

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

**Mémoire de Fin d'Etudes
De MASTER ACADEMIQUE**
Domaine : **Sciences et Technologies**
Filière : **Electronique**
Spécialité : **Réseaux Et Télécommunication**

Présenté par
Nadia SEUGUEL
Samira SARI

Thème

Etude de liaisons FHN dans le réseau d'Algérie Télécom

Mémoire soutenu publiquement le 01 Octobre 2014

Promoteur : M^r TAHANOUT
Co-Promoteur : M^r YESLI

REMERCIEMENTS

Nous tenons à adresser nos vifs remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin ont participé à l'élaboration de ce modeste travail.

Nous tenons à remercier et exprimer notre profonde gratitude plus particulièrement à **M^r TAHANOUT**, pour son encadrement.

Nos remerciements s'adressent également très vivement à **M^r YESLI** chef de Centre de Maintenance Radio Régionale d'Algérie télécom

Pour ses conseils fructueux qu'il nous a prodigués le long de notre projet malgré son occupation.

Nous adressons nos remerciements aussi à nos enseignants qu'ils nous ont bien voulu prodiguer durant nos études.

DEDICACE

Nous dédions ce modeste travail :

A nos très chers parents

A nos frères

A nos sœurs.

A nos amis.

A toute la promotion 2014/2015.

A tout nos enseignants.

Nadia et Samira

Sommaire

Introduction générale	1.
Chapitre I :Les réseaux de Nouvelles Génération (NGN)	3
1.1 Introduction	4
1.2 Topologie des réseaux existant	4
1.2.1 Les réseaux d'accès fixes	4
1.2.2 Réseaux IP	4
1.2.3 Scénarios de migration vers NGN	4
1.2.4 Principe générale et vue d'ensemble	6
1.2.5 Les entités fonctionnelles du cœur de réseau NGN	7
1.3 Les protocoles NGN	8
1.4 Type de NGN	9
1.5 Avantages du NGN	9
1.6 Les réseaux d'accès	9
1.8 Les technologies sans fils	10
1.9 Les techniques de transmissions et les protocoles IP et TCP.....	11
1.9.1- Différents types de multiplexages.....	11
1.9.2 Le protocole TCP/IP	13
1.9.2.1 Fonctionnement des réseaux IP	14
1.4.4 La hiérarchie PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy).....	14
1.4.4.1 La trame de base MIC primaire E1	15
1.9.5 Le système synchrone SDH (Hiérarchie numérique synchrone).....	16
1.4.5.1 Le multiplexage SDH	16
1.5 Conclusion.....	17
Chapitre II :Les Faisceaux Hertziens Numériques	18
2.I Introduction.....	18

2.2 Historique	18
2.3 Les liaisons radio électriques	18
2.3.1 La propagation des ondes électromagnétiques	19
2.3.1.1 Caractéristiques d'une onde électromagnétique	19
2.4 Les faisceaux hertziens numériques	20
2.4.1 Caractéristiques des FHN	20
2.4.2 Les éléments d'une liaison hertzienne	20
2.4.3 Structure générale d'une liaison hertzienne.....	21
2.4.3.1 Principe de fonctionnement	22
2.4.3.2 Condition de propagation.....	22
2.4.3.3 Effet de sol	25
2.4.3.4. Effet de l'atmosphère	27
2.4.3.5 La perturbation en transmission FHN.....	28
2.5 Modulation pour faisceaux hertziens numériques.....	30
2.5.1 Modulation QAM (Quadrature Amplitude Modulation).....	30
2.6 Signaux à transmettre et Multiplexage.....	31
2.6.1 Signaux numériques	31
2.7 Les équipements d'un faisceau hertzien.....	32
2.8.1 ODU (Outdoor Unit).....	33
2.8.2 Parabole ou antenne FH.....	33
2.8.3 Câble coaxial	33
2.8.4 Pylône	34
2.8.6 Les antennes	34
2.8.6.1 Les paramètres des antennes	34
2.9 Planification d'une liaison FH.....	35
2.10 Description de réseau de télécommunication FHN d'Algérie Télécom.....	37
2.11 Relation entre NGN et faisceaux hertziens.....	37

2.12 Conclusion.....	37
Chapitre III :Etudes des liaisons FHN	38
3.1 Introduction	39
3.2 Configuration actuelle de réseau de communication par FHN dans la Wilaya de Tizi-Ouzou	39
3.3 Etude de la liaison LNI_Azazga et CMRR _ belloua	41
3.3.1 Caractéristiques radioélectriques	41
3.3.2 Caractéristiques radioélectriques de la liaison CMRR_Belloua.....	42
3.4 Analyse de la liaison	42
3.5 Etude cartographique.....	44
3.5.1 Dégagement du trajet et examen de profils	44
3.5.2 Traçage de dén4ellation.....	45
3.5.3 Traçage de l'ellipsoïde de Fresnel	46
3.5.4 Disposition des antennes	47
3.6 Calcule de bilan de liaison pour la liaison CMRR-Belloua	50
3.7 Conclusion.....	52
Chapitre IV :Aquisition et analyses de données	53
4.1 Introduction	53
4.2 Mesure de la puissance émise et reçue de la liaison	53
4.3 Description de l'outil de gestion de l'IDU NEC IPASOLINK	53
4.4 Configuration des sites avec l'outil de gestion de l'IDU	53
1. Effectuer le test de Ping	54
2. Accès à l'interface de gestion de chaque IDU de chaque site.....	55
3. Vérifier les caractéristiques de chaque site	56
4. Acquisition des données.....	57
5. Analyse des données avec Matlab.....	58
4. 7. Conclusion	64

Conclusion Générale.....68

Liste des Figures

Figure1.1 : principe générale de l'architecture d'un NGN.....	8
Figure1.2 : L'architecture physique d'un réseau NGN.....	9
Figure 1.3 : les normes de réseaux sans fils.....	Erreur ! Signet non défini. 3
Figure 1.4 : La technique d'accès multiple FDMA.....	Erreur ! Signet non défini. 5
Figure 1.5 : La technique d'accès multiple TDMA.....	Erreur ! Signet non défini. 5
Figure 1-6 : La technique d'accès multiple CDMA.....	Erreur ! Signet non défini. 6
Figure 1.7: Infrastructure PDH.....	Erreur ! Signet non défini. 8
Figure1.8 : Multiplexage de PDH.....	Erreur ! Signet non défini. 8
Figure1.9 : La trame E1.....	Erreur ! Signet non défini. 9
Figure 2.1 : Liaison radio électrique.....	22
Figure 2.2 : propagation d'une onde électromagnétique.....	23
Figure 2.3 : synoptique d'une liaison hertzienne.....	25
Figure 2.4 : Dégagement de la ligne de visibilité (visibilité directe).....	27
Figure 2.5 : Dégagement dans l'ellipsoïde de Fresnel.....	27
Figure 2.6: cas d'un relais actif.....	28
Figure2.7 : cas d'un relais passif.....	28
Figure 2.8 : Réflexion de sol.....	29
Figure 2.9 : phénomène de Diffraction.....	30
Figure 2.10 : schéma électrique de la modulation QAM.....	31
Figure 2.11 : présentation de Modulation QAM dans le plan de Fresnel.....	31
Figure 2.12 : Modulation 16 QAM.....	34
Figure 2.13 : Equipements d'un FH.....	34
Figure 2.14 : Exemple d'un IDU (NEC IPASOLIK 1000)	35
Figure 2.15 : Polarisation Verticale Polarisation Horizontale D'un	36
Figure 2.16 : cabale coaxiale.....	37
Figure 2.17 : le réseau d'Algérie Télécom.....	42
Figure 3-1 : Map géographique présente la localisation de la wilaya de tizi-Ouzou.....	45
Figure 3-2: configuration de réseau de transmission dans la wilaya de Tizi-Ouzou.....	46
Figure3- 3: visualisation de la liaison LNI_Azazga.....	50
Figure 3.4 : Dénivellation.....	51
Figure 3.5 : Ellipsoïde de Fresnel.....	52
Figure3.6 : caractéristiques de bond.....	53
Figure 3.7 : Disposition des antennes (LNI-Azazga)	54
Figure 3.8: Disposition des antennes entre (CA2-Belloua).....	55
Figure3.9 : les paramètres de la liaison CA2-Belloua.....	57
Figure4.1 : IDU IPASOLOINK 300	60
Figure 4.2 : Test ping pour les deux liaisons sous MS-DOS.....	61

Figure 4.3 : Page d'accueil de l'interface de gestion de l'IDU	61
Figure 4.4 : les différents éléments de l'équipement.....	62
Figure 4.5 : Configuration de l'antenne de CA2	62
Figure 4.6 : Fenêtre de la configuration Radio.....	6Erreur ! Signet non défini.
Figure 4.7 : détection de la puissance reçue dans une journée	64
Figure 4.8 : Chaîne d'émission idéale	64
Figure 4.9 : Chaîne de réception idéale.....	65
Figure 4.10 : journées d'enregistrement des données.....	66
Figure 4.11: Niveau de réception Rx au niveau de CA2 (CA2 vers Beloua).....	66
Figure 4.12 : Niveaux de réception Rx au niveau de Beloua (Beloua vers CA2).....	67

Liste des Tableaux

Table 2.1 : le plan de fréquence utilise par Algérie télécom.....	33
Tableau 3-1: Planning des fréquences entre LNI et Azazga.....	47
Tableau 3-2: Planning des fréquences entre CMRR et Belloua.....	48
Tableau 3.3 : Bond LNI_Azazga.....	51

Introduction Générale

Introduction générale

L'échange d'informations et de données nécessite aujourd'hui des réseaux de télécommunications fiables, performants et capables de satisfaire les besoins des utilisateurs. De plus, ces réseaux doivent absorber un trafic en constante évolution, généré par une demande sans cesse de nouveaux services.

Les réseaux de la prochaine génération (NGN ou *Next Generation Network*), avec leur architecture répartie, exploitent pleinement des technologies de pointe pour offrir de nouveaux services, et augmenter les recettes des opérateurs tout en réduisant leurs dépenses d'investissement et leurs coûts d'exploitation.

Pour assurer un débit suffisant pour un client connecté à un réseau donné, la fibre optique reste la plus performante pour véhiculer un débit de plus en plus important. Toutefois, dans certaines régions avec une topographie accidentée, l'installation de la fibre n'est pas toujours possible ou coûte très cher. C'est pourquoi les liaisons Faisceaux Hertiens Numériques (FHN) sont un moyen très pratique pour remplacer la fibre optique même dans certaines parties du réseau de la téléphonie fixe.

Aujourd'hui, les FH numériques sont très souvent utilisés à la place des FH analogiques. Ces premiers sont basés sur le technique PDH, SDH et ils se sont évolués vers la transmission par voie IP. Cette évolution est due à la croissance de la demande d'information à transmettre. En effet, l'objectif majeur de l'utilisation des FH est d'assurer une transmission des informations avec une disponibilité appréciable. Ainsi, le coût doit être si raisonnable.

Pour assurer un débit assez élevé, les liaisons FHN travaillent souvent en visibilité direct à des fréquences élevées de l'ordre de Gigahertz en large bande. Comme le signal est transmis directement dans l'air, la perturbation météorologique, les trajets multiples ou d'autres sources hyperfréquences peuvent perturber le bon fonctionnement de ces liaisons, donc réduire les performances de transmission et le débit numérique.

Pour comprendre ses phénomènes perturbateurs, notre travail consiste en l'étude de deux liaisons FHN où on s'est intéressées à l'acquisition des données concernant les

Introduction Générale

puissances reçues afin d'analyser l'atténuation subie sur le chemin de propagation. Pour ce faire, nous avons procédé à une acquisition de ces données sur deux liaisons FHN dans le réseau Algérie Télécom de Tizi –Ouzou.

Pour présenter notre travail, nous avons structuré notre mémoire de quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous avons présenté l'évolution des réseaux sans fils traditionnels vers les réseaux NGN, en spécifiant ses caractéristiques, les principales couches, les entités fonctionnelles pour enfin citer les services offerts par les NGN. Le second chapitre fait l'objet d'une étude sur les réseaux FHN, leurs fonctionnements en se basant sur les notions théoriques des liaisons radiofréquences point à point en visibilité directe et avec relais. Le troisième chapitre repose sur l'étude des liaisons FHN existantes dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Le quatrième chapitre est consacré à l'étude des puissances de réception des antennes FH en nous basant sur les données récupérées via l'outil de gestion et de maintenance des IDU (InDoor Unit) d'une antennes FH, des données qui seront représentées par la suite sous Matlab. Et on terminera par une conclusion générale.

Chapitre I

1.1 Introduction

Les réseaux de télécommunications traditionnels évolueront vers un modèle ouvert, distribué, fortement basé sur le protocole IP et la transmission en mode paquet en général. Cette évolution technologique se fera de manière progressive pour les opérateurs et transparente pour les utilisateurs.

Ce chapitre présentera une étude technologique afin de décrire et comprendre l'ensemble des concepts nouveaux globalement désignés sous l'appellation NGN. Il inclut aussi une synthèse des évolutions technologiques majeures et le détail des nouveaux concepts liés aux NGN.

1.2 Topologie des réseaux existant

1.2.1 Les réseaux d'accès fixes

Les réseaux d'accès fixes s'adaptent progressivement au support de services de données à haut débit:

- Le réseau téléphonique commuté, initialement support des services voix, a permis une ouverture à des services voix/données haut débit grâce aux technologies xDSL accessibles aux nouveaux opérateurs par le biais du dégroupage de la boucle locale.
- L'accès Ethernet, initialement conçu pour fournir des services de données aux entreprises, voit son usage s'étendre en termes de débit, de périmètre d'utilisation et de services transportés (voix et donnée, multimédia). [1]

1.2.2 Réseaux IP

Les réseaux de transmission de données ont pour fonction initiale le transport d'informations numériques entre des ordinateurs distants. Les trois principales utilisations de l'Internet furent d'abord l'accès distant, le transport de fichiers et la messagerie électronique. L'apparition du WorldWideWeb qui permet une navigation transparente au travers de milliards de données stockées à travers le monde, a fait exploser les réseaux et particulièrement la technologie IP. Aujourd'hui, de nouvelles applications voient le jour et se répandent telles que la téléphonie IP, la vidéoconférence et les jeux vidéo interactifs.

1.2.3 Scénarios de migration vers NGN

Tous les scénarios de migration vers NGN se basent sur la séparation des fonctionnalités de transport, de contrôle. Chaque opérateur de réseau, voulant migrer vers le NGN, choisira potentiellement un chemin de migration différent. Ainsi, suivant les catégories des opérateurs, on définit différents types de migrations :

- Migration des réseaux à commutation de circuit utilisés pour les services de téléphonie.
- Migration des réseaux mobiles.
- Migration des réseaux à commutation de paquet utilisé pour les services data.

Les NGNs sont définis comme un réseau de transport en mode paquet permettant la convergence des réseaux Voix/données et Fixe/Mobile, ces réseaux permettront de fournir des services multimédia accessibles depuis différents réseaux d'accès. [2]

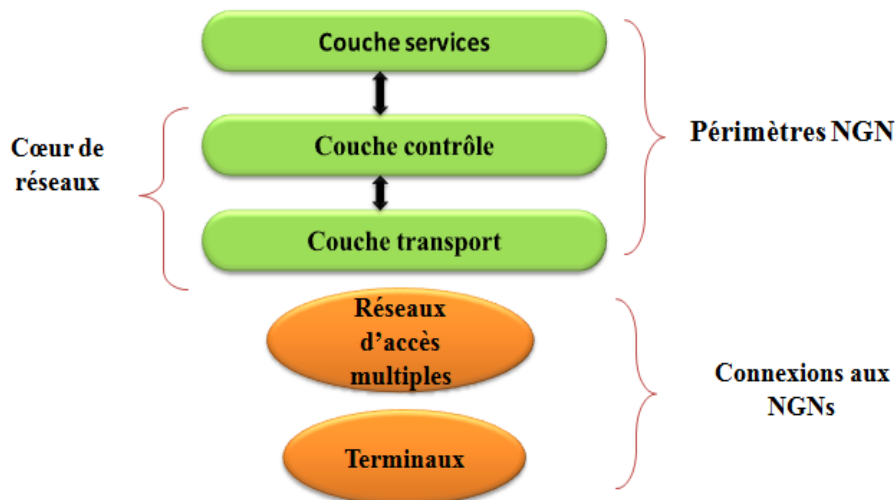


Figure 1.1 : principe générale de l'architecture d'un NGN

Afin de s'adapter à l'ouverture des nouveaux services, les NGN sont basés sur une évolution progressive vers le « tout IP ». Ils sont modélisés par une architecture en couches indépendantes (transport, contrôle, services et accès).

➤ La couche « Accès », qui permet l'accès de l'utilisateur aux services via des supports de transmission et de collecte divers : câble, cuivre, fibre optique, boucle locale radio, xDSL, réseaux mobiles.

➤ La couche « Transport », qui gère l'acheminement du trafic vers sa destination. En bordure du réseau de transport, des « Media Gateways » et des « Signalling Gateways » gère respectivement la conversion des flux de données.

➤ La couche « Contrôle », qui se compose de serveurs dit « Softswitch » gérant d'une part les mécanismes de contrôle d'appel (pilotage de la couche transport, gestion des adresses), et d'autre part l'accès aux services (ex : profils d'abonnés).

➤ La couche « Services », communique avec la couche contrôle du cœur de réseau via des interfaces ouvertes et normalisées, indépendantes de la nature du réseau d'accès utilisé.

1.2.4 Principe générale et vue d'ensemble

Les principales caractéristiques des réseaux NGN sont l'utilisation d'un unique réseau de transport en mode paquet (IP, ATM,...). Ces grands principes se déclinent techniquement comme suit concernant les équipements actifs du cœur de réseau NGN :

✓ **Remplacement des commutateurs traditionnels par deux types d'équipements distincts :**

- Des serveurs de contrôle d'appel dits Softswitch ou Media Gateway Controller (correspondant schématiquement aux ressources processeur et mémoire des commutateurs voix traditionnels).
- Des équipements de médiation et de routage dits Media Gateway (correspondant schématiquement aux cartes d'interfaces et de signalisation et aux matrices de commutation des commutateurs voix traditionnels), qui s'appuient sur le réseau de transport mutualisé NGN.

Apparition des nouveaux protocoles de contrôle d'appel et de signalisation entre ces équipements (de serveur à serveur et de serveur à Media Gateway).

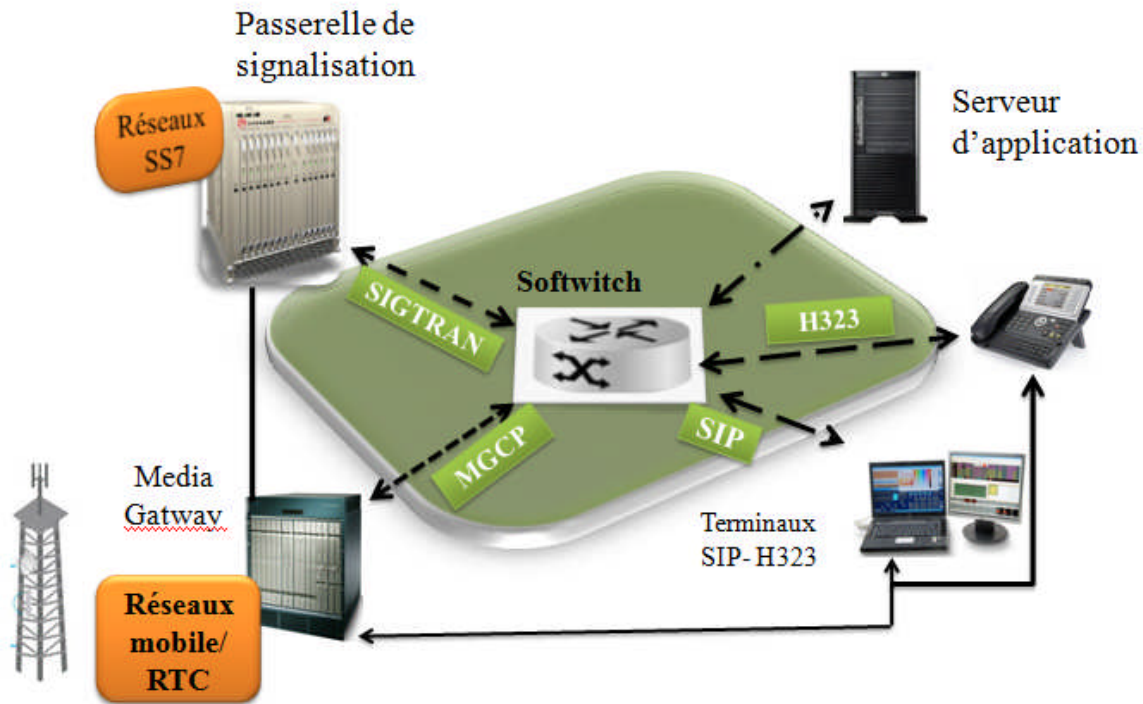


Figure 1.2 : L'architecture physique d'un réseau NGN

1.2.5 Les entités fonctionnelles du cœur de réseau NGN

1.2.5.1. Le Media Gateway (MG)

Le Media Gateway est située au niveau du transport des flux média entre le réseau RTC et le réseau en mode paquet, ou entre le cœur de réseau NGN et les réseaux d'accès. Il a pour rôle :

- Le codage et la mise en paquets du flux média reçu du RTC et vice-versa (conversion du trafic TDM (Time Division Multiplexing) en trafic IP (Internet Protocol)).
- La transmission, selon les instructions du Media Gateway Controller, des flux média reçus de part et d'autre.

1.2.5.2 Le serveur d'appel ou Media Gateway Controller (MGC)

Dans un réseau NGN, le MGC possède de « l'intelligence » et c'est lui qui gère :

L'échange des messages de signalisation transmise de part et d'autre avec les passerelles de signalisation, et l'interprétation de cette signalisation.

➤ *Le traitement des appels*

Dialogue avec les terminaux H.323, SIP, communication avec les serveurs d'application pour la fourniture des services.

- *Le choix du MG de sortie selon l'adresse du destinataire, le type d'appel, la charge du réseau, etc.*
- *La réservation des ressources dans le MG et le contrôle des connexions internes au MG* (commande des Media Gateways).

1.2.5.3 Le Signaling Gateway (SG)

La fonction Signaling Gateway a pour rôle de convertir la signalisation échangée entre le réseau NGN et le réseau externe interconnecté selon un format compréhensible par les équipements chargés de la traiter, mais sans l'interpréter (ce rôle étant dévolu au Media Gateway Controller). Notamment, elle assure l'adaptation de la signalisation par rapport au protocole de transport utilisé (ex. : adaptation TDM /IP).

