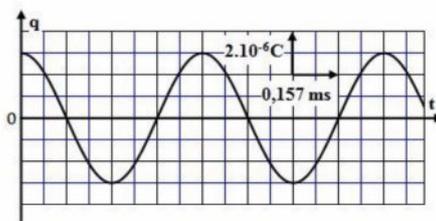


## Les oscillations libres dans un circuit RLC

### EXERCICE 1

À l'instant  $t_0 = 0$ , on branche le condensateur  $C = 0,5\mu F$ . Précédemment chargé aux bornes d'une bobine d'inductance  $L$  et de résistance négligeable.

1. Établir l'équation différentielle vérifiée par la charge  $q(t)$  du condensateur.
2. La courbe de la figure (3), représente l'évolution de  $q(t)$ .



2.1. Nommer le régime d'oscillations que montre le graphe de la figure (3).

2.2. La solution de l'équation différentielle s'écrit :  $q(t) = Q_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right)$

2.2.1. En exploitant le graphe de la figure (3), déterminer les valeurs de  $Q_m$ ,  $T_0$  et  $\varphi$ .

2.2.2. Calculer la valeur de  $L$ .

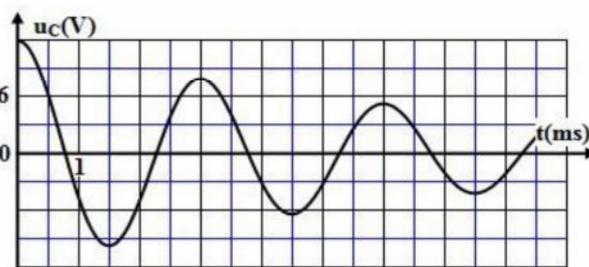
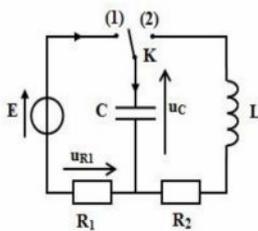
2.3. Expliquer qualitativement la conservation de l'énergie totale du circuit ( $LC$ ) et calculer sa valeur.

2.4. Déterminer la valeur maximale de l'intensité du courant dans le circuit.

### EXERCICE 2

On réalise le montage électrique représenté dans la figure (1) constitué des éléments suivants :

- Un générateur idéal de tension de force électromotrice  $E$  ;
- Un condensateur de capacité  $C = 6,3\mu F$  initialement non chargé ;
- Une bobine ( $L, r = 0$ )
- Deux conducteurs ohmiques de résistances respectives  $R_1 = 6k\Omega$  et  $R_2$  - un interrupteur  $K$ .



Lorsque le régime permanent est atteint, on bascule l'interrupteur  $K$  en position (2) à l'instant  $t_0 = 0$ .

La courbe de la figure (3) représente la variation de la tension  $u_C(t)$  aux bornes du condensateur.

1. Justifier la nature des oscillations électriques dans le circuit.

2. Déterminer la valeur de la charge  $Q_0$  du condensateur à l'instant  $t_0 = 0$ .

3. Déterminer graphiquement la valeur de la pseudo-période  $T$  des oscillations.

4. En considérant que la pseudo-période  $T$  est égale à la période propre de l'oscillateur ( $LC$ ), Déterminer la valeur de l'inductance  $L$  de la bobine.

5. Les courbes de la figure (4) représentent les variations en fonction du temps de l'énergie électrique  $\mathcal{E}_e$  emmagasinée dans le condensateur, l'énergie magnétique  $\mathcal{E}_m$  emmagasinée dans la bobine et l'énergie totale  $\mathcal{E}$  du circuit, tel que  $\Delta \mathcal{E} = \Delta \mathcal{E}_e + \Delta \mathcal{E}_m$

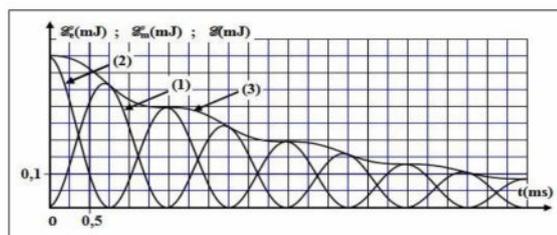


Figure (4)

5.1. Identifier, en justifiant la réponse, la courbe qui correspond à l'énergie magnétique  $\mathcal{E}_m$ .

5.2. Déterminer, entre les instants  $t_0 = 0$  et  $t_1 = 3 \text{ ms}$ , la variation  $\Delta \mathcal{E}$  de l'énergie totale du circuit.

