1CC4000 - Traitement du signal

Responsables : **Charles SOUSSEN**

Département de rattachement : **DÉPARTEMENT SIGNAL, INFORMATION, COMMUNICATION**

Langues d'enseignement : **ANGLAIS , FRANCAIS**

Type de cours : **Cours commun**

Campus où le cours est proposé : **CAMPUS DE PARIS - SACLAY**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **40**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **21**

Année académique : **2024-2025**

Niveau avancé : **non**

Présentation, objectifs généraux du cours :

Le monde numérique produit des volumes importants de données de toutes sortes (audio, images, vidéo, mesures physiques) associées aux activités humaines dans des domaines aussi variés que la santé, les télécommunications, l'industrie ou l'environnement. L'extraction d'information de ces signaux est de plus en plus nécessaire pour :

- la prise de décision (ex. diagnostic médical),
- le codage de l'information (ex. compression de données),
- l'analyse de phénomènes physiques (ex. détection de défauts mécaniques),
- la restauration de signaux (ex. suppression de bruits parasites d'un signal audio)

Le traitement du signal se situe à l'interface entre les mathématiques, la physique et l'informatique. Les concepts mathématiques fournissent des outils de représentation des signaux et les opérateurs nécessaires à leur manipulation. Les modèles physiques permettent de relier les données mesurées à l'information recherchée. Enfin, l'informatique est nécessaire à la mise en œuvre de tout traitement numérique.

A l'issue du cours, l'étudiant sera en mesure de comprendre et d'utiliser les méthodes de traitement déterministe et statistique du signal pour résoudre différents problèmes des sciences de l'information comme le filtrage, la transmission de l'information, le débruitage de signaux, l'estimation de paramètres physiques et l'analyse spectrale. Ces problèmes apparaissent dans des applications aussi variées que la reconnaissance automatique d'enregistrements musicaux, la localisation de sources en radar, l'analyse de données climatiques, la reconstruction d'images médicales en IRM, la détection d'ondes gravitationnelles en astrophysique, le développement des réseaux cellulaires de futures générations (5G, IoT).

Période(s) du cours (n° de séquence ou hors séquence) :

ST4

Prérequis :

- « Convergence, intégration, probabilités » (CIP - 1SL1000)

- « Equations aux dérivées partielles » (EDP - 1SL1500) - pour la théorie des distributions
- « Modélisation » (ST2 -1CC3000)

Plan détaillé du cours (contenu) :

- **Motivations et applications du traitement du signal** : espaces de signaux, distributions, signaux aléatoires
- **Filtrage**, convolution, corrélation, produit scalaire.
- **Représentation spectrale des signaux à temps continu ou discret** : transformées de Fourier, TFD, analyse spectrale
- **Numérisation des signaux à temps continu** : échantillonnage, théorème de Shannon, reconstruction
- **Signaux modélisés par des processus aléatoires** : définition, propriétés (stationnarité, ergodicité), fonction de corrélation, densité spectrale de puissance (DSP), filtrage de processus stationnaires
- **Caractérisation de signaux modélisés par des processus aléatoires** : estimateurs de la fonction de corrélation et de la DSP (périodogramme, estimateur paramétrique de processus AR)
- **Exemples de traitements et applications** : prédiction linéaire, débruitage, déconvolution, compression, transmission

Déroulement, organisation du cours :

7 CM, 6 TD

Les travaux dirigés comprennent des exercices, des études de cas, des traitements programmés en Python (Jupyter Notebook)

Organisation de l'évaluation :

- 2 questionnaires à choix multiples en mode auto-évaluation (non noté, en ligne) à mi-parcours et en fin de ST4
- 1 contrôle final écrit (1h30) portant sur l'ensemble du cours et des TD.

La note finale de première session est égale à celle de l'examen écrit :

note session1 = exam.

Moyens :

- Equipe enseignante : G. Chardon, R. Combes, J. Fiorina, E. Lahalle, J. Picheral, P. Rodriguez, C. Soussen, G. Valmorbidia, A. Wautier
- Taille des TD : 40
- Outils logiciels et nombre de licence nécessaire : Python, jupyter notebook. La distribution Python recommandée est anaconda : <http://mycs.centralesupelec.fr/ordinateur/installation-logiciels>

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

A la fin de cet enseignement, l'élève sera capable de :

- Modéliser dans les domaines temporel et fréquentiel les signaux et systèmes à temps continu ou discret.
- Maîtriser la théorie de l'échantillonnage et de la reconstruction de signaux.
- Caractériser un signal via son analyse temporelle ou spectrale.
- Modéliser des signaux par des processus stochastiques.

- Estimer les caractéristiques d'un signal aléatoire à partir de données expérimentales.
- Être capable d'utiliser les analyses élémentaires de signaux pour aborder des problèmes de traitement du signal comme le débruitage, le filtrage, la compression de données, la prédiction, ou l'analyse fréquentielle.

Description des compétences acquises à l'issue du cours

:

The course contributes to validate skills C1 and C6 because it deals with sub-skills C1.2, C1.3, C6.1, C6.3:

- C1.2: Modeling: using and developing suitable models, choosing the right modeling scale and relevant simplifying assumptions
- C1.3: Solve: solve a problem with a practice of approximation, simulation and experimentation
- C6.1: Solve a problem numerically
- C6.3: Process data

The final exam validates skills C1 and C6.

Bibliographie :

Polycopié et slides.

Bibliographie présente dans le polycopié.

Liens sur la page d'edunao vers des ressources numériques externes.