Cette fonction est souvent implémentée physiquement dans le même équipement que la Media Gateway, d'où le fait que ce dernier terme est parfois employé abusivement pour recouvrir les deux fonctions MG + SG.

1.2.6 Multi-Service Access Node (MSAN)

Les MSAN constituent une évolution naturelle des DSLAMs (Digital Subscriber Line Access Multiplexer). Un MSAN est un équipement qui constitue, dans la plupart des architectures de type NGN, un point d'entrée unique vers les réseaux d'accès des opérateurs. A la différence d'un DSLAM, dont le châssis ne peut supporter que des cartes permettant de proposer des services de type xDSL, un MSAN peut supporter des cartes RNIS, Ethernet ou encore X25. De ce fait, au sein d'un seul et même châssis, l'opérateur peut déployer toutes les technologies d'accès envisageables sur son réseau.[3]

1.3 Les protocoles NGN

La convergence des réseaux voix/données ainsi que le fait d'utiliser un réseau en mode paquet pour transporter des flux multimédia, ayant des contraintes de « temps réel », a nécessité l'adaptation de la couche Contrôle. En effet ces réseaux en mode paquet étaient généralement utilisés comme réseau de transport mais n'offraient pas de services permettant

la gestion des appels et des communications multimédia. Cette évolution a conduit à l'apparition de nouveaux protocoles, principalement concernant la gestion des flux multimédia, au sein de la couche Contrôle.

On peut classer les protocoles de contrôle en différents groupes :

- ***Les protocoles de contrôle d'appel***

Permettant l'établissement, généralement à l'initiative d'un utilisateur, d'une communication entre deux terminaux ou entre un terminal et un serveur, les deux principaux protocoles sont H.323 et l'UIT et SIP.

- ***Les protocoles de commande de Media Gateway***

Ils sont issus de la séparation entre les couches Transport et Contrôle, permettent au Softswitch ou Media Gateway Controller de gérer les passerelles de transport ou Media Gateway. MGCP (Media Gateway Control Protocol) et H.248/MEGACO, sont actuellement les protocoles prédominants.

- ***Les protocoles de signalisation entre les serveurs de contrôle (ou Media Gateway Controller) permettant la gestion du plan contrôle :***

- Au niveau du cœur de réseau avec des protocoles tels que BICC (Bearer Independent Call Control), SIP-T (SIP pour la téléphonie) et H.323.

- A l'interconnexion avec les réseaux de signalisation SS7, généralement via des passerelles de signalisation ou Signalling Gateways par l'utilisation de protocole tel que SIGTRAN. De plus, l'interconnexion de ces réseaux de données avec les réseaux existants de téléphonie (TDM avec signalisation SS7) a nécessité le développement de protocoles dédiés à l'interconnexion des réseaux et au transport de la signalisation SS7 sur des réseaux en mode paquet.

1.4 Type de NGN

Il existe trois types de réseau NGN : NGN class 4, NGN Class 5 et NGN Multimédia. Les NGN class 4 et class 5 sont des architectures de réseau offrant uniquement les services de téléphonie. Il s'agit donc de NGN téléphonie. Dans le RTC, un commutateur class 4 est un centre de transit. Un commutateur class 5 est un commutateur d'accès aussi appelé centre à

autonomie d'acheminement. Le NGN class 4 (respectivement NGN class 5) émule donc le réseau téléphonique au niveau transit (respectivement au niveau accès) en transportant la voix sur un mode paquet.

1.5 Avantages du NGN

Cette nouvelle topologie offre les avantages suivants : Grâce au NGN, l'opérateur dispose d'un réseau multiservice permettant d'interfacer n'importe quel type d'accès (Boucle locale, PABX, Commutateur d'accès téléphonique, accès ADSL, accès mobile GSM ou UMTS, téléphone IP, etc.).

L'opérateur n'aura plus à terme qu'à exploiter un seul réseau multiservice. Elle utilise le transport comme l'IP ou l'ATM ignorant les limites des réseaux TDM (Time Division Multiplexing) à 64 kbit/s.

C'est une topologie ouverte qui peut transporter aussi bien les services téléphoniques que les services multimédia (vidéo, données temps réel). En effet, la couche transport peut être modifiée sans impact sur les couches contrôle et application.[5]

1.6 Les réseaux d'accès

➤ *La paire torsadée*

Actuellement on utilise plutôt des câbles constitués de 2 ou 4 paires torsadées. Elle est très répandue, de connexion facile et d'un faible coût mais elle possède une faible immunité aux bruits.

➤ *Le câble coaxial*

Il s'agit de 2 conducteurs concentriques isolés par une gaine diélectrique. Une gaine extérieure, parfois blindée, entoure l'ensemble. Cette construction assure au câble une bonne résistance aux signaux parasites. Des débits de 10 Mb/s peuvent transiter par de tels câbles, dont la longueur n'excède pas quelques centaines de mètres. Il existe deux types de câbles coaxiaux, le câble épais (jaune) et le câble fin (noir).

➤ *La fibre optique*

Ce type de câble, léger, possède une immunité parfaite au bruit et présente une très faible atténuation. Il tolère sans problème des débits de 100 Mb/s et plus. La largeur de bande

atteint quelques dizaines de Mhz dans le cas des fibres multi modes et quelques GHz dans celui des fibres monomodes. Toutefois, malgré sa flexibilité, ce type de câble ne convient pas pour des connexions dans un réseau local car son installation est problématique et son coût est élevé. C'est la raison pour laquelle on lui préférera la paire torsadée ou le câble coaxial pour de petites liaisons.

1.8 Les technologies sans fils

Plusieurs technologies permettent de fournir des services voix et données fixes en utilisant un accès radio. On citera notamment la boucle locale radio (FH). Les réseaux locaux sans fils et Bluetooth. De nouvelles technologies ont été introduites ces dernières années sous l'appellation WLAN (Wireless Local Area Network). Elles ont été normalisées par l'IEEE et sont généralement connues sous les normes 802.11a/b/g. Ces normes offrent des débits d'une dizaine de Mbps.

La figure (1.3) présente les normes les plus répandues des réseaux sans fil :

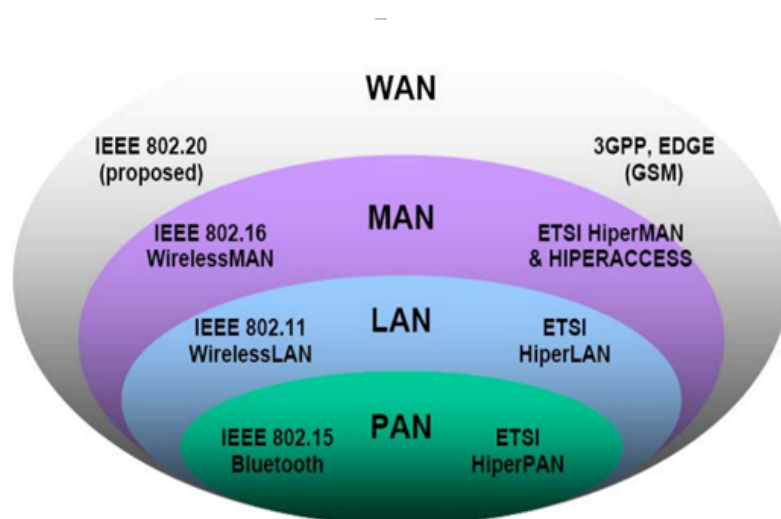


Figure 1.3 : les normes de réseaux sans fils

1.9 Les techniques de transmissions et les protocoles IP et TCP

1.9.1- Différents types de multiplexages

Le multiplexage est une opération consistant à assembler des signaux issus de plusieurs sources distinctes en un seul signal composite destiné à être transmis sur une voie de transmission commune.

Le Multiplexage est avant tout effectué par des équipements (les multiplexeurs) qui permettent de prendre en charge sur une voie haute vitesse plusieurs voies basses vitesses simultanément. Pour augmenter la capacité des grands réseaux sur fibre optique, il existe deux méthodes :

- 1- Accroître le débit du train numérique (155 Mbits/s, 622 Mbits/s, 2,5 Gbits/s, puis 10, puis 40) avec l'utilisation du multiplexage temporel (TDM),
- 2- Faire passer plusieurs canaux dans la même fibre optique, chacun étant caractérisé par une longueur d'onde. Cette seconde méthode se nomme le multiplexage en longueur d'onde ou WDM (Wavelength Division Multiplexing) ou encore DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing).

Parmi les méthodes d'accès les plus utilisées on a :

➤ **FDMA (AMRF : Accès Multiple à Répartition par Fréquences)**

La technique FDMA a été la première méthode développée et utilisée dans les systèmes de téléphonie analogique. En outre elle consiste à diviser la bande passante du canal en N (nombre d'utilisateurs) sous bandes de fréquences. Ses inconvénients sont : les interférences entre canaux adjacents et la complexité du système d'émission-réception.

Pour ce type d'accès multiple, une bande de fréquences est allouée à chaque utilisateur. L'ensemble est juxtaposé et transmis sur un même canal de transmission. En réception, un filtre sélectif accordé sur la bande de fréquence de l'utilisateur désiré permet de récupérer les données.

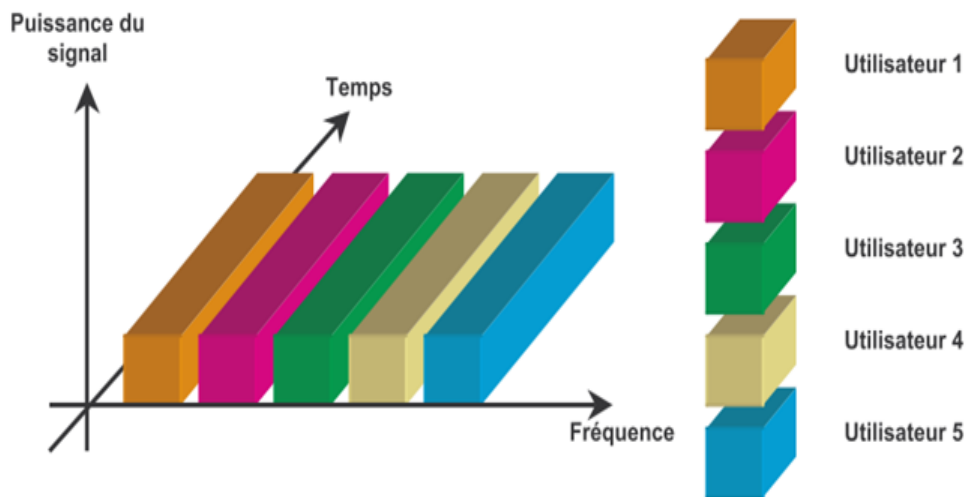


Figure 1.4 : La technique d'accès multiple FDMA

➤ **TDMA (AMRT : Accès Multiple à Répartition par le Temps)**

La méthode TDMA est basée sur la répartition des ressources en temps. Les utilisateurs partagent la même bande passante et émettent les données à transmettre dans les différents intervalles de temps ou « slot » qui leur sont alloués.

Le récepteur effectue l'opération de démultiplexage pour récupérer les données.

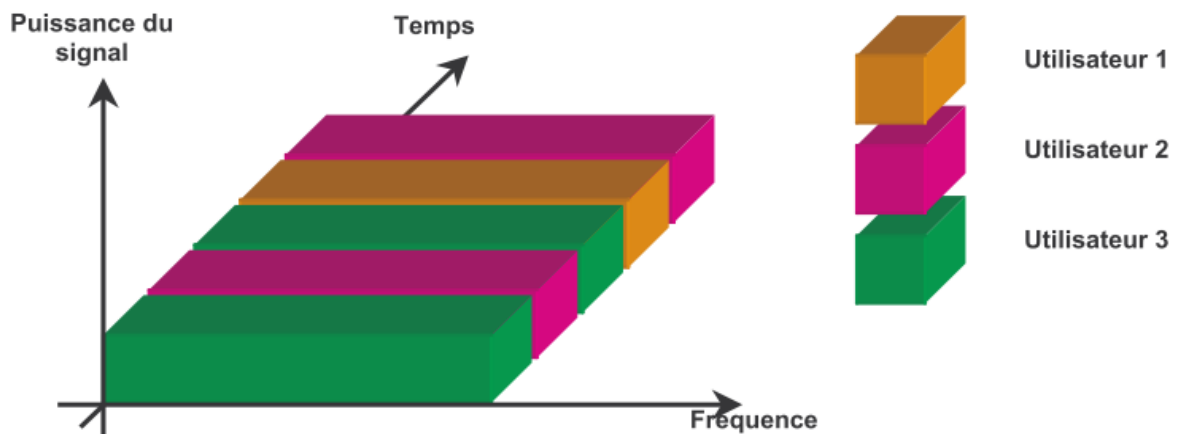


Figure 1.5 : La technique d'accès multiple TDMA

➤ **CDMA (AMRC : Accès Multiple à Répartition par Code)**

C'est une technique large bande dans laquelle le spectre radiofréquence est partagé en canaux de 1,23 MHz de largeur. Les canaux de trafic sont obtenus en assignant à chaque

usager un code unique à l'intérieur de ce canal. Chaque signal d'utilisateur est ensuite étalé sur toute la largeur du canal pour être transmis.

Le principe est le suivant : à chaque utilisateur correspond une clé (ou code) à l'aide de laquelle son message est codé avant d'être émis. Chaque code d'un utilisateur est orthogonal aux restes de codes liés aux autres utilisateurs. Dans ce cas, pour écouter l'utilisateur N le récepteur n'a qu'à multiplier le signal reçu par le code N associé à cet utilisateur.

Cette technique permet de multiplexer des informations sur un seul support de manière synchrone ou asynchrone.

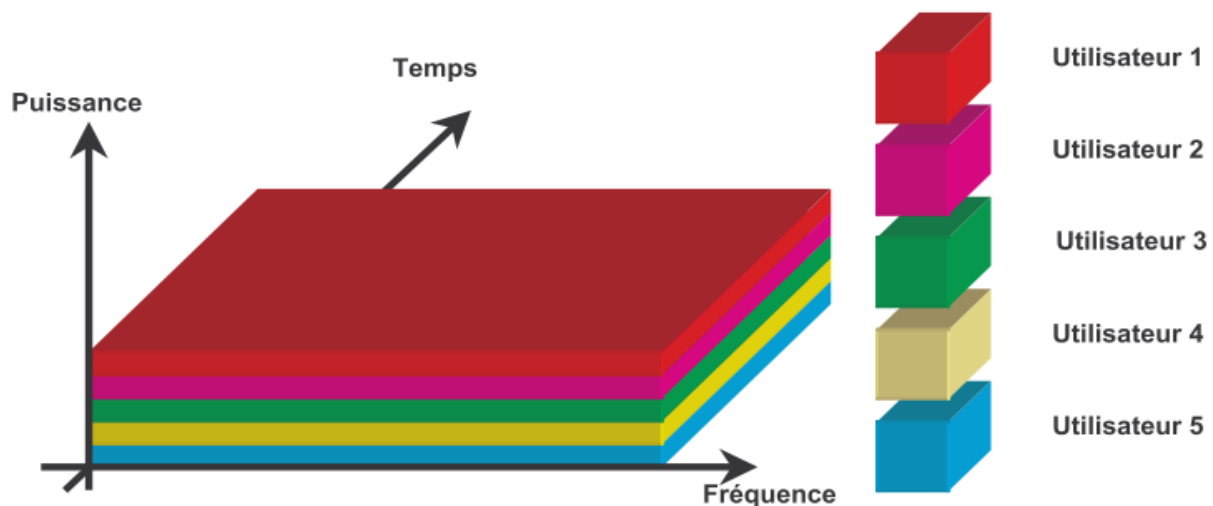


Figure 1-6 : La technique d'accès multiple CDMA

1.9.2 Le protocole TCP/IP

TCP/IP est un sigle très connu dans le domaine des réseaux, il correspond à toute une architecture. Au sens strict, TCP/IP est un ensemble de deux protocoles :

- IP (Internet Protocol), qui est un protocole de niveau paquet.
- TCP (Transmission Control Protocol), qui est un protocole de niveau message.

Cependant lorsqu'on parle d'un réseau IP, on indique l'environnement allant du protocole IP jusqu'aux applications.

1.9.2.1 Fonctionnement des réseaux IP

Dans cet environnement de base, les utilisateurs qui ne sont pas connectés au même réseau ne peuvent pas communiquer. L'Internet est le résultat de l'interconnexion de ces différents réseaux physiques par des routeurs.

Pour obtenir l'interfonctionnement des différents réseaux, la présence du protocole IP est obligatoire dans les nœuds qui vont faire le routage entre les réseaux. Globalement, l'Internet est donc un réseau à transfert de paquets. Ces paquets traversent un (ou plusieurs) sous-réseaux pour atteindre leur destination, sauf si l'émetteur se trouve dans le même sous-réseau que le récepteur.

1.4.3 Les paramètres de la voix sur IP

Les aspects déterminants pour la qualité de la voix sur un réseau sont le traitement de la voix, la clarté, le délai de bout en bout et l'écho. Ils dépendent des différents composants de la chaîne de transmission, de l'architecture générale de la chaîne, et dans le cas de la VoIP des flux concurrents. Ces aspects sont les suivants :

- ✓ Traitement de la voix : lors de l'émission du signal, la voix est traitée, c'est-à-dire codée et éventuellement compressée, avant d'être transmise.
- ✓ La clarté et la mesure de fidélité de la voix reçue par rapport à la voix émise.
- ✓ Le délai de bout en bout est le temps de propagation de la voix à travers le réseau de l'émetteur vers le récepteur.
- ✓ L'écho est le son émis par l'émetteur qui lui revient.

1.4.4 La hiérarchie PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

La technique PDH est utilisée dans les réseaux de télécommunications afin de véhiculer les voies téléphoniques numérisées. Elle s'agit d'un système de multiplexage hiérarchique et numérique à haut débit (140 Mbits/s).

Elle définissait, entre les points du réseau de l'opérateur, des jonctions **Mic** à 2Mbit/s accueillant 32 circuits à 64 kbit/s par multiplexage temporel. C'est à partir de ce multiplexage successif des circuits sur plusieurs niveaux que la hiérarchie des débits a été créée en Europe : 2 (E1), 8 (E2), 34 (E3), 140 (E4).



Figure 1.7: Infrastructure PDH

Cette technologie utilise un multiplexage bit à bit, il faut multiplexer quatre lien E1 pour obtenir un lien E2, quatre liens E2 pour obtenir un lien E3, quatre liens E3 pour obtenir un lien E4, il est nécessaire de démultiplexeur l'ensemble de flux pour extraire l'information.



Figure 1.8 : Multiplexage de PDH

1.4.4.1 La trame de base MIC primaire E1

Le système MIC normalisé par les Européens est appelé MIC **E1** (Européen, 1er Niveau). Le transfert de données est basé sur un flux à 2 048 kbit/s. Pour la transmission de la voix, ce flux est séparé en 30 canaux de 64 kbit/s et 2 canaux de 64 kbit/s ; utilisés pour la signalisation et la synchronisation. On divise donc l'intervalle séparant 2 échantillons successifs pour une voie par 32 Intervalles de Temps égaux par l'aide de Multiplexeur. La trame est composée d'intervalles de temps élémentaires (IT ou time slot) dans lequel se trouve un octet (8bits). Pour un utilisateur, chaque IT lui correspondant est séparé périodiquement de $125\mu\text{s}$.

Les **IT1 à 15** et **17 à 31** sont dédiées aux transferts d'informations, les autres servent à la signalisation :

- l'IT0 : est réserve au verrouillage de trame.
- l'IT16 : est généralement réserve au transport de la signalisation des diverses voies du multiplex. [6] [7]

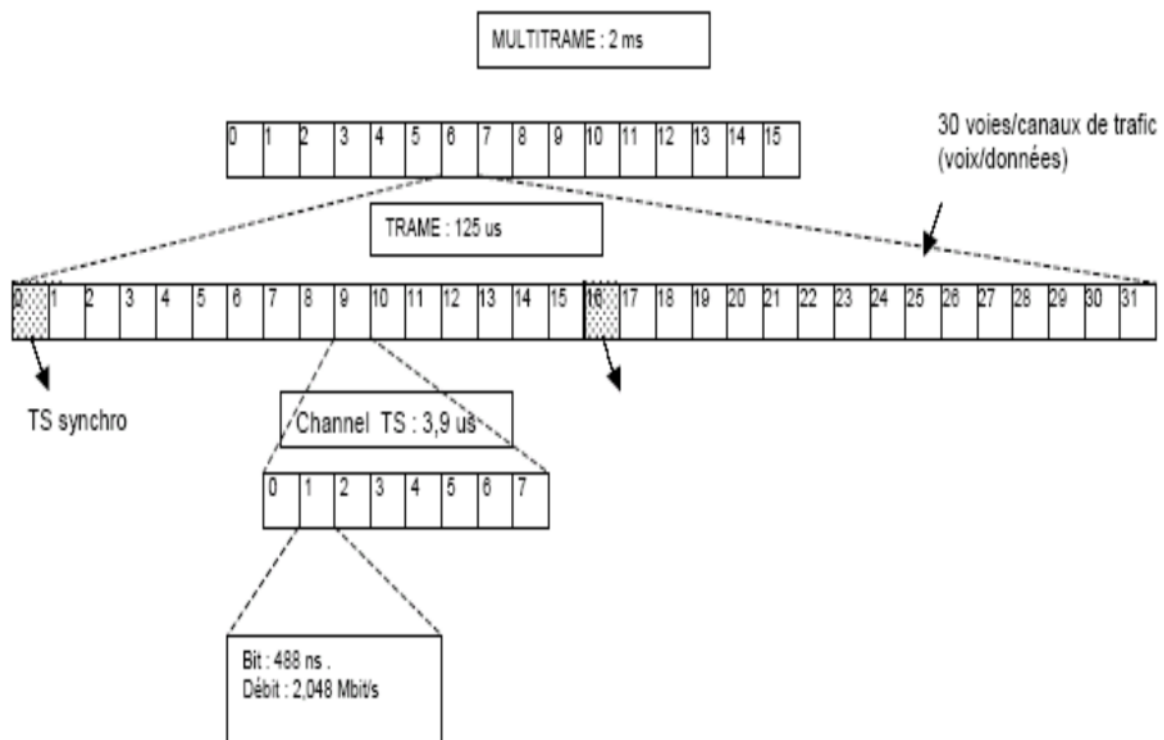


Figure 1.9 : La trame E1

1.9.5 Le système synchrone SDH (Hiérarchie numérique synchrone)

Le système SDH définit des niveaux successifs de concentration et des multiplexages des voies de transmission. SDH est un système qui pallie les principaux défauts du PDH et supporte des débits très élevés. SDH est caractérisé par :

- Débit de base de 155,520 Mbits/s en Europe.
- Support Fibre Optique.
- Supporte les affluents de la Hiérarchie PDH.
- Sécurité Intégrée (basculement sur une liaison de secours).

