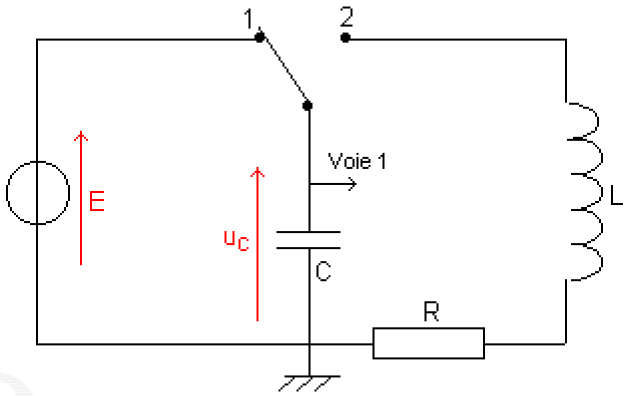
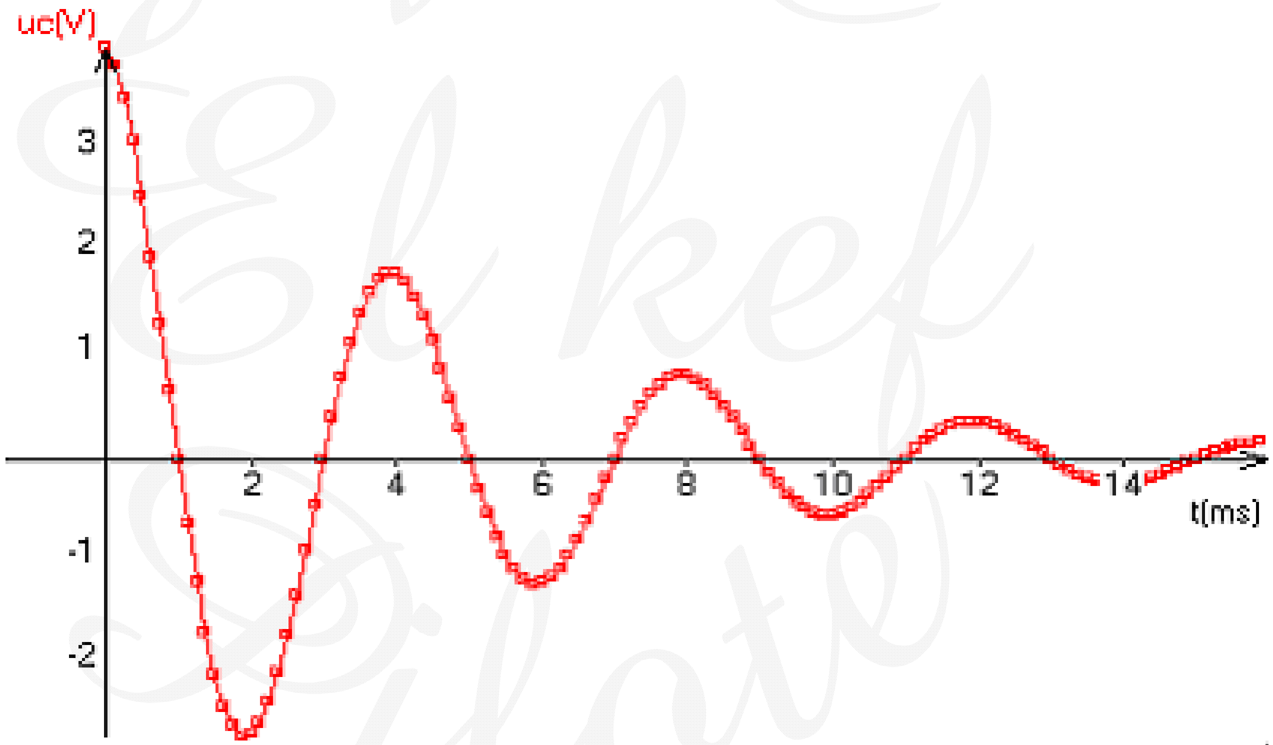
Oscillations électriques libres

I/ Etude expérimentale

1°) Montage et mesures



On réalise le montage ci-contre:
Lorsque l'interrupteur est en position 1:
Le condensateur se charge
Lorsque l'interrupteur est en position 2:
Le condensateur se décharge à travers la bobine.
Le système d'acquisition permet de visualiser la tension u_c aux bornes du condensateur.
On obtient la courbe u_c=f(t) suivante:



