

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



MASTER ACADEMIQUE HARMONISE

Programme national

Mise à jour 2025



Domaine	Filière	Spécialité
<i>Sciences et Technologies</i>	<i>Télécommunications</i>	<i>Systèmes des Télécommunications</i>



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



مواعمة ماستر أكاديمي

برنامج وطني

تحديث 2025

الميدان	الفرع	التخصص
علوم و تكنولوجيا	اتصالات سلكية و لا سلكية	أنظمة الاتصالات

Fiches d'organisation semestrielles des enseignements
de la spécialité :
Système de télécommunications

Semestre 1

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 1.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Communications numériques avancées	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Signaux aléatoires et Processus stochastiques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Radiocommunication	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Circuits programmables FPGA	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 11 Coefficients : 7	TP Communications numériques avancées	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Signaux aléatoires et Processus stochastiques	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Circuits programmables FPGA	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Systèmes embarqués et Télécommunications	3	2	1h30		1h00	37h30	30h00	40%	60%
	Programmation avancée Phyton	2	2	1h30		1h30	45h00	30h00	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Matière au choix	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 1		30	17	12h00	6h00	7h00	375h00	367h30		

Semestre 2

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 numérique du signal	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Antennes	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Lignes de transmissions et guides d'ondes	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Codage et Compression	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Traitement numérique du signal	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Antennes, lignes de transmissions et guides d'ondes	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Codage et Compression	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Traitement d'images	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	40%	60%
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 3 Coefficients : 3	Eléments d'IA appliquée	2	2	1h30		1h30	45h00	5h00	40%	60%
	Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 2		30	17	12h00	6h00	7h30	382h30	367h30		

Semestre 3

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 2.3.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Réseaux sans fil et réseaux mobiles	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Communications optiques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 2.3.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Technologie et Protocoles pour le multimédia	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Dispositifs (Passifs/Actifs) RF et Micro-ondes	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 2.3 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Réseaux Sans fil et réseaux mobiles	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Communications optiques	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP dispositifs (passifs/actifs RF et micro-ondes)	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Planification et optimisation des réseaux d'accès radio	3	2	1h30		1h30	45h00	30h00	40%	60%
UE Transversale Code : UET 2.3 Crédits : 3 Coefficients : 3	Reserve engineering	2	2	1h30	1h30 Atelier		45h00	5h00	40%	60%
	Recherche documentaire et conception de mémoire	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 3		30	17	12h00	6h00	7h00	375h00	375h00		

Panier au choix des matières des UE Découvertes (S1, S2 et S3)

1. Compatibilité électromagnétique
2. Normes et Protocoles
3. Techniques Radars
4. Télécommunication spatiale
5. Système de radionavigation
6. Technologies émergentes en télécommunications
7. Electronique radiofréquence,
8. Systèmes émergents,
9. Système Linux
10. Réseaux d'opérateurs
11. Réseaux satellitaires
12. Réseaux de capteurs sans fil
13. Réseaux de terrain
14. Domaines émergents de la télécommunication optique
15. Installation et maintenance des fibres optiques
16. Radio Engineering
17. *Technologie VSAT*
18. Propagation des micro-ondes acoustiques dans les solides piézoélectriques
19. Mesures RF et micro ondes
20. Micro-antennes portables
21. Systèmes émergents de télécommunication
22. Physique théorique des analogies optiques et microondes
23. Effets Biologiques des ondes électromagnétiques (Bio électromagnétisme)
24. Routage et réseaux d'accès
25. CAO des circuits télécoms
26. Caractérisation des dispositifs RF
27. Programmation Web

Semestre 4

Stage en entreprise ou dans un laboratoire de recherche sanctionné par un mémoire et une soutenance.

	VHS	Coeff	Crédits
Travail Personnel	550	09	18
Stage en entreprise ou dans un laboratoire	100	04	06
Séminaires	50	02	03
Autre (Encadrement)	50	02	03
Total Semestre 4	750	17	30

Ce tableau est donné à titre indicatif

Evaluation du Projet de Fin de Cycle de Master

- Valeur scientifique (Appréciation du jury) /6
- Rédaction du Mémoire (Appréciation du jury) /4
- Présentation et réponse aux questions (Appréciation du jury)/4
- Appréciation de l'encadreur /3
- Présentation du rapport de stage (Appréciation du jury) /3

I - Programme détaillé par matière du semestre S1

Semestre: 1**Unité d'enseignement: UEF 1.1.1****Matière 1 : Communications numériques avancées****VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)****Crédits: 6****Coefficient: 3****Objectifs de l'enseignement :**

A l'issue de ce cours, l'étudiant saura identifier les fonctions réalisées dans les systèmes de communication numérique avancés. Cette matière aborde les différentes notions sur les canaux non idéaux, les techniques d'accès multiple ainsi que les systèmes MIMO.

Connaissances préalables recommandées :

Des notions de base sur la théorie de l'information et du traitement du signal ainsi que sur la modulation et la démodulation sont nécessaires pour suivre cette matière.

Contenu de la matière :**Chapitre 1. Rappels****(1 Semaines)**

- Principe d'une chaîne de transmission numérique globale
- Paramètres pour l'évaluation d'une chaîne de transmission (Rapport signal sur bruit, Probabilité d'erreur, Efficacité spectrale, Taux d'Erreur Bit TEB)

Chapitre 2. Canaux de transmission radio**(4 Semaines)**

- Comportement temporel et fréquentiel des canaux radio
- Modèles des canaux radio
- Bande de cohérence, Temps de cohérence, Etalement temporel, Etalement Doppler, Canal sélectif, Canal non sélectif, Fading Rayleigh, Canal de Rayleigh, Canal de Rice,
- Classification des canaux.

Chapitre 3. Égalisation du canal radio**(2 Semaines)**

- Introduction à l'égalisation
- Structures classiques de l'égalisation, L'égaliseur par « zero forcing », Égaliseur à erreur quadratique minimale, égalisation à maximum de vraisemblance.

Chapitre 4. Multiplexage et Techniques d'accès multiples**(4 Semaines)**

- Multiplexage
- Duplexage
- Time Division Multiple Access (TDMA)
- Frequency Division Multiple Access (FDMA)
- Code Division Multiple Access (CDMA)
- Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

Chapitre 5. Systèmes MIMO**(4 Semaines)**

- Diversité à l'émission, Codage spatio-temporel, Multiplexage spatial
- Démodulation conjointe, Multi-utilisateurs MIMO

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques :

1. G. Baudouin, "Radiocommunications numériques", Dunod, 2002.
2. J.M. Brossier, "Signal et communication numérique: égalisation et synchronisation", Hermès Science, 97
3. P. Comon, "Communications numériques - Cours et exercices à l'usage de l'élève ingénieur", éditions 'Harmattan, 2010.
4. A. Glavieux, M. Joindot, " Communications numériques, introduction ", Collection pédagogique des télécommunications, Masson, 1996.
5. A. Glavieux, M. Joindot, "Introduction aux communications numériques", Collection: Sciences Sup, Dunod, 2007.
6. H. P. Hsu, "Communications analogiques et numériques: cours et problèmes", McGraw-Hill, 1994.
7. G. Mahé, "Systèmes de communications numériques", Ellipses.
8. L.W. Couch, "Digital and Analog Communication Systems", Prentice-Hall, New-Jersey, 2007.
9. S. Haykin, "Communication Systems", John Wiley and Sons, Hoboken, New-Jersey, 2001.

10. J. Proakis, M. Salehi, *"Communication Systems Engineering"*, 2nd edition, Prentice-Hall, New-Jersey, 2002.
11. B. Rimoldi, *"Principles of Digital Communications"*, Ecole Polytechnique de Lausanne (EPFL), Switzerland.
12. J. Proakis, *"Digital Communications"*, McGraw-Hill, 2000.
13. B. Sklar, *"Digital Communications, Fundamentals and applications"*, Prentice Hall, 2001.
14. B. P. Lathi, *"Modern Digital and Analog Communication Systems"*, Oxford University Press, 1998.

Semestre: 1

Unité d'enseignement: UEF 1.1.1

Matière2 : Signaux aléatoires et Processus stochastiques

VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

L'étudiant reçoit les notions de base qui lui permettent de comprendre et d'appliquer des méthodes de traitement de signal concernant les signaux aléatoires et les processus stochastiques.

Connaissances préalables recommandées :

Des connaissances sur le traitement des signaux déterministes et les probabilités sont nécessaires pour suivre cette matière.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Notions de corrélation et de convolution (3 Semaines)

- Rappels sur les systèmes linéaires (Définition, propriétés, filtres dynamiques ...etc)
- Notion de corrélation et de convolution
- Application de la notion de corrélation aux grandeurs physiques
- Application fondamentale des méthodes de corrélation
 - Identification des processus et détection des signaux noyés dans le bruit
 - Analyse spectrale (par filtrages, transformée de Fourier, corrélation, densités spectrales)

Chapitre 2. Notions de variables aléatoires (4 Semaines)

- Notion physique des phénomènes aléatoires
- Rappels sur les probabilités et statistiques (densité de probabilité, fonction de répartition, ...)
- Variables aléatoires continues et discrètes
- Moments et statistiques conditionnelles
- Séquences de variables aléatoires- Fonctions de variables aléatoires- Covariance

Chapitre 3. Traitement des signaux aléatoires (4 Semaines)

- Signaux aléatoires (représentations statistique et temporelle)
- Stationnarité et propriétés statistiques (moyenne, variance, écart type ...etc)
- Densité spectrale de puissance
- Echantillonnage des signaux aléatoires
- Filtrage des signaux aléatoires - Filtre adapté, filtre de Wiener
- Estimation statistique et estimation spectrale
- Périodogramme, corrélogramme, périodogramme moyenné, périodogramme lissé
- Modèles AR, MA et ARMA

Chapitre 4. Processus stochastiques (4 Semaines)

- Notions de processus stochastiques
- Stationnarités au sens large et strict, ergodicité
- Systèmes à entrée stochastique
- Exemples de processus stochastiques (Processus de Poisson, gaussien et Markovien)
- Statistiques d'ordre supérieur (Moments et cumulants, Polyspectres, processus non gaussiens, traitements non linéaires)
- Introduction au filtrage particulière

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques :

1. S. Haykin, "Signals and systems", John Wiley & sons, 2ed, 2003.
2. A.V. Oppenheim, "Signals and systems", Prentice-Hall, 2004.
3. Mori Yvon, "Signaux aléatoires et processus stochastiques", Lavoisier, 2014
4. A. Papoulis, "Probability, Random variable and Stochastic Processes", Mc Graw Hill 1984.
5. E. Robine, "Introduction à la théorie de la communication, Tome II: Signaux aléatoires", Masson 1970.
6. N. Hermann, "Probabilités de l'ingénieur : variables aléatoires et simulations Bouleau", 2002.
7. Ruegg, Alan, "Processus stochastique", Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 1989.

Semestre : 1

Unité d'enseignement: UEF 1.1.2

Matière 3 :Radiocommunication

VHS : 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)

Crédits : 4

Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

Etude du comportement des ondes radio au niveau du sol et dans l'atmosphère (Troposphère, stratosphère et l'ionosphère). Cette matière fera l'objet également d'étude des liaisons satellitaires.

Connaissances préalables recommandées :

Des connaissances d'électromagnétisme sont nécessaires pour suivre cette matière. Ces connaissances sont dispensées au niveau de la matière « Ondes et propagation » de la troisième année licence Télécommunications.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Théorie du champ électromagnétique (3 Semaines)

- Rappels sur les équations de Maxwell (Origine et démonstration détaillée)
- Propagation de l'onde électromagnétique plane dans le vide (Equations d'ondes, Energie Electromagnétique, Vecteur de Poynting)
- Propagation d'une onde électromagnétique dans les diélectriques(Réflexion, Réfraction, Ondes stationnaires)
- Polarisation des ondes planes
- Propagation dans un milieu anisotrope

Chapitre 2. Propagation des ondes hertziennes (3 Semaines)

- Spectre des ondes Hertziennes
- Modes de propagation des ondes hertziennes (Influence du sol, troposphère, stratosphère, ionosphère)
- Réfraction atmosphérique (Théorie électrique, Définition d'une terre fictive)
- Propagation dans des milieux inhomogènes et aléatoires (Statistique des ondes incohérentes...)

Chapitre 3. Réflexion sur le sol (3 Semaines)

- Réflexion sur le sol avec et sans obstacle
- Influence des irrégularités du sol
- Définition et critères d'une liaison en visibilité optique et radioélectrique

Chapitre 4. Etude des liaisons en espace libre (3 Semaines)

- Définition du gain et de la surface équivalente d'une antenne
- Atténuation en espace libre : équation de FRIIS
- Equation des télécommunications pour une liaison avec et sans relais passif
- Liaisons analogiques et numériques, Liaisons simplex, Half-duplex
- Architecture et spécifications d'un système radio

Chapitre 5. Radiocommunication spatiale (3 Semaines)

- Les liaisons satellites-sol et applications (Transmission et localisation, Stations terrestres, Système Artemis entre station terrestres et satellites)
- Applications à quelques services de Télécommunications (Les liaisons fixes sol-sol, service fixe par satellite, les communications avec les mobiles)

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques :

1. P. Rosnet, "Eléments de propagation électromagnétique: Physique fondamentale", 2002.
2. G. Dubost, "Propagation libre et guidée des ondes électromagnétiques", Masson, 1995.
3. M. Jouquet, "Ondes électromagnétique 1: propagation libre", Dunod, 1973.
4. C. Garing, "Ondes électromagnétiques dans les milieux diélectriques: Exercices et problèmes corrigés", 1998.
5. C. Garing, "Ondes électromagnétiques dans le vide et les milieux conducteurs: Exercices et problèmes corrigés", 1998.

Semestre: 1

Unité d'enseignement: UEF 1.1.2

Matière4 :Circuits programmables FPGA

VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Dans cette matière, les étudiants auront à étudier les différents types de circuits programmables, ainsi que les différentes méthodes de conception en particulier la programmation en utilisant les langages de description matérielle.

