

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU MAMMERI, TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention

Du Diplôme de Master en Electronique
Option : Réseaux et Télécommunications

Thème :

Etude des liaisons FH d'un réseau WLL :

Acquisition des données radioélectriques

dans la région de TIZI-OUZOU

Proposé et dirigé par :

M^r. TAHANOUT .M

CO-PROMOTEUR:

M^r. ISLY.H

Réalisé par :

M^{elle}. BENDENNAH Lydia

M^{elle}. ALLIK Madjda

Année universitaire : 2013/2014

Remerciements

Nous remercions tout d'abord par excellence sa grandeur « le bon dieu », qui nous a donné le courage et la patience tout au long de notre vie.

Nos premiers remerciements vont à notre promoteur MR M.TAHANOUT, qui a suivi et veillé sur le bon déroulement de ce travail avec ses conseils, ses remarques constitutives, et surtout pour sa compréhension et son encouragement.

Nous adressons aussi nos remerciements à notre co-promoteur MR H.ISLY de nous avoir pris en charge et bien encadré durant l'expérimentation et reconnaissance et à toute l'équipe d'ALGERIE TELECOM qui a contribué à notre formation durant notre stage.

Par conséquent, tous ces moyens nous ont permis de réaliser notre travail dans sa meilleure forme.

Nous remercions le président du jury et les examinateurs d'avoir accepté de juger notre travail.

Tous nos infinis remerciements vont à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation durant notre cursus universitaire, pour le riche s'avoir qu'ils nous ont transmis avec rigueur et dévouement.

Enfin, nous tenons à remercier également toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de notre travail.

Merci à tous.



Dédicaces

Je dédie le fruit de mes années d'études à mes très chers parents qui m'ont tout donné, de leur amour et leurs sacrifice éternels pour que je puisse suivre mes études dans des bonnes conditions et qui ne cessent pas de m'encourager et de veiller pour mon bien, sans leur soutient ce travail n'aurait jamais vue le jour.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage, à qui je doi l'amour et de la reconnaissance :

- *Mes chères sœurs Leïla, Nadjat, Sonia et Liza.*
- *Mon neveu adoré Imran.*
- *Mes beaux frères Sid-ali et Hacén.*
- *Mes oncles et mes tantes.*
- *Ma très chère amie Sadia et sa famille*
- *Ma Binôme et sa belle famille.*
- *Tous mes amis (es).*
- *La promotion 2013/2014.*

- *A Toutes ces personnes et à celles que j'ai peut être oublié j'adresse mes sentiments les plus chaleureux,*

Lydia





Dédicaces

Je dédie le fruit de mes années d'études

A mes très chers parents Messaad et Boussaad qui m'ont tout donné, de leurs amour et leurs sacrifices éternels pour que je puisse suivre mes études dans des bonnes conditions et qui ne cessent pas de m'encourager et de veiller pour mon bien, sans leurs soutient ce travail n'aurait jamais vue le jour.

A ma chère belle mère zahra et mon beau père Abdelkader Vous m'avez accueilli à bras ouverts dans votre famille. En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A mon très cher mari mehdi Mon ange gardien et mon fidèle compagnant dans les moments les plus délicats de cette vie mystérieuse. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A mes deux chères adorables sœurs melissa et ania

A mon très cher frère sabri et son épouse meriam

A ma grand-mère wardia

A la mémoire de mon grand-père elkhidar

A mes belles sœurs KARIMA, SAMIRA et AMEL

A mon beau frère amine

A mes oncles et mes tantes.

A Ma binôme lydia et sa famille.

A tous mes amis (es).

A Toutes ces personnes et à celles que j'ai peut être oublié j'adresse mes sentiments les plus chaleureux.





SOMMAIRE

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

Chapitre I : Généralité sur le réseau WLL

I.1. Introduction	02
I.2. La Boucle Locale Radio	03
I.2.1. Définition de la boucle locale radio	03
I.2.2. Avantages de boucle locale Radio	03
I.2.3. Comment se fait l'appel dans la boucle locale radio ?	03
I.3. La technique utilisée dans la BLR	04
I.3.1. technique de CDMA.....	04
I.3.1.1. Définition.....	04
I.3.1.2. Evolution	04
I.3.1.3. Etapes et histoire du CDMA	05
I.3.1.4. Avantage du CDMA	05
I.4. Architecture de base d'un système WLL	05
I.4.1. Terminaison radio (TR)	06
I.4.2 Le sous-système radio BSS	07
I.4.3. Le sous-système réseau (MSS)	07
I.4.3.1. L'enregistreur de localisation nominale (HLR : Home location Register)	08
I.4.3.2. L'enregistreur de localisation des visiteurs (VLR : Visitor Location Register)	08
I.4.3.3. Le centre de commutateur mobile (MSC : Mobile Switching Center)	08
I.4.3.3.1. Structure interne du MSC	09
I.4.3.3.2. Fonctions principale du MSC	10
I.4.3.3.2.1. Le centre d'authentification (AuC : Authentication center)	10
I.4.3.3.2.2. Le centre d'exploitation et de maintenance (OMC)	10
I.4.3.4. Les interfaces.....	11
I.5. BTS (Base Transceiver Station)	11
I.5.1. Introduction	12
I.5.2. Fonction de la BTS	12
I.5. 3. Performances de la BTS	12
I.5.4. Types de BTS	12
I.5.4.1. S111 (1 porteuse – 3 secteurs)	13
I.5.4.2. S222 (2 porteuses – 3 secteurs)	14
I.5.4.3. micro BTS	14
I.5.5. Les différentes fréquences.....	14
I.5.5.1. BTS ZTE	15
I.5.5.2. BTS Hwawei	15
I. 6. Les caractéristiques de services WLL.....	15
I.6.1. Les caractéristiques de services.....	15
I.6.1.1. Voix téléphonique	15
I.6.1.2. Bande pour données	16
I.6.1.3. Services numériques	16
I.6.2. Les caractéristiques opérationnelle	16
I.6.2.1. L'efficacité spectrale	16

I.6.2.2. La couverture radio.....	17
I.6.2.3. L'alimentation de la borne radio	17
I.6.2.4. Gestion des terminaisons radio.....	17
I.7. Techniques de transmission	17
I.7.1. Le multiplexage.....	17
I.7.1.1. Multiplexage plésiochrone PDH	18
I.7.1.2. Multiplexage synchrone SDH	19
Conclusion.....	20

Chapitre II : Etude d'une liaison FHN point à point

II.1 .Introduction.....	21
II.2. Propagation des ondes radioélectriques.....	21
II.2.1. Caractéristiques.....	22
II.2.2. La gestion du spectre électromagnétique	23
II.2.3. Les équations de Maxwell dans le vide	23
II.2.3.1. Relations constitutives dans le vide	24
II.2.4. Propagation en visibilité.....	25
II.2.5. Ellipsoïdes zone de Fresnel	26
II.2.6. Schéma principale d'une liaison hertzienne	28
II.2.7. Les facteurs pouvant affecter la propagation.....	29
II.2.7.1. Réfraction atmosphérique	29
II.2.7.2. Dégagement/ diffraction	30
II.2.7.3. Réflexion, trajets multiples	31
II.2.8. Atténuation des ondes dans l'atmosphère.....	31
II.3. L'onde plane	34
II.4. Polarisation des ondes planes.....	34
II.4.1. Polarisation rectiligne	35
II.4.2. Polarisation elliptique	36
II.4.3. Polarisation circulaire	36
II.5. La propagation dans l'environnement terrestre	37
II.5.1. Atmosphère terrestre.....	37
II.5.2. Les types de propagation.....	37
II.5.2.1. La propagation troposphérique.....	37
II.5.2.1.1. La contrainte de la propagation troposphérique.....	38
II.5.2.2. Propagation par onde de surface ou de sol.....	39
II.6. Transmission par faisceaux hertziens.....	39
II.6.1. Définition	39
II.6.2. Principe d'un faisceau hertzien	40
II.6.3. Affectation des fréquences dans les faisceaux hertziens.....	40
II.7. Sensibilité d'un récepteur	42
II.8. Les antennes.....	42
II.8.1. Définition	42
II.8.2. Antenne isotrope	43
II.8.3. Les principaux caractéristiques d'une antenne.....	43

II.8.4. Antenne parabolique.....	46
II.9. Types de modulations	48
II.9.1. La modulation d'amplitude ou ASK.....	49
II.9.2. La modulation de fréquence ou FSK.....	49
II.9.3. La modulation de phase ou PSK.....	49
II.9.4. Modulation QAM.....	50
II.10. La modulation d'impulsions codées (MIC)	51
II.10.1. Échantillonnage.....	51
II.10.2. Quantification	52
II.10.3. Compression	52
II.10.4. Codage	53
II.11. Structure de trame MIC	54
II.11.1. Trame primaire et l'intervalle temporel (IT)	54
II.12. Conclusion	56

Chapitre III : Etude d'une liaison Faisceau Hertzien d'un réseau WLL

III.1. Introduction	57
III.2. Définition des faisceaux hertziens.....	58
III.3. Les liaisons radioélectriques	59
III.3.1. Station relais	60
III.3.2. Structure d'une station terminale	60
III.4. Caractéristiques	62
III.4.1. Les catégories des faisceaux hertziens	63
III.4.1.1. Les FH fonctionnant en visibilité directe.....	63
III.4.1.2. Les FH transhorizon.....	63
III.5. Les modulations utilisées en FH	64
III.5.1. Modulation pour FH analogique	64
III.5.2. Modulation pour FH numérique	65
III.6. Les avantages et inconvénient des FH	65
III.6.1. Les inconvénients des FH.....	65
III.6.2. Les avantages des FH	66
III.7. Principe de fonctionnement et performances.....	66
III.8. Etablir la carte géographique des liaisons FH (données Algérie télécom)	67
III.8.1. Planification du réseau.....	67
III.8.1.1. Détermination du site	67
III.8.1.2. Les coordonnées GPS	67
III.8.1.3. La couverture radio	67
III.8.2. Vérification de la visibilité entre les deux sites	68
III.8.3. Paramètres d'installation	68
III.8.3.1. Le choix de la liaison.....	68
III.8.3.2. Les antennes	69
III.8.3.3. Le câble coaxial	69
III.8.3.4. Polarisation des antennes	69
III.8.3.5. Source d'alimentation	69

III.8.3.6. Protection nécessaire.....	69
III.8.4. Mesure de latitude longitude.....	69
III.8.5. Mesure de l'altitude	70
III.8.6. Vérification de direction de la station opposée	71
III.8.7. Vérification d'obstacles au voisinage.....	71
III.8.8. Description du réseau de télécommunications de la wilaya de Tizi-Ouzou.....	73
III.8.8. 1. Le réseau de transmissions	73
III.8.8.2. Description générale du projet.....	73
III.8.9. Localisation du projet.....	73
III.8.9.1 Déplacement sur les deux sites.....	73
III .9 . Conclusion.....	80

Chapitre IV. Acquisition des données radioélectrique d'une liaison FH

IV.1. Introduction	81
IV.2. Etude de la liaison PASOLINK	81
IV.2.1. Conception de liaison	81
IV.2.1.1. Calcul de niveau de réception (RSL)	81
IV.2.1.2. puissance sortie d'émission	83
IV.2.1.3. Gain d'Antenne.....	83
IV.2.1.4. Affaiblissement d'espace libre	84
IV.2.1.5. Affaiblissement dû à la pluie	84
IV.2.1.6. sélections de la fréquence.....	86
IV.3. Différentes versions du coffret IDU / ODU sont proposées selon la configuration du système.....	86
IV.3.1. Configuration avec protection.....	87
IV.4. Les étapes d'acquisition des données TX,RX.....	89
IV.5. Interprétation des résultats pour la liaison FHN : cas de la liaison TIZI-OUZOU(A) à BELLOUA(B)	92
IV.5.1. Représentation des données RX pour le site A, B	92
IV.5.2. Représentation de l'atténuation intermédiaire σ_{Int}	96
IV.6. Conclusion	100
Conclusion générale.....	101
Annexe	
Glossaire	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Bibliographie	



INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

En télécommunication, les réseaux cellulaires sont parmi les applications les plus utilisées et les plus développées. Toutefois, le réseau téléphonique fixe reste très important. En effet, ce dernier présente des avantages indétrônable tels que le débit important ou le multiple service en continu. De plus, Le pourcentage d'abonnement téléphonique pour un tel réseau ne cesse d'augmenter dans notre pays.

La convergence vers les systèmes numériques offre une signalisation plus élaborée, moins d'interférences, une intégration des équipements de transmission et de commutation et enfin une aptitude à supporter et à gérer plus de trafic donc plus de services offerts.

Avec l'évolution aussi importante de services et usagers des réseaux mobiles, le débit de données à transporter est très important. C'est pourquoi, on utilise des supports de transmission de haut débit, tels que la fibre optique, câbles coaxiaux, câbles Ethernet large bande, etc. Toutefois, pour les liaisons dans les régions difficiles d'accès ou isolées, l'installation de ce type de support présente des contraintes techniques et financières supplémentaires. A travers le monde entier et plus particulièrement là où l'infrastructure de télécommunication n'est pas bien développée, la solution radio dans la boucle locale d'abonnés (Wireless Local Loop) émerge comme étant une alternative intéressante pour l'accès au réseau téléphonique commuté public (RTCP). Aussi, on utilise les liaisons Faisceau hertzien (FH) adaptées au transport de données haut débit. Ce type de liaisons offre de grandes capacités de débit, allant de 2Mb/s à 2Gb/s et s'adapte aux besoins de chacun.

Une liaison FH exploite le support d'ondes radioélectriques, par des fréquences porteuses allant de 1Ghz à 40Ghz, focalisées et concentrées grâce a des antennes directives. Néanmoins la liaison FH, étant considérée une liaison point à point, est limitée par la ligne de l'horizon à 40 Km. Cette liaison utilise l'atmosphère comme canal de transmission. Généralement, lorsqu'un phénomène météorologique se produit ce canal est sévèrement perturbé.

Notre travail consiste à l'étude d'une liaison FH d'un réseau WLL, l'acquisition des données radioélectrique dans la région de TIZI-OUZOU. Pour ce faire, une partie de notre travail a été effectuée au sein de l'entreprise ALGERIE TELECOM pour l'acquisition des données relatives aux liaisons FH.

Pour une meilleure présentation de ce travail nous avons décomposé le présent mémoire en quatre chapitres. Dans le premier chapitre, nous présentons les généralités sur le réseau WLL. Le deuxième chapitre est consacré à l'étude d'une liaison FH numérique et ses caractéristiques telles que les bandes de fréquence utilisées. Le chapitre trois est dédié pour l'étude d'une liaison Faisceau Hertiens d'un réseau WLL en présentant une carte géographique des liaisons FH à partir des données rapportées d'Algérie Telecom au cours de notre stage.

Enfin le dernier chapitre présente la partie pratique réalisée sur site. Une analyse d'un ensemble de données concernant des liaisons FH est montrée dans ce chapitre.



Chapitre I
Généralités sur le réseau WLL

I.1. Introduction :

À côté des liaisons filaires, il existe aujourd'hui des techniques sans fil qui permettent de réaliser une liaison entre l'abonné et l'infrastructure des télécommunications du fournisseur de service (ALGERIE TELECOM), pour l'ensemble de ces techniques, on utilise l'expression « Boucle Locale Radio » en anglais « Wireless Local Loop » en abrégé WLL.

Compte tenu de la souplesse et de la fiabilité d'intégration des solutions sans fil et pour résorber le retard important accusé en matière de pénétration téléphonique au niveau des zones urbaines, suburbaines et rurales.

Algérie Télécom a opté pour le recours à la technologie d'accès CDMA_WLL.

Étant donné les nombreux avantages que présentent les systèmes CDMA_WLL tant sur le plan technique qu'économique par rapport au câblage traditionnel, cette technique constitue la solution qui permet à Algérie Télécom d'offrir des services plus performants de développer et rentabiliser son réseau.

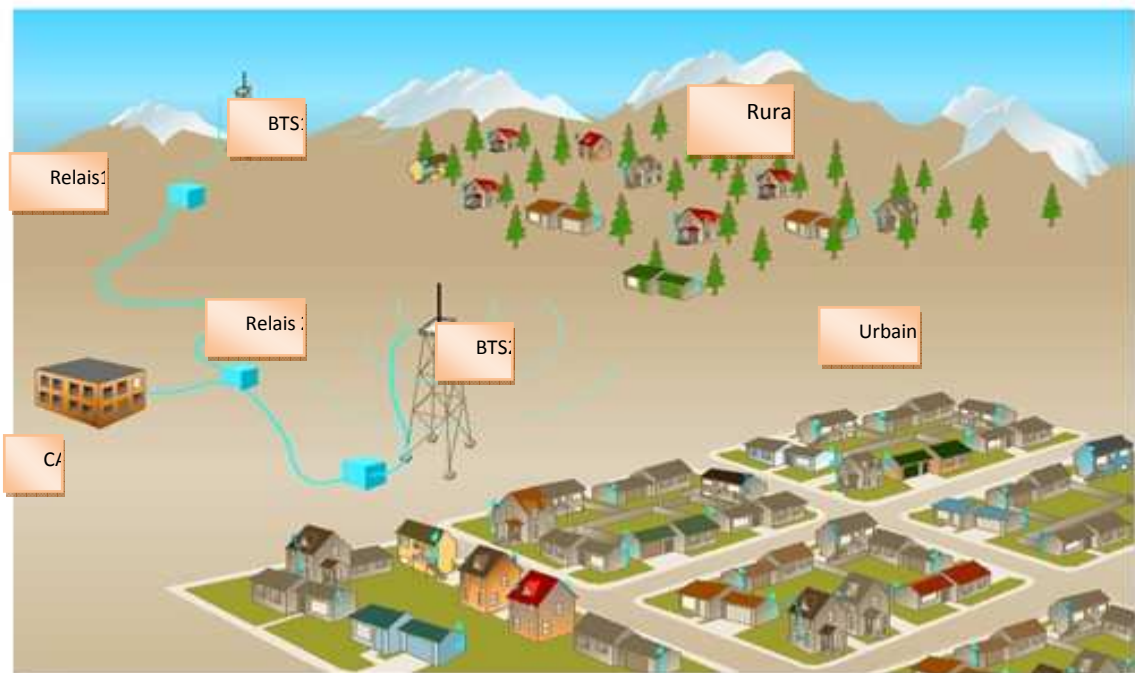


Figure 1 : le réseau WLL

I.2. La Boucle Locale Radio :

Dans le domaine des télécommunications, on appelle boucle locale le support qui relie l'abonné à l'opérateur du téléphone. La boucle locale radio est un moyen pour un opérateur de télécommunication de relier directement l'abonné à ses équipements en passant par une liaison radio au lieu d'utiliser les fils de cuivre.

I.2.1. Définition de la boucle locale radio :

La boucle locale radio est un moyen technologique de connexion :

Sans fils : le support physique de transmission est un faisceau d'onde.

Symétrique : pour un accès internet, le débit est le même que si on envoie et qu'on reçoit les données.

Bidirectionnelle : liaison duplex (utilisateur /opérateur et opérateur/utilisateur).

Cellulaire : comme pour les réseaux GSM, on peut déployer un réseau WLL selon des différents motifs cellulaires.

I.2.2. Avantages de boucle locale Radio

- La rapidité d'être raccorder au réseau téléphonique ;
- Le cout moins élevé ;
- Haut niveau de qualité audio : codage numérique de la voie ;
- Installation rapide et économique ;
- Possibilité de raccordes un modem pour internet ;
- Extensibilité (l'ajout d'abonnés à n'importe quel moment).

I.2.3. Comment se fait l'appel dans la boucle locale radio ?

En formant le numéro, l'information sera codée et transmise du MS vers une BTS et cela Par des ondes électromagnétiques. La BTS traite l'appel et surveille sa fréquence puis L'envoie Vers le central dans l'équipement BSC (contrôleur de station de base) qui contrôle cet appel et le décode, enfin il sera envoyé dans un autre équipement du centre, c'est le MSC. Ce dernier s'occupera de transmettre l'appel dans la région voulu.

I.3.La technique utilisée dans la BLR

On a parlé du codage car le WLL utilise le système CDMA qui veut dire (Code Division Multiple Accès), c'est un système utilisé pour que le nombre d'appel qui sera transmis simultanément soit très grand, d'ailleurs il est de 35 abonnés en chaque antenne un nombre largement suffisant pour émettre les appels, comparé au GSM qui utilise que 8 abonnés dans chaque antenne. Le système CDMA aussi utilisé pour la protection d'information.

I.3.1.technique de CDMA

I.3.1.1. Définition

Dans le domaine des télécommunications Code Division Multiple Accès CDMA en français accès multiple par répartition en code (AMRC) est un système de codage de transmissions basé sur la technique d'étalement de spectre pour transmettre un nombre indépendant de conversation.

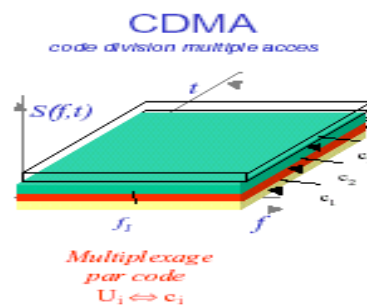


Figure I.2 : CDMA

I.3.1.2 Evolution

I.S95 (interin standard) c'est la première norme cellulaire numérique utilisant la technique CDMA qui a été développée par la compagnie américaine QUALCOMM fondée en 1985 par IROIN JACOBS et ANDROW VITERBI.

I.S95 est appelé aussi CDMA one qui en 1995a été révisé en I.S95A puis en 1997 en I.S95B puis lui même révisé en 1999 en I.S2000 (CDMA1 x RTT et CDMA 1 x EV) pour les Débits élevés et la vidéo.

CDMA 2000 est une norme de réseau cellulaire de 3^{ème} génération qui est le successeur de CDMA one I.S95, il offre des débits et des services plus importants.

CDMA 2000 est une marque déposée et enregistrée par QUALCOMM.

I.3.1.3. Etapes et histoire du CDMA :

- **En 1993** : le premier standard de CDMA (IS95) fut utilisé.
- **En 1995** : la technologie CDMA fut commercialisée à grand échelle à Hong Kong et aux USA.
- **En 1997** : des réseaux expérimentés CDMA sont réalisés en chine.
- **En avril 2001** : China Unicom commença l'installation des réseaux CDMA les plus étendus dans le monde.
- **A présent** : la commercialisation des réseaux CDMA est établit dans plus de 55 pays, ce qui représente à peu près 22% des données dans le monde.

I.3.1.4. Avantage du CDMA :

- Large couverture : plus large que celle assurée par les réseaux GSM ce qui engendre une économie pour les opérateurs.
- Le Hand over : méthode de changement de celle a été amélioré en méthodes plus douce c'est le soft Hand over dans lequel l'abonné est d'abord connecté dans la nouvelle cellule avant de se déconnecter de l'ancienne BTS ce qui réduit les coupures.
- Bonne qualité de la voix grâce aux codeurs

I.4. Architecture de base d'un système WLL :

L'architecture d'un réseau WLL peut être divisée en quatre sous-systèmes :

- Le terminal radio.
- Le sous-système radio contenant la station de base et son contrôleur.
- Le sous-système réseau ou d'acheminement.
- Centre d'opération et de maintenance (OMC).

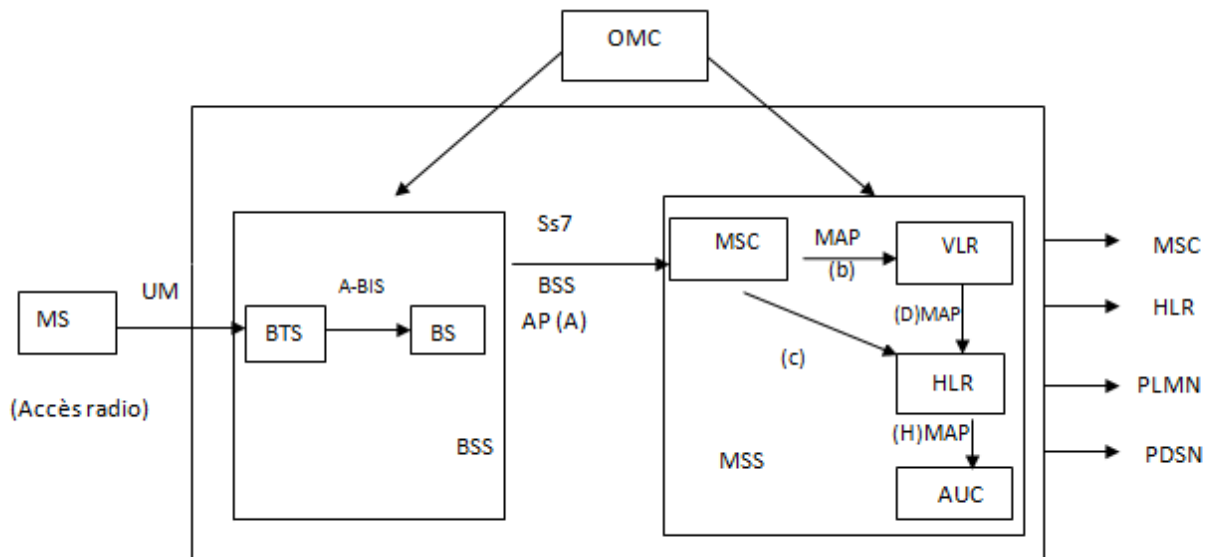


Figure I.3 : Architecture du système WLL

I.4.1. Terminaison radio (TR)

C'est un équipement de petite taille permettant à l'utilisateur l'accès au Service téléphonique par l'intermédiaire d'une interface radio. Il peut être Connecté aux Terminaux classique. Cette unité est un intermédiaire entre le Terminal abonné et l'interface radio. Elle doit supporter les services du RTCP et RNIS.



Figure I.4 : Terminal Radio.

I.4.2 Le sous-système radio BSS

BSS est une limite générale pour l'équipement sans fil servant une ou plusieurs cellules.

D'une façon générale, BSS se compose de deux éléments : La BTS et le contrôle de station (BSC)

- La station de base (BTS) : est reliée en amont du réseau au contrôleur (BSC) et en aval aux terminaux d'abonnés à travers une interface radio. Elle permet l'émission et la réception des signaux d'information et de signalisation venant (ou allant vers les) des terminaux abonnés.
- Contrôleur de station de base (BSC) : c'est une unité d'interfaçage entre le système utilisé et le réseau. Elle assure le contrôle des stations de base (BTS) qu'elles lui sont connectées, il permet la connexion du système WLL au réseau fixe ainsi que le, contrôle des stations de base.

I.4.3. Le sous-système réseau (MSS)

Le MSS contient plusieurs bases de données, un centre de calcul et des commutateurs.

L'équipement qui sera défini est le ZXC10-MSS, fabriqué par ZTE corporation.

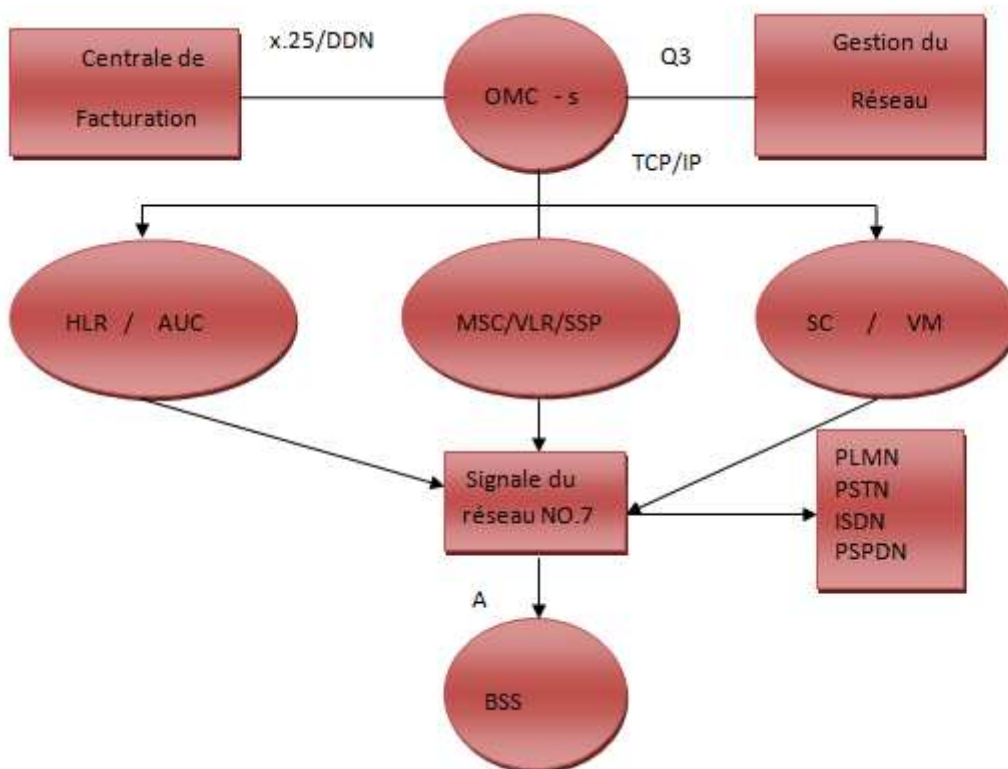


Figure I.5 : Représentation de MSS.

I.4.3.1. L'enregistreur de localisation nominale (HLR : Home location register)

Le HLR est la base de données contenant les informations relatives aux abonnés gérés par l'opérateur. Pour chaque abonné, le HLR mémorise les informations suivantes :

- Les informations de souscription (abonnement data ou non, souscription à telle service supplémentaire, débit maximal autorisé, etc.) ;
- L'identité du mobile, ou IMSI (International Mobile Station Identity) ;
- Le numéro d'appel de l'abonnée.

Cette base de données est souvent unique pour un réseau CDMA et seules quelques personnes y ont accès directement.

I.4.3.2. L'enregistreur de localisation des visiteurs (VLR : Visitor Location Register)

Le VLR est utilisé pour enregistrer les abonnés qui se trouvent dans une zone géographique précise. Il contient les informations générales sur les usagers, ainsi que le numéro permettant de joindre le portatif.

I.4.3.3. Le centre de commutateur mobile (MSC : Mobile Switching Center)

Le commutateur MSC gère l'établissement des communications entre le réseau CDMA et un autre MSC, il dialogue avec le VLR pour gérer la mobilité des usagers : vérification des caractéristiques des abonnés visiteurs, transfert des informations de localisation, etc.

I.4.3.3.1. Structure interne du MSC

Les différents modules de MSC sont :

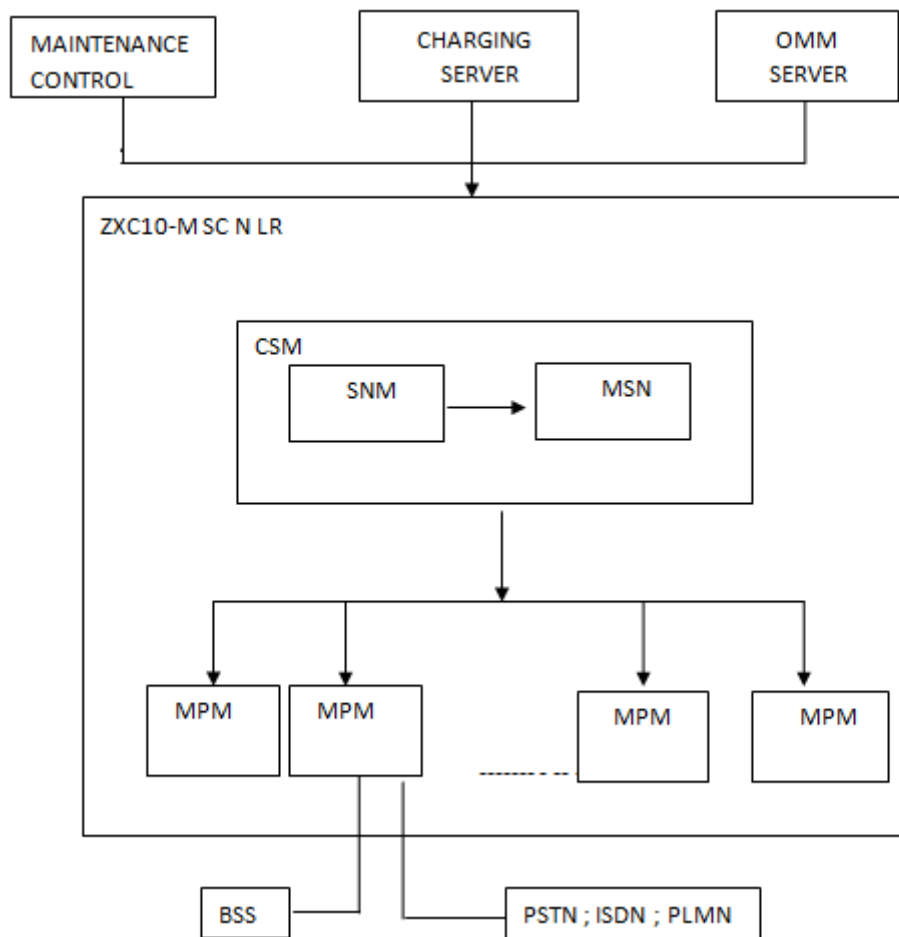


Figure I.6 : Structure du MSC

- Module de commutation central (CSM) se compose de :

- Module de commutation du réseau (SNM : Switching Network Module) :

Réalise principalement la commutation de voix. Le MP d'active /standby de SNM Est relie au serveur de NT par la connexion d'Ethernet. Cette connexion est crée pour la communication entre OMM et modules de fouerground.

- Module de commutation des messages (MSM : Message Switching module) :

Réalise principalement la commutation de message entre les modules. Les MPM sont Relie au SNM par le FBI. Le message de MPM sera envoyé au MSM par la connexion semi permanente entre MSM et SNM. Alors le MP de MSM réalisera la commutation de messages selon le message d'itinéraire.

- Module de traitement MSC/VLR (MPM) réalise la fonction du MSC/VLR.
- Module d'opération et de maintenance (OMM).

I.4.3.3.2. Fonctions principale du MSC

- Fournit l'interface du tronc de voix et le lien de signalisation au BSS
- Fournit l'interface au PSTN, PLMN etc.0
- Soutient la commutation de messages avec le VLR.
- Gestion de mobilité.
- Services supplémentaire.
- Les messages courts et le service d'IN.

