

III.3.1 Spécialité : Systèmes de télécommunications

Spécialité : Systèmes de télécommunications

Intitulés des modules (matières)	Volume Horaire Semestriel (14 à 16 semaines)	Volume Horaire Hebdomadaire				Coeff
		Cours	T.D	T.P	Total	
Radiocommunications avancées	45h00	2h15		0h45	3h00	5

Prérequis :	Traitement de signal Communications numériques Radiocommunications
--------------------	--------------------------------------------------------------------------

OBJECTIFS :

Après avoir terminé le cours, l'étudiant doit être capable de :

1. Identifier les techniques modernes de partage de média sans fil utilisées dans les réseaux mobiles de nouvelles générations.
2. Comprendre les bases théoriques de la transmission et la propagation du signal pour les systèmes de radiocommunication mobile (4G, 5G).
3. Connaître des techniques avancées de modulation, de codage propre aux systèmes 4G-5G
4. Comprendre les systèmes de diversité et de multiplexage spatio-temporels

CONTENU DU MODULE :**5. EVOLUTION DES STANDARDS DE RADIOCOMMUNICATIONS :**

- 5.1. Historique, Standards, et Perspectives.

6. SYSTEMES DE COMMUNICATIONS A PLUSIEURS ANTENNES :

- 6.1. Modélisation des canaux MIMO
 - 6.1.1. Transmission sur un canal MIMO non-sélectif en fréquence et à évanouissement lent
 - 6.1.2. Transmission sur un canal MIMO sélectif en fréquence et à évanouissement lent
- 6.2. Capacité des canaux MIMO, SIMO et MISO
- 6.3. Bit-Interleaved Temporal Coding MIMO
- 6.4. Space-Time Block Codes MIMO
- 6.5. Space-Time Trellis Codes MIMO
- 6.6. Concatenated Space-Time Codes MIMO
- 6.7. Système MIMO-CDMA
 - 6.7.1. Gain de diversité spatiale et gain de diversité de code
- 6.8. Système MIMO-OFDM
 - 6.8.1. Systèmes SDMA MIMO-OFDM
 - 6.8.2. Estimation du canal MIMO-OFDM
 - 6.8.3. Détection et traitement de signaux MIMO-OFDM
 - 6.8.4. Modélisation des systèmes MIMO-OFDM
 - 6.8.5. SDM-OFDM

7. SYSTEMES DE COMMUNICATIONS MULTI-UTILISATEURS :

Spécialité : Systèmes de télécommunications

- 7.1. Techniques d'accès multiples et leurs capacités
- 7.2. Détection multi-utilisateurs dans les systèmes CDMA
 - 7.2.1. Récepteur optimal multi-utilisateurs
 - 7.2.2. Récepteur sous-optimal multi-utilisateurs
 - 7.2.3. Successive Interference Cancellation
- 7.3. Système MIMO multi-utilisateurs
 - 7.3.1. Linear precoding
 - 7.3.2. Non-linear precoding
 - 7.3.3. Lattice Reduction Technique
- 7.4. Random Access Methods
- 8. TRAITEMENT D'ANTENNES**
 - 8.1. Filtre adapté spatial
 - 8.2. Beamforming optimal
 - 8.3. Beamformer MVDR et structure GSC
 - 8.4. Beamforming adaptative
 - 8.5. Estimation des angles d'arrivée
- 9. TECHNIQUES RADIO DE PROCHAINES GENERATION**
 - 9.1. Faster-than-Nyquist Signaling
 - 9.2. Massive MIMO
 - 9.3. "Cooperative MIMO" et "Coordinated Beamforming"
 - 9.4. Nouvelles formes d'ondes :
 - 9.4.1. Filter-bank Multicarrier for Massive MIMO
 - 9.4.2. Generalized Frequency Division Multiplexing
 - 9.4.3. Bi-orthogonal Frequency Division Multiplexing
 - 9.4.4. Universal Filtered Multicarrier
 - 9.4.5. Time-frequency Packing
 - 9.5. Radio full duplex
 - 9.6. Techniques d'accès multiples
 - 9.6.1. Non-orthogonal Multi-User Superposition and Shared Access
 - 9.6.2. Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA)
 - 9.7. Energy-efficient Resource Allocation
 - 9.8. Ondes millimétriques dans les réseaux mobiles
 - 9.9. Radio cognitive

TRAVAUX PRATIQUES :

- 1. Simulation d'un système radio CDMA en multi-utilisateurs
- 2. Simulation d'un système radio MIMO en multi-utilisateurs
- 3. Traitement d'antennes et DOA
- 4. Localisation des émetteurs par triangulation
- 5. Récepteur full-duplex
- 6. Spectrum Sensing
- 7. Simulation d'une transmission LTE avec Matlab LTE tool box
- 8. Réduction d'interférences dans un réseaux cellulaires

Spécialité : Systèmes de télécommunications

9. Techniques radio de prochaines génération (e.g. GFDM)

Text book (référence principale) :

1. Digital Communications by John Proakis, Masoud Salehi McGraw-Hill Education; 5th edition 2007.
2. Signal Processing for 5g: algorithms and implementations Wiley , Fa-Long Luo, Jianzhong Zhang 2016 John Wiley & Sons

MODALITE D'EVALUATION :

(0.4 TP + 0.6 EMD)

BIBLIOGRAPHIE :