Connaissances préalables recommandées :

Electronique numérique (combinatoire et séquentielle)

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Les Réseaux Logiques Programmables : PLD

(3 Semaines)

- Introduction
- Structure des réseaux logiques combinatoires
- Classification des réseaux logiques combinatoires

Chapitre 2. Les technologies des éléments programmables

(3 Semaines)

Chapitre 3. Architecture des FPGA

(3 Semaines)

- Présentation des CP (Circuits programmables type PLA, CPLD)
- Structure des FPGA & ASICs
- Architecture générale
- Blocs logiques programmables
- Terminologies
- Blocs de mémoire intégrée
- Exemples de constructeurs Altera et Xilinx
- Applications

Chapitre 4. Programmation VHDL

(3 Semaines)

- Introduction
- Outils de programmation : Altera Quartus II, Modelsim, Xilinx ISE
- Structure d'un programme
- Structure d'une description VHDL simple
- Entité
- Les différentes descriptions d'une architecture (de type flot de données, comportemental ou procédural, structurel et architecture de test)
- Process
- Les structures de contrôle en VHDL
- Instructions séquentielles et concurrentes
- Les paquetages et les bibliothèques

Chapitre 5. Applications : Implémentation de quelques circuits logiques dans les circuits FPGA

(3 Semaines)

- Multiplexeur
- Compteur
- Comparateur
- Registre à décalage
- Filtre simple

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques :

1. Volnei A. Pedroni, "Circuit Design with VHDL", MIT press, 2004.
2. Jacques Weber , Sébastien Moutault, Maurice Meaudre, "Le langage VHDL : du langage au circuit, du circuit au langage", DUNOD, 2007.
3. Christian Tavernier, "Circuits logiques programmables", DUNOD 1992.

Semestre: 1

Unité d'enseignement: UEM1.1

Matière 1 :TP Communications numériques avancées

VHS:22h30 (TP : 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

Cette matière décrit une simulation d'une chaîne de communication numérique réalisée avec les logiciels Matlab et Simulink : modulation des signaux numériques en bande de base et sur la fréquence porteuse, émission des signaux - canal de transmission bruité et à bande limitée- réception et finalement l'implémentation de nouveaux concept de communications avancées.

Connaissances préalables recommandées :

Traitement de signal, programmation en MATLAB.

Contenu de la matière :

TP1 : Communication blockset sous simulink

- Terminologie des signaux : trame ou échantillon
- Librairies sources et sinks
- simulation de chaînes de communication numérique par simulink

TP2 : Etude des performances des techniques de modulation numériques

- Performance d'un système de communication digitale cohérente avec la modulation BASK, BPSK et BFSK
- Performance d'un système de communication digitale non cohérente avec la modulation BDPSK
- Performance d'un système de communication digitale cohérente avec la modulation QAM

TP3 : Simulation d'une transmission OFDM et CDMA par simulink

- Rappel théorique de la transmission OFDM et CDMA
- Etude détaillée des blocs du système simulé OFDMA
- Exemples de canaux multitrajets

TP4 : Simulation d'une chaine de transmission MIMO

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références bibliographiques:

1. G. Baudouin, "Radiocommunications numériques", Dunod, 2002.
2. J.M. Brossier, "Signal et communication numérique: égalisation et synchronisation", Hermès Science, 97
3. P. Comon, "Communications numériques - Cours et exercices à l'usage de l'élève ingénieur", éditions 'Harmattan, 2010.
4. A. Glavieux, M. Joindot, " Communications numériques, introduction ", Collection pédagogique des télécommunications, Masson, 1996.
5. A. Glavieux, M. Joindot, "Introduction aux communications numériques", Collection: Sciences Sup, Dunod, 2007.
6. H. P. Hsu, "Communications analogiques et numériques: cours et problèmes", McGraw-Hill, 1994.
7. G. Mahé, "Systèmes de communications numériques", Ellipses.
8. L.W. Couch, "Digital and Analog Communication Systems", Prentice-Hall, New-Jersey, 2007.
9. S. Haykin, "Communication Systems", John Wiley and Sons, Hoboken, New-Jersey, 2001.
10. J. Proakis, M. Salehi, "Communication Systems Engineering", 2nd edition, Prentice-Hall, New-Jersey, 2002.
11. B. Rimoldi, "Principles of Digital Communications", Ecole Polytechnique de Lausanne (EPFL), Switzerland.
12. J. Proakis, "Digital Communications ", McGraw-Hill, 2000.
13. B. Sklar, "Digital Communications, Fundamentals and applications", Prentice Hall, 2001.
14. B. P. Lathi, "Modern Digital and Analog Communication Systems", Oxford University Press, 1998.

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM1.1
Matière2 : TP Signaux aléatoires et Processus stochastiques
VHS: 22h30 (TP : 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

Travaux pratiques réalisés sous MATLAB pour donner un aspect pratique à des notions théoriques complexes.

Connaissances préalables recommandées :

Mathématiques (Théorie et calcul des probabilités, Analyse complexe)- Théorie du signal déterministe, Probabilités et statistiques.

Contenu de la matière :

TP 1 : Simulation des variables aléatoires (Différentes lois).

TP 2 : Calcul de la densité spectrale de puissance.

TP 3 : Calcul de la fonction d'auto-corrélation et d'inter-corrélation.

TP4 : Filtrage des signaux aléatoires.

TP 5 : Analyse spectrale des signaux aléatoires.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références bibliographiques :

- 1.S. Haykin, "Signals and systems", John Wiley & sons, 2ed, 2003.
2. A.V. Oppenheim, "Signals and systems", Prentice-Hall, 2004.
3. Mori Yvon, "Signaux aléatoires et processus stochastiques", Lavoisier, 2014
4. A. Papoulis, "Probability, Random variable and Stochastic Processes", Mc Graw Hill 1984.
5. E. Robine, "Introduction à la théorie de la communication, Tome II: Signaux aléatoires", Masson 1970.
6. N. Hermann, "Probabilités de l'ingénieur : variables aléatoires et simulations Bouleau", 2002.
- 7.Ruegg, Alan, "Processus stochastique", Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 1989.

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM1.1
Matière3 :TP Circuits programmables FPGA
VHS: 22h30 (TP : 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

Cette matière permet à l'étudiant de concevoir un système électronique en utilisant le langage de description VHDL et de tester chaque conception sur l'FPGA.

Connaissances préalables recommandées :

Electronique numérique

Contenu de la matière :

TP1 : Introduction au VHDL langage. Présentation de l'outil de développement : carte de développement et logiciel de simulation.

TP2 : Exploitation du simulateur de VHDL.

TP3 : Développement d'un premier exemple de circuit : compteur décimal.

TP4 : Développement d'un deuxième exemple de circuit : multiplexeur.

TP5 : Développement d'un troisième exemple de circuit : registre à décalage.

TP6 : Implémentation d'un FPGA.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références bibliographiques :

1. Volnei A. Pedroni, "Circuit Design with VHDL", MIT press, 2004.
2. Jacques Weber , Sébastien Moutault , Maurice Meaudre, "Le langage VHDL : du langage au circuit, du circuit au langage", DUNOD, 2007.
3. Christian Tavernier, "Circuits logiques programmables", DUNOD 1992.

Semestre: 1

Unité d'enseignement: UEM 1.1

Matière 1 :Systèmes embarqués et Télécommunications

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Cette matière vise les connaissances de base sur un domaine qui regroupe deux systèmes autonomes : un système électronique et informatique dit système embarqué. Il permettra aussi aux étudiants de connaître les différentes étapes de conception d'un système embarqué.

Connaissances préalables recommandées :

Microprocesseur.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Introduction aux systèmes embarqués

(3 Semaines)

- Fonctionnalités
- Historique
- Spécificités d'un système embarqué
- Aspects matériels et logiciels
- Description fonctionnelle et architecture des systèmes embarqués
- Exemples de système embarqué

Chapitre 2. Systèmes embarqués et temps réel

(4 Semaines)

- Introduction
- Gestion de la mémoire
- Gestion de la concurrence
- Linux pour l'embarqué
- Présentation des systèmes temps réel embarqués
- Structure et fonctionnement des systèmes temps réel embarqués

Chapitre 3. Architecture des processeurs embarqués

(4 Semaines)

- Principaux concepts d'architecture
- Systèmes d'exploitation pour systèmes embarqués
- Processeurs à usage spécifique et processeurs à usage général
- Fonctionnement pipeline
- Hiérarchie mémoires
- Périphériques et interfaces
- Mécanismes de communication et protocoles associés
- Exemple d'architecture

Chapitre 4. Méthodologie de conception des systèmes embarqués

(3 Semaines)

- Environnements de conception
- Cycle de vie et étapes du développement d'un système embarqué
- Systèmes de commande et régulation
- Exemples de conception

Chapitre 5. Sécurité des systèmes embarqués

(1 Semaine)

- Vulnérabilités matériel et logiciel
- Sécurité des communications

Travaux Pratiques :

TP1 – Prise en main d'un système embarqué : Raspberry Pi Pico / Arduino

- Comprendre les composants d'un système embarqué : microcontrôleur, mémoire, ports E/S
- Savoir installer un environnement de développement (IDE, drivers)
- Écrire et téléverser un programme simple

TP2 – Gestion d'événements via entrées et interruptions

- Lire un état logique en entrée (bouton poussoir)
- Gérer un événement externe par interruption (INT0)
- Comprendre la différence polling vs interruption

TP3 – Multitâche et système temps réel avec FreeRTOS (ou simulateur)

- Comprendre la logique d'un système temps réel
- Créer et gérer plusieurs tâches concurrentes
- Utiliser des sémaphores ou mutex pour la synchronisation

TP4 – Communication série et protocole UART / I2C

- Échanger des données entre une carte et un PC ou deux cartes
- Implémenter un protocole simple : envoi de trames, commandes
- Utiliser des trames structurées et analyse de protocole
-

TP5 – Vulnérabilités et sécurité dans les systèmes embarqués

- Comprendre les risques liés aux communications embarquées
- Implémenter une méthode de sécurité simple (ex : XOR, checksum, CRC)
- Simuler une faille type buffer overflow ou injection série

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques :

1. K. Yaghmour, *"Building Embedded Linux systems"*, O'Reilly Media, 2003.
2. Pierre Ficheux, *"Linux embarqué"*, Eyrolles .3^{ème} Edit. 2010.
3. R. Zurawski, *"Embedded systems handbook"*, Taylor & Francis Group, LLC. 2006
4. D. Paret, *"Réseaux multiplexés pour systèmes embarqués"*, Dunod, 2012.

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UEM 1.1

Matière 4 : Programmation orientée objets en Python

VHS : 45h00 (Cours : 1h30, TP : 1h30)

Crédits : 2

Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement :

L'étudiant va devoir apprendre à partir de cette matière les fondements de base de la programmation orientée objets ainsi que la maîtrise des techniques de conception des programmes avancés en langage Python

Connaissances préalables recommandées :

- Notions sur la programmation (langage Pasacal/Matlab) ;
- Informatique 1, Informatique 2, Informatique 3 .

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Introduction à la programmation orientée objets (POO) (2 Semaines)

Principe de la POO, Encapsulation et abstraction, Initiation au langage Python, Librairies Python, Exécution des programmes en Python, Environnement de développement (IDLE, PyCharm, Jupiter, Spyder).

Chapitre 2. Notions de base (3 Semaines)

Types d'objets python, Opérateurs, Listes, Dictionnaires, Tuples, Sets, Chaines de caractères, Contrôle du flux d'exécution, Instructions répétitives, Tableaux numpy, Récursivité, Les modules, Création de modules, Les fonctions, Les paquets Python.

Chapitre 3. Classes et objets (3 Semaines)

Déclaration de classes, Variables et méthodes d'instance, Définition des méthodes, Droits d'accès, Encapsulation des attributs et des méthodes, Constructeur, Destructeur, Objets en interaction, Egalité et clonage d'objets en python, Envoi de messages, Association de classes, Dépendance de classes, Classes Amies, Classes imbriquées.

Chapitre 4. Héritage et polymorphisme (3 Semaines)

Agrégation et composition d'objets, Héritage, Règles d'héritage, Chaînage des constructeurs, Classes de base, Attributs et méthodes protégés, Multi-héritage, Surcharge des méthodes et des attributs, Polymorphisme, Redéfinition des méthodes, Méthodes virtuelles, Classes abstraites.

Chapitre 5. Notions avancées : Design patterns (2 Semaines)

Objets fonctions, Design patterns (Modèles de conception), Patterns de création, Patterns structurels (Composites, Décorateurs), Décorateurs de fonctions, Décorateurs de Classes.

Chapitre 6. Les conteneurs, itérateurs et collections d'objets (2 Semaines)

Conteneurs, Itérateurs, Générateurs de fonctions, Coroutines, Collections (Queues, Stacks, Filtres, Map, Reduce).

