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**

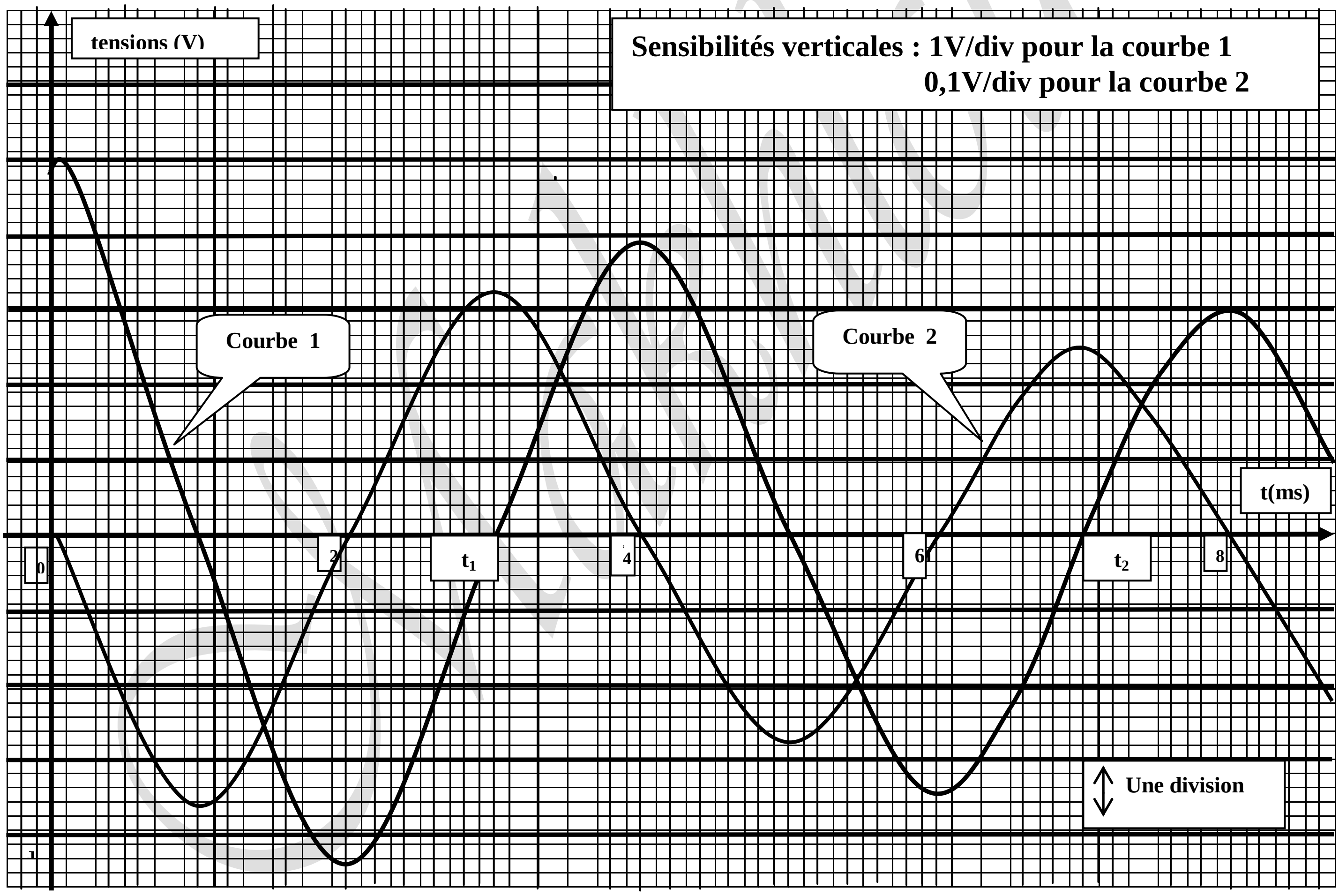
Exercice N°1 : (suite de l'exercice Bac 2009)

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 $C = 0,5\ \mu f$. Pour ce calcul, on prendra $\pi^2 = 10$.



