

MASTER ELECTRONIQUE, ENERGIE ELECTRIQUE, AUTOMATIQUE

## PARCOURS SIGNAL ET TÉLÉCOMMUNICATIONS

### Semestre 10

# Analyse et traitement de signaux non-stationnaires et non-gaussiens

## Présentation

La plupart des signaux "naturels" sont par essence non-stationnaires et dans certains cas non-gaussiens, alors que l'information utile est de plus souvent portée par la non-stationnarité ou la non-gaussianité elles-mêmes. La prise en compte effective de ces non-propriétés impose le développement d'outils adaptés et ceci à toutes les étapes du traitement. Les applications sont nombreuses et incluent l'analyse spectrale, la détection et la classification des signaux transitoires, les antennes adaptatives, l'annulation d'écho, l'identification des systèmes ...

Ce cours permet d'introduire les outils de représentation des signaux non-stationnaires dans les plans temps-fréquence et temps-échelle, et les techniques de caractérisation aux ordres supérieurs des signaux non-gaussiens, ainsi que de présenter les méthodes itératives d'optimisation des filtres numériques adaptatives, dont la fonction de transfert se modifie au cours du temps.

### 3 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 20h

Travaux Pratiques : 16h

## Objectifs

- > Analyser l'apport des représentations temps-fréquence et temps-échelle pour la détection et la classification d'événements en environnement non stationnaire.
- > Caractériser les signaux non-gaussiens et exploiter les statistiques et spectres d'ordre supérieur associés, afin d'extraire l'information contenus par ceux-ci.
- > Approfondir du point de vue théorique et maîtriser la mise en œuvre de méthodes d'analyse des signaux non-stationnaire et non-gaussiens, ainsi que de leur traitement.

## Pré-requis nécessaires

Notions de base en mathématiques, théorie et traitement du signal, et filtrage des signaux.

## Compétences visées

- > Caractériser la non-stationnarité et la non-gaussianité d'un signal.
- > Sélectionner la méthode d'analyse d'un signal non-stationnaire en fonction de sa structure et de l'objectif du traitement visé.
- > Mettre en œuvre des techniques linéaires (transformée de Fourier à court terme, transformée en ondelettes, analyse multirésolution, décomposition en paquets d'ondelettes) et bi-linéaires (spectrogramme, scalogramme, distribution de Wigner-Ville ...) pour l'analyse des signaux non-stationnaires.
- > Paramétriser de manière adaptée ces techniques (type et taille de la fenêtre glissante, ondelette mère, fonction objectif pour la meilleure base de décomposition, filtres pour l'annulation des interférences associées aux techniques bi-linéaires ...).
- > Débruiter et compresser des signaux/images de manière non-paramétrique, en utilisant les paquets d'ondelettes et des opérateurs de traitement de signal élémentaires (filtres en quadrature, décimateurs et interpolateurs), via l'algorithme de Mallat.
- > Détecter la non-gaussianité des signaux (droite de Henry) et évaluer la distribution statistique la plus adaptée sur un ensemble de loi candidates via des distances (MSD, Renyi, Kullback-Leibler ...) et des tests d'ajustement (chi2, Kolmogorov-Smirnov).
- > Utiliser les moments d'ordre supérieur (kurtosis, skewness ...) d'un signal non-gaussien, ainsi que ses spectres d'ordre supérieur et les fonctions de corrélation associées (bispectre, trispectre) pour faciliter son analyse et optimiser son traitement.
- > Mettre en œuvre le traitement adaptatif d'un signal non-stationnaire (filtrage de Wiener, algorithmes LMS et RLS, filtrage de Kalman).

## Bibliographie

1. Flandrin P., "Temps-fréquence", 2ème édition, Paris, Hermès, 1998.
2. Cohen L., "Time-frequency analysis", Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1995.
3. Qian S., Chen D., "Joint time-frequency analysis: Methods and applications", Prentice Hall, 1996.
4. Mallat S., "A Wavelet Tour of signal processing", Academic Press, 1998.
5. Burrus C.S., Gopinath R.A., Guo H., "Introduction to wavelets and wavelet transforms", Prentice Hall, 1998.
6. Qian S., "Introduction to time-frequency and wavelet transform", Prentice Hall, 2002.

7. Boashash B., "Time-frequency signal analysis and processing: A comprehensive reference", Amsterdam, Elsevier, 2003.
8. Hlawatsch F., "Temps-fréquence : Concepts et outils", Paris, Hermès Lavoisier, 2005.
9. Quinquis A., Radoi E., et al., "Le traitement du signal sous Matlab : Pratique et applications", Hèrmes Lavoisier, 2007.
- 10 Auger F., Hlawatsch F., "Time-Frequency Analysis", Wiley-ISTE, 2008.
- 11 Papandreou-Suppappola A., "Applications in Time-Frequency Signal Processing", CRC Press, 2002.
- 12 Gonzalo R. Arce, "Nonlinear signal processing: a statistical approach", John Wiley and Sons, 2005.

## Modalités de contrôle des connaissances

---

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

| Nature de l'enseignement | Modalité | Nature                   | Durée (min.) | Coefficient | Remarques |
|--------------------------|----------|--------------------------|--------------|-------------|-----------|
| UE                       | CT       | Ecrit - devoir surveillé | 120          | 50%         |           |
| Travaux Pratiques        | CC       | Travaux Pratiques        |              | 50%         |           |

### Session 2 : Contrôle de connaissances

| Nature de l'enseignement | Modalité | Nature                   | Durée (min.) | Coefficient | Remarques |
|--------------------------|----------|--------------------------|--------------|-------------|-----------|
| UE                       | CT       | Ecrit - devoir surveillé | 120          | 100%        |           |