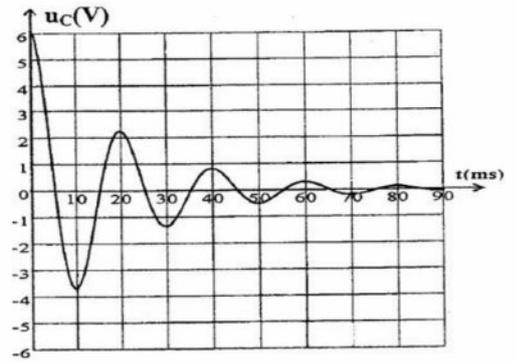
### EXERCICE 3

Un groupe des élèves du ont procédé à la charge totale d'un condensateur de capacité  $C = 10\mu F$  à l'aide d'un générateur de f.é.m.  $E = 6V$ , et sa décharge dans la bobine (b).

La visualisation de la tension  $u_C$  entre les bornes du condensateur sur un oscilloscope a permis d'obtenir le graphe ci-contre.

- 1- Faire le schéma du Montage expérimental utilisé.

- 2- Justifier l'amortissement des oscillations.
- 3- Déterminer graphiquement la valeur de la pseudo-période  $T$ , en déduire la valeur du coefficient d'inductance  $L$  de la bobine (b) en supposant que la pseudo période  $T$  est égale à la période propre  $T_0$  des oscillations. (On prend  $\pi^2 = 10$ )
- 4- Quelle est la nature de l'énergie emmagasinée dans le circuit à l'instant  $t = 25$  ms. Justifier.
- 5- Les élèves du deuxième groupe ont monté la bobine (b) et le condensateur précédent en série avec un générateur qui maintient entre les bornes circuit une tension proportionnelle à l'intensité du courant qui le traverse ( $u = k.i$ ). Les oscillations sont entretenues lorsque  $k$  prend la valeur :  $k = 50$  (SI). Quelle est la valeur de la résistance de la bobine  $r$ .



#### EXERCICE 4

Un groupe d'élèves ont chargés complètement un condensateur de capacité  $C$  sous une tension continue  $U$ , et l'ont déchargé dans une bobine (b) d'inductance  $L$  et de résistance négligeable (Figure 1).

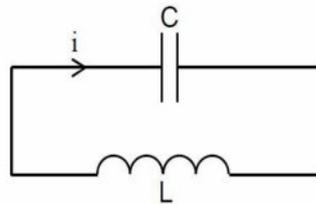


Figure 1

- 1- Recopier sur la copie de rédaction, la figure 1 et représenter dessus, en convention récepteur les tensions  $u_C$  et  $u_L$  respectivement aux bornes du condensateur et de la bobine.

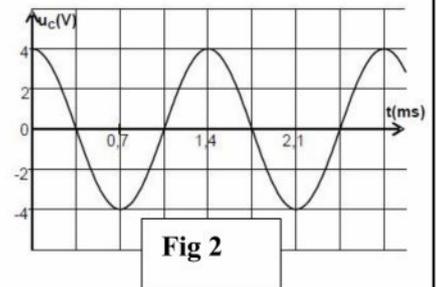


Fig 2

- 2- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_C$ .
- 3- Les variations de  $u_C$  en fonction du temps sont illustrées sur la figure 2. Par exploitation de ce graphe, écrire l'expression numérique de la tension  $u_C(t)$ .
- 4- Les variations, en fonction du temps, de l'énergie magnétique  $E_m$  emmagasinée dans la bobine, sont représentées sur la figure 3.

a- Montrer que l'expression de cette énergie s'écrit sous la forme :

$$E_m = \frac{1}{4} C U^2 \left( 1 - \cos \frac{4\pi}{T_0} t \right)$$

On rappelle que :  $\sin^2(x) = \frac{1}{2} (1 - \cos 2x)$ .

b- En déduire l'expression de l'énergie magnétique maximale  $E_{m(\max)}$  en fonction de  $C$  et  $U$ .

c- Par exploitation du graphe  $E_m(t)$ , déduire la valeur de la capacité du condensateur utilisé.

