TP N° 7 : Mesure de déphasage .

Document rédigé en LATEX. Version 1.

Sahlaoui Mohammed
mohammed.sahlaoui@gmail.com
Sekkal Abdessamad
asekkal.ph@gmail.com

Premier Cycle Classe Préparatoire,
École Supérieure en Sciences Appliquées
de Tlemcen.

La notion de déphasage existe dans tout type de phénomènes périodiques de mêmes fréquence. Cette notion peut ne présenter aucun intérêt pour les phénomènes de fréquences différentes. Si le phénomène n'est pas périodique on parle de décalage. Lorsqu'un dipôle électrique passif est soumis à une tension sinusoïdal, il peut créer un "décalage temporel" entre la variation de la tension et le courant qui le traverse. Ce décalage est appelé ***déphasage****.*

Objectif

- Étudier le déphasage créé par une résistance, un condensateur et une bobine à l'aide d'un oscilloscope à double trace.

1 Étude théorique

1.1 Définition mathématique

Soit les deux fonctions sinusoïdales de même pulsation ω:

$$i(t) = I\sin(\omega t + \varphi_1) \tag{1}$$
$$u(t) = U\sin(\omega t + \varphi_2) \tag{2}$$

avec I et U les amplitude maximales, φ_1 et φ_1 les phases initiales (ou les phases à l'origine). Le déphasage de u par

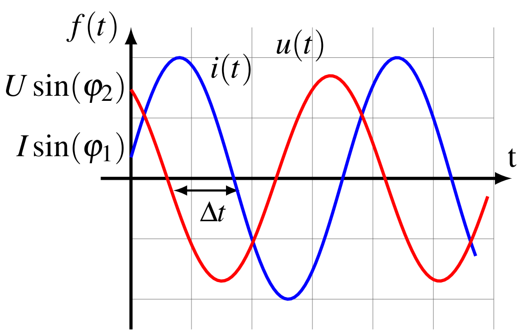


Figure 1:

rapport à i est l'angle $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ qui s'exprime en radians. Le déphasage φ est proportionnel au décalage temporel des sinusoïdes. Il est positif si le signal u est en avance (à gauche) par rapport à i.

1.2 Représentation de Fresnel

À tout vecteur tournant à vitesse constante ω, on peut associer une fonction sinusoïdale représentant l'ordonnée de l'extrémité du vecteur. Réciproquement, à toute fonction sinusoïdale, on peut associer un vecteur tournant à vitesse angulaire constante ω. Le vecteur de Fresnel est représenté dans la position qu'il occupe à $t = 0$. L'axe de référence des phases étant l'axe Ox.

Nous pouvons donc associer aux fonctions $i(t)$ et $u(t)$ les vecteur $\vec{i}(t)$ et $\vec{u}(t)$.

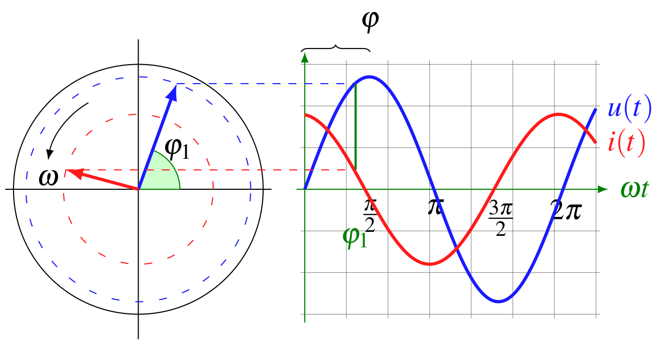


Figure 2: Représentation de Fresnel

1.3 Impédance et déphasage

Dans un circuit soumis à une tension continu $u(t) = U$ et parcouru par un courant continu $i(t) = I$, le rapport $\frac{U}{I}$ s'appelle résistance R. Si la tension $u(t)$ est sinusoïdal, le courant l'est aussi et le rapport $\frac{u(t)}{i(t)}$ s'appelle impédance qui se note Z et s'exprime en Ohm (Ω).

