BURHAN

Oscillations libres dans un circuit RLC série : exercices, entraînement

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

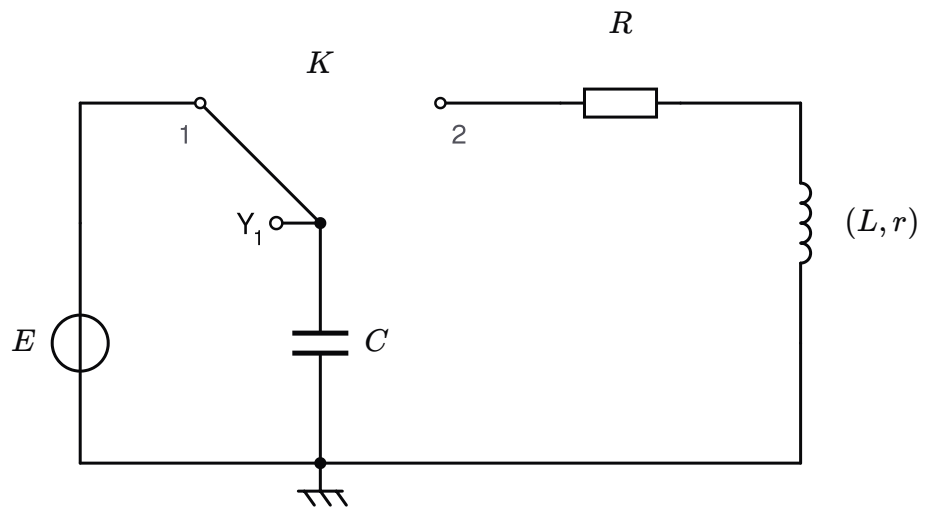
Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/oscillations-libres-circuit-rlc-serie/exercices/entrainement

Chapitre	Palier	Exercices
Oscillations libres dans un circuit RLC série	Entraînement	7

Exercice 1

Montage de contrôle d'un détecteur de métaux

Un technicien contrôle la bobine de recherche d'un détecteur de métaux, d'inductance $L = 0{,}33\,\mathrm{H}$ et de résistance $r = 11\,\Omega$. Il utilise le montage du document : générateur de tension $E = 10\,\mathrm{V}$, condensateur de capacité $C = 2{,}2\,\mu\mathrm{F}$, résistor $R = 27\,\Omega$ et commutateur K.



Montage de charge et de décharge du condensateur

1.

Préciser le rôle de chacune des deux positions du commutateur K.

INDICE

Outil : repère, pour chaque position, les dipôles qui forment une maille avec le condensateur.

2.

Justifier que les branchements de la voie Y_1 et de la masse permettent de visualiser la tension u_C.

INDICE

Outil : l'oscilloscope affiche la tension entre le point relié à la voie et le point relié à la masse.

3.

Calculer la période propre T_0 du circuit de décharge. En déduire le balayage le mieux adapté, parmi $0{,}5\,\mathrm{ms/div}$, $2\,\mathrm{ms/div}$ et $10\,\mathrm{ms/div}$, pour voir trois à quatre oscillations sur les dix divisions de l'écran.

INDICE

Outil : l'expression de la période propre. **Ensuite :** calcule la durée affichée par les dix divisions pour chaque balayage.

4.

Rédiger le protocole qui permet d'obtenir l'enregistrement de $u_C(t)$ pendant la décharge.

INDICE

Début : commence par la charge du condensateur. **Point délicat :** le phénomène ne dure que quelques dizaines de millisecondes.

5.

On remplace le résistor par un résistor de résistance $1{,}5\,\mathrm{k\Omega}$. Prévoir l'effet sur l'amortissement et sur la période propre.