- 5- Déterminer le coefficient d'inductance  $L$  de la bobine (b).

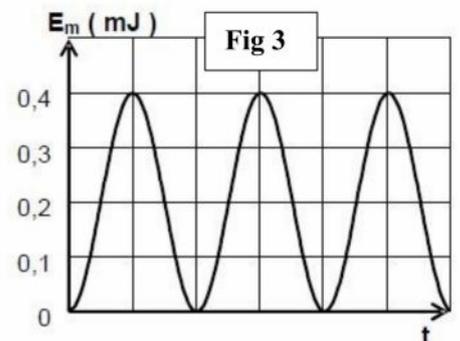


Fig 3

#### EXERCICE 5

Le piano génère un ensemble de notes musicales classées selon une échelle musicale constituée de sept notes musicales essentielles. Le tableau suivant donne les fréquences correspondantes aux notes musicales essentielles

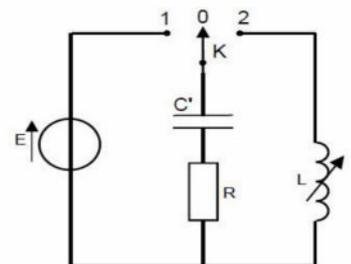
Note	Do	Ré	Mi	Fa	Sol	La	Si
Fréquence	262	294	330	349	392	440	494

Le but de cet exercice est d'ajuster une note musicale de fréquence déterminée en utilisant un circuit RLC série.

#### Ajustement de la fréquence de la note musicale

Les élèves ont réalisé le montage expérimental représenté sur le Figure 2, et qui est constitué de :

- Générateur de tension de f.é.m  $E = 12$  V et de résistance interne négligeable.
- Conducteur ohmique de résistance  $R = 200 \Omega$ .
- Bobine de coefficient d'inductance  $L$  ajustable et de résistance interne négligeable.



- Condensateur de capacité  $C' = 0,5 \mu\text{F}$ .  $\square$  Interrupteur K à double position.

Après avoir chargé le condensateur, les élèves ont basculé l'interrupteur à la position (2) à un instant choisi comme origine des temps. Ils ont obtenu par l'intermédiaire d'une interface informatique la courbe représentée sur la Figure 3.

2-1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_{C'}$  entre les bornes du condensateur.

2-2- Déterminer graphiquement la valeur de la pseudopériode  $T$ .

2-3- On considère que la valeur de la pseudopériode  $T$  est égale à la valeur de la période propre  $T_0$  de l'oscillateur LC. En déduire la valeur de  $L$ .

2-4- Calculer la valeur de l'énergie totale emmagasinée dans le circuit à l'instant  $t = 3,4 \text{ ms}$ .

3- Les élèves ont ajouté au montage RLC' précédent, un appareil d'entretien des oscillations, et ils ont relié le circuit à un haut-parleur qui transforme l'onde électrique de fréquence  $N_0$  en une onde sonore de même fréquence.

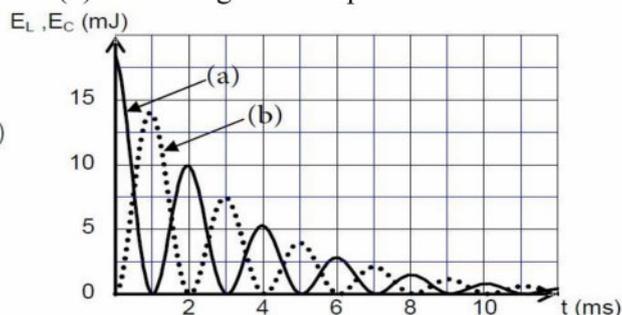
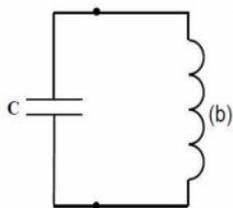
3-1- Quel est le rôle de l'appareil d'entretien de point de vue énergétique.

3-2- En se basant sur le tableau des fréquences des notes déterminer la note musicale émise par le haut-parleur.