La transmission des données s'effectue dans une trame de base au débit de 155,520 Mbits/s appelée module de transport STM-1. Les débits les plus élevés se transmettent dans des trames aux débits multiples de 4 de cette trame de base.

1.4.5.1 Le multiplexage SDH

Le SDH utilise le multiplexage synchrone. Ce type de multiplexage procure une visibilité directe des signaux transportés à l'intérieur d'une trame STM1 à 155Mbit/s. (STM 4

pour des débits de 622 Mbits/s). La trame STM 1 est Structurée en neuf rangées de 270 octets, soit une longueur de 2 430 octets pour une durée de 125 μ s et un débit de 155 Mbits/s. La trame a une capacité utile de 2 349 octets pour un débit de 150 Mbits/s et détient une capacité réservée à la gestion de 81 octets avec un sur débit de 5 Mbits/s.

À l'heure actuelle, le STM1 (155.Mbit/s), STM 4 (622 Mbits/s) et STM 16 (2,4 Gbits/s) sont normalisés. [6] [7]

1.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons introduit les NGN et présenté l'intérêt de leurs mises en œuvre, caractéristiques, hiérarchies et les types des réseaux NGN existants, sont des étapes nécessaires pour pouvoir comprendre les stratégies d'évolution des réseaux actuels fixes ou mobiles vers une architecture multiservices . L'objectif du chapitre suivant est les représentations de différentes caractéristiques d'un faisceau hertzien numérique.

Chapitre II

2.1 Introduction

Aujourd'hui, les FH numériques sont beaucoup plus utilisés que les FH analogiques et remplacent petit à petit ces derniers. Cette évolution est due à la croissance de la demande d'informations à transmettre. En effet, l'objectif majeur de l'utilisation des FH est d'assurer une transmission des informations avec une disponibilité appréciable.

2.2 Historique

- Première transmission sans fil

Guglielmo MARCONI transmet des signaux sur quelques kilomètres en 1896

- Première transmission hyperfréquence

André CLAVIER du Laboratoire Central des Télécommunications à Paris réussit une expérimentation à 1.7 Ghz en 1930

- Première liaison F.H. officielle Calais-Douvres en 1.7 Ghz sur près de 40 Km le 31 mars 1931 avec des antennes paraboliques de 3 mètres de diamètre.

2.3 Les liaisons radio électriques

Les liaisons radioélectriques utilisent la propagation des ondes électromagnétiques dans l'air libre. Etant donné que les bandes de fréquence utilisées sont imposées, le signal à transmettre sera toujours transposé en fréquence par modulation.

Une liaison peut s'établir en visibilité directe entre plusieurs stations sur des points hauts. Elle a une portée variant de 10 à 60 Km, mais la distance qui est souvent utilisée est de 50 Km.

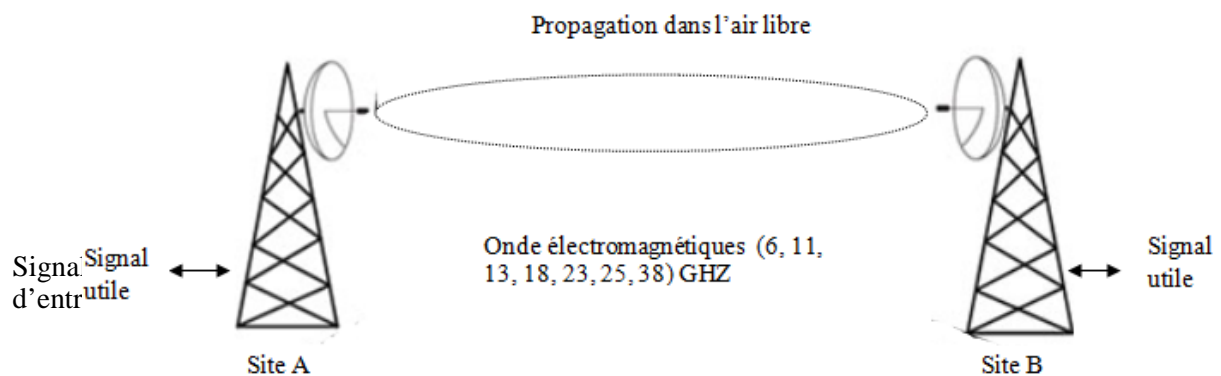


Figure 2.1 : Liaison radio électrique

2.3.1 La propagation des ondes électromagnétiques

Dans une liaison hertzienne, c'est une onde électromagnétique qui porte l'information à transmettre. 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. [8]

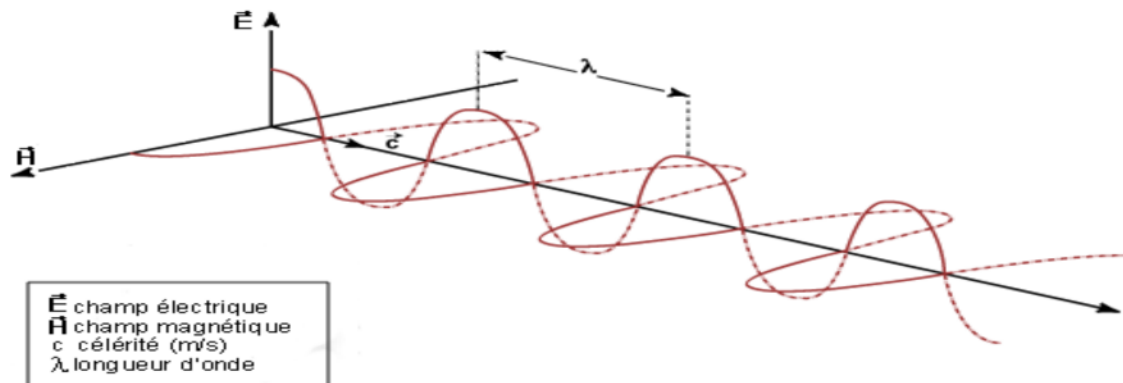


Figure 2.2 : propagation d'une onde électromagnétique

2.3.1.1 Caractéristiques d'une onde électromagnétique

Les caractéristiques principales d'une onde électromagnétique sont :

➤ **La polarisation** : C'est l'orientation des champs électriques par rapport à l'horizontale.

Si le champ est parallèle à l'horizontale, on dit que l'onde a une polarisation horizontale. Si le champ \vec{E} est perpendiculaire à l'horizontale, on dit que l'onde a une polarisation verticale.

Dans le cas général (angle quelconque du champ \vec{E}), on a alors une composante horizontale et une composante verticale.

➤ **La vitesse de propagation** : Dans le vide, une onde électromagnétique se propage à la vitesse de la lumière $c = 3.10^8$ m / s.

➤ **La fréquence** : En un point donné, c'est le nombre de maxima de champ par seconde. Elle est égale à la fréquence du générateur qui a donné naissance à l'onde. L'unité est l'Hertz. On la note f .

➤ **La longueur d'onde** : C'est la distance parcourue par l'onde pendant la durée d'une période. On la note λ

Avec :

$$\lambda = \frac{C}{f} \quad (2.1)$$

Avec :

λ : longueur d'onde

C : la vitesse de la lumière

f: fréquence

2.4 Les faisceaux hertziens numérique

Le faisceau hertzien est un système de transmission entre deux points fixes par propagation des ondes électromagnétiques en espace libre à l'aide des antennes très directives où la liaison est duplex, chaque extrémité est à la fois émettrice et récepteur. [9]

2.4.1 Caractéristiques des FHN

Les Faisceaux Hertziens numériques acheminent principalement :

- Des multiplex numériques de téléphonie dont le débit varie entre (2 Mbit/s à 140 Mbit/s)
- Transmission de données à grande vitesse
- Visiophonie et la TV codée.

2.4.2 Les éléments d'une liaison hertzienne

➤ **Emetteur** : Il est caractérisé par sa puissance émise Tx exprimée en dBm ou dBW.

➤ **Liaison émetteur- antenne émission** : elle est généralement réalisée en câble coaxial.

A très haute fréquence (> quelques GHz). Elle est caractérisée par son atténuation A_{EL} , exprimée en dB.

Dans les petits systèmes, où tout est intégré (Wifi, téléphone mobile, etc..) cette liaison n'existe pas (LE = 0dB)

➤ **Antenne émission** : Elle est caractérisée par son Gain d'antenne G_{Tx} , exprimé en dBi.

➤ **Distance d** : c'est distance entre l'émetteur et le récepteur, elle introduit une atténuation A_{EL} (pour atténuation en espace libre) égale à :

$$A_{EL} = 20 \cdot \log \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right) \quad (2.2)$$

Avec :

A_{EL} : atténuation exprimé en dB

λ : La longueur d'onde

D : distance entre l'émetteur et le récepteur

➤ **Liaison antenne réception- récepteur**

➤ **Antenne réception** : Elle est caractérisée par son gain d'antenne G_{RX} , exprimé en dBi.

➤ **Récepteur** : Le paramètre qui nous intéresse ici est R_x , puissance reçue par le récepteur.

Elle est généralement exprimée en dBm. [9]

2.4.3 Structure générale d'une liaison hertzienne

Une liaison par faisceaux hertziens numériques peut être :

- Unilatérale (transmission TV)
- Bilatérale (transmission des voies téléphoniques ou des données).

Une liaison FHN comprend généralement des stations relais actives ou passives qui permettent d'amplifier et réémettre le signal vers la station de destination.

✓ La structure générale d'une liaison hertzienne (numérique ou analogique) sous forme simplifiée est :

- une bande de base (BF)
- Un MODEM (HF)
- Un émetteur – récepteur (SHF)
- Un système d'exploitation : Voie de service, télécommande, télésurveillance, télésignalisation.
- Des antennes et des branchements hyperfréquences.

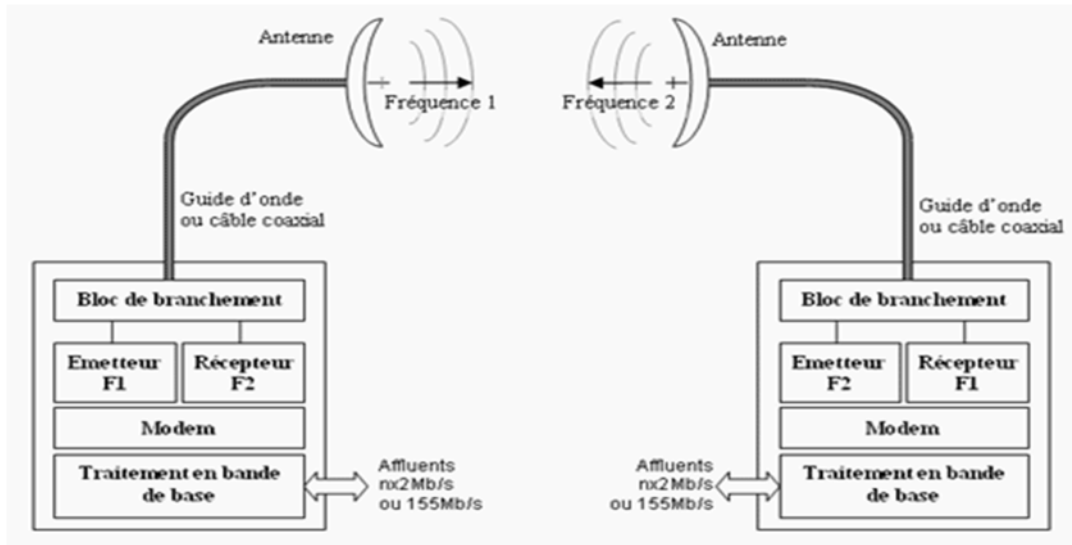


Figure 2.3 : synoptique d'une liaison hertzienne

2.4.3.1 Principe de fonctionnement

L'équipement de la bande de base permet de répartir les voies sur l'axe de temps selon la technique TDMA. Avant cette opération, le signal passe par un échantillonnage préalable formant une trame de durée égale à la durée de l'échantillonnage. Les multiplexeurs dépendent du débit binaire. Pour les fortes capacités, des multiplexeurs à 155 Mbits sont utilisés. Ils servent à dissocier et à grouper les affluents issus des codeurs et décodeurs TV à 34 Mbits.

L'équipement FI est constitué d'un modulateur/démodulateur. Il assure la transposition de la fréquence de la bande de base en une fréquence intermédiaire FI. La modulation utilisée pour des fortes capacités telles que 140 et 155 Mbits est la modulation d'amplitude en quadrature (64QAM). Le signal FI sera amplifié par un amplificateur à 3 dB. A la réception, on utilise une démodulation cohérente. Le démodulateur restitue le signal amplifié et les signaux de services.

L'équipement radiofréquence est constitué d'un émetteur_ récepteur. Elle assure les fonctions suivantes :

- ✓ Amplification du signal à émettre et à recevoir
- ✓ Transposition de fréquence de la fréquence FI à la fréquence SHF.

L'opération inverse en réception. [10]

Remarque : la fréquence intermédiaire c'est la fréquence qu'on transpose, pour pouvoir filtrer, distribuer, moduler et démoduler le signal plus facilement.

2.4.3.2 Condition de propagation

➤ Faisceau Hertzien à visibilité directe

On appelle liaison en visibilité directe une liaison dans laquelle le trajet entre antennes d'émission et de réception est suffisamment dégagé de tout obstacle pour que les phénomènes de diffraction sur le sol soient négligeables.

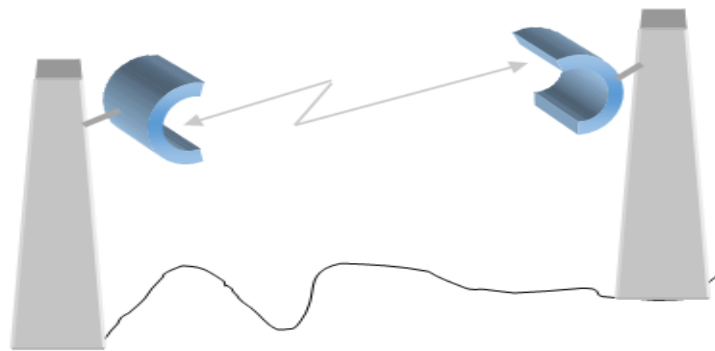


Figure 2.4 : faisceaux hertziens à visibilité directe

➤ Faisceaux Hertiens transhorizon :

Le Faisceau Hertzien transhorizon utilise la diffusion et la diffraction des ondes électromagnétiques dans les zones turbulentes de la troposphère pour établir la liaison entre les antennes.

- **Oralité d'une liaison hertzienne**

La qualité d'une liaison hertzienne doit répondre à certaines normes et cela pour atteindre l'objectif visé, les conditions suivantes de la propagation en visibilité directe doivent être remplies :

- ✓ La droite de visibilité directe joignant les deux foyers de deux antennes ne doit pas rencontrer la surface du sol.

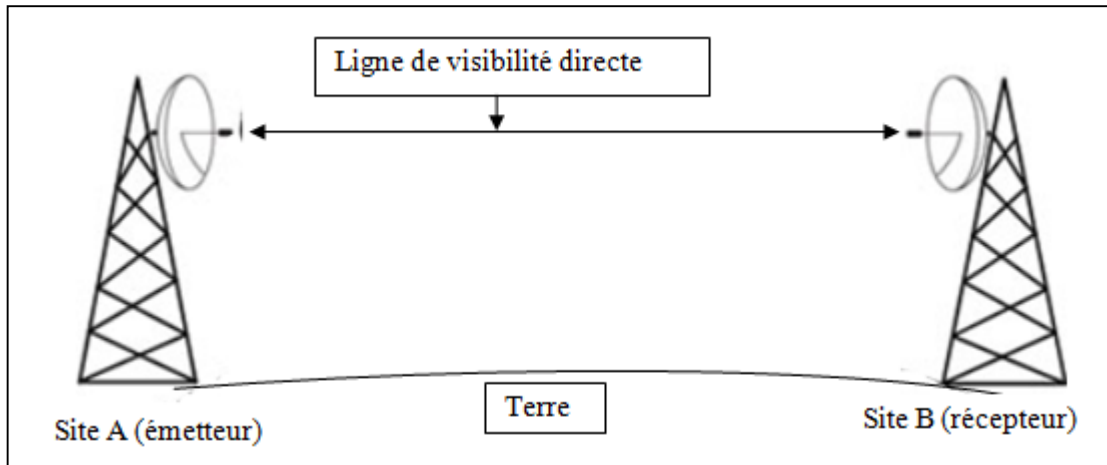


Figure 2.5: Dégagement de la ligne de visibilité (visibilité directe)

- ✓ L'ellipsoïde de Fresnel doit être dégagé au moins de 60% de tout genre d'obstacle

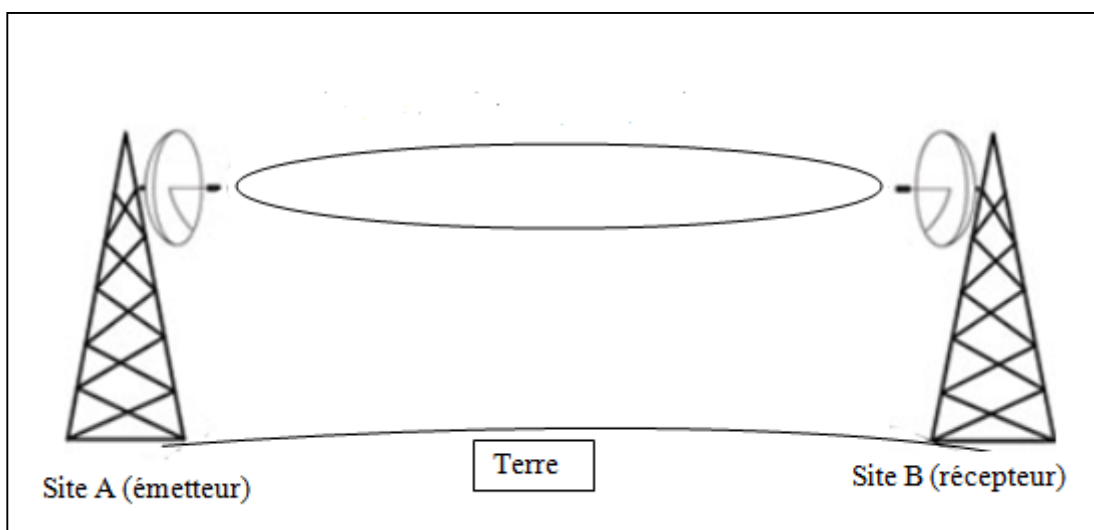


Figure 2.6 : Dégagement dans l'ellipsoïde de Fresnel

- ✓ Le phénomène de réflexion et de diffraction tout le long du trajet hertzien doit être minime. Lorsque la distance entre l'émetteur et le récepteur est très importante (dépasse 40 Km), la continuité de la liaison est assurée pas des stations relais.

➤ **Solutions possibles en cas de non visibilité**

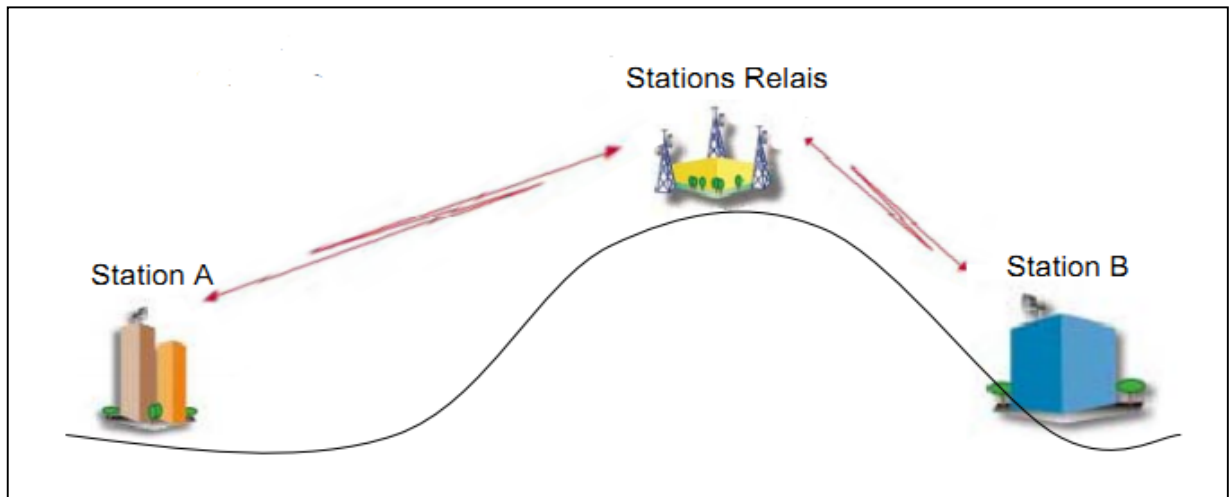


Figure 2.7 : cas d'un relais actif

Le relais actif permet d'assurer la transposition de la fréquence reçue en fréquence de rémission afin de réduire le phénomène d'interférence émission sur réception

✓ Relais Passif ou réflecteur :

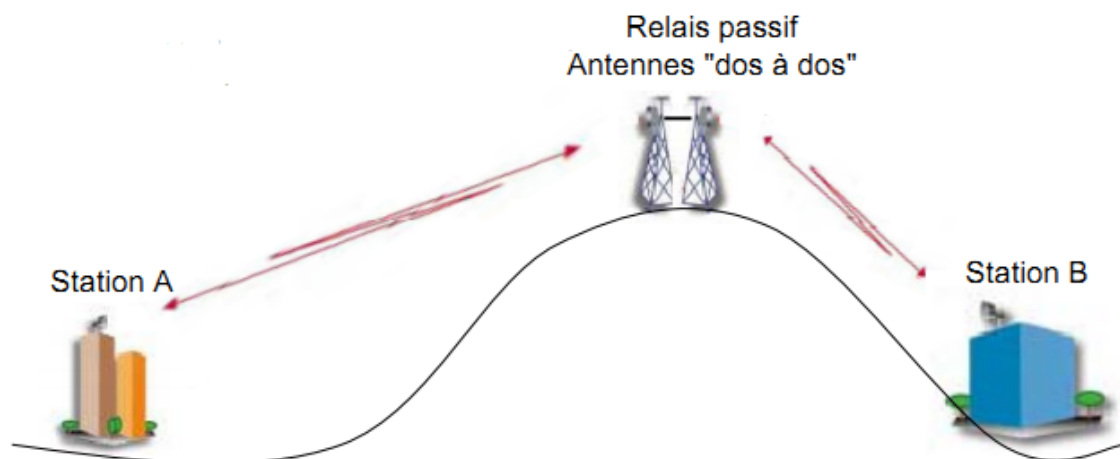


Figure 2.8 : cas d'un relais passif

Le relais passif a pour rôle de réfléchir les ondes radioélectriques dans le but de contourner un obstacle artificiel ou naturel. Il joue le rôle d'un véritable miroir.

