

Cours N°PE 4: Les oscillations forcées dans un circuit RLC série:

Introduction : On a vu précédemment que le circuit (R,L,C) en série forme un oscillateur électrique amorti. Lorsqu'on ajoute , en série , un générateur électrique au circuit qui l'alimente d'une tension **alternative sinusoïdale** , c'est à dire qu'il impose un régime alternatif sinusoïdal à l'oscillateur ; on obtient un régime sinusoïdal forcé .

Qu'est-ce que un régime sinusoïdal forcé ? Quelles sont les grandeurs qui le caractérise ? et comment le réalise-t-on ?



I. Le régime alternatif sinusoïdal

1- Intensité du courant alternatif sinusoïdal

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

.....

I_m : L'amplitude ou l'intensité maximale du courant, son unité dans S.I est ampère (A)

ω : La pulsation du courant Son unité est

φ_i : La phase à l'origine des temps ($t=0$) et on la détermine à partir des conditions initiales.

❖ Intensité efficace du courant I :

On note l'intensité efficace d'un courant alternatif sinusoïdal par I et on l'exprime par la relation suivante :

L'ampèremètre indique la valeur de l'intensité efficace.

.....

2-La tension alternative sinusoïdale

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

.....

U_m : L'amplitude de $u(t)$ ou la tension maximale de $u(t)$ son unité dans SI est le volts (V).

ω : La pulsation de $u(t)$, son unité est rad/s,

φ_u : La phase à l'origine des temps ($t=0$) et on la détermine à partir des conditions initiales.

❖ La tension efficace U :

On note **la tension efficace** d'une tension alternative sinusoïdale par U et on l'exprime par la relation suivante :

Le voltmètre indique la valeur efficace de la tension.

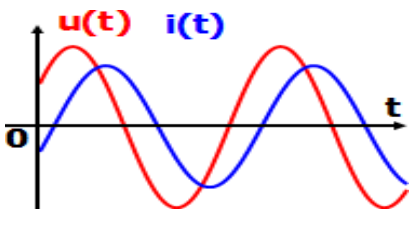
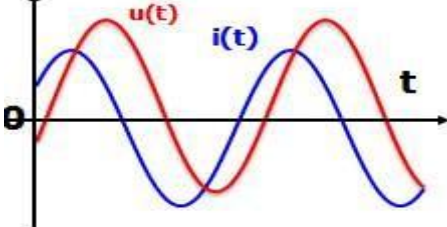
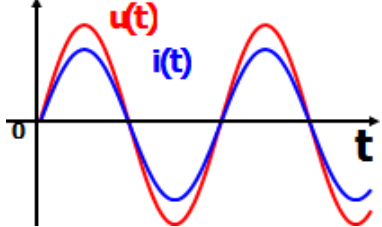
.....

3-Notion de la phase

On considère deux grandeurs alternatives sinusoïdales :

$$u(t) = \dots\dots\dots \text{ et } i(t) = \dots\dots\dots$$

On appelle **la phase** de $u(t)$ par rapport à $i(t)$:

Si	Si	Si
on dit que.....	on dit que.....	on dit que.....
		

La valeur absolue de la phase $\varphi_{u/i}$:

4) Comment déterminer le déphasage φ ?

En considérant les conditions initiales

.....

.....

.....

.....

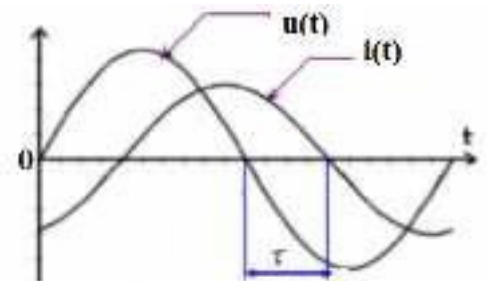
Le retard temporel (ou le décalage horaire) $\tau = \frac{\varphi}{\omega}$ entre les deux courbes $i(t)$ et $u(t)$ correspond au déphasage

φ entre $i(t)$ et $u(t)$

La détermination de τ sur l'écran de l'oscilloscope permet de connaître la valeur absolue de déphasage

.....

.....



Application 1 :

1. Déterminer l'expression de l'intensité du courant alternatif sinusoïdal qui traverse un condensateur de capacité C, sachant que la tension appliquée à ces bornes est :

2. Dédire l'expression du courant efficace.

$$u(t) = U_C \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

3. Dédire le déphasage $\varphi_{u/i}$

.....

.....

.....

.....

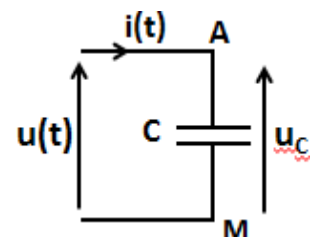
.....

.....

.....

.....

.....

