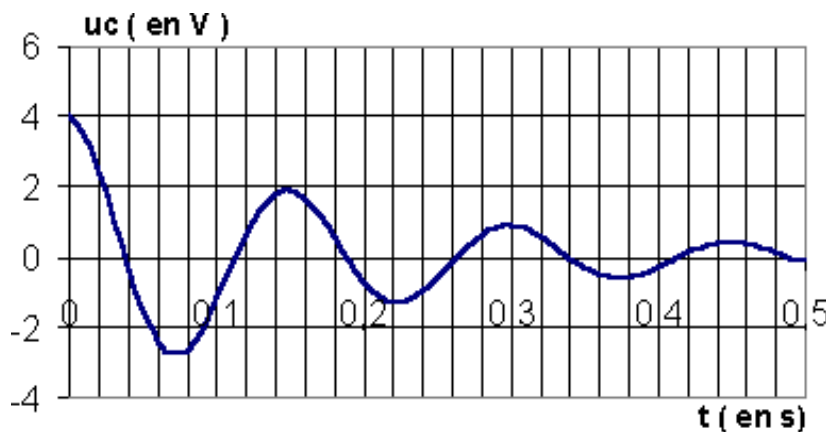
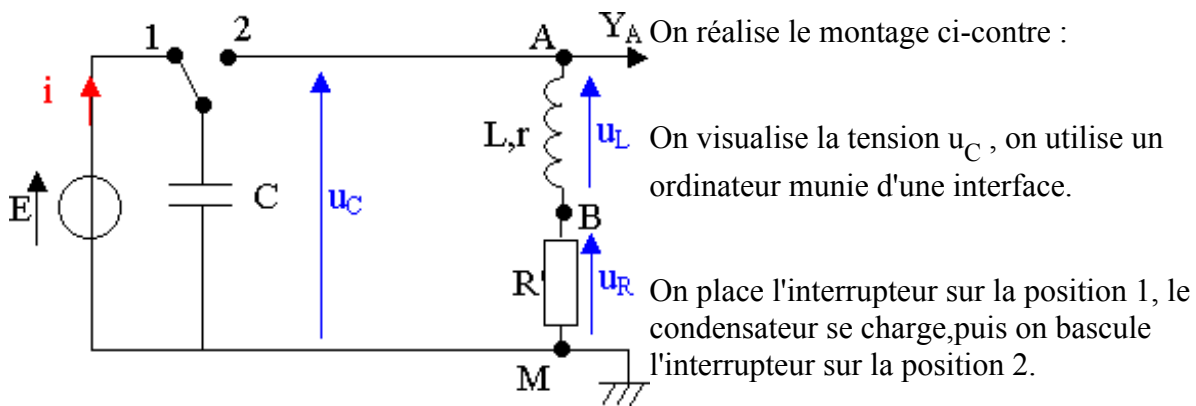


## Chap 09 – Oscillations libres dans un circuit RLC série

# I) Décharge du condensateur d'un circuit RLC série

### 1) Etude expérimentale :



#### Observations :

La tension  $u_C$  prend alternativement des valeurs négatives et des valeurs positives. Elle oscille.

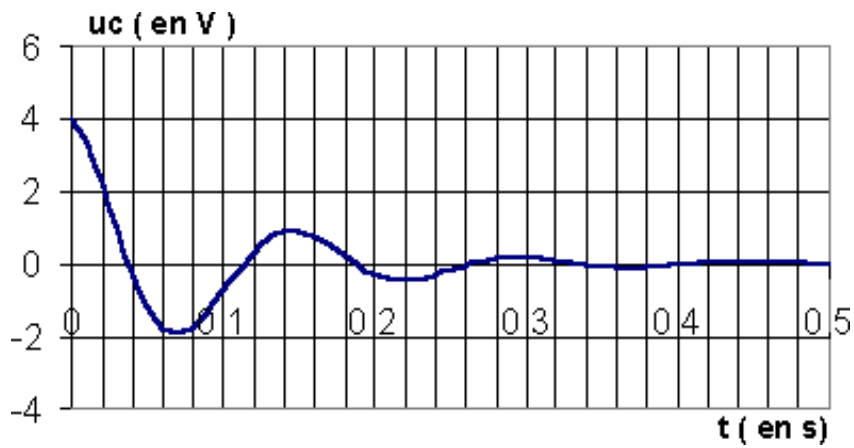
#### Interprétations :

