

# **MASTER INGENIERIE DES SYSTEMES COMPLEXES**

**2<sup>nd</sup>e ANNEE**

**PARCOURS VISTA**

**SYLLABUS SIMPLIFIE**

**UE 31 : Anglais 3 (TD : 18h)**

**UE 31 : Techniques de recherche d'emploi (TD : 10h)**

**UE 31 : Initiation à la recherche (TD : 10h)**

## **UE 32 : Estimation (cours : 12 h, TD : 6h)**

### Objectifs

Savoir mettre en œuvre les techniques de l'estimation statistique sur des problèmes de traitement du signal et de trajectographie.

### Contenu

- 1) Notion d'observabilité
- 2) Présentation de quelques estimateurs et leur mise en œuvre numérique pour un paramètre multidimensionnel.
  - moindres carrés,
  - moindres carrés pondérés,
  - Méthode du maximum de vraisemblance,
  - méthode des moments.
- 3) Calcul des performances asymptotiques
  - Matrice d'information de Fisher,
  - Borne de Cramér-Rao,
  - Calcul d'ellipses de confiance.

### Prérequis

Il est nécessaire de connaître les fondamentaux théoriques du calcul des probabilités (notion de vecteurs aléatoires, leur loi de probabilité, d'espérance mathématique, de matrice de covariance) ainsi que le calcul matriciel.

## UE 32 : Détection (cours : 12 h, TD : 6h)

### Objectifs

Savoir mettre en œuvre les techniques de détection statistique sur des problèmes de traitement du signal et de trajectographie (détection d'un signal, détection d'une manœuvre, ...).

### Contenu

1) Définitions générales :

- tests d'hypothèses ;
- les erreurs et leurs probabilités dans le cas d'hypothèses simples et d'hypothèses composites (probabilité de détection, probabilité de fausse alarme et courbes COR).

2) Structure statistique paramétrique.

3) Construction de tests en situation bayésienne (tests de bayes).

4) Construction de tests en situation non-bayésienne

- Hypothèses simples : lemme de Neyman-Pearson,
- Hypothèses composites : problème d'existence de tests optimaux, recherche de tests optimaux dans la classe des tests sans biais).

5) Lien avec le Filtrage Adapté Stochastique (FAS).

### Prérequis

Ce cours suppose que les principaux fondamentaux d'estimation ont été acquis, donc se situe après le cours « Estimation ».

## UE 32 : Filtrage optimal (cours : 12 h, TD : 6h)

### Objectifs

Combiner les outils statistiques et les outils d'optimisations sous contraintes afin de résoudre la problématique visée. Application à différents domaines tels que la détection, la classification ou la séparation de source.

### Contenu

Développement canonique d'un processus aléatoire ou fonction aléatoire.

Projection et approximation d'un vecteur aléatoire sur un sous-espace.

Décomposition de Karhunen-Loève.

Le filtrage adapté stochastique et optimisation du rapport signal à bruit sur un sous-espace de dimension 1. Application à la détection et la séparation de sources.

Le filtrage adapté stochastique sous contrainte (optimisation sous contrainte, sur un sous-espace de dimension p) et ses propriétés.

Extension au problème de la classification et utilisation multicritères. (optimisation d'un rapport signal à bruit moyen).

### Prérequis

Maîtriser les probabilités, les grandeurs statistiques pour les processus aléatoires.

Maîtriser l'algèbre linéaire, et les espaces vectoriels.

## UE 32 : SONAR (cours : 12 h, TD : 6h)

### Objectifs

A l'issue de ce cours, les étudiants devront être capables de :

- Citer différents systèmes SONAR,
- Etre sensibilisé à la difficulté particulière du traitement des signaux acoustiques en milieu marin (bruit important, effet Doppler non négligeable, ...),
- Connaître et utiliser un certain nombre d'outils développés dans ce cours : fonction d'ambiguïté, fonction d'inter-ambiguïté en compression, ...
- Mettre en œuvre des traitements destinés à :
  - Visualiser des données avant et après traitement
  - Evaluer certaines quantités (distance SONAR-cible, vitesse radiale, ...)
  - Analyser et interpréter les résultats.

### Contenu

En préambule, quelques mots sur les ondes électromagnétiques dans l'atmosphère et le milieu sous-marin et donc sur l'intérêt de ondes acoustiques en milieu marin.

Principe général des systèmes SONAR, actif et passif, civiles et militaires, et missions demandées à un tel système (analogie avec les systèmes biologiques d'écholocation).

Comparaison des performances SONAR / RADAR (air ou vide) : introduction à la problématique particulière de l'Acoustique sous-marine (ASM) et à l'importance de l'effet Doppler et du niveau de bruit ...

Description du milieu sous-marin (nature des bruits, notion de bruits large bande et bande étroite, phénomène de cavitation, profils bathycélérimétriques, ...).

Propriétés essentielles des ondes acoustiques (propagation, portée, pertes, ...).

Equation du SONAR (actif et passif).

Sensibilisation à la nécessité d'utiliser des outils du traitement statistique des données (détection, estimation, classification et identification).

Description technologique de quelques capteurs spécifiques à l'ASM (hydrophones).

Description et modélisation des bruits à bande étroite (SONAR actif et SONAR passif en étude des raies spectrales).

Détection par traitement non cohérent ou cohérent.

- Etude du SONAR actif (traitement en bande étroite) : effet Doppler, détection par intercorrélation, filtre adapté, fonction d'ambiguïté.

Etude détaillée de quelques cas de signaux classiques (fréquence pure, fréquence avec modulation linéaire ou hyperbolique) : sur un capteur et non une antenne.

Estimation de distance et de vitesse de la cible.

Notion de signaux tolérants au Doppler et conséquences.

- Etude du SONAR passif en large bande : importance du BT.

Etude dans le cas mono-capteur : chaîne de traitement Filtre-Quadratureur-Intégrateur.

Etude dans le cas de plusieurs capteurs : notion de base longue et base courte, interférométrie, fonction d'inter-ambiguïté en compression, Doppler au second ordre (estimation de position, vitesse et accélération de la cible).

Un TD sur deux séances a pour objectif d'illustrer, sur un problème concret, l'intérêt de cette technique en SONAR actif mono-capteur: l'étudiant dispose de signaux (numériques) émis et

reçus sur un hydrophone et doit en déduire la distance de la cible et sa vitesse radiale. Les traitements sont faits sous Matlab.

### Prérequis

Maîtrise du logiciel Matlab.

Connaissance de l'échelle décibel.

Transformée de Fourier.

Probabilités et signaux aléatoires (fonction d'auto et intercorrélacion, densité spectrale de puissance, ...).

Mesure de retards par intercorrélacion.

Propriétés essentielles des signaux gaussiens.

Théorie de la décision (détection et estimation) : rapport de vraisemblance, RSB, déflexion,

...

Filtrage adapté (déterministe).

## **UE 32 : Radar (cours : 12 h, TD : 6h)**

### Objectifs

Présenter un système de surveillance utilisant les ondes électromagnétiques, ses enjeux, ses limites fondamentales

### Contenu

Principes de base

Architecture Radar et Constituants

Mesures Radar

Propagation, Détection, Notion de Fouillis, Traitements

Systèmes Radar

### Prérequis

Les cours théoriques



## **UE 32 : Capteur médical (cours : 12 h, TD : 6h)**

### Objectifs

*A compléter*

### Contenu

*A compléter*

### Prérequis

*A compléter*

## **UE33 : Vision par ordinateur (cours : 12 h, TD : 6h)**

### Objectifs

Fournir les bases théoriques en vision par ordinateur liées principalement aux problématiques de calibration de caméra et de vision stéréoscopique.

### Contenu

#### I. Outils théoriques

- a. Décomposition SVD
- b. Estimateurs robustes
- c. Méthodes itératives
- d. Représentation en coordonnées homogènes

#### II. Homographie

#### III. Modélisation d'une caméra et géométrie projective

#### IV Vision stéréoscopique

- a. Calibration
- b. Reconstruction

#### V. Autocalibration

#### VI Calibrage d'une caméra en mouvement

### Prérequis

Algèbre linéaire

## **UE33 : Reconnaissance des formes (cours : 12 h, TD : 6h)**

### Objectifs

L'objectif du cours est de présenter les principes de l'apprentissage automatique et de la reconnaissance de forme appliqués à la vision.

### Contenu

- I. Généralités : Classification et régression par le Maximum de Vraisemblance et les méthodes Bayésiennes
- II. Modèles linéaires pour la régression
- III. Modèles linéaires pour la classification
  - a.. Discriminant linéaire de Fisher
  - b.. Perceptron
  - c.. Modèles génératifs
  - d. Modèles discriminants : régression logistique
- IV. Réseaux de neurones
  - a. Principes généraux des modèles à une couche cachée. Rétro-propagation du gradient
  - b. Régularisation
  - c. Mixture density network
  - d. Réseaux de neurones profonds (ConvNet)
- IV Méthodes à noyaux : Support Vector Machine
- V. Méthodes combinées : AdaBoost
- VI Exemple d'application : Méthode de Viola Jones

### Prérequis

Algèbre linéaire

Généralités sur les probabilités : Variables, vecteurs et signaux aléatoires, moments, lois conditionnelles, théorème de Bayes, ...

## **UE33 : Traitement de l'image (cours : 12 h, TD : 6h)**

### Objectifs

L'objectif de ce module est d'acquérir les compétences pour être capable de mettre en place une solution de vision industrielle pour répondre à une question donnée dans une chaîne de fabrication par exemple. Le contrôle peut être qualitatif (objet conforme ou non conforme, objet présent ou absent, couleur conforme ou non) mais il peut être aussi quantitatif (mesure de taille ou comptage d'objets).

### Contenu

- Introduction à la vision industrielle
- Le dispositif d'éclairage
  - La lumière et les sources lumineuses
  - Les techniques d'éclairage
- Le dispositif de capture d'images
  - Les caméras matricielles
  - Les caméras linéaires
- Le dispositif optique
- Les méthodes de traitement des images pour la vision industrielle

### Prérequis

Initiation à Matlab

Initiation à Python

## **UE33 : Commandes des systèmes complexes (cours : 12 h, TD : 6h)**

### Objectifs

L'objectif est de présenter des approches basées sur le soft-computing pour modéliser et commander des systèmes complexes.

### Contenu

Intuitivement, la notion de système complexe permet de qualifier des systèmes qui, par certains de leurs comportements, par leur dimension, et par la diversité des natures des phénomènes mis en jeu, présentent des difficultés d'analyse. Dans ce contexte, la commande de ces systèmes est souvent difficile et non triviale.

Dans ce cours, pour aborder cette problématique, nous étudions les techniques basées sur la logique floue et les réseaux de neurones. Pour compléter, nous introduisons les approches multi-modèles.

### Prérequis

Il est nécessaire de connaître les bases de l'automatique et les notions élémentaires sur l'analyse et la commande des systèmes continus et discrets multivariables.

## **UE33 : Modèles markoviens (cours : 12 h, TD : 6h)**

### Objectifs

Donner les fondamentaux des approches récursives communs à différentes techniques puis développer ces différentes techniques. Savoir mettre en œuvre un filtre récursif.

### Contenu

1) Estimation bayésienne :

- Estimateur MAP,
- MMSE.

2) Les processus Markoviens

3) Les équations fondamentales du filtrage récursif sur les processus markoviens : l'équation de Chapman-Kolmogorov *forward*, *backward* et celle du lissage.

4) Filtrage Linéaire : Filtre de Kalman-Bucy.

5) Filtrage non-linéaire : HMM ou Filtrage particulière, filtre de Kalman étendu.

### Prérequis

Une bonne connaissance des techniques d'estimation non-bayésienne est indispensable ; elle est réputée être acquise à la suite du cours « Estimation ».

## UE33 : Multicapteurs (cours : 12 h, TD : 6h)

### Objectifs

Etudier des traitements numériques d'antenne spatio-temporels récents appliqués à la détection en radar passif sur signaux TNT. Proposer une initiation à la séparation de sources en mélanges linéaires instantanés et éventuellement anéchoïques.

### Contenu

- 1) Modélisation des signaux captés dans le cas d'une antenne-réseau EM. Modélisation au premier ordre de l'effet Doppler,
- 2) Traitements spatio-temporels d'antenne :
  - Détection en radar passif
  - Généralisation de la fonction d'ambiguïté au cas multicapteurs
  - Notion de détection par le canal (CHAD)
  - Extension STAP (space-time adaptive processing) de CHAD
  - Illustrations sur signaux réels (articles de recherche)
- 3) Séparation de sources :
  - Généralités sur la séparation aveugle de sources
  - Notion de diagonalisation approximée conjointe (AJD) de matrices
  - Etude de deux méthodes AJD directes (A. Yeredor, Chabriel/Barrère)
  - Etat de l'art en mélange linéaire instantané : AMUSE, LSB,SOBI

### Prérequis

Compétences équivalentes à l'UE 22 de spécialisation VISTA « Signal et Antenne » en M1 ISC : signal aléatoire et traitement d'antenne. Compétences équivalentes à l'ECUE « transmissions numériques » de l'UE 13 de spécialisation VISTA « Systèmes Numériques » en M1 ISC. Calcul matriciel. Maîtrise de l'anglais écrit.