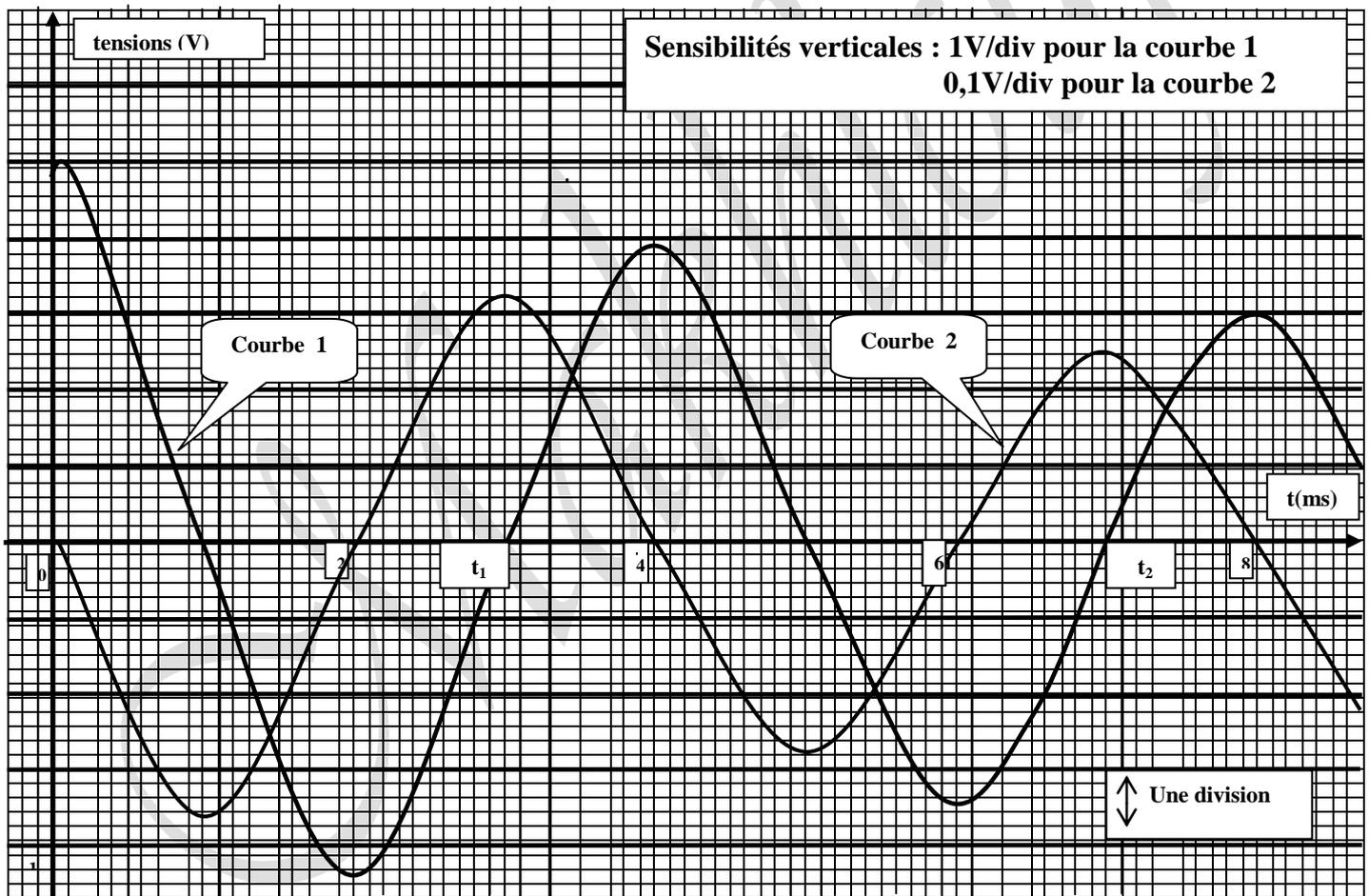


Lycée Cité el amal I Fouchana	Série N°5	Classe : 4 Maths, Sc.Exp,Tech et Sc.Inf
Prof : ANTEBLI Makhlouf	CIRCUIT RLC SERIE AMORTIE ET NON AMORTIE	Sciences physiques A.S : 2010/2011

Exercice N°1 : (suite de l'exercice Bac 2009)

Le condensateur étant complètement chargé, on bascule le commutateur K en position (2). Les chronogrammes de la figure ci-dessous représentent les oscillogrammes obtenus simultanément sur les deux voies de l'oscilloscope.

- 1) Identifier les courbes 1 et 2. Justifier la réponse.
- 2) a- A l'aide de l'un des graphes de la figure ci-dessous, montrer que le circuit R_2LC série est le siège d'oscillations libres amorties de pseudo-période T que l'on déterminera.
b- En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine sachant que T est pratiquement égale à la période propre T_0 du circuit R_2LC série et que $C = 0,5 \mu\text{f}$. Pour ce calcul, on prendra $\pi^2 = 10$.



- 3) a- Calculer graphiquement la valeur de l'énergie totale du circuit R_2LC série respectivement aux instants $t_0 = 0\text{s}$, t_1 et t_2 .
b- En déduire si le circuit R_2LC série est un système conservatif ou bien non conservatif.
c- Calculer l'énergie dissipée par effet joule dans le circuit R_2LC série entre les instants t_1 et t_2 .

EXERCICE N° 2 (Suite Bac 2008)

Le commutateur K qui était en position (1) est basculé en position (2). Le chronogramme de la figure ci-contre illustre la décharge oscillante du Condensateur.

1) Les oscillations enregistrées sont dites des oscillations libres amorties.

Justifier les dénominations :

- a- Oscillations libres
- b- Oscillations amorties.