INDICE

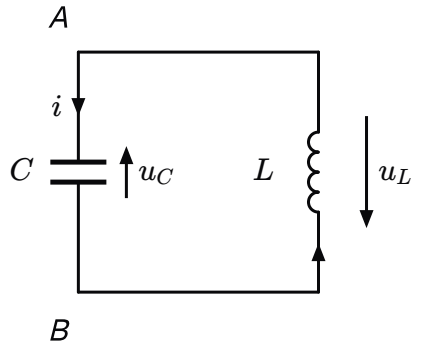
Outil : la résistance totale fixe l'amortissement ; regarde de quelles grandeurs dépend la période propre.

Exercice 2

Équation et solution du circuit d'une sonnette électronique

Le circuit d'une sonnette électronique est modélisé par un circuit LC idéal : un condensateur de capacité $C = 3{,}0\,\mu\mathrm{F}$ et une bobine d'inductance $L = 0{,}75\,\mathrm{H}$, de résistance négligeable. Le document précise l'orientation du courant et les tensions ; q est la charge de l'armature A.

On choisit l'origine des dates à un instant où le condensateur est déchargé et où l'intensité vaut $I_0 = 14\,\mathrm{mA}$, dans le sens orienté.



Circuit LC orienté de la sonnette

1.

Montrer que la charge q vérifie l'équation différentielle :

$$\frac{\mathrm{d}^2 q}{\mathrm{d}t^2} + \frac{1}{LC}\,q = 0$$

INDICE

Outil : la loi d'additivité des tensions sur la maille, avec les tensions du condensateur et de la bobine.

2.

Montrer que $q(t) = Q_m \cos\left(\dfrac{2\pi}{T_0}\,t + \varphi\right)$ est solution si $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$, puis calculer T_0.

INDICE

Outil : dérive deux fois avec la dérivée d'une fonction composée, puis substitue dans l'équation.

3.

Déterminer la phase à l'origine φ et l'amplitude Q_m.

INDICE

Début : traduis $q(0) = 0$ et $i(0) = I_0$. **Point délicat :** Q_m est positive, le signe de $\sin\varphi$ tranche.

4.

Calculer la valeur maximale U_m de la tension aux bornes du condensateur.

INDICE

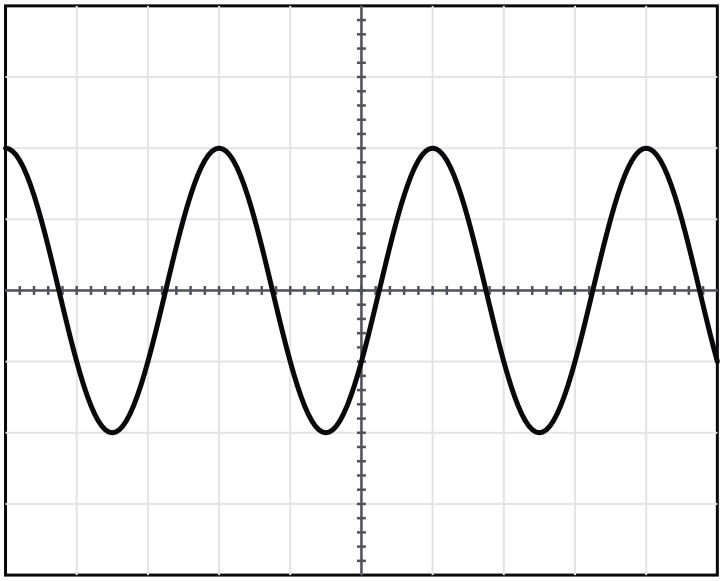
Outil : la relation entre la charge et la tension du condensateur.

Exercice 3

Capteur de proximité inductif

La bobine d'un capteur de proximité inductif est associée à un condensateur de capacité $C = 0{,}27\,\mu\mathrm{F}$. Le circuit, d'amortissement négligeable, est observé sur un oscilloscope ; l'origine des dates est prise à un maximum de u_C.

Document. Oscillogramme de u_C : sensibilité verticale $2\,\mathrm{V/div}$, balayage $0{,}5\,\mathrm{ms/div}$.



Voie u_C : 2 V/div Balayage : 0,5 ms/div

Oscillogramme de la tension aux bornes du condensateur du capteur. Voie Y1 : 2 V/div ; balayage : 0,5 ms/div.

