TD 7 – Régime sinusoïdal forcé

Ce qu'il faut savoir et savoir faire

→ Signal sinusoïdal.
→ Description du comportement d'un dipôle en régime sinusoïdal forcé.
→ Impédances complexes. Cas d'une résistance, d'un condensateur et d'une bobine.
→ Établir l'expression de l'impédance d'une résistance, d'un condensateur, d'une bobine.
→ Remplacer une association série ou parallèle de deux impédances par une impédance équivalente.
→ Utiliser la représentation complexe pour étudier le régime forcé.
→ Oscillateurs électrique soumis à une excitation sinusoïdale. Résonance.
→ Relier l'acuité d'une résonance au facteur de qualité.
→ Déterminer la pulsation propre et le facteur de qualité à partir de graphes expérimentaux d'amplitude et de phase.

J'apprends mon cours : *Questions de cours, exercices 1, 4, 5*

Questions de cours

Q1. Etablir l'expression de l'impédance complexe d'une résistance, d'un condensateur et d'une bobine.
Q2. Indiquer les équivalences en basse fréquence et haute fréquence d'un condensateur et d'une bobine.
Q3. Etablir l'expression de l'amplitude complexe de l'intensité du courant ou de la tension aux bornes du condensateur dans un circuit RLC série alimenté par une tension sinusoïdale.
Q4. Tracer l'allure des courbes d'amplitude pour la résonance en courant ou en tension d'un RLC série, et ce pour différentes valeurs « bien choisies » du facteur de qualité.
Q5. Etablir le lien entre l'acuité de résonance et le facteur de qualité dans le cas de la résonance en intensité.

Exercices

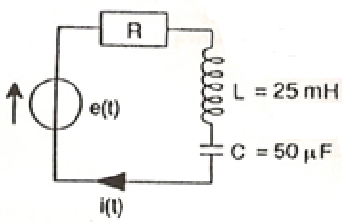
Exercice 1 : Etude d'un circuit en régime sinusoïdal forcé

★☆☆
Ref. 0060

- ✓ *Grandeurs complexes*
- ✓ *Amplitude et déphasage*

On considère le circuit suivant alimenté par une source de tension sinusoïdale de f.é.m. $e(t) = 120\cos(\omega t)$. Pour une pulsation ω = 400 rad.s^{-1}, l'intensité $i(t)$ du courant est en avance sur la tension $e(t)$ de 63,4°.

1) Exprimer l'intensité complexe $\underline{i}$ en fonction de $\underline{e}$,R, L, C, ω.
2) Déterminer la valeur de R.
3) En déduire l'amplitude de $i(t)$.

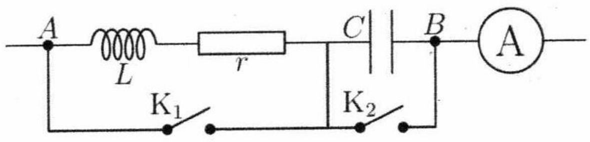


Exercice 2 : Circuits équivalents

★★☆
Ref. 0061

✓ *Impédance complexe équivalente*

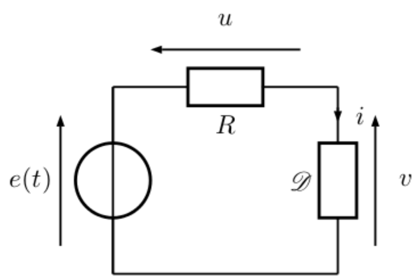
Dans le circuit ci-dessous alimenté par une tension $u_{AB}(t)$ sinusoïdale, il existe une pulsation particulière ω pour laquelle l'ampèremètre en mode AC affiche la même valeur lorsque K_1 et K_2 sont ouverts, lorsque K_1 est ouvert et K_2 fermé, et lorsque K_1 est fermé et K_2 ouvert. Montrer que cette pulsation vaut $\omega = \frac{1}{\sqrt{2LC}}$ et qu'elle n'existe que si $r = \sqrt{\frac{3L}{2C}}$.



