

Fiche 29

Filtrage

Ressources utilisées

—
—
—

Pré-requis

- Régime sinusoïdal forcé et notation complexe, circuit RLC
- Trouver et résoudre une équation différentielle simple
- Principe fondamental de la dynamique, forces

Éléments imposés possibles

Introduction pédagogique

Niveau

Difficultés

Travaux dirigés

Travaux pratiques

Élément imposé : conception d'un filtre passe-bande. Placé au niveau BCPST2, pour lequel on a besoin de pré-requis

Difficulté de cette leçon : très calculatoire et peu paraître abstraite. Il faudra donc mettre du contexte, ancrer dans le réel les notions vues Aussi, il faudra que les élèves comprennent qu'on peut décomposer un signal périodique en somme de signaux sinusoïdaux. (utilisation de geogebra pour cela) Une dernière difficulté est le tracé des diagrammes de BODE

Choix pédagogique de faire un passe-bas d'ordre 1 et un passe-bande d'ordre 2. Alors en TD on pourra s'intéresser à d'autres En TP, travailler sur le tracé des diagrammes de BODE

Objectifs Comprendre les fonctionnement des filtres en électrocinétique
Analogie électro-mécanique

Introduction

Dans la vraie vie, on a des filtres de toute sorte !

Projection

Tamis et radio...

Les chercheurs d'or cherchaient à l'aide d'un tamis ; nous, tous les jours, radio : sélectionner une chaîne parmi plein.

Dispositif qui permet de séparer les constituants d'un système selon une propriété physique. La taille pour un tamis, la fréquence pour la radio !

On s'intéresse aujourd'hui aux filtres en électrocinétique, qui filtre les fréquences.

29.1 Filtre passe-bas du premier ordre

29.1.1 Notions utiles

On introduit un circuit électrique : un générateur BF relié à une résistance de 10 kΩ et une capacité de 10 micro farad. On va observer à l'aide d'un oscilloscope le signal aux bornes du condensateur.

Expérience Le faire ?

On se rend compte que le signal sera atténué aux hautes fréquences.

[Circuit RC] un circuit RC est un filtre passe-bas. Ok, ça se voit expérimentalement. Mais est-ce qu'on peut le prévoir ??

On sait qu'à haute fréquence, un condensateur s'apparente à un fil [circuit équivalent, sortie = 0] ; et à basse fréquence, c'est un interrupteur ouvert [circuit équivalent, sortie = entrée]. Il s'agit ici d'une étude qualitative... Mais on peut étudier plus précisément ces filtres, avec notamment :

Fonction de transfert

$$\underline{H}(w) = \frac{U_s}{U_e} \quad (29.1)$$

que l'on peut calculer pour le circuit RC [le faire]. On peut alors poser une fréquence particulière ω_0

Gain qui s'exprime en décibels

$$G = 20 \log \left(|\underline{H}(w)| \right) \quad (29.2)$$

Phase l'argument de la fonction de transfert [expression]

Diagramme de BODE la donnée des graphes du gain et de la phase en fonction de la fréquence. Expliquer la prise de point expérimentale.

29.1.2 Représentation graphique

Tracer les diagrammes expérimentaux, tracer les comportements asymptotiques.

On observe bien ici que le gain diminue effectivement à haute fréquence. [Commenter la pente du gain en filtrage]

Remarque Pas seulement utiliser en électrocinétique, c'est aussi utilisable notamment en traitement de signal ou d'image ! pour flouter une image, on lui applique un filtre passe-bas.

Ok, en filtre les fréquences basses... mais c'est pas ce qui nous intéresse pour sélectionner une station de radio !

29.2 Filtre passe-bande d'ordre 2

Projection

Circuit RLC

Expérience Oscilloscope pour observer la tension aux bornes de la résistance.

On fait varier R de 10 à 1000 ohm.

Remarque On attire l'attention sur pourquoi c'est la résistance qu'on fera varier...

L'étude théorique se fait de la même façon ! on écrit la fonction de transfert... [Retrouver la fonction de transfert simplement avec les impédances complexes...]

Cette fois-ci, on introduit la pulsation propre ainsi que le facteur de qualité Q.

$$\underline{H}(\omega) = \frac{1}{1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)} \quad (29.3)$$

avec facteur qualité et ω_0 à exprimer !

Il s'agit alors ici d'un dispositif qui sélectionne une partie des fréquences, en coupant les basses et les hautes fréquences !

Décomposition d'un signal carré en somme de signaux sinusoïdaux.

Projection

Geogebra pour tracer des signaux carrés... s'entraîner à le faire rapidement.

Expérience En entrée, un signal carré, donne dans le RLC : ...

On observe qualitativement que le circuit permet de passer d'un signal carré à quelque chose de plus sinusoïdal (?). De plus, on remarque qu'en faisant varier seulement R, on ne modifie que le facteur qualité, et on peut observer ce qu'il se passe sur l'oscilloscope.

Reprendre le calcul du gain et de la phase.

[Tracé les diagrammes de BODE en vertical] Si R augmente, Q diminue, le diagramme est moins piqué !

Expérimentalement, lorsque R augmente, la largeur du pic varie, on est donc moins sélectif. Or ce qu'on veut pour la radio, c'est que le gain soit maximum pour une fréquence.

Définir la bande-passante.

Intéressant à faire expérimentalement : comparer les valeurs caractéristiques théorique du filtre aux valeurs que l'on détermine expérimentalement, avec incertitudes comprises

Expérience À faire.

29.3 Analogie électromécanique

Exemple Roue de voiture sur une route cabossée ; roue reliée à un amortisseur (un ressort et un amortisseur)

Frottement dans l'amortisseur en :

$$F = -\lambda(z_{point} - z_{point_0}) \quad (29.4)$$

Mener le PFD... Calcul de la fonction de transfert...

Projection

Analogie électromécanique, tableau

Tout l'enjeu est de trouver un amortisseur dont la fréquence de résonance n'est pas dans la gamme de la fréquence de variation de la route. On veut aussi que ce filtre y soit piqué, pour que toutes les fréquences liées aux variations de la route ne soit pas sélectionnées.

Conclusion

Questions

Questions	Réponses
C'est vraiment un passe-bande le résultat que vous obtenez à la fin ?	Passe-bas
Quel facteur qualité on a intérêt à chercher pour l'amortisseur de voiture ?	
Comment fonctionne, en terme de schéma électrique, l'oscilloscope ?	Résistance en parallèle...
Donc la fonction de transfert de filtres en cascade est-elle vraiment le produit des fonctions de transfert	Non...
Il faut ?	Adaptation d'impédance ! Suiveur...
La résistance du RLC, on l'a comment ?	Sommer la résistance choisie, les résistances autres (générateur, inductance...).
Définition du facteur qualité et de la bande passante... c'est valable tout le temps $\Delta\omega = \frac{\omega_0}{Q}$?	Non il faudrait définir comme différences des fréquences de coupures...
D'où sort le 20 dans la définition du gain en dB ? Pourquoi des dB ?	Rapport des puissances fait apparaître le 2 ! et le 10 vient du fait qu'on est en déci, le log en bell.
Qu'est-ce que tu voulais montrer avec le signal carré et geogebra ?	

Débrief

Il manquait les comportements asymptotiques.

Pour faire dans le détail si on veut vraiment aller si loin, peut-être ne pas traiter les deux filtres. Prendre le passe-bas en pré-requis puis travailler précisément sur le passe-bande d'ordre 2.

Remarque Relire l'optique de FOURIER pour filtrage de fréquences spatiales