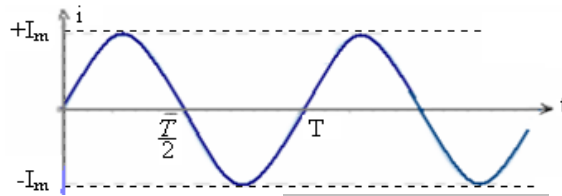


Oscillations forcées dans un circuit RLC en série

I-Généralités sur le courant alternatif sinusoïdale :

1) Intensité du courant électrique alternatif sinusoïdale:

Le courant électrique alternatif sinusoïdale instantané est une fonction sinusoïdale du temps, son signe change deux fois par période. Il est caractérisé par sa fréquence $N = \frac{1}{T}$.



L'intensité instantanée du courant s'écrit : $i(t) = I_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$

I_m : l'intensité maximale du courant électrique.

ω : la pulsation du courant électrique en (rad/s).

φ : la phase à l'origine (en rad)

N : la fréquence du courant électrique en (Hz) et on a : $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot N$

I : intensité efficace du courant électrique, elle est liée à l'intensité maximale par la relation : $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

2) Tension alternative sinusoïdale:

La tension instantanée s'écrit : $u(t) = U_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$

U : tension efficace, elle est liée à la tension maximale par la relation : $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$

Remarque: Les valeurs efficaces sont les valeurs indiquées par les instruments de mesure lorsqu'on les utilise en courant alternatif.

3) Déphasage entre deux courbes sinusoïdales:

Considérons l'intensité instantanée du courant la tension instantanée.

$$i(t) = I_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_i) \quad \text{et} \quad u(t) = U_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_u)$$

On appelle déphasage de u par rapport à i : $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$ (il permet de savoir le retard ou l'avance de phase entre u et i .)

Si $\varphi > 0$, u est en avance de phase par rapport à i , Si $\varphi < 0$ u est en retard de phase par rapport à i

Si $\varphi = 0$, u et i sont **en phase**.

Si $\varphi = \pi$, u et i sont en **opposition de phase**.

Si $\varphi = \frac{\pi}{2}$, u et i sont **en quadrature de phase**.

4) Comment déterminer le déphasage?

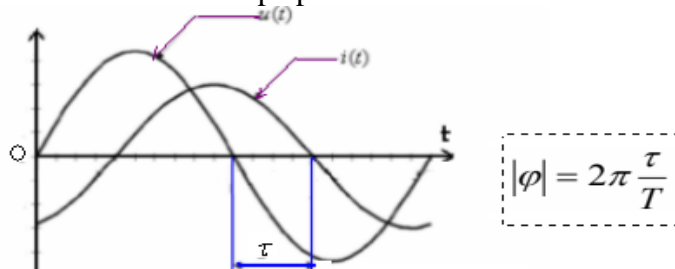
En considérant les conditions initiales. On a : $i=0$ à $t=0$ donc : $0 = I_m \cdot \cos\varphi_i \Rightarrow \varphi_i=0$ et dans ce cas le déphasage entre u et i devient $\varphi_u = \varphi$ donc on a :

$$i(t) = I_m \cdot \cos\omega \cdot t \quad \text{et} \quad u(t) = U_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$$

$$\Rightarrow u(t) = U_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi) = U_m \cdot \cos\omega(t + \frac{\varphi}{\omega}) = U_m \cdot \cos(\omega(t + \tau))$$

Le retard temporel $\tau = \frac{\varphi}{\omega}$ entre les deux courbes de u et i 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 du déphasage:

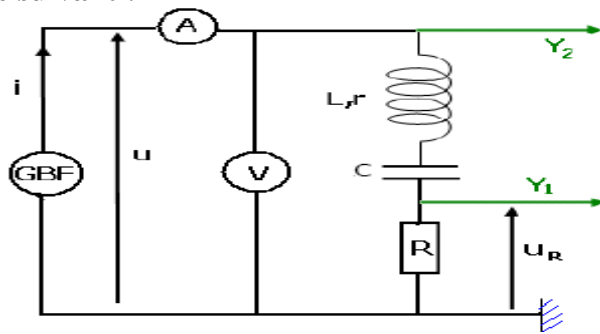


Si $u(t)$ est en avance de phase par rapport à i $\varphi > 0$ et si $u(t)$ est en retard de phase par rapport à i $\varphi < 0$.

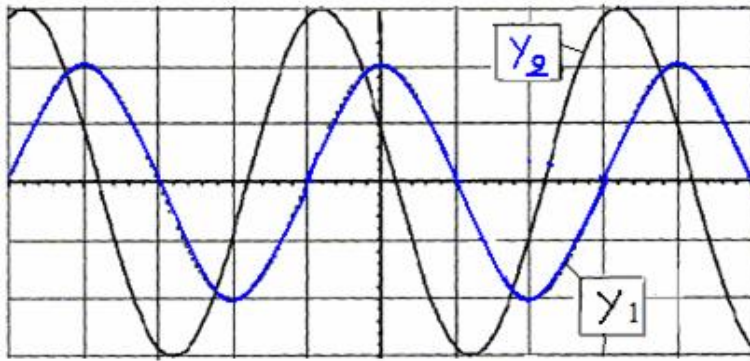
II-Etude d'un dipole RLC en série dans un régime sinusoïdale et forcé

1) Etude expérimental:

On réalise le montage suivant :



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. 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 dipôle RLC.
- 5) Déterminer 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 du dipôle RLC.