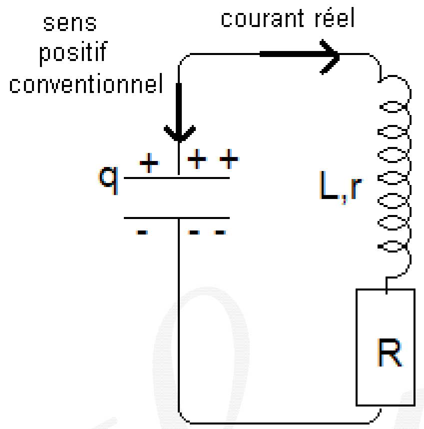
Conclusion: La décharge du condensateur à travers un circuit RL donne des oscillations.

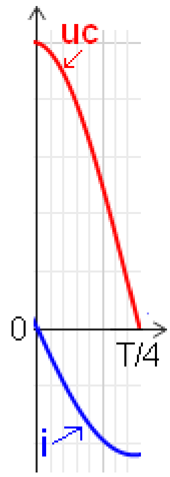
2°) Interprétation

- A t=0 i (iréel)=0 et $Q_m=Q_0=CE$

Hajouni Jalel

❑ <u>$0 < t < T/4$</u>

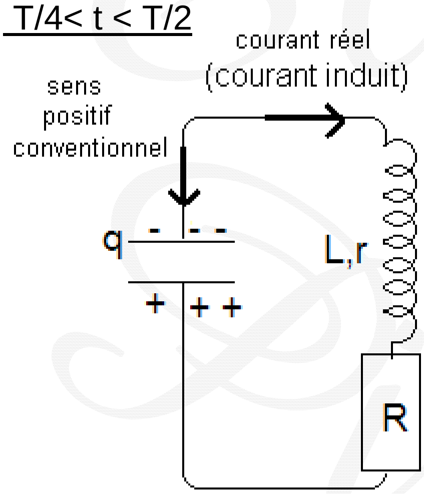


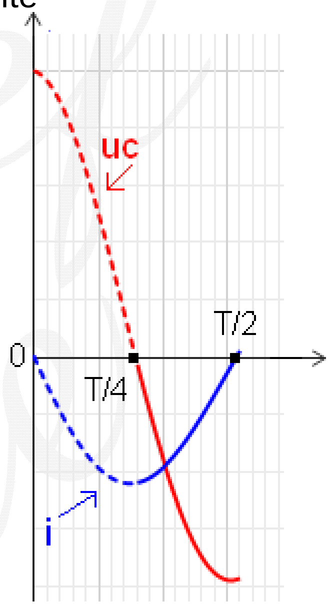


- Le condensateur se décharge progressivement à travers
Le dipôle (bobine- résistor) .Cette décharge n'est pas instantanée à cause
Du phénomène d'auto-induction qui se produit dans la bobine $i = C\frac{duc}{dt} < 0$
(la valeur absolue de i >0)
- $E_e = ½ Cuc^2$ diminue et $E_L = ½ Li^2$ augmente

❑ <u>A t = T/4</u>
Le condensateur est complètement déchargé et l'intensité du courant est maximale en valeur absolue (i= - Im)

❑ <u>$T/4 < t < T/2$</u>



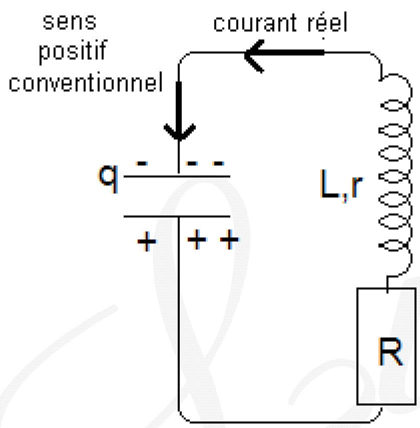


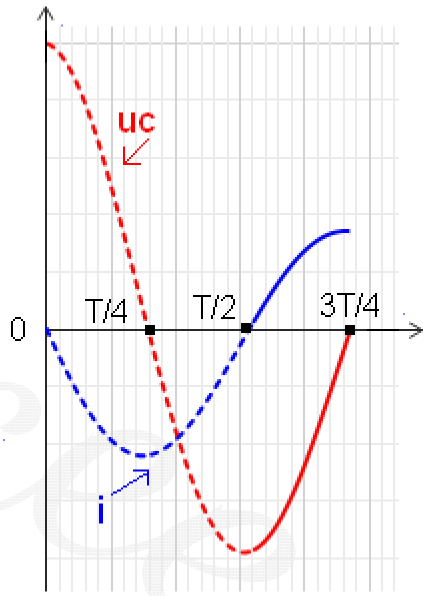
- la bobine , par l'intermédiaire de sa f.é.m ,s'oppose à la diminution de l'intensité du courant en produisant un courant dans le même sens ⇒ le condensateur se recharge de nouveau (ses armatures deviennent porteuses de charges de signes opposées à celle de départ)
- E_L diminue et Ee augmente