1. Multiple Access Techniques for 5G Wireless Networks and Beyond, Mojtaba Vaezi, Zhiguo Ding, H. Vincent Poor, ISBN 978-3-319-92090-0, SPRINGER, 2019.
2. DIGITAL RADIO SYSTEM DESIGN, Grigorios Kalivas, JohnWiley & Sons Ltd, 2009.
3. MIMO-OFDM for LTE, Wi-Fi and WiMAX, Prof. Lajos Hanzo, Dr. Yosef (Jos) Akhtman and Dr. Li Wang, John Wiley & Sons, 2011.
4. Multiple Access Techniques for 5G Wireless Networks and Beyond, Vaezi, Mojtaba, Ding, Zhiguo, Poor, H. Vincent, ISBN978-3-319-92089-4, 2018.
5. Wireless communications: Principles and Practice (2nd Edition), Theodore S. Rappaport, Prentice Hall, 2002.
6. WIRELESS COMMUNICATIONS, Andreas F. Molisch, John Wiley & Sons, 2011.
7. Principles of Wireless Networks: A Unified Approach, Kaveh Pahlavan and Prashant Krishnamurthy, Prentice Hall, 2001
8. WCDMA for UMTS: HSPA Evolution and LTE by Harri Holma and Antti Toskala, Wiley Publishers, 5th Edition, 2010
9. 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband by Erik Dahlman, Stefan Parkvall and Johan Skold, Academic Press, 1st Edition, 2011
10. Fundamentals of WiMAX: Understanding broadband wireless networking by Jeffrey G.Andrews, Arunabha Ghosh and Rias Muhamed, Prentice Hall, 2007
11. Digital Communications by John Proakis, Masoud Salehi McGraw-Hill Education; 5th edition 2007.
12. Signal Processing for 5g: algorithms and implementations Wiley , Fa-Long Luo, Jianzhong Zhang 2016 John Wiley & Sons

Spécialité : Systèmes de télécommunications

Intitulés des modules (matières)	Volume Horaire Semestriel (14 à 16 semaines)	Volume Horaire Hebdomadaire				Coeff
		Cours	T.D	T.P	Total	
Conception RF	33h45	1h30		0h45	2h15	3

Prérequis :	Electronique fondamentale Traitement de signal Communications numériques Radiocommunications Dispositifs microonde
--------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

OBJECTIFS :

Après avoir terminé le cours, l'étudiant doit être capable de :

1. Maîtriser les paramètres des blocs RF et de concevoir des émetteurs/récepteurs pour différents types d'applications.
2. Détecter les défauts dans les blocs RF.
3. Savoir modéliser, développer et tester un système d'émission et de réception complexe.

CONTENU DU MODULE :**I. CONCEPTS DE BASE DANS LA CONCEPTION RF**

1. Grandeurs RF
2. Distorsions non linéaires
3. Bruit

II. BLOCS RF DE BASE

1. Amplificateur à faible bruit (LNA)
2. Mélangeurs
3. Filtres
4. VCO et synthétiseur de fréquences
5. Amplificateur à gain variable (VGA)
6. Amplificateur de puissance (PA)
7. Déphaseurs
8. Convertisseur A/N et N/A
9. Switch et duplexeur RF
10. Antennes

III. ARCHITECTURE DES EMETTEURS/RECEPTEUR

1. Architecture des récepteurs
 - a. Récepteur superhétérodyne
 - b. Récepteur à conversion direct
 - c. Récepteur Low-IF
2. Architecture des émetteurs
 - a. Emetteur à conversion direct
 - b. Emetteur à double conversion
 - c. Emetteur pour modulation de fréquence

Spécialité : Systèmes de télécommunications

3. Architecture pour la technologie MIMO

IV. ARCHITECTURE DES EMETTEURS-RECEPTEURS**V. ARCHITECTURES FULL-DUPLEX CDMA/FDMA**

1. Architectures Half-Duplex/TDMA
2. Architectures Simplex/TDD
3. Systèmes Ultra-Wideband (UWB)

VI. METHODES DE DETECTION DE DEFAUTS DANS LES BLOCS RF**VII. DIMENSIONNEMENT D'UNE LIAISON RADIO**

1. Dimensionnement du récepteur
2. Dimensionnement de l'émetteur

TRAVAUX PRATIQUES :

Simulation par Matlab, VSA et ADS:

1. Concept de base en RF.
2. Analyse des différentes architectures d'émetteur-récepteur
3. Détection des défauts dans une liaison RF

Text book (référence principale) :

1. Radiocommunications numériques /1 principes, modélisations et simulation, Geneviève Baudoin et Coll, 2^e édition, DUNOD 2007.

MODALITE D'EVALUATION :

0.4 TP + 0.6 EMD

BIBLIOGRAPHIE :

1. Radiocommunications numériques /1 principes, modélisations et simulation, Geneviève Baudoin et Coll, 2^e édition, DUNOD 2007.
2. RF Microelectronics (2nd Edition) by Behzad Razavi – Prentice Hall 2011
3. Radio Frequency System Architecture and Design by John W. M. Rogers, Calvin Plett and Ian Marsland – Artech House Publishers 2013
4. Wireless LAN Radios: System Definition to Transistor Design by Arya Behzad –Wiley-Blackwell 2008

Spécialité : Systèmes de télécommunications

Intitulés des modules (matières)	Volume Horaire Semestriel (14 à 16 semaines)	Volume Horaire Hebdomadaire				Coeff
		Cours	T.D	T.P	Total	
Techniques des systèmes FHN	33h45	1h30		0h45	2h15	3

Prérequis :	Electronique fondamentale Communications numériques Radiocommunications Dispositifs microonde
--------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------

OBJECTIFS :

Ce cours a pour objectif de :

- Donner une formation de base sur les supports de transmission à grande capacité par voie micro-ondes.
- Expliquer les bases d'analyse du Budget de liaison applicable à tout système FHN.
- Montrer l'intérêt technique et économique des Faisceaux Hertziens numériques.

CONTENU DU MODULE :**1) GENERALITES**

1. Définitions, Plan de fréquences et réglementation.
2. Types des Faisceaux Hertziennes.
3. Structure et organisation d'une liaison Faisceau Hertziennes Numérique.

