

Mémoire de Fin d'ETUDE

Présenté par :

Mr. IMAKHLOUFENE Nabil

&

Mr. BOUCHE Mouloud

Pour l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Electronique

Spécialité : Télécommunication

Thème

**Etude et simulation d'une liaison hertzienne sur le
réseau mobile (UMTS)**

Soutenu en public le : 25/06/2016

Encadré par :

Mr BERRAH Smail

Devant le jury :

**Mr. ROUHA Mustapha
Mme. MEZHOUD Naima**

**Président
Examinatrice**

Année Universitaire 2015-2016

REMERCEMENTS

Nous remercions avant tout Dieu le tout puissant de nous avoir donné la foi, la volonté et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à notre promoteur Monsieur **Berrah smail** pour nous avoir conseillé, dirigé pendant la réalisation de ce travail.

Nous remercions le personnel de **bougieserve** de nous avoir facilité l'accès aux stations de transmission de wilaya de Laghouat.

Sont oublié nos deux camarades **maouche bachir** et **moussaoui nassim** qui nous ont beaucoup aidés.

Nos remerciements s'adressent aux membres de jury pour avoir accepté d'examiner ce présent travail.

Nous adressons nos remerciements à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

Nous remercions tous nos enseignants et toutes personnes qui nous ont aidés à mener à bien ce travail.

Que toute personne qui, d'une manière ou d'une autre, nous a aidé et encouragée à l'aboutissement de ce travail, trouve ici l'expression de notre sincère reconnaissance.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A la lumière de ma vie, à mes parents. J'espère
Qu'ils trouveront ici le fruit de leurs sacrifices
pour moi.

A mes sœurs, et à mes frères et a toute ma
famille

Que dieu me les gardes

A ma futur dame ouazna et a tous les membre
de la famille de ramadhon de la
RUTO :jedi,massaoud,thafath,mouma, smail.

A ma famille artistique :

khaled,mouloud,yacine,sosso,

Didine, rougie, kheirrdine, riad,chiva...

A mes copains de chamber a la RUTO:abou,
takfa, yanis, jugo,madjid,
lounis,rachid,hamza,adel, nassim,ferhat...

A tous les associés de bougieserve :nassim,
ahmed,amirouche,samir,miss khalti.

A tous mes collègues de travail : sennour,
omniacom, yacine, hossam, khlifa, et a tous les
membres de la famille de NOKIA

A mes profs et tous les amis de la promotion
télécommunication sans exception.

NABIL (zidane)

Je dédie ce travail

A mes chers parents. J'espère

Qu'ils trouveront ici le fruit de leurs sacrifices pour
moi.

A mes frères dahmane, rafik, el-hadi ,faouzi

A ma seule sœur wahiba et à toute ma famille.

A mes amis de la promotion 2016 :louhab, boussaad,
rahim,el-hamid...

A mes amis de mon village : ziane,bouزيد,habib,lyes...

A mes amis riad,momen,ferhat,massi, hcen aziz,farouk

A ma famille artistique zidane,ghanou,khaled...

A toute l'équipe de "bougieserve " et toute l'équipe de
laghouat.

A monsieur bachir maouche.

MOULOU

LISTE DES FIGURES.....	7
LISTE DES TABLEAUX	10
INTRODUCTION GENERALE.....	11
I- Vue général sur le réseau UMTS.....	12
I.1- Introduction.....	13
I.2- Les caractéristiques du réseau UMTS.....	13
I.3- L'infrastructure d'un réseau UMTS	13
I.4- Les équipements d'un réseau UMTS.....	14
I.4.1- Le node B	14
I.4.2- Le RNC	15
I.4.3- La carte SIM	16
I.4.4- Le mobile	16
I.5- Le spectre de fréquence.....	17
I.6- Organisation fréquentielle et temporel.....	18
I.6.1- Organisation fréquentiel.....	18
I.7- Le Handover	19
I.7.1- Le hard Handover	20
I.7.2- Le soft Handover	20
I.8- La chaîne de transmission	21
I.9- Les canaux de transmission.....	23
I.10- Autres support de transmission de l'information	30
I.11- Les applications sur l'UMTS	30
I.12- Conclusion	31
II- Généralités sur le faisceau hertzien.....	32
II.1- Introduction.....	33
II.2- Condition de bon fonctionnement d'une liaison hertzienne	33
II.3- Les fréquences porteuses qui sont utilisées dans le faisceau hertzien	34
II.4- Les modulations utilisées en faisceau hertzien	36
II.4.1- Modulations analogiques en faisceaux hertziens	36
II.4.2- Modulation numérique en faisceau hertzien	38
II.5- Transformation de l'information par faisceau hertzien	39

II.5.1-	Principe de transmission de l'information.....	40
II.5.2-	Type de l'information	40
II.5.3-	Mode d'exploitation	40
II.5.4-	Mode de transmission	41
II.6-	Propagation des ondes électromagnétiques.....	43
II.6.1-	Caractéristiques d'une onde électromagnétique	44
II.6.2-	Le trajet multiple des ondes électromagnétiques.....	45
II.6.3-	Propagation dans l'environnement	45
	La réflexion peut se faire sur la terre, sur la mer, mais parfois aussi sur les hautes couches de l'atmosphère (ionosphère).....	46
II.6.4-	Propagation en visibilité	47
II.6.5-	Propagation en non-visibilité	47
II.7-	Vitesse de Propagation	47
II.8-	Caractéristiques d'une liaison de transmission par faisceau hertzien	48
II.8.1-	Canal de transmission par faisceau hertzien	48
II.8.2-	Expression de la puissance reçue.....	48
II.8.3-	Sensibilité d'un récepteur	49
II.9-	Avantages et inconvénients d'une liaison hertzienne	49
II.9.1-	Avantages	49
II.9.2-	Inconvénients	50
II.10-	Conclusion	50
III-	Etude et simulation de la liaison A03T005-A03X013 avec logiciel pathloss 4.0	52
III.1-	Introduction.....	53
III.2-	Prise des coordonnées des structures à interconnecter à l'aide d'un récepteur GPS.....	53
III.3-	Introduction et présentation du logiciel pathloss4.0	54
III.3.1-	Définition.....	54
III.3.2-	Module et Fonctions (Résumé).....	55
III.3.3-	Module de données du Terrain	56
III.4-	Simulation de la liaison A03T005 TO A03X013 avec pathloss4.0	56
III.4.1-	Introduire les coordonnées GPS	56
III.4.2-	Génération du profil de la liaison	57

III.4.3-	Détermination des Hauteurs de fixation d'antennes	58
III.4.4-	Dégagement de l'Ellipsoïde de Fresnel	58
III.4.5-	Les pertes en trajet multiples	59
III.4.6-	Profil de la liaison A03T005-A03X013:	61
III.5-	Etablir le bilan de la liaison A03T005 TO A03X013 avec pathloss	
	4.062	
III.5.1-	Définition.....	62
III.5.2-	Choix de l'antenne	63
III.5.3-	Choix de la radio:.....	64
III.5.4-	Choix de la fréquence :.....	65
III.5.5-	Condition climatiques	66
III.5.6-	Bilan de liaison	68
III.5.7-	Les paramètres les plus importants sur le bilan de liaison	
	69	
III.5.8-	Conclusion	69
IV-	Intégration et mise en service de la liaison A03T005 vers A03X013 avec logiciel Alcatel	
	Lucent 9500MPR.....	71
IV.1-	Introduction	72
IV.2-	Présentation et fonction du matériel MPR 9500 utilisés sur la	
	liaison A03T005 vers A03X018	72
IV.2.1-	Définition de Alcatel –Lucent 9500 MPR.....	72
IV.2.2-	Equipements de transmission utilisés	73
IV.3-	Configuration de l'équipement	76
IV.3.1-	Définition de WebEML.....	76
IV.3.2-	Accès à l'IDU avec WebEML	76
IV.3.3-	Déclaration et configuration de la radio.....	77
IV.4-	Alignement de la liaison.....	79
IV.4.1-	TX signal:	80
IV.4.2-	RX signal:	81
IV.5-	Supervision, intégration et mise en service de la liaison	
	A03T005 vers A03X013:.....	81
IV.5.1-	Identification de la liaison:	81
IV.5.2-	Supervision de la liaison A03T005 vers A03X013:	82

IV.5.3- Intégration et mise en service de la liaison A03T005vers A03X013:	86
IV.6- Conclusion:	89
CONCLUSION GENERALE.....	90
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	91

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Hiérarchies des cellules d'un réseau UMTS	13
Figure I.2 : L'architecture globale d'un réseau UMTS	14
Figure I.3.A : Node B avec antenne sectorielle.....	15
Figure I.3.B : Node B avec antenne omnidirectionnelle	15
Figure I.4 : Service et Drift RNC	16
Figure I.5 : Interface radio fréquence	18
Figure I.6 : Structure de trames de l'UMTS.....	19
Figure I.7 : Les types de Handover	21
Figure I.8 : Chaîne de transmission	21
Figure I.9 : L'architecture générale d'un canal de transmission	24
Figure I.10 : Propagation d'une onde le long d'une ligne de transmission en fonction de sa longueur d'onde.....	25
Figure I.11 : Guidage d'un faisceau lumineux par une fibre optique.....	26
Figure I.12 : Occupation du spectre radio fréquence.....	26
Figure I.13 : Atténuation d'un signal radio fréquence à 950 MHz pour différents environnements.....	29
Figure I.14 : Comparaison de l'atténuation du signal pour différents supports de communication.....	30
Figure II.1 : Principe générale d'une liaison hertzien... ..	33
Figure II 2 : Modulateur directe	37
Figure II 3 : Modulateur de transposition de fréquence	37
Figure II 4 : Modulateur 2-PSK	39
Figure II 5 : Propagation d'une onde électromagnétique	43
Figure II 6 : Propagation d'onde dans l'environnement	46

Figure III.1 : Vue de la liaison (A03T005-A03X013) avec Google earth.....	54
Figure III.2 : Table d'entrée de pathloss 4.0.....	55
Figure III.3 : Donnée de terrain de la liaison (A03T005-A03X03).....	56
Figure III.4 : Vue de profil de la liaison (A03T005-A03X013) en deux dimensions.	57
Figure III.5 : Vue de profil en trois dimensions de la liaison (A03T005-A03X013).....	57
Figure III. 6 : Hauteurs de fixation des antennes de la liaison (A03T005-A03X013).....	58
Figure III.7 : Profil de dégagement de l'ellipsoïde de Fresnel de la liaison (A03T005-A03X013).....	59
Figure III.8 : Pertes d'un signal sur trajets multiples montré de la liaison (A03T005-A03X013)	60
Figure III.9 : Les pertes du signal de la liaison (A03T005-A03X013).....	61
Figure III.10 : Profil de la liaison (A03T005-A03X013)	61
Figure III.11 : Feuille de travail sur pathloss pour établir un bilan de liaison.....	62
Figure III.12 : Gain d'antenne de la liaison (A03T005-A03X013).....	63
Figure III.13 : Caractéristique d'antenne de la liaison (A03T005-A03X013).....	64
Figure III.14 : Spécifiques des radios de la liaison (A03T005-A03X013).....	65
Figure III.15 : Fréquence provisoire pour la liaison (A03T005-A03X013)	66
Figure III.16 : Conditions climatiques de la liaison (A03T005-A03X013).....	67
Figure III.17 : Rapport final du bilan de la liaison (A03T005-A03X013)	68
Figure IV.1 : Photo de l'MSS.....	73
Figure IV.2 : Photo de la radio.	74
Figure IV.3 : l'antenne (Parabole).....	75
Figure IV.4 : Photo d'un câble RG45 et un câble optique.	75
Figure IV.5 : l'icône de WebEML. ...	76
Figure IV.6 : l'accès à l'MSS avec WebEML coté A03T005.....	77
Figure IV.7 : Configuration de la radio coté A03T005.....	78

Figure IV.8: Configuration de la radio coté A03X013.....	79
Figure IV.9: Résultat d’alignement de la liaison A03T005 avec A03X013	80
Figure IV.10: Partie de planification de la liaison A03T005 vers A03X013.....	82
Figure IV.11: Adresse IP de l’MSS installée sur le côté A03T005.	83
Figure IV.12: Adresse IP de l’MSS installée sur le côté A03X013	83
Figure IV.13: Adresse TMN de l’MSS installée sur le côté A03T005	84
Figure IV.14: Adresse OSPF de l’MSS installée sur le côté A03T005	85
Figure IV.15: Alarme enregistré sur le côté A03T005.....	86
Figure IV.16: La synchronisation de site A03T005	88
Figure IV.17: Les cross connexion effectués sur le côté A03T005.....	89

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1: les différents supports de transmission et applications27

Tableau III.1: coordonnées GPS des sites de la liaison (A03T005-A03X013)53

INTRODUCTION GENERALE

Il fut un temps où l'être humain chercha un moyen plus efficace et rapide pour communiquer avec les autres, des moyens simples tels que le feu, le cheval...ont été utilisés et qui n'ont pas apporté des solutions définitives à ses besoins.

Le premier moyen utilisé était le télégraphe optique de Claude et Chappe, c'est un outil qui repose sur un concept simple, mais qui a atteint ses limites avec les aspirations des nations impérialistes. En 1873 Maxwell établit les fondements de l'électromagnétisme à travers ses célèbres équations ; il fallait attendre le début du 19ème siècle pour mettre en application ces équations, en effet Morse inventa le premier télégraphe électrique. Au fil des années qui suivent, le développement des systèmes de télécommunication a fait un pas géant dans un monde devenu aujourd'hui village.

La téléphonie mobile a trouvé sa place aujourd'hui, grâce aux réseaux GSM puis UMTS, la vie de l'être humain est devenue beaucoup plus facile qu'avant. Cependant, la maîtrise de ces technologies devient plus qu'une nécessité afin de bien gérer et exploiter ces réseaux.

L'objectif de ce travail et de parvenir à bien comprendre et maîtriser le système UMTS en se basant sur une étude pratique sur terrain, suivi d'une simulation d'une liaison hertzienne dans le réseau mobile UMTS, le travail a été divisé en quatre chapitres.

- Nous commencerons, dans le premier chapitre par une présentation du réseau UMTS, Ses caractéristiques et la chaîne de transmission, ainsi quelques détails sur les canaux de transmission et la Handover.
- Dans le second chapitre, nous rappellerons certaines notions de base du domaine faisceau hertzien, ainsi quelques caractéristiques de transmission de l'information par faisceau hertzien.
- Le troisième chapitre est consacré à l'étude et simulation d'une liaison hertzienne avec logiciel pathloss4.0, d'un réseau UMTS en cours de l'installation.
- Le dernier chapitre est réservé à l'application des résultats de simulation du troisième chapitre, avec logiciel Alcatel Lucent 9500, relative au type d'équipement utilisé.

1^{er} CHAPITRE

I- Vue général sur le réseau UMTS

I.1- Introduction

Dans ce premier chapitre nous allons aborder les principes généraux du système UMTS (Universel Mobile Télécommunication System). Nous commençons par la présentation des caractéristiques d'un réseau UMTS (l'infrastructure, les équipements (la NodeB, le RNC, la carte Mobile)), ensuite nous entamons les différentes classes de service dans le réseau UMTS, puis l'Organisation fréquentielle et temporelle et on termine par les canaux de transmission.

I.2- Les caractéristiques du réseau UMTS

Le réseau UMTS est divisé en cellules de taille variable : macro cellules, microcellules, et pico cellules en fonction de la densité de la population desservie :

- Macro cellule (en environnement rural extérieur) avec des débits allant jusqu'à 144 Kbits/s.
- Micro cellule (en environnement urbain extérieur) avec des débits allant jusqu'à 384 Kbits/s.
- Pico cellule (pour les faibles distances à l'intérieur d'un bâtiment couvert) avec des débits allant jusqu'à 2 Mbits/s. [1]

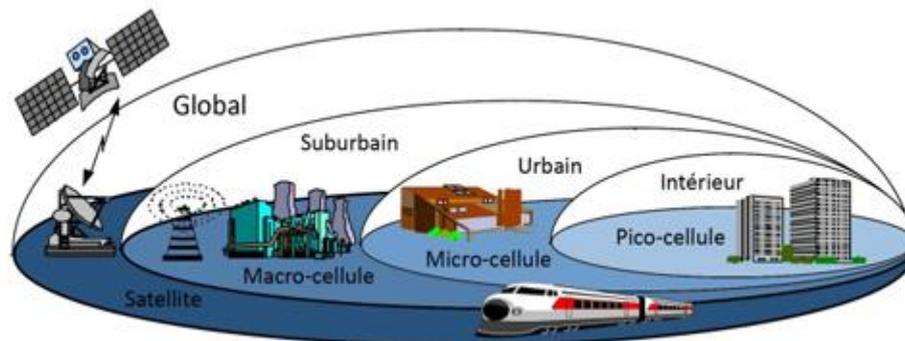
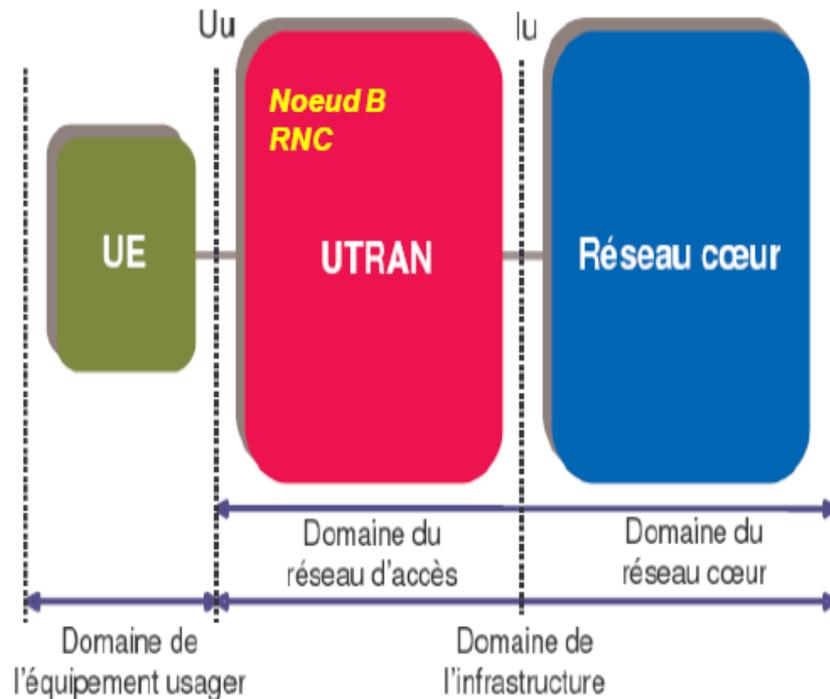


Figure I.1 : Hiérarchies des cellules d'un réseau UMTS.

I.3- L'infrastructure d'un réseau UMTS

L'architecture d'un réseau UMTS est répartie en deux groupes (voir figure I.2) Le premier groupe correspond au réseau d'accès radio (RAN, Radio Access Network ou UTRAN, UMTS, Terrestrial RAN) qui supporte toutes les fonctionnalités radio. Le deuxième groupe

correspond au réseau cœur (CN, Core Network) qui est responsable de la commutation et du routage des communications (voix et données) vers les réseaux externes. Pour compléter le système, on définit également le terminal et utilisateur (UE, User Equipment) qui se trouve entre l'utilisateur proprement dit et le réseau d'accès radio [2].



FigurI.2: l'architecture globale d'un réseau UMTS.

I.4- Les équipements d'un réseau UMTS

I.4.1- Le node B

Le NodeB est un élément de stations de base (bs) et de contrôleurs des sites qui est chargé de gérer la macro-diversité (1mobile vers plusieurs node B). Chaque station de base gère une cellule. Plusieurs cellule peuvent donc dépendre d'un même Node B, mais chaque cellule ne supporte qu'un seul mode de duplexage FDD (Frequency Division Duplex) ou TDD (Time Division Duplex).

Le « Node B » assure le contrôle des puissances des mobiles, le codage et le décodage du canal, l'adaptation du débit et l'étalement et la modulation QPSK (Quadrature Phase Shift Keying). [3].

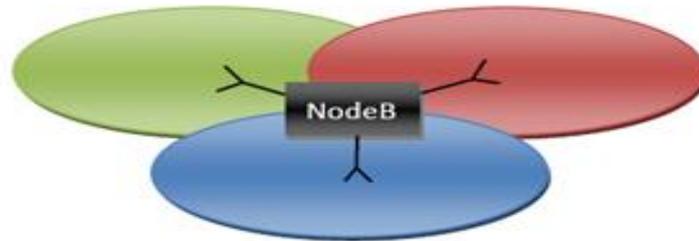


Figure I.3.A:Node B avec antenne sectorielles.



Figure I.3.B:Node B avec antenne omnidirectionnelle.

I.4.2- Le RNC

Le RNC est un contrôleur de Node B est encore ici l'équivalent du BSC dans le réseau GSM.

Le RNC contrôle et gère les ressources radio en utilisant le protocole RRC (Radio Resource Control).

Le RNC s'interface avec le réseau pour les transmissions en mode paquet et en mode circuit.

Le RNC est directement relié à un Node B, il gère alors :

- Le contrôle de charge et de congestion (saturation) des différents NodeB .
- Le contrôle d'admission et d'allocation des codes pour les nouveaux liens radio (entrée d'un mobile dans la zone de cellules gérées ...).

Il existe deux types de RNC :

- **Le Serving RNC** : qui sert de passerelle vers le réseau et gère les connexions radios avec le mobile et sert de point de rattachement au Core Network via l'interface Iu (voir la figure précédente). Il contrôle et exécute le Handover.
- **Le Drift RNC** : qui a pour fonction principale le routage des données, tel que :
- Le Drift RNC, sur ordre du Serving RNC, gère les ressources radios des stations de base qui dépendent de lui.
- Il effectue la recombinaison des liens lorsque, du fait de la macro-diversité, plusieurs liens radios sont établis avec des stations de base qui lui sont attachées.

- Il “route” les données utilisateurs vers le Serving RNC dans le sens montant et vers ses stations de base dans le sens descendant.[4].

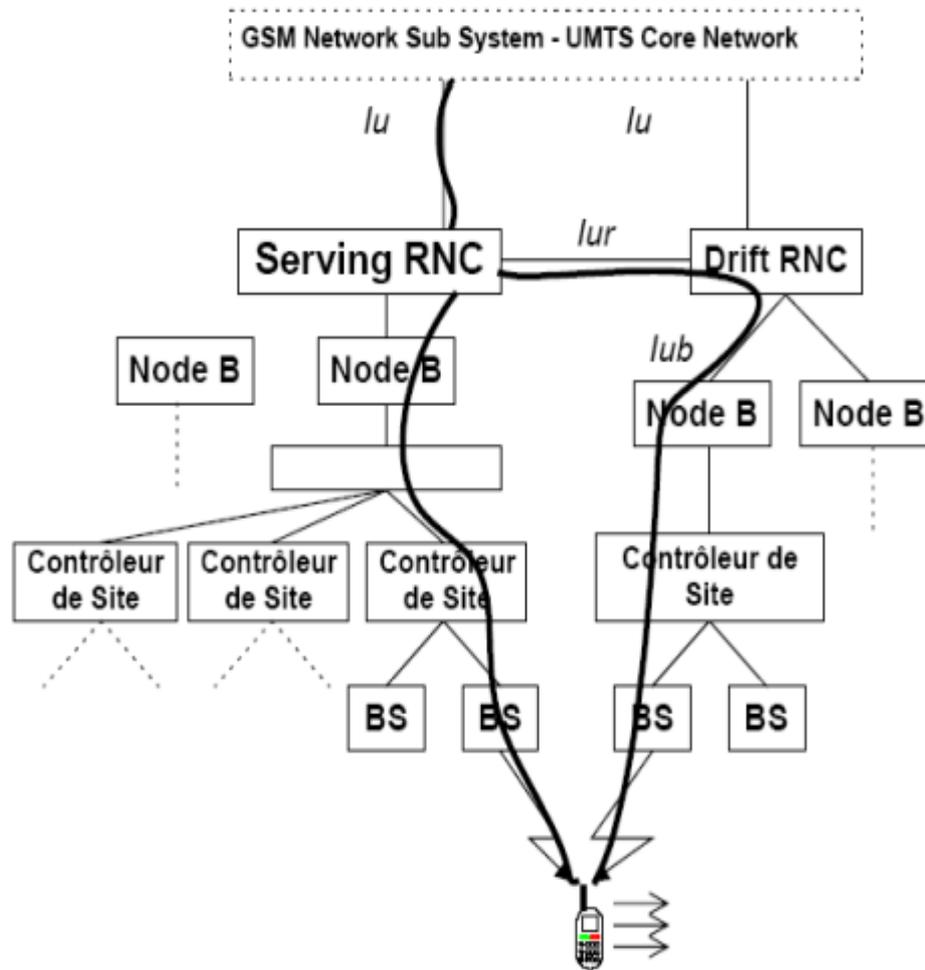


Figure I.4 : Service et Drift RNC.

I.4.3- La carte SIM

La carte USIM assure la sécurité du terminal et la confidentialité des communications. Des algorithmes de cryptages à clés publiques sont utilisés. Un certain nombre de possibilités sont prévues pour les cartes USIM de 3G (clés de cryptage plus longues, protection des données d'identité de l'abonné et de son terminal et autres).

I.4.4- Le mobile

Les technologies de l'informatique et des télécommunications se rapprochent par l'intégration de système d'exploitation et d'applications sur les terminaux UMTS. Les

terminaux s'adapteront sur différents réseaux et devront être capables de fonctionner sur quatre environnements :

- ✓ Dans une zone rurale (pico cellule).
- ✓ Dans un bâtiment (micro cellule).
- ✓ Dans des espaces urbains (macro cellule).
- ✓ Avec un satellite.

Le terminal utilisera ainsi les réseaux GSM/GPRS/UMTS. Pour une couverture nationale en fait appel aux réseaux de satellite pour une couverture mondiale si nécessaire.

I.5- Le spectre de fréquence

Deux plages ont été réservées au TDD, soit 35MHz chacune. Le FDD occupe 120MHz de spectre apparié, 60 MHz pour la voie montante (FDD-UL) et 60 MHz pour la voie descendante (FDD-DL).

En Europe par exemple, les fréquences retenues sont 1900 à 2025 MHz et 2110 à 2200 MHz.

