



# OFFRE DE FORMATION L.M.D.

## MASTER PROFESSIONNALISANT

Etablissement	Faculté / Institut	Département
U.S.T.H.B	Faculté d'électronique et informatique	Télécommunications

Domaine	Filière	Spécialité
Sciences et Technologies S.T.	Télécommunications	Réseaux Radio Mobiles

Responsable de l'équipe du domaine de formation :

Pr. R. DIZENE



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et  
Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
اللجنة البيداغوجية الوطنية لميدان العلوم و التكنولوجيا  
Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies



# عرض تكوين

ل م د

## ما ستر مهني

القسم	الكلية	المؤسسة
اتصالات سلكية و لاسلكية	الإلكترونيك و الإعلام الآلي	جامعة هواري بومدين للعلوم و التكنولوجيا

التخصص	الفرع	الميدان
شبكات الراديو المتنقل	اتصالات سلكية و لاسلكية	تكنولوجيا و علوم

مسؤول فرقة ميدان التكوين: أستاذ: رابح ديزان  
الميدان: علوم و تكنولوجيا

السنة الجامعية: 2021/2022

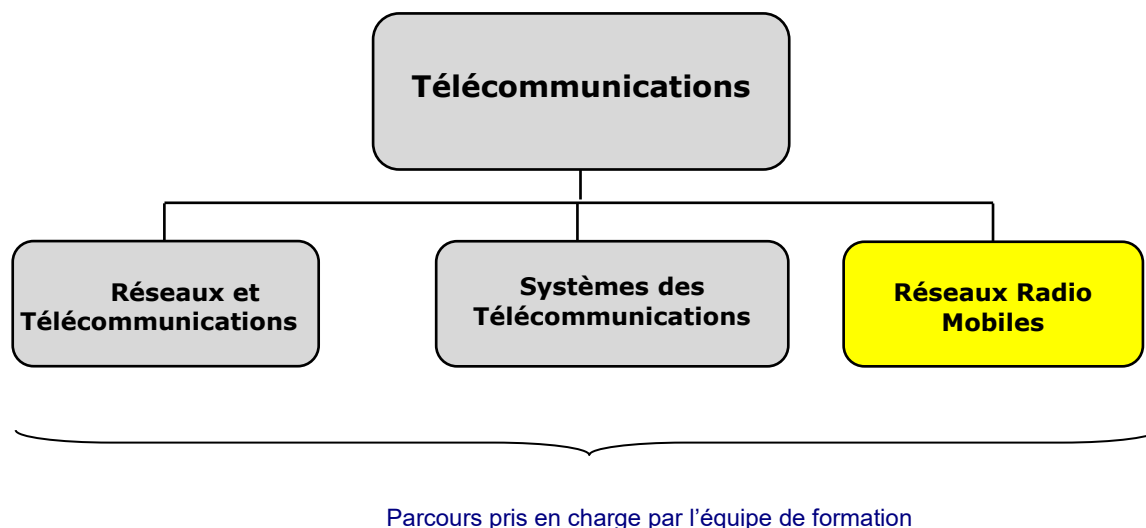
### **III). Organisation générale de la formation**

III.1-Position du projet

III.2-Programme de la formation Master par semestre.

**III.1-Position du projet** (Si plusieurs Masters sont proposés ou pris en charge par l'équipe de formation, indiquez alors par un schéma simple la position de ce projet par rapport aux autres parcours).

L'équipe de formation prendra en charge le master Télécommunications avec trois schémas de parcours.



**III.2-Programme de la formation Master par semestre**

Les programmes des enseignements sont présentés dans trois tableaux respectivement par semestre tenant compte des recommandations par matière, par volume horaire hebdomadaire, par volume horaire semestriel.

Par ailleurs, il est tenu compte des recommandations ministérielles et des différentes commissions nationales, dans les modes de calculs et de la répartition des unités d'enseignement (Fondamentales, Méthodologiques, Transversales et de Découvertes) pour une formation en Master Professionnalisant.

(Détails, se reporter aux pages suivantes, S.V.P.)

## Semestre 1 Master : Réseaux Radio Mobiles

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
<b>UE Fondamentale</b> Code : UEF 1.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Bases en Radiocommunications	6	3	3h00	1h30		67h00	82h30	40%	60%
	Modélisation Stochastique et Estimation	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
<b>UE Fondamentale</b> Code : UEF 1.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Codage de la Parole en Radio Mobile	4	2	1h30	1h30		45h00	55h30	40%	60%
	Réseaux Cellulaires	4	2	1h30	1h30		45h00	55h30	40%	60%
<b>UE Méthodologique</b> Code : UEM 1.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	Codage et Compression	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
	TP Réseaux Cellulaires	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Codage de la Parole en Radio Mobile	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Bases en Radiocommunications	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
<b>UE Transversale</b> Code : UET 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Techniques de Rédaction 1 (Anglais)	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
<b>UE Découverte</b> Code : UED 1.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Routage et Commutation	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Programmation C++/Python	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
<b>Total semestre 1</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h30</b>	<b>6h00</b>	<b>5h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h00</b>		

## Semestre 2 Master : Réseaux Radio Mobiles

Unité d'enseignement	Matières		Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé				Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Traitement du Signal pour les Communications Radio Mobiles		6	3	3h00	1h30		67h00	82h30	40%	60%
	Techniques Avancées de Codage Canal		4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Techniques Avancées en Radiocommunications Numériques		4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Propagation dans les Systèmes Radio Mobiles		4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	Géo localisation et applications en Radio Mobile		3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
	TP Techniques Avancées de Codage Canal		2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Techniques Avancées en Radiocommunications Numériques		2	1			1h30	22h 30	27h30	100%	
	TP Traitement du Signal pour les Communications Radio Mobiles		2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 1 Coefficients : 1	Techniques de Rédaction 2 (Anglais)		1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Découverte Code : UED 1.2 Crédits : 2 Coefficients 2	Programmation Java		1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Solutions Matérielles pour la Radio logicielle		1	1	1h30			22h30	02h30		100%
<b>Total semestre 2</b>			<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h30</b>	<b>6h00</b>	<b>5h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h30</b>		

## Semestre 3 Master : Réseaux Radio Mobiles

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Sécurité en Radio Mobile	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Antennes en Radio Mobile	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Réseaux Cognitifs	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Planification et Optimisation des Réseaux d'Accès Radio	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	Convergence Radio Optique	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
	TP Planification des Réseaux d'Accès Radio	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP antennes en Radio Mobile	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Réseaux Cognitifs	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
UE Transversale Code : UET 2.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Introduction to 5G Networks and Beyond (Anglais Parlé)	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Découverte Code : UED 2.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Management de Projet	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Intelligence Artificielle	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
<b>Total semestre 3</b>		<b>30</b>	<b>17</b>	<b>13h00</b>	<b>6h00</b>	<b>5h30</b>	<b>375h00</b>	<b>375h30</b>		

## **V). Programmes des matières proposées**



## **Premier Semestre : S1**

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 1

**Unité d'Enseignement :** Fondamentale

**Code :** UEF 1.1.1

**Intitulé de la matière :** Bases en Radiocommunication.

**Enseignant responsable de l'UE :** FALEK Leila Prof.

**Enseignant responsable de la matière :** FALEK Leila Prof.

**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** Cours : 3h00, TD : 1h30

**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 82h30 heures.

**Nombre de crédits :** 6

**Coefficient de la matière :** 3

**Objectifs de l'enseignement :** Il s'agit de munir les étudiants des outils de modulations numériques nécessaire à la formation en Communications Radio Mobiles. Ces notions de base sont un préalable pré requis au module « Techniques Avancées en Radiocommunications Numériques qui est dispensé en S2 »

#### **Connaissances préalables requises :**

Toutes les notions acquises en Communications Numériques en programme de licence.

#### **Contenu de la matière :**

##### **Chapitre I : Rappel sur les modulations numériques**

**(3 semaines)**

I.2 Modulations numériques

I.2 Performance de détection dans un canal AWGN

##### **Chapitre II : Récepteur optimal pour une transmission dans un canal non idéal**

**(4 semaines)**

II.1 Canal multi-trajets

II.2 Récepteur Optimal

II.3 Performance de détection dans un canal de Rayleigh

##### **Chapitre III : Accès multiple par répartition de code (CDMA)**

**(4 semaines)**

III.1 Structure d'un émetteur-récepteur CDMA

III.2 Systèmes CDMA multi-utilisateurs

III.3 Diversité multi-trajets et problème du Near-far

##### **Chapitre IV : Accès multiple par répartition orthogonale de fréquence (OFDM)**

**(4 semaines)**

IV.1 Structure d'un émetteur-récepteur OFDM

IV.2 Techniques de Synchronisation (STO et CFO).

IV.3 Problème du PAPR et introduction à la SC-FDMA

**Mode d'évaluation : Contrôle continu 40% et Examen final 60%**

**Références** (Livres et photocopiés, sites internet, etc).

- 1- J. Proakis, Digital Communications, Ed. Mac Graw Hill, 2001
- 2- G. Baudouin, Radio Communications Numériques : Principes, Modélisations et Simulations, Dunod 2002.
- 3- Theodore Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Prentice Hall, 2002.
- 4- J. M. Brossier, Signal et Communication Numérique, Egalisation et Synchronisation, Hermès 1997.

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 1

**Unité d'Enseignement :** Fondamentale **Code :** UEF 1.1.1

**Intitulé de la matière :** Modélisation Stochastique et Estimation

**Enseignant responsable de l'UE :** Prof. SAYOUD- OUAMOUR Siham

**Enseignant responsable de la matière :** Prof. SAYOUD- OUAMOUR Siham

**Nombre d'heures d'enseignement /semaine :** Cours : 1h30, TD : 1h30

**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 55 heures

**Nombre de crédits :** 4

**Coefficient de la Matière :** 2

### Objectifs de l'enseignement

Ce nouveau cours regroupe un ensemble d'outils indispensables à l'analyse statistique des données issues des systèmes de télécommunications. La modélisation stochastique représente alors un moyen efficace pour modéliser les signaux utiles et/ou perturbateurs lors des communications mobiles, dans une fin d'estimation statistique des paramètres pertinents mis en jeu lors de ces communications.

Dans le 1er chapitre, on introduit la notion de classification des signaux selon un aspect mathématique. Le chapitre 2 illustre les différentes notions de base des Signaux aléatoires. Dans le chapitre 3, on définit la Corrélation et la densité spectrale en expliquant les différents outils associés. Par la suite, au chapitre 4, nous introduisons l'Analyse avancée des signaux aléatoires avec la description des estimateurs, de la vraisemblance et des mesures statistiques de similarité. Enfin, au chapitre 5, nous présentons la mesure de consistance ainsi que la signification statistique. Cet important chapitre devrait être appliqué sur des données réelles (préférentiellement issues de communications radio-mobile) ou sur des données simulées, afin de voir l'intérêt pratique de cette analyse statistique.

### Connaissances préalables recommandées :

Probabilités & statistiques et -Traitement du signal.

### Contenu de la matière :

#### **Chapitre 1 : Classification mathématique des signaux (2 semaines)**

1.1 Introduction

1.2 Notions élémentaires

1.3 Signaux déterministes et signaux aléatoires

#### **Chapitre 2 : Traitement des Signaux aléatoires (4 semaines)**

2.1 Définition

2.2 Propriétés

2.3 Loi et statistique avancée

2.4 Loi conjointe

2.5 Loi centrale

2.6 Statistique d'ordre 2

#### **Chapitre 3 : Corrélation et densité spectrale (3 semaines)**

3.1 Définitions

- 3.2 Corrélation
- 3.3 Covariance, DSP et Propriétés
- 3.4 Types de Bruits
- 3.5 Estimation de la DSP
- 3.6 Intérêt pratique

#### **Chapitre 4 : Estimation de Paramètres Aléatoires et Mesure de Vraisemblance**

**(3 semaines)**

- 4.1 Définitions
- 4.2 Lois probabilistes
- 4.3 Estimation de paramètres
- 4.4 Estimation biaisée et non biaisée
- 4.5 Vraisemblance et Estimation par Maximum de Vraisemblance
- 4.6 Distances statistiques et Mesures de similarité

#### **Chapitre 5 : Mesure de Consistance et Signification Statistique**

**(3 semaines)**

- 5.1 Introduction
- 5.2 Position du problème de consistance
- 5.3 Analyse de données discrètes et continues
- 5.4 Analyse par Corrélation, Analyse par Chi<sup>2</sup> et Analyse par T-test
- 5.5 Exemples d'application sur des données réelles ou simulées

**Mode d'évaluation : Contrôle continu 40% et Examen final 60%**

**Références** (Livres et photocopiés, sites internet, etc).

- Kun Il Park, 2018, Fundamentals of Probability and Stochastic Processes with Applications to Communications, Springer.
- Yvon Mori, 2014, Signaux aléatoires et processus stochastiques Broché, Lavoisier.
- Olivier Martin, 2012. L'analyse quantitative des données : L'enquête et ses méthodes. Edition 3, 19 Septembre 2012, Armand Colin.
- David Freedman, Roger Purves, Robert Pisani, 1998. Statistics, Third Edition W. W. Norton & Company; 3 Sub editions 1998.
- Mark A. Pinsky, Samuel Karlin, 2010. An Introduction to Stochastic Modeling, Fourth Edition 4th, Academic Press, 2010.