I.4.3.3.2.1. Le centre d'authentification (AuC : Authentication center)

L'AuC est un élément permettant au réseau d'assurer certaines fonctions de sécurité de réseau GSM tel que

- L'authentification l'identité de l'abonné ;
- Le chiffrement de la communication.

Ces deux fonctions de sécurité sont activées au début de l'établissement de l'appel avec l'abonné. En cas de l'échec de l'une ou de l'autre des procédures, l'appel est rejeté.

I.4.3.3.2.2. Le centre d'exploitation et de maintenance (OMC)

OMC fournit le service d'opération et d'entretien du réseau, contrôle l'information des abonnés mobiles d'abonnement, et projette le réseau, afin d'améliorer l'efficacité et le bon fonctionnement du système entier. Basé sur leurs fonctions différentes d'entretien, l'OMC peut être classifiée comme OMC-S et OMC-R.

L'OMC-S est principalement employé pour l'entretien du côté de MSS et l'OMC-R pour le côté de BSS.

I.4.3.4. Les interfaces

➤ L'interface d'UM

L'interface d'UM définit l'interface de communication entre le MS et la BTS, également appelés l'interface d'air.

Elle réalise la compatibilité entre toutes sortes de MS et le BTS différent.

➤ L'interface d'A-bis

L'interface entre la BTS et le BSC, utilisés pour le raccordement à distance.

Lien de 2.048MB/S.

➤ L'interface et protocole

C'est une interface entre BSC et MSC. Elle est basée sur des liens de 2.048MB/S.

➤ L'interface B

L'interface entre le MSC et le VLR. Transfert de MSC l'information d'endroit de l'abonné errant au VLR.

➤ L'interface C

L'interface entre MSC et le HLR.

L'interface est basée sur un lien de 2.048MB/S.

➤ L'interface D

L'interface entre VLR et HLR.

L'interface est basée sur un lien de 2.048MB/S.

➤ L'interface H

L'interface entre HLR et AUC

L'interface est basée sur un lien de 2.048MB/S.

I.5.BTS (Base Transceiver Station)

I.5.1. Introduction :

La station de base est essentiellement composée d'un émetteur/récepteur et d'antennes, ce type d'équipement assure l'interface entre les terminaux mobiles et le centre de commutation.

Elle se présente comme un point d'entrée au réseau pour les abonnés présents dans la cellule pour toute transmission vocal ou data.

I.5.2. Fonction de la BTS :

La BTS est chargé des fonctions suivantes :

- La gestion de multiplexage
- La transmission radioélectrique selon format CDMA 2000 1x
- Assure les fonctions émission et réception soit vers la MS (Station Mobile) ou bien vers le BSC

La gestion des liaisons, de trafic et de signalisation avec le BSC

I.5.3. Performances de la BTS

- Nombre de porteuse : 1, 2
- Nombre de secteur : 2, 3
- Connexion au BSC : 4 E 1
- Puissance maximale 30 Watt

I.5.4. Types de BTS

Il existe différents types de BTS proposé pour répondre aux différents besoins. Le réseau WLL D'ALGERIE Telecom compte 41 BTS pour la wilaya de TIZI-OUZOU. Celles –ci possèdent des puissances variables de manière à éviter les interférences entre deux cellules.

I.5.4.1. S111 (1 porteuse – 3 secteurs) :

Pour une capacité de 1000 abonnés

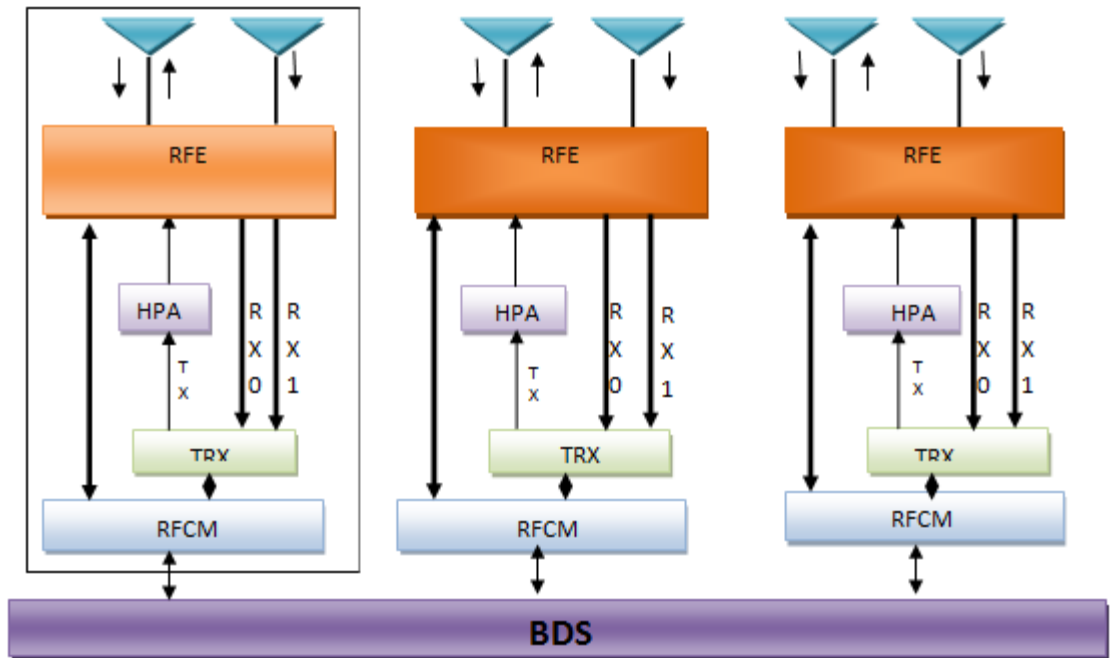


Figure I.7.Schéma du BTS (S 1 1 1)

I.5.4.2. S222 (2 porteuses – 3 secteurs)

Pour une capacité de 2000 abonnés

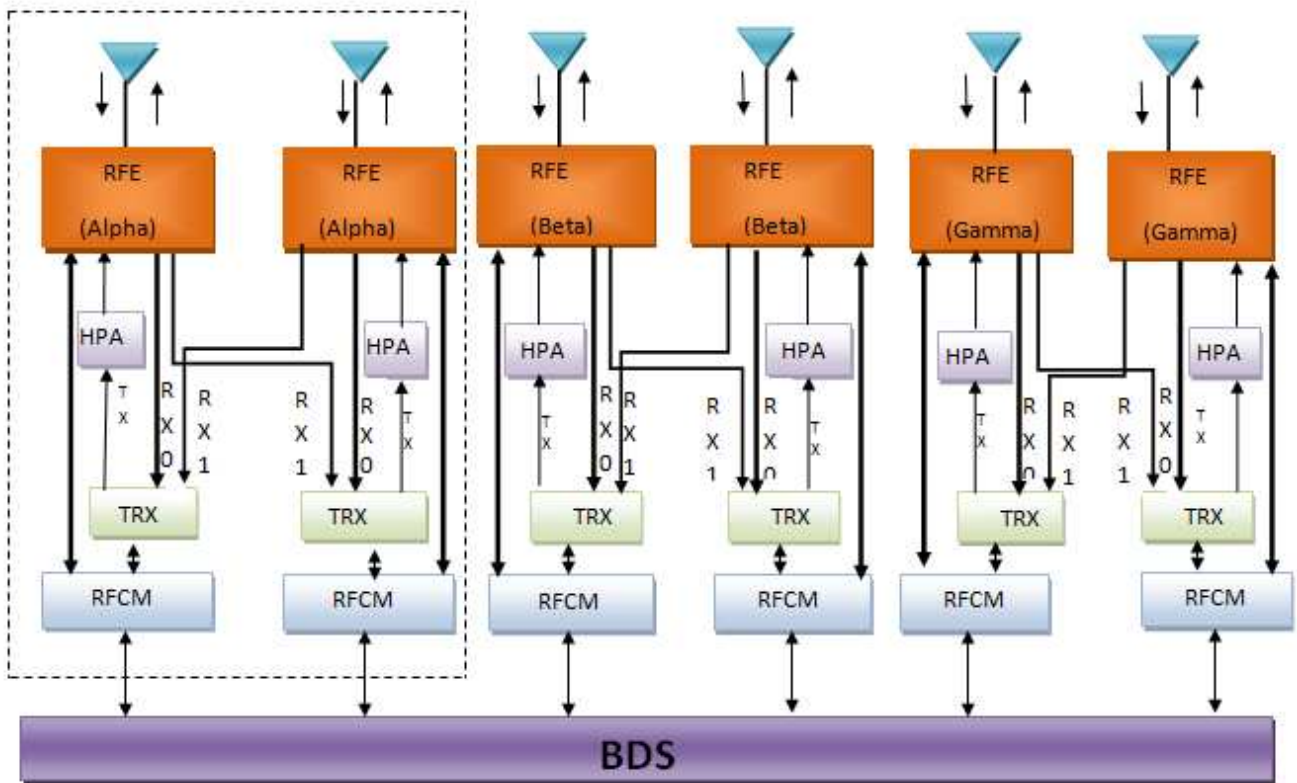


Figure I.8. Schéma du BTS (S 2 2 2)

I.5.4.3. Micro BTS

Elles couvrent des zones très restreintes et sont très utilisées dans les sites où la densité d'abonnés est importante. Ce sont les microcellules.

I.5.5. Les différentes fréquences

La MAP d'ALGERIE TELECOM est partagée sur deux équipementiers ; Huawei (le nord et le sud d'Algérie), ZTE (le nord ouest et le sud ouest).

I.5.5.1.BTS ZTE

	Rev Link	Fwd Link
Canal 950 (Data)	1897.50 MHz	1977.50MHz
Canal 975 (voix)	1898.75 MHz	1978.75MHz
Canal 925(voix)	1896.25 MHz	1976.25MHz

Tableau I.1 : fréquences (BTS ZTE)

I.5.5.2.BTS HUAWEI :

	Rev Link	Fwd Link
Canal 1025(voix)	1901.25MHz	1981.25Mhz
Canal 1050(Data)	1902.50MHz	1982.50MHz

Tableau I.2 : fréquences (BTS HUAWEI)

I.6. Les caractéristiques de services WLL

I.6.1. Les caractéristiques de services

Les services de base offerts par le système WLL sont :

I.6.1.1. Voix téléphonique

Le système WLL doit offrir une transparence totale des services pour la voix téléphonique, en Particulier il doit :

- Supporter tous les paramètres techniques du plan de transmission pour la boucle locale analogique dans le but de fournir les 3.1 KHZ nécessaires à la voix téléphonique.
- Prévoir les tonalités de signalisation du type DTMF (Digital Tonality Multifrequency) et de type impulsions.
- Prévoir une interface d'abonné pour d'autres facilités ou besoins tels que courant d'alimentations, courant de sonnerie, impulsion de taxation, inversion de ligne.

I.6.1.2. Bande pour données

Le système WLL doit supporter tous les modems de bande de voie qui fonctionnent avec des connexions fixes. Tous les systèmes WLL n'offrent qu'une transmission maximale de données de 9.6 Kbps.

I.6.1.3. Services numériques

Le système BLR doit supporter l'accès RNIS (Réseau Numérique à Intégration des Services).

Des attributs de services sont offerts aussi par le système BLR qui est :

- Besoins trafic : les services WLL supportent des trafics pendant l'heure chargée.
- Abonnés résidentiels : 70mErlg.
- Abonnés affaires : 150mErlg.
- Délai d'accès au réseau : le délai d'accès pour les circuits radio doit être court mais des retards considérables sont introduits par le biais de l'interface air.
- Qualité de service : l'efficacité de la planification du réseau ainsi que la disponibilité statique des canaux de communications pour un usage particulier déterminent la qualité de service. Cette qualité est connue sous le terme (G.O.S :Grade Of Service).
- Sécurité : la sécurité est assurée par un mode de cryptage propre à chaque constructeur.
- Authentification : l'authentification d'un terminal d'abonné dans sa zone de couverture est assurée par la borne radio et le contrôleur.
- Mobilité : le système WLL permet la mobilité d'un usager dans le périmètre de la cellule propre à une station de base (BTS).
- Appels de secours : les systèmes WLL donnent une priorité absolue pour les appels de secours.

I.6.2. Les caractéristiques opérationnelle

I.6.2.1. L'efficacité spectrale

L'efficacité du WLL est conditionnée par la bande passante allouée et la méthode de réutilisation fréquentielle.

I.6.2.2. La couverture radio

La couverture radio d'un système WLL dépend de trois critères.

- Les besoins en services d'un opérateur.
- La densité d'abonnés.
- La performance technologique des systèmes WLL.

Cette couverture s'étend (de quelques centaines de mètres à quelques Kilomètres).

I.6.2.3. L'alimentation de la borne radio

Selon son emplacement, la borne radio peut être alimentée par le réseau général par des capteurs solaires ou par des batteries d'accumulateurs.

I.6.2.4. Gestion des terminaisons radio.

Les paramètres des terminaisons radio qui sont à contrôler sont les suivants :

- La qualité de liaison.
- Le taux d'erreur.
- L'état des batteries.

I.7. Techniques de transmission

I.7.1. Le multiplexage

Le multiplexage consiste à grouper plusieurs voies, attribuées chacune à une communication, de façon à les transmettre simultanément sur le même support physique sans qu'elles se mélangent ou se perturbent mutuellement.

Ceci a mené au développement de diverses méthodes de multiplexages analogique et numérique pour répondre aux besoins du marché.

Les télécoms, devenus un outil stratégique pour les entreprises, elles sont désormais conçues pour les hauts débits (au moins égal à 100 Mbits/s), les techniques PDH, SDH, ... offrent aujourd'hui des solutions de transport totalement maîtrisées, sécurisées et compétitives.

I.7.1.1. Multiplexage plésiochrone PDH

Afin de constituer des systèmes de débits plus élevés, on effectue un multiplexage temporel de trame MIC, assemblées 4 par 4. Les différentes trames proviennent de différents points du réseau, ne sont pas toujours synchrones.

On pratique alors le multiplexage plésiochrone ce que signifie entre trames presque synchrones.

Dans cette technique, les trames sont portées à un débit normal, par l'insertion à des endroits réservés dans la trame, des bits de justification qui ne transportent pas d'information, mais égalise les débits. Ils sont précédés de bits d'indication de justification

Ces bits sont répétés 3 fois par trame pour éviter l'effet des erreurs. Les bits de justification sont retirés lors du démultiplexage.

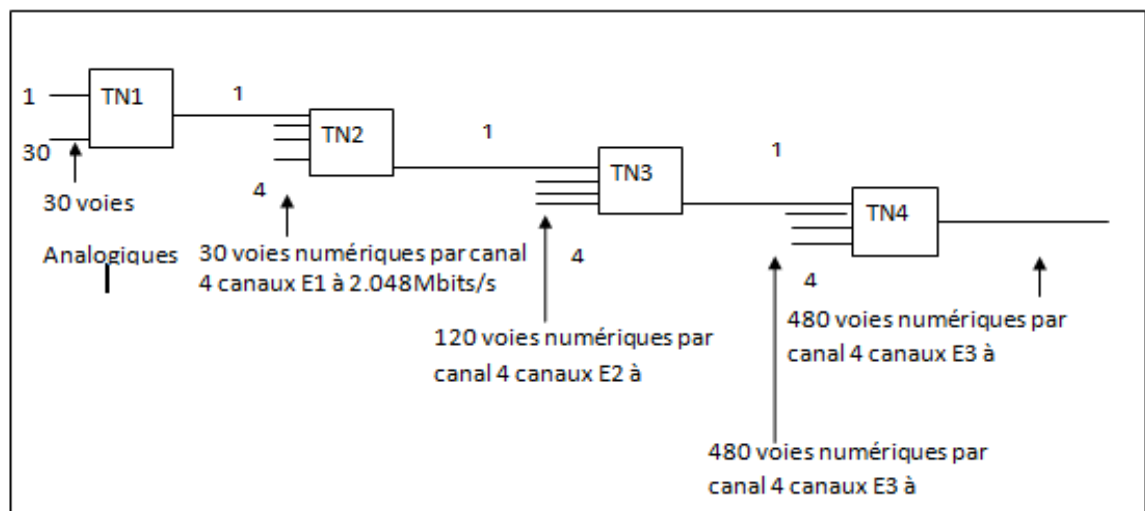


Figure I.9 : Multiplexage temporel dans la hiérarchie PDH

Par multiplexage plésiochrone successifs, on constitue la hiérarchie plésiochrone (PDH, Plesiochronous Digital Hierarchy). Si l'on veut revenir à la trame primaire ou une voie de base, on doit démultiplexer échelon par échelon, sans en sauter un seul et c'est un inconvénient du PDH, de plus les horloges donnant le rythme d'une transmission sans erreur sont réparties sur les émetteurs et les récepteurs et on se retrouve avec presque autant d'horloge qu'il y a de machines dans le réseau. Pour palier ces problèmes, une nouvelle hiérarchie a vu le jour, la SDH (synchronous Digital Hierarchy).

I.7.1.2. Multiplexage synchrone SDH

C'est une nouvelle hiérarchie à haut débit, elle a été développée dans le but de construire un réseau unique afin de faciliter l'interconnexion des différents réseaux de transmission à travers le monde entier, et pour répondre aux besoins croissants des services et applications en termes de bande passante.

En SDH, les trames à haut débit sont construites par multiplexage synchrone d'une trame de base normalisée (appelée **STM** : synchronous Transport Module) qui inclut tous les éléments nécessaires à la gestion des hauts débits et n'impose donc plus de contraintes sur l'évolution future vers les haut débits.

A partir du STM-1, on peut construire des multiplex d'ordre supérieurs STM-n par entrelacement d'octets. Les STM-n suivants sont actuellement normalisés.

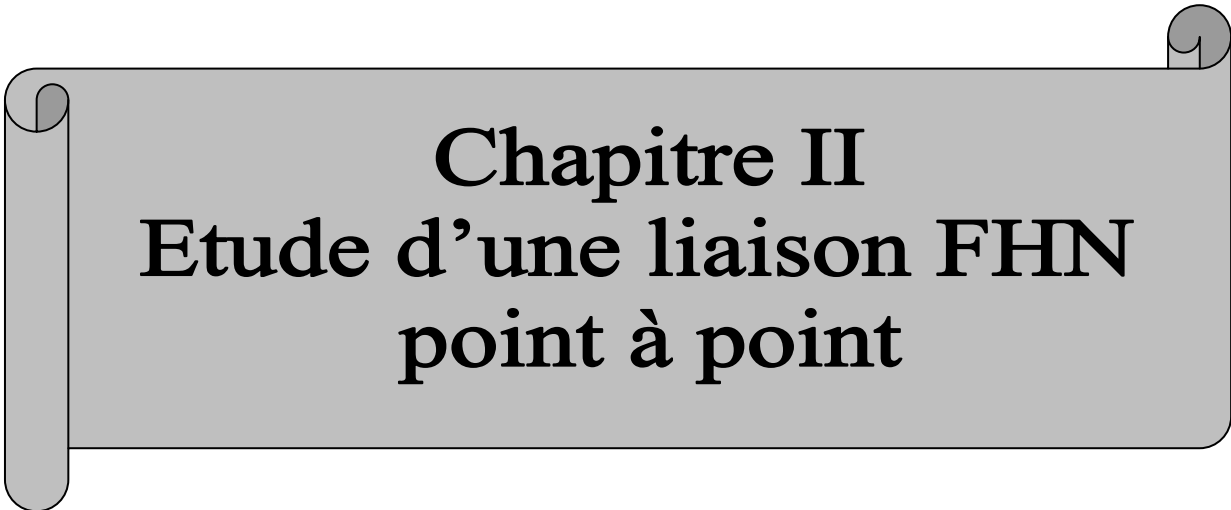
STM-n	Débits	Supports
STM-1	155 Mbits/s	FO ; radio, coax
STM-4	622 Mbits/s	FO
STM-16	2.5Gbits/s	FO
STM-64	10Gbits/s	FO
STM-256	40Gbits/s	FO

Tableau I.3 : les différents STM

I.8. Conclusion

La boucle locale radio est la meilleure solution pour le raccordement de nouveaux abonnés et l'extension du réseau, surtout dans les zones montagneuses. Mais vu l'absence de standard propre à cette application, l'opérateur doit choisir parmi les standards existants.

La différence majeure des technique les plus utilisées CDMA. Comme résumé une plus grande capacité et une plus grande portée ce qui réduit le coût du réseau de plus le CDMA est moins contraignant à l'implantation.



Chapitre II
Etude d'une liaison FHN
point à point

II.1 .Introduction

Un système de communication a pour fonction d'assurer le transport de l'information entre un émetteur et un (ou plusieurs) récepteur(s) reliés par un canal de communication. Tout le problème de la transmission est de trouver une bonne transformation de l'information en signal tel que le canal soit capable de le propager correctement c'est-à-dire que le récepteur puisse trouver suffisamment d'information dans le signal reçu pour reconstituer l'information initiale.

L'infrastructure d'un réseau, la qualité de service offerte, les solutions logicielles à mettre en œuvre dépendent largement des supports de transmission utilisés. Les supports de transmission exploitent les propriétés de conductibilité des métaux (paires torsadées, coaxial), celles des ondes électromagnétiques (faisceaux hertziens, guides d'onde, satellites) ou encore celles du spectre visible de la lumière (fibre optique). Généralement on classe les supports en deux catégories :

- Les supports guidés (supports cuivre et supports optiques)
- Les supports libres (faisceaux hertziens et liaisons satellites)

Ce chapitre est consacré pour l'étude des liaisons hertziennes point à point qui sont les plus répandus.

II.2. Propagation des ondes radioélectriques

Les ondes radio ou ondes hertziennes sont des ondes électromagnétiques qui se propagent de deux façons :

Dans l'espace libre (propagation rayonnée, autour de la Terre par exemple)

Dans des lignes (propagation guidée, dans un câble coaxial ou un guide d'onde) Le domaine des fréquences des ondes radio s'étendent de 9 kHz à 3 000 GHz.

Il est essentiel de comprendre les principes de la propagation des ondes électromagnétiques pour pouvoir prédire les chances et les conditions d'établissement d'une liaison radio entre deux points de la surface de la Terre ou entre la Terre et un satellite.

Une onde électromagnétique est constituée d'un champ électrique \hat{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.

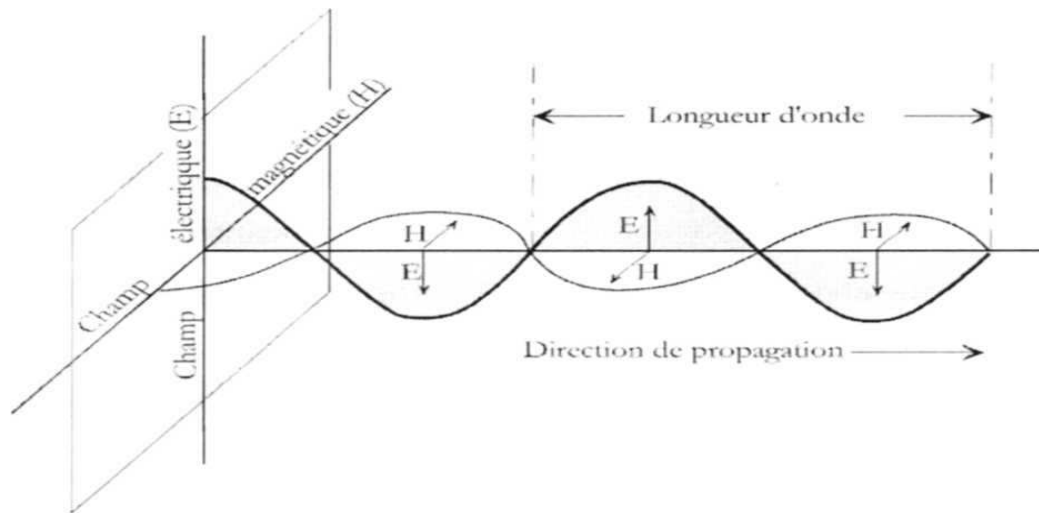


Figure II.1. Propagation des ondes électromagnétiques

\vec{E} : Intensité du champ électrique (V/m)

\vec{H} : Intensité du champ magnétique (A/m)

II.2.1. Caractéristiques

Les caractéristiques principales d'une onde électromagnétique sont :

- **La longueur d'onde**: c'est la distance entre deux maximums consécutifs ou bien c'est la distance parcourue par l'onde pendant la durée d'une période. On la note λ .

Relation :

$$\lambda = \frac{C}{F} \quad \lambda = C \cdot T$$

- **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 polarisation** : C'est l'orientation du champ électrique par rapport à l'horizontale.

Si le champ E est parallèle à l'horizontale, on dit que l'onde a une polarisation horizontale.

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

La vitesse de propagation : Dans le vide, une onde électromagnétique se propage à la vitesse de la lumière $C = 3 \cdot 10^8$ m/s.

II.2.2. La gestion du spectre électromagnétique

Le spectre électromagnétique regroupe les ondes électromagnétiques en fonction de leur fréquence ou de leur longueur d'onde qui s'étend des rayons γ jusqu'aux très basses fréquences.

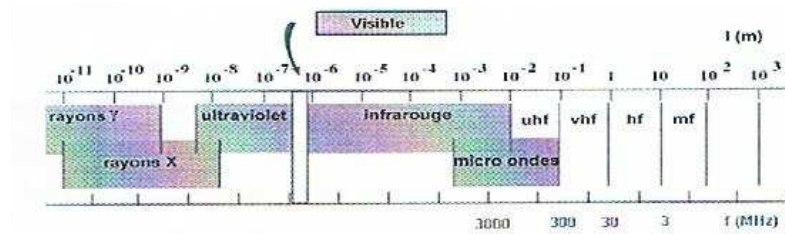


Figure II.2 : La gestion du spectre électromagnétique

Chaque système de transmission radio dispose d'une certaine bande de fréquence qui lui est allouée. L'attribution des fréquences s'effectue dans le cadre d'organismes internationaux en particulier la conférence mondiale des radiocommunications (CMR) et l'Union internationale de télécommunications UIT). voir (figure II.2).

II.2.3. Les équations de Maxwell dans le vide

Les ondes électromagnétiques sont régies par les quatre relations de Maxwell :

L'équation de Maxwell Faraday :

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (\text{II.1})$$

L'équation de Maxwell Ampère :

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (\text{II.2})$$

L'équation de Maxwell Gauss :

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = P \quad (\text{II.3})$$

L'équation de Maxwell flux magnétique :

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad (\text{II.4})$$

\vec{E} : Champ électrique (V /m)

\vec{H} : Champ magnétique (A/m)

\vec{B} : Induction magnétique En (Teslas]

\vec{D} : Induction électrique (C/m²)

\vec{p} : Densité volumique de charge (C/m³)

\vec{J} : Densité de courant de conduction (A/m²)

$\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$: Densité de courant de déplacement (H/m)

II.2.3.1. Relations constitutives dans le vide

Dans le vide, champs et inductions magnétiques pourraient être confondus, il faut donc choisir un système d'unités adéquat.

Dans le système d'unités (SI), \vec{B} et \vec{H} sont reliés par la relation :

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} \quad (\text{II.5})$$

De la même façon, dans le vide, \vec{D} et \vec{E} sont reliés par la relation :

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} \quad (\text{II.6})$$

$\mu_0 = 4.\pi.10^{-7}$ N A⁻² : Perméabilité magnétique du vide ;

$\epsilon_0 = 8,854187.10^{-12}$ (F /m) : Permittivité diélectrique du vide ;

Le produit $\mu_0 \epsilon_0$ est égal à l'inverse du carré de la vitesse de la lumière dans le vide ; c, mesurée dans le système MKSA. On peut calculer s_0 à partir des constantes μ_0 et c.

Dans le vide en l'absence de charge électrique, de courant électrique et en régime harmonique ($p = 0$ et $J = 0$), ces équations prennent la forme suivante :

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -j\omega\mu_0 \vec{H} \quad (\text{II.7})$$

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = j\omega\epsilon_0 \vec{E} \quad (\text{II.8})$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = 0 \quad (\text{II.9})$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad (\text{II.10})$$

Equation de propagation

En combinant correctement les équations de Maxwell, on obtient l'équation de propagation d'ondes ou (équation d'Helmholtz):

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \frac{\partial^2 E_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_i}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_i}{\partial z^2} = \omega^2 \epsilon \mu \mathbf{E}_i \quad \text{et } j=X, Y, Z \quad (\text{II.11})$$

Avec :

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \implies \text{Représente le Laplacien en coordonnées cartésiennes.}$$

On obtient :

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{\nabla} \wedge \vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t} (\vec{\nabla} \wedge \vec{B})$$

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{\nabla} \wedge \vec{E} = -\mu_0 \frac{\partial}{\partial t} (\vec{\nabla} \wedge \vec{H})$$

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{\nabla} \wedge \vec{E} = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E^o}{\partial t^2}$$

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{\nabla} \wedge \vec{E} = -\mu_0 \epsilon_0 \omega^2 \vec{E}$$

Comme dans l'analyse on a : $\vec{\nabla} \wedge \vec{\nabla} \wedge \vec{E} = \vec{\nabla} (\vec{\nabla} \cdot \vec{E}) - (\vec{\nabla} \cdot \vec{\nabla}) \vec{E}$

On obtient donc : $\vec{E} = \omega^2 \epsilon_0 \mu_0 \vec{E}$ car $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = 0$

$$\Delta \vec{E} + \mu_0 \epsilon_0 \omega^2 \vec{E} = 0$$

On prend : $K_o^2 = \omega^2 \epsilon_0 \mu_0$

$$\Delta \vec{E} + K_o^2 \vec{E} = 0 \quad (\text{II.12})$$

$$\Delta \vec{H} + K_o^2 \vec{H} = 0 \quad (\text{II.13})$$

II.2.4. Propagation en visibilité

La présence de la terre et de l'atmosphère met en jeu différents mécanismes physiques: la réflexion, la réfraction, la diffraction, l'absorption qui vient modifier les conditions de propagation et influencer le niveau du champ reçu même si les deux extrémités de la liaison sont en visibilité directe. Pour déterminer si la propagation se fait dans des conditions de propagation en visibilité directe (Line Of Sight), il convient de considérer les Ellipsoïdes de Fresnel.

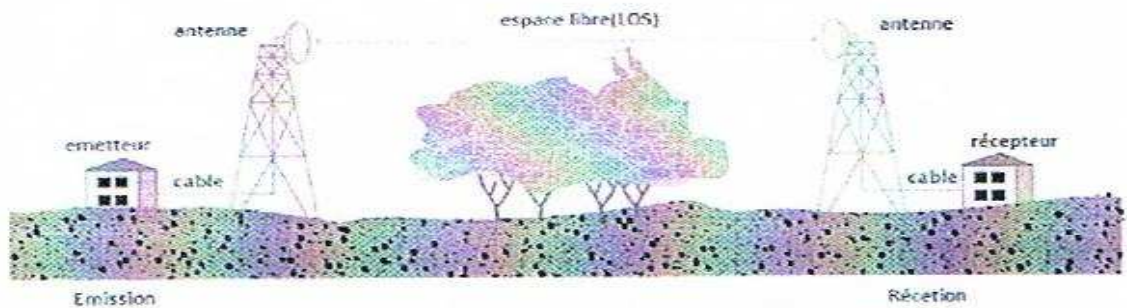


Figure II.3. Dégagement de la ligne de visibilité

II.2.5. Ellipsoïdes zone de Fresnel

On dit qu'une liaison est en visibilité directe si elle est suffisamment dégagée de tout obstacle à l'intérieur d'un certain volume appelé premier ellipsoïde de Fresnel, ayant pour foyer les antennes d'émission et de réception. Cela se passe de telle sorte que la somme des distances d'un point de l'ellipsoïde aux antennes d'émission E et de réception R dépasse d'une demi-longueur d'onde la distance entre ces antennes.

Le premier ellipsoïde de Fresnel délimite la région de l'espace où est véhiculée la plus grande partie de l'énergie du signal. Se situer dans cet ellipsoïde revient à se retrouver dans les conditions de la propagation en espace libre. Ce dégagement signifie que les phénomènes de diffraction par les obstacles éventuels situés au voisinage du trajet ont une influence négligeable sur le niveau de réception. En pratique le dégagement du premier ellipsoïde de Fresnel est nécessaire et suffisant pour que la liaison soit de bonne qualité.

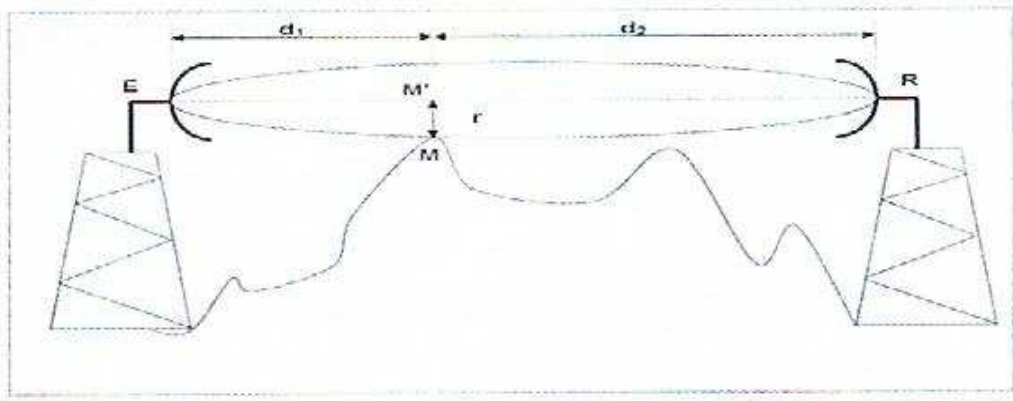


Figure II.4. L'ellipsoïde de Fresnel

L'équation du premier ellipsoïde de Fresnel est donnée par :

$$EM + MR = ER + \frac{\lambda}{2} \quad (\text{II.14})$$

Le rayon du $n^{\text{ième}}$ ellipsoïde en un point du parcours situé à la distance d_1 de E et à la distance d_2 de R est donné par la relation suivante :

$$r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (\text{II.15})$$

n est un nombre entier qui caractérise l'ellipsoïde considéré ($n = 1$ correspond au premier ellipsoïde de Fresnel)

Le rayon du 1er ellipsoïde est égal à :

$$r = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (\text{II.16})$$

r : rayon de l'ellipsoïde,

d_1 : distance entre l'émetteur E et le point M',

d_2 : distance entre le récepteur R et le point M',

λ : Longueur d'onde de fonctionnement.