Le relais passif peut être utilisé dans le cas où la distance séparant l'obstacle et l'une des extrémités ne dépasserait pas les trois kilomètres.

Les stations intermédiaires permettent d'assurer la visibilité entre la station de départ et d'arrivée.

2.4.3.3 Effet de sol

Le sol est considéré comme un milieu dissipatif dont la constante diélectrique est bien définie. Il constitue un plan sur lequel les ondes sont réfléchies mais qui présente des courbures et des irrégularités. L'effet du sol se manifeste sous la forme des évanouissements et des interférences dues aux phénomènes de réflexion et diffraction sur des obstacles.

2.4.3.3.1 Réflexion

En transmission, entre deux stations, l'onde électromagnétique peut parvenir le récepteur soit directement, soit après réflexion sur le sol.

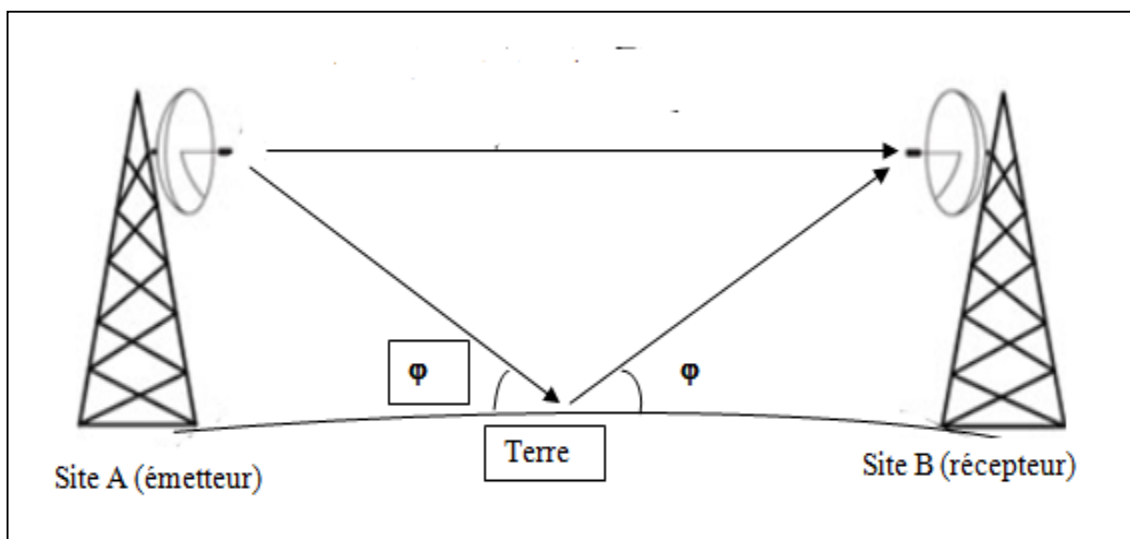


Figure 2.9 : Réflexion de sol

Si la distance entre les stations est telle que la courbure de la terre est négligée, l'onde sera réfléchiée dans une seule direction et sans perte d'énergie.

Un coefficient de réflexion présentant le rapport onde réfléchiée et l'onde incidente sera établi. Il dépend de la nature du sol, de la polarisation de l'onde et de l'angle de d'incidence.

2.4.3.3.2 Zone de Fresnel

➤ Zone de Fresnel dans le cadre de la réflexion

La zone de Fresnel est le lieu de point de la surface réfléchissante dans la somme des distances aux antennes d'émission et réception dépasse une demi-longueur d'onde.

Ce point particulier est spécifique aux faisceaux hertziens et ne s'applique qu'aux liaisons à des fréquences de plusieurs GHz. [11]

L'ellipsoïde de Fresnel est l'espace défini par la relation :

$$r = \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2} * \lambda} \quad (2.3)$$

Toutes les dimensions sont exprimées en mètres.

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

Remarque : r est maximum pour $d_1 = d_2$

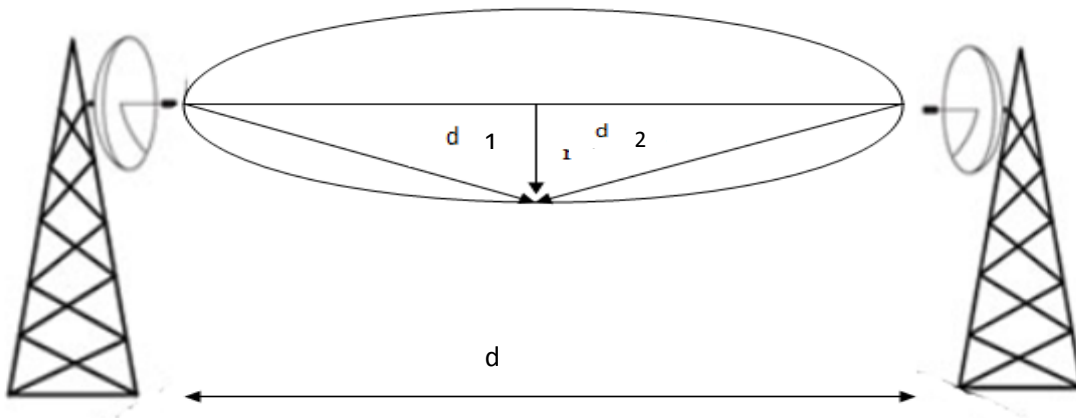


Figure 2.10 : zone de Fresnel

2.4.3.3.3 Diffraction

Le sol (terrain, bâtiment, végétation...) constitue un obstacle situé dans les champs des faisceaux entre un émetteur et un récepteur. Il devient, alors, une source d'émission secondaire qui donne le chemin détourné.

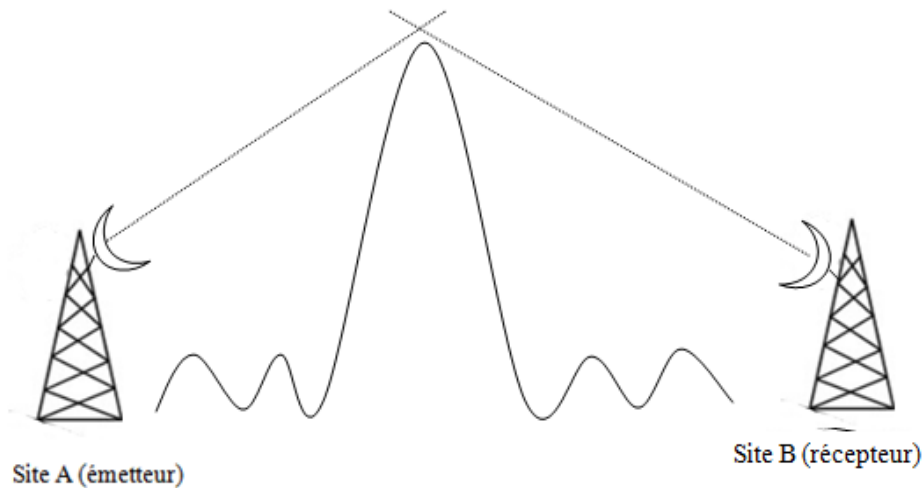


Figure 2.11 : phénomène de Diffraction

2.4.3.4. Effet de l'atmosphère

En transmission par FHN, les ondes se propagent dans la couche de la troposphère : C'est la région de l'atmosphère qui constitue le siège des phénomènes météorologiques faisant intervenir l'eau, le brouillard, la pluie, etc.

2.4.3.4.1 Réfraction

Dans la troposphère, les ondes peuvent être très perturbées par la variation de la température et l'humidité. On rencontre une croissance de l'indice de réfraction dans certaines couches de l'atmosphère. Par conséquent, la visibilité directe est perturbée

2.4.3.4.2 Absorption par les gazes atmosphériques

Les gazes contenues dans l'atmosphère telle que l'oxygène, la vapeur d'eau, influent lourdement sur les ondes radioélectriques sous forme :

- Absorption moléculaire de l'énergie HF.
- Absorption et diffusion par les particules liquides et solides contenues dans l'atmosphère
- atténuation due à l'atmosphère. [12]

2.4.3.5 La perturbation en transmission FHN

a- Perturbations naturelles

Elles se manifestent par les atténuations apportées par les obstacles proches du trajet de la liaison hertzienne. De plus, l'atténuation apportée par les arbres, qui varient en fonction de leur hauteur, forme et densité.

→ **Atténuation due à la pluie**

L'atmosphère contient des gouttes d'eau qui provoquent une atténuation importante pour les ondes radioélectriques de fréquence supérieure à 1 GHz. Cette atténuation ne se manifeste qu'en présence d'une pluie d'intensité significative dont les gouttes sont de diamètre variant entre 0.1 et 6 mm.

→ **Atténuation due aux brouillards et nuages**

Dans le système FHN, les ondes subissent un certain affaiblissement lorsqu'elles traversent des zones de pluie, de neige ou de grêle.

b- Perturbations artificielles

Généralement, elles sont dues aux constructions. On sait que le milieu urbain est caractérisé par un fort coefficient d'occupation du sol (COS) tels qu'un centre ville, zone industrielle alors que les zones suburbaines et rurales sont caractérisées par un COS moyen.

Pour qu'une liaison hertzienne fonctionne correctement, il faut que la puissance reçue soit supérieure à la sensibilité du récepteur.

De plus, on prendra généralement une marge (on essayera d'avoir des dB en plus) pour tenir compte des atténuations supplémentaires qui peuvent être dues à des réflexions multiples ou à la météo (pluie, neige, brouillard, etc..) [13]

➤ **Les principaux types de liaisons**

- 1+0 Faisceau simple non secouru
- 1+1 Faisceau secouru
- 2+0 Faisceau double non secouru

➤ **Bandes de fréquences disponibles**

- 1,5 GHz (50 Km)
- 13 GHz (25 Km)

- 23 GHz (10 Km)
- 26 GHz (7 Km)
- 38 GHz (4 Km)

➤ **Plan de fréquences.**

Pour le calcul de plan de fréquences on utilise un Analyseur de spectre, le tableau suivant donne les grandes lignes du partage du spectre par les liaisons, hertziennes utilisées par Algérie télécom

Bande de Fréquence	Sous Bande Basse (MHZ)	Sous Bande haute (MHZ)	Ecart Duplex (MHZ)	Espace canal (MHZ)
15 GHZ	14501.00 jusqu'à 14613.00	14921.00 jusqu'à 15033.00	420	7/14/28
18 GHZ	18 465.50 jusqu'à 18 679.50	19475.50 jusqu'à 19689.50	1010	7/14/28
28 GHZ	22484.00 jusqu'à 22589.00	23492.00 jusqu'à 23597.00	1006	7/14/28

Table 2.1 : le plan de fréquence utilise par Algérie télécom

2.5 Modulation pour faisceaux hertziens numériques

Dans les FHN on utilise un type particulier de modulation dite modulation numériques ou modulation sur fréquence porteuse: ASK, FSK et PSK. Aujourd'hui on trouve, pour mieux conserver la bande passante, la modulation QAM est la plus utilisée.

2.5.1 Modulation QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

➤ *Modulation 4 QAM*

Principe : le signal numérique entrant $A(t)$ de débit D et d'horloge H est divisé en 2 signaux P et Q de débit $D/2$ et d'horloge $H/2$. Chacun de ces signaux module en amplitude des porteuses déphasées de $\pi/2$ l'une par rapport à l'autre. Les deux signaux sont additionnés par un coupleur de sortie.

$$S(t) = P \cdot \cos \omega_0 t + Q \cdot \sin \omega_0 t \quad (2.4)$$

Les signaux P et Q sont des signaux à deux états de phase à la fréquence $F/2$. [13]

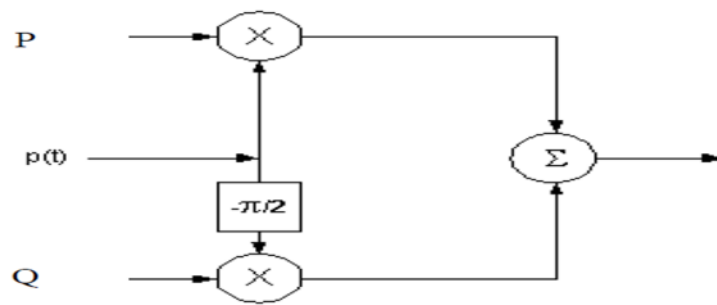


Figure 2.12 : schéma électrique de la modulation QAM

- **Représentation dans le Plan de Fresnel**

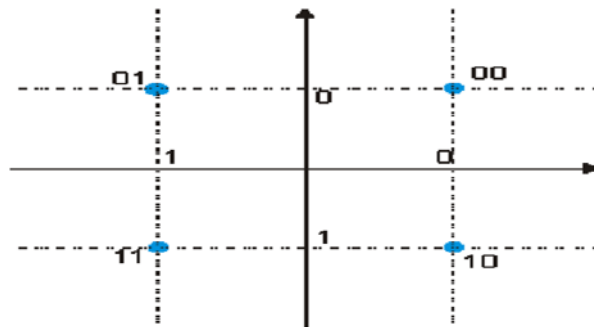


Figure 2.13 : présentation de Modulation QAM dans le plan de Fresnel

La démodulation s'effectue sur le même principe en utilisant deux démodulateurs déphasés de $\pi/2$ de fréquence F récupérés à partir du signal reçu, ce qui permet de séparer par filtrage les canaux de bande de base P et Q. C'est une modulation efficace, car le débit d'information est doublé, cependant il faut des filtres symétriques par rapport aux fréquences centrales sinon il y a création de distorsion inter symbole (mélange des deux voies), et on remarque un bruit de phase de la porteuse plus important.

➤ **Modulation 16 QAM**

Même principe que la 4QAM, mais ici, pour transmettre 4 bits par symbole, on utilise deux porteuses qui seront modulées en amplitude par 4 niveaux (3, 1, -1, -3), ce qui conduit dans le plan de Fresnel. [14]

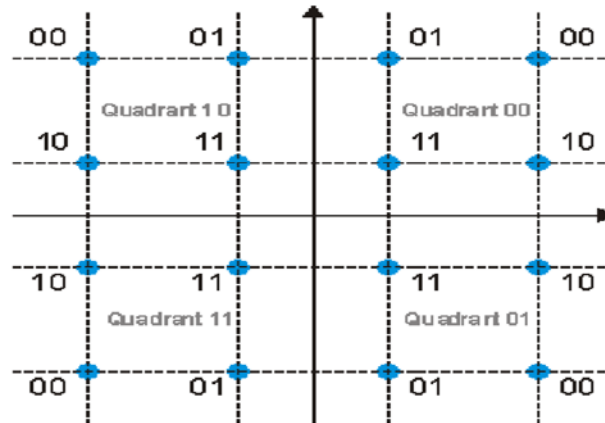


Figure 2.14 : Modulation 16 QAM

2.6 Signaux à transmettre et Multiplexage

2.6.1 Signaux numériques

La plupart des signaux à transmettre sont des signaux analogiques : sons, voix humaine, images ...

Ces signaux sont donc numérisés avant d'être transmis.

Ordres de grandeurs des débits nécessaires :

- Voix humaine (300 – 3400 Hz) codée à 64kbit/s
- Données codées de 300 bit/s à 2 Mbit/s (data)
- Image animée, cinéma ou TV : de 216 Mbit/s à 128 kbit/s (dépendant de la qualité voulue)

Pour numériser un signal, il est tout d'abord échantillonné, ce qui lui permet d'être converti en nombre binaire ; et il ensuite quantifier, pour lui attribuer un niveau de tension par rapport à son échantillonnage ; et pour terminer, il est codé pour être ainsi transmis.

Afin de conserver un rapport signal à bruit constant quelle que soit la valeur de l'échantillon, les segments de quantification sont comprimés selon une loi logarithmique et codés sur 8 bits.

2.7 Les équipements d'un faisceau hertzien

Les FH contient les équipements suivants :

- IDU (Indoor Unit), unité intérieure.
- ODU (Outdoor Unit), unité extérieure.
- Antenne.

- Câble IF (fréquence intermédiaire)
- Pylône.

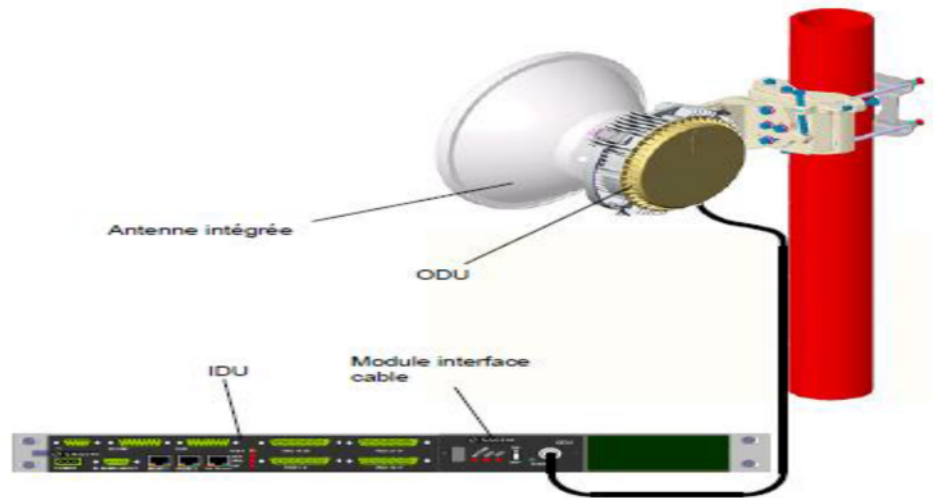


Figure 2.15 : Equipements d'un FH

2.8.1 IDU (Indoor Unit)

L'IDU (Indoor Unit) est l'équipement qui a pour fonction globale la Modulation et la Démodulation du signal qu'il reçoit ; il permet de générer les E1 (MIC) avec un débit généralement de 2Mbit/s. Il peut être considéré en 1+0 (sans protection) ou en 1+1 (avec protection).

L'IDU (1+1) permet de générer deux signaux identiques l'un en fonctionnement normale et l'autre en relais effectuant une commutation automatique de canaux lorsque la première liaison est défectueuse.



Figure 2.16 : Exemple d'un IDU (NEC IPASOLIK 1000)

2.8.1 ODU (OutDoor Unit)

L'ODU est l'équipement qui a pour fonction d'émettre le signal fournit par l'IDU et de réceptionner le signal HF. Il définit la polarisation selon la position. L'ODU de par son nom indique

qu'il est placé à l'extérieur du SHELTER (*maisonnette servant d'abri pour des équipements du réseau GSM*).



Figure 2.17 : Polarisation Verticale Polarisation Horizontal D'un ODU

2.8.2 Parabole ou antenne FH

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

2.8.3 Câble coaxial

Il s'interface entre l'IDU et l'ODU. Il véhicule le signal de fréquence intermédiaire issu du modem.



Figure 2.18 : cabale coaxial

2.8.4 Pylône

Support en charpente métallique sur lequel on installe toute la partie extérieur des équipements d'émission et réception, à savoir, les ODU et les antennes.

Le pylône est une structure métallique permettant la fixation d'une antenne et assurant la résistance aux effets de vent et aux corrosions. Ils peuvent avoir des pattes pour son ancrage sur le toit des bâtiments.

Sous l'effet d'un vent de 100 km/h, une déformation sera de telle façon que les valeurs de pointage des antennes ne dépassent pas $\pm 0.5^\circ$ en flexion et en torsion. [15]

2.8.6 Les antennes

2.8.6.1 Les paramètres des antennes

Les antennes sont caractérisées par :

- **Gain d'une antenne:** calculé à partir de la relation suivantes :

$$G(u) = \frac{D_A}{D_p} \quad (2.5)$$

D_A : densité de puissance par unité de surface produite par l'antenne dans une direction U à une distance d . lorsqu'on lui applique une puissance P_0 .

D_p : densité de puissance par unité de surface que produirait l'antenne isotrope au même point et dans les mêmes conditions.

$$G(u) = 10 \log \frac{D_A}{D_p} \quad \text{En dB} \quad (2.6)$$

- **Aire équivalente à la réception**

L'antenne est assimilée à une ouverture plane.

A la réception une antenne capte une certaine puissance qui est proportionnelle :

- A la densité de puissance par unité de surface du champ dans lequel elle est placée.
- A un coefficient dépendant de l'antenne et homogène à une aire que l'on appelle aire équivalente de l'antenne.

Le rapport : aire équivalente / aire réelle = rendement de l'antenne.

Une antenne peut être utilisée en E/R

On peut établir une relation entre le gain à l'émission et d'aire équivalente à la réception (S_e).

$$G = 4\pi S_e / \lambda^2 \quad (2.7)$$

En FHN, les antennes les plus utilisées sont les antennes paraboliques dans lesquelles le rayonnement provient d'une surface réfléchissante.

Il ya réciprocité entre le comportement d'une antenne à l'émission et celui à la réception.

Une antenne présente plusieurs caractéristiques :

1. **Diagramme de rayonnement** : C'est la caractéristique permettant de savoir la répartition de l'énergie rayonnée d'une antenne. Pour les FHN, le diagramme de rayonnement d'une antenne comporte un lobe principal et des lobes secondaires
2. **Directivité** : elle est la concentration de l'énergie dans la direction de la propagation.
3. **Hauteur équivalente** : elle doit être optimisée.
4. **Bande d'utilisation** : elle est limitée par :
 - Le TOS maximal
 - Variation de gain de l'antenne
 - Par la déformation de diagramme de rayonnement.
5. **Polarisation** en FHN ; très souvent utilisées, les antennes paraboliques à double polarisation (rectiligne horizontale et rectiligne verticale). [16]

2.9 Planification d'une liaison FH

Avant toute installation on doit :

- Faire une étude de visibilité à partir de lieu (choix de site).
- Distinguer la hauteur de l'antenne.
- Utiliser un altimètre (mesureur d'altitude), ça nous permettra de déterminer à quelle hauteur mettre l'antenne.
- Utiliser le GPS pour déterminer la distances entre le site A et le site B, ça nous permettra d'indiquer la bande de fréquence et la puissance de notre liaison.
- Déterminer la bande de fréquence.
- Déterminer le diamètre de l'antenne.
- Type d'antenne.
- Déterminer le type de polarisation à utiliser .
- Calcul de bilan de liaison

Le bilan de liaison a pour but de calculer la marge, c'est à dire la différence entre la puissance du signal reçu à l'entrée du démodulateur et la puissance minimale que doit recevoir le récepteur pour assurer une démodulation correcte.

Les caractéristiques des équipements d'extrémité à prendre en compte pour le calcul du bilan énergétique sont :

➤ **Puissance d'émission** C'est la puissance du signal que l'équipement hertzien peut déléguer. Elle est couramment comprise entre 20 et 30dBm.