1) On a: $u_R = Ri \Rightarrow i(t) = \frac{u_R(t)}{R}$ la courbe visualisée sur la voie Y_1 est proportionnelle à $i(t)$. $u_R(t)$ et $i(t)$ ont même phase. La courbe visualisée sur l'entrée Y_1 représente $u_R(t)$ et celle visualisée sur Y_2 représente u_{RLC}

2) $T = 4 \text{ div} \cdot 1 \text{ ms} / \text{div} = 4 \text{ ms}$ et : $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 500\pi / \text{s}$

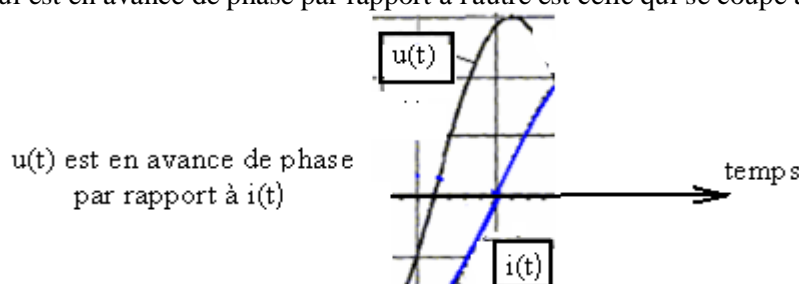
3) $U_{R_{\max}} = 4 \text{ div} \cdot 1 \text{ V} / \text{div} = 2 \text{ V}$ et : $U_{R_{\max}} = R I_{\max} \Rightarrow I_{\max} = \frac{U_{R_{\max}}}{R} = \frac{2}{100} = 0,02 \text{ A}$ En considérant les conditions initiales.: $i(t) = I_m \cos \omega t$ et : $u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$ donc : $i = 0,02 \cos(500\pi t)$

4) $U_m = 3 \text{ div} \cdot 1 \text{ V} / \text{div} = 3 \text{ V}$

5) $|\varphi| = 2\pi \frac{\tau}{T} = 2\pi \frac{0,8 \text{ ms}}{4 \text{ ms}} = 0,4\pi$ or la phase de $i(t)$ est nulle et $u(t)$ est en avance de phase par rapport à $i(t)$

donc $\varphi > 0$ par conséquence : $\varphi = 2\pi \frac{\tau}{T} = 2\pi \frac{0,8 \text{ ms}}{4 \text{ ms}} = +0,4\pi$ donc : $u(t) = 3 \cos(1,57 \cdot 10^3 t + 0,4\pi)$

Remarque: La courbe qui est en avance de phase par rapport à l'autre est celle qui se coupe avec l'axe de temps avant l'autre.

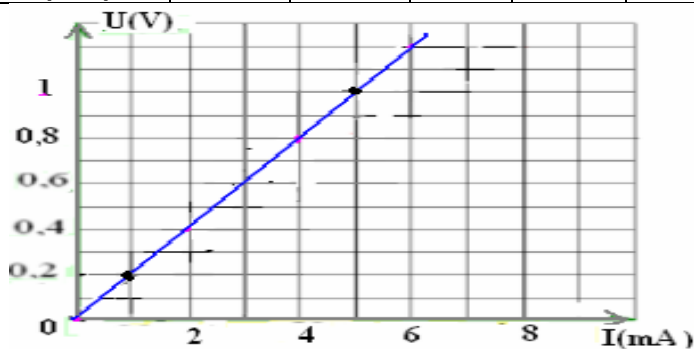


2)-Impédance d'un circuit RLC:

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



La courbe qui représente la tension efficace $U=f(I)$ est une fonction linéaire : $U=Z.I$

Z: s'appelle impédance du circuit en (Ω)

Remarque : En multipliant les deux membres de la relation précédente on obtient : $U.\sqrt{2} = Z.I.\sqrt{2} \Rightarrow U_m = Z.I_m$

Donc l'impédance du circuit est : $Z = \frac{U}{I} = \frac{U_m}{I_m}$

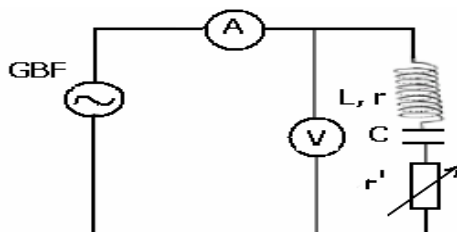
graphiquement on a : $Z = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{(1-0,2)V}{(5-1).10^{-3} A} = 200 \Omega$

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 $L=1,1H$. La capacité du condensateur est $C = 0,9 \mu F$