On a un circuit RLC série.  
Le condensateur se décharge dans un dipôle RL où  $R = r + R'$

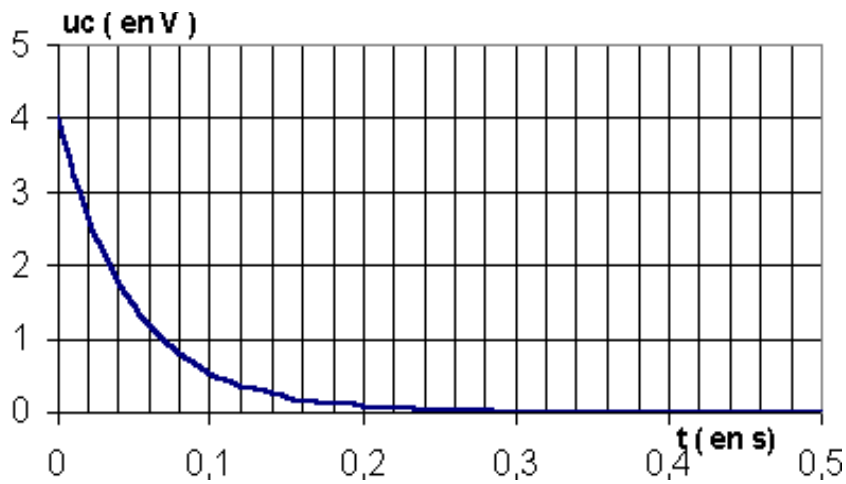
La tension  $u_C$  subit des oscillations libres amorties dont la valeur maximale décroît et intervient à intervalles de temps égaux. On dit que le régime des oscillations est pseudo-périodique.

La pseudo-période  $T$  est la durée entre 2 valeurs maximales successives ou entre deux passages par zéro dans le même sens. Elle est constante.

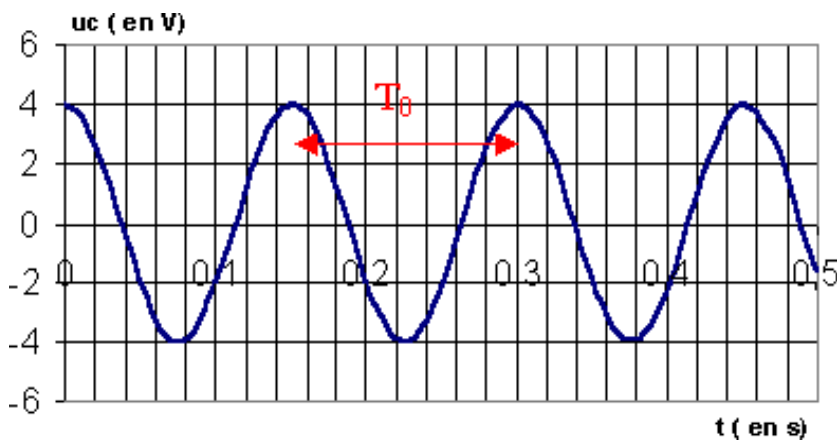
## 2) Influence de la résistance :



Si on augmente la valeur  $R$ ,  
l'amortissement est plus grand.



Pour des grandes valeurs  $R$ ,  
le régime devient apériodique,  
il n'y a pas d'oscillations.



Si  $R$  est négligeable,  
l'amortissement est aussi  
négligeable et le régime est  
périodique.

