

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



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

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie électrique

Spécialité : **Télécommunication et réseaux**

Présenté par
LOUNNAS AZIZ
SILI LILIA

Thème

Etude du canal de transmission des liaisons FHN dans le réseau de télécommunication 3G et 4G

Mémoire soutenu publiquement le 14/07/ 2016.. devant le jury composé de :

M KANANE HOCINE

Grade, UMMTO, Président

M TAHANOUT MOHAMMED

Doctorat , UMMTO, Encadreur

M ATTAF YUCEF

Grade, UMMTO , Examineur

Mme LAHDIR LEILA

Grade, UMMTO , Examineur

Remerciements

Nous tenons particulièrement à remercier Allah le tout puissant, ce mémoire n'aurait jamais été réalisé sans sa bénédiction.

Nous adressons nos remerciements à notre encadreur Monsieur TAHANOUT, pour son aide consistante, ses conseils judicieux, et pour ses remarques objectives.

Nous remercions également à monsieur le président de jury et les membres de jury d'avoir accepté d'assister à notre soutenance et de juger ce modeste travail.

Nous tenons à remercier nos famille de nous avoir soutenu, nous ne serons jamais assez reconnaissants envers nos parents qui ont toujours tout mis en œuvre pour qu'on s'épanouisse dans tous ce qu'on entreprend.

Enfin, nous tenons à remercier toute personne qui nous a aidées de près ou de loin durant notre travail et en particulier tous nos collègues de la promotion RT.

Dédicace

Ce mémoire est dédié à

Nos parents,

Nos familles,

Nos ami(e)s,

Tous ceux qui nous aiment et qu'on aime.

Glossaire

1G: premier génération

2G: deuxième génération

3G : troisième génération

4G : quatrième génération

5G : cinquième génération

A

AUC: AUthentication Cente

B

BBS: Battery Back-up System

BSC: Base Station Controller

BTS: Base Transceiver Station

C

CDMA: Code Division Multiple Access

CN : Cœur Network

E

EPC: Evolved Packet core

EIR: Equipment Identity Registre

F

FDMA: Frequency Division Multiple Access

FDD: Frequency Division Duplexing

FHN : faisceaux hertziens numérique

Glossaire

G

GSM: Groupe Spécial mobile

GPRS: General Packet Radio Service

GGSN: Gateway GPRS Support Node

H

HLR: Home Location Register

HF: haut frequency

I

IP: Internet Protocol

IMEI: International Mobile Equipment Identity

IMSI : international mobile Subscriber Identity

L

LTE: Long Term Evolution

M

MSC: Mobile Switching Center

MME : Mobility Management Entity

N

NSS: Network Station Subsystem

O

OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access

Glossaire

P

PDP: Programmed Data Processor

PIRE : Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente

PIN: Personal Identification Number

PUK: Personal Unblocking Key

Q

QAM: Quadrature Amplitude Modulation

QPSK: Quadrature Phase shift Keying

R

RNC: Radio Network Control

RNIS : réseau numérique intégration se

RTC : Réseau Téléphonique Commuté

RTCP: Real-time Transport Control Protocol

S

SIM: Subscriber Identity Module

SGSN: Serving Support Node

SDH: Synchronous Digital Hierarchy

STM: Synchronous Transport Module

T

TCP: Transmission Control Protocol

TDMA: Time Division Multiple Access

Glossaire

U

USIM: Universal Subscriber Identity Module

UDP: User Datagram Protocol

UMTS: Universel Mobile Télécommunications Systems

UTRAN: Universal Terrestrial Radio Access Network

UICC: UMTS Integrated Circuit Card

V

VLR: Visitor Location Register

W

WAP: Wireless Application Protocol

(

Liste des figures

Figure 1-1 : Le concept cellulaire Figure	4
Figure 1-2 : Architecteur du réseau GSM	5
Figure 1-3 : Architecture du réseau GPRS	11
Figure 1-4 : L architecteur d'un réseau UMTS	15
Figure 1-5 : Architecture du réseau d'accès	18
Figure 1-6 : NodeB avec antennes sectorielles	18
Figure 1-7 : NodeB avec antenne omnidirectionnelle	19
Figure 1-8 : Représentation graphique de l'exemple de communication	20
Figure 1-9: Architecture de LTE	23
Figure 1-10 : Constellation QAM à 16 états [6].	26
Figure 1-11 : Schéma du principe du modulateur QPSK [6].	27
Figure 2-1 : fibres optiques monomode.	31
Figure 2-2 : Multiplexeurs Insertion – Extraction.	32
Figure 2-3 : les Quatre sous-systèmes fonctionnels d'un brasseur.	34
Figure 2-4 : l architecture réalisées en bus, en anneau, en étoile.	36
Figure 2-5 : lancer le serveur.	40
Figure 2-6 : lance le client.	40
Figure 2-7 : authentification du client/serveur.	41
Figure 2-8 : apparition des NE et fin de la recherche.	42
Figure 2-9 : Création des éléments.	42
Figure 2-10 : ouverture du LCT lors de la création des NEs.	43