2) PROPAGATION EN FAISCEAUX HERTZIEN

1. Mode de propagation des ondes,
2. Propagation en espace libre : Atténuation du trajet due à la propagation,
3. Évanouissement due à la pluie, multi trajets, facteur d'amélioration de la diversité.
4. Propagation réelle : Analyse des phénomènes (Réflexion, réfraction, diffraction et absorption), Principe de Huygens et zone de Fresnel.
5. Diversité : en espace, en fréquence, en quadrature
6. Brouillage de polarisation croisée.
7. Calculs de disponibilité de chemin d'accès,

3) INFRASTRUCTURES HYPERFREQUENCES

Différents types d'Antennes, circuits de séparation, impédance

4) QUALITE DES LIAISONS

1. Choix des modulations (QAM, BPSK...), démodulation
2. Les effets de perturbation ; Les bruits
3. Objectifs de Performance du réseau radio en Micro-ondes
4. Ingénierie Micro-ondes ,
5. Evaluation de la bande pour un signal numérique MUX FH (recommandation UIT-R)
6. Conception et fonctionnement des systèmes de communication micro-ondes
7. Hiérarchie de transmission (PDH, SDH)
8. Bilan d'une liaison en Faisceaux Hertziennes Numérique

TRAVAUX PRATIQUES :

- TP N°1 : Mesures sur émetteur et récepteur FHN (Puissance, fréquence,...)
- TP N°2 : Mesure d'interférence et d'intermodulations
- TP N°3 : Étude de cas avec simulation. (PATH LOSS, Google EARTH.....)
- TP N°4 : Mesure de performance d'une liaison FHN

MODALITE D'EVALUATION :

0.4 TP + 0.6 EMD

BIBLIOGRAPHIE :

1. Digital Microwave Communication IEEE Press Editorial Board 2013
2. Microwave Transmission Networks (Planning, Design, and deployment) 2004.

Spécialité : Systèmes de télécommunications

Intitulés des modules (matières)	Volume Horaire Semestriel (14 à 16 semaines)	Volume Horaire Hebdomadaire				Coeff
		Cours	T.D	T.P	Total	
Systèmes Satellitaires	33h45	1h30		0h45	2h15	4

Prérequis :	Electronique fondamentale Communications numériques Radiocommunications Dispositifs microonde
--------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------

OBJECTIFS :

- Comprendre et d'expliquer le fonctionnement d'une communication spatiale(satellites).
- Identifier la terminologie de base associée à n'importe quel communications par Satellite.
- Identifier et d'expliquer le lien satellite typique pour inclure des composants, transporteurs,...
- Décrire et d'identifier les différentes bandes de fréquence utilisé.
- Discuter et d'identifier : le retard de Propagation, Up-Link versus down-Link, et différent Topologies, - Identifier la couverture, la qualité du signal satellite ,
- Expliquer les bases d'analyse de Budget applicable à tout système satellitaire.
- Acquérir les performances et les contraintes d'une liaison satellitaire .

CONTENU DU MODULE :**I) Généralités**

- 1) Introduction , présentation des systèmes satellitaires
- 2) Historique (Évolution des satellites)
- 3) Bandes de fréquence et réglementation
- 4) Zones de et types de couverture
- 5) Architecture du système de Télécommunication par satellite.
- 6) Type des services radiocommunications par satellite.

II) Secteur spatial

- 1) Définition et rôle d'un satellite de télécommunication
- 2) Types des satellites (LEO , MEO ,GEO et HEO)
- 3) Les systèmes de localisation par satellites (GNSS).
- 4) La charge utile (transpondeur bent pipe et regenerative)
- 5) Lancement , Techniques d'accès
- 6) Optimisation de la ressource spectrale et orbitale.

III) Secteur Terrien

- 1) Définition et rôle d'une station terrienne
- 2) Sous système d'antenne
- 3) Techniques de modulation / démodulation
- 4) Chaînes d'émission et réception Types d'équipements (LNA, HPA,..)
- 5) Bilan de liaison (Ascendant / Descendant / Globale)
- 6) Performances des liaisons satellitaires

Spécialité : Systèmes de télécommunications**VI) Communication Numérique par Satellites**

1. Le VSAT
 - a) Composition d'un VSAT
 - b) Architecture des réseaux VSAT
 - c) Les équipements IDU & ODU
2. Systèmes HTS (Haut débit par satellites)
9. Systèmes HPDS (satellites plateforme)

TRAVAUX PRATIQUES :

TP N° 1 : Orientation et configuration d'un terminal VSAT.

TP N° 2 : Mesures sur les chaînes d'émission et de réception d'un terminal VSAT.

MODALITE D'EVALUATION :

0.4 TP + 0.6 EMD

BIBLIOGRAPHIE :

- ✓ B. R. Elbert, The Satellite Communication Applications Handbook, ARTECH HOUSE, INC, 2004.
- ✓ D. Roddy, satellite communications book.

Spécialité : Systèmes de télécommunications

Intitulés des modules (matières)	Volume Horaire Semestriel (14 à 16 semaines)	Volume Horaire Hebdomadaire				Coeff
		Cours	T.D	T.P	Total	
Réseaux mobiles	45h00	2h15		0h45	3h00	5

Prérequis :	<ul style="list-style-type: none"> - Traitement du signal, Antennes et propagation, Radiocommunications, - Communications unifiées et NGN, - Infrastructure des Télécommunications et Techniques d'accès.
--------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

OBJECTIFS :

Ce cours ne détaille pas le traitement de signal effectués dans la couche physique (ce sujet est abordé en détail dans les modules de radiocommunications). Les principaux objectifs de ce module sont les suivants :

- Présenter les réseaux mobiles actuels et en cours de normalisation, les évolutions, les services, les enjeux
- Familiariser l'élève avec la terminologie, les architectures des systèmes mobiles.
- Maîtriser les interfaces des différentes technologies, leurs méthodes de partage de la ressource spectrale, couches RLC/MAC, gestion et contrôle de la ressource radio, leurs techniques de transmission et les architectures du RAN et du réseau cœur,
- Avoir une connaissance des protocoles, des procédures d'allocation et de gestion de la ressource, d'établissement et de contrôle de sessions.
- Comprendre les évolutions de la couche physique dans les réseaux mobiles
- Illustrer un certain nombre de résultats simples de dimensionnement et d'évaluation de performances
- Décrire les principales évolutions vers les nouvelles générations

CONTENU DU MODULE :**1) CONCEPTS DES RESEAUX MOBILES**

- a) Concept cellulaire
- b) Propriétés des réseaux mobiles
- c) Rappel sur les différentes méthodes de partage de la ressource spectrale (TDMA, FDMA, WCDMA, OFDMA, SDMA) et liens avec les générations de réseaux mobiles.
- d) Mobilité (Handover et gestion de localisation).
- e) Contrôle de puissance, adaptation de lien et répartition des flux.