Rayon équatorial: $d_1 = d_2 = \frac{d}{2}$

$$r_{eq} = \sqrt{\frac{\lambda \frac{d}{2} \times \frac{d}{2}}{\frac{d}{2} + \frac{d}{2}}} = \sqrt{\frac{\lambda d}{4}} = \frac{1}{2} \sqrt{\lambda d}$$

La valeur maximale au milieu du trajet du rayon du 1er ellipsoïde est donc:

$$r_{eq} = r_{em} = \frac{1}{2} \sqrt{\lambda d} \quad (\text{II.17})$$

Normalisation:

$$\frac{r}{r_{eq}} = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \times \frac{2}{\sqrt{\lambda d}} = 2 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{d(d_1 + d_2)}} = 2 \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{(d_1 + d_2)^2}} = 2 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{d(d_1 + d_2)}}$$

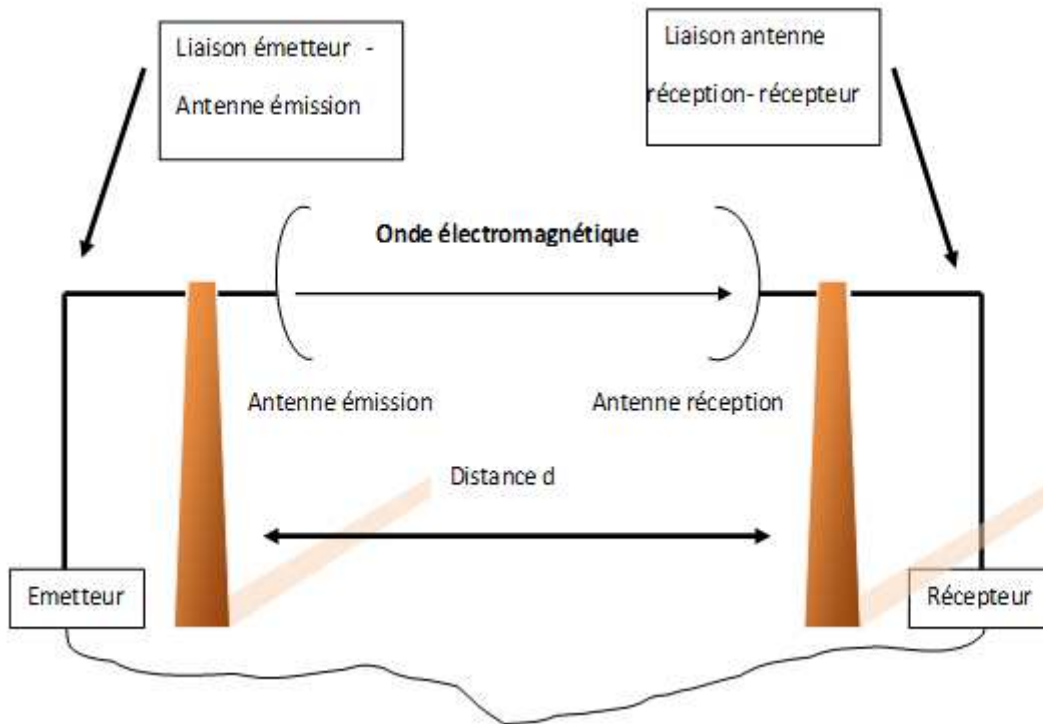
Sachant que : $d = (d_1 + d_2)$

Alors on obtient :

$$\frac{r}{r_{eq}} = 2 \frac{\sqrt{d_1 d_2}}{d} \quad (\text{II.18})$$

Dans le cas où la courbure de la terre est négligée, la première zone de Fresnel est l'intersection du plan du 1er ellipsoïde de Fresnel définie par l'une des extrémités de la liaison et le point symétrique de l'autre extrémité par rapport au plan de propagation.

II.2.6. Schéma principale d'une liaison hertzienne



- **Emetteur** : il est caractérisé par sa puissance émise P_E .
- **Liaison émetteur-antenne émission** : elle est généralement réalisée en câble coaxial.

A plus haute fréquence (quelques GHz), elle peut être réalisée en guide d'onde. Elle est caractérisée par son atténuation L_E .

- **Antenne émission** : elle est caractérisée par son gain d'antenne G_E , exprimé en dBi.
- **Distance d** : c'est la distance entre l'émetteur et le récepteur. La distance entre l'émetteur et le récepteur, introduit une atténuation A_{EL} (pour atténuation en espace libre) égale à :

$$A_{EL} = 20 \log (\lambda / 4\pi d)$$

Cette grandeur est exprimée en dB.

- **Liaison antenne réception-récepteur** : comme la liaison émetteur-antenne émission, la liaison antenne réception-récepteur est caractérisée par l'atténuation L_R , exprimée en dB
- **Récepteur** : le paramètre qui nous intéresse ici est P_R , puissance reçue par le récepteur. Elle est généralement exprimée en dBm.
- **Expression de la puissance reçue**

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

$$P_R = P_E - L_E + G_E - A_{EL} + G_R - L_R$$

P_R : La puissance reçue en dB.

P_E : La puissance émise en dB.

L_E : Atténuation au niveau d'émission.

G_E : Gain d'antenne coté d'émission.

A_{EL} : Affaiblissement d'espace libre.

G_R : Gain d'antenne coté de réception.

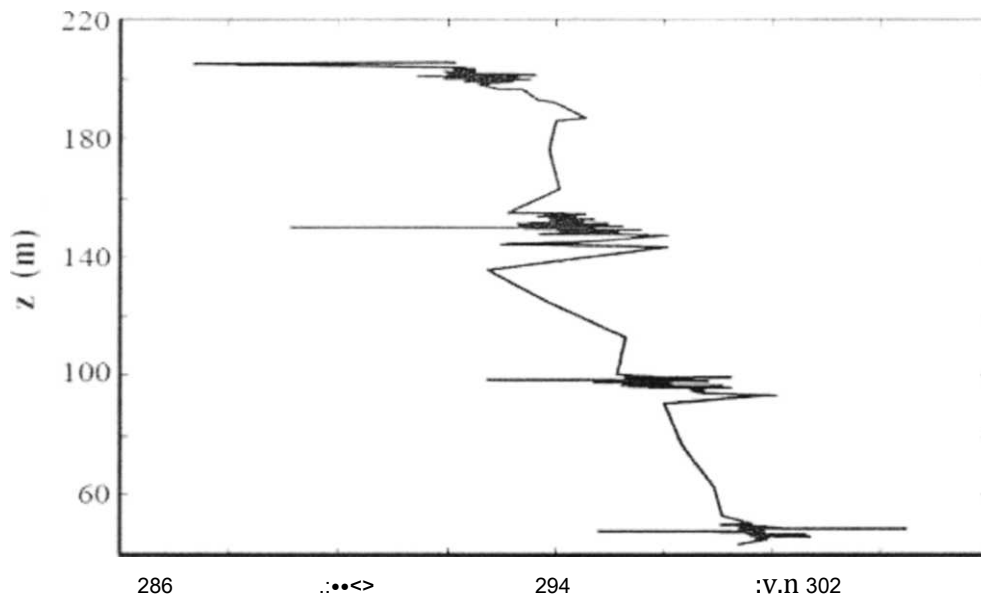
L_R : Atténuation au niveau de réception.

II.2.7. Les facteurs pouvant affecter la propagation

II.2.7.1. Réfraction atmosphérique

Le volume de Fresnel toutefois n'est pas fixe, il faut tenir compte pour la définition de cette zone des conditions de l'atmosphère le long du trajet de l'onde. En effet, les rayons ne se propagent pas en ligne droite, mais suivent préférentiellement les zones de fort indice électromagnétique, soit les couches de l'atmosphère les plus denses.

- **L'indice de réfraction de l'air** : dépend directement de sa densité, qui varie avec l'altitude et la température. L'indice de réfraction diminue avec l'altitude. La diminution moyenne est linéaire en



première approximation (voir la figure II.5).

Figure II.5. Indice de réfraction réduit N mesurée en basse atmosphère

La direction de propagation est déviée vers l'indice le plus grand, c'est à dire vers le sol. Les ondes se propagent donc avec une courbure dans le même sens que la courbure terrestre. 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.

II.2.7.2. Dégagement/ diffraction

L'ellipsoïde de Fresnel est parfois partiellement obstrué par un obstacle. On distingue habituellement trois types d'obstacle :

Lame, pour des obstacles « minces » ;

Rugueux, pour une paire d'obstacles de type « lame » ;

Sphérique, pour des obstacles obstruant le faisceau sur une distance importante.

Pour chacun, des méthodes de calcul permettent de prévoir l'atténuation supplémentaire à prendre en compte dans les bilans.

II .2.7.3. Réflexion, trajets multiples

Le signal reçu est la somme du signal principal, et de tous les signaux réfléchis (sur le sol, la végétation, et surtout les étendues d'eau) propagés selon des chemins différents, appelés "trajets multiples". Les interférences générées entre tous ces signaux entraînent des sur-champs et des sous-champs parfois extrêmement importants mais également des distorsions (évanouissements sélectifs). La réflexion principale est le phénomène de multi-trajet dominant. Il existe cependant d'autres cas d'importance.

On parle de multi trajets lorsqu'au point de réception l'onde émise arrive par des trajets différents suite à des réflexions. Le multi trajet est à l'origine du fading à la réception.

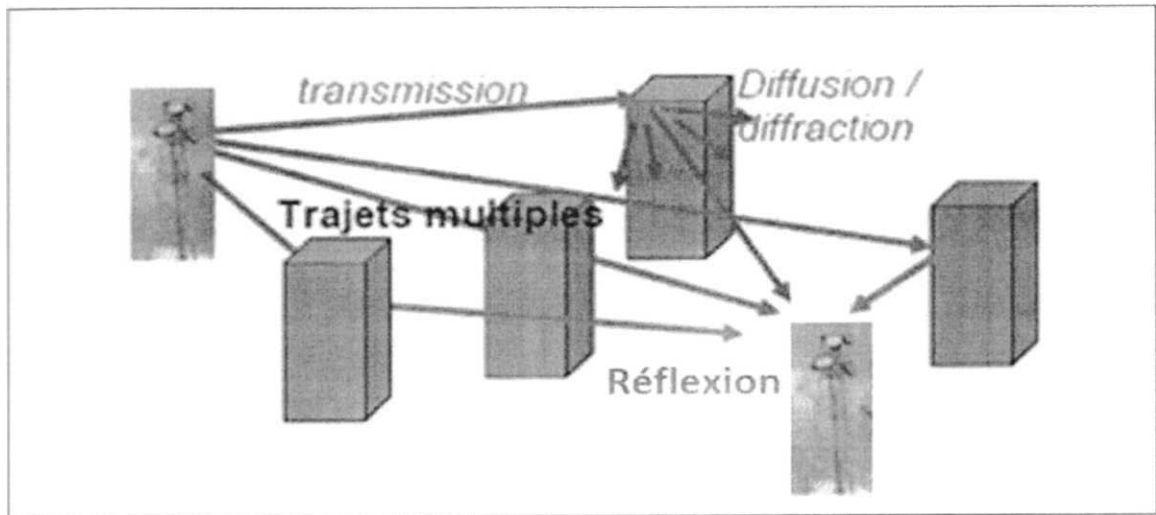


Figure II.6. Propagation par diffraction et trajets multiples

II.2.8. Atténuation des ondes dans l'atmosphère

L'atténuation des ondes dans l'atmosphère est due à deux causes principales :

Une absorption par les gaz atmosphériques ;

Une absorption et une diffusion par les particules liquides et solides dans l'atmosphère, et principalement par les gouttes de pluie.

- Atténuation par les gaz

Aux fréquences inférieures à 15GHz, l'affaiblissement dû aux gaz atmosphériques est négligeable. Deux pics d'absorption apparaissent à 22GHZ et 60GHZ dus respectivement à la fréquence de résonance des vapeurs d'eau et des molécules d'oxygène.

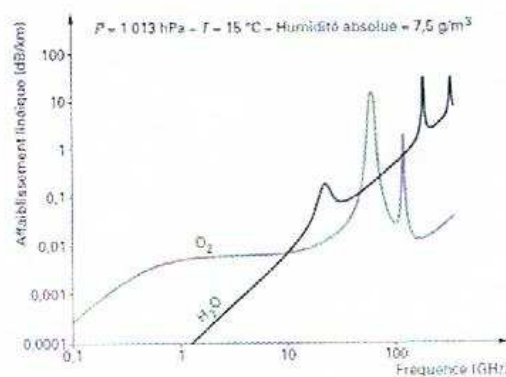


Figure II.7. Affaiblissement linéique dû aux gaz de l'atmosphère

- Atténuations dues aux hydrométéores

Pour les FH de fréquence supérieure à 8 GHz, les précipitations entraînent des pertes également considérables, d'autant plus que le taux de précipitation (en mm/h) et la fréquence sont élevés. L'intensité de pluie varie de 22 à 60 mm/h; 0,01% de l'année moyenne. De plus la phase de ces précipitations influence également l'atténuation du signal. Ainsi la neige, qui a une très petite constante diélectrique, a beaucoup moins d'influence que des gouttes de pluie de même masse. La neige fondante, d'autre part, allie le large diamètre des flocons et le coefficient de la pluie pour créer des obstacles plus important que les deux séparément que l'on nomme bande brillante. Ainsi le passage d'une onde de 10 cm dans cette bande rencontre de trois à 30 fois plus d'atténuation que dans la pluie sous la bande. L'atmosphère contient des gouttes d'eau qui provoquent une atténuation importante pour les ondes radioélectriques de fréquence supérieure à 1 GHz. L'atténuation due à la pluie a deux origines :

L'absorption de l'énergie par perte ohmique dans les gouttes d'eau ;

Une diffusion de l'énergie par ces gouttes d'eau.

Cette atténuation ne se manifeste qu'en présence d'une pluie d'intensité significative. Voir le (tableau II.1) et la (figure II.8).

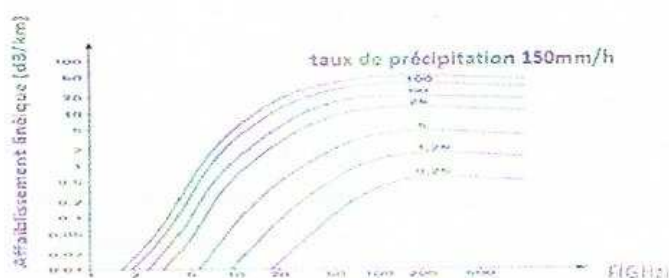


Figure II.8 .Affaiblissement linéique dû à la pluie en fonction de la fréquence pour différents taux de précipitation (UIT-R P. 838)

Affaiblissement (dB/km)				
Fréquence Nature de la pluie	6 GHZ	10 GHZ	20 GHZ	40 GHZ
Pluie fin 0,25 mm/h	Négligeable	Négligeable	0,013	0,07
Avers 5 mm/h	0,012	0,089	0,45	1,5
Orage 50 mm/h	0,22	1,2	5,5	13
Fort orage 150 mm/h	1,2	5,5	18	27

Tableau II .1. Atténuation due à la pluie

- Atténuation due au brouillard et aux nuages

Dans le cas de nuages ou de brouillard composé entièrement de gouttelettes minuscules, d'un diamètre généralement inférieur à 0,01cm, on peut exprimer l'affaiblissement en fonction de la teneur totale en eau par unité de volume.

L'affaiblissement linéique dans de tels nuages ou un tel brouillard s'exprime alors par la formule :

$$Y_c = K_1 M$$

Avec :

Y_c : affaiblissement linéique (dB/Km) à l'intérieur du nuage ;

K_1 : coefficient d'affaiblissement linéique (dB/Km) / (g/m³) ;

M : teneur du nuage en eau liquide (g/m³).

Aux fréquences de l'ordre de 100 GHz et aux fréquences supérieures, l'affaiblissement par le brouillard peut devenir important. La teneur en eau liquide du brouillard est typiquement égale à environ 0,05 g/m³ pour un brouillard modéré (visibilité de l'ordre de 300m) et de 0,5 g/m³ pour un brouillard épais (visibilité de l'ordre de 50 m). L'affaiblissement linéique correspondant serait par exemple de 0,4 dB/Km et de 4 dB/Km respectivement, à la fréquence 140GHz. Dans la pratique, les valeurs dépendent des types de brouillard et peuvent être influencées par les anomalies de l'absorption de la vapeur d'eau.

- Atténuation par Sable et poussière

L'atténuation est inférieure à 1dB, les contraintes sont essentiellement mécaniques, notamment en présence de vent fort qui peut déséquilibrer l'installation.

II.3. L'onde plane

L'onde plane est une solution de l'équation de propagation. Une onde est dite plane lorsque l'amplitude est la même pour tout point situé dans un plan normal à la direction de propagation. Cela revient à dire que les champs électriques E et magnétiques H sont identiques en tous points du plan, appelé plan d'onde.

Les champs électriques et magnétiques sont perpendiculaire entre eux et à la direction de propagation. Ils sont en phase et constants dans tout plan perpendiculaire à la direction de propagation.

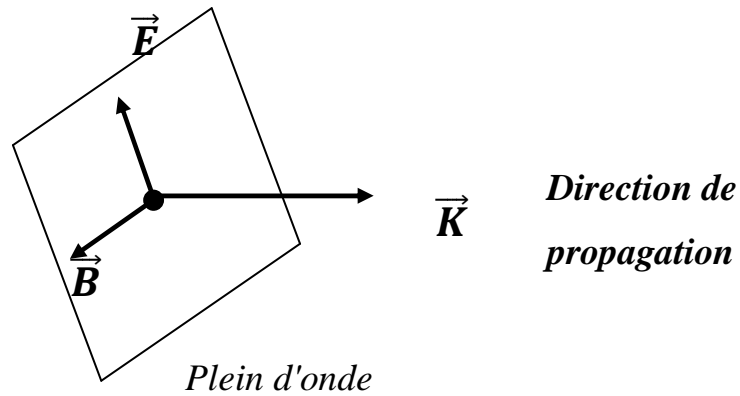


Figure II.9. Représentation d'une onde plane

a) Expression des champs :

Alors :

$$\frac{\partial}{\partial X} = \frac{\partial}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial^2 E_x}{\partial z^2} = -\omega^2 \mu_0 \varepsilon_0 E_x \Leftrightarrow \frac{\partial^2 E_x}{\partial z^2} + \omega^2 \mu_0 \varepsilon_0 E_x = 0 \quad (\text{II.19})$$

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial z^2} = -\omega^2 \mu_0 \varepsilon_0 E_y \Leftrightarrow \frac{\partial^2 E_y}{\partial z^2} + \omega^2 \mu_0 \varepsilon_0 E_y = 0 \quad (\text{II.20})$$

b) Vitesse de propagation :

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$$

C: est une vitesse de propagation de l'onde électromagnétique dans le vide (célérité de la lumière dans le vide), elle vaut environ $c=3.10^8$ m/s.

- La fréquence **f** : $f = \frac{\omega}{2\pi}$

- La longueur d'onde **λ**: $\lambda = \frac{c}{f}$

- Le vecteur d'onde **k** : $k = \omega \sqrt{\mu_0 \varepsilon_0} = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda}$

- L'impédance caractéristique du vide : $Z_0 = \frac{E_0}{H_0} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi = 377\Omega$

- Indice de réfraction n : $n = \frac{c}{y} \Leftrightarrow n^2 = \frac{\epsilon \mu}{\mu_0 \epsilon_0}$

Dans le vide $n=1$

Dans un diélectrique $\epsilon = \epsilon_r$ et $\mu = \mu_0 \mu_r$ on obtient $n = \sqrt{\mu_r \epsilon_r}$

$n = \sqrt{\epsilon_r}$ Pour les matériaux non magnétiques car $\mu_r = 1$

II.4. Polarisation des ondes planes

L'état de polarisation d'une onde électromagnétique se propageant suivant l'axe z peut être décrit par l'extrémité du vecteur champ électrique \vec{E} dans le plan xOy . Trois états de polarisation peuvent être définis: rectiligne, circulaire et elliptique.

II.4.1. Polarisation rectiligne

Elle est obtenue quand le champ E vibre dans une direction fixe de l'espace, c'est-à-dire que $E_y(z, t)$ ou $E_x(z, t)$ est indépendant du temps. Ce cas est obtenu pour un déphasage nul, soit :

$$\varphi = \varphi_x - \varphi_y = 0 \quad (2\pi)$$

Cela est équivalent à dire qu'une des deux composantes du champ est nulle. En effet, par rotation des axes autour de Oz , il est possible d'amener le vecteur $\vec{\mu}_x$ selon la direction de \vec{E} par un choix d'axe convenablement effectué, et on a ainsi :

$$\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - Kz) \vec{\mu}_x$$

Dans les systèmes de transmission utilisant une antenne, on parle de «polarisation horizontale» ou de «polarisation verticale», selon que le champ électrique est parallèle ou perpendiculaire à la surface de la terre.

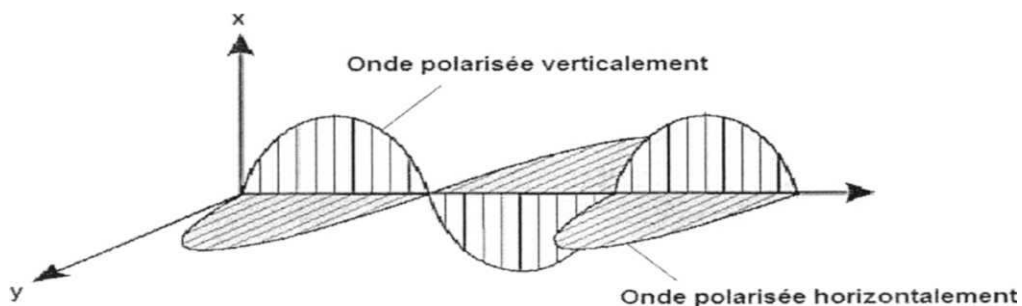


Figure II.10. Polarisation rectiligne

II.4.2. Polarisation elliptique

Dans ce cas l'extrémité du vecteur \vec{E} dans un plan $z = \text{cte}$ décrit une ellipse. On parle de polarisation elliptique droite (gauche) si l'ellipse est décrite au cours du temps. En effet, la différence de phase ϕ entre les deux composantes est quelconque lorsque $E_x \neq E_y$.

II.4.3. Polarisation circulaire

C'est un cas particulier de la polarisation elliptique, obtenu quand :

$$\varphi - \varphi_x = \pm \frac{\pi}{2} \text{ et } E_{x_0} = E_{y_0}$$

C'est-à-dire que les deux composantes sont en quadrature temporelle et ont la même amplitude. De même que la polarisation elliptique, la polarisation circulaire peut être droite ou gauche suivant le sens de parcours du cercle (Fig. ci dessous). La polarisation est circulaire si $E_{x_0} = E_{y_0}$:

Polarisation droite pour $\varphi - \varphi_x - \varphi_y = -\frac{\pi}{2}$

Polarisation gauche pour $\varphi - \varphi_x + \varphi_y = -\frac{\pi}{2}$

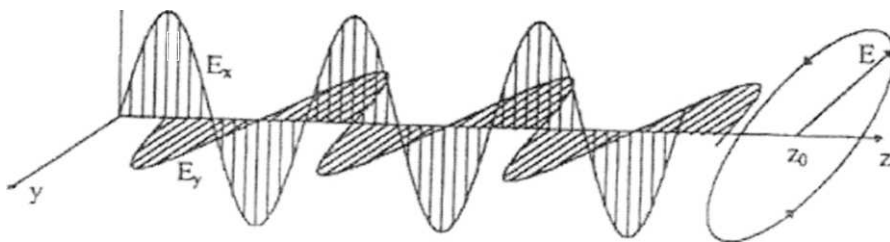


Figure II.10. Polarisation circulaire

II.5. La propagation dans l'environnement terrestre

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

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

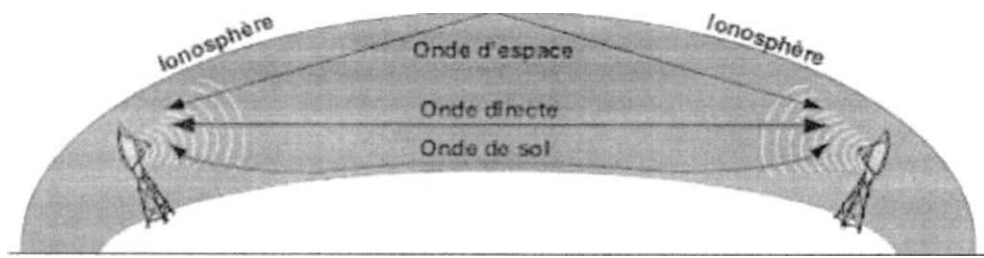


Figure II.11. Propagation des OEM dans l'environnement terrestre

II.5.1. Atmosphère terrestre

L'atmosphère terrestre est essentiellement constituée d'un mélange gazeux, l'air. Ce mélange comprend surtout de l'azote et de l'oxygène. Pour le reste, soit 1%, on y trouve de l'argon, du dioxyde de carbone et des traces infimes de néon, krypton, hélium, ozone, hydrogène, xénon ainsi que les différents rejets de la biosphère. Cette composition est quasiment constante jusqu'à 85 km d'altitude, sauf pour l'ozone qui est surtout présent entre 30 et 40 km d'altitude et qui est responsable de la remontée en température dans la stratosphère où il absorbe le rayonnement solaire.

II.5.2. Les types de propagation

Entre une antenne d'émission et une antenne de réception, situées au voisinage de la terre, une onde électromagnétique peut suivre différents types de propagation :

II.5.2.1. La propagation troposphérique

Les ondes radio se propagent en ligne droite dans le vide ; ceci est également vrai dans l'air si la densité de l'air est homogène. Cependant comme la densité de l'air diminue avec l'altitude, le trajet des ondes sera légèrement incurvé vers la terre.

II.5.2.1.1. La contrainte de la propagation troposphérique

En propagation troposphérique, les ondes accomplissent la totalité de leurs trajets dans la couche la plus basse de l'atmosphère, très près du sol. L'onde sera donc influencée par les phénomènes atmosphériques (pluie, brouillard, etc..) par les obstacles naturels (montagnes, forêts,..) **et** artificiels (bâtiments élevés). L'oxygène est la vapeur d'eau **absorbent** peu d'**énergie** aux **fréquences** radio.

L'horizon radio, c'est-à-dire la distance maximale D à laquelle une antenne située au niveau du sol pourra recevoir le signal émis par une antenne située à une hauteur H_e , est donnée par la formule approchée :

$$D = \sqrt{2RHe} \quad (\text{II.21})$$

R est le rayon de la Terre = 6366km

Si l'antenne de réception est à la hauteur H_r , la distance maximale pour une communication devient :

$$D_{ma} \times = \sqrt{2RHe} = \sqrt{2RHr} \quad (\text{II.22})$$

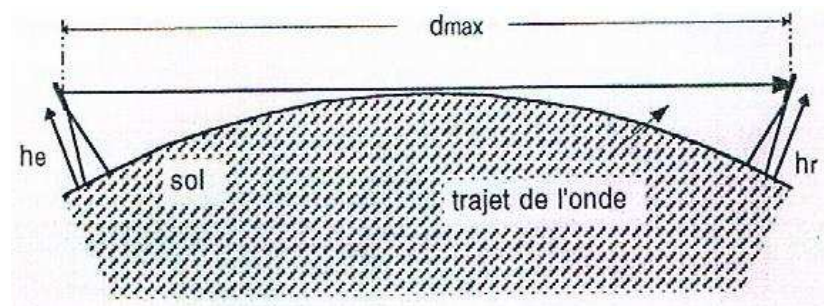


Figure II.12. Portée d'une transmission troposphérique

- **L'effet fantôme : une première cause d'interférences**

Quant aux obstacles, ils peuvent se comporter soit comme des écrans, créant une zone d'ombre, soit comme des réflecteurs, s'ils comportent des éléments métalliques (béton armé, châssis métallique,..). On constate alors parfois des effets fantômes, créés par une interférence entre une onde captée directement et une onde captée après réflexion avec un obstacle. Le résultat sur l'écran de télévision est une image atténuée et légèrement décalée par rapport à l'image principale.

- **L'effet du sol : une cause majeure d'interférences**

Cet effet, qui peut être très gênant, est dû à la présence d'une onde réfléchiée par la surface terrestre : en effet, les deux ondes auront parcourues un chemin presque égal, mais la composante horizontale du champ électrique aura été déphasée de 180 degrés lors de la réflexion sur le sol. La composante horizontale du champ électrique au niveau de l'antenne sera donc fortement réduite.

- Les facteurs qui réduisent les interférences

Ces facteurs diminuent en fait l'intensité de l'onde réfléchi et donc les interférences :

sol peu conducteur dans la zone où s'opère la réflexion ;

Présence d'obstacles sur le trajet du chemin réfléchi ;

Emploi d'antennes très directives qui envoient peu d'énergie en direction du sol, ceci n'est réalisable qu'aux très hautes fréquences.

II.5.2.2. Propagation par onde de surface ou de sol

Lorsque l'antenne d'émission est verticale et proche du sol, l'onde électromagnétique quittant l'antenne est polarisée verticalement. Comme la direction de propagation de l'onde est toujours perpendiculaire au champ électrique \vec{E} , l'onde quitte l'antenne parallèlement au sol. Cependant, l'angle entre \vec{E} et la surface du sol peut se modifier en raison du relief ou de la composition de l'atmosphère. En effet, la densité de l'atmosphère diminue avec l'altitude, or la vitesse de l'onde augmente légèrement lorsque la densité de l'air diminue. Par conséquent, l'onde se propageant à une certaine altitude a tendance à se propager un peu plus vite que l'onde au voisinage du sol, ceci entraîne une inclinaison progressive du front d'onde.

À une certaine distance de l'antenne, le champ électrique E comportera donc, outre la composante perpendiculaire au sol, une composante horizontale. Mais cette composante horizontale induit un déplacement des charges dans le sol, ce qui provoque des pertes et atténue donc fortement cette composante. Il reste donc seulement la composante verticale de E , la direction de propagation de l'onde se modifie donc pour rester parallèle à la surface du sol. C'est essentiellement ainsi que sont diffusées les grandes ondes.

II.6. Transmission par faisceaux hertziens

II.6.1. Définition

Un faisceau hertzien est un système de transmission de signaux, numériques ou analogiques, entre deux points fixes. Il utilise des ondes radioélectriques très fortement concentrées à l'aide d'antennes directives. La directivité du faisceau est d'autant plus grande que la longueur d'onde utilisée est petite et que la surface de l'antenne émettrice est grande. Le faisceau est un support de type pseudo-4 fils. Les deux sens de transmission sont portés par des fréquences différentes

II.6.2. Principe d'un faisceau hertzien

Les télécommunications hertziennes permettent des liaisons point fixes à point fixe (relais téléphoniques, relais de télévision, etc.) ou entre mobiles. La souplesse de l'infrastructure nécessaire permet de desservir des zones géographiques impropres aux communications filaires. En contrepartie, l'encombrement spectral limite le nombre des canaux de communication et ce d'autant plus que l'atmosphère impose ses propres contraintes. Les fréquences des systèmes de télécommunication sont donc attribuées par des organismes de normalisation tels que l'UIT-R et FIFRES (International Frequency Registration Board). Selon la forme (numérique ou analogique) sous laquelle se présente ces informations, différents types de modulation sont utilisés, d'une part pour former le multiplex et d'autre part pour transposer le spectre des signaux dans la gamme de fréquence appropriées pour l'émission.

- Faisceau hertzien numérique

Il permet le multiplexage temporel des voies téléphonique numérisé par une modulation MIC ou de données numérique puis transposition en hyperfréquences par modulation (analogique discrète) d'une porteuse sinusoïdale en PSK, MSK, QAM.

II.6.3. Affectation des fréquences dans les faisceaux hertziens

Il est nécessaire de planifier l'utilisation des fréquences. Pour cela il est possible de jouer sur le plan de fréquence proprement dit, mais aussi sur l'utilisation des polarisations verticale (V) ou horizontale (H) en utilisant les découplages d'antenne pour augmenter la capacité des liaisons.

- Utilisation d'un seul couple de fréquences

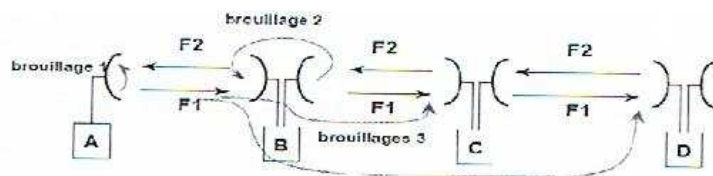


Figure II.13. Utilisation d'un seul couple de fréquences

Brouillage 1: Le niveau fort F1 perturbe la réception du niveau faible F2 (filtrage insuffisant) ;

Brouillage 2: Le niveau fort F1 perturbe la réception du niveau faible F1 (lobe arrière de l'antenne) ;

Brouillage 3: Le niveau faible F1 perturbe la réception du niveau faible F1 (résistance au brouilleur co-canal) ;

- **Canal émission commun aux deux sens dans une station**

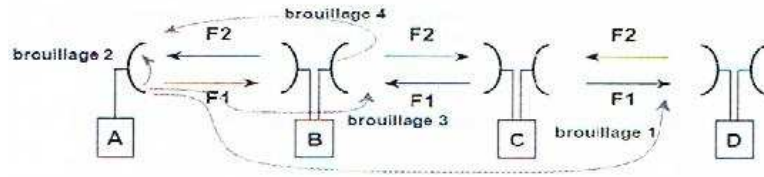


Figure II.14. Canal émission commun aux deux sens dans une station

Brouillage 1: Brouillage de la réception en D par l'émission en A ;

Brouillage 2: Le niveau fort F1 perturbe la réception du niveau faible F2; Brouillage 3: Le niveau faible F1 perturbe la réception de l'autre niveau faible F1 (lobe arrière de l'antenne) ;

Brouillage 4: Brouillage émis en B par le lobe arrière de l'antenne.

- **Réduction des brouillages**

Alternance des fréquences émission et réception d'un relais à l'autre, croisement des polarisations.