### 3) Influence de l'inductance L de la bobine :

On retire le noyau de fer à moitié, puis complètement (on diminue ainsi la valeur de l'inductance L) et on étudie dans les 2 cas  $u_C$ .

On constate que la période T diminue.

### 4) Etude énergétique :

Avec le montage précédent, on mesure la tension  $u_R$  sur la voie B et la tension  $u_C$  sur la voie A.

$u_R = -R.i$ , on obtient donc les variations de i.

Energie emmagasinée par la bobine :  $E_L = \frac{1}{2} L.i^2$

Energie emmagasinée par le condensateur :  $E_C = \frac{1}{2} C.u_C^2$

Energie totale :  $E = E_L + E_C = \frac{1}{2} L.i^2 + \frac{1}{2} C.u_C^2$ .

On peut ainsi grâce à l'ordinateur tracer les courbes  $E_L$ ,  $E_C$  et E en fonction du temps.

L'énergie totale décroît en fonction du temps, elle se dissipe par effet joule dans le conducteur ohmique.

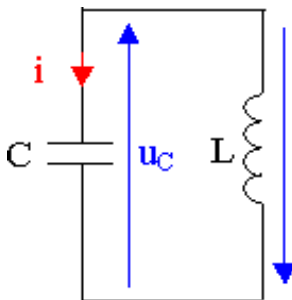
En régime pseudo-périodique, la décharge est oscillante, il y a transfert d'énergie du condensateur vers la bobine et réciproquement de façon alternative.

En régime apériodique, il y a seulement transfert du condensateur vers la bobine lors de la décharge.

En régime périodique, l'amortissement est négligeable, la dissipation d'énergie dans le conducteur ohmique est négligeable. L'énergie totale reste constante, elle se conserve. Il y a transfert continu entre la bobine et le condensateur.

## II ) Etude théorique des oscillations d'un circuit série LC d'amortissement négligeable :

1) Tension aux bornes du condensateur :



On respecte la convention récepteur u et i de sens contraire.

$$u_L = L.di/dt ; q = C.u_C ; i = dq/dt = C.du_C/dt$$

$$u_L \text{ Loi des tensions : } u_L + u_C = 0 \Rightarrow L.C.d^2u_C/dt^2 + u_C = 0$$

$$\text{ou } d^2u_C/dt^2 + u_C/(L.C) = 0$$

(on peut aussi écrire une équation différentielle pour q)

solution de l'équation différentielle :  $u_C = U_m \cdot \cos(\omega_0.t + \varphi)$

$U_m$ ,  $\omega$  et  $\varphi$  étant des constantes à déterminer.

$$du_C/dt = -\omega_0 \cdot U_m \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \varphi) ; d^2u_C/dt^2 = -\omega_0^2 \cdot U_m \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi)$$

$$d^2u_C/dt^2 + u_C/(L \cdot C) = (-\omega_0^2 + 1/(L \cdot C)) \cdot U_m \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi) = 0 . \text{ Relation valable pour tout } t.$$

$$\text{Il faut donc : } -\omega_0^2 + 1/(L \cdot C) = 0 \Rightarrow \omega_0 = 1/\sqrt{LC}$$

$\omega_0$  est appelée pulsation propre des oscillations électriques , elle s'exprime en  $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$

On utilise les conditions initiales pour déterminer  $U_m$  et  $\varphi$  :

à  $t = 0 \text{ s}$  ,  $u_C = U_m \cdot \cos(\varphi)$  ;  $\varphi$  est appelé phase à l'origine . Souvent  $u_C = U_m$  ,  $\varphi = 0$

La fonction cosinus varie entre  $-1$  et  $1$  ,  $U_m$  est donc la valeur maximale, appelée amplitude de  $u_C$ .

$$U_m = E$$

On appelle  $T_0$ , la période propre des oscillations électriques :  $T_0 = 2\pi / \omega_0 = 2\pi \cdot \sqrt{LC}$

