

LP30 : Filtrages

Leçon présentée par Lise

Element imposés Sismomètre

Manip : tracé du diagramme de bode et de phase d'un quadripôle

Niveau : L1 car suite d'étude de circuits en électrocinétique

Prérequis :

- Electrocinétique : composants linéaires (résistance, bobine, condensateur), circuit linéaire
- Etude de circuits linéaires RLC, RC (L1)
- Notation complexe (L1)
- Equations différentielles (Tale)
- Etude mécanique du sismomètre (L1)

Difficultés :

- Différence gain et gain dB
- Résolution d'équations différentielles
- Fonction de transfert

séquence pédagogique Après une séance d'électrocinétique avec décomposition en série de fourier. On verra ensuite des filtres actifs.

TP : tracé du diagramme de Bode du RLC

TD : étude de filtre passe-haut et passe-bas.

Problématique : ?

Objectif :

Bibliographie

- Salamito PCSI
- Renvoisé MPSI-PCSI-PTSI
- Dictionnaire de physique
- Côte BCPST2
- Sujet agreg B 2020
- Duffait,
- Houard

Contents

1	Etude théorique d'un quadripôle	2
1.1	Fonction de transfert	2
1.2	Diagramme de Bode	2

2 Etude d'un filtre du premier ordre	3
2.1 Etude théorique d'un circuit RC	3
2.2 Etude expérimentale d'un circuit RC	3
3 Vers les autres types de filtres	3

Introduction

Intérêt du filtrage : développé avec l'essor des télécom (fin du 19e) donc nombreux outils pour améliorer les réseaux et la transmission. Notamment les quadripôles : deux entrées, deux sorties : nécessaire pour toute transmission. On met alors en place des filtres.

qq définitions : **quadripôle** : dispositif électrique qui comporte deux bornes en entrée et deux bornes en sortie.
schéma avec $e(t)$ en entrée et $s(t)$ en sortie entre les deux bornes de droite

On va ici s'intéresser au **filtrage** : transformation d'un signal par l'intermédiaire d'un filtre.

Filtre Dispositif permettant de séparer les composantes d'un signal selon une propriété physique.

diapo schéma cote p 472

On choisit le filtre en fonction de ce que l'on veut en faire.

L'objectif de ce cours est alors de différencier les types de filtres et en choisir pour une application.

1 Etude théorique d'un quadripôle

1.1 Fonction de transfert

On s'intéresse ici à des circuits linéaires : le quadripôle a un signal de sortie par rapport au signal d'entrée, au cours précédent on a observé pour le circuit RC et RLC qu'on avait une relation de la forme

$$s(t) = He(t)$$

prenons $e(t) = E_0 \cos \omega t + \phi$ et $s(t) = S_0 \cos \omega t + \phi$

Comme on est dans le cas d'un forçage harmonique et d'un circuit linéaire, on peut écrire : $\underline{e} = E_0 \exp j\omega t + \phi = \underline{E}_0 \exp j\omega t$

On peut alors définir la **Fonction de transfert** comme la fonction de variable $j\omega$ qui vérifie

$$\underline{s} = \underline{H}(j\omega)\underline{e}$$

Elle est définie comme toute fonction complexe par son module, appelé **gain en amplitude** $G(\omega) = |\underline{H}(j\omega)|$ et par son argument, appelée fonction de phase $\phi(\omega) = \arg(\underline{H}(j\omega))$

Pour caractériser ce quadripôle, on utilise l'**amplitude de sortie**

$$S_0 = |\underline{s}| = |\underline{H}\underline{e}| = G(\omega)E_0$$

On s'intéresse aussi à la **phase initiale du signal de sortie**

$$\phi_s = \arg(\underline{s}) - \omega t = \arg(\underline{e}\underline{H}) - \omega t = \arg(\underline{H}) + \arg(\underline{e}) - \omega t = \phi(\omega) + \phi_e - \omega t$$

diapo exemple pour le RRC avec le pont diviseur de tension On a alors besoin de la **bande passante** qui est l'intervalle de pulsation telles que $G(\omega) \geq \frac{G_{max}}{\sqrt{2}}$

Et la pulsation de coupure ω_c telle que $G(\omega_c) = \frac{G_{max}}{\sqrt{2}}$

1.2 Diagramme de Bode

On définit le gain en dB Comme en acoustique : $G_{dB} = 20 \log G(\omega)$

On mesure alors S_0 et E_0 pour tracer $20 \log \left(\frac{S_0}{E_0} \right)$ en fonction de ω

Sur un diagramme de Bode, on trace

- Le **Diagramme en amplitude** $G_{dB} = f(\omega)$
- Le **Diagramme de phases** $\phi(\omega) = f(\omega)$

2 Etude d'un filtre du premier ordre

2.1 Etude théorique d'un circuit RC

En se plaçant aux bornes de C, on utilise la formule du pont diviseur de tension pour aboutir à

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{1}{1 + jRC\omega}$$

Le gain, le module de H est :

$$G(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + RC\omega^2}}$$

en basse fréquence, G tend vers 1, et en haute fréquence G tend vers 0.

Code Python de Raphaël

C'est donc un filtre [Passe bas](#)

2.2 Etude expérimentale d'un circuit RC

On a pris $R = 1 \text{ k}\Omega$ et $C = 1 \mu\text{F}$

Comme pour le diagramme python.

3 Vers les autres types de filtres

On peut aussi parler de filtres passe-bande

Comme le circuit RLC, au bornes de C et pour le sismomètre (schéma)

Lorsqu'il y a une excitation due à un tremblement de Terre.

Conclusion

Ouverture : filtrage en optique (filtrage optique passe haut et passe-bas en se plaçant dans le plan de Fraunhofer)
diapo préparée

Question

- Filtrage optique : on fait une TF
- Filtre actif ? Filtres avec des AO : alimentés donc actifs, au programme de PCSI : quels types existent, comment les étudier. Fiche Raphaël
- Conséquence d'un système linéaire ? Que des composants linéaires, ce qui relie le signal d'entrée au signal de sortie de manière linéaire. Non linéaire donne une fonction de transfert n'est pas proportionnelle. On rajoute alors des fréquences : ex multiplication de cosinus
- Pourquoi $\sqrt{2}$ dans la fréquence de coupure ? On a divisé la puissance par 2
- En dB, on ajoute un 20 devant, pourquoi ? Gain en puissance : $10 \log G^2$
- Filtrage présent dans le quotidien, comment ça change l'approche pédagogique de la leçon ? Évoque le fait que ça empêche de passer certaines choses donc fixe les idées.
- Site du musée du sismographe : on a trois sismomètre que l'on associe pour ne pas louper de fréquences : étude choix d'une bonne fréquence.