- Un conducteur ohmique de résistance R: $Z_R = R$.
- Une bobine d'inductance L: $Z_L = j\omega L$.
- Un condensateur de capacité C: $Z_C = \frac{1}{j\omega C} = -\frac{j}{\omega C}$.

1.3.1 Conducteur ohmique

Si un conducteur ohmique de résistance R est soumis à une tension instantanée $u_R(t)$, il sera parcouru par un courant d'intensité instantanée $i(t)$. La loi d'Ohm nous permet d'écrire:

$$u_R(t) = R\,i(t) \tag{3}$$

$i(t)$ et $u_R(t)$ sont en phase, donc l'angle φ entre les vecteurs $\vec{i}(t)$ et $\vec{u}_R(t)$ est nul.

La représentation de Fresnel des vecteurs $\vec{i}(t)$ et $\vec{u}_R(t)$ est donnée dans la figure 3.

1.3.2 Condensateur

Si un condensateur de capacité C est soumis à une tension instantanée $u_C(t)$, cette dernière sera en retard de $\frac{\pi}{2}$ rad sur le courant d'intensité instantanée $i(t)$. On dit que $u_C(t)$ est en déphasage par rapport à $i(t)$ de $-\frac{\pi}{2}$ rad. l'angle φ entre les vecteurs $\vec{i}(t)$ et $\vec{u}_C(t)$ vaut $-90°$.

La représentation de Fresnel des vecteurs $\vec{i}(t)$ et $\vec{u}_C(t)$ est donnée dans la figure 4.

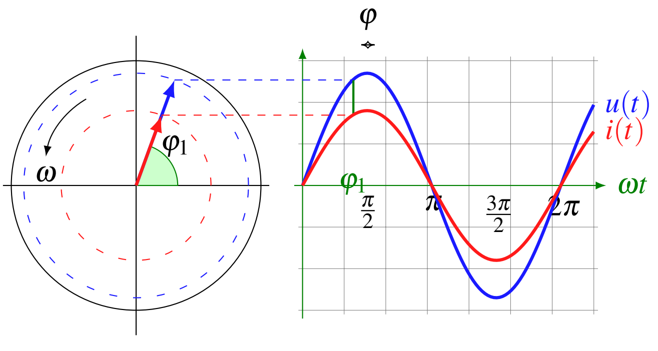


Figure 3: Représentation de Fresnel pour une résistance

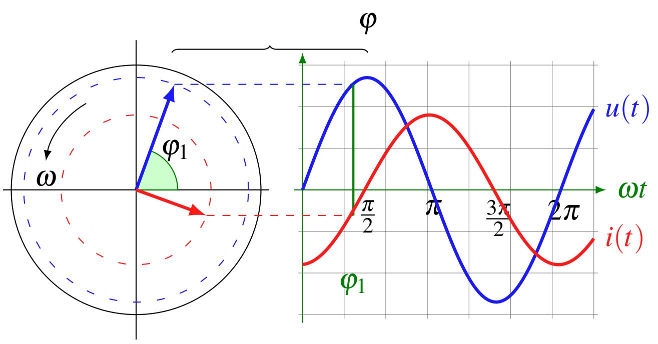


Figure 4: Représentation de Fresnel pour un condensateur

1.3.3 Bobine

Si une bobine idéale d'inductance L est soumise à une tension instantanée $u_L(t)$, cette dernière sera en avance de $\frac{\pi}{2}$ rad sur le courant d'intensité instantanée $i(t)$. On dit que $u_L(t)$ est en déphasage de $\frac{\pi}{2}$ rad par rapport à $i(t)$. l'angle φ entre les vecteurs $\vec{i}(t)$ et $\vec{u}(t)$ vaut 90°.

La représentation de Fresnel des vecteurs $\vec{i}(t)$ et $\vec{u_R}(t)$ est donnée dans la figure 5.