TP Programmation orientée objets en Python

- TP1 : Initiation et prise en main du langage Python (Modules : NumPy, matplotlib, Pandas, fichiers CSV, etc)
- TP2 : Programmation Python (Boucles, Instructions de contrôle, Fonctions)
- TP3 : Classes et objets
- TP4 : Héritage et polymorphisme
- TP5 : Design patterns et décorateurs
- TP6 : Conteneurs, Iterateurs, Modules de la bibliothèque standard (Itertool, Pickle, Socket, Urllib2, ftplib, etc)

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. Anaconda : Anaconda Environments (AEN 4.0) — Anaconda documentation
 2. T. Ziadé., 2009. Programmation python conception et optimisation, Edition Eyrolles. Programmation PYTHON (zenk-security.com)
 3. J.Chan, 2014. Learn python in one day and learn it well, Edition Eyrolles.
 4. J. Hunt, 2020. A beginners guide for python 3 programming, Edition Springer
 5. H. Bersini, 2013. La programmation orientée objet cours et exercices, Edition Eyrolles. La programmation orientée objet: Cours et exercices en UML2, Python, PHP, C#,C++ et Java (y compris Android) (Noire) (French Edition) (livre21.com)
 6. M. Lutz., 2009. Learning python : Powerful object-oriented programming, Learning Python (ehu.es)
 7. D. Phillips, 2015. Python 3 object oriented programming, 2ème edition, PACKT publishing, livre.pdf
 8. V. Boucheny, 2020. Apprendre la programmation orientée objet avec le langage python, 2^{ème} édition, Eyrolles.
 9. H. P. Langtangen, 2014. A primer on scientific programming with python, 4^{ème} édition, Springer.
- G. Swinnen, 2012. Apprendre a programmer avec Python3, apprendre_python3_5.pdf (inforef.be)

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UED 1.1

Matière : Matière 1 au choix

VHS : 22h30 (cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

II - Programme détaillé par matière du semestre S2

Semestre: 2

Unité d'enseignement: UEF 1.2.1

Matière 1 :Traitement numérique du signal

VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)

Crédits: 6

Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement :

Cette matière vise les bases fondamentales relevant du traitement numérique du signal. Elle aborde essentiellement les différentes techniques de filtrage numérique des signaux et certaines de leurs applications.

Connaissances préalables recommandées :

Mathématiques, théorie du signal et traitement du signal.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Transformation de Fourier Discrète (2 Semaines)

- Rappels sur les opérations d'échantillonnage et de quantification
- La TFTD (Transformée de Fourier à Temps Discret)
- Définition et propriétés de la TFD (Transformée de Fourier Discrète)
- Transformation de Fourier rapide (FFT)

Chapitre 2. Les filtres numériques (3 Semaines)

- Les systèmes discrets linéaires et invariants
- Définition et propriétés
- Convolution discrète
- Equation aux différences finies
- Transformation en Z- Propriétés et conditions de convergence
- Structures, fonctions de transfert en z, notions de pôles et de zéros, stabilité et implémentation des filtres numériques (RIF et RII)
- RIF vs RII

Chapitre 3. Synthèse des filtres numériques RIF (2 Semaines)

- Filtres RIF à phase linéaire (les quatre cas)
- Synthèse par la méthode des fenêtres
- Synthèse par la méthode de l'échantillonnage fréquentiel
- Synthèse itérative et algorithme de Remez
- Comparaison

Chapitre 4. Synthèse des filtres numériques RII (3 Semaines)

- Rappels sur les filtres analogiques de type Butterworth, Bessel, Chebychev I et II, Elliptique. Normalisation et dénormalisation des fréquences.
- Synthèse RII par les méthodes des transformations en particulier bilinéaire
- Effets des bruits de quantification
- Exemples de structures des filtres RII
- Filtre numérique à minimum de phase (filtre et son inverse sont stables)
- Avantages et inconvénients

Chapitre 5. Filtres numériques multicaudences (2 Semaines)

- Sous échantillonnage et suréchantillonnage
- Systèmes multicaudence et analyse spectrale
- Banc de filtres et décomposition polyphases
- Applications de traitement multicaudence

Chapitre 6. Transformation en ondelettes discrètes (DWT) (3 semaines)

- Dualité temps-fréquence et transformée de Fourier à court terme. Inconvénients.
- Ondelettes continues, discrètes (DWT) et ondelettes dyadiques
- Exemples de DWT (Haar, Daubechies, ...etc)
- Analyse multi-résolution
- Version lifting de la DWT
- Exemples d'applications

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques :

- 1.M. Kunt, *"Traitement Numérique des Signaux"*, Dunod, Paris, 1981.
- 2.J. M Brossier , *"Signal et Communications Numériques"*, Collection Traitement de Signal, Hermès, Paris, 1997.
- 3.G. Blanchet et M. Charbit, *"Signaux et Images sous Matlab : Méthodes, Applications et Exercices corrigés"*, Hermès, Paris, 2001.
4. M. Bellanger, *" Traitement numérique du signal : Théorie et pratique"*, 8^e édition, Dunod, 2006.
- 5.MessaoudBenidir, *"Méthodes de base pour l'analyse et le traitement du signal"*,Dunod 2004.
6. Yvon Mori,*"Filtrage numérique"*. Vol. IV, Hermès-Lavoisier. 2006
7. Yvon Mori,*"Filtrage numérique en traitement du signal - Exercices et travaux pratiques"*. Hermès-Lavoisier.

Semestre: 2

Unité d'enseignement: UEF 1.2.1

Matière 2 :Antennes

VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

On vise par cette matière le calcul détaillé du rayonnement du doublet électrique et des antennes. Dans cette matière, on étudie également les réseaux d'antennes uniformes et non uniformes ainsi que les rideaux d'antennes, les ouvertures rayonnantes (rectangulaires et circulaires) et les antennes planaires.

Connaissances préalables recommandées :

Des connaissances de rayonnements électromagnétiques sont nécessaires pour suivre cette matière. Ces connaissances sont dispensées au niveau de la matière « Antennes et lignes de transmission » de la troisième année licence de Télécommunications.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Généralité et paramètres caractéristiques des antennes (3 Semaines)

- Rappels sur les paramètres caractéristiques d'une antenne (Plans E et H, longueur d'onde d'accord, polarisation, diagrammes de rayonnement, hauteur effective, puissance rayonnée, résistance de rayonnement, impédance d'antenne, gain, directivité, puissance reçue, surface effective).
- Notion du potentiel vecteur et potentiel scalaire.
- Rayonnement du doublet électrique (calcul du champ électromagnétique en zone lointaine, surface caractéristique, puissance rayonnée, hauteur équivalente, résistance de rayonnement, diagramme de rayonnement).

Chapitre 2. Antennes filaires (3 Semaines)

- Antenne rectiligne isolée dans l'espace (Fonction caractéristique, diagramme de rayonnement).
- Antenne alimentée en son milieu.
- Antenne verticale au-dessus du sol.
- Antennes filaires à onde progressives (Antenne horizontale, Antenne en V, Antenne losange).

Chapitre 3. Réseaux d'antennes (3 Semaines)

- Réseaux d'antennes, Type de réseaux d'antennes (Rayonnement longitudinal et transversal).
- Réseau uniforme.
- Réseau non uniforme (Pondération de Dolph-Tchebychev).
- Autres méthodes de synthèse des réseaux d'antennes (méthode de Shelkounof, méthode de la transformée de Fourier,...).
- Rideau d'antennes.

Chapitre 4. Rayonnement des ouvertures planes (3 Semaines)

- Etude générale du rayonnement d'une ouverture (Principe de Huygens – Fresnel, relations de Green et de Kottler).
- Rayonnement d'une ouverture rectangulaire.
- Rayonnement d'une ouverture circulaire.

Chapitre 5. Les antennes planaires (3 Semaines)

- Les antennes patch, application des relations de Wheeler, les réseaux d'antennes patch, adaptation et rayonnement des antennes planaires.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques :

1. F. Gardiol, "Electromagnétisme: Traité d'électricité", Edition Lausanne.
2. P. Combes, "Mico-ondes, circuits passifs, propagation, antennes, Cours et exercices", Dunod, 1997.
2. R.-C. Houzé, "Les antennes,Fondamentaux", Dunod, 2006.
3. A. Ducros, "Les antennes: Théorie et pratique", Emission et réception, Elektor, 2008.
4. W.L. Stutzman, G.A. Thiele, "Antenna Theory and Design", John Wiley.
5. C. Balanis, "Antenna Theory: Analysis and Design", 3rd Edition, John Wiley & Sons Inc, 2005.
6. R. Aksas, "Télécommunications: Antennes Théorie et Applications", Ellipses Marketing, 2013.
7. O. Picon et al, "Les Antennes: Théorie, conception et applications",Dunod, 2009.

Semestre: 2

Unité d'enseignement: UEF 1.2.2

Matière 3 :Lignes de transmissions et guides d'ondes

VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

On vise par cette matière le principe de la propagation des ondes dans les lignes de transmission et les guides d'ondes ainsi que leurs adaptations.

Connaissances préalables recommandées :

Des connaissances de rayonnements électromagnétiques sont nécessaires pour suivre cette matière. Ces connaissances sont dispensées au niveau des matières « Supports de transmission » et « Antennes et lignes de transmission » de la troisième année licence de Télécommunications.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Introduction aux lignes de transmission

(4 Semaines)

- Equation fondamentale d'une ligne en régime sinusoïdal (schéma d'une ligne, équations d'une ligne, impédance de la ligne, équations des télégraphistes).
- Ondes progressives, Ondes stationnaires, vitesse de groupe, vitesse de phase, coefficient de réflexion, taux d'ondes stationnaires TOS-VSWR.
- Transmission de puissance.
- Phénomènes transitoires sur les lignes de transmission(étude en régime impulsionnel, étude en régime échelon de tension, diagrammes de superposition, applications : Générateur adapté et non adapté- avec charge résistive, charge capacitive, charge inductive).

Chapitre 2. Adaptation d'impédance dans les lignes de transmission

(4 Semaines)

- Adaptation par transformateur d'impédance sous de tronçon de ligne, par ligne quart-d'onde, à l'aide de circuits réactifs LC, à l'aide d'un stub, deux stubs, trois stubs, adaptation à large bande,...
- Abaque de Smith (fondements, construction et description de l'abaque).
- Détermination du coefficient de réflexion, du taux d'ondes stationnaire et résolution des problèmes d'adaptation d'impédance dans une ligne par l'utilisation de l'abaque de Smith.
- Utilisation de l'abaque en admittance.

Chapitre 3. Guides d'ondes

(4 Semaines)

- Guides d'ondes rectangulaires : Modes TM et TE, équation de dispersion, constante de Propagation, fréquence de coupure, Impédance,...
- Les cavités électromagnétiques rectangulaires.
- Guides d'ondes cylindriques : Modes TM et TE, équation de dispersion, constante de propagation, fréquence de coupure, Impédance,...
- Les cavités électromagnétiques cylindriques.

Chapitre 4. Autres types de lignes et structures planaires

(3 Semaines)

- Les lignes filaires (ligne bifilaire,coaxiale, torsadés).
- Les lignes planaires à bande (ligne Micro ruban, ligne triplaque, ligne à substrat suspendu) et à fente (ligne à fente, ligne coplanaire, ligne à ailette).

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques :

1. F. Gardiol, "Electromagnétisme: Traité d'électricité", Edition Lausanne.
2. P. Combes, "Mico-ondes, circuits passifs, propagation, antennes, Cours et exercices", Dunod, 1997.
3. G. DUBOST, "Propagation libre et guidée des ondes électromagnétiques / Rayonnement -Exercices avec solutions et rappels de cours".
4. J. Quinet, "Théorie et pratique des circuits de l'électronique et des amplificateurs, Propagation du courant H.F. le long des lignes ; Abaque de Smith- Antenne. Equations de Maxwell et Applications".

Semestre: 2

Unité d'enseignement: UEF 1.2.2

Matière 4 :Codage et Compression

VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Familiariser l'étudiant avec les techniques de codage et de compression des données comme le codage canal, le codage source et la compression d'images. L'étudiant va devoir apprendre à partir de cette matière les fondements de base pour l'évaluation des avantages et les inconvénients des différentes techniques de compression ainsi que les critères de choix d'une technique de compression de données.

Connaissances préalables recommandées :

Probabilités et statistiques, théorie d'information, Traitement du signal.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Notions fondamentales de codage source ~~et codage canal~~ (3 Semaines)

- Rappel des résultats fondamentaux de la théorie de l'information
- Sources et codage source
- Définition, différence et Intérêt du codage source
- Propriétés d'un code
- Inégalité de Kraft-McMillan
- Premier théorème de Shannon
- ~~Canal et codage canal~~
- ~~Notions sur le codage conjoint~~

Chapitre 2. Codages entropiques

(4 Semaines)

- ~~Rappels sur la théorie de l'information.~~
- ~~Entropie et mesure de l'information~~
- Codage de Huffman - les versions adaptatives de Huffman et Shannon-Fano
- Le codage arithmétique
- Le codage LZW
- Critères d'évaluation (calcul de l'entropie, de la longueur moyenne, de la redondance et de l'efficacité pour chaque méthode)
- Application sur des images.

Chapitre 3 : Codage du canal

(4Semaines)

- Principales notions et définitions
- Schéma général de communication et canal de transmission
- Type de canaux
- Efficacité, redondance et Capacité du canal
- Codage du canal et deuxième théorème de Shannon. Stratégies du codage du canal
- Codage correcteur d'erreurs (codes de Hamming, codes linéaires, codes cycliques, codes de Reed-Solomon ...etc)
- Code convolutifs :Diagramme d'état, Treillis de codage, Décodage (Algorithme de Viterbi).
- Les turbo-codes et code LDPC
- Performances d'un codeur
- Exemples d'application

Chapitre 4. Méthodes de compression avec pertes

(4 Semaines)

- Notions générales et définition.
- Schéma général des méthodes de compression basées sur les transformations
- Critères d'évaluation (MSE, PSNR, CR, SSIM ..etc)
- Description des différentes parties (Transformation, Quantification et codage entropique)
- Effets de la transformation sur la méthode de compression
- Effets de la quantification et différents types de quantification
- Les normes et les organismes de normalisation de compression d'images

Mode d'évaluation :

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques :

1. M. Cover and J. A. Thomas, "Elements of information theory", 2nd edition, Wiley Series in telecommunications and signal Processing, 2006.
2. M. Barlaud, C. Labit, "Compression et codage des images et des vidéos", traité Collection IC2, Ed. Hermès, 319p, 2002.
3. K. Sayood, "Introduction to Data Compression, Third Edition", Elsevier Inc. 2006.
4. Olivier Rioul, "Théorie de l'information et du codage", Edit. Lavoisier, 2007.
5. N. Moreau, "Outils pour la compression des signaux: applications aux signaux audio", Collection
6. Télécom, Edition Lavoisier, Octobre 2009.
7. J. C., Moreira, P. G., Farrell, "Essentials of Error-Control Coding", John Wiley and Sons, Ltd, 2006.
8. C. Berrou, "Codes et turbocodes", Springer-verlag France, 2007.