En 1997, la CEPT (Conférence Européenne des Postes et Télécommunication) a précisé la répartition des modes retenus dans ces bandes (voir la figure I.5)[5] :

- 1900 à 1920 MHz : TDD.
- 1920 à 1980 MHz : FDD-UL, mobile vers Node B.
- 2010 à 2025 MHz : TDD.
- 2110 à 2170 MHz : FDD-DL, Node B vers mobile.

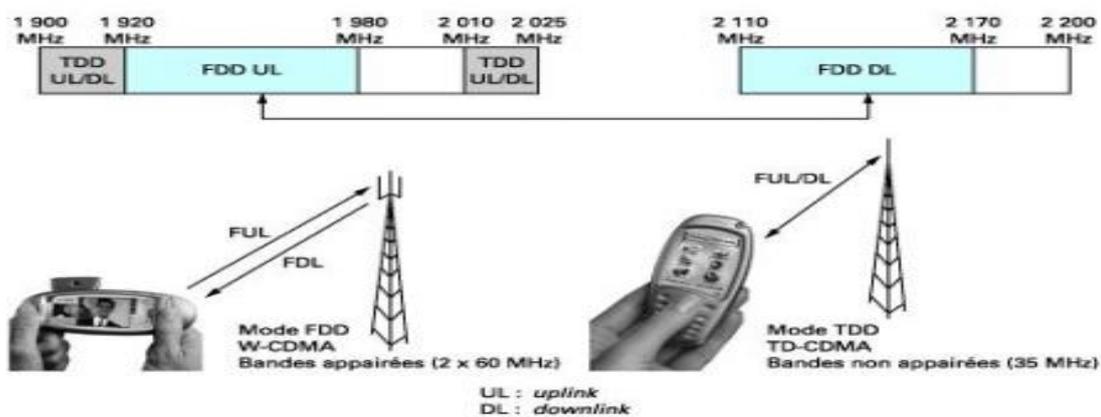


Figure I.5: Interface radio et fréquences.

I.6- Organisation fréquentielle et temporel

I.6.1- Organisation fréquentiel

L'UMTS est un système cellulaire de troisième génération qui fait partie de la famille IMT 2000 et dont les spécifications techniques sont développées au sein du 3GPP. L'architecture de ce système est composée essentiellement d'un réseau terrestre d'accès radio, l'UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) et d'un réseau cœur dérivé de celui spécifié pour la deuxième phase du GSM. L'UTRAN utilise deux modes d'accès fondés sur la technologie CDMA large bande :

- ✓ L'UTRA/FDD (Universal Terrestrial Radion Access/Frequency Duplex Division)
- ✓ L'UTRA/TDD (Universal Terrestrial Radion Access/Time Duplex Division)
 - **Mode FDD (Frequency Division Duplex):**

Pour ce mode, on sépare les fréquences d'émission et de réception. Ainsi, le mobile et le réseau peuvent émettre simultanément et de façon indépendante. Un inconvénient majeur de cette technique consiste à réserver un écart duplex entre les bandes montantes et les bandes descendantes pour séparer les étages de transmission et de réception radio et éviter les brouillages.

En FDD (Frequency Division Duplex.), on alloue la même bande pour les deux sens de communications. Cette technique d'allocation est mieux adaptée pour les applications symétriques. En revanche, lorsque les débits sont asymétriques, ce mode d'attribution n'est pas du tout optimal car il engendre du gaspillage en termes du spectre.

- **Mode TDD (Time Division Duplex):**

En TDD, une seule fréquence est utilisée pour les deux sens de communication. Donc nécessairement, les émissions et les réceptions sont séparées dans le temps. Cette technique est efficace en cas de limitation du spectre.

Le mode de TDD possède des adeptes, des propositions techniques concernant le mode TDD ont été générées du fait qu'un certain nombre d'autorités nationales allocataires du

spectre, ont alloué pour chaque opérateur candidat à l'achat d'une licence UMTS en mode FDD, un bout de bande 5 MHz complémentaire supposé servir le TDD.

Les deux modes d'accès doivent être harmonisés pour favoriser la réalisation de terminaux bi-modes TDD/FDD à coûts.[6]

I.6.2- Organisation temporelle

L'organisation temporelle de l'UMTS est basée sur une super trame de 720ms, comportant elle-même 72 trames de 10ms.

Chaque trame de 10ms est divisée en 15 slots de 667 μ s.

Cette organisation est présentée par la figure I.6.

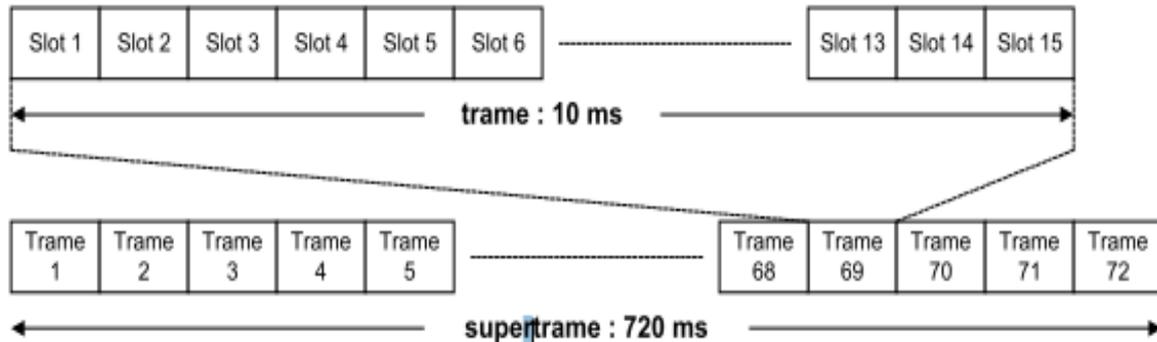


Figure I.6: Structure de trames de l'UMTS.

I.7- Le Handover

On peut définir le Handover comme étant les moyens de transfert de connexion de l'utilisateur d'un canal radio à d'autres. Cette définition a été formée avant l'avènement de l'UMTS. L'UMTS, cette définition n'était plus valide. L'objectif principal pour le Handover est de maintenir un appel en cours. Cela est nécessaire car l'utilisateur peut se déplacer (peut être en

grande vitesse) et il serait ennuyeux si l'appel continue à baisser lorsque l'utilisateur change d'autres cellules ou zone.

Dans le Handover, on distingue :

I.7.1- Le hard Handover

Lui-même se compose de :

- **Hard Handover inter-fréquences** : permet à un appareil mobile de passer d'une fréquence à une autre.
- **Hard Handover inter-systèmes** : permet à un appareil mobile de passer d'un système à un autre.

I.7.2- Le soft Handover

Un soft Handover survit entre deux cellules ou deux secteurs qui sont supportés par différents Node B d'une même station de base. L'UE transmette ses données vers différents Node B simultanément et reçoit des données de ces différents Node B simultanément.

Dans le sens descendant, les données utilisateur délivrées à l'UE sont émises par chaque Node B simultanément et sont combinées dans l'UE.

Dans le sens montant, les données utilisateur émises par l'UE sont transmises à chaque Node B qui les achemine au RNC où elles sont combinées.

Dans le Handover soft, nous avons :

- **Softer Handover** : lorsqu'un appareil mobile se trouve dans une zone de couverture commune de deux secteurs couverts par la même station de base ;
- **Soft Handover** : Lorsqu'un appareil mobile se trouve dans une zone de couverture commune à deux stations de base. Les communications du mobile empruntent simultanément deux canaux différents pour atteindre les deux stations de base.

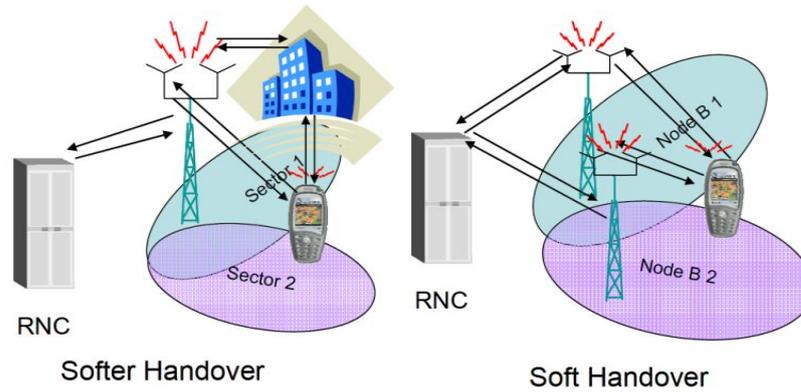


Figure I.7: Les types de Handover.

I.8- La chaîne de transmission

De façon générale, la chaîne de transmission simplifiée comporte quatre parties principales :

- le bloc 1 : de décodage et d'entrelacement (entrecroisement).
- le bloc 2 : d'étalement de spectre.
- le bloc 3 : d'embrouillage des données (scrambling).
- le bloc 4 : où se fait la modulation numérique.

Comme illustrée sur la figure suivante :

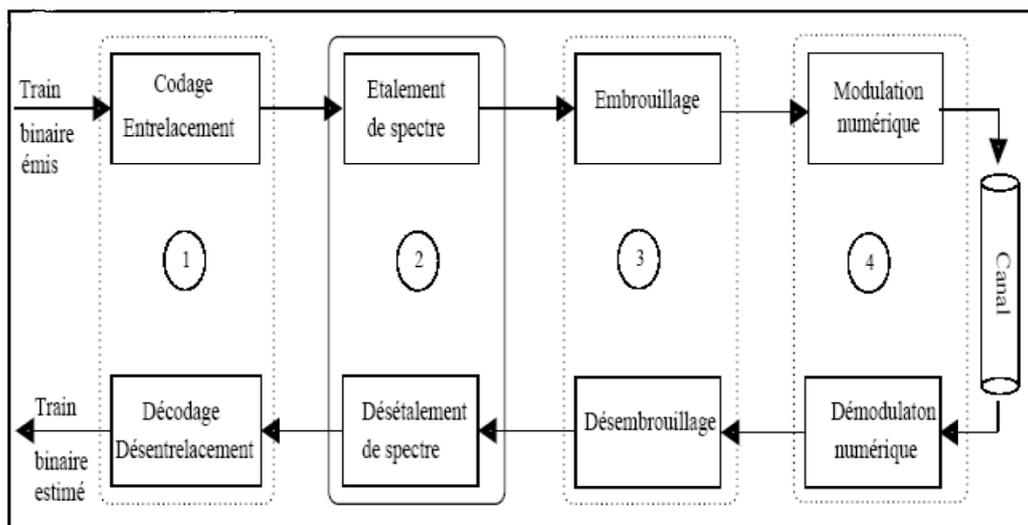


Figure I.8: Chaîne de transmission.

- **Description de la chaîne d'émission**

1-Codage: Le codage consiste à ajouter de la redondance au train binaire à émettre. Ceci permet de le protéger contre les erreurs uniformément distribuées dans la chaîne de transmission. Suivant la qualité de service à offrir (QoS) en termes de taux d'erreur binaire (TEB), deux principaux schémas de codage existent:

- ✓ codage convolutif pour un $TEB = 10^{-3}$, et pour un $TEB = 10^{-6}$. telque :

$$TEB = \frac{\text{Nombre de bite erronée}}{\text{Nombre de bite total}} \quad (I.1)$$

- ✓ Pour des débits très élevés (supérieurs à 32 kbps), des turbo-codes sont utilisés.

Enfin il peut y avoir des codeurs spécifiques, par exemple pour la voix.

Suivant les contextes d'utilisation, deux principales techniques de codage (ou de décodage plus exactement) existent :

En transmission de parole en temps réel, on ne peut pas habituellement retransmettre un bloc de parole numérisé sur lequel des erreurs ont été détectées. On utilise alors des procédures de décodage avec correction d'erreurs FEC (ForwardError Correction). Les codes associés à cette technique sont des codes linéaires en bloc, cycliques ou convolutifs.

Dans la plupart des réseaux de transmission de données où l'on dispose d'une voie de retour (liaisons full ou half duplex) les stratégies du type ARQ (AutomaticRepeatRequest) sont utilisées :

Lorsque l'on détecte une erreur sur un bloc reçu, on demande sa retransmission en émettant par exemple un signal dit "non-accusé de réception" sur la voie de retour.

Enfin, des stratégies mixtes FEC/ARQ peuvent être utilisées dans certaines applications de type "télécommande".

Ces données sont ensuite multiplexées, et envoyées à l'entrelacer.

2-Entrelacement : Le rôle de l'entrelacement est d'étaler temporellement les mots d'informations codés afin de les protéger, contre des paquets d'erreurs dus aux trajets multiples du canal de transmission ou aux sources de bruit.

L'entrelacement consiste à réarranger les symboles informatifs codés de sorte que les symboles correspondant à un mot de code soient séparés d'une distance supérieure à la longueur typique d'un paquet d'erreurs. Il existe deux types d'entrelacement :

- ✓ l'entrelacement convolutionnel;
- ✓ l'entrelacement par blocs.

3-Etalement de spectre : L'étalement de spectre a pour but d'élargir la bande passante du signal, tout en conservant la puissance moyenne, mais en baissant le niveau spectral.

Il existe deux principales techniques d'étalement de spectre :

- ✓ l'étalement par sauts de fréquence (FHSS)
- ✓ 2. l'étalement par séquence directe (DSSS).

4-Le brouillage (scrambling) : Le scrambling, consiste à multiplier les données en sortie de l'entrelacement par une séquence pseudo-aléatoire (PN-Sequence) afin de différencier les données provenant d'autres canaux physiques :

C'est la séparation de voie. Ainsi, les données ne seront pas perdues après multiplexage avec d'autres canaux de transport.

5-La modulation : Elle est de type :

QPSK : pour la liaison descendante (DL).

BPSK : pour la liaison montante (UL).

I.9- Les canaux de transmission

Les systèmes de télécommunication numérique sont basés sur l'architecture présentée à la figure I.9. La source primaire d'information peut être soit de type analogique qu'on numérise ensuite (ex. de la voix pour un téléphone mobile) soit directement de type numérique. L'information analogique est ensuite échantillonnée et numérisée à travers un étage de conversion analogique numérique.

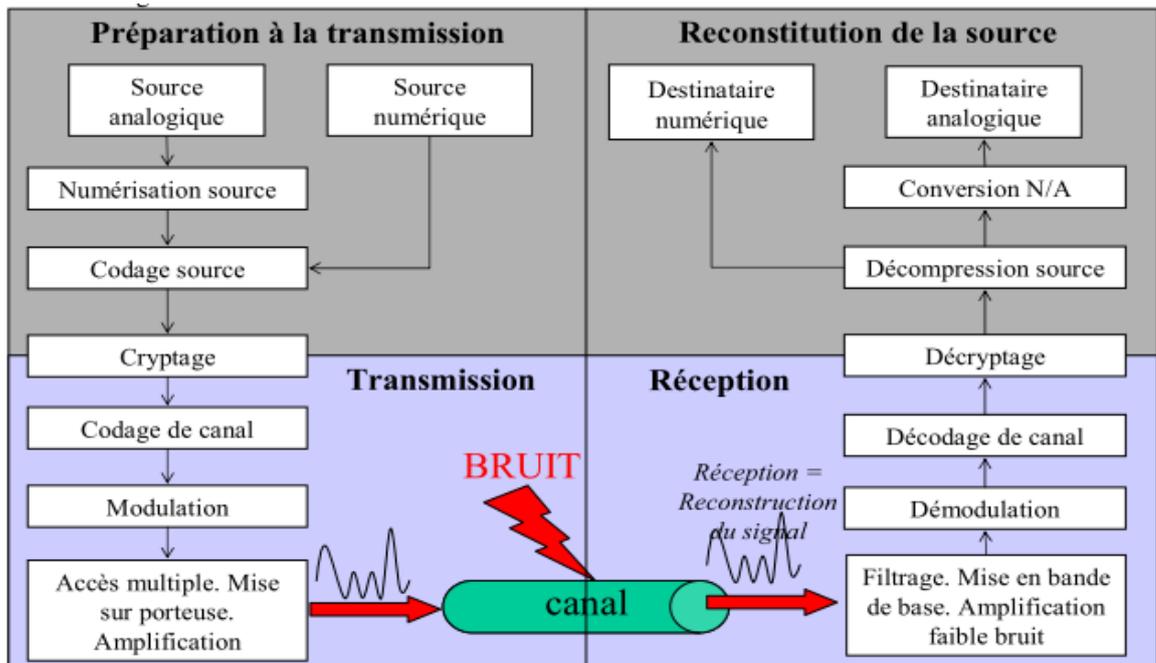


Figure I.9: L'architecture générale d'un canal de transmission.

Une transmission d'information se fait toujours à distance, un support physique assure le lien entre la source et le destinataire. Dans cette partie, nous allons présenter les principaux supports couramment utilisés comme média de transmission.

- **Communication électrique filaire**

L'information est véhiculée par un « signal électrique », c'est à dire une onde électromagnétique se propageant dans un diélectrique. On trouve deux catégories de lignes de transmission utilisées en télécommunications :

- ✓ câble bifilaire, de bande passante faible et réservé pour les transmissions à bas débit (inférieur à 2 Mbits/s pour le réseau téléphonique).
- ✓ câble coaxial, de bande passante plus importante et qui permet de réaliser des transmissions avec un débit relativement élevé (jusqu'à 565 Mbits/s sur le réseau téléphonique). [7]

Pour de faibles fréquences, la longueur d'onde est largement plus grande que la longueur de la ligne de transmission, l'onde est quasiment constante en tout point de la ligne, quel que soit l'impédance de charge.

$$\lambda = c/f \dots$$

(I.2).

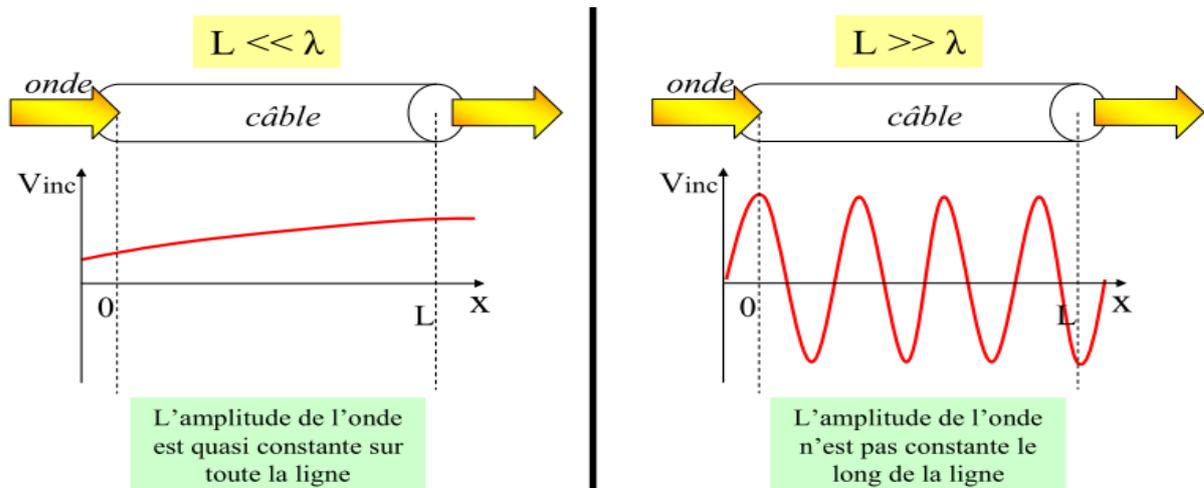


Figure I.10: Propagation d'une onde le long d'une ligne de transmission en fonction de sa longueur d'onde.

Par contre, si la longueur d'onde devient inférieure à la longueur de la ligne, l'amplitude de l'onde n'est plus constante le long de la ligne, et présente des minimums et maximums régulièrement espacés, comme le montre la figure I.10.

- **Communication optique filaire :**

Les fibres optiques sont des guides pour les ondes électromagnétiques dont les fréquences sont de l'ordre du spectre infra rouge. La lumière est guidée le long d'une fibre par réflexions multiples. La figure I.11 décrit la structure d'une fibre optique ainsi que le principe de la propagation de la lumière le long de la fibre. Les 2 principaux avantages des fibres optiques sont leurs bandes passantes très élevées (plusieurs dizaines de Gbits/s, voire quelques téraoctets/s) ainsi que leurs faibles atténuations (0.2 dB/km pour une longueur d'onde de 1550 nm). Les fibres optiques sont insensibles aux perturbations électromagnétiques externes, le signal guidé le long de la ligne ne peut sortir que par l'autre bout de la ligne, interdisant toute fuite du signal et assurant une sécurité totale de la transmission. Elles introduisent très peu de distorsions sur le signal et permettent de réaliser des multiplexages fréquentiels très efficaces. Enfin, elles subissent peu d'échauffement par rapport aux liaisons filaires électriques ce qui améliorent leur fiabilité.

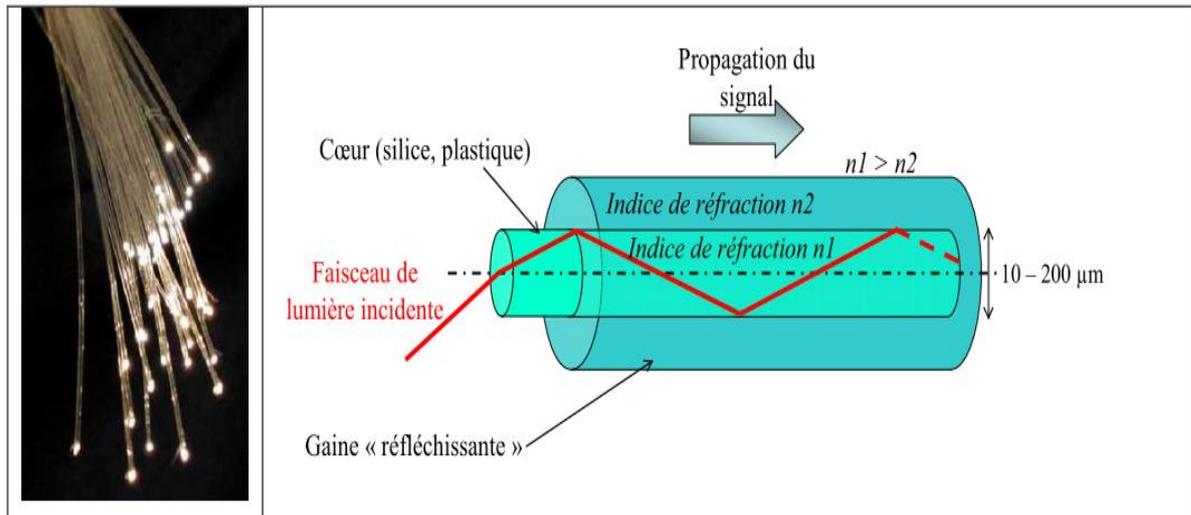


Figure I.11: Guidage d'un faisceau lumineux par une fibre optique.

- **Radio communication**

Les radiocommunications utilisent la propagation d'une onde électromagnétique dans l'atmosphère. Ce milieu est généralement réservé aux transmissions par satellite ou par faisceaux hertziens ainsi qu'aux communications mobiles. Le dispositif de base pour transmettre ou recevoir un signal à travers le canal radioélectrique ou hertzien est une antenne. Les radiocommunications s'étendent sur un spectre très large (de plusieurs KHz à plusieurs GHz). La figure I.12 présente l'occupation du spectre radiofréquence.

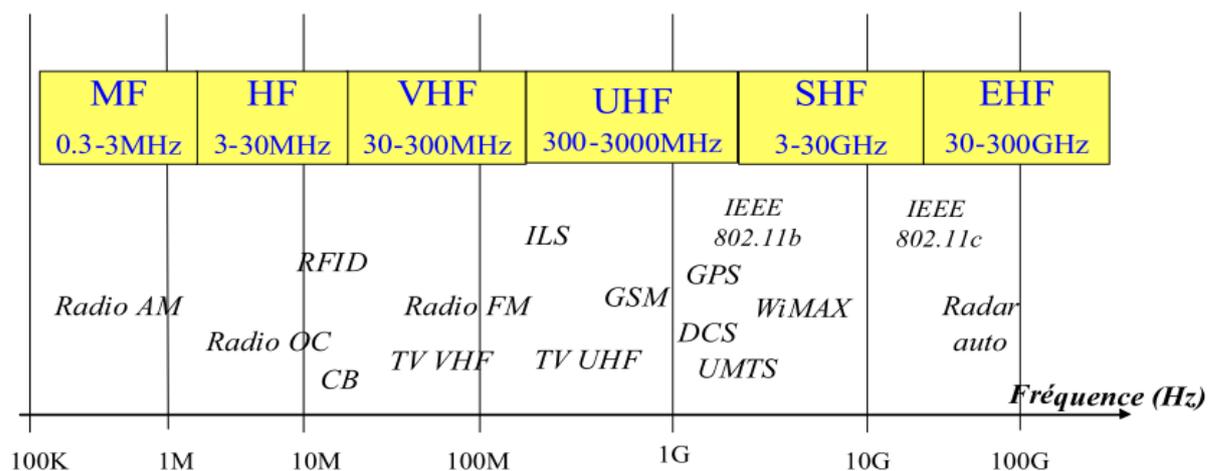


Figure I.12: Occupation du spectre radiofréquence.

RFID : 13.56MHz, 27.1MHz

Radio FM : 88-108MHz

TV : 54-72MHz, 76-88MHz, 174-216MHz, 470-806MHz

Applications commerciales : 434.3MHz

GSM : 890-915MHz (montant), 935-960MHz (descendant)

DCS : 1800MHz

GPS : 1217.6-1237.6MHz, 1565.4-1585.4MHz

UMTS : 1920-1980MHz, 2110-2170MHz

Wifi - IEEE 802. 11b: 2460MHz

Wifi - IEEE 802. 11c: 60 GHz

Bluetooth: 2400MHz

WIMAX (IEEE 802.16): 2-11 GHz

Type	Bande passante	Applications
Paire torsadée	>100KHz	Téléphonie, LAN
Câble coaxial	>100MHz	Télévision, LAN
Fibre optique	>1GHz	LAN, WAN
Faisceaux hertziens	Dépend de la fréquence de la porteuse	Télévision, téléphonie mobile, LAN
Satellites	>10MHz	GPS, WAN

Tableau I.1 : Les différents supports de transmission et applications.