$T_0$  s'exprime en s. Dans un régime pseudo-périodique, la pseudo-période est proche de  $T_0$

La fréquence propre  $f_0$  ( ou  $N_0$  ) :  $f_0 = 1 / T_0$

Analyse dimensionnelle :

$$[L \cdot C] = [L / R] \cdot [RC] ; \text{ or } [\tau] = [RC] = T \text{ et } [\tau] = [L / R] = T \Rightarrow [L \cdot C] = T^2$$

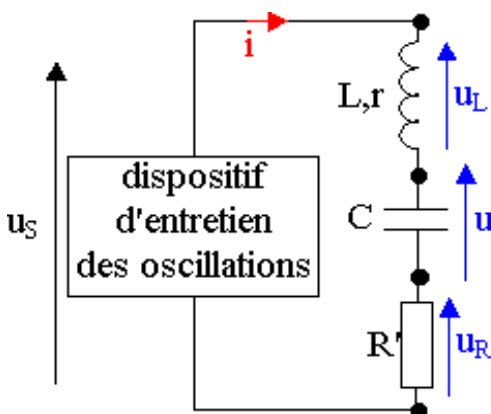
$$\Rightarrow [\sqrt{LC}] = T ; \sqrt{LC} \text{ a bien la dimension d'un temps}$$

2) Intensité du courant :

$$i = dq/dt ; q = C \cdot u_C = C \cdot U_m \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi)$$

$$\Rightarrow i = -C \cdot U_m \cdot \omega_0 \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \varphi) = -I_m \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \varphi) \text{ avec } I_m = \omega_0 \cdot C \cdot U_m$$

## III ) Entretien des oscillations d'un circuit RLC série :



Le dispositif d'entretien des oscillations est hors programme.

Il fournit de l'énergie au circuit.

La puissance perdue par effet joule dans le circuit RLC est :

$$P = R \cdot i^2 \text{ avec } R = r + R' .$$

La puissance fournie par le dispositif est :  $P_S = u_S \cdot i$

Pour qu'il y ait compensation de la perte d'énergie, il faut :

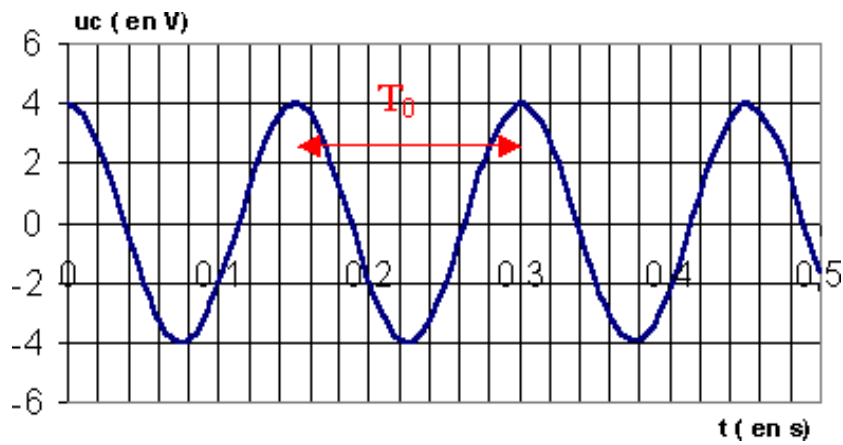
$$P = P_S \Rightarrow u_S = R \cdot i$$

Il y a toujours transfert d'énergie entre le condensateur et la bobine et l'énergie totale est constante.

Les oscillations entretenues sont sinusoïdales de période  $T$  égale à la période propre  $T_0$ .

$$T = T_0 = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi / \omega_0$$

$$i = i_m \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi)$$



©Sciences Mont Blanc

Fiche réalisée par P.Bourton

Pour en savoir plus <http://montblancsciences.free.fr>