

Titre : 42 Filtrage Linéaire

Présentée par : Jawed DAMAK

Rapport écrit par : Jawed Damak

Correcteur : Julien Froustey, Jules Fillette

Date : 3 mai 2021

Bibliographie

Titre	Auteurs	Éditeur
Dunod tout en un PCSI		

Plan détaillé

(indiquer parties, sous-parties, 1 ou 2 phrases d'explications par sous-partie, et références)

Niveau choisi pour la leçon : CPGE

Prérequis : Diffraction de Fraunhofer, Circuits électroniques PCSI, Notation complexe, ponts diviseurs de tension.

- I. Filtrage en électrocinétique (Plutôt présentation de quelques filtres en électrocinétique, **partie pas assez rapidement en plein dans le sujet d'après les correcteurs**)
 - 1) Passe bas d'ordre 1 : Filtre RC

Ref Dunod page 416

Calcul de la fonction de transfert, tracé du diagramme de Bode avec les asymptotes et de la phase.

$$G_{dB} = 20 \log(|H|)$$

Définition de la bande passante : Gamme de fréquence telle que $G > G_{\max} - 3\text{dB}$ ou telle que $H > H/\sqrt{2}$

- 2) Passe bande d'ordre 2

(Filtre LCR série, c-à-d, qu'on prend en sortie la tension aux bornes de la résistance)

Calcul de la fonction de transfert, tracé du diagramme de Bode et de la phase.

Détermination de la bande passante $\Delta\omega = \omega_0/Q$.

Tracer les différents diagrammes de Bode pour différentes valeurs de Q .

- II. Application à l'optique : Expérience d'Abbe

Questions posées par l'enseignant (avec réponses)

(l'étudiant liste les questions posées, ainsi que les réponses données par l'enseignant. Si certaines réponses manquent, l'enseignant pourra compléter le document)

Q : C'est quoi le filtrage

R : Sélection d'une partie du signal qui nous intéresse

Q c'est quoi un filtre ?

R : L'Objet qui permet le filtrage

Q : Objectif leçon ?

R : Présenter 2 domaines de la physique où le filtrage est utilisé

Q : Action et intérêt de chaque filtre

R : Passe bas : coupe haute fréquence

Passe bande : Sélection d'une bande de fréquence

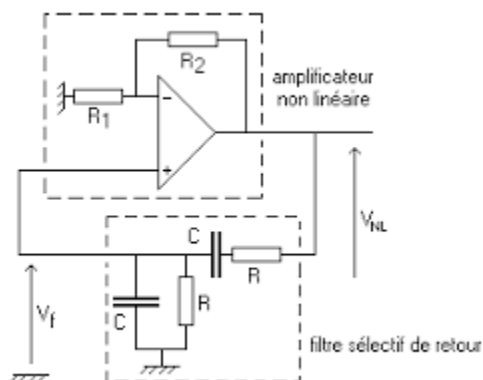
Q : A quoi ça sert ?

R : On peut couper le bruit pour le passe bas ou le passe haut, et le passe bande peut servir à amplifier (avec un filtre actif) un signal autour d'une fréquence de résonance.

Pour un passe-bas, on conserve la valeur moyenne du signal et on élimine le bruit haute fréquence. Le passe-haut permet d'éliminer cette valeur moyenne et de conserver les variations rapides du signal. Enfin le passe-bande sélectionne une composante spectrale (avec une certaine largeur).

Q : C'est quoi oscillateur à pont de Wien

R : Le pont de Wien est un filtre passe-bande composé de résistances et de capacités. L'oscillateur à pont de Wien est un montage où le filtre à pont de Wien est relié à un AO par rétroaction positive. Il permet de faire naître des oscillations quand le gain de la partie amplificateur (qui apporte de l'énergie grâce à l'AO) compense les pertes dans le filtre passe bande (passif).



Q : Comment on amplifie

R : Avec des filtres actifs

Important : un filtre passif n'a pas d'autre source d'énergie que le signal d'entrée, et ne peut donc pas l'amplifier « par magie ». On est donc limité avec les filtres construits uniquement avec des composants R,L,C (typiquement dans la fonction de transfert le gain à l'origine vaut souvent $H_0 = 1$).

Q : Unité du gain ?