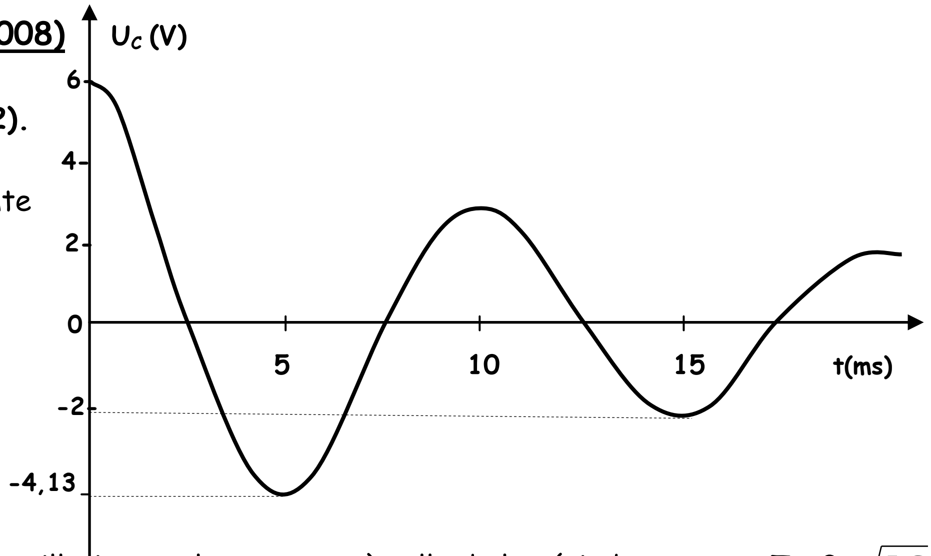
3) a- Calculer graphiquement la valeur de l'énergie totale du circuit R_2LC série respectivement aux instants $t_0 = 0s$, t_1 et t_2.

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 $t_1 = 5$ **ms**, l'énergie E_1 de l'oscillateur est purement électrique.

b- Montrer qu'à l'instant $t_2 = 12,5$ **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 : $C = 1\ \mu F$; **(G)** est un générateur idéal de **f.é.m.E = 10 V** et de résistance interne négligeable.

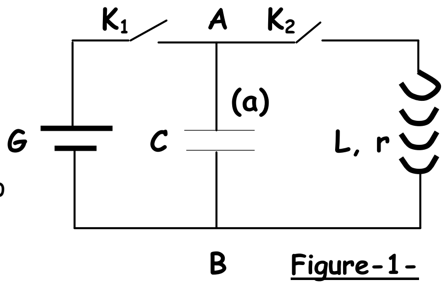


Figure-1-

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 $\frac{d^2u_{AB}(t)}{dt^2} + \frac{r}{L}.\frac{du_{AB}(t)}{dt} + \omega_0^2.u_{AB}(t) = 0$

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)**.

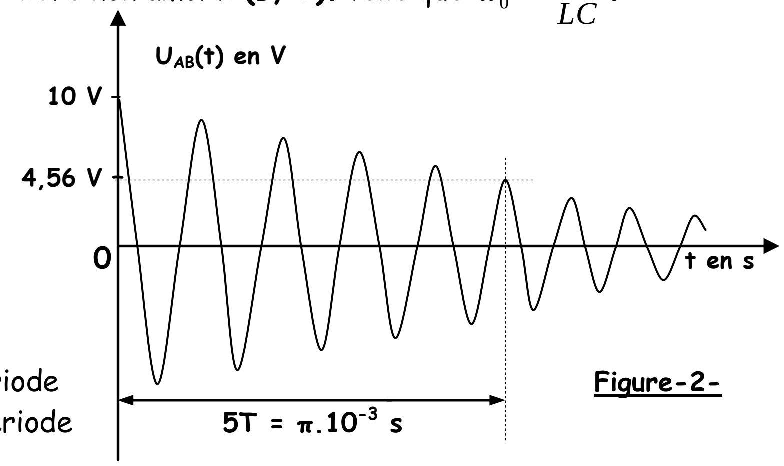


Figure-2-

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

EXERCICE N° 4 :

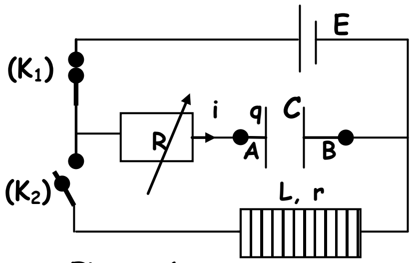


Figure-1-

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)**.

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} = 6 V** et l'énergie emmagasinée est **W**.

1) a- Calculer **W** sachant que **C = 5.10^{-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 :

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

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. 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-** .