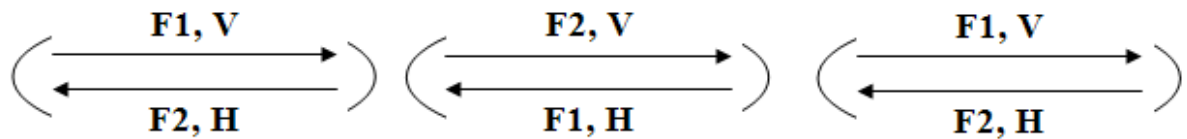


Figure II.15. Réduction des brouillages

Emploi d'antennes très directives et ayant des lobes latéraux suffisamment bas utilisation de deux canaux différents pour la transmission bilatérale d'un signal.

- **Séparation des demi-bandes émission/réception**

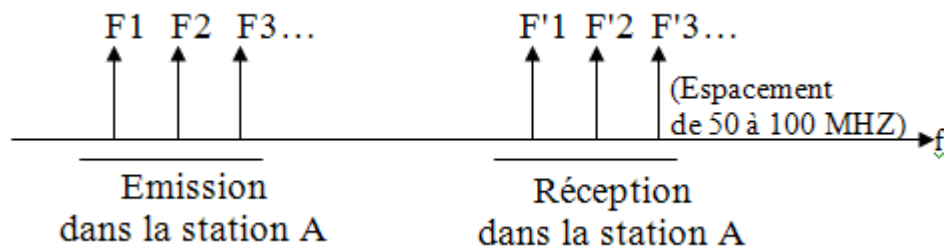


Figure II.16. Séparation des demi-bandes émission/réception

Grouper dans chaque station, d'une part tous les canaux servant à l'émission et d'autre part ceux servant à la réception ;

Eloigner ces deux groupes pour qu'ils puissent être séparés par filtrage ;

Il faut une antenne et deux guides d'ondes par station.

- **Alternance des polarisations verticale et horizontale**

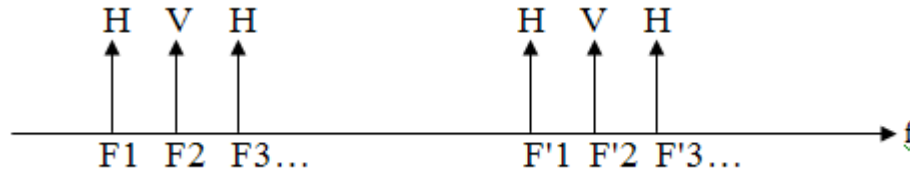


Figure II.17. Alternance des polarisations verticale et horizontale

Chaque guide d'onde n'achemine qu'un seul sens de transmission il faut deux antennes et quarts guides d'onde par station et par direction.

II.7. Sensibilité d'un récepteur

La sensibilité d'un récepteur est l'amplitude du signal qu'il faut appliquer à son entrée pour obtenir à la sortie du démodulateur un rapport signal/bruit déterminé (transmission analogique) ou un taux d'erreur donné en transmission numérique (10^3 ou 10^6). Une des principales contraintes d'un récepteur concerne sa sensibilité ou seuil de réception

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

II.8. Les antennes

II.8.1. Définition

L'antenne a un rôle très important dans les liaisons hertziennes: elle assure l'interface entre le circuit électrique et le milieu de propagation. Une antenne est un dispositif réciproque :

En émission, l'antenne reçoit un courant et une tension, elle génère un champ électrique et un champ magnétique.

En réception, l'antenne reçoit un champ électrique et un champ magnétique, elle génère une tension et un courant. Les caractéristiques d'une antenne sont les mêmes si l'antenne est utilisée en émission ou en réception.

II.8.2. Antenne isotrope

L'antenne isotrope est une antenne de référence qui rayonne de la même façon dans toutes les directions alimentée par la puissance P_E . Son diagramme de rayonnement est une sphère centrée sur l'antenne à la distance d , toute la puissance est répartie sur la surface de la sphère. Il permet aussi de définir le gain absolu d'une antenne :

La surface de la sphère est :

$$S_{\text{SPHERE}} = 4\pi \cdot d^2 \quad (\text{II.23})$$

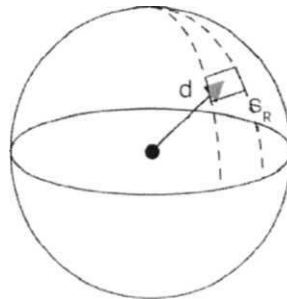


Figure II.18. Antenne isotrope

II.8.3. Les principaux caractéristiques d'une antenne

➤ Gain

On rappelle que l'antenne isotrope émet la même puissance dans toutes les directions de l'espace. Une antenne directive n'émet de la puissance que dans un angle étroit de l'espace. La puissance émise est donc plus forte. C'est le rapport entre la puissance qu'il faudrait fournir à une antenne de référence (antenne isotrope) et celle qu'il suffit de fournir à l'antenne considérée pour produire la même intensité de rayonnement dans une direction donnée (par unité d'angle solide).

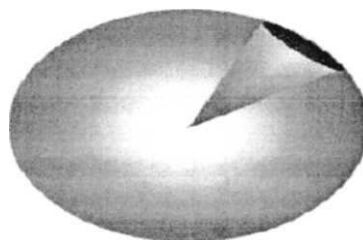


Figure II.19. Gain d'une antenne

Le gain absolu (dans la direction du rayonnement maximum correspondant à l'axe électromagnétique de l'antenne) est défini par :

$$G_{max} \left(\frac{4\pi}{\lambda^2} \right) A_{eff} \quad (II.24)$$

A_{eff} : la surface équivalente de l'antenne

Plus l'antenne est directive, plus l'angle d'ouverture est étroit et plus le gain de l'antenne est important.

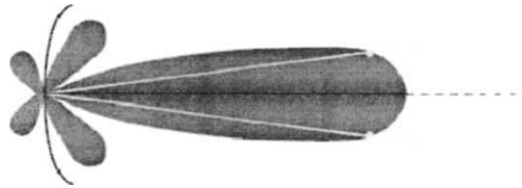


Figure II.20. Champ de fort gain d'une antenne

➤ Diagramme de Rayonnement

L'antenne isotrope n'existe pas et n'est pas réalisable. En réalité, l'énergie rayonnée par une antenne répartie inégalement dans l'espace, certaines directions sont privilégiées : ce sont les lobes de rayonnement.

Le diagramme de rayonnement d'une antenne permet de visualiser ces lobes dans les trois dimensions, dans le plan horizontal ou dans le plan vertical incluant le lobe le plus important. La directivité d'une antenne caractérise la façon dont cette antenne concentre le rayonnement dans certaines directions de l'espace. C'est la variation du gain en fonction de la direction. On appelle directivité le rapport entre la densité de puissance créée dans une direction donnée et la densité de puissance d'une antenne isotrope.

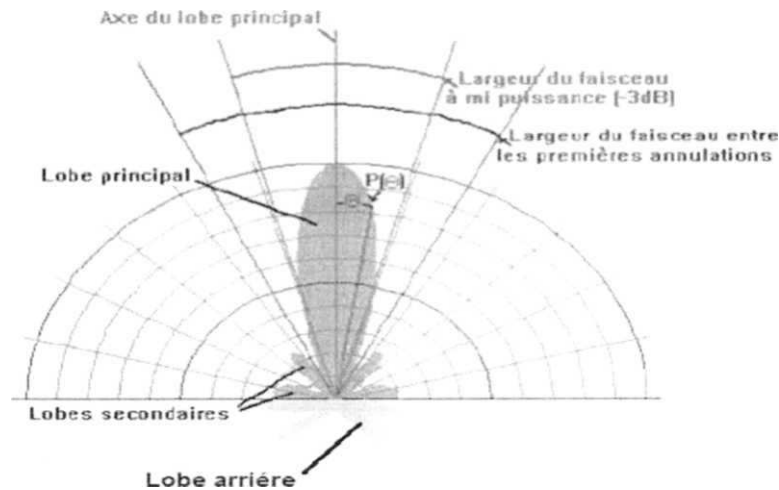


Figure II.21. Le diagramme de rayonnement

Le diagramme de rayonnement permet de définir de nombreuses caractéristiques de l'antenne. En particulier :

- **Angle d'ouverture** : L'angle d'ouverture d'une antenne est l'angle de direction pour lequel la puissance rayonnée est la moitié (-3dB) de la puissance rayonnée dans la direction la plus favorable. Il est donc représentatif de la directivité de l'antenne. Plus cet angle est étroit plus l'antenne est directive.
- **Lobes secondaires** : Un lobe secondaire correspond à un maximum de puissance dans une direction autre que la direction privilégiée. Idéalement, ils doivent être les plus faibles possibles.
- **Lobe arrière** : Le lobe arrière est un lobe secondaire dans la direction opposée à la direction privilégiée de l'antenne (à l'arrière de l'antenne).

➤ **La P.I.R.E**

La P.I.R.E (Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente), est une caractéristique importante d'un émetteur. Elle correspond à la puissance émise par l'émetteur, augmentée du gain d'antenne. Lorsqu'une antenne produit une puissance rayonnée P_E, la densité surfacique de puissance créée dans une direction donnée est le produit du gain dans cette direction par la puissance. Elle peut également être définie par la puissance qu'il faudrait fournir à une antenne ayant un rayonnement isotrope pour produire la même puissance que l'antenne directive dans la direction considérée.

$$\mathbf{P.I.R.E (W) = P_E(W) \cdot GE} \text{ (GE ici n'est pas en dBi)} \quad \text{(II.25)}$$

➤ La polarisation

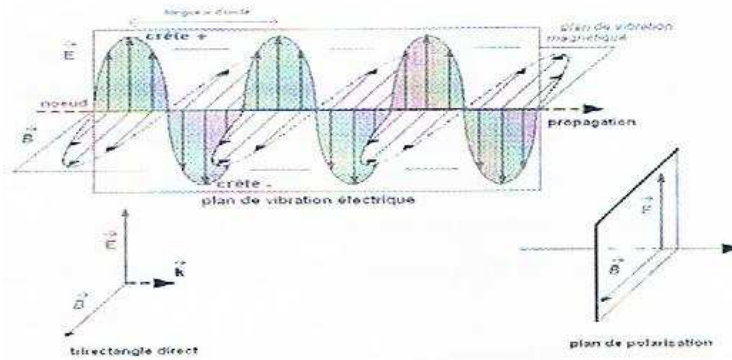


Figure II.22. Plan de vibration électrique

II.8.4. Antenne parabolique

Une antenne parabolique, communément appelée parabole par le grand public, est une antenne disposant d'un réflecteur en forme de parabole. Les propriétés géométriques de la parabole permettent de concentrer tous les rayons reçus en un point unique appelé foyer.

C'est en ce point que l'on placera une petite antenne (la source) qui est alimentée en émission, et qui capte le signal en réception.

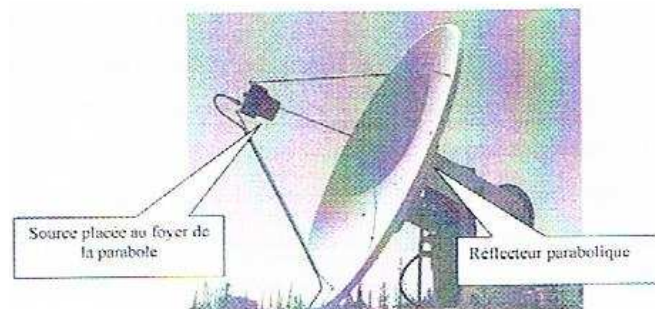


Figure II.23. Antenne parabolique

➤ Réflecteur parabolique

Réflecteur parabolique, en réception, est indiqué pour faire converger toute la puissance d'une onde plane incidente vers un point appelé le point focal d_f . Il faut que cette onde arrive d'une direction particulière sinon la convergence vers un seul point ne sera pas possible. Par réciprocity, une source électromagnétique située au point focal verra la partie de sa puissance capturée par le réflecteur, redirigée vers la direction privilégiée.

La figure (II.23) illustre les divers paramètres géométriques de ce type de réflecteur dans sa version axisymétrique (symétrie par rapport à l'axe z contenant le foyer). Le réflecteur parabolique étant une antenne à ouverture, son étude passe par l'expression des champs électromagnétiques dans le plan de l'ouverture. Il faut alors considérer les trois points suivants:

L'amplitude des champs dans l'ouverture dépend de la fonction caractéristique de la source primaire ("feed") située au foyer.

Mais cette distribution n'est pas identique car elle implique une conversion des angles d'émission de la source primaire vers les coordonnées du plan d'ouverture.

La phase des champs dans l'ouverture est constante car la distance pour se rendre du foyer au réflecteur parabolique et de là, à un point du plan de l'ouverture ne change pas ; c'est d'ailleurs la caractéristique principale d'une parabole. Le terme de phase peut donc être supprimé.

- L'orientation des champs dans l'ouverture dépend de la polarisation de la source primaire mais la parabole cause une dépolarisation qu'il faudra considérer. Si on visualise par la théorie de l'optique comme sur la figure (II.24), les rayons émis puis réfléchis par la parabole émergeront en formation parallèle. La géométrie est telle que dans le plan de l'ouverture sur cette figure ; les signaux émis du point focal vers le réflecteur, reviennent tous en phase.

Donc :

$$\overline{FP} = \check{r} \text{ et } \overline{PA} = \check{r} \cos \check{\theta}$$

Ainsi :

$$\overline{FP} + \overline{PA} = (\check{r} + \check{r} \cos \check{\theta}) = \check{r}(1 + \cos \check{\theta}) \quad (\text{II.26})$$

Dans le cas particulier ou $\theta=0$ on aura : $\overline{PA} = \check{r} = d_f$

$$\overline{FP} + \overline{PA} = 2 d_f \quad (\text{II.27})$$

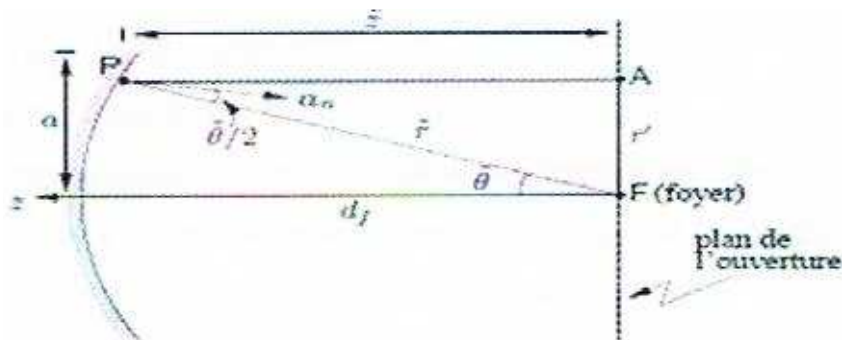


Figure II.24. Géométrie d'une antenne parabolique

Plus le réflecteur sera grand (pour une même géométrie), plus grande sera la puissance capturée donc la surface effective et la directivité.

➤ **Source**

La source est une antenne de dimension réduite placée au foyer du réflecteur: parabolique. Son rôle est d'éclairer le réflecteur de façon optimum : complètement mais sans déborde

➤ **Gain parabolique**

Le gain isotrope de l'antenne parabolique dépend principalement de son diamètre et de la fréquence d'utilisation mais aussi, dans une moindre mesure, de l'efficacité du système d'illumination de la parabole par la source (coefficient k) et de la précision de réalisation du réflecteur.

Le gain d'une antenne parabolique est donné par la relation suivante :

$$G_{dB1} = 10.1 \log K. \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \quad (II.28)$$

Avec :

K: rendement du système d'illumination (source), généralement compris entre 0,5 et 0,8.

D: diamètre du réflecteur parabolique.

λ : Longueur d'onde d'utilisation.

D et λ doivent être exprimés dans la même unité.

Les antennes paraboliques sont peu utilisées en dessous de 1 GHz ($\lambda = 0,3m$ et plus que l'antenne est grande devant la longueur d'onde, plus le gain est important.

➤ **Angle d'ouverture**

L'angle d'ouverture à -3dB d'une antenne parabolique est lié à la dimension de l'antenne. Plus l'antenne est grande devant la longueur d'onde, plus le gain est important et plus l'antenne est directive. L'angle d'ouverture est donné par la relation suivante :

$$\theta = \frac{70\lambda}{D} \quad (II.29)$$

➤ Polarisation

La polarisation de la source détermine la polarisation de l'antenne parabolique. Le principe de fonctionnement d'une antenne parabolique est simple et suit la propriété principale de la parabole :

Lorsqu'une source primaire émet des rayons à partir du foyer du paraboloïde vers la face concave de celui-ci, ces rayons, après s'être réfléchis sur cette face, se retrouvent en phase à son ouverture.

Une condition au bon fonctionnement de l'antenne concerne le front d'onde émis par a source primaire qui doit être parfaitement sphérique.

II.9. Types de modulations

Plusieurs types de modulations sont utilisés :

Les modulations les plus simples sont l'ASK (Amplitude Shift Keying), la FSK i Frequency SK) et la PSK (Phase SK).

II.9.1. La modulation d'amplitude ou ASK

La modulation d'amplitude s'applique en faisant varier l'amplitude du signal en fonction des bits à coder.

Par exemple :

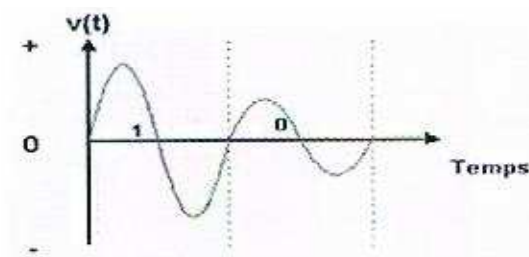


Figure II.25. Modulation d'amplitude ou ASK

II.9.2. La modulation de fréquence ou FSK

En modulation de fréquence, les niveaux logiques sont représentés par la variation de la fréquence de la porteuse. La modulation FSK est utilisée pour des transmissions à faible débit sur le réseau téléphonique commuté.

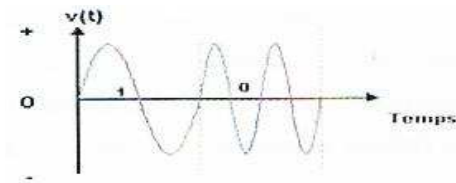


Figure II.26. Modulation de fréquence ou FSK

II.9.3. La modulation de phase ou PSK

La modulation de phase associe à un code binaire une valeur de la phase de la porteuse. La vitesse peut être facilement augmentée en utilisant un code binaire sur 2, 3 bits ou plus sans augmentation de la fréquence de la porteuse.

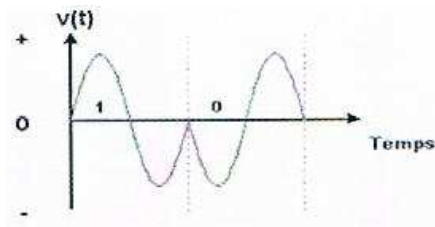


Figure II.27. Modulation de phase ou PSK

D'autres modulations plus élaborées sont possibles. Nous allons voir maintenant l'exemple de la modulation QAM (Quadrature Amplitude Modulation) à 4 états.

II.9.4. Modulation QAM

La modulation QAM (Quadrature Amplitude Modulation) ou modulation d'amplitude en quadrature de phase est une technique qui emploie une combinaison de modulation de phase et d'amplitude. Elle est largement employée par les modems pour leur permettre d'offrir des débits binaires élevés. Prenons par exemple un signal modulé QAM avec 3 bits transmis par baud. Une

telle modulation requiert donc 2^3 soit 8 combinaisons binaires différentes. Dans notre exemple, nous prendrons 2 amplitudes combinées avec 4 décalages de phase différents. La table de correspondance pourra être du type :

Groupe de bit	Amplitude	Décalage de phase
000	1	0
001	2	0
010	1	1/4
011	2	1/4
100	1	1/2
101	2	1/2
110	1	3/4
111	2	3/4

Tableau II.2. Modulation QAM

Exemple de codage de la suite binaire 1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 à partir de la table ci-dessus :

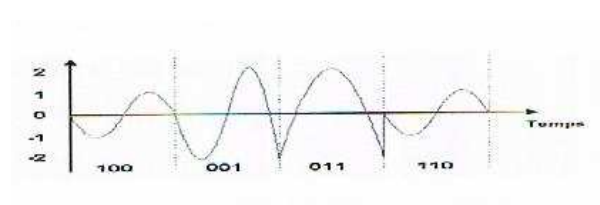


Figure II.28. Les combinaisons d'amplitude et de phases

Les combinaisons possibles en modulations QAM sont souvent représentées par une constellation de points représentant chacun un groupe de bits.

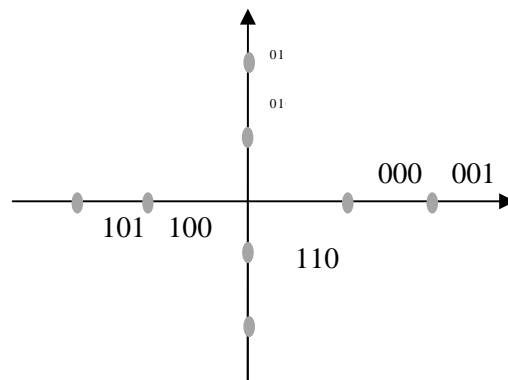


Figure II.29. Exemple de constellation QAM8 (3 bits par baud)

II.10. La modulation d'impulsions codées (MIC)

La modulation par impulsion d'amplitude (PAM pour Pulse Amplitude Modulation) est une technique qui consiste à convertir un signal analogique en une série d'impulsions binaires codées. Ainsi, pour réaliser un système de modulation MIC, trois opérations de base sont indispensables :

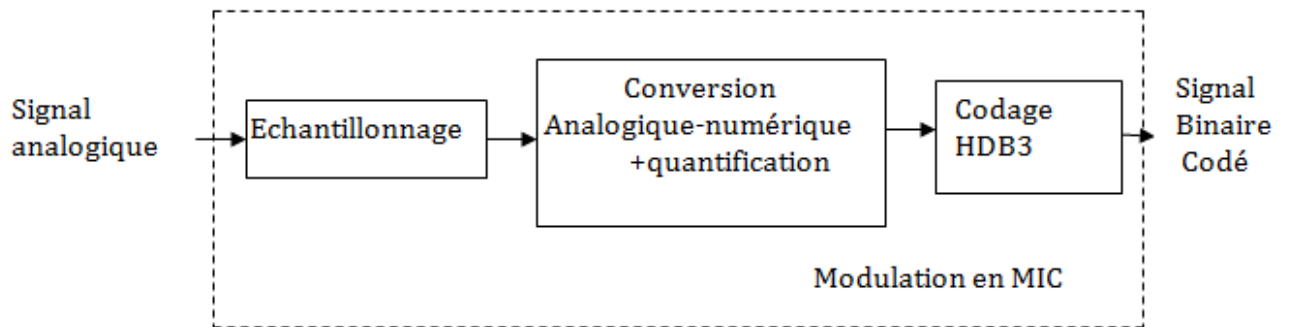


Figure II.30. Synoptique général de la modulation MIC

II.10.1. Échantillonnage

Le théorème de l'échantillonnage indique la fréquence minimale à laquelle un signal analogique doit être exploré pour qu'il puisse être rendu dans sa forme initiale à partir des échantillons sans aucune perte d'information. Nous avons vu que la fréquence d'échantillonnage F_e , doit être au moins le double de la bande passante du signal ou de la fréquence la plus élevée contenue dans le signal analogique F_{max} .

$$F_e \geq 2 F_{max}$$

Pour la bande de fréquences de 300 à 3400 Hz utilisée en téléphonie, pour une communication téléphonique $F_{max}=4\text{KHz}$ et donc la fréquence d'échantillonnage, $F_e= 8\text{KHz}$ Ceci signifie qu'un signal de fréquence vocale est exploré 8000 fois par seconde. L'intervalle entre deux échantillons successifs se calcule comme suit :

$$T_e = \frac{1}{F_e} = 125 \text{ ms}$$

II.10.2. Quantification

La transmission des impulsions modulées sont très sensible aux bruits ce qui rend la reconstitution du signal à la réception incomplète. Pour cette raison nous quantifions le signal en faisant correspondre à chaque échantillon l'amplitude la plus voisine d'une suite discrète et finie d'amplitudes «étalons» appelées niveaux c'est la valeur de ces niveaux qui à l'émission après le codage seront transmises en ligne. E" système téléphonique (MIC): Les échantillons sont codés par des mots de n bites n=8.

Les valeurs discrètes : $N = (2)^n = 2^8 = 256$

II.10.3. Compression

D'après la répartition statique de la parole, le rapport signal sur bruit est faible pour les petits signaux que les forts signaux. Pour garder une bonne qualité de transmission; le rapport S/B doit être constant sur toutes les plages de fréquences pour corriger ce problème on utilise deux lois de compressions :

- La loi européenne A

C'est une loi de compression adoptée en Europe; définit une quantification logarithmique approchée selon le compromis suivant:

Segment logarithmique pour les amplitudes relatives se trouvant entre $1/A$ et A ;

Segment linéaire à l'origine pour $x \leq \frac{1}{A}$ tangent au segment logarithmique Son expression, exprimée relativement à l'amplitude maximale tolérable du signal.

$$Y = \frac{A}{1 + \ln(A)} X \quad \text{Pour} \quad x \leq \frac{1}{A} \quad (\text{II.30})$$

$$Y = \frac{1 + \ln(AX)}{1 + \ln(A)} X \quad \text{Pour} \quad x \leq \frac{1}{A} \quad (\text{II.31})$$

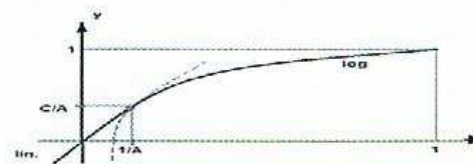


Figure II.31. La loi européenne A

La pente du segment linéaire à l'origine est appelée taux de compression C. Il a été choisi égal à 16.

$$C = \frac{1}{1 + \ln A} \quad (\text{II.32})$$

Ce qui définit A = 87,6

-La loi américaine μ

La loi μ est une loi de compression adoptée en Amérique qui a l'expression mathématique suivante:

$$Y = \frac{\ln(1 + \mu X)}{\ln(1 + \mu)} \quad \text{avec } \mu = 255 \quad (\text{II.33})$$

$$C = \frac{c}{\ln(1 + \mu)} \quad (\text{II.34})$$

II.10.4. Codage

Chaque niveau de quantification est représenté par un nombre binaire de « n » bits, qui est le même pour tous les niveaux ce qui permet une transmission synchrone de mot identique.

- Codage HDB3

Le codage HDB3 (High-Density Bi-polar modulus 3) est très utilisé dans les réseaux téléphoniques numériques notamment dans les liaisons faisceaux hertziennes utilisant le PDH. Le code HDB3, a pour caractéristique de limiter à trois le nombre de zéros successifs l'émetteur remplace toutes les séquences de 4 zéros successifs par une autre séquence de la forme B00V, dans laquelle le quatrième zéro "V" est forcé à avoir la même polarité que le bit à "1" immédiatement précédent. Il y a donc violation de l'alternance des polarités, (bit de viol). B respecte l'alternance des polarités, c'est à dire qu'il aura le signe opposé à la dernière impulsion sauf dans le cas où il y a un nombre impair d'impulsion depuis la dernière violation de polarité. Dans ce cas B sera mis à zéro ce qui maintient une valeur moyenne nulle.

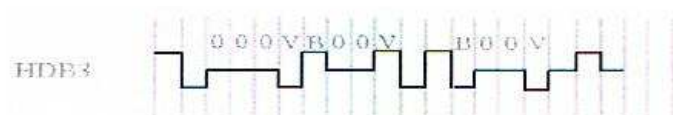


Figure II.32. Codage HDB3

II.11. Structure de trame MIC

II.11.1. Trame primaire et l'intervalle temporel (IT)

Une fois que l'échantillon a été quantifié, il peut être envoyé. Et un nouvel échantillon peut alors être échantillonné, compressé et quantifié. L'ensemble de ces opérations doit cependant être limité dans le temps. En effet puisqu'on échantillonne à 8000 Hz, la durée de "fabrication" des mots de 8 bits codant l'échantillon ne peut dépasser 125µs. En réalité les mots de 8 bits sont produits très rapidement et on peut même insérer entre deux mots successifs provenant de la même voie, des mots provenant d'autres voies. On réalise ainsi une transmission multiplexée temporellement de plusieurs voies. (Recommandation UIT-T Rec. G711). En Europe le système qui réalise cette fonction est appelé MIC E1 (Modulateur d'impulsions codées). C'est le premier niveau de la hiérarchie de multiplexage. Dans ce système 30 voies sont multiplexées temporellement dans une "fenêtre" de 125 µs.

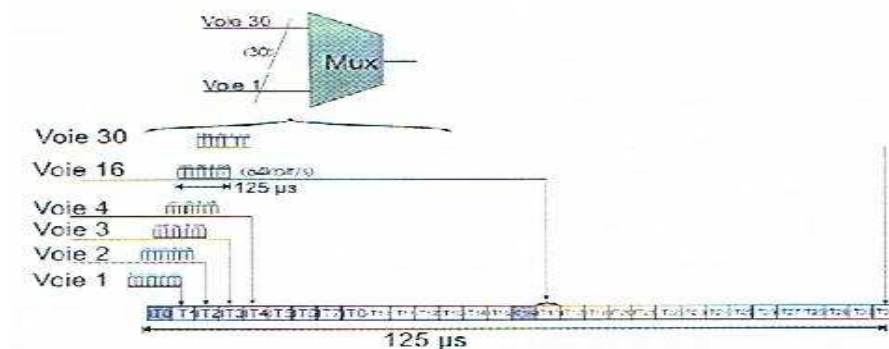


Figure II.33. Structure d'une trame MIC

La fenêtre de 125µs appelée trame est donc découpée en 32 morceaux appelés "Intervalle de temps" ou "IT", qui vont de ITO à IT31.

Les 32 intervalles de temps sont occupés de la manière suivante:

Les échantillons compressés et quantifiés en provenance des voies 1 à 15, sont placés respectivement dans les IT1 à IT15. De même pour les voies 16 à 30 placées dans les IT17 à IT31. Seuls les ITO et IT16 sont particuliers car ils ne sont pas utilisés pour transmettre des voies mais pour la signalisation. Lorsqu'une trame est émise par un émetteur vers un récepteur deux principes importants doivent être respectés:

La synchronisation.

Le verrouillage

- **Synchronisation**

L'émetteur E et le récepteur R doivent être synchronisés, c'est à dire que leurs horloges HE et HR doivent être identiques afin que les bits soient lus à des instants "corrects".

En effet si le récepteur cherche à détecter l'état d'un bit alors qu'un front montant ou descendant est présent une erreur peu se produire.

- **Verrouillage**

Le récepteur R doit savoir où commence la trame au bit près. Sans cela il n'y a aucun moyen de distinguer où commence une IT et où s'arrête une autre. A cela deux conséquences :

Il faut indiquer le début de la trame si R n'est pas synchronisé sur E, il est important que E et R puissent se transmettre un signal de perte de verrouillage les avertissant de l'état de leur synchronisation.

Les ITO et IT16 jouent cet office, et permettent à l'émetteur E et au récepteur R de "s'entendre".

II.12. Conclusion

Au cours de chapitre nous nous sommes focalisés sur les liaisons FHN point à point. Les faisceaux hertziens, fréquemment mis en œuvre comme solution de collecte, présentent des performances particulièrement intéressantes. Les débits peuvent varier entre 2 et 40 GHz pour chaque lien établi. Ces débits sont dédiés et symétriques ; la portée d'un lien faisceau hertzien, est relativement importante en comparaison avec d'autres technologies sans-fil : elle peut atteindre jusqu'à 70 Km en fonction du plan de fréquence utilisé. Cette portée est même extensible si l'on choisit de mettre en place une liaison à plusieurs bonds. Néanmoins, ils subissent des contraintes de par leurs caractéristiques intrinsèques. Cette solution de transmission sans fil est en effet sensible aux phénomènes d'absorption (obstacles naturels, bâtiments, voire, variations climatiques dans le cas des fréquences les plus élevées). Pour limiter ces risques, il est préférable d'installer les antennes d'émission et de réception en ligne de vue directe, sur des points hauts. Les liaisons hertziennes Convient particulièrement aux régions à faible densité de population et dans les régions montagneuses.



Chapitre III
Etude des liaison FH d'un réseau
WLL de tizi –ouzou

III.1. Introduction.

Les faisceaux hertziens c'est le développement de la téléphonie, et en particulier l'incroyable phénomène « téléphone mobile » qui est à l'origine du développement spectaculaire des faisceaux hertziens. Ce procédé permet de transmettre des signaux d'information (téléphonie, télévision, etc.) d'un point à un autre du territoire.

On utilisera dans des faisceaux hertziens des antennes suffisamment directives pour faire l'analogie entre propagation des ondes et celle d'un faisceau lumineux, et des bandes de fréquences élevées.



ALGERIE TELECOM a le statut d'une entreprise publique, sa naissance remonte au 5 aout 2000, après une restructuration visant le secteur des postes et des télécommunications Algériennes, séparant ainsi les domaines d'activités postales de ceux des télécommunications.

ALGERIE TELECOM effectue ses transmissions en utilisant plusieurs réseaux dont :

- Réseaux public de transmission de données par paquets X25(DZPZC) 7600 accès ;
- Backbone national de transmission à 10Gbit/s(WDM)
- Backbone régional de transmission à 2.5Gbit/s ;
- Réseau national rural : 103 réseaux intégrant plus de 1500 localités ;
- Plus de 1000 communes rattachées en fibre optique ;
- Une centaine de commune rattachée en faisceaux hertziens ;
- Backbone FHN pour relier communes et village isolé.

Dans ce qui suit, nous allons montrer les différentes étapes de mise en service pour la réalisation d'une liaison de transmission par faisceaux hertziens d'ALGERIE TELECOM de la wilaya de TIZI-OUZOU.

III.2. Définition des faisceaux hertziens

Les faisceaux hertziens, initialement conçus pour transmettre des multiples téléphoniques ou des images analogiques, connaissent une évolution constante liée à la numérisation des supports de transmission ainsi qu'au traitement de l'information.

