

## Exercices sur les oscillations libres dans le circuit RLC série

### 2<sup>e</sup> bac SM sibm

#### Exercice n°1 :

On réalise un circuit RLC-série, comprenant un condensateur de capacité  $C$  initialement chargé, une bobine d'inductance  $L=0,2\text{H}$  et de résistance négligeable et un résistor de résistance  $R$  variable.

La tension  $u_C(t)$  aux bornes du condensateur est visualisée à l'aide d'un capteur voltmètre relié à un ordinateur.

1) Pour  $R=R_1=10\Omega$ , on obtient la courbe ci-contre.

- a- Déterminer la pseudopériode des oscillations.
- b- Calculer la valeur de la capacité  $C$  en admettant que la pseudopériode est égale à la période propre  $T_0$  du circuit.

2) a- Etablir l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension  $u_C(t)$ .

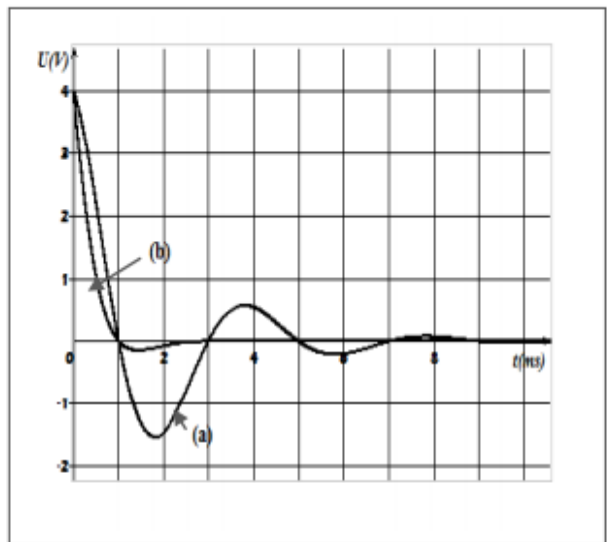
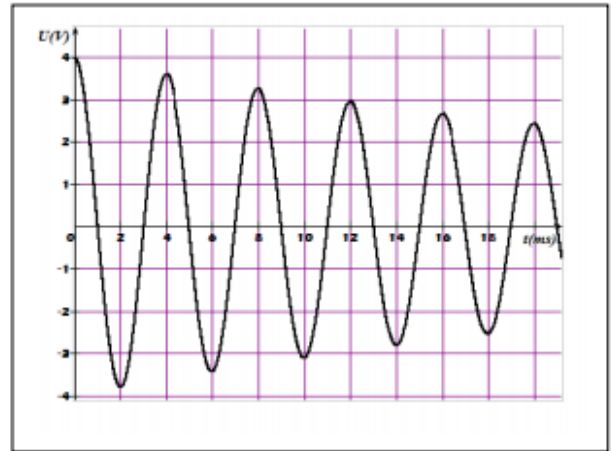
- b- Montrer que l'énergie totale de l'oscillateur n'est pas conservée.

3) On demande de déterminer la valeur de:

- a- l'énergie totale  $E_0$  à l'instant  $t_0=0\text{ms}$ .
- b- l'énergie totale  $E_1$  à l'instant  $t_1=12\text{ms}$ .
- c- l'énergie  $W$  transformée en chaleur dans le circuit entre les instants  $t_0$  et  $t_1$ .

4) Pour deux valeurs différentes  $R_2$  et  $R_3$  de  $R$ , telle que  $R_2 > R_3$ , on obtient les courbes (a) et (b).

Attribuer à chaque courbe à la résistance correspondante et nommer le régime des oscillations dans chaque cas.



#### Exercice n°2

Le circuit électrique schématisé sur la figure 1, comporte deux interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$ , un générateur idéal de tension continue de fem  $E$ , un condensateur de capacité  $C$  et d'armatures A et B, une bobine d'inductance  $L$  et de résistance négligeable.