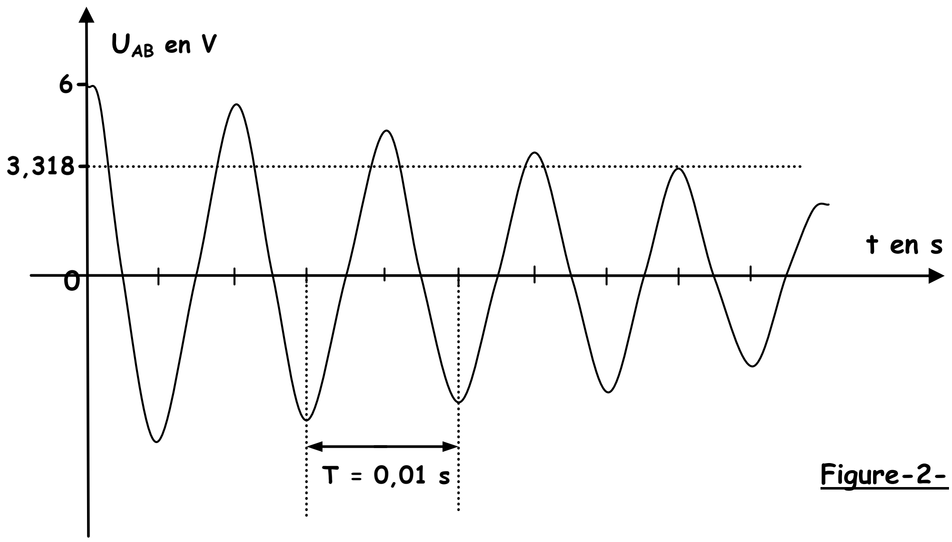
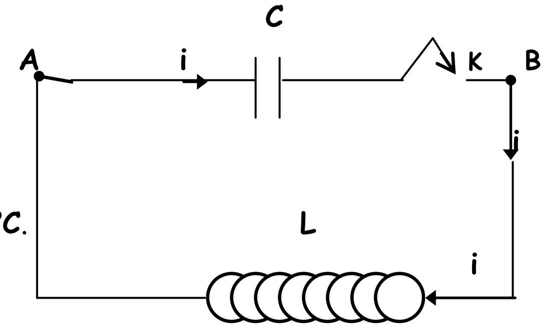


Figure-2-

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 $q_0 = 6.10^{-6}C$.
On ferme l'interrupteur K un courant i circule à travers ce circuit **(voir figure ci-contre)**.

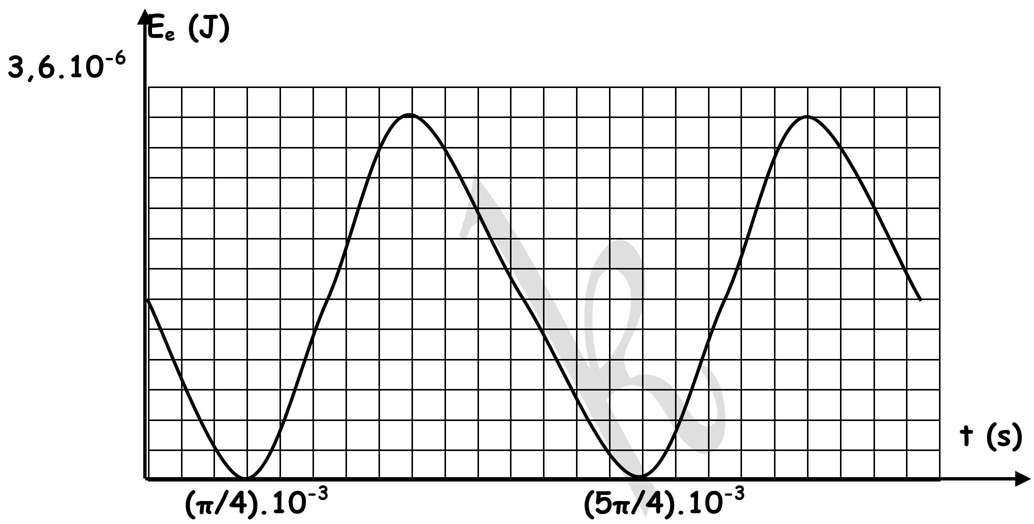
1) a- Donner l'expression de l'énergie électromagnétique E_{em} du circuit à un instant **(t)** où la charge du condensateur est **q** et l'intensité de courant est **i** en fonction de **q, i, L,** et **C**.

