 = B_1 = \frac{E}{R} = I_0 = 10$ mA, appelée intensité du courant en régime permanent.

3- $\tau_1 = 1$ ms (tangente) ; $A_1 = B_1 = I_0 = u_R(max)/R = 10/10^3 = 10\times10^{-3} = 10$ mA

4- a) Durée $t_1 = 5\tau_1 = 5$ ms. b) $\mathcal{E} = ½\, L I_0^2 = 5\times10^{-5}$ J

B- Disque en mouvement de rotation

Théorème du moment cinétique : $\sum M_\Delta = \frac{d\sigma_\Delta}{dt}$ avec $\sigma_\Delta = I\dot{\theta} \Rightarrow \mathcal{M}_M + \mathcal{M}_F + \cancel{\mathcal{M}_\Delta(\vec{P})} + \cancel{\mathcal{M}_\Delta(\vec{R})} = I\frac{d\dot{\theta}}{dt}$;

$I\frac{d\dot{\theta}}{dt} + k\dot{\theta} = \mathcal{M}_M$.

C- Une analogie

1- En comparant les deux équations, on aura : $\dot{\theta} \equiv i$; $\frac{d\dot{\theta}}{dt} \equiv \frac{di}{dt}$; $k \equiv R$; $L \equiv I$ et $\mathcal{M}_M \equiv E$.

2- a) Par analogie avec la solution en i : $\dot{\theta} = A_2 - B_2\, e^{-\frac{t}{\tau_2}}$.

Pour $t_0 = 0$, $\dot{\theta} = 0$, alors : $A_2 = B_2 = \mathcal{M}_M/k = 300$ rd/s ; et $\tau_2 = \frac{I}{k} = 0,5$ s. $\dot{\theta} = 300(1 - e^{-\frac{t}{0,5}}) = 300(1 - e^{-2t})$

b) $t_1 = 5\tau_2 = 2,5$ s. c) La vitesse angulaire (régime permanent) $\dot{\theta}_\ell = 300$ rd/s.

II- [7 pts] L'iode 131

A- La fission de l'uranium 235.

1. Conservation de nombre de masse : 235 + 1 = 131 + 73 + 23 + y ⇒ y = 9.

Conservation du nombre de charge : 92 + 0 = 53 + 30 + z + 0 ⇒ z = 9.

$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{131}_{53}I + ^{73}_{30}Zn + ^{23}_{9}F + 9\,^{1}_{0}n$.

2. Pour l'uranium : E_ℓ = 7,59×235 = 1783,65 MeV ; **pour l'iode :** E_ℓ = 8,42×131 = 1103,02 MeV .

pour le zinc : E_ℓ = 8,64×73 = 630,72 MeV ; **pour le fluor :** E_ℓ = 7,62×23 = 175,26 MeV .

3. a) $E_{lib} = \{m(U) + m_n - [m(I) + m(Zn) + m(F) + 9m_n]\}\cdot c^2$.

Mais: $E_\ell(^{A}_{Z}X) = [Zm_P + Nm_n - m_X]\cdot c^2 \Rightarrow m_X = Zm_P + Nm_n - E_\ell/c^2$. (N = A – Z)

$m(U) = 92\ m_P + 143\ m_n - E_\ell(U)/c^2$; $m(I) = 53\ m_P + 78\ m_n - E_\ell(I)/c^2$;

$m(Zn) = 30\ m_P + 43\ m_n - E_\ell(Zn)/c^2$; $m(F) = 9\ m_P + 14\ m_n - E_\ell(F)/c^2$;

Ainsi: $E_{lib} = \{m(U) - [m(I) + m(Zn) + m(F) + 8\ m_n]\}\cdot c^2$

$= \{92 - (53 + 30 + 9)\}m_Pc^2 + \{143 - (78 + 43 + 14 + 8)\}m_nc^2 + \{E_\ell(I) + E_\ell(Zn) + E_\ell(F) - E_\ell(U)\}$

$E_{lib} = E_\ell(I) + E_\ell(Zn) + E_\ell(F) - E_\ell(U)$.

b) E_{lib} = 1103,02 + 630,72 + 175,26 - 1783,65 = 125,35 MeV

B- La désintégration de l'iode 131

1. $^{131}_{53}I \longrightarrow ^{131}_{54}Xe + ^{0}_{-1}e + ^{0}_{0}\bar{\nu}$.