1.

Mesurer la période propre T_0 sur l'oscillogramme.

INDICE

Outil : mesure la durée de plusieurs périodes complètes, puis divise.

2.

Mesurer l'amplitude U_m de la tension u_C.

INDICE

Outil : l'écart vertical entre le zéro et un maximum, en divisions, multiplié par la sensibilité.

3.

Calculer l'inductance L de la bobine.

INDICE

Outil : isole L dans l'expression de la période propre.

4.

Écrire l'expression de $q(t)$ et calculer son amplitude Q_m.

INDICE

Outil : la forme de la solution du circuit idéal ; l'origine des dates est prise à un maximum.

5.

En déduire l'expression de $i(t)$ et calculer l'amplitude I_m de l'intensité.

INDICE

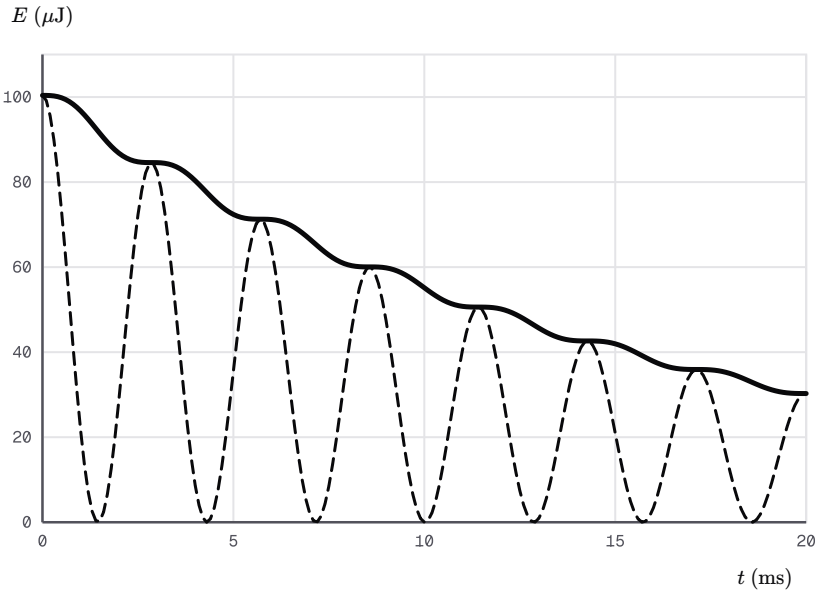
Outil : dérive $q(t)$ avec la dérivée d'une fonction composée. **Point délicat :** garde Q_m non arrondie.

Exercice 4

Énergie dissipée dans le circuit d'allumage d'une chaudière

Dans le circuit d'allumage d'une chaudière, un condensateur chargé sous $U_0 = 7{,}8\,\mathrm{V}$ se décharge à $t = 0$ dans une bobine d'inductance $L = 0{,}25\,\mathrm{H}$. La résistance totale du circuit vaut $R + r = 15\,\Omega$.

Document. Un logiciel d'acquisition calcule l'énergie électrique E_e du condensateur et l'énergie totale E du circuit.



Énergie électrique et énergie totale du circuit d'allumage

1.

Identifier la courbe qui représente l'énergie totale E, en justifiant.

INDICE

Outil : l'énergie totale est la somme de deux énergies positives ou nulles.

2.

Expliquer pourquoi l'énergie totale diminue, et pourquoi sa courbe présente des paliers.

INDICE

Outil : l'expression de la dérivée de l'énergie totale d'un circuit amorti.

3.

Lire l'énergie totale initiale $E(0)$, puis calculer la capacité C du condensateur.

INDICE

Outil : à $t = 0$, le courant est nul et toute l'énergie est électrique.

4.

Lire l'énergie totale à l'instant $t_2 = 11{,}4\,\text{ms}$. Montrer que le circuit a dissipé environ la moitié de son énergie initiale entre 0 et t_2.