Figure 2-11 : configuration des NEs créés.	44
Figure 2-12 : chargement des configurations pour configurer les cartes.....	44
Figure 2-13 : Création d'un nouveau service.....	45
Figure 2-14 : Création du nouveau service SDH.	46
Figure 2-15 : Création du service SDH en CV12.....	46
Figure 2-16 : Création du service Ethernet.....	47
Figure 2-17: activation du port extérieur (physique).....	48
Figure 3.1: propagation d'une onde électromagnétique.	49
Figure 3.2 : carte géographique présente la situation (position) de la commune de draa el mizan et taourirt boumaten et bounouh.	57
Figure 3.3 : ellipsoïde de fresnel entre la liaison taourirt boumaten et draa el mizan.....	61
Figure 3.4 : ellipsoïde de fresnel entre la liaison taourirt boumaten et bounouh.....	62
Figure 3.5 : la distribution de l'énergie dans le plan horizontal	63
Figure 3.6 : la distribution de l'énergie dans le plan verticale.....	63
Figure 3.7 : la distribution de l'énergie.....	64
Figure 3.8 : Rayonnement d'une antenne parabolique.....	66
Figure 4-1 : page d'accueil de l'interface de gestion de l'IDU.	72
Figure 4-2 : les éléments de l'équipement.	72
Figure 4-3 : fenêtre de la configuration radio.....	73
Figure 4-4 : détection de la puissance reçue dans une journée.	74
Figure 4-5 : journées d'enregistrement des données.	74
Figure 4-6 : Représentation de Tx en fonction du temps.	75

Figure 4-7: puissances de réception Rx ou niveau de Draa El Mizan en Ciel clair et pluvieux.	76
Figure 4-8 : puissances de réception Rx ou niveau de Taourirt Boumaten En ciel clair.	77
Figure 4-9 : représentation d’histogramme des RX au niveau de draa el mizan en présence de la pluie.	78
Figure 4-10 : Représentation d’histogramme des puissances de réception Rx ou. Niveau de draa el mizan en ciel clair.	78
Figure 4-11: représentation de l’atténuation α (dBm) en fonction du temps clair et pluvieux a draa el mizan.	79
Figure 4-12 : représentation de l’atténuation α (dBm) en fonction du temps clair a Taourirt Boumaten	80

Liste des tableaux

Tableau 2-1 : récapitulatif des débits en SDH :	30
Tableau 2-2 : SDH se situe au niveau 1 et 2 du model OSI.....	30
Tableau 3.1 : planning de caractéristique du système entre taourirt boumaten_draa el mizan.....	55
Tableau 3.2 : planning de caractéristique du système entre taourirt boumaten_bounouh... ..	56

SOMMAIRE

Listes des figures

Liste des tableaux

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Chapitre I : généralité sur les réseaux mobile

1.1 Introduction	3
1.2 Infrastructure d'un réseau GSM	3
1.2.1 Le concept cellulaire	4
1.2.2 Architecteur du réseau GSM	5
1.2.2.1 La station de base(BTS)	6
1.2.2.2 Le sous-système radio. BSS	7
1.2.2.3 Le sous-système d'acheminement. NSS	8
1.2.3 Synthèse des principales caractéristiques du GSM	8
1.2.4 Multiplexage fréquentiel	9
1.3 Réseau GPRS (General Packet Radio Service).....	9
1.3.1 Nécessité du GPRS.....	10
1.3.2 L'architecture du réseau GPRS	10
1.3.2.1 Le SGSN	11
1.3.2.2 Le GGSN.....	11
1.3.3 Catégories des services.....	12
1.3.4 Réseaux EDGE (2.75 G)	12
1.4 Réseaux 3G	12
1.4.1 UMTS.....	13
1.4.2 Hiérarchie des cellules de l'UMTS	14
1.4.3 L architecteur d'un réseau UMTS	14
1.4.3.1 Domaine de l'équipement de l'utilisateur (UE)	16
1.4.3.2 Domaine du réseau d'accès UTRAN	17
1.4.4 Fonctionnement du CDMA	20
1.4.4.1 Trois normes : TDMA, FDMA et CDMA	20
1.5 Réseaux 4G	20