- **Avantages et inconvénients de radiocommunication**

L'avantage des radiocommunications par rapport aux autres supports de communication (filaire, fibre optique) est :

- ✓ le faible coût d'installation d'un réseau à grande échelle, puisqu'il ne nécessite pas d'installer des supports physiques entre chaque nœud et terminaux du réseau, il suffit d'installer une antenne.

Il présente de nombreux inconvénients :

- ✓ D'abord, il s'agit du mode de transmission le plus soumis aux perturbations extérieures et aux effets néfastes du support de transmission.

- ✓ Par nature, le canal radioélectrique est variable dans le temps, imprédictible et multi chemin.
- ✓ Les transmissions des données à travers le canal radioélectrique ne peuvent pas être sécurisées et n'importe quelle antenne adaptée à la fréquence de transmission est susceptible de capter le signal.
- ✓ Le canal radioélectrique subit de très fortes atténuations avec l'éloignement. En espace libre (sans obstacles), le modèle de propagation d'une onde ne dépend que de la distance séparant les 2 antennes et de la fréquence.

L'équation 3 donne l'expression théorique de l'atténuation de la puissance transportée en espace libre en fonction de la distance et de la fréquence. Néanmoins, dans un environnement réel, le cas idéal de l'espace libre ne peut s'appliquer et on doit utiliser des modèles de propagation plus complexes prenant en compte des réflexions, des diffractions, des diffusions, des atténuations ainsi que la vitesse de déplacement relatif du récepteur par rapport à l'émetteur. De plus, le déplacement du récepteur ou de l'émetteur modifie à chaque instant les caractéristiques du canal de transmission. Enfin, d'autres propriétés peuvent caractériser une antenne, comme sa polarisation. En pratique, des modèles statistiques permettent d'estimer simplement les atténuations en prenant en compte les obstacles dans différents types d'environnement (ville, milieu rural, ...). La figure I.13 présente les atténuations radio calculées à partir de modèles plus complexes, prenant en compte la nature de l'environnement de propagation (modèle Okumara-Hata ou COST 231).

$$\text{Atténuation} = \left(4\pi \frac{d}{\lambda}\right)^2 = \left(4\pi \frac{f \times d}{c}\right)^2 \quad (I.3)$$

d : distance en m séparant l'émetteur du récepteur. Cette équation suppose une propagation sans obstacles.

f : fréquence du signal en Hz

λ : longueur d'onde en m.

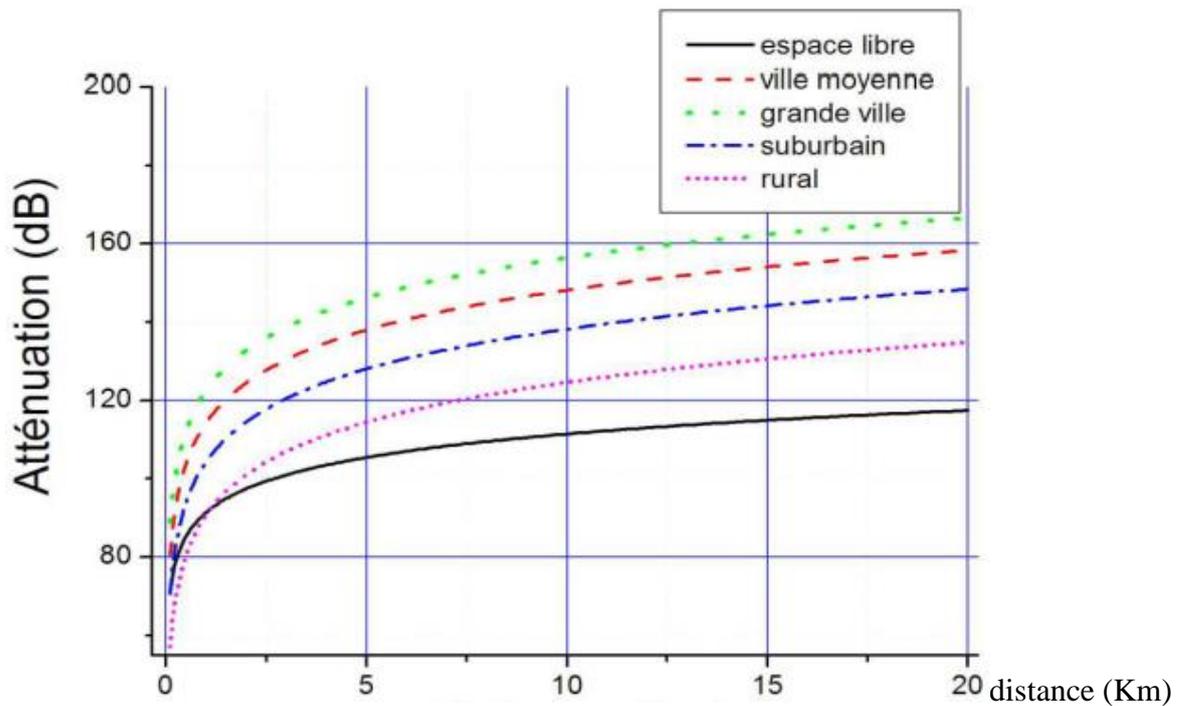


Figure I.13 : Atténuation d'un signal radiofréquence à 950 MHz pour différents environnements.

- **Comparaison des portées**

Les liaisons filaires, optiques et radio subissent des atténuations très différentes. La figure I.14 présente une comparaison des atténuations en fonction de la distance séparant l'émetteur du récepteur pour ces 3 types de canaux de transmission. Le canal radio est celui qui présente l'atténuation la plus importante, alors que les fibres optiques constituent le support qui introduit le moins d'atténuation. Néanmoins, les liaisons radiofréquences permettent de construire des réseaux de communication économique et sont les seuls à autoriser la mobilité des émetteurs récepteurs.

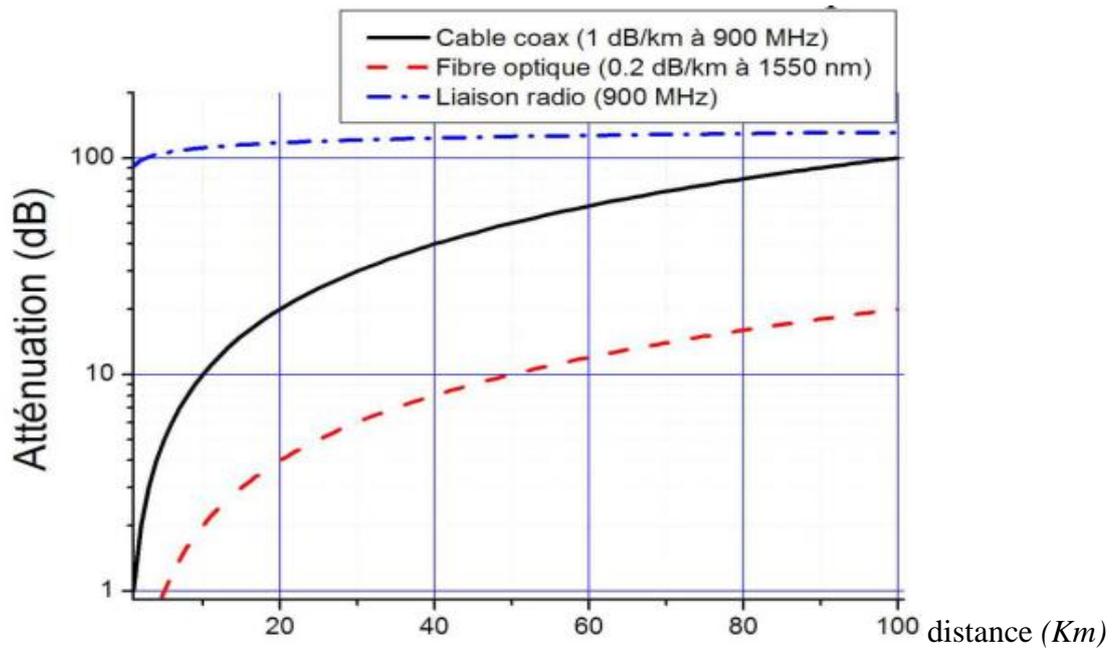


Figure I.14 : Comparaison de l'atténuation du signal pour différents supports de communication.

I.10- Autres support de transmission de l'information

D'autres supports de transmission existent comme les supports de stockage que sont les CD, les DVD ou les disques durs. Ils représentent aussi des moyens de transfert d'information et sont aussi soumis à des contraintes spécifiques en termes de taux d'erreur. Il est important de connaître les caractéristiques d'un support de transmission ainsi que leurs limitations pour le dimensionnement d'un canal de transmission (capacité max. d'information transmise, bande passante), techniques à adopter pour assurer la qualité de service. Enfin, il faut s'assurer des réglementations associées à l'utilisation d'un support.

I.11- Les applications sur l'UMTS

L'UMTS nous donnera des applications et des services plus rapides, quel que soit le lieu, et même en département, des débits de 2Mbit/s.

- La transmission vocale et numérique, graphique, audio.
- Une plus grande mobilité et une grande couverture.
- Une connectivité au réseau à tout moment quel que soit le lieu.

- La capacité de parcourir les réseaux mobiles privés, publics grande distance et satellite.
- L'UMTS donnera à l'industrie un univers de communication nouveau, « ouvert ».
- Il fera apparaître la société d'information radio de demain.
- Il améliorera le développement des services de télécommunication dans les pays en développement.
- Il aura la capacité de desservir plus de 50% de la population.

I.12- Conclusion

Nous avons présenté d'une manière générale le système UMTS après qu'on a déterminé les équipements utilisés pour la transmission. Nous allons voir dans le chapitre qui suit le domaine du faisceau hertzien ainsi que son principe et les composantes d'une liaison faisceau hertzienne.

2^{ème} CHAPITRE

II-Généralités sur le faisceau hertzien

II.1- Introduction

Les systèmes radio sont des supports de transmission qui utilisent la propagation des ondes radio électriques pour véhiculer les informations d'un point à autre, on les appelle généralement faisceaux hertzien.

Un faisceau hertzien est un système de transmission de signaux (aujourd'hui principalement numérique), monodirectionnel ou bidirectionnel, permanente entre deux points fixes, c'est la liaison point à point, Il utilise comme le support les ondes radioélectriques ou les fréquences de porteuses allant entre 1GHz et 86 GHz (gamme des micro-ondes).

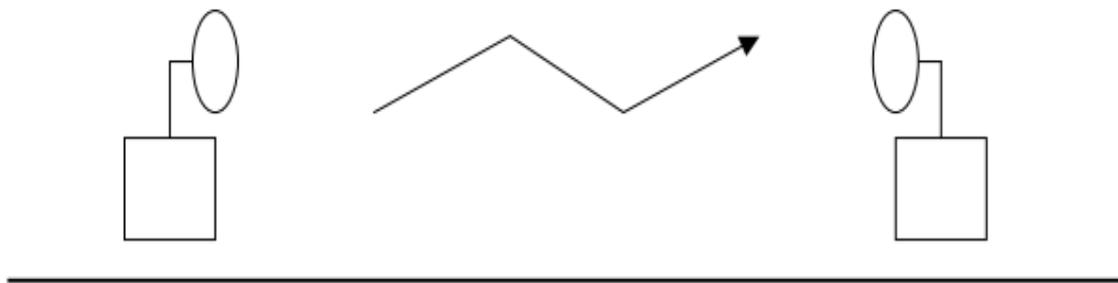


Figure II.1 : principe général d'une liaison faisceau hertzienne.

Une liaison hertzienne permet de relier deux sites distants, c'est une alternative à un réseau filaire. Un opérateur de téléphonie mobile peut se développer grâce au faisceau hertzien. Il lui suffit de réserver des gammes de fréquences pour pouvoir émettre.

Ces émissions sont notamment sensibles aux obstacles et masquages (relief, végétation, bâtiments...), aux précipitations, aux conditions de réfractivité de l'atmosphère, aux perturbations électromagnétiques et présentent une sensibilité assez forte aux phénomènes de réflexion.

II.2- Condition de bon fonctionnement d'une liaison hertzienne

Le bon fonctionnement des liaisons FH est conditionné par les caractéristiques des bonds radioélectriques entre les stations et par celle des antennes utilisées. Ces bonds en visibilité directe donc dégagés de tout obstacle et avec des réflexions, des phénomènes de réfraction et de diffraction négligeables.

On peut classer les FH en deux catégories :

1. Les FH analogiques utilisés principalement pour :
 - La transmission des multiplex analogiques dont la capacité va de quelque voie téléphonique à 2700 voies téléphoniques.
 - La transmission des images TV, et des voies de sons qui leur associées et aussi d'autres signaux tels que les données.

2. Les FH numériques qui acheminent principalement :
 - Des multiplex numériques dont les débits vont de 2Mbit/s à 140 Mbit/s.
 - Des données à grande vitesse.
 - Le visiophone.
 - La télévision codée, etc.

II.3- Les fréquences porteuses qui sont utilisées dans le faisceau hertzien

Les faisceaux hertziens utilisent des fréquences supérieures à 1,5 GHz (ondes centimétriques). Et entre 2 et 11 GHz, l'établissement des liaisons ne pose pas des problèmes majeurs (conditions de propagation), mais au-delà de 11 GHz, il faut tenir compte de l'absorption par les hydrométéores. Cette absorption croît avec la fréquence et devient très importante aux alentours de 22GHz. Ce qui limite les fréquences porteuses à 21 GHz mais certaines bandes des fréquences généralement comprises entre 2 et 1,5 GHz. Cette large gamme de fréquence est subdivisée en plusieurs parties appelées bande de fréquence.

Sur la base des éléments présentés ci-dessus, on peut classer les bandes de fréquences en trois catégories : [8]

- **Les bandes basses (inférieures à 15 GHz), adaptées aux liaisons « longue distance »**

Ce phénomène concerne plus particulièrement les bandes de fréquences 6 GHz et 13 GHz particulièrement utilisées pour le réseau cœur des opérateurs mobiles.

La bande 8 GHz a constitué la bande cible des liaisons de transport audiovisuel dans le cadre du passage au tout numérique de la diffusion télévisuelle; elle est également la bande privilégiée pour le transport audiovisuel radiophonique.

Enfin, la bande 1,5 GHz est utilisée par les opérateurs de réseaux indépendants pour leurs besoins de connectivité à bas débit et par les opérateurs de réseaux ouverts au public (ROP) pour le raccordement d'abonnés isolés ou de stations radioélectriques éloignées. Elle est caractérisée par sa faible capacité, adaptée uniquement à des liaisons de très bas débit.

- **Les bandes 18 et 23 GHz, adaptées à des liaisons de « moyenne distance »**

La bande 18 GHz est très utilisée par les opérateurs de ROP, et dans une moindre mesure par les opérateurs de réseaux indépendants(RI).

La bande 23 GHz est majoritairement utilisée par les opérateurs mobiles de ROP notamment pour la mise en œuvre de leurs réseaux capillaires et, dans une moindre mesure, par les opérateurs de RI. Elle permet également la mise en œuvre de liaisons unidirectionnelles, principalement pour les réseaux radiophoniques.

- **Les bandes hautes (supérieures à 23GHz), adaptées à des liaisons de « courte distance »**

Avec la bande 23 GHz, la bande 38 GHz accueille le plus grand nombre de faisceaux hertziens (environ 50% du nombre total de liaisons se fait dans ces deux bandes de fréquences); elle offre néanmoins encore une capacité disponible importante. La bande 38 GHz est majoritairement utilisée par les opérateurs mobiles de ROP notamment pour la mise en œuvre de leurs réseaux capillaires et, dans une moindre mesure, par les opérateurs de RI.

La bande 26 GHz est utilisée à la marge par les opérateurs de RI et pour les réseaux de collecte des réseaux mobiles.

La bande 70/80 GHz, ouverte récemment, est aujourd'hui quasi inutilisée (deux liaisons).

II.4- Les modulations utilisées en faisceau hertzien

Les équipements radio analogiques et numériques sont différent fondamentalement par le type de modulation qu'ils utilisent. Pendant que les FHA utilisent la modulation de fréquence, les FHN utilisent les modulations par sauts de phase ou multi états (multi niveaux) ou modulation sur fréquence porteuse.

II.4.1- Modulations analogiques en faisceaux hertziens

En modulation d'amplitude, l'information utile est véhiculée du signal porteur. Or en réception, les éléments traversés par le signal présentent parfois des non linéarités, ce qui altère la qualité du signal après démodulation. L'inconvénient de cette modulation c'est que la propagation de la porteuse dans l'atmosphère entraîne des variations du niveau de réception d'où après la démodulation, le signal présente des parasites.

- **Modulation d'amplitude**

La modulation analogique, est appliquée à la porteuse ou sous-porteuse proportionnellement au signal à transmettre, en modifiant l'amplitude ou l'argument de l'onde sinusoïdale.

- **Modulation angulaires (ou d'argument)**

Les modulations de fréquence et de phase modifient l'argument (ou angle) de l'onde sinusoïdale. L'onde résultante garde une amplitude constante, permettant d'utiliser des amplificateurs non linéaires et diminuant l'influence des perturbations additives (bruit impulsions et interférences).

- 1- La modulation de fréquence (FM) permet de restituer la composante continue du signal, elle est utilisée en radiodiffusion haute-fidélité.
- 2- La modulation de phase (PM) est utilisée en radiotéléphonie VHF et UHF. Une modulation de phase précédée d'un filtrage étant équivalente à une modulation de fréquence, c'est aussi une autre façon de moduler en fréquence en radiotéléphonie.

- **Modulation analogique multiple**

Plusieurs schémas complexes combinant des modulations analogiques ont été développés pour des besoins précis. Ainsi la modulation analogique de deux porteuses en quadrature est utilisée pour la transmission des composantes de couleur sur la sous- porteuse du dispositif PAL, ou la modulation simultanée en phase et amplitude dans le dispositif NTSC (National Télévision System Comite).

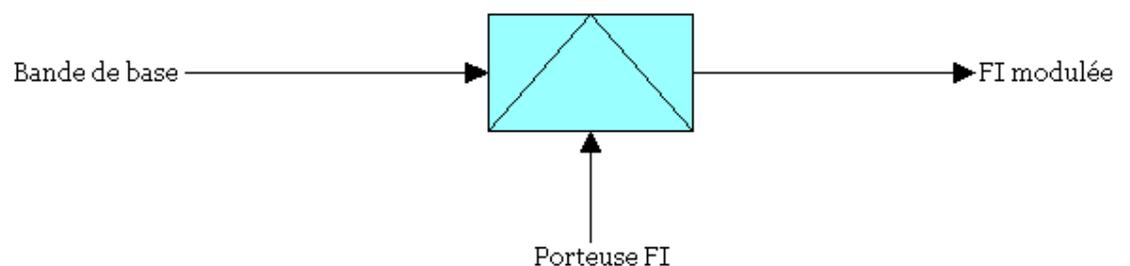
- **Les équipements de modulation analogique**

Les modulateurs /démodulateurs utilisés en FHA sont des modems de fréquence, malgré leur complexité et leur cout élevé, ils ont l'avantage d'être insensibles aux variations d'amplitude. Ils ont un meilleur rapport sur bruit(S/N).

1- Le modulateur

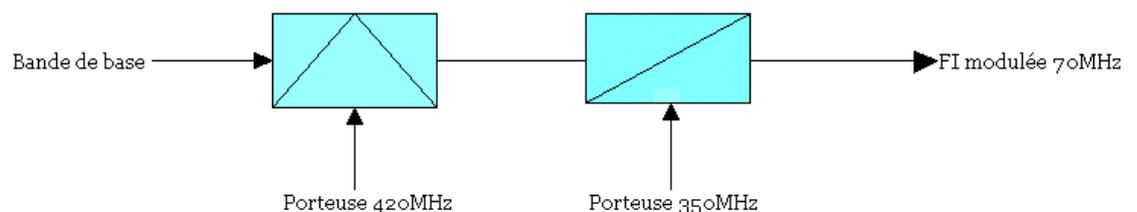
Il existe deux types :

- 1- Le modulateur directe : le signal bande de base est modulée directement sur la fréquence FI.



FigureII.2 : Modulateur directe.

- 2- Le modulateur a transposition de fréquence : la modulation est faite en deux étapes pour aboutir à la FI modulée, donc on utilise alors deux porteuses.



FigureII.3 : Modulateur de transposition de fréquence.

2-Le démodulateur

Son rôle est de transformer le signal modulé en fréquence qu'est la FI (fréquence identique) en signal identique à celui qui a été modulé en fréquence à l'origine; le signal bande de base doit être linéaire, il doit être insensible aux variations d'amplitude.

II.4.2- Modulation numérique en faisceau hertzien

Les modulations analogiques, mis au point pour adapter le signal analogique à son support de transmission ne peuvent pas être utilisés pour les signaux numériques.

En général, les FHN à moyenne et grande capacité utilisent une modulation 4 états de phase avec modulation d'une fréquence intermédiaire de 70 MHz ou de 140 MHz. Mais aujourd'hui la limite supérieure est connue seulement par le type de système de transmission.

- **Modulation élémentaires**

- ✓ La modulation en tout-ou-rien (OOK) ou bien On Off Keying elle est utilisée en télégraphie, et elle est particulièrement adaptée à la reconnaissance auditive par un opérateur.
- ✓ En modulation d'amplitude(ASK), l'amplitude est commutée entre plusieurs valeurs discrètes.
- ✓ En FSK ou PSK ce sont respectivement la fréquence et la phase qui sont commutées.
- ✓ En APK (ou QAM) la phase et l'amplitude prennent différentes valeurs discrètes.

- **Modulations complexes**

Des combinaisons plus complexes sont utilisées pour optimiser le débit vis à vis de la bande passante. Ainsi, la combinaison de deux modulations d'amplitude et de phase simultanées sur une même porteuse sert à doubler le débit binaire. Des cas spécifiques sont souvent utilisés pour certains avantages précis : ainsi le MSK, ou minimum shift keying est une modulation numérique de fréquence d'indice de modulation précis et de largeur spectrale minimale.

Les équipements de modulation numérique

Les modems utilisés en FH sont des modulateurs démodulateurs à saut de phase (PSK).

1- Le modulateur

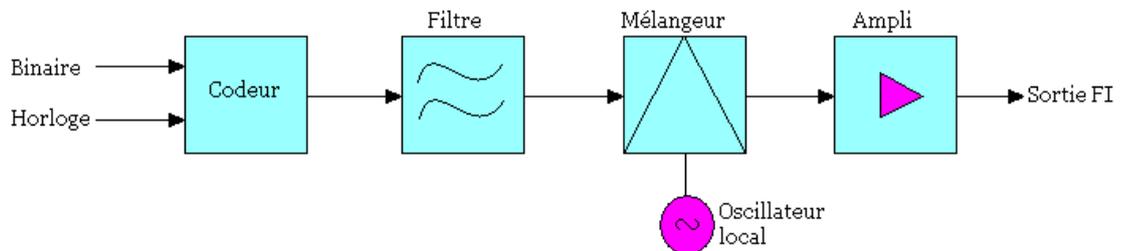


Figure II.4 : Modulateur 2-PSK.

Exemple de modulateur 2-PSK : c'est un modulateur en anneau qui réalise l'inversion de phase.

2- Le démodulateur

En numérique, la démodulation a pour rôle de déterminer la phase du signal modulé ou la différence de phase entre deux instant consécutifs. Après cette restitution, on procède à une régénération qui permet de retourner la valeur exacte de la phase (ou différence de phase) émise, et a un décodage dont le but est de restituer les n éléments binaire qui ont été mis à partir de la valeur de la phase ou de la différence de phase donnée par le régénérateur.

II.5- Transformation de l'information par faisceau hertzien

La transmission d'information est l'échange des informations entre un terminal A et un terminal B éloignés géographiquement l'un de l'autre.

Cet échange est réalisé à l'aide des équipements spéciaux, par intermédiaire d'un réseau des télécommunications.

Dans cette partie, nous essayons de présenter les principales caractéristiques de la transmission des informations. [9]

II.5.1- Principe de transmission de l'information

La transmission d'information numérique en bande de base et moyen de transmission simple à mettre en œuvre.

Le système qui réalise cette opération est appelé ERBdB (EMETTEUR Récepteur bande de Base) nommé aussi ETCD (équipement terminal de circuit de Données).

Cet adaptateur entre le terminal nommé ETTD (équipement terminal de transmission de données) et le canal de transmission doit être capable à la réception de transformer correctement les signaux électriques reçues en valeur numérique malgré les distorsions (bruits, filtrages).

II.5.2- Type de l'information

La transmission d'information sans fil a été mise en œuvre par l'utilisation des ondes électromagnétiques. On distingue :

- Les ondes (data) : constituant les langages machines, la représentation des symboles se fait par bits.
- Les écrits ou les textes : c'est le domaine de la télégraphie, c'est-à-dire « écrire à distance ». Ce type d'information permettant de stocker une information texte aux valeurs courtes.
- Les sons : le domaine de la radio télécommunication téléphonie et de la radio diffusion (ou on transmet la parole et la musique).
- Les images : le domaine de la télédiffusion (ou on transmet les images mobiles ou fixe ex la vidéo, les photos).

II.5.3- Mode d'exploitation

Le transfert d'information entre deux systèmes A et B peut s'effectuer en fonction des besoins et des caractéristiques des éléments, suivants 3 modes d'exploitation de la liaison.

- **Liaison simplex**

Le système A est un système émetteur, le système B est un système récepteur, les données sont transmises dans un seul sens. L'exploitation en mode unidirectionnel est justifié pour les systèmes dont le récepteurs n'a jamais besoin d'émettre (liaison radio ou télévision).

- **Liaison semi duplex (Half duplex)**

La transmission est possible dans les deux sens mais non simultanément, l'exploitation est en mode bidirectionnel à l'alternat. Ce type de liaison est utilisée lorsque le support physique est commun aux deux sens de transmission (cas des lignes téléphoniques) ne possédant pas une largeur de bande suffisante pour permettre des liaisons bidirectionnelles simultanées par modulation de deux fréquences porteuses différentes, des procédures particulières permettant alors d'inverser le sens de transmission.

- **Liaison duplex intégral (full duplex)**

Les données peuvent être émises ou reçues simultanément dans les deux sens. L'exploitation est en mode bidirectionnel simultané. A chaque sens de transmission correspond un canal de communication propre, lorsque le support physique est commun aux deux sens de transmission. Chaque canal est défini dans une bande de fréquence spécifique.