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 1

**Unité d'Enseignement :** Fondamentale

**Code :** UEF 1.1.2

**Intitulé de la matière :** Codage de la parole en radio-mobile

**Enseignant responsable de l'UE :** FALEK Leila Prof.

**Enseignant responsable de la matière :** SAYOUD Halim Prof.

**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** Cours : 1h30, TD : 1h30

**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 55 heures

**Nombre de crédits :** 4

**Coefficient de la Matière :** 2

### Objectifs de l'enseignement

Le signal de parole représente la modalité la plus importante en télécommunications et spécifiquement en communication radiomobile ou en communication parlée sur réseau. Par ailleurs, la parole transmise par un réseau radio-mobile subit de nombreuses dégradations à des niveaux successifs. La dégradation majeure est due à la distorsion introduite par le codeur de parole et qui résulte d'un compromis posé dès la conception du système entre la qualité vocale escomptée et les ressources du réseau allouées à sa transmission. Cette distorsion peut être aggravée par la présence de sources acoustiques interférentes, comme le bruit, puisque le codeur est dédié à un type de source donné. Les systèmes de télécommunications implantés sur réseau IP ou radio-mobile, comme ceux destinés à économiser les ressources radio (transmission discontinue) ou à gérer le transfert intercellulaire d'un mobile, mutilent les informations vocales transmises par le mobile et se traduisent souvent par des artefacts dans la parole restituée en sortie de décodeur. Souvent aussi, la liaison par paquet (sur IP) ou par modulation (en radio) introduit des erreurs de transmission qui peuvent affecter la parole au point de la rendre inintelligible. Ainsi, ce cours se voit comme une source d'information aux étudiants leur permettant, en même temps, de connaître les notions de base de la paramétrisation de la parole (MFSC, MFCC, LPC) ainsi que les différentes techniques utilisées en codage de la parole dans les communications radio, VoIP, VoLTE etc. Du point de vue pratique, durant ce cours, nous présentons des applications pratiques vérifiables durant des séances de TP, permettant aux étudiants de manipuler certains outils de ce domaine de pointe et de voir le signal de parole, de le mesurer ou même de l'écouter.

### Brève Description du Cours

D'abord, les notions de base sur la communication parlée et le signal audio, sont présentées.

Ensuite, nous abordons la paramétrisation du signal de parole.

Par la suite, nous définissons le codage de la parole en télécommunications : définition, résolution du codage, taille du codage, codage sans perte, codage avec perte, codage haut débit, codage bas débit, canal téléphonique et radiomobile, codage LPC, CELP, ACELP-AMR sur 3G.

Par ailleurs, nous exposons les normes et protocoles de transmission de la parole en communication radiomobile: position du problème, types de communications parlées radiomobiles, normes existantes, débruitage, réduction de débit, normes 3G, normes 4G, HD-speech, communication par satellite, etc.

Aussi, des applications multimédia et sécuritaires : sont décrites aux étudiants.

Après, nous abordons la voix sur IP (VoIP) : notion de IP, définition et principe du VoIP, techniques utilisées, notion de QoS, PABX, systèmes de VoIP existant.

Et enfin nous décrivons la voix sur LTE (VoLTE): spécifications audio de la VoLTE, normes de transmission de la parole en LTE, technologie HD, enhanced voice services (EVS) codec, architecture IP Multimedia Subsystem (IMS), etc.

### Connaissances préalables recommandées :

Avoir fait avec succès les modules de traitement du Signal en licence.

## **Contenu de la matière :**

### **Chapitre 1 : Notions de base sur la communication parlée et le signal audio (3 semaines)**

- 1.1 Introduction
- 1.2 Matériel Audio, Microphones, Haut-parleurs
- 1.3 Acoustique du son, Production de la parole
- 1.4 Perception auditive, Types de sons, Phonèmes, Pitch, Formants
- 1.5 NLP, Applications de la parole
- 1.6 Problèmes de la radiomobilité

### **Chapitre 2 : Paramétrisation du signal de parole (2 semaines)**

- 2.1 Nécessité de paramétrer
- 2.2 Coefficients LPC (Linear Prediction Coding), MFSC, MFCC
- 2.3 Prosodie, Cepstre, Spectrogramme, Voisement, Formants, Pitch

### **Chapitre 3 : Codage de la parole en télécommunications (2 semaines)**

- 3.1 Définition,
- 3.2 Résolution du codage, Taille du codage
- 3.3 Codage sans perte, codage avec perte, Codage Haut débit, Codage Bas débit
- 3.4 Canal téléphonique et radiomobile, Codage LPC, CELP, ACELP-AMR sur 3G.

### **Chapitre 4 : Normes et protocoles de Transmission de la parole en communication radiomobile (1 semaine)**

- 4.1 Position du problème
- 4.2 Types de communications parlées radiomobiles
- 4.3 Normes existantes, Débruitage, Réduction de débit, Normes 3G, Normes 4G, HD-Speech, Communication par Satellite

### **Chapitre 5 : Applications multimedia et sécuritaires (4 semaines)**

- 5.1 Authentification vocale
- 5.2 Reconnaissance de la parole
- 5.3 Synthèse de la parole TTS
- 5.4 Applications multimédia et sécuritaires sur réseau

### **Chapitre 6 : Voix sur IP (VoIP) (1 semaine)**

- 6.1 Introduction
- 6.2 Notion de IP
- 6.3 Définition et principe du VoIP
- 6.4 Techniques utilisées, Notion de QoS, PABX, Systèmes de VoIP existant

### **Chapitre 7 : Voix sur LTE (VoLTE) (1 semaine)**

- 7.1 Introduction
- 7.2 Spécifications audio de la VoLTE
- 7.3 Normes de transmission de la parole en LTE
- 7.4 Technologie HD, Enhanced Voice Services (EVS) Codec, Architecture IP Multimedia Subsystem (IMS)

**Mode d'évaluation : Contrôle continu 40% et Examen final 60%**

## Références (Livres et photocopiés, sites internet, etc).

- T Ogunfunmi, R Togneri, M Narasimha – 2015, Speech and audio processing for coding, enhancement and recognition- Springer.
- T Chakraborty, IS Misra, R Prasad, 2019. Overview of VoIP Technology Part of the Springer Series in Wireless Technology book series (SSWT) - Springer
- R Copeland, M Copeland, 2016 – A Question of Quality–VoIP, WebRTC or VoLTE? 19th Conference on Innovations in Clouds, Internet and Networks, ICIN, 2016.
- Daniel Jurafsky (Author), James H. Martin, 2009, Speech and Language Processing, 2nd Edition Pearson International Edition.
- Christophe Veaux, 2005. Speech quality enhancement for mobile radio systems by using a priori information at the receiver side. Telecom-Paris 2005.
- Mohamed Hesham Farouk, 2013. Speech Coding, Synthesis, and Compression. Springer, 2013.
- Nitendra Rajput, Amit Anil Nanavati, 2012. Speech in Mobile and Pervasive Environments (Wireless Communications and Mobile Computing), 1st Edition, Wiley 2013.
- John Holmes and Wendy Holmes, 2001, Speech Synthesis and Recognition, CRC Press.

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 1

**Unité d'Enseignement** : Fondamentale **Code** : UEF 1.1.2

**Intitulé de la matière** : Réseaux cellulaires

**Enseignant responsable de l'UE** : Prof. SAYOUD-OUAMOUR Siham

**Enseignant responsable de la matière** : SKODARLI Abdallah, M.C.B,

**Nombre d'heures d'enseignement /semaine** : Cours : 1h30, TD : 1h30

**Nombre semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant** : 55 heures

**Nombre de crédits** : 4

**Coefficient de la matière** : 2

**Objectifs de l'enseignement** : S'initier aux réseaux cellulaires (Réseaux sans fils). L'étudiant doit évoluer dans l'acquisition des connaissances relatives à ce module depuis le schéma synoptique global d'un réseau cellulaire publique ou privé jusqu' aux dernières évolutions dans le domaine. La matière est surtout descriptive, mais elle contient néanmoins des aspects quantitatifs en particulier pour les bilans de puissances et les interférences mises en jeu dans la boucle radio. L'étudiant doit savoir faire un bilan de liaison et savoir estimer et calculer tous les paramètres physiques impliqués dans ce bilan.

**Connaissances préalables recommandées** : Des Connaissances en Téléphonie et des réseaux informatiques vues dans les profils de licence adéquats sont requises.

### Contenu de la matière

#### Chapitre I: Concept cellulaire

(2 semaines)

1. Introduction
2. Architecture cellulaire
  - a. Organisation par motifs cellulaires
  - b. Réutilisation des fréquences
3. Liaison radio
  - a. Définition (liaisons UL et DL)
  - b. Duplexage TDD, FDD
  - c. Accès multiple (TDMA, FDMA, CDMA, OFDMA)
4. Gestion de fréquences

#### Chapitre II: Réseaux cellulaires 2G (GSM)

(2 semaines)

1. Introduction
2. Architecture du réseau 2G (MS, BTS, BSC, MSS, VLR, AuC, EiR)
3. Spectre de fréquences (Bande GSM, bande DCS)
4. Liaison radio
  - a. Canal Duplex
  - b. Trames GSM
  - c. Canaux physiques et logiques
  - d. Calcul de débit



5. Gestion de la mobilité (handover)
6. Evolution GPRS 2,5G EDGE 2,75G

### **Chapitre III: Réseaux cellulaires 3G (UMTS)**

**(3 semaines)**

1. Introduction
2. Architecture du réseau 3G (UTRAN: NodeB, RNC CN: GMSC, SGSN, GGSN)
3. Spectre des fréquences
4. Architecture de l'UTRAN
  - a. Organisation en niveaux NAS et AS
  - b. Protocoles ( RRC, PDCP, BMC, RLC, MAC, PHY)
  - c. Interfaces Cu, Uu, Iub, Iur, Iu.
  - d. Canaux logiques, de transport et physiques.
5. Liaison radio
  - a. Technique d'accès CDMA (W-CDMA TD-CDMA)
  - b. Codes pour étalement spectral et scrambling
  - c. Séparation des mobiles Canalisation
  - d. Séparation des stations de base
  - e. Séparation des applications
  - f. trame UMTS
  - g. Calcul de débit
6. Gestion de la mobilité (handover)
7. Evolution HSPDA, HSPUA, HSPA+, LTE

### **Chapitre IV: Réseaux cellulaires 4G (LTE)**

**(5 semaines)**

1. Introduction
2. Architecture du réseau 4G (eUTRAN: eNodeB, MME, HSS, EiR, SGW, PGW, PCRF)
3. Spectre des fréquences (bandes de fréquence dans la LTE)
4. Architecture de l'eUTRAN
  - a. Protocoles et fonctionnalités ( RRC, PDCP, RLC, MAC, PHY)
  - b. Interfaces Uu, X2, S1-U, S1-MME, S11, S5/8 SGi ...
  - c. Canaux logiques, de transport et physiques.
5. Notions de Bearers
6. Liaison radio
  - a. Technique d'accès OFDMA (Chaîne d'émission et de réception)
  - b. Allocation des ressources radios ( RE, RB)
  - c. Trame LTE
  - d. Calcul de débit
7. Gestion de la mobilité (handover)
8. Procédures
  - a. Procédure d'attachement
  - b. Procédure d'accès initial (recherche de la cellule, décodage Info syst acces aléatoire)
  - c. Procédures de sécurité (authentification, cryptage, intégrité, RNTI)
9. Evolution vers la 5G

### **Chapitre IV: Réseaux cellulaires 5G**

**(3 semaines)**

1. Introduction à la 5G
  - a. Partie équipement connecté au réseau 5G (smart devices)
  - b. Partie radio (LTE, Wifi, NB-IoT, mmWave)
  - c. Partie réseau d'accès (station de base: eNB, ....)

- d. Partie core network (SDN, NFV,..)
- e. Partie cloud (hébergement de services et applications)
- 2. Architecture des réseaux 5G
  - a. Architecture standalone
  - b. Architecture Combinée EPC et 5GC
  - c. Architecture non-standalone
- 3. Applications de la 5G
  - a. Enhanced mobile broadband applications : eMBB
  - b. Massive machine type communication :mMT
  - c. Ultra reliable and low latency communication applications: URLLC

**Mode d'évaluation : Contrôle continu 40% et Examen final 60%**

**Références** (Livres et polycopiés, sites internet, etc.).

- Réseau GSM, 5ème Edition, Hermès, Xavier Lagrange.
- Les réseaux radio mobiles, Hermès, Collectif d'auteurs.
- Réseaux mobiles, Editeur : Hermès - Lavoisier. Sami Tabbane
- Wireless Communications: Principes and Practice, 2nd Edition. Theodore Rappaport.
- Cours 'Radiocommunications Numériques' du CNAM de Paris, B. Finet M. Terre.
- Réseaux et communications sans fil, 2èmeEdition : Pearson Education, William Stallings

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 1

**Unité d'Enseignement :** Méthodologique  
**Intitulé de la matière :** Codage et Compression

**Code :** UEM 1.1

**Enseignant responsable de l'UE :** BOUZID Merouane, Prof.  
**Enseignant responsable de la matière :** BOUZID Merouane, Prof.  
**Nombre d'heures d'enseignement :** Cours : 01h30  
**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 37h30 heures  
**Nombre de crédits :** 3  
**Coefficient de la matière :** 2

### Objectifs de l'enseignement

Ce cours a pour objectif de décrire les techniques conventionnelles de codage de source (compression) ainsi que les techniques avancées de compression des données. Un intérêt particulier sera porté sur l'étude du codage avec perte d'information (quantification) qui constitue un noyau important dans la conception des codeurs standards appliqués dans les systèmes de communications mobiles (réseau GSM/UMTS).

### Connaissances préalables recommandées

Calcul des probabilités, théorie et traitement du signal, théorie de l'information.

### Contenu de la matière :

#### Chapitre 1 : Fondements de base des systèmes de compression de données (2 semaines)

- 1.1 Rappels sur la théorie de l'information (mesure de l'information, entropie, etc.).
- 1.2 Théorèmes de Shannon.
- 1.3 Codage et compression des données.
- 1.4 Classification des méthodes de codage de source.
- 1.5 Mesures de performance des systèmes de compression de données :
- 1.6 Mesures de distorsion (objectives et subjectives).
- 1.7 Exemples d'application.