2) Déterminer, graphiquement,

la valeur de la pseudo-période T des oscillations et la comparer à celle de la période propre $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$

3) l'énergie totale E de l'oscillateur électrique considéré s'écrit :

$$E = \frac{1}{2}Cu_c^2 + \frac{1}{2}Li^2$$

A l'aide du graphique de la figure ci-dessus :

- a- Montrer qu'à l'instant $t_1 = 5 \text{ ms}$, l'énergie E_1 de l'oscillateur est purement électrique.
- b- Montrer qu'à l'instant $t_2 = 12,5 \text{ ms}$, l'énergie E_2 de l'oscillateur est purement magnétique.
- c- Calculer les énergies E_1 et E_2 de l'oscillateur.

A quoi est due la différence entre les deux valeurs trouvées ?

EXERCICE N° 3 :

On réalise le montage expérimental schématisé dur la figure-1-.

Données : $C = 1 \mu\text{F}$; (G) est un générateur idéal de f.é.m. $E = 10 \text{ V}$ et de résistance interne négligeable.

1) (K_2) est ouvert et (K_1) est fermé :

Après une brève durée, la plaque (a) porte la charge maximale Q_0 et l'énergie emmagasinée par le condensateur est W_0 .

Calculer Q_0 et W_0 .

2) On ouvre (K_1) et on ferme (K_2) à une date $t = 0$.

A l'aide d'un système d'acquisition adéquat, nous obtenons la courbe représentant les variations de la tension $U_{AB}(t)$ entre les bornes du condensateur en fonction du temps (figure-2-). Cette courbe montre que le circuit est le siège d'oscillations faiblement amorties. La tension $U_{AB}(t)$ est solution de

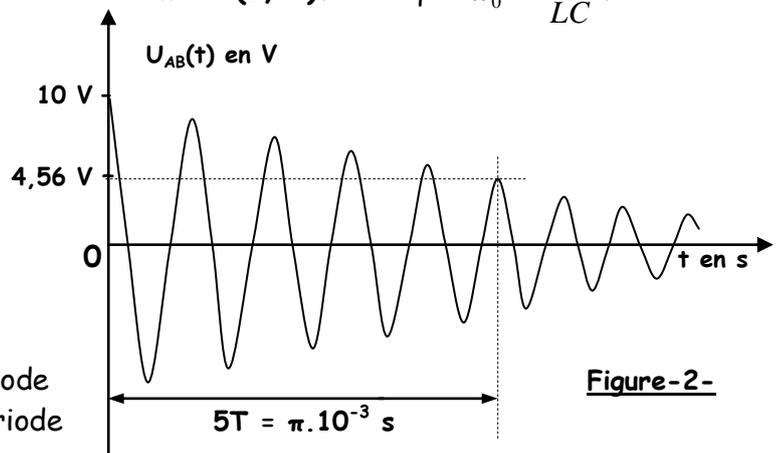
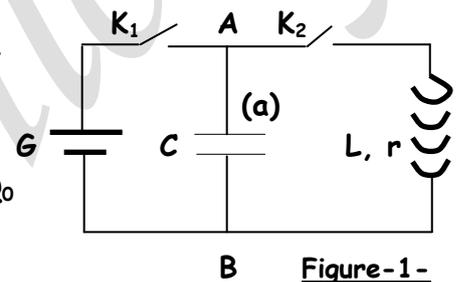
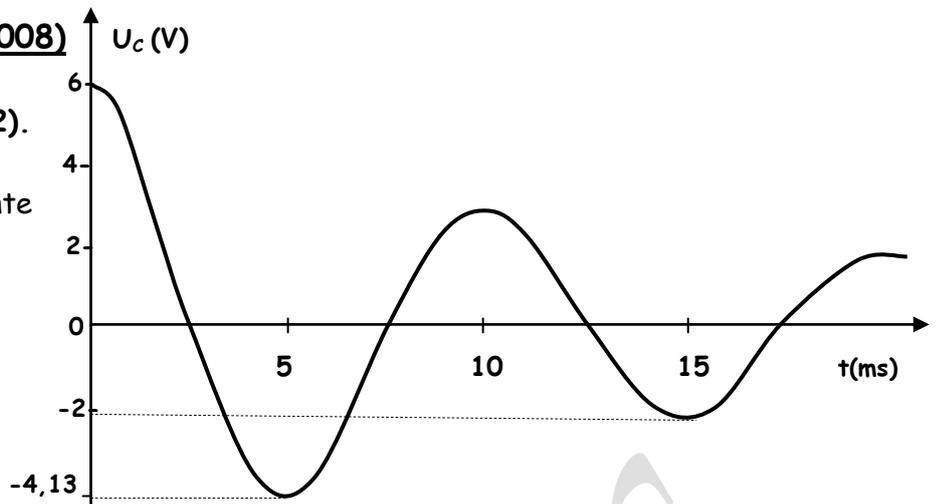
l'équation différentielle $\frac{d^2u_{AB}(t)}{dt^2} + \frac{r}{L} \cdot \frac{du_{AB}(t)}{dt} + \omega_0^2 \cdot u_{AB}(t) = 0$

où ω_0 est la pulsation propre de l'oscillateur libre non amorti (L, C). telle que $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$.

a- Quelle serait cette équation si on élimine le facteur d'amortissement ?

b- Déduire, à partir de la figure-2-, la valeur moyenne de la pseudo-période de la décharge oscillante en utilisant l'intervalle de temps correspondant à 5 oscillations.

c- Déterminer la valeur de l'inductance L de la bobine en admettant que la pseudo-période est donnée par la même expression que la période propre du dipôle (L, C).



- d- Calculer la perte d'énergie par effet joule subie par l'oscillateur libre amorti (r , L , C) entre $t = 0$ et $t = \pi \cdot 10^{-3}$ s.

EXERCICE N° 4 :

Le circuit électrique de la **figure-1** comprend :

- une pile de f.é.m. $E = 6V$ et de résistance interne négligeable.
- Un condensateur de capacité C .
- Une bobine d'inductance L et de résistance propre r .
- Une résistance R variable.
- Deux interrupteurs (K_1) et (K_2).