R Décibel

Q : Pourquoi c'est 20log et pas 10log alors ?

R : Car, en fait le gain en décibel c'est : $G=10\log(|H|^2)$

Q : Pourquoi travailler en log ?

R : Plus pratique pour couvrir une grande gamme de fréquence. Ça augmente la *dynamique* du graphe.

Q : -20dB par décade ?

R : quand la fréquence est multipliée par 10 le gain diminue de 20

Q : Action des composants à haute et basse fréquence

R : HF : Condensateur interrupteur ouvert et bobine comme fil

BF : bobine interrupteur ouvert et condensateur fil

Il est très important d'être capable de deviner le type de filtre à l'aide des comportements asymptotiques des composants électriques (valeurs limites des impédances). Cela permet de trouver facilement le caractère passe-haut ou passe-bas. Pour passe-bande ou coupe-bande il faut raisonner en plus sur le caractère dérivateur/intégrateur à BF/HF pour conclure.

Q : Pourquoi on passe en complexe ?

R : Plus pratique

Q : On a le droit de passer en complexe ? et pourquoi ?

R : Oui on a le droit car on a des systèmes linéaires.

Q : C'est quoi la définition d'un système linéaire ?

R : Si l'entrée $e(t) = \sum_{k=0}^n \alpha_k e_k(t)$ alors la sortie s'écrit $s(t) = \sum_{k=0}^n \alpha_k s_k(t)$

Q : Tu peux rajouter d'autres composants dans tes filtres ?

R : On peut rajouter des AO (Pour des filtres actifs) ou des diodes ...

Q : Ça sera toujours linéaire ?

R : Les diodes ne sont pas des composants linéaires, les AO peuvent fonctionner en régime linéaire.

Q : Caractère intégrateur et dérivateur ?

R : Quand la pente de l'asymptote dans le diagramme de Bode est à -20dB/décade on dit que le filtre a un caractère intégrateur, quand c'est +20dB/décade c'est dérivateur.

Pour prouver ça on voit que la fonction de transfert au niveau de ces asymptotes est égale à $1/j\omega$ ou à $j\omega$.

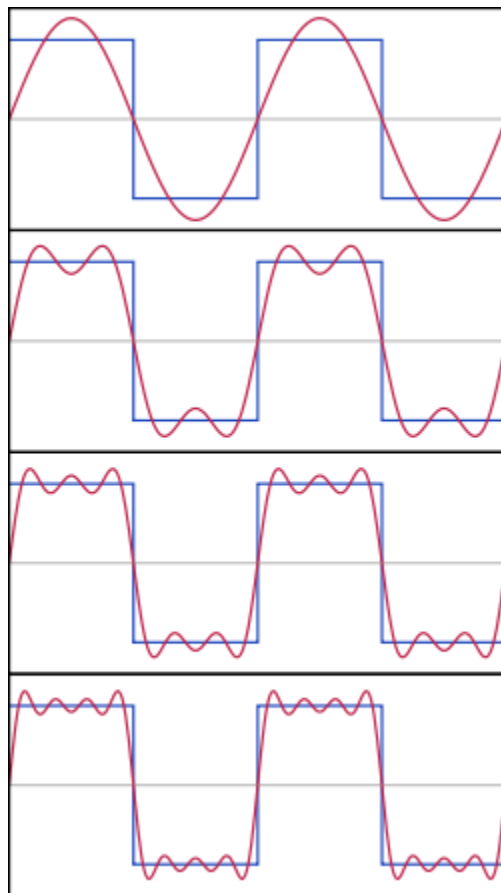
Q : Comment je choisis un filtre pour intégrer un créneau ?

R : Si je prends un passe-bas d'ordre 1 il faut que la fréquence du fondamental soit supérieure à la fréquence de coupure.

De manière générale pour intégrer un signal il faut que toutes ses composantes spectrales soient dans le domaine intégrateur du filtre utilisé. Donc par exemple avec un passe-bas d'ordre 1, on veut que le fondamental (et donc a fortiori tous les harmoniques) soient au-delà de la fréquence de coupure.

Q : Dessiner la somme des 5 premiers et des 25 premiers termes du développement en série d'un créneau.

