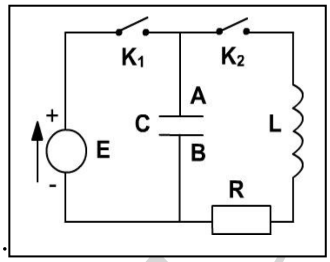
Prof : Mr Hedfi Khemais	Série n° 3 Circuits RLC Libres	4éme M -Sc -T

Exercice 1

On réalise le montage, représenté par la figure ci-contre, formé d'un générateur de tension idéal de f.é.m. **E = 5 V**, d'un condensateur de capacité **C = 16 µF**, d'un résistor de résistance **R = 20 Ω**, d'une bobine d'inductance **L = 0,3 H** et de résistance **r** négligeable devant **R** et de deux interrupteurs K_1 et K_2 initialement ouverts.



1) a) Quelle action, sur le circuit, doit-on réaliser pour charger le condensateur ?

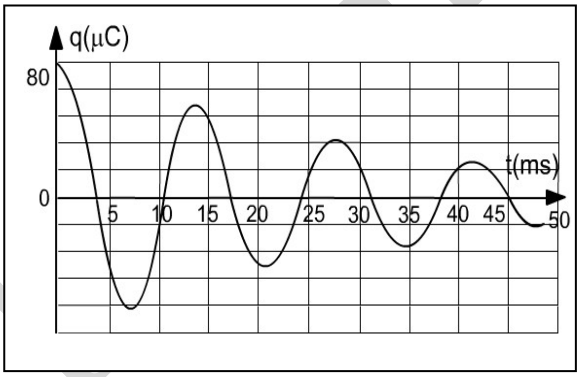
b) Exprimer la charge maximale Q_m que prendrait le condensateur en fonction de E et C.

2) a) Quelle action, sur le circuit, doit-on réaliser pour décharger le condensateur à travers la bobine et le résistor ?

b) En utilisant la lois des mailles, établir l'équation différentielle vérifiée par la charge **q** du condensateur au cours de sa décharge. Indiquer le sens positif du parcours du courant adopté.

3) Un dispositif approprié permet de suivre l'évolution de la charge q du condensateur durant sa décharge.

On obtient la courbe ci-contre :



a) La décharge du condensateur est-elle oscillante ou continu ? Nommer le régime d'oscillations du circuit **RLC**.

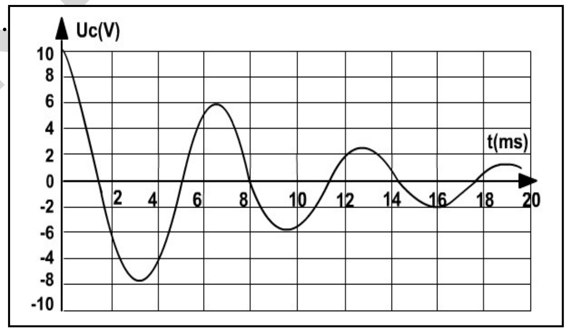
b) Déterminer graphiquement la pseudo période **T** des oscillations de la charge du condensateur.

c) comparer cette valeur à celle de la période propre T_0 du circuit **LC**.

Exercice 2

Un circuit électrique série comporte : une bobine d'inductance **L** et de résistance **r = 2 Ω**, un condensateur de capacité **C = 100 µ F** initialement chargé, un résistor de résistance **R** réglable et un interrupteur **K**.

On visualise à l'écran d'un oscilloscope la variation de la tension u_C aux bornes du condensateur ; on obtient pour une valeur R_1 de **R** l'oscillogramme ci-contre :



1) a) Faire le schéma du circuit en indiquant les branchements à l'oscilloscope.

b) Pour $R = R_1$ préciser le régime des oscillations de u_C

c) Etablir l'équation différentielle de l'oscillateur que vérifie u_C. Dire que représente l'oscillogramme observé par rapport à l'équation établie.

2) a) Calculer la charge initiale du condensateur.

b) Déterminer la pseudo-période **T** des oscillations électriques. En admettant que pour $R = R_1$ la pseudo-période **est** pratiquement égale à la période propre du circuit, chercher une valeur approchée de l'inductance de la bobine.

3)- Donner l'expression de l'énergie électromagnétique E dans le circuit à un instant en fonction de L , i ,q et C.

4) a) Montrer que la variation au cours du temps de cette énergie peut s'écrire : $\boxed{\frac{dE}{dt} = -(R_0 + r)i^2}$ Conclure.

b) En déduire la cause de la décroissance de l'amplitude des oscillations.