➤ **Seuils de réception** 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 -65 et -95dBm

➤ **Pertes de branchement**

Pour les équipements ne présentant pas d'antennes intégrées, il est nécessaire de relier par un câble coaxial ou un guide d'onde émetteur/récepteur à l'antenne. Ces déports induisent des pertes linéiques de un à plusieurs dB, auxquels s'ajoutent les pertes dues aux connecteurs et autres éléments de branchements.

➤ **Gain 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.

2.10 Description de réseau de télécommunication FHN d'Algérie Télécom

- Les systèmes SDH sont constitués de:

✓ **Liaisons nationales**

Une liaison à 07 canaux 155mb/s (7+1) reliant les nœuds principaux :

Oran-Alger et Constantine

- Une liaison à 04 canaux 155mb/s (4+1) reliant le nord et le sud entre

Alger –Ouargla

✓ **Liaisons régionales**

- Une liaison à 03 canaux 155mb/s (3+1) reliant Alger-Lakhdaria-Bouira
- Une liaison à 02 canaux 155mb/s (2+1) reliant Ain Defla-Tiaret-Saida

- Une liaison à 02 canaux 155mb/s (2+1) reliant Souk Ahras-Tebessa
- Une liaison à 02 canaux 155mb/s (2+1) reliant In Amenas, Hassi Messaoud à Ouargla
- Une liaison à 155mb/s(1+1) reliant Adrar-Timimoun-El.Golea
- Une liaison à (4+1) Batna-biskra-El-oued-ouargla RFCS fin septembre 2006
- Une liaison à (4+1) Constantine-O.E.B-Tebessa RFCS fin juin 2006

Si dessous la carte du réseau FHN à l'échelle nationale :

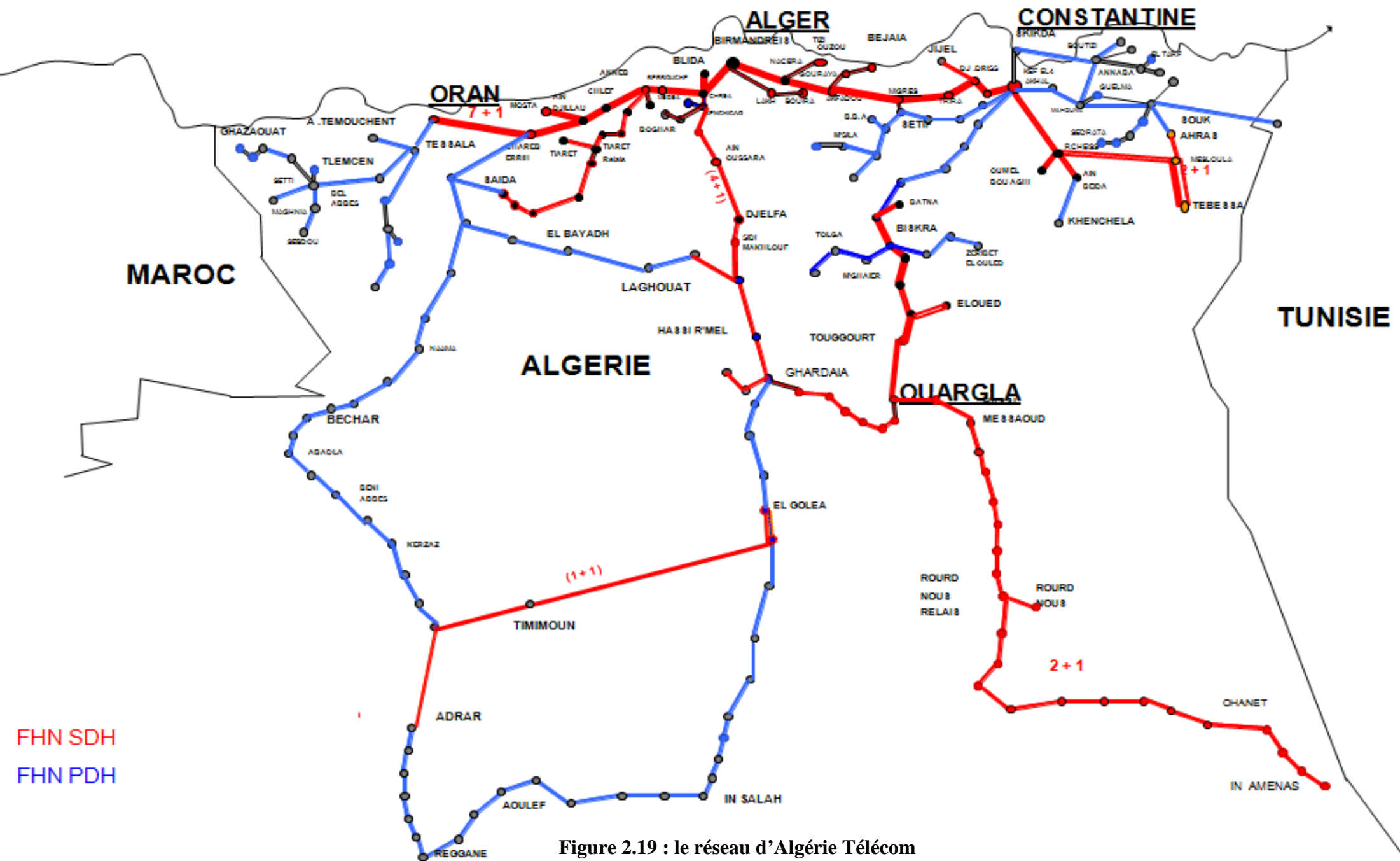


Figure 2.19 : le réseau d'Algérie Télécom

2.11 Relation entre NGN et faisceaux hertziens

A l'époque la transmission de la voie dans un canal et le data dans un autre qui arrivent dans un DSLAM on utilisant la connexion, ADSL ensuite on transfert le message vers l'abonné. Actuellement, les NGNs permettent de transmettre la voie et la data au même temps à l'aide des équipements de transmission qui sont les MSAN (équipements multi services). Là où on ne peut pas installer la fibre optique, par exemple dans les régions montagneuses on installe les faisceaux hertziens.



Figure 2 .20: équipement MSAN

2.12 Conclusion

Les faisceaux hertziens sont un support de transmission utilisant l'espace libre mais il peut subir plusieurs perturbations naturelles et artificielles.

Après avoir fait connaissance des caractéristiques de notre système de transmission, on passe à l'analyse d'un réseau existant à Algérie Telecom au niveau de la Wilaya de Tizi-Ouzou.

Chapitre III

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter au premier lieu le réseau de communication d'Algérie Télécom dans la wilaya de Tizi Ouzou. Ensuite l'ensemble des caractéristiques de deux liaisons (LNI_Azazga et CMRR_Belloua) qui sont associées à leurs bons fonctionnements.

3.2 Configuration actuelle de réseau de communication par FHN dans la Wilaya de Tizi-Ouzou

Le réseau de communication numérique de la Wilaya de Tizi Ouzou est de configuration en « étoile ».

Et ci après en représente la carte géographique de Tizi Ouzou qu'on a visualisé à l'aide de Googl Earth.

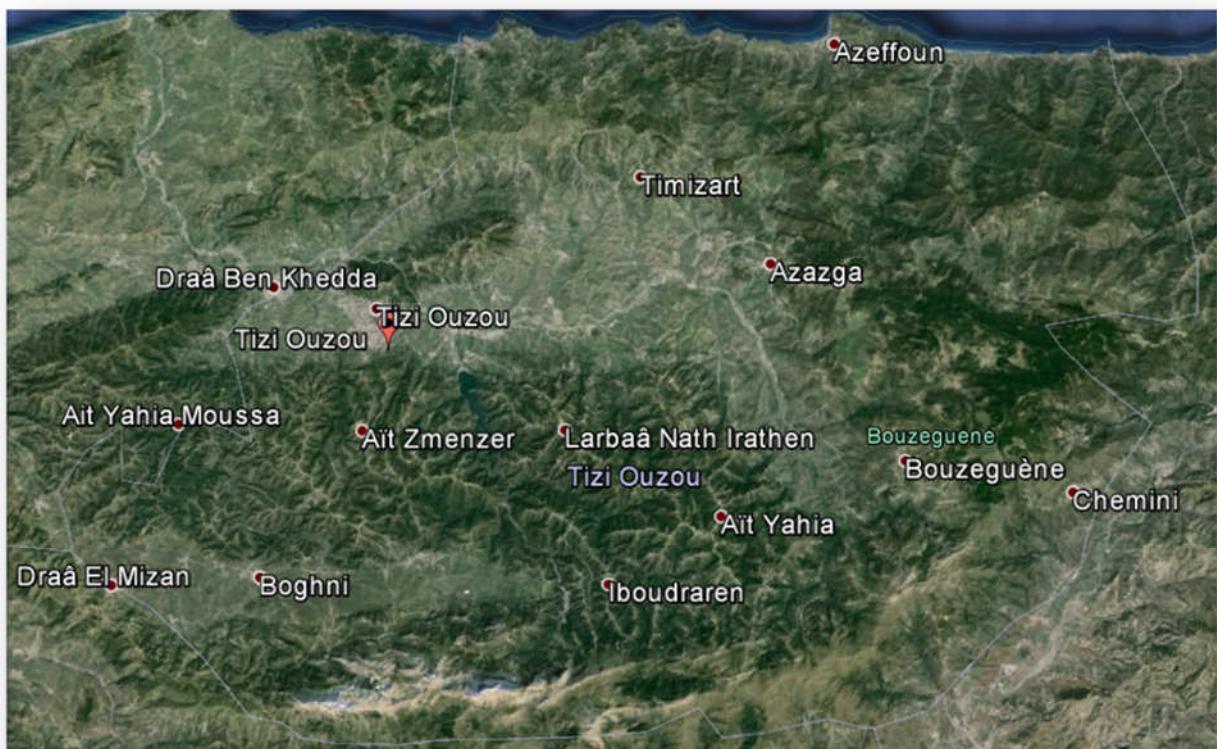


Figure 3.1: Map géographique présente la localisation de la wilaya de Tizi-Ouzou

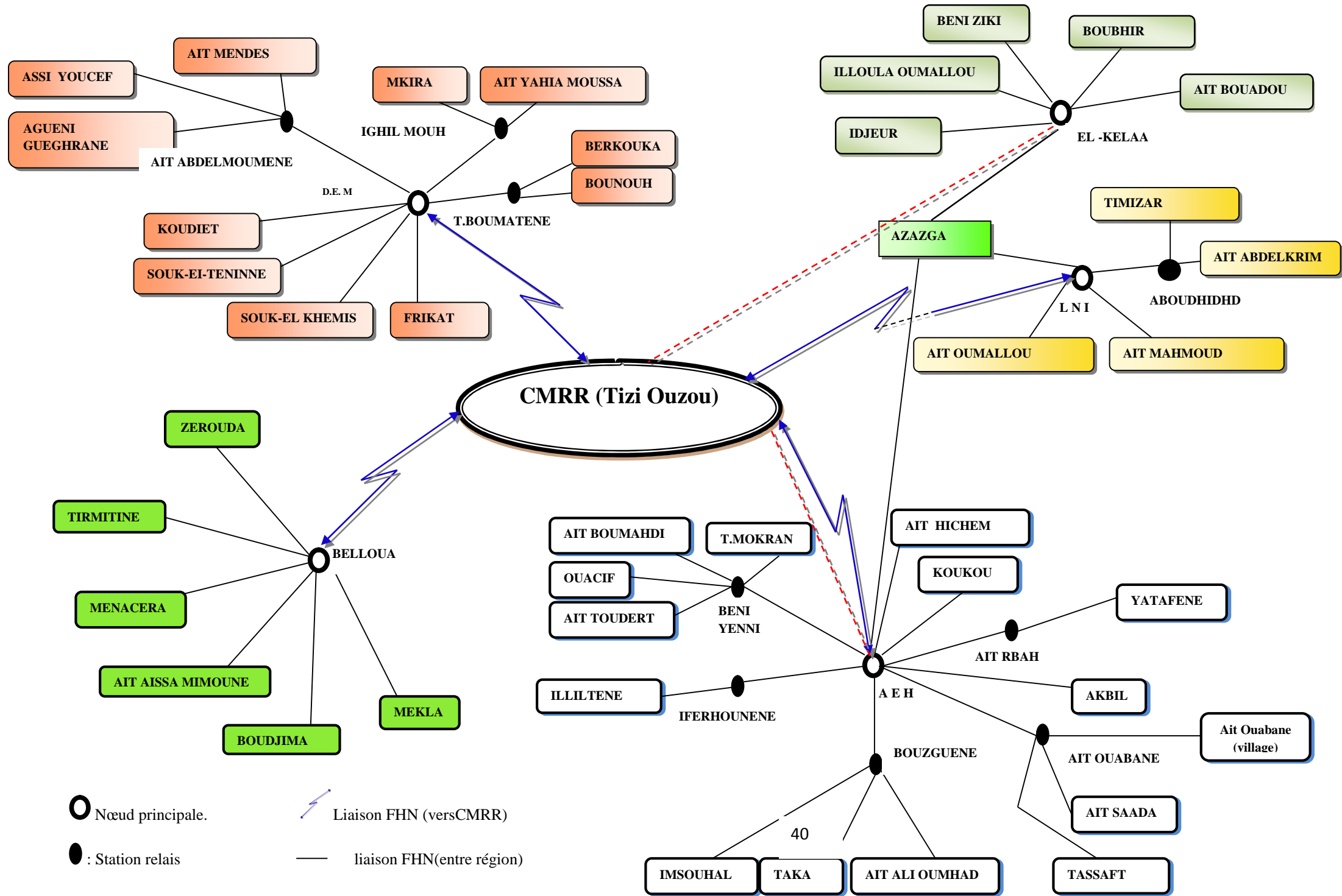


Figure3-2: configuration de réseau de transmission dans la wilaya de Tizi-Ouzou

On constate que toutes liaisons sont reliées vers le centre CMRR de Tizi Ozou et qu'il y a plusieurs liaisons qui possèdent des relais dans le but d'avoir une visibilité directe

3.3 Etude de la liaison LNI_Azazga et CMRR _ belloua

Au premier lieu on a étudié la liaison LNI_Azazaga, c'est une liaison à visibilité directe à une portée importante.

3.3.1 Caractéristiques radioélectriques

<i>Station</i>		LNI	Azazga
<i>caractéristique</i>			
<i>Fréquence +polarisation</i>	<i>Emission A</i>	14501MHZ	14921MHZ
	<i>Réception A</i>	14921 MHZ	14501 MHZ
	<i>Polarisation</i>	Verticale	
<i>Type de liaison</i>		32 E1+2 ports LAN(300 Mb/s)	
<i>Ecart Entre Canaux +Puissance d'émission</i>	<i>Bande</i>	15GHz	
	<i>S/Bande</i>	J (low)	J (HIGH)
	<i>Shifter(Mhz)</i>	15/420	
	<i>Puissance d'émission</i>	21 dbm	
<i>Modulation</i>		32 QAM	
<i>Distance de Bond (Km)</i>		18.971	
<i>Capacité (Mbits/s)</i>		300	
<i>Protection de canaux</i>		1+0	
<i>Alimentation</i>		-48 V	
<i>Hauteur des Pylônes (m)</i>		37	
<i>Diamètre des Antennes (m)</i>		0.6	
<i>Hauteur des Antennes (m)</i>		30	25

Tableau 3-1: Planning des fréquences entre LNI et Azazga

Dans le deuxième cas on va étudier la liaison **CMRR_Belloua**, c'est une liaison à visibilité directe et comme est ne montre la (figure 3-2 Belloua) est parmi les principaux nœuds au niveau de Tizi-Ouzou qui relais plusieurs station.

3.3.2 Caractéristiques radioélectriques de la liaison CMRR_Belloua

<i>Station</i>		CMRR	Belloua
<i>caractéristique</i> Fréquence+polarisation	<i>Emission Em(MHZ)</i>	18465.5	19475.5
	<i>Réception Rx (MHZ)</i>	19475.5	18465.5
	<i>Polarisation</i>	Verticale	
ECART ENTRE CANAUX +PUISSANCE Em	<i>Bande</i>	15 GHZ	
	<i>S/Bande</i>	J (LOW)	J (HIGH)
	<i>Shiffter (Mhz)</i>	15/420	
	<i>Puissance Emission</i>	20 dbm	
<i>La largeur de band</i>		28 MHZ	
<i>Protection de canaux</i>		1+0	
<i>Modulation</i>		32 QAM	
<i>seuil de coupure (dB)</i>		-65	
<i>La capacité (Mb/S)</i>		300	
<i>Largeur de Bond (Km)</i>		4.5	
<i>hauteur des Antennes (m)</i>		05	30
<i>Diamètre des Antennes (m)</i>		0.6	
<i>La longueur de câble coaxiale (m)</i>		15	50
<i>Hauteur de pylône (m)</i>		6	47
<i>Longitude</i>		04° 03' 3.42 ''	04° 3' 54''
<i>latitude</i>		36°41'42.59''	36°44'0''
<i>Altitude (m)</i>		142	657

Tableau 3-2: Planning des fréquences entre CMRR et Belloua

3.4 Analyse de la liaison

D'après ce que montrent les deux tableaux, ces deux liaisons ont le même Débit et la même Bande de fréquence.

a. Position de site

La reconnaissance de site est indispensable, suite à cette reconnaissance une localisation de station est définie en position, en latitude, longitude et altitude. Le trajet direct entre l'antenne d'émission et celle de réception ne doit jamais se rapprocher des obstacles éventuels et en particulier de surface du sol.

b. Type de liaison : Bilatérale

Il est très évident qu'il faut au moins deux canaux pour transmettre bilatéralement un signal sur un trajet. On affecte un canal unique à un sens de transmission. Les canaux peuvent subir des brouillages et des perturbations.

Pour réduire ces possibilités, le CCIR a procédé à une disposition des canaux radioélectriques de la façon suivante :

➤ Partage de la bande passante en deux demi-bandes (demi-bande basse et demi-bande haute) dans le but d'améliorer l'occupation spectrale, tout en regroupant les canaux d'émission ensemble et les canaux de réception ensemble.

c. Débit binaire : 300 Mbit /s

Il s'agit d'un débit de haute capacité pour une liaison FHN. C'est un débit faisable pour la technique PDH. Il est obtenu suite à un multiplexage approprié des signaux affluents de 2 Mbits ou 34 Mbits.

d. Configuration : 1+0

Notre liaison est de type 1+0 (1 canal normal et il n'y a pas de canal de secours). Malgré cela, une liaison FHN doit être secourue afin d'assurer la continuité du trafic.

e. Type de multiplexage

Les deux liaisons utilisent le multiplexage temporel qui consiste à répartir le canal sur l'axe de temps avec un écart convenable fixé par le CCIR. Le canal est superposé dans le domaine fréquentiel. Ce multiplexage est utilisé puisqu'il permet l'amélioration de l'occupation spectrale. Aussi, il permet de transmettre le maximum d'information dans la bande la plus étroite possible.

f. Alimentation

Les équipements FH sont alimentés par une énergie de -48v

g. Bande de fréquence

La bande de fréquence est 15 GHZ. Elle est centrée sur une fréquence qui sera la porteuse de message.

3.5 Etude cartographique

Pour l'étude d'une liaison FHN, la première étape consiste à reconnaître les profils de trajet entre les deux stations. Pour ce faire, on dispose de cartes topographiques de la zone en étude ayant une échelle 1/50000 et comprenant de lignes de niveau.

3.5.1 Dégagement du trajet et examen de profils

A l'aide de logiciel Global Mapper on a pu visualiser la liaison LNI-Azazga et extraire les caractéristiques de chaque site.

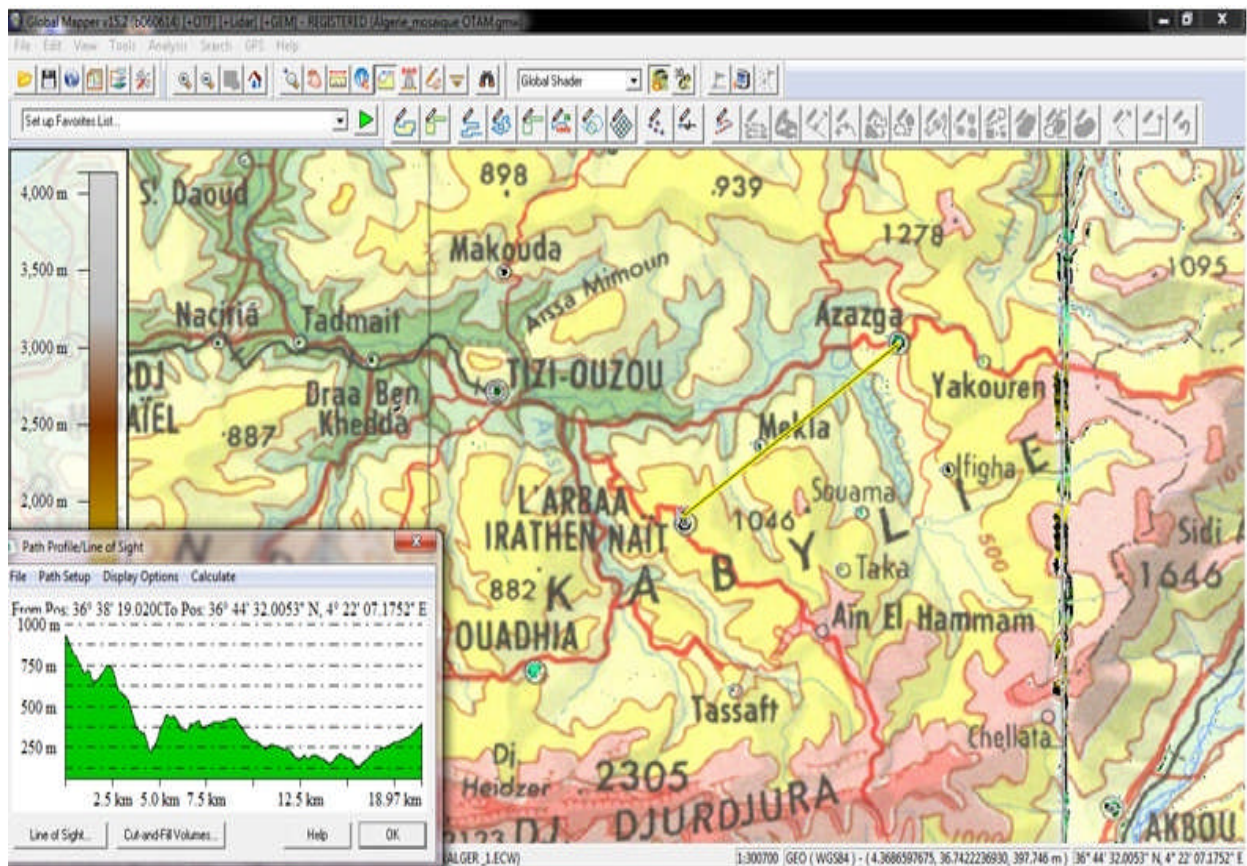


Figure 3.3: visualisation de la liaison LNI_Azazga

La liaison hertzienne LNI –Azazga dispose des stations dans les sites appropriés avec un dégagement d'au moins 60%. La station de LNI se trouve dans LNI ville avec un pylône de 37 m.