#### Chapitre 2 : Méthodes de codage de source sans pertes d'information (3 semaines)

- 2.1 Généralités sur le codage de source sans perte.
- 2.2 Méthodes de codage optimal de source
- 2.3 Méthodes de codage statistiques : Codage de Huffman, codage/décodage arithmétique.
- 2.4 Méthodes de codage par dictionnaire :
- 2.5 Algorithme de Lempel Ziv : Généralités, codage/décodage LZ78, codage/décodage LZW.
- 2.6 Méthodes de codage par substitution : Codage RLE.
- 2.7 Applications pratiques.

#### Chapitre 3 : Codage de source avec pertes d'information (4 semaines)

- 3.1 Fonction Débit–Distorsion.
- 3.2 Quantification scalaire : Structure du quantificateur scalaire (QS), QS uniforme et non uniforme, mesures de distorsion et performance du QS, conception d'un QS optimal (algorithme de Lloyd-Max,...), applications.
- 3.3 Quantification vectorielle : Structure d'un quantificateur vectoriel (QV), conception d'un QV optimal (distorsion, Algorithme LBG, dictionnaire initial, ...), mesures de performance d'un QV.
- 3.4 Applications pratiques et performances du QV.

#### Chapitre 4 : Quantification structurée (2 semaines)

4.1 QV avec contrainte (QV divisé, QV multi-étages, QV divisée à étages multiple, QV classifié, QV à divisions commutées,...), QV hiérarchique,...

4.2 Applications pratiques des QVs structurés dans le codage audio/parole.

### **Chapitre 5 : Codage des données dans les communications mobiles (2 semaines)**

5.1 Données transmises par les systèmes de communication sans-fil : historique, analogique vs digital, transmission de la voix, des messages, etc.

5.2 Services de données (data services) assurés par les systèmes mobiles : parole, message court, messagerie vocale, e-mail, accès internet, transfert de fichiers, vidéoconférence, etc.

5.3 Codeurs de parole utilisés dans les systèmes standards de communication mobile (CELP, ACELP, VSELP, RPE-LTP,...).

### **Chapitre 6 : Codeurs de parole standards appliqués dans les systèmes radio mobiles (2 semaines)**

6.1 Historique et généralités.

6.2 Codeurs de parole normalisés pour les réseaux GSM/UMTS :

- **GSM-FR 06.10** de 13 (22.8) kbit/s (GSM Full-Rate 1988 à base du codage **RPE-LTP**).
- Deuxième génération :
  - **GSM-HR 06.20** de 5.6 (11.4) kbit/s (GSM Half Rate à base du codeur **VSELP**).
  - **GSM-EFR 06.60** de 12.2 (22.8) kbits/s (GSM Enhanced Full Rate à base du codeur **ACELP**).
  - **GSM 06.90** de 4.75 à 12.2 (11.4/22.8) kbits/s (GSM et UMTS, à base du codage de parole multi-débits **AMR**"Adaptive Multi-Rate" et **ACELP**).
- Troisième génération :
  - **AMR-WB** "Adaptive Multi Rate Wide-Band", ITU-T Rec. **G.722.2**, de 6.6 à 23.85 kbit/s (GSM/ITU-T, 3GPP).

**Mode d'évaluation : Contrôle continu 40% et Examen final 60%**

**Références** (Livres et photocopiés, sites internet, etc.).

- K. Sayood, "Introduction to Data Compression, Third Edition", Elsevier Inc. 2006.
- A. Gersho & R. M. Gray, "Vector quantization and Signal compression", Kluwer Academic Publishers, 1992.
- Olivier Rioul, "Théorie de l'information et du codage", Edit. Lavoisier, 2007.
- N. Moreau, "Outils pour la compression des signaux: applications aux signaux audio", Collection Télécom, Edition Lavoisier, Octobre 2009.
- N. S. Jayant and P. Noll, "Digital Coding of Waveforms- Principles and Applications to Speech and Video", Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliffs, NJ, 1984.
- A. Gersho and R. M. Gray, "Vector quantization and Signal compression", Kluwer Academic Publishers, 1992.
- R. **Steele and L. Hanzo**, "*Mobile Radio Communications*", **Wiley, 2nd Edition, 1999**.
- A. Goldsmith "*Wireless Communications*", Cambridge University Press, 2005.

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 1

**Unité d'Enseignement :** Transversale

**Code :** UET 1.1

**Intitulé de la matière :** Techniques de Rédaction 1 (Anglais)

**Enseignant responsable de l'UE :** MEKAOUI Slimane Prof.

**Enseignant responsable de la matière :** MEKAOUI Slimane Prof.

**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** Cours : 1h30

**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 2h30

**Nombre de crédits :** 1

**Coefficient de la matière :** 1

### Objectifs de l'enseignement

- Apprendre l'anglais standard. Développer l'écoute en Anglais.
- Parfaire les connaissances des étudiants en notions de bases sémantiques et grammaticales en Anglais.
- Développer et parfaire la rédaction d'un essai ou d'une dissertation en Anglais.
- Apprendre à lire un article. Savoir lire un ouvrage.
- Apprendre à résumer des textes ou des ouvrages en Anglais.
- Parfaire les techniques de contraction de texte en Anglais.

### Connaissances préalables recommandées

Notions élémentaires d'Anglais

### Contenu de la matière :

#### **Chapitre 1 : Syntaxe et sémantique en Anglais (5 semaines)**

- 1.1 Etude de textes scientifiques
- 1.2 Etude de textes en télécommunications
- 1.3 Rappels sur les fondamentaux en syntaxe et grammaire.

#### **Chapitre 2 : Expressions idiomatiques en Anglais (5 semaines)**

- 2.1 Expressions usuelles de l'Anglais courant.
- 2.2 Expressions spécifiques : proverbes, métaphores et anaphores.
- 2.3 Etudes étymologique et sémiologique en Anglais.

#### **Chapitre 3 : Techniques de rédaction en Anglais courant (5 semaines)**

- 3.1 Savoir Rédiger une lettre, une lettre administrative en Anglais.
- 3.2 Rédiger une dissertation en Anglais sur un sujet quelconque.
- 3.3 Savoir résumer et contracter les textes en Anglais.

**Mode d'évaluation :** Examen final 100%

**Références** (Livres et photocopiés, sites internet, etc).

Photocopiés distribués en cours

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 1

**Unité d'Enseignement :** Découverte **Code :** UED 1.1  
**Intitulé de la matière :** Routage et Commutation  
**Enseignant responsable de l'UE :** CHITROUB Salim, Prof.  
**Enseignant responsable de la matière :** BENMERAR Tarik, MCB  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** Cours : 01h30  
**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 2h30 heures  
**Nombre de crédits :** 1  
**Coefficient de la Matière :** 1

#### Objectifs de l'enseignement :

A l'issue de ce cours, l'étudiant connaîtra les fonctions qui permettent de déterminer le meilleur chemin dans un réseau IP vers une destination identifiée par une adresse de réseau. Dans cette matière, on retrouve la commutation, le routage statique et dynamique.

#### Connaissances préalables recommandées :

Théorie de l'information, les éléments d'un réseau.

#### Contenu de la matière :

##### Chapitre 1. Commutation dans les LANs

(2 Semaines)

1. Interconnexions
2. Fonctionnement des ponts
3. Principe de la commutation dans les LANs
4. Techniques de Commutations

##### Chapitre 2. Virtual LAN (VLAN)

(2 Semaines)

1. Segmentation d'un VLAN (Définition, Avantage, Type de VLAN et étiquetage des trames Ethernet)
2. Protocole DTP (Dynamic Trunking Protocol)
3. Sécurité et conception VLAN
4. Routage inter-VLAN

##### Chapitre 3. Redondances des liens commutés

(2 Semaines)

1. Conception hiérarchique du réseau : Domaines défaillants
2. Le protocole STP, "Spanning-Tree Protocol"
3. Convergence
4. Le protocole RSTP

##### Chapitre 4. Agrégation des liens (Etherchannel)

(2 Semaines)

1. Conception hiérarchique du réseau : Augmentation de la bande passante
2. Le protocole LACP (Link Agrégation Protocol), normalisé IEEE (IEEE802.3ad, IEEE 802.1AX)
3. Le protocole PAgP (Port Agrégation Protocol), propriétaire Cisco
4. Configuration

##### Chapitre 5. Routage statique

(3 Semaines)

1. Notion de route
2. Routage statique
3. La table de routage (caractérise une route, Métrique associée à une route, La distance administrative)
4. Réseaux directement connectés
5. Routes statiques (vers l'adresse du saut suivant, vers une interface de sortie, Résolution d'une route, la recherche récursive, Établissement d'une route statique flottante, Routes résumées, Routes par défaut)

## **Chapitre 6. Routage dynamique**

**(4 Semaines)**

1. Introduction
2. Routage à vecteur de distance (Le protocole RIPv1 et RIPv2, Le protocole EIGRP)
3. Routage par information d'état de lien (Le protocole OSPF)

**Mode d'évaluation : Examen final 100%**

**Références** (Livres et photocopiés, sites internet, etc).

1. A. Tanenbaum, "Computer Network".
2. Keshav, "An Engineering Approach to Computer Networking".
3. L. Toutain, "Réseaux Locaux et Internet".
4. Supports de cours Cisco

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 1

**Unité d'Enseignement :** Découverte **Code :** UED 1.1  
**Intitulé de la matière :** Programmation C++/Python  
**Enseignant responsable de l'UE :** CHITROUB Salim, Prof.  
**Enseignant responsable de la matière :** CHITROUB Salim, Prof.  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** Cours : 01h30  
**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 2h30 heures  
**Nombre de crédits :** 1  
**Coefficient de la Matière :** 1

#### Objectifs de l'enseignement :

Les réseaux 5G et au-delà entrent dans l'ère de la virtualisation et de l'automatisation de leurs fonctionnalités pour faire de l'autonomie du réseau une réalité sur le terrain. Ainsi, en faisant fonctionner chaque partie du réseau sur sa propre autonomie, le déploiement optimisé des réseaux accès radio et cœur, en fonction des scénarios d'utilisation, se fera de manière totalement virtuelle et automatique. Dans ce contexte, les organismes de normalisation travaillent activement à l'élaboration de normes régissant les réseaux autonomes. Apprenez à automatiser le réseau à l'aide de C ++ ou Python permet aux ingénieurs des futurs réseaux sans fil de maximiser leurs compétences en réseau en apprenant à créer des solutions pour les tâches réseau fastidieuses, compliquées et accablantes telles que: les dernières technologies multiutilisateurs Massive MIMO, mmWave MIMO, NOMA, antennes intelligentes et radio cognitive qui forment les piliers de la 5G et au-delà. De plus, la dimension des données des réseaux Big Data encourage l'utilisation de la programmation en C ++ ou Python en raison de leurs caractéristiques, car ce sont les langages de programmation structurés les plus avancés et les plus puissants. Les étudiants acquerront une connaissance approfondie de la programmation C ++ / Python et une expérience pratique de travail sur des projets 5G de pointe basés sur C ++ / Python

#### Connaissances préalables recommandées :

Algorithmique, Probabilités et statistiques ; Algèbre et calcul matriciel ; Théorie des nombres ; Méthodes numériques.

#### Contenu de la matière :

##### Chapitre 1 : Vue d'ensemble des langages C ++ et Python (2 semaines)

1. L'interpréteur interactif
2. Nombres et d'expressions
3. Variables
4. Chaines de caractères
5. Déclarations
6. Nombres complexes
7. Pointeurs de fichier
8. Allocation dynamique de mémoire
9. Sauvegarde et exécution des programmes

##### Chapitre 2 : Concepts et exemples de fonctions et de modules en C ++ et Python (3 semaines)

1. Introduction
2. Notion de Fonction
3. Exemples d'utilisation de Fonctions
4. Notion de Module
5. Exemples d'utilisation de Modules



### **Chapitre 3 : Concepts et exemples de classes et d'objets en C ++ et Python (3 semaines)**

1. Introduction
2. Notion de Classe
3. Exemples d'utilisation de Classes
4. Notion d'Objet
5. Exemples d'utilisation d'Objets

### **Chapitre 4 : Opérations sur les fichiers de données avec C ++ et Python avec exemples (3 semaines)**

1. Introduction
2. Ouverture et fermeture de fichier avec des pointeurs de fichier
3. Lecture et écriture dans un fichier avec des pointeurs de fichier
4. Modes de lecture et d'écriture dans un fichier avec des pointeurs de fichier
5. Pointage dans un endroit précis du fichier avec des pointeurs de fichier

### **Chapitre 5 : Algorithmes annotés en C++ et Python (4 semaines)**

1. Ecrire et exécuter un programme de création d'un générateur de nombres pseudo-aléatoires avec calcul de sa période.
2. Ecrire et exécuter un programme de classification non-supervisée des données en utilisant un algorithme de *Clustering*.
3. Ecrire et exécuter un programme qui réalise un chiffrement et déchiffrement des données numériques en utilisant un algorithme spécifique de chiffrement par flot.

**Mode d'évaluation : Examen final 100%**

**Références** (Livres et photocopiés, sites internet, etc).

[1] "*Advanced Python Development, Using Powerful Language Features in Real-World Applications*", M. Wilkes, Apress, ISBN-13 (pbk): 978-1-4842-5792-0 ISBN-13 (electronic): 978-1-4842-5793-7, 2020.

[2] "*Advanced Guide to Python 3 Programming*", John Hunt, Springer, ISSN 1863-7310 ISSN 2197-1781 (electronic), ISBN 978-3-030-25942-6, ISBN 978-3-030-25943-3 (eBook), 2019.

[3] "*Pro Python Best Practices, Debugging, Testing and Maintenance*", K. Rother, ISBN-13 (pbk): 978-1-4842-2240-9 ISBN-13 (electronic): 978-1-4842-2241-6, 2017.

[4] "*Programming with Python*", T.R. Padmanabhan, Springer, ISBN 978-981-10-3276-9 ISBN 978-981-10-3277-6 (eBook), 2016.

[5] "*Annotated Algorithms in Python, With applications in Physics and Finance*", Massimo Di Pierro, Experts for Solutions, 2<sup>nd</sup> Edition, ISBN: 978-0-9911604-0-2, 2017.