5) a) Calculer la perte d'énergie **ΔE** pendant les deux premières oscillations.

b) Déterminé la valeur de l'énergie dissipée pendant les deux premières pseudo-périodes.

6)Au-delà de la valeur R_C **= 198 Ω** de **R**, on n'a plus une décharge oscillante du condensateur. Pour une valeur R_2 **= 1 KΩ de R,** donner l'allure de l'oscillogramme représentant $u_C = f(t)$.

Exercice 3

On réalise un circuit électrique série à l'aide d'une bobine d'inductance L et de résistance **r = 5 Ω**, d'un condensateur de capacité **C = 2µF,** d'un résistor de résistance **R** réglable et d'un interrupteur K.

Initialement le condensateur est chargé sous une tension de valeur **U = 10V** et l'interrupteur **K** est ouvert. A la date **t = 0**, on ferme l'interrupteur **K**. Les variations de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction de temps sont représentées par : L'oscillogramme **(1)** pour une valeur R_1 = **20** Ω de **R** ;

L'oscillogramme **(2)** pour une valeur R_2 de **R**.

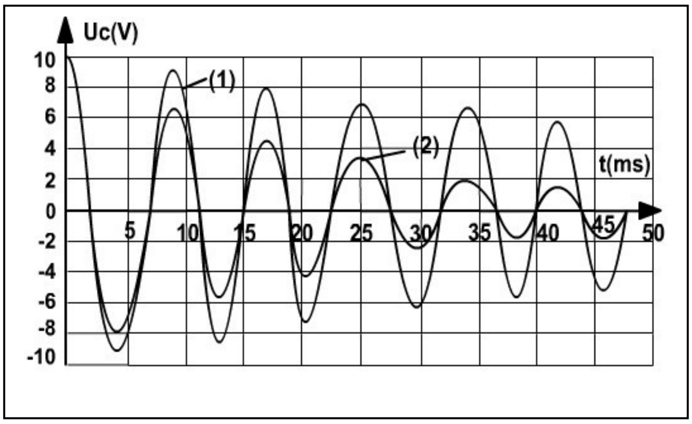
a) Comparer les pseudo-périodes des deux oscillogrammes.

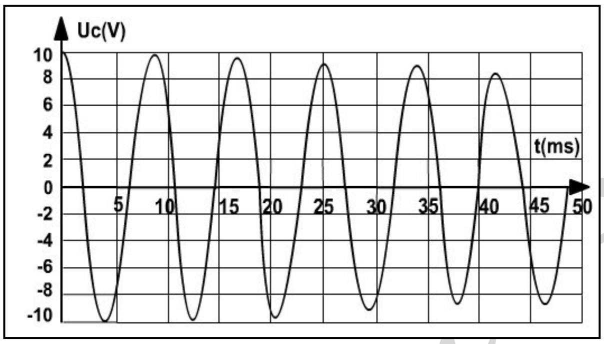
b) la valeur de $\mathbf{R_2}$ est-elle plus grande ou plus petite que $\mathbf{R_1}$?

2) Pour une valeur de R, on obtient l'oscillogramme suivant :

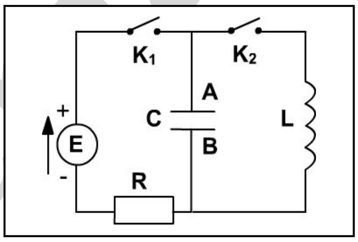
a) que peut-on dire du régime dans le quel se trouve le circuit pendant les premières oscillations de $\mathbf{u_C}$?

b) Avec ce circuit, peut-on obtenir des oscillations non amorties durables des grandeurs électriques **i**, $\mathbf{u_C}$, **q** etc





Exercice 4



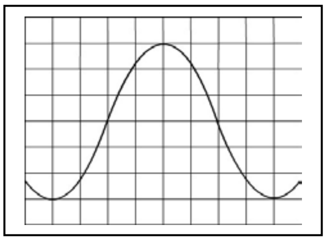
1) Un condensateur de capacité **C = 400 µF** est chargé grâce à un générateur de tension idéal de f.é.m. **E** à travers un résistor de résistance **R = 20 Ω**.

a) Exprimer la charge maximale $\mathbf{Q_m}$ prise par le condensateur en fonction de **E** et **C**.

b) Préciser sur le circuit l'armature qui s'est chargée positivement.

c) Calculer la constante de temps du circuit de charge.

2) Ce condensateur est conduit ensuite à se décharger dans une bobine d'inductance **L** et de résistance pratiquement nulle et ce, en ouvrant $\mathbf{K_1}$ et en fermant $\mathbf{K_2}$ à une date qu'on prendra comme origine des temps. A cette instant t, la tension aux bornes du condensateur est $\mathbf{u_C}$.