R : On attendait ce genre de schéma (qui fait l'objet d'un bon programme python dans la banque de l'agreg) :



Il faut notamment retenir que les discontinuités du signal sont dues aux hautes fréquences. Par ailleurs il faudrait avoir en tête le phénomène de Gibbs : https://fr.wikipedia.org/wiki/Ph%C3%A9nom%C3%A8ne_de_Gibbs

Q : Autre domaine d'application

R : Je sais que les plasmas agissent comme des filtres

Les plasmas dilués agissent comme des filtres passe-haut pour les ondes électromagnétiques (cf. ionosphère).

On peut aussi penser à des dispositifs mécaniques (par exemple ceux cités au programme de PCSI)

Approche documentaire : expliquer la nature du filtrage introduit par un dispositif mécanique (sismomètre, amortisseur, accéléromètre...).

Q : Réexpliquer l'expérience de diffraction

Il faut avoir une slide de prête pour pouvoir présenter l'expérience d'Abbe efficacement.

(Attention, ici une grille *diffusante* a été utilisée, ce qui ne marche pas du tout car la TF de la grille diffusante n'est pas une croix de Mills).

Commentaires lors de la correction de la leçon

(l'étudiant note les commentaires relatifs au contenu de la leçon : niveau, sujets abordés, enchaînement, réponses aux questions, etc. **L'enseignant** relit, et rectifie si besoin)

Dans la première partie tu n'as pas montré de filtrage, le jury s'attend à voir du filtrage.
Tu as calculé les fonctions de transfert et tu l'as bien fait.
Pas assez de temps sur l'expérience d'Abbe qui est du filtrage comme l'entend le titre.
Essayer de plus regarder le public.

Trop de temps a été passé sur les filtres et non sur le filtrage. C'est un choix qui pourrait être reproché, même s'il est évidemment confortable.

Quoi qu'il en soit, présenter le calcul de fonctions de transfert (ce qui peut être assez long) doit **absolument** être accompagné d'utilisations pratiques des filtres : intégration/dérivation, moyennage, etc. Il faut montrer comment un filtre agit sur un signal donné (notion de décomposition spectrale + linéarité du filtre), et ce sur divers exemples.

Partie réservée au correcteur

Avis général sur la leçon (plan, contenu, etc.) :

« Trop de filtres, pas assez de filtrage ». Plus sérieusement, il faut montrer dans cette leçon des signaux réels que l'on cherche à filtrer.

Plus que le calcul opérationnel des fonctions de transfert, c'est le *choix* d'un filtre, son *effet* sur le signal, et l'explication de ce comportement grâce à la décomposition en série de Fourier qui constituent vraiment le cœur du sujet.

De nombreux aspects peuvent être abordés en plus des traditionnels filtres passifs R, L, C en électronique (mais toujours sous l'angle du filtrage) :

- Filtres actifs plutôt que passifs (dans un souci d'amplification du signal)
- Action de filtres mécaniques (sismométrie, amortisseur de voiture...)
- Filtrage spatial en optique (modification d'images, on peut montrer de très jolies choses)

On peut aussi discuter de filtres numériques (cf. extrait du programme de MP ci-dessous) :

Mais **attention**, la conversion analogique/numérique est une opération non-linéaire...

Filtrage numérique.	Mettre en œuvre un convertisseur analogique/numérique et un traitement numérique afin de réaliser un filtre passe-bas ; utiliser un convertisseur numérique/analogique pour restituer un signal analogique.
---------------------	---

Notions fondamentales à aborder, secondaires, délicates :

- Décomposition spectrale d'un signal
- Action d'un filtre linéaire sur chaque fréquence (superposition DSF et diagramme de Bode)

Notions secondaires (en choisir certaines) :

- Caractère intégrateur/dérivateur
- Filtres actifs
- Filtrage spatial en optique
- Filtres numériques

Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur) :

- Filtres passifs en électronique (RC, LC, RLC...)
- Filtres actifs avec A.L.I.
- Filtrage spatial : expérience d'Abbe, strioscopie, etc.

Bibliographie conseillée :

Pour le *filtrage spatial*, un très bon BUP : http://bupdoc.udppc.asso.fr/consultation/article-bup.php?ID_fiche=22032

Filtres électroniques : Duffait, Krob...