## **Deuxième Semestre : (S2)**

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 2

**Unité d'Enseignement :** Fondamentale

**Code :** UEF 1.2.1

**Intitulé de la matière :** Traitement du Signal pour les Communications Radio Mobile

**Enseignant responsable de l'UE :** MEKAOUI Slimane Prof.

**Enseignant responsable de la matière :** MEKAOUI Slimane Prof.

**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** Cours : 3h00, TD : 1h30

**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 82h30 heures

**Nombre de crédits :** 6

**Coefficient de la matière :** 3

#### Objectifs de l'enseignement :

Munir les étudiants de notions avancées dans le traitement du signal pour les communications Radio Mobile.

#### Connaissances préalables requises :

Une parfaite connaissance du traitement de signal dispensé en Licence est requise.

#### Contenu de la matière :

#### Chapitre 0 Optimisation des filtres numériques (2 semaines)

0-1 Par les fonctions d'interpolation

0-2 Par l'algorithme MINIMAX

0-3 Par l'algorithme de Parks McClellan.

#### Chapitre I : Introduction au traitement du signal pour les communications radio-mobiles (3 semaines)

I. 1. Classification des canaux de communications radio-mobiles

I. 2. Systèmes à bande minimale et bande large

I. 3. Filtres de Kalman et filtres adaptatifs

#### Chapitre II : Estimation dynamique de paramètres d'un canal radio-mobile (5 semaines)

III. 1. Estimation de canal radio-mobile en modulation multi-porteuse

III. 2. Estimation dynamique non-linéaire ou conjointe

III. 3. Filtres de Kalman pour l'estimation du canal

III. 4. Filtres adaptatifs pour l'estimation du canal

III. 5. Estimation dynamique du canal et compensation

#### Chapitre III : Traitement du signal pour 5G (5 semaines)

VI. 1. Modulation, codage et forme d'onde pour 5G

VI. 2. La solution LTE : techniques OFDM et SC-FDMA

VI. 3. Filtres pour les Multi-porteuses

VI. 4. Multiplexage par division de fréquence généralisée

VI. 5. Multiplexage par division de fréquence bi-orthogonale

#### Mode d'évaluation : Contrôle continu 40% et Examen final 60%

#### Références (Livres et photocopiés, sites internet, etc).

- 1) F. L. Luo and C. J. Zhang. Signal Processing for 5G. IEEE Press, Wiley, 2016.
- 2) L. Ros. Traitement du signal pour les communications numériques au travers de canaux radio-mobiles. Traitement du signal et de l'image. Université de Grenoble, Ecole doctorale EEATS, spécialité Signal, Image, Parole et Télécommunications, 2016.

- 3) H. Shu, L. Ros, E.P. Simon, "Simplified Random-Walk-Model-Based Kalman Filter for Slow to Moderate Fading Channel Estimation in OFDM Systems", IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 62, n 15, pages 4006-4017, August 2014.
- 4) L. Ros, H. Hijazi, E.P. Simon, "Complex Amplitudes Tracking Loop for multipath channel estimation in OFDM systems under slow to moderate fading", Elsevier Signal Processing, vol.97, pages 134-145, April 2014.

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 2

**Unité d'Enseignement :** Fondamentale    **Code :** UEF 1.2.1  
**Intitulé de la matière :** Techniques avancées de codage de canal

**Enseignant responsable de l'UE :** TOUNSI M. Lamine Prof.  
**Enseignant responsable de la matière :** BOUZID Merouane, Prof.  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** Cours : 01h30, TD : 01h30  
**Nombre semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 55h  
**Nombre de crédits :** 4.  
**Coefficient de la matière :** 2

### Objectifs de l'enseignement

L'objectif de ce cours est d'étudier d'abord les techniques conventionnelles de codage de canal (codes détecteurs/correcteurs d'erreurs en blocs et convolutifs) et de se familiariser ensuite avec les nouvelles techniques de codage de canal appliquées dans les systèmes de communication numériques, en particulier les systèmes radio-mobiles.

### Connaissances préalables recommandées

Théorie de l'information, canaux de transmission discrets, techniques de compression des données (quantifications scalaire et vectorielle, ...), codage de source.

### Contenu de la matière :

#### Chapitre 1 : Fondements de base du codage de canal (2 semaines)

- 1.1 Principe de base du codage de canal. Performances des codes de canal.
- 1.2 Pouvoir de détection/correction des erreurs.
- 1.3 Représentations des codes de canal.
- 1.4 Capacité de correction: notion de distance minimale
- 1.5 Stratégies du codage de canal : Stratégies ARQ, FEC et hybride (ARQ/FEC).
- 1.6 Applications pratiques: ARQ avec codes CRC, etc.

#### Chapitre 2 : Codage de canal en blocs (3 semaines)

- 2.1 Codes en blocs linéaires : Procédure de codage.
- 2.2 Codes en bloc linéaires systématiques
- 2.3 Procédures de codage et de décodage : détection/correction d'erreurs.
- 2.4 Décodage à maximum de vraisemblance (ML).
- 2.5 Décodage des codes en blocs linaires systématiques :
  - Décodage par le tableau standard.
  - Décodage par syndrome.
- 2.6 Exemples de codes en bloc linéaires : Code à répétition, Code de Hamming, etc.

#### Chapitre 3 : Codes en blocs cycliques (2 semaines)

- 3.1 Codes cycliques : principe de construction.
- 3.2 Procédures de codage/décodage des codes cycliques.
- 3.3 Circuits de codage/décodage des codes cycliques.
- 3.4 Classes des codes cycliques : Codes BCH, codes de Reed-Solomon, etc.**
- 3.5 Application pratique des codes cycliques BCH.

#### Chapitre 4 : Codage de canal convolutif (2 semaines)

- 4.1 Principe de base du codage convolutif
- 4.2 Structure générale d'un codeur convolutif.

- 4.3 Types de codeurs convolutifs : codeurs non-systématique, systématique et récursif.
- 4.4 Représentation des codeurs convolutifs : Diagrammes en arbre, en treillis et d'état.
- 4.5 Décodage des codes convolutifs : Algorithme de Viterbi
- 4.6 Capacité de correction des codes convolutifs : notion de distance libre.

## **Chapitre 5 : Entrelacement et concaténation des codes (2 semaines)**

- 5.1 Principe de l'entrelacement.
- 5.2 Techniques d'entrelacement :
  - Technique d'entrelacement par bloc.
  - Technique d'entrelacement avec retard.
- 5.3 Applications pratiques de l'entrelacement.
- 5.4 Généralités sur la concaténation des codes :
  - Concaténation série. Concaténation parallèle. Concaténation hybride (série et parallèle).
- 5.5 Applications de la concaténation des codes.

## **Chapitre 6 : Codes de canal appliqués dans les systèmes de communication radio-mobiles (2 semaines)**

- 6.1 Les Turbo-codes.
- 6.2 Les codes LDPC.
- 6.3 Les codes polaires.

## **Chapitre 7 : Codage conjoint source-canal (2 semaines)**

- 7.1 Fondements de base du codage conjoint source-canal (CCSC).
- 7.2 Inconvénients du codage séparé de Shannon : état de l'art du CCSC.
- 7.3 Méthodes de conception du codage CCSC :
  - CCSC par équilibrage des débits.
  - CCSC par protection inégale aux erreurs (UEP).
  - CCSC par assignation d'indice (AI).
  - CCSC par quantification optimisée pour un canal bruité.
  - CCSC par optimisation conjointe du quantificateur, de l'AI et de la modulation.

### **Mode d'évaluation : Contrôle continu 40% et Examen final 60%**

#### **Références** (Livres et photocopiés, sites internet, etc....).

- J. C., Moreira, P. G., Farrell, "Essentials of Error-Control Coding", John Wiley and Sons, Ltd, 2006.
- C. Berrou, "Codes et turbocodes", Springer-verlag France, 2007.
- Norbert Goertz, "Join Source-Channel Coding of Discrete-Time Signals With Continuous Amplitudes", Imperial College Press, 2007.
- M. Bossert, "Channel Coding for Telecommunications", John Wiley & Sons, Ltd, UK, 1999.
- A. Neubauer, J. Freudenberger and V. Kühn, "Coding Theory Algorithms, Architectures, and Applications", John Wiley & Sons, Ltd, 2007.

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 2

**Unité d'Enseignement** : Fondamentale    **Code** : UEF 1.2.2  
**Intitulé de la matière** : Techniques Avancées en Radiocommunications Numériques  
**Enseignant responsable de l'UE** : Prof. MEKAOUI Slimane Prof.  
**Enseignant responsable de la matière** : METREF Adel, M.C.B.  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine** : Cours : 01h30, TD : 1h30  
**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant** : 55 heures  
**Nombre de crédits** : 4  
**Coefficient de la matière** : 2

### Objectifs de l'enseignement :

A travers cet enseignement, les étudiants comprendront en profondeur les effets du canal de communication radio-mobile ainsi que sa modélisation mathématique et l'impact de ses effets sur les performances de la détection. L'essentiel des techniques avancées utilisées aujourd'hui dans les réseaux radio mobile 4G ainsi que les futurs réseaux radio mobiles 5G, à savoir le MIMO et le massive MIMO seront explicitées avec le détail qui permet aux étudiants de cerner leur principe et leur impact sur les performances des réseaux radio mobiles.

**Connaissances préalables recommandées** : Connaissances acquises en M1 dans les Modules : Bases en Radiocommunications et Modélisation Stochastique et Estimation ainsi qu'en L3 dans le module communications numériques.

### Contenu de la matière :

#### **Chapitre 1 : le canal de communication radio-mobile : Affaiblissement de la propagation et effet de masque (4 semaines)**

- 1.1 Caractéristiques de propagation du signal
  - 1.1.1 Affaiblissement de propagation (Path loss)
  - 1.1.2 Effet de masque (Shadowing)
  - 1.1.3 Evanouissement du signal (Signal fading)
- 1.2 Modélisation de l'affaiblissement de propagation
  - 1.2.1 Le modèle espace-libre
  - 1.2.2 Le modèle two-ray
  - 1.2.3 Les modèles empiriques
  - 1.2.4 Le modèle simplifié
- 1.3 Effet de masque
  - 1.3.1 Introduction
  - 1.3.2 Modèle log-normal
  - 1.3.3 Probabilité de couverture
  - 1.3.4 Zone de couverture d'une cellule (Cell Coverage Area)
  - 1.3.5 Marge d'évanouissement par effet de masque (Shadow Fading Margin)

#### **Chapitre 2 : le canal de communication radio-mobile : canal multi-trajets (5 semaines)**

- 2.1 Effet Doppler et évanouissement déterministe
- 2.2 Réponse impulsionnelle du canal : caractérisation statistique
  - 2.2.1 Diffusion non-corrélée
  - 2.2.2 Canal discret multi-trajets
  - 2.2.3 Profile puissance-retard (Power delay profile)
  - 2.2.4 Spectre de puissance Doppler (Doppler power spectrum)

- 2.3 Classification des canaux multi-trajets
- 2.4 Statistiques des gains de trajet :
- 2.5 Sélectivité du canal et modèle du signal reçu
  - 2.5.1 Evanouissement variant dans le temps et sélectif en fréquence
  - 2.5.2 Evanouissement invariant dans le temps et sélectif en fréquence
  - 2.5.3 Evanouissement invariant dans le temps et plat en fréquence
  - 2.5.4 Evanouissement variant dans le temps et plat en fréquence
- 2.6 Détection du signal dans un canal à évanouissement plat de type Rayleigh

### **Chapitre 3 : Les systèmes Muti-antennes**

**(6 semaines)**

#### **3.1 Diversité spatiale au niveau du récepteur**

- 3.1.1 Technique MRC (Maximal Ratio Combining)
- 3.1.2 Technique EGC (Equal Gain Combining)
- 3.1.3 Technique SC (Selection Combining)
- 3.1.4 Ordre de diversité (diversity order) et gain de puissance (array gain)

#### **3.2 Diversité spatiale au niveau de l'émetteur**

- 3.2.1 Beamforming
- 3.2.2 Codage d'Alamouti
- 3.2.3 Codage spatio-temporel

#### **3.3 Systèmes MIMO**

- 3.3.1 Les détecteurs MIMO linéaires :
- 3.3.2 Détecteur ZF (Zero-Forcing)
- 3.3.3 Détecteur MMSE (Minimum Mean Square Error)
- 3.3.4 Les détecteurs MIMO non-linéaires :
- 3.3.5 Détecteurs ZF/MMSE-SIC (ZF/MMSE Successive Interference Cancellation)
- 3.3.6 Détecteur V-BLAST (Vertical – Bell – Laboratories –Layered –Space - Time)
- 3.3.7 Notion de de compromis diversité/multiplexage (DMT : Diversity-Multiplexing Tradeoff)
- 3.3.8 Pré-codage linéaire

#### **3.4 MIMO multi-utilisateurs**

- 3.4.1 MIMO multi-utilisateurs en voie montante
- 3.4.2 MIMO multi-utilisateurs en voie descendante
- 3.4.3 Accès orthogonal vs multiplexage spatial
- 3.4.4 Régions de capacité

#### **4.4 MIMO massif dans les réseaux cellulaires**

- 4.4.1 Réseaux cellulaires
- 4.4.2 Estimation du canal et contamination des pilotes
- 4.4.3 Efficacité spectrale avec MRC
- 4.4.4 Contrôle de puissance

**Mode d'évaluation : Contrôle continu 40% et Examen final 60%**

**Références** (Livres et polycopiés, sites internet, etc).

- David Tse and Pramod Viswanath, "Fundamentals of Wireless Communications", Cambridge University Press, 2005.
- Andrea Goldsmith, "Wireless Communications", Cambridge University Press, 2005.
- Robert W. Heath Jr, "Foundations of MIMO Communication", Cambridge University Press, 2019.
- Thomas L. Marzetta, "Fundamentals of Massive MIMO" Cambridge University Press, 2016.
- Emil Bjornson, "Massive MIMO Networks: Spectral, Energy, and Hardware Efficiency", Foundations and Trends® in Signal Processing: Vol. 11, 2017.



## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 2

**Unité d'Enseignement :** Fondamentale    **Code :** UEF 1.2.2  
**Intitulé de la matière :** Propagation dans les Systèmes Radio Mobile

**Enseignant responsable de l'UE :** TOUNSI M. Lamine Prof.

**Enseignant responsable de la matière :** TOUNSI M. Lamine Prof.

**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** Cours : 01h30, TD : 1h30

**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 55 heures

**Nombre de crédits :** 4

**Coefficient de la matière :** 2

**Objectifs de l'enseignement :** Introduire les notions de propagation dans le contexte des systèmes Radio Mobile. A l'issue de ce cours, les étudiants doivent être capables de faire un bilan complet de liaison GSM et de caractériser la propagation troposphérique et ionosphérique dans le même contexte.

**Connaissances préalables recommandées :** Maîtrise des Intégrales et des équations différentielles ainsi que tous les opérateurs définis dans la théorie du champ.

#### Contenu de la matière :

**Chapitre 1 : Rappels sur les notions de propagation et antennes** (2 semaines)

- 1.1. Propagation en espace libre et guidée
- 1.2. Equations de Fresnel-Descartes
- 1.3. Diagramme de rayonnement
- 1.4. Directivité et gain
- 1.5. Impédance d'entrée, efficacité de rayonnement
- 1.6. Equation des télécommunications

**Chapitre 2 : Différents phénomènes physiques en LOS et NLOS** (3 semaines)

- 2.1. Réflexion
- 2.2. Diffusion
- 2.3. Réfraction
- 2.4. Phénomènes de multi trajets (en zone urbaine, en zone rurale)

**Chapitre 3 : Notions de propagation atmosphérique.** (2 semaines)

- 3.1. Propagation troposphérique
- 3.2. Propagation ionosphérique

**Chapitre 4 : Bilan de liaison LOS, NLOS** (3 semaines)

- 4.1. Propagation LOS
- 4.2. Propagation N LOS
- 4.3. Bilan de liaison global et contrôle de puissance

**Chapitre 5 : Modèles de propagation Indoor et Outdoor** (5 semaines)

- 5.1. Modèle de propagation de Cost Hata.
- 5.2. Modèle de propagation d'Okumura Hata.
- 5.3. Modèle de propagation de Walfish-Ikegami.
- 5.4 Calcul des performances d'une liaison GSM.

**Mode d'évaluation :** Contrôle continu 40% et Examen final 60%

**Références** (Livres et photocopiés, sites internet, etc).  
Réseau GSM, 5<sup>ème</sup> Edition, Hermès, Xavier Lagrange.

Les réseaux radio mobiles, Hermès, Collectif d'auteurs.  
Réseaux mobiles, Editeur : Hermès - Lavoisier. Sami Tabbane  
Wireless Communications: Principles and Practice, 2nd Edition. Theodore Rappaport.  
Cours 'Radiocommunications Numériques' du CNAM de Paris, B. Finet M. Terre.

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 2

**Unité d'Enseignement :** Méthodologique                      **Code :** UEM 1.2  
**Intitulé de la matière :** Géo localisation et Applications en Radio Mobile  
**Enseignant responsable de l'UE :** FERGANI Lamya, Prof.  
**Enseignant responsable de la matière :** FERGANI Lamya, Prof.  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** Cours : 1h30, TP : 1h00  
**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 37h30mn  
**Nombre de crédits :** 3  
**Coefficient de la matière :** 2

#### Objectifs de l'enseignement :

Durant ce cours, les différentes techniques de localisation outdoor et indoor existantes seront étudiées. En particulier, les métriques et méthodes associées à chacune feront l'objet d'une étude détaillée. Les nouvelles voies de recherche seront introduites.

#### Connaissances préalables recommandées :

Traitement du signal, filtrage, Intelligence artificielle

#### Contenu de la matière :

- Chapitre 1 : Intérêt et Enjeux de la Géolocalisation** (1 semaine)  
1.1 Contexte et applications  
1.2 Classification des systèmes de géolocalisation
- Chapitre 2 : Systèmes de Navigation basés sur les satellites** (4 semaines)  
2.1 Systèmes satellitaires globaux de navigation (GNSS)  
2.2 Systèmes GPS, Galileo, GLONASS;  
2.3 Problématique de positionnement  
2.4 Signaux et messages de navigation  
2.5 Segments spatial, de contrôle et utilisateur.
- Chapitre 3 : Systèmes de Navigation basés sur les réseaux Terrestres** (3 semaines)  
3.1 Systèmes de navigation basés sur les réseaux cellulaires  
3.2 Systèmes de navigation basés sur les WLANs (Wireless Local Area Networks)  
3.3 Systèmes de navigation par RFID (Radio Frequency Identification).  
3.4 Systèmes de navigation par réseaux de capteurs sans fil
- Chapitre 4 : Systèmes de Navigation Hybrides** (2 semaines)  
4.1 Systèmes hybrides GNSS-cellulaires  
4.2 Systèmes hybrides GNSS-INS
- Chapitre 5 : Localisation Coopérative** (1 semaine)  
5.1 Approches coopératives  
5.2 Localisation coopérative entre réseaux cellulaires et réseaux de capteurs
- Chapitre 6 : Localisation Indoor et Problématiques associées** (2 semaines)  
6.1 Localisation par RFID  
6.2 Localisation RFID assistée par WLAN
- Chapitre 7 : Localisation et Radio Cognitive** (1 semaine)  
7.1 Localisation adaptative via la radio cognitive
- Chapitre 8 : Application de la géolocalisation : Google Maps** (1 semaine)

**Mode d'évaluation : Contrôle continu 40% et Examen final 60%**

#### Référence :

F. Duquesne & all, "GPS : localisation et navigation par satellite", Hermès 2005.

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 2

**Unité d'Enseignement :** Découverte **Code :** UED 1.2  
**Intitulé de la matière :** Programmation Java  
**Enseignant responsable de l'UE :** FERGANI Belkacem, Prof.  
**Enseignant responsable de la matière :** FERGANI Belkacem, Prof.  
**Nombre d'heures d'enseignement /Semaine Cours :** 1h30mn  
**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 2h30 heures  
**Nombre de crédits :** 1  
**Coefficient de la matière :** 1

#### Objectifs de l'enseignement :

Initier l'étudiant à la programmation orientée objet à travers Java. La programmation orienté objet fait appel à des notions de classes et d'objets, ainsi que les trois principaux paradigmes : Encapsulation, Héritage et Polymorphisme.

#### Connaissances préalables recommandées :

Connaissance du langage C (Syntaxe) et des compétences en algorithmique.

#### Contenu de la matière :

##### **Chapitre 1 : Notions de classes et d'objets (2 semaines)**

- 1.1 Introduction sur l'IDE Eclipse
- 1.2 Installation de l'IDE Eclipse
- 1.3 Notions de base du langage Java
- 1.4 Classe
- 1.5 Objet
- 1.6 Constructeur de la classe

##### **Chapitre 2 : L'encapsulation des données (1 semaine)**

- 2.1 Regroupement de données avec les routines
- 2.2 Définition des méthodes d'accès aux données

##### **Chapitre 3 : Programmation des classes (1 semaine)**

- 3.1 Conception des classes
- 3.2 Types de classes

##### **Chapitre 4 : L'héritage (2 semaines)**

- 4.1 Spécialisation d'une classe grâce à l'héritage
- 4.2 Mécanisme d'héritage

##### **Chapitre 5 : Le polymorphisme (2 semaines)**

- 5.1 Redéfinition d'une méthode de classe grâce au polymorphisme
- 5.2 Polymorphisme paramétrique
- 5.3 Polymorphisme d'héritage
- 5.4 Polymorphisme ad hoc

##### **Chapitre 6 : Introduction à Java Orienté Objet (2 semaines)**

- 6.1 Portée variable dans les classes
- 6.2 Contrôle d'accès

##### **Chapitre 7 : Les concepts avancés de Java Script (3 semaines)**

- 7.1 Récursivité
- 7.2 La gestion des exceptions
- 7.3 Notion d'interface fonctionnelle

##### **Chapitre 8 : Les Bibliothèques standards de Java (2 semaines)**

- 8.1 Définition de la bibliothèque standard

8.2 Types de bibliothèques standards

8.3 Packages de la bibliothèque standard (java.awt, java.io, java.lang, java.math...)

**Mode d'évaluation : Examen final 100%**

**Références :**

Bjarne Stroustrup, "The C++ Programming language" Addison Wesley.

Claude Delannoy, "Programmer en C++", Eyrolles.

Claude Delannoy, "Exercices en langage C++", Eyrolles.

Jan Soulé "C++ Language Tutorial", available at [www.cplusplus.com](http://www.cplusplus.com)

Bruce Eckel "Thinking in C++", available at [www.mindview.net](http://www.mindview.net)

Coding with JavaScript For Dummies ©Published by: John Wiley & Sons, Inc.,  
Chris Minnick and Eva Holland

A Comprehensive Introduction to Object-Oriented Programming with Java

C. Thomas Wu

McGraw Hill, 2008

A Concise and Practical Introduction to Programming Algorithms in Java,

Frank Nielsen

Springer-Verlag London, 2009

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 2

**Unité d'Enseignement :** Découverte **Code :** UED 1.2  
**Int.de la matière :** Solutions Matérielles pour la radio logicielle  
**Enseignant responsable de l'UE :** FERGANI Lamy, Prof.  
**Enseignant responsable de la matière :** SKOUDARLI Abdallah, MCB.  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** Cours : 1h30  
**Nombre d'heures de travail personnel pour l'étudiant/Semaine :** 2h30mn  
**Nombre de crédits :** 1  
**Coefficient de la matière :** 1

### Objectifs de l'enseignement

La radio logicielle est à la base de la conception des systèmes radio mobiles modernes. Les contraintes d'implémentation de la radio logicielle imposent des compromis qui impactent fortement son niveau de flexibilité. En effet, sa flexibilité lui permet de s'adapter à différents protocoles de communications et de répondre aux besoins croissant de performance et d'interopérabilité des systèmes. Le traitement numérique des étapes modulation/codage, démodulation/décodage, ainsi la complexité des algorithmes de traitement des normes de communications constitue une partie importante dans la conception des systèmes radio logicielle. De plus, la cohabitation de fonctions applicatives avec les traitements radio proprement dits conduit en général à des architectures multiprocesseurs ou des architectures hybrides. A l'issue de cette unité d'enseignement l'étudiant doit être en mesure d'analyser un cahier des charges de solution matérielle pour la radio logicielle et de décider sur le choix d'une solution.

### Connaissances préalables recommandées

Architecture des systèmes, Bases des télécommunications

### Contenu de la matière :

#### Chapitre 1 : Généralités sur les différentes plates formes matérielles (3 semaines)

1. Introduction
2. Machine Von Newman vs Harvard
3. Jeu d'instruction CISC vs RISC
4. Exécution d'un programme
5. Pipelining des instructions
6. Architecture d'un GPP (UAL et Unité de commande)
7. Mécanismes d'accélération des GPP
8. Mesures de performance

#### Chapitre 2 : Solutions à base de DSP (3 semaines)

1. Architecture des DSP C6000 (unités de calcul M, L, S et D)
2. Gestion de la mémoire
3. Périphériques internes
4. Architecture des C6600 et Keystone
5. Applications dans les télécommunications
  - DSP pour Multimédia
  - DSP pour la LTE,
  - DSP pour interfaçage des antennes en 4G.

#### Chapitre 3 : Solutions à base de FPGA (3 semaines)

1. Architecture d'un FPGA
2. Ressources d'un FPGA
3. Flot de conception des FPGA

4. Langage HDL
5. Solution FPGA pour la LTE
6. Solution SoC sur FPGA
7. Solution pour bande de base à l'aide de FPGA

**Chapitre 4 : Solutions à base de ASIC**

**(2 semaines)**

1. Présentation d'un ASIC
2. Flot de conception des ASIC
3. Solution ASIC pour la radio
4. Solution ASIC pour le Wireless
5. Solution pour les antennes

**Chapitre 5 : Architecture Hybride DSP, FPGA et ASIC**

**(2 semaine)**

1. Solution DSP FPGA(coprocasseur) pour la LTE au niveau de l'eNB
2. Solution DSP ASIC pour Ser/Des pour la LTE
3. Chaîne de traitement de signal DSP-ASIC en Wireless
4. Solution DSP ASIC pour interfaçage des antennes (CPRI et OBSAI) en LTE

**Chapitre 6 : Etude de cas : Choix d'une solution matérielle.**

**(2 semaines)**

Etude du Tranceiver LTE (Emetteur+ Récepteur )

**Mode d'évaluation : Examen final 100%**

**Références** (Livres et polycopiés, sites internet, etc).

Livres:

Savo Glisic, «Advanced Wireless Communications 4G Technologies», John Wiley and Sons.

Paul Burns, "Software Defined Radio for 3G", Artech House.

Rodger H. Hosking, "Software Defined Radio Handbook", Pentek Inc, at [www.pentek.com](http://www.pentek.com)

Advanced Wireless Networks Technologies

Sites Web:

[www.ti.com](http://www.ti.com)

[www.xilinx.com](http://www.xilinx.com)

[www.altera.com](http://www.altera.com)

[www.designreuse.com](http://www.designreuse.com)

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 2

**Unité d'Enseignement :** Transversale **Code :** UET 1.2

**Intitulé de la matière :** Anglais Technique et Terminologie

**Enseignant responsable de l'UE :** Prof. SAYOUD- OUAMOUR Siham

**Enseignant responsable de la matière :** Prof. SAYOUD- OUAMOUR Siham

**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** Cours : 3 heures

**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 2h30 heures

**Nombre de crédits :** 1

**Coefficient de la matière :** 1

#### Objectifs de l'enseignement :

Dans cette matière, l'étudiant apprendra les bases de l'anglais technique relatif à la spécialité

- Apprendre l'anglais technique
- Apprendre à lire un article de recherche
- Apprendre à rédiger un article de recherche
- Apprendre à présenter un travail de recherche

#### Connaissances préalables recommandées

Notions élémentaires d'Anglais Courant et standard.