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 $t = 0$ s.

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

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 a 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 $C = 0,2\ \mu F$, 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
   $\mathbf{Log\ U_{C\,max} = Log\ A - R.t/2L}$.
   - **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.

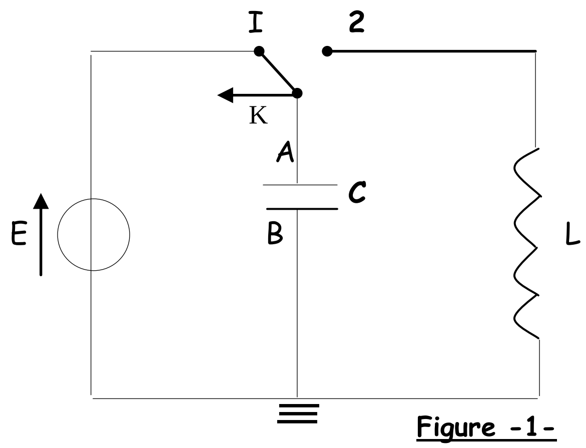
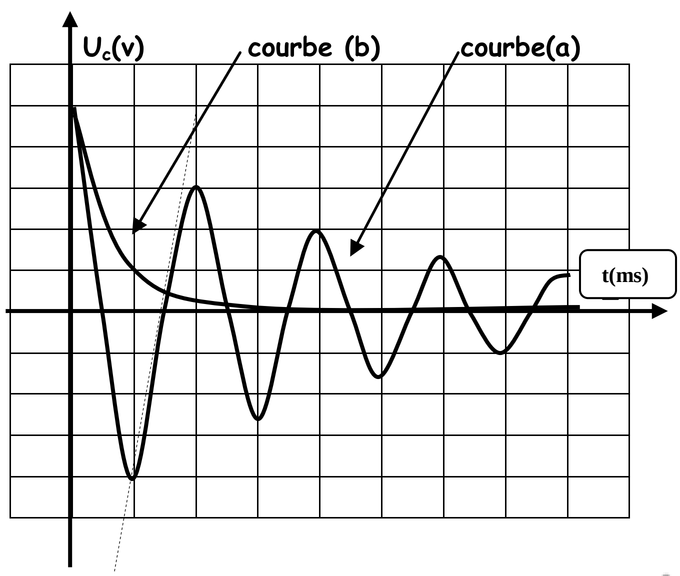
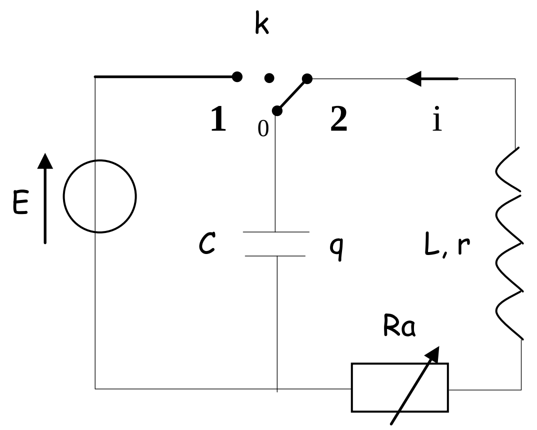


Figure -1-

Figure-4-



EXERCICE N°7 :



On réalise le circuit correspondant au schéma suivant.
Le condensateur de capacité **C = 16µF** est préalablement chargé a 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 **Ra**.

I Un dispositif permet de suivre pendant la décharge, la tension U_C aux bornes du condensateur **(figure1)**.