Un faisceau hertziens est une liaison radioélectrique point à points, bilatérale et permanente (full duplex), à ondes directives, offrant la liaison de bonne qualité et sûre permettant la transmission d'information en mode multiplex à plus en moins grande capacité, de 3 à 60 voies. Un faisceau hertzien est un système de transmission de signaux permettant d'interconnexion de sites distants utilisant les ondes radioélectriques. De nos jours ce type de liaisons radio point à point est principalement numérique et utilisé pour des liaisons voies et données.

Il utilise comme support les ondes radioélectriques, avec des fréquences porteuses de 1GHZ à 40GHZ très fortement concentrées à l'aide d'antennes directives. Ces ondes sont sensibles aux masquages (relief, végétation, bâtiments...), aux précipitations, aux conditions de réfractivité de l'atmosphère et présentent une sensibilité assez forte aux phénomènes de réflexion.

Les faisceaux hertziens sont destinés à la mise en œuvre des réseaux de télécommunications.

Les faisceaux hertziens numériques offrent de grandes capacités de débits et sont évolutifs en fonction des besoins de l'utilisateur, ils sont souvent complémentaires de réseaux de fibre optique pour assurer la continuité de certains points de raccordement où sont utilisés redonder certaines liaisons cuivre tout en optimisant les coûts notamment par rapport à des liaisons louées. Le faisceau hertzien dispose de point d'accès à la norme G703 et Ethernet.

Les débits vont de 2 à 155Mbps. C'est le développement de la téléphonie, et en particulier l'incroyable phénomène « téléphone mobile » qui a permis un grand développement aux faisceaux hertziens. Ce procédé permet de transmettre des signaux d'information soient téléphonie, télévisions et d'autres, d'un point à un autre du territoire.

III.3. Les liaisons radioélectriques :

Le faisceau hertziens est un système de type pseudo-4-fils fréquentiel car les deux sens de transmission sont portés par des fréquences différentes. Les antennes sont généralement communes aux deux sens. Comme le montre la figure suivante :

Une liaison hertzienne comprend deux stations terminales et des stations relais ; elle est composée d'un ou plusieurs bonds. Une station terminale, est toute station située à la fin d'une liaison hertzienne. Une station relais est située entre les stations terminales. Le bond hertzien, la distance séparant deux stations consécutives.

Les conditions de propagation qui concerne la distance ainsi que la visibilité, obligent souvent à diviser une liaison en plusieurs bonds séparés des stations relais qui reçoivent le signal hyper fréquence ; l'amplifient et le remettent, généralement avec une autre porteuse, en direction de la station suivante.

Dans des cas exceptionnels, des relais passifs (plan réflecteur) peuvent permettre de contourner un obstacle.

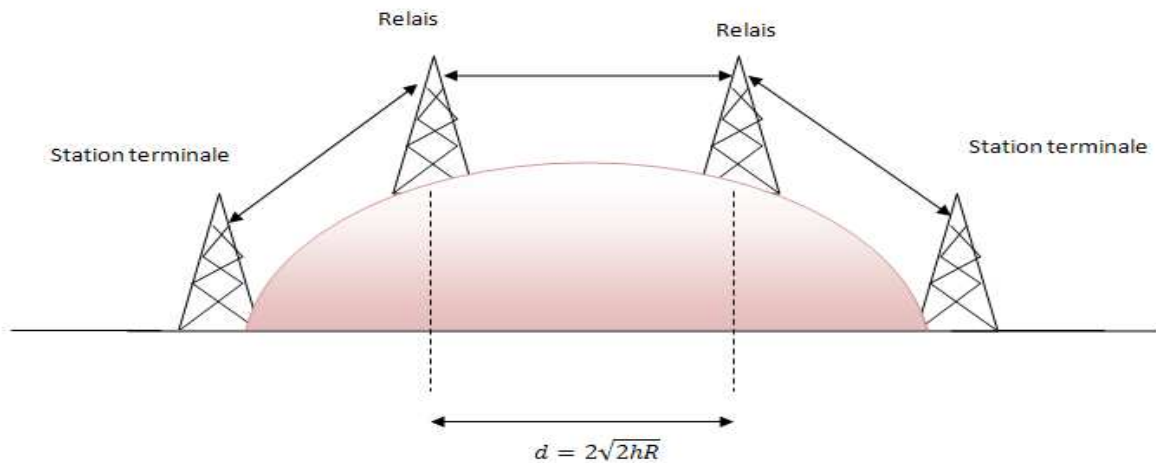


Figure III.1 : positionnement d'une station terminale et des stations relais

Avec h : hauteur des antennes

R : rayon de la terre

d = 50km

Une formule pour la distance entre deux tronçons ou bond est $d=3,6(\sqrt{H_e} + \sqrt{H_r})$

d = distance en (km) kilomètres.

H_e = hauteur de l'antenne d'émission en (m) mètres.

H_r =hauteur de réception en (m) mètres.

III.3.1. Station relais

La nécessité, pour les faisceaux hertziens en visibilité directe, d'avoir un dégagement suffisant du trajet radioélectrique implique que les antennes soient en général placées sur des points hauts, au sommet de tours ou polynôme, une liaison hertzienne peut comporter un ou plusieurs bonds.

Si la distance entre les deux points à relier est suffisamment faible pour que le bilan de puissance soit convenable et s'il est possible de trouver des emplacements tels que les antennes soient en visibilité l'une de l'autre, la liaison est établie en un seul bond.

Si la distance entre les deux points à relier est trop grande ou si des obstacles empêchent les antennes situées en ces deux points d'être en visibilité l'une de l'autre, il faut établir une liaison en plusieurs bonds en utilisant des stations relais.

III.3.2. Structure d'une station terminale

La structure d'une liaison est imposée par la nature même du système : utilisant des ondes radioélectriques, une liaison doit comporter dans chaque sens de transmission un émetteur, un récepteur, des antennes, ainsi qu'un modulateur et un démodulateur conformément à la figure.

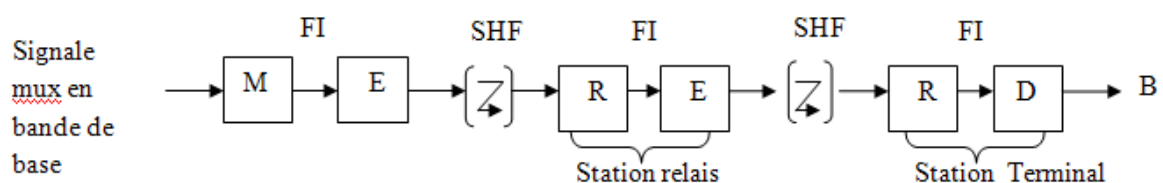


Figure III.2 : schéma d'une liaison hertzienne analogique

Les équipements sont conçus pour respecter les objectifs de qualité du CCIR

Les bonds ont eu en moyenne une longueur de 50 km

M : modulation
E : émetteur
R : récepteur
D : démodulation

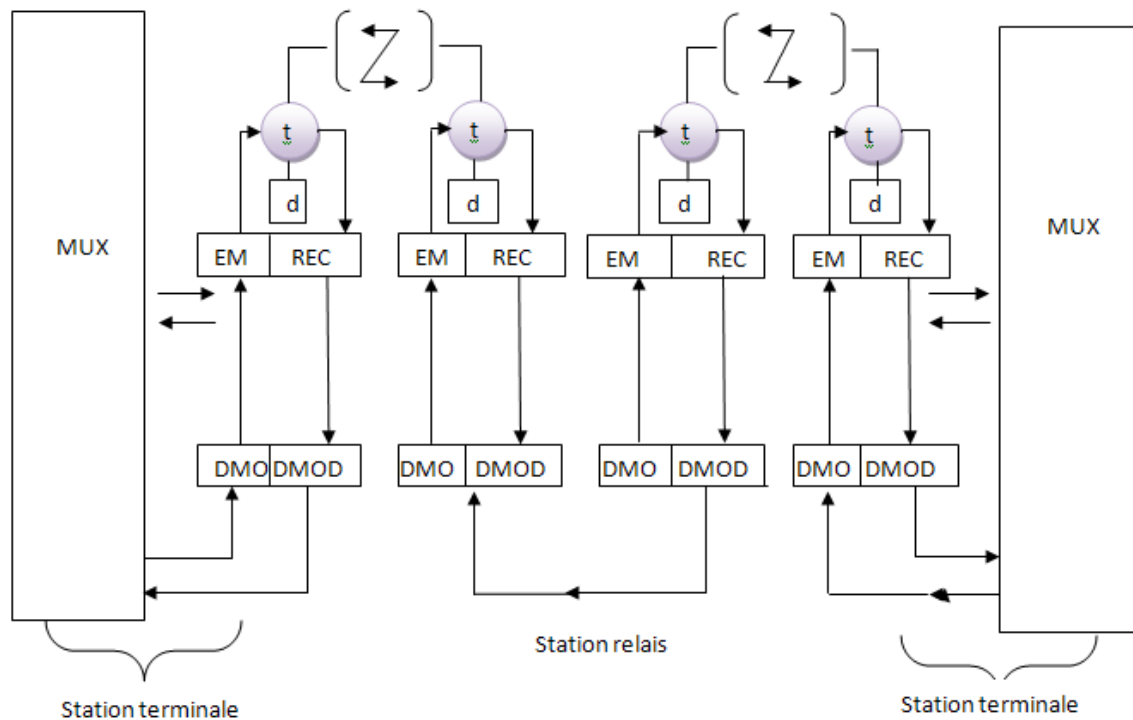


Figure III.3. Structure d'une station terminale

- **Modulateur /Démodulateur** : le modulateur modifie les caractéristiques d'une onde électromagnétique d'une onde électromagnétique pour lui faire porter l'information à transmettre. Le démodulateur effectue l'opération inverse : aux distorsions et au bruit près, il fournit un signal identique à celui qui à été appliqué au modulateur.
- **Émetteur** : grâce au signal fourni par le modulateur, l'émetteur élabore une onde de puissance et de fréquence telle qu'elle puisse véhiculer l'information à travers l'atmosphère.
- **Récepteur** : grâce à l'onde reçue, le récepteur élabore un signal utilisable par le démodulateur.
- **Antenne** : les antennes à faisceaux hertziens sont des dispositifs de couplages entre une ligne de transmission et le milieu ambiant. A l'émission, elles assurent le rayonnement de l'onde électromagnétique qui les alimente. Les lignes de transmission reliant les émetteurs

ou les récepteurs aux antennes sont des câbles coaxiaux ou plus souvent des guides d'ondes.

Les antennes des faisceaux sont de type parabolique, le boîtier de forme cylindrique dans lequel, elles sont contenues, cela leur donne un aspect très différent des antennes « satellites ». Le montage d'une antenne à faisceaux hertziens, nécessite d'autres dispositifs qui sont indispensables pour assurer la bonne transmission comme le câble coaxial, l'unité radio. Tout l'ensemble constitue la partie extérieure nommée OUTDOOR UNIT « ODU ».

III.4. Caractéristiques

Utilisation

Ce procédé permet de transmettre des signaux d'information téléphonique, télévision et bien d'autres d'un point à un autre du territoire : Liaison point à point. Ils sont utilisés dans :

- Les réseaux d'infrastructure ;
- La téléphonie ;
- La diffusion d'émission de télévision ;
- Les réseaux de desserte ;
- Les liaisons BTS-BSC en GSM ;
- La boucle locale Radio.

Sur de grandes distances, allant jusqu'à 50 km en liaison directe « infrastructure téléphonique » qui nécessite de relais :

- Passifs là où le relief est important (simples réflecteurs).
- Courtes distances (liaison "à vue") : Infrastructure GSM, LS.

Débit théorique : peut atteindre les 155 Mbits/s.

Portée : A débit donné, la portée se réduit lorsque la fréquence du FH augment. En général, les bandes de fréquences de 23 et 38 GHz sont utilisées pour des liaisons courtes distances 4 à 5 km. Les bandes de fréquences de 4 et 13 GHz permettent d'atteindre des portées de quelques dizaines de kilomètres, voire 50 km en utilisant des antennes de grands diamètres.

Bande de fréquences : de 1.5 GHz à 38 GHz. Pour les opérateurs de téléphonie mobile, 5 bandes de fréquences sont allouées pour leurs faisceaux hertziens : 6, 13, 18, 23 et 38 GHz.

III.4.1. Les catégories des faisceaux hertziens :

Les faisceaux hertziens sont classés en deux catégories suivant leurs caractéristiques radioélectriques.

III.4.1.1. Les faisceaux hertziens fonctionnant en visibilité directe

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

III.4.1.2. Les faisceaux hertziens transhorizon

Les faisceaux hertziens transhorizon utilisent la diffusion et la diffraction des ondes électromagnétiques dans les zones turbulentes de la troposphère pour établir la liaison entre les antennes.

Les types de faisceaux hertziens sont classés suivant le type de modulation :

1) Les FH analogiques utilisés principalement pour :

- La transmission des multiplex analogiques dont la capacité va de quelques voies téléphoniques à 2700 voies téléphoniques ;
- La transmission des images TV, et de voies de sons qui leur sont associées et aussi d'autres signaux tels que les données.

2) Les FH numériques qui acheminent principalement :

- Des multiplex numériques dont les débits vont de 2Mbits/s à 140Mbits/s ;
- Des données à grande vitesse ;
- Le visiophone ;
- La télévision codée.

Les deux types de FH sont différents par nature de signaux qu'ils transportent et par leur type de modulation. Les plans des fréquences peuvent être utilisés indifféremment par les FHA et FHN.

III.5. Les modulations utilisées en FH :

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

III.5.1. Modulation pour faisceaux hertziens analogiques :

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

En tenant compte de ces phénomènes, le choix s'est porté sur la modulation de fréquence pour les FHA car cette modulation ne présente par les défauts ci-dessus cités et en plus les modulations et démodulations de fréquence sont de réalisations plus faciles.

III.5.2. Modulation pour faisceaux hertziens numériques :

Les modulations analogiques, mise au point pour adapter le signal analogique à son support de transmission ne peuvent pas être utilisé pour les signaux numériques. Il a été conçu pour ces signaux un type particulier de modulation dit modulation numériques ou modulation sur fréquence porteuse : ASK, FSK et PSK. Mais, c'est la modulation à saut de phase (PSK) ou modulation multi états qui est généralement utilisées .aujourd'hui on trouve généralement le QPSK qui tend à être la norme pour la modulation sur fréquence porteuse. Cependant, pour mieux conserver la bande passant, la modulation QAM est aussi utilisé. Dans la modulation multi états, une porteuse SHF est également utilisé. Elle est sinusoïdale et peut donc être définie en termes d'amplitude, de fréquence ou de phase modulée par rapport à la phase ou l'amplitude.

Dans un train binaire, lorsqu'il y changement entre deux éléments binaires successifs, on procède à un changement d'état .Le signal binaire généralement a un rythme ou horloge .L'idéal serait d'avoir une modulation cohérente, mais, à des débits élevés, il est difficile de conserve la cohérence .la modulation est alors de type non cohérent.

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

III.6. Les avantages et les inconvénients des faisceaux hertziens :

III.6.1. Les inconvénients des faisceaux hertziens :

- Impact de la topologie de la zone concernée ;
- Absorption par les ions de l'atmosphère ;
- Problèmes de portée ;
- Obstacles dans la trajectoire « goutte d'eau, poussière et d'autres » ;
- Nécessite des lignes de vue.

III.6.2. Les avantages des faisceaux hertziens :

- Un haut débit de 140Mbits /s,
- Gestion de la qualité de service,
- Ils permettent d'atteindre des sites difficiles d'accès,
- Portée étendue et éventuellement extensible.

III.7. Principe de fonctionnement et performances :

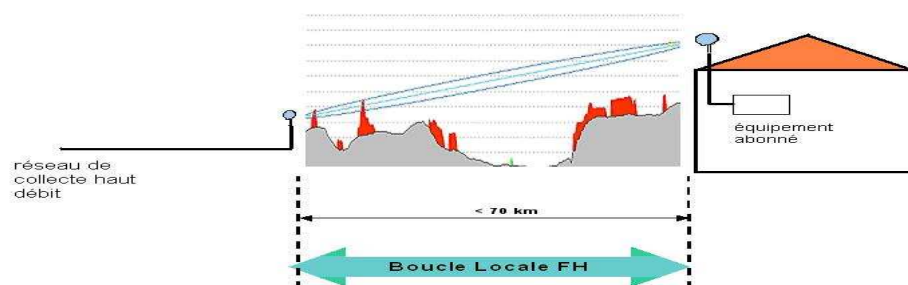


Figure III.4. Schéma de principe d'une connexion par faisceau hertzien

Les faisceaux hertziens, fréquemment mis en œuvre comme solution de collecte, présentent des performances particulièrement intéressantes. Les débits peuvent varier entre 2 et 622 Mbit/s pour chaque lien établi. Ces débits sont dédiés et symétriques.

La portée d'un lien FH est relativement importante en comparaison avec d'autres technologies sans-fil : elle peut atteindre jusqu'à 70 Km en fonction du plan de fréquence utilisé. Cette portée est même extensible si l'on choisit de mettre en place une liaison à plusieurs bonds.

D'un point de vue des performances, les FH se rapprochent des liaisons louées : débits élevés, qualité de service et sécurité du lien, portée étendue...

Néanmoins, ils subissent des contraintes de par leurs caractéristiques intrinsèques.

Cette solution de transmission sans-fil est en effet sensible aux phénomènes d'absorption (obstacles naturels, bâtiments, voire, variations climatiques dans le cas des fréquences les plus élevées).

Pour limiter ces risques, il est préférable d'installer les antennes d'émission et de réception en ligne de vue directe, sur des points hauts. Cela peut avoir un impact direct sur les coûts de déploiement d'une telle infrastructure.

III.8. Etablir la carte géographique des liaisons FH

III.8.1. Planification du réseau

Pour faire une planification il faut

- Connaître la région à planifier.
- Listes des zones à couvrir.
- Choisir un site pour installation du MSC.
- Etudiez la liste des zones à couvrir pour choisir des sites ou implanter les BTS.

III.8.1.1. Détermination du site

La détermination du site est basée sur les critères suivants

- La nature du site : urbaine, suburbaine, rurale.
- L'accès au site : piste, route godronnée.
- La disponibilité de destination d'énergie proximité (S.ON .E.L.GAZ).
- Le support de transmission est le moyen de raccordement d'une BTS à la MSC.

III.8.1.2. Les coordonnées de GPS

- Le GPS sert à nous informer sur la situation géographique du site.
- Détermine la longitude et la latitude ainsi que l'altitude du site.

III.8.1.3. La couverture radio

La couverture radio est l'étude des différents phénomènes influant sur la liaison radio existante entre la station de base et le terminal d'abonné (affaiblissement du au trajet, effet du trajet multiple, différents obstacle,..) et chaque région à des caractéristiques de propagation qui lui sont propres et qui dépendent de l'architecture urbain, de la végétation et de la nature du sol. L'objectif visé est de fixer les limites de la couverture radio nécessaire et suffisante pour les sites objets de l'étude. C'est grâce à la recherche du bilan de liaison que ces limites sont déterminées.

Bilan de liaison avec

$$S = P + G - L - A - M. \quad (III.1)$$

S : seuil de réception en dB.

P : puissance émise en dB.

G : somme des gains des antennes (borne et terminal) en dB.

L : affaiblissement de propagation en dB en espace libre.

A : affaiblissement des feeders en dB.

M : marge de Rayleigh en dB.

La zone de couverture d'une borne est l'ensemble des points pour lesquels la puissance reçue est supérieure au seuil de réception S.

Le bilan de liaison est déterminé par l'affaiblissement de propagation L entre la borne radio et le terminal d'abonné dépend de l'environnement et le calcul de cet affaiblissement.

III.8.2. Vérification de la visibilité entres les deux sites

Nous allons sur site candidat afin de nous assurer la transmission libre de tout obstacle utilisant le miroir et d'exécuter la mesure topographique. On appelle cette tâche "Reconnaissance sur site pour la propagation".

Les sites reliés doivent être à visibilité directe. Pour cela on utilise l'œil nu, les jumelles, GPS positionneur automatique pour la mesure Grossière. Une paire de talkie-walkie nous permet de se communiquer à partir des deux sites.

III.8.3. paramètres d'installation

III.8.3.1. le choix de la liaison

La capacité de l'équipement a été choisie selon les besoins d'utilisation (station GSM, ADSL, équipement spécialisées, WLL... etc.). le débit de la liaison est de 16x2 Mbits/s et la fréquence est de 18 Ghertz.

III.8.3.2. Les antennes

Les installations de radiocommunication par faisceau hertziens se composent de deux antennes paraboliques, l'une à l'emplacement d'émission, l'autre à l'emplacement de réception. Leurs rôle principale est d'assurer l'interface entre le circuit électrique et le milieu de propagation.

Pour ces liaisons les antennes sont de 0.6m de diamètre et 18 m de hauteur avec des supports de 25m de hauteur pour avoir une meilleure directivité.

III.8.3.3. Le câble coaxial

Le câble coaxial est utilisé comme un support de guide d'onde entre les équipements et les antennes. Il a une impédance caractéristique de 75 Ω .

III.8.3.4. Polarisation des antennes

Pour les liaisons longue distance on choisi la polarisation verticale parce que le signal est nettement mieux et l'information est reçu sans distorsion. Tandis que la polarisation horizontale est employée pour les distances courtes. La polarisation verticale peut diminuer le temps d'interruption de 30% par rapport à la polarisation horizontale. Pour qu'une liaison fonctionne correctement, il faut que l'antenne de réception soit polarisée de la même façon que l'antenne d'émission.

III.8.3.5. Source d'alimentation

L'équipement est alimenté par une tension de 48 volts, un groupe électrogène est nécessaire en cas d'urgence.

III.8.3.6. Protection nécessaire

Les équipements et les pylônes sont protégés par des mises à la terre à l'aide des plaques en cuivre et les antennes sont protégées à l'aide des parafoudres.

III.8.4. Mesure de latitude longitude

Le positionneur automatique "GPS", Global Positioning System, nous permet de mesurer plus facilement la latitude et la longitude du site élu. Le système GPS, développé d'origine par le PENTAGONE usa, nous permet de connaître notre lieu en tous les lieux dans le monde, utilisant 24 satellites géostationnaires. Le système a été bien commercialisé surtout dans le domaine automobile et la navigation de loisir.

Et depuis 10ans ou 15ans, il est utilisé dans la reconnaissance technique de notre cas.

Tout en reconnaissant que le GPS présente une tolérance de 30 à 50m (quelque seconde) sur les données sur latitude et longitude mesurées, elle dépendra toutefois des conditions circonstancielles (nombre de satellites communiqués, effet d'obstacles etc.) et sa précision sera modifiée dans préavis par les é.u.a. par conséquent, il est conseillé de reconfirmer la latitude et la longitude obtenues par le GPS sur la carte encore.

III.9.5.Mesure de l'altitude

Si on trouve au voisinage le repère géodésique, on mesure l'altitude avec le théodolite. S'il n'existe pas, on utilise généralement l'altimètre.

Voici les points importants pour l'altimètre.

Il faut utiliser deux altimètres dont un est l'étalon et l'autre est pour la mesure. Ajustez ces deux à l'altitude près du repère laissez l'un près du repère et apportez l'autre au point de mesure. Et mesurez le temps et l'altitude avec ce dernier. D'autre part, notez les altitudes sur certaines périodes régulières afin de pouvoir utiliser dans la suite pour la correction de l'altitude variable suivant le temps écoulé.

Comme l'altimètre est sensible à la précision atmosphérique par son caractère technique, si le point de mesure et le point du repère sont très éloignés entre eux ou leurs altitudes sont très différentes par exemple entre le sommaient et la vallée ou le temps est très variable, la mesure précise n'est pas espérée. De ce fait, il est conseillé de choisir le repère plus près du point de mesure autant que possible et de mesure dans le plus court délai.

En outre il est conseillé de comparer l'altitude obtenue par ce moyen avec de la carte et du GPS.

III.8.6. Vérification de direction de la station opposée

Mesure par la Boussole

Etant donné que l'antenne utilisée au système PASOLINK facilite le réglage d'angle horizontal, la mesure ne demande pas trop de précision. Et car la direction de la station opposée peut être reconnue par le calcul de latitude et la longitude de deux stations, il suffit de vérifier ici le nord magnétique.

Lors du test Miroir, on relève la direction en ajustant la ligne de mire de la boussole sur la lumière de réflexion. Rappelons que cette façon nous donne toute une valeur grossière qui sera seulement informative.

Mesure solaire d'azimut

Lorsqu'on place la parabole sur le support du type treille (angle horizontale réglable +/- 3°) ou sur l'ouvrage restreint au réglage horizontal tel que le mur du bâtiment et la tour en béton, la mesure de direction demande la précision.

III.8.7. Vérification d'obstacles au voisinage

Il faut reconnaître l'existence de tout obstacle tel que bâtiment, arbres, pylônes et d'autres ouvrages vers le faisceau d'ondes réfléchies à l'antenne.

S'il y a de l'obstacle, il faut mettre au point la hauteur de l'antenne par exemple.

La NTT exige ce qui suit, pour la parabole.

<la directive d'antenne parabolique doit être telle que son faisceau soit libre de tout obstacle sur une distance 10 fois plus grande que le diamètre de parabole et dans un angle du foyer de 20°>

Voir la figure ci-dessous.

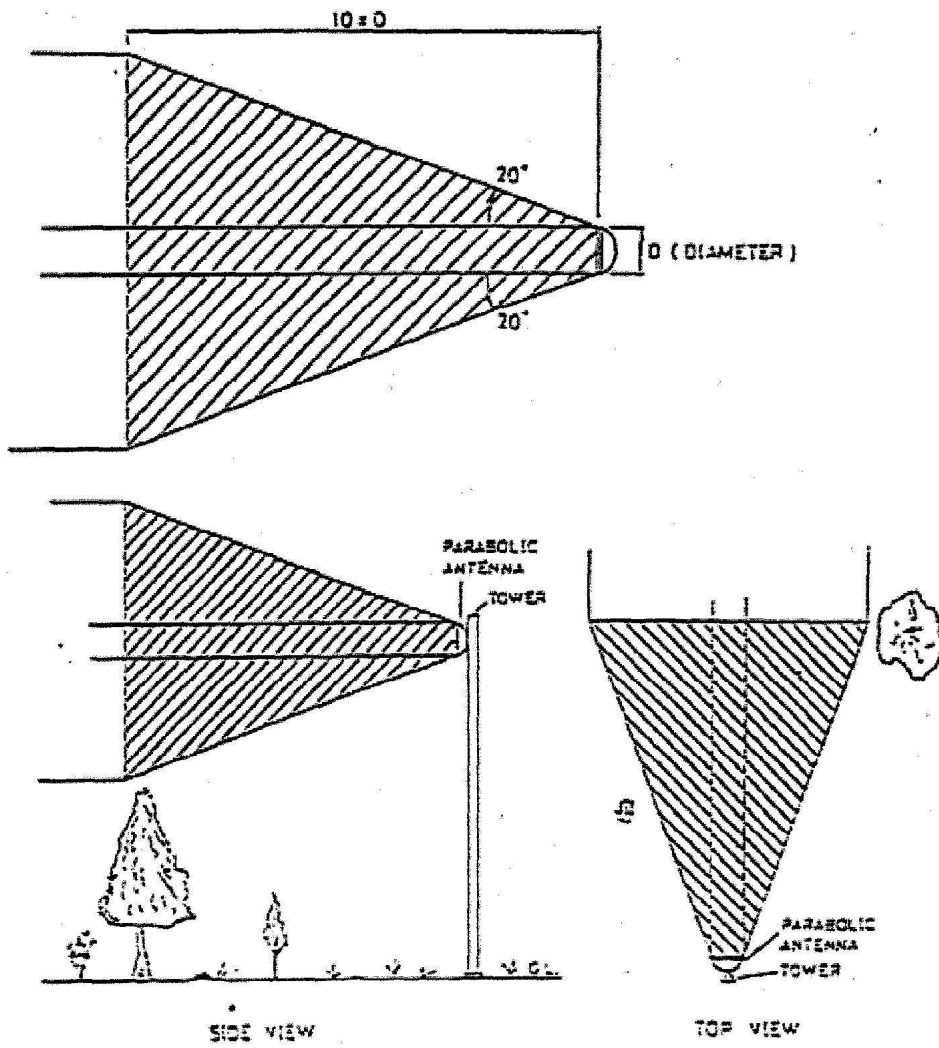


Figure III.5 : Positionnement des antennes WLL

III.8.8. Description des liaisons FH étudiées de la wilaya de Tizi-Ouzou

III.8.8.1. Le réseau de transmissions

Le réseau de transmission de la wilaya de Tizi-Ouzou se compose essentiellement de faisceaux hertziens Numériques et fibre optique.

Vu le relief accidenté de la wilaya, le moyen de transmission le plus répandu reste le faisceau hertzien et la radio rurale.

Le faisceau hertzien est utilisé pour des liaisons à grandes capacités (jusqu'à 34Mbit/s), la radio rurale pour des petites capacités allant jusqu'à huit (8) circuits.

III.8.8.2. Description générale du projet

Le présent projet consiste en la mise en œuvre d'un réseau CDMA/WLL dans le réseau existant de la wilaya de Tizi-Ouzou pour une capacité totale de 15 .000 lignes.

Ce réseau CDMA/WLL sera composé d'un centre de commutation (MSC), d'un contrôleur de station de base (BSC) et de station de base (BTS). Il devra être dimensionné pour 15.000 abonnés. De plus, il y a lieu de préciser que le dimensionnement concerne uniquement les différents faisceaux et relations pour un écoulement efficace de trafic.

III.8.9. Localisation du projet

III.8.9.1 Déplacement sur les deux sites

On se déplace sur les deux sites aux même temps avec les outillages nécessaire pour le travail (jumelle, miroir, talkie-walkie ...etc.).

- **Site de BELLOUA (Rdjaouna) : 512 abonnés**

Il occupe le sommet de la montagne de Belloua qui domine par le nord la wilaya de Tizi-Ouzou, le terrain revient à ALGERIE TELECOM et les équipements existent déjà. Le site de Belloua représente un relais très important qui sont relié plusieurs communes comme : Mekla, Makouda, Sidi Namana, Tirmatine...

➤ **Coordonnées géographiques**

Longitude : 4° 33' 47'' E

Latitude : 36° 44' 00''

Altitude : 680 m



Figure III.6: Carte géographique représentant la position de la commune de BELLOUA

- **Site TIZI-OUZOU (CA2) : 10973 abonnés**
C'est la station mère qui couvrira la ville de Tizi-Ouzou et les environs.

➤ **Coordonnées géographiques**

Longitude : 04° 02' 49'' E

Latitude : 36° 25' 04''

Altitude : 280 m

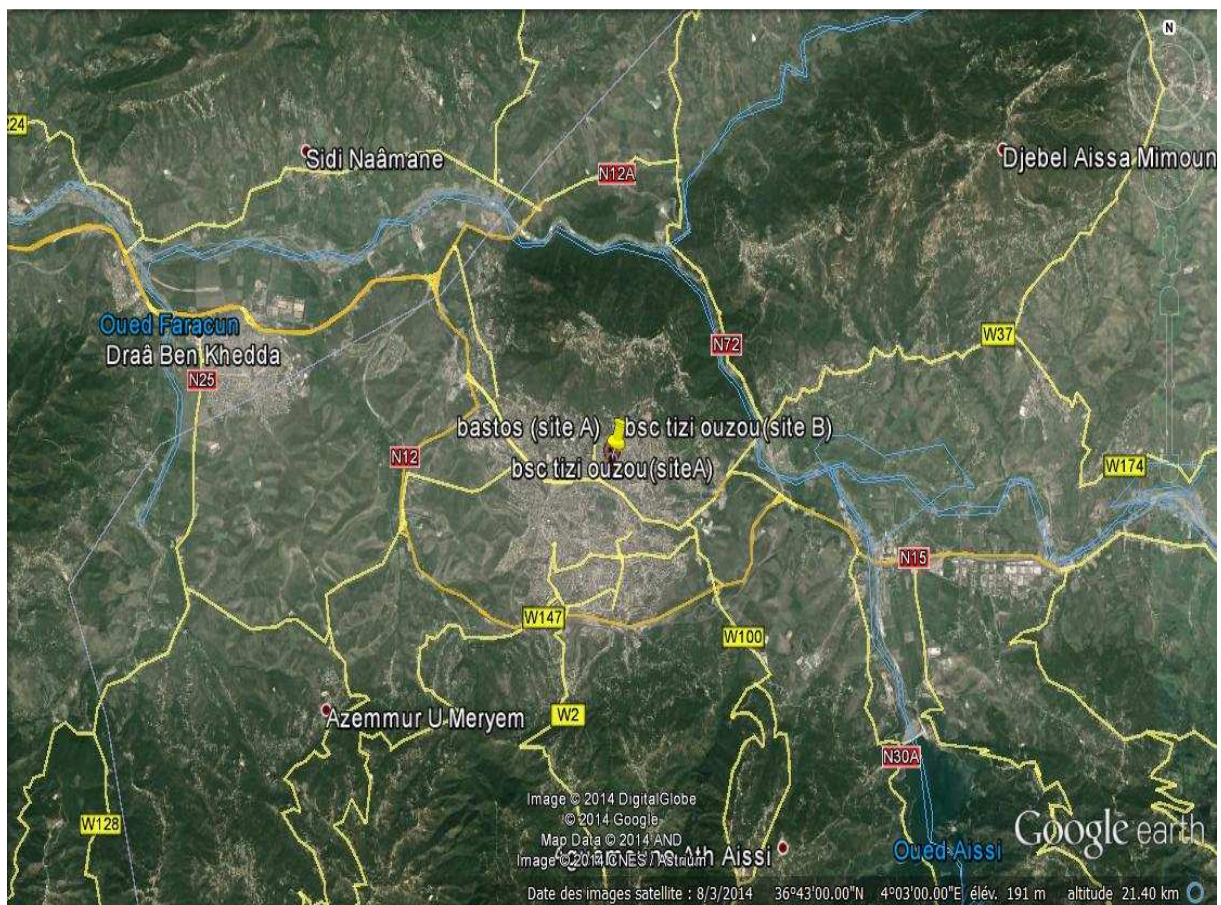


Figure III.7 : Carte géographique représentant la position de la commune de Tizi-Ouzou

- **Site de MEKLA : 1920 abonnés**
Qui couvrira la commune de MEKLA et les villages Djemaa nsaridj, Cheaibe, Mghira, Ougni-boufire...