INDICE

Outil : l'énergie dissipée entre deux instants est la diminution de l'énergie totale.

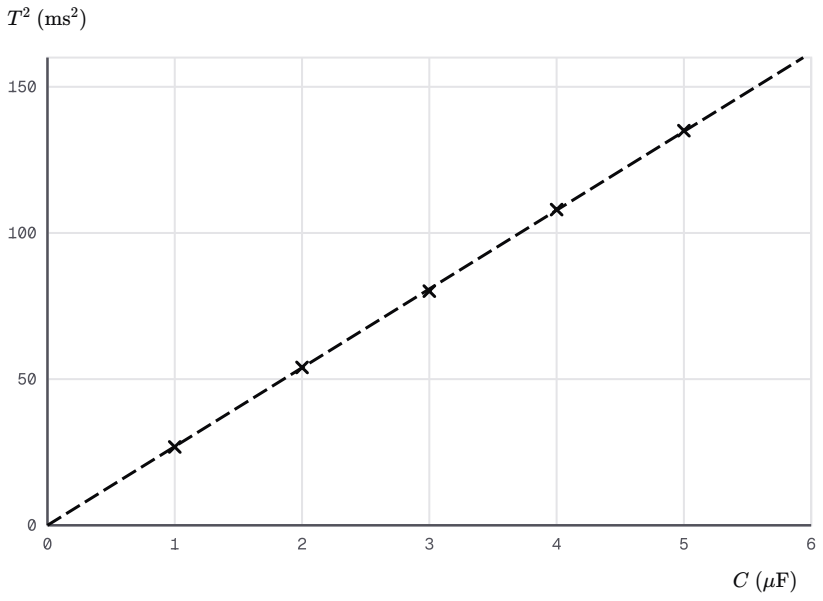
Exercice 5

Inductance d'une bobine sans étiquette

Un tiroir de laboratoire contient plusieurs bobines interchangeables ; l'étiquette de l'une d'elles a disparu. Pour mesurer son inductance L, on l'associe successivement à des condensateurs de capacités connues. Pour chacun, on enregistre la décharge et on mesure la pseudo-période T.

Document. Mesures, et représentation de T^2 en fonction de C avec la droite de modélisation.

C (μF)	T (ms)	T^2 (ms^2)
1,0	5,18	26,8
2,0	7,35	54,0
3,0	8,95	80,1
4,0	10,4	108
5,0	11,6	135



Carré de la pseudo-période en fonction de la capacité

1.

Pourquoi choisit-on un circuit de faible résistance totale, et pourquoi mesure-t-on chaque pseudo-période sur plusieurs oscillations ?

INDICE

Outil : la condition pour que la pseudo-période soit voisine de la période propre.

2.

Montrer que, si $T \approx T_0$, la grandeur T^2 est proportionnelle à C. Le document le confirme-t-il ?

INDICE

Outil : élève au carré l'expression de la période propre.

3.

Déterminer le coefficient directeur a de la droite, puis l'inductance L de la bobine.

INDICE

Début : prends un point de la droite éloigné de l'origine. **Point délicat :** $1\,\mathrm{ms}^2$ pour $1\,\mu\mathrm{F}$ vaut $1\,\mathrm{s}^2$ pour $1\,\mathrm{F}$.

4.

Prévoir la pseudo-période obtenue avec un condensateur de capacité $6{,}8\,\mu\mathrm{F}$.

INDICE

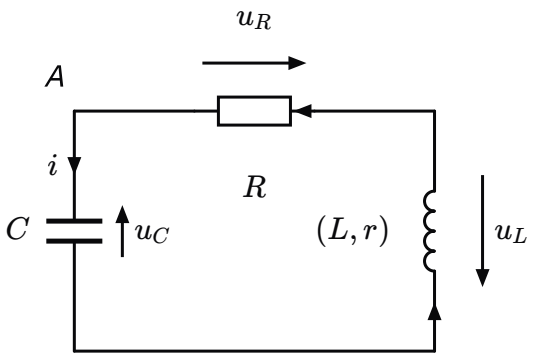
Outil : la droite de modélisation donne T^2 pour toute capacité.