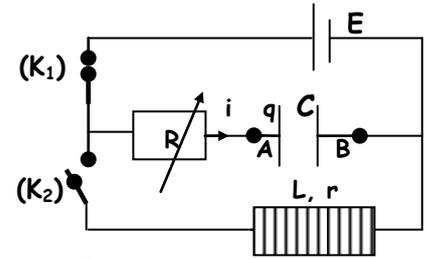


Figure-1-

EXPERIENCE -1- :

(K_2) ouvert, (K_1) Fermé : le condensateur se charge à travers la résistance R . Suite à cette charge la tension aux bornes du condensateur est $U_{AB} = 6V$ et l'énergie emmagasinée est W .

- 1) a- Calculer W sachant que $C = 5 \cdot 10^{-6} F$
- b- Déterminer la valeur de la charge portée par l'armature (A) du condensateur. Justifier son signe.

EXPERIENCE -2- :

Le condensateur étant chargé, on ouvre (K_1) et à l'instant de date $t = 0$ s on ferme (K_2) : des oscillations électriques libres s'établissent dans le circuit (R , r , L et C).

- 2) Préciser, en le justifiant, si les oscillations sont amorties ou non amorties.
- 3) L'équation différentielle traduisant cet état électrique est :

$$L \frac{di(t)}{dt} + \frac{q(t)}{C} + (R+r)i(t) = 0 \quad \text{où} \quad i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

- a- Exprimer l'énergie totale du circuit (R , r , L , C) en fonction de L , C , $q(t)$ et $i(t)$.
- b- En déduire que la variation élémentaire dE pendant une durée dt s'exprime par la relation :
 $dE = -(R+r) i^2 \cdot dt$
- 4) Un dispositif approprié permet de visualiser la courbe donnant la variation au cours du temps de la tension $U_{AB}(t)$ aux bornes du condensateur et correspondante à la **figure -2-**.

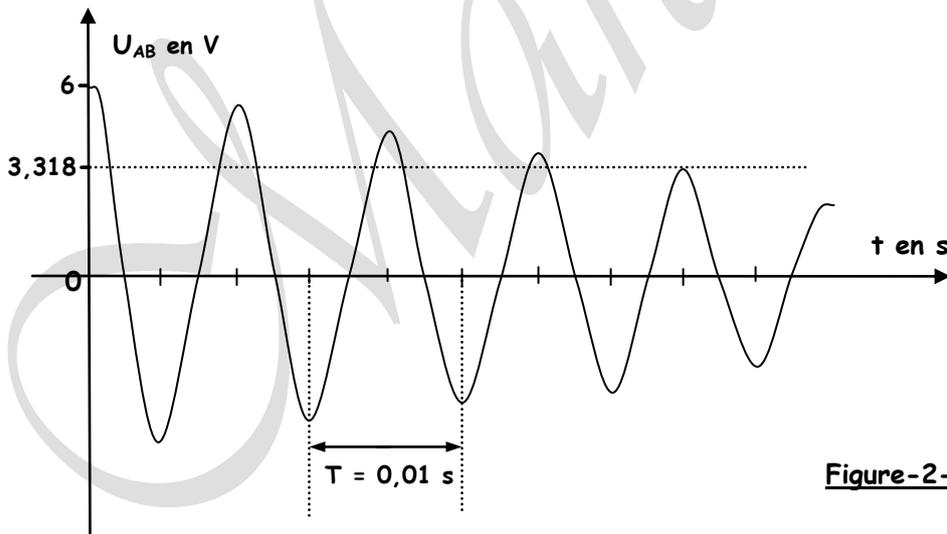


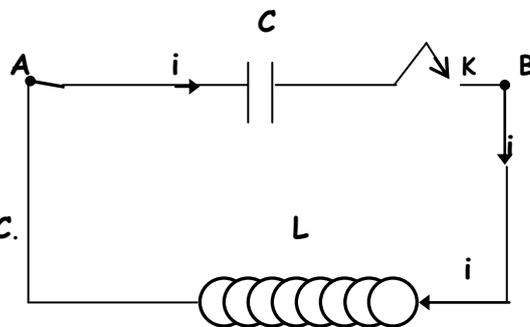
Figure-2-

- a- la résistance totale du circuit électrique étant faible, on admet que la pseudo-période T est égale à la période T_0 de l'oscillateur (L , C). Calculer la valeur de L .
- b- calculer l'énergie électrique dissipée par effet Joule entre les instants de dates $t = 0$ s et $t' = 4T$.

EXERCICE N° 5 :

On étudie les oscillations d'un circuit comportant un condensateur de capacité C chargé sous une tension U_0 , une bobine d'inductance pure L .

En circuit ouvert, la charge de condensateur est $q_0 = 6 \cdot 10^{-6} \text{C}$.
On ferme l'interrupteur K un courant i circule à travers ce circuit (voir figure ci-contre).



