
5^{ème} année : Ingénieur GTR

Année universitaire 2016 – 2017

U.E : **Faisceaux Hertziens**

Professeur : **Kamal GHOUMID.**

Contact : kghoumid@ensa.univ-oujda.ac.ma

1. Descriptif du cours :

- Ch I : **Généralités sur les Faisceaux Hertziens** :
 - Propagation des ondes électromagnétiques.
 - Communications par ondes radio.
 - Systèmes de communications hertziens.
 - Télécommunications point à point, point-multiponts.
 - Synoptique d'une liaison radiofréquence.

- Ch II : **Propagation en Espace Libre** :
 - Couches : Atmosphère, Troposphère, Stratosphère, Ionosphère.
 - Compositions et caractéristiques des différentes couches.
 - Variation de l'indice de réfraction de l'atmosphère en fonction de la pression, la température, gradient d'indice, ...
 - Méthode de rayon équivalent de la terre.
 - Propagation en visibilité.
 - Antennes, Gain d'antenne, Aire effective.
 - Champs proche, Champs lointain.
 - Zone de Rayleigh, Zone de Fresnel, Zone de Fraunhofer.
 - Équations fondamentales d'une liaison radio.
 - Puissance de bruit dans le canal radio.
 - Sensibilité du récepteur.
 - Budget de puissances d'une liaison en espace libre.
 - Qualité d'une liaison radio : Fiabilité, Rapport $\frac{E_b}{N_0}$, Débit binaire, Marge de

liaison ...

- Performances des faisceaux hertziens.

● Ch III : Effet de la Diffraction sur la Propagation :

- Liaison sans fil en présence d'obstacles multiples (édifices, bâtiments, arbres, montagnes, Murs, ...).

- Propagation en non visibilité.

- Liaison dégagée et liaison non dégagée.

- Principe d'Huygens.

- Ellipsoïdes de Fresnel.

- Diffraction par le sol.

- Méthodes de calcul de l'affaiblissement d'une liaison en présence d'obstacles :
Méthode de Deygout, Méthode de Epstein Peterson, ...

- Bilan de liaison hertzienne en présence d'obstacles.

● Ch IV : Effets de la Diffusion, Réfraction et Réflexion sur la Propagation :

- Liaison sans fil en présence des nuages, de la neige et de la pluie...

- Méthode de calcul de l'affaiblissement en présence des nuages, de la neige et de la pluie.

- Formule de LIN.

- Rappel sur les lois de réflexion.

- Réflexions des ondes électromagnétiques sur les obstacles.

- Réflexion sur le sol.

- Critère de Rayleigh.

- Champ reçu après réflexion.

- Effet de l'indice de réfraction de l'atmosphère.

- Gradient d'indice.

- Rayon de courbure de l'onde.

- Supraréfraction, Infraréfraction, Guidage de l'onde dans l'atmosphère.

- Budget de puissances d'une liaison en espace libre en présence des nuages, de la neige, de la pluie, avec réflexion,

● Ch V : Propagation dans un contexte réel :

- Canal réel de propagation radiofréquence.

- Modélisation des pertes : modèles physiques, modèles empiriques, modèles hybrides.

- 'Modèle de Okumura-Hata, de Cost-Hata, ...

- Phénomènes macroscopiques et microscopiques.

- Modélisation statistique du canal.

- Shadowing (Effet de masque) et Distribution log-normale.
 - Évanouissement : Fast Fading, Small-Fading.
 - Multitrajets, canal de Rayleigh, canal de Rice.
 - Variations temporelles du fading : effet Doppler, modèle de Clarke.
 - Power delay profile, retard moyen, retard en excès, delay spread RMS, ...
 - Dispersion fréquentielle, Temps de cohérence, Etalement Doppler, Bande de cohérence.
 - Classification des Canaux : plat, sélectif, non sélectif en fréquence, en temps.
 - Diversité temporelle, fréquentielle, spatiale, ...
- Ch VI : **Télécommunications par Satellites**
 - Lois de Kepler, mouvement des satellites et planètes.
 - Bandes de fréquences utilisées.
 - Types de satellite.
 - Architecture d'un système de communication par satellites.
 - liaison satellite-station terrienne.
 - Bilan de liaison.
- Ch VII : **Structure des Émetteurs et des Récepteurs** :
 - Architecture des émetteurs et de récepteurs.
 - Canaux adjacents, Co-canaux.
 - Récepteur à changement de fréquence.
 - Récepteur à double changement de fréquence.
 - Fréquence image.
 - Récepteur Superhétérodyne, Récepteur homodyne.
 - Récepteur à réjection d'image.
- Ch VIII : **Performances des Systèmes d'Émission/Réception Sans Fil**
 - Performances d'un récepteur : Facteur de bruit, Température de bruit, Contribution du bruit d'antenne, Rapport signal sur bruit, Taux d'erreur binaire.
 - Grandeurs caractéristiques des émetteurs et des récepteurs.
 - Effets des non linéarités : Apparitions des harmoniques.
 - Produits d'intermodulations.
 - Prise en compte de la non linéarité dans les bilans de liaisons.
 - Qualité d'une liaison émetteurs et récepteurs.
 - Fiabilité d'une liaison émetteurs et récepteurs.

2. Travaux Dirigés :

- Voir les séries de TD.

3. Travaux Pratiques :

- Simulation d'une liaison hertzienne.
- Étude d'un système d'émission-réception sans fil.
- Étude d'une liaison par satellite.

*** Bibliographie :**

1. La propagation des ondes radioélectriques, Edition : Springer. H.Sizun.
2. Propagation des ondes radioélectriques : Introduction, Edition : Masson, Sylvain Michel, Jacques Lavergnat.
3. Polycopiés distribués en cours.