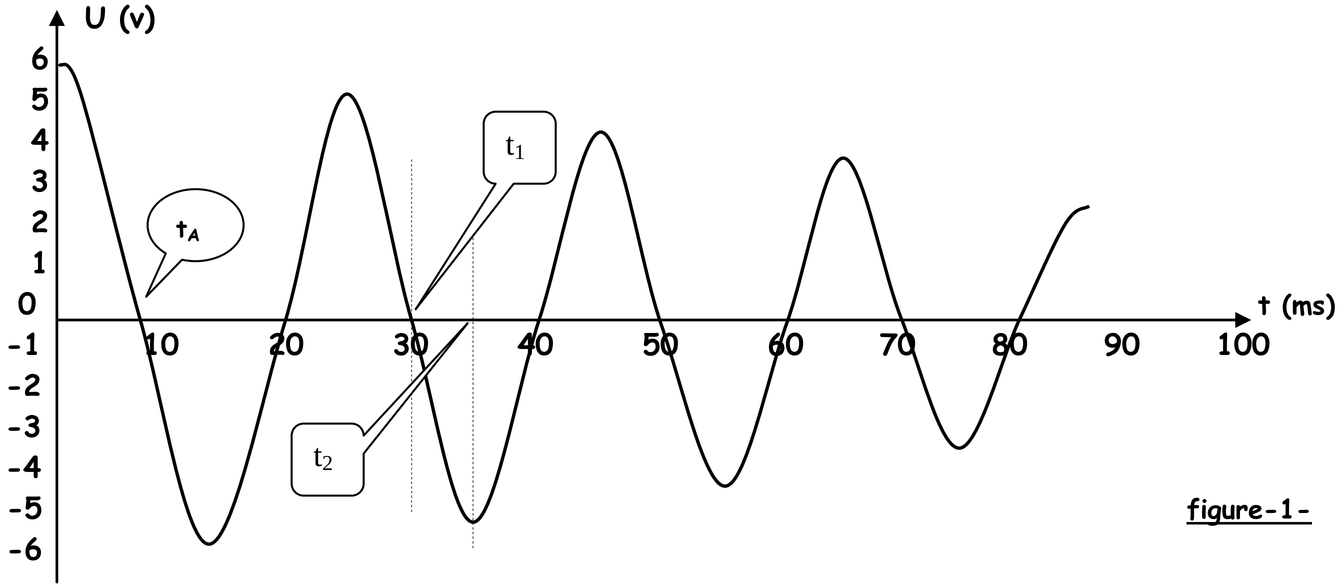


figure-1-

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 :

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

b- On souhaite étudier l'énergie totale **E** de l'oscillateur électrique. Cette énergie est la somme de l'énergie électrique $E_C = \frac{1}{2}Cu_c^2$ emmagasinée dans le condensateur et de l'énergie magnétique $E_L = \frac{1}{2}Li^2$ emmagasinée dans la bobine .Montrer que $\frac{dE}{dt}=-Ri^2$

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 corresponde.

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 quelle la tension aux bornes du condensateur est nulle pour la premier 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

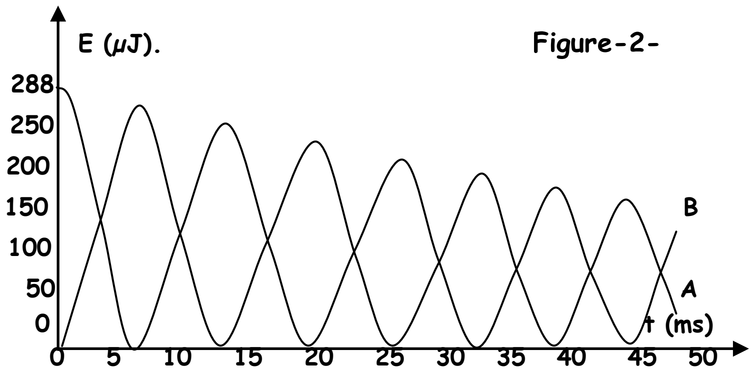
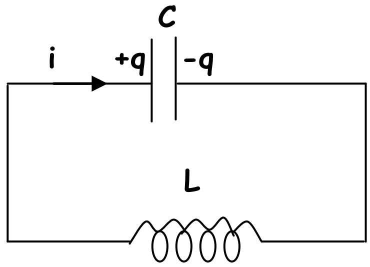


Figure-2-

EXERCICE N° 8 :

Un condensateur de capacité **$C = 1\ \mu F$** 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).**



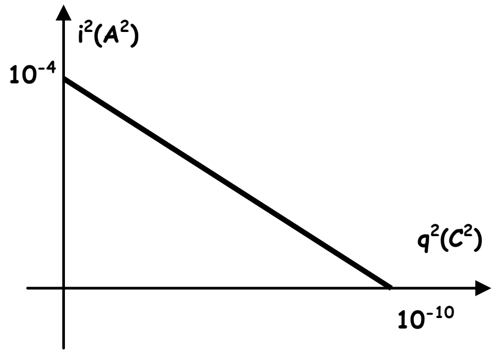
1) Donner l'expression de l'énergie électromagnétique W du circuit **(L, C)** à un instant **t** en fonction de **q, C, L** et **i** avec : **q** et **i** sont respectivement la charge du condensateur et l'intensité du courant dans le circuit à l'instant **t**.