➤ **Coordonnées géographiques**

Longitude : 4° 10' 34'' E

Latitude : 36° 25' 43''

Altitude : 320 m

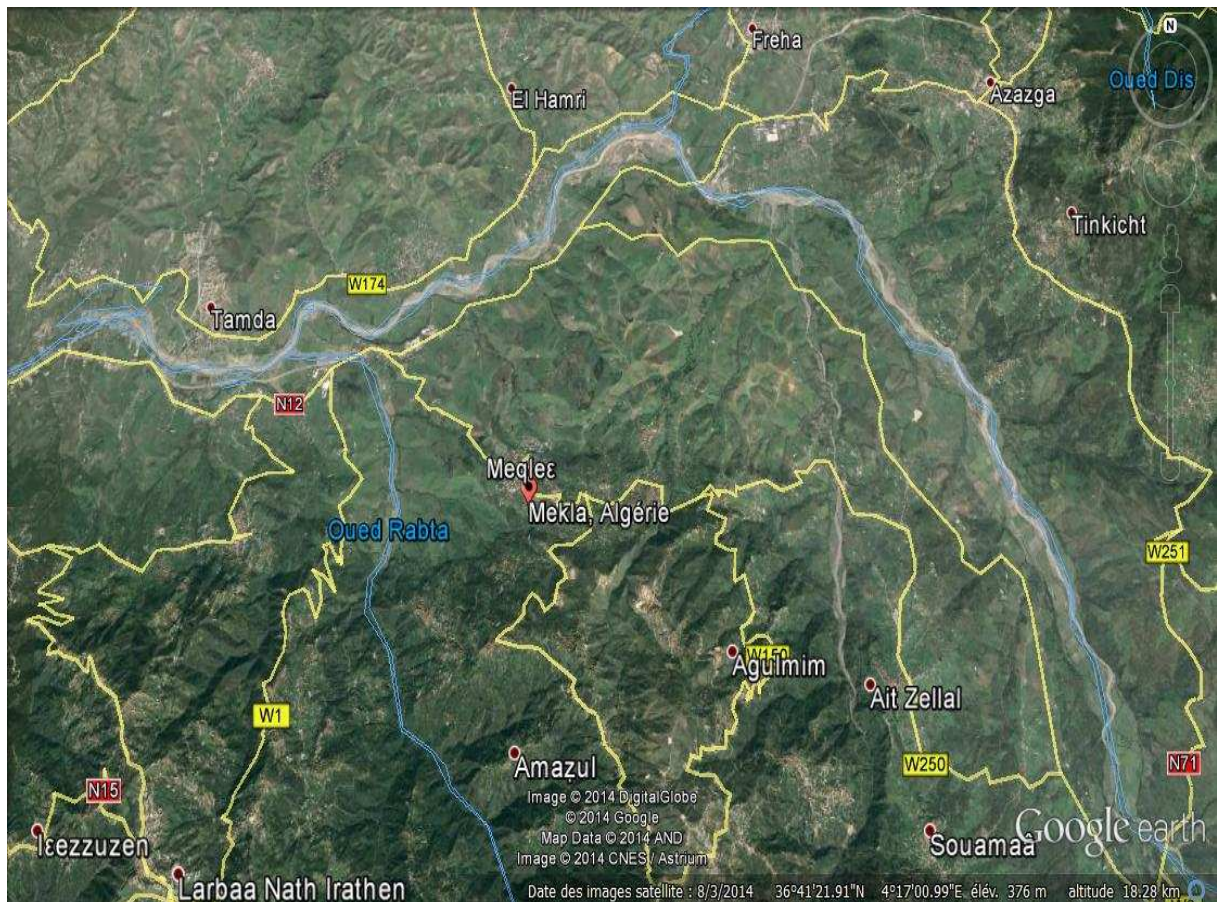


Figure III.8: carte géographique représentant la position de la commune de MEKLA

- **Site de LARBAA NATH IRATHENE** :
Qui couvrira les villages AIT OUMALOU, TIMIZART, TAGMOUT AZOUZ, BENI ZMENZERE, AIN ELHEMAME...

➤ **Coordonnées géographiques**

Longitude : 4° 7.1' 11'' E

Latitude : 36° 22' 59''

Altitude : 933 m

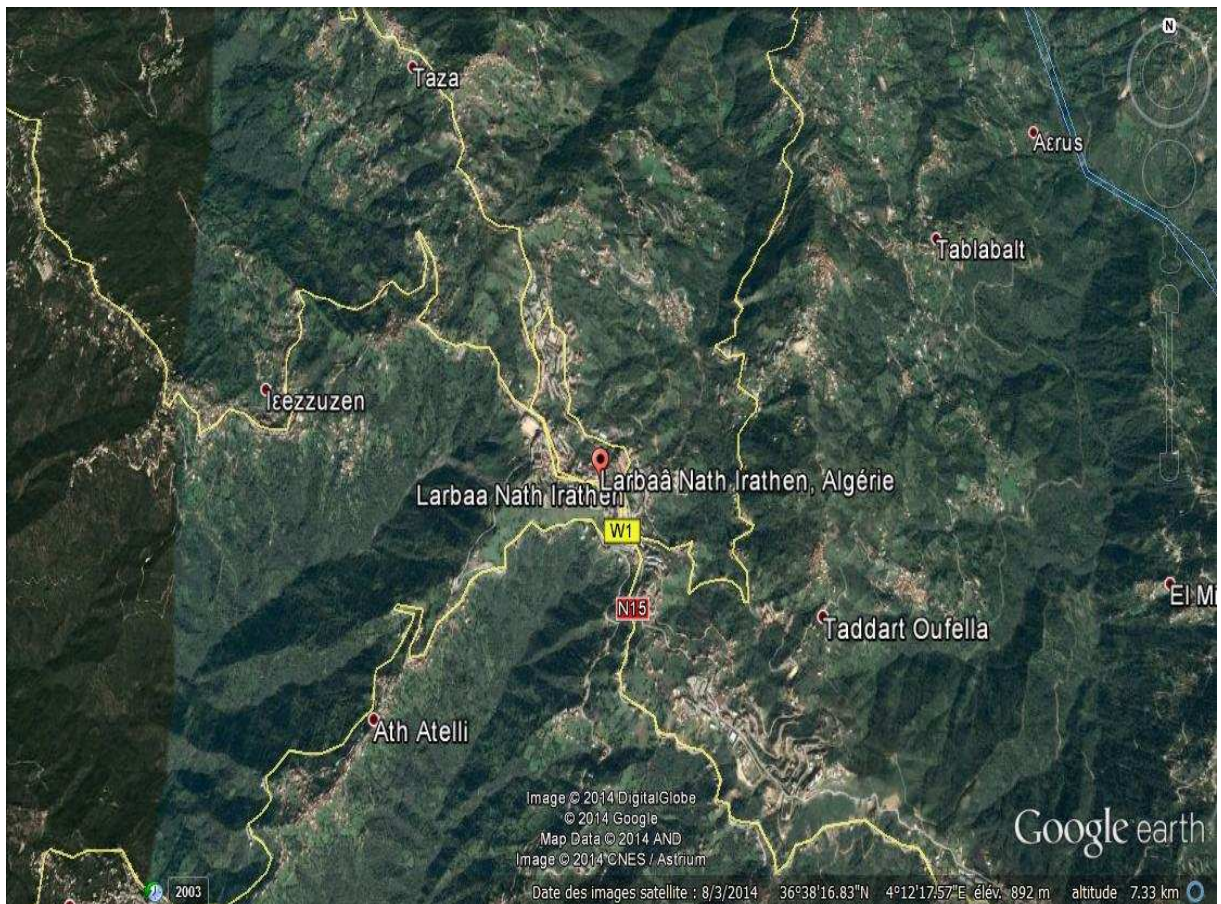


Figure III.9: Carte géographique représentant la position de la commune de LARBAA NATH IRATHEN

- **Site de MAKOUDA : 512 abonnés**
Qui couvrira les villages Thala bouzrou, Tazrart, et Tarihant ...

➤ **Coordonnées géographiques**

Longitude : 4° 2.2' 1'' E

Latitude : 36° 28' 28''

Altitude : 625 m

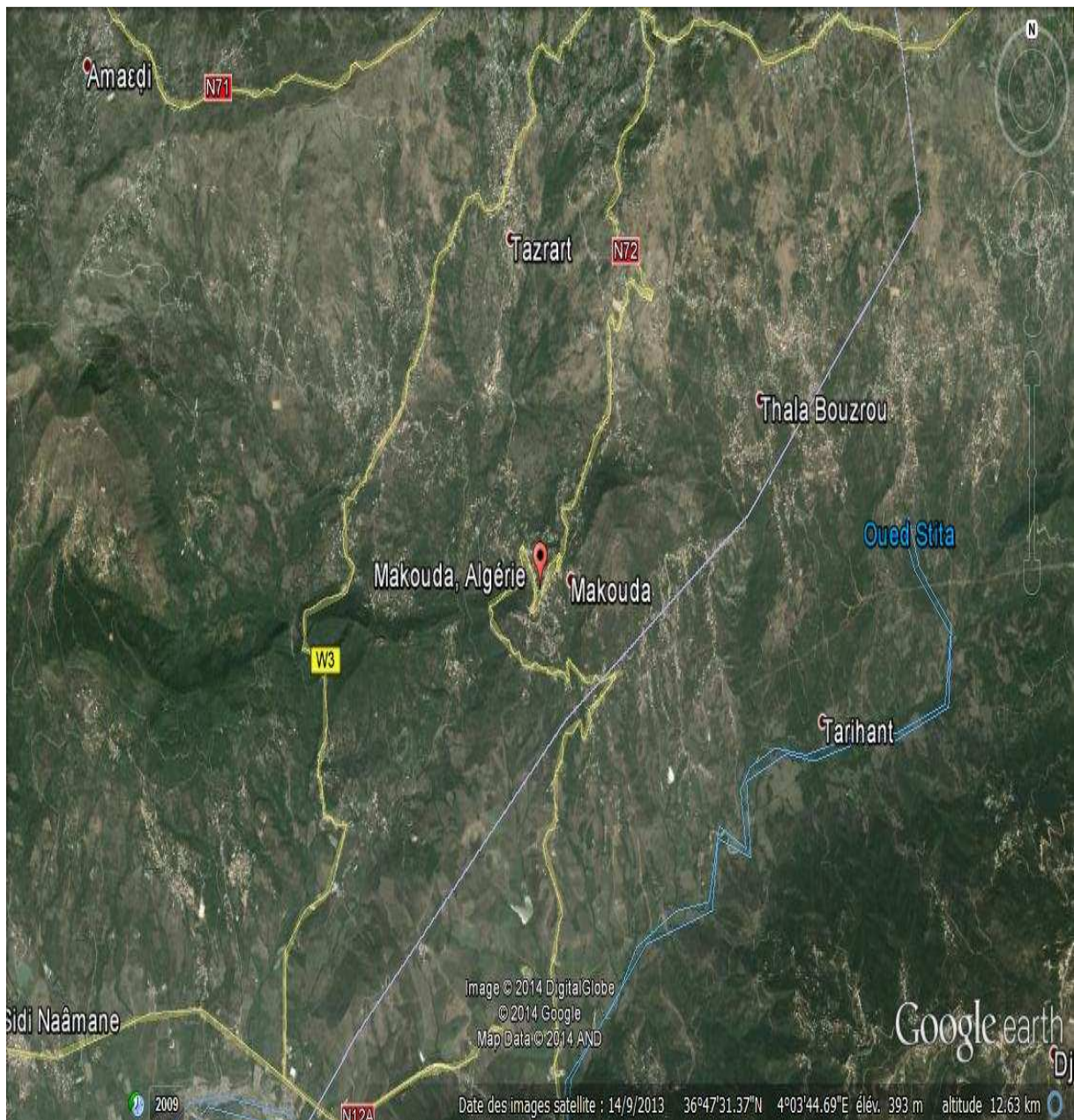


Figure III.10 : Carte géographique représentant la position de la commune de

MAKOUDA

La carte suivante englobe quelque liaison Faisceaux hertziennes dans la wilaya de Tizi-Ouzou.

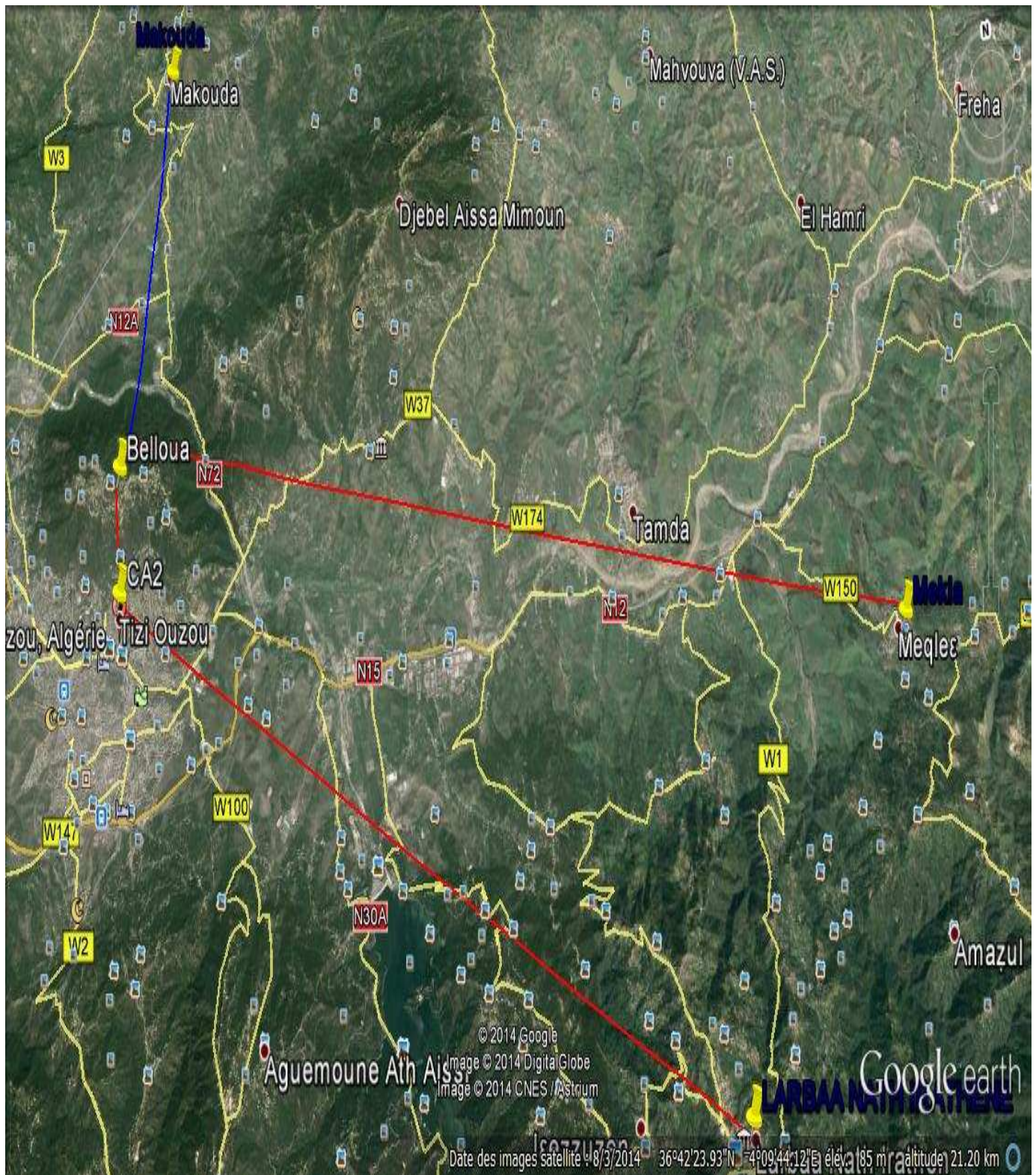


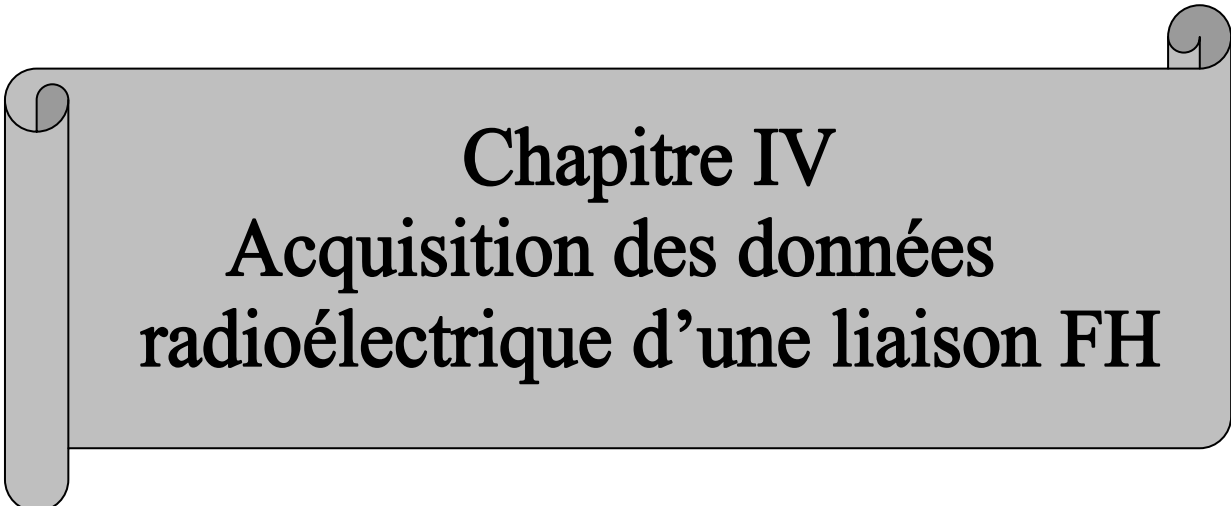
Figure III.11 : Carte géographique des liaisons FH

III .9 . Conclusion

Les faisceaux hertziens restent aujourd'hui le moyen le plus rapide et le moins onéreux pour installer un réseau de télécommunication. Ils sont utilisés dans les régions moins accessibles et les lieux accidentés. L'adaptabilité de ces réseaux se fait à l'aide des multiplexages, qui permet le transport de débits très importants, et utilise les normes OSI, ce qui facilite cette adaptabilité aux différents réseaux.

L'étude de l'installation d'une liaison FHN reliant les quelque régions au réseau national était l'objet de notre travail. Cette liaison est caractérisée par des débits différents, choisie selon les besoins d'utilisation et la distance qui sépare les deux sites qui sont en visibilité directe. Les liaisons utilisent deux bandes de fréquence, l'une pour l'émission et l'autre pour la réception.

Malgré leur simple réalisation et leur coût moindre, les faisceaux hertziens numériques restent limités dans les débits transportés à 1.5 Gbit/s. pour surpasser cette limitation, la fibre optique apporte des améliorations considérables en termes de débits et reste, à ce jour, le meilleur support de transmission moyennant un coût plus élevé .



Chapitre IV
Acquisition des données
radioélectrique d'une liaison FH

IV.1. Introduction

Dans cette partie, nous nous sommes intéressées à l'acquisition de données relatives à notre sujet d'étude concernant deux sites, Tizi-Ouzou et Balloua, utilisant une liaison FH.

Dans le présent travail nous nous sommes consacrés en premier temps à l'étude de liaison PASOLINK et les différentes étapes d'acquisition des données.

Dans un second temps, nous avons établi le bilan de liaison, on se focalise sur le calcul de l'atténuation dans les conditions de propagation qui peuvent se présenter sous forme d'interférences, contraintes dues aux obstacles, ainsi que les conditions atmosphériques (temps couvert, pluvieux).

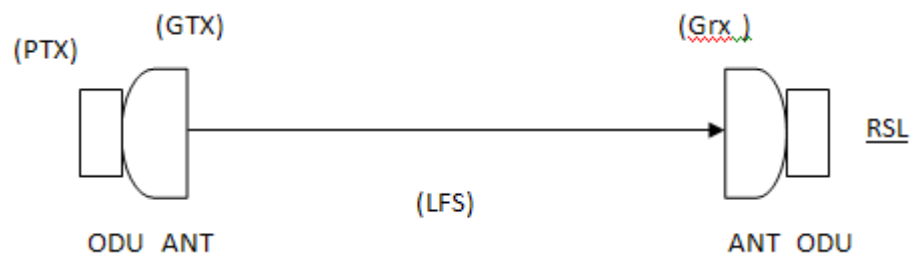
IV.2. Etude de la liaison PASOLINK

IV.2.1. Conception de liaison

La conception de liaison PASOLINK consiste en :

IV.2.1.1. Calcul de niveau de réception (RSL)

Voici une formule pour RSL



$$\mathbf{RSL = PTX + GTX - LFS + Grx} \quad \mathbf{(IV.1)}$$

RSL : Niveau de réception

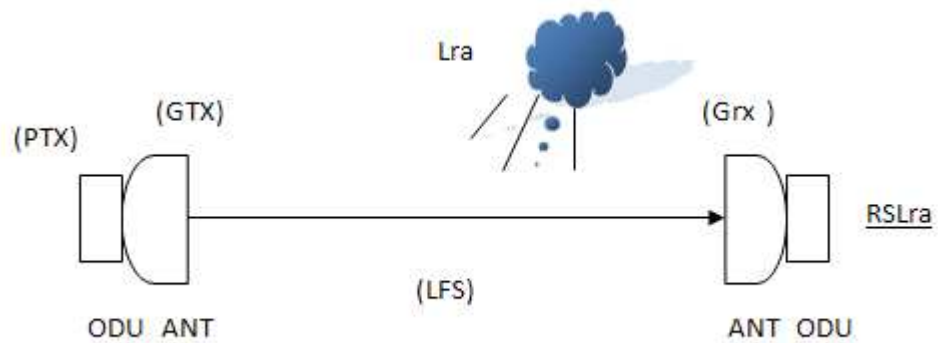
Ptx : puissance sortie d'émission

Gtx : Gain d'antenne côté émission

Grx : Gain d'antenne côté réception

Lfs : Affaiblissement d'espace libre

Voici une formule pour RSLra (en tenant compte de l'affaiblissement dû à la pluie)



$$\mathbf{RSLra = PTX + GTX - LFS - Lra + Grx} \quad \mathbf{(IV.2)}$$

RSLra : Niveau de réception y compris Affaiblissement dû à la pluie

Ptx : Puissance sortie d'émission

Gtx : Gain d'antenne côté émission

Grx : Gain d'antenne côté réception

Lfs : Affaiblissement d'espace libre

Lra : Affaiblissement dû à la pluie

IV.2.1.2. puissance sortie d'émission

Voici **ptx** (puissance sortie d'émission) d' ODU

ODU Type	Puissance EM (dBm) Ptx
15GHz	+23
18 GHz	+23
23 GHz	+23

Tableau IV.1 : puissance sortie d'émission d'ODU

Bien que l'ODU ait physique 3 type (15/18/23GHz), Ptx est la même(+23dBm).

IV.2.1.3. Gain d'Antenne

Voici **Gtx** ou Grx (Gain d'antenne).

Diamètre d'antenne	Gain d'antenne (dB)		
	Gtx/Grx		
	15 GHz	18 GHz	23 GHz
0.3 m	31.9 dB	34.0 dB	34.9 dB
-0.6 m	36.6 dB	38.7 dB	40.1 dB
1.2 m	42.6 dB	44.7 dB	46.0 dB

Tableau IV.2 : Gain d'antenne

Enfin, en fonction de :

- ❖ Bande de fréquence utilisée
- ❖ Diamètre d'antenne à chacun de côtés (émission et réception),
Optez pour une des valeurs (xxx dB) dans le tableau.

IV.2.1.4. Affaiblissement d'espace libre

Voici le calcul pour Lfs (Affaiblissement d'espace libre).

$$\text{Lfs} = 92.45 + 20 \log f \text{ (GHz)} * d \text{ (Km)} \quad (\text{IV.3})$$

f : Fréquence

d: Distance

IV.2.1.5. Affaiblissement dû à la pluie

Dans les systèmes de faisceaux hertziens à fréquences supérieures à 10 GHz, l'affaiblissement des ondes radioélectrique dû à la pluie est si sensible au système que l'interruption de communication peut avoir lieu .Donc, dans la tâche de conception de systèmes d'une bande de fréquence supérieure à 10GHz, il faut prendre en considération l'interruption de communication due à la pluie.

La figure (**IV.1**) qui suit montre des zones de précipitation sur un point de région.

Votre pays (dz) concerne 4 zones différentes (K, E, C, A).

Voici la précipitation dans 4 zones différentes.

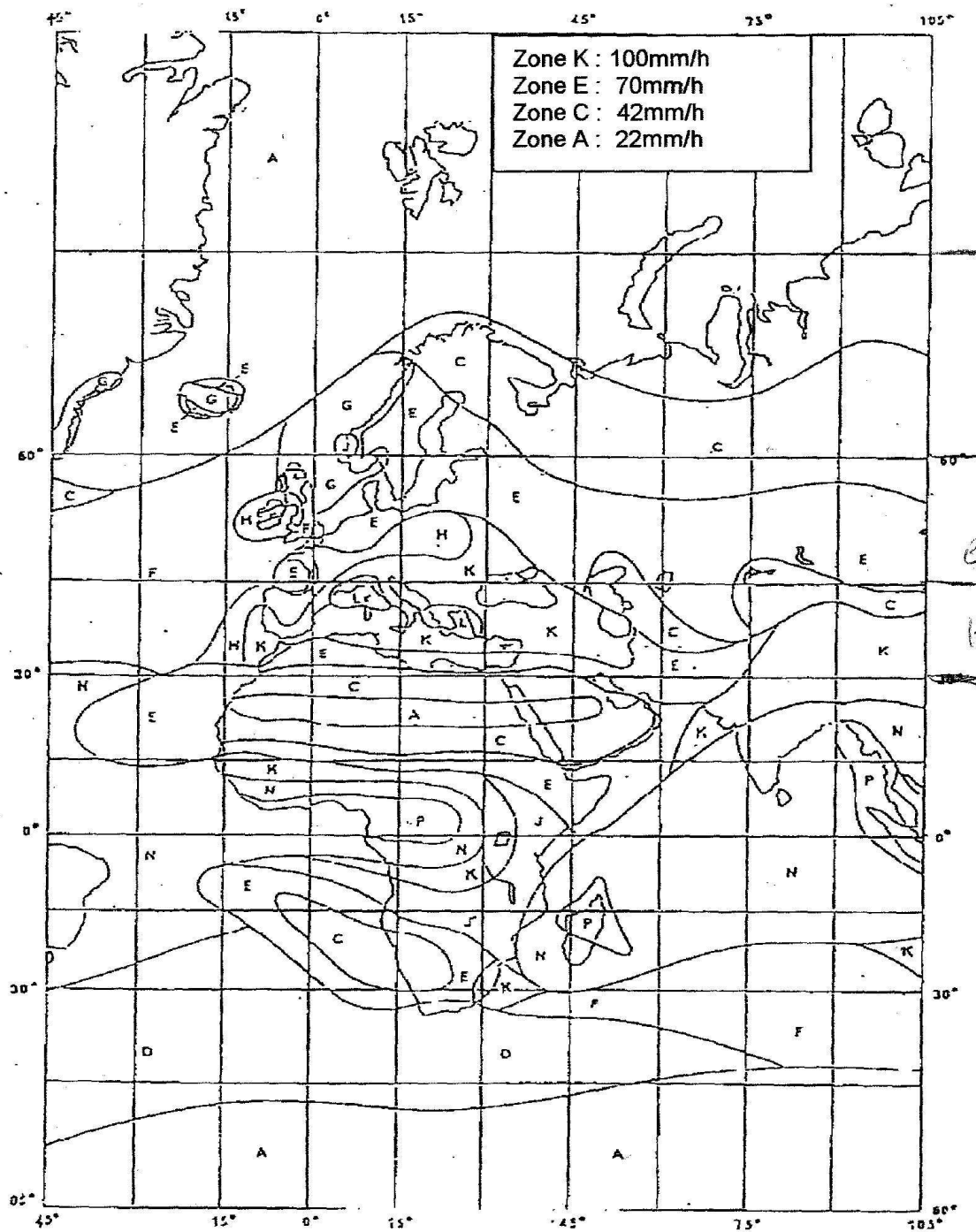


Figure IV.1 : Les zones de précipitation sur un point de région.

IV.2.1.6. sélections de la fréquence

Bande ou sous bande > fréquence ponctuelle

Deux équipement de ODU qui constituent une liaison doivent être de le même bande ou de la même sous bande

Définissez d'abord la bande ou la sous bande, puis sélectionnez une fréquence ponctuelle à l'aide de la table « Assignment d'une fréquence radio »

Une sélection sera validée après que vous aurez confirmé :

- Une absence du brouillage (interférence de fréquence) possible a la station locale et avec des stations distantes a visibilité direct
- Un espacement entre canaux lié a la capacité de transmission d'IDU, en considération d'une utilisation rationnelle de fréquences

La table d'assignation d'une fréquence radio qui suit vous aide pour la sélection d'ODU.

La note dans la table indique l'espacement entre canaux. La polarité V est utilisée en standard.

IV.3. Différentes versions du coffret IDU / ODU sont proposées selon la configuration du système

La version économique (Light) convient pour une configuration 1+0 et une capacité jusqu'à 4x2 Mbit/s.

La version classique autorise toutes les configurations (1+0, 1+1, avec une capacité jusqu'à 16x2 Mbit/s ou 34+2 Mbit/s).

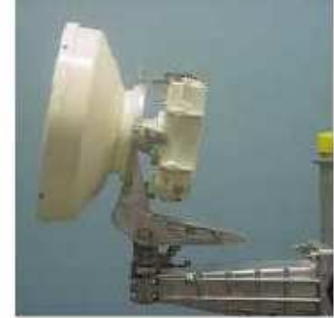
Coffret principal IDU et poste d'exploitation



Coffret ODU du 9400 UX sur mât, avec antenne intégrée de 30 cm



Coffret nouvelle génération 9400UX flat ODU



Configuration 1+0 du 9400 UX

Figure IV.2 : Différentes versions du coffret IDU/ODU

IV.3.1. Configuration avec protection

Deux types de problème peuvent affecter la disponibilité d'une liaison hertzienne : des défauts d'équipements et des problèmes de propagation.

Les configurations de protection 1+1 permettent d'augmenter la disponibilité de la liaison par rapport à la configuration 1+0, en ajoutant des fonctions redondantes à l'IDU et à l'ODU afin :

- De sécuriser la liaison en cas de défaut fugitif (alarme provisoire) ou définitif (panne d'équipement);
- D'améliorer les performances de propagation des équipements (dans certaines configurations du coffret ODU uniquement).
- Les configurations 1+1 prévoient le basculement automatique sans erreur du récepteur.

Si la liaison est protégée, le trafic auxiliaire et les voies auxiliaires sont également automatiquement protégés.

Différentes configurations de protection sont disponibles pour les applications suivantes :

CONFIGURATION DE L'ODU		APPLICATIONS	
	9400 UX		
1+0	1x ODU 1 antenne Simple polarisation	Sans protection	
1+1 HSB	2 ODU à la même fréquence 1 coupleur 1 antenne Simple polarisation	Protection contre les défauts	
1+1 HSB SD	2 ODU à la même fréquence 2 antennes Simples Polarisation	Protection contre les défauts	Amélioration des performances en cas de propagations multiples
1+1 FD	2 ODU à des fréquences différentes 2 antennes Simples Polarisation (ou 1 antenne double polarisation)	Protection contre les défauts	Amélioration des performances en cas de propagations multiples

Tableau IV.3 : Différentes configurations de protection d'ODU

SD : Diversité d'espace

FD : Diversité de fréquence

Ces configurations de l'ODU s'utilisent avec l'une des configurations suivantes de l'IDU

CONFIGURATION DE L'IDU		APPLICATIONS	
1+0	IDU classique IDU Light	sans protection	
1+0 EXT	IDU classique IDU Light	sans protection	Possibilité d'insérer des cartes d'extension de voies de service
1+1 protection de base	IDU principale (classique) IDU extension (sans l'option MUX)	Commutation automatique : choix de meilleur canal de réception et du récepteur (cas de HSB)	
1+1 avec protection MUX	IDU principale (classique) IDU extension (avec l'option MUX) IDU accès (34Mbits/s uniquement)	Commutation automatique : choix de meilleur canal de réception et du récepteur (cas de HSB)	Protection des accès affluents dont le mux-démux redondant

Tableau IV.4 : Différentes configurations de protection d'IDU

IV.4. les étapes d'acquisition des données TX, RX

Après avoir mis l'adresse **IP** sur une page HTML qui est 172.17.254.253 on utilisant Internet Explorer de Microsoft, on obtient une figure dont on note le mot d'utilisateur et un mot de passe ça nous donne la figure si-dessous .

The screenshot shows the NEC PASOLINK web interface. The 'Current Status' page is active, and the 'Active Alarm' section is expanded. The table below shows the active alarms:

Module	Card	SW GRP / Slot	Port / Index	Type	Severity	Items	Status
IDU	Main Board		CH01		MJ	E1 LOS	Alarm
IDU	Main Board		CH02		MJ	E1 LOS	Alarm
IDU	Main Board		CH03		MJ	E1 LOS	Alarm
IDU	Main Board		CH08		MJ	E1 LOS	Alarm
IDU	Main Board		CH09		MJ	E1 LOS	Alarm
IDU	Main Board		CH10		MJ	E1 LOS	Alarm
IDU	Main Board		CH11		MJ	E1 LOS	Alarm
IDU	Main Board		CH12		MJ	E1 LOS	Alarm
IDU	Main Board		CH13		MJ	E1 LOS	Alarm
IDU	Main Board		CH14		MJ	E1 LOS	Alarm
IDU	Main Board		CH15		MJ	E1 LOS	Alarm
IDU	Main Board		CH16		MJ	E1 LOS	Alarm
IDU	18E1	Option	CH01		MJ	E1 LOS	Alarm
IDU	18E1	Option	CH02		MJ	E1 LOS	Alarm

On click sur **Metring** pour avoir la donnée TX qui nous montre cette figure suivante :

The screenshot shows the NEC PASOLINK web interface with the 'Metering - Current Metering' page. The 'Current Metering' menu item is highlighted in the left sidebar. The table below shows the current metering data:

	MODEM1	MODEM2
	1+0	-
	-	-
TX Power [dBm]	+10.0	
RX Level [dBm]	-46.8	
ODU Power Supply [V]	-50	
BER	0.0E-10	
TX Modulation	128QAM	
RX Modulation	128QAM	

Et pour accéder directement à l'historique des données **RX max** et **RX min** on doit suivre ces étapes en cliquant sur **PMON /RMON Report** puis **MODEM PMON report** on obtient :

The screenshot shows the NEC PASOLINK web interface. The browser address bar displays '172.17.254.253/cgi/lct.cgi#'. The page title is 'PMON / RMON Report - MODEM PMON Report'. A 'Refresh' button is visible above the table. The table has columns for 'MODEM1' and 'MODEM2', each with sub-columns for '15min' and '1day'. The data rows include RF BBE, RF ES, RF SES, RF SEP, RF UAS, RF OFS, RX Level (MAX) [dBm], and RX Level (MIN) [dBm].