#### Contenu de la matière :

##### **Chapitre 1 : Anglais technique dans le domaine des Télécommunications (5 semaines)**

- 1.1 Introduction
- 1.2 Terminologie en télécommunications
- 1.3 Analyse détaillée d'un texte technique

##### **Chapitre 2 : Etude d'un article scientifique (5 semaines)**

- 2.1 Introduction
- 2.2 Compréhension et analyse d'articles scientifiques et techniques
- 2.3 Documentaires techniques dédiés aux Télécommunications
- 2.4 Ecoute et Formulation en Anglais technique

##### **Chapitre 2 : Rédaction d'un article scientifique (5 semaines)**

- 3.1 Introduction
- 3.2 Principes de base en rédaction
- 3.3 Principes de base en présentation
- 3.4 Mini-projets

**Mode d'évaluation : Examen final 100%**

**Références** (Livres et polycopiés, sites internet, etc).

[www.techdico.com/](http://www.techdico.com/)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Anglais\\_technique\\_simplifié](https://fr.wikipedia.org/wiki/Anglais_technique_simplifié)

[www.systran.fr/lp/traduction-notice-technique](http://www.systran.fr/lp/traduction-notice-technique)

[dictionnaire.reverso.net/francais-anglais/technique](http://dictionnaire.reverso.net/francais-anglais/technique)

[dictionnaire.reverso.net/anglais-francais/technique](http://dictionnaire.reverso.net/anglais-francais/technique)

[www.larousse.fr/dictionnaires/francais-anglais/technique/](http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais-anglais/technique/)

[www.bloomsbury-international.com/.../courses/english-for-specific-purp..](http://www.bloomsbury-international.com/.../courses/english-for-specific-purp..)

[fr.softonic.com/s/cours-anglais-technique-gratuit](http://fr.softonic.com/s/cours-anglais-technique-gratuit)

[www.ebanque-pdf.com/fr\\_cours-anglais-technique-informatique.html](http://www.ebanque-pdf.com/fr_cours-anglais-technique-informatique.html)



## **Troisième Semestre (S3)**

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 3

**Unité d'Enseignement :** Fondamentale                      **Code :** UEF 2.1.1  
**Intitulé de la matière :** Sécurité en Radio Mobile  
**Enseignant responsable de l'UE :** CHITROUB Salim, Prof.  
**Enseignant responsable de la matière :** CHITROUB Salim, Prof.  
**Nombre d'heures d'enseignement /Semaine :** Cours : 03h00 ; TD : 01h30  
**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 82h30 heures  
**Nombre de crédits :** 6  
**Coefficient de la matière :** 3

#### Objectifs de l'enseignement :

Les modèles de sécurité pour les réseaux 4G et ses versions améliorées basés sur des cartes SIM universelles ne sont pas pleinement applicables aux exigences de sécurité uniques des réseaux 5G. La 5G sera confrontée à des défis supplémentaires en raison des préoccupations croissantes concernant la confidentialité des utilisateurs, les nouveaux modèles de confiance et de service, et les exigences de support pour l'IoT et les applications critiques. Les tendances des déploiements 5G sont la virtualisation et l'automatisation de ses fonctions et l'ouverture de son réseau d'accès radio à d'autres réseaux comme le Wi-Fi pour améliorer l'expérience utilisateur. Ces tendances nécessitent un changement dans l'approche actuelle de la sécurité et des risques. Ce module permet aux futurs ingénieurs de réseaux mobiles de comprendre comment la sécurité des futurs réseaux sans fil sera gérée dans le contexte de la virtualisation, de l'automatisation et de la convergence 5G avec d'autres réseaux sans fil pour une expérience utilisateur meilleure, plus sûre et plus fiable.

**Connaissances préalables recommandées :** Réseau 5G, Réseau Wi-Fi, Internet des objets, Sécurité de l'information, confidentialité, risques et cybersécurité.

#### Contenu de la matière :

#### **Chapitre 1 : Sécurité dans les déploiements de réseau d'accès radio 5G**                      **(3 semaines)**

1. Introduction
2. Défis et exigences en matière de sécurité 5G
3. Relation entre les normes et les déploiements
4. Architecture de sécurité 5G
5. Critères de déploiement de la 5G
6. Sécurité dans le réseau d'accès radio (RAN)
  6. 1. Cas de déploiement du RAN avec le réseau cœur 5G
  6. 2. Cas de déploiement 5G non autonome
7. Sécurité dans les futurs déploiements RAN 5G

#### **Chapitre 2 : Sécurité dans le réseau d'accès radio 5G ouvert**                      **(2 semaines)**

1. Introduction
2. Architecture RAN 5G ouvert
3. Sécurité RAN 5G ouvert basée sur le principe Zéro confiance
  3. 1. Communication sécurisée entre les fonctions réseau 5G
  3. 2. Communication sécurisée sur toutes les interfaces
4. Authentification mutuelle entre les fonctions réseau
5. Contrôleur radio intelligent
  5. 1. Sécurité du contrôleur radio intelligent
  5. 2. Interface sécurisée entre contrôleur radio intelligent et l'Open-gNB
  5. 3. Identification de l'utilisateur à l'intérieur du contrôleur radio intelligent

#### **Chapitre 3 : Sécurité dans le réseau cœur 5G**                      **(3 semaines)**

1. Introduction

2. Risques de pénétration massive des protocoles IP dans le plan de contrôle
3. Risques de pénétration massive des protocoles IP dans le plan utilisateur
4. Risques de pénétration massive des protocoles IP dans le plan de signalisation et le réseau cœur 5G.
5. Sécurité dans le plan de contrôle du réseau 5G
6. Fonctionnalités de sécurité spécifiques intégrées au plan utilisateur

#### **Chapitre 4 : Protection de la confidentialité en 5G (3 semaines)**

1. Introduction
2. Problèmes de confidentialité des utilisateurs 5G
3. MNO et Confidentialité
4. Qu'est-ce qu'un IMSI ?
5. Qu'est-ce qu'un Capteur IMSI ?
6. IMSI dans les réseaux précédents
7. IMSI en 5G
8. Comment protéger IMSI en 5G ?
9. Le réseau 5G est-il suffisamment sécurisé ?

#### **Chapitre 5 : Sécurité des objets connectés et de l'internet des objets (2 semaines)**

1. Introduction
2. Fonctionnalités et technologies IoT
3. Architectures d'accès IoT
4. Mécanisme de sécurité pour les objets connectés
5. Protocoles de communication Internet des objets (IoT)
6. Sécurité des protocoles adaptés aux objets connectés
7. Procédures d'authentification mutuelle des objets par le réseau

#### **Chapitre 6 : Sécurité des réseaux Wi-Fi publics et privés (3 semaines)**

1. Introduction
2. Éclaircissement sur la technologie de réseau sans fil Wi-Fi
3. Distinction entre Wi-Fi public et Wi-Fi privé
4. Aspects de sécurité du réseau Wi-Fi
5. Risques et menaces associés au Wi-Fi
6. Protocoles de sécurité WPA et WPA2
7. Vulnérabilités potentielles de WPA et WPA2
8. Protocole de sécurité WPA3 de la nouvelle génération Wi-Fi 6

**Mode d'évaluation : Contrôle continu 40% et Examen final 60%**

**Références** (Livres et polycopiés, sites internet, etc).

[1] Arthur M. Langer, Analysis and Design of Next-Generation Software Architectures 5G, IoT, Blockchain, and Quantum Computing, eBook, Springer 2020, [doi: 10.1007/978-3-030-36899-9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-36899-9).

[2] "A Comprehensive Guide to 5G Security", Editors, M. Liyanage, I. Ahmad, A. Bux Abro, A. Gurtov and M. Ylianttila, 2018 John Wiley & Sons Ltd., [doi:10.1002/9781119293071](https://doi.org/10.1002/9781119293071).

[3] "5G+", Li Z., Wang X., Zhang T, 2021, Springer, Singapore. [doi: 10.1007/978-981-15-6819-0](https://doi.org/10.1007/978-981-15-6819-0).

[4] "5G and Beyond Wireless Systems." Eds. Mandloi M., Gurjar D., Pattanayak P., Nguyen H., Springer Series in Wireless Technology. Springer, Singapore. [doi: 10.1007/978-981-15-6390-4](https://doi.org/10.1007/978-981-15-6390-4)

[5] "Internet of Things Cybersecurity Paradigm Shift, Threat Matrix and Practical Taxonomy. In: Ziegler S. (eds) Internet of Things Security and Data Protection. Internet of Things, 2019, Springer, [doi: 10.1007/978-3-030-04984-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-04984-3_1).

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 3

**Unité d'Enseignement :** Fondamentale **Code :** UEF 2.1.1

**Intitulé de la matière :** Antennes en Radio Mobile

**Enseignant responsable de l'UE :** TOUNSI M. Lamine Prof.

**Enseignant responsable de la matière :** TOUNSI M. Lamine Prof.

**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** Cours : 01h30, TD : 01h30

**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 55 heures

**Nombre de crédits :** 4

**Coefficient de la matière :** 2

**Objectifs de l'enseignement :** L'objectif assigné à ce cours est de fournir les connaissances de base sur les antennes utilisées dans les radiocommunications ainsi que les outils nécessaires pour la compréhension des phénomènes de propagation des ondes électromagnétiques (propagation libre ou propagation guidée). Il s'agira aussi de recenser les modèles permettant d'estimer l'effet de l'environnement sur la propagation d'un signal, notamment l'atténuation de parcours.

**Connaissances préalables recommandées :** électromagnétisme, propagation libre et guidée.

**Contenu de la matière :**

#### **Chapitre 1 : Rappels sur les concepts fondamentaux des antennes (2 semaines)**

- 1.1. Diagramme de rayonnement
- 1.2. Régions de champ proche et lointain
- 1.3. Réciprocité
- 1.4. Directivité et gain
- 1.5. Ouverture effective
- 1.6. Polarisation, impédance d'entrée, efficacité
- 1.7. Equation de de Friis).

#### **Chapitre 2 : Evolution des antennes radio mobiles (2 semaines)**

- 2.1. Limites de conception et compromis
- 2.2. Communication mobile et attributions de bandes,
- 2.3. Exemples pratiques

#### **Chapitre 3 : Principales antennes utilisées en émission/réception en radio-mobile : vue d'ensemble et discussions. (6 semaines)**

- 3.1 Antennes à ouverture :
- 3.2. Antennes à large bande.
- 3.4 Antennes planaires
- 3.5 Caractéristiques de base des antennes microruban,
- 3.6 Antennes IFA, PIFA etc...

#### **Chapitre 4 : Réseaux d'antennes : (2 semaines)**

- 4.1. Analyse de réseaux espacés uniformément avec des amplitudes d'excitation uniformes et non uniformes,
- 4.2. Extension aux réseaux planaires.

#### **Chapitre 5 : Concepts de base des antennes intelligentes 4G/5G (3 semaines)**

- 5.1. Concept généraux, avantages des antennes intelligentes,
- 5.2. Beamforming simple, beamforming adaptatif,
- 5.3. Antennes MIMO,
- 5.4. Antennes reconfigurables et circuits d'adaptation y afférant (à base de varactor ou switch).

**Mode d'évaluation : Contrôle continu 40% et Examen final 60%**

**Références:**

C. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, 3rd Edition, John Wiley, 2005.  
C. Haslett, Essentials of Radio Wave Propagation, Cambridge University Press, New York, 2008.  
O. Picon et Coll., Les Antennes, Théorie, conception et applications, Dunod, 2009  
Z. Zhang, Antenna Design for Mobile Devices, IEEE Press, Wiley, 2nd Edition, 2017.  
S. K. Koul, G. S. Karthikeya, Millimeter Wave Antennas for 5G Mobile Terminals and Base Stations, CRC Press, Ed. Francis et Taylor, 1st edition 2021

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 3

**Unité d'Enseignement :** Fondamentale **Code :** UEF 2.1.2

**Intitulé de la matière :** Réseaux Cognitifs

**Enseignant responsable de l'UE :** CHITROUB Salim, Prof.

**Enseignant responsable de la matière :** FERGANI Lamya, Prof.

**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** Cours : 01h30, TD : 01h30

**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 55 heures

**Nombre de crédits :** 4

**Coefficient de la matière :** 2

#### Objectifs de l'enseignement :

Cet enseignement a pour principal objectif d'introduire la radio intelligente et la radio logicielle. En effet, dans les développements actuels des radiocommunications mobiles elles représentent un élément essentiel d'innovation. Entre autres, seront abordées les définitions, les objectifs et les potentialités de ces deux entités. L'aspect matériel sera également investigué ainsi que le déploiement de la radio intelligente dans les réseaux de nouvelle génération.

