

Mokeddem Diab

Théorie du signal

Cours et exercices



Ce livre présente les notions fondamentales, les principes des méthodes et les outils d'analyse et de synthèse du signal. Il porte plus spécifiquement sur les méthodes de théorie des signaux déterministes et aléatoires.

Pour rendre simple l'apprentissage, souvent jugé difficile, de la théorie du signal, l'approche pédagogique adoptée dans ce cours s'appuie sur une présentation ne requérant qu'un minimum de prérequis en mathématiques, mais rigoureuse, détaillée, progressive et illustrée par de nombreux exemples.

Chapitre 1

Introduction à la théorie du signal

1.1 Définitions de base

Le signal est la représentation physique de l'information qu'il transporte de sa source à son destinataire. Il sert de vecteur à une information. Il constitue la manifestation physique d'une grandeur mesurable (courant, tension, force, température, pression, etc.). En fonction de la nature du support, on parle par exemple de :

- signal électrique (téléphonie),
- onde électromagnétique (télécommunication),
- onde acoustique (sonar),
- onde lumineuse (fibre optique),
- signal binaire (ordinateur).

On parle également de signal de mesure, de commande, de signaux vidéo, audio, etc... en fonction de la nature de l'information transmise.

La théorie du signal a pour objectif fondamental la « description mathématique » des signaux. Cette représentation commode du signal permet de mettre en évidence ses principales caractéristiques (distribution fréquentielle, énergie, etc.) et d'analyser les modifications subies lors de la transmission ou du traitement de ces signaux.

Le traitement du signal est la discipline technique qui, s'appuyant sur les ressources de l'électronique, de l'informatique et de la physique appliquée, a pour objet l'élaboration ou l'interprétation des signaux. Son champ d'application se situe donc dans tous les domaines concernés par la perception, la transmission ou l'exploitation des informations véhiculées par ces signaux.

Les fonctions du traitement du signal peuvent se diviser en deux catégories : l'élaboration des signaux (incorporation des informations) et l'interprétation des signaux (extraction des informations) figure 1.1. Les principales fonctions intégrées dans ces deux parties sont les suivantes :

** Élaboration des signaux*

- synthèse
- création de signaux de forme appropriée en procédant par exemple à une combinaison de signaux élémentaires
- modulation, changement de fréquence : moyen permettant d'adapter un signal aux caractéristiques fréquentielles d'une voie de transmission
- codage : traduction en code binaire (quantification), etc.

** Interprétation des signaux*

- filtrage : élimination de certaines composantes indésirables
- détection : extraction du signal d'un bruit de fond (corrélation)
- identification : classement d'un signal dans des catégories préalablement définies
- analyse : isolement des composantes essentielles ou utiles d'un signal de forme complexe (transformée de Fourier)
- mesure : estimation d'une grandeur caractéristique d'un signal avec un certain degré de
- confiance (valeur moyenne, etc.)

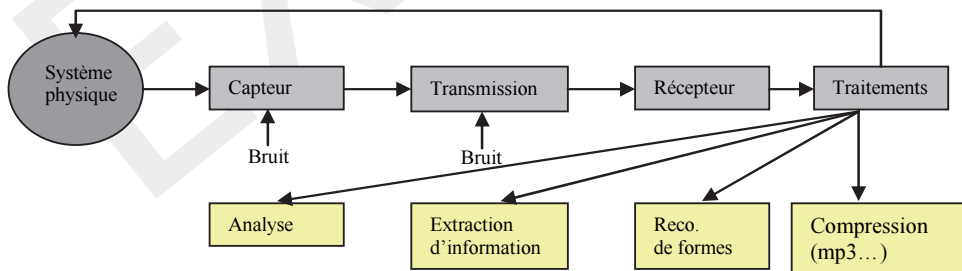


Figure 1.1 : Synoptique d'une chaîne classique de traitements d'un signal.

Son champ d'application se situe donc dans tous les domaines de : Télécommunications, Téléphonie, Radar, Sonar, Traitement d'images, Astronomie, Géophysique, Automatique.

Dans les télécommunications, que ce soit dans le domaine de la

téléphonie ou dans le transfert de données numériques terrestres ou via des satellites, la compression des données est primordiale pour exploiter au mieux la bande passante disponible, et minimiser les pertes. La suppression d'échos est un autre domaine d'application.

Dans le domaine très spécifique des signaux audio, on cherche à améliorer les techniques d'enregistrement et de compression pour obtenir la plus grande qualité sonore possible. Les techniques de correction d'écho permettent de réduire les effets de réflexions acoustiques dans la pièce. Le traitement du son s'est largement amélioré grâce aux ordinateurs. La synthèse sonore permet en outre de créer des sons artificiels ou de recréer les sons d'instruments naturels. Elle a été à l'origine de nombreux bouleversements en musique.

L'analyse des échos permet d'obtenir des informations sur le milieu sur lequel les ondes se sont réfléchies. Cette technique est exploitée dans le domaine de l'imagerie radar ou sonar. En géophysique, en analysant les réflexions d'ondes acoustiques, on peut déterminer l'épaisseur et la nature des strates du sous-sol. Cette technique est utilisée dans le domaine de la prospection minière et dans la prédiction des tremblements de terre.

En imagerie, on trouve des applications dans le domaine médical (reconstruction tomographique, imagerie par résonance magnétique - IRM), dans le spatial (traitement de photos satellites ou d'images radar). Ce domaine inclut aussi les techniques de reconnaissance de formes et de compressions.

Le traitement de séquences vidéo concerne la compression, la restauration, la réalisation d'effets spéciaux, l'extraction de descripteurs (reconnaissance de formes et textures, suivi de mouvements, caractérisation, etc...) afin de produire des annotations automatiques dans une perspective de bases de données (recherche par le contenu).

Bruit : Toute perturbation superposée à un signal et gênant la perception de ce signal. Le rapport signal sur bruit mesure la quantité de bruit contenue dans le signal. Il s'exprime par le rapport des puissances du signal (P_S) et du bruit (P_N). Il est souvent donné en décibels (dB) :

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{dB} = 10 \log \frac{P_S}{P_N} \quad (1.1)$$