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM1.2
Matière 1 :TP Traitement numérique du signal
VHS: 22h30 (TP : 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

A l'issue de cette matière, l'étudiant sera capable de manipuler les signaux numériques par implémentation, programmation et analyse. Apprendre à l'étudiant les traitements numériques usuels comme le filtrage numérique et le débruitage des données.

Connaissances préalables recommandées :

Mathématiques, théorie du signal et traitement du signal.

Contenu de la matière :

TP1 : Comparaison entre TFD et FFT (temps de calcul en fonction du nombre de points, erreurs de restitution ...etc)

TP2 : Analyse, Synthèse (méthode des fenêtres) et implémentation d'un filtre numérique RIF

TP3 : Analyse, Synthèse par transformation bilinéaire (cas des filtres de Butterworth et Tchebychev) et implémentation d'un filtre numérique RII

TP4 : Application du filtrage numérique sur un signal audio

TP5 : Mise en œuvre d'un banc de filtres numériques (application à un signal de parole)

TP6 : Débruitage d'un signal par transformée en ondelette discrète

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références bibliographiques :

1. M. Kunt, "Traitement Numérique des Signaux", Dunod, Paris, 1981.
2. J. M Brossier , "Signal et Communications Numériques", Collection Traitement de Signal, Hermès, Paris, 1997.
3. G. Blanchet et M. Charbit, "Signaux et Images sous Matlab : Méthodes, Applications et Exercices corrigés", Hermès, Paris, 2001.
4. M. Bellanger, " Traitement numérique du signal : Théorie et pratique", 8^e édition, Dunod, 2006.
5. Messaoud Benidir, "Méthodes de base pour l'analyse et le traitement du signal", Dunod 2004.
6. Yvon Mori, "Filtrage numérique". Vol. IV, Hermès-Lavoisier. 2006
7. Yvon Mori, "Filtrage numérique en traitement du signal - Exercices et travaux pratiques". Hermès-Lavoisier.

Semestre: 2

Unité d'enseignement: UEM1.2

Matière 2 :TP Antennes, Lignes de transmissions et guides d'ondes

VHS: 22h30 (TP : 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

Dans cette matière, l'étudiant apprendra à utiliser des logiciels dédiés aux hyperfréquences pour la simulation des structures rayonnantes. Quant au côté pratique, il sera consacré aux mesures d'antennes et à la propagation guidée (canaux de transmission).

Connaissances préalables recommandées :

Des connaissances de rayonnements électromagnétiques sont nécessaires pour suivre cette matière. Ces connaissances sont dispensées au niveau des matières « Supports de transmission » et « Antennes et lignes de transmission » de la troisième année licence de Télécommunications.

Contenu de la matière :

TP 1 : Simulation des différentes structures d'antennes utilisant les logiciels de CAO hyperfréquences (CST, Momentum, HFSS ...).

TP 2 : Mesure d'antennes (Cornet - Antenne Hélicoïdale - Antenne à fentes - Antenne parabolique)

TP 3 : Calcul des paramètres secondaires d'une ligne de transmission (cas du câble coaxial).

TP 4 : Les lignes en régime impulsionnel.

TP 5 : Mesure sur une chaîne de transmission en guide d'onde.

- Mesure de la longueur d'onde guidée, du coefficient de réflexion et du TOS
- Mesure d'une impédance inconnue
- Mesure et évaluation de la constante diélectrique

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références bibliographiques :

1. F. Gardiol, "Electromagnétisme: Traité d'électricité", Edition Lausanne.
2. P. Combes, "Mico-ondes, circuits passifs, propagation, antennes, Cours et exercices", Dunod, 1997.
2. R.-C. Houzé, "Les antennes, Fondamentaux", Dunod, 2006.
3. A. Ducros, "Les antennes: Théorie et pratique", Emission et réception, Elektor, 2008.
4. W.L. Stutzman, G.A. Thiele, "Antenna Theory and Design", John Wiley.
5. C. Balanis, "Antenna Theory: Analysis and Design", 3rd Edition, John Wiley & Sons Inc, 2005.
6. R. Aksas, "Télécommunications: Antennes Théorie et Applications", Ellipses Marketing, 2013.
7. O. Picon et al, "Les Antennes: Théorie, conception et applications", Dunod, 2009.
8. G. Dubost, "Propagation libre et guidée des ondes électromagnétiques / Rayonnement -Exercices avec solutions et rappels de cours".
9. J. Quinet, "Théorie et pratique des circuits de l'électronique et des amplificateurs, Propagation du courant H.F. le long des lignes ; Abaque de Smith- Antenne. Equations de Maxwell et Applications".

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM1.2
Matière 3 :TP Codage et compression
VHS: 22h30 (TP : 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

Familiariser l'étudiant avec les techniques de codage et de compression des données comme le codage canal, le codage source et la compression d'images.

Connaissances préalables recommandées :

Probabilités et statistiques, théorie d'information, Traitement du signal.

TP1 : Etude et simulation du Codage de Shannon Fano et de Huffman. (Calcul de l'entropie, de la longueur moyenne et de l'efficacité ; détermination de l'alphabet, des probabilités et des fréquences)
 Application à la compression des images.

TP2 : Etude et simulation du Codage de Shannon Fano arithmétique

TP3 : Etude et simulation du Codages LZW

TP4 : Etude et simulation d'un codage canal (code en bloc et codage convolutif)

TP5 : Modélisation d'une chaîne avec codage source et codage canal sur un canal binaire puis gaussien.

TP6 : Exemple d'implémentation de la DCT rapide à faible complexité arithmétique.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références bibliographiques :

1. M. Cover and J. A. Thomas, "Elements of information theory", 2nd edition, Wiley Series in telecommunications and signal Processing, 2006.
2. M. Barlaud, C. Labit, "Compression et codage des images et des vidéos", traité Collection IC2, Ed. Hermès, 319p, 2002.
3. K. Sayood, "Introduction to Data Compression, Third Edition", Elsevier Inc. 2006.
4. Olivier Rioul, "Théorie de l'information et du codage", Edit. Lavoisier, 2007.
5. N. Moreau, "Outils pour la compression des signaux: applications aux signaux audio", Collection
6. Télécom, Edition Lavoisier, Octobre 2009.
7. J. C., Moreira, P. G., Farrell, "Essentials of Error-Control Coding", John Wiley and Sons, Ltd, 2006.
8. C. Berrou, "Codes et turbocodes", Springer-verlag France, 2007.

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM1.2
Matière 4 :Traitement d'images
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TP : 1h30)
Crédits: 3
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Comprendre les concepts de la capture et la numérisation des images. Connaitre les différents paramètres et formats d'images numériques. Maîtriser les fondements de base de l'analyse d'images. Apprendre à utiliser les outils préliminaires en traitement numérique d'images de bas niveau avec une introduction aux traitements de haut niveau.

Connaissances préalables recommandées :

Traitement du signal.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Perception de la couleur (2 Semaines)

- Colorimétrie. Lumière et couleur dans la perception humaine
- Systèmes de représentation de la couleur : RGB, XYZ, YUV, HSV, YIQ
- Formats couleur et stratégies de traitement de l'image couleur

Chapitre 2. Capteurs d'images et dispositifs d'acquisition numérique (2 Semaines)

- Schéma de principe d'une chaîne de traitement d'images.
- Principe des capteurs CCD et CMOS
- Spécifications des capteurs couleur
- Numérisation d'une image
- Notions de définition, résolution et quantification d'une image numérique (taille, dpi, ppi, bpp ...etc)
- Exemples de formats d'images numériques (BMP, TIFF, JPG, GIF et PNG)

Chapitre 3. Traitements de bases sur l'image (3 Semaines)

- Notion d'histogramme et de contraste
- Correction de la dynamique de l'image par les transformations affines sur l'histogramme
- Egalisation d'histogramme et correction gamma
- Opérations logiques et arithmétiques sur les images

Chapitre 4. Filtrage numérique des images (2 Semaines)

- Filtrage spatial et Convolution 2D : notion de masque (moyenleur, gaussien, binomial ...etc)
- Lissage linéaire puis non linéaire de l'image (médian ...etc)
- Filtrage fréquentiel : (FFT 2D et propriété de séparabilité, filtre passe-bas, passe-haut ...etc)

Chapitre 5. Détection de contours (3 Semaines)

- Objectifs et généralités
- Types de contours
- Dérivées 1^{ère} : masque de convolution (Opérateurs de gradient : masque de Roberts, Prewitt, Sobel ...etc)
- Dérivées 2^{ème} d'une image (Opérateurs Laplacien, Filtre de Marr-Hildreth)
- Opérateurs Laplacien vs Opérateur de gradient (sensibilité aux bruits, localisation ...etc)
- Filtre optimal (critères d'optimalité, Canny et Derriche ...etc)

Chapitre 6. Segmentation et classification (3 Semaines)

- Principe et différentes approches de segmentation (par seuillage, par régions, approche de la classification ...etc)
- Seuillage d'images : seuillage global, seuillage local, seuillage par détection de Vallées, seuillage dynamique, seuillage par minimisation de variance, méthodes de classification bayésienne ...etc
- Opérations morphologiques (dilatation, érosion, ouverture, fermetureetc)
- Extraction de paramètres et classification d'objets (distance Euclidienne, Kppv ...etc)

TP Traitement d'images

TP1 : Toolbox de Matlab de traitement d'images et de la vidéo

- Représentation des images digitales sous matlab
- Traitements sur la Couleur et palette
- Les séquences d'images et vidéo (multi frame array)

TP2 : Traitement numérique des images par MATLAB

- Prise en main des images : lecture, écriture affichage
- Transformations ponctuelles sur l'image
- Traitement sur l'histogramme
- Transformations Géométriques sur l'image

TP3 : Traitement fréquentiel des images sous matlab

- FFT2D et filtrage linéaire
- Modèles de bruits : débruitage des images
- Génération de filtres à partir des filtres spatiaux ou directement dans le domaine spectral

TP4 : Détection de contours et segmentation

TP5 : Binarisation d'images et opérations morphologiques

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques :

1. Stéphane Bres, Jean-Michel Jolion, Frank Lebourgeois, "Traitement et analyse des images numériques". Hermès- Lavoisier. 2003.
2. Richard Berry, James Burnell, "The Handbook of astronomical Image processing". 2nd Edition. 2006.
3. Rafael C. Gonzalez & Richard E Woods, "Digital Image Processing", Prentice Hall, 2008.
4. Radu Horaud et Olivier, "Vision par ordinateur". Editions Hermès, 1995 – 2^{ème} édition.
5. J.P. Cocquerez et Sylvie Philipp, "Analyse d'images : Filtrage et segmentation". Elsevier-Masson.
6. Diane Lingrand, "Introduction au traitement d'images". Vuibert 2008.
7. Gilles Burel, "Introduction au traitement d'images. Simulation sous Matlab". Hermès - Lavoisier. 2001.

Semestre: S2

Unité d'enseignement: 1.2.1

Matière : Eléments d'intelligence artificielle appliquée

VHS: 45h00 (Cours 1h30, TP 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 2

Compétences visées :

- Identifier les opportunités de l'intelligence artificielle en sciences de l'ingénieur
- Comprendre les implications éthiques de l'IA et les bonnes pratiques de son utilisation.
- Capacité à utiliser les techniques de l'IA dans la résolution de problèmes

Objectifs :

- Maîtrise des algorithmes IA
- Initiation aux concepts, outils et applications fondamentales de l'intelligence artificielle moderne, en mettant l'accent sur la pratique avec Python et ses bibliothèques.
- Approfondir le langage Python,
- Comprendre les approches de l'IA dans la résolution de problèmes,

Prérequis :

Programmation avancée Python

Matériels nécessaires :

- Un ordinateur avec Python installé,
- Bibliothèques Python : NumPy, Pandas, Scikit-learn, Matplotlib, os.listdir, os.path.exists, os.mkdir, os.rmdir, Matplotlib, Seaborn, Plitly , Request, Beautiful Soup, Tkinter, PyQt, ...
- Tensorflow, PyTorch, ...

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction à l'intelligence artificielle (IA) (1 semaine)

- Conception d'un Système IA, : Objectifs, Eléments du système, Apprentissage automatique
- Approches d'apprentissage : non supervisé, supervisé, semi-supervisé, transfer learning, apprentissage par renforcement
- Concept du neurone artificiel
- Quelques applications de l'IA : Télécommunications, traitement du langage naturel, Systèmes experts, Reconnaissance de formes, Robotique

Chapitre 2 : Apprentissage supervisé par régression (2 semaines)

- Introduction
- Régression linéaire
- Régression polynomiale
- Régression logistique
- Applications

Chapitre 3 : Apprentissage supervisé par les réseaux de neurones (2 semaines)

- Introduction
- Représentation neuronale : le Perceptron
- Architecture des réseaux de neurones multicouches

- Critère d'optimisation du réseau de neurones multicouches
- Algorithme d'apprentissage du réseau de neurones multicouches
- Applications

Chapitre 4 : Apprentissage profond par les réseaux convolutifs (2 semaines)

- Introduction
- Réseau de neurones convolutifs (CNN) : Principe
- Architectures des CNN : Convolution, Rectification, Normalisation par lot (Batch normalization), Regroupement (Pooling), Aplatissement, réseaux de neurones multicouches (Fully connected layers), Softmax.
- Critères d'optimisation : Perte d'entropie, critère des moindres carrées.
- Réglage des hyper paramètres
- Exemples d'architectures (VGG, ResNet, AlexNet, GoogleNet ...)