II.5.4- Mode de transmission

- **Transmission analogique**

La transmission analogique est celle pour laquelle le support de transmission achemine un signal électrique reproduit le son, par exemple les vibrations acoustiques de la parole d'un utilisateur. Si cette dernière constitue une information à transmettre, on utilise pour cela, la modulation analogique d'amplitude de fréquence ou de phase.

- **Transmission numérique**

En transmission numérique l'information est transmise sous la forme d'une succession de deux d'une grandeur physique donnée :

Ainsi la transmission numérique achemine d'un point à un autre des informations diverses exprimées en langage binaire c'est-à-dire en une suite de deux états logique « 0 » et « 1 ».

Il est apparu avantageux dans l'évolution technologique de transmission sur un même support plusieurs informations en procédant au multiplexage.

On distingue deux types de multiplexage à savoir :

- Le multiplexage fréquentiel.
- Le multiplexage temporel.

C'est le dernier type de multiplexage qui nous intéresse car il est spécifique à la transmission numérique. Le multiplexage temporel consiste à prélever les échantillons de chaque voie numérique à tour de rôle, une voie numérique est obtenue selon le procédé de modulation et codé MIC. Les échantillons respectifs sont décalés dans le temps et regroupés dans une trame.

- **Le multiplexage fréquentiel**

Le **multiplexage fréquentiel** est aussi appelé MRF (Multiplexage par répartition de fréquence ou FDM, Frequency Division Multiplexing) permet de partager la bande de fréquence sur la voie haute vitesse en une série de plusieurs canaux moins larges, qui permettront de faire circuler sans interruption sur la voie haute vitesse les données provenant des différentes voies basse vitesse.

- **Le multiplexage temporel**

Le **multiplexage temporel** (en anglais, **TDM**, Time Division Multiplexing) est une technique de multiplexage numérique (ou plus rarement analogique)

permettant à un ou plusieurs émetteurs de transmettre plusieurs canaux numériques élémentaires à bas ou moyen débit (voix, données, vidéo) sur un même support de communication à plus haut débit en entrelaçant dans le temps des échantillons de chacun de ces canaux. Les paquets n'arrivent pas nécessairement dans l'ordre d'émission selon les chemins empruntés, le rôle du démultiplexeur est alors de les réordonner et de séparer les flux des différents canaux de manière à restituer l'information telle qu'elle était avant son transport sur le réseau multiplexé.

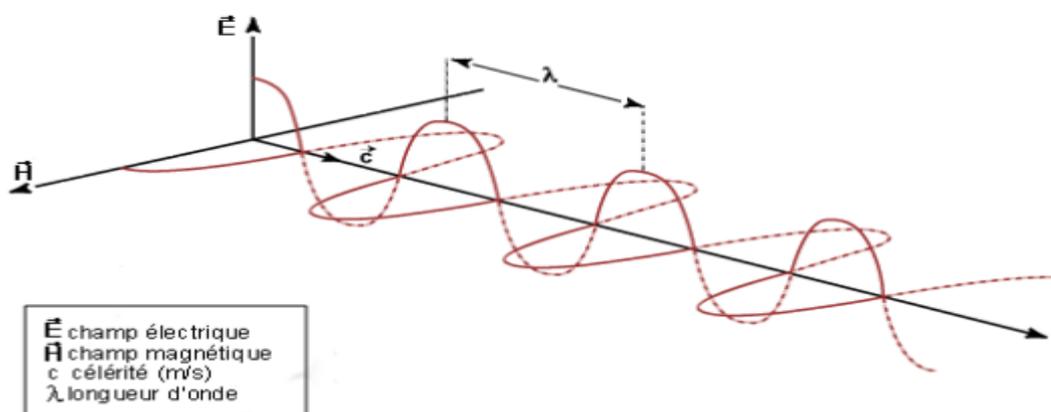
L'entrelacement peut se faire au niveau du bit ou sur un ensemble de bits émis dans des intervalles de temps prédéfinis (en anglais Time Slot: TS).

II.6- Propagation des ondes électromagnétiques

Une onde électromagnétique est constituée d'un champ électrique E et d'un champ magnétique H , couplés entre eux : les deux champs sont perpendiculaires l'un à l'autre, leurs amplitudes sont en rapport constant et leurs variations sont en phase.

La propagation des ondes est un phénomène vibratoire dus à la propagation d'une perturbation. Ou encore certains mouvements d'une particule dans l'espace et le temps.

L'étude de la propagation consiste à déterminer la puissance reçue d'une antenne tout en connaissant la puissance rayonnée par une antenne émettrice, par une longueur d'onde quelconque, pour des dispositions quelconques des deux antennes, dans tous les milieux qu'ils peuvent rencontrer et en présence de tous les obstacles possible.



FigureII.5 : Propagation d'une onde électromagnétique.

Dans un milieu homogène et isotrope, l'onde électromagnétique se propage en ligne droite. Lors de la rencontre avec un obstacle, il y a diffraction ; lors d'un changement de milieu, il y a réflexion et réfraction ; il y a aussi réfraction si les propriétés du milieu changent selon l'endroit

II.6.1- Caractéristiques d'une onde électromagnétique

L'onde électromagnétique peut être caractérisée par sa fréquence, sa puissance de rayonnement et sa polarisation.

- **Fréquence et longueur d'onde**

Etudiées sous leur aspect vibratoires, les ondes électromagnétiques sont caractérisées par leur fréquence (f : Hz) ou leur longueur d'onde (λ : m). La fréquence d'une onde électromagnétique est le nombre de ses vibrations par seconde. En même temps qu'elle vibre, l'onde se déplace à la vitesse de la lumière ($c=3.10^8$ m/s), sa longueur d'onde (λ) est la distance qu'elle parcourt pendant une vibration. Ces deux grandeurs sont liées entre elles par la relation ci-dessus (I.2).

- **Puissance de rayonnement d'une onde**

L'onde électromagnétique est une forme d'énergie, l'énergie de rayonnement qui est d'autant plus les intensités des champs électriques et magnétiques sont grandes.

L'expérience montre qu'une source d'onde « S », de puissance de rayonnement P_t , émettant uniformément dans toutes les directions de l'espace, distribuera à une distance r une densité de puissance P_r telle que :

$$P_r = \frac{P_t}{4.\pi.r^2} \quad (\text{II.1})$$

- **Polarisation d'une onde**

Les ondes électromagnétiques sont polarisées en ce sens que, dans un milieu donné, les oscillations des champs électrique et magnétique se produisent chacune dans un plan déterminé. La polarisation d'une onde est le plan le quel varie le champ électrique.

II.6.2- Le trajet multiple des ondes électromagnétiques

Le **multipath** ou **multi-trajet**, en télécommunications sans fil, est un phénomène qui se produit lorsqu'un signal radio se propage par plusieurs chemins et est reçu sur une antenne. Et les causes de l'atténuation multi-trajet sont la réflexion sur l'ionosphère, réfraction, réflexion et diffraction par les obstacles naturels ou des bâtiments.

Réflexion : Lors d'un changement de milieu de propagation, une partie de l'onde électromagnétique repart vers le milieu d'origine, c'est la réflexion, et le meilleur cas le plus connu est le miroir (concerne les rayons X et les ondes radio).

Réfraction : Lors d'un changement de milieu de propagation, si le second milieu est transparent pour l'onde, celle-ci se propage au travers mais avec une direction différente. Cela concerne la lumière (lentille optique) et aussi les ondes radio.

Diffusion : Lorsqu'une onde rencontre un atome, elle se diffuse sur celui-ci, elle change de direction. On distingue la **diffusion Rayleigh**, dite « diffusion électronique », au cours de laquelle l'onde ne change pas de longueur d'onde, la **diffusion Roman** qui est une diffusion électronique avec diminution ou augmentation de longueur d'onde, et la **diffusion Compton**, dans le cas des rayons X diffusant sur des atomes légers, au cours de laquelle la longueur d'onde augmente.

Interférence : Les ondes électromagnétiques peuvent interférer entre eux, dans le cas de radiocommunication, cela provoque un parasitage du signal.

Diffraction : est le comportement des ondes lorsqu'elle rencontre un obstacle ou une ouverture ; le phénomène peut être interprété par la diffusion d'une onde par les points de l'objet.

II.6.3- Propagation dans l'environnement

Lorsqu'on effectue sur la terre une transmission entre un émetteur et un récepteur, le récepteur reçoit une onde directe émise par l'émetteur mais aussi une onde réfléchie.

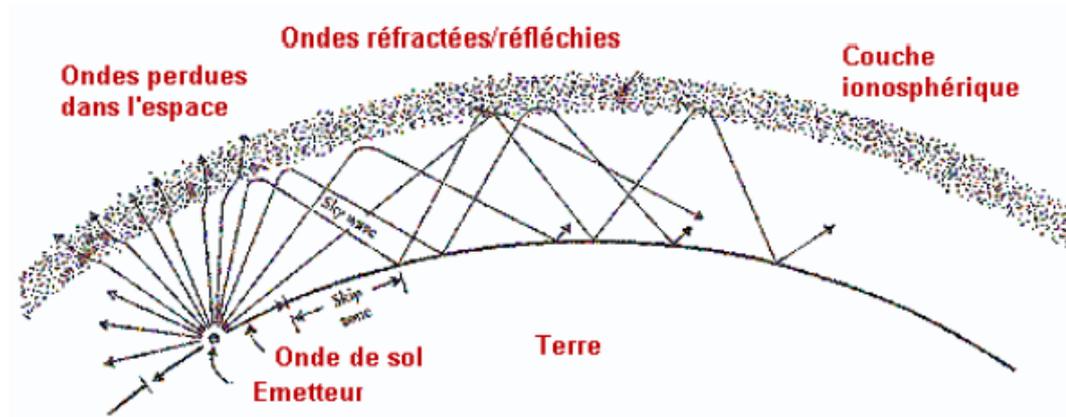


Figure II.6 : Propagation d'onde dans l'environnement.

La réflexion peut se faire sur la terre, sur la mer, mais parfois aussi sur les hautes couches de l'atmosphère (ionosphère).

L'onde directe est celle qui parcourt le chemin le plus court (la ligne droite).

L'onde réfléchie parcourt toujours une distance plus importante que l'onde directe. Les deux ondes arrivent donc déphasées au récepteur. Si le déphasage est de 180° et les amplitudes égales, les deux ondes se soustraient et la puissance reçue est nulle !

Dans le cas d'une réflexion sur le sol ou sur la mer, le niveau du signal reçu sera plus ou moins important en fonction de la fréquence d'émission et de la nature du sol car le sol ou la mer sont plus ou moins conducteurs selon la fréquence du signal. Dans le cas de réflexion sur les couches de l'ionosphère, la réflexion dépend toujours de la fréquence, mais aussi du cycle solaire, de la saison, de l'heure du jour, du champ magnétique terrestre, et de beaucoup d'autres facteurs.

Les principaux modes de propagation en fonction de la fréquence :

- Entre 3 KHz et 3 MHz : la propagation se fait par onde de sol. C'est le cas des grandes ondes.
- Entre 3 MHz et 30 MHz : la propagation se fait par réflexion sur l'ionosphère mais l'onde de sol et l'onde directe existent aussi. La propagation dépend de beaucoup de facteurs. C'est le domaine des ondes courtes.
- Entre 30 MHz et 3 GHz : la propagation se fait par onde directe mais aussi par réflexion sur le sol (trajets multiples). C'est le cas de la télévision terrestre, du téléphone mobile.

- Entre 3 GHz et 30 GHz : la propagation se fait par onde directe, il y a peu de réflexions sur le sol car les antennes sont très directives (paraboles). C'est le cas des faisceaux hertziens et de la télévision par satellite.

II.6.4- Propagation en visibilité

La présence de la terre et de l'atmosphère apporte diverses physiques : la réflexion, la diffraction, la réfraction, l'absorption que va subir le signal sur l'obstacle. Ces phénomènes peuvent perturber notablement la propagation en espace libre dans certaines circonstances. Ils peuvent également modifier profondément le champ calculé en espace libre. Pour déterminer si la propagation se fait dans des conditions de propagation en visibilité ou non, il convient de considérer les **Eiipsoïdes de Fresnel**

Le Premier ellipsoïde de Fresnel délimite la région de l'espace où est véhiculée la plus grande partie de l'énergie du signal. Se situer dans cet ellipsoïde revient à se retrouver dans les conditions de la propagation en espace libre. On dit qu'une liaison est en visibilité si les phénomènes de diffraction par les obstacles éventuels situés au voisinage du trajet ont une influence négligeable sur le niveau de réception. Pour cela, il suffit qu'il n'existe aucun obstacle dans le **Premier eiipsoïde de Fresnel** ayant pour foyer les antennes d'émission et de réception.

II.6.5- Propagation en non-visibilité

On dit qu'une liaison est considérée non-visibilité lorsque le **Premier Eiipsoïde de Fresnel** n'est pas du tout dégagé. Ce cas se présente, lorsque l'une des extrémités de la liaison est par de là de l'horizon, de l'autre extrémité où les liaisons sont réalisées avec des ondes décimétriques. Dans ce cas, le signal va subir les phénomènes de réflexion, d'absorption, de diffraction sur l'obstacle. Plus le milieu de propagation comprend d'obstacles, plus l'exposant d'atténuation va être élevé et l'atténuation de l'onde en fonction de la distance sera d'autant plus importante.

II.7- Vitesse de Propagation

La vitesse de propagation d'une onde correspond à la vitesse de translation de son profil, elle est liée à sa longueur d'onde λ , à sa fréquence f et à sa période T par les égalités suivantes :

$$V = \lambda \cdot f = \lambda / T \quad (II.2)$$

II.8- Caractéristiques d'une liaison de transmission par faisceau hertzien

Les faisceaux hertziens présentent certaines caractéristiques :

- La sécurité : la liaison par faisceau hertzien doit donner une sécurité, c'est ainsi qu'on l'équipe de station avec des matériels radios de très grandes fiabilité c'est-à-dire de très haute fréquence et on utilise des antennes extrêmement directives à des gains qui peuvent atteindre plusieurs dizaines de dB ;
- Duplex : la transmission se fait dans les deux sens (bilatérales, elles doivent se faire simultanée, donc elle suppose l'emploi de deux fréquences distinctes dans les deux sens ;
- Une succession des stations relais ayant pour chaque sens de transmission des émetteurs, des récepteurs et des antennes ;
- Un rapport signal bruit(S/B) élevé ;
- Le réglage se fait à l'aide des appareils de mesure appropriés avec une procédure bien établie.

II.8.1- Canal de transmission par faisceau hertzien

Définition : On appelle **canal de transmission** tout milieu physique servant du support au transfert de l'information entre deux points distants une source et une cible.

Un canal indique le milieu dans lequel se propage le signal. Mais il indique aussi la partie plus ou moins large du spectre occupé. Sa largeur dépend du type d'application, avec 8MHz pour un canal TV, environ 200KHz pour un canal FM et 12,599KHz en téléphonie.

II.8.2- Expression de la puissance reçue

Pour déterminer P_R , la puissance reçue par le récepteur, il suffit en partant de P_E de retrancher toutes les sources d'atténuation du signal et d'ajouter les gains d'antenne.

On obtient ainsi :

$$P_R = P_E - L_E + G_E - A_{EL} + G_R - L \quad (II.3)$$

Remarque :

-le terme $P_E - L_E + G_E$ correspond à la PIRE, au niveau de l'antenne d'émission.

- L_E et L_R sont nuls si l'émetteur et le récepteur sont reliés directement à

Leurs antennes.

II.8.3- Sensibilité d'un récepteur

Nous nous contenterons ici d'en donner une définition et une signification pratique.

- **Définition**

La sensibilité d'un récepteur est l'amplitude du signal qu'il faut appliquer à son entrée pour obtenir à la sortie du démodulateur un rapport signal/bruit déterminé (transmission analogique) ou un taux d'erreur donné en transmission numérique.

- **Signification**

C'est la puissance minimale en dessous de laquelle la qualité de la liaison est dégradée: craquements importants (« friture ») pour une liaison audio, image dégradée en transmission vidéo (« neige »), taux d'erreur important en transmission numérique (« pixellisation » ou « figeage » de l'image en TV vidéo numérique).

II.9- Avantages et inconvénients d'une liaison hertzienne

II.9.1- Avantages

L'intérêt principal des liaisons hertziennes est qu'elles ne nécessitent pas de support physique entre l'émetteur et le récepteur de l'information.

C'est le moyen de communication idéal pour les liaisons avec les objets mobiles: piétons, automobiles, bateaux, trains, avions, fusées, satellites, etc...

Les liaisons hertziennes sont intéressantes dans le cas de la diffusion (radio diffusion et télédiffusion), où l'on a un émetteur et plusieurs récepteurs. En effet pour couvrir une ville, il est plus simple et moins cher d'installer un émetteur et une antenne chez chaque particulier, plutôt que de relier par câble chaque particulier !

II.9.2- Inconvénients

Les inconvénients principaux des liaisons hertziennes (par rapport aux autres supports) sont aussi liés à l'absence de support physique :

Comment faire pour que tout le monde puisse communiquer en même temps ?

Ce problème n'existe pas par rapport à une liaison filaire : chacun son câble ! Dans le cas des liaisons hertziennes, ceci impose une gestion stricte des fréquences : Chaque système de transmission radio dispose d'une certaine bande de fréquence qui lui est allouée.

Comment garantir la confidentialité de transmission entre l'émetteur et le récepteur ? N'importe quel « espion » peut intercepter une communication puisque l'information est transmise en « espace libre ».

Cet inconvénient est corrigé par l'utilisation de cryptage de l'information entre l'émetteur et le récepteur.

Internet : Liaison Wi-Fi (réseau Internet sans fil à l'intérieur d'une maison ou d'une petite entreprise).

II.10- Conclusion

Nous avons dans ce chapitre présenté une généralité sur les faisceaux hertziens et son importance dans la transmission, ces nouvelles générations d'équipements assurent une meilleure qualité de service et une plus grande convivialité à moindre coût. Il devient possible d'utiliser des systèmes présentant un bon rapport coût-efficacité dans des bandes de fréquences de plus en plus élevées.

3^{ème} CHAPITRE

III-Etude et simulation de la liaison A03T005- A03X013 avec logiciel pathloss 4.0

III.1- Introduction

L'étude d'une liaison hertzienne est une étape très importante dans la réalisation d'un réseau de transmission. Elle apporte une vision concrète et assez détaillée de ce que donne la liaison hertzienne, dont on entend beaucoup parler, en situation réelle d'exploitation. Une autre phase cruciale de cette étude est le Survey qui consiste à faire une sortie sur le terrain pour effectuer une prise des coordonnées des structures à interconnecter et les coordonnées des obstacles éventuels et ce, à l'aide d'un récepteur *GPS* (Géo-Positionnement par satellite est un outil utilisé pour déterminer les coordonnées géographique de l'endroit où l'on se trouve). Et au cours de notre stage, sur le projet de la troisième génération de **Djezzy**, et sur la wilaya de El Aghouat, nous avons choisi à étudier la liaison A03T005 TO A03X013 pour déterminer les caractéristiques intrinsèques de cette dernière : (**laghouat ville-oasis**) et cela, à travers un calcul par étapes appelé **bilan de liaison**.

Afin de mieux comprendre le Survey, et ainsi mener à bien le reste de l'étude, le principe de la prise de coordonnées à partir d'un récepteur GPS est donné ci-après.

III.2- Prise des coordonnées des structures à interconnecter à l'aide d'un récepteur GPS

Le récepteur GPS est l'outil idéal qui permet de recueillir les coordonnées géographiques exactes des sites (emplacements choisis pour installer les pylônes). Cela s'explique par le fait qu'il reçoit en permanence, des signaux provenant du système GPS, système constitué d'au moins 24 satellites orbitant à 20 200 Km d'altitude et à l'aide de son calculateur intégrée, il détermine les coordonnées. Et les Résultats du Survey de transmission, Les coordonnées recueillies à l'aide du GPS sont les suivantes :

Nom du site	Latitude	Longitude
A03T005	33 48 38.70N	002 53 27.90E
A03X013	33 49 32.20N	002 50 58.00E

Table III.1 : coordonnées GPS des sites de liaison (**A03T005-A03X013**).

Et d'autres part, on peut prendre les coordonnées des sites avec Google Earth, mais ce dernier est non utilisé à cause du manque de précision.

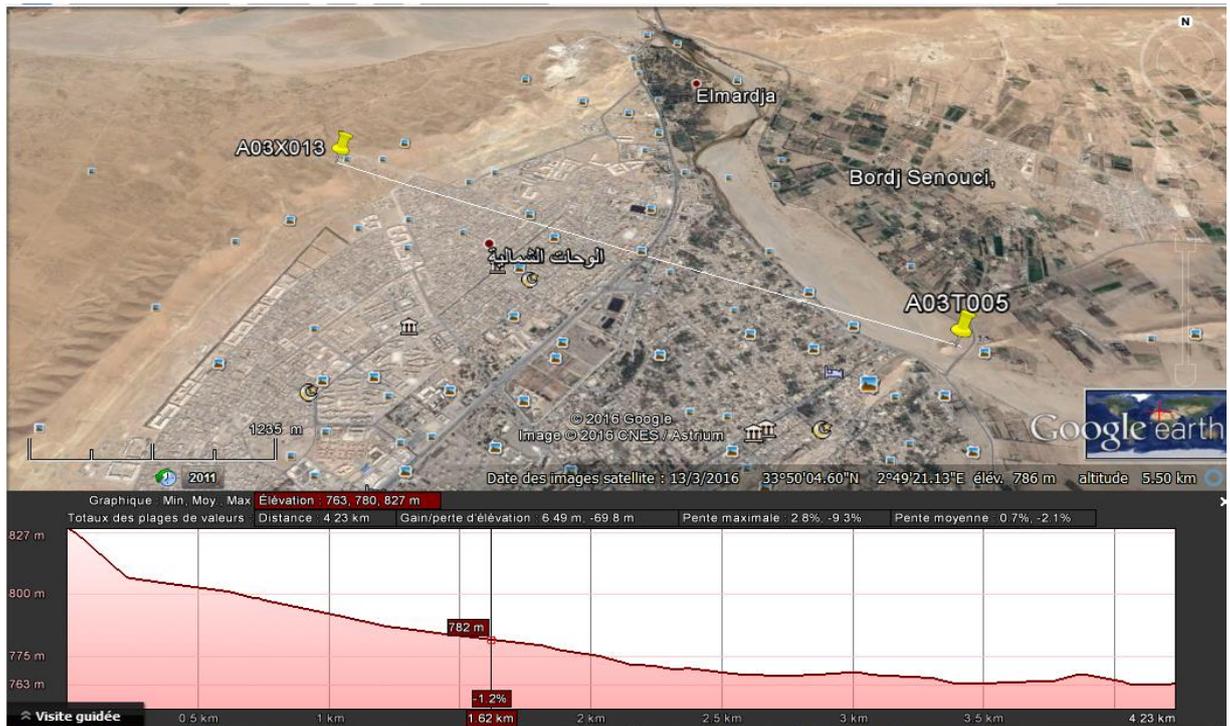


Figure III.1 : Vue de la liaison (A03T005-A03X013) avec Google earth.

III.3- Introduction et présentation du logiciel pathloss4.0

Le dimensionnement passe par une étude du profil qui fournit les hauteurs d'antennes et le type d'antennes directives à installer, l'outil de dimensionnement utilisé pour l'ingénierie de transmission à Alcatel Lucent (soustraction de djezzy) est un logiciel nommé **PATHLOSS** dans sa **version 4.0**.

III.3.1- Définition

PATHLOSS4.0 est un logiciel élaboré pour des simulations de transmission hertzienne afin de palier le mieux possible aux problèmes de propagation du signal en espace libre et de prévoir les caractéristiques d'équipements et les techniques à déployer pour s'assurer que le signal est reçu avec une fiabilité fixée par l'opérateur.

Il intègre plusieurs paramètres tels que les données géographiques du terrain de l'ensemble du globe. C'est un logiciel capable de situer n'importe quel point à partir de ses coordonnées GPS grâce à sa base de données fiable. Le dimensionnement revient donc à introduire les coordonnées GPS des deux points, afin d'avoir une vue approximative des

données de parcours du terrain. Une fois le parcours défini, il est aussi possible de faire varier les paramètres en ajoutant d'éventuels obstacles (arbres, immeubles, forêt,...) susceptibles de constituer l'état réel du terrain.

Ci-dessus une figure qui présente la table d'entrée sur pathloss4.0.

	Emplacement 1	Emplacement 2
Nom de l'emplacement	Emplacement 1	Emplacement 2
Indicatif d'appel		
Code de station		
État		
Code de propriétaire		
Latitude		
Longitude		
Azimut géographique (°)		
Distance calculée (km)		
Distance du profil (km)		
Système géodésique	North Sahara 1959	
Élévation (m)		
Hauteur du bâti (m)		
Hauteur de l'antenne TR (m)	0.00	0.00
Code		
Perte TX (dB)	0.00	0.00
Perte RX (dB)	0.00	0.00
Code d'opérateur		
Modèle de radio		
Code		
Désignation de l'émission		
Code de trafic		
Puissance TX (dBm)		
Fréquence (MHz)		1925.00
Polarisation		Verticale
Perte en espace libre (dB)		
P.I.R.E. (dBm)		
Signal reçu (dBm)		
Radio configuration		

Figure III.2 : Table d'entrée à pathloss4.0.

III.3.2- Module et Fonctions (Résumé)

Le Module Résumé est le démarrage par défaut affiché dans le programme Pathloss4.0 et fournit les fonctions suivantes:[10]

- un emplacement central pour l'entrée des paramètres de données de chemin d'accès pour les données du site et des options spécifiques à l'application
- l'interface avec la base de données de site pour Pathloss4.0.
- la saisie des données et l'analyse des interférences en utilisant la base de données du site sont faites dans ce module.
- le type d'application soit comme micro-ondes (point au point ou point à multipoint) ou VHF-UHF.

III.3.3- Module de données du Terrain

Ce Module est utilisé pour créer ou modifier un profil de trajet en utilisant la saisie manuelle des données, une table à digitaliser, ou une base de données du terrain. Des profils de terrain sont créés dans ce module en utilisant l'une des méthodes suivantes:

- La saisie manuelle des distances et des altitudes de cartes topographiques.
- Entrée directe des données à distance altitude à partir de cartes topographiques en utilisant une tablette de numérisation.
- Conversion des données à distance d'élévation dans les fichiers textes provenant d'autres sources.
- Distance - données d'élévation sont lues à partir d'une base de données de terrain.