#### Connaissances préalables recommandées :

Réseaux sans fil, radiocommunications, communications numériques

#### Contenu de la matière :

##### **Chapitre 1 : Techniques de gestion de spectre (1 semaine)**

1.1 La rareté de la ressource spectrale

1.2 Enjeux, Contraintes et Perspectives de la gestion du spectre

##### **Chapitre 2 : Dynamic Spectrum Sharing (DSS): (2 semaine)**

2.1 Principe du DSS

2.2 Approches de gestion dynamique du spectre

2.3 Etude de cas

##### **Chapitre 3 : Le Refarming et l'agrégation de porteuses (3 semaines)**

3.1 Principe du refarming et de la carrier agregation

3.2 Applications en LTE-A

3.3 Etude de Cas (3h)

##### **Chapitre 4 : Radio Cognitive (4 semaines)**

4.1 Définitions et concepts fondamentaux

4.2 Architecture d'une radio cognitive

4.3 Techniques de Spectrum Sensing

##### **Chapitre 5 : Réseaux Cognitifs (5 semaines)**

5.1 Le standard 802.22 (Cognitive Wireless Regional Area Networks (RAN) for Operation in TV Bands)

5.2 La radio cognitive dans les standards (LTE & 5G)

5.3 La radio Cognitive & IA

5.4 Etude de cas ; Applications de la radio cognitive à la 5G

#### Mode d'évaluation : Contrôle continu 40% et Examen final 60%

#### Références:

E. HOSSAIN & All, "Dynamic Spectrum Access and Management in Cognitive Radio Networks, Cambridge University Press 2009.

MITOLA III, "Cognitive Radio Architecture", John Wiley & Sons 2006

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 3

**Unité d'Enseignement :** Fondamentale **code :** UEF 2.1.2  
**Intitulé de la matière :** Planification et Optimisation des Réseaux d'Accès Radio

**Enseignant responsable de l'UE :** TOUNSI M. Lamine Prof.  
**Enseignant responsable de la matière :** METREF Adel, MCB.  
**Nombre d'heures d'enseignement :** Cours : 01h30, TD : 01h30  
**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 55 heures  
**Nombre de crédits :** 4  
**Coefficient de la matière :** 2

#### Objectifs de l'enseignement :

A travers ce module, l'étudiant apprendra les processus de planification et optimisation des réseaux d'accès radio à travers l'exemple du réseau mobile 4G LTE. Les différentes étapes de dimensionnement de la couverture et de la capacité seront enseignées et permettront à l'étudiant de calculer le nombre de sites nécessaires ainsi que leur configuration permettant de satisfaire les qualités de couverture et de capacité requises dans une zone de déploiement. Des outils de planification exploitant les données topographiques seront présentés et manipulés en TP. Le processus d'optimisation des réseaux d'accès radio sera explicité et l'optimisation des différents KPI détaillée et démontrée à travers des cas d'étude réelles.

#### Connaissances préalables recommandées :

Connaissances des réseaux cellulaires et techniques avancées en radiocommunications numériques

#### Contenu de la matière :

#### Chapitre I : Rappel des Réseaux 4G LTE : architecture et interface radio (5 semaines)

##### I-1 Architecture du LTE :

- Elements visibles du réseau
- Réseau d'accès et réseau cœur
- Equipements du réseau cœur EPC
- Equipements de contrôle dans le réseau cœur (HSS, MME)
- Synthèse sur l'architecture et les interfaces

##### I-2 Interface Radio LTE :

- Notion de bloc de ressources
- Trame LTE
- Bloc de transport
- Calcul approximatif du débit du débit théorique maximum
- Allocation des ressources
- Fiabilisation des transmissions (HARQ/ARQ-RLC)
- Les canaux
- Les bearers

#### Chapitre II : Planification des Réseaux d'Accès Radio (4 semaines)

Processus de la planification du réseau d'accès radio

Planification initiale :

- Dimensionnement de la couverture
- Dimensionnement de la capacité

Planification détaillée (cellulaire) :

- Planification des PCI
- Planification du RACH

### **Chapitre III : Optimisation des Réseaux d'Accès Radio**

**(6 semaines)**

Processus d'optimisation

- Pré-optimisation
- Optimisation continue

Indicateurs clés de performance (*Key Performance Indicators*, KPI)

Accès au réseau

- Sélection du PLMN, Recherche de cellule, Sélection de cellule,
- Accès aléatoire
- Attachement au réseau
- Optimisation de l'accessibilité

Mobilité dans le réseau

- Procédure du Handover
- Optimisation de la mobilité

Optimisation du maintien de service.

Optimisation de l'intégrité du réseau.

**Mode d'évaluation : Contrôle continu 40% et Examen final 60%**

#### **Références :**

- Mobile Radio Network Design in the VHF and UHF Bands: A Practical Approach (Adrian Graham, Nicholas C. Kirkman, Peter M. Paul) (Wiley & Sons)
- The Mobile Radio Propagation Channel, 2nd Edition (J. Parsons) (Wiley & Sons)
- The LTE-Advanced Deployment Handbook: The Planning Guidelines for the Fourth Generation Networks (Jyrki T. J. Penttinen) (Wiley & Sons)
- Design, Deployment and Performance of 4G-LTE Networks: A Practical Approach (Ayman ElNashar, Mohamed El-saidny, M. Sherif) (Wiley & Sons)



## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 3

**Unité d'Enseignement :** Méthodologique **Code :** UEM 2.1

**Intitulé de la matière :** Convergence Radio Optique

**Enseignant responsable de l'UE :** MAZIGHI Khaled, MCA

**Enseignant responsable de la matière :** MAZIGHI Khaled, MCA.

**Nombre d'heures d'enseignement/ Semaine :** Cours : 01h30.

**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant :** 37h30

**Nombre de crédits :** 3

**Coefficient de la matière :** 2

#### Objectifs de l'enseignement :

-Sensibiliser les étudiants sur la nécessité de l'augmentation des capacités des systèmes de transmission.

- Initier et former les étudiants dans les technologies 3G, 4G, 5G. La convergence Radio-Optique n'est motivée que par l'augmentation des débits que va générer la 5G.

#### Connaissances préalables recommandées :

- Electromagnétisme
- Notions en Optoélectronique

#### Contenu de la matière :

**Chapitre 1 : Généralités sur les transmissions par fibres optiques (1 semaine)**

1.1 Contexte et enjeux socio-économiques

**Chapitre 2 : Description d'un système de transmission par fibre optique en bande de base (5 semaines)**

2.1 Composants optoélectroniques d'émission et de réception, caractéristiques et performances

2.2 Techniques de modulation (modulation électro-optique et modulation à électro-absorption) et dispositifs associés

2.3 Propagation dans les fibres optiques, effets linéaires et non-linéaires

2.4 Amplification optique (EDFA, Erbium Doped Fibre Amplifier et SOA, Semi-conductor Optical Amplifier) et qualité du signal amplifié

2.5 Dispositifs de filtrage optique (filtre Fabry-Pérot, filtre de Bragg, ...)

**Chapitre 3 : Systèmes de transmission par fibre optique en Large Bande (2 semaines)**

3.1 Technologie WDM (Wavelength Division Multiplexing), DWDM et PDM (Polarization Division Multiplexing,...)

3.2 Applications aux réseaux d'accès (Access networks) et aux réseaux longues distances (long-Haul networks).

**Chapitre 4 : Formats de modulation et méthodes de détection pour les transmissions à très haut débit (3 semaines)**

4.1 Les différents formats de modulation numériques,

4.2 Détection directe ou cohérente, taux d'erreur et facteur de qualité d'une transmission.

**Chapitre 5 : L'optique pour la XG (4 semaines)**

5.1 Intégration fixe-mobile et technologies MIMO

5.2 Convergence réseaux mobiles et réseaux d'accès optiques

5.3 Réseau domestique RoF (Radio over Fibre)

**Mode d'évaluation : Contrôle continu 40% et Examen final 60%**

**Références** (Livres et photocopiés, sites internet, etc).

- Joindot et M. Joindot, 'Les télécommunications par fibres optiques', Dunod, 1996.

- P. Lecoy, 'Télécoms sur fibres optiques', Hermès - Lavoisier,2007
- Govind P. Agrawal, 'Fiber-Optic Communication Systems', 3rd edition, John Wiley & Sons,2002.
- Gerd Keiser, 'Optical Communications Essentials', McGraw-Hill Companies, 2003.
- Régine Le Montagner, cours 'Communications Optiques' du cycle d'ingénieur de l'Institut Télécom Sud-Paris

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 3

**Unité d'Enseignement** : Transversale **Code** : UET 2.1

**Intitulé de la matière** : Introduction to 5G Networks and Beyond

**Enseignant responsable de l'UE** : MEKAOUI Slimane, Prof.

**Enseignant responsable de la matière** : MEKAOUI Slimane, Prof.

**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine** : Cours : 1h30

**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant** : 2h30

**Nombre de crédits** : 1

**Coefficient de la matière** : 1

#### Objectifs de l'enseignement

- Enseigner les réseaux NGN en Anglais aux étudiants.
- Familiarisation des étudiants à la terminologie en Anglais des réseaux 5G

#### Connaissances préalables recommandées

Notions Avancées en Anglais.

#### Contenu de la matière :

##### **Chapter 1 : Global Architecture of 5G NSA and SA (3 semaines)**

- 1.1 New Radio for 5G Radio Access Network
- 1.2 Global 5G NSA architecture
- 1.3 Global 5G NA architecture

##### **Chapter 2 : 5G fundamentals (4 semaines)**

- 2.1 New Physical layer (mmWaves, Massive MIMO beamforming, etc...)
- 2.2 New spectrum options
- 2.3 Dynamic spectrum sharing (DSS)

##### **Chapter 3 : New Radio and flexible frame design (5 semaines)**

- 3.1 Study of a real 5G frame structure
- 3.2 Multi connectivity and Aggregation

##### **Chapitre 4 : Dimensioning and Performance (3 semaines)**

- 4.1 Urban micro-cells range
- 4.2 Path-loss and blockage in mmWave communications

**Mode d'évaluation** : Examen final 100%

**Références** (Livres et photocopiés, sites internet, etc).

Photocopiés distribués en cours et enregistrements audio et vidéo.

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 3

**Unité d'Enseignement** : Découverte **Code** : UED 2.1  
**Intitulé de la matière** : Management de projets  
**Enseignant responsable de l'UE** : FERGANI Belkacem, Prof.  
**Enseignant responsable de la matière** : FERGANI Belkacem, Prof.  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine** : Cours : 1h30  
**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant** : 2h30  
**Nombre de crédits** : 1  
**Coefficient de la matière** : 1

#### Objectifs de l'enseignement :

Acquisition de connaissances de base en Gestion de Projets It applique aux projets de Télécommunications. A l'issue de ce module l'étudiant doit être capable de :

- Mettre en œuvre un management de projets au sein d'entreprises Telecom

#### Connaissances préalables recommandées

Aucune

#### Contenu de la matière :

##### **Chapitre 1 : La Planification d'un Projet** (8 semaines)

- 1.1 Introduction aux Fondamentaux de la Gestion de Projets
- 1.2 Objectifs d'un Projet Telecom
- 1.3 Planification et Intégration d'un projet
- 1.4 Planification et gestion de risques (Risk Management)
- 1.5 Le WBS (Work Breakdown Structure) et division des Taches

##### **Chapitre 2 : Déroulement du Projet** (7 semaines)

- 2.1 Le Plan de Communication
- 2.2 Les Ressources Humaines
- 2.5 La gestion de Qualité et Ethique
- 2.6 Marketing et Vente

#### Mode d'évaluation : Examen final 100%

#### Références (Livres et photocopiés, sites internet, etc).

Livres:

1) Project Management for Telecommunication Managers

Celia L. Desmond

Kluwer Academic Publishers

2) A Guide for Project Management Body of Knowledge

Pmi Standards Committee, PMI Standards Committee

Project Management Institute

Sites Web : <https://www.pmi.org/>

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 3

**Unité d'Enseignement** : Découverte **Code** : UED 2.1  
**Intitulé de la matière** : Intelligence Artificielle  
**Enseignant responsable de l'UE** : FERGANI Lamia, Prof.  
**Enseignant responsable de la matière** : ABIDINE Bilal, MCB  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine** : Cours : 1h30  
**Nombre Semestriel d'heures de travail personnel pour l'étudiant** : 2h30  
**Nombre de crédits** : 1  
**Coefficient de la matière** : 1

#### Objectifs de l'enseignement :

Introduire l'étudiant aux différentes notions, techniques et algorithmes propres au domaine de l'intelligence artificielle et ses applications aux réseaux radio mobiles.

#### Connaissances préalables recommandées

Probabilités et statistiques ; Algèbre et calcul matriciel ; Théorie de l'optimisation.

#### Contenu de la matière :

#### Chapitre 1 : Principes de l'intelligence artificielle (3 semaines)

- 1.1 Définition de l'intelligence artificielle
- 1.2 Caractéristiques et architecture de base
- 1.3 Etapes d'un projet d'intelligence artificielle

#### Chapitre 2 : Fondamentaux de l'apprentissage automatique (5 semaines)

- 2.1 Principe de l'apprentissage
- 2.2 Apprentissage supervisé
- 2.3 Apprentissage non supervisé
- 2.4 Apprentissage par renforcement
- 2.4 Algorithmes d'apprentissage

#### Chapitre 3 : Réseaux de neurones (4 semaines)

- 3.1 Le perceptron
- 3.2 Perceptrons monocouches et multicouches
- 3.3 Apprentissage simple des réseaux de neurones
- 3.4 Apprentissage profond des réseaux de neurones

#### Chapitre 4 : Applications de l'IA aux réseaux mobiles (3 semaines)

- 4.1 Optimisation de la couverture et de la capacité cellulaire par apprentissage profond.
- 4.2 Apprentissage par renforcement pour l'allocation des ressources dans les réseaux radio cognitifs.
- 4.3 Communications MIMO par apprentissage par renforcement

#### Mode d'évaluation : Examen final 100%

#### Références (Livres et polycopiés, sites internet, etc).

RUSSELL, Stuart et NORVIG, Peter. « Artificial intelligence: a modern approach » 4th US ed. 2002.

LUO, Fa-Long (ed.). "Machine learning for future wireless communications", Wiley-IEEE Press 2020.

SUTTON, Richard S. et BARTO, Andrew G. "Reinforcement learning: An introduction", The MIT Press, 2<sup>nd</sup> edition, 2011.