Exercice 3 : Etude d'un dipôle inconnu ♥

★★☆
Ref. 0062

✓ *Signal sinusoïdal*
✓ *Impédance complexe*



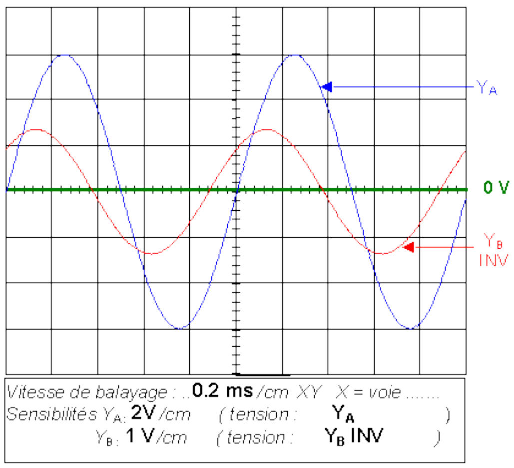
Dans le montage ci-contre, le GBF délivre une tension $e(t)$ sinusoïdale de pulsation ω, R est une résistance telle que R = 100 Ω et D un dipôle inconnu d'impédance complexe $\underline{Z}$.

On note $u(t) = U_m \cos(\omega t)$ et $v(t) = V_m \cos(\omega t + \varphi)$ les tensions aux bornes respectivement de R et D.

On visualise à l'oscilloscope $v(t)$ sur la voie A et $u(t)$ sur la voie B.

On obtient l'oscillogramme ci-dessous.

1) Déterminer les amplitudes de $u(t)$ et $v(t)$ ainsi que la pulsation ω.
2) Quel est le déphasage φ de $v(t)$ par rapport à $u(t)$? Justifier.
3) Exprimer $\underline{v}$ en fonction de R, $\underline{Z}$ et $\underline{u}$.
4) On note $\underline{Z} = X + jY$, l'impédance complexe de D.
   a) Déterminer X et Y.
   b) Par quelle association de dipôles peut-on modéliser D ? Donner ses caractéristiques.



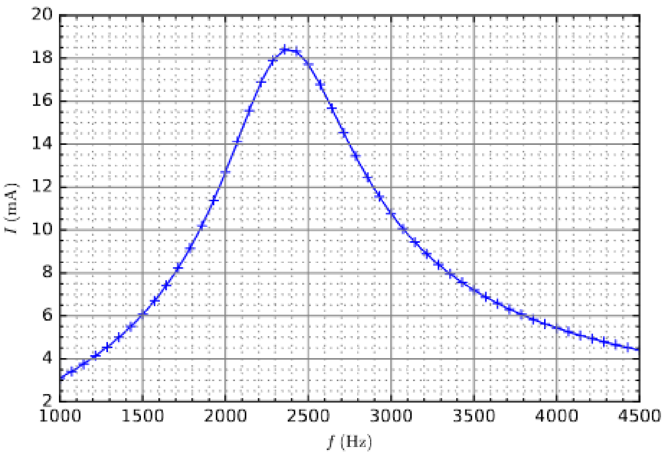
Exercice 4 : Résonance dans un circuit RLC ♥

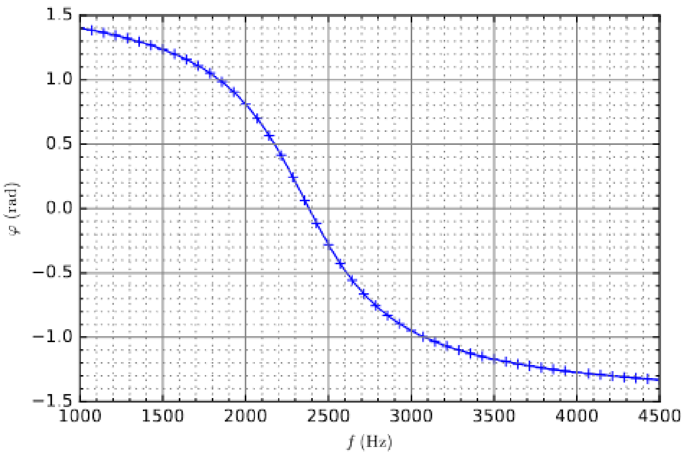
★★☆
Ref. 0063

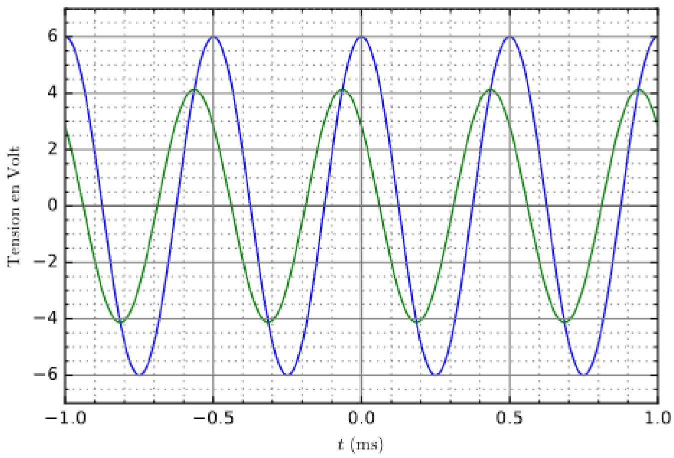
- ✓ *Signal sinusoïdal*
- ✓ *Résonance en intensité*
- ✓ *Facteur de qualité et acuité de résonance*

Un circuit RLC série est alimenté par une source de tension $e(t) = E_m\, cos(\omega t)$, où E_m est l'amplitude de la tension fournie par le générateur. Cette amplitude reste invariante pendant les mesures réalisées.