1/ L'interrupteur  $K_2$  étant ouvert, on ferme  $K_1$ . Après une brève durée, l'armature A porte une charge maximale  $Q_0$  et le condensateur emmagasine une énergie électrostatique  $W_0$ .

- a- Exprimer  $Q_0$  en fonction de  $E$  et  $C$ .
- b- Exprimer  $W_0$  en fonction de  $Q_0$  et  $C$ .

2/ Le condensateur étant chargé; à l'instant  $t = 0$  on ouvre  $K_1$  et on ferme  $K_2$ . A un instant  $t$  quelconque, l'armature A du condensateur porte une charge électrique  $q$ .

- a- Exprimer l'énergie électromagnétique  $W$  en fonction de  $L$ ,  $C$ ,  $q$  et l'intensité du courant  $i$ .
- b- Montrer, sans faire aucun calcul que cette énergie se conserve et qu'elle est égale à  $W_0$ .
- c- Dédire l'équation différentielle des oscillations électriques de la charge  $q$ .
- d- Déterminer l'expression de la période propre  $T_0$  en fonction de  $L$  et  $C$ .
- e- Déterminer la valeur de  $\varphi_q$ , sachant que l'expression de la charge s'écrit :  $q(t) = Q_0 \sin(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi_q)$ .

3/ Montrer que l'expression de l'énergie magnétique de la bobine  $W_L$  en fonction du temps s'écrit :

$$W_L = \frac{W_0}{2} [1 + \cos(\frac{4\pi}{T_0}t + \pi)].$$

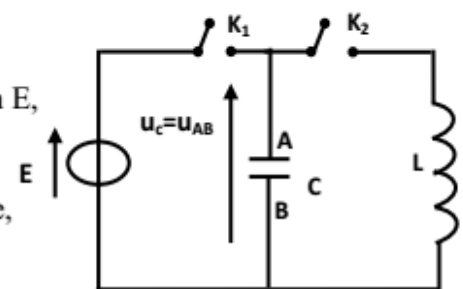


Figure-1

4/ Une étude expérimentale a permis de tracer sur la figure 2 les courbes, traduisant les variations de l'énergie magnétique  $W_L$  en fonction de  $i$  et en fonction du temps.

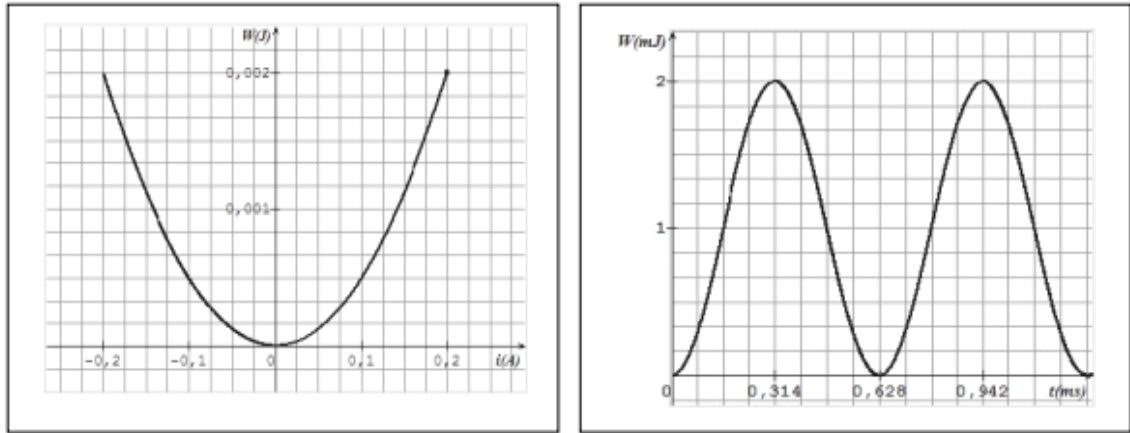
Déterminer, en exploitant ces courbes :

a- les valeurs de  $L$  et de  $W_0$ .

b- La valeur de  $T_0$ .