2. a) La constante radioactive $\lambda = \dfrac{\ln 2}{T}$ = 0,693/(8,05×24×3600) = $9{,}97\times10^{-7}\ s^{-1}$.

b) $A = A_0e^{-\lambda t}$, $e^{-\lambda t} = 5{,}5\times10^{11} / 5\cdot10^{17} = 1{,}1\times10^{-6} \Rightarrow -9{,}97\times10^{-7}\ t = \ln(1{,}1\times10^{-6}) = -3{,}72$

Soit $t = 1{,}38\times10^7$ s ≈ 159,3 jours

3. a) Q représente l'énergie libérée par la désintégration de l'iode 131.

b) i) $E_{Cmax}(\beta_2)$ = 970 – 637 = 333 keV.

ii) $E_{Cmax}(\beta_1)$ = 970 - 723 = 247 keV ; $E_{Cmax}(\beta_3)$ = 605 keV.

c) La vitesse maximale de chacune des β_2 : 333 = (511)(γ -1) ; ⇒ (γ - 1) = 0,652 ⇒ γ = 1,652 et par suite :

$1 - \dfrac{V^2}{c^2} = \dfrac{1}{1{,}652^2} \Rightarrow V^2 = 0{,}633\ c^2$; ainsi V = 0,796 c = $2{,}388\times10^8$ m/s.

d) i- L'énergie du photon γ_3 = 285 keV.

ii- Car l'énergie du photon qui est de l'ordre de 300 keV est beaucoup plus grande que l'énergie d'extraction du métal qui doit être de quelques eV. (- ½ pour E> W)

III- [7pts] Importance du circuit oscillant (L, C)

A. Charge du condensateur

1- a- La constante de temps $\tau = RC$.

b) $\tau = 50\times10\times10^{-6} = 0,5$ ms ; $t = 5\tau = 2,5$ ms.

2- En fin de charge, l'énergie emmagasinée par le condensateur = $\frac{1}{2} CE^2 = 5\times10^{-4}$ J.

B. Circuit oscillant idéal

1- On a : $u_{AM} = u_C = -L\frac{di}{dt}$ avec $i = \frac{dq_A}{dt} = C\frac{du_C}{dt} \Rightarrow \frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC}u_C = 0$.

2- L'équation différentielle est de la forme : $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$; u_C est de la forme $u_C = A\cos(\frac{2\pi}{T_0}t+\varphi)$; $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$

$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{LC} = 19,9$ ms .

À la date $t_0 = 0$, $i = 0 \Rightarrow \varphi = 0$ et $A = 10$ V

C. Exploitation d'un oscillogramme

1. a) $u_R = 2,7\times0,5 = 1,35$ V et $i = u_R/50 = 0,027$ A.

b) L'énergie totale emmagasinée dans le circuit = $E_m + E_é = \frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2}Cu_C^2$

À la date t_1, l'énergie totale = $\frac{1}{2}\times1\times i^2 + 0 = 3,65\times10^{-4}$ J.

2. La puissance moyenne perdue entre les dates t_0 et $t_1 = \frac{|\Delta E|}{t_1 - t_0} = (\frac{1}{2}10\times10^{-6}\times100 - 3,65\times10^{-4})/5\times10^{-3} = 0,027$ W.

3. $T = 20$ ms, $T \gtrapprox T_0$

D. Le portique

1- Pour que le circuit capte l'énergie émise il faut qu'il soit accordé à la fréquence de l'émetteur (résonance électrique - circuit sélectif ⇔le phénomène de résonance.

2- $T_0' = 10^{-7} = 2\pi\sqrt{L'C'} \Rightarrow L' = 0,5\mu H$.

3- a) $\lambda = c/f = 30$ m.

b) Phénomène de diffraction.