1SC2310 - Principes des télécommunications sans fil

Responsables : **Jacques ANTOINE**

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

Langues d'enseignement : **FRANCAIS**

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) : **19**

Année académique : **2024-2025**

Niveau avancé : **non**

Présentation, objectifs généraux du cours :

Ce cours est une introduction aux systèmes de télécommunication utilisant des transmissions hertziennes. Du télégraphe de Chappe (1794) aux systèmes cellulaires actuellement déployés (2G/3G/4G) ou en cours de déploiement (5G), la problématique de transmettre à distance une information d'une source (émetteur) à un destinataire (récepteur) de façon fiable et efficace reste source d'innovation.

Afin de concevoir, évaluer, optimiser ou paramétrer un système de télécommunication terrestre ou spatiale, il est nécessaire de comprendre le rôle de chaque bloc qui le compose et d'en pouvoir modéliser l'intégralité ou une partie. Ce cours aborde la modélisation des systèmes de transmission à différentes échelles, aussi bien au niveau des phénomènes physiques (antennes, rayonnement, propagation des ondes, bruits, bilan énergétique), qu'au niveau des traitements de l'information entre un émetteur et un récepteur (codage, modulation, amplification, diversité, efficacité spectrale) ainsi qu'au niveau du système (architecture du réseau, gestion des ressources spectrales et énergétiques, gestion des flux de données, qualité de service).

Ce cours présente les concepts, les modèles et les outils fondamentaux pour la compréhension de ces thématiques, en vue de les utiliser pour l'analyse et le dimensionnement de systèmes de communications répondant à des configurations pratiques.

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

ST2

Prérequis :

Aucun ; avoir suivi au moins un des cours de sciences pour l'ingénieur « Réseaux et sécurité », « Rayonnement et propagation » ou « Physique des ondes » en SG1 serait un plus.

Plan détaillé du cours (contenu) :

Antennes :

- Modèles basés sur le théorème de réciprocité

- Macro-modèles basés sur la théorie du rayonnement
- Principales typologies d'antennes pour les communications
- Réseaux d'antennes

Modèles de propagation :

- Propagation des ondes électromagnétiques en espace libre
- Bilan de puissance d'une liaison (équation de Friis / des télécommunications)
- Modèles de propagation déterministes et semi-empiriques
- Modèles de propagation en milieu complexe
- Fading et diversité

Transmission :

- Éléments constitutifs d'une chaîne de transmission
- Codage, modulation, amplification
- Efficacité spectrale et critères de performances (seuil de sensibilité, débit binaire)
- Fiabilité d'une liaison (taux d'erreur, taux de disponibilité)

Système :

- Communications hertziennes à grande distance
- Réseaux cellulaires
 - Architecture, modèles de couverture des cellules, gestion du spectre, modèles d'interférence
 - Gestion des flux de données et modèles de trafic (lois d'Erlang), services et critères de qualité de service (voix, vidéo, téléchargements de fichiers)

Les TD mettront en application les modèles introduits pour analyser et dimensionner plusieurs aspects constitutifs des systèmes de transmission sans fil, notamment pour les communications à grande distance et dans les réseaux cellulaires, en mettant en évidence les critères utilisés dans le choix des antennes et des modèles de propagation, des modulations et codages, et du trafic et topologie des réseaux.

Déroulement, organisation du cours :

9 heures de cours et 9 heures de TD

Organisation de l'évaluation :

Examen final (80%) : examen écrit de 1h30. Contrôle continu (20%) : 1 quiz.

Moyens :

- Equipe enseignante: Jacques Antoine, Andrea Cozza, Salah-Eddine Elayoubi, S. Hoteit, F. Jouvie, D. Lecointe, D. Picard, A. Wautier
- Taille des TD : 25
- Outils logiciels : Matlab

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

L'objectif de ce cours est de donner aux étudiants les clés leur permettant de choisir les bons modèles dans le cadre d'une problématique d'ingénieur qui est ici de pouvoir transmettre une information en toute fidélité en tenant compte des contraintes réglementaires (fréquence, puissance), des contraintes physiques (antennes, propagation, perturbations), des contraintes de qualité (taux d'erreur binaire, couverture) et des contraintes de trafic (loi d'Erlang).

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

- Modéliser les aspects physiques des transmissions sans fils
- Choisir les bons modèles de propagation selon la nature et complexité de l'environnement (espace libre, urbain, indoor, etc.)
- Prendre en compte les contraintes normatives et physiques
- Connaître les principales modulations utilisées dans les systèmes radio modernes
- Réaliser un bilan de liaison et en évaluer la qualité de service (taux d'erreur binaire, couverture)
- Evaluer l'intérêt d'utiliser des solutions d'antennes dites intelligentes afin de contrer/exploiter certaines caractéristiques de milieux complexes
- Comprendre les phénomènes à la base du fading et les solutions disponibles permettant de le maîtriser
- Comprendre l'impact du trafic sur le dimensionnement d'un système de transmission
- Savoir choisir le bon modèle de trafic en fonction du type d'information à transmettre (voix, vidéo, data)

Description des compétences acquises à l'issue du cours

:

C1.2 : Develop and use appropriate models, choosing the correct modelling scale and simplifying assumptions when addressing a problem

C1.4 : Design, detail and corroborate a whole or part of a complex system.

Bibliographie :

- Transparents du cours
- S. R. Saunder, A. A. Zavala ; Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems
- K.L. Du et al., Wireless Communication Systems: From RF Subsystems to 4G Enabling Technologies, Cambridge University Press, 2010
- Réseaux GSM-DCS ; X. Lagrange, P. Godlewski, S. Tabbane ; Hermes