La station d'Azazga se trouve sur une montagne avec un sol roché disposant d'un pylône auto stable 4 pieds de 37 m.

3.5.2 Traçage de dénivellation

Le traçage du profil terrestre nécessite un programme de simulation développé sur un logiciel MATLAB.

Les données nécessaires pour le traçage des dénivellations de la liaison «LNI_Azazga» (Altitude en fonction de la distance) sont représentées dans le tableau 3.3

Distance (km)	0	2.5	4	5	7.5	9	10	12.5	15	16	17.5	18.97
Altitude (m)	958.506	750	250	400	400	475	300	220	230	150	420	427.746

Tableau 3.3 : Bond LNI_Azazga

Grâce à un programme de simulation développé par le logiciel MATLAB, on trace le profil terrestre.

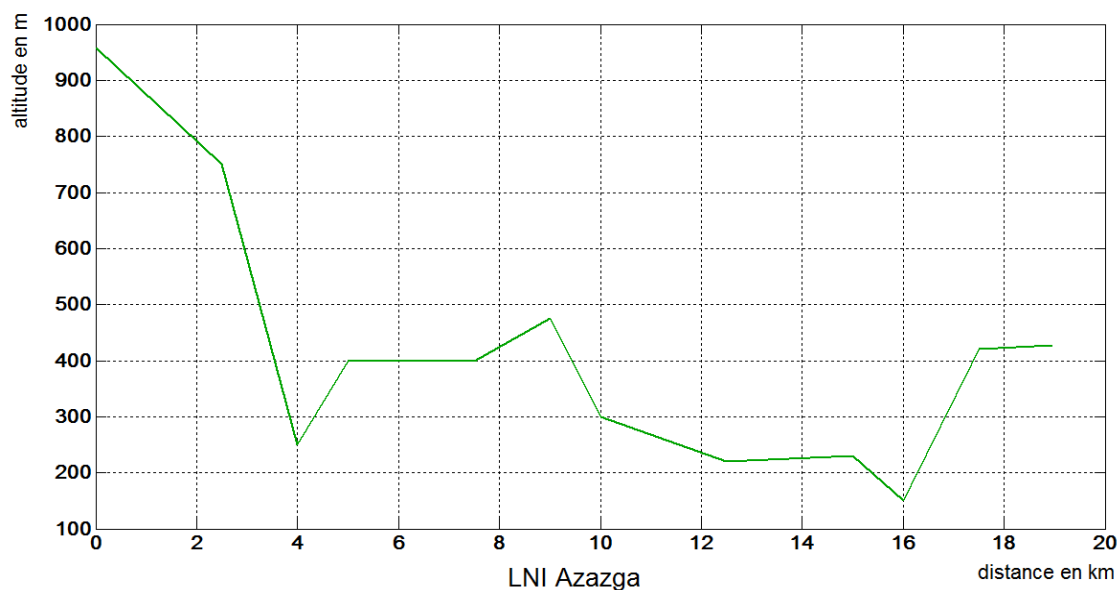


Figure 3.4 : Dénivellation

➤ *Interprétation*

- Le bond «LNI_Azazga» qui s'étale sur 18.97 km est une liaison directe et pour assurer le dégagement de cette liaison, il faut tracer l'ellipsoïde de Fresnel pour ce bond hertzien.

3.5.3 Traçage de l'ellipsoïde de Fresnel

Cet ellipsoïde permet de confirmer que la propagation en espace libre est dégagée d'au moins 60% des obstacles naturels et artificiels.

On détermine les demi-petits axes de l'ellipsoïde par la relation

$$b = \frac{1}{2} \sqrt{\lambda * d} \quad (3.8)$$

Où b : Demi-axe à mi-trajet,

d : longueur du trajet,

λ : longueur d'onde,

- On divise chaque partie du grand axe en quatre parties égales, de même on divise les parties les plus proches du point d'émission et du point de réception en deux parties égales.
- On détermine les coordonnées b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 de l'ellipsoïde suivant les relations suivantes: $b_1=1.93*b; b_2=1.41*b; b_3=1.04*b; b_4=1.44*b$.
- On relie les points pour avoir l'ellipsoïde de Fresnel désiré.

Le programme de simulation de cet ellipsoïde est développé sous le logiciel MATLAB pour le bond LNI_Azazga (**Figure 3.5**)

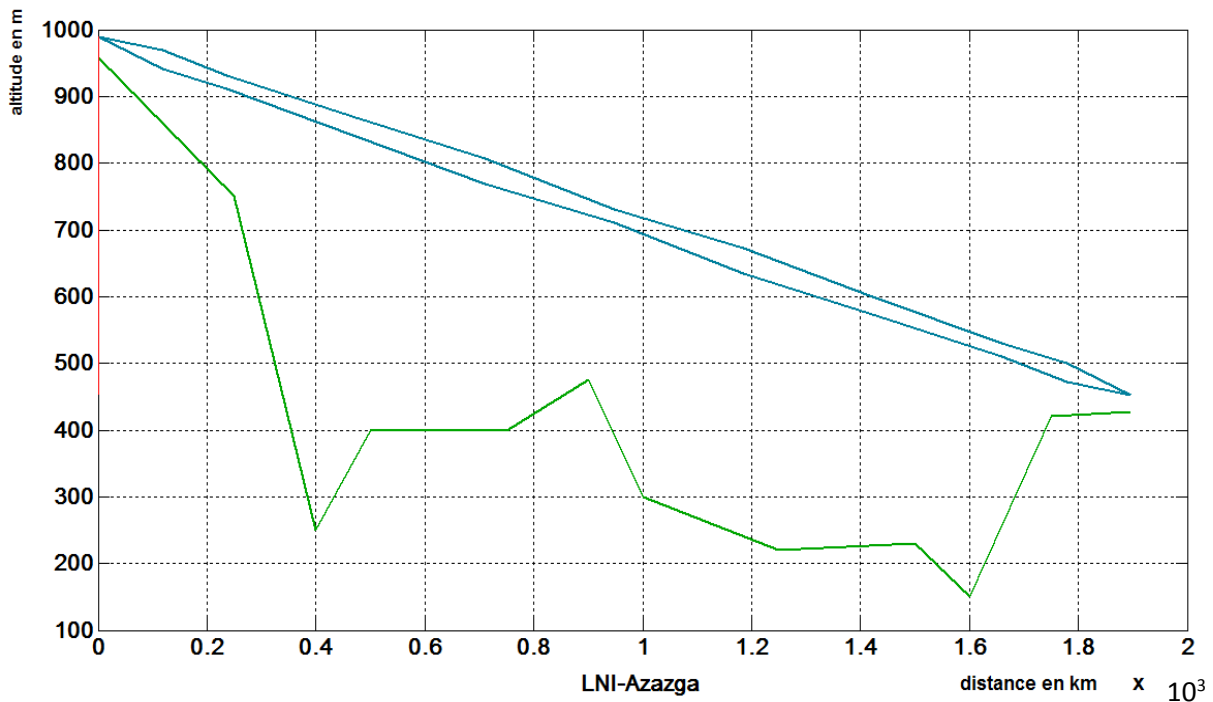


Figure 3.5 : Ellipsoïde de Fresnel

➤ *Interprétation*

D’après les résultats de simulation et l’analyse de la figure obtenue, on remarque que l’ellipsoïde de Fresnel de bond est totalement dégagé d’où les hauteurs de l’antenne sont satisfaisantes.

3.5.4 Disposition des antennes

Les antennes dans un réseau FH sont disposées à des hauteurs convenables permettant le dégagement de la liaison. Elles sont déterminées par leurs coordonnées polaires permettant d’assurer la visibilité directe. Le **tableau3.4** détermine les caractéristiques de chaque antenne. On a pu visualiser les caractéristiques de chaque antenne avec Global Mapper

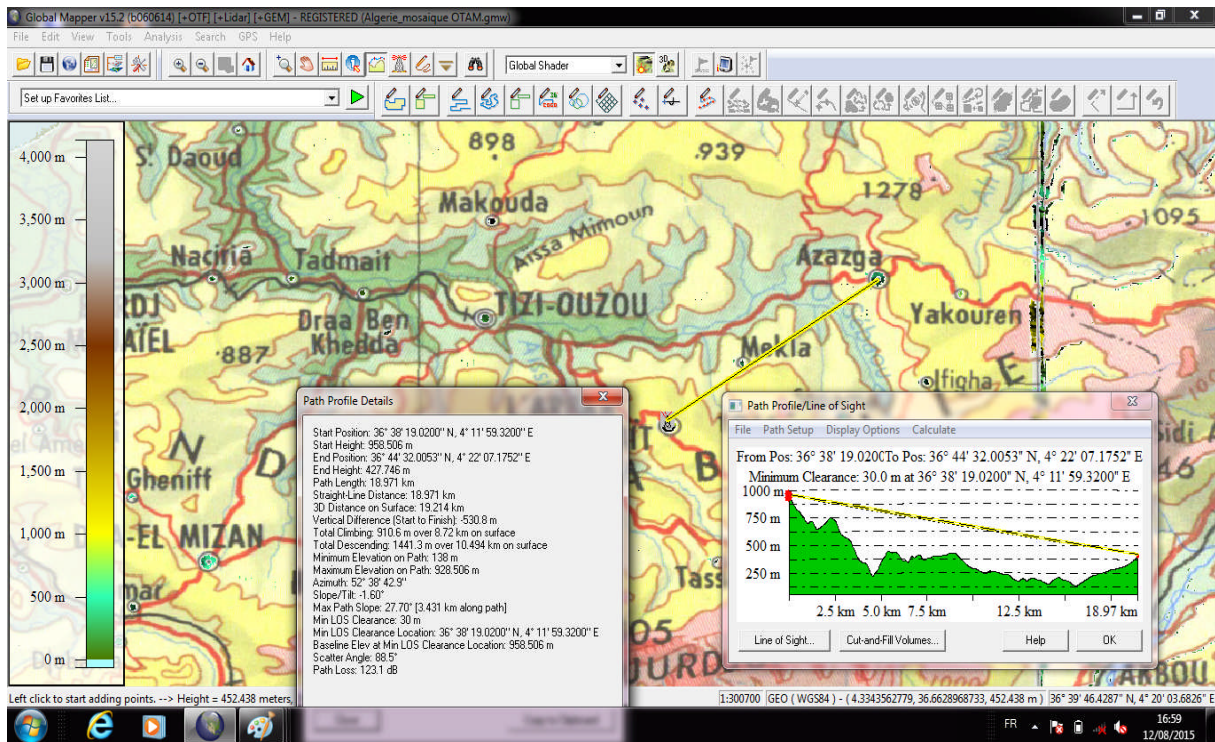


Figure 3.5 : caractéristiques de bond

Caractéristiques de bond	L N I	Azazga
<i>latitude</i>	36°38'19.12''	36°44'32.0''
<i>Longitude</i>	4°11'59.3200''E	4°22'07.1752''E
<i>Azimuth (la direction de l'antenne)</i>	52°38'42.9''	
<i>Niveau de réception (dbm)</i>	-49	-50
<i>Différence verticale</i>	530.8 m	

<i>Distance en ligne droite (longueur de trajet)</i>	18.971 Km
<i>Elevation minimal</i>	138 m
<i>Elevation maximal</i>	928.506 m
<i>Scatter Angle</i>	88.5°

Tableau 3.4 : Coordonnées des antennes de la liaison LNI_Azazga

On remarque que ce logiciel nous indique que les deux sites sont à visibilité directe c'est-à-dire cette liaison n'a aucun obstacle, donc les antennes sont arrangées selon la figure suivante avec la hauteur de pylône.

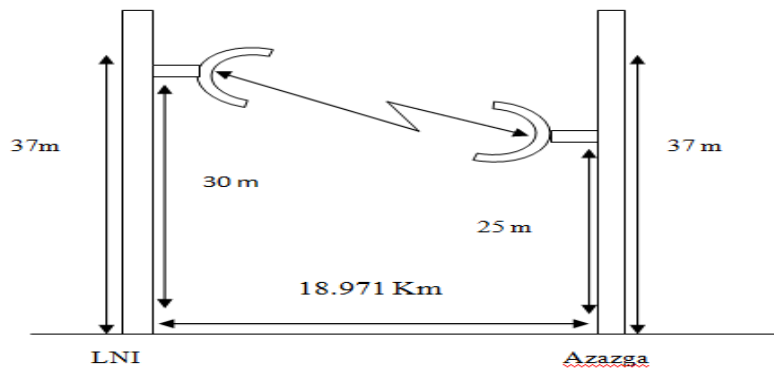


Figure 3.6 : Disposition des antennes (LNI-Azazga)

➤ *Caractéristiques des antennes pour la liaison CMMR_Belloua)*

De même pour cette liaison, elle a presque les mêmes caractéristiques que la première (LNI_Azazga) donc les antennes sont arrangée selon la figure suivante.

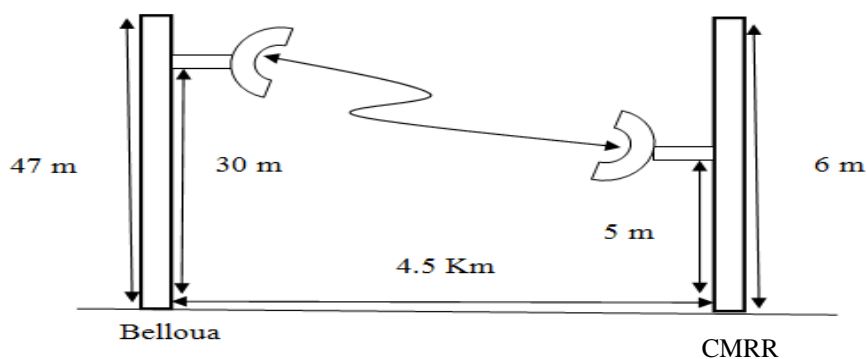


Figure 3.7 : Disposition des antennes entre (CMRR-Belloua)

3.6 Calcul de bilan de liaison pour la liaison CMRR-Belloua

Chaque équipement d'extrémité a des caractéristique quand doit prendre en compte pour le calcul du bilan énergétique, en exprimant les déférentes puissances, gains et pertes en dB.

➤ **Calcule le niveau de réception (RSL)**

$$RSL = P_{Tx} + G_{Tx} - L_{fs} + G_{rx} \quad (3.9)$$

RSL : Niveau de réception

P_{Tx} : Puissance sortie d'émission.

G_{Tx} : Gain d'Antenne côte d'émission.

G_{rx} : Gain d'Antenne côte réception.

L_{fs} : est appele affaiblissement en espace libre. Ainsi, une liaison courante de 4.5 km en 15 GHz génère un affaiblissement en espace libre de l'ordre de:

$$L_{fs} = 92.45 + 20 \log f(\text{GHz}) \times d(\text{Km}) \quad (3.10)$$

Avec :

F : Fréquence

d : Distance

92.45 : c'est une constante

D'où :

$$L_{fs} = 92.45 + 20 \log (15 \times 4.5) = 129.1 \text{ dB} \quad (3.11)$$

Et on a : $P_{Tx} = 20 \text{ dbm}$.

$G_{tx} = G_{rx} = 32.4 \text{ dB}$

Donc :

$$RSL = 20 + 32.4 - 129.1 + 32.4 = -44.3 \text{ dBm} \quad (3.12)$$

Pour savoir si le niveau de réception obtenu est-il adaptable

$$\text{On a: } MF = NS - RSL \quad (3.13)$$

Avec:

MF : marge de fading

NS: Niveau de seuil (dBm)

$$MF = -65 - (-44.3) = -20.7 \text{ dB} \quad (3.14)$$

Dou:

$$20.7 < 37$$

Nous pouvons donc représenter la liaison de la manière suivante:

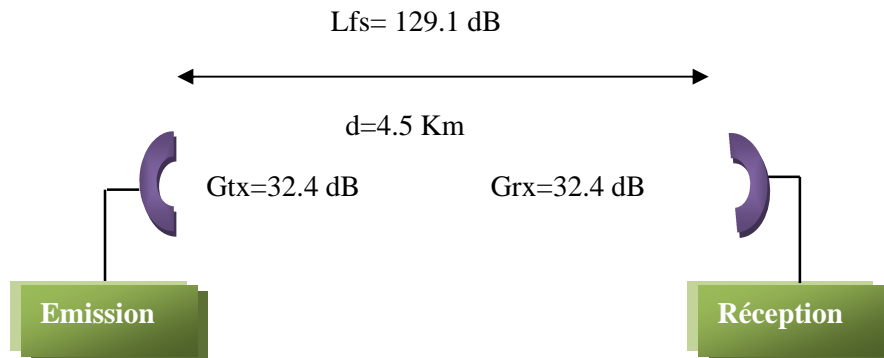


Figure 3.8 : les paramètres de la liaison CA2-Belloua

➤ L'étude de propagation prend en considération seulement la première ellipsoïde Fresnel pour la liaison « CMMR_ belloua »

La relation de cette ellipse est donnée par :

$$r = \sqrt{\frac{300 \times d_1 \times d_2}{d_1 + d_2}} \quad (3.14)$$

d_1 : distance d'un lieu donnée depuis le point A(Km) .

d_2 : distance d'un lieu donné depuis le point B (Km).

d : $d_1 + d_2$.

$$r = \sqrt{\frac{300 \times 1.5 \times 3}{15 \times 4.5}} = 4.47 \quad (3.15)$$

3.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié deux liaisons à visibilité directe où on a citées leurs principales caractéristiques ainsi nous avons calculé le bilan énergétique de la liaison CMRR_Beloua, Sachant qu'un niveau de réception doit maintenir une marge de fading (marge de protection contre les évanouissements) inférieure à -37 dBm par rapport au niveau de seuil du récepteur à $TEB=10^{-3}$.

Chapitre IV

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressées à l'acquisition de données relatives à notre sujet d'étude concernant deux sites. Un site utilisant une liaison FH au niveau de Beloua (Tizi-Ouzou) et un autre site le centre CMRR de Tizi-Ouzou.

Dans le présent travail nous nous sommes consacrées dans un premier temps à la présentation des caractéristiques des deux liaisons à partir des données rapportées au cours de notre stage tel que : les coordonnées géographiques des sites, diamètres des antennes, puissances émises, bandes passante, distances ainsi que les fréquences d'émission.

4.2 Mesure de la puissance émise et reçue de la liaison

Par le biais de l'interface de gestion de l'IDU NEC IPASOLINK qui permet de superviser notre antenne FH et à l'aide du logiciel MATLAB, nous avons réalisé les courbes des puissances de réception Rx.

Nous avons pris des exemples de mesures pendant 7 jours.

4.3 Description de l'outil de gestion de l'IDU NEC IPASOLINK

A l'aide d'un PC en branche un câble coaxial sur le port LTC sur l'IDU, afin d'accéder à la configuration et la supervision de la liaison à l'aide d'une adresse IP sachant que chaque IDU à sa propre adresse, dans configuration de l'équipement y a aussi un port dédié au management qui sert à la supervision de réseau FH (liaison IPasolint)

L'outil de gestion de l'IDU NEC IPASOLINK est basé sur une interface Web très facile d'utilisation et qui permet de faire toutes les manipulations possibles sur la liaison FH entre deux antennes tels que :

- Evaluer les performances de la liaison et de la fiabilité
- Gérer la liaison hertzienne

4.4 Configuration des sites avec l'outil de gestion de l'IDU

Après avoir choisi notre liaison et étudié ses caractéristiques, on passe à la visualisation des paramètres de configuration avec l'outil de gestion de l'IDU.

1. Effectuer le test de Ping

On s'en sert des requêtes Ping pour s'assurer que les IDUs de nos antennes sont bien liées au réseau et sont joignables. Pour le faire, on se branche sur le port de LTC de l'IDU menant d'un câble RJ45 (voir figure ci-dessous) et d'un PC Windows, puis ouvrir l'interface de ligne de commandes MS-DOS. A partir de cet IDU, on peut joindre n'importe quel autre antenne sur le réseau, il suffit de connaître son adresse IP ainsi que les identifiants d'accès de chaque IDU.