On note I la mesure de l'intensité efficace affichée sur un ampèremètre. Celle-ci varie avec la fréquence f du générateur. Cette dépendance est tracée ci-après. Un oscilloscope en bicourbe donne accès au déphasage φ entre l'intensité $i(t)$ et la tension $e(t)$. On représente ce déphasage en fonction de la fréquence. Enfin, sur la dernière figure est reproduite l'écran d'un oscilloscope en bicourbe représentant les tensions du générateur $e(t)$ et celle aux bornes du résistor $u(t)$.







1) <u>Résultats théoriques</u>

   a) Donner, en notation complexe, l'expression de l'intensité complexe $\underline{i}(t)$ parcourant le circuit en fonction de la tension complexe $\underline{e}(t)$ du générateur.
   b) Quelle est l'expression de l'amplitude I_m de $i(t)$ en fonction de la pulsation ?
   c) Exprimer la pulsation de résonance ω_r ainsi que la bande passante $\Delta\omega$ en fonction des paramètres du circuit puis en fonction de la pulsation propre ω_0 et du facteur de qualité Q.
   d) Quelle est l'expression du déphasage φ en fonction de la pulsation ? On exprimera $tan\ \varphi$. Que vaut-il à la résonance ?

2) <u>Exploitation des résultats expérimentaux</u>

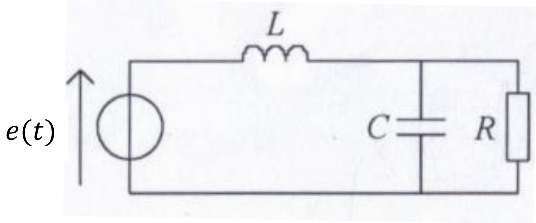
   a) Quel montage a-t-on réalisé afin d'obtenir sur un oscilloscope les courbes de la figure liée à l'oscilloscope ? Identifier sur cette figure les courbes représentant $e(t)$ et $u(t)$. Justifier.
   b) Mesurer la fréquence de résonance f_r.
   c) Mesurer le plus simplement possible la valeur de la résistance R. Expliquer votre démarche.
   d) Evaluer les deux fréquences de coupure. En déduire le facteur de qualité Q du circuit.
   e) Déduire de vos mesures les valeurs de L et C. Ces résultats semblent-ils cohérents ?

Exercice 5 : Résonance aux bornes d'un condensateur ♥

★★★
Ref. 0064

- ✓ *Résonance en tension*
- ✓ *Condition d'existence d'une résonance*

On étudie le circuit suivant, alimenté par une source de tension sinusoïdale : $e(t) = E\,cos(\omega t)$



1) Donner un schéma équivalent du circuit à basse fréquence et à haute fréquence. En déduire le comportement de $u(t)$, tension aux bornes de C, à basse fréquence et à haute fréquence.
2) Exprimer la tension complexe $\underline{u}$ aux bornes de C.
3) On pose la pulsation réduite $x = \frac{\omega}{\omega_0}$. Mettre $\underline{u}$ sous la forme $\underline{u} = \frac{\underline{e}}{(1-x^2)+j\frac{x}{Q}}$, donner l'expression de Q, facteur de qualité du circuit et de la pulsation propre
4) ω_0. Commenter l'influence de R.
5) Peut-il y avoir résonance de la tension aux bornes du condensateur ? Si oui, pour quelle valeur de la pulsation ω, notée ω_r, et à quelle condition sur la valeur de Q ?

Résolutions de problèmes

Exercice 6 : Détermination expérimentale d'une inductance

★★☆
Ref. 0065

On réalise le montage ci-dessous avec R = 100 Ω et C = 10 μF. On observe la tension $e(t)$ sur la voie X d'un oscilloscope, et la tension $u_R(t)$ sur la voie Y. On constate que pour la fréquence f_0 = 180 Hz, les deux signaux sont en phase. Quelle est la valeur de l'inductance L ?