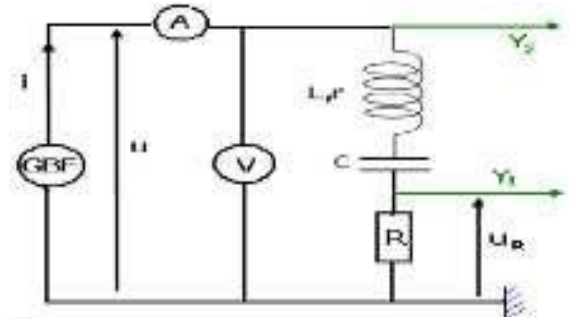
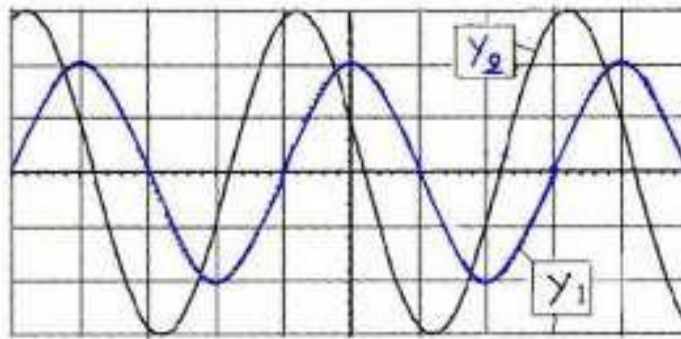


II- Étude expérimentale du circuit (R,L,C) série en régime - alternatif sinusoïdal

1.Montage expérimentale : activité

On réalise le montage électrique ci-contre . Le générateur GBF délivre au circuit (R,L,C) en série une tension alternative sinusoïdale : $u(t) = U_m (\cos \omega t + \varphi_{u/i})$. Il apparaît dans le circuit un courant électrique d'intensité $i(t) = I_m \cos(\omega t)$.

On visualise sur l'écran de l'oscilloscope dans l'entrée Y_2 la tension $u(t)$ entre les bornes de RLC et dans l'entrée Y_1 la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique .On obtient l'oscillogramme de la figure suivante:



$$R = 100\Omega$$

Sensibilité verticale de l'entrée Y_1 : 2V/div

Sensibilité verticale de l'entrée Y_2 : 1V/div

balayage horizontal : 1ms/div

On obtient des oscillations forcées car le générateur GBF impose sur circuit RLC sa fréquence et il l'oblige d'osciller avec cette fréquence c'est le régime d'oscillations forcées (voir la courbe ci-dessus).Le générateur GBF s'appelle **excitateur** alors que le circuit RLC s'appelle **résonateur**.

1- Que représente la courbe visualisée dans l'entrée Y_1 et celle visualisée dans Y_2 .

.....

.....

2- Déterminer la période T et la pulsation ω .

.....

.....

3- Déterminer la valeur de l'intensité maximale I_m du courant électrique qui traverse le circuit puis donner l'expression de l'intensité instantanée $i(t)$.

.....

.....

.....

4- Déterminer la valeur de la tension maximale U_m entre les bornes du dipole RLC.

.....

5- Déterminer la valeur la valeur absolue du déphasage entre la tension et le courant puis déterminer son signe et en déduire l'expression de la tension instantanée de la tension aux bornes de RLC.

.....

.....

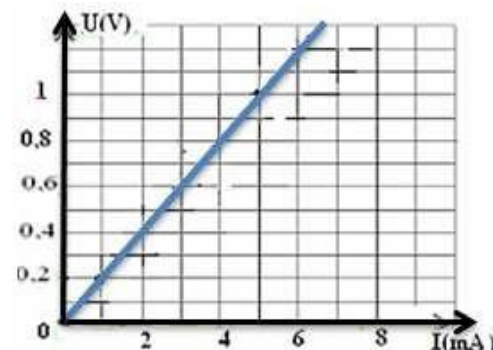
.....

2- Impédance d'un circuit RLC .

On garde dans le montage précédent la fréquence constante et on mesure la variation de la **tension efficace** en fonction de l'**intensité efficace**.

Tableau des mesures:

U(V)	0	0,4	0,8	1,2	1,6
I(mA)	0	2	4	6	8



Remarque :

L'impédance du circuit RLC est:

III-Phénomène de résonance:

1)Etude expérimental:

On réalise le montage suivant dans lequel la fréquence du générateur GBF est variable ainsi que la résistance r' , l'inductance de la bobine est $L = 1,1\text{H}$. La capacité du condensateur est $C = 0,9\mu\text{F}$

On garde la tension efficace constante $U = 2\text{V}$.

On mesure la variation de l'intensité efficace dans le circuit avec la variation de la fréquence puis on change la valeur de la résistance totale du circuit.