5/ Déterminer alors  $C$ ,  $Q_0$  et  $E$ .

Figure 2



### Exercice n°3 :

On réalise le montage de la figure 3 qui comporte :

- un générateur idéal de tension continue  $E=5V$ ,
- un condensateur de capacité  $C$ ,
- un résistor de résistance  $R=250\Omega$ ,
- une bobine d'inductance  $L$  et de résistance nulle,
- un commutateur  $K$ .

I/ À un instant pris comme origine du temps ( $t=0$ ), on ferme le commutateur  $K$  à la position 1 et on enregistre, sur la voie  $Y_A$  d'un oscilloscope à mémoire, l'évolution de la tension aux bornes du résistor  $u_R$  en fonction du temps, on obtient la courbe de la figure 4.

1/ a. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_R$  et la mettre sous la forme :

$$\frac{du_R}{dt} + \frac{1}{\tau} u_R = 0 \quad \text{avec } \tau = RC.$$

b. Vérifier que  $u_R(t) = Ee^{-t/\tau}$  est une solution de l'équation différentielle.

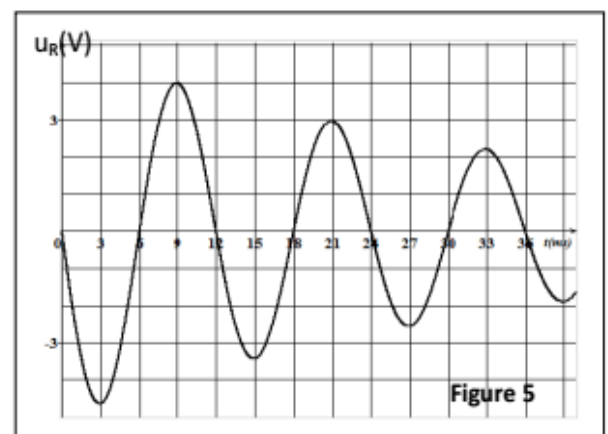
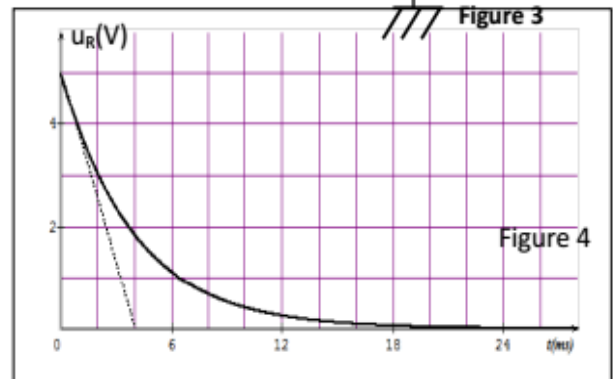
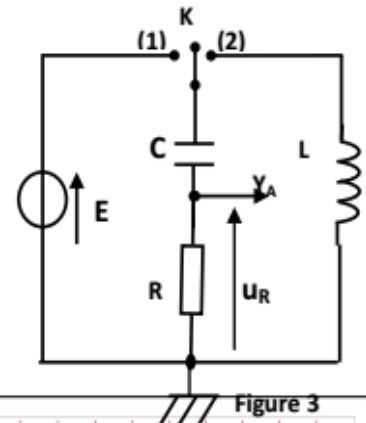
2/ Déterminer la valeur de  $\tau$  et vérifier que  $C=16\mu F$ .

III/ Le condensateur étant complètement chargé, on bascule le commutateur  $K$  à la position 2 et on enregistre l'évolution de la tension aux bornes du résistor  $u_R$  en fonction du temps, on obtient la courbe de la figure 5. L'instant de basculement du commutateur est pris comme origine des dates ( $t=0$ ).