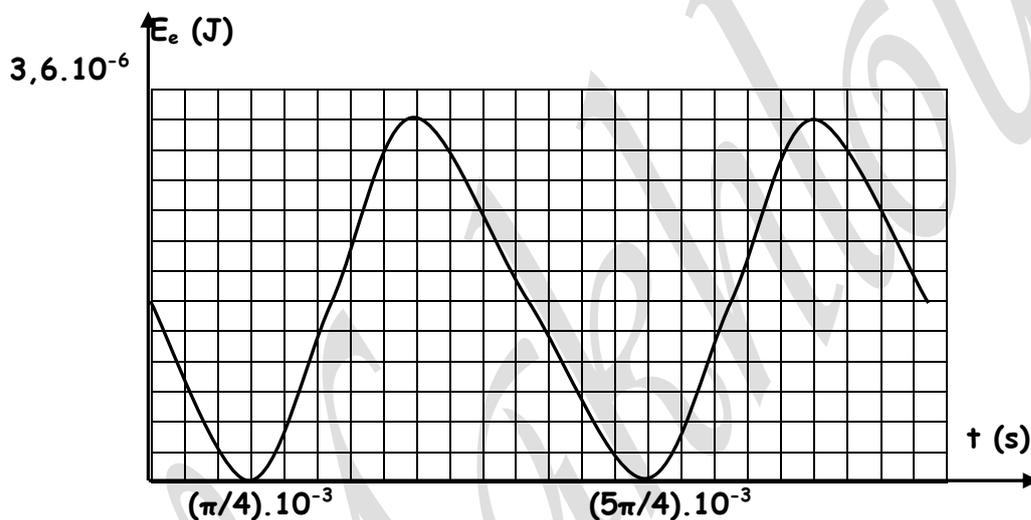
1) a- Donner l'expression de l'énergie électromagnétique E_{em} du circuit à un instant (t) où la charge du condensateur est q et l'intensité de courant est i en fonction de q , i , L , et C .

b- En déduire que les oscillations de la charge q de l'armature A sont sinusoïdales de pulsation propre ω_0 qu'on exprime en fonction de L et C .

c- Montrer que l'énergie électrostatique E_e est une fonction sinusoïdale de temps dont on déterminera :

- sa valeur maximale $(E_e)_{max}$ en fonction de q_0 et C .
- sa période T en fonction de T_0 période propre du circuit.

2) Le graphe ci-dessous représente la variation électrostatique $E_e = f(t)$



Déterminer : a- La période C du condensateur.

b- La période T_0 propre du circuit.

c- L'inductance L de la bobine.

d- La tension de charge U_0 .

3) En réalité la bobine précédente à une résistance R . On charge le condensateur sous la tension U_0 puis on le branche aux bornes de la bobine à l'instant $t = 0 \text{ s}$.

a- Etablir l'équation différentielle donnant $U_c = f(t)$.

b- Montrer que l'énergie électromagnétique E_{em} de l'oscillateur est décroissante et donner

l'expression de la puissance dissipée $\frac{dE}{dt}$ en fonction de R , C et $\frac{dU_c}{dt}$.

c- Donner l'allure de la courbe $U_c = f(t)$ sachant que le régime obtenu est pseudopériodique.

d- Calculer l'amplitude de U_c à la fin de la première oscillation sachant que 15% de l'énergie électromagnétique initiale est dissipée.

EXERCICE N° 6 :

On charge un condensateur de capacité $C = 0,2 \mu\text{F}$, par un générateur de f.é.m. U_0 . A $t = 0$, ce condensateur chargé est monté en série, avec un résistor de résistance R et une bobine d'inductance L

et de résistance négligeable

La vassalisation à l'aide d'un oscilloscope, de la tension aux bornes du condensateur a donné la courbe (a) $U_c = f(t)$. Les sensibilités sont 1ms/division et 2V/division (voir figure 4).

- 1) Dire en le justifiant graphiquement comment varie dans le temps l'énergie électromagnétique du circuit
- 2) Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge $q(t)$.
- 3) Sachant que l'amplitude $U_{c \max}$ des oscillations diminue au cours du temps suivant la relation $\text{Log } U_{c \max} = \text{Log } A - R \cdot t / 2L$.
 - a- Donner la nature des oscillations ultérieures du circuit.
 - b- Donner la signification physique de la grandeur A et la calculer.
- 4) Donner l'expression de l'énergie électromagnétique du circuit et montrer que cette énergie est décroissante en précisant l'expression de dE_{em}/dt en fonction de R et i^2 .
- 5) En exploitant la courbe $U_c = f(t)$ déterminer :
 - a- La valeur de U_0 .
 - b- La pseudo-période T .
 - c- La valeur de L (on prend $T = T_0$: période propre).
 - d- Le temps de relaxation ζ
 - e- La valeur de R .
 - f- L'énergie perdue par le circuit pendant la première oscillation.
- 6) Montrer qu'à l'instant $t = 7T/2$, l'énergie E_1 de l'oscillateur est purement électrique. Calculer sa valeur.
- 7) Montrer qu'à l'instant $t = 3T/4$, l'énergie E_2 de l'oscillateur est purement magnétique. Calculer sa valeur, en précisant clairement, sur la courbe de la figure 4 la méthode utilisée.
- 8) On refait la même expérience mais avec un autre résistor de résistance R' ($R' > R$), on obtient la courbe (b) sur la figure 4. Interpréter cette courbe en précisant le nom de ce régime.