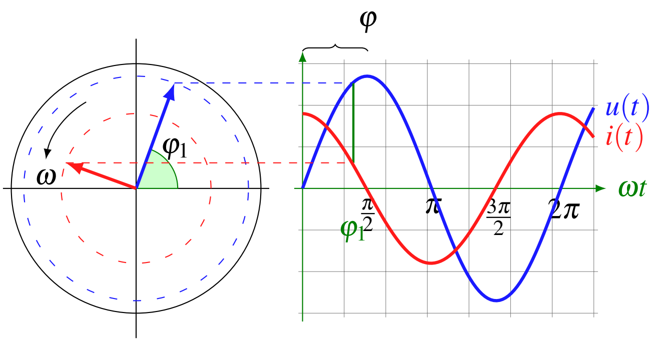


Figure 5: Représentation de Fresnel pour une bobine

2 Étude expérimental

Dans cette partie, nous allons faire la mesure de déphasage entre deux tensions sinusoïdales, à l'aide de l'oscilloscope à double trace.

Nous rappelons que pour un conducteur ohmique, le courant électrique $i(t)$ est en phase avec la tension $u_R(t)$. Par conséquence, dans le circuit électrique présenté sur la figure 6 où un dipôle électrique d'impédance Z est relié en série avec une résistance R le déphasage de la tension $e(t)$ par rapport au courant $i(t)$ est égale au déphasage de $e(t)$ par rapport à $u_R(t)$.

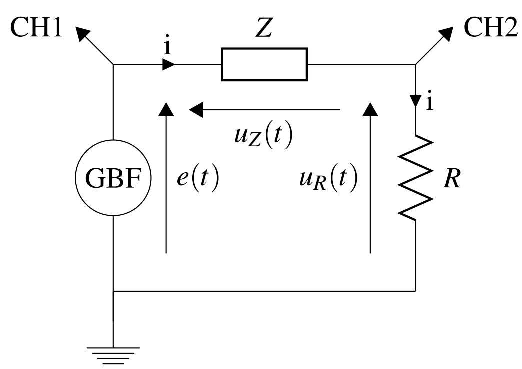


Figure 6: Circuit R.Z alimenter par un GBF et lié à un oscilloscope

2.1 Mode temporel (balayage)

Le calcul de déphasage dans ce mode revient en fait à mesurer le décalage temporel Δt entre les deux signaux sinusoïdaux $e(t)$ et $u_R(t)$, branchés aux deux voies CH1 et CH2, respectivement, de l'oscilloscope (voir figure 6). Soit:

$$\begin{aligned} u_R(t) &= U_R \sin(\omega t) && (4) \\ u_Z(t) &= U_Z \sin(\omega t + \varphi) && (5) \\ e(t) &= E \sin(\omega t + \phi) && (6) \end{aligned}$$

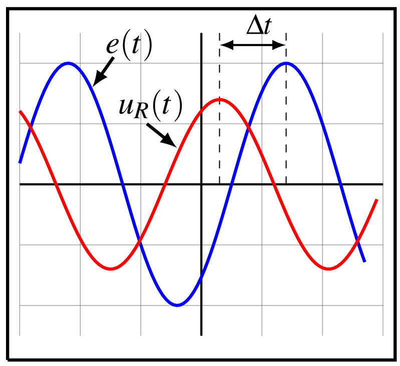


Figure 7: Les deux signaux $e(t)$ et $u_R(t)$ comme sur l'écran de l'oscilloscope.

ϕ représente le déphasage entre les deux signaux $e(t)$ et $u_R(t)$, et φ le déphasage entre $u_Z(t)$ et $u_R(t)$. La représentation de Fresnel des vecteur tentions est présentée dans la figure 8.

Si T est la période du signale $e(t)$ (ou $u_R(t)$), le calcul de déphasage ϕ à partir du décalage temporel Δt s'effectue par la règle de trois

$$\left\{ \begin{array}{ccc} T & \longrightarrow & 2\pi \\ \Delta t & \longrightarrow & \phi \end{array} \right\} \Longrightarrow \phi^{\text{rad}} = \frac{2\pi}{T}\Delta t = \omega \Delta t$$