Chapitre 5 : Apprentissage par renforcement (3 semaines)

- Introduction
- Principe de l'apprentissage par renforcement
- Algorithme Q-Learning
- Deep Q-Learning
- Applications

Chapitre 6 : Modèles de l'IA générative (2 semaines)

- Architecture des autoencodeurs (Encodeur et décodeur, structure du réseau neuronal)
Réseaux génératifs (GAN : Generative Adversarial Network)
- Transformers (Architecture, tokenization, couches d'embedding, Mécanisme d'attention)
- Exemples de modèles transformers (ViT, LLM,...)

Travaux pratiques :

- **TP1 :** Initiation et préparation des données : Installation des bibliothèques utilisées en IA (Keras, Tensorflow, Sklearn, Pytorch), préparation des données sous format utilisable pour une application d'apprentissage.
- **TP2 :** Apprentissage supervisé par régression logistique : Conception d'un modèle de prédiction de données, churn prediction, prédiction de la puissance du signal reçu, etc.
- **TP3 :** Apprentissage supervisé par les réseaux multicouches et les réseaux convolutifs (Application à la classification des signaux, classification des images, classification des modulations numériques, Détection des signaux d'interférence radio, etc)
- **TP 4 :** Apprentissage par renforcement : Utilisation de l'algorithme Q-Learning pour l'allocation des ressources sur le réseau de télécommunications. Exploration du Deep Q-Learning pour les

télécommunications : détection d'anomalies, optimisation du routage réseau, optimisation réseau pour l'IoT,

- **TP 5** : Applications des auto-encodeurs convolutionnels (CAE) pour les télécommunications : compression et reconstruction, détection d'anomalies, apprentissage et extraction de caractéristiques, ...
- **TP 6** : Application des architectures transformers (ViT pour la classification des signaux et des images, compression de trames de données, estimation de canal,...).

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40%, Examen : 60%

Bibliographie :

- Ganascia, J.Gabriel (2024) : l'IA expliquée aux humains. Paris France- Edition le Seuil.
- Anglais, Lise, Dilhac, Antione, Dratwa, Jim et al. (2023) : L'éthique au coeur de l'IA. Quebec Obvia.
- J.Robert (2024) : Natural Language Processing (NLP) : définition et principes – Datasciences. Lien : <https://datascientest.com/introduction-au-nlp-natural-language-processing>
- Qu'est-ce que le traitement du langage naturel. Lien : <https://aws.amazon.com/fr/what-is/nlp/>
- M.Journe : Eléments de Mathématiques discrètes – Ellipses
- F.Challet : L'apprentissage profond avec Python – Eyrolles
- H.Bersini (2024) : L'intelligence artificielle en pratique avec Python – Eyrolles
- B.Prieur (2024) : Traitement automatique du langage naturel avec Python – Eyrolles
- V.Mathivet (2024) : Implémentation en Python avec Scikit-learn – Eyrolles
- G.Dubertret (2023) : Initiation à la cryptographie avec Python – Eyrolles
- S.Chazallet (2023) : Python 3 – Les fondamentaux du langage - Eyrolles
- H.Belhadef, I.Djemal : Méthode TALN – Cours de l'université de Msila - Algérie

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UET 1.2

Matière : Respect des normes et des règles d'éthique et d'intégrité.

VHS : 22h30 (Cours : 1h30)

Crédit : 1

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Développer la sensibilisation des étudiants au respect des principes éthiques et des règles qui régissent la vie à l'université et dans le monde du travail. Les sensibiliser au respect et à la valorisation de la propriété intellectuelle. Leur expliquer les risques des maux moraux telle que la corruption et à la manière de les combattre, les alerter sur les enjeux éthiques que soulèvent les nouvelles technologies et le développement durable.

Connaissances préalables recommandées :

Ethique et déontologie (les fondements)

Contenu de la matière :

A. Respect des règles d'éthique et d'intégrité,

- 1. Rappel sur la Charte de l'éthique et de la déontologie du MESRS :** Intégrité et honnêteté. Liberté académique. Respect mutuel. Exigence de vérité scientifique, Objectivité et esprit critique. Equité. Droits et obligations de l'étudiant, de l'enseignant, du personnel administratif et technique,
- 2. Recherche intègre et responsable**
 - Respect des principes de l'éthique dans l'enseignement et la recherche
 - Responsabilités dans le travail d'équipe : Egalité professionnelle de traitement. Conduite contre les discriminations. La recherche de l'intérêt général. Conduites inappropriées dans le cadre du travail collectif

- Adopter une conduite responsable et combattre les dérives : Adopter une conduite responsable dans la recherche. Fraude scientifique. Conduite contre la fraude. Le plagiat (définition du plagiat, différentes formes de plagiat, procédures pour éviter le plagiat involontaire, détection du plagiat, sanctions contre les plagiaires, ...). Falsification et fabrication de données.

3. Ethique et déontologie dans le monde du travail :

Confidentialité juridique en entreprise. Fidélité à l'entreprise. Responsabilité au sein de l'entreprise, Conflits d'intérêt. Intégrité (corruption dans le travail, ses formes, ses conséquences, modes de lutte et sanctions contre la corruption)

B- Propriété intellectuelle

I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle

- 1- Propriété industrielle. Propriété littéraire et artistique.
- 2- Règles de citation des références (ouvrages, articles scientifiques, communications dans un congrès, thèses, mémoires, ...)

II- Droit d'auteur

1. Droit d'auteur dans l'environnement numérique

Introduction. Droit d'auteur des bases de données, droit d'auteur des logiciels. Cas spécifique des logiciels libres.

2. Droit d'auteur dans l'internet et le commerce électronique

Droit des noms de domaine. Propriété intellectuelle sur internet. Droit du site de commerce électronique. Propriété intellectuelle et réseaux sociaux.

3. Brevet

Définition. Droits dans un brevet. Utilité d'un brevet. La brevetabilité. Demande de brevet en Algérie et dans le monde.

III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle

Comment protéger la propriété intellectuelle. Violation des droits et outil juridique. Valorisation de la propriété intellectuelle. Protection de la propriété intellectuelle en Algérie.

C. Ethique, développement durable et nouvelles technologies

Lien entre éthique et développement durable, économie d'énergie, bioéthique et nouvelles technologies (intelligence artificielle, progrès scientifique, Humanoïdes, Robots, drones,

Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

Références bibliographiques:

1. Charte d'éthique et de déontologie universitaires,
https://www.mesrs.dz/documents/12221/26200/Charte+fran_ais+d_f.pdf/50d6de61-aabd-4829-84b3-8302b790bdce
2. Arrêtés N°933 du 28 Juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat
3. L'abc du droit d'auteur, organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture(UNESCO)
4. E. Prairat, De la déontologie enseignante. Paris, PUF, 2009.
5. Racine L., Legault G. A., Bégin, L., Éthique et ingénierie, Montréal, McGraw Hill, 1991.

6. Siroux, D., Déontologie : Dictionnaire d'éthique et de philosophie morale, Paris, Quadrige, 2004, p. 474-477.
7. Medina Y., La déontologie, ce qui va changer dans l'entreprise, éditions d'Organisation, 2003.
8. Didier Ch., Penser l'éthique des ingénieurs, Presses Universitaires de France, 2008.
9. Gavarini L. et Ottavi D., Éditorial. de l'éthique professionnelle en formation et en recherche, Recherche et formation, 52 | 2006, 5-11.
10. Caré C., Morale, éthique, déontologie. Administration et éducation, 2e trimestre 2002, n°94.
11. Jacquet-Francillon, François. Notion : déontologie professionnelle. Le télémaque, mai 2000, n° 17
12. Carr, D. Professionalism and Ethics in Teaching. New York, NY Routledge. 2000.
13. Galloux, J.C., Droit de la propriété industrielle. Dalloz 2003.
14. Wagret F. et J-M., Brevet d'invention, marques et propriété industrielle. PUF 2001
15. Dekermadec, Y., Innover grâce au brevet: une révolution avec internet. Insep 1999
16. AEUTBM. L'ingénieur au cœur de l'innovation. Université de technologie Belfort-Montbéliard
17. Fanny Rinck et Léda Mansour, littérature à l'ère du numérique : le copier-coller chez les étudiants, Université grenoble 3 et Université paris-Ouest Nanterre la défense Nanterre, France
18. Didier DUGUEST IEMN, Citer ses sources, IAE Nantes 2008
19. Les logiciels de détection de similitudes : une solution au plagiat électronique? Rapport du Groupe de travail sur le plagiat électronique présenté au Sous-comité sur la pédagogie et les TIC de la CREPUQ
20. Emanuela Chiriac, Monique Filiatrault et André Régimbald, Guide de l'étudiant: l'intégrité intellectuelle plagiat, tricherie et fraude... les éviter et, surtout, comment bien citer ses sources, 2014.
21. Publication de l'université de Montréal, Stratégies de prévention du plagiat, Intégrité, fraude et plagiat, 2010.
22. Pierrick Malissard, La propriété intellectuelle : origine et évolution, 2010.
23. Le site de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle www.wipo.int
24. <http://www.app.asso.fr/>

III - Programme détaillé par matière du semestre S3

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEF 2.1.1
Matière 2 :Réseaux sans fil et réseaux mobiles
VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)
Crédits: 6
Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement

Cette matière est consacrée aux réseaux sans fil (WiFi et WiMAX) et radio-mobiles 3 et 4G. A l'issue du cours, l'étudiant aura un concept complet sur ces réseaux (architecture, interface radio, canal radio, dimensionnement et planification, services offerts, gestion de la sécurité, de l'itinérance, etc...).

Connaissances préalables recommandées :

Réseaux TCP, Communications numériques, Téléphonie.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Rappels des concepts de base (2 Semaines)

Rappels et définitions, Types des communications sans fils, Systèmes de communications sans fils modernes, Réseaux sans fils et réseaux mobiles, Le concept des réseaux cellulaires, Architectures. Les stations de base, Les bandes de fréquences.

Chapitre 2. Réseaux personnels sans fils (WPAN) (2 Semaines)

Les standards et caractéristiques, Ultra-Large Bande ou UWB, Standard 802.15, Bluetooth, Zigbee, Les techniques d'accès, La mise en œuvre, La sécurité. Quelques exemples : WBAN (Wireless Body Area Networks), WSN (Wireless Sensor Networks) ...etc

Chapitre 3. Réseaux locaux sans fils : IEEE 802.11 (Wifi) (3 Semaines)

Standard 802.11, Architecture et Couches, 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n et 802.11ac ou WiFi à haut débit ...etc, Routage et Techniques de Transmission : Architecture du Mode 802.11 avec infrastructure, Conditions d'installations des points d'accès. Architecture du Mode 802.11 sans infrastructure, ad-hoc, La sécurité.

Chapitre 4. Réseaux Métropolitains sans fils (2 Semaines)

WMAN, Architecture et évolution, Local Multipoint Distribution Service (LMDS), Multichannel Multipoint Distribution System (MMDS), principales caractéristiques du Standard IEEE 802.16, WiMAX, options spectrales, WiMAX Subscriber Stations, WiMAX Base Stations, Solutions techniques du WiMAX.

Chapitre 5. Réseaux mobiles 3G, 4G et 5G (4 Semaines)

Structure d'un système de radio mobile, la couverture radio mobile (pico cellulaire, micro cellulaire, satellite), Rappels sur les générations précédentes (EDGE, GSM, GPRS, services offerts : sms ...etc), Les différentes normes de la 3G, Technologies et caractéristiques, UMTS, WCDMA, CDMA2000, TD-SCDMA. Architecture LTE, LTE Advanced, Caractéristiques et performances, Normalisation, Evolution des technologies cellulaires, vue futuriste de la 5ème génération (plan de fréquence, débit, latence, ...etc).

Chapitre 6. Introduction à la Radio cognitive (2 Semaines)

Problématique (Spectre de fréquences saturé et mal utilisé), Historique de la Radio cognitive (RC), Architecture, Cycle de cognition, Composantes, Fonctions (Détection du spectre ou Spectrum sensing, Gestion du spectre ou Spectrum management, Mobilité du spectre ou Spectrum mobility).

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques:

1. Lin, Y. B., & Chlamtac, I. (2008). *Wireless and mobile network architectures*. John Wiley & Sons, 2008.
2. Gast, M. (2005). *802.11 wireless networks: the definitive guide*. "O'Reilly Media, Inc.", 2005.
3. K. Al Agha, (2016) *Wireless and Mobile Networks*, Wiley, 2006.
4. A.K.Nayak, S.C.Rai, R.Mall, (2016), *Computer Network Simulators Using NS2*, Productivity Press, 2016.
5. R.Mutha, (2013), *Performance Evaluation of AdHoc Routing Protocols By NS2 Simulation*, LAP Lambert Academic Publishing, 2013.
6. G. Baudoin, «Radiocommunications Numériques T1: Principes, Modélisation et Simulation», Dunod, Paris, 2007
8. S. TABBANE, *Réseaux Mobiles*, Hermès science publications, 1997.

9. Stéphane Lohier, Dominique Présent. Réseaux et transmissions - 6e édition. Protocoles, infrastructures et services. NFO SUP, Dunod janvier 2016.
10. Aurélien Geron. WiFi professionnel. La norme 802.11, le déploiement, la sécurité. Dunod23/09/2009
11. Pujolle, " Les Réseaux ", Ed Eyrolle, 8ème édition, 2014.

Semestre: 3

Unité d'enseignement: UEF 2.1.1

Matière 1 :Communications optiques

VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Le but de cette matière est de pouvoir concevoir et analyser les systèmes de communication optique, et tout particulièrement les transmissions par fibre optique.