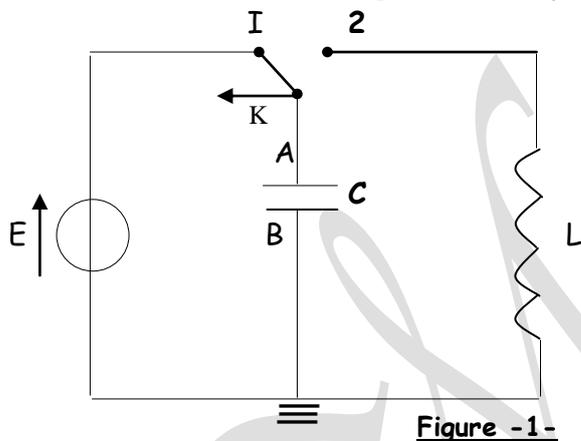


Figure -1-

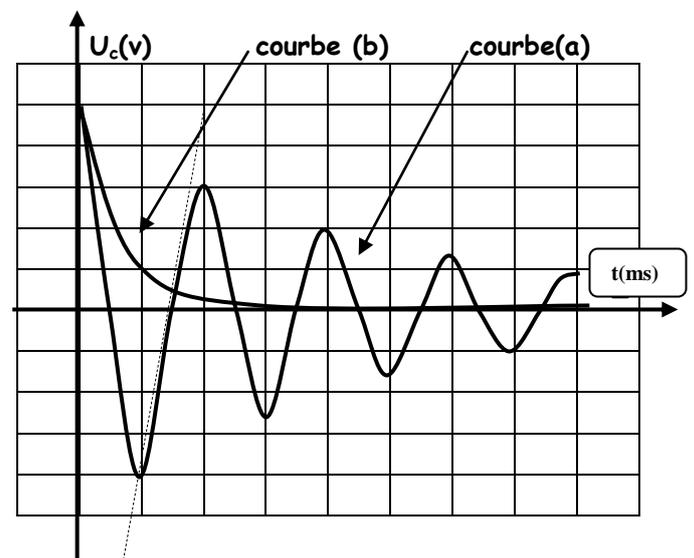
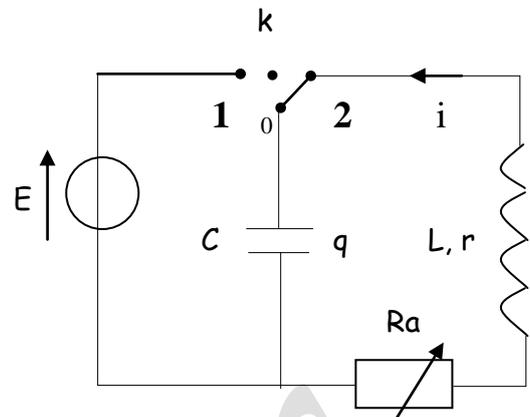


Figure-4-

EXERCICE N°7 :

On réalise le circuit correspondant au schéma suivant.

Le condensateur de capacité $C = 16\mu\text{F}$ est préalablement chargé à l'aide d'un générateur idéal de tension continue (interrupteur en position 1). Il se décharge ensuite à partir de la date $t = 0$ s (interrupteur en position 2) à travers un circuit comportant une bobine d'inductance $L = 1$ H, de résistance r et un condensateur ohmique de résistance variable R_a .



I Un dispositif permet de suivre pendant la décharge, la tension U_c aux bornes du condensateur (figure 1).

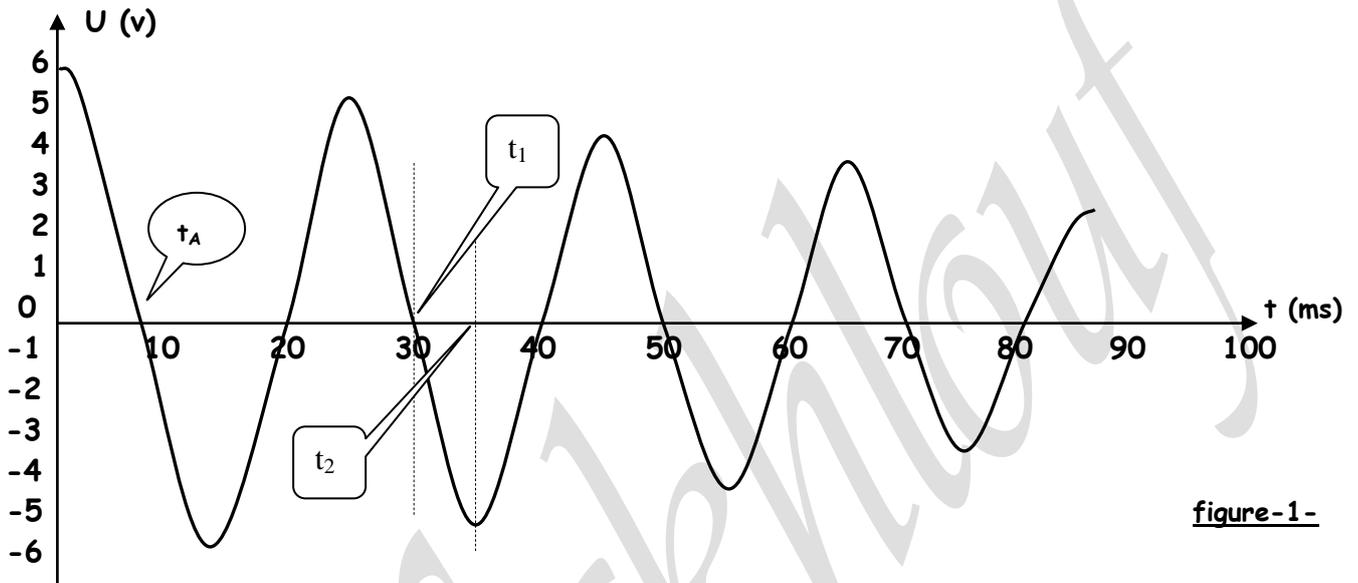


figure-1-

- 1) a- Comment appelle-t-on le type d'oscillations observées ?
- b- Comment expliquer la légère décroissance des oscillations ?
- c- A partir de l'oscillogramme, déterminer la valeur de la grandeur temporelle T caractérisant le phénomène. Donner le nom du phénomène observé.
- d- Entre les instants de dates t_1 et t_2 (figure 1), le condensateur se charge-t-il ou se décharge-t-il ? Justifier la réponse.
- e- A partir de la courbe traduisant $U_c(t)$ trouver la valeur de i à l'instant t_1 et le sens réel de circulation du courant entre t_1 et t_2

- 2) a- Montrer que la charge instantanée $q(t)$ du condensateur vérifie la relation :

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{R}{L} \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC} q = 0 \quad \text{avec} \quad R = R_a + r.$$