1.5.1 Définition des réseaux LTE.....	20
1.5.2 But de la 4G LTE	21
1.5.3 Architecture de LTE.....	21
1.5.4 Les caractéristiques fondamentales de la 4G	22
1.5.4.1 Débits et fréquences du réseau 4G	23
1.5.4.2 Latence	24
1.5.4.3 L'agilité en fréquence.....	24
1.5.5 Codage et sécurité	24
1.5.5.1 Multiplexage.....	25
1.5.6 Modulation adaptative et codage.....	25
1.5.6.1 La modulation 16QAM	25
1.5.6.2 La modulation QPSK	26
1.6 Conclusion.....	28

Chapitre II : la liaison SDH

2.1 Introduction	29
2.2. Nécessité d'une nouvelle hiérarchie	29
2.3 Infrastructure du réseau SDH	31
2.3.1 Liaison physique optique	31
2.3.2 Notion des Multiplexeurs SDH.....	32
2.3.2.1 Multiplexeur Insertion - Extraction MIE.....	32
2.3.2.2 Multiplexeur Terminal Simplifié.....	33
2.3.2.3 Brasseur.....	33
2.4 La Topologie et la protection	35
2.4.1 Les topologies	35
2.4.1-1 Topologie point à point.....	36
2.4.1.2 Topologie en anneau	36
2.5 Architecture en anneaux unidirectionnels (monofibres)	37
2.5.1 Architecture en anneaux bidirectionnels (2 fibres)	37
2.5.2 Les anneaux bidirectionnels (4 fibres)	37
2.6 Description de T2000	38
2.6.1 Description de LCT	38

2.6.2 Etapes de la configuration	40
2.6.2.1 Lancer T2000	40
2.6.2.2 Recherche des NEs	41
2.6.2.3 Creation des NEs	41
2.6.2.4 Configuration des NES.....	43
2.6.2.5 Attribution des cartes	44
2.7 Conclusion.....	48

Chapitre III : Etude des liaisons FHN

3.1 Introduction	49
3.2 Les liaisons radio électrique	49
3.2.1.1 La propagation des ondes électromagnétique	49
3.2.1.2 Caractéristique d'une onde électromagnétique	50
3.2.2 Les faisceaux hertziens numériques	50
3.2.2.1 Caractéristique des FHN	51
3.2.2.2 Principe de fonctionnement.....	51
3.2.2.3 Les éléments d'une liaison hertzienne	51
3.3.1 Liaison émetteur- antenne émission	52
3.3.1.1 Antenne émission	52
3.3.1.2 Faisceaux hertziens à visibilité directe	52
3.3.1.3 Faisceaux hertziens transhorizon	52
3.3.1.4 Ornalité d'une liaison hertzienne	53
3.4 L'effet de l'atmosphère	53
3.4.1.1 Réfraction	53
3.4.1.2 Absorption par les gazes atmosphérique	53
3.4.2 La perturbation en transmission FHN	54
3.4.2.1 Atténuation due à la pluie	54
3.4.2.1 Atténuation due aux brouillards et nuages	54
3.5 Les équipements d'un faisceau hertzien.....	54
3.5.1.1 Etude de la liaison Taourirt boumaten_ Draa el mizan.....	55
3.5.1.2 Caractéristique radioélectrique de la liaison taourirt boumaten_ draa el mizan	55
3.5.1.3 Caractéristique radioélectrique de la liaison taourirt boumaten_ bounouh...	56

3.6 Analyse de la liaison	57
3.6.1 Caractéristique de la liaison	57
3.6.2 Coordonnées géographique	58
3.6.3 Les antennes	58
3.6.4 Polarisation des antennes	59
3.7 Calcul du bilan de la liaison	59
3.7.1 Traçage de l'ellipsoïde de Fresnel.....	60
3.7.2 Diagramme de rayonnement	62
3.7.3 Antenne à réflecteur	65
3.7.4 Gain parabolique	66
3.8 Equation des télécommunications	67
3.9 Conclusion.	70

Chapitre IV : Acquisition et analyse des données

4.1 Introduction	71
4.2 Effectuer le test de ping.....	71
4.2.1 Accès à l'interface de gestion de chaque IDU de chaque site.....	71
4.2.2 Acquisition des données.....	73
4.3 Analyse des données	75
4.3.1 Représentation Tx.	75
4.3.2 Représentation de Rx	75
4.3.3 Représentation de l'atténuation intermédiaire.....	79
4.4 Facteurs d'atténuation	81
4.5 Conclusion.....	82