Connaissances préalables recommandées :

Des notions de base de l'optoélectronique dispensées au niveau de la troisième année licence de Télécommunications.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Introduction aux systèmes de communications optiques (2 Semaines)

- Introduction et bref historique
- Evolution des systèmes de communications optiques
- Avantages des fibres optiques

Chapitre 2. Etude de la propagation dans les fibres optiques (2 Semaines)

- Approche géométrique : Principe de Fermat et loi de Snell-Descartes- Application aux fibres optiques (Notion de l'ouverture numérique- Fibres multimode et monomode)
- Approche ondulatoire : Equations de Maxwell (Modes d'une fibre à saut d'indice, Comparaison entre fibres monomodes et multimodes)

Chapitre 3. Émetteurs/Récepteurs Électro-optiques (3 Semaines)

- Sources de lumière à semi-conducteur - Émetteurs optiques : Diodes LED, Diodes lasers - Récepteurs optiques : Photodiode PIN, Diode à avalanche
- Sources de bruit et rapport signal sur bruit

Chapitre 4. Système de transmission par fibres optiques (4 Semaines)

- Schéma synoptique d'une chaîne de transmissions optiques
- Câble optique et connectique
- Structure et Familles des liaisons numériques : point à point, avec amplificateurs optiques EDFA, liaisons multiplexées (WDM, OTDM...).

Chapitre 5. Réseaux sur fibres optiques (4 Semaines)

- Réseaux passifs et actifs,
- Différents architectures FTTX
- Réseaux optiques locaux, métropolitains et longue distance, Réseaux optiques passifs (PON), Topologies des réseaux optiques, Budget de puissance d'un réseau optique, performance d'un réseau optique.
- Réseaux de Bragg pour un système de codage et décodage optique

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques :

1. Govind P. Agrawal, "Fiber-optic communication systems", 4th Edition, John Wiley & Sons, 2010.
2. Gerd Keiser, 'Optical Communications Essentials', McGraw-Hill Companies, 2003.
3. Pierre Lecoy, "Fiber-optic communications", 3rd edition, John Wiley & Sons, 2008.
4. Enrico Forestieri, "Optical communication: theory and techniques", Springer, 2005.
5. Shiva Kumar and M. Jamal Deen, "Optical fiber communications: Fundamentals and applications", John Wiley & Sons, 2014.
6. Govind P. Agrawal, "Lightwave technology: Telecommunication systems", John Wiley & Sons, 2005.
7. John M. Senior, "Optical fiber communications: Principles and practice", 3rd edition, Prentice Hall, 2009
8. Le Nguyen Binh, 'Optical fiber communications systems, Theory and Practice with MATLAB® and Simulink® Models', CRC press, 2010.
9. Michael Barnoski, 'Fundamentals of optical fiber communications, Academic press, 2nd, 1981.
10. AMASWAMY, R., SIVARAJAN, K.M., Optical Networks: A Practical Perspective, 3rd Edition, Morgan Kaufmann Publishers, 2010.

Semestre: 3

Unité d'enseignement: UEF 2.1.2

Matière 3 :Technologie et protocoles pour le multimédia

VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de cette matière est de familiariser les étudiants avec les différents protocoles pour les multimédias ainsi que la technologie et les applications associées.

Connaissances préalables recommandées :

Les différents types de réseaux. Codage et compression, Communications Numériques

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Analyse multimédia : Normes et Protocoles (3 Semaines)

Définitions, normalisation, exemples de normes, Multimédia et hypertexte, fondements du multimédia, Composantes du Multimédia, Diversité des applications multimédia et besoins, Internet (structure et vision). Les protocoles IP, UDP, RTP, TCP/IP, RTSP, Multicast, Réserve de ressources ...

Chapitre 2. Les signaux multimédia (3 Semaines)

Son (Ton ou hauteur tonale, Intensité, timbre, Durée, analyse spectrale ...etc), Image, vidéo. Rappels sur la compression image. Descriptif sur la Compression des signaux Audio. Introduction sur la compression vidéo. Problématique du changement de formats. Edition de documents multimédia.

Chapitre 3. Techniques de synchronisation multimédia (3 Semaines)

Principe et définition. Approches locales, approches distribuées. Indexation des fichiers multimédia par le contenu. Interactions dans les applications multimédia.

Chapitre 4. Introduction aux techniques d'accès (3 Semaines)

Les catégories de réseaux de transfert, Les différents types de transmission et multiplexage, Le réseau téléphonique, Les réseaux à commutation, Les réseaux d'accès : les technologies SDH et WDM, Les architectures dans la boucle locale : fibre, réseaux câblés HFC, réseaux XDSL et faisceaux hertziens LMDS.

Chapitre 5. Services réseau et sécurité(3 Semaines)

Protocole http, Messagerie électronique, Transfert de fichiers, Téléphonie sur IP, vidéo sur IP, qualité de service QoS, télévision interactive. Cryptage et Chiffrement. Watermarking (Tatouage) numérique de données. Stéganographie. Sécurité dans les réseaux

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques:

1. Marc Van Droogenbroeck. *Technologies du multimédia, des télécommunications et de l'Internet*, Université de Liège, 2004
2. S. Collin, *Le multimédia sur PC*, Dunod, Paris, 1994.
3. E. Holsinger, *How multimedia works*, Ziff-David Press, Emeryville, California, 1994.
4. C. Servin, *Réseaux et télécoms*, Dunod, Paris, 2003.
5. S. Déon, *La téléphonie sur IP*, Eyrolles, 2010.
6. G. Pujolle, *Les réseaux*, Eyrolles, 2000.
7. O. Hersent, *La voix sur IP : Déploiement des architectures*, Eyrolles, 2006.

Semestre: 3

Unité d'enseignement: UEF 2.1.2

Matière 4 :Dispositifs (Passifs/Actifs) RF et Micro-ondes

VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Cette matière a pour objectif de fournir les notions de base et une initiation aux outils nécessaires à la conception de divers circuits RF ou micro-ondes. Ces circuits sont divisés en deux types, des dispositifs passifs tels que les lignes de transmission, guides d'ondes métalliques, coupleurs, diviseurs et d'autres dispositifs actifs tels que transistor FET, diode Schottky, mélangeurs et les oscillateurs.

Connaissances préalables recommandées :

Electronique Analogique, Electronique Numérique et ligne de transmission.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Circuits et dispositifs passifs pour micro-ondes

(4 Semaines)

- Notions sur les paramètres S
- Multipôle
- Lignes couplées (Coupleurs directifs)
- Circulateurs, T magique, Hybride, diviseurs de puissance, coupleurs directionnels
- Adaptateurs, atténuateurs, déphaseur
- Méthodes d'analyses (paramètres S, graphe de fluence)

Chapitre 2. Filtres micro-ondes

(2 Semaines)

- Circuits résonnantes, Cavités
- Eléments et dispositifs ferrites pour circuits passifs non réciproques

Chapitre 3. Stabilité et bruit dans les quadripôles

(2 Semaines)

- Stabilité inconditionnelle, Stabilité conditionnelle, cercles de stabilité (sur l'Abaque de Smith), Facteur de Rollet

Chapitre 4. Gain d'un quadripôle

(3 Semaines)

- Description des différents gains (gain en puissance, gain transductique et Gain spécifique)
- Conception d'un amplificateur linéaire
- Conception d'un amplificateur à faible bruit (LNA)

Chapitre 5. Circuits et dispositifs actifs pour micro-ondes

(3 Semaines)

- Les diodes en RF (Schottky, Gunn, Varicap, PIN),
- Les transistors en RF (MOSFET et MESFET)
- Les oscillateurs et mélangeurs

Chapitre 4. Circuits intégrés micro-ondes

(1 Semaine)

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques:

1. P.F.Combes "Microondes "Tome 2, Dunod 96.
2. P.F.Combes, J.Graffeuil, J.F.Sautereau "Composants, dispositifs et circuits actifs microondes, Dunod Université, 1985.
3. A. Pacaud, "Électronique radiofréquence", Ellipses.
4. P.F.Combes "Ondes métriques et centimétriques Lignes, circuits passifs, antennes Dunod université.
5. M. Helier, Techniques micro-ondes, Ellipses.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM2.1
Matière 2 :TP Réseaux sans fil et réseaux mobiles
VHS: 22h30 (TP : 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

Maîtriser les différentes techniques des transmissions sans fil et mobiles ainsi que la mise en test des différents réseaux correspondants.

Connaissances préalables recommandées :

Systèmes de communications fixes et mobiles.

Contenu de la matière :

TP 1 : Installation et analyse d'un réseau Bluetooth (WPAN)

TP2 : Installation et Analyse d'un réseau de type Wifi (WLAN) avec infrastructure et sans infrastructure (ad-hoc)

TP3 : Simulation d'un réseau WiMAX, configuration de station WiMAX: gestion des utilisateurs et de la Qualité de service (QoS)etc

TP 4: Analyse spectrale des réseaux sans fil et mesure du champ électromagnétique (en utilisant dans la mesure du possible un analyseur de spectre, un Wattmètre RF, un détecteur de champ électromagnétiqueetc).

TP5 : Supervision et évaluation de la qualité de service d'un réseau radio 2G, 3G et dans la mesure du possible 4G.

TP 6: Simulation et planification des réseaux radio mobile à l'aide d'un logiciel (Exemple ATTOL).

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références bibliographiques:

1. Lin, Y. B., & Chlamtac, I. (2008). *Wireless and mobile network architectures*. John Wiley & Sons.2, 2008.
2. Gast, M. (2005). *802.11 wireless networks: the definitive guide*. " O'Reilly Media, Inc.", 2005.
3. K. Al Agha, (2016) *Wireless and Mobile Networks*, Wiley, 2006.
4. A.K.Nayak, S.C.Rai, R.Mall , (2016), *Computer Network Simulators Using NS2*, Productivity Press, 2016.
5. R.Mutha, (2013), *Performance Evaluation of AdHoc Routing Protocols By NS2 Simulation*, LAP Lambert Academic Publishing, 2013.
6. G. Baudoin, «Radiocommunications Numériques T1: Principes, Modélisation et Simulation,» Dunod, Paris, 2007
8. S. TABBANE, *Réseaux Mobiles*, Hermès science publications, 1997.
9. Stéphane Lohier, Dominique Présent. *Réseaux et transmissions - 6e édition. Protocoles, infrastructures et services*. NFO SUP, Dunod janvier 2016.
10. Aurélien Géron. *WiFi professionnel. La norme 802.11, le déploiement, la sécurité*. Dunod23/09/2009
11. Pujolle, " Les Réseaux ", Ed Eyrolle, 8ème édition, 2014.

Semestre: 3
Unité d'enseignement: UEM2.1
Matière 1 :TPCommunications optiques
VHS: 22h30 (TP : 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

Cette matière permet aux étudiants d'élaborer une description fonctionnelle des chaînes de communication par fibre optique, en mettant l'accent sur les principales limitations introduites par les différents composants optiques (fibre, source laser, amplificateur optique, etc...)

Connaissances préalables recommandées :

Notions sur les modulations analogiques et numériques ; Traitement du signal.

Contenu de la matière :

TP1 : La dispersion chromatique et sa compensation

TP2 : Modulation/démodulation en optique

TP3 : Liaison point à point mono-longueur d'onde

TP4 : Étude d'une liaison OTDM

TP5 : Étude d'une liaison WDM

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100%

Références bibliographiques :

1. Govind P. Agrawal, "Fiber-optic communication systems", 4th Edition, John Wiley & Sons, 2010.
2. Gerd Keiser, 'Optical Communications Essentials', McGraw-Hill Companies, 2003.
3. Pierre Lecoy, "Fiber-optic communications", 3rd edition, John Wiley & Sons, 2008.
4. Enrico Forestieri, "Optical communication: theory and techniques", Springer, 2005.
5. Shiva Kumar and M. Jamal Deen, "Optical fiber communications: Fundamentals and applications", John Wiley & Sons, 2014.
6. Govind P. Agrawal, "Lightwave technology: Telecommunication systems", John Wiley & Sons, 2005.
7. John M. Senior, "Optical fiber communications: Principles and practice", 3rd edition, Prentice Hall, 2009
8. Le Nguyen Binh, 'Optical fiber communications systems, Theory and Practice with MATLAB® and Simulink® Models', CRC press, 2010.
9. Michael Barnoski, 'Fundamentals of optical fiber communications, Academic press, 2nd, 1981.
10. AMASWAMY, R., SIVARAJAN, K.M., Optical Networks: A Practical Perspective, 3rd Edition, Morgan Kaufmann Publishers, 2010.

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UEM 2.1

Matière 3 : TP Dispositifs (Passifs/Actifs) RF et Micro-ondes

VHS : 22h30 (TP : 1h30)

Crédits : 2

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

Le but de ce TP est de maîtriser les concepts vus en cours, relatifs aux dispositifs RF et micro-ondes (lignes planaires, charge adaptée, atténuateur fixe et variable, déphaseur, coupleur, circulateur, filtre et cavité résonnante, diodes Schottky, PIN, détecteur à diode, amplificateur, mélangeur...) par exploitation de bancs de mesure, d'analyseur de réseaux et d'outils de simulation tel que « Advanced Design System (ADS) ».

Connaissances préalables recommandées :

Electronique Analogique, Electronique Numérique et ligne de transmission.

Contenu de la matière :

TP1: Etude des fonctions et dispositifs RF et microondes à l'aide de bancs de mesure

Le but du TP est de comprendre et maîtriser le fonctionnement des dispositifs passifs RF et micro-ondes tels que la charge adaptée, l'atténuateur ou l'affaiblisseur fixe et variable, le déphaseur, le coupleur directif, le circulateur, le filtre et la cavité résonnante, les diodes Schottky et PIN, le détecteur à diode...). La méthodologie consiste à injecter une puissance, générée à partir d'une source RF et micro-ondes, à l'entrée du composant analysé et mesurer les puissances transmises et réfléchies aux différents ports du composant afin de vérifier la fonction réalisée.

TP2: Etude des lignes planaires micro-rubans et de leurs paramètres S

Le but de ce TP est se familiariser avec l'outil de simulation ADS, d'étudier des dispositifs RF et micro-ondes passifs telles que les lignes de transmission planaires (règles de dimensionnement, impédance caractéristiques, longueur électrique, utilisation de l'abaque de Smith...) et d'apprendre à exploiter les paramètres [S] pour réaliser l'adaptation de ce type de lignes de transmissions.