	MODEM1		MODEM2	
	15min	1day	15min	1day
RF BBE	0	0		
RF ES	0	0		
RF SES	0	0		
RF SEP	0	0		
RF UAS	0	0		
RF OFS	0	0		
RX Level (MAX) [dBm]	-46.7	-46.4		
RX Level (MIN) [dBm]	-47.1	-47.3		

A la fin on termine on cliquant sur **MODEM1** pour avoir toutes les données RX comme suite :

The screenshot shows the detailed '15min Data - MODEM1' report. The table includes columns for 'Time', 'RF BBE', 'RF ES', 'RF SES', 'RF SEP', 'RF UAS', 'RF OFS', 'RX Level (MAX) [dBm]', and 'RX Level (MIN) [dBm]'. The data is presented in 15-minute intervals from 00:15 to 05:30.

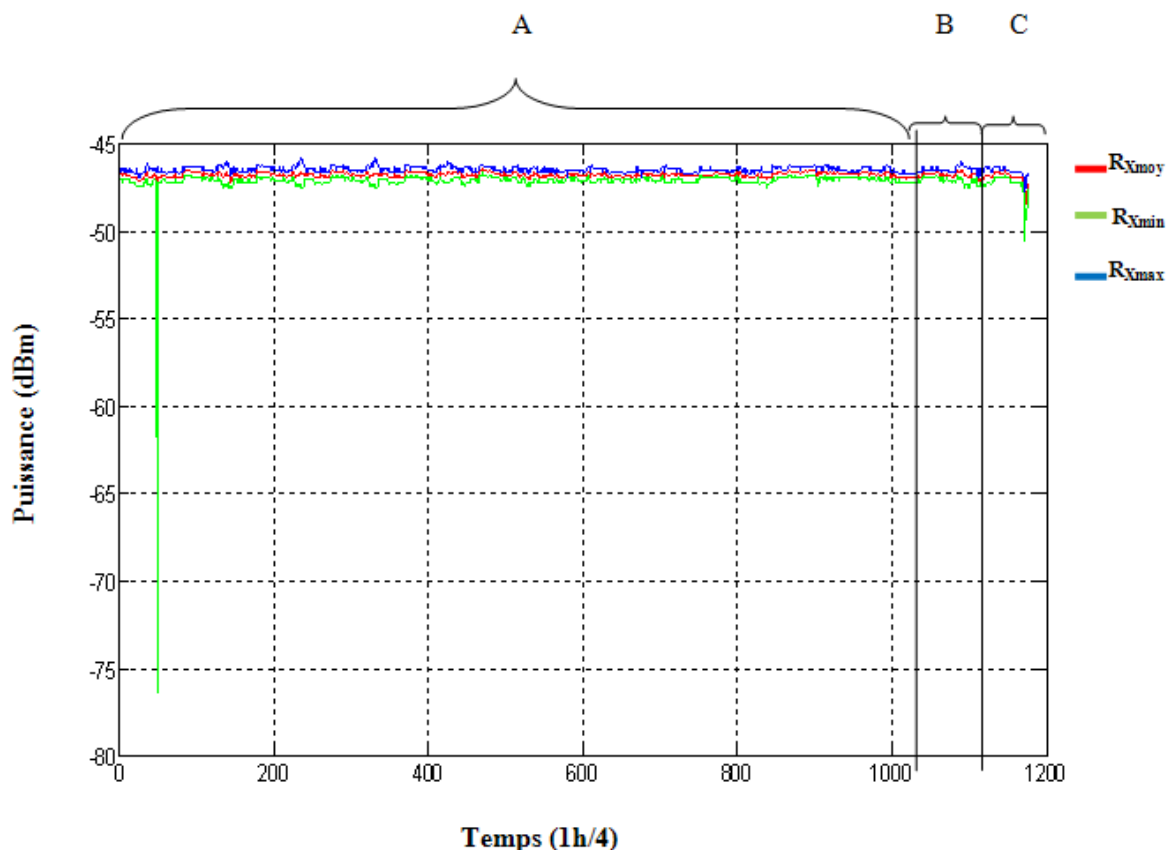
Time	RF BBE	RF ES	RF SES	RF SEP	RF UAS	RF OFS	RX Level (MAX) [dBm]	RX Level (MIN) [dBm]
00:15	0	0	0	0	0	0	-46.4	-46.9
00:30	0	0	0	0	0	0	-46.4	-46.9
00:45	0	0	0	0	0	0	-46.4	-46.9
01:00	0	0	0	0	0	0	-46.4	-47.0
01:15	0	0	0	0	0	0	-46.4	-47.0
01:30	0	0	0	0	0	0	-46.4	-47.0
01:45	0	0	0	0	0	0	-46.4	-47.0
02:00	0	0	0	0	0	0	-46.4	-47.0
02:15	0	0	0	0	0	0	-46.4	-46.9
02:30	0	0	0	0	0	0	-46.4	-46.9
02:45	0	0	0	0	0	0	-46.4	-46.9
03:00	0	0	0	0	0	0	-46.4	-47.2
03:15	0	0	0	0	0	0	-46.4	-47.2
03:30	0	0	0	0	0	0	-46.4	-47.0
03:45	0	0	0	0	0	0	-46.4	-47.0
04:00	0	0	0	0	0	0	-46.4	-47.2
04:15	0	0	0	0	0	0	-46.6	-47.0
04:30	0	0	0	0	0	0	-46.6	-47.0
04:45	0	0	0	0	0	0	-46.4	-47.0
05:00	0	0	0	0	0	0	-46.4	-47.2
05:15	0	0	0	0	0	0	-46.4	-47.2
05:30	0	0	0	0	0	0	-46.4	-47.0

IV.4. Interprétation des résultats pour la liaison FHN : cas de la liaison TIZI-OUZOU(A) à BELLOUA(B)

Nous constatons que la puissance d'émission de la liaison A, B reste constante tout le long de notre acquisition en ciel clair qui est en 10dBm et en temps couvert et pluvieux en 12dBm. Cela peut être expliqué par le fait que les différentes pertes existantes au niveau des liaisons peuvent être négligeables et cela grâce aux spécifications techniques, dans ce cas l'équipement présente une protection efficace c'est pour cela que nous obtenons de bonnes performances.

IV.4.2. Représentation des données R_x pour le site A, B

La figure (IV.3) représente les données relatives au reçu $R_{x_{moy}}$, $R_{x_{min}}$ et $R_{x_{max}}$ au niveau du site A, B. Pour les différents états de l'atmosphère, atmosphère en ciel clair (CS), ciel couvert (CLC) et pluvieux (P).



La figure (IV.3) .Représentation de $R_{x_{moy}}$, $R_{x_{min}}$, $R_{x_{max}}$ en CS, CLC, P en fonction du temps

A : Ciel clair

B : Ciel couvert

C : Ciel pluvieux

La période en ciel clair (CS) est de [0 à 1100] (mn), la puissance reçue R_{Xmoy} varie entre -46.95 (dBm) à -46.55 (dBm), la puissance reçue R_{Xmin} est de -47.2 (dBm) à -46.8 (dBm) et on a une chute de puissance qui arrive jusqu'à -76.4 (dBm), et la puissance reçue R_{Xmax} varie entre -46.7 (dBm) à -46.3 (dBm).

La période en ciel couvert (CLC) est de [1100 à 1154] (mn), la puissance reçue R_{Xmoy} varie entre -47.15 (dBm) à -46.45 (dBm), la puissance reçue R_{Xmin} est de -47.5 (dBm) à -46.8 (dBm), et la puissance reçue R_{Xmax} varie entre -46.9 (dBm) à -46.2 (dBm).

La période en ciel pluvieux (P) est de [1154 à 1178] (mn), la puissance reçue R_{Xmoy} varie entre -49.15 (dBm) à -46.9 (dBm), la puissance reçue R_{Xmin} est de -50.6 (dBm) à -47.2 (dBm), et la puissance reçue R_{Xmax} varie entre -47.7 (dBm) à -46.2 (dBm).

On a obtenu la puissance reçue de la valeur moyenne a partir de l'équation suivante :

$$R_{Xmoy} = (R_{Xmin} + R_{Xmax}) / 2 \quad (IV.3)$$

Les figures (VI.4), (VI.5) et (VI.6) présentent les histogrammes des données d'acquisition du signal reçu R_{Xmoy} du site A, B. Ceci pour les différents états de l'atmosphère, atmosphère en ciel clair (CS), ciel couvert (CLC) et pluvieux (P).

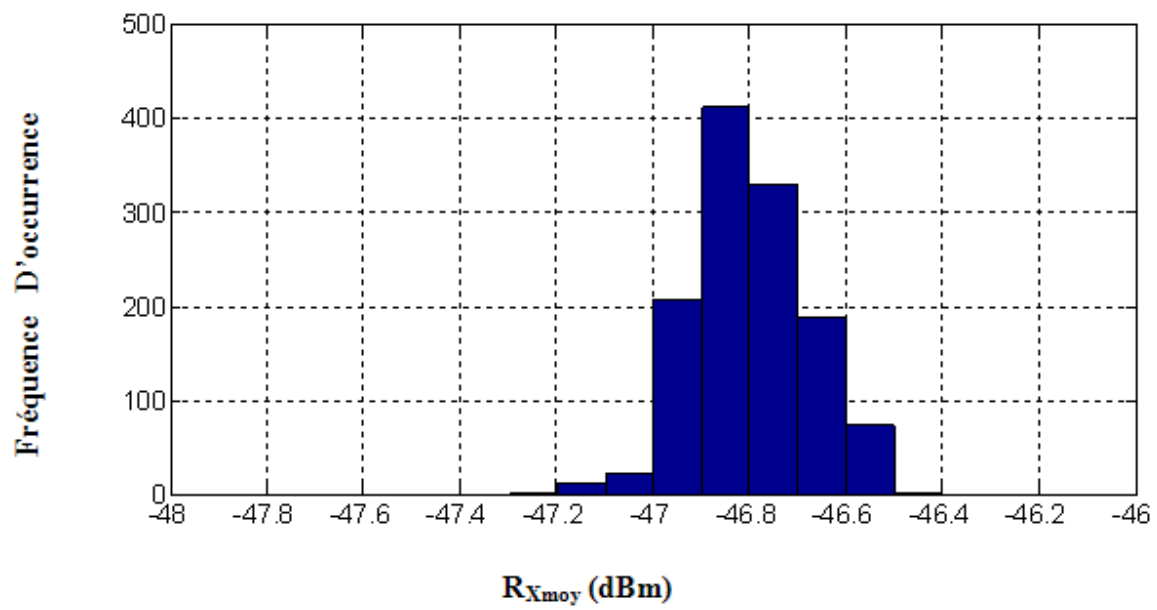


Figure IV.4. Représentation de $R_{X_{moy}}$ en ciel clair (CS) en fonction de fréquence

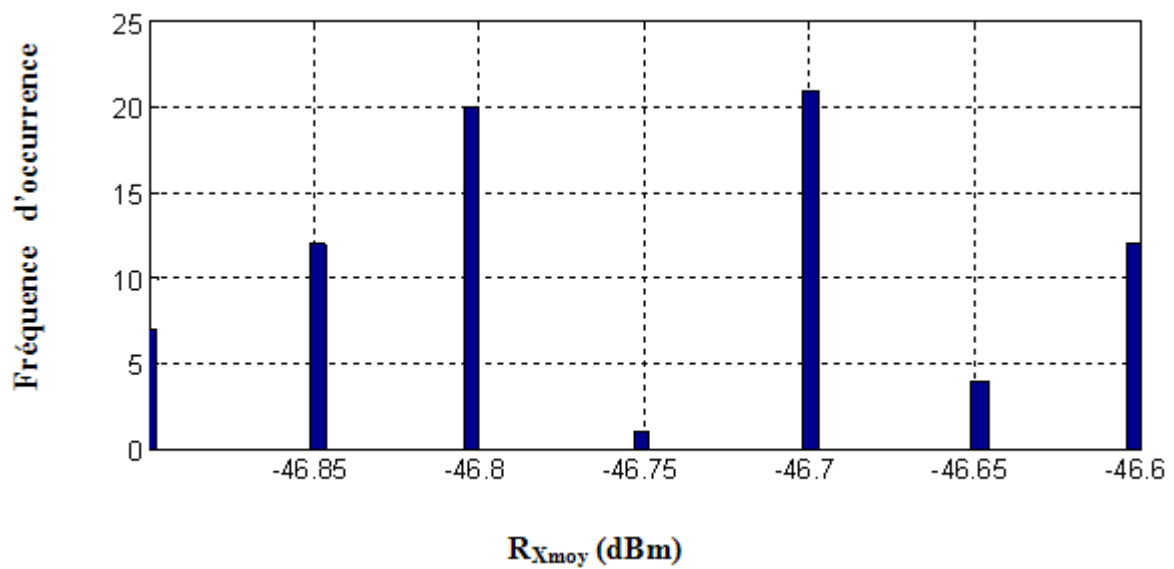


Figure IV.5. Représentation de $R_{X_{moy}}$ en ciel couvert (CLC) en fonction de fréquence

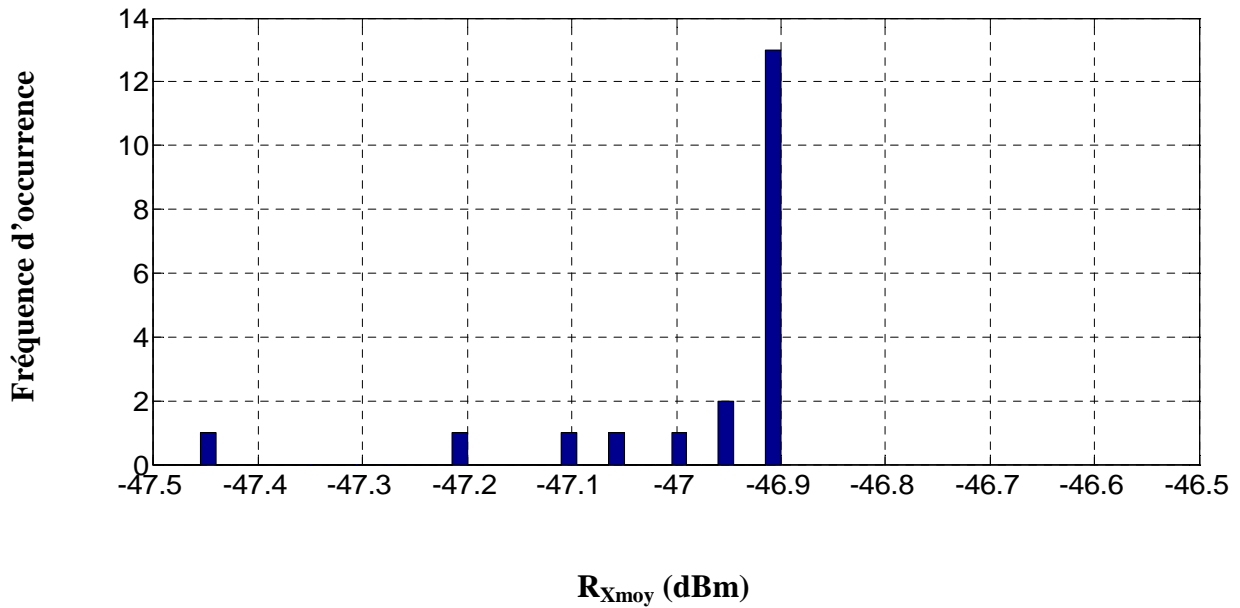


Figure IV.6. Représentation de R_{Xmoy} en ciel pluvieux (P) en fonction de fréquence

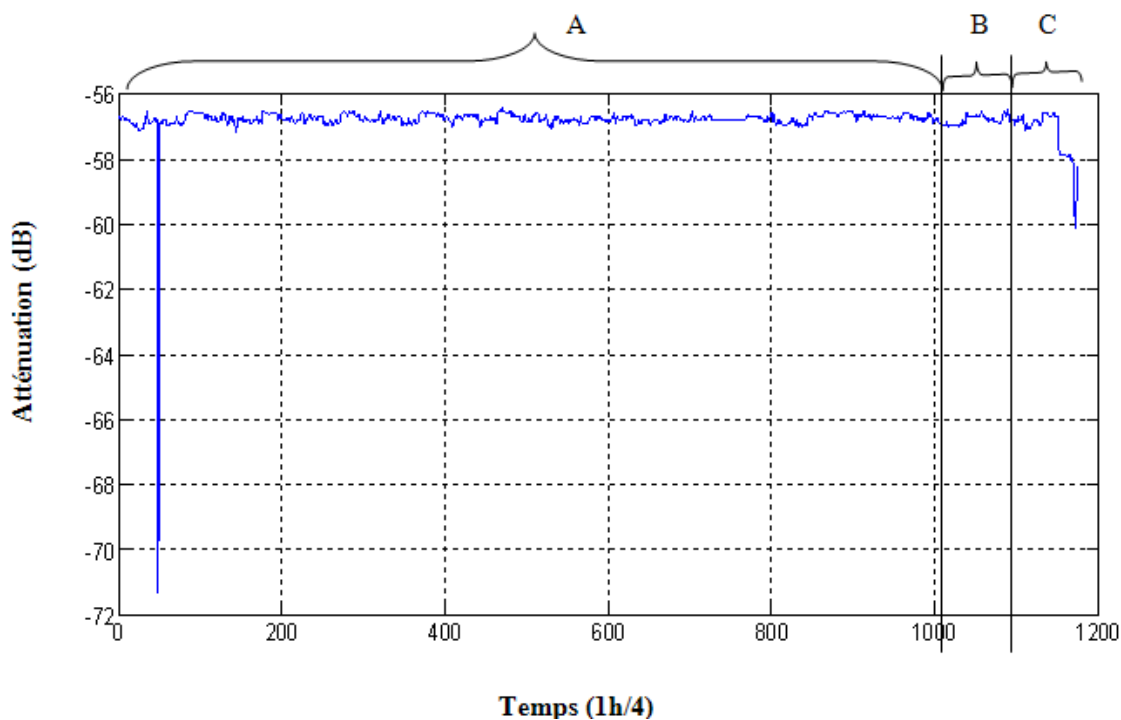
Nous constatons que la puissance reçue R_{Xmoy} est diminuée par rapport à TX qu'on a émise en CS, CLC, P sur le site A, B. on peut dire que le signal R_{Xmoy} reçu qui est valable dans le temps est lisible en CS à partir de (-47.1 dBm) , et un pic de valeur (-46.9 dBm) qui commence à disparaître à la valeur (-46.4 dBm) on peut dire que c'est une distribution normale car en atmosphère claire le signal ne subit aucune influence c'est le signal fort. En CLC le signal est absorbé avec une valeur qui varie entre (-47.2dBm) et (-46.3dBm), on peut déduire que cette absorption provient par le gaz atmosphériques, le brouillard, l'humidité et pendant un certain temps ces conditions atmosphériques peuvent entraîner de multiples réflexions c'est une distribution presque normale. Par contre, le champ reçu est très faible en P, RX varie de (-47.3dBm) à (-46.9 dBm) environs c'est le signal faible. On peut interpréter cette absorption de l'énergie du signal R_{Xmoy} dans les cas, CS, CLC, P par les pertes de guide d'onde au niveau de la réception, sans oublier aussi en P, la pluie forte qui peut déséquilibrer l'installation de l'antenne réceptrice et peut être aussi provoquer par les réflexions multiples. Ainsi le changement de l'indice de réfraction de l'air dû aux couches atmosphériques et spécifiquement la troposphère, qu'ont lieu tous les phénomènes météorologiques en présence de la pluie qui entraîne des pertes remarquable par absorption et diffusion du signal.

IV.4.3. Représentation de l'atténuation intermédiaire

Par définition l'affaiblissement ou l'atténuation est le rapport de la puissance à la sortie du système R_{Xmoy} sur la puissance a son entrée TX qui est calculée par l'équation suivante :

$$\sigma_{Int} (dB) = R_{Xmoy} (dBm) / T_X (dBm) \quad (IV.4)$$

La figures (IV.7) présente la courbe de l'atténuation intermédiaire, pour les différents états de l'atmosphère, atmosphère en ciel claire (CS), ciel couvert (CLC) et pluvieux (P).



La figure (IV.7) .représentation de l'atténuation intermédiaire (σ_{Int}) en CS, CLC, P en fonction de temps

A : Ciel clair

B : Ciel couvert

C : Ciel pluvieux

La période en ciel claire (CS) est de [0 à 1100] (mn) l'atténuation intermédiaire (σ_{Int}), varie entre -56.9 (dBm) à -56.55 (dBm), et on a une chute de puissance a la valeur -73.2 (dB).

La période en ciel couvert (CLC) est de [1100 à 1154] (mn) l'atténuation intermédiaire (σ_{Int}), varie entre -57.15 (dBm) à -56.55 (dBm).

La période en ciel pluvieux (P) est de [1154 à 1178] (mn) l'atténuation intermédiaire (σ_{Int}), varie entre -60.15 (dBm) à -57.9 (dBm).

Les figures (IV.8), (IV.9) et (IV.10) présentent les histogrammes de l'atténuation intermédiaire pour la transmission du site A vers le site B avec une fréquence GHz. Ceci pour les différents états de l'atmosphère, atmosphère en ciel clair (CS), ciel couvert (CLC) et pluvieux (P).

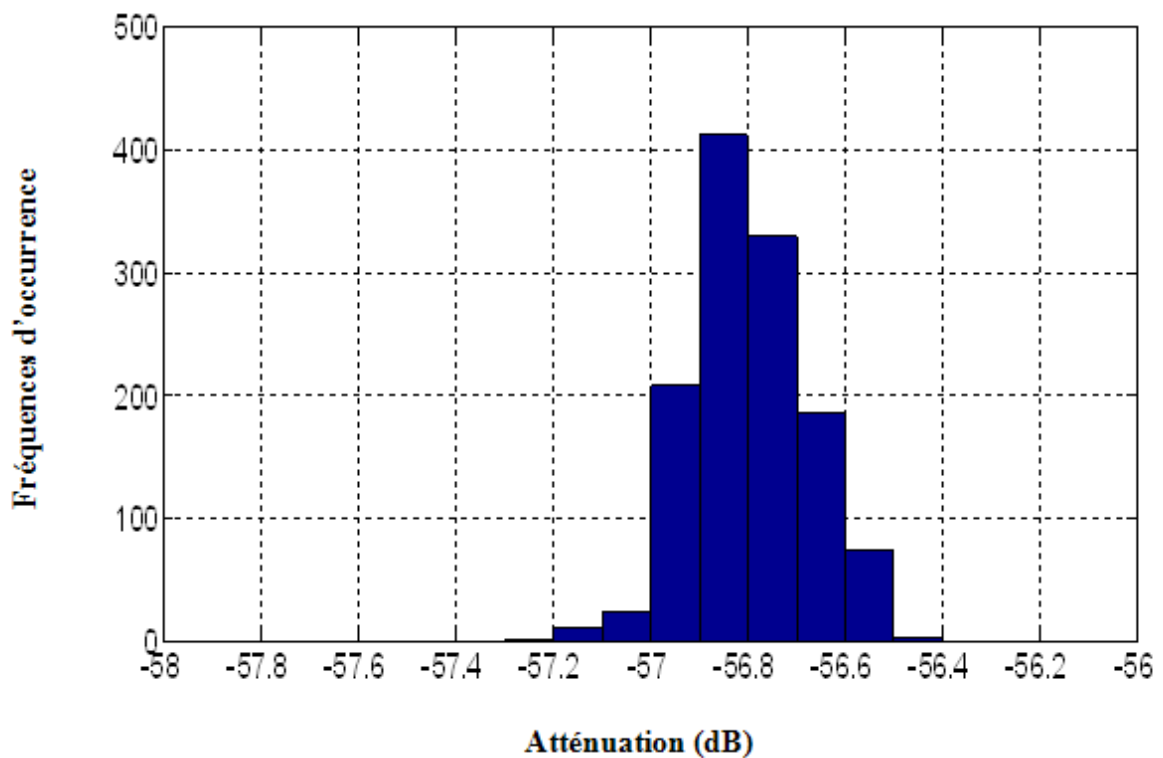


Figure IV.8. Représentation de l'atténuation σ_{Int} CS en fonction de fréquence

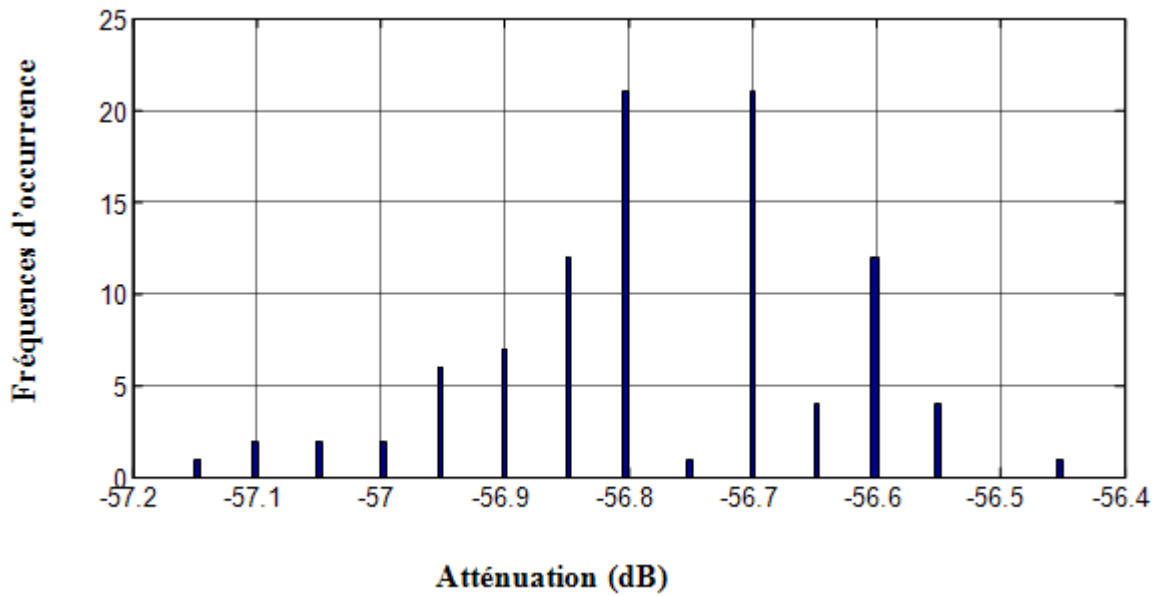
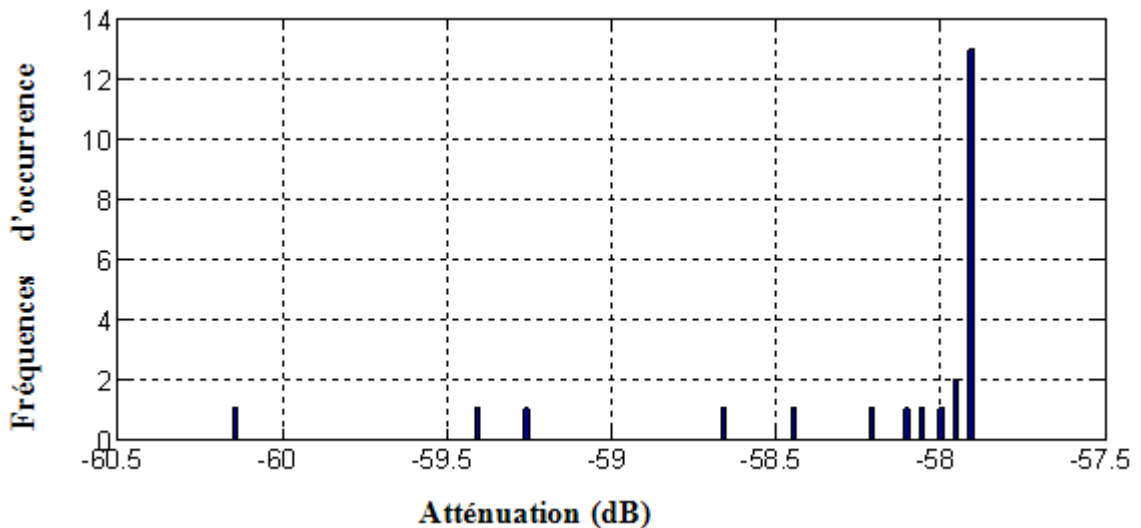


Figure IV.9. Représentation de l'atténuation σ_{Int} CLC en fonction de fréquence



propagation des ondes radioélectrique en espace libre subit plusieurs influences dû a l'atténuation créé par le gaz (vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère...), mais les différentes variations peut être expliquées par le fait que le signal est affecté par un phénomène de réflexion lorsque les ondes réfléchissent sur la terre ou sur la couche de l'ionosphère par exemple .

L'atténuation intermédiaire en P est très élevée, ça atteint environs -60.3 dB, ceci, dépasse la marge d'affaiblissement, ce qui signifie que la liaison est sensible aux intempéries.

IV.5. Conclusion

Après analyse des données nous constatons que l'affaiblissement pour les liaisons FH est fortement atténué.

L'atténuation du signal de transmission FHN est très supérieure, ceci revient au long trajet qui est traversé par les champs électromagnétiques dans la couche troposphérique qui possède les effets d'absorption.

Conclusion générale

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude nous avons étudié des liaisons FH d'un réseau WLL. Nous avons commencé par prendre connaissance de la technologie radio dans la boucle locale d'abonnés. Dans une deuxième partie, nous avons fait le tour des liaisons point à point et la liaison FHN et dans la troisième partie nous nous sommes intéressés par l'étude des liaisons FHN du réseau WLL de la région de TIZI-OUZOU. Enfin nous avons réalisé une acquisition de données de puissances émises et reçues Tx et Rx des liaisons FH dans différentes conditions météorologiques.

Malgré la période courte allouées à ce projet, ça nous a permis d'avoir des informations sur le système WLL, et ces informations nous ont permis de juger que la technique radio comme étant la solution évidente pour fournir un service téléphonique immédiat, fiable et économique, grâce à leurs avantages. Dans ce travail nous avons mis en évidence l'apport d'une telle étude pour une meilleure visibilité concrète et assez détaillée de la qualité du signal et les performances d'une liaison sans fils pour une exploitation optimale. L'acquisition de données du signal reçu sur une liaison FHN dans différentes situations météorologiques confirme une variation de distribution des ces données en fonction de la nature de l'air. En ciel clair l'intensité du signal reçu est plus importante la distribution est quasi-normale autour de la valeur moyenne. Cette caractéristique est pratiquement perturbée dans le cas d'une atmosphère agitée ou dans la présence de pluie.

Malgré nous efforts, ce travail reste à améliorer notamment par rapport à la consistance de la banque de donnée qui par manque de temps et de programmation avec l'entreprise a fait que le nombre de données qu'on a collectés pendant la pluie est très réduit. Une telle banque de donnée donnera, sans doute, une meilleure modélisation de l'atténuation dans les liaisons FHN particulièrement en présence de la pluie ou tout phénomène météorologique perturbateur.

Ce projet nous a permis d'améliorer notre connaissance de systèmes WLL d'Algérie Télécom et une maîtrise technique des liaisons FHN qui sont en déploiement et en développement dans le réseau. Enfin, nous souhaitons que ce travail serve à d'autre étudiants et professionnels pour de meilleures études.

A horizontal scroll with a light gray background and a dark gray border. The scroll is unrolled, showing the word "ANNEXE" in a bold, black, serif font. The scroll has rounded ends and a small circular detail at the top right corner, suggesting it is a page from a book or a document.

ANNEXE

Antennes :

Les antennes sont les composantes les plus visibles du réseau GSM. On les voit un peu partout, souvent sur des hauts pylônes, sur des toits d'immeubles, contre des murs, à l'intérieur des bâtiments ; il arrive assez souvent qu'elles soient invisibles puisque camouflées, pour des raisons esthétiques, à proximité de bâtiment classés « monuments historiques ». Ces antennes permettent de réaliser la liaison Um entre la MS (téléphone mobile) et la BTS.

Caractéristiques

➤ **Fréquences d'utilisation**

La caractéristique la plus importante d'une antenne, aussi appelée aérien, est la bande de fréquences supportée ; c'est-à-dire les fréquences que l'antenne pourra émettre et recevoir. Sur les sites GSM, on trouve des antennes qui émettent seulement en 900 MHz, seulement en 1800 MHz ou des antennes bibandes 900 et 1800 MHz. On trouve déjà, et leur nombre ne fera qu'augmenter, des antennes bimodes (GSM & UMTS) et bibandes (1800 & 1900-2200 MHz) ou tribandes (900, 1800 & 1900-2200 MHz), qui sont des antennes qui servent à la fois pour le GSM en 900 et/ou 1800 MHz, mais aussi pour l'UMTS en 1900-2200 MHz.

➤ **Directivité**

La deuxième caractéristique importante est la directivité sur le plan horizontal, c'est en fait la ou les direction(s) dans laquelle l'antenne va émettre. En GSM, il existe deux grands types de directivités pour les antennes :

Omnidirectionnelle : Elles sont assez peu répandues. Lors de l'utilisation pour des macros cellules, elles ressemblent à des brins d'environ 2 m de haut et 5 cm de diamètre, alors que pour les micros cellules, ce sont des brins de 40 cm de haut et 2 à 3 cm de diamètre. Ces antennes brins sont omnidirectionnelles, elles émettent de manière égale dans toutes les directions. Pour les macros cellules.

