

**Titre :** LP 12 : Traitement d'un signal. Étude spectrale.

**Présentée par :** Théo Le Bret

**Rapport écrit par :** Q. Berrahal & T. Poulain

**Correcteur :** Jérémy Neveu

**Date :** 23/10/19

**Bibliographie de la leçon :**

Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Physique PSI		Dunod	
Electronique	Perez		
Poly	Luc Lasne		

**Plan détaillé**

Niveau choisi pour la leçon : CPGE

Pré-requis : Impédances complexes, Ampli Op, RLC

I – Le Signal et son spectre 9'

II – Filtrage du signal numérique 28'

III – Spectre d'un signal numérique 41'30''

## **I- Le Signal et son spectre**

Intro : Domaines divers (astronomie, etc) on cherche à stocker coder de l'information... Il est pratique d'utiliser le spectre d'un signal.

### **1) Définition**

Le signal est une grandeur physique dont la variation dans le temps encode l'information.

### **2) Traitement**

Exemples : Transmission, Filtrage (ex amortisseur d'un voiture), conversion, analyse. Surtout les 3 derniers.

### **3) Spectre**

Slide : Exemple d'un sol de guitare avec la transformée de Fourier

Formules :  $f(t) = \frac{1}{T} \dots$  &  $F_p$

Qu'est ce qu'il se passe quand on modifie un signal.

Slide : Jimi Hendrix et pédale Wah-Wah.

Slide : circuit Wah-wah

## **II – Filtrage du signal numérique**

### **1) Filtres**

Schéma entrée sortie.  $H(j\omega)$

On considère un système linéaire, permanent et en régime harmonique (pas de régime transitoire).

## 2) Wah-wah

Le filtre wah-wah en lui-même : 3 composants, un gain, un inverseur, et un RLC en contre-réaction ( $K$ ,  $A$  et  $T(j\omega)$ ). Avec  $A$  qui est réglable.

Schéma du circuit RLC.

Fonction de transfert. Dipôle équivalent à  $R$  et  $L$ . Obtention de  $T(j\omega)$ . Obtention de  $H(j\omega)$

Expérience. On balaye en fréquence. Si on change une valeur de résistance dans  $A$ , on voit, grâce à la persistance sur l'oscillo, une variation de la fréquence de résonance.

## 3) Diagramme de Bode (23')

Définition :  $g_{dB} = 20\log(|H|)$  et  $\phi = \text{Arg}(H)$

Traits généraux du gain : pour  $\omega$  tendant vers 0,  $G \rightarrow K$ , pour  $\omega \rightarrow +\infty$ ,  $G \rightarrow K/(1+AK)$ .

Tracé du gain.

## III – Spectre d'un signal numérique

### 1) Signal numérique

+

Signal binaire traité par des opérations logiques.

Immunité au bruit

Mémorisation

Souplesse

-

Résolution limitée

3 phases de la conversion analogique-numérique

Échantillonnage, quantification et représentation.

Problème de l'échantillonnage : si elle est trop faible, on se retrouve avec un signal dont la fréquence n'est pas la bonne.

Exemple slide repliement de spectre

### 2) Échantillonnage

Théorème :

Anecdote : les fabricants de disques se sont mis d'accord sur 44 kHz (2x le max audible par l'Homme)

### 3) Repliement de spectre

Spectre d'un signal discret : formule de l'amplitude de la p-ième harmonique.

Calcul.

Si la fréquence est inférieure à deux fois celle du signal, il y a un repliement de spectre.

#### Questions posées par l'enseignant

##### Série de questions sur l'optique adaptative (discussion initiée par Théo en conclusion) :

###### Quid de l'astronomie ?

Optique adaptative. Problème des turbulences de l'atmosphère. 2 solutions : télescope en orbite.

Autre option : corriger en live. On utilise un analyseur de front d'onde.

###### Et le retard ?

Demande une grande puissance de calcul pour ne pas être trop en retard

###### Analogique et numérique ?

Au moins un peu pour les calculs

###### Comment ça marche l'analyseur de front d'onde

Réseau de micro-lentilles.

###### N'importe quel type de front d'onde ? C'est limité par quoi ? Si on diminue la taille des lentilles ? Et le repliement de spectre ?

Résolution limitée par le pas du réseau de micro-lentilles.

**Est ce qu'on peut parler de série de Fourier, de transformée de Fourier ? Dans quelle mesure ?**

**Le Sol de guitare : quel est le traitement après ?**

CAN (conversion analogique numérique) puis FFT.

**C'est quoi une FFT ?**

Scinder la TF discrète en en partie paire et partie impaire. Cela réduit notre complexité de  $n^2$  à  $n \log(n)$ .

**Quelles précautions ?**

Éviter le repliement de spectre, notamment par un passe-bas. Utiliser une fonction de fenêtrage.

**Le fenêtrage ça élimine le repliement de spectre ?**

**Tu peux faire une FFT à l'oscillo ?**

**Et avec un signal triangle ?**

**Est ce que tu es sûr de ne pas avoir de repliement de spectre ?**

2GHz ?

**La wah wah : je n'ai pas compris le schéma bloc. Que se passe-t-il au niveau de la contre réaction ?**

Oubli d'une fonction d'addition.

**J'augmente R, ça change la résonance. C'est quoi R, A ? Le lien avec  $\omega_0$  ?**

**Il y a moyen de rendre cette manip quantitative ?**

Via une mesure de la fréquence de résonance.

**Que fait la non-linéarité dans une pédale wah-wah analogique ?**

Elle rajoute des harmoniques et donnent un son plus riche.

**Année en CPGE ?**

PSI mais sans transformée de Fourier.

**Shannon : est-il nécessaire de le démontrer ?**

**Fonction de transfert et Bode en pré-requis ?**

Bonne idée le wah-wah. Ne pas trop s'embêter avec la démonstration du repliement de spectre. Trop rapide sur les fonctions de transfert :

- Soit il faut les développer plus (tel un cours doit l'être)
  - Soit peut-être mettre les mettre en pré-requis (sans le filtrage).
- ⇒ Il ne faut pas faire un exposé mais un cours donc il faut bien cibler les notions à enseigner et celles qui sont en prérequis

Tu n'expliques pas ce qu'est un signal numérique. Meilleure def de  $f_{\max}$ . Expliquer mieux ce qu'est R. Ça manquait de liant, de transition. L'incertitude viendrait sûrement de la lecture de la fréquence de résonance. Le numérique est indispensable. On n'évite de dire « merde ». Se forcer à utiliser une bobine dans le montage wahwah : pas nécessaire.

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

Le plan est ok mais il faut plus se canaliser pour en faire un « cours ». Cad :

- bien cibler les notions qui sont enseignées
- ne pas être trop complet
- mieux gérer le tableau et son débit de notions
- éviter de faire trop de lapsus et d'écrire des choses fausses/inhomogènes (schéma boucle faux, def  $H(j\omega)$  fausse...), cela donnait l'impression que tu ne lisais pas ce que tu écrivais ou n'écoutais pas ce que tu disais (car je sais que si tu prenais ton temps ou te relisais tu aurais illico vu toutes ces bêtises).

La manip, pertinente mais complexe, a finalement posé problème pour l'établissement de son formalisme, le lien avec les notions enseignées, et pour produire un résultat quantitatif. C'est une bonne idée d'avoir comme fil rouge la musique si c'est ta passion, mais il faut bien créer le liant avec la leçon (transitions, allers-retours théorie-exemples, lien avec la manip).

### **Notions fondamentales à aborder, secondaires, délicates**

- Les fonctions de transfert, ou si elles sont en prérequis, uniquement leur utilisation en filtrage
- Fourier (attention la FFT à l'oscillo est un concept difficile, il faut s'entraîner)
- Le numérique

### **Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)**

Filtres, modulation/démodulation, convertisseur numérique analogique, analyse spectrale avec oscillo

### **Bibliographie conseillée**