2) ARCHITECTURES DES RESEAUX MOBILES 2 A 3,75 G

- a) Architecture du réseau GSM (Interfaces, organisation du système, rôles des entités)
- b) Procédures d'établissement d'appel sortant/entrant, gestion de la mobilité, authentification, mise à jour de localisation, et Handover.
- c) GSM : couches : RLC, MAC et PHY (canaux physiques, canaux logiques)
- d) Les fonctions CM, MM et RR
- e) Déploiement et optimisation d'un réseau GSM
- f) L'accès paquet GPRS et EDGE: architecture et procédures

Spécialité : Systèmes de télécommunications

- g) Canaux logiques GPRS/EDGE
 - h) Ingénierie GPRS et QoS
 - i) Evolutions UMTS/HSDPA/HSUPA/HSPA
 - j) Le CDMA et gestion des ressources radio, l'interface radio UMTS.
 - k) Les canaux (logiques, transport et physique) UMTS/HSPA
 - l) Structure en couches et protocoles dans le réseau UMTS/HSPA.
 - m) Procédures d'établissement d'appel vocal et l'accès en mode paquet.
 - n) La couche MAC, Ordonnancement et QoS.
- 3) ARCHITECTURES DES RESEAUX MOBILES 4G ET PLUS**
- a) E-UTRAN (LTE)/EPC (SAE)
 - b) Architectures et principes
 - c) Signalisations associées au Réseau d'accès et au réseau cœur de la LTE
 - d) Coopération inter couches, overlays
 - e) Handovers verticaux.
 - f) Structure des trames en Downlink et en Uplink.
 - g) Les canaux (logiques, transport et physique).
 - h) Signaux de références, de synchronisation et planification des PCI
 - i) Systèmes MIMO OFDM
 - j) Systèmes MIMO multi utilisateurs
 - k) Les réseaux autoorganisés (SON : Self Organizing Networks)
 - l) Les différentes releases
- 4) ACCES, SERVICES ET MOBILITE**
- a) Couches hautes, d'une interface radio, PDCP, WAP
 - b) Camel, les services UMTS
 - c) Evolution du réseau cœur vers un réseau tout IP (3GPP2), introduction de SIP, MEGACO, SIGTRAN
 - d) Evolutions de GPRS, EDGE, QoS et gestion de la mobilité dans le GPRS
 - e) Services et Releases (LTE Pro, Litra,
 - f) CS Fall Back, SRVCC
 - g) Architecture et fonctionnement de l'IMS.
- 5) WIRELESS LAN ET CONVERGENCE WLAN/RESEAUX-CELLULAIRES**
- a) Mobile IP, Wireless LAN
 - b) Familles des standards 802.11
 - c) Architecture et topologies WLAN
 - d) Principe de fonctionnement de la couche MAC 802.11
 - e) Sécurité en WLAN
 - f) Gestion de la mobilité dans les réseaux WLAN
 - g) Routage dans les topologies Mesh, MANET et AdHoc
 - h) Convergence WLAN/cellulaire (3G, 4G et 5G)
- 6) NOUVELLES TECHNOLOGIES POUR LES RESEAUX MOBILE DE PROCHAINES GENERATIONS**
- a) Small cells et Réseaux Hétérogènes
 - b) Architecture centralisée et architecture distribuée des stations de bases (RRH and BBU)

Spécialité : Systèmes de télécommunications

splitting)

- c) Architectures C-RAN et H-CRAN
 - d) Techniques de mitigation d'interférences (ICIC, eICIC, ...)
 - e) Techniques CoMP: Coordinated Multi-Point et scheduling (Joint transmission (JT), Dynamic point blanking (DPB), Dynamic point selection (DPS), Coordinated Beamforming).
 - f) Clustering
 - g) NFV
 - h) Architecture protocolaire et fonctionnement de la 5G NR.
 - i) Le concept de tranches de réseau « network slicing » et QoS.
- 7) **INGENIERIE RADIO CELLULAIRE**
- a) Dimensionnement et planification cellulaire théorique et pratique, déploiement
 - b) Optimisation de l'allocation de ressource
 - c) Modélisation du trafic avec prise en compte de la mobilité

TRAVAUX PRATIQUES :

1. Analyse protocolaire (message niveau 3, niveau de champ, scénario d'appel...).
2. Analyse d'un parcours de mesure (drive test).
3. Etude de traces UMTS (procédure circuit, paquet, mobilité ...)
4. Modèles de propagation, planification

Text book (référence principale) :

1. Réseaux de mobiles et réseaux sans fil, Khaldoun Al Agha , Guy Pujolle , Guillaume Vivier, Eyrolles, 2001

MODALITE D'EVALUATION :

La validation de ce module est basée sur la réalisation d'un rapport écrit (R) et d'une présentation (P) ainsi que sur un examen final CF)

Note finale = moyenne (EMD, moyenne (R, P))

BIBLIOGRAPHIE :