III.4- Simulation de la liaison A03T005 TO A03X013 avec pathloss4.0

III.4.1- Introduire les coordonnées GPS

Pathloss4.0 permet de générer le profil de la liaison A03T005-A03X013 et de donner la distance exacte entre les deux sites, après lui introduire les coordonnées GPS mesurés avant, et ce dernier permet de choisir l'intervalle de fréquence selon le type d'équipement utilisé, et le résultat est montré sur la figure suivante :

Nom de l'emplacement		A03X013	
Indicatif d'appel	(+213)	(+213)	
Code de station	T005	X013	
État	Algérie	Algérie	
Code de propriétaire	(+213)	(+213)	
Latitude	33 48 38.20 N	33 49 32.20 N	
Longitude	002 53 27.90 E	002 50 58.00 E	
Azimuth géographique (°)	293.35	113.33	
Distance calculée (km)	4.20		
Distance du profil (km)	4.20		
Système géodésique	North Sahara 1959		
Élévation (m)	763.68	823.65	
Hauteur du bâti (m)			
Hauteur de l'antenne TR (m)	0.00	0.00	
Code			
Perte TX (dB)	0.00	0.00	
Perte RX (dB)	0.00	0.00	

Code d'opérateur	
Modèle de radio	
Code	
Désignation de l'émission	
Code de trafic	
Puissance TX (dBm)	
Fréquence (MHz)	1925.00
Polarisation	Verticale
Perte en espace libre (dB)	110.62
P.I.R.E. (dBm)	
Signal reçu (dBm)	
Radio configuration	

Figure III.3 : Donnée de terrain de la liaison (A03T005-A03X013).

III.4.2- Génération du profil de la liaison

Avec la base de données **SRTM** (Shuttle Radar Topography Mission), le logiciel peut donner un schéma géographique en deux et en trois dimensions d'un morceau de terre soit un carré ou un cube avec les mêmes dimensions de la distance calculée entre les deux sites.

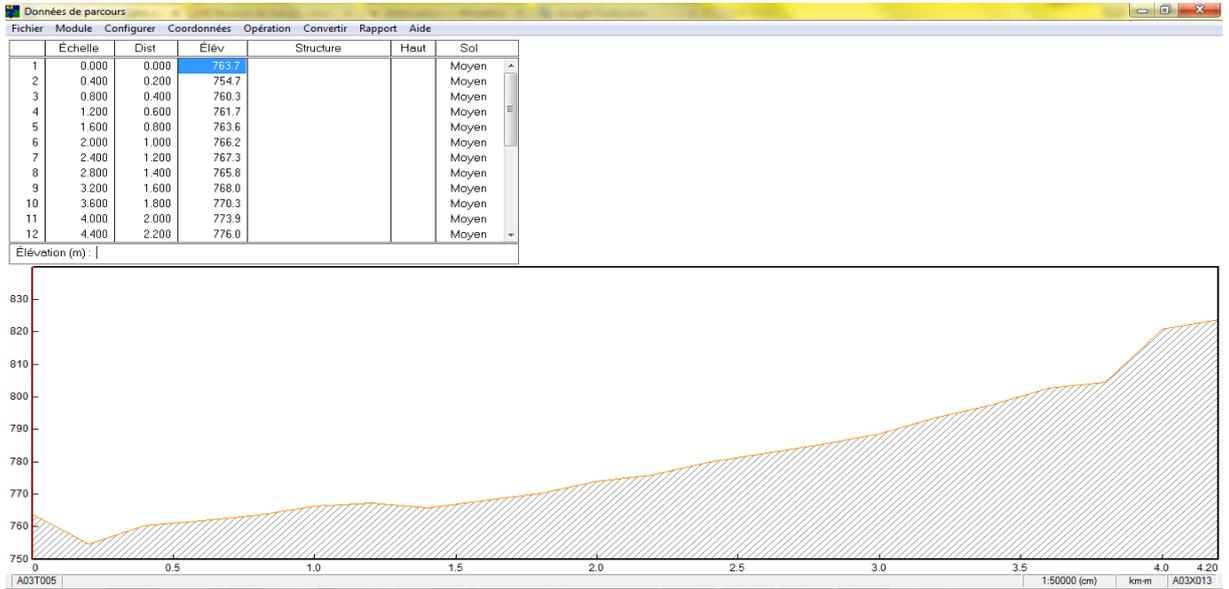


Figure III.4 : Vue de profil de la liaison (A03T005 - A03X013) en deux dimensions.

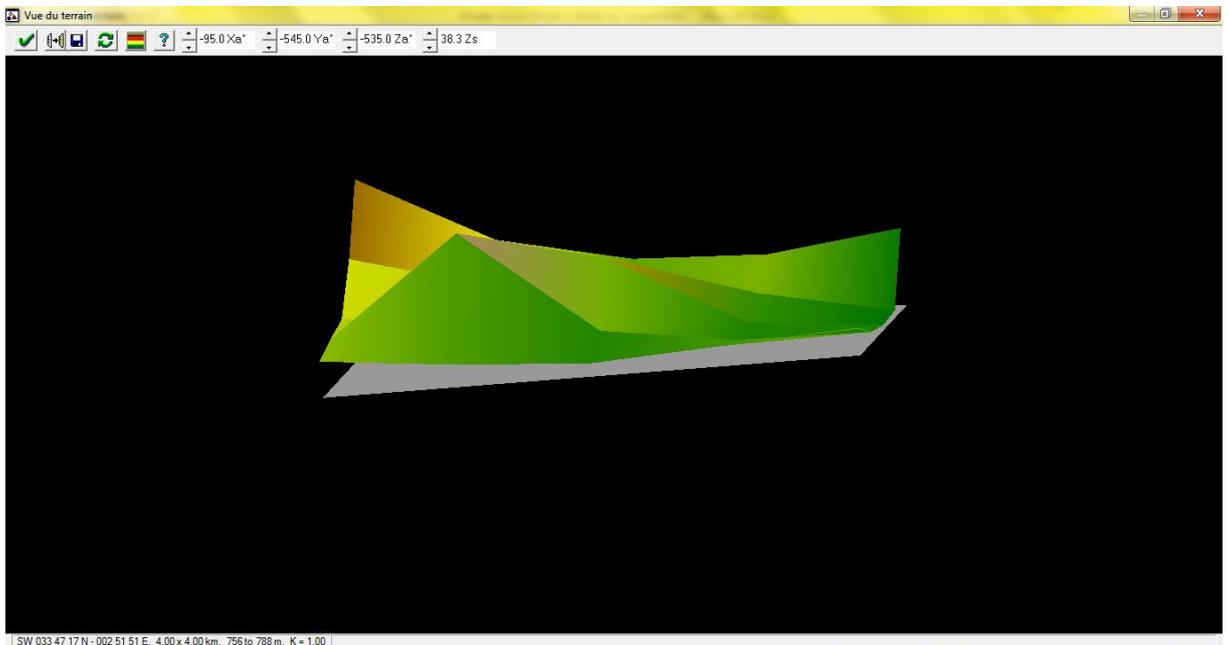


Figure III.5 : Vue de profil en trois dimension de la liaison (A03T005 –A03X013).

III.4.3- Détermination des Hauteurs de fixation d'antennes

La simulation des bonds hertziens matérialise d'une manière pratique la trajectoire du signal FH entre sites en fonction de toutes les caractéristiques du relief et de la zone dans laquelle le signal se propage, tel que les résultats du Survey ne montre aucun obstacle sur le trajet.

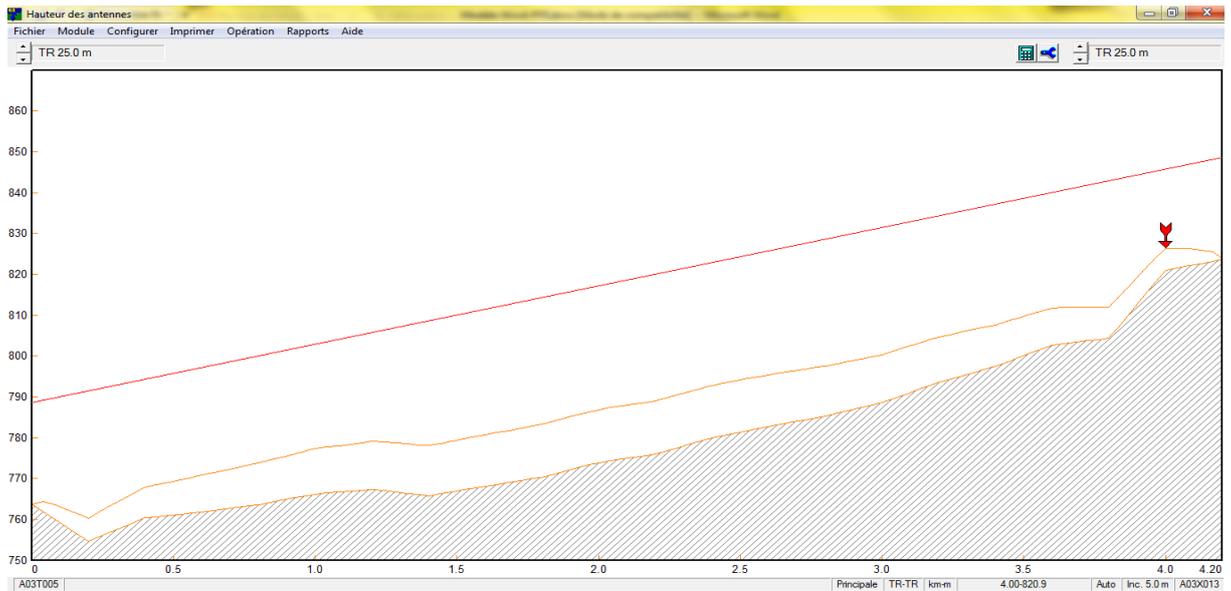


Figure III.6 : Hauteurs de fixation des antennes de la liaison (A03T005-A03X013).

III.4.4- Dégagement de l'Ellipsoïde de Fresnel

Il nous faut dans ce sous-titre, trouver une règle donnant le dégagement minimum de l'**Ellipsoïde de Fresnel** nécessaire sur une liaison hertzienne pour que la diffraction du rayon de celui-ci sur les obstacles éventuels soit négligeable.

L'**Ellipsoïde de Fresnel** délimite la région de l'espace où est véhiculée la plus grande partie de l'énergie du signal (60% environ). Se situer dans cet ellipsoïde revient à se retrouver dans les conditions de la propagation en espace libre, c'est-à-dire que le signal se propage sans diffraction.

La grandeur correspond à la valeur strictement minimale pour laquelle l'espace entourant le rayon direct joignant les deux antennes est dégagé de tout obstacle.

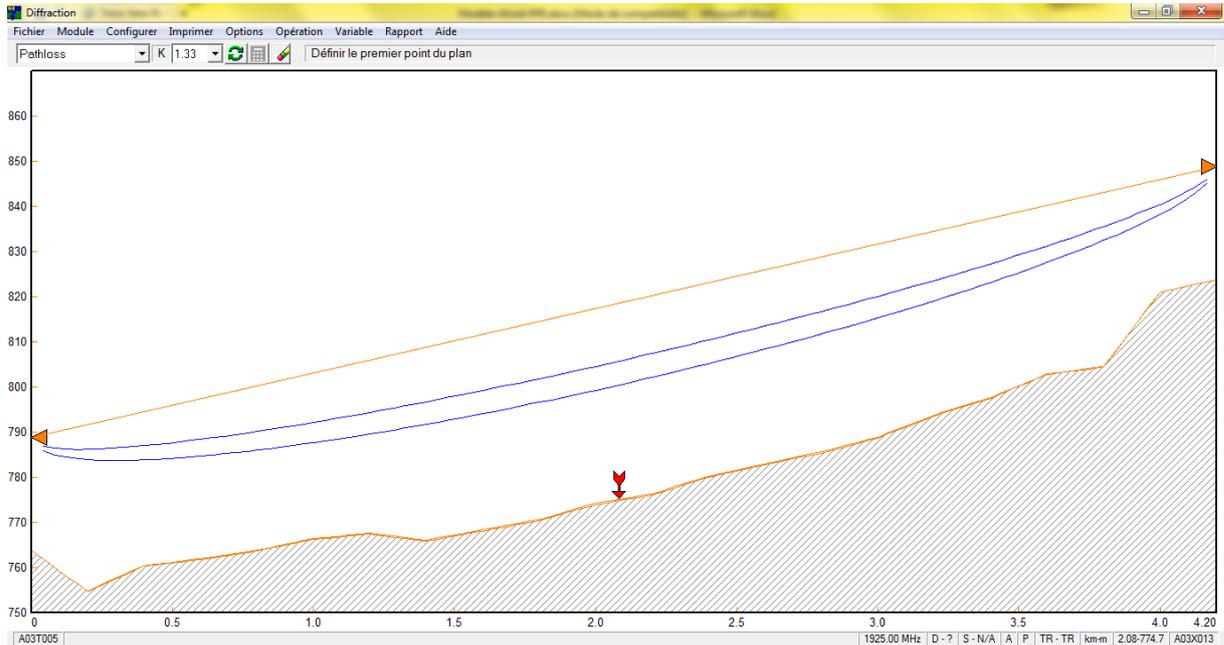


Figure III.7 : Profil de dégagement de l'ellipsoïde de Fresnel de la liaison

(A03T005-A03X013).

- Rouge : visibilité directe
- 1^{er} bleu : 60%(dégagement de l'ellipsoïde de Fresnel).
- 2^{ème} bleu :40%(dégagement de l'ellipsoïde de Fresnel).

III.4.5- Les pertes en trajet multiples

Plusieurs effets de propagation doivent être pris en compte dans la conception des systèmes hertziens en visibilité directe. Ceux-ci inclus:

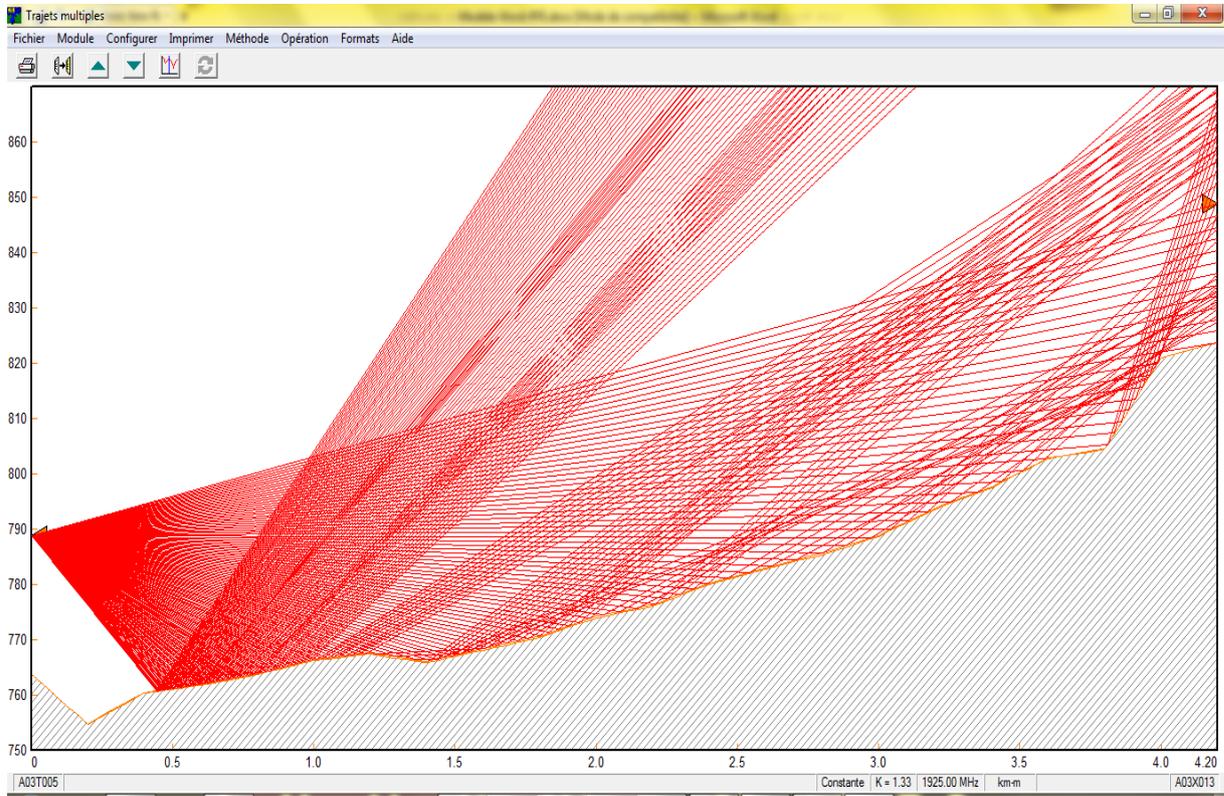
- Évanouissements dus à la propagation par trajets multiples atmosphérique ou l'étalement du faisceau (communément appelé défocalisation) associée à des couches de réfraction anormales;

- La décoloration due à trajets multiples résultant de la réflexion de surface.

- Affaiblissement dû aux précipitations ou des particules solides dans l'atmosphère.

- Variation d'angle au terminal récepteur et angle de lancement au niveau du terminal de l'émetteur en raison de la réfraction.

- Réduction de la discrimination de polarisation croisée (XPD) dans multivoies ou de précipitation conditions.
- Distorsion du signal due à l'évanouissement sélectif en fréquence et un retard lors de la propagation par trajets multiples.



FigureIII.8 : Pertes du signal sur trajets multiples montré de la liaison (A0T005 - A03X013).

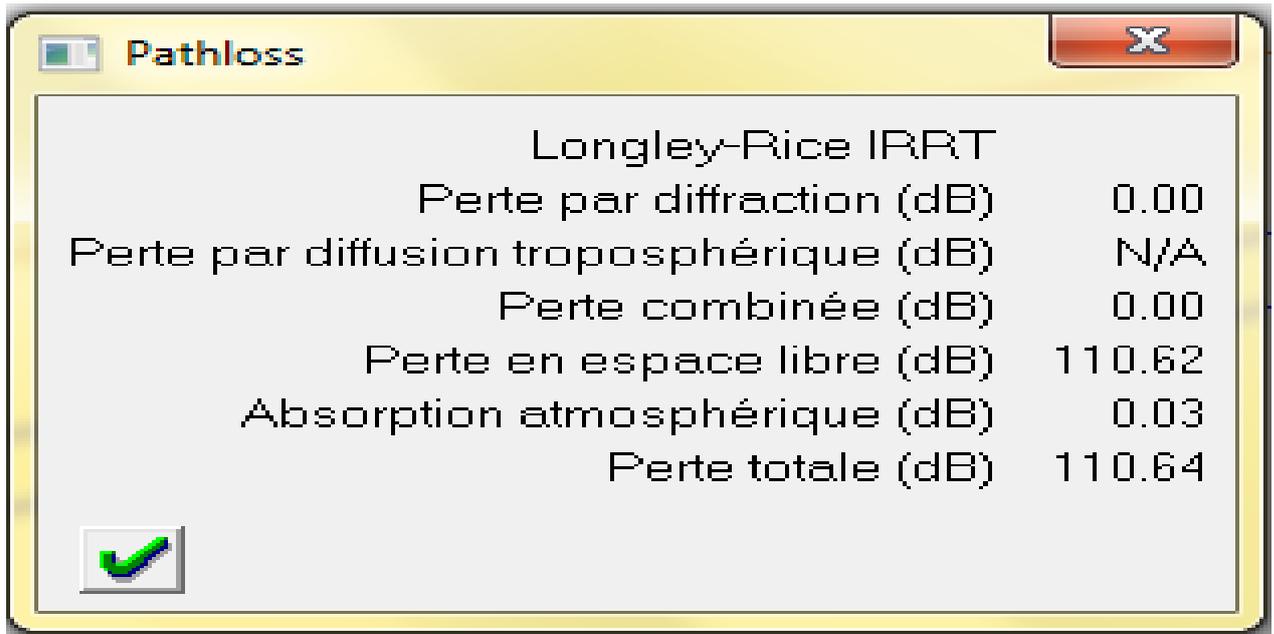


Figure III.9 : Les pertes du signal de la liaison (A03T005 - A03X013).

III.4.6- Profil de la liaison A03T005-A03X013:

Le profil de la liaison se produit en fin avant d'établir le bilan de liaison, et ce dernier montre la possibilité d'avoir une visibilité pour le signal de la liaison.

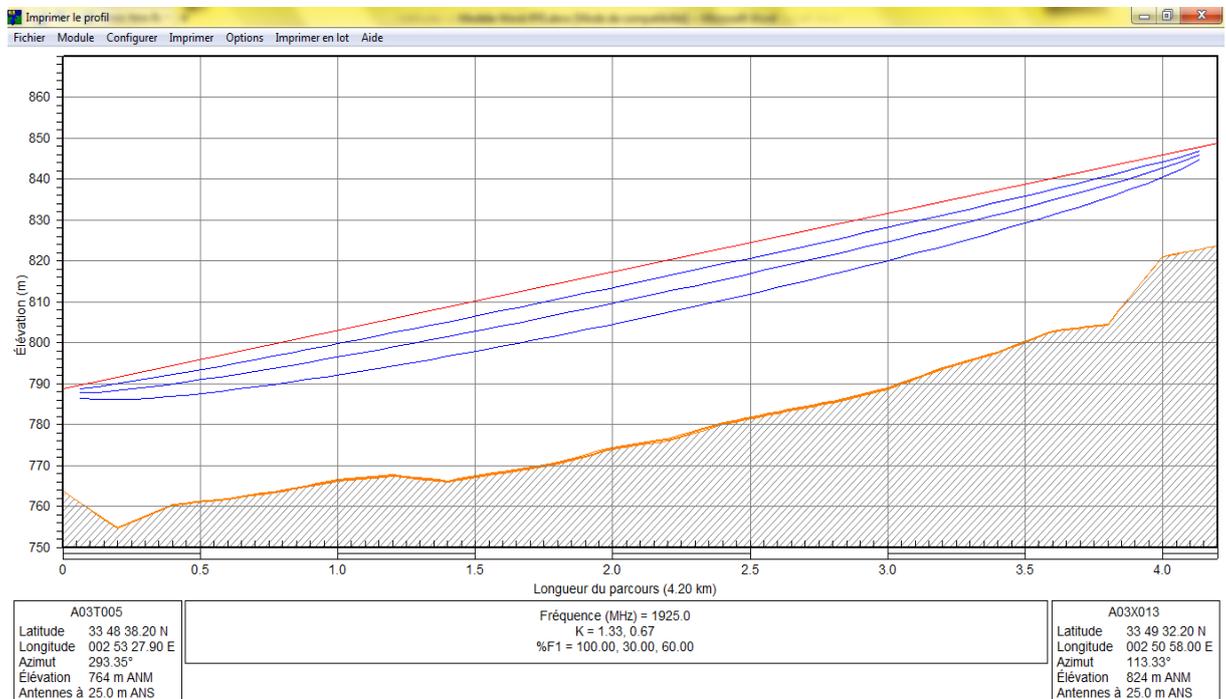


figure III.10 : Profil de la liaison (A03T005-A03X013).

III.5- Etablir le bilan de la liaison A03T005 TO A03X013 avec pathloss 4.0

III.5.1- Définition

Le bilan de liaison est calculé en tenant compte des paramètres suivants : la distance du bond, la situation (altitude, climat environnement radioélectrique), la puissance isotrope rayonnée équivalente, la puissance d'émission de l'équipement utilisé, les pertes dues au câble de connexion mais aussi du gain des antennes. Ce bilan de liaison est aussi fonction de seuils de réception et qui sont définis par rapport à un taux d'erreur binaire donné ($TEB=10^{-3}$ ou 10^{-6}), ils traduisent la capacité pour le récepteur à traiter le signal affaibli après propagation. Dépendant de la bande de fréquence, du débit et du type de modulation, ils sont généralement compris entre -70 et -95dBm.

L'obtention du bilan de liaison repose sur le constat simple : la station distante doit recevoir un signal tel qu'elle puisse le retranscrire avec un taux d'erreur acceptable, au regard des exigences de qualité de la liaison. Le bilan de la liaison est la somme de la puissance émise et de tous les gains et les pertes rencontrés jusqu'au récepteur, doit donc être tel que le niveau de signal reçu soit supérieur au seuil de réception.

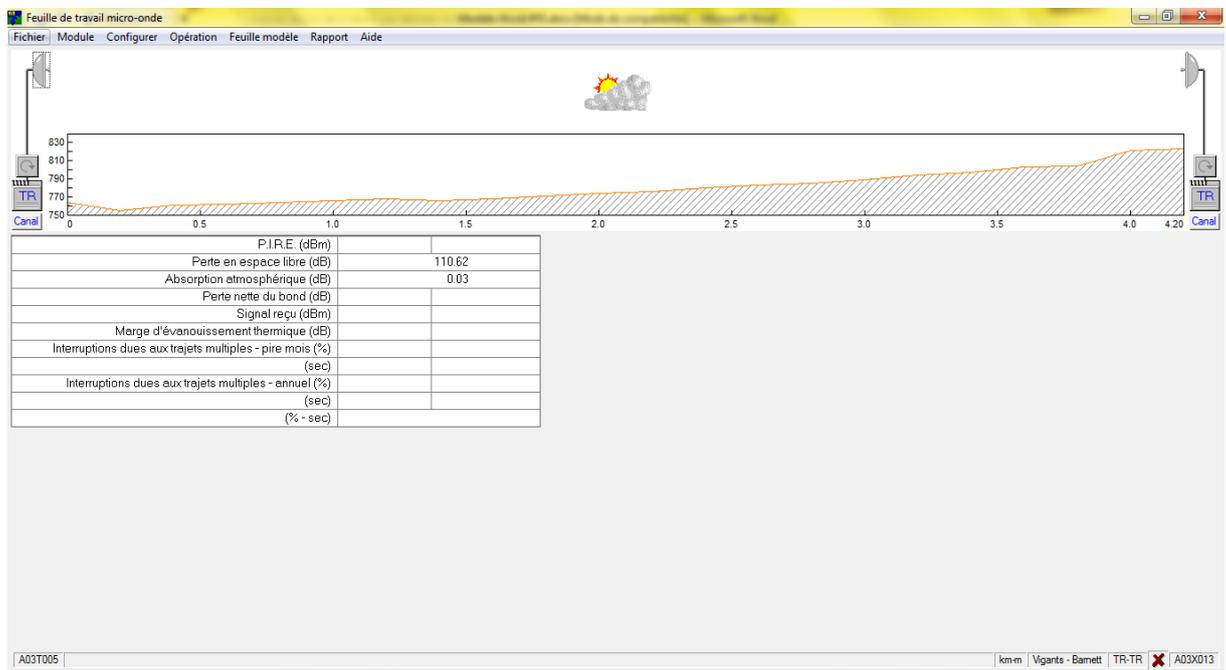


Figure III.11 : Feuille de travail sur pathloss4.0 pour établir un bilan de liaison.

