

SUIS-JE AU POINT ?

Chapitre 15 : Oscillations forcées - Résonance

💡 Une notion à bien comprendre, un point à retenir.

♥ Une définition/formule à connaître PAR CŒUR.

✍ Un savoir-faire à acquérir.

TD Un exercice du TD pour s'entraîner.

1 Équation d'évolution : oscillateur amorti soumis à une excitation sinusoïdale

✍ Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du condensateur dans un circuit RLC série alimenté par un générateur de tension sinusoïdale.

💡 Lorsqu'un système physique est soumis à une excitation extérieure, son évolution présente deux phases :

- un **régime transitoire**, caractérisé mathématiquement par la solution générale de l'équation homogène. Les propriétés du régime transitoire (allure, durée) dépendent uniquement de la nature du système et pas de l'excitation.
- un **régime permanent**, qui apparaît à l'issue du régime transitoire. Il est caractérisé mathématiquement par la **solution particulière** de l'équation différentielle et dépend du terme d'excitation.

2 Réponse à une excitation sinusoïdale

2.1 Régime permanent

💡 Lorsque l'excitation est sinusoïdale, alors la solution particulière l'est aussi, avec la même fréquence. En régime permanent, **le système évolue de manière sinusoïdale, avec la même fréquence que l'excitateur**. Puisque l'excitateur impose l'évolution sinusoïdale et la fréquence du système, on parle de **régime sinusoïdal forcé (RSF)**.

💡 Les outils développés dans ce chapitre ont pour but de déterminer le comportement d'un système physique en RSF pour un terme d'excitation donné. Concrètement, on cherchera à déterminer **l'amplitude et la phase à l'origine** de la grandeur physique étudiée.

2.2 Notation complexe

♥ Définir la **représentation complexe** associée à une fonction sinusoïdale donnée $s(t) = S_m \cos(\omega t + \varphi)$ ($\underline{s}(t) = S_m e^{j(\omega t + \varphi)}$). Définir son **amplitude complexe** ($\underline{S} = S_m e^{j\varphi}$).

✍ Donner l'expression de la fonction réelle $s(t)$, connaissant son amplitude complexe \underline{S} . ($s(t) = S_m \cos(\omega t + \varphi)$ avec $S_m = |\underline{S}|$ et $\varphi = \arg(\underline{S})$).

2.3 Propriétés de la notation complexe

♥ Connaître l'effet d'une dérivation ou d'une intégration temporelle dans l'espace complexe (*on multiplie ou on divise l'amplitude complexe par $j\omega$*)

2.4 Avance de phase et notation complexe

Soient deux signaux synchrones $x(t) = X_m \cos(\omega t + \varphi_x)$ et $y(t) = Y_m \cos(\omega t + \varphi_y)$. Exprimer l'avance de phase $\Delta\varphi_{y/x}$ en fonction du quotient $\underline{Y}/\underline{X}$.

3 Dipôles linéaires en RSF

TD Lois de l'électricité en complexes : exercices 1,2,4,6,7,9.

3.1 Impédance, admittance

♥ Définir l'**impédance** et l'**admittance complexe** d'un dipôle passif linéaire.

✍ Justifier que l'impédance complexe permet de comparer les amplitude de $u(t)$ et $i(t)$ et de déterminer le déphasage entre $u(t)$ et $i(t)$.

3.2 Dipôles passifs usuels

♥ Donner sans démonstration l'expression de l'impédance d'un résistor, d'un condensateur idéal, d'une bobine idéale.

✍ Établir l'expression de ces différentes impédances.

3.3 Lois de Kirchhoff

3.3.1 Loi des noeuds

♥ Énoncer la loi des noeuds en complexes.

3.3.2 Loi des mailles

♥ Énoncer la loi des mailles en complexes.

3.4 Associations d'impédances

♥ Donner l'expression de l'impédance équivalente dans le cas d'une association série/parallèle d'impédances.

TD Associations d'impédances : exercice 1.

3.5 Dipôles actifs linéaires

💡 On peut associer à tout dipôle actif linéaire, en complexes, un modèle de Thévenin de fem complexe \underline{E} et d'impédance interne \underline{Z} .

3.6 Pont diviseur de tension/de courant

♥ Énoncer la loi du pont diviseur de tension/de courant en complexes.

4 Résonance en tension (en élongation)

4.1 Amplitude complexe

✍ Déterminer l'amplitude complexe \underline{U}_C de la tension aux bornes du condensateur dans un circuit RLC série en RSE. L'écrire sous forme canonique.

4.2 Étude de l'amplitude

✍ Déterminer l'amplitude réelle U_m de la tension aux bornes du condensateur dans un circuit RLC série en RSE. Mettre en évidence l'existence d'une **résonance en tension** lorsque le facteur de qualité vérifie $Q > \frac{1}{\sqrt{2}}$. Tracer l'allure du graphe de la fonction $U_m(\omega)$ dans le cas d'une résonance, en l'absence de résonance.

4.3 Étude de la phase

✍ Déterminer la phase à l'origine φ_u de la tension aux bornes du condensateur dans un circuit RLC série en RSE. Tracer l'allure du graphe de la fonction $\varphi_u(\omega)$. Préciser à quelles fréquences $u(t)$ est en phase/en quadrature de phase/en opposition de phase avec le générateur.

4.4 Exploiter des courbes d'amplitude et de phase en tension

✍ À partir d'une courbe de gain **et** de phase fournies, déterminer numériquement la pulsation propre et le facteur de qualité.

5 Résonance en intensité (en vitesse)

TD Résonance en intensité/vitesse : exercices 3,5.

5.1 Amplitude complexe

 Déterminer l'amplitude complexe \underline{I} de l'intensité du courant dans un circuit RLC série en RSE. L'écrire sous forme canonique.

5.2 Étude de l'amplitude

 Déterminer l'amplitude réelle I_m de l'intensité du courant dans un circuit RLC série en RSE. Mettre en évidence l'existence d'une **résonance en intensité**, quelle que soit la valeur du facteur de qualité. Déterminer la pulsation de résonance.
Tracer l'allure du graphe de la fonction $I_m(\omega)$.

5.3 Étude de la phase

 Déterminer la phase à l'origine φ_i de l'intensité du courant dans un circuit RLC série en RSE.
Tracer l'allure du graphe de la fonction $\varphi_i(\omega)$. Préciser à quelles fréquences $i(t)$ est en phase/en quadrature de phase avec le générateur.

5.4 Bande passante de la résonance en intensité

♥ Définir les **pulsations de coupure**, la **bande passante** d'une résonance.

♥ Écrire sans démonstration la relation entre la largeur de la bande passante de la résonance et le facteur de qualité ($\Delta\omega = \frac{\omega_0}{Q}$).

5.5 Exploiter des courbes d'amplitude et de phase en intensité

5.5.1 Courbe d'amplitude

 À partir d'une courbe de gain fournie, déterminer numériquement la pulsation propre et le facteur de qualité.

5.5.2 Courbe de phase

 À partir d'une courbe de phase fournie, déterminer numériquement la pulsation propre et le facteur de qualité.