1. LTE for UMTS –OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access, Harri Holma and Antti Toskala, John Wiley & Sons, 2009.
2. Réseaux GSM-DCS, Xavier Lagrange, Philippe Godlewski, Sami Tabane, Edition Ermès
3. GSM Networks: Protocols, Terminology and Implementation, Gunnar Heine, Artech House Publishers
4. The GSM, Michel Mouly, Marie Bernadette Pautet.
5. le GPRS, Nadège Faggion, Edition Dunod.
6. Multiple Access Techniques for 5G Wireless Networks and Beyond, Mojtaba Vaezi, Zhiguo Ding, H. Vincent Poor, ISBN 978-3-319-92090-0, SPRINGER, 2019
7. Yannick Bouguen, Eric Hardouin, François-Xavier Wolff, LTE et les réseaux 4G, Eyrolles, 2012

Spécialité : Systèmes de télécommunications

Intitulés des modules (matières)	Volume Horaire Semestriel (14 à 16 semaines)	Volume Horaire Hebdomadaire				Coeff
		Cours	T.D	T.P	Total	
Gestion et maintenance des réseaux	22h30	1h30			1h30	3

Pré requis :	Réseaux de données 1&2 Communications unifiées et NGN
--------------	----------------------------------------------------------

OBJECTIFS :

- Se familiariser avec les fonctions de la gestion de réseau et de s'initier aux différentes architectures de gestion de réseau.
- Acquérir des compétences en administration systèmes et réseaux,
- Offrir les outils nécessaires pour la gestion des nœuds de réseaux et des moyens d'interconnexion.
- Comprendre la gestion de réseau et les concepts fondamentaux des données à travers un réseau.

CONTENU DU MODULE :**1. INTRODUCTION A LA GESTION DE RESEAUX**

- Organisation et missions d'un service informatique
- Modèle de gestion réseau selon l'ISO : Modèle FCAPS
- Quelques outils de surveillance et de gestion de réseau (ping , traceroute, netstat, nslookup, etc.)
- Principaux protocoles de gestion de réseau (CMIP et SNMP)

2. ENVIRONNEMENT DE GESTION SNMP

- Architecture de la plate-forme d'administration (Agent, manager, base de données et protocole d'administration).
- Protocole SNMPv1 et SNMPv2c (types de requêtes et formats des messages SNMP, etc.)
- la MIB, les MIB (base d'information de gestion) standards et privées, la structure des SMI, la sonde RMON
- Protocole SNMPv3 (architecture, format des messages SNMPv3, etc.)
- Présentation de quelques plates-formes de gestion réseau basées sur le protocole SNMP.

3. CENTRALISATION DES FICHIERS LOGS (JOURNAUX)

- Introduction aux fichiers logs et leur emplacement (Windows, Linux, etc.)
- Intérêt de la centralisation des logs
- Etude du protocole syslog (présentation, types de messages syslog, priorité des messages syslog, etc.).
- Présentation de quelques outils de centralisation.
- Nécessité de synchronisation des équipements à surveiller et présentation du protocole NTP (Network Time Protocol)

4. GESTION DES EQUIPEMENTS DES ABONNES CPE (CUSTOMER PREMISE EQUIPMENT)

- Généralités
- Protocole TR 069

5. MAINTENANCE DES RESEAUX

- Outils de dépannage et d'analyse (Wireshark, Netflow, etc.)

Spécialité : Systèmes de télécommunications**TRAVAUX PERATIQUES :**

TP n°1 ; Configuration SNMP sur un environnement Windows

TP n°2 : Introduction à la virtualisation : Préparation de machine virtuelle Linux

TP n°3 : Configuration de SNMP, de NTP sur un environnement Linux

TP n°4 : Configuration de Syslog sur un environnement Linux

TP n°5 : Configuration SNMP, NTP et syslog sur des équipements Cisco

MODALITE D'EVALUATION :

0.4 TP + 0.6 EMD

BIBLIOGRAPHIE :

1. Design and Architecture of SNMP Monitoring System, Muhammad Khan, tauseef Jamal
2. Essential SNMP: Help for System and Network Administrators, Douglas R. Mauro, Kevin J. Schmidt
3. Advances in network Management, Jianguo Ding CRC Press
4. Network Management fundamentals, Alexander Clemm Cisco press
5. Nagios - Au coeur de la supervision Open Source: De l'installation à L'optimisation, Olivier Jan, Collection Epsilon
6. Network Management MIBs And MPLS Principles Design And Implementation, Stephen B. Morris Prentice Hall

Spécialité : Systèmes de télécommunications

Intitulés des modules (matières)	Volume Horaire Semestriel (14 à 16 semaines)	Volume Horaire Hebdomadaire				Coeff
		Cours	T.D	T.P	Total	
Systèmes et réseaux de télécommunications optiques	45h00	2h15		0h45	3h00	4

Prérequis :	<ul style="list-style-type: none"> - Composants photoniques pour télécoms optiques - Communications numériques - Optique et ondes électromagnétiques
--------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

OBJECTIFS :

Ce cours permet d'offrir à l'étudiant les bases essentielles et nécessaires pour comprendre analyser et concevoir un système de transmission par fibre optiques, ainsi que les différentes technologies optiques utilisées dans les réseaux de télécommunications optiques modernes.

Ce cours développera chez les étudiants :

- a. La capacité de comprendre le fonctionnement des différents systèmes de transmission par fibre optique et réseaux optiques
- b. La capacité de mesurer et évaluer les performances (qualité) des différents systèmes de transmission par fibre optique et réseaux optiques
- c. La capacité d'analyser et de simuler le fonctionnement ses systèmes et réseaux optiques.