TP3: Conception d'un amplificateur RF: Etude de la stabilité, du gain et du facteur de bruit de l'amplificateur

Le but du TP est de montrer comment calculer la stabilité, le gain et le facteur de bruit d'un amplificateur RF. La méthodologie adoptée consiste à réaliser l'adaptation du transistor RF à son entrée et à sa sortie pour maximiser son gain et minimiser son facteur de bruit, tout en vérifiant sa stabilité (ceci revient à définir des cellules d'adaptation à l'entrée et à la sortie du transistor et à les optimiser avec ADS)

TP4: Mesure de dispositifs RF passifs et actifs avec un analyseur de réseaux

Le but du TP est d'expliquer le fonctionnement d'un analyseur de réseaux et montrer ensuite comment mesurer des composants RF et micro-ondes étudiés dans les TP1, TP2, et TP3.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 100% ;

Références bibliographiques:

1. P.F.Combes "Microondes "Tome 2, Dunod 96.
2. P.F.Combes, J.Graffeuil, J.F.Sautereau"Composants, dispositifs et circuits actifs microondes, Dunod Université, 1985.
3. A. Pacaud, "Électronique radiofréquence", Ellipses.
4. P.F.Combes "Ondes métriques et centimétriques Lignes, circuits passifs, antennes Dunod université.
5. M. Helier, Techniques micro-ondes, Ellipses

Semestre: 3

Unité d'enseignement: UEM2.1

Matière 4 : Planification et optimisation des réseaux d'accès radio

VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TP : 1h30)

Crédits: 3

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Ce cours vise à former des ingénieurs capables de concevoir, planifier et optimiser efficacement des réseaux d'accès radio LTE et 5G. Les étudiants apprendront à dimensionner les réseaux pour assurer une couverture optimale et répondre aux exigences de capacité, à analyser les indicateurs de performance (KPIs), et à proposer des solutions concrètes pour améliorer la qualité et la performance des réseaux mobiles

Connaissances préalables recommandées :

Propagation des ondes radio, réseaux de radiocommunication, réseaux radio cellulaires, communications radio-numériques.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction aux réseaux d'accès radio et architectures RAN

- Évolution des architectures RAN : RAN traditionnel, IPRAN, C-RAN, V-RAN.
- Enjeux et méthodologie générale de la planification/optimisation radio
- Processus général d'un projet de planification radio
 - Préparation du projet (données d'entrée, objectifs)
 - Planification initiale : dimensionnement (couverture et capacité)
 - Planification détaillée (emplacements, paramètres radio)
 - Sélection des sites et contraintes pratiques (site survey)

Chapitre 2: Dimensionnement de la couverture radio

- Concepts fondamentaux de la couverture radio
 - Calcul du MAPL (Maximum Allowed Path Loss) en DL et UL.
 - Marges d'évanouissement par effet de masque et marge d'interférence.
- Modèles de propagation radio
 - Rappel des modèles classiques (Okumura-Hata, COST-231)
 - Modèles spécifiques LTE/5G (3GPP TR 36.942/TR 38.901)
 - Calcul de portée cellulaire.
- Critères et indicateurs de qualité de couverture
 - Probabilité de couverture (cell edge, coverage area)
 - Débit ciblé au bord de la cellule.
 - RSRP, RSSI, RSRQ, SINR,...
 -

Chapitre 3: Dimensionnement de la capacité et extension du réseau

- Dimensionnement en fonction du trafic utilisateur.
- Estimation de la capacité par cellule.
- Calcul du nombre de sites requis et répartition géographique
- Stratégies d'extension de réseau (densification, overlay 5G, refarming de fréquences)

Chapitre 4 : Planification détaillée et configuration des paramètres radio

- Rappel du processus de planification détaillée.
- Paramètres physiques des cellules :
 - Azimut, Tilt électrique et mécanique.
 - Hauteur de l'antenne.
 - Puissance d'émission (EIRP, Power Amplifier).
- Planification des identités cellulaires :
 - Plan de fréquences (GSM).
 - Codes de brouillage (Scrambling Codes - UMTS).
 - PCI (Physical Cell Identity) et RSI (Root Sequence Index) (LTE).
 - Particularités en 5G (Cell ID, NR-PCI, identités de faisceaux, etc.).

Planification du PCI/SC/Fréquences pour éviter les collisions et confusions.
- Impact des ajustements physiques sur la couverture, la capacité, les interférences et la mobilité (handovers).

Chapitre 5 : Optimisation des réseaux d'accès radio

- Méthodologie générale d'optimisation (cycle d'optimisation)
- Indicateurs clés de performance (KPI) : couverture, débit, mobilité, ...
- Outils d'analyse : OSS, drive tests
- Méthodologie d'analyse et diagnostic de problèmes courants
 - Problèmes types (trous de couverture, interférences, congestion, handover)
- Leviers d'optimisation : ajustements des paramètres radio (physiques et logiques), ajustements physiques des antennes, ...
- Particularités de l'optimisation 5G (gestion NSA/SA, faisceaux, DSS)

Chapitre 6 : Techniques avancées d'optimisation et automatisation

- Self-Organizing Networks (SON)
 - Self-configuration, Self-optimization, Self-healing
- Automatisation et Intelligence Artificielle (IA/ML) en radio
- Tendances actuelles et futures de l'optimisation radio

Travaux pratiques :

TP 1 : Calcul du bilan de liaison et dimensionnement initial de la couverture et de la capacité d'un réseau LTE (ex. avec l'outil RND).

TP2 : Calibration d'un modèle de propagation et planification des cellules d'un réseau LTE avec un outil de planification radio.

TP3 : Planification détaillée PCI/RSI d'un réseau LTE avec un outil de planification radio, analyse de KPIs et diagnostic de problèmes réseau.

TP4 : Exploration du processus de planification 2G/3G (GSM/UMTS) avec un outil de planification radio et comparaison avec celui du LTE.

TP5 : Planification d'un réseau 5G NR avec un outil de planification radio.

Mode d'évaluation :

Contrôle continu (TP) : 40% ; Examen : 60%

Références Bibliographiques :

- *Rappaport, Theodore S. Wireless communications: principles and practice. Vol. 2. New Jersey: prentice hall PTR, 1996.*
- *Sauter, Martin. From GSM to LTE-advanced Pro and 5G: An introduction to mobile networks and mobile broadband. John Wiley & Sons, 2017.*
- *Dahlman, Erik, et al. 3G evolution: HSPA and LTE for mobile broadband. Academic press, 2010.*
- *Dahlman, Erik, Stefan Parkvall, and Johan Skold. 4G: LTE/LTE-advanced for mobile broadband. Academic press, 2013.*
- *Ali-Yahiya, Tara. Understanding LTE and its Performance. Springer Science & Business Media, 2011.*
- *Mishra, Ajay R. Fundamentals of network planning and optimisation 2G/3G/4G: evolution to 5G. John Wiley & Sons, 2018.*
- *Penttinen, Jyrki TJ, ed. The LTE-advanced deployment handbook: the planning guidelines for the fourth generation networks. John Wiley & Sons, 2016.*

Semestre : 3

Unité d'enseignement : UET 2.3

Matière 1 : Reverse Engineering

VHS : 45h00 (Cours : 1h30 et Atelier : 1h30)

Crédits : 2

Coefficient : 2

Objectifs de l'enseignement

- Comprendre les principes et les objectifs du Reverse Engineering (RE) dans le domaine des sciences et de technologie (ST),
- S'initier aux outils et aux méthodes du RE dans la spécialité concernée.
- Appréhender la valeur et l'éthique des principes du RE dans le design, la fabrication et l'assurance qualité de produits,
- Encourager la pensée critique, la curiosité technique, l'ingénierie inverse raisonnée et l'innovation,
- Apprendre à analyser, documenter et modéliser un système existant sans documentation initiale.

Compétences visées

- Décomposer et analyser un système existant,
- Reproduire fidèlement un schéma technique ou un modèle 3D à partir d'un produit existant,
- Appliquer des outils de diagnostic et de simulation,
- Travailler en groupe sur un projet exploratoire,
- Identifier les limites juridiques de la rétroconception

Prérequis – Connaissances fondamentales dans la spécialité.

Contenu de la matière

1. Introduction à la Reverse Engineering

- Historique, enjeux légaux et éthiques du RE,
- Définitions et champs d'application : Approches (matériels, logiciels, procédés...)
- Domaines : maintenance, re-fabrication, cybersécurité, veille concurrentielle

2. Méthodologie générale

- Analyse d'un système "boîte noire" (black box)
- Décomposition fonctionnelle
- Diagrammes de blocs, entrées/sorties, flux d'énergie ou d'information

3. Reverse engineering matériel

- Dispositif Electronique – Carte Electronique : inspection visuelle, repérage de composants
- Utilisation d'outils : multimètre, oscilloscope, analyseur logique
- Reconnaissance de schémas électriques
- Reconstitution de schémas sous KiCad / Fritzing / Proteus / EPLAN Electric P8 / QElectroTech

4. Reverse engineering logiciel

- Analyse statique de binaires (ex : .exe, .hex)
- Décompilation, désassemblage (introduction à Ghidra, IDA Free, ou Hopper)
- Observation de comportements : sniffing, monitoring (ex : Wireshark)
- Cas des microcontrôleurs : lecture mémoire flash, extraction firmware

5. Reverse engineering mécanique

- Numérisation 3D : scanner, mesures manuelles
- Reproduction de modèles CAO à partir de pièces existantes

- Logiciels utilisés : SolidWorks, Fusion360

6. Sécurité et détection d'intrusion

- Reverse engineering dans la cybersécurité : détection de malware, vulnérabilités
- Signature de logiciels, protections contre le RE (obfuscation, chiffrement)

7. Cas d'études réels

- Analyse d'un produit obsolète ou inconnu (souris, alimentation, module Bluetooth, etc.)
- Exemple de rétroconception de pièce mécanique ou système simple (ventilateur, boîtier)

Exemples de TP (base les 4 Génies)

• Génie Electrique

- Rétro-ingénierie d'un dispositif électrique sans schéma
- Exemple : Relais temporisé, Armoire Electrique, Variateur de vitesse, Machine Electrique, Système d'automatisation..
- Objectifs : identifier le fonctionnement, dessiner le schéma, proposer une variante améliorée.
- Identification de composants (IC, transistors, résistances, condensateurs, etc.).
- Utilisation d'outils : multimètre, oscilloscope, analyseur logique.
- Lecture et extraction de firmware depuis un microcontrôleur.
- Introduction à la détection de contrefaçons électroniques.

• Génie Mécanique :

- Rétro-ingénierie d'un mécanisme simple
- Exemples : pompe manuelle, clé dynamométrique, mini-presse..
- Démontage mécanique d'un système (pompe, engrenage, vérin...).
- Mesures et reconstruction de plans ou modèles 3D avec logiciel CAO (SolidWorks, Fusion360).
- Identification de matériaux et modes de fabrication.
- Simulation fonctionnelle à partir du modèle recréé.

• Génie Civil :

- Analyse d'ouvrages existants sans plans (murs, dalles, structures...).
- Exemples : escalier métallique, appui de fenêtre, coffrage)
- Étude et rétroconception d'un élément de structure existant
- Identification des matériaux, des assemblages et des contraintes.
- Modélisation de l'ouvrage via Revit, AutoCAD ou SketchUp.
- Étude de réhabilitation ou reproduction d'éléments structurels anciens.

• Génie des Procédés

- Rétroconception d'un module de laboratoire
- Exemples : instruments, distillation, filtration, échangeur, réacteur simples...
- Analyse de systèmes industriels existants (colonne de distillation, échangeur, réacteur...).
- Reconstitution des schémas PFD et PID à partir de l'observation d'une installation.
- Identification des capteurs, actionneurs, organes de commande.
- Étude de flux de matière/énergie dans un procédé.

Mode d'évaluation :

- TP techniques
- Mini-projet de rétro-ingénierie (rapport + soutenance)
- Examen final (QCM + étude de cas)
- Examen : 60% et CC TP : 40%

Références bibliographiques :

- Reverse Engineering for Beginners – Dennis Yurichev (gratuit en ligne)
- The IDA Pro Book – Chris Eagle (logiciels)
- Practical Reverse Engineering – Bruce Dang
- Documentation :
 - <https://ghidra-sre.org>
 - <https://www.kicad.org>
 - <https://www.autodesk.com/products/fusion-360>

Semestre : 3

Unité d'enseignement: UET 2.1

Matière 1 : Recherche documentaire et conception de mémoire

VHS : 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement :

Donner à l'étudiant les outils nécessaires afin de rechercher l'information utile pour mieux l'exploiter dans son projet de fin d'études. L'aider à franchir les différentes étapes menant à la rédaction d'un document scientifique. Lui signifier l'importance de la communication et lui apprendre à présenter de manière rigoureuse et pédagogique le travail effectué.

Connaissances préalables recommandées :

Méthodologie de la rédaction, Méthodologie de la présentation.

