

Théorie du signal

Introduction

Laurent Oudre
laurent.oudre@univ-paris13.fr

Université Paris 13, Institut Galilée
Ecole d'ingénieurs Sup Galilée
Parcours Télécommunications et Réseaux - 1^{ère} année
2019-2020

Quelques informations pratiques

- ▶ 7 séances de CM/TD
- ▶ 8 séances de TD (dont une séance de révisions)
- ▶ Partiel : 3h, sans documents sauf 2 pages A4 recto-verso
- ▶ Examen : 3h, sans documents sauf 2 pages A4 recto-verso

<http://www.laurentoudre.fr/th.s.html>

Notion de signal

- ▶ Signal : manifestation d'un phénomène physique sous la forme d'une grandeur mesurable
- ▶ Peut être fonction du temps :
 - ▶ Le son d'un piano
 - ▶ La température au sommet de la Tour Eiffel
 - ▶ Le cours en bourse d'une action
 - ▶ La tension électrique dans un câble USB
 - ▶ Une onde hertziennne...
- ▶ Ou fonction de l'espace
 - ▶ Image noir et blanc
 - ▶ IRM
- ▶ Ou fonction du temps et de l'espace
 - ▶ Vidéo

Cadre du cours

- ▶ On s'intéressera dans ce cours uniquement aux signaux temporels
- ▶ Nous avons vu qu'il existait deux types de signaux : analogiques (dépendant d'une variable de temps t réelle et à valeurs réelles) et numériques (dépendant d'une variable de temps n entière et à valeurs quantifiées).
- ▶ Dans ce cours : **uniquement les signaux analogiques** $x(t)$
- ▶ Etude poussée des signaux numériques $x[n]$ dans le cours Traitement Numérique du Signal de deuxième année

Signaux analogiques

- ▶ Quels sont les signaux $x(t)$ qui vont nous intéresser ?
 - ▶ Signaux électriques $U(t)$ (tension), $I(t)$ (intensité)
 - ▶ Ondes électromagnétiques $e(t)$
 - ▶ Son, lumière, température, pression, rayonnement...
- ▶ Liens étroits avec la physique et l'électronique
- ▶ Modélisation du monde réel

Théorie du signal

- ▶ Représentation mathématique des signaux : un signal peut être vu comme une fonction mathématique dépendant du temps
- ▶ Permet d'étudier les propriétés des signaux tout au long de la chaîne de traitement (transmission, détection, codage, filtrage, etc...)
- ▶ Basée sur l'étude de signaux idéaux, appelés **modèles**
- ▶ Ces modèles mathématiques ont une importance fondamentale en traitement du signal : ils sont une vue de l'esprit qui permet de représenter facilement les phénomènes que l'on souhaite comprendre

Signaux physiques vs. modèles

Bien souvent, un signal physique du monde réel

- ▶ a une amplitude bornée
- ▶ est continu
- ▶ a une énergie finie
- ▶ a une largeur de bande finie (ou tendant vers 0 dans les hautes fréquences)

Signaux physiques vs. modèles

Pourtant, nous allons étudier des modèles qui peuvent ne pas vérifier ces conditions

- ▶ Distributions
Exemple : Dirac qui ne vérifie aucune de ces conditions (amplitude et énergie infinie, discontinuité, largeur de bande infinie) pourtant utile en échantillonnage et filtrage
- ▶ Signaux présentant des discontinuités
Exemple : lorsque l'on ferme un interrupteur, la tension augmente très rapidement. Lorsque ce temps de latence est supposé infinitésimal, c'est comme si l'on avait une discontinuité : on passe instantanément de 0 à $+V$.
- ▶ Signaux à énergie infinie
Exemple : sinusoïde, signaux périodiques définis sur un support temporel non borné, etc...

But du cours

- ▶ Poser un cadre plus formel et plus mathématique pour l'étude des signaux
- ▶ Comprendre les différents modèles de signaux, savoir les utiliser et faire des calculs
- ▶ Maîtriser les outils mathématiques pour représenter les signaux
- ▶ Creuser la compréhension du domaine fréquentiel, notamment pour les signaux périodiques
- ▶ Connaître les mécanismes du filtrage analogique
- ▶ Comprendre les propriétés de l'échantillonnage et de la reconstruction des signaux échantillonnés
- ▶ Appréhender la notion de signal aléatoire et de bruit

Plan du cours

1. Modèles, propriétés et transformations des signaux
2. Représentation vectorielle des signaux
3. Séries de Fourier
4. Transformée de Fourier - Densités spectrales
5. Modélisation des systèmes
6. Echantillonnage et reconstruction
7. Introduction aux signaux aléatoires - Notion de bruit