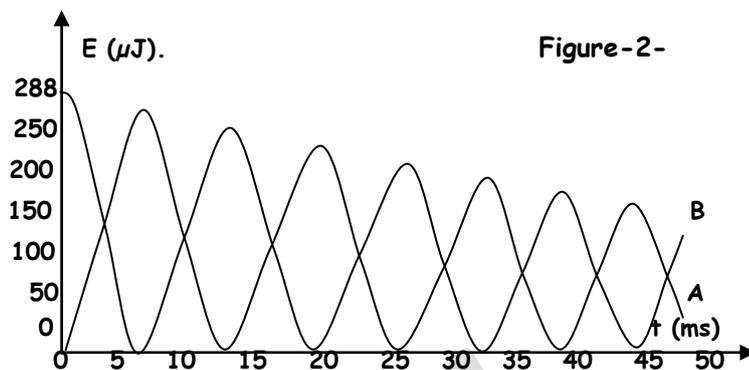
- b- On souhaite étudier l'énergie totale E de l'oscillateur électrique. Cette énergie est la somme de l'énergie électrique $E_c = \frac{1}{2} C u_c^2$ emmagasinée dans le condensateur et de l'énergie magnétique

$$E_L = \frac{1}{2} L i^2 \text{ emmagasinée dans la bobine. Montrer que } \frac{dE}{dt} = -R i^2$$

- 3) a- Un logiciel est utilisé pour calculer, à partir des mesures, les valeurs de ces énergies et fournir les courbes donnant leur variation en fonction du temps (figure 2). L'origine des dates étant la même pour toutes les courbes des figures 1 et 2, attribuer, en justifiant, chaque courbe à l'énergie qui lui correspond.
- b- Quelle est l'énergie totale du circuit à l'instant $t = 0$ s. Sous quelle forme se présente-t-elle ?

- c- Calculer la perte d'énergie par effet Joule pendant la première pseudo-période d'oscillations.
 4) soit t_A la date à laquelle la tension aux bornes du condensateur est nulle pour la première fois.

- a- Déterminer l'énergie stockée dans la bobine à cet instant de date t_A
 c- Est-ce la seule forme d'énergie stockée à la date t_1 ? Justifier
 d- Exprimer l'énergie stockée à la date t_A en pourcentage de l'énergie totale initiale.
 e- On souhaiterait diminuer ce pourcentage. Sur quel paramètre doit-on agir ? Justifier



EXERCICE N° 8 :

Un condensateur de capacité $C = 1 \mu\text{F}$ est chargé par un générateur de Courant continu de f.é.m. E et de résistance interne négligeable. Le condensateur ainsi chargé est branché, à l'origine des dates, aux bornes d'une bobine purement inductive d'inductance L (fig.ci-contre).

1) Donner l'expression de l'énergie électromagnétique W du circuit (L, C) à un instant t en fonction de q, C, L et i avec : q et i sont respectivement la charge du condensateur et l'intensité du courant dans le circuit à l'instant t .

2) a- Etablir l'équation différentielle des oscillations électriques dans le circuit (L, C).

b- Montrer que $q(t) = Q_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$ est une solution de cette équation différentielle où $\omega_0^2 = 1/L$ et Q_m : charge maximale du condensateur.

c- On déduire que l'énergie électromagnétique W est constante.

3) On donne la courbe de variation de i^2 en fonction de q^2 . voir fig.

a- Justifier théoriquement l'allure de cette courbe.

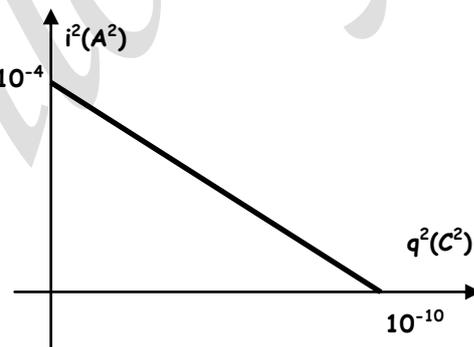
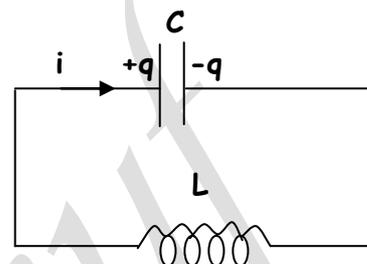
b- A partir du graphique déterminer :

- L'intensité maximale I_m du courant dans le circuit.
- La charge maximale Q_m .
- La pulsation propre ω_0 des oscillations.
- L'expression de $q(t)$.

c- Déduire les valeurs de L et de la f.é.m. E du générateur.

4) a- Etablir les expressions des énergies électrostatiques E_e et magnétique E_m en fonction du temps. Préciser leur période.

b- Déterminer les instants t appartenant à $[0 ; T_0]$ pour lesquels $E_e(t) = E_m(t)$. Avec T_0 période propre des oscillations.



EXERCICE N° 9 :

La résistance de la bobine est négligeable. La tension aux bornes du condensateur vaut $U_0 = 10 \text{ V}$, l'interrupteur K étant ouvert. A l'instant $t = 0$ on ferme l'interrupteur K .

1) Des enregistrements ont permis d'obtenir l'expression de

$$u(t) = 10 \cos(2 \cdot 10^4 t) \text{ en volt}$$

$$i(t) = 20 \sin(2 \cdot 10^4 t) \text{ en mA}$$

a- Ecrire la relation entre u, C et du/dt . Justifier.

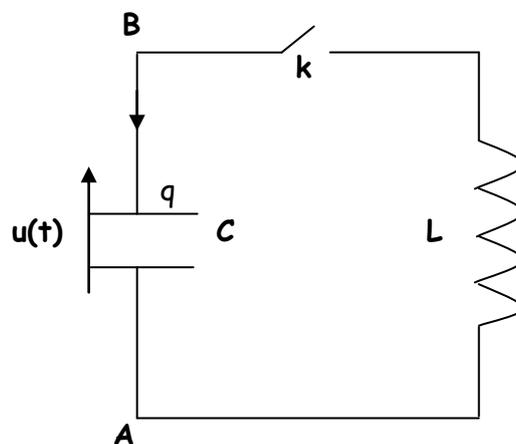
b- Montrer que $C = 100 \mu\text{F}$.

c- Calculer la valeur de L .

d- Calculer la valeur de l'énergie E du circuit.

e- Comment varie E au cours du temps ?