CONTENU DU MODULE :**1. SYSTEMES DE TRANSMISSION SUR FIBRES OPTIQUES**

1.1. Structures et Techniques de transmission d'une liaison numérique par fibre optique.

- Liaisons à fibre optique longues distance
- Codages en optique
- Transmissions optiques cohérentes

1.2 Conception et ingénierie d'une liaison numérique par fibre optique

- Calcul taux d'erreur
- Calcul puissance minimale détectable
- Bilan énergétique de liaison

1.3. Familles de liaisons optiques numériques

- Liaison point à point sans amplificateur
- liaison à amplificateur optique
- Liaison à multiplexage en longueur d'onde WDM
- Liaison de transmission Radio sur fibre

1.4 Transmission analogique par fibre optique

- Transmission en bande de base
- Transmission en modulation de fréquence

2. RESEAUX SUR FIBRES OPTIQUES

2.1. Réseaux informatiques

- Réseaux locaux Ethernet sur fibre optique
- Réseau FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

Spécialité : Systèmes de télécommunications**2.2. Réseaux d'accès Optique**

- Conception d'un réseau passif
- Réseaux optiques passifs PON
- Différentes architectures FTTX

2.3. Réseaux longue distance

- Système de la hiérarchie SDH/SONET
- Réseaux de transport optique (OTN)

3. LES RÉSEAUX OPTIQUES ET ROUTAGE WDM

- Couche optique, architecture du réseau et du nœud à multiplexage en longueur d'onde, Techniques de commutation optique de paquet, Routage en longueur d'onde et assignation des longueurs d'onde, IP/WDM, MPLS/WDM, Protocole de routage optique GMPLS, Terabit Switching & routing.
- Concepts et problèmes de la topologie virtuelle, Combinaison SDH/WDM, formulation ILP « Integer Linear Programming », contrôle et gestion, performance du réseau, gestion des pannes.

TRAVAUX PERATIQUES :

TP 1 : Etude et analyse de liaisons de transmission par fibre optique (multiplexée, amplifiée..)

TP 2 : Etude et analyse des effets linéaires et non linéaires sur un système de transmission par fibre optique (dispersion, effet de Kerr, PMD..)

TP 3 : Etude et analyse des performances d'une liaison de transmission par fibre optique amplifiée en fonction du débit et de la portée.

TP 4 : Etude et analyse des performances d'une liaison de transmission par fibre optique multiplexée en longueur d'onde WDM.

TP 5 : Etude et analyse des performances d'un réseau d'accès par fibre optique en anneau.

Référence principale :

Télécoms sur fibres optiques, Pierre Lecoy, Lavoisier, 2007

MODALITE D'EVALUATION :

0.4 TP + 0.6 EMD

BIBLIOGRAPHIE :

Les fibres optiques, Jean Michel MUR, eni, 2012.

Optical Networks: A Practical Perspective, R. Ramaswami, K. Sivarajan, G. Sasaki, Elsevier, 2010.

Transmission et réseaux, S Lohier D.Présent, Dunod, 2010.

Fiber-Optic Communication Systems, Wiley, 2009.

Télécoms sur fibres optiques, Pierre Lecoy, Lavoisier, 2007.

Télécommunications principes, infrastructures et services, Daniel Battu, Dunod, 2002.

Les réseaux de télécommunications, René Parfait, Lavoisier, 2002.

IP Over WDM, Sudhir S. Dixit, Wiley, 2003.

Fiber-Optic Communication Systems, Wiley, 2009.

Spécialité : Systèmes de télécommunications

Intitulés des modules (matières)	Volume Horaire Semestriel (14 à 16 semaines)	Volume Horaire Hebdomadaire				Coeff
		Cours	T.D	T.P	Total	
Trafic et ingénierie des réseaux	45h00	1h30		1h30	3h00	5

Prérequis :	Probabilités et Statistiques, Réseaux de données, Communications unifiées et NGN, INFRASTRUCTURE DES TELECOMMUNICATIONS & TECHNIQUE D'ACCÈS
--------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

OBJECTIFS :

Le module introduit les notions de trafic téléphonique, les caractéristiques des principaux flux de trafic, l'utilisation des modèles mathématiques pour résoudre des problèmes de dimensionnement et de planification des réseaux modernes, Les outils enseignés reposent sur la théorie des files d'attente, fondée par Erlang pour l'étude des réseaux téléphoniques commutés et étendue récemment aux réseaux à commutation de paquet.

Après avoir terminé le cours, l'étudiant doit être capable de :

1. Comprendre les bases théoriques de la modélisation et l'analyse du trafic dans les réseaux modernes fixes et mobiles.
2. Décrire les principaux modèles de trafic utiles pour le dimensionnement des réseaux fixes et mobiles.
3. Estimer la bande passante nécessaire pour écouler un certain trafic demandé, un objectif de qualité de service, exprimé en termes de taux de congestion, de débit moyen ou de taux de perte cibles.
4. Maîtrise de la conception de réseau complexe.

CONTENU DU MODULE :**1. INTRODUCTION GENERALE**

Objectifs et concepts généraux, Aspects qualitatifs et quantitatifs du trafic, Causes des communications inefficaces, Intensité de trafic, Unité de trafic, Rappel sur les distributions de probabilité (exponentiel, Poisson, Binomial).

2. MESURE DE TRAFIC

Mesure de performance, Trafic offert, Trafic écoulé, Trafic perdu, Heure chargée, tentatives d'appel, temps de blocage, Engset, Erlang.

3. MODELISATION MATHÉMATIQUES**1. LES SYSTEMES A PERTES**

Processus d'arrivée des appels, Lois des durées, Les systèmes à pertes, probabilité de blocage, (Overflow theory).

2. LES SYSTEMES A ATTENTE, Théorie des files d'attente

Chaînes et processus de Markov, Processus de Poisson, Files d'attente élémentaires, Réseaux de files d'attente, Modélisation des nœuds dans un réseau à commutation de

Spécialité : Systèmes de télécommunications

paquet, Formules de Little et de Pollacsek-Khintchin, Modèle d'Erlang et extensions, Services temps-réel, ordonnancement « scheduling ».

