Cours N°P 8 : Les oscillations libre dans un circuit RLC série

Introduction: Une bobine et un condensateur constituent deux réservoirs d'énergie électrique. Que se passe-t-il lorsqu'on relie un condensateur chargé aux bornes d'une bobine

I-Décharge d'un condensateur dans une bobine.

1- Etude expérimentale :

On réalise le montage ci-contre :

On place l'interrupteur sur la position (1), le condensateur se charge, puis on bascule l'interrupteur sur la position (2). Le condensateur se décharge dans un dipôle RL où R = r + r'. On a des oscillations dont l'amplitude diminue (amortissement). Le circuit RLC est le siège d'oscillations électriques libres amorties.

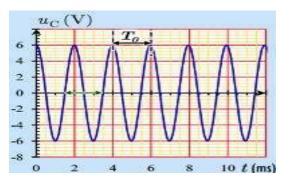
2- Régimes d'oscillations

On caractérise trois régimes selon la valeur de la résistance R

Régime périodique

La résistance est nulle, les oscillations sont périodiques. Le circuit LC est alors le siège d'oscillations propres non amorties. Le régime est alors périodique.

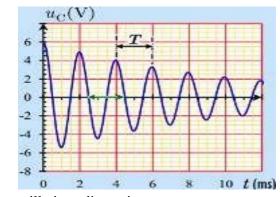
La période To des oscillations est appelée période propre



Régime pseudo-périodique

La résistance est faible, l'amplitude des oscillations n'est pas constante mais décroît : les oscillations s'amortissent. Le régime est dit **pseudo périodique**.

La pseudo période $T \approx T_0$

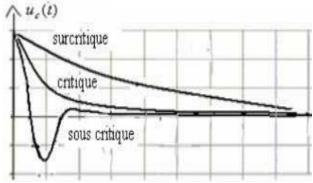


Régime apériodique

Le régime apériodique: Si la résistance totale du circuit est grande, les oscillations disparaissent car l'amortissement est fort, le condensateur perd sa charge sans

oscillations, et on distingue dans ce cas trois régimes :u(t)

- **-Le régime sous-critique :** la tension aux bornes du condensateur effectue une seule oscillation avant de s'annuler.
- **-Le régime critique :** la tension aux bornes du condensateur s'annule sans oscillations.
- **-Le régime sur-critique :** la tension aux bornes du condensateur dure un temps très long pour s'annule sans oscillations.

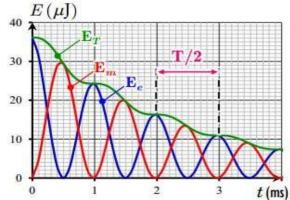


II- Etude théorique d'un circuit série RLC			
1- L'équation différentielle On considère le circuit RLC en série suivant,		† † <i>i</i>	
D'après la loi d'additivité des tensions:			(I''I)
1		u _c = C	.
		1	r' u _R
L'équation différentielle verifiée par la tension u_c			
Remarque:			
		•••••	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •
		•••••	
L'équation différentialle venifiée per le charge $g(t)$			
L'équation différentielle verifiée par la charge q(t)			
Remarque:			• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •
		$u_{\mathbf{C}}$ $\downarrow i$	L 200000
			f
:			
Remarque:			
		•••••	
L'équation différentielle verifiée par la charge q(t)			
2- Solution de l'équation différentielle		~?	10 forms .
On admet que la solution de l'équation différentielle $u_c(t) = U_m ext{cos}(rac{2\pi}{T_0} t + arphi)$,		s ecrit sous	ia forme :
avec T_0 : est la période propre du circuit LC. Elle s'exprime e	en radian (rad); ω_0 : est l	a pulsation pro	opre (rad.s ⁻¹)
φ : est la phase à l'origine des dates). Elle s'exprime en radian U_m : est l'amplitude des oscillations. Elle s'exprime en volt (V	(rad)		

a-Déterminons l'expression de T ₀ .	
b -Analyse dimensionnelle de T ₀	
C- Déterminons Um	
d- Déterminons φ :	
L'expression de $u_c(t)$ devient :	
avec f ₀ c'est la fréquence propre (Hz)	
Application : à partir de la figure ci-contre déterminer	6 u _C (V)
l'expession de $u_c(t)$	4
	2 1 1 1 1
	0 0,7 1,4 2,1 2,8 t (ms)
	-4
3- Évolution de la charge q et de l'intensité i.	-6
❖ l'expression de la charge q :	
avec $Q_m = C.E$: représente la valeur maximale de la charge q (amp	plitude d'oscillation)
Rappel: $\cos\left(x+\frac{\pi}{2}\right)=-\sin(x)$	
2)	

