

# 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, 3

### 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**

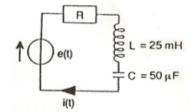
#### Exercice 1 : Etude d'un circuit en régime sinusoïdal forcé

★☆☆ Ref. 0060

- ✓ Lois de Kirchhhoff
- ✓ *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  $\omega = 400 \text{ rad.s}^{-1}$ , l'intensité i(t) du courant est en avance sur la tension e(t) de 63,4°.

- 1) Exprimer l'intensité complexe <u>i</u> en fonction de <u>e</u> ,R, L, C, ω.
- 2) Déterminer la valeur de R.
- 3) En déduire l'amplitude de i(t).



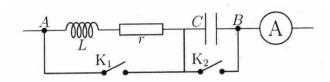
### **Exercice 2 : Circuits équivalents**

★★☆ Ref. 0061

### ✓ Impédance complexe équivalente

Dans le circuit ci-dessous alimenté par une tension  $u_{AB}(t)$  sinusoïdale, il existe une pulsation particulière  $\omega$  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  $r = \frac{3L}{\sqrt{2LC}}$ .

que si 
$$r = \sqrt{\frac{3L}{2C}}$$
.



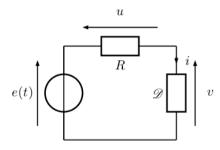
### Exercice 3 : Etude d'un dipôle inconnu ♥



- ✓ Signal sinusoïdal
- ✓ Impédance complexe

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

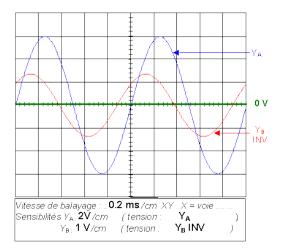
On note  $u(t) = U_m \cos(\omega t)$  et  $v(t) = V_m \cos(\omega t + \varphi)$  les tensions aux bornes respectivement de R et D.



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  $\omega$ .
- 2) Quel est le déphasage  $\varphi$  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.



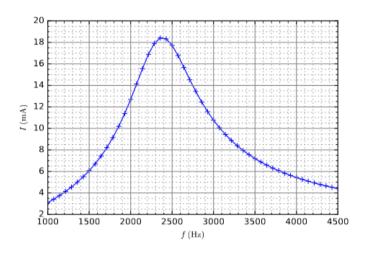
#### Exercice 4 : Résonance dans un circuit RLC •

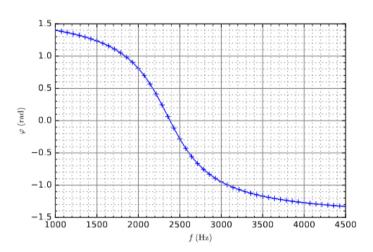


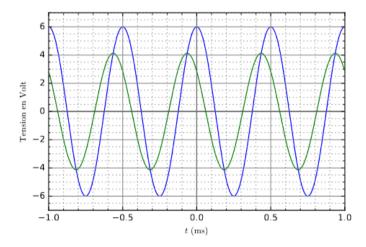
- ✓ Signal sinusoïdal
- ✓ Résonance en intensité
- ✓ Facteur de qualité et acuité de résonance

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  $\phi$  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) Résultats théoriques

- 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  $\omega_r$  ainsi que la bande passante  $\Delta \omega$  en fonction des paramètres du circuit puis en fonction de la pulsation propre  $\omega_0$  et du facteur de qualité Q.
- d) Quelle est l'expression du déphasage  $\varphi$  en fonction de la pulsation ? On exprimera  $tan \varphi$ . Que vaut-il à la résonance ?

Travaux Dirigés 7: Régime sinusoïdal forcé

#### 2) Exploitation des résultats expérimentaux

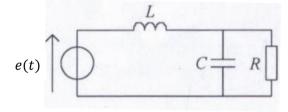
- a) Quel montage a-t-on réalisé afin d'obtenir sur un oscilloscope les courbes de la figure liée à l'oscilloscope ? Identifier sur cette figure les courbes représentant e(t) et u(t). Justifier.
- b) Mesurer la fréquence de résonance  $f_r$ .
- c) Mesurer le plus simplement possible la valeur de la résistance 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 •



- ✓ 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)  $\omega_0$ . 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  $\omega$ , notée  $\omega_r$ , et à quelle condition sur la valeur de Q ?

## Résolutions de problèmes

### Exercice 6 : Détermination expérimentale d'une inductance



On réalise le montage ci-dessous avec  $R=100~\Omega$  et  $C=10~\mu F$ . 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  $f_0=180~{\rm Hz}$ , les deux signaux sont en phase. Quelle est la valeur de l'inductance L?