3. INGENIERIE DES RESEAUX

1) METHODOLOGIES DE CONCEPTION

Objectifs de conception du réseau, Réseau de campus, Conception de réseau d'entreprise
Conception du routage interne et connexion à Internet, Élargir un réseau existant,
Conception d'adressage.

Connectivité d'entreprise et haute disponibilité, Conception BGP, Conception de réseaux étendus, Intégration du centre de données d'entreprise, Conception de sécurité, Conception de QoS pour une expérience utilisateur optimisée, Transition vers IPv6, Conception de multidiffusion IP « Multicast ».

2) RESEAUX FIXES

Dimensionnement d'un réseau IP pour supporter un certain trafic demandé et satisfaire les contraintes de qualité de service.

3) RESEAUX MOBILES

Dimensionnement, Planification de capacité, Optimisation de l'allocation de ressource, Modélisation du trafic avec prise en compte de la mobilité.

TRAVAUX PERATIQUES :

TP n°1 : Mesure de performance.

TP n°2 : Conception d'un réseau.

TP n°3 : Dimensionnement, planification de capacité d'un réseau mobile.

Text book (référence principale) :

Teletraffic engineering and network planning, Villy B. Iversen, Villy Baek Iversen, 2015.

MODALITE D'EVALUATION :

0.4 TP + 0.6 EMD

BIBLIOGRAPHIE :

1. ***Teletraffic engineering and network planning, Villy B. Iversen, Villy Baek Iversen, 2015.
2. ITU Handbook of Teletraffic Engineering,
3. ***Modelling and Dimensioning of Mobile Wireless Networks: From GSM to LTE, M. Stasiak, M. Glabowski, A. Wisniewski, P. Zwierzykowski, Wiley, 2011.
4. Radio interface system planning for GSM/GPRS/UMTS, Jukka Lempiäinen, Matti Manninen, Kluwer, 2002.
5. 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband by Erik Dahlman, Stefan Parkvall and Johan Skold, Academic Press, 1st Edition, 2011.

Intitulés des modules (matières)	Volume Horaire Semestriel (14 à 16 semaines)	Volume Horaire Hebdomadaire				Coeff
		Cours	T.D	T.P	Total	
Systèmes embarqués, mobilités et objets communicants	22h30	1h30			1h30	3

Prérequis :	Réseaux de données, Projet d'électronique, Communications unifiées et NGN, INFRASTRUCTURE DES TELECOMMUNICATIONS & TECHNIQUE D'ACCÈS
--------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

OBJECTIFS :

L'objectif de ce module est de donner une vue d'ensemble sur les techniques et applications des objets connectés.

CONTENU DU MODULE :**1. PANORAMA DES OBJETS CONNECTES ET LEURS ENVIRONNEMENTS****(3h00)**

- a) Objets connectés, marché et évolutions (capteurs, actionneurs, devices embarqués, téléphones, smartphones, tablettes, modules connectés)
- b) Constituants de base de l'objet connecté (matériel, interfaces, logiciel (OS), développement d'applications, problématiques d'intégration, enjeux de développement de services, du point de vue de l'opérateur, du fournisseur de terminaux et des tierces parties, modèles d'affaires des différents acteurs) Smart city, Industrie 4.0

2. SECURITE DES APPLICATIONS MOBILES ET DES OBJETS CONNECTES**(3h00)**

- a) Cryptographie et sécurité pour objets connectés, systèmes communicants, M2M, applications mobiles, logiciels (analyses de risques, management attaques/sécurité), incidents de sécurité, sécurité dans les réseaux mobiles et le NFC, sécurité du NFC et des codes mobiles, application au contexte BYOD (Bring Your Own Device).
- b) Plateformes de services dédiées IoT (concepts et architectures de plates-formes d'hébergement de services pour l'IoT, outils logiciels pour la publication et la consommation de données issues de l'IoT, découverte de plates-formes d'hébergement de services pour l'IoT.

3. PROTOCOLES DE COMMUNICATIONS POUR LES OBJETS CONNECTES**(16h30)**

- a) Contraintes des applications (eMBB, URLLC, mMTC, NB-IoT, and V2V)
- b) Réseaux sans fils courte portée : technologies (ZigBee, Bluetooth, RFID, NFC ...), architectures, problématiques et contraintes, applications.
- c) Protocoles d'accès aléatoire (CSMA, CSMA/CD, ALOHA, slotted ALOHA, and LoRa)
- d) Les nouveaux LPWAN : NB-IoT, LTE-M, EC-GSM-IoT
- e) LoRa, Sigfox, 6LOWPAN, RPL.
- f) Systèmes à courant porteur

MODALITE D'EVALUATION :

0.4 Contrôle continu + 0.6 EMD

BIBLIOGRAPHIE :

Internet of Things for Architects, Perry Lea, Packt, 2018

Spécialité : Systèmes de télécommunications

Intitulés des modules (matières)	Volume Horaire Semestriel (14 à 16 semaines)	Volume Horaire Hebdomadaire				Coeff
		Cours	T.D	T.P	Total	
ENMI ⁴	33h45	1h30	0h45		2h15	2

Pré requis :

Marketing, Gestion financière et comptabilité, Economie et stratégie d'entreprise, Management de Projet.

OBJECTIFS :

Dans un souci d'évolution permanente et face à un environnement en perpétuel mutation, l'entreprise est condamnée à innover. En effet, innover est aujourd'hui un moyen privilégié pour assurer la pérennité sur des marchés très concurrentiels

L'enseignement de ce module alterne les parties théoriques essentielles (Cours) à l'assimilation des bonnes pratiques, l'appropriation de méthodes, d'outils à travers des travaux de réflexion (TD) sur des études de cas réelles dans le domaine des Télécommunications et TIC.