- A t=T/2

Le condensateur est chargé (Q'm < Q0) et l'intensité du courant est nulle

- T/2 < t < 3T/4



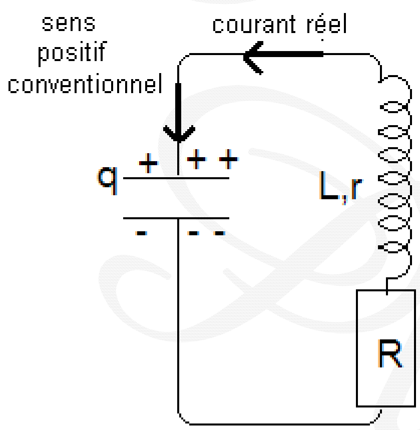


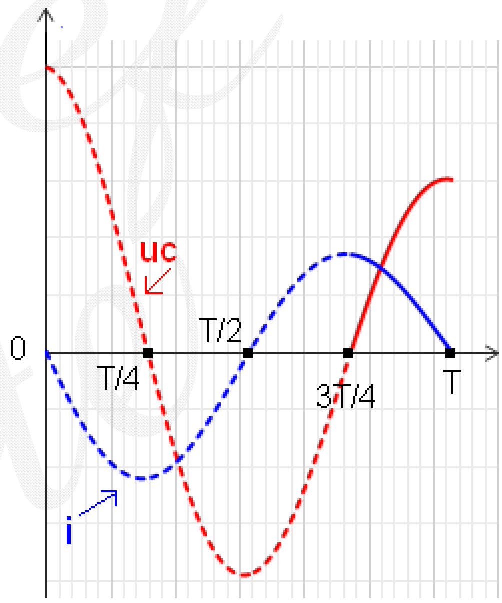
- Le condensateur se décharge de nouveau à travers la bobine et le résistor en produisant un courant dans le sens positif
- E_L augmente et Ee diminue

- A t= 3T/4

Le condensateur est complètement déchargé et i =Im

- 3T/4 < t < T

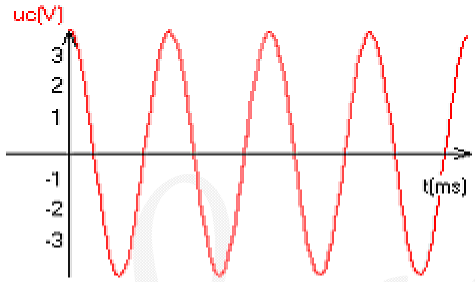


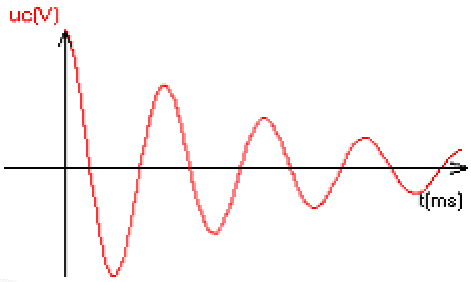


- La bobine par l'intermédiaire de sa f.é.m , crée un courant induit pour s'opposer à la diminution du courant principal (i>0) le condensateur se recharge
- Ee augmente et E_L diminue

3°) Influence de la résistance R du circuit

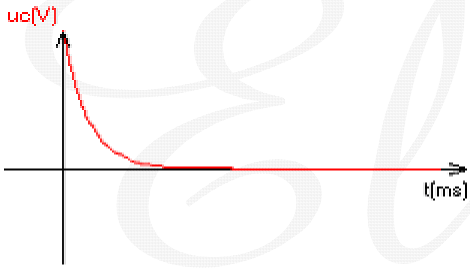
La valeur de la résistance R du circuit détermine l'évolution de la charge q du condensateur donc de la tension u_c à ses bornes.