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

b- Montrer que **$q(t) = Q_m \sin(W_0 t + \varphi)$** est une solution de cette équation différentielle où **$W_0^2 = 1/L$** 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 **W_0** des oscillations.
- L'expression de **q(t).**

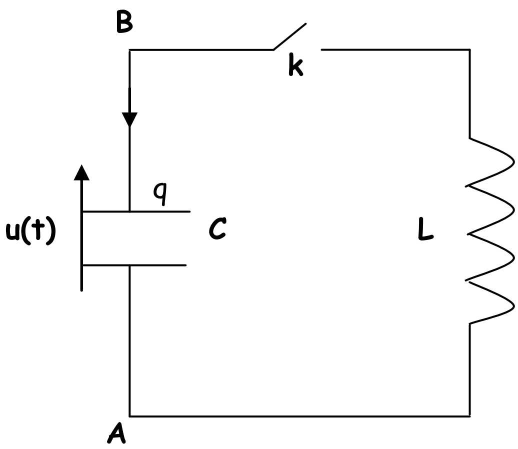
c- Déduire les valeurs de L et de la **f.é.m.E** du générateur.

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 **$U_0 = 10\ V$**, 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)** et **i(t)** : **$u(t) = 10\cos(2\ 10^4 t)$ en volt**

$i(t) = 20\sin(2\ 10^4 t)$ en mA

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

b- Montrer que **$C = 100\mu F$**.

c- Calculer la valeur de **L**.

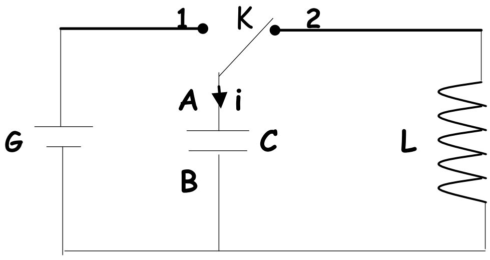
d- Calculer la valeur de l'énergie **E** du circuit.

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 :



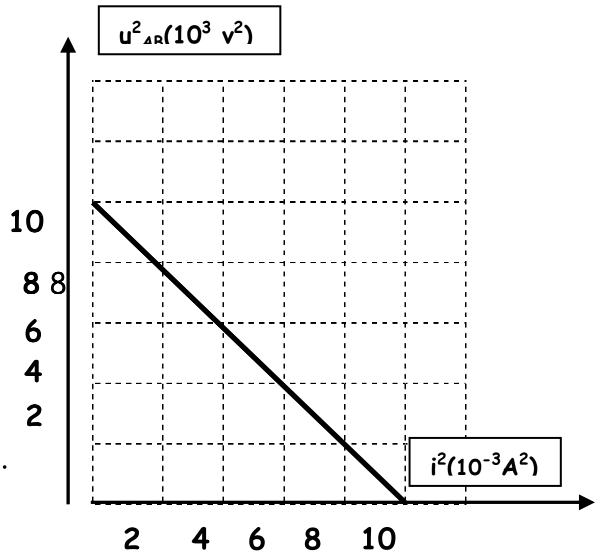
Un circuit est constitué par un condensateur de capacité **C** et une bobine d'inductance **L = 0,1 H** et de résistance négligeable. Le montage réalisé est représenté par le schéma de la figure **ci-contre**.

Le condensateur est chargé sous une tension $U_{AB} = U_{C\,m}$, 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**.

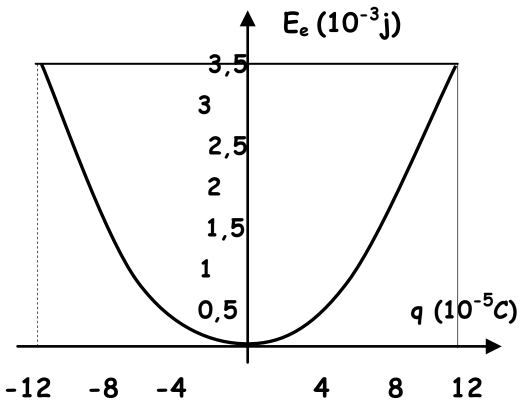
1) Etablir l'équation différentielle en fonction de la charge **q** de l'armature **A** du condensateur .En déduire l'expression de la pulsation propre ω_0.
2) **a-** Exprimer l'énergie magnétique totale **E** du circuit, à un instant **t** quelconque, en fonction de l'intensité du courant **i**, de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

$$U^2_{AB} = -(L^2\omega_a^2)\, i^2 + U^2_{cm}$$



4) Une étude expérimentale à permis de tracer la courbe de variation du carrée de la tension U_{AB} en fonction du carrée de l'intensité du courant **(figure ci-contre)**.
   - **a-** Déterminer à partir de la courbe $U_{C\,m}$ 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.