### EXERCICE 6

Pour mettre en évidence l'influence de la résistance  $r$  de la bobine (b) sur l'énergie électrique totale d'un circuit série RLC libre, les élèves ont monté, à un instant considéré comme origine des temps, un condensateur de capacité  $C$  totalement chargé, avec cette bobine comme l'indique la figure 3.



A l'aide d'un matériel informatique convenable, on a pu visualiser les variations de l'énergie emmagasinée dans le condensateur et celle emmagasinée dans la bobine en fonction du temps.

1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge  $q(t)$  du condensateur.

2- Préciser, parmi les courbes (a) et (b), celle correspondant à l'énergie emmagasinée dans la bobine.

3- On désigne par  $E_T$ , l'énergie électrique totale emmagasinée dans le circuit à un instant  $t$ , et elle représente la somme de l'énergie emmagasinée dans le condensateur et l'énergie emmagasinée dans la bobine au même instant  $t$ .

3.1- Ecrire l'expression de  $E_T$  en fonction de :  $C$ ,  $L$ ,  $q$  et  $\frac{dq}{dt}$

3.2- Montrer que l'énergie totale décroît avec le temps selon la relation :  $\frac{dE_T}{dt} = -r i^2 dt$ . Expliquer la cause de cette décroissance.

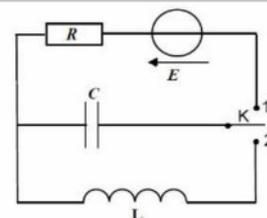
3.3- Déterminer l'énergie dissipée dans le circuit entre les instants :  $t_1 = 2 \text{ ms}$  et  $t_2 = 3 \text{ ms}$ .

### EXERCICE 7

On réalise le circuit de la figure 2, qui est constitué de :

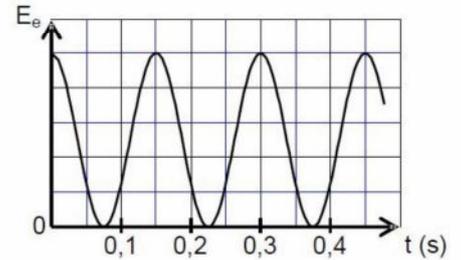
- Générateur de f.é.m.  $E = 12 \text{ V}$  et de résistance négligeable ;
- Condensateur de capacité  $C = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ F}$  ;
- Résistor de résistance  $R = 200 \Omega$  ;
- Bobine d'inductance  $L$  et de résistance négligeable ; Interrupteur K à double position.

Figure 1



On ferme l'interrupteur sur la position 1 jusqu'à ce que le condensateur soit chargé complètement, puis on le bascule vers la position 2, à un instant considéré comme origine des temps  $t_0 = 0$ .

- 1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge  $q$  du condensateur.
- 2- Trouver l'expression de la période propre  $T_0$  de l'oscillateur en fonction de  $L$  et  $C$ , pour que l'expression  $q(t) = Q_m \cos(\frac{2\pi}{T_0}t)$  soit solution de cette équation différentielle.
- 3- Vérifier que la période est homogène à un temps.
- 4- Calculer la valeur maximale  $Q_m$  de la charge du condensateur.
- 5- La figure 2 donne les variations de l'énergie électrique  $E_e$  emmagasinée dans le condensateur en fonction du temps.



5-1- Sachant que la période  $T$  de l'énergie est  $T = \frac{T_0}{2}$ , déterminer la valeur de  $T_0$ .

5-2- En déduire la valeur du coefficient d'inductance de la bobine.

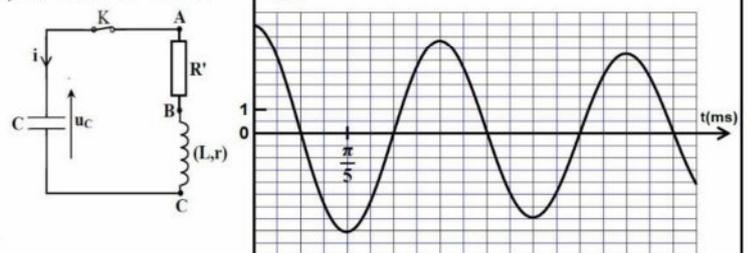
- 6- On rappelle que l'énergie totale  $E_T$  du circuit est, à chaque instant, la somme des énergies : électrique et magnétique, emmagasinées respectivement dans le condensateur et la bobine. Montrer que l'énergie  $E_T$  se conserve. Calculer sa valeur.

### EXERCICE 8

On monte une bobine d'inductance  $L$  et de résistance  $r$ , en série, avec un condensateur (initialement chargé complètement) de capacité  $C = 0,2 \mu\text{F}$  et un résistor de résistance  $R' = 200 \Omega$ .

On obtient, à l'aide du même dispositif informatique, la courbe de la figure 4 qui représente les variations de la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur en fonction du temps.

A quel des trois régimes d'oscillations, correspond la courbe de la figure 4 ?



1- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_C$ .

2- En considérant que la pseudopériode  $T$  est égale la période propre  $T_0$  de l'oscillateur LC, vérifier la valeur de l'inductance de la bobine étudiée.

3- Calculer l'énergie dissipée par effet joule entre les instants  $t_0 = 0$  et  $\frac{3T}{2}$

4- Pour compenser l'énergie dissipée, on monte en série dans le circuit précédent (figure 3), un générateur maintenant entre ses bornes une tension  $u_G$  proportionnelle à l'intensité du courant, tel que  $u_G(t) = k.i(t)$ .

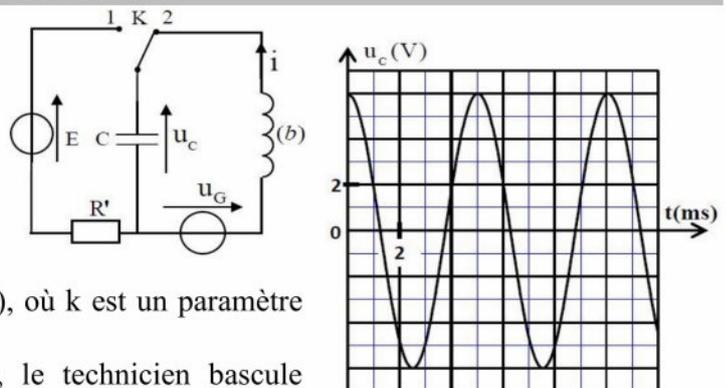
4-1- Etablir, dans ce cas, l'équation différentielle vérifiée par la charge  $q(t)$  du condensateur.

4-2- On fixe le paramètre  $k$  sur la valeur 208,4 pour obtenir des oscillations électriques sinusoïdales. Vérifier la valeur de la résistance  $r$  de la bobine étudiée.

### EXERCICE 9

Le technicien réalise le montage expérimental de la figure 2, qui est constitué de :

- La bobine précédente (b) de résistance  $r$  et de coefficient d'inductance  $L$ ;
- Le générateur idéal de tension de f.é.m.  $E$  ;
- Un conducteur ohmique de résistance  $R'$  ;
- Un interrupteur  $K$  à double position ;
- Un générateur  $G$  délivrant une tension  $u_G = k.i(t)$ , où  $k$  est un paramètre positif ajustable.



Après avoir chargé complètement le condensateur, le technicien bascule l'interrupteur vers la position 2, à un instant  $t_0 = 0$ . (Figure 2) La courbe de la figure 3 représente la tension  $u_C(t)$  obtenue lorsque le paramètre  $k$  est fixé sur la valeur  $k = r$ .

1. Quel est le régime des oscillations mis en évidence par la courbe ?

2. Etablir l'équation différentielle vérifiée par  $u_C(t)$ .

3. La solution de cette équation différentielle s'écrit sous la forme :  $u_C(t) = U_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right)$

Trouver l'expression de la période propre  $T_0$  de l'oscillateur électrique.

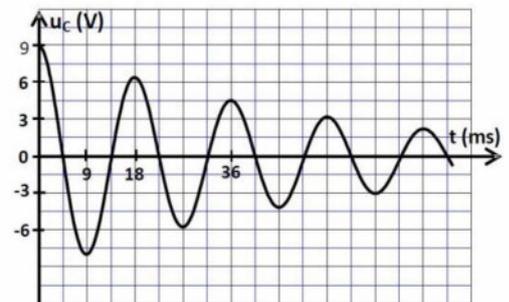
4. La capacité  $C$  du condensateur, varie avec le taux d'humidité  $x$  selon la relation :  $C = 0,5 \cdot x - 20$ , où  $C$  est donnée en ( $\mu\text{F}$ ), et  $x$  un pourcentage (%). Déterminer le taux d'humidité  $x$  à l'intérieur du laboratoire.

### EXERCICE 10

Pour obtenir des oscillations électriques libres, dans un circuit RLC, on monte en série un condensateur de capacité  $C$  initialement chargé. Une bobine d'inductance  $L = 0,2\text{H}$  et de résistance interne  $r$  négligeable et un résistor de résistance  $R = 90 \Omega$ .

Le suivi de l'évolution de la tension  $u_C$  aux bornes du condensateur en fonction du temps, à l'aide d'un matériel informatique convenable, permet d'obtenir la courbe de la figure suivante.

1. Représenter le schéma du dispositif expérimental, et montrer dessus, le branchement du système d'acquisition permettant de suivre  $u_C(t)$ .
2. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_C(t)$ .
3. Calculer la valeur de la capacité du condensateur, sachant que la valeur de la pseudo période est égale à celle de la période propre de l'oscillateur.
4. Déterminer la valeur  $\xi_1$  de l'énergie du circuit à l'instant  $t = 36 \text{ ms}$ .
5. Justifier, du point de vue énergétique, le régime oscillatoire représenté sur la figure 3.



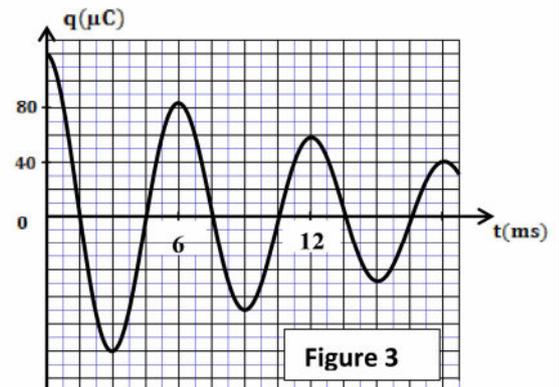
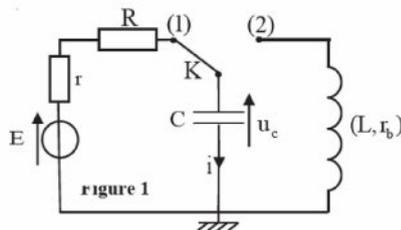
### EXERCICE 11

On étudie, l'amortissement et l'entretien des oscillations dans un circuit RLC série.

Pour cela, on réalise le circuit électrique schématisé sur la figure 1

qui comporte :

- Un générateur de tension de f.e.m.  $E$  ;
- Deux conducteurs ohmiques de résistance  $r=20\Omega$  et  $R$  ;
- Une bobine (b) d'inductance  $L$  et de résistance  $r_b$ ;
- Un condensateur de capacité  $C = 10 \mu\text{F}$  (initialement déchargé)
- Un interrupteur  $K$  à double position



Une fois le condensateur est totalement chargé, on bascule l'interrupteur  $K$  vers la position (2) à un instant que l'on choisira comme nouvelle origine des dates ( $t = 0$ ).

La courbe de la figure 3, représente l'évolution temporelle de la charge  $q(t)$  du condensateur.

1. Identifier le régime oscillatoire qui correspond à la courbe de la figure 3.
2. En assimilant la pseudo période à la période propre de l'oscillateur électrique, déterminer l'inductance  $L$  de la bobine (b).
3. Calculer  $\Delta \mathcal{E}$ , la variation de l'énergie totale du circuit entre les instants  $t_1 = 0\text{ms}$  et  $t_2 = 18\text{ms}$ , puis interpréter ce résultat.
4. Pour entretenir les oscillations, on monte en série avec le condensateur et la bobine (b), précédemment étudiés, un générateur (G) qui délivre une tension proportionnelle à l'intensité du courant électrique :  $u_G(t) = k \cdot i(t)$ .
  - 4.1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge  $q(t)$ .
  - 4.2. On obtient des oscillations électriques sinusoïdales lorsque la constante  $k$  prend la valeur  $k = 11$  dans le système d'unités internationales. En déduire la valeur de la résistance électrique  $r_b$  de la bobine (b).

### EXERCICE 12

Un élève de la même classe réalise le montage représenté sur la figure 5 qui comporte :