❖ l'expression de l'intensité du courant i(t)							$i(mA)$ T_0	
								30 20 10 0 -10
		• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •						-30
								0 1 2 3 4 5 6 t(ms)
*	Représen	tation de	uc(t et i(t) en fonct	ion de t			tue(t)
	0	$\frac{T_0}{4}$	<u>T</u> ₀	$\frac{3T_0}{4}$	T_0	<u>5T₀</u>	<u>6T₀</u>] \ \%\ \ \\ \\
i(t)		4	2			4	4	
u _c (t)	••••							y y y
								NAME OF THE PARTY
III- E	tude des	échange	es d'éne	ergies da	ns un c	ircuit F	RLC	
	nergie d'uı		1 1 1					
		_		-		de l'éner	gie électr	ique stockée dans le condensateur et de
renerş	gie magnétic	jue emma	gasmee d	ialis la bob	ille .			$\frac{T_0}{2}$
					• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •			$E(\mu J)$
Dans 1	e circuit LC	, l'énergie	e totale di	u circuit es	t constan	te au cou	rs du	
temps,	donc elle	est conser	vative					30
Lorsqu	ie l'énergie	emmagasi	inée dans	le conden	sateur din	ninue, l'é	nergie	20
	obine augm			-		_	-	E _m
	e condensate			cours a un	e periode	$eI = \frac{10}{2}$	avec I ₀	10
•								
Expre	ssion de l'é	nergie tot	caie:					0 1 2 3 t (ms)
Lorsqu	ie $u_c = \cdots$	>>>>>	<i>i</i> = ··· ≫	$\gg\gg E_T$	=	=	:	
Lorsqu	ie $u_c = \cdots$. >>>> i	=··· >	>>>> E ₁	· =	=	=	
Démoi	ntrons que l	'énergie <i>l</i>	E _T est cor	<u>iservative</u>				
		• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •					
	•••••							
				•••••				
		•••••	••••••	•••••	•••••	•••••	•••••	
							•••••	

2-L'énergie d'un circuit (R,L,C) série. Dans le circuit RLC, il y a toujours échange énergétique entre le condensateur et la bobine mais il y a déperdition (:dissipation) d'énergie par effet Joule (transfert thermique) dans les résistances. Il y a donc amortissements des oscillations. -L'énergie n'est plus constant, elle diminue au cours du temps. -L'expression de l'énergie totale à l'instant t est :



Application: quelle est la nature d'énergie stockée à l'instant $t_1 = 1 ms$ et $t_1 = 1, 5 ms$.

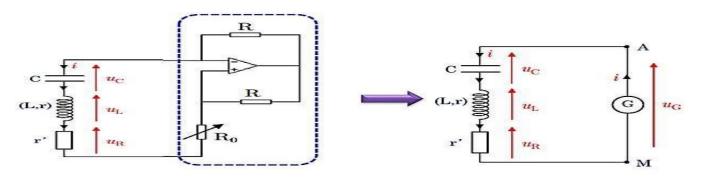
Démontrons que l'énergie E_T n'est pas conservative: Rappel: $a.f(x)^2 = 2a.f(x).f'(x)$

IV Entretien des oscillations.

1-Nécessité d'une source d'énergie

Un oscillateur électrique tel que nous l'avons vu est amorti par dissipation d'énergie par effet Joule dans le conducteur ohmique. Pour entretenir les oscillations d'un circuit **RLC libre**, il faut apporter au circuit par l'intermédiaire d'un dispositif, la même quantité d'énergie qui a été perdue. **C'est le rôle du dispositif d'entretien**.

2- Dispositif d'entretien des oscillations: montage à résistance négative



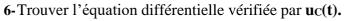
On réalise le montage ci-dessus dans lequel le génerateur G délivre une tension proportionnelle à l'intensité du courant qu'il débite. $U_g=R_0$.i.
-Le générateur G se comporte comme une résistance négative de valeur – R_0 Etude théorique :
On considère le montage d'entretien d'oscillation ci-dessus,
D'après la loi d'additivité des tensions on a : $u_R + u_c + u_L = u_g$
Si la résistance réglable R ₀ est égale à la résistance R du circuit RLC, l'équation devient
On retrouve une équation différentielle semblable à l'équation du circuit LC. Le circuit RLC devient équivalent à un

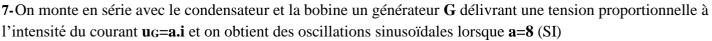
Série N°P8 : Les oscillations libre RLC série

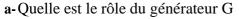
circuit LC et oscille avec une période propre T₀ qui dépend uniquement de la valeur de L et de la valeur de C :

Exercice 1: On charge totalement un condensateur de capacité $C=45.3\mu F$ par un générateur idéal de f.é.m. E et on le monte à une bobine d'inductance L et de résistance \mathbf{r} à t=0. On visualise par un oscilloscope la courbe qui représente la tension $u_C(t)$ en fonction du temps.

- 1-Montrer comment relier l'oscilloscope pour visualiser la tension $u_C(t)$.
- **2-**Quel est le régime observé ?
- **3-**Quelle est la forme d'énergie stocké dans le circuit à t=60ms ? justifier.
- **4-**En considérant la pseudo-période T est égale à la période propre T₀ de l'oscillateur **LC** déterminer la valeur **L**.
- 5-Calculer ΔE la variation de l'énergie totale entre les instants t=0 et $t_1=90$ ms expliquer le résultat.







- b-Déterminer l'équation vérifiée par la charge q dans ce cas.
- **c**-Trouver **r** la résistance de la bobine.