III.5.2- Choix de l'antenne

Les antennes, principalement paraboliques, apportent un gain de puissance (de l'ordre de 25 à 45dB) d'autant plus grand que leur diamètre est important. La directivité du faisceau augmente avec la bande de fréquence et les diamètres de l'antenne.

Cependant, si les caractéristiques d'émission/réception du FH (faisceau hertzien), à partir de l'IDU jusqu'à l'antenne peuvent être connues avec précision, il est en revanche possible de connaître à tout instant les caractéristiques du milieu traversé par les ondes.

Tous ces facteurs sont pris en compte par le logiciel Pathloss4.0 pour fournir un bilan de liaison détaillé et précis.

Les études en laboratoire fournissent également le gain maximal théorique de la liaison. Si donc de façon pratique on arrivait à être proche de ce gain théorique en dépit de tous les facteurs ; on qualifierait donc de réussie la mise en service de la liaison, qui à partir de ce moment est prête pour fonctionner correctement.

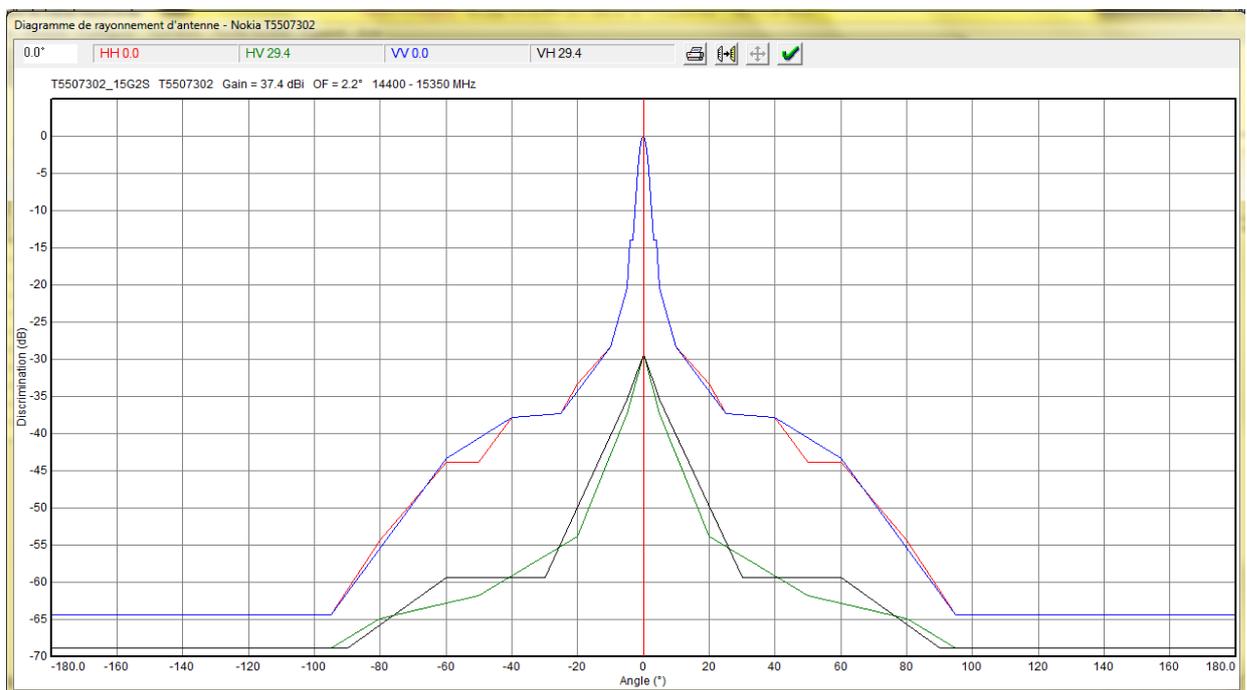


Figure III.12 : Gain d'antenne de la liaison (A03T005-A03X013).

Antennes TR - TR		
OK Annuler Table Catalogue Vue Aide		
	A03T005	A03X013
Modèle d'antenne	T5507302	T5507302
Diamètre d'antenne (m)	0.60	0.60
Hauteur de l'antenne (m)	25.00	25.00
Gain d'antenne (dBi)	37.40	37.40
Perte au radôme (dB)		
Code	T5507302_15G2S	T5507302_15G2S
Ouverture du faisceau d'antenne (^ 3 dB)	2.20	2.20
Azimut géographique (°)	293.35	113.33
Angle vertical (°)	0.80	-0.83
Azimut de l'antenne (deg) (°)		
Dépointage vers le bas (±°)		
Perte de mésalignement (dB)		
A03T005 Modèle d'antenne :		

Figure III.13 : Caractéristique d'antennes de la liaison (A03T005-A03X013).

III.5.3- Choix de la radio:

Chaque radio elle a des spécifiques et des caractéristiques selon le type d'équipement utilisés.(voir la figure III.12)

Figure III.13 : Caractéristique des radios utilisée sur la liaison (A03T005-A03X013).

Spécifications de radio - Nokia FlexiHopper15_16s_8E1

Spécifications

NOKIA - FlexiHopper15_16s_8E1
PDH - Commutation à la bande de base - Use signature

Radio ID	32TCM	T/I cotfréquence - même radio (dB)	28.10
Modulation	8E1	T/I cotfréquence - onde continue (dB)	16.00
Capacité	18.9	Puissance TX (dBm)	16.00
Débit binaire (Mb/s)	4.80	Stabilité (%)	0.0010
Largeur de bande (MHz)	7.00	Plage ATPC (dB)	
Largeur de bande (MHz)	7.00	Nombre d'échelons	
Désignation de l'émission	7M00D7W	Fréq bas (MHz)	14400.00
		Fréq haut (MHz)	15350.00
Seuil FX 10-3 (dbm)	-81.00	RBER	
Seuil FX 10-6 (dbm)	-78.00	FX Threshold RBER (dBm)	
Marge d'évanouiss. dispersif 10-3 (dB)		SESEBER	
Marge d'évanouiss. dispersif 10-6 (dB)		FX Threshold SESEBER (dBm)	
Marge d'évanouiss. dispersif SES (dB)		Bits per block	
Marge d'évanouiss. dispersif RBER (dB)		Blocks per second	
Niv. FX maximum 10-3 (dBm)	-20.00	IF Combiner Gain (dB)	
Niv. FX maximum 10-6 (dBm)		Combiner reduction factor	
XPIF (dB)			
XPD interference fade margin (dB)			
Alpha1/2/3	??/?		
	10-3/10-6/BERSES/RBER		
Signature delay (ns)	6.30/6.30/??/?		
Signature width (MHz)	4.50/4.50/??/?		
Signature depth min phase (dB)	26.50/26.50/??/?		
Signature depth nonmin phase (dB)	26.50/26.50/??/?		

Last modified:
22/02/06

Figure III.14: Spécifiques des radios de la liaison (A03T005-A03X013).

III.5.4- Choix de la fréquence :

En général, les fréquences utilisées par Pathloss sont provisoires, et les fréquences réelles à utiliser sur le terrain sont établies par l'opérateur après lui avoir une licence.

Canaux TX

OK Annuler Table Aide

A03T005 TX						A03X013 TX				
	ID canal	TX (MHz)	ATPC	Réd.Pu.	Pol	ID canal	TX (MHz)	ATPC	Réd.Pu.	Pol
1	13l	14588.5000			V	13h	15008.5000			V
2					V					V
3					V					V
4					V					V
5					V					V
6					V					V
7					V					V
8					V					V
9					V					V
10					V					V
11					V					V
12					V					V

A03T005 ID canal 1 : |

Figure III.15 : Fréquences provisoires pour la liaison (A03T005-A03X013).

III.5.5- Condition climatiques

A l'aide de la base de données SRTM du logiciel, on peut choisir les conditions climatiques qui influencent sur le signal de la région concernée.

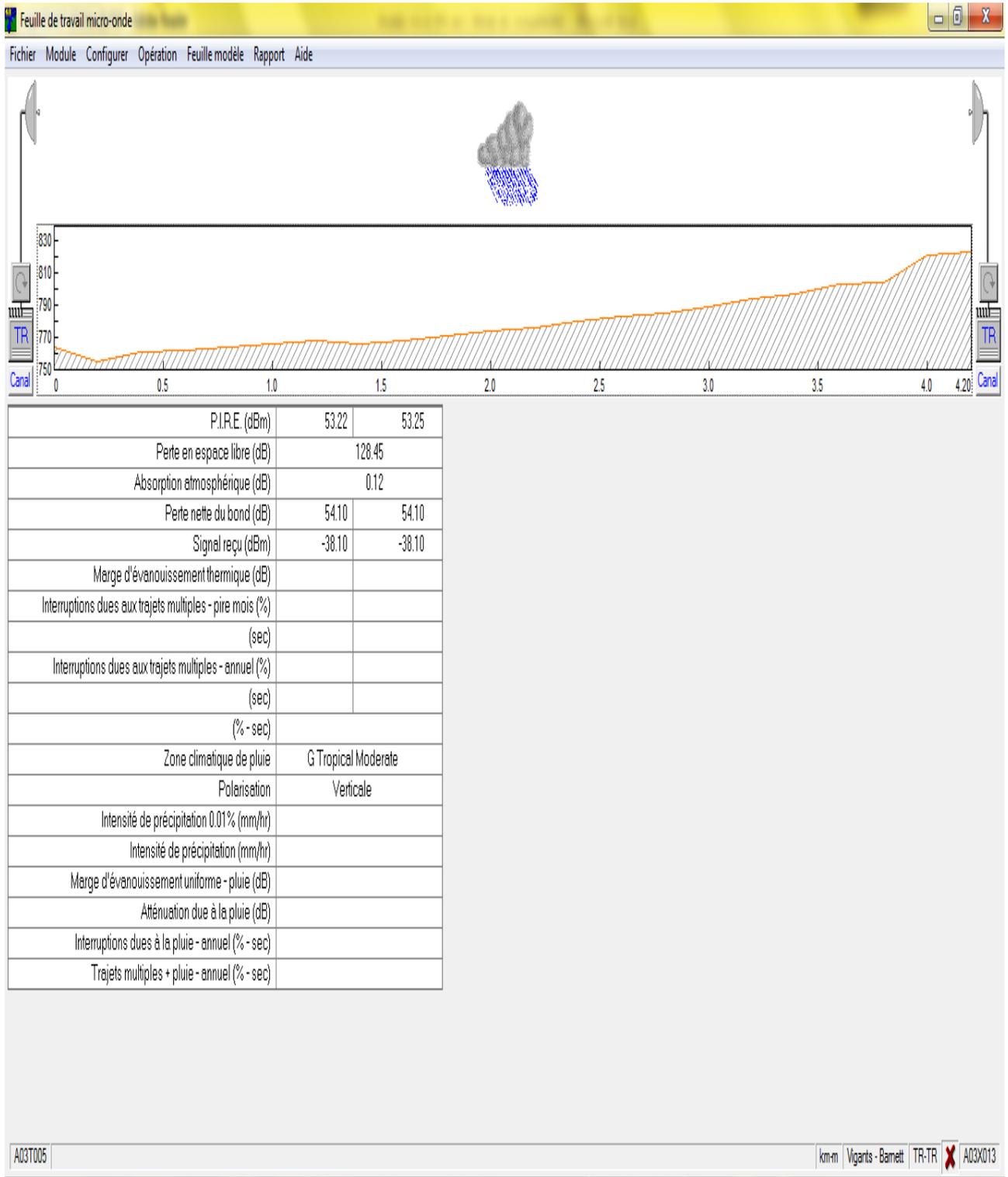


Figure III.16 : Conditions climatiques de la liaison (A03T005-A03X013).

III.5.6- Bilan de liaison

Après avoir faire toutes ces procédures, on aura le bilan final de la liaison.

	A03T005	A03X013
Élévation (m)	763.68	823.65
Latitude	33 48 38.20 N	33 49 32.20 N
Longitude	002 53 27.90 E	002 50 58.00 E
Azimet géographique (°)	293.35	113.33
Angle vertical (°)	0.80	-0.83
Modèle d'antenne	T5507302	T5507302
Hauteur de l'antenne (m)	25.00	25.00
Gain d'antenne (dBi)	37.40	37.40
Type de ligne de transmission	LDF1-50	LDF1-50
Longueur de ligne de transmission (m)	45.00	38.00
Perte unitaire (dB /100 m)	0.40	0.40
Perte de ligne de transmission (dB)	0.18	0.15
Perte diverse (dB)	0.00	0.00
Fréquence (MHz)	15000.00	
Polarisation	Verticale	
Longueur du parcours (km)	4.20	
Perte en espace libre (dB)	128.45	
Absorption atmosphérique (dB)	0.12	
Perte nette du bond (dB)	54.10	54.10
Modèle de radio	FlexiHopper15_16s_8E1	FlexiHopper15_16s_8E1
Puissance TX (watts)	0.04	0.04
Puissance TX (dBm)	22.00	22.00
P.I.R.E. (dBm)	53.22	53.25
Désignation de l'émission	7M00D7W	7M00D7W
Canaux TX	13i 14588.5000V	13h 15008.5000V
Critère pour seuil de réception	TEB 10-3	TEB 10-3
Seuil de réception (dBm)	-81.00	-81.00
Signal reçu (dBm)	-38.10	-38.10
Facteur climatique	1.00	
Température moyenne annuelle (°C)	20.00	

Figure III.17 : Rapport final du bilan de la liaison (A03T005-A03X013).

III.5.7- Les paramètres les plus importants sur le bilan de liaison

- **L'azimut**

Est l'angle mesurée dans le plan horizontal entre le méridien de lieu et la projection horizontale de l'antenne. et sur le plan pratique, on trouve l'azimut avec une boussole, est là on constate que l'azimut de l'antenne présente sa direction par rapport au nord.

Et en mathématique, la base utilisée par pathloss4.0, à partir des coordonnées GPS, pour calculer l'azimut est :

$$\cos(h). \sin(a) = \cos(\delta). \sin(H) \quad (\text{III.5})$$

Tel que:

h: la hauteur de l'antenne.

a : l'angle de variation d'antenne.

δ : l'angle déclinaison.

H : l'angle horaire

- **Polarisation :**

L'étude de la polarité avec logiciel pathloss4.0, relative avec la géographie de la liaison, tel que la polarité du champ électromagnétique est celle du plan de champ électrique, alors que ce dernier peut varier selon les trajets multiples.

- **Pertes :**

Le logiciel Pathloss 4.0 peut calculer la somme des pertes du signal, grâce à sa base de données, telle que les sources des pertes sont : pertes du matériel (câblages, Radom...), pertes en espace libre, pertes selon les conditions climatiques.

III.5.8- Conclusion

Dans ce chapitre, on a fait une étude de la liaison A03T005 vers A03X013, avec logiciel pathloss4.0, à partir de Survey jusqu'à la délivrance du bilan de la liaison, mais cette étude reste difficile à réaliser sur le terrain (installation), selon le type de l'équipement et la technique utilisée.

4^{ème} CHAPITRE

IV-Intégration et mise en service de la liaison A03T005 vers A03X013 avec logiciel Alcatel Lucent 9500MPR.

IV.1- Introduction

Les opérateurs mobiles cherchent toujours la bonne technique pour une bonne gestion de leur système de télécommunication afin d'avoir un bon service.

La technique utilisée par l'opérateur « **Djezzy** » sur le projet de 3G, est L'MPR (MicrowavePacket Radio), qui est conforme avec le haut débit, et qui permet également à l'opérateur d'exploiter leur infrastructure existante et d'évoluer vers un réseau tout IP à leur propre rythme, avec le niveau de qualité de service requis.

IV.2- Présentation et fonction du matériel MPR 9500 utilisés sur la liaison A03T005 vers A03X018

IV.2.1- Définition de Alcatel –Lucent 9500 MPR

La plate-forme 9500 MicrowavePacket Radio (MPR) est conçue pour apporter aux opérateurs mobiles un moyen de transmission de haute capacité économique permettant de réduire considérablement les dépenses d'exploitation des réseaux.[11]

Cette plateforme qui n'est pas basée sur la technologie TDM (Time Division Multiplexing) achemine avec efficacité le trafic multimédia – traitement des paquets en natif – mais prend également en charge le trafic TDM existant. Le trafic de paquets est en outre adapté aux conditions des liaisons hertziennes et au niveau de qualité requise par les différents types de services. Ce produit améliore l'agrégation des paquets, augmente la bande passante et optimise la connectivité Ethernet.

La plate-forme d'Alcatel-Lucent 9500 MPR répond au besoin essentiel des opérateurs de transformer leurs réseaux en une architecture tout IP. Elle permet également d'acheminer le trafic des données multimédias grâce à la technologie d'envoi par paquets, et transforme en paquets le trafic TDM (Time Division Multiplexing) – largement déployé dans les systèmes existants. Le système présente également des caractéristiques innovantes dans le domaine du transport hertzien, notamment la possibilité de transporter les paquets en fonction des variations des conditions des liaisons hertziennes (par exemple une météo défavorable), en reconnaissant le type de trafic (vidéo, voix, données) et en adaptant automatiquement la transmission pour garantir la qualité requise par les différents types de services.

IV.2.2- Equipements de transmission utilisés

Le réseau de transmission de Djazzy compte plusieurs constructeurs d'équipements dont le plus célèbre : Alcatel- Lucent 9500MPR dont l'architecture split-montage est construit par deux unités distinctes:

- **(Commutateur de services micro-ondes) MSS:** unité intérieure pour la fente de montage et autonome configurations :

Le MSS fournit une interface de port utilisateur, cross-connexion et de gestion de commutation. La matrice de connexion transversale implémente toutes les connexions croisées entre les ports de l'utilisateur (4 ports Ethernet et flux E1 / T1) et le port Radio. La matrice est un commutateur Ethernet standard.

Cet équipement est mené d'une carte flashe, où il stocke toutes les informations de configuration et de fonctionnement de la liaison.

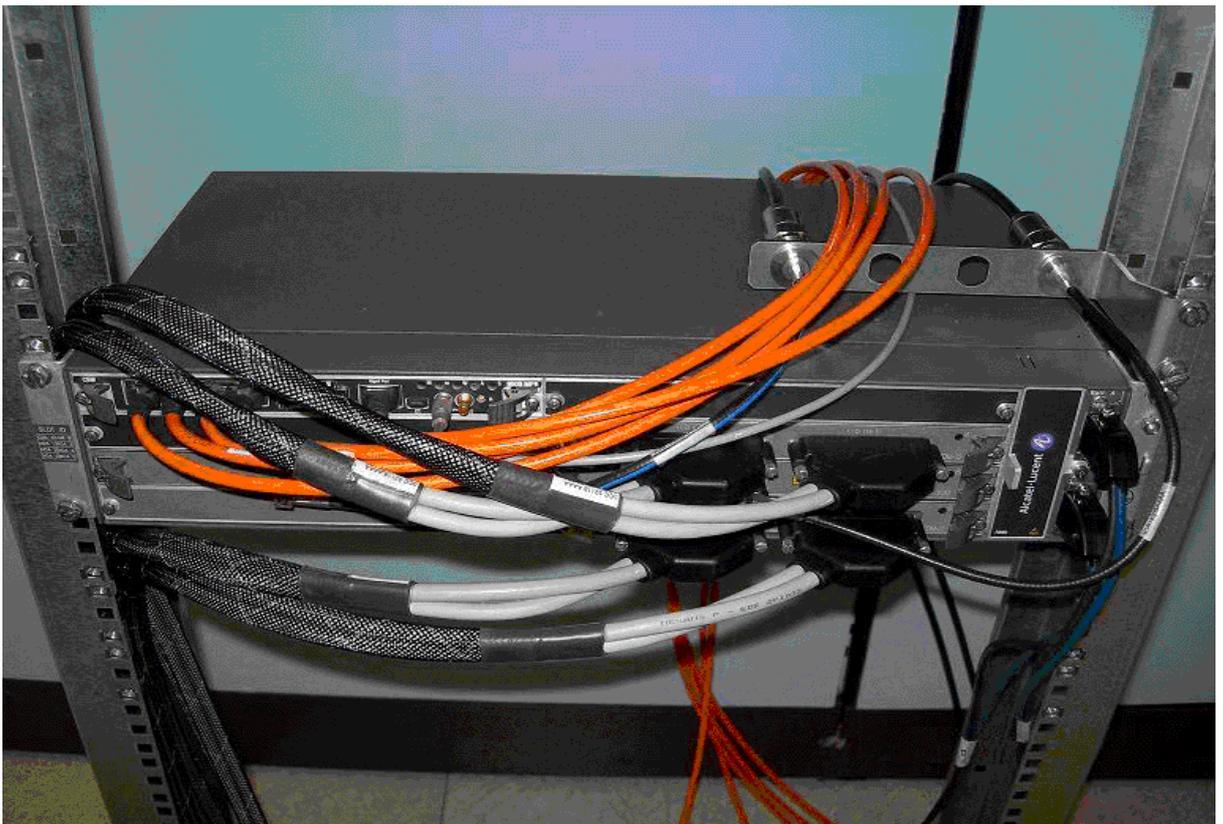


Figure IV.1 : L'MSS.

- **Radio:** Unité extérieure ou unité intérieure (MPT).

La radio est un équipement contrôlé par microprocesseur qui interface le dispositif générique Ethernet avec l'antenne. L'interface d'entrée / sortie peut être une interface Ethernet peut être électrique ou optique.

Les circuits de l'émetteur dans la radio (MPT) se composent d'une interface d'entrée Ethernet, modulateur, oscillateur local, convertisseur, mélangeur, amplificateur de puissance.

Les circuits récepteurs sont constitués par un duplexeur, un amplificateur à faible bruit, un oscillateur local, le convertisseur abaisseur, mélangeur, le contrôle automatique du gain, démodulateur et interface de sortie Ethernet.

Le microprocesseur gère la fréquence, la puissance d'émission alarmante et la performance surveillance, et d'une façon général, la radio est dépendante de la fréquence, telle que chaque radio est caractérisée par un intervalle de fréquence.

Le MSS et la Radio sont connectés avec un seul câble coaxial standard ou avec un câble coaxial pour l'alimentation et une Ethernet optique ou électrique.



FigureIV.2: La radio.

- **Antenne HF (parabole):**

C'est un dispositif qui réalise la transformation d'une onde électrique en onde électromagnétique en vue de sa propagation dans l'espace libre. La transformation inverse est aussi réalisée par le même dispositif. C'est donc un dispositif réciproque. Ce composant

d'Alcatel –Lucent 9500MPR a plusieurs diamètres Allant de 0,3 m à 1,8 m, en fonction de la bande de Fréquences, et contient un dispositif de rotation de polarisation dans leur col : polarisation horizontale et polarisation verticale, selon la polarité de la radio.

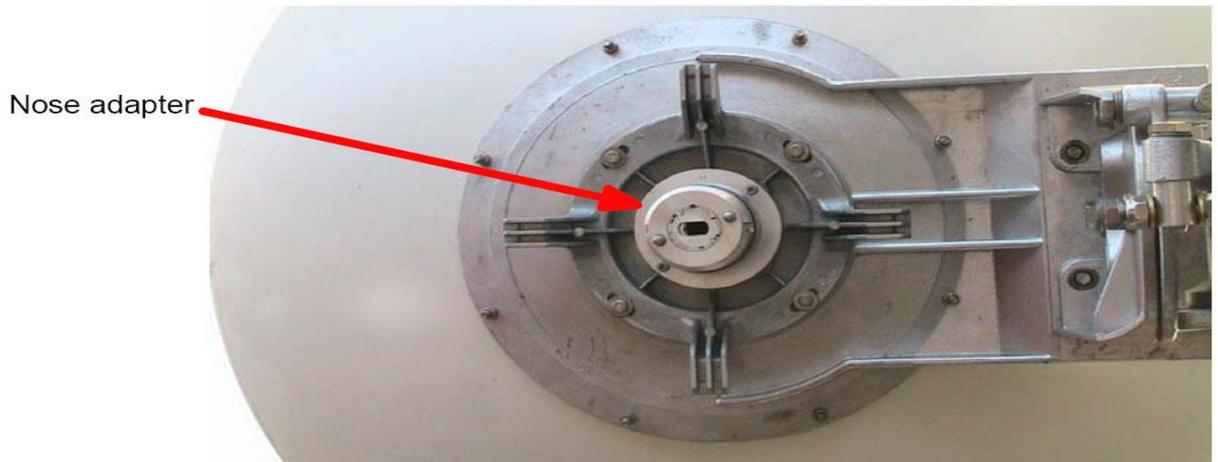


Figure IV.3 : L'antenne (parabole).

- **Câble RG45 :**

Il s'interface entre l'IDU (indoor unit) et l'ODU(out door unit). Il véhicule le signal de fréquence intermédiaire issu du modem, et parfois on l'utilise pour l'alimentation de la radio, avec un câble Ethernet optique pour la transmission de signal.

