

Oscillations forcées dans un circuit RLC en série

I - Le régime alternatif sinusoïdal

1- Définition .

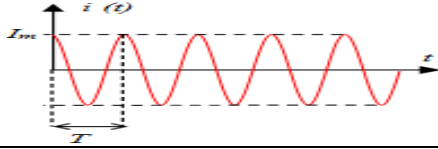
L'intensité du courant alternatif sinusoïdal est une fonction du temps qui s'écrit sous la forme suivante :

$$i(t) = I_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_i) . \text{ Avec :}$$

I_m :

ω :

φ_i :



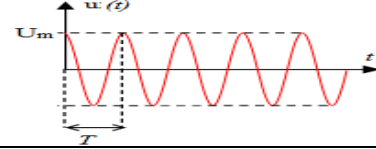
La tension alternative sinusoïdale est une fonction du temps , qui s'écrit sous la forme suivante :

$$u(t) = U_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_u) . \text{ Avec :}$$

U_m :

ω :

φ_u :



2-Valeurs efficaces

En régime variable,
- les multimètres (voltmètre et ampèremètre) mesurent des valeurs

L'oscilloscope indique

La relation entre la valeur efficace et la valeur maximale de l'intensité alternative sinusoïdale est:

pour un courant	pour une tension
.....

II - Étude expérimentale du circuit (R,L,C) série en régime alternatif sinusoïdal

1- Oscillations forcées dans un circuit RLC.

On réalise le circuit électrique suivant avec $L = 1\text{H}$ et $C = 0,47 \mu\text{F}$.

a- Calculer la fréquence propre N_0 du circuit

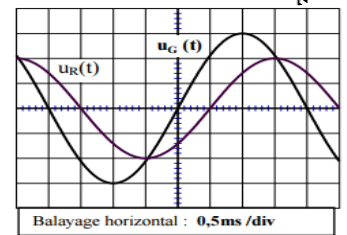
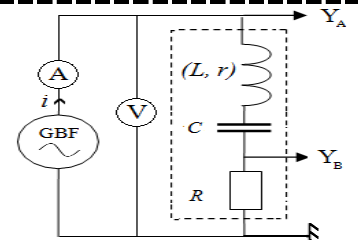
b- On fixe la fréquence de $u_G(t)$ à $N_G = 250 \text{ Hz}$, et on observe sur l'écran de l'oscilloscope l'oscillogramme ci-contre.

Déterminer la période T et la fréquence N_i de la tension $u_R(t)$

Comparer :

N_i N_0 :

N_i N_G

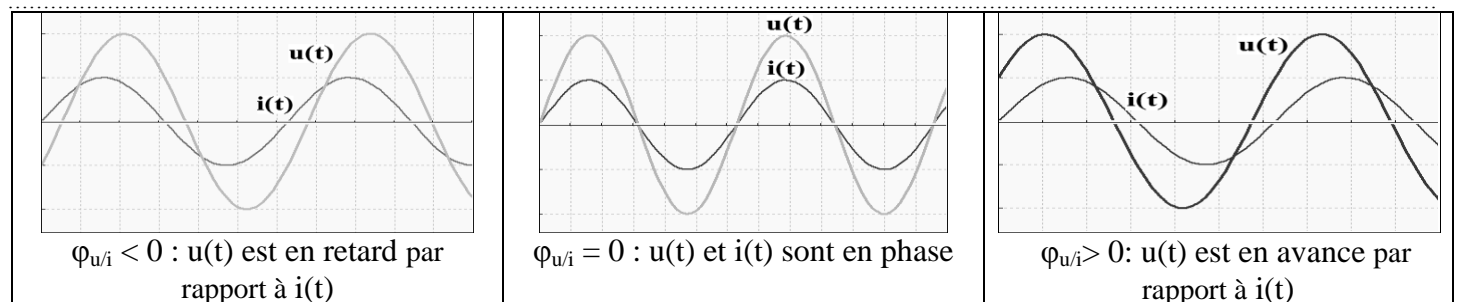


Conclusion :

2- Déphasage et décalage temporel.

On considère deux grandeurs alternatives sinusoïdales : $u(t) = U_m \cdot \cos(\omega t + \varphi_u)$ et $i(t) = I_m \cdot \cos(\omega t + \varphi_i)$ On appelle la phase de $u(t)$ par rapport à $i(t)$ (**Déphasage**) : $\varphi_{u/i} = \varphi_u - \varphi_i$.

Pour simplifier l'étude , on prend $\varphi_i = 0$ alors $\varphi_{u/i} = \varphi_u$



Application : déterminer (en faisant attention au signe) la valeur du déphasage $\varphi_{u/i}$ de $u(t)$ par rapport à $i(t)$?