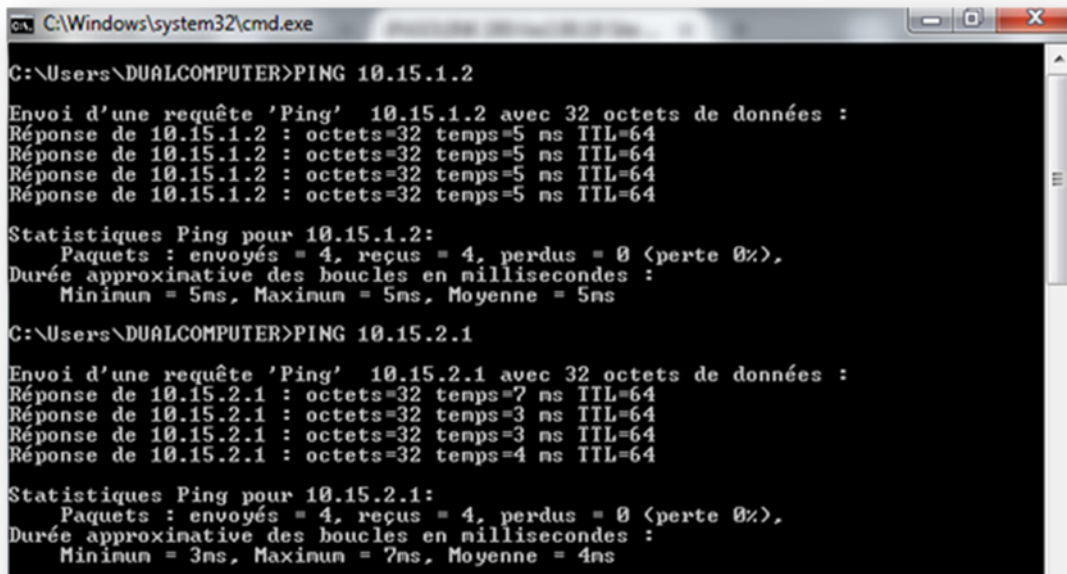


Figure4.1 : IDU IPASOLOINK 300

Pour notre liaison, ci-dessous les adresses utilisées :

- Pour Balloua : **Ping 10.15.2.1**
- Pour le CMRR : **Ping 10.15.1.2**

Après avoir lancé les requêtes ping, ci-dessous les résultats :