On peut constater sur le plan horizontal que l'antenne-panneau émet à forte puissance vers l'avant, et avec une puissance faible derrière elle. On remarque sur le plan vertical, que l'antenne émet avec une puissance faible au dessus et au dessous, mais avec une puissance beaucoup plus importante devant elle.

➤ **Portée**

Une autre caractéristique est la portée des antennes. Elle dépend pour beaucoup de la PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente) de l'antenne, mais aussi de son orientation.

En général, une antenne assure la couverture d'une zone appelée secteur ou cellule. Il existe deux grands types de cellules, le premier étant la micro (petite) ou pico (très petite) cellule qui couvre une zone de taille réduite, par exemple une rue très fréquentée, une galerie marchande, un centre commercial au moyen d'antennes de petite taille, souvent omnidirectionnelles. Le deuxième type est celui des macros cellules qui couvrent des zones de grande superficie (plusieurs dizaines de kilomètres carrés), que l'on trouve près des autoroutes, et dans les zones périurbaines ou rurales ; dans ce cas, les antennes utilisées sont souvent de type directionnel.

➤ **Gain - Puissance**

Chaque antenne possède un gain qui lui est propre. Le gain est l'amplification que l'antenne effectue du signal d'entrée. Ce gain s'exprime en dB ou dBi, et est d'environ 2 à 11 dBi pour les antennes omnidirectionnelles et jusqu'à 18 dBi pour les antennes directionnelles.

La puissance émise par l'antenne est appelée PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente) ou PAR (Puissance Apparente Rayonnée, $PAR = PIRE - 2,15 \text{ dB}$). Cette puissance est fournie par la BTS et ses amplificateurs de puissance, commandés depuis le BSC. La PIRE est de quelques watts pour des antennes couvrant des micros cellules, et d'une vingtaine à une cinquantaine de watts pour des macros cellules. La PIRE est exprimée en dbm, ce qui est plus pratique pour le calcul des pertes des coupleurs, câbles coaxiaux et gain des antennes.

➤ **Azimut**

Chaque antenne est dirigée dans une direction déterminée par des simulations, de manière à couvrir exactement la zone définie. La direction principale de propagation de l'antenne, c'est-à-dire la direction dans laquelle l'antenne émet à sa puissance la plus importante est dirigée dans l'azimut établi. L'azimut est un angle qui se compte en degrés, positivement dans le sens horaire, en partant du nord (0°). De cette façon, l'azimut 90° correspond à l'est, l'azimut 180° au sud, etc....

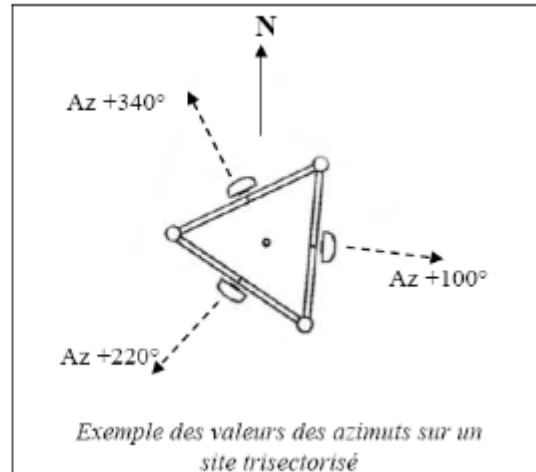
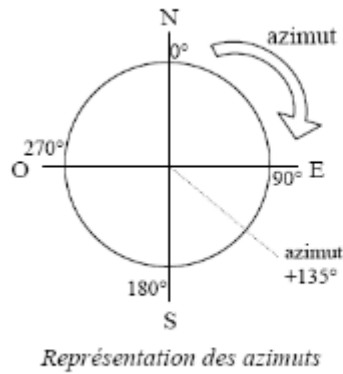


Figure.3 : Représentation des azimuts

➤ **Tilt**

Tout comme l'azimut, le tilt (ou down-tilt) est laissé à la discrétion des installateurs d'antennes qui les orientent selon les recommandations de l'opérateur. Le tilt est l'angle d'inclinaison (en degrés) de l'azimut du lobe principal de l'antenne dans le plan vertical. Le diagramme de rayonnement d'une antenne avec un tilt positif sera dirigé vers le haut, alors qu'un tilt négatif fera pointer l'antenne vers le bas.

Il existe deux types de tilt :

Mécanique : il suffit de relever légèrement l'antenne sur son support, pour qu'elle soit dirigée dans la direction souhaitée.

Electrique : réglage d'environ 2 à 10°, en tournant une partie mécanique à l'arrière de l'antenne qui joue sur le déphasage des signaux dans les différents dipôles constituant. Le signal est envoyé à l'équipement de transmission.



Figure.4 : Antenne directionnelle avec tilt négatif antenne directionnelle avec tilt positif

Procédés :

➤ Diversité spatiale

La liaison Um dans le sens montant (mobile vers BTS) est plus difficile à assurer que la liaison descendante (BTS vers mobile), puisque la puissance des terminaux est limitée à 2 watts en 900 Mhz et 1 watt en 1800 MHz, on utilise donc deux antennes au lieu d'une pour favoriser la réception du signal.

À cause des diverses réflexions du signal émis par le mobile (contre des immeubles, des falaises...), deux ondes peuvent arriver en un point donné en s'annulant ou s'atténuant fortement (à cause de leur déphasage), c'est ce que l'on appelle l'évanouissement (fading) de Rayleigh, mais quelques mètres (et longueurs d'ondes) plus loin, ces ondes ne seront plus atténuées, d'où l'intérêt de placer des antennes espacées d'environ 3 à 6 m l'une au dessus de l'autre ou l'une à côté de l'autre.

On place donc deux antennes, au lieu d'une, pour augmenter les chances de recevoir un signal correct, on augmente ainsi le signal reçu jusqu'à 5 dB.

➤ Diversité de polarisation

La diversité de polarisation est la technique d'utilisation de plusieurs plans de polarisations, pour favoriser la réception du signal. La polarisation d'une onde électromagnétique est décrite par l'orientation de son champ électrique.

Si celui-ci est parallèle à la surface de la terre, la polarisation est linéaire horizontale, s'il est perpendiculaire à la surface de la terre, la polarisation est linéaire verticale. Pour un téléphone mobile, la polarisation est verticale lorsque le téléphone est tenu vertical, mais s'il est légèrement orienté, l'onde polarisée verticalement parvient plus faiblement à la BTS, alors qu'en même temps, le niveau reçu de cette même onde polarisée horizontalement augmente.

En effet, il existe des signaux en polarisation verticale et horizontale, et il faut que les antennes émettrices et réceptrices communiquent toutes les deux avec un signal dans la même polarisation, sous peine d'avoir un signal fortement atténué. L'antenne du relais est capable de conserver une polarisation constante, mais le téléphone mobile, ne reste jamais parfaitement vertical et ne peut donc conserver une polarisation verticale.

On utilise donc des antennes qui ont une double polarisation (ou polarisation croisée), ni verticale, ni horizontale, mais intermédiaire : $+ 45^\circ$ et $- 45^\circ$, et l'on utilise le plan de polarisation qui reçoit le meilleur signal, pour augmenter les chances de recevoir un niveau correct ; on peut gagner ainsi jusqu'à 6 dB. En émission, on utilise une seule de ces polarisations, au choix de l'opérateur.

➤ **Diversité de fréquence**

La diversité fréquentielle est, la technique utilisant un changement régulier des fréquences utilisées ; c'est-à-dire, que la BTS et le mobile changent régulièrement de fréquence d'émission et de réception, c'est ce que l'on appelle le saut de fréquence ou Frequency Hopping, un changement de fréquence 217 fois par seconde, qui permet de lutter contre l'évanouissement du signal (ou fading). Ce procédé permet aussi de moyenniser le brouillage ; par exemple : si un canal est brouillé, et si une communication est établie sur ce canal, la communication sera fortement perturbée, alors que si l'on change très régulièrement de canal (fréquence), la communication ne sera perturbée qu'à certains instants, mais restera en moyenne, audible. On utilise le saut de fréquence pendant les communications, ce qui peut permettre de gagner quelques dB supplémentaires.

➤ **Débits et fréquence :**

La technologie de la boucle local radio permet d'atteindre des débits allant jusqu'à 2 Mbits/s en point ou point à multipoints .les débits les plus hauts étant atteints dans les hautes fréquences, ils dépendent fortement de nombreux paramètres liés à l'environnement.

Les fréquences retenues pour l'introduction de la boucle locale radio déterminent la portée et la capacité de trafic du système et dans une certaine mesure, le type d'application, ainsi les fréquences basses permettent une plus grande zone de couverture en raison d'une meilleure propagation. Les fréquences plus élevées nécessitent quant à elle une visibilité directe entre l'émetteur et le récepteur et n'autorisent donc pas la couverture du type cellulaire avec disponibilité de service sur l'ensemble de la cellule. -voie montante (uplink) : liaison allant de l'abonné vers la station de base, elle occupe un spectre situé entre 1.930 et 1.990GHZ

Les fréquences attribuées à ALGERIE TELECOM par l'ARPT (Autorité de Régularisation des Postes et Télécommunication) pour les déploiements du WLL se situent dans la bande de 1.9GHz.

Les fréquences porteuses :

A l'exception de quelques systèmes fonctionnent dans les bandes 70-80 MHz (FH à bande étroite) et 400-470 MHz (FH à petite capacités), les faisceaux hertziens utilisent des fréquences supérieures à 1.5 GHz « ondes centimétrique », sauf pour les systèmes fonctionnant dans les bandes 70-80 MHz pour les FH à bande étroites et 400-470 MHz pour les FH à petite capacité.

Entre 2 et 11 GHz, l'établissement des liaisons ne pose pas de problèmes majeurs, conditions de propagation mais au-delà de 11GHz, il faut tenir compte de l'absorption par hydrométéores. Cette absorption croît avec la fréquence et devient très importante aux alentours de 22 GHz.

Ce qui limite les fréquences porteuses à 21GHz mais certaines bandes de fréquence généralement comprise entre 2 et 1.5 GHz. Cette large gamme de fréquences est subdivisée en plusieurs parties appelées bande de fréquence.

Chacune de cette bande étant décomposée en canaux dont la disposition est normalisée internationalement CCIR « comité consultatif internationale des Radiocommunications »

Chaque bande peut être divisée en 2 spots bandes espacées par un intervalle de garde.

Le choix de sous bande à utiliser pour l'émission de celle à utiliser pour la réception dépend de l'utilisateur.

Les sous bandes sont à leur tour subdivisée canaux de 14 à 140 MHz de largeur (pour les FH de grande capacité) ou 7 MHz (capacité inférieure ou égale à 300 voies)

La disposition des canaux est normalisée par CCIR.

Chaque canal à une capacité en fonction de sa largeur, qui peut aller jusqu'à un débit de 140 Mbits/s.

Les faisceaux hertziens à moyenne et forte capacité : bande 7,7 GHz (utilisé également par les FHA).

Les faisceaux hertziens à faible débit (2 et 8 Mbits) :

Bande 2.1 à 2.3 GHz (subdivisée en six canaux espacés de 14MHz)

Bande des 15 GHz (2 sous bandes de : 14.4 à 14.5 GHz et 15.25 à 15.35 GHz) possible de les subdiviser en 4 canaux de 10 MHz chacune.

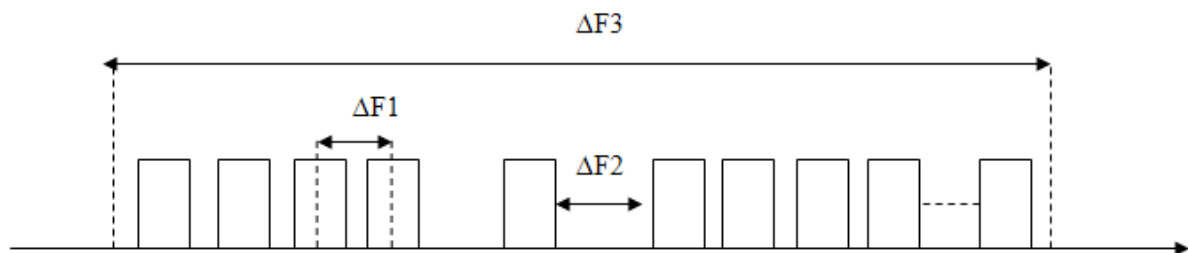


Figure : Schéma descriptif des fréquences porteuses

F_3, F_2, \dots, F_n : fréquences centrales des canaux

F'_3, F'_2, \dots, F'_n : fréquences centrales des canaux

ΔF_1 : écart de fréquence entre 2 canaux

ΔF_2 : écart de fréquence entre 2 sous-bandes

ΔF_3 : largeur de la bande FH

➤ **Acquisition des données radioélectriques des liaisons FH**

Time	RX (MAX) [dBm]	RX (MIN) [dBm]	RX moy	atténuation
0:15	-46.4	-47	-46.7	-56.7
0:30	-46.4	-47	-46.7	-56.7
0:45	-46.6	-47	-46.8	-56.8
1:00	-46.4	-47.2	-46.8	-56.8
1:15	-46.4	-47	-46.7	-56.7
1:30	-46.4	-47	-46.7	-56.7
1:45	-46.6	-47	-46.8	-56.8
2:00	-46.6	-47	-46.8	-56.8
2:15	-46.4	-47	-46.7	-56.7
2:30	-46.6	-47	-46.8	-56.8
2:45	-46.6	-47	-46.8	-56.8
3:00	-46.6	-47	-46.8	-56.8
3:15	-46.6	-47	-46.8	-56.8
3:30	-46.4	-47.2	-46.8	-56.8
3:45	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
4:00	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
4:15	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
4:30	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
4:45	-46.7	-47.2	-46.95	-56.95

5:00	-46.7	-47.2	-46.95	-56.95
5:15	-46.7	-47.4	-47.05	-57.05
5:30	-46.4	-47.4	-46.9	-56.9
5:45	-46.7	-47.4	-47.05	-57.05
6:00	-46.7	-47.4	-47.05	-57.05
6:15	-46.9	-47.4	-47.15	-57.15
6:30	-46.9	-47.4	-47.15	-57.15
6:45	-46.9	-47.4	-47.15	-57.15
7:00	-46.7	-47.5	-47.1	-57.1
7:15	-46.7	-47.4	-47.05	-57.05
7:30	-46.7	-47.5	-47.1	-57.1
7:45	-46.7	-47.4	-47.05	-57.05
8:00	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
8:15	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
8:30	-46.4	-47.2	-46.8	-56.8
8:45	-46.3	-47	-46.65	-56.65
9:00	-46.1	-47	-46.55	-56.55
9:15	-46.3	-47.4	-46.85	-56.85
9:30	-46.5	-47.3	-46.9	-56.9
9:45	-46.5	-47.3	-46.9	-56.9
10:00	-46.4	-47.4	-46.9	-56.9
10:15	-46.4	-47.4	-46.9	-56.9
10:30	-46.4	-47.3	-46.85	-56.85

10:45	-46.5	-47.3	-46.9	-56.9
11:00	-46.4	-47.1	-46.75	-56.75
11:15	-46.4	-47	-46.7	-56.7
11:30	-46.5	-47.1	-46.8	-56.8
11:45	-46.7	-47.1	-46.9	-56.9
12:00	-46.5	-47.1	-46.8	-56.8
12:15	-46.3	-76.4	-61.35	-71.35
12:30	-46.7	-47.2	-46.95	-56.95
12:45	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
13:00	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
13:15	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
13:30	-46.4	-47.2	-46.8	-56.8
13:45	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
14:00	-46.6	-47	-46.8	-56.8
14:15	-46.6	-47	-46.8	-56.8
14:30	-46.6	-47	-46.8	-56.8
14:45	-46.6	-47	-46.8	-56.8
15:00	-46.7	-47.2	-46.95	-56.95
15:15	-46.7	-47.2	-46.95	-56.95
15:30	-46.7	-47.2	-46.95	-56.95
15:45	-46.7	-47.2	-46.95	-56.95
16:00	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
16:15	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9

16:30	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
16:45	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
17:00	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
17:15	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
17:30	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
17:45	-46.4	-47.2	-46.8	-56.8
18:00	-46.4	-47	-46.7	-56.7
18:15	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
18:30	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
18:45	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
19:00	-46.7	-47.2	-46.95	-56.95
19:15	-46.7	-47.2	-46.95	-56.95
19:30	-46.7	-47.2	-46.95	-56.95
19:45	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
20:00	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
20:15	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
20:30	-46.3	-47.2	-46.75	-56.75
20:45	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
21:00	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
21:15	-46.5	-46.8	-46.65	-56.65
21:30	-46.3	-46.8	-46.55	-56.55
21:45	-46.3	-46.8	-46.55	-56.55
22:00	-46.3	-46.8	-46.55	-56.55

22:15	-46.3	-46.8	-46.55	-56.55
22:30	-46.3	-46.8	-46.55	-56.55
22:45	-46.3	-46.8	-46.55	-56.55
23:00	-46.3	-46.8	-46.55	-56.55
23:15	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
23:30	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
23:45	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
24:00:00	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
0:15	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
0:30	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
0:45	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
1:00	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
1:15	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
1:30	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
1:45	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
2:00	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
2:15	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
2:30	-46.3	-47.1	-46.7	-56.7
2:45	-46.5	-47.1	-46.8	-56.8
3:00	-46.5	-46.9	-46.7	-56.7
3:15	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
3:30	-46.5	-47.1	-46.8	-56.8
3:45	-46.5	-46.9	-46.7	-56.7

4:00	-46.5	-46.9	-46.7	-56.7
4:15	-46.5	-46.9	-46.7	-56.7
4:30	-46.5	-46.9	-46.7	-56.7
4:45	-46.5	-47.1	-46.8	-56.8
5:00	-46.5	-47.1	-46.8	-56.8
5:15	-46.5	-47.1	-46.8	-56.8
5:30	-46.5	-46.9	-46.7	-56.7
5:45	-46.5	-47.1	-46.8	-56.8
6:00	-46.5	-47.1	-46.8	-56.8
6:15	-46.6	-46.9	-46.75	-56.75
6:30	-46.6	-47.1	-46.85	-56.85
6:45	-46.6	-47.1	-46.85	-56.85
7:00	-46.5	-47.1	-46.8	-56.8
7:15	-46.3	-47.1	-46.7	-56.7
7:30	-46.5	-47.1	-46.8	-56.8
7:45	-46.5	-47.1	-46.8	-56.8
8:00	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
8:15	-46.2	-46.9	-46.55	-56.55
8:30	-46.2	-47.1	-46.65	-56.65
8:45	-46.2	-47.1	-46.65	-56.65
9:00	-46.2	-47.3	-46.75	-56.75
9:15	-46.4	-47.3	-46.85	-56.85
9:30	-46.4	-47.5	-46.95	-56.95

9:45	-46.3	-47.5	-46.9	-56.9
10:00	-46.1	-47.3	-46.7	-56.7
10:15	-46.1	-47.5	-46.8	-56.8
10:30	-46.3	-47.3	-46.8	-56.8
10:45	-46	-47.3	-46.65	-56.65
11:00	-46.1	-47.3	-46.7	-56.7
11:15	-46.1	-47.6	-46.85	-56.85
11:30	-46.4	-47.2	-46.8	-56.8
11:45	-46.4	-47.6	-47	-57
12:00	-46.8	-47.6	-47.2	-57.2
12:15	-46.6	-47.6	-47.1	-57.1
12:30	-46.4	-47.6	-47	-57
12:45	-46.3	-47.2	-46.75	-56.75
13:00	-46.4	-47	-46.7	-56.7
13:15	-46.6	-47	-46.8	-56.8
13:30	-46.6	-47	-46.8	-56.8
13:45	-46.4	-47	-46.7	-56.7
14:00	-46.4	-47	-46.7	-56.7
14:15	-46.4	-47.2	-46.8	-56.8
14:30	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
14:45	-46.6	-47	-46.8	-56.8
15:00	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
15:15	-46.6	-47	-46.8	-56.8

15:30	-46.6	-47	-46.8	-56.8
15:45	-46.4	-47.2	-46.8	-56.8
16:00	-46.4	-47.2	-46.8	-56.8
16:15	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
16:30	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
16:45	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
17:00	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
17:15	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
17:30	-46.4	-47.2	-46.8	-56.8
17:45	-46.6	-47	-46.8	-56.8
18:00	-46.4	-47.2	-46.8	-56.8
18:15	-46.4	-47	-46.7	-56.7
18:30	-46.4	-47.2	-46.8	-56.8
18:45	-46.4	-47.2	-46.8	-56.8
19:00	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
19:15	-46.4	-47.2	-46.8	-56.8
19:30	-46.4	-47.3	-46.85	-56.85
19:45	-46.4	-47.2	-46.8	-56.8
20:00	-46.6	-47.2	-46.9	-56.9
20:15	-46.3	-47.2	-46.75	-56.75
20:30	-46.2	-46.8	-46.5	-56.5
20:45	-46.2	-46.9	-46.55	-56.55
21:00	-46.2	-46.9	-46.55	-56.55

21:15	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
21:30	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
21:45	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
22:00	-46.2	-47.1	-46.65	-56.65
22:15	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
22:30	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
22:45	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
23:00	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
23:15	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
23:30	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
23:45	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6
24:00:00	-46.3	-46.9	-46.6	-56.6



GLOSSAIRE

MS: mobile souscriber

BTS: Base transceiver station

BSC: Base Station Control

BSS: Base Station Sub-system

PSTN: Public Switched Téléphone Net Work

PLMN: Public Londs Mobile Net Works Number

PDSN: Packet Derta Service Node

MSC: Mobile Switch Centre

VLR: Visitor Location Register (Position Visiter)

HLR: Home Location Register (Position local)

AUC: Authentication (authentication)

MSS: Mobile Switch Sub system

OMC: Opiration Maintenance et Control

CCM: Communication Control Module

CDMA : Code Division Multiple Accès

AMRC : Accès Multiple par Répartition en Code

WLL: Wirless Local Loop

BLR: Boucle Local Radio

GSM : Global System for Mobile

ARPT : Autorité de Régularisation des Postes et Télécommunication

IMSI : International Mobile Station Identity

CSM : Module de commutation central

SNM: Switching Network Module

MSM: Message Switching module

OMM : Module d'opération et de maintenance

DTMF: Digital Tonality Multifrequency)

I.S: interin standard

TR: Terminaison radio

RFE: Radio Frequency End

HPA: High Power Amplifier

RFCM: Radio Frequency Control Module

BDS: Baseband Digital System

SAM: Site Alarm Module

RFIM: R F interface module

DTMF: Digital Tonality Multifrequency

G.O.S: Grade Of Service

PDH : Plesiochronous Digital Hierarchy

SDH : synchronous Digital Hierarchy

STM : synchronous Transport Module

FH : Faisceaux Hertiens

FHN: Faisceaux Hertiens Numérique

CMR: Conférence Mondiale des Radiotélécommunication

UIT: Union Internationale de Télécommunications

P.I.R.E: Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente

ASK: Amplitude Shift Keying

FSK: Frequency Shift Keying

PSK: Phase Shift Keying

QAM: Quadrature Amplitude Modulation

MIC: Modulation d'Impulsion codées

PAM: Pulse Amplitude Modulation

HDB3: High-Density Bi-polar modulus 3

IT: Intervalle Temporel

CCIR: Comité Consultatif Internationale des Radiocommunications

ODU: Outdoor Unit

FHA: Faisceaux Hertiens Analogique

GPS: Global Positioning System

RSL : Niveau de réception

Ptx : puissance sortie d'émission

Gtx : Gain d'antenne côté émission

Grx : Gain d'antenne côté réception

Lfs : Affaiblissement d'espace libre

RSLra : Niveau de réception y compris Affaiblissement dû à la pluie

Gtx : Gain d'antenne côté émission

Grx : Gain d'antenne côté réception

Lra : Affaiblissement dû à la pluie

SD : Diversité d'espace

FD : Diversité de fréquence

$R_{X_{moy}}$: puissance reçu moyenne

$R_{X_{min}}$: puissance reçu minimal

$R_{X_{max}}$: puissance reçu maximal



LISTE DES FIGURES

Chapitre I

Figure I.1 : le réseau WLL.....	02
Figure I.2 : Le CDMA.....	04
Figure I.3 : Architecteur du système WLL.....	06
Figure I.4 : Terminal Radio.....	06
Figure I.5 : Représentation de MSS.....	07
Figure I.6 : Structure du MSC.....	09
Figure I.7.Schéma du BTS (S 1 1 1).....	13
Figure I.8. Schéma du BTS (S 2 2 2).....	14
Figure I.9 : Multiplexage temporel dans la hiérarchie PDH.....	18

Chapitre II

Figure II.1. Propagation des ondes électromagnétiques.....	22
Figure II.2 : La gestion du spectre électromagnétique.....	23
Figure II.3. Dégagement de la ligne de visibilité.....	26
Figure II.4. L'ellipsoïde de Fresnel.....	26
Figure II.5. Indice de réfraction réduit N mesurée en base atmosphère.....	30
Figure II.6. Propagation par diffraction et trajets multiples.....	31
Figure II.7. Affaiblissement linéique dû aux gaz de l'atmosphère.....	32
Figure II.8 .Affaiblissement linéique dû à la pluie en fonction de la fréquence pour différents taux de précipitation.....	33
Figure II.9. Représentation d'une onde plane.....	33
Figure II.10. Polarisation circulaire.....	34
Figure II.11.Propagation des OEM dans l'environnement terrestre.....	37
Figure II.12. Portée d'une transmission troposphérique.....	38
Figure II.13. Utilisation d'un seul couple de fréquences.....	40
Figure II.14. Canal émission commun aux deux sens dans une station.....	41
Figure II.15. Réduction des brouillages.....	41
Figure II.16. Séparation des demi-bandes émission/réception.....	41
Figure II.17. Alternance des polarisations verticale et horizontale	42
Figure II.18. Antenne isotrope.....	43
Figure II.19. Gain d'une antenne.....	43
Figure II.20. Champ de fort gain d'une antenne.....	43
Figure II.21. Le diagramme de rayonnement.....	43
Figure II.22. Plan de vibration électrique.....	45
Figure II.23. Antenne parabolique.....	46
Figure II.24. Géométrie d'une antenne parabolique.....	47
Figure II.25. Modulation d'amplitude ou ASK.....	49
Figure II.26. Modulation de fréquence ou FSK.....	49
Figure II.27. Modulation de phase ou PSK.....	50
Figure II.28. Les combinaisons d'amplitude et de phases.....	50
Figure II.29. Exemple de constellation QAM8 (3 bits par baud).....	51
Figure II.30. Synoptique général de la modulation MIC.....	51

Figure II.31. La loi européenne A.....	53
Figure II.32. Codage HDB3.....	54
Figure II.33. Structure d'une trame MIC.....	55

Chapitre III

Figure III.1 : positionnement d'une station terminale et des stations relais.....	59
Figure III.2 : schéma d'une liaison hertzienne analogique.....	61
Figure III.3. Structure d'une station terminale.....	61
Figure III.4 : Schéma descriptif des fréquences porteuses.....	66
Figure III.5. La position des antennes WLL.....	72
Figure III.6 : Carte géographique présente la position de la commune de BELLOUA.....	74
Figure III.7 : Carte géographique qui représente la position de la commune de Tizi-Ouzou....	75
Figure III.8 : carte géographique qui représente la position de la commune de MEKLA.....	76
Figure III.9 : la carte géographique représente la position de la commune de LARBAA NATH IRATHEN.....	77
Figure III.10 : carte géographique qui représente la position de la commune de MAKOUDA.	78
Figure III.11 : la carte géographique des liaisons FH.....	79

Chapitre IV

Figure IV.1 : Les zones de précipitation sur un point de région.....	85
Figure IV.2 : différentes versions du coffret IDU/ODU.....	87
Figure (IV.3) .représentation de R_{Xmoy} , R_{Xmin} , R_{Xmax} en CS, CLC, P en fonction du temps.....	93
Figure IV.4. Représentation de R_{Xmoy} en temps claire(CS) en fonction de fréquence.....	94
Figure IV.5. Représentation de R_{Xmoy} en temps couvert (CLC) en fonction de fréquence.....	95
Figure IV.6. Représentation de R_{Xmoy} en ciel pluvieux (P) en fonction de fréquence.....	95
Figure (IV.7) .représentation de l'atténuation intermédiaire (σ_{Int}) en CS, CLC, P en fonction de temps.....	97
Figure IV.8. Représentation de l'atténuation σ_{Int} CS en fonction de fréquence.....	98
Figure IV.9. Représentation de l'atténuation σ_{Int} CLC en fonction de fréquence.....	98
Figure IV.10. Représentation de l'atténuation σ_{Int} P en fonction de fréquence	99



LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I

Tableau I.1 : Fréquences (BTS ZTE).....	15
Tableau I.2 : Fréquences (BTS HUAWEI).....	15
Tableau I.3 : Les différents STM.....	19

Chapitre II

Tableau II .1 : Atténuation due à la pluie.....	33
Tableau II.2 : Modulation QAM.....	50

Chapitre IV

Tableau IV.1 : Puissance sortie d'émission d'ODU.....	83
Tableau IV.2 : Gain d'antenne.....	83
Tableau IV.3 : Différentes configurations de protection d'ODU.....	88
Tableau IV.4 : Différentes configurations de protection d'IDU.....	89



BIBLIOGRAPHIE

Mémoires

[1] O.GUERRAB et F.MOUALEK « Architecture et configuration d'une station de base dans le réseau WLL » mémoire DEUA, UMMTO, 2009.

[2] L.BELHACENE et N.OUAZAR « Etude et implémentation d'une procédure d'interconnexion entre l'opérateur MOBILIS(GSM) et le réseau WLL d'Algérie TELECOM » mémoire d'ingénieurs d'Etat, UMMTO ,2007.

[3] F.OUELMOKHTAR et L.OUGACHE « Etude d'une liaison FHN point à point utilisant le multiplexage SDH du réseau Algérie télécom » mémoire d'ingénieurs d'état, UMMTO, 2011.

[4] D.LEKKAM et M.BOUARABA « Etude de canal de transmission pour les liaisons FHN et satellitaire exploitées dans les réseaux mobiles cas : OTA(DJEZZY), UMMTO, 2013.

[5] Z.BESSAI « conception et réalisation d'une application de supervision des équipements de transmission des liaisons hertziennes.

Ouvrages :

[6] Oras000003 principes du CDMA /WLL du CDMA2000, version 4.1 .

[7] Cahier de charge d'ALGERIE TELECOM.

[8] Documentation d'Algérie télécom(ZTE.ZXC11.547).

[9] Documentation de ZTE CORPORATION «ZXC10-MSC/VLR-CDMA Mobile switching Center /Visitor Location Register » Version 3.17.2005.

Sites internet :

[10]http://www.itu.int/ITU-D/tech/events/2006/Algiers2006/Presentations/Day%201/Algiers_Presentation_6_AAfef.PDF

[11] <http://www.mptic.dz/fr/IMG/pdf/SystemeCDMA.pdf>

[12]<http://www.louisreynier.com/fichiers/BILAN%20DE%20LIAISON%20HERTZIENNE.pdf>

[13] <http://enero.eu/files/files/Faisceaux%20hertziens%20telephonie%20mobile.pdf>

[14] <http://www.memoireonline.com/02/12/5364/tude-et-mise-en-service-de-la-liaison-par-faisceau-hertzien.html>

[15] www.huawei.com .



MOT CLE

WLL
Faisceaux hertziennes
La boucle locale radio
Definition de la boucle locale radio
Les equipments de WLL
CDMA
MS
BTS
BSC
BS
PSTN
PDS
MSC
VLR
HLR
AUC
MSS
OMC
CCM
CDMA
AMRC
WLL
BLR
GSM
ARPT
IMSI
CSM
SNM
MSM
OMM
DTMF
I.S
TR
RFE
HPA
RFCM
BDS
SAM
RFIM
R F
DTMF
G.O.S
PDH
SDH
STM FH
FHN
CMR
UTT
P.I.R.E
ASK
FSK
PSK

QAM
MIC
PAM
HDB3
IT
CCIR
ODU
FHA
GPS
RSL
Ptx
Gtx
Grx
Lfs
RSLra
Gtx
Grx
Lra
SD
FD
 R_{Xmoy}
 R_{Xmin}
RXmax

Résumé

Avec l'évolution aussi importante de services et usagers des réseaux mobiles, le débit de données à transporter est très important. C'est pourquoi, on utilise des supports de transmission de haut débit, tels que la fibre optique, câbles coaxiaux, câbles Ethernet large bande, etc. Toutefois, pour les liaisons dans les régions difficiles d'accès ou isolées, l'installation de ce type de support présente des contraintes techniques et financières supplémentaires. A travers le monde entier et plus particulièrement là où l'infrastructure de télécommunication n'est pas bien développée, la solution radio dans la boucle locale d'abonnés (Wireless Local Loop) émerge comme étant une alternative intéressante pour l'accès au réseau téléphonique commuté public (RTCP). Aussi, on utilise les liaisons Faisceau hertzien (FH) adaptées au transport de données haut débit. Ce type de liaisons offre de grandes capacités de débit, allant de 2Mb/s à 2Gb/s et s'adapte aux besoins de chacun.

Une liaison FH exploite le support d'ondes radioélectriques, par des fréquences porteuses allant de 1Ghz à 40Ghz, focalisées et concentrées grâce a des antennes directives. Néanmoins la liaison FH, étant considérée une liaison point à point, est limitée par la ligne de l'horizon à 40 Km. Cette liaison utilise l'atmosphère comme canal de transmission. Généralement, lorsqu'un phénomène météorologique se produit ce canal est sévèrement perturbé.

Pour une meilleure présentation de ce travail nous avons décomposé le présent mémoire en quatre chapitres. Dans le premier chapitre, nous présentons les généralités sur le réseau WLL. Le deuxième chapitre est consacré à l'étude d'une liaison FH numérique et ses caractéristiques telles que les bandes de fréquence utilisées. Le chapitre trois est dédié pour l'étude d'une liaison Faisceau Hertiens d'un réseau WLL en présentant une carte géographique des liaisons FH à partir des données rapportées d'Algérie Telecom au cours de notre stage.

Enfin le dernier chapitre présente la partie pratique réalisée sur site. Une analyse d'un ensemble de données concernant des liaisons FH est montrée dans ce chapitre.