3- L'impédance

Reprenons le montage précédent, pour une fréquence fixée de la tension, on fait varier la tension efficace U du générateur. On mesure les valeurs de U tension efficace et I l'intensité efficace et on les regroupe dans le tableau suivant :

U (V)	0	0,5	1	1,5	2	2,5
I(mA)	0	0,6	1,2	1,81	2,50	3
$\frac{U}{I}$ (.....)						

Compléter le tableau.

- Que constate-t-on ? Quelle est l'unité du rapport $\frac{U}{I}$

Conclusion :

4- Phénomène de résonance d'intensité.

A- Phénomène de résonance .

On réalise le montage électrique ci-contre où le générateur à basse fréquence alimente le circuit (R_{eq}, L, C) série d'une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace U et de fréquence N réglables .

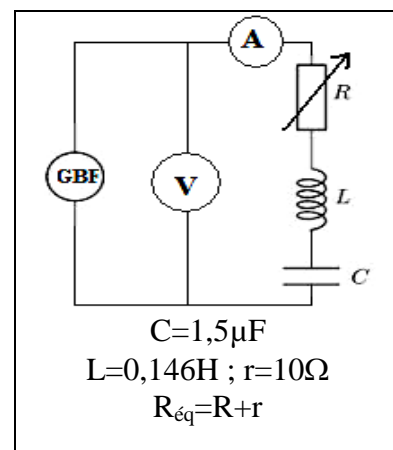
* Une bobine d'inductance L et de résistance r .

* Un condensateur de capacité C

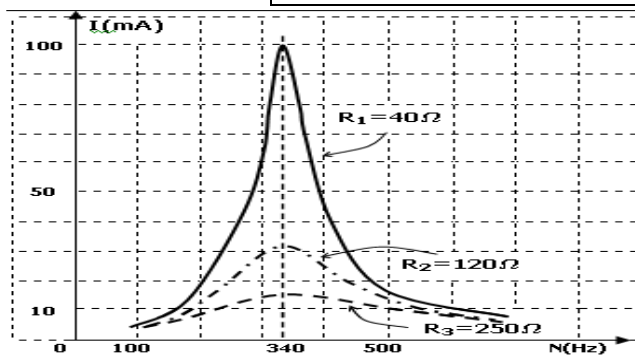
On fixe la tension efficace sur la valeur $U=4V$ et la résistance globale $R_{\text{eq}}=R+r$ sur la valeur $R_{\text{eq}1} = 40\Omega$.

On fait varier la fréquence N du générateur et dans chaque cas on mesure l'intensité efficace I du courant

On règle la résistance globale R_{eq} sur la valeur $R_{\text{eq}2} = 120\Omega$ en faisant varier la résistance R du conducteur ohmique et on répète l'étape précédent de l'expérience. On regroupe les résultats dans le tableau ci-dessous :



	$R_{\text{eq}}=40\Omega$	$R_{\text{eq}}=120\Omega$
N(Hz)	I(mA)	I(mA)
200	12	11
300	48	26
320	80	28,5
340	100	33
360	80	28,5
400	38	23
500	16	14,5
600	11	8,2



1- Calculer fréquence propre N_0 du circuit (R_{eq}, L, C) résonateur ,

2- Lorsque la fréquence N d'excitateur prend une valeur égale à la fréquence propre N_0 du résonateur, l'intensité efficace I du courant qui traverse le circuit sera maximale et égale à I_0 , on dit dans ce cas que le circuit RLC série est en résonance.

Déterminer pour chaque courbe $I=f(N)$:

* La fréquence N_0 à la résonance :

* L'intensité efficace I_0 à la résonance :

3. Calculer Z l'impédance du circuit à la résonance et la comparer avec la résistance globale R_{eq} du circuit dans les deux cas. En déduire le comportement du circuit (R, L, C) à la résonance .

B- La bande passante à -3db du circuit (R,L,C)

• Définition

La bande passante à -3db du circuit (R,L,C) est définie comme une intervalle continue des fréquences $[N_1, N_2]$ du générateur, pour laquelle l'intensité efficace I du courant vérifie la relation suivante : $I \geq \frac{I_0}{\sqrt{2}}$, I_0 est l'intensité maximale efficace à la résonance .

• La largeur de la bande passante :

Pour des deux cas ($R_{\text{eq}}=40\Omega$, $R_{\text{eq}}=120\Omega$), calculer la largeur de la bande passante $\Delta N = N_2 - N_1$ et la comparer avec la valeur théorique $\Delta N = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot L}$.