Exercice 6

Amortissement des oscillations d'un jouet musical

Dans un jouet musical, un condensateur de capacité $C = 10\,\mu\mathrm{F}$, chargé, se décharge dans un résistor de résistance $R = 22\,\Omega$ et une bobine d'inductance $L = 0{,}40\,\mathrm{H}$ et de résistance $r = 8{,}0\,\Omega$, en série.

Document. Schéma orienté du circuit ; q est la charge de l'armature A.



Circuit RLC série orienté du jouet

1.

Montrer que la charge q vérifie l'équation différentielle :

$$\frac{\mathrm{d}^2 q}{\mathrm{d}t^2} + \frac{R + r}{L}\,\frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{LC}\,q = 0$$

INDICE

Outil : la loi d'additivité des tensions, avec la loi d'Ohm et la tension d'une bobine résistive.

2.

L'énergie totale du circuit est $E = \dfrac{q^2}{2C} + \dfrac{1}{2}\,L\,i^2$. Montrer que $\dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t} = -(R + r)\,i^2$.

INDICE

Outil : la dérivée d'un carré, et la relation entre les tensions écrite à la question 1.

3.

Calculer $\dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t}$ à un instant où $i = 25\,\mathrm{mA}$, et interpréter le résultat.

INDICE

Outil : la résistance totale est celle du résistor et de la bobine.

4.

On remplace le résistor par un résistor de résistance beaucoup plus grande. Quel régime peut-on obtenir ? Justifier du point de vue énergétique.

INDICE

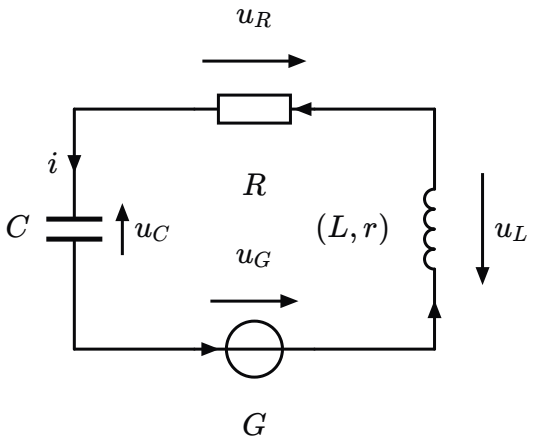
Outil : la part de l'énergie initiale dissipée pendant un échange entre le condensateur et la bobine.

Exercice 7

Entretien des oscillations d'un métronome électronique

Le circuit d'un métronome électronique comporte un condensateur de capacité $C = 0{,}15\,\mu\mathrm{F}$, un résistor $R = 39\,\Omega$ et une bobine d'inductance $L = 60\,\mathrm{mH}$ et de résistance $r = 14\,\Omega$. Un générateur G placé en série délivre la tension $u_G = k\,i$, réglable par le coefficient k.

Document. Schéma orienté du circuit ; u_G est fléchée en convention générateur.



Circuit RLC série entretenu par le générateur G

1.

Montrer que la charge q du condensateur vérifie :

$$\frac{\mathrm{d}^2 q}{\mathrm{d}t^2} + \frac{R + r - k}{L}\,\frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{LC}\,q = 0$$

INDICE

Outil : la loi d'additivité des tensions : la tension du générateur égale la somme des tensions des récepteurs.

2.

Calculer la valeur de k pour laquelle les oscillations sont sinusoïdales d'amplitude constante.

INDICE

Outil : le terme d'amortissement de l'équation doit disparaître.

3.

Calculer alors la période des oscillations.

INDICE

Outil : pour cette valeur de k, l'équation est celle du circuit idéal.

4.

Le condensateur est chargé avant d'être placé dans le circuit. Proposer un protocole pour régler expérimentalement k à l'aide d'un oscilloscope.

INDICE

Début : choisis la tension à observer et le critère d'un bon réglage.