Un oscillographe permet d'obtenir la courbe de la figure ci-contre représentant les variations de la tension $\mathbf{u_C = u_{BA}}$ aux bornes du condensateur en fonction de temps.

Les réglages de l'oscilloscope sont comme suit :

- Balayage horizontal : **5 ms/div**.
- Sensibilité verticale : **10 V/div**.

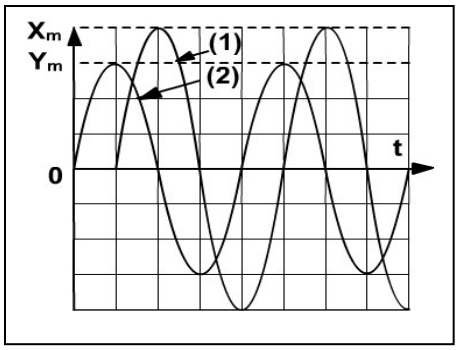
a) En utilisant la loi des mailles et en indiquant le sens du courant choisi sur le circuit, montrer que $\mathbf{u_C}$ a pour expression $\mathbf{u_C(t) = U_{Cm} \sin(\omega_0 t + \varphi)}$.

b) Déterminer graphiquement la valeur de la période propre $\mathbf{T_0}$ du circuit **LC**; déduire celle de la pulsation $\mathbf{\omega_0}$

c) Déterminer la valeur de l'inductance L, de la charge maximale $\mathbf{Q_m}$ du condensateur et de l'intensité maximale **Im** dans le circuit.

d) Exprimer numériquement $\mathbf{u_C(t)}$, **q(t)** et **i(t)**.

Exercice 5



Un condensateur de capacité **C** est initialement chargé à l'aide d'un générateur de tension idéal de f.é.m. **E = 4V.**

A la date **t = 0** on le branche aux bornes d'une bobine d'inductance **L** et de résistance pratiquement nulle ; puis à l'aide d'un dispositif et d'un logiciel appropriés, on enregistre et on trace, dés la connexion du condensateur à la bobine les variations, en fonction de temps, de la charge **q** du condensateur et celle de l'intensité **i** du courant qui parcourt le circuit, on obtient les graphes **(1)** et **(2)** suivants : Avec $\mathbf{X_m = 8.10^{-5}}$ **U.S.I** et $\mathbf{Y_m = 8.10^{-2}}$ **U.S.I**.

1) a) Pourquoi doit-on relever la valeur de **q** dés la fermeture du circuit ?

b) Etablir l'équation différentielle qui régit la charge q du condensateur après sa connexion au bobine. Déduire une solution de cette équation.

c) Identifier, par son numéro, la courbe donnant les variations de **i(t)** en fonction de temps.

d) Déterminer graphiquement la valeur de la capacité c du condensateur et celle de la pulsation propre ω_0 des oscillations de la charge **q**. En déduire la valeur de **L**

2) a) Etablir une expression indépendante de temps qui lie **q** et **i**.

b) Déduire que le circuit **LC** a pratiquement conservé, durant l'enregistrement, l'énergie électrique E_e emmagasinée initialement dans le condensateur. Calculer E_e.

Exercice 6

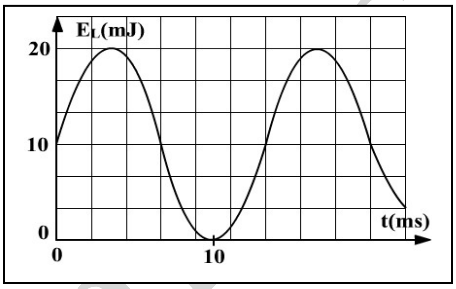
Un condensateur de capacité **C** est chargé grâce à un générateur de tension idéal de f.é.m. **E = 50V.**
Ce condensateur est conduit à se déchargé dans une bobine d'inductance L et de résistance pratiquement nulle, au cours de la décharge la tension u_C aux bornes du condensateur vérifie l'équation différentielle ci-dessous :

$$LC\frac{d^2u_C}{dt^2} + u_C = 0$$

Qui admet pour solution $u_C(t) = E \sin(\omega_0 t + \varphi)$.

1) a) Exprimer l'énergie électrique E_e en fonction de **L**, **C**, u_C et $\frac{du_C}{dt}$.
b) Montrer que le circuit **LC** considéré est conservatif.