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\DUALCOMPUTER>PING 10.15.1.2
Envoi d'une requête 'Ping' 10.15.1.2 avec 32 octets de données :
Réponse de 10.15.1.2 : octets=32 temps=5 ms TTL=64
Réponse de 10.15.1.2 : octets=32 temps=5 ms TTL=64
Réponse de 10.15.1.2 : octets=32 temps=5 ms TTL=64
Statistiques Ping pour 10.15.1.2:
  Paquets : envoyés = 4, reçus = 4, perdus = 0 (perte 0%),
Durée approximative des boucles en millisecondes :
  Minimum = 5ms, Maximum = 5ms, Moyenne = 5ms
C:\Users\DUALCOMPUTER>PING 10.15.2.1
Envoi d'une requête 'Ping' 10.15.2.1 avec 32 octets de données :
Réponse de 10.15.2.1 : octets=32 temps=7 ms TTL=64
Réponse de 10.15.2.1 : octets=32 temps=3 ms TTL=64
Réponse de 10.15.2.1 : octets=32 temps=3 ms TTL=64
Réponse de 10.15.2.1 : octets=32 temps=4 ms TTL=64
Statistiques Ping pour 10.15.2.1:
  Paquets : envoyés = 4, reçus = 4, perdus = 0 (perte 0%),
Durée approximative des boucles en millisecondes :
  Minimum = 3ms, Maximum = 7ms, Moyenne = 4ms
```

Figure 4.2 : Test ping pour les deux liaisons sous MS-DOS

On remarque que les deux liaisons fonctionnent et il n'y a aucune interruption ou coupure.

2. Accès à l'interface de gestion de chaque IDU de chaque site

Maintenant que les IDU sont joignables, on accède à l'interface de gestion de chacun d'eux via un Navigateur Web.

Les identifiants à utiliser sont par défaut admin pour le login et pareil pour le mot de passe. Ci-dessous un aperçu de la page d'accueil de l'IDU.

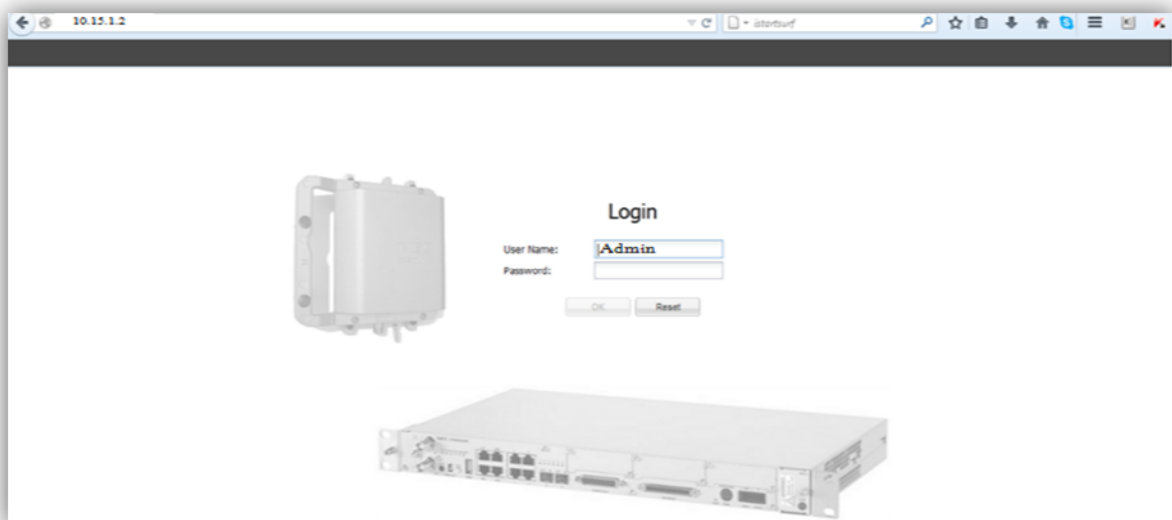


Figure 4.3 : Page d'accueil de l'interface de gestion de l'IDU

Une fois les identifiant saisis, on atterrit sur la vue ci-dessous :

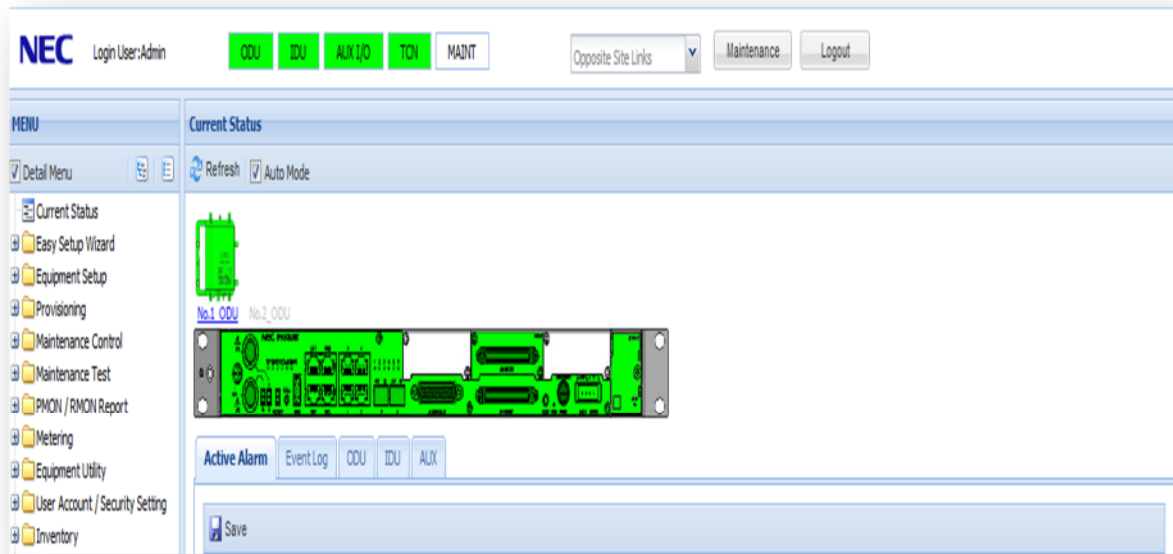


Figure 4.4 : Les éléments de l'équipement

3. Vérifier les caractéristiques de chaque site

On clique sur Equipment setup puis sur Radio configuration pour extraire les caractéristiques de chaque site (le types de modulation, les bandes de fréquences utilisées, la largeur de bandes, les puissances d'émissions et de réception) et on vérifie si notre liaison est en mode ATPC (Automatic Transmitter Power Control) ou MTPC (Manual Transmitter Power Control).

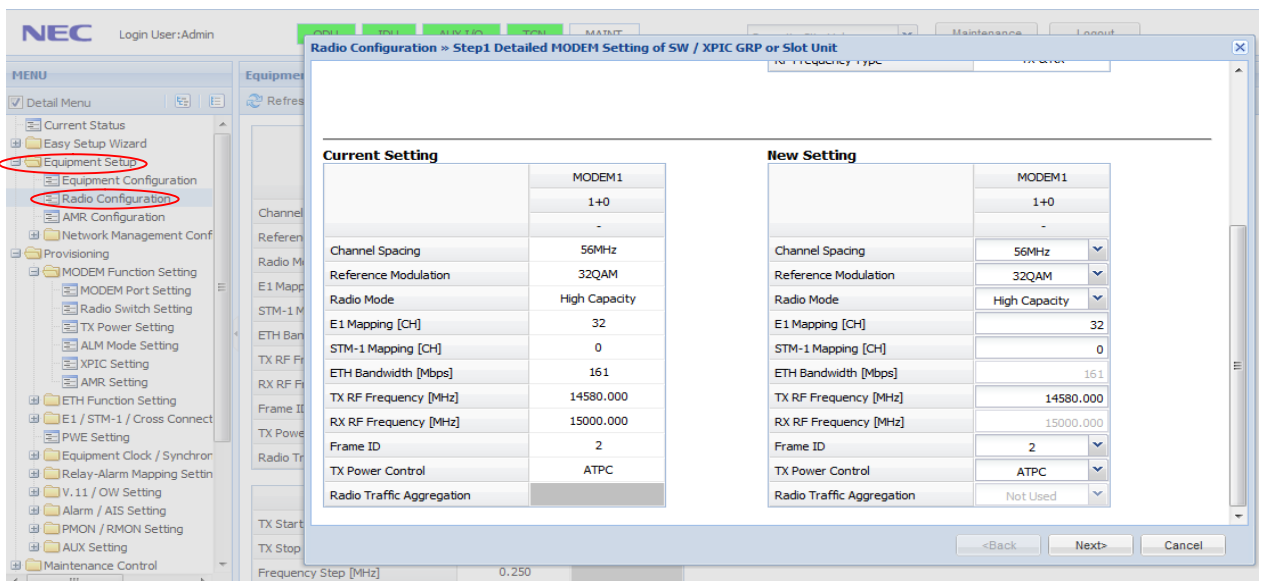


Figure 4.5: Configuration de l'antenne de CA2

On remarque que la liaison est configuré en mode ATPC (Automatic Transmitter Power Control), ce qui veut dire que les puissances d'émissions et de réception Tx et Rx sont gérés d'une manière dynamique fonction des conditions du trajet.

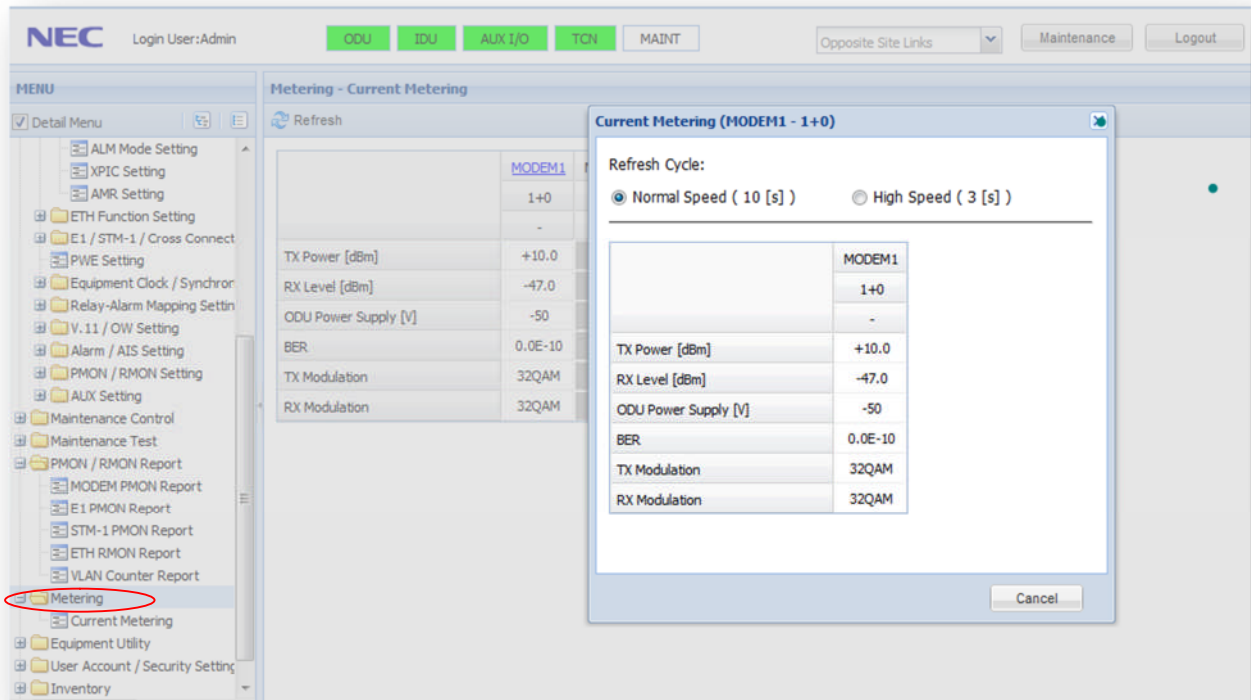


Figure 4.6: Fenêtre de la configuration Radio

Dans cette étape nous avons vérifié les puissances d'émission de l'équipement IDU, la puissance de réception, le seuil de coupure, le type de modulation et le taux d'erreurs(BER) dont on remarque qu'il y a une perte d'un seul bit sur 10^{-10} dBm (cette erreur est négligeable), donc la qualité de la transmission est bonne pour cette liaison et le signal n'est pas atténué dans ce cas.

4. Acquisition des données

Après avoir vu la configuration de nos sites, nous avons essayé d'enregistrer quelques puissances de réception sous formes de pages html, ces puissances sont déjà enregistrées automatiquement pendant 7 jours.

Pour le faire, on suit les étapes ci-dessous :

- On clique sur PMON/RMON report

- Puis sur Modem PMON report

On aura la fenêtre si dessous :

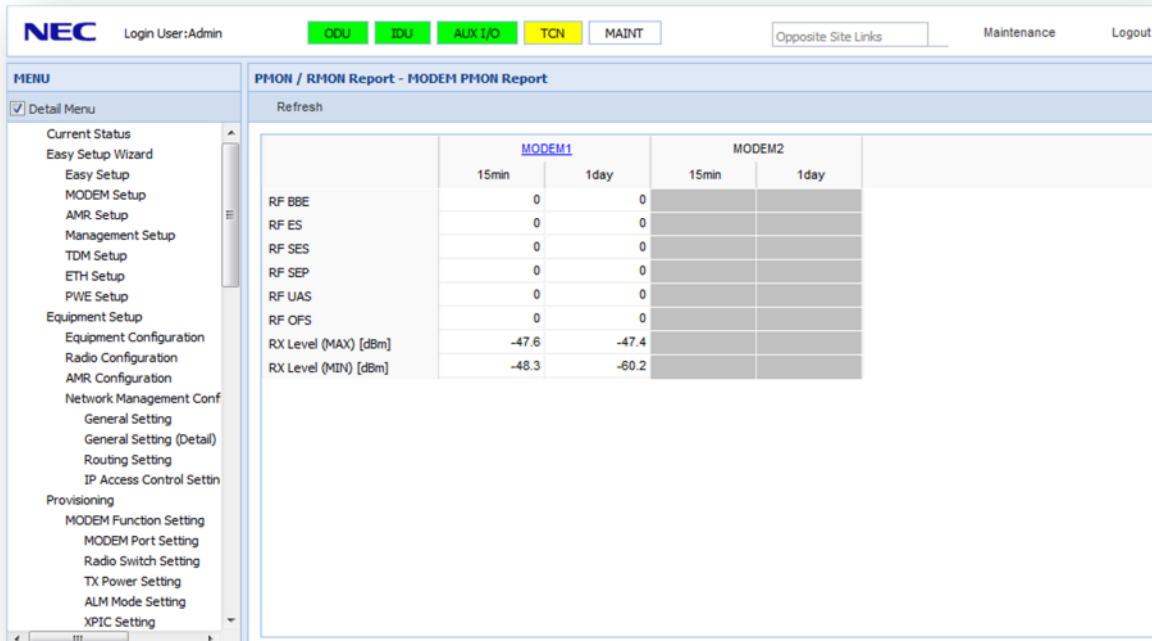


Figure 4.7: détection de la puissance reçue dans une journée

- Maintenant sur l'interface NEC on clique sur Modem 1 pour détecter les puissances Rmax et Rmin reçue par un récepteur en dBm pendant 7 jours. Puis enregistrer les valeurs de chaque journée.

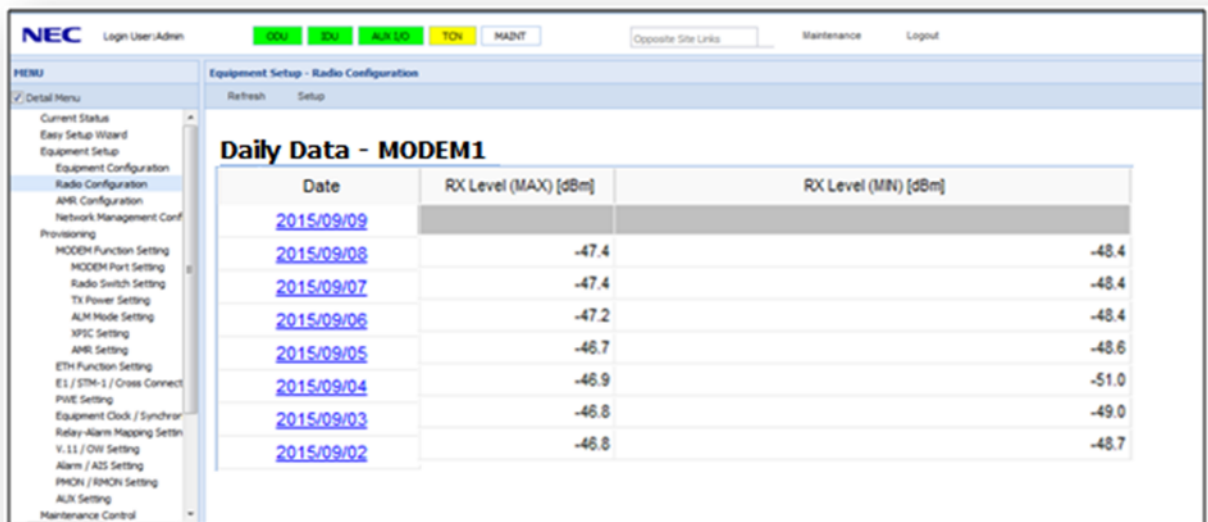


Figure 4.8: journées d'enregistrement des données

5. Analyse des données avec Matlab

Nos données (Rxmax et Rxmin) sont reçues pendant 24 heures pour le site de CMRR et pendant 6 heures pour le site de Beloua, on effectue l'analyse de ses données à l'aide du logiciel Matlab, ces données sont représentées sous forme de signaux.

Nos exemples sont pris dans un ciel à temps clair et à temps pluvieux. Le niveau de puissance à l'émission est +20 dB. Cette puissance indique un niveau de réception minimale. Dans ce cas, le signal reçu Rx est à -47 et -51 dBm (comme indiqué dans les figures si dessous). On remarque que dans un temps à ciel clair.

Les figures si dessous présentent les graphes de données d'acquisitions de signal reçu Rx de site CMRR. Ceci pour deux états de l'atmosphère ciel clair et pluvieux. Aussi on a représenté les puissances reçu au niveau de Belloua dans un temps à ciel clair.

➤ Représentation des puissances au niveau de CMRR

En ciel clair

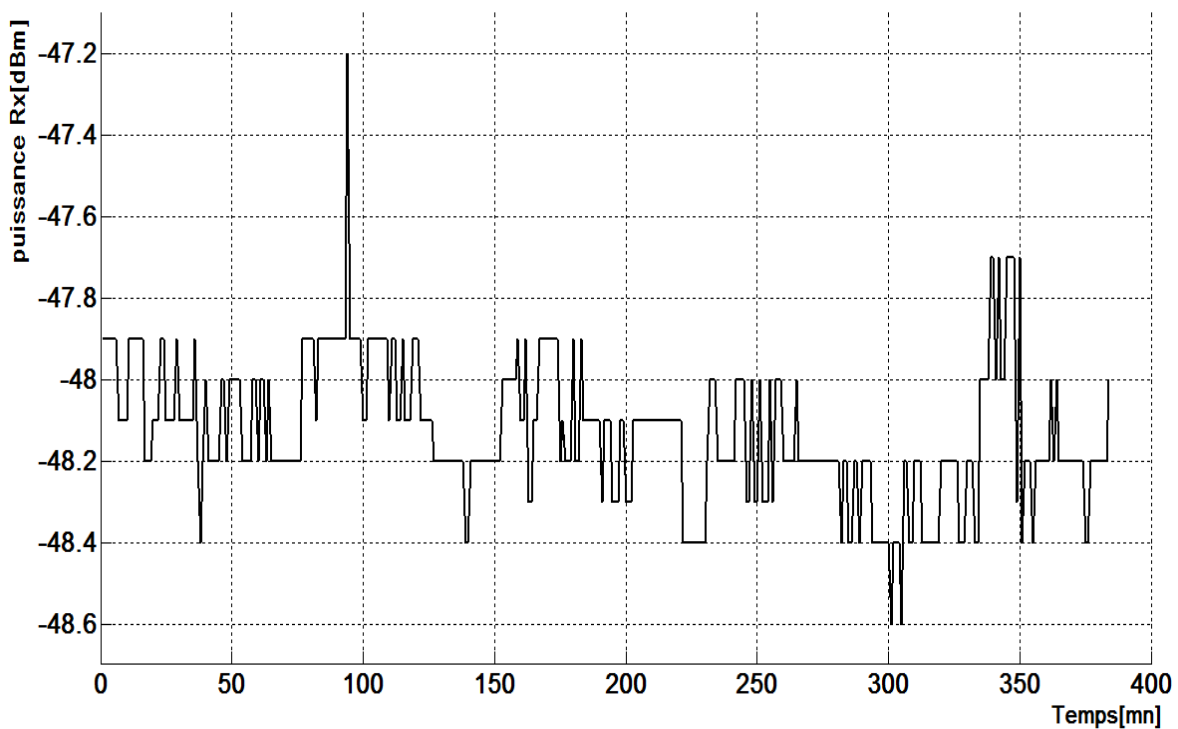


Figure 4.9 : puissances de réception Rx au niveau de CMRR (CMRR vers Beloua)

➤ Représentation de puissances de réception au niveau de Beloua

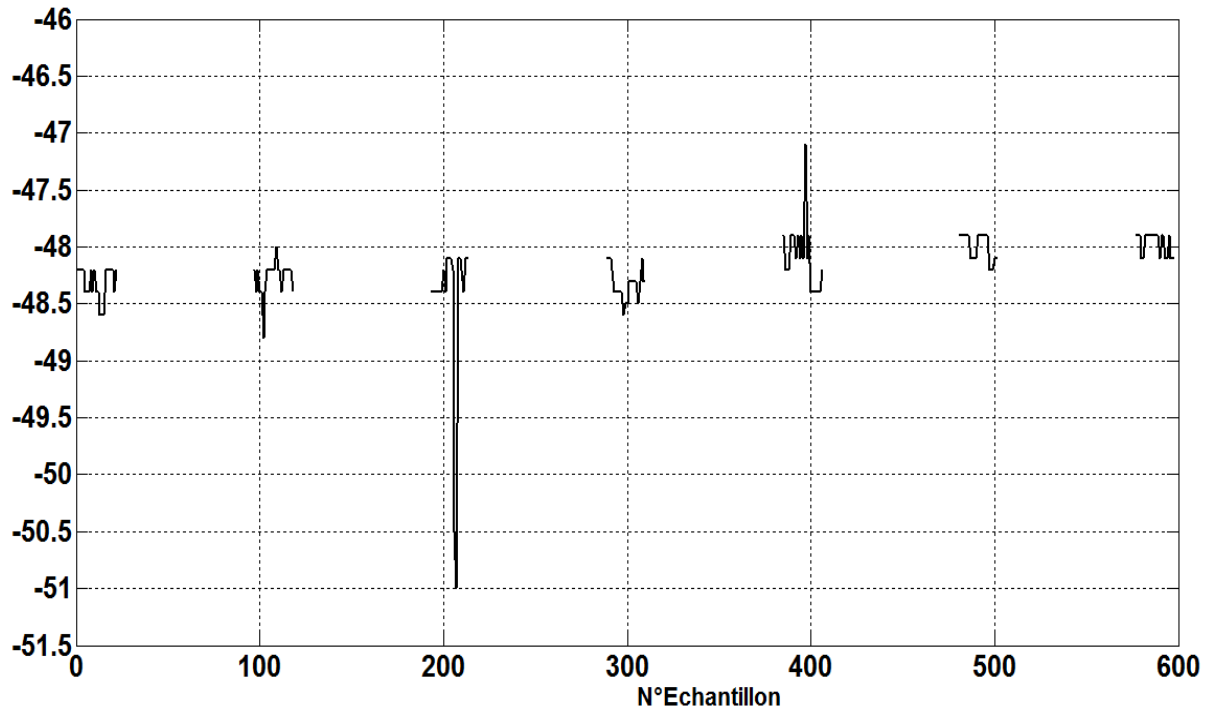


Figure 4.10 : représentation des puissances de réception Rx au niveau de Belloua en ciel clair

➤ Représentation des puissances de réception Rx sous formes d’histogramme

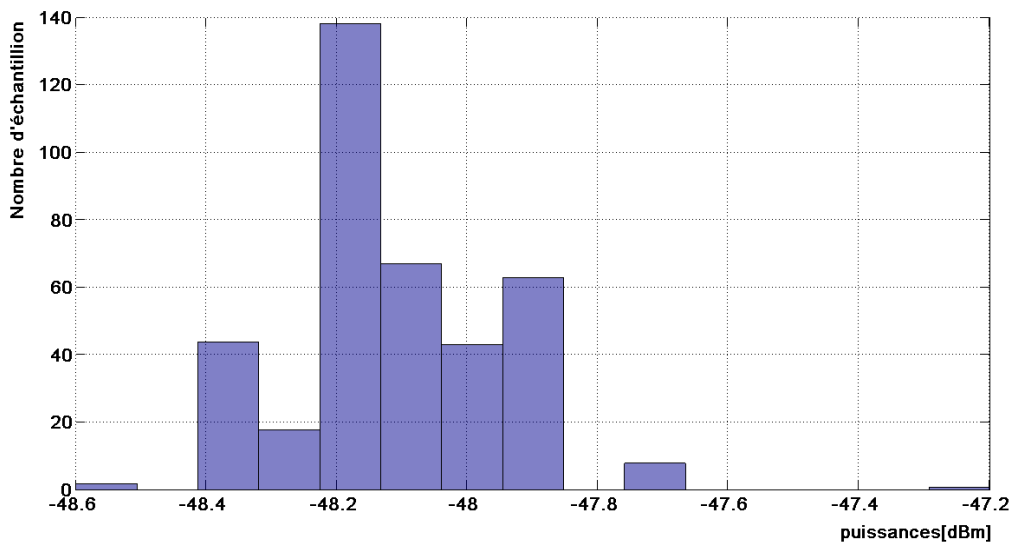


Figure 4.11 : Représentation d’histogramme des des puissances de réception Rx au niveau de CMRR en ciel clair

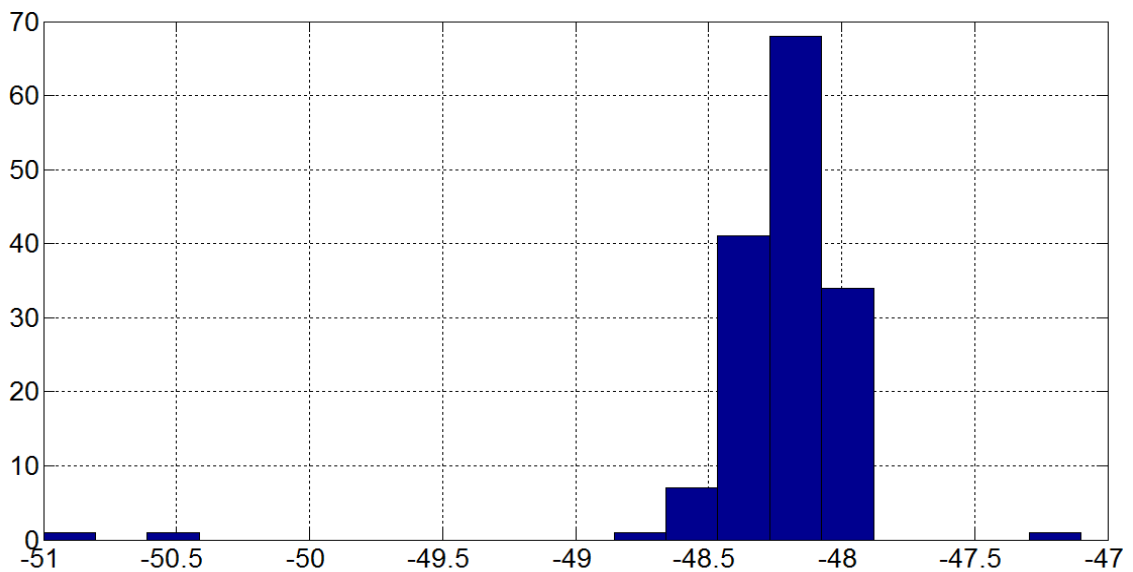


Figure 4.12: Représentation d''histogramme des puissances de réception Rx au niveau de Beloua en ciel clair

Les figures (4.10 ; 4.11 ; 4.12 ; 4.13) en ciel clair montre que la variation de Rx pour tout le long de trajet, est presque constante pendant toute la durée de notre acquisition, d'une valeur qui varie entre -47dBm et -48,6 dBm pour les sites CMRR et Baloua respectivement, et on remarque que dans certains temps on obtient des pulsations ou bien des pics qui varie entre -47 dBm et -51 dBm pour les deux sites. Ceci n'a aucune influence sur le signal car les pertes dû aux bruits thermiques des équipements ainsi que les pertes par guides d'ondes sont négligeable car en temps clair les effets extérieur ne sont pas présente par exemple : le vent, l'humidité...

Et nous constatons que la puissance de réception a diminué par rapport à la puissance d'émission qui est 20 dBm. Cette puissance indique un niveau de réception avec une atténuation minimale. Le signal reçu dans les deux sites est presque égale à -47 dBm ce qui indique une marge de sécurité de $65-47=18\text{dB}$.

- Représentation de puissances de réception au niveau de CMRR en temps pluvieux

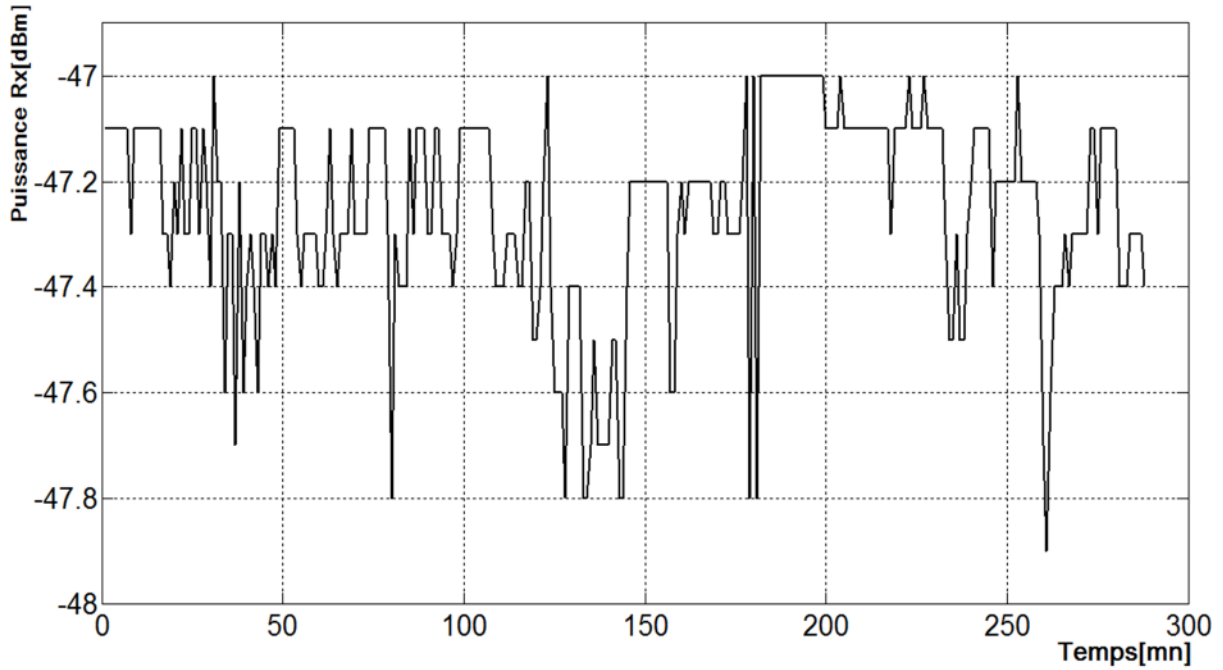


Figure 4.13 : puissances de réception Rx au niveau de CMRR en temps pluvieux

- Représentation des puissances de réception Rx sous formes d’histogramme

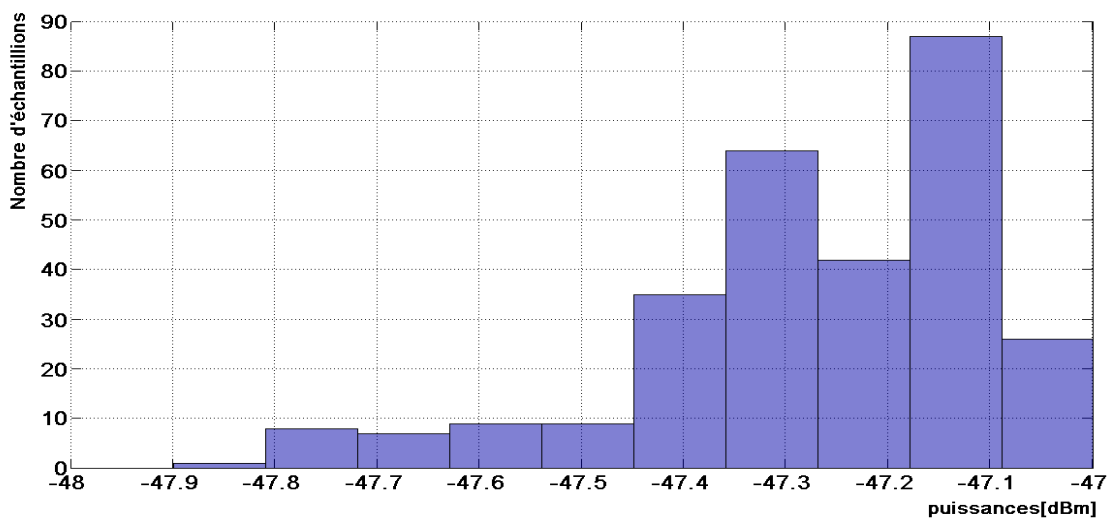


Figure 4.14 : Représentation d’histogramme des Rx au niveau de CMRR en présence de la pluie.

De même façon on constate que les champs reçus en atmosphère pluvieuse varient de -46,8dBm à -47,3 dBm et ne dépassent pas le seuil fixé par Algérie télécom (-65dBm). On peut interpréter cette absorption d'énergie du signal Rx par les pertes dues à la pluie qui peut dans certains cas déséquilibrer l'installation de l'antenne réceptrice sans oublier les pertes de guide d'onde au niveau de la réception.

4.6 Calcul de la moyenne et l'écart type

Sous matlab la moyenne des puissances de réception Rx reçus au niveau de Beloua est -47.78dBm et l'écart type vaut 0.50 ce résultat nous renseigne sur la dispersion des puissances d'émissions par rapport à la moyenne. Plus l'écart type est petit, plus les valeurs du tableau sont regroupées autour de la moyenne. De même pour le site de CMRR, la moyenne vaut -47.1 dBm l'écart type est 0.42.

4.7 Calcul de l'atténuation au niveau de CMRR

Nous considérons l'atténuation totale définie comme suit :

On a $T_x=20dB$

Dans un ciel clair on a : $R_{x1}=-48.2dBm$

Dans un temps pluvieux : $R_{x2}=-47.1 dBm$

$$A_{totale} = R_{x2} - R_{x1} \quad (4.15)$$

$$A_{totale} = -47.1 - (-48.2) \quad (4.16)$$

$$A_{totale}=1.1dBm$$

Le coefficient d'atténuation (4.17)

$$A = \frac{A_{totale}}{L} \quad \text{avec : } L \text{ la longueur de trajet}$$

$$\text{Donc : } A = \frac{1.1}{4.5} = 0.24 \text{ dB/Km} \quad (4.18)$$

On peut extraire le coefficient d'atténuation des histogrammes

$$\text{En ciel clair : } A = \frac{0.1}{4.5} = 0.02 \text{ dB/Km} \quad (4.19)$$

En présence de la pluie :

$$A = \frac{0.9}{4.5} = 0.2 \text{ dB/Km} \quad (4.19)$$

On remarque que l'atténuation se présente en temps pluvieux.

4.7 Conclusion

L'analyse de la puissance reçue Rx de la liaison FHN nous a permis de saisir l'interface de l'équipement IDU. Cette liaison permet de véhiculer 300 Mbits/s sur un canal configuré en polarisation verticale (V). A l'aide de l'outil de gestion et de maintenance de l'IDU, on a pu recevoir les puissances de réception de la liaison CMRR_Beloua. Nous avons constaté qu'il y a une bonne réception pour cette liaison. En plus nous avons constaté que l'atténuation est importante en présence de la pluie, cette dernière sur un chemin radio provoque l'affaiblissement sur une liaison.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude des liaisons FHN est une étape importante pendant la réalisation d'une interconnexion et la continuité des réseaux de télécommunication. Les faisceaux hertziens restent aujourd'hui le moyen le plus rapide et le moins cher pour installer un réseau par rapport aux installations filaires. En effet, il ne nécessite pas de support physique entre l'émetteur et le récepteur. En plus, il est une solution idéale pour amener Internet dans des secteurs à la topographie accidentée.

Dans le cadre de collaboration avec l'entreprise d'Algérie Télécom, nous avons effectué un stage sur les systèmes de liaisons FHN pour la maîtrise des outils d'exploitation et de supervision propre à l'équipement NEC. A cet effet, une étude a été initiée pour comprendre le fonctionnement et le comportement des liaisons point à point. Après avoir vu les paramètres de configurations, tels que la bande et le niveau de modulation, il est possible de modifier les paramètres directement par voie IP sur une page HTML en utilisant une page web,

Dans ce travail, nous nous sommes intéressées à l'acquisition des données de puissance reçues P_r entre les deux stations, l'acquisition a été réalisée en ciel clair et temps de pluie. Après l'analyse des données de la liaison que nous avons prises comme exemple, nous avons constaté que le signal est très peu atténué en ciel clair, est de l'ordre de 100 dB. Par contre, en présence de pluie cette atténuation est beaucoup plus importante.

Ce travail reste à compléter en considérant une plus large base de données. Aussi, pour mieux spécifier les phénomènes perturbateurs, il est nécessaire d'effectuer une étude statistique avancée sur cette base de données plus large.

GLOSSAIRE

[A]

ADSL	Asymmetrical Digital Subscriber Line
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ATPC	Automatic Transmitter Power Control.
AMRT	Accès Multiple à répartition par le Temps

[B]

BG	Bloc Gateway
-----------	--------------

[C]

CMRR	Centre de Maintenance Radio Régionale
CDMA	Code Division Multiple Access
CTN	centre de transit national
COS	coefficient d'occupation du sol

[D]

DSLAM	Digital subscriber line accès multiplexer
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing.

[F]

F HN	Faisceau Hertzien Numérique
FDMA	AMRF: accès multiple à répartition par fréquence)
FI	Frequence Intermediare

[G]

GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positionning System
GSM	Global System for Mobile Communication
GUI	Graphic User Interface

[H]

HDB3	High-Density Bipolar
-------------	----------------------

[I]

IDU	Indoor Unit
I'EEE	Institute of Electrical and Electronic Engineer
IF	Fréquence Intermédiaire
IMS	IP Multimedia Subsystem

GLOSSAIRE

IP	Internet Protocol
ISP	Independent Service Provider
IT	Interval de Temps
[L]	
LAN	Local Area Network
LOS	Line Of Sight
[M]	
MAC	Media Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
MF	marge de fading
MG	Le Media Gateway
MGC	Media Gateway Control
MGCP	Media Gateway Controller Protocol
MIC	Modulation par Impulsions codées
MIS	Management Information System
MSAN	Multiservice Access Node
MTPC	Manuel Transmitter Power Control
[N]	
NGN	Next Generation Network
NMC	Centre de Gestion de Réseau
NRZ	Non Return to Zero
[O]	
ODU	OutDoor Unit
OSI	Open System Interconnexion
[P]	
PABX	Private Automatic Branche Exchange
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PIRE	Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente
PSK	Phase Shift Keying
[Q]	
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
[R]	
RF	Radio Frequency

GLOSSAIRE

RTC	Réseau Téléphonique Commuté
[S]	
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SG	Le Signaling Gateway
SHF	Super High Frequency
SIP	Session Initiation Protocol
SS7	Signalisation System 7
SSP	Signalisation Service point
STM	Synchronous Transport Module
[T]	
TCP	Transmission Control Protocol
TDM	Time Division Multiplexing
TDMA	AMRT : accès multiple à répartition par le temps
TOS	Taux d'Onde Stationnaire
[U]	
UIT	Union Internationale de Telecommunications.
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System.
[V]	
VLAN	Virtual Local Area Network
VoIP	Voice over IP
[W]	
WAN	wide Area Network
WAP	Wireless Application Protocol
WDM	Wave Division Multiplexing
WLAN	Wireless Local Area Network.
WWW	World Wide Web
[X]	
xDSL	Digital Subscriber Line
X.25	Protocole de Transmission de Paquets

Time Slot(TS) : Créneau temporel ou intervalle de temps ; c'est l'unité temporelle principale utilisée dans le multiplexage des canaux.

Canal - Channel - : En théorie de la communication, partie d'un système de communication qui assure la transmission de l'information entre une source et un destinataire.

GLOSSAIRE

Pire : Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente, c'est la puissance qu'il faudrait appliquer à une antenne isotrope pour obtenir le même champ dans cette direction.

dB : Valeur de mesure logarithmique de l'amplitude d'un signal égale à $20 \cdot \log(x)$. Quand il est nécessaire de quantifier les gains et les atténuations d'un signal (sonore ou électrique), il est plus commode de parler d'un amplificateur de 20 dB de gain que d'un amplificateur qui amplifie 100 fois. De même, on utilise cette valeur pour donner l'affaiblissement d'un câble, en mètre ou kilomètre. Le signal original se trouve affaiblit avec la distance, l'affaiblissement peut s'exprimer alors en dB.

dBm : Il est commode d'exprimer une puissance par rapport à une référence qui sera en l'occurrence le milliwatt sur une impédance de 50 ohms. Cette notion d'impédance de charge est importante et doit être spécifiée car 0 dBm sur 50 ohm ne correspond pas à 0 dBm sur 75 ohm. $0 \text{ dBm sur } 50 \text{ ohm} = 224 \text{ mV sur charge de } 50 \text{ ohm} = 1 \text{ mW}$.

Résumé

Les FH numériques sont très souvent utilisés à la place des FH analogiques. Ces premiers sont basés sur la technique PDH, SDH et ils se sont évolués vers la transmission par voie IP. En effet, l'objectif majeur de l'utilisation des FH est d'assurer une transmission des informations avec une disponibilité appréciable.

Notre travail consiste en l'étude de deux liaisons FHN où on s'est intéressées à l'acquisition des données concernant les puissances reçues afin d'analyser l'atténuation subie sur le chemin de propagation. Pour ce faire, nous avons procédé à une acquisition de ces données sur une liaison FHN entre « CMRR-Belloua » dans le réseau d'Algérie Télécom de Tizi –Ouzou.

L'acquisition a été réalisée en ciel clair et temps de pluie. Après l'analyse des données de la liaison que nous avons prises comme exemple, nous avons constaté que le signal est très peu atténué en ciel clair, est de l'ordre de 10 dB. Par contre, en présence de pluie cette atténuation est beaucoup plus importante.

Les mots clés

NGN, MSAN, DSLAM, Média Gateway, Signaling Gateway, Media Gateway Controller, IP, TCP, FHN, Ellipsoïde de Fresnel, Dégagement, Visibilité, Antenne, Dénivellation, Bilan énergétique.



Références bibliographiques

- [1] Ayman HENTATI, Création et in intégration des services de téléphonie sur IP « Jain ».
- [2] N. Ghanmi, Radio Transmission and reception GSM 05. 05. ETSI, 1996.
- [3] Projet de fin d'études. Ghanmi, Rapport de l'ETSI-NGN, Juin 2006.
- [5] l'assemblée GA38, Rapport de l'ETSI-NGN Starter Groupe, 20- 21/11/01
- [6] Frédéric lunanay : Module TR3 Transport des données : PDH, SDH, WDM R&T 2eme année réseaux télécoms UE3 TR3 Année 2011 2012.
- [7] **Hervé Frenot**, LEXIQUE DE TERMES ET ACRONYMES RESEAUX &TELECOMMUNICATIONS, Edition 04/2013.
- [8] Mongo sokulu, mémoire online, liaison hertzienne, 2010.
- [9] (Sidwagnan Cheick M. Zan Liu Wang et Abdramane Ouangraoua), Microwave à ZTE, 2006 – 2008.
- [10] **L.Reynier**, LIAISONS HERTZIENNES.
- [11] Starter Groupe, compte-rendu de l'assemblée GA38 des 20, 21/11/01.
- [12] **Ben said Fatma**, ETUDE ET PLANIFICATION D'UN RESEAU FH SYNCHRONE, 2001-2002.
- [13] Louise Reynier, BILAN DE LIAISON HERTZIENNE ; Application au SFH 534.
- [14] ZIMMER Baptiste et IUT Nancy Brabois, installation et mise en service faisceaux hertzienne ALCATEL 9400UX.
- [15] Adoum Youssef Moussa, Etude et mise en service de la liaison faisceau hertzien Loumbila-Kamboincè



Références bibliographiques

Site web :

http://www.lias-lab.fr/perso/fredericlaunay/Cours/TR3/Cours%2520PDH_SDH.pdf

www.art-telecom.fr/fileadmin/reprise/publications/ngnsept02.pdf

<http://www.COURS%20FAISCEAU%20HERTZIEN.htm>.

[http://www.Ellipsoide de frenel.htm](http://www.Ellipsoide%20de%20frenel.htm).