Contenu de la matière:**Partie I : Recherche documentaire :****Chapitre I-1 : Définition du sujet (02 Semaines)**

- Intitulé du sujet
- Liste des mots clés concernant le sujet
 - Rassembler l'information de base (acquisition du vocabulaire spécialisé, signification des termes, définition linguistique)
- Les informations recherchées
- Faire le point sur ses connaissances dans le domaine

Chapitre I-2 : Sélectionner les sources d'information (02 Semaines)

- Type de documents (Livres, Thèses, Mémoires, Articles de périodiques, Actes de colloques, Documents audiovisuels...)
- Type de ressources (Bibliothèques, Internet...)
- Evaluer la qualité et la pertinence des sources d'information

Chapitre I-3 : Localiser les documents (01 Semaine)

- Les techniques de recherche
- Les opérateurs de recherche

Chapitre I-4 : Traiter l'information (02 Semaines)

- Organisation du travail
- Les questions de départ
- Synthèse des documents retenus
- Liens entre différentes parties
- Plan final de la recherche documentaire

Chapitre I-5 : Présentation de la bibliographie (01 Semaine)

- Les systèmes de présentation d'une bibliographie (Le système Harvard, Le système Vancouver, Le système mixte...)
- Présentation des documents.
- Citation des sources

Partie II : Conception de mémoire**Chapitre II-1 : Plan et étapes du mémoire (02 Semaines)**

- Cerner et délimiter le sujet (Résumé)
- Problématique et objectifs du mémoire
- Les autres sections utiles (Les remerciements, La table des abréviations...)
- L'introduction (*La rédaction de l'introduction en dernier lieu*)

- État de la littérature spécialisée
- Formulation des hypothèses
- Méthodologie
- Résultats
- Discussion
- Recommandations
- Conclusion et perspectives
- La table des matières
- La bibliographie
- Les annexes

Chapitre II- 2 : Techniques et normes de rédaction (02 Semaines)

- La mise en forme. Numérotation des chapitres, des figures et des tableaux.
- La page de garde
- La typographie et la ponctuation
- La rédaction. La langue scientifique : style, grammaire, syntaxe.
- L'orthographe. Amélioration de la compétence linguistique générale sur le plan de la compréhension et de l'expression.
- Sauvegarder, sécuriser, archiver ses données.

Chapitre II-3 : Atelier : Etude critique d'un manuscrit (01 Semaine)

Chapitre II-4 : Exposés oraux et soutenances (01 Semaine)

- Comment présenter un Poster
- Comment présenter une communication orale.
- Soutenance d'un mémoire

Chapitre II-5 : Comment éviter le plagiat ? (01 Semaine)

(Formules, phrases, illustrations, graphiques, données, statistiques,...)

- La citation
- La paraphrase
- Indiquer la référence bibliographique complète

Mode d'évaluation :

Examen : 100%

Références bibliographiques :

1. M. Griselin et al., *Guide de la communication écrite*, 2e édition, Dunod, 1999.
2. J.L. Lebrun, *Guide pratique de rédaction scientifique : comment écrire pour le lecteur scientifique international*, Les Ulis, EDP Sciences, 2007.
3. A. Mallender Tanner, *ABC de la rédaction technique : modes d'emploi, notices d'utilisation, aides en ligne*, Dunod, 2002.
4. M. Greuter, *Bien rédiger son mémoire ou son rapport de stage*, L'Etudiant, 2007.
5. M. Boeglin, *lire et rédiger à la fac. Du chaos des idées au texte structuré*. L'Etudiant, 2005.
6. M. Beaud, *l'art de la thèse*, Editions Casbah, 1999.
7. M. Beaud, *l'art de la thèse*, La découverte, 2003.
8. M. Kalika, *Le mémoire de Master*, Dunod, 2005.

Proposition de quelques matières de découverte

Semestre:
Unité d'enseignement: UED
Matière 1 : Télécommunication spatiale
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de cette matière est de présenter d'une manière générale les principales caractéristiques des systèmes de communications par satellites.

Connaissances préalables recommandées :

Systèmes de communication.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Principe de transmission par satellites (5 Semaines)

- Stations terriennes et spatiales
- Constitution du satellite (Plate forme- Charge utile- Transpondeur)
- Orbites terrestres, orbites géostationnaires, bandes allouées
- Technologie des stations terriennes et spatiales

Chapitre 2. Constellation de satellites (5 Semaines)

- Constellations inclinées et polaires
- Caractéristiques des différentes constellations
- Problème du Handover
- Les satellites optiques (Problème des sources de vibrations : externes et internes)

Chapitre 3. Bilan d'une liaison par satellite et perturbations atmosphériques (5 Semaines)

- Principaux paramètres d'une liaison : Gain de l'antenne, Perte dans l'espace libre, Perte par absorption atmosphérique, Température de bruit, Facteur de bruit, Température du bruit équivalente à l'entrée d'un circuit, PIRE.
- Densité de puissance, Puissance reçue par une antenne, Equation de Télécommunication liaison montante – liaison descendante.
- Principales sources de bruits dans un lien de communication par satellite, Rapport C/N0 d'une liaison satellite, Facteurs de Perturbation de la qualité d'une liaison satellite.

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques:

1. Gerard Maral, Michel Bousquet, Zhili Sun « Satellite Communications Systems: Systems, Techniques and Technology. 5nd Edition. 2009
2. Journal des Télécommunications, UIT, de 1934 à 1993.
3. Nouvelles de l'UIT, à partir de 1993, <http://www.itu.itunews>
4. Manuel UIT sur les télécommunications par satellite, 3e éd., 2002, 1210 p.
5. BENSOUSSAN, Alain, Les télécoms et le droit, Paris, Hermès, 2e éd., 1996, 205 p.
6. Aerospace Law : Télécommunications Satellites, Montréal, McGill University, 1982, 354 p.

Semestre:
Unité d'enseignement: UED
Matière 1 : Système de radionavigation
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de cette matière est de présenter d'une manière générale les principales caractéristiques des systèmes de radionavigation par satellites leurs applications, avantages et inconvénients.

Connaissances préalables recommandées :

Systèmes de communication, Traitement de Signal.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Les systèmes de radionavigation par satellites (5 semaines)

- Historique, Les systèmes de radionavigation terrestres (VOR, TACAN, DME, ILS, MLS, LORAN).
- Présentation du système GPS et des signaux GPS (Architecture fonctionnelle d'un récepteur, Principe de la mesure GPS : pseudo distances, pseudo vitesses, Calcul de la position et de la vitesse GPS, Spécificités des récepteurs GPS militaires : modules cryptographiques, acquisition directe en code Y, tenue au brouillage).

Chapitre 2. Améliorations du GPS et systèmes futurs (5 semaines)

Les limitations du GPS : intégrité, tenue au brouillage, masquage, précision, Les techniques d'amélioration du GPS : techniques différentielles, contrôle d'intégrité, augmentation de la constellation, amélioration de la tenue au brouillage... Le système Galileo et les autres systèmes de radionavigation par satellites (existant ou à venir).

Chapitre 3. Capteurs non inertiels pour la navigation (5 semaines)

- Capteurs de vision (caméra IR, visible, stellaire), Capteurs de déplacement (odomètre, loch à corrélation), de vitesse (loch, doppler, anémométrie), Capteurs de distance (radar, sonar, sondeur), Capteurs d'altitude ou d'immersion, Capteurs de champ magnétique, Systèmes inertiels hybridés.
- Intégration du concept CNS à bord des avions modernes.

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques:

1. Gerard Maral, Michel Bousquet, Zhili Sun « Satellite Communications Systems: Systems, Techniques and Technology. 5th Edition. 2009
2. Manuel UIT sur les télécommunications par satellite, 3e éd., 2002, 1210 p.
3. Aerospace Law : Télécommunications Satellites, Montréal, McGill University, 1982, 354 p.
4. L. Andrade. The Global Navigation Satellite System: Navigating into the New Millennium (Ashgate Studies in Aviation Economics and Management), Ashgate Pub Ltd, 2001, ISBN: 0754618250

Semestre:
Unité d'enseignement: UED
Matière 2 : Techniques Radars
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

L'objectif de cette matière est d'offrir aux étudiants des notions avancées sur : la théorie de la décision et de détection, Traitement de l'Information. Ces notions permettront aux étudiants de maîtriser les techniques de détection relatives aux différents types Radar, mais aussi de pouvoir appréhender les problématiques des futurs équipements de télédétection.

Connaissances préalables recommandées :

Traitement du signal.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 – Processus aléatoires appliqués aux systèmes radar (2 semaines)

- Processus aléatoires à temps continu et discret
- Stationnarité (sens strict et large), processus gaussiens
- Densité spectrale de puissance (DSP)
- Corrélation, bruit blanc et bruit coloré

Chapitre 2 – Théorie de la décision et estimation statistique (3 semaines)

- Tests d'hypothèses binaires : Bayes, Minimax, Neyman–Pearson
- Estimation du maximum de vraisemblance (MLE)
- Inégalité de Cramer-Rao
- Estimateurs linéaires non biaisés (BLUE)

Chapitre 3 – Principes de fonctionnement du radar (2 semaines)

- Equation radar
- Modélisation des cibles : point cible, cible étendue
- Effet Doppler et estimation de la vitesse

Chapitre 4 – Modélisation des cibles et interférences (3 semaines)

- Clutter et fouillis : modélisation statistique
- Jamming (brouillage) et contre-mesures électroniques
- Section équivalente radar (SER/RCS)
- Techniques de furtivité (stealth)

Chapitre 5 – Détection CFAR (Constant False Alarm Rate) (3 semaines)

- Détection adaptative en environnement bruité
- Détecteurs CFAR : CA-CFAR, SO-CFAR, GO-CFAR
- Performances, seuils, courbe ROC

Chapitre 6 – Détection distribuée et fusion de données radar (2 semaines)

- Détection CFAR distribuée multi-capteurs
- Règles de fusion : OR, AND, logique pondérée
- Topologies de détection distribuée

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques :

1. Tsakalides, P., Trinci, P. and Nikias, C. L., "Performance Assessment Of CFAR Processors In Pearson-Distributed Clutter", *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. AES-36, N°. 4, October. 2000, pp. 1377-1386.
2. Tourneret, J., "Detection And Estimation Of Abrupt Changes Contemned By Multiplicative Gaussian Noise

Semestre:
Unité d'enseignement: UED
Matière 1 : Normes et Protocoles
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

Initier l'étudiant aux protocoles de communications les plus répandus. Apprendre à l'étudiant comment spécifier les protocoles et les normes. Distinguer les réseaux et les protocoles liés à chaque couche (niveau) des modèles OSI et TCP/IP, acquérir de bonnes connaissances sur les concepts liés aux différents types de réseaux et aux protocoles.

Connaissances préalables recommandées :

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

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Notions fondamentales (2 Semaines)

Institutions de normalisation en télécommunication (ITU, CEI, OSI, IEEE ...etc). Historique et évolution. Standards, recommandations, normes et protocoles (définitions et différences). Rôle d'un protocole.

Chapitre 2. Normes associées à la diffusion analogique et Numérique (2 Semaines)

Normes audio et vidéo analogiques (CCIR et NTSC ...etc), Normes audio et vidéo Numérique (DVB, ATSC, ISDB, NICAM ...).

Chapitre 3. Normes associées aux réseaux de communication Numérique (4 Semaines)

Classifications des réseaux de communication. Réseaux et normalisation. Historique et évolution des réseaux. Réseau numérique à intégration de services, Rappels sur les modèles OSI et TCP/IP. Les différents protocoles de niveaux trame et paquet. Les différents protocoles de niveaux segment et message. Les protocoles de l'ADSL.

Chapitre 4. Les protocoles des réseaux sans fil et des réseaux mobiles (4 Semaines)

Les protocoles 802.11. Les protocoles 802.15. Les protocoles 802.16. Les protocoles GSM. Les protocoles 3G (UMTS). Les protocoles 4G (LTE). Technologies et protocoles 5G.

Chapitre 5. Les protocoles Internet (3 Semaines)

Internet (Historique et évolution). Classification des protocoles Internet. Protocoles des services de messagerie (SMTP, POP, IMAP). Protocoles des services d'information (http, ftp, protocoles d'application).

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques :

1. Michel Kadoch, " Protocoles et réseaux locaux", Presses de l'université du Québec, 2012.
2. José Dordoigne, " Réseaux locaux et étendus: notions fondamentales", Editions ENI, 2005.
3. Guy Pujolle, " Réseaux", Eyrolles, 2008.
4. Claude Rigault, " Les réseaux télécoms basés IP et leurs interconnexions", Hermes -Lavoisier, 2015.

Semestre:

Unité d'enseignement: UED

Matière2 : Compatibilité électromagnétique

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement :

Cette matière va permettre de faire découvrir aux étudiants les perturbations basses fréquences et hautes fréquences, ainsi que les mécanismes dans les circuits électroniques (CEM). Les fondements théoriques sur la compatibilité électromagnétique (CEM) avec les descriptions des principales interactions électromagnétiques sont décrits.

Connaissances préalables recommandées :

Les notions de base en électrostatique et en électromagnétisme.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Phénomènes électrostatiques et magnétostatiques (3 Semaines)

Origine des phénomènes électrostatiques et magnétostatiques, Problèmes des perturbations ECM en BF et H.F, Lignes de champ électrostatiques, Caractéristiques du champ électrostatique et électromagnétique, Application dans le cas de la compatibilité électromagnétique.

Chapitre 2. Méthode de calcul des interactions électromagnétiques (3 Semaines)

Notion de graphe de la représentation par la Méthode de Kron, Matrice des impédances, Vecteur des sources et Connectivité, Résolution du système d'équations, Principe général des ondes guidées, Potentiel et vecteur de Poynting.

Chapitre 3. Pénétration dans les blindages de câbles (3 Semaines)

Traitement des boîtiers blindés, Sources de bruit dans les circuits électroniques, Évolution des technologies, Conséquences sur la CEM, Modélisation CEM et composants, Rayonnement E,

H.Chapitre 4. Les techniques d'investigation en CEM (3 Semaines)

Tests d'immunité aux décharges électrostatiques et magnétiques, Tests d'immunité aux perturbations conduites, Tests d'immunité aux perturbations rayonnées.

Chapitre 5. Les Techniques de protection en CEM (3 Semaines)

Protection des composants et des blindages, Filtrage, Protection contre les surtensions.

Mode d'évaluation :

Examen : 100%.

Références bibliographiques:

1. D.Cheng "Field and Wave Electromagnetics, Pearson Education, New York,2006.
2. D.Pozar "Microwave engineering, Addison Wesley publishing Company New York,1995.
3. M. Mardiguian, "Manuel pratique de compatibilité électromagnétique", Lavoisier.
", Signal Processing, 68, pp. 259-270, 1998.