1/ a- Nommer le régime des oscillations observées.

b- Déterminer la valeur de période  $T$  des oscillations.

c- En déduire la valeur de l'inductance  $L$  en admettant que  $T$  est égale à la période propre  $T_0$ .



- 2/ a. Calculer la valeur de l'énergie électrique initiale emmagasinée dans le condensateur  $E_{e0}$  et en déduire la valeur de l'énergie totale  $E_0$  à  $t=0$ .  
 b. Déterminer la valeur de l'énergie totale  $E_1$  à l'instant  $t=3\text{ms}$ .  
 c. Calculer la variation de l'énergie totale  $\Delta E$  entre les instants  $t=0$  et  $t=3\text{ms}$  et préciser la cause de cette variation.

### Exercice n°5 :

On réalise le montage de la figure 1 qui comporte :

- un générateur idéal de tension continu  $E=5\text{V}$ ,
- un condensateur initialement déchargé de capacité  $C$ ,
- deux résistors de résistances  $R_1=50\text{K}\Omega$  et  $R_2=100\Omega$ ,
- une bobine d'inductance  $L$  et de résistance nulle,
- un commutateur  $K$ .

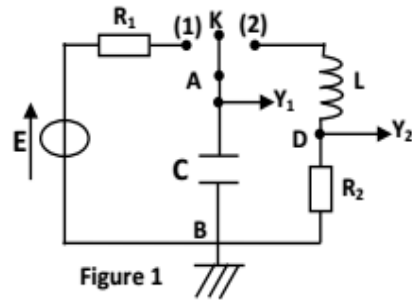
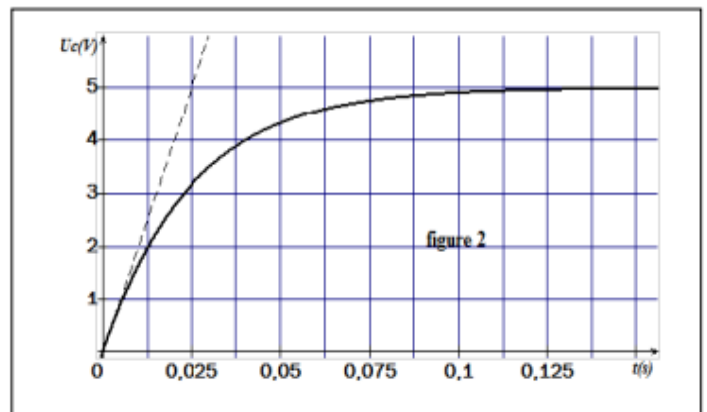


Figure 1

I- A un instant pris comme origine du temps, on bascule le commutateur  $K$  à la position 1 et on suit l'évolution au cours du temps de la tension  $u_C=u_{AB}$ .

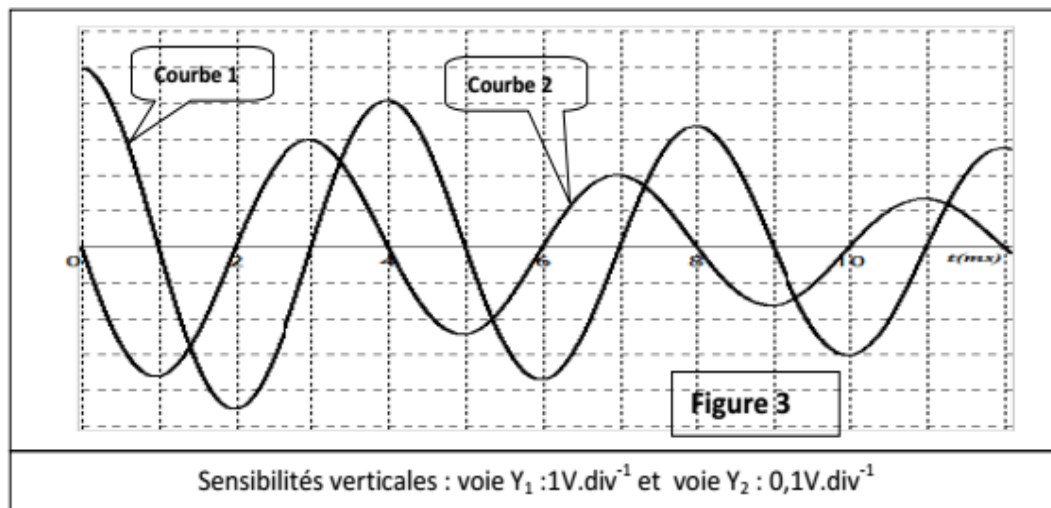
- Préciser le phénomène qui se produit au niveau du condensateur.
- Etablir l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension  $u_C$  au cours du temps.
- Vérifier que  $u_C(t)=E(1-e^{-t/R_1C})$  est une solution de l'équation différentielle précédente.