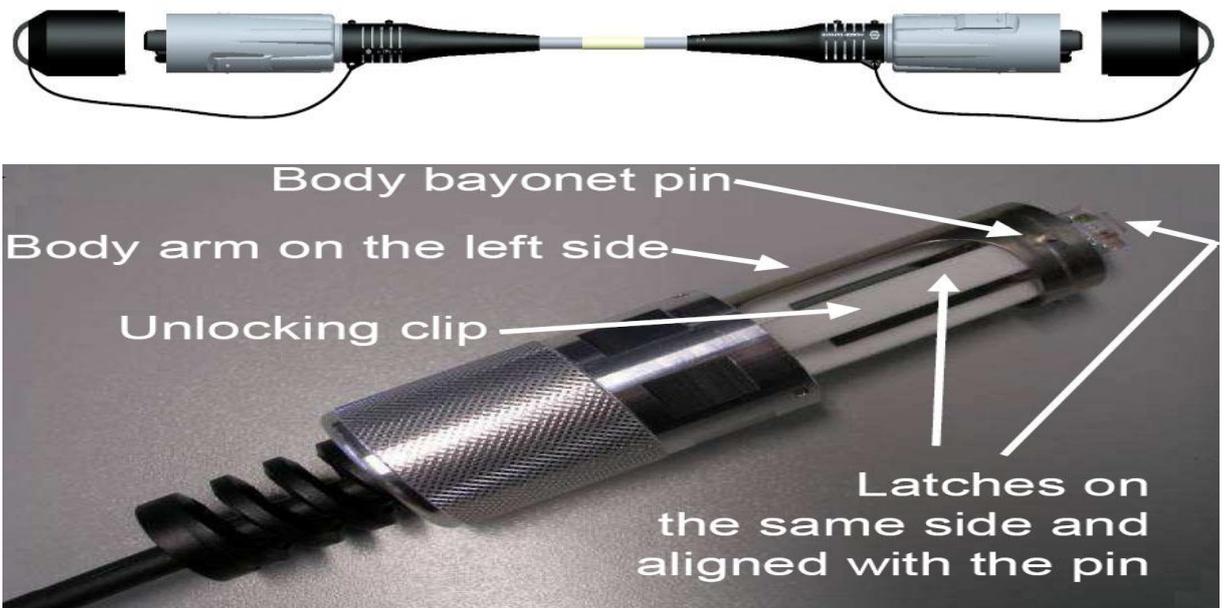


Figure IV.4 : photo d'un câble RG45 et un câble optique.

IV.3- Configuration de l'équipement

Après l'installation des deux locaux (A03T005, et A03X013) :

l'installation mécanique et le câblage des sections intérieures et extérieures est terminée, les antennes sont installées et pré-positionnés, et les câbles MSS-ODU sont connectés à l'MSS, on entame la partie soft(configuration).

La configuration de l'équipement se fait juste sur l'IDU, et c'est le seul dispositif qui contient une carte flashe qui est la base de stockage des données de transmission sur la station (extrémité de la liaison ou l'un des deux sites), et cette étape se fait avec le logiciel de l'équipement de Alcatel Lucent 9500 MPR qui contient plusieurs chapitres, et dans notre cas on a besoin uniquement que du premier chapitre, qui est :WebEML.

IV.3.1- Définition de WebEML

Le WebEML est la partie du logiciel 9500MPR qu'on utilise pour la configuration de l'équipement de transmission d'Alcatel Lucent, et pour leur fonctionnement, on fait relier l'MSS et le pc avec un câble réseau, et à partir de là, on peut accéder à manipuler et avoir toutes les informations de l'équipement.



Figure IV.5 : l'icône de WebEML.

IV.3.2- Accès à l'IDU avec WebEML

Avec un double clics sur leur icone au bureau, on aura l'accès au logiciel, et après l'introduction du nom d'utilisateur et le mot de passe, on aura l'accès à l'MSS avec une adresse IPv4 par défaut qui est toujours : **10.0.1.2** .

Ci-dessous la figure d'accès à l'MSS installé sur le côté : A03T005.

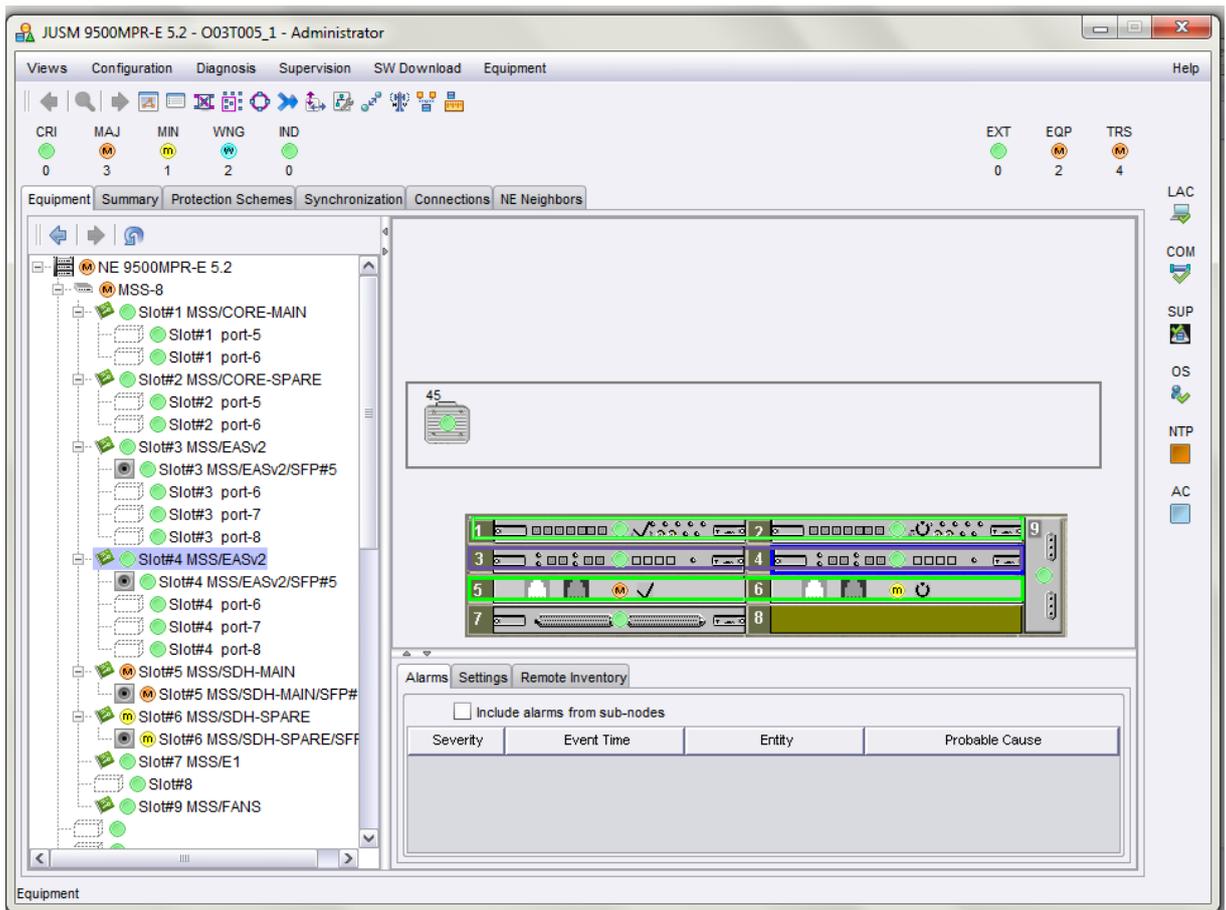


Figure VI.6: l'accès à l'MSS avec WebEML sur le côté A03T005.

IV.3.3- Déclaration et configuration de la radio

Cette étape consiste à créer un nouveau ODU sur le soft(WebEML), comme le point de départ d'activation de la liaison, et le serveur WebEML qui donne le choix du type de la radio utilisée, selon le bilan de la liaison, et dans notre cas, les radios utilisées sont de type grande capacité(HC) avec une fréquence 15 GHz.

- **Alimentation de la radio :**

Avec la commande power source, on alimente la radio à travers un câble RG45 qui la relie avec l'MSS, et ce dernier à son tour alimenté à partir de l'alimentation générale du site.

- **Fréquence :**

Dans le domaine des fréquences Tx, faire entrer la fréquence Tx appropriée, on aura la fréquence Rx qui est calculé automatiquement en utilisant la fréquence Tx entrée, grâce à la commande shefter de WebEML, ainsi que chaque radio caractérisé par sa fréquence.

Pour notre cas, voilà l'intervalle de fréquence de la radio sur le côté : A03T005: (1471700..1481900..14934000), et la fréquence au milieu, c'est celle utilisée pour cette liaison, et elle est donnée par l'opérateur Djezzy, selon le bilan de liaison final qui s'appelle WorkOrder.

- **Puissance d'émission TX power:**

Avec la commande TX power, on introduit la valeur de puissance d'émission, et elle doit être en même valeur sur les deux côté de la liaison pour les deux radios, cette puissance est calculé avec Pathloss4.0, et elle est dépendante de la distance entre les deux sites, et pour notre cas : la puissance d'émission est : 22(dBm).

- **Modulation adaptive :**

L'idée principale derrière Adaptive Modulation au point du système est d'ajuster d'une manière adaptative la modulation ainsi qu'une gamme d'autres paramètres du système.

Ci-dessus les deux figures qui montrent la configuration des radios de la liaison étudiée.

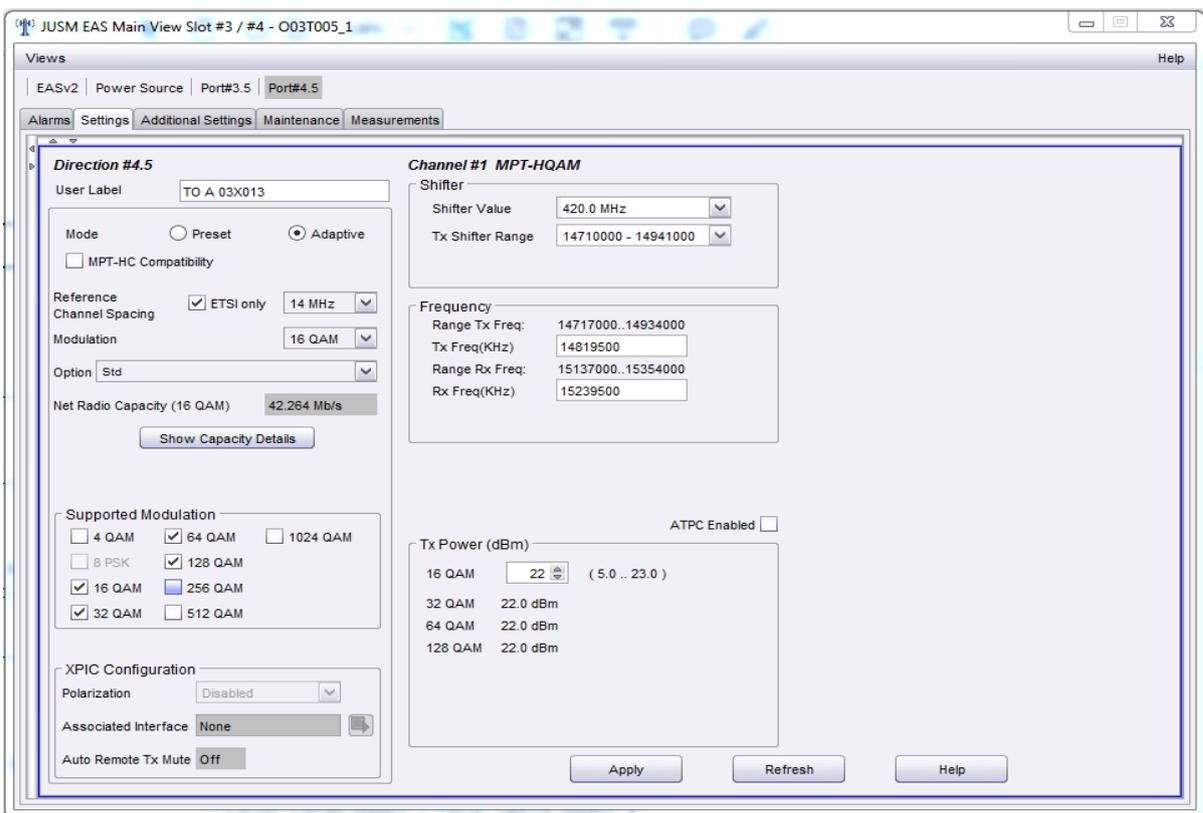


Figure IV.7: Configuration de la radio sur le côté A03T005.

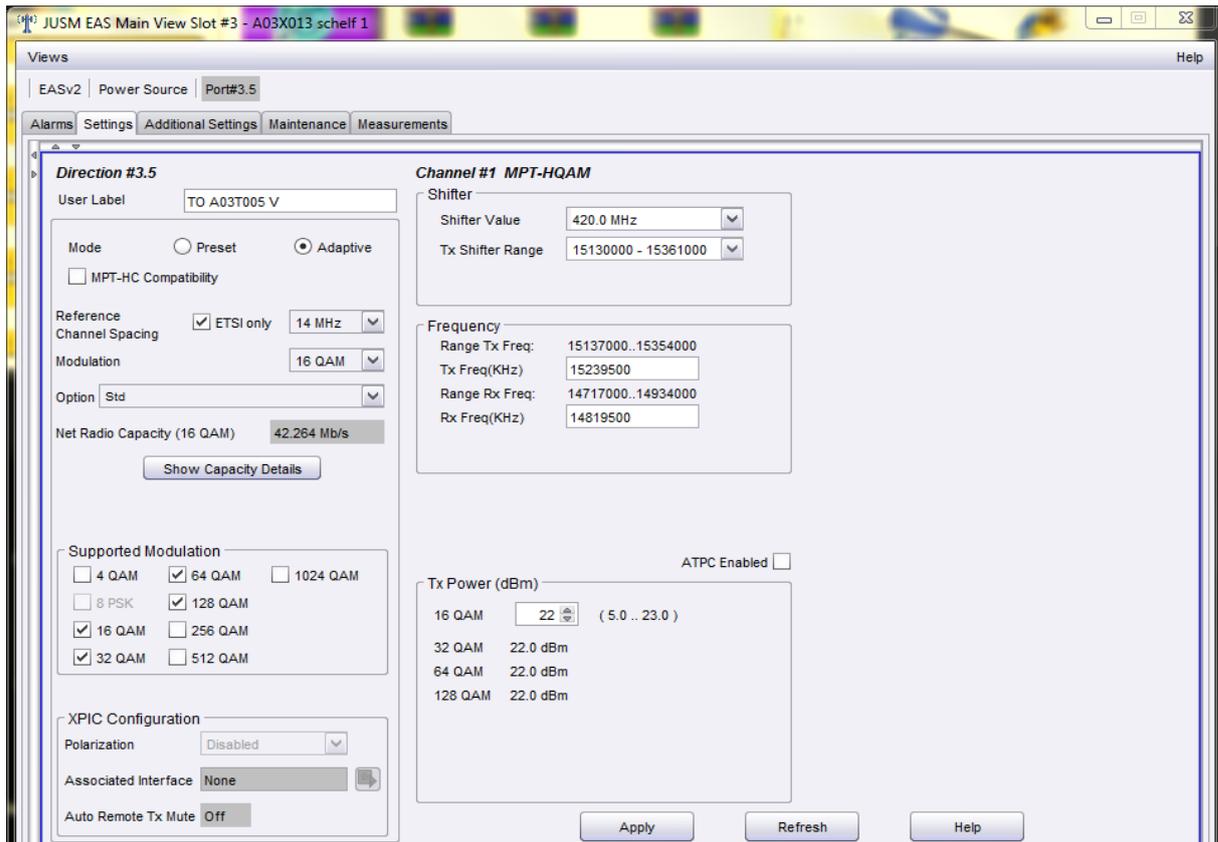


Figure VI.8: Configuration de la radio sur le côté A03X013.

IV.4- Alignement de la liaison

L'alignement ou le pointage, c'est l'étape la plus importante pour la réussite du fonctionnement de la liaison, et si elle n'est pas réalisée à cause d'un problème majeur, la liaison sera désinstallée.

Lorsque la station A et la station B sont entièrement configurées et opérationnelles, et en supposant que l'antenne dans la station A (ou B) a été préalablement correctement pointé vers l'antenne de la station B (ou A), on aura un champ de la station B (ou A).

On passe à une étape mécanique afin de suivre la variation du signal pour que les lobes principaux des antennes des deux entités soient sur le même plan. Ces règles consistent à des ajustements de l'azimut et de l'élévation. Le réglage d'azimut revient à un réglage suivant l'axe horizontal et le réglage d'élévation suit donc l'axe vertical. L'ensemble de ces réglages constitue ce qu'on appelle : « pointage ».

Le signal est surveillé avec le pc connecté à l'IDU. La fin du pointage est quand la valeur demandée du signal sur le bilan de liaison est réalisable, ou mieux que c'elle demandée, là les deux antennes seront bien fixée pour avoir une stabilité du signal de la liaison, et ce dernier s'affiche sur la commande « mesurement » avec deux valeurs: TX , RX, et un graphe pour suivre la variation du signal.

		dBm	Time
Tx Local End	Max	22.0	2016/04/27 18:49:41
	Curr	22.0	2016/04/27 19:40:53
	Min	-100.0	2016/04/27 18:49:31
Tx Far End	Max	22.0	2016/04/27 18:49:31
	Curr	22.0	2016/04/27 19:40:53
	Min	-99.6	2016/04/27 19:07:13
Rx Local End	Max	-33.1	2016/04/27 19:30:00
	Curr	-33.3	2016/04/27 19:40:53
	Min	-98.6	2016/04/27 19:15:21
Rx Far End	Max	-32.7	2016/04/27 19:29:58
	Curr	-33.1	2016/04/27 19:40:53
	Min	-101.0	2016/04/27 18:49:31

Figure IV.9 : Résultat d'alignement de la liaison A03T005 vers A03X013.

IV.4.1- TX signal:

Après l'écoulement de l'utilisateur port Ethernet à la radio, on reçoit des trames Ethernet entrant à partir de l'interface utilisateur optique ou électrique, la section exécute:

- La récupération de l'horloge provenant de l'unité intérieure.
- Commutation de la gestion des cadres du port utilisateur vers le processeur interne.
- Gestion de la qualité de service.
- Fragmentation des trames Ethernet.
- synchronisation du trafic pour l'adapter à la bande passante radio.
- Renforcement du cadre Modem Tx.

- La synchronisation en fonction du mode de synchronisation sélectionné (SynchE),selon le type de connexion
- La modulation en signaux analogiques I et Q.

IV.4.2- RX signal:

Après l'écoulement de la radio relié à un port Ethernet, la section exécute:

- Réception des signaux analogiques I et Q.
- Décodage de la trame radio Rx dans le cadre du modem Rx.
- décadrage du châssis de modem Rx.
- Réassemblage de la trame Ethernet fragmenté.
- Gestion des canaux de service cadrent.
- Changement de la gestion des cadres du processeur interne au port utilisateur.
- Envoi de l'horloge récupérée à l'unité intérieure.

Pour une bonne synchronisation de lien, les valeurs TX, RX doivent être identiques (même valeur).

IV.5- Supervision, intégration et mise en service de la liaison A03T005 vers A03X013:

Ce chapitre détaille toutes les phases nécessaires à l'équipement line-up, la mise en service, et l'acceptation, fournissant à l'utilisateur les informations nécessaires pour se connecter.

IV.5.1- Identification de la liaison:

Le nombre des liaisons hertziennes, en particulier dans les zones urbaines, peut causer des interférences lors de l'installation. Le cadre numérique intègre le lien identité du codage des capacités pour empêcher la capture d'un signal indésirable.

La fonction de gestion de l'identificateur de lien peut être activée ou désactivée par la direction système, et pour une bonne canalisation de tous les signaux d'une zone, la

planification de l'adressage IP, OSPF, TMN, nous donne une bonne gestion des canaux de transmission.

La figure ci-dessous montre l'adressage planifié de la liaison A03T005 vers A03X013.

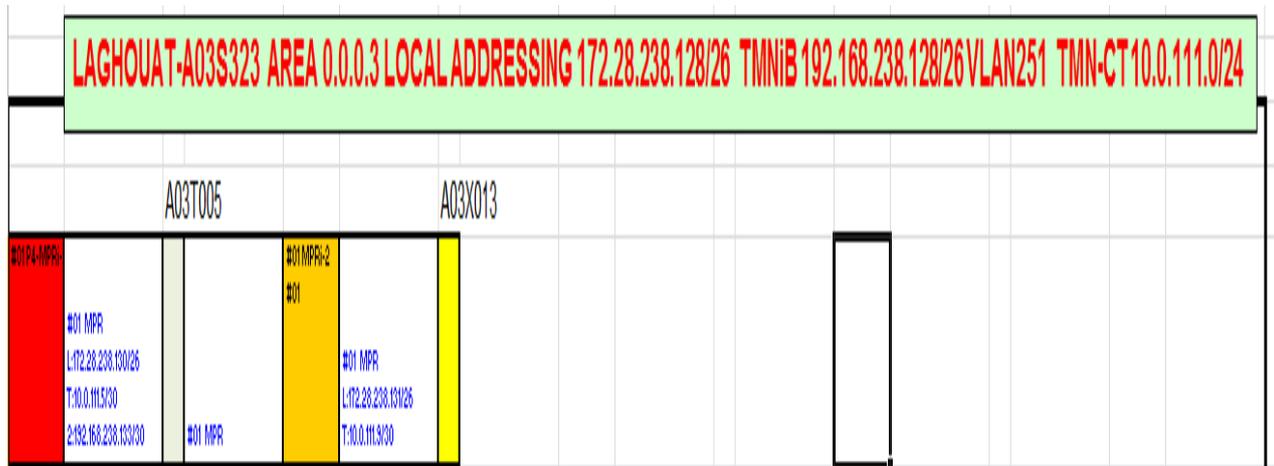


Figure VI.10: Partie de planification de la liaison A03T005 vers A03X013.

IV.5.2- Supervision de la liaison A03T005 vers A03X013:

la supervision de liaison consiste à la configuration des adresse: IP ,OSPF ,TMN des deux MSS installées sur les extrémités.

- **Adresse IP :**

L'adresse de l'MSS IP est une adresse réseau IP utilisée pour accéder au MPR à travers la radio et le trafic portuaire du trafic Ethernet. Cette adresse est configurée d'une manière statique par l'opérateur à travers le système de gestion (à partir de la planification).

L'adresse IPv4 par défaut est 10.0.1.2 et Le masque de sous-réseau est 255.255.255.0/252). Ce masque est fixe et non configurable par l'opérateur.

Les adresses IP des deux MSS selon le fichier de planification sont :

Pour A03T005 :172.280238.130 comme la montre la figure ci-dessous.

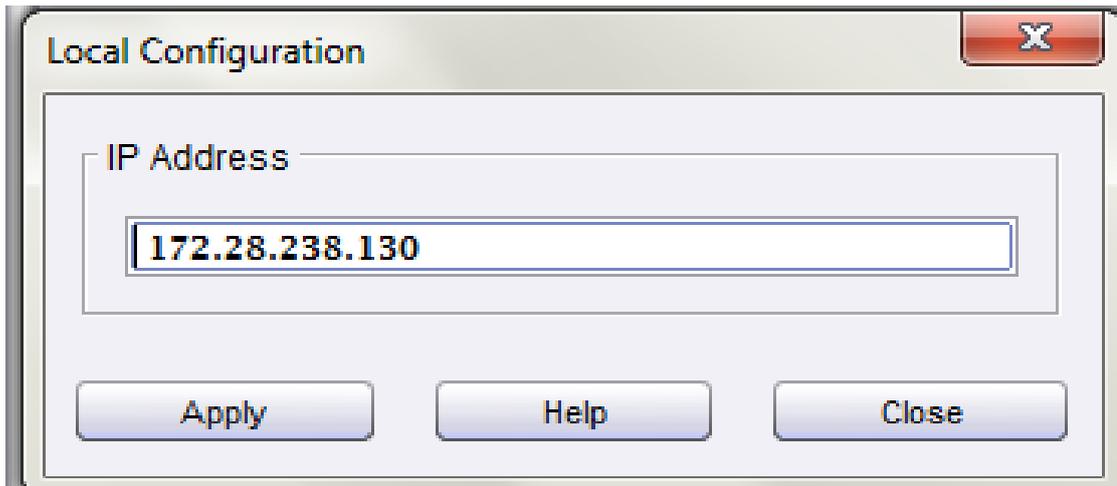


Figure VI.11: Adresse IP de l'MSS installée sur le côté A03T005.

Pour A03x013 :172.28.238.131.Comme la montre la figure ci-dessous :

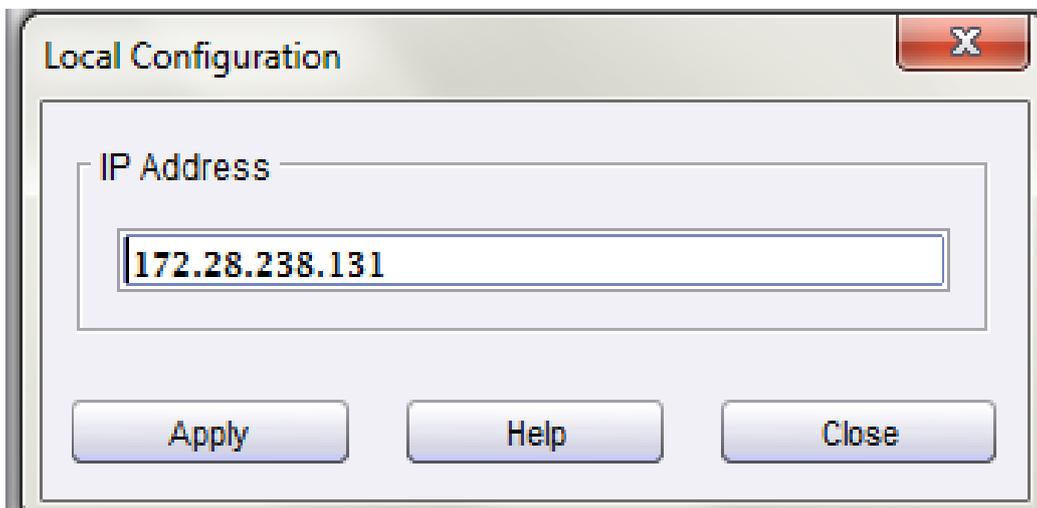


Figure VI.12: Adresse IP de l'MSS installée sur le côté A03X013.

- **Adresse TMN :**

L'interface TMN est une adresse sous-réseau, est associé au port radio et il est utilisé pour connecter le MPR au MSS de l'autre côté de la liaison radio. Cette adresse spécifie chaque BSC et tous les MSS de L'MPR de toutes les stations qui appartiennent à ce BSC, ils ont la même adresse TMN.