Quelle est votre conclusion ?

On conclue que :

Dans le cas où R est (amortissement faible) la résonance est donc la largeur de la bande passante ΔN est

Dans le cas où R est (amortissement forte), la résonance est donc la largeur de la bande passante ΔN est

• Facteur de qualité Q

On définit le facteur de qualité Q par un nombre sans dimension : $Q = \frac{N_0}{\Delta N}$.

Le facteur de qualité Q est inversement proportionnel à la largeur de la bande passante et qui caractérise l'acuité de la résonance.

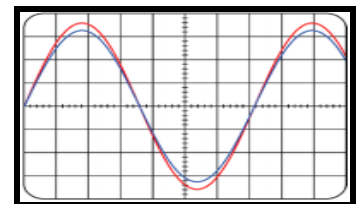
+ Le circuit est d'autant plus sélectif que Q est sera grand.

+ Autant que la résonance est aiguë plus la valeur de Q est grande.

+ Autant que Q est petite plus le circuit est amorti et que la résonance est floue. On appelle aussi le facteur de qualité : le facteur de la surtension

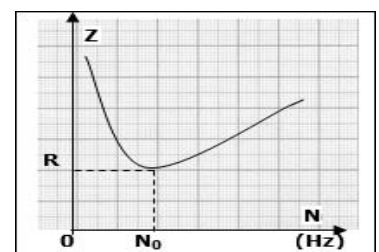
• La phase φ à la résonance .

À l'aide d'un oscilloscope on visualise les deux tensions $u(t)$ et $u_R(t)$, on observe qu'elles sont en phase alors à la résonance $i(t)$ et $u(t)$ sont en phase :



• L'impédance du circuit à la résonance.

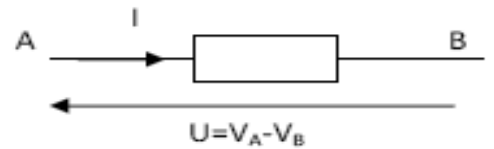
À la résonance l'impédance du circuit est minimale et La tension aux bornes du condensateur est égale à la tension aux bornes de la bobine



IV- La puissance en régime alternatif sinusoïdal.

1- La puissance instantanée $p(t)$

On considère un dipôle AB traversant un courant alternatif sinusoïdal :
 $i(t) = I \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega \cdot t)$ et la tension à ses bornes $u(t) = U \cdot \sqrt{2} \cos(\omega \cdot t + \varphi)$.
En convention récepteur, la puissance instantanée reçue par un dipôle s'écrit : $P = u(t) \times i(t)$



Conclusion

1- La puissance moyenne ou puissance active

La puissance moyenne est la somme des puissances instantanées consommées par un dipôle durant la période T

$$\mathcal{P} = \frac{\sum_0^T U(t) \cdot i(t) \cdot dt}{T}$$

La puissance moyenne a pour expression : $\mathcal{P} = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$

- Le produit $U \cdot I$ des amplitudes efficaces désigne la puissance apparente (désigné par S) du dipôle : $S = U \cdot I$

- Le $\cos(\varphi)$ correspond au facteur de puissance.

puisque $U = Z \cdot I$ et $\cos \varphi = \frac{R}{Z}$ donc :

Conclusion

Exercice d'application

On réalise un circuit, comportant un générateur GBF en série avec une bobine d'inductance $L=1\text{H}$ et de résistance interne $r=10\Omega$, un condensateur de capacité C , et un conducteur ohmique de résistance réglable R , en plus d'un ampèremètre. Le GBF délivre une tension sinusoïdale de tension maximale $U_m=6\text{V}$. On fait varier la fréquence du GBF, et on mesure l'intensité efficace du courant électrique circulant dans le circuit. On obtient la courbe représentée dans la figure-1 pour une valeur R_1 de la résistance R .

1. Calculer la valeur de la capacité C du condensateur.
2. Trouver la valeur de R_1 .
3. Calculer le coefficient de qualité Q du circuit
4. Calculer la puissance électrique moyenne, consommée par effet joule, dans le circuit quand la fréquence prend l'une des valeurs limitant la bande passante.
5. On règle la fréquence du GBF sur la valeur $N=160\text{Hz}$ et la capacité du condensateur sur la valeur C' , on obtient avec un oscilloscope les courbes de la figure-2.

a. Déterminer la phase de la tension $u(t)$ par rapport à $i(t)$.

b. Sachant que les deux entrées de l'oscilloscope ont la même sensibilité verticale, trouver la valeur efficace de l'intensité du courant.