4- Le graphe de la figure 2 est obtenu sur la voie  $Y_1$  de l'oscilloscope.

- Déterminer la constante de temps  $\tau$  du dipôle  $R_1C$  et en déduire la valeur de  $C$ .
- Calculer la valeur de  $u_C$  à  $t_1=50\text{ms}$ . Préciser si le condensateur est complètement chargé à l'instant  $t_1$ .

II- Le condensateur étant complètement chargé, on bascule le commutateur  $K$  à la position 2. Les oscillogrammes de la figure 3 représentent les oscillogrammes visualisés simultanément sur les deux voies  $Y_1$  et  $Y_2$  de l'oscilloscope.



- Identifier, en justifiant, les courbes (1) et (2).
- Montrer que le circuit  $R_2LC$  est le siège d'oscillations libres amorties de pseudopériode  $T$  que l'on déterminera.
  - Déterminer la valeur de l'inductance  $L$  de la bobine sachant que la pseudopériode  $T$  est pratiquement égale à la période propre  $T_0$  du circuit  $R_2LC$  et que la capacité  $C$  vaut  $0,5\mu\text{F}$ .  
 On prendra pour ce calcul :  $\pi^2 = 10$ .

- 3- a- Calculer la valeur de l'énergie totale du circuit  $R_2LC$  aux instant  $t_0=0$ ,  $t_1=3\text{ms}$  et  $t_2=7\text{ms}$ .  
 b- En déduire si le circuit  $R_2LC$  est conservatif ou bien non conservatif.  
 c- Calculer l'énergie dissipée par effet joule dans le circuit  $R_2LC$  pendant la durée  $\Delta t=t_2 - t_1$ .

#### Exercice n°6 :

Le circuit de la figure -1 comporte un générateur de tension constante  $E=3\text{V}$ , un condensateur de capacité  $C=4.10^{-6}\text{F}$ , une bobine d'inductance  $L$  et de résistance interne négligeable et un commutateur  $K$ .

D'abord, on place le commutateur  $K$  à la position 1 quelques instants et lorsque le condensateur est complètement chargé, on bascule le commutateur  $K$  à la position 2.

A l'aide d'un oscilloscope à mémoire (sur la voie  $Y_A$ ), on enregistre la courbe donnant l'évolution de la tension  $u_c$  aux bornes du condensateur en fonction du temps, on obtient la courbe de la figure 2.