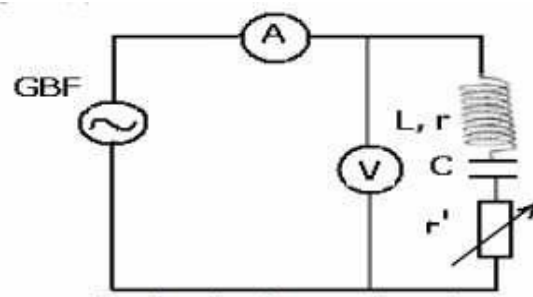


Tableau des mesures:

N(Hz)	100	120	130	140	150	155	158	160	166	170	180	200
$R = 40\ \Omega : I(\text{mA})$	2	3,12	4,37	6,25	11,25	16,6	22,5	25	23,12	16	9,37	5,37
$R = 100\ \Omega : I(\text{mA})$	2	3,75	4,37	6,25	10	12,5	14,5	14,75	14,5	12,5	8,21	4,75

Remarque

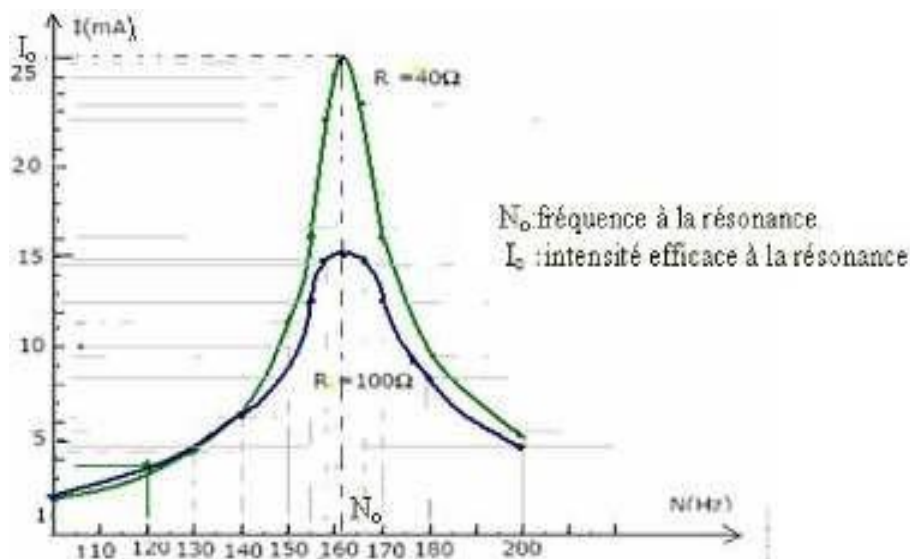
-A la **résonance** l'**intensité efficace** est **maximale** dans le circuit.

- Si la **résistance** du circuit est **faible**,

la résonance est aigue.

- Si la **résistance** du circuit est **grande**,

la résonance est floue.



2) Grandeurs caractérisant la résonance:

2-1 La fréquence à la résonance:

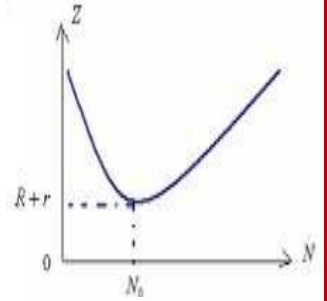
A la résonance la fréquence du générateur (**excitateur**) est égale à la fréquence propre du circuit :

2-2 Impédance du circuit à la résonance:

A la résonance **I est maximale** donc l'impédance **Z est minimale**, elle égale à la résistance totale du circuit RLC

Donc à la résonance :

On donne l'allure de la courbe qui représente la variation de Z en fonction de N:



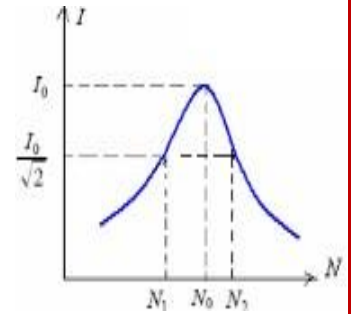
Remarque : L'intensité efficace du courant à la résonance est :

Déphasage à la résonance :

1-1 Largeur de la bande passante à -3décibels:

On appelle bande passante à -3 décibels d'un circuit RLC l'intervalle de fréquence $[N_2, N_1]$ du générateur pour (**I**: est l'intensité maximale efficace à la résonance) lequel l'intensité efficace du courant $I \geq \frac{I_0}{\sqrt{2}}$.

La largeur de la bande passante est :



1-2 Le facteur de qualité:

Le **facteur de qualité Q** est le rapport la **fréquence propre** à la largeur de la bande passante.