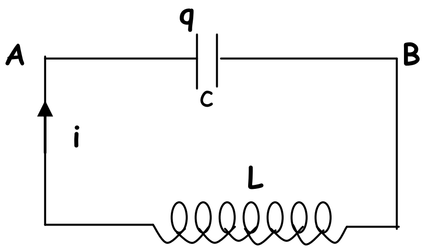
1) Montrer en utilisant une étude énergétique que le circuit est le siège d'oscillations électriques. Donner l'expression de sa période.
2) La figure **ci-contre** représente l'énergie électrique totale de l'oscillateur **L,C** et l'énergie électrostatique. Déterminer graphiquement :

- **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 mH** calculer l'intensité maximale du courant I_m

EXERCICE N° 12 :

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

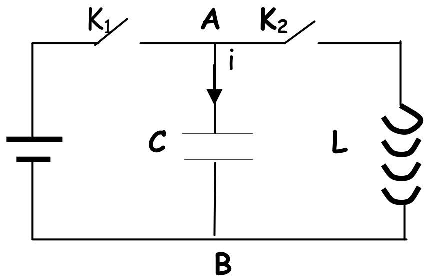
b- Montrer que l'énergie électrique $E = E_e + E_m$ de l'oscillateur **LC** se conserve au cours du temps. Calculer sa valeur.

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

En déduire la relation $i^2 = W_0^2(Q_0^2 - q^2)$. 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 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**.

$q\ (10^{-3}\ c)$	0,5	1	1,5	2
$W_L\ (10^{-2}\ J)$	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 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. $U_0 = 12V$ et de résistance négligeable, d'une bobine d'inductance **L** et de résistance négligeable.

1) Décrire brièvement ce qui se passé lorsque le commutateur **K** est en **position 1**.
2) Décrire brièvement ce qui se passé 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- Déduire 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- Déduire à partir de la courbe :

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

5) Exprimer numériquement **q(t)**

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

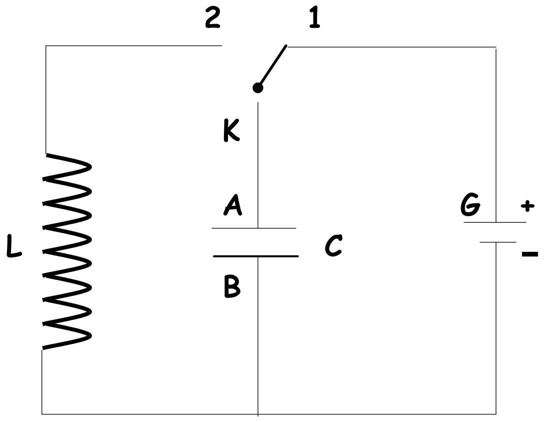


Figure -1-

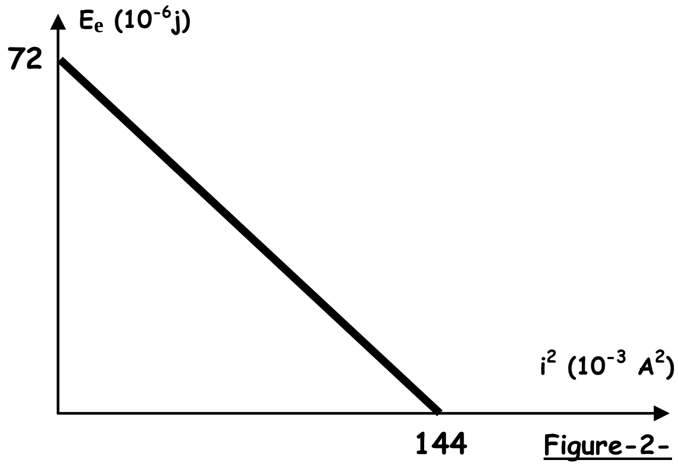


Figure-2-