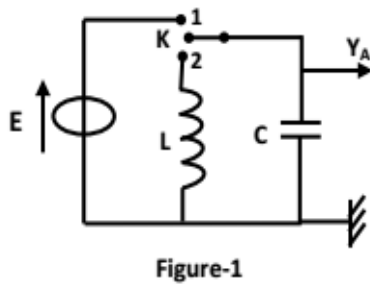


Figure-1

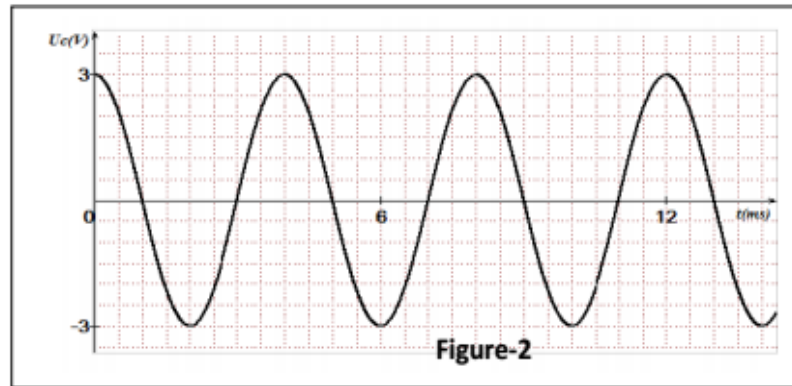


Figure-2

- 1/ a- En justifiant, choisir la qualification qui convient aux oscillations de la figure - 2 : libres amorties, libres non amorties.

b- Déterminer la valeur de la période propre  $T_0$  de ces oscillations.

c- Calculer la valeur de l'inductance  $L$  de la bobine.

2/ a- Sachant que  $u_c(t)=U_m\sin(\omega_0 t + \varphi)$ . Déterminer les valeurs de  $U_m$ ,  $\omega_0$  et  $\varphi$ .

b- En déduire l'expression de l'intensité du courant  $i(t)$  en fonction de  $C$ ,  $U_m$ ,  $\omega_0$  et  $\varphi$ .

3/ Sachant que l'énergie électrique  $E_e = \frac{1}{2}Cu_c^2$  et l'énergie magnétique  $E_m = \frac{1}{2}Li^2$ .

a- Montrer que :

a<sub>1</sub>- l'énergie électrique s'écrit :  $E_e = \frac{1}{4}CU_m^2[1 - \cos(2\omega_0 t + 2\varphi)]$

a<sub>2</sub>- l'énergie magnétique s'écrit :  $E_m = \frac{1}{4}CU_m^2[1 + \cos(2\omega_0 t + 2\varphi)]$

b- En déduire que l'énergie totale de cet oscillateur  $\{E = E_e + E_m\}$  est constante au cours du temps et calculer sa valeur.

c- Les courbes  $(C_1)$ ,  $(C_2)$  et  $(C_3)$  de la figure -3 représente les énergies : électrique, magnétique et totale.

c<sub>1</sub>- Associer à chaque courbe l'énergie correspondante. Justifier.

c<sub>2</sub>- Déterminer les valeurs des grandeurs  $A$  et  $B$  en précisant leurs unités.

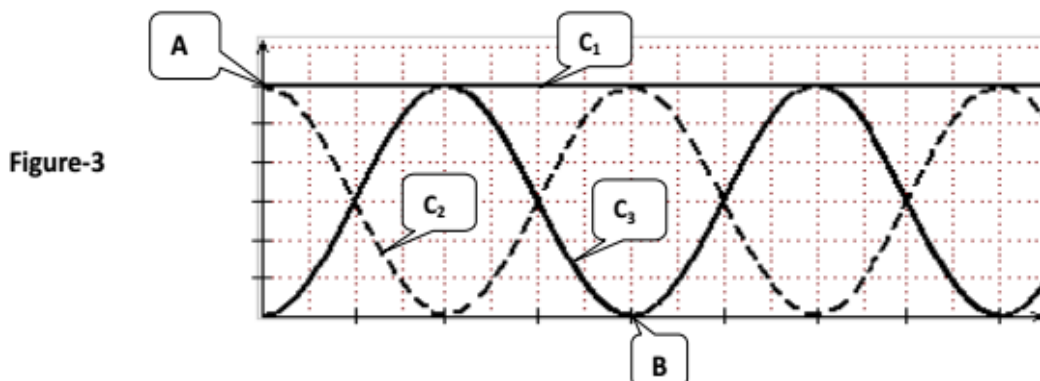


Figure-3