L'adresse TMN des deux stations : A03T005 et A03X013 et la même de celle du BCS A03S323: 10.0.111.5/24.,comme la monte la figure ci-dessous.

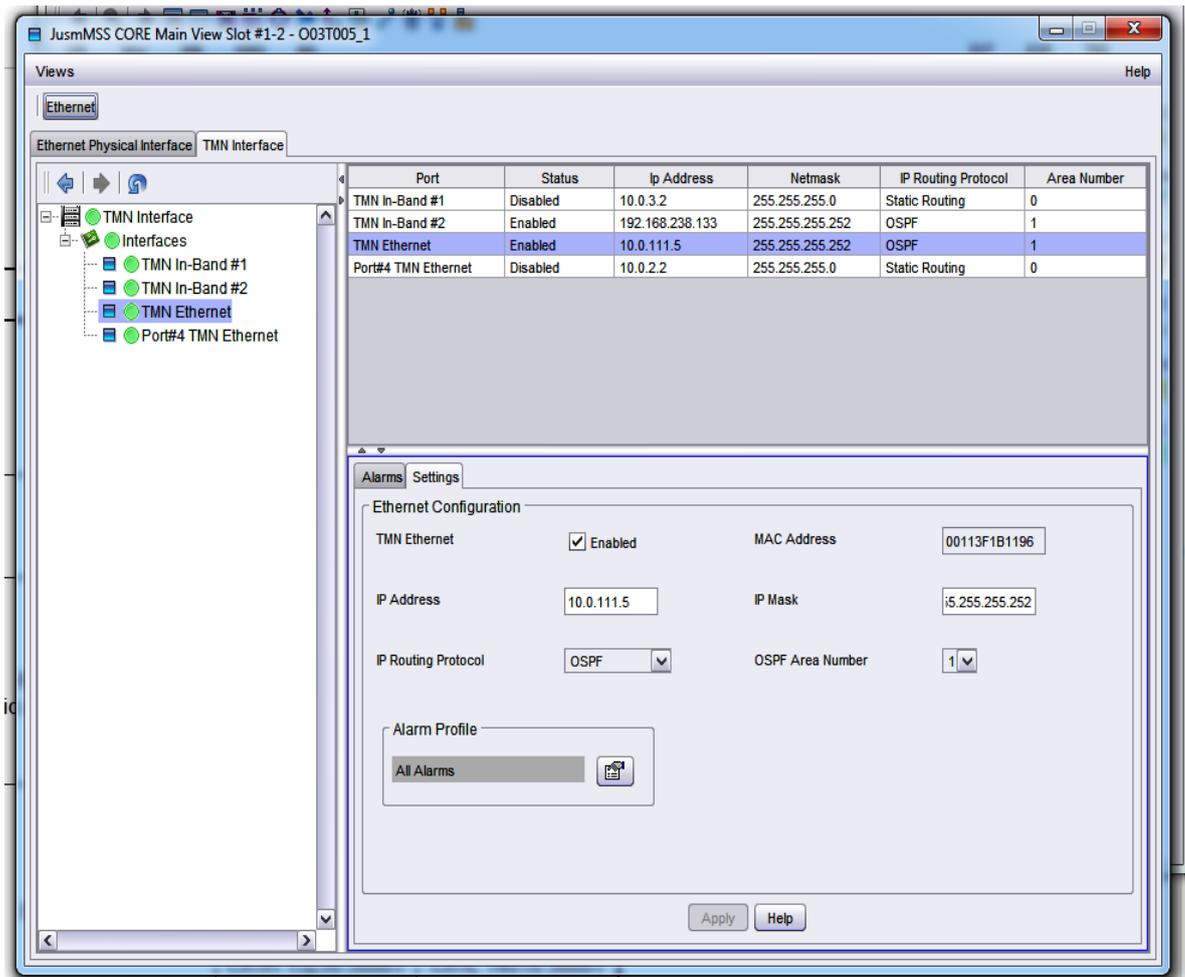


Figure VI.13: Adresse TMN de l’MSS installée sur le côté A03T005.

- **OSPF :**

Est une autre adresse qui spécifié aussi le RNC, et le rôle de cette dernière est de faire une interconnexion entre toutes les stations, juste à l’aide d’adresse IP de l’MSS, et l’OSPF aussi est le même sur tous les sites appartenant au même BSC. L’adresse OSPF de BSC A03S323 est la même sur les deux sites : A03T005, A03X013 :03.0.0.3., comme la montre la figure ci-dessous, coté A03T005.

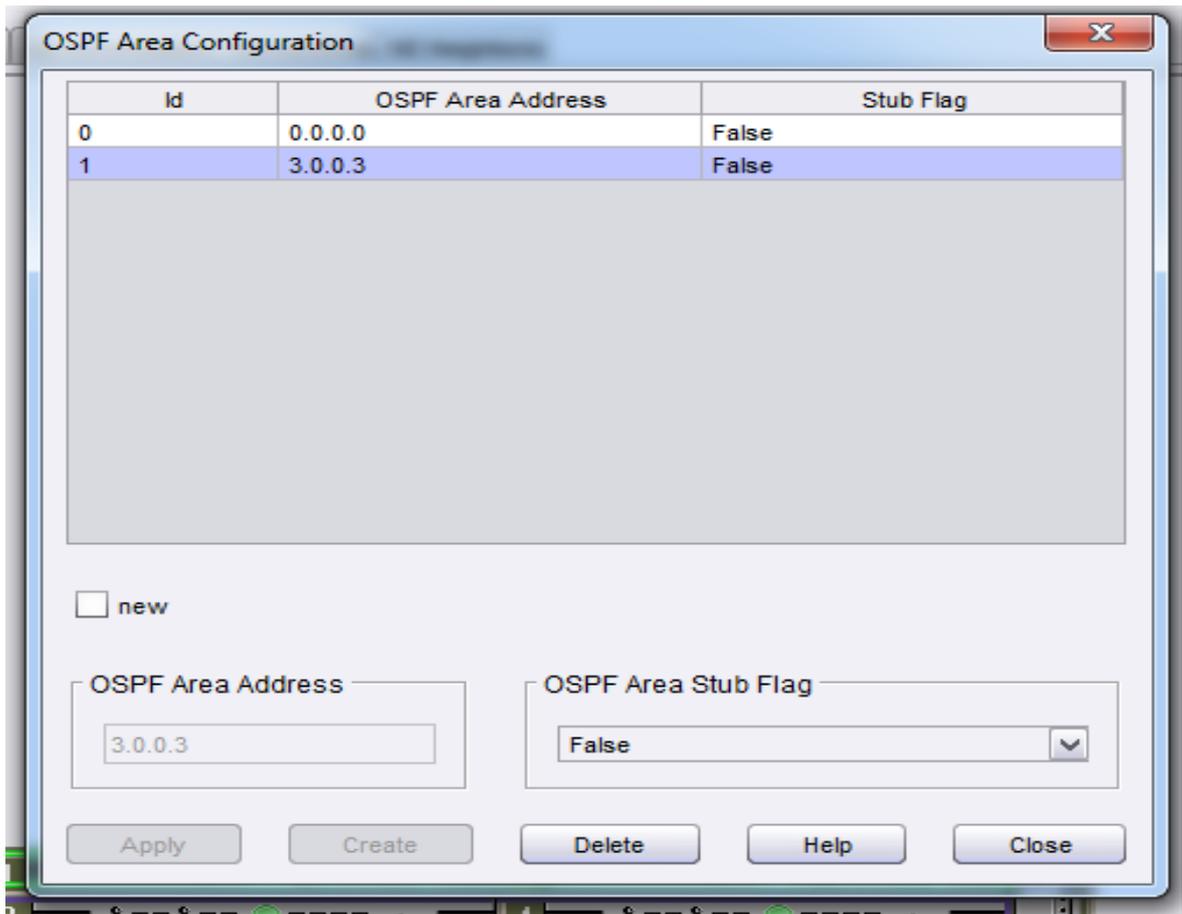


Figure VI.14 : Adresse OSPF de l’MSS installé sur le côté A03T005.

La fonction de supervision permet à l'opérateur d'enregistrer un nouveau gestionnaire à l'intérieur de l’MSS et l'exécution cyclique contrôle (périodique) sur la connexion, à l'aide des trois adresse : IP, TMN, OSPF, on peut faire la maintenance sur le soft à distance grâce à l'option d'alarmes.

- **Les Alarmes :**

Le but général de la supervision de la liaison est de faire une surveillance de toutes les actions du réseau à distance, à partir du centre d'authentification (MSC), et toutes les pannes d'équipement seront signalées grâce à l'application Alarmes Monitor.

Cette dernière est une application qui permet d'afficher et de stocker les alarmes de tous les éléments du réseau, et au moment de leur lancement, il recueille toutes les alarmes des différents éléments du réseau. la figure ci-dessous montre les alarmes du site A03X013.

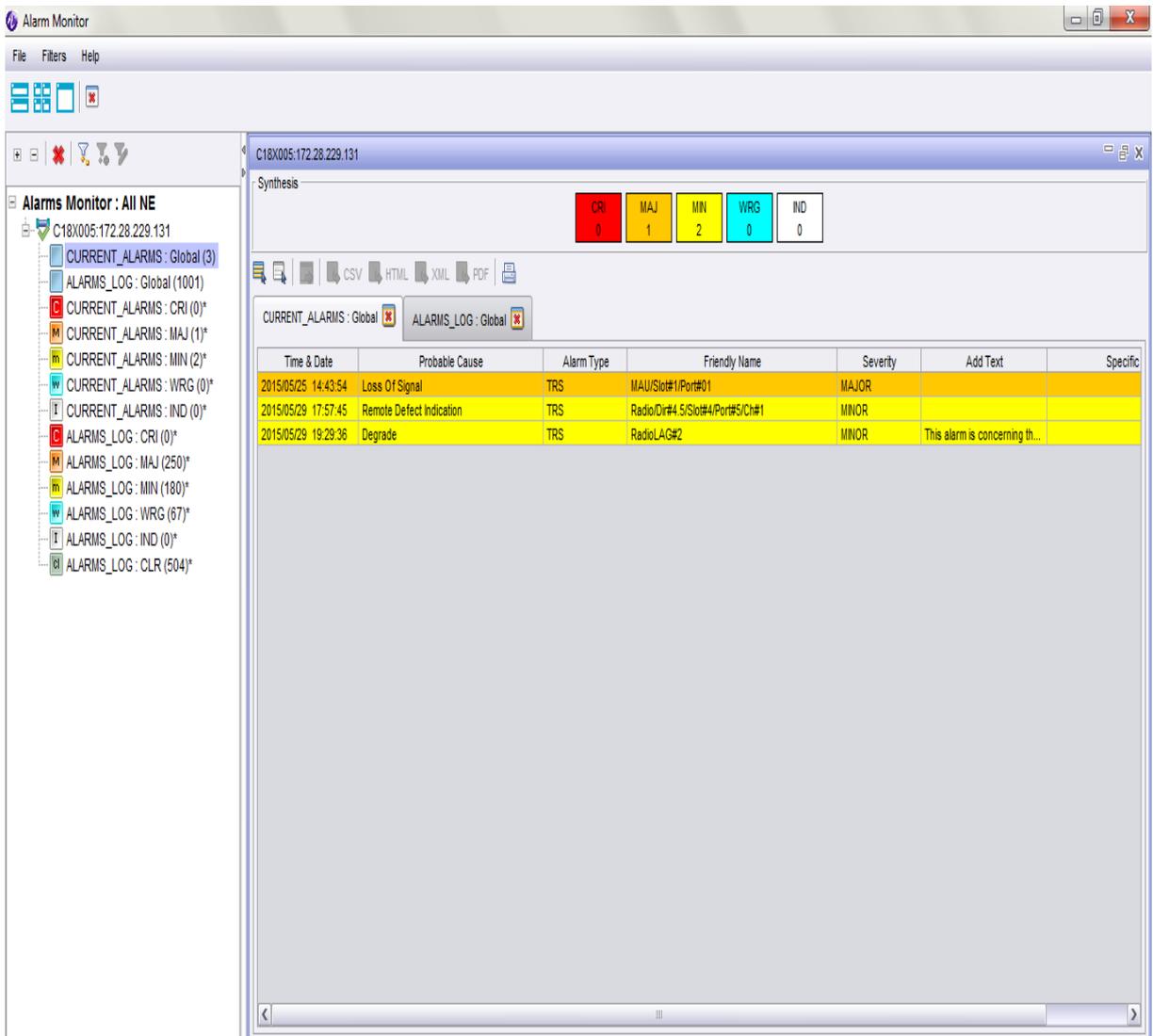


Figure VI.15: Alarmes enregistré sur le côté A03T005.

IV.5.3- Intégration et mise en service de la liaison A03T005vers A03X013:

L'intégration et la mise en service de la liaison, est le but final de cette dernière. Une fois l'alignement est terminé, et l'MSS configuré par tous les adresses, la liaison sera supervisée si le BSC de la même chaine de transmission est supervisé à l'MSC.

Pour que la liaison sera en mise en service, reste deux étapes fondamentales à configurer sur le logiciel Alcatel Lucent 9500MPR, qui sont : synchronisation, et les cross connexion, et toutes ces étapes reste a nommé à la fin : liaison intégrée.

- **Synchronisation :**

La synchronisation de la liaison est de faire introduire les donnée de transmission porté sur elle avec les autres donnée par rapport au temps, sur le canal général de transmission de même station de base(BSC), pour que ces donnée seront utilisables selon le besoin des bases stations (BTS), et pour avoir une bonne transmission des données, il faut que tous les canaux d'autres liaisons soient synchronisés à la même valeur de temps.

Sur l'MSS, le menu de synchronisation permet à l'opérateur de gérer les fonctions de synchronisation, et Avec «Rôle» et «critères de restauration », l'opérateur peut sélectionner les ports d'entrée et de sortie et peut discriminer entre les différentes sources possibles "secondaires" ou "primaire", selon le rôle, la synchronisation contient aussi l'angle d'alarmes qui permet d'enregistré des alarmes spécifiques (synchronisation discriminants).

Ci-dessous la figure de synchronisation de la liaison A03T005 vers A03X013.

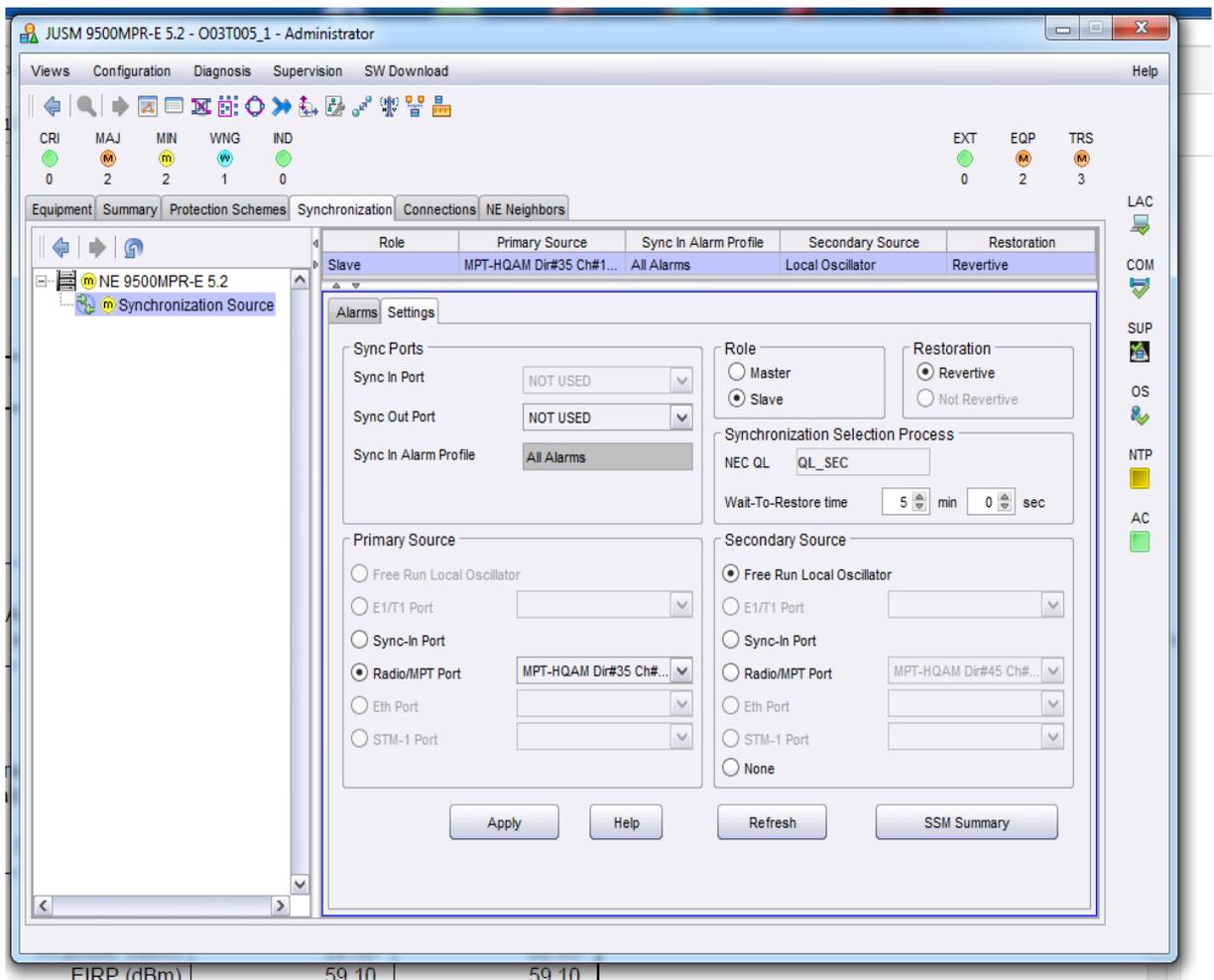


Figure IV.16 : La synchronisation du site A03T005.

- **Cross connections :**

Les connexions transversales sont réalisées avec un commutateur Ethernet de couche 2 à l'intérieur du MSS, et la décision prise par le commutateur pour transmettre le paquet reçu est basé sur la destination, et généralement, les cross connections sert à la livraison et au partage de tous les signaux entrants et sortants sur la station.

Le schéma des cross connections donnée par Djezzy est étudié lors de la planification.

Ci-dessous, l'image des cross connections de la liaison A03T005 vers A03X013.

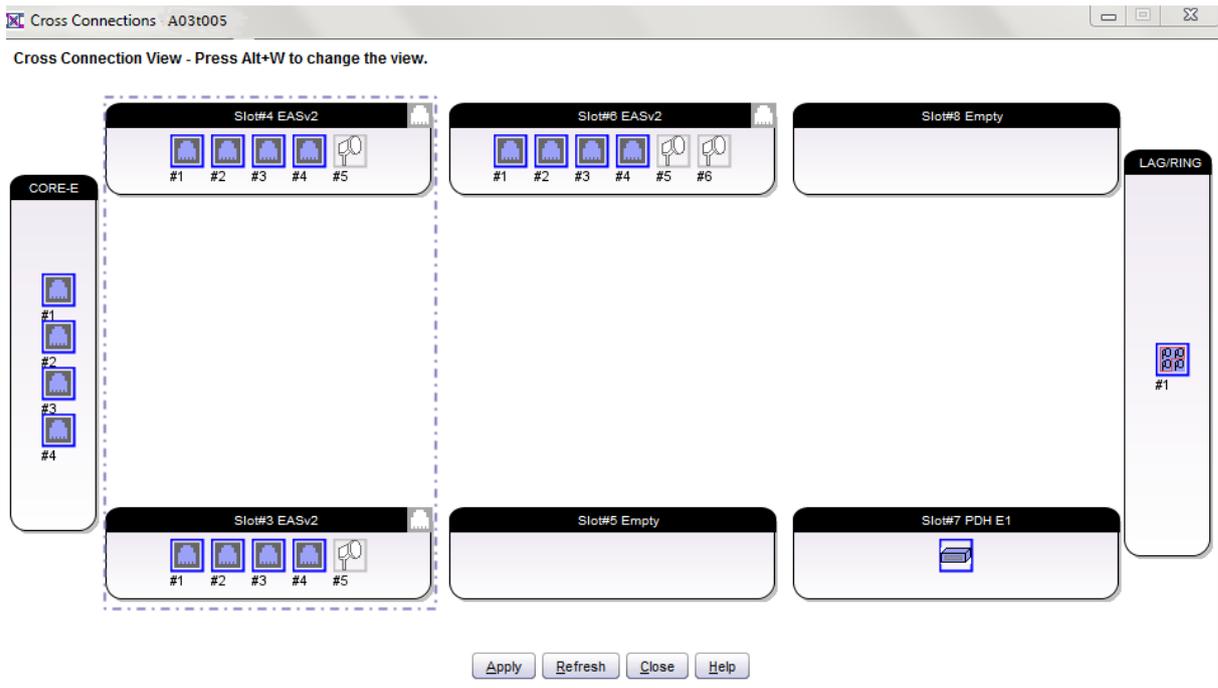


Figure IV.17 : Les cross connections effectuées sur le côté A03T005.

IV.6- Conclusion:

L'MPR est une très bonne technique pour la transmission, à travers ses options et ses avantages par rapport au cout d'installation ou à la supervision à distance, mais ça réussite pour l'opérateur revient à une bonne gestion de planification, et une bonne installation de ses équipements.

CONCLUSION GENERALE

Le présent projet concerne la simulation d'une liaison hertzienne du réseau UMTS accompagné d'une application.

Le travail a été entamé par une présentation globale du réseau UMTS, ses caractéristiques ainsi son fonctionnement. Le domaine du faisceau hertzien, beaucoup plus la propagation des ondes électromagnétiques avec des détails sur la canalisation de ces ondes a été présenté.

Pour avoir des détails sur la transmission par faisceau hertzien, nous avons choisi d'étudiés une liaison sur le plan de transmission de la 3G de l'opérateur « Djezzy », commençons par l'étape de planification avec une série de simulation qui traite le bilan de la liaison, en utilisant le logiciel pathloss4.0.

Enfin, on a complété le travail par un stage pratique dont laquelle on a assisté à l'installation d'une liaison bien définie (A03T005-A03X013), puis nous avons participé à toutes les étapes de l'installation de la liaison depuis la configuration jusqu'à sa mise en service, certains paramètres ont été évalués, tel que le bilan de la liaison, en utilisant le logiciel de configuration de l'équipement d'Alcatel Lucent 9500.

Ce travail nous a permis d'enrichir nos connaissances acquises durant le cycle de formation en graduation et d'acquérir une certaine expérience du monde professionnel.

Comme perspectives, il est souhaitable dans l'avenir de faire d'autres simulations et d'autres applications sur d'autres liaisons et d'étendre l'étude au réseau 4G.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Sami Tabbane, « Réseaux cellulaire », LAVOISER, 2002.
- [2] Xavier Lagrange, « Principe et évolution de l'UMTS », LAVOISER, 2005.
- [3] Javier Sanchez et Monadou Thione, «UMTS(3^e Ed. revue et augmentée)», 12/2007.
- [4] Ajgou.R et Abdesselam.S «Réseau UMTS».université el-oued.(cours).
- [5] Elie MVUBU MAYMBA ESMICOM Kinshasa, «services et Réseaux ».Grandnat 2011.
- [6] Alexander Boyer.« Canaux de transmissions bruités ».septembre 2011.
- [7] Jérone Rousseai, « spectre et des relations, avec les équipementiers ARCEP 7» avril 2016. paris.
- [8] Anael Nlandu, «radio transmission». 2012. (I.S.T.A de Kinshasa.)
- [9] M.Hulim N.Hulin D.Perrin, «Equations de Maxwell-ondes électromagnétiques» DUNOD paris, 1998.
- [10] [www.pathloss\(4.0\).com](http://www.pathloss(4.0).com) (Djezzy).
- [11] www.Alcatel Lucent 9500.com

Liste des Abréviations :

A

ARQ : Automatic Repeat reQuest.

AM : Modulation d'Amplitude.

ASK: Amplitude Shift Keying.

B

BPSK : Binary Phase Shift Keying.

BSC: Base de Station Control.

BTS : Base Terminal Station.

C

CEPT : Conférence Européenne des Postes et Télécommunications.

D

DSSS : Direct Sequence Spread Spectrum.

DCS : Digital Cellular System.

E

ERBdB : Emetteur Récepteur Bande de Base.

ETCD : Equipement Terminal de Circuit de Données.

ETTD : Equipement Terminal de Transmission de Données.

F

FDD : Frequency Division Duplex.

FEC : Forward Error Correction

FHSS : Frequency Hopping Spread Spectrum.

FM : Frequence **M**odulation.

FSK : Frequency Shift **K**eying.

FDMA : Frequency **D**ivision **M**odulation d'Amplitude.

G

GSM : Global System of **M**obil.

GPS : Global Positioning System.

I

IU : Infrastructure **U**sager.

IMT : Internationnal **M**obil **T**elecommunication.

IP : Internet **P**rotocol.

IDU : Indoot **U**nit.

M

MSK : Modulation Shift **K**eying.

MIC : Modulation d'Impulsion **C**odée.

MRF : Multiplexage par **R**epartition de **F**requence.

MPR : Microwave **P**acket **R**adio.

MSS : Maximum **S**egment **S**ize.

MPT: Media **T**ransfer **P**rotocol.

MSC: Mobil service **S**wiching **C**enter.

N

NTSC: National **T**elevision **S**ystem **C**omite

O

OOK: On Off **K**eying.

ODU: Outdoor Unit.

OSPF: Open Shortest Path First.

P

PM: Phase Modulation.

PSK: Phase Shift Keying.

Q

QPSK: Quadrature Phase Shift Keying.

QAM: Quadrature Amplitude Modulation.

R

RAN : Radio Access Network.

RNC: Radio Network Control

RRC: Radio Resource Control.

RFID: Radio Frequency Identification Transport en Anglais.

RI: Réseau Indipendant.

RG: «RJ» Registred Jack.

S

SRTM: Shuttle Radar Topography Mission.

T

TDD: Time Division Duplex

TDM: Time Division Modulation.

TMN: Telecommunication Movies Network.

U

UMTS: Universal Mobil Telecommunication System.

UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network.

UE: Usager Equipement.

UHF: Ultra Haut Frequence.

V

VHF: Very Haute Frequence.