- Permettre aux futurs ingénieurs d'acquérir une vision stratégique et globale du management des processus d'innovations ;
- Comprendre les axes d'actions prioritaires pour la création d'une dynamique d'innovations au sein de l'entreprise dans un contexte de révolution numérique ;
- Maîtriser les méthodes d'innovations et de veille concurrentielle et technologique ;
- Imprégner l'esprit des futurs ingénieurs de l'importance liée aux contraintes et exigences réglementaires du domaine.
- Acquérir des connaissances basiques pour un raisonnement financier en intégrant l'angle comptable et valeur selon une logique de cou.
- Acquérir des comportements nécessaires à l'exercice du métier d'ingénieur au sein d'organisations dans un contexte de forte intensité concurrentielle, ou en qualité de futur entrepreneur.

CONTENU DU MODULE :**1. ECONOMIE DE L'INNOVATION.**

Financement Recherche et Développement, mangement de l'innovation.

2. PROTECTION DES ACTIFS IMMATERIELS

Propriété industrielle et intellectuelle

3. MARKETING DE L'INNOVATION**4. ASPECTS REGLEMENTAIRES ET JURIDIQUES LIEES AU SECTEUR DES TIC****TRAVAUX PERATIQUES :**

Ateliers de consolidations des connaissances autour des quatre axes du module (travaux de groupe, exposés et études de cas), afin de bien outiller nos futurs ingénieurs pour être en mesure de situer en

⁴ ECONOMIE NUMERIQUE & MANAGEMENT DE L'INNOVATION

Spécialité : Systèmes de télécommunications

contexte juridique en concurrentielle en perpétuelle évolution.

MODALITE D'EVALUATION :

0.4 Evaluation continue + 0.6 EMD

BIBLIOGRAPHIE :

1. Management de l'innovation, Claudine Gay, Bérangère Szostak, DUNOD, 2017
 2. Management de l'innovation et Globalisation, Sihem Ben Mahmoud-Jouini, Florence Charue-Duboc, Christophe Midler, DUNOD, 2015
 3. Introduction à l'économie numérique, de Henri Kloetzer, Hermes Science, 2012
- Capitalisme de plateforme : L'hégémonie de l'économie numérique, Nick Srnicek, LUX CANADA, 2018

Spécialité : Systèmes de télécommunications

Intitulés des modules (matières)	Volume Horaire Semestriel (14 à 16 semaines)	Volume Horaire Hebdomadaire				Coeff
		Cours	T.D	T.P	Total	
Création d'entreprise	33h45	1h30	0h45		2h15	2

Pré requis :

Marketing, Gestion financière et comptabilité, Economie et stratégie d'entreprise, Management de Projet.

OBJECTIFS :

Ce cours donne une initiation à la création d'entreprise aux élèves ingénieurs. Il consolide les connaissances de base du processus de création d'entreprise et devrait permettre l'acquisition d'outils et de méthodologies requis pour la démarche de création d'entreprise, mais aussi utiles dans toute entreprise.

CONTENU DU MODULE :**1. PORTEUR DE PROJET, IDEE, PROJET**

- Introduction générale sur l'entrepreneuriat et les TIC.
- Le porteur (créateur) : se connaître et s'entourer, le rôle à jouer.
- Le projet : types, périmètres, spécificités et contraintes
- Le Minimum Viable Product (MVP)

2. LE BUSINESS PLAN ET LE BUSINESS MODEL

- La construction, la rédaction et la présentation du BP
- Etude de faisabilité, étude de marché, étude concurrentielle
- Elaboration des cahiers des charges
- Analyse de la valeur
- Business Model

3. FORMALITES ADMINISTRATIVES DE CREATION D'ENTREPRISE

- Démarches administratives de création d'entreprises.
- Statuts
- Obligations et Avantages fiscaux.

4. LES MODES DE FINANCEMENT

- Les acteurs du financement et les différents modes de financement
- Ouverture de capital
- Valorisation.

5. LE DEVELOPPEMENT

- Les perspectives d'avenir
- Les outils du développement
- Les réseaux
- Le développement à l'international

TRAVAUX PERATIQUES :

Etude de projets de création d'entreprise réalisé en groupe.

Text book (référence principale) :

Léger-Jarniou C., Kalousis G., La boîte à outils de la Création d'entreprise –Dunod édition 2018,

MODALITE D’EVALUATION :

0.4 projets + 0.6 EMD

BIBLIOGRAPHIE :

1. Léger-Jarniou C., Kalousis G., La boîte à outils de la Création d'entreprise –Dunod édition 2018,
2. Tsagliotis, Start-up attitude : Adoptez l'esprit start-up pour faire du business autrement Dunod, 2017

Spécialité : Systèmes de télécommunications

Intitulés des modules (matières)	Volume Horaire Semestriel (14 à 16 semaines)	Volume Horaire Hebdomadaire				Coeff
		Cours	T.D	T.P	Total	
Anglais 8	22h30		1h30		1h30	2

Prérequis :	Anglais 7
--------------------	-----------

OBJECTIFS :

- Learners will be able to
- look for, understand, synthesise and present technical data in written and spoken English
- analyse, summarise and discuss
- highlight important information
- deal with information with critical thinking
- write parts of a project
- make a presentation

CONTENU DU MODULE :

1. Mastery of language (Linguistic objectives)

a) Grammar

- Review tense system
- Sentence expansion

b) Vocabulary

- Vocabulary necessary for project writing

c) Pronunciation

- Sentence stress
- Intonation

2. Developing Skills

a) Listening & speaking

- Active listening
- Speaking in public
- Ad-libbing

c) Reading & writing

- Reading project samples and identifying the main parts
- Reading project samples and summarising
- Writing a parts of a project

3. Functions

- Discussing
- Presenting
- Negotiating

MODALITE D'EVALUATION :

0.4 Evaluation continue + 0.6 EMD

BIBLIOGRAPHIE :

Des supports très variés, allant d'articles et exercices créés pour le cours aux œuvres littéraires et aux manuels d'anglais en fonction du cours choisi.