2) On représente les variations de l'énergie magnétique E_L emmagasinée par la bobine en fonction du temps, on obtient le graphe suivant :



a) Montrer que E_L a pour expression $E_L = 1/2\ CE^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi)$.
b) Montrer que E_L est une fonction sinusoïdale de période : π/ω_0
c) Déduire de la courbe les valeurs de ω_0, **C et L.**
d) Sachant qu'à **t = 0**, $u_C(0)$ est positif, déterminer la valeur de φ.

Exercice 7

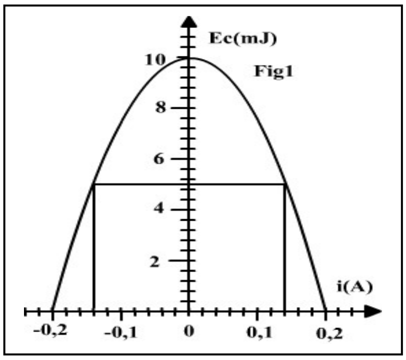
On réalise un circuit série à l'aide d'un condensateur de capacité C initialement chargé et d'une bobine d'inductance L et de résistance pratiquement nulle. A un instant de date t, la tension aux bornes du condensateur a pour expression : $u_C(t) = U_{Cm} \sin(\omega_0 t)$.

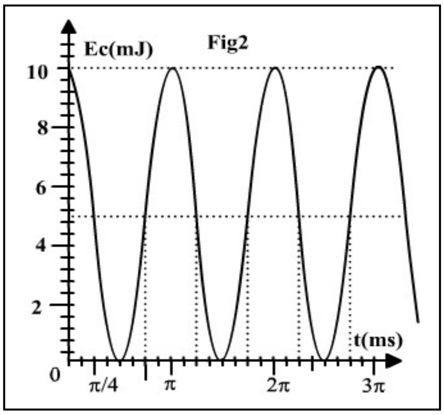
1) a) A quelles grandeurs électriques la pulsation ω_0 est-elle liée ?
b) Montrer que l'intensité i du courant dans le circuit oscillant **LC** peut s'écrire sous la forme ci-contre :

$$i(t) = U_{Cm} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \cos(\omega_0 t)$$

c) Sachant que l'énergie électrique initialement emmagasinée dans le condensateur se conserve, au cours du temps, dans le circuit, établir l'équation différentielle qui régit l'intensité instantanée i du courant électrique qui circule dans le circuit.
d) Montrer que l'énergie électrostatique E_C emmagasinée par le condensateur est : $E_C = 1/2\ (CU_{Cm}^2 - Li^2)$.

2) On donne les variations de l'énergie électrostatique E_C emmagasinée dans le condensateur en fonction de l'intensité i (figure-1) et en fonction du temps (figure-2).





a) Déduire des deux graphes :
- La valeur maximale E_{Cm} de E_C ;
- La valeur maximale I_m de **i** ;
- La valeur de la période propre T_0 de l'oscillateur.

b) Déduire la valeur de ω_0 et U_{Cm} ; puis celle de **C** et **L.**
3) Déterminer graphiquement les valeurs de **i** et de **t** pour lesquelles E_L est égale à E_C.

Exercice 8 : devoir de synthèse n°1

Au cours d'une expérience on réalise un montage électrique **(M)** permettant de charger un condensateur par une tension continue, à travers une résistance R ; et de le décharger dans un dipôle **RL** formé par une bobine, montée en série avec un résistor de résistance R_0. La liste du matériel disponible est :
- deux résistors **R** et R_0,
- un générateur de tension **G**, de f.é.m. **E**,
- une bobine de résistance **r = 5 Ω** et d'inductance **L**,
- un condensateur de capacité **C**,
- un commutateur **K** à double position.

1) La **figure 1** en annexe représente le schéma électrique incomplet du montage **(M)**. Compléter le schéma de la figure 1 en annexe correspond au montage (M).
2) On charge le condensateur par le générateur **(G)**. A t = 0, on connecte le condensateur au dipôle **RL**. Ainsi un courant électrique d'intensité **i** circule dans la portion du montage schématisé par la figure 2.

Les variations au cours du temps de la tension **$u_C(t)$** aux bornes du condensateur sont représentées par le graphe de la **figure 3**.

Préciser en justifiant la nature et le régime des oscillations électriques de la tension **$u_C(t)$.**

3) À l'origine des dates la charge du condensateur est maximale.

a) Quelle est la f.é.m. E du générateur ?

b) En justifiant déterminer la tension aux bornes de la bobine à **$t = 0$**.

4) a) Montrer que l'équation différentielle régissant les oscillations électriques de la tension en fonction de **$u_C(t)$** s'écrit sous la forme ci-contre :

$$\frac{d^2u_c(t)}{dt^2} + \left(\frac{R_0+r}{L}\right)\frac{du_c(t)}{dt} + \frac{u_c(t)}{LC} = 0$$

b) Déduire le facteur responsable de l'amortissement la tension **$u_C(t)$**.

5) Déterminer la valeur de la pseudo-période **T** des oscillations de la tension **$u_C(t)$.**

6) L'évolution de l'énergie **$E_C(t)$** emmagasinée par le condensateur est donnée par le graphe de la figure 4 en annexe.

a) En exploitant le graphe de la **figure 3.** Montrer que la capacité du condensateur est **$C = 4.10^{-6}$ F**

b) On admettant que : **$T^2 = 4\pi^2LC$,** déduire la valeur de l'inductance **L**.

c) En justifiant, déterminer la valeur de l'énergie totale **E** du circuit **RLC** aux dates **$t_0 = 0$** et **$t_1 = 4$ms**. Déduire l'énergie perdue par effet joule entre les dates **t_0** et **t_1**.

d) Représenter sur l'intervalle **$[t_0, t_1]$** l'allure approximative de la courbe **$E_c = f(t)$**, si on remplace le résistor **R_0** par un autre de résistance **$R_1 = R_0/2$** (aucun calcule n'est demandé pour cette question) .

Annexe

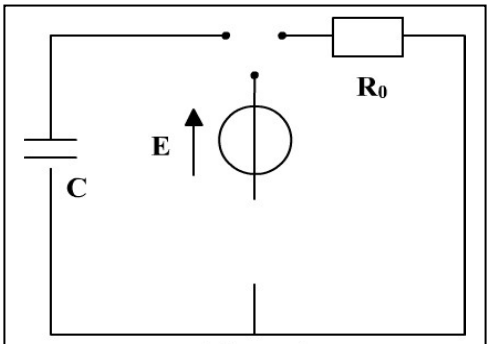


Figure 1

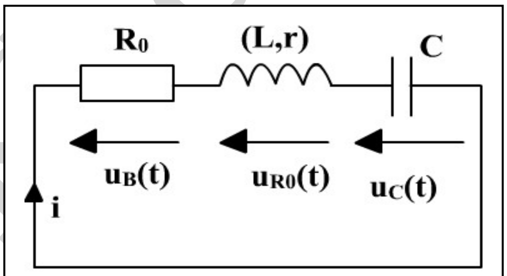


Figure 2

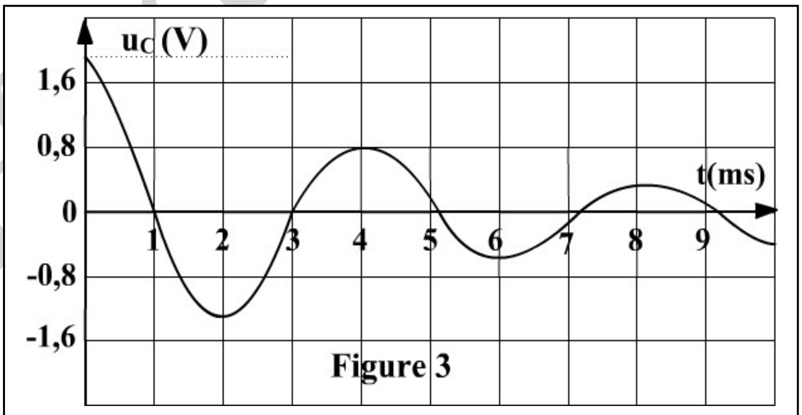


Figure 3

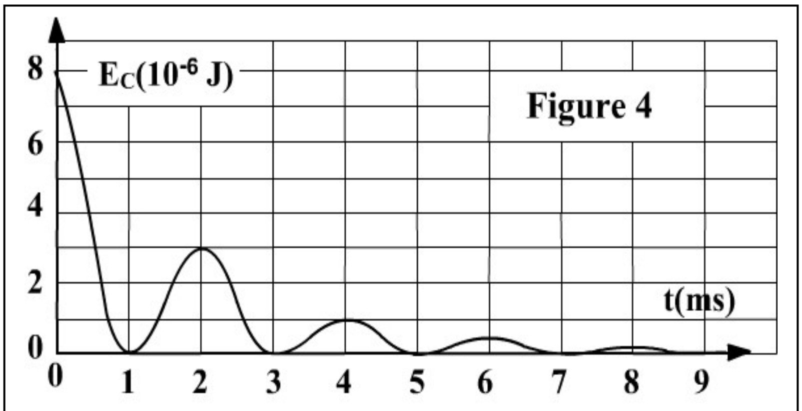


Figure 4