



FC9DM06 2 000 € 3 jour(s)

## Systèmes de communication sans fils : panorama de la chaîne de transmission

### OBJECTIFS

- Expliquer les principaux mécanismes de propagation des ondes radio dans différents environnements et configurations, et les modèles associés.
- Etudier un bilan de liaison d'un système Télécom.
- Identifier le rôle des dispositifs de base d'une chaîne de communication numérique.
- Connaître les différents types de modulation et leurs caractéristiques (constellation, spectre...).
- Etablir la relation entre le débit et la bande occupée.
- Comprendre l'intérêt des modulations multi-porteuses (OFDM).
- Connaître les différentes structures d'égalisation.
- Acquérir les bases pour comprendre les rôles des dispositifs analogiques et des impacts de leurs caractéristiques et spécifications sur les performances d'une chaîne de communication numérique.

### PROGRAMME

#### Propagation des ondes radio, modèles et bilan de liaison

- Présentation des principes de modélisation
- Ondes électromagnétiques (EM)
- Antennes et rayonnement
- Propagation des ondes électromagnétiques dans l'environnement
- Trajets multiples, variabilité, canal multi-antennes (MIMO)
- Exemple de modélisation
- Modèles d'affaiblissement
- Modèles déterministes type lancé/tracé des rayons
- Modèles statistiques large bande
- Notion de dimensionnement
- Techniques de mesures du canal radio
- Mesures bande étroite et large bande
- Caractérisation spatio-temporelle

#### Modulation/Démodulation

- Présentation des modulations mono porteuse (M-PSK/M-QAM/MFSK/GMSK)
- Filtrage adapté et critère de Nyquist
- Démodulation cohérente
- Egalisation (Zéro forcing/MMSE/Aveugle)
- Principe de l'OFDM : PAPR/Syncho
- Inconvénients de l'OFDM : PAPR/Syncho



### DATES ET LIEUX

Nous contacter pour les sessions à venir

### PUBLIC / PREREQUIS

Cadres techniques, techniciens, ingénieurs, souhaitant mieux comprendre les problématiques liées à la propagation des ondes radioélectriques.

Des connaissances en filtrage (analogique et numérique), probabilités (variable aléatoire discrète et continue, densité de probabilité, espérance mathématique, variance...), traitement du signal déterministe et aléatoire (Transformée de Fourier, autocorrélation, densité spectrale de puissance, Transformée en z, Parseval, Inégalité de Schwartz...), théorie des circuits, sont nécessaires pour tirer le meilleur profit de cette formation.

### COORDINATEURS

#### Daniel BOURREAU

Maître de conférences au département Micro-Ondes d'IMT Atlantique. Ses domaines d'activité sont les suivants : systèmes (RF, hyperfréquences, millimétriques et optoélectroniques), dispositifs et circuits micro-ondes (amplificateur, mélangeur, oscillateur et synthétiseur de fréquence), électromagnétisme, bancs de test et techniques de mesure.

#### Patrice PAJUSCO

Responsable du Département "Micro-ondes" d'IMT Atlantique, il a été précédemment responsable de l'équipe de modélisation de la propagation pour l'étude et le déploiement de systèmes radio à Orange Labs. Ses recherches au sein

- Ouverture sur les MIMO

## Architecture radio, performances, dimensionnement et limitations

- Amplification
- Caractéristiques générales d'un amplificateur
- Gain et facteur de bruit
- Compression et rendement (IIP3 – Application de la norme au RX du GSM (C/(N+1))
- Amplification de puissance (Technologies, Classes de fonctionnement (A,B...))
- Dimensionnement d'un amplificateur (formes des signaux et paramètres (PEP, PAPR, CCDF, ACPR, EVM) (Exemples : WiFi et liaison par satellite)
- FDMA, TDMA, CDMA, FDD, TDD
- CDMA, OFDM
- FDMA, TDMA, FDD, TDD (exemple avec le GSM)
- Architecture matérielle (Rx et Tx)
- Circuit mélangeur
- Fréquence image et filtrage (ex : GSM)
- Facteur de bruit DSB/SSB (BLU et modulateur/démodulateur IQ (FI '0') (Architecture FI '0' ou FI non nulle - discussions Tx & Rx), ('Inversion du spectre' ... 'ou pas', double hétérodyne, supradyné)
- Oscillateur local (PLL programmable... temps d'acquisition & bruit),( Incidence du bruit)
- ADC et signal reçu (DAC) (Fonctionnement d'un AGC), (Impact de chaque élément sur les performances)

du Lab-STICC portent sur la modélisation et la caractérisation spatio-temporelle des canaux de propagation.

## MODALITES PEDAGOGIQUES

Des exemples illustrent les concepts théoriques.