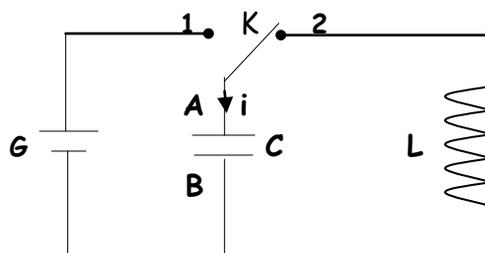
f- Calculer la période propre T_0 .



2) On appelle t_1 la date à laquelle, pour la première fois après la fermeture de K , l'énergie est répartie de façon égale entre la bobine et le condensateur. Calculer $u(t_1)$ et $i(t_1)$.

EXERCICE N° 10 :

Un circuit est constitué par un condensateur de capacité C et une bobine d'inductance $L = 0,1 \text{ H}$ et de résistance négligeable. Le montage réalisé est représenté par le schéma de la figure ci-contre.



Le condensateur est chargé sous une tension $U_{AB} = U_{Cm}$, l'interrupteur K étant en position 1.

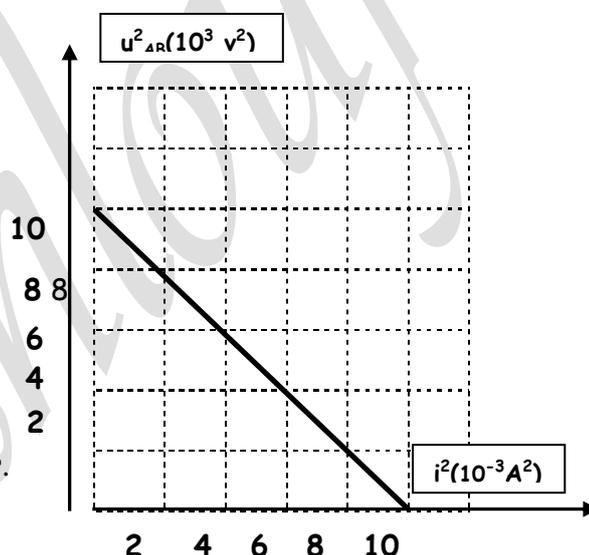
Le condensateur est ensuite relié, à $t = 0$, à la bobine lorsque l'interrupteur K est placé en position 2.

- 1) Etablir l'équation différentielle en fonction de la charge q de l'armature A du condensateur. En déduire l'expression de la pulsation propre ω_0 .
- 2) a- Exprimer l'énergie magnétique totale E du circuit, à un instant t quelconque, en fonction de l'intensité du courant i , de la charge q , L , et C .
b- Exprimer cette énergie en fonction de C et U_{Cm} . Conclure quant à la variation de cette énergie
- 3) Montrer que le carré de la tension u_{AB} aux bornes du condensateur peut s'écrire :

$$U_{AB}^2 = -(L^2 \omega_a^2) i^2 + U_{Cm}^2$$

- 4) Une étude expérimentale a permis de tracer la courbe de variation du carré de la tension U_{AB} en fonction du carré de l'intensité du courant (figure ci-contre).

- a- Déterminer à partir de la courbe U_{Cm} et ω_0 .
- b- Déduire la valeur de la capacité C .
- c- Déduire la valeur de l'énergie totale E
- d- Exprimer en fonction du temps t :
 - ✓ La charge $q(t)$ de l'armature A du condensateur.
 - ✓ L'intensité du courant $i(t)$.

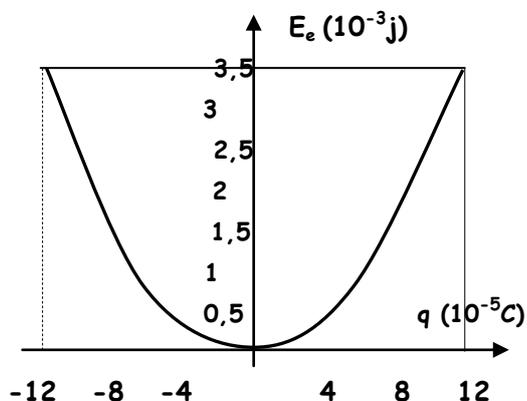


EXERCICE N° 11 :

Un condensateur de capacité C est chargé sous une tension constante U puis isolé à $t = 0s$.

Le condensateur est relié à une bobine d'inductance L et de résistance négligeable.

- 1) Montrer en utilisant une étude énergétique que le circuit est le siège d'oscillations électriques. Donner l'expression de sa période.
- 2) La figure ci-contre représente l'énergie électrique totale de l'oscillateur L, C et l'énergie électrostatique. Déterminer graphiquement :



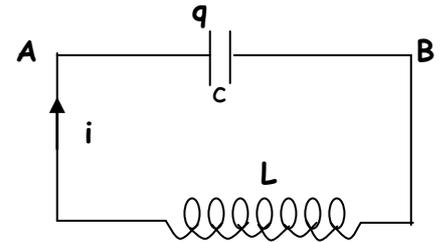
- a- La charge maximale de l'armature positive du condensateur
- b- L'énergie électrique totale du circuit (L, C).
- c- Déduire la valeur de la capacité du condensateur.
- d- Sachant que $L = 80 \text{ mH}$ calculer l'intensité maximale du courant I_m

EXERCICE N° 12 :

On charge un condensateur de capacité $C = 0,1 \mu\text{F}$ sous une tension $U_{AB} = 10 \text{ v}$.

- 1) Calculer la charge initiale Q_0 de l'armature A ainsi que l'énergie initiale E_0 emmagasinée par le condensateur.
- 2) A $t = 0$, on relie le condensateur ainsi chargé à une bobine d'inductance $L = 1\text{H}$ et de résistance supposée nulle.