Conclusion générale	83
----------------------------------	-----------

Références bibliographiques

annexes

INTRODUCTION GENERALE

Les premiers moyens de communication électronique ne permettaient d'échanger que la voix. Peu à peu, l'on se rendit compte de la nécessité d'échanger les données qui devinrent de plus en plus numériques. On constate alors qu'il existe un lien trivial entre le débit d'informations que l'on peut transmettre et recevoir et le type même de ces informations. Cette évolution du type de données à échanger entraîne inévitablement une nécessité de faire évoluer le support de transmission de cette information. C'est ainsi que plusieurs générations de technologies existent. La téléphonie mobile ne fait pas l'exception à ce sujet. Après la voix, l'échange de messages texte fut mis en place avec le SMS. L'énorme vulgarisation de l'internet nécessita qu'il soit aussi accessible pour les usagers du mobile, ce qui demande que les débits d'informations qu'on peut transmettre ou recevoir avec un mobile soient conséquents. Les applications pour l'internet mobile sont diverses et variées avec des débits et QoS variés.

L'histoire de la téléphonie mobile (numérique) débute réellement en 1982. En 1987, le groupe GSM a fixé des choix technologique relatifs à l'usage des télécommunications : transmission numérique, multiplexage temporel des canaux radio, chiffrement des informations ainsi qu'un nouveau codage de la parole.

Aujourd'hui, le nombre de numéros attribués pour des communications GSM dépasse largement le nombre de numéros dédiés à des lignes fixes et cette tendance est en progression continue.

Avec l'évolution aussi importante de services et usagers des réseaux mobiles, le débit de données à transmettre de haut débit, tels que la fibre optique, câbles coaxiaux, câble 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. 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 2 Mb/s à 2 Gb/s et s'adapte aux besoins de chacun. Une liaison FH exploite le support d'ondes radioélectriques, par des fréquences porteuses allant de 1 GHz à 40 GHz, focalisées et concentrées grâce à des antennes directives. Néanmoins la liaison FH, étant considérée une liaison point à point.

INTRODUCTION GENERALE

Notre travail consiste à l'étude du canal de transmission des liaisons FHN, et évaluer par mesure de signal les perturbations qui agissent sur son bon fonctionnement.

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 les réseaux mobiles. Puis des bases fondamentales liées aux supports de transmission. Le deuxième chapitre est consacré à l'étude d'une liaison SDH. Le chapitre trois en a étudié des liaisons FHN est ses caractéristiques tels que les bandes de fréquence utilisées, l'étude de la visibilité directe ainsi que le bilan de liaison. Enfin le dernier chapitre présente la partie pratique qui réalisée sur site. Une analyse d'un ensemble de données concernant des liaisons FH est montrée dans ce chapitre.

1.1 Introduction :

Depuis plusieurs années le développement des réseaux mobiles n'a pas cessé d'accroître, plusieurs générations ont vues le jour (1G, 2G, 3G, 4G et prochainement la 5G pas encore mis en œuvre) et connues une évolution remarquable, en apportant un débit exceptionnel et qui ne cesse d'augmenter, une bande passante de plus en plus large et un des avantages d'une telle bande passante est le nombre d'utilisateur pouvant être supportés. Les réseaux de la 1ère génération (appelée aussi 1G) ont été intégrés au réseau de télécommunication dans les années 80. Ces systèmes ont cependant été abandonnés il y a quelques années laissant la place à la seconde génération, appelée 2G lancée en 1991. Elle est encore active de nos jours. Nous pouvons distinguer deux autres types de générations au sein même de la seconde : la 2.5 et la 2.75. Le principal standard utilisant la 2G est GSM. A la différence de la 1G, la seconde génération de normes permet d'accéder à divers services, comme l'utilisation du WAP permettant d'accéder à Internet, tant dit que pour la 3^{ème} génération connue sous le nom de 3G permet un haut débit pour l'accès à l'internet et le transfert de données. En ce qui concerne la nouvelle génération 4G(LTE), déployer jusque-là que par quelque pays, elle permet le très haut débit, une moindre latence et beaucoup d'autres services.

Dans ce chapitre nous allons présenter les différentes générations de téléphones mobiles, leurs architectures ainsi que d'autres services pouvant être utilisés par chacune de ces générations cellulaires.

1.2 Infrastructure d'un réseau GSM :

La norme GSM est un réseau de communication cellulaire numérique. A pour premier rôle de permettre des communications entre abonnées mobiles (GSM) et abonnées du réseau téléphonique commuté (RTC – réseau fixe). Un système GSM offre, avec une qualité sans cesse croissante, plusieurs services tels la téléphonie mobile, la transmission de données et la transmission de messages multimédia sans modification des informations véhiculées.