Si on veut le résultat en degré on multiplie par 360 au-lieu de 2π

$$\phi^{\circ} = 360\frac{\Delta t}{T} \qquad (7)$$

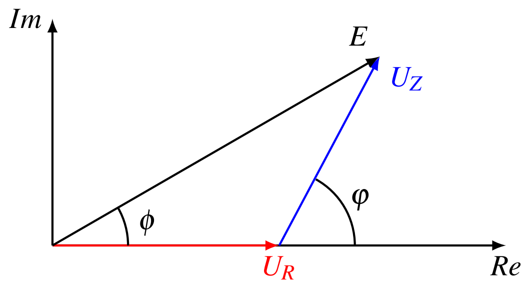


Figure 8: Représentation de Fresnel pour les tensions du circuit R.Z.

2.2 Mode XY (figures de Lissajous)

Cette méthode consiste à éliminé le temps en tournant le rotacteur base de temps. Le signal affiché par l'oscilloscope prend la forme d'une ellipse, appelée figure de Lissajous:

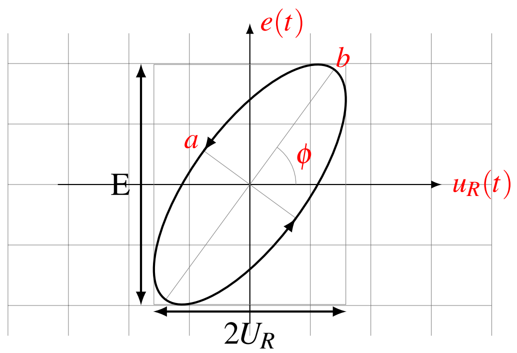


Figure 9: Figure de Lissajous des signaux $e(t)$ et $u_R(t)$.

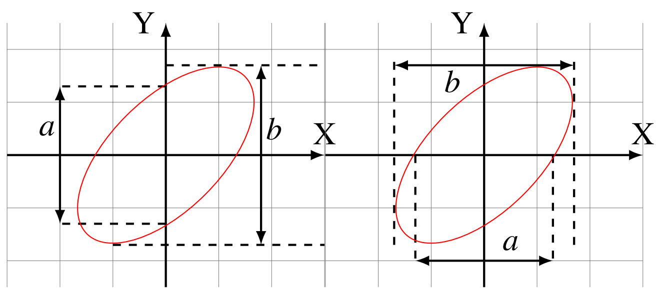
L'équation de l'ellipse est donnée par la relation suivante:

$$\left(\frac{X}{a}\right)^2 + \left(\frac{Y}{b}\right)^2 - \frac{2XY}{ab}\cos(\phi) = \sin(\phi) \qquad (8)$$

où ϕ est le déphasage entre les deux signaux $X = u_R(t)$ et $Y = e(t)$, définie par les relation:

$$\sin(\phi) = \frac{a}{b} \qquad (9)$$

Alors on obtient le déphasage en mesurant les valeurs a et b représentées sur le graphe de la figure 9. Mais il est plus pratique d'utiliser l'un des deux méthodes de mesure présentées dans les graphes ci-dessous:



2.3 Manipulation N° 1

Réaliser le circuit de la figure ci-dessous:

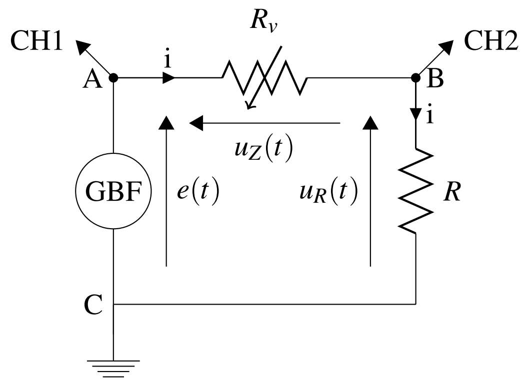


Figure 10: Circuit R.R.

- Régler sur le GBF un signal sinusoïdal de fréquence 100 Hz.
- Régler le rotacteur TIME/DIV (Base de temps) sur le calibre 2 ms.
- Relier les points A et B aux voies CH1 et CH2, et le point C à la masse commune.
- Appuyer sur le bouton DUAL.
- Faire varier la fréquence et l'amplitude du GBF, puis observez les tensions u_{AC} et u_{BC} en mode temporel et en mode XY.
- Représenter sur une feuille millimétrée les courbes affichées par l'oscilloscope pour chacun des modes.
- Calculer et comparer les valeurs de déphasage ϕ obtenues pour les deux modes.