Le facteur de qualité est un nombre sans unité.

$$Q = \dots\dots\dots$$

IV- La puissance en régime alternatif sinusoïdal:

1) Puissance instantanée:

On considère un dipôle **AB** dans lequel passe un courant électrique : $i(t) = I \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega t)$ et aux bornes duquel est appliquée une tension $u(t) = U \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(\omega t + \varphi)$.



La **puissance électrique instantanée** est : $P(t) = u(t)i(t) = 2UI \cos(\omega t + \varphi) \cos \omega t$

en appliquant la relation $\cos a \cos b = \frac{1}{2}[\cos(a + b) + \cos(a - b)]$ elle devient

$$P(t) = UI[\cos(\omega t) + \cos(2\omega t + \varphi)]$$

2) Puissance moyenne:

L'énergie électrique E reçue par un dipôle au cours d'une période **T** est : $P = \frac{dE}{dt} \Rightarrow dE = P \cdot dt$

.....

.....

.....

La puissance moyenne est : $P_m = \frac{E}{T} \Rightarrow$

.....

Avec $\cos(\varphi)$ représente le facteur de puissance de puissance.

Remarque : La puissance moyenne se dissipe au niveau du circuit par effet joule : $P_m = \dots \dots \dots$

Série d'exercices : Oscillations forcées dans un circuit RLC sérié

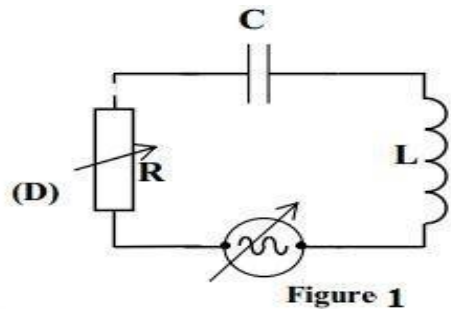
Exercice 1 On monte en série le conducteur ohmique(D) , la bobine (B) et le condensateur (C).On applique entre les bornes du dipôle obtenu une tension sinusoïdale $u(t) = 20\sqrt{2} (2\pi Nt)$ en Volt. On garde la tension efficace de la tension u(t) constante et on fait varier la fréquence N. On mesure l'intensité efficace I du courant pour chaque valeur de N. On visualise à l'aide d'un dispositif approprié l'évolution de l'intensité I en fonction de N ,on obtient ;alors les deux courbes (a) et (b) représentées dans la figure (3) pour deux valeurs R_1 et R_2 de la résistance R ; ($R_2 > R_1$)

A partir du graphe de la **figure (1)** .

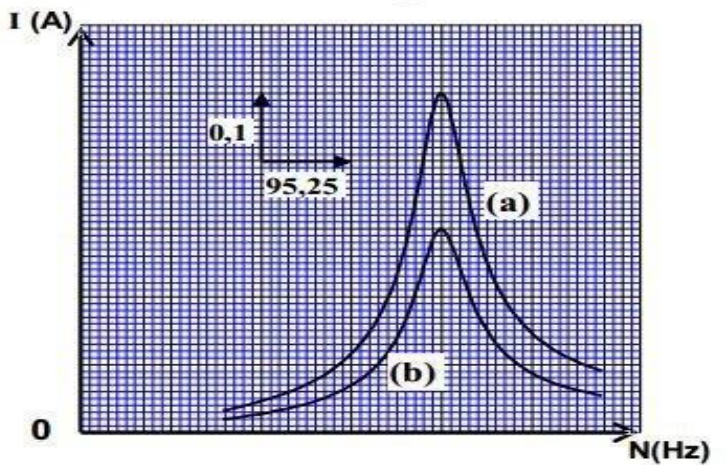
3.1- Déterminer la valeur de la résistance R_1

3.2- Calculer le coefficient de qualité Q du circuit dans le cas où $R = R_2$

Exercice 2 On monte en série, avec le condensateur précédent et la bobine précédente, un conducteur ohmique (D) de résistance R réglable et un générateur de basse fréquence GBF. Le générateur applique une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace U variable et de fréquence N variable également (**figure 1**),



La courbe (a), sur la **figure 2**, représente la variation de l'intensité efficace I du courant parcouru dans le circuit en fonction de la fréquence N quand la tension efficace du générateur est réglée sur la valeur $U_1 = 10V$, et la courbe (b) sur la **figure 5** représente les variations de I en fonction de N et ce, quand on change la valeur de l'une des deux grandeurs R ou U .



- 1- Calculer la valeur de la résistance R du conducteur ohmique (D) correspondante à la courbe (a).
- 2- Trouver l'expression de l'impédance Z du dipôle RLC en fonction de R quand la valeur de l'intensité efficace du courant vaut $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ avec I_0 l'intensité efficace du courant à la résonance.
- 3- Calculer le facteur de qualité du circuit pour chacune des deux courbes.
- 4- Indiquer parmi les deux grandeurs R et U, celui qui a été modifié pour obtenir la courbe (b). Justifier la réponse.