

2EL6120 - Accès sans fil intelligent et expérimentation

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 de l'ingénieur**

Niveau avancé : **oui**

Présentation, objectifs généraux du cours :

L'objectif du cours est de présenter les connaissances essentielles pour comprendre les caractéristiques des systèmes et des normes de communications sans fil. Dans ce cadre, le cours se concentre sur les aspects suivants des systèmes de communication:

- techniques de transmission utilisées dans les normes actuelles et futures, y compris 4G et 5G
- techniques d'accès multiple utilisées dans les normes actuelles et futures (à partir de la 2G, passant à la 5G et au-delà de la 5G),
- les bases et les caractéristiques du matériel de télécommunications, y compris l'architecture des équipements informatiques utilisés en communication et le comportement des chaînes RF,
- architectures de processeurs mobiles
- le processus d'expérimentation et de prototypage des systèmes de communication sans fil.

Le cours couvre tous les éléments techniques essentiels pour les étudiants qui souhaitent comprendre les principes fondamentaux des communications sans fil et ses applications, et peut servir comme première étape pour ceux qui souhaitent poursuivre des études en ingénierie des communications sans fil. De plus, comme le cours expose les étudiants à plusieurs aspects de l'ingénierie des communications sans fil, il constitue une excellente opportunité pour ceux d'entre eux intéressés à poursuivre une carrière en gestion de projets / équipes dans le domaine de l'ingénierie des communications. Le cours aidera les étudiants à se familiariser avec les aspects les plus importants de l'ingénierie sans fil, y compris les normes de communication sans fil et leurs caractéristiques, le matériel sans fil et le prototypage. La présentation du matériel suivra une approche orientée vers les normes de télécommunications afin de satisfaire aussi bien les étudiants intéressés par les principes des communications sans fil que les étudiants principalement intéressés par une approche plus appliquée aux communications.

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

SG8

Prérequis :

- Notions de probabilités
- Traitement numérique du signal (transformée de Fourier, analyse spectrale)
- Compétences de base en programmation

Ces prérequis correspondent aux cours de traitement du signal (1CC4000), de modélisation (1CC3000) et de programmation (1CC1000).

Plan détaillé du cours (contenu) :

Partie 1: Fondements de la transmission sans fil

- Modélisation physique du canal sans fil
- Détection dans un canal d'évanouissement
- Les modulations numérique mono-porteuses
- Les modulations numériques multi-porteuses
- Techniques de diversité

Partie 2: Schémas d'accès multiples et normes de télécommunications(Schémas d'accès multiples pour les réseaux 2G, 3G, 4G, 5G et au-delà de 5G):

- TDMA, FDMA, CDMA, SDMA
- FDD, TDD, half duplex et full duplex
- Gestion de l' interférence
- Applications dans les normes de réseau GSM / UMTS / 4G / 5G
- Autres normes d'accès sans fil: WLAN, WPAN et LPWAN
- Normes IoT et objets connectés

Partie 3: Architectures informatiques pour les communications sans fil

- Architecture de communication sans fil adaptable: la radio logicielle (Software Defined Radio - SDR)
- Frontaux analogiques / numériques et convertisseurs de données ADC / DAC
- Architectures informatiques embarquées: des processeurs ARM mobiles aux DSP, FPGA et GPU
- Plates-formes informatiques intégrées pour les communications sans fil

Partie 4: Implémentation matérielle des systèmes sans fil utilisant la radio GNU et les plates-formes USRP

- Tutoriel sur GNU Radio
- Mise en place d'un simple récepteur FM
- Implémentation d'une application de transfert de fichiers sur GNU Radio et USRP avec modulation et démodulation basées sur QPSK

Déroulement, organisation du cours :

Déroulement, organisation du cours (séquençage CM, TD, EL/TP) en heures:

Principes fondamentaux des communications sans fil: 4,5 h

Schémas d'accès multiple et conférences sur les normes: 4,5h

Travaux pratiques sur les fondamentaux des communications sans fil et les schémas d'accès multiple: 4,5h

Architectures informatiques pour les communications sans fil CM: 6h

Tutoriel GNU Radio CM: 1.5h

Expérimentation / Travaux pratiques avec GNU Radio et USRP: 9h

Examen: 30min (QCM)

Total (HPE): 30,5h

Organisation de l'évaluation :

Examen final (écrit) et évaluation des travaux pratiques

Moyens :

Équipe enseignante (noms des enseignants des cours magistraux) : Haïfa Farès, Amor Nafkha

- Taille des TD (par défaut 35 élèves) : 20
- Outils logiciels et nombre de licence nécessaire : Matlab et GNU radio pour les EL et travail personnel
- Salles de TP (département et capacité d'accueil) :

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

À la fin du cours, les étudiants devraient être capables de:

- appréhender les bases de la transmission numérique et des schémas d'accès multiple utilisés dans les normes existantes
- appréhender le fonctionnement d'une chaîne RF complète de communications sans fil (domaines radio, analogique et numérique)
- se familiariser avec plusieurs plates-formes de traitement numérique différentes disponibles pour la construction de systèmes de communication sans fil et leur impact sur les exigences du système (coût, performance, durée de vie, efficacité énergétique, etc.)
- maîtriser la terminologie, la structure et les caractéristiques des normes modernes de communications sans fil et mobiles
- se familiariser avec la construction d'un véritable système de communication sans fil

Description des compétences acquises à l'issue du cours :

The course addresses the following skills

- C1.2 skill "Develop and use appropriate models, choosing the correct modelling scale and simplifying assumptions when addressing a problem"
- Tutorials and practical work address:
 - The C1.4 skill "Design, detail and corroborate a whole or part of a complex system"
 - Core Skills "C3.1-Be proactive and involved" and "C8.1-Work collaboratively in a team"

Bibliographie :

- Polycopié mis à la disposition des élèves.
- Tse, D., & Viswanath, P., "Fundamentals of Wireless Communication". Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- Holma H., & Toskala A., "LTE for UMTS: OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access", Wiley Publishing, 2009.
- Vaezi M., Ding Z., & Poor H. V., "Multiple Access Techniques for 5G Wireless Networks and Beyond", Springer 2018.
- Yannick Bouguen, Eric Hardouin, François-Xavier Wolff, "LTE et les réseaux 4G", Eyrolles, 2012
- A. Elnashar, M. A. El-saidny, M. Sherif, K. Abdulla, "Design, deployment and performance of 4G networks", Wiley-Blackwell 2014,
- Fattah Hossam, "5G LTE narrowband Internet of Things (NB-IoT)", CRC Press in 2019.
- A. Pacaud, "Électronique radiofréquence", Ellipses, 2000, B. Razavi
- "RF microelectronics, communication electronics", Prentice Hall, 1997

- P.L.D. Abrie, "Design of RF and microwave amplifiers and oscillators", Artech House, 1999,
- S.C. Cripps, "RF power amplifiers for wireless communications", Artech House, 2006,
- Gernot Hueber, Robert Bogdan Staszewski "Multi-Mode/Multi-Band RF Transceivers for Wireless Communications: Advanced Techniques, Architectures, and Trends" , John Wiley & Sons, Inc, 2010
- Peter B. Kenington, " RF and Baseband Techniques for Software Defined Radio ", Artech House, 2005.
- Collins, T.F.; Getz, R.; Pu, D.; Wyglinski, A.M. Software-Defined Radio for Engineers; Artech House: Norwood, MA, USA, 2018.