**VI). Programmes des Travaux Pratiques par Matière proposée.**

## **Semestre : 1**

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 1

**Unité d'Enseignement** : Méthodologique      **Code** : UEM 1.1  
**Intitulé de la Matière** : Codage et compression  
**Enseignant responsable de l'UE** : Prof. Bouzid Merouane  
**Enseignant responsable de la Matière** : Prof. Bouzid Merouane  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine** : TP : 1h30mn  
**Désignation du Laboratoire** : FEI, Labo. : N° 12, 16, 44, 20 ou 21.  
**Nombre d'étudiants** : 10 étudiants par sous-groupe.  
**Travail personnel semestriel** : 27h 30mn  
**Nombre de crédits** : 2  
**Coefficient de la matière** : 1

### Fiche Technique des Travaux Pratiques

#### I- Liste des Manipulations Proposées :

TP 01 : Méthodes de codage sans perte d'information : Codage de Huffman et codage arithmétique.

TP 02 : Quantification Scalaire.

TP 03 : Quantification Vectorielle.

TP 04 : Codage de source sous Simulink (Matlab).

**Mode d'évaluation** : Contrôle Continu.

#### II- Equipements et/ou Logiciels Requis :

- PC puissants.
- Logiciel Matlab (Simulink).



## **. Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles**

### **Semestre 1**

**Unité d'Enseignement :** Méthodologique      **Code :** UEM 1.1  
**Intitulé de la matière :** TP Réseaux Cellulaires  
**Enseignant responsable de l'UE :** Prof. Bouzid Merouane  
**Enseignant responsable de la matière :** Dr. SKOUDARLI Abdallah, MCB  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** TP : 1h30mn  
**Désignation du Laboratoire :** (FEI et/ou Partenaire) : **Laboratoire N°53**  
**Nombre d'étudiants :** 10 par sous-groupe.  
**Travail personnel semestriel :** 27h30mn  
**Nombre de crédits :** 2  
**Coefficient de la matière :** 1

### **Fiche Technique des Travaux Pratiques**

#### **I)-Liste des Manipulations Proposées :**

TP N°1 : Détection de signaux de 3ème génération de téléphonie mobile avec le KIT CDMA 2449.

Volume horaire 6 Heures (4 séances).

TP N°2 : Techniques d'accès multiple à base d'USRP 2920. Volume horaire 9 Heures (6 séances).

TP N°3 : Système 4G LTE à base d'USRP 2952 RIO Volume horaire 6 Heures (4 séances).

**Mode d'évaluation :** Contrôle Continu.

#### **II) Observation :**

**Un total de 14 séances ce qui correspond à un TP de 1h30 par semaine durant 14 semaines.**

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 1

**Unité d'Enseignement :** Méthodologique **Code :** UEM 1.1  
**Intitulé de la matière :** TP Codage de la Parole en Radio Mobile  
**Enseignant responsable de l'UE :** Prof. Bouzid Merouane  
**Enseignant responsable de la matière :** Prof. SAYOUD Halim  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** TP : 2h30mn  
**Désignation du Laboratoire :** (FEI et/ou Partenaire) : **Laboratoire N°73 (Acoustique)**  
**Nombre d'étudiants :** 10 par sous-groupe.  
**Travail personnel semestriel :** 27h30mn  
**Nombre de crédits :** 2  
**Coefficient de la matière :** 1

### *Fiche Technique des Travaux Pratiques*

#### **I-Listes des Manipulations Proposées :**

TP1 : Lecture, enregistrement, visualisation, manipulation, spectre et écoute d'un signal audio stéréo.  
TP2 : Prétraitement, Accentuation, Segmentation, Filtrage et Spectrogramme du Signal de Parole.  
TP3 : Codage, Analyse et Décodage par LPC (Linear Prediction Coding).  
TP4 : Analyse et Evaluation de la qualité audio en VoIP.

**Mode d'évaluation :** Contrôle Continu.

#### **II-Equipements et/ou Logiciels Requis :**

PCs, Equipement Audio, Cartes Sons, Haut-Parleurs.



## **Semestre : 2**

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 2

**Unité d'Enseignement :** Méthodologique **Code :** UEM 1.2

**Intitulé de la matière :** Géolocalisation et Applications en Radio Mobile

**Enseignant responsable de l'UE :** Prof. Lamy Fergani

**Enseignant responsable de la matière :** Prof. Lamy Fergani

**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** TP : 1h30mn

**Désignation du Laboratoire :** (FEI et/ou Partenaire) : **Laboratoire N°17**

**Nombre d'étudiants :** 10 par sous-groupe.

**Travail personnel semestriel :** 27h30mn

**Nombre de crédits :** 2

**Coefficient de la matière :** 1

### Fiche Technique des Travaux Pratiques

#### I-Listes des Manipulations Proposées :

TP1 Détermination de la position d'un mobile en utilisant le logiciel « Geo-coordinate-watcher ».

TP2 Les tâches du téléphone mobile.

TP3 Les balises et les Tuiles sur les pages d'accueil des Mobiles.

TP4 Principe d'architecture des « Notifications ».

TP5 Amélioration de l'Application « Météo » : Tuiles et Géolocalisation.

**Mode d'évaluation :** Contrôle Continu.

#### II-Equipements et/ou Logiciels Requis

1. Télécharger les logiciels « Geo-coordinate-watcher » et « Geolocator ».
2. Maîtriser le C++ et le Visual studio (posséder les logiciels ou les télécharger).
3. Avoir une bonne connaissance et savoir utiliser le GPS sur station Mobile et savoir programmer sur Mobile.

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 2

**Unité d'Enseignement :** Méthodologique                      **Code :** UEM 1.2  
**Intitulé de la matière :** TP Techniques avancées en codage canal  
**Enseignant responsable de l'UE :** Prof. Lamy Fergani  
**Enseignant responsable de la matière :** Prof. Bouzid Merouane  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** TP : 1h30mn  
**Désignation du Laboratoire :** (FEI et/ou Partenaire) : **Laboratoire N°44**  
**Nombre d'étudiants :** 10 par sous-groupe.  
**Travail personnel semestriel :** 27h30mn  
**Nombre de crédits :** 2  
**Coefficient de la matière :** 1

### Fiche Technique des Travaux Pratiques

#### I- Listes des Manipulations Proposées :

TP 01 : Canaux de transmission bruités.  
TP 02 : Codage de canal en blocs : Code de Hamming.  
TP 03 : Codage de canal cyclique : Code cyclique BCH.  
TP 04 : Codage Convolutif.

**Mode d'évaluation :** Contrôle Continu.

#### II-Equipements et/ou Logiciels Requis :

- PC puissants.
- Logiciel Matlab (Simulink).

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 2

**Unité d'Enseignement :** Méthodologique      **Code :** UEM 1.2  
**Intitulé de la matière :** TP Techniques Avancées en Radiocommunications Numériques  
**Enseignant responsable de la matière :** Dr. Adel Metref, MCB  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** TP : 1h30mn  
**Désignation du Laboratoire :** (FEI et/ou Partenaire) : **Laboratoire N°10.**  
**Nombre d'étudiants :** 10 par sous-groupe.  
**Travail personnel semestriel :** 27h30mn  
**Nombre de crédits :** 2  
**Coefficient de la matière :** 1

### Fiche Technique des Travaux Pratiques

#### I-Liste des Manipulations Proposées :

TP1 : Affaiblissement de propagation et effet de masque  
TP2 : Simulation du canal sans fil  
TP3 : Performance d'une transmission BPSK dans les canaux AWGN et Rayleigh  
TP4 : Réception multi-antennes : techniques MRC, EGC et SC.  
TP5- Emission multi-antennes avec codage d'Alamouti.

**Mode d'évaluation :** Contrôle Continu.

#### II-Equipements et/ou Logiciels Requis :

Equipements : SDR USRP (NI ou Ettus),  
PC avec carte réseaux Gigabit  
Logiciels : Matlab ou Python

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 2

**Unité d'Enseignement :** Méthodologique

**Code :** UEM 1.2

**Intitulé de la matière :** TP Traitement du Signal pour les Communications Radio Mobiles

**Enseignant responsable de l'UE :** Prof. Lamy Fergani

**Enseignant responsable de la matière :** Prof. Slimane Mekaoui

**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** TP : 1h30mn

**Désignation du Laboratoire :** (FEI et/ou Partenaire) : **Laboratoire N°12, 44, 20 ou 21.**

**Nombre d'étudiants :** 10 par sous-groupe.

**Travail personnel semestriel :** 27h30mn

**Nombre de crédits :** 2

**Coefficient de la matière :** 1

### Fiche Technique des Travaux Pratiques

#### I- Liste des Manipulations Proposées :

TP1 : Simulation des différents canaux de communications radio-mobiles et les systèmes à bande minimale et bande large

TP2 : Elaboration des programmes qui réalisent les estimateurs dynamiques des canaux radio-mobile.

TP3 : Test et évaluation des Filtres de Kalman et filtres adaptatifs pour la réduction des effets des canaux de transmission simulés dans le premier TP (TP1).

TP4 : Réalisation d'une simulation d'un canal de transmission typique pour la 5G.

**Mode d'évaluation :** Contrôle Continu.



## **Semestre : 3**

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 3

**Unité d'Enseignement :** Méthodologique **Code :** UEM 2.1  
**Intitulé de la matière :** Convergence Radio Optique  
**Enseignant responsable de l'UE :** MAZIGHI Khaled, MCA  
**Enseignant responsable de la matière :** MAZIGHI Khaled, MCA  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** TP : 1h00mn  
**Désignation du Laboratoire :** (FEI et/ou Partenaire) : **Laboratoire N°.**  
**Nombre d'étudiants :** 10 par sous-groupe.  
**Travail personnel semestriel :** 27h30mn  
**Nombre de crédits :** 2  
**Coefficient de la matière :** 1

### Fiche Technique des Travaux Pratiques

#### I-Liste des Manipulations Proposées :

TP 01 : Conception d'un système de transmission par fibre optique.

TP 02 : Dimensionnement d'une liaison P2P à haut débit numérique en fibre monomode.

TP 03 : Liaison P2P en fibre monomode utilisant le multiplexage DWDM.-Routage Optique.

TP 04 : Réseaux d'accès optiques - Convergence vers un réseau mobile.

**Mode d'évaluation :** Contrôle Continu.

#### II-Equipements et/ou Logiciels Requis :

- PC puissants.
- Logiciel Optisystem

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 2

**Unité d'Enseignement :** Méthodologique                      **Code :** UEM 2.1  
**Intitulé de la matière :** TP Planification des Réseaux d'Accès Radio  
**Enseignant responsable de l'UE :** MAZIGHI Khaled, MCA  
**Enseignant responsable de la matière :** Dr. METREF Adel, MCA  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** TP : 1h30mn  
**Désignation du Laboratoire :** (FEI et/ou Partenaire) : **Laboratoire N°10.**  
**Nombre d'étudiants :** 10 par sous-groupe.  
**Travail personnel semestriel :** 27h30mn  
**Nombre de crédits :** 2  
**Coefficient de la matière :** 1

### Fiche Technique des Travaux Pratiques

#### I- Liste des Manipulations Proposées :

TP 01 : Initiation à l'outil de planification Atoll

TP 02 : Calcul et analyse des prédictions de la couverture radio d'un réseau LTE

TP 03 : Calibration de modèles de propagation et Drive Test.

TP 04 : Planification des PCI et des RSI.

**Mode d'évaluation :** Contrôle Continu.

#### II- Equipements et/ou Logiciels Requis :

- PCs
- Logiciels : Atoll

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 3

**Unité d'Enseignement :** Méthodologique                      **Code :** UEM 2.1  
**Intitulé de la matière :** TP Antennes en Radio Mobile  
**Enseignant responsable de l'UE :** MAZIGHI Khaled, MCA  
**Enseignant responsable de la matière :** Prof. TOUNSI M. Lamine  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** TP : 1h30mn  
**Désignation du Laboratoire :** (FEI et/ou Partenaire) : **Laboratoire N°53.**  
**Nombre d'étudiants :** 10 par sous-groupe.  
**Travail personnel semestriel :** 27h30mn  
**Nombre de crédits :** 2  
**Coefficient de la matière :** 1

### Fiche Technique des Travaux Pratiques

#### I-Listes des Manipulations Proposées :

TP1 : Mesure des impédances d'entrée des antennes et adaptation.

TP2 : Mesure du gain d'une antenne.

TP3 : Polarisation d'antennes.

TP4 : Mesure du diagramme de rayonnement d'une antenne (cornets,micro-strip..).

**Mode d'évaluation :** Contrôle Continu.

#### II-Equipements et/ou Logiciels Requis :

- Banc de mesures d'antennes (générateurs multifréquences, Antennes émettrices, antennes réceptrices, ordinateurs PC).
- Logiciels CAO spécifiques : ADS, HFSS, CST Studio.

## Intitulé du Master : Réseaux Radio Mobiles

### Semestre 3

**Unité d'Enseignement :** Méthodologique      **Code :** UEM 2.1  
**Intitulé de la matière :** TP Réseaux Cognitifs  
**Enseignant responsable de l'UE :** MAZIGHI Khaled, MCA  
**Enseignant responsable de la matière :** Prof. Lamy Fergani  
**Nombre d'heures d'enseignement/Semaine :** TP : 1h30mn  
**Désignation du Laboratoire :** (FEI et/ou Partenaire) : **Laboratoire N°17.**  
**Nombre d'étudiants :** 10 par sous-groupe.  
**Travail personnel semestriel :** 27h30mn  
**Nombre de crédits :** 2  
**Coefficient de la matière :** 1

### Fiche Technique des Travaux Pratiques

#### I-Liste des Manipulations Proposées :

TP1 Introduction et prétraitements en vue d'extraire les canaux radio-utiles (Démodulation radio-logicielle).

TP2 Modulation/ Démodulation et mise en forme des Symboles.

TP3 Simulation de canal et qualification d'un démodulateur (Distribution de Jacques).

TP4 Démodulations en radio logicielle par techniques de recouvrement.

**Mode d'évaluation :** Contrôle Continu.

#### II-Equipements et/ou Logiciels Requis :

- Télécharger et maîtriser SciLab. Télécharger et Maîtriser Python.
- Télécharger et maîtriser C++(performance) et C(Sharp) ou Visual Studio.
- Carte USRP et carte Son UDP.