

2EL6100 - Communication Systems Engineering

Responsables : **Haïfa JRIDI**

Langues d'enseignement : **ANGLAIS**

Type de cours : **Electif 2A**

Campus où le cours est proposé : **CAMPUS DE RENNES**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **60**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **30**

Année académique : **2024-2025**

Catégorie d'électif : **Sciences fondamentales**

Niveau avancé : **oui**

Présentation, objectifs généraux du cours :

Toutes les communications aujourd'hui (téléphonie mobile, satellites, réseaux locaux WiFi, réseaux filaires ADSL, etc.) permettent de transporter des débits de plus en plus élevés grâce aux traitements numériques dont les grands principes de base ont été énoncés dans la théorie de l'information de Claude Shannon (1948) :

- Compression de l'information pour supprimer toutes les redondances inutiles dans les messages à transmettre. On parle alors de codage de source.
- Protection de l'information pour réduire au maximum les erreurs dans la transmission du signal. On parle alors de codage de canal.

Dans le contexte d'une transmission idéale sur canal Gaussien, c'est l'association de ces deux principes qui permet d'approcher la limite théorique du débit prédit par la théorie de l'information en utilisant des algorithmes toujours plus performants entre émetteur et récepteur.

D'autre part, pour un large spectre d'applications, le canal peut être beaucoup plus contraignant avec des phénomènes tels que la sélectivité, la transmission multi-trajets, l'effet doppler... Cependant, même dans ce type de canaux, il existe heureusement d'autres moyens de protection de l'information (outre que le codage de canal) faisant appel principalement à la notion de diversité (temporelle, fréquentielle, spatiale...)

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

SG6

Prérequis :

- Notions de probabilités
- Traitement numérique des signaux (transformation de Fourier, Analyse spectrale)

Ces pré-requis représentent des acquis d'apprentissage visés par les cours de traitement de signal (1CC4000) et modélisation (1CC3000) dispensés en 1ère année.

Plan détaillé du cours (contenu) :

Partie 1 : Théorie de l'information

- Définition de l'information, l'information mutuelle, modèles de canaux
- Capacité du canal
- Théorème de Shannon : codage de source et codage de canal

Partie 2 : Compression de l'information et codage de source

- Extension d'une source discrète
- Codes à longueurs fixes et variables
- Codage de Huffman
- Applications : JPEG, MPEG, H264, MP3

Partie 3 : Protection de l'information (codage de canal, diversité et protocoles de retransmission)

- Codes en blocs (matrices génératrices, distance et poids de Hamming, matrice de contrôle, codes de Hamming)
- Codes convolutifs (principes, polynômes générateurs, fonction de transfert, diagramme d'états, représentation en trellis)
- Décodage de Viterbi
- Applications : codes pour les normes DVB, pour les normes de téléphonie mobiles
- Extensions : codes LDPC, turbo-codes, codes polaires, cryptographie
- Notion de diversité (temporelle, fréquentielle, spatiale, coopérative)
- Protocoles de retransmission (ARQ, HARQ, IR)

Déroulement, organisation du cours :

Les notions de base sont présentées dans des cours magistraux avec des exemples précis. Les TDs assurent la bonne compréhension du cours et permet de corriger les mauvaises interprétations du cours. Les travaux personnels représentent des compléments de cours demandés aux élèves (applications et extensions).

Organisation de l'évaluation :

L'évaluation se fait sous trois formes : Contrôle final (écrit ou oral) : coefficient 0.5 Examen d'EL : coefficient 0.25 Travail personnel : coefficient 0.25. En cas d'absence justifiée à l'un des contrôles intermédiaires, la note de ce dernier est remplacée par celle du contrôle final. La note de l'examen de l'EL est basée principalement sur le niveau de l'implication fournie durant les séances et en seconde mesure sur le compte-rendu obligatoire.

Moyens :

- Equipe enseignante assurant les cours magistraux : Haïfa Farès, Yves Louët, Georgios Ropokis.
- Groupes de 20 élèves pour les TDs
- Outil logiciel : MatLab pour les EL et travail personnel
- Salles de TP

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

L'objectif de cet électif est de maîtriser les fondements de la théorie de l'information, ses principes de base et ses applications au monde des télécommunications. A l'issue de ce cours, les étudiants seront en mesure de comprendre les enjeux actuels liés à la transmission de l'information, les compromis à faire (entre efficacité spectrale, énergétique et erreurs de transmission).

En particulier, ils seront capables de :

- appréhender une chaîne de communication numérique
- maîtriser les différents blocs de la chaîne
- maîtriser les métriques d'évaluation de performance d'une transmission numérique
- optimiser le dimensionnement d'une chaîne de transmission sous contraintes (compromis de performances)
- générer, analyser, traiter des signaux numériques avec MatLab

Description des compétences acquises à l'issue du cours :

In terms of skills:

- The first three course outcomes aim to acquire the C1.2 skill "**Develop and use appropriate models, choosing the correct modelling scale and simplifying assumptions when addressing a problem**"
- The outcomes 4 and 5 contribute to the core of C1.3 skill "**Apply problem-solving through approximation, simulation and experimentation. / Solve problems using approximation, simulation and experimentation**"
- The outcome 5 addresses the C1.4 skill "**Design, detail and corroborate a whole or part of a complex system**"
- Tutorials and personal work contribute to develop both C8.1 skill "**Work collaboratively in a team**" and C3.1 skill "**Be proactive and involved, take initiatives**"
- The personal work, for instance, helps to deepen the C7.1 skill "**Persuade at core value level; to be clear about objectives and expected results. To apply rigour when it comes to assumptions and structured undertakings, and in doing so structure and problematise the ideas themselves. Highlight the added value**"

Bibliographie :

- Polycopié mis à disposition des élèves
- G. Battai, "Théorie de l'information - Application aux techniques de communication", Ed. Masson, 1997.
- W. Peterson, E. Weldon, "Error correcting codes", Ed. MIT Press, 1972.
- S. Lin, D. Costello, "Error control coding: Fundamentals and Applications", Ed. Prentice Hall, 1983.
- G. Cohen, J. L. Dornstetter, P. Godlewski, "Codes correcteurs d'erreurs", Ed. Masson, 1992.
- J. Proakis, "Digital communications", 4e édition, Ed. McGraw-Hill, 2001.
- J. C. Bie, D. Duponteil, J. C. Imbeaux, "Eléments de communications numériques", Ed. Dunod, 1986.
- R. Boite, M. Kunt, "Traitement de la parole", Ed. Polytechniques et Universitaires Romandes, 1987.
- J. Deller, J. Hansen, J. Proakis, "Discrete time processing of speech signals", Ed. IEEE Press, 1999.
- T. M. Cover, J. A. Thomas, "Elements of Information Theory", Wiley New York, 1991.