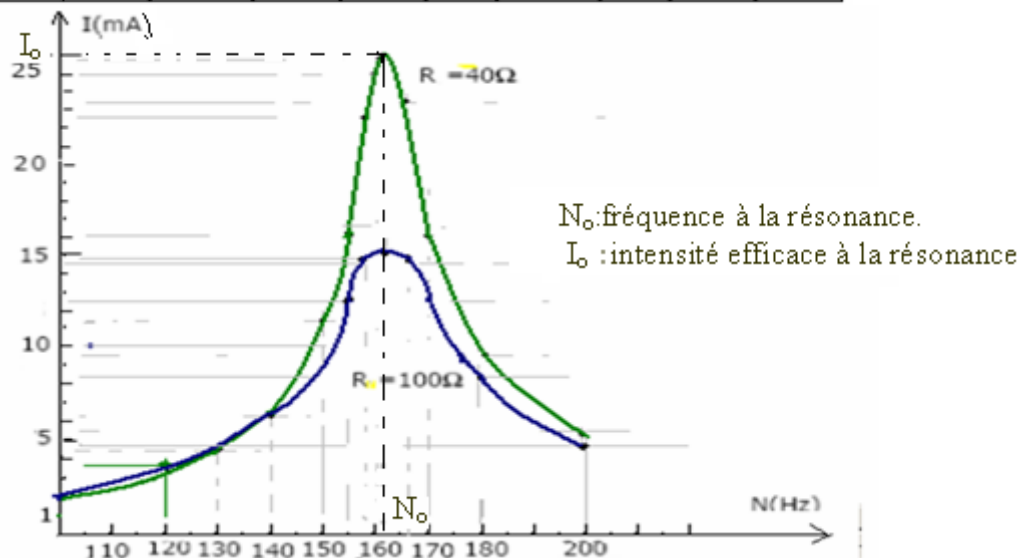
On garde la tension efficace constante $U=2V$.



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(mA)	2	3,12	4,37	6,25	11,25	16,6	22,5	25	23,12	16	9,37	5,37
$R_0 = 100 \Omega$	I(mA)	2	3,75	4,37	6,25	10	12,5	14,5	14,75	14,5	12,5	8,25	4,75



- 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:

a) La fréquence à la résonance:

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

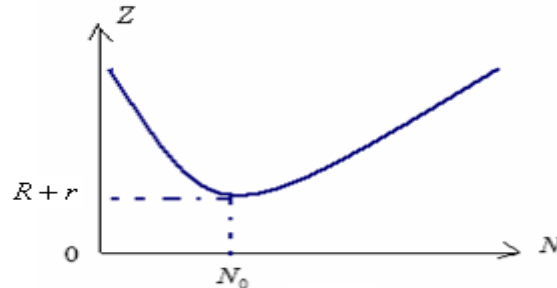
$$N_o = \frac{1}{2.\pi.\sqrt{LC}}$$

b) 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 : $Z=Z_o=R+r$.

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



c) Intensité efficace du courant à la résonance:

$$I_o = \frac{U}{R+r}$$

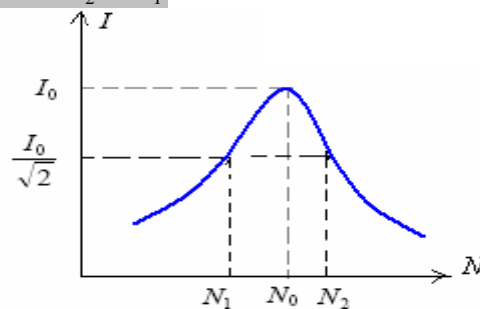
d) Déphasage à la résonance: u(t) et i(t) sont en phase $\Rightarrow \varphi = 0$

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

On appelle bande passante à -3 décibels d'un circuit RLC l'intervalle de fréquence $[N_1, N_2]$ du générateur pour

(I_o : est l'intensité maximale efficace à la résonance) $I \geq \frac{I_o}{\sqrt{2}}$ lequel l'intensité efficace du courant

La largeur de la bande passante est : $\Delta N = N_2 - N_1$



4) Le facteur de qualité:

Le facteur de qualité Q est le rapport la fréquence propre à la largeur de la bande passante. $Q = \frac{N_o}{\Delta N}$

Le facteur de qualité est un nombre sans unité.

IV-La puissance en régime alternatif sinusoïdal:

1) Puissance instantanée:

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



La puissance électrique instantanée est:

$$p(t) = u(t)i(t) = 2U.I.\cos(\omega t + \varphi).\cos \omega t \quad \text{en appliquant la relation : } \cos a.\cos b = \frac{1}{2}[\cos(a+b) + \cos(a-b)]$$

elle devient:

$$p(t) = U.I[\cos \varphi + \cos(2\omega t + \varphi)]$$

2) Puissance moyenne:

$P = U.\sqrt{2}.\cos \varphi$ représente la puissance moyenne.

$\cos \varphi$: dans cette relation représente le facteur de puissance.

Remarque : La puissance moyenne se dissipe au niveau du circuit par effet Joule $P = (R+r).I^2$