2.4 Manipulation N° 2

Dans cette manipulation, remplacer dans le circuit précèdent la résistance fixe R par un condensateur de capacité $C = 1\mu$F. Vous obtenez ainsi le circuit de la figure 11.

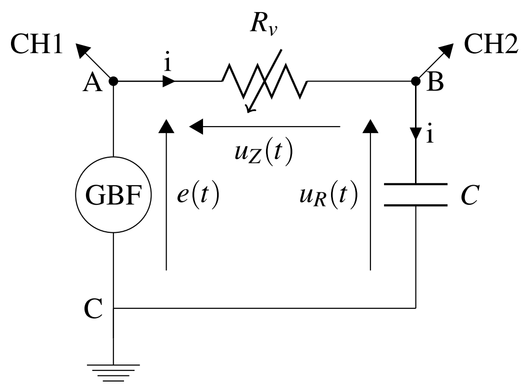


Figure 11: Circuit R.C.

Régler le GBF sur une fréquence ~300 Hz et suivez les même étapes de la manipulation précédente.

La représentation de Fresnel des tensions et des impédances est donnée dans la figure 12. Utiliser cette représentation pour trouver la capacité C du condensateur.

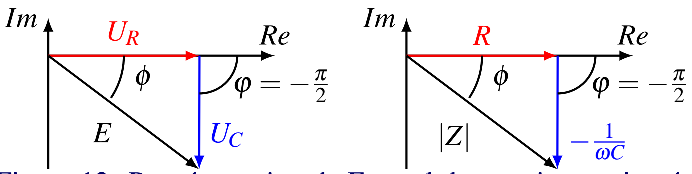


Figure 12: Représentation de Fresnel des tensions et impédances pour le circuit R.C.

2.5 Manipulation N° 3

Remplacer le condensateur par une bobine d'inductance de $L = 15$ ou 35mH. Vous obtenez ainsi le circuit de la figure 13.

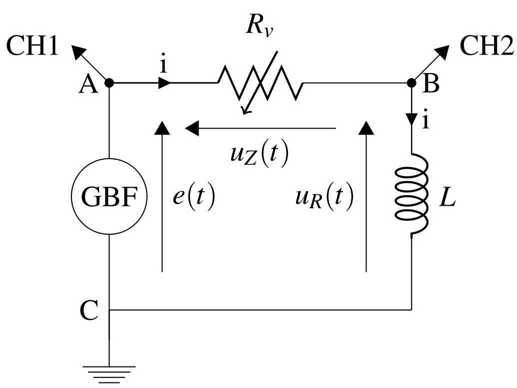


Figure 13: Circuit L.R.

Régler le GBF sur une fréquence $\sim$1 kHz et suivez les même étapes de la manipulation précédente.

La représentation de Fresnel des tensions et des impédances est donnée dans la figure 14.
Utiliser cette représentation pour trouver la l'inductance L de la bobine.

2.6 Effet noyau de Fer

Introduisez à l'intérieur de la bobine un noyau de Fer et mesurer la nouvelle valeur de l'inductance. Comparer cette dernière avec la précédente.

2.7 Conclusion

Interpréter et discuter les résultats.

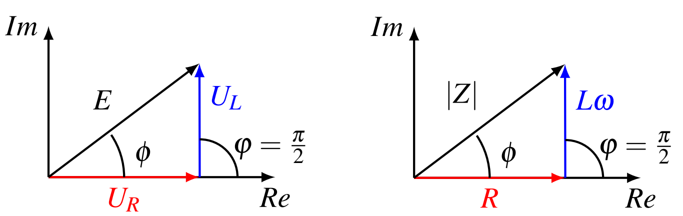


Figure 14: Représentation de Fresnel des tensions et impédances pour le circuit R.L.