On désigne par q la charge prise par l'armature A du condensateur et par i l'intensité du courant électrique qui circule dans le circuit à un instant t . (figure ci-contre)



a- Etablir l'équation différentielle régissant l'évolution de la charge q en fonction du temps. Exprimer et calculer la pulsation propre ω_0 du circuit oscillant.

b- Donner les équations horaires $q(t)$ et $i(t)$.

3) a- Exprimer, en fonction du temps, l'énergie électrique E_e emmagasinée dans le condensateur et l'énergie magnétique E_m emmagasinée dans la bobine.

b- Montrer que l'énergie électrique $E = E_e + E_m$ de l'oscillateur LC se conserve au cours du temps. Calculer sa valeur.

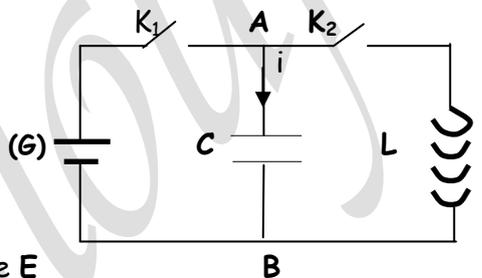
c- Représenter, en fonction de q^2 sur le même graphique les énergies E_e, E_m et E .

En déduire la relation $i^2 = \omega_0^2(Q_0^2 - q^2)$. Pour quelles valeurs de q $E_e = E_m$.

EXERCICE N° 13 :

Un oscillateur électrique est formé d'une bobine de résistance négligeable et d'inductance L et d'un condensateur de capacité C préalablement chargé, à l'aide du générateur G .

(K_1 fermé, K_2 ouvert). A l'instant $t = 0 \text{ s}$, on ouvre K_1 et on ferme K_2 .



1) En respectant l'orientation du circuit, établir l'équation différentielle en fonction de la charge q de l'armature A.

2) Donner en fonction de q, i, L et C l'expression de l'énergie totale E du circuit. En déduire que E est une constante. Etablir son expression en fonction de Q_m et C .

3) On donne les variations de l'énergie emmagasinée dans la bobine en fonction de la charge q .

$q (10^{-3} \text{ c})$	0,5	1	1,5	2
$W_L (10^{-2} \text{ J})$	12	10,5	8	4,5

a- Tracer la courbe $W_L = f(q^2)$.

b- Etablir théoriquement l'expression de W_L en fonction de q^2 .

c- Déduire alors la valeur de la capacité C de la valeur de la charge maximale Q_m .

4) Représenter sur le même graphique les courbes représentant l'énergie W_e du condensateur et l'énergie totale E en fonction de q^2 . Justifier.

5) Etablir l'expression de l'intensité de courant i en fonction de la pulsation propre ω_0, Q_m , et q . Calculer sa valeur pour $q = Q_m / 2$. On donne $L = 0,01 \text{ H}$.

EXERCICE N° 14 :

Le circuit de la figure-1- est constitué d'un condensateur de capacité C , d'un générateur de f.é.m. $U_0 = 12\text{V}$ et de résistance négligeable, d'une bobine d'inductance L et de résistance négligeable.

1) Décrire brièvement ce qui se passe lorsque le commutateur K est en position 1.

2) Décrire brièvement ce qui se passe lorsque le commutateur K est basculé de la position 1 sur la position 2. du courant circulant dans le circuit à une date $t > 0$.

a- Montrer que les oscillations de la charge q sont sinusoïdales.

b- Exprimer l'énergie totale E du circuit en fonction de q , L , C et i l'intensité du courant dans la bobine.

c- Dédire que l'énergie totale E se conserve. Donner son expression en fonction de C et U_0

4) La courbe de la **figure-2-** représente la variation de l'énergie électrostatique E_e en fonction de i^2

a- Justifier l'allure de la courbe

b- Dédire à partir de la courbe :

- o L'énergie totale E .
- o L'intensité maximale I_m du courant.
- o L'inductance L de la bobine.
- o La capacité C du condensateur
- o La pulsation propre ω_0

5) Exprimer numériquement $q(t)$

6) Exprimer l'énergie électrostatique E_e en fonction du temps .

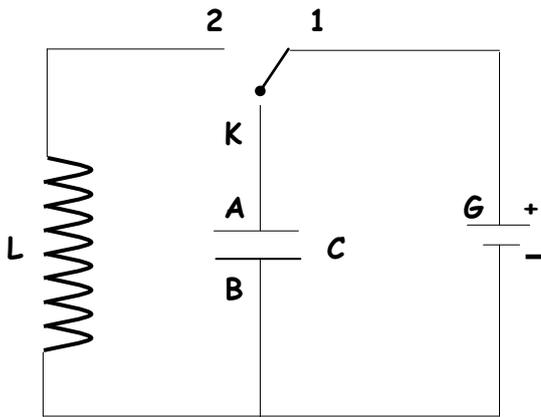


Figure -1-

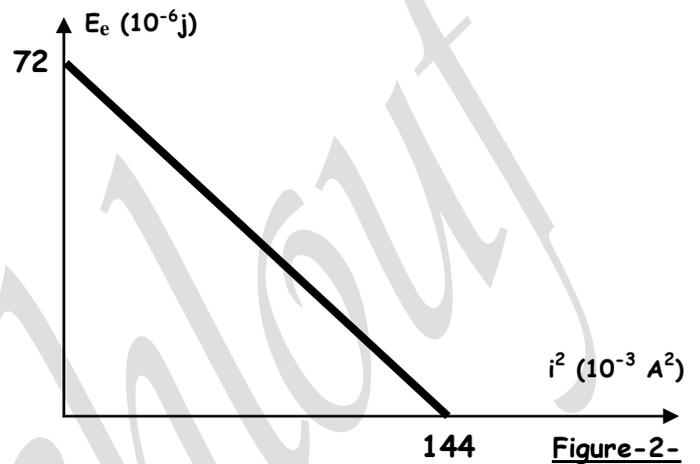


Figure-2-