L'idée d'un système radio mobile basée sur une structure cellulaire a été élaborée au début des années 70, dans les laboratoires de Bell aux USA. Cependant, ce n'est qu'au cours des années 80 qu'on a vu l'implantation et l'exploitation commerciale de réseaux de téléphones cellulaires analogues.

1.2.1 Le concept cellulaire :

Un réseau GSM compte une (ou plusieurs) station de base par cellule. La station choisit la cellule selon la puissance du signal. Une communication en cours peut passer d'une cellule à l'autre permettant ainsi la mobilité des utilisateurs.

Le principe de système cellulaire est de diviser le territoire en des petites zones, appelées cellules, et de partager les fréquences radio entre celle-ci. Ainsi, chaque cellule est constituée d'une station de base (reliée au Réseau Téléphonique Commuté, RTC) à laquelle on associe un certain nombre de fréquence. Comme précédemment, les fréquences ne peuvent pas être utilisées dans les cellules adjacentes afin d'éviter les interférences. Ainsi, on définit des motifs, appelés motifs ou clusters, constitués de plusieurs cellules, dans lesquels chaque fréquence est utilisée une seule fois

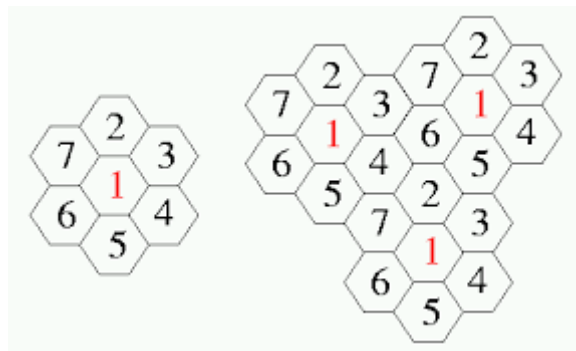


Figure 1-1 : Le concept cellulaire

Chaque cellule se caractérise par : sa puissance d'émission, la fréquence de porteuse utilisée pour l'émission radioélectrique, et le réseau auquel elle est interconnectée.

La taille des cellules n'est pas la même sur tous le territoire. Elle dépend.

- Du nombre d'utilisateurs potentiels dans la zone.
- De la configuration du terrain (plateau, montagnes,...).
- De la nature des constructions (maisons, pavillons immeubles en bétons,...).
- De la localisation (rurale), suburbaine (ou urbaine).

Et d'après ces paramètres on distingue différents types de cellules, on cite les deux principales

- ✓ **Les macrocellules :** Ce sont des cellules de taille importante adaptées aux zones rurales faiblement peuplées. Vu leurs tailles, les émetteurs s'y trouvant, doivent fournir des puissances très grandes.
- ✓ **Les microcellules :** Adaptées aux zones urbaines denses, ce sont des cellules de très petite taille (quelques centaines de mètres de rayon 500 m). Elles permettent d'écouler un trafic important par unité

1.2.2 Architecteur du réseau GSM :

Dans un réseau GSM, terminal de l'utilisateur est Apple station mobile. Une station mobile est composée d'une carte SIM (Subscriber Identity Module). Permettant d'identifier l'usager de façon unique et d'un terminal mobile, c'est-a-dire l'appareil de l'usage (la plupart du temps un téléphone portable).

