

3SQ2130 - Codage correcteur d'erreur

Responsables : **Antoine BERTHET**

Langues d'enseignement : **ANGLAIS**

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

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **30**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **18**

Année académique : **2024-2025**

Niveau avancé : **non**

Présentation, objectifs généraux du cours :

Le domaine du codage de canal a commencé avec l'article historique de Claude Shannon en 1948. Soixante-dix ans d'efforts et d'invention ont finalement produit des schémas de codage qui se rapprochent étroitement de la limite de capacité de canal de Shannon. L'objectif du cours est de fournir aux étudiants une connaissance générale du domaine et de son utilisation à différents niveaux dans les réseaux de communication. Pour commencer, nous rappelons aux étudiants les bases de la théorie du codage algébrique pour les canaux sans mémoire à entrée discrète. Nous exposons ensuite des notions plus avancées afin de rendre compréhensibles certains des schémas de codage les plus récents proposés dans la littérature et adoptés dans les normes de télécommunications modernes, par exemple les systèmes cellulaires de quatrième et cinquième générations. Nous élargissons enfin le périmètre classique de la discipline et présentons quelques applications importantes impliquant le codage de canal telles que les modulations codées, l'accès codé, le codage réseau ou le codage pour les systèmes de stockage.

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

SM10

Prérequis :

Solides connaissances en algèbre générale et linéaire théorie des probabilités, théorie de l'information, et communications numériques.

Plan détaillé du cours (contenu) :

Partie A. Codage des canaux classiques - rafraîchissements

Revue des notions de base du codage des canaux : codes de blocs linéaires ; codes de Hamming, Golay et Reed-Müller ; codes convolutionnels linéaires ; champs de Galois, propriétés générales, structure cyclique, polynômes minimaux, factorisation ; codes polynômes, codes cycliques, codes BCH et Reed-Solomon ; probabilité maximale a posteriori (MAP) et décodage à maximum de vraisemblance (MLD) ; mise en œuvre algorithmique exacte et approximative : algorithme de Viterbi, algorithme avant-arrière, décodage statistique ordonné ; analyse des performances des codes linéaires dans le cadre du DLM.

Partie B. Codage moderne des canaux

Aperçu des systèmes modernes de codage des canaux : codes à graphes épars (codes de type turbo, codes LDPC) et codes polaires ; définition, construction, représentation graphique, décodage (propagation de croyances en boucle, décodage de listes) et analyse des performances.

Partie C. Ouverture

Ouverture sur les modulations codées (codage à plusieurs niveaux) et les applications récentes du codage au-delà du codage par canal de liaison, c'est-à-dire comment combiner le codage avec les schémas d'accès (programmé ou aléatoire) et le réseau/routage, c'est-à-dire le codage de réseau pour les réseaux graphiques et les réseaux de communication sans fil.

Déroulement, organisation du cours :

L'enseignement se fait sous la forme de cours magistraux, complétés par des listes d'exercices avec solutions pour l'entraînement personnel à la maison. L'enseignant guidera les étudiants qui souhaitent implanter dans le langage de programmation de leur choix (MATLAB, C) certains schémas de codage vus en cours et simuler leur performance.

Organisation de l'évaluation :

Examen final écrit de 1h30 avec documents (transparents, notes de cours).

Moyens :

Enseignant : Antoine O. BERTHET, professeur à CentraleSupélec, chercheur au Laboratoire des Signaux et Systèmes (L2S)

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

À la fin du cours, les étudiants seront en mesure de :

- 1) comprendre les concepts fondamentaux du codage de canal moderne pour les systèmes de communication avancés ;
- 2) concevoir et modéliser un ensemble ou des parties d'un système de communication et évaluer les performances du système de communication soit analytiquement soit par simulation ;
- 3) déterminer ou optimiser les paramètres des systèmes de communication (par exemple, choix de l'architecture de fonctionnement, algorithmes de traitement de l'information, dimensionnement) sous des contraintes physiques, énergétiques et/ou technologiques.

Description des compétences acquises à l'issue du cours

:

- C6.7 Understand advanced notions in error-correction coding and applications;
- C1.2 Use and develop suitable models, choose the right modeling scale and simplify hypotheses to deal with a problem;
- C1.4 Specify, design, build and validate parts of a complex system;
- C2.1 Deepen on a field or discipline related to the basic sciences or the engineering sciences;
- C2.5 Master the skills of one of the basic engineering professions.

Bibliographie :

- [1] COVER, T.M. and THOMAS, J.A., Elements of Information Theory, Wiley, 1991.
- [2] EL GAMAL, A. and KIM, Y.-H., Network Information Theory, Cambridge, 2011.
- [3] GALLAGER, R.G., Information Theory and Reliable Communication, Wiley, 1968.

- [4] MAC WILLIAMS, F.J. and SLOANE, N.J.A., The Theory of Error-Correcting Codes, North Holland, 1977.
- [5] RYAN, W.E. and LIN, S., Channel Coding: Classical and Modern, Cambridge, 2009.
- [6] VITERBI, A.J. and OMURA, J.K., Principles of Digital Communications and Coding, McGraw Hill, 1979.
- [7] YEUNG, R.W., Information Theory and Network Coding, Springer, 2008.