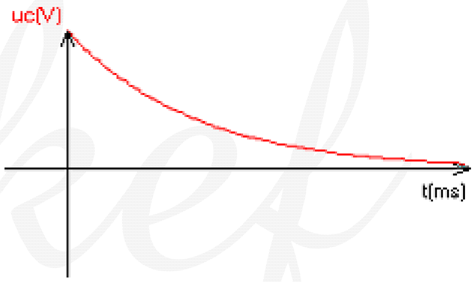




Si la valeur de la résistance R, est très faible les oscillations sont pratiquement sinusoïdales et périodiques.

Si la valeur de la résistance R est faible, le régime obtenu est dit **pseudo-périodique**





Si la valeur de la résistance R est égale à la résistance critique R_c, le régime obtenu est dit **apériodique critique**

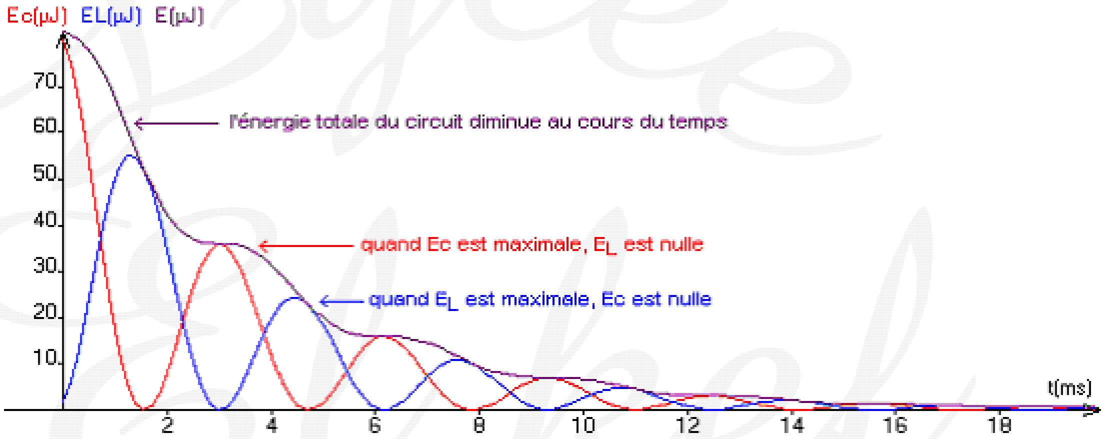
Si la valeur de la résistance R est élevée, le régime obtenu est dit **apériodique**

III/ *Interprétation énergétique*

A l'aide d'un logiciel adapté, il est possible de calculer les énergies emmagasinées dans chaque dipôle ainsi que l'énergie totale du circuit. Ces énergies sont les suivantes:

- E_L: énergie magnétique emmagasinée par la bobine: $E_L = {}^1/_2 Li^2$
- E_C: énergie électrique emmagasinée par le condensateur: $E_C = {}^1/_2 Cu_c{}^2$
- E: énergie totale emmagasinée par le circuit: $E = E_L + E_C$

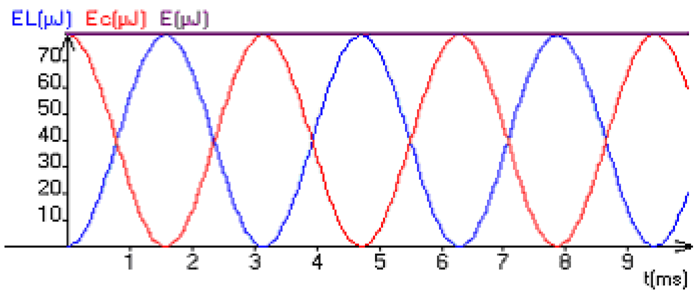
On peut ainsi tracer les courbes donnant ces énergies en fonction du temps.



<u>Conclusions:</u>

- L'énergie totale du circuit E décroit au cours du temps: E est progressivement dissipée par effet Joule dans le conducteur ohmique.
- L'énergie emmagasinée par le condensateur est maximale quand l'énergie emmagasinée par la bobine est nulle et vice versa. Il y a transfert d'énergie entre le condensateur et la bobine.

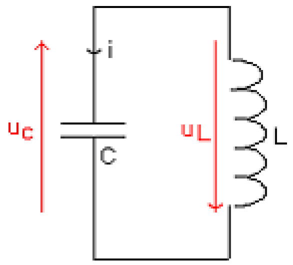
<u>Remarque:</u> Dans le cas d'un régime périodique (résistance du circuit nulle), l'énergie totale est constante.



Hajouni Jalel

III/ *Oscillations d'un circuit RLC libre non amorti*

1°) Tension aux bornes du condensateur



D'après la loi des mailles = 0 => $L\frac{di}{dt}+uc=0$

Or $i=\frac{dq}{dt}=C\frac{duc}{dt} \Rightarrow LC\frac{d^2uc}{dt^2}+uc=0$ équation (1)

Cette équation admet pour solution $u_c=U_m\cos(\omega_o t+\varphi)$ avec $\omega o=\frac{1}{\sqrt{LC}}$. En effet:
$u_c=U_m\sin(\omega_o t+\varphi)$=> $du_c/dt= \omega_o U_m\cos(\omega_o t+\varphi)$=> $d^2u_c/dt^2=-\omega_o^2U_m\sin(\omega_o t+\varphi)$
L'équation (1) devient: $-\omega_o^2U_m\sin(\omega_o t+\varphi) + \omega_o^2U_m\sin(\omega_o t+\varphi) = 0$. L'équation est vérifiée.

2°) Détermination des constantes

- La grandeur $\omega o=\frac{1}{\sqrt{LC}}$. est appelée "pulsation propre" du circuit. Elle s'exprime en $rad.s^{-1}$.
- La grandeur U_m est appelée "tension maximale" (ou amplitude). Elle s'exprime en volts.
- La grandeur φ est appelée "phase à l'origine". Elle s'exprime en radians.

à t=0, $u_c=U_m$. On en déduit: $U_m\cos(\varphi)=0$ => $\boldsymbol{\varphi=\pi/2}$.
Finalement la tension aux bornes du condensateur s'écrit: $\boldsymbol{u_c=U_m\sin(\omega_o t+\pi/2)}$.

3°) Intensité du courant

L'intensité du courant traversant le circuit s'écrit $i = Cdu_C/dt$=> $i = \omega_o CU_m\cos(\omega_o t+\varphi)$
La valeur maximale (en valeur absolue) de i est $|I_m| = \omega_o CU_m$.
Finalement l'intensité du courant dans le circuit s'écrit: $\boldsymbol{i = I_m\sin(\omega_o t+\varphi+\pi/2)}$
avec $\boldsymbol{I_m = \omega_o CU_m}$.

4°) Période propre des oscillations

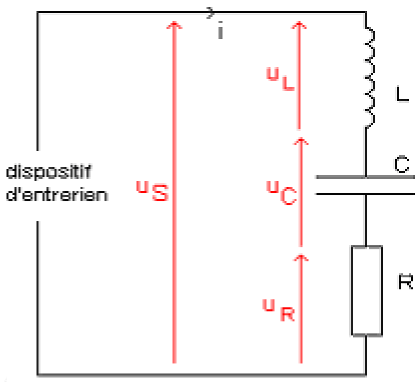
Les grandeurs $u_c(t)$, q(t) et i(t) sont des des fonctions sinusoïdales du temps de période To.

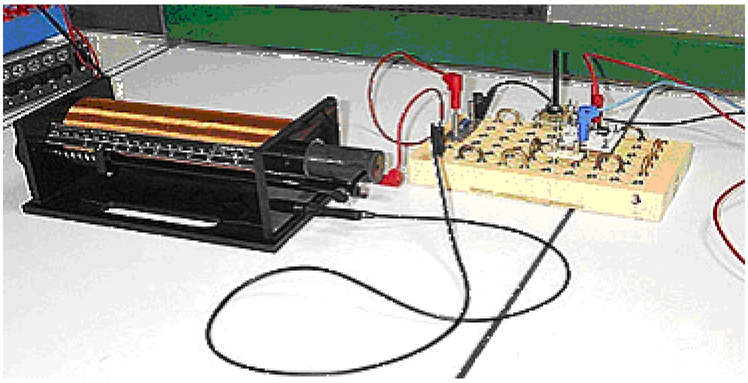
Définition: La grandeur $To=\frac{2\pi}{\omega o}=2\pi\sqrt{LC}$ est appelée période propre des oscillations du circuit.

Remarque: Lorsque le circuit est le sièges d'oscillations pseudo-périodiques (valeur de la résistance R faible) la pseudo-période est peu différente de la période propre.

VI Entretien des oscillations dans un circuit RLC

Pour compenser la perte d'énergie par effet Joule, on peut utiliser un dispositif d'entretien qui fournit au circuit l'énergie qu'il a perdue.





L'énergie totale (énergie magnétique + énergie électrique) est alors constante.

Les oscillations sont sinusoïdales de période.$T_o=\dfrac{2\pi}{\omega o}=2\pi\sqrt{LC}$

Hajouni Jalel