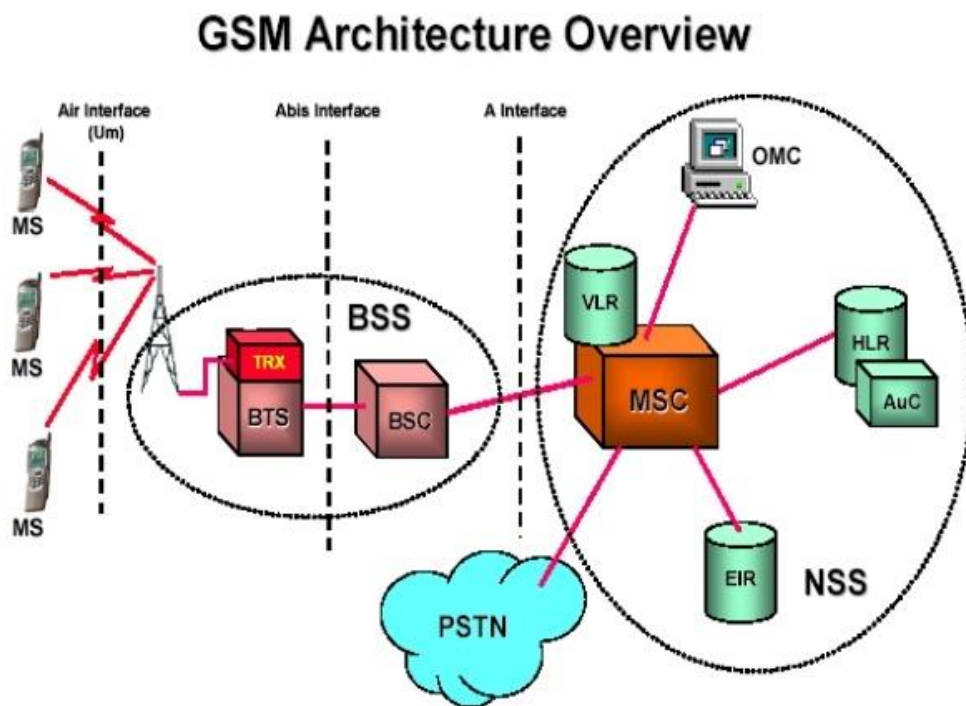


Figure 1-2 : Architecteur du réseau GSM

Les terminaux (appareils) sont identifiés par un numéro d'identification unique de 15 chiffres Apple IMEI (International Mobile Equipment Identity). Chaque carte SIM possède également un numéro d'identification unique (et secret) appelé IMSI (international mobile Subscriber Identity). Ce code peut être protégé à l'aide d'une clé de 4 chiffres appelés code PIN.

La carte SIM permet ainsi d'identifier chaque utilisateur, indépendamment du terminal utilisé lors de la communication avec une station de base. La communication entre une station mobile et la station de base se fait par l'intermédiaire d'un lien radio, généralement appelé interface air (ou plus rarement interfaces Um).

L'ensemble des stations de base d'un réseau cellulaire est relié à un contrôleur de stations BSC (Base Station Controller), chargé de gérer la répartition des ressources.

L'ensemble constitué par le contrôleur de station et les stations de base connectées constituent le sous-système radio BSS (Base Station Subsystem).

Enfin, les contrôleurs de station sont eux-mêmes reliés physiquement au centre de commutation du service mobile MSC (Mobile Switching Center). Géré par l'opérateur téléphonique, qui les relie au réseau téléphonique public et à internet. Le MSC appartient à un ensemble appelé sous-système réseau NSS (Network Station Subsystem), chargé de gérer les identités des utilisateurs, leur localisation et l'établissement de la communication avec les autres abonnés.

Le réseau cellulaire ainsi formé est prévu pour supporter la mobilité grâce à la gestion du handover, c'est-à-dire le passage d'une cellule à une autre. Les réseaux GSM supportent également la notion d'itinérance (Roaming), c'est-à-dire le passage du réseau d'un opérateur à un autre.[9]

1.2.2.1 La station de base(BTS) :

La station de base (BTS) est un ensemble d'émetteur récepteur qui assure le contrôle du dialogue radioélectrique entre le mobile et le réseau, elle gère les problèmes liés à la transmission radioélectrique (modulation, démodulation, égalisation, codage et correction d'erreurs, ...) d'un réseau. Elle fournit un point d'entrée dans le réseau aux abonnés présents dans sa cellule pour recevoir ou transmettre des appels.

Une BTS est composé de trois équipements principaux : équipement d'énergie, équipement de transmission et de protection.

➤ Equipement d'énergie :

L'alimentation de l'unité de transmission se fait avec la tension de réseau 220 V alternatif. En suite, le redresseur convertit cette tension en une tension continue (-60 à +20V) pour l'alimentation de tous les éléments de la BTS, qui peut consommer

jusqu'à une trentaine d'ampères en fonctionnement de plusieurs heures en cas de coupure de courant. Ces batteries sont appelées BBS (Battery Back-up System) qui comporte en général 8 batteries, des fusibles qui dirige et fournit l'énergie nécessaire pour alimenter les équipements de transmission ce qui laisse une sensibilité plus longue de temps de secours pour le fonctionnement. Elle est aussi équipée des alarmes, des unités de climatisation et des convertisseurs et régulateurs de tension.

➤ **Equipement de transmission :**

L'équipement de transmission est modulaire, elle contient des emplacements pour des cartes électriques qui sont ajoutées suivant les besoins du site. C'est aussi une unité de commande qui est la partie essentielle de la BTS, elle gère tout son fonctionnement. Elle génère les fréquences de référence, crée les différentes porteuses, assure la modulation et la démodulation des signaux, commande les amplificateurs de puissance, fournit les signaux aux TRX, et ceci sur tous les secteurs.

➤ **Protection :**

On peut la scinder en trois volés :

- Protection environnementale : la BTS doit être mise dans un abri pour la protéger contre les conditions climatiques (tel que :la pluie, neige, vent...etc) et les actes de sabotage, vols...etc.
- Protection électrique et magnétique : a l'aide d'un parafoudre qui protège les installations électrique et de télécommunications contre les surtensions en général qui peuvent avoir pour origine la foudre ou la manœuvre d'appareils électrique, et d'un paratonnerre qui a pour rôle de protéger une structure contre les coups directs de la foudre.
- Protection énergétique :la BTS doit avoir une source d'énergie principal (SONALGAZ) et une autre de secours pour assure un fonctionnement continu.

1.2.2.2 Le sous-système radio. BSS :

BSS pour base station sub-system, c'est un sous-système de l'architecture GSM qui assure les transmissions radioélectriques et gère la ressource radio.

Le BSS comprend les BTS qui sont des émetteurs-récepteurs ayant un minimum

D'intelligence et les BSC qui contrôlent un ensemble de BTS et permettent une première

Concentration des circuits. [1]

1.2.2.3 Le sous-système d'acheminement. NSS :

Son rôle est d'assurer les fonctions des commutations et de routage. C'est donc lui qui permet l'accès au réseau public RTCP ou RNIS. En plus des fonctions indispensables de commutation, on y retrouve les fonctions de gestion de la mobilité, de la sécurité et de la confidentialité qui sont implantées dans la norme GSM. [1]

Les éléments du NSS sont les suivants :

- Le MSC (Mobile-services Switching Center) ou commutateur de services. C'est un commutateur numérique en mode circuit, qui gère toutes les communications avec les mobiles sous sa couverture.
- Le HLR (Home Location Register) ou base de données de localisation nominale. C'est la base dans laquelle sont stockées toutes les informations relatives aux abonnés d'un PLMN (numéros de téléphone, informations de chiffrement et localisation courante de l'abonné –c'est à dire la référence du VLR de la zone dans laquelle il se trouve).
- Le VLR (Visitor Location Register) ou base de données de localisation locale. Cette base stocke les informations relatives aux utilisateurs d'une région particulière. On y trouve les mêmes informations que dans le HLR, avec en outre l'identité temporaire de l'utilisateur et sa zone de localisation, qui n'est autre qu'un sous-ensemble de cellules dans lequel se trouve l'utilisateur.

Le NSS utilise deux autres bases de données :

- L'EIR (Equipment Identity Register) qui contient la liste de tous les mobiles autorisés à fonctionner sur le réseau.
- L'AUC (AUthentication Center) qui contient les codes PIN des cartes SIM.[6]

1.2.3 Synthèse des principales caractéristiques du GSM :

La norme GSM prévoit que la téléphonie mobile par GSM occupe deux bandes de Fréquences aux alentours des 900 [MHz] :

1. la bande de fréquence 890-915 [MHz] pour les communications montantes (d mobile vers la station de base) et

2. la bande de fréquence 935 - 960 [MHz] pour les communications descendantes (de la station de base vers le mobile). [2]

1.2.4 Multiplexage fréquentiel :

Dans sa version à 900 [MHz], la norme GSM occupe deux bandes de 25 [MHz], l'une est utilisée pour la voie montante (890; 2 -915 [MHz]), l'autre pour la voie descendante (935; 2- 960 [MHz]). Il est également défini que chaque porteuse de cellule possède une densité spectrale confinée dans une bande de 200 [kHz] ce qui signifie que, théoriquement, on peut disposer de 124 canaux. Notons au passage que la bande de fréquences du DCS-1800 étant plus large, elle peut contenir 374 canaux. Aussi, si on indique par F_u les fréquences porteuses montantes et par F_d les fréquences porteuses descendantes, les Valeurs de fréquence porteuse valent

$$F_u(n) = 890,2 + 0,2 \times (n - 1) \text{ [MHz]} \quad \text{I.1}$$

$$F_d(n) = 935,2 + 0,2 \times (n - 1) \text{ [MHz]} \quad \text{I.2}$$

Où $1 \leq n \leq 124$. Connaissant les canaux disponibles, il est alors possible d'effectuer un multiplexage fréquentiel en attribuant un certain ensemble de fréquences porteuses par opérateur GSM .c'est le rôle du régulateur, l'IBPT⁶ en Belgique. et l'opérateur choisit son plan de fréquences en allouant une ou plusieurs fréquences par station de base. Proximus utilise les Canaux 1 à 30 et 61 à 90, Mobistar s'est vu attribuer les canaux 31 à 60 et 91 à 120, quant aux canaux restants (121 à 124), ils ont été réservés pour les téléphones sans _l. Base (nommé Orange auparavant) n'opère pas dans la bande des 900 [MHz]. Par contre, la bande DCS-1800 est utilisée par les 3 opérateurs (Base, Mobistar et Proximus). [3]

1.3 Réseau GPRS (General Packet Radio Service) :

Avec le développement d'Internet, réseau à commutation par paquets, les terminaux mobiles reposant sur le service GSM ne pouvaient y accéder qu'avec de faibles débits (9,6 kbit/s) de par la commutation en mode circuit.

Ainsi, avec le service GPRS (General Packet Radio Service), ces données sont transmises par paquets un débit élevé (jusqu'à 171,2 kbit/s), ce qui diminue le temps de téléchargement pour les pages WEB.

En effet, GPRS est le premier protocole à commutation par paquets dans le monde de l'Internet mobile, et constitue une couche supplémentaire à un réseau GSM existant.

1.3.1 Nécessité du GPRS :

GPRS est né d'une évolution de la deuxième génération des réseaux des mobiles.

Une ligne GSM est du type ligne téléphonique standard, et utilise le mode dit «connecter», également appelé « circuit ».

Or, la commutation de circuit nécessite l'établissement d'une communication GSM monopolisant ainsi un canal, qui ne peut alors être utilisé par un autre utilisateur.

Or, une consultation d'informations sur Internet est constituée à 75 % de temps morts durant lesquels aucune information n'est échangée.

Par ailleurs, cette monopolisation, se paye en termes de coût de communication. En fait on paye la monopolisation du canal et non ce qui est transporté. De plus, le GSM ne propose qu'un débit de 9,6 Kbits/s.

En effet, les réseaux à commutation de circuits sont inefficaces pour gérer les transmissions de données fréquentes, les petits flux de données et les trafics Internet en rafales.

C'est pour palier à toutes ces contraintes et développer des services Internet mobile que le GPRS a fait son apparition. [4]

1.3.2 L'architecture du réseau GPRS : [5]

Le réseau GPRS a repris les grandes Lignes du réseau GSM. On retrouve le VLR et le HLR comme base de données gérant l'abonnement, la localisation et l'accès aux services de l'abonné. On retrouve aussi les entités gérant les Messages courts ou SMS (SMS GMSC et SMS IWMSC) 2 nouvelles entités le SGSN et le GGSN ont été introduites. Ces 2 entités ont un rôle de routeur au niveau des paquets IP, toutefois le SGSN gère une ou plusieurs antennes radio pour constituer une Routing Area il a un rôle similaire au BSC dans le GSM tandis que le GGSN a un rôle de routage plus interne voir peut servir de passerelle vers d'autres réseaux.

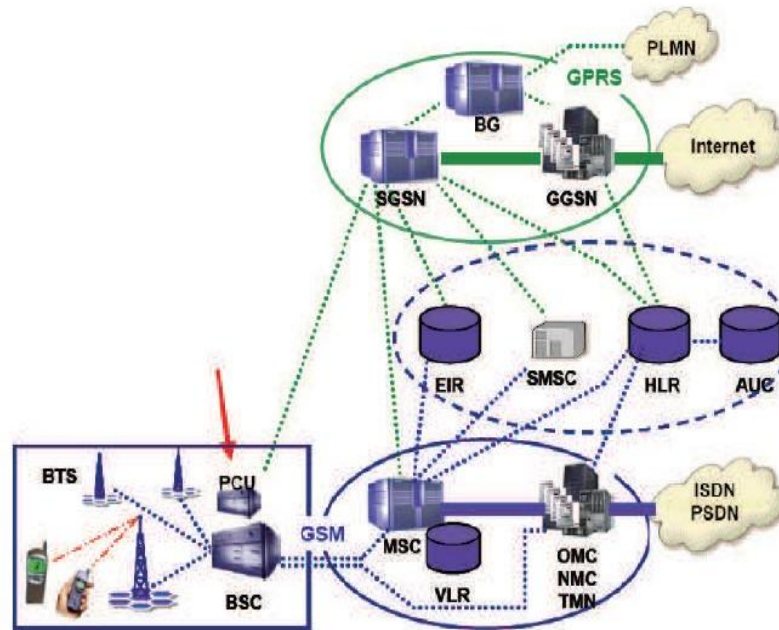


Figure 1-3 : Architecture du réseau GPRS

1.3.2.1 Le SGSN :

Le SGSN en plus de son rôle de routeur gère les PDP contextes c'est à dire les tuyaux qui permettent le transfert de données, