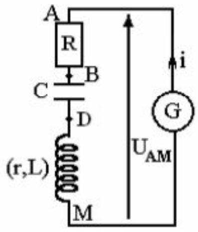
5. Entretien des oscillations

Entretenir des oscillations dans un circuit c'est lui fournir de l'énergie pour compenser les pertes par effet Joule dans les résistances, alors on ajoute au circuit un générateur de tensions

$$U_{AM} = U_{AB} + U_{BD} + U_{DM}$$

$$U_{AM} = R.i + \frac{q}{C} + r.i + L.\frac{di}{dt}$$

$$U_{AM} = (R+r).\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} + L.\frac{d^2q}{dt^2}$$



On en déduit l'équations différentielle :

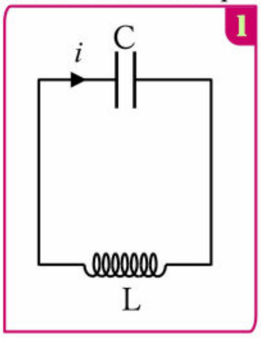
$$\mathbf{\ddot{q} + \left(\frac{R+r}{L}\dot{q} - \frac{UAM}{L}\right) + \frac{1}{L.C}.q = 0}$$

Si $U_{AM}=(R+r).i$ La tension au borne du générateur est proportionnelle à l'intensité de courant et que le coefficient de proportionnalité est (R+r) alors $\mathbf{\ddot{q} + \frac{1}{L.C}.q = 0}$

Conclusion :
Le générateur fournit au circuit l'énergie nécessaire pour compenser l'énergie dissipée (perdue) par effet Joule à condition que $U_{AM}=(R+r).i$

EXERCICE 1 — 25 min

On réalise le montage schématisé ci-contre. Le condensateur de capacité C est initialement chargé. La tension à ses bornes est égale à 5,0 V. La bobine d'inductance L a une résistance négligeable. Ainsi on considère que la résistance totale du circuit est négligeable.



❶Établir l'équation différentielle que vérifie la tension u_C aux bornes du condensateur après la fermeture de l'interrupteur K.

❷On rappelle que la période propre d'un dipôle (L, C) est $T_o=2.\pi.\sqrt{L.C}$

Pour le dipôle étudié, la valeur calculée est $T_o = 4.10^{-3}$s.

Un ordinateur muni d'une carte d'acquisition permet de visualiser l'évolution de la tension aux bornes du condensateur u_C. Le début de l'enregistrement est synchronisé avec la fermeture de l'interrupteur ($t = 0$).

a. Représenter, l'allure de la tension observée sur l'écran.

b. On remplace le condensateur par un autre de capacité $C' = 4\ C$, en conservant la même bobine. Exprimer la nouvelle période propre T_o' en fonction uniquement de T_o.

❸Donner les expressions des énergies emmagasinées par le condensateur et par la bobine.

Laquelle de ces deux énergies est nulle à $t = 0$? Justifier. A quelle date, l'autre énergie sera-t-elle nulle pour la première fois ?

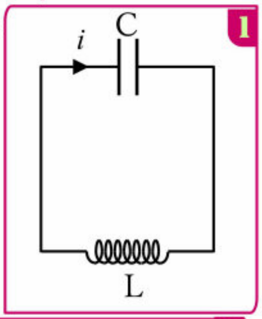
❹En réalité, la résistance totale du circuit est faible mais pas négligeable.

a. Quelle conséquence cela a-t-il d'un point de vue énergétique ? Justifier.

b. Comment qualifie-t-on ce régime ?

EXERCICE 2 — 35 min

On réalise la décharge d'un condensateur dans la bobine précédente $(L=0,1H)$ dans deux cas :

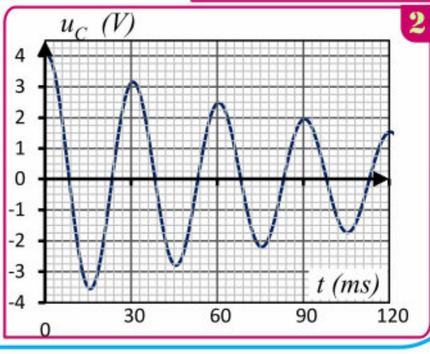


Premier cas : On utilise un condensateur de capacité C initialement chargée sous la tension U_0(fig.1). On note $q(t)$ la charge du condensateur à l'instant t.

❶Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge $q(t)$.

❷Déterminer la valeur de C sachant que le circuit est le siège d'oscillations électriques libres non amorties, de période propre $T_0=2\ ms$. On prend $\pi^2=10$.

Deuxième cas : On utilise le condensateur précèdent de capacité C initialement chargée sous la tension $U_0=4V$, et on l'associe à la bobine précédente montée en série avec un conducteur ohmique de résistance R réglable et un interrupteur ouvert. On règle la résistance du conducteur ohmique sur la valeur R_0, et on ferme le circuit à l'instant $t_0=0$.



A l'aide d'un système d'acquisition informatique, on suit la tension $u_C(t)$ entre les bornes du condensateur, on obtient le graphe de la figure (2).

❸Nommer le régime d'oscillations que montre le graphe.

❹ Calculer la valeur de l'énergie totale $\mathscr{E}_0$ du circuit à l'instant $t_0=0$ et la valeur de l'énergie totale $\mathscr{E}_1$ du circuit à l'instant $t_1=2T$, avec T pseudo période des oscillations électriques. Y at-il conservation de l'énergie totale du circuit ?

❺ On admet que $ln\left(\frac{\mathscr{E}_0}{\mathscr{E}_1}\right)=\frac{R_0}{L}(t_1-t_0)$. Déterminer la valeur de R_0.

EXERCICE 3 — 30 min

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

❶ Identifier le régime oscillatoire qui correspond à la courbe de la figure 2 .

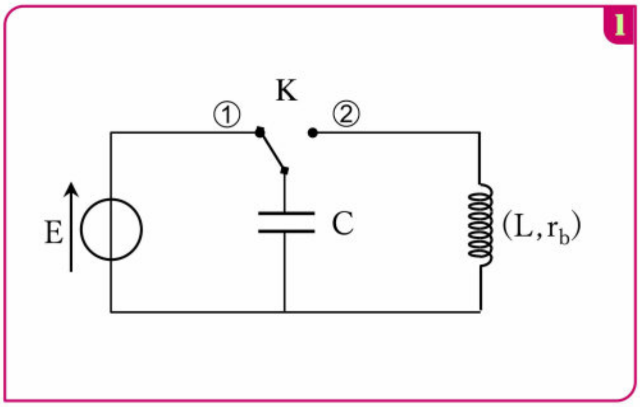
❷ En assimilant la pseudo période à la période propre de l'oscillateur électrique, déterminer l'inductance L de la bobine (b) avec $C=1\,\mu F$.

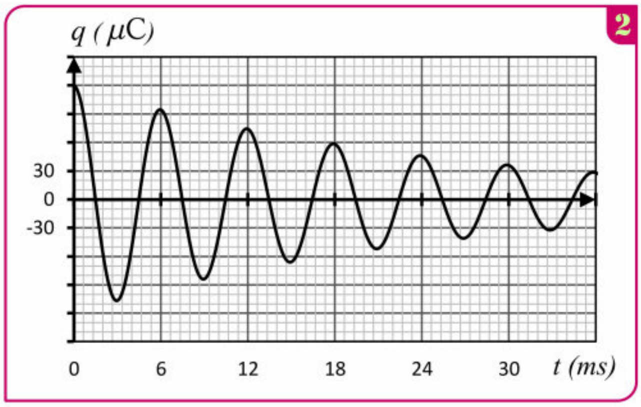
❸ Calculer $\Delta\mathscr{E}$, la variation de l'énergie totale du circuit entre les instants $t_1=0\,ms$ et $t_2=18\,ms$, puis interpréter ce résultat.

❹ 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: $u_G(t)=k.i(t)$.

a. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge $q(t)$.

b. 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).

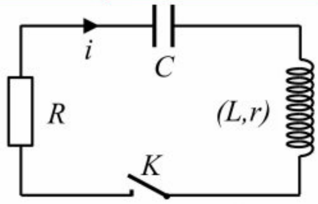




❺ Trouver l'expression $\frac{dE_T}{dt}$ en fonction de r_b et i . E_T représente l'énergie totale du dipôle à l'instant t .

EXERCICE 4 — 20 min

On réalise le montage schématisé ci-contre. Le condensateur de capacité C=10nF est initialement chargé ,Résistance $R=90\,\Omega$,bobine d'inductance L=1H et sa résistance $r=10\,\Omega$



Choisir la bonne réponse :

❶ A t=0 l'énergie totale E_T est emmagsinée dans :

- ☐ Condensateur
- ☐ Condensateur et bobine
- ☐ Bobine
- ☐ Conducteur ohmique

❷ Au cours du tepms l'énergie totale E_T:

- ☐ Augmente
- ☐ Reste constante
- ☐ Diminue
- ☐ Augmente et diminue

❸ La période propre T_0 des oscillations est :

- ☐ 62,8 ms
- ☐ 628 ms
- ☐ $6,28.10^{-4}$ s
- ☐ 6,28 ms

❹ 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: $u_G=k.i$

- ☐ K=70
- ☐ K=100
- ☐ K=90
- ☐ K=10

❺ Si R'=2R la pseudo-période T' est:

- ☐ T=T'
- ☐ T=2T'
- ☐ T'=2T
- ☐ T'=4T

EXERCICE 5 — 25 min

Dans le cadre d'un projet scientifique , un professeur en cadrant dans un club scientifique a demandé à un groupe d'élèves de vérifier l'inductance et la résistance d'une bobine (b) et l'effet de cette résistance sur l'énergie totale d'un circuit RLC libre en série .

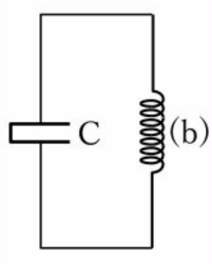
Pou déterminer l'effet de la résistance r de la bobine sur l'énergie totale du circuit RLC libre en série , les élève ont monté , à l'instant pris comme origine des dates un condensateur de capacité C chargé totalement avec cette bobine comme indiqué sur la figure 1 .
Les élève ont visualisé à l'aide d'outils informatiques adéquat les variations de l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur et l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine (figure 2) .

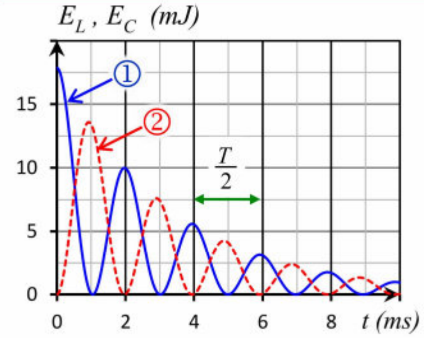
1. Établir l'équation différentielle vérifiée par la charge q(t) du condensateur .
2. Déterminer parmi les graphes (a) et (b) le graphe correspondant à l'énergie emmagasinée dans la bobine (b) .
3. On note E_T l'énergie totale emmagasinée dans le circuit à l'instant t , et qui représente la somme de l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur et l'énergie emmagasinée dans la bobine au même instant t .

a. Écrire l'expression de l'énergie totale E_T en fonction de L , C , q et $\frac{dq}{dt}$.

b. Montrer que l'énergie totale E_T diminue avec le temps suivant la relation $dE_T = -r.i^2 dt$ et expliquer la cause de cette diminution .

4. Calculer l'énergie dissipée dans le circuit entre les instants $t_1 = 2ms$ et $t_2 = 3ms$.

1


2


EXERCICE 6 — 25 min

Le condensateur et la bobine sont des réservoirs d'énergie ; lorsqu'ils sont montés ensemble dans un circuit électrique , ils échangent de l'énergie entre eux . On propose dans cet exercice , l'étude d'un circuit idéal LC et la modulation d'un signal sinusoïdal .

Un groupe d'élève a chargé complètement un condensateur de capacité C sous une tension continue U , et l'on monté avec une bobine (b) d'inductance L et de résistance négligeable .

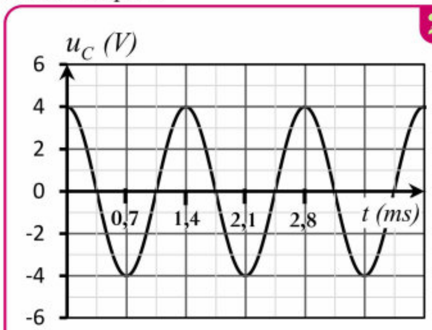
1. Recopier le schéma du montage , et représenter dessus en adoptant la convention récepteur les tensions u_C entre les bornes du condensateur et u_L entre les bornes de la bobine.
2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C .
3. La figure2 représente les variations de la tension u_C en fonction du temps .
En exploitant le graphe , établir l'expression numérique de la tension $u_C(t)$.
4. L'énergie magnétique varie selon le graphe représenté sur la figure 3.

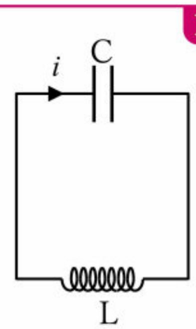
a. Montrer que l'énergie magnétique peut s'écrire sous la forme :
$E_m = \frac{1}{4}.CU^2(1 - \cos\frac{4\pi}{T_o}.t)$ on rappelle que $\sin^2 x = \frac{1}{2}.(1 - \cos 2x)$

b. En déduire la valeur maximale E_{mmax} de l'énergie magnétique en fonction de C et U .

c. En utilisant le graphe $E_m = f(t)$, déterminer la valeur de la capacité C du condensateur utilisé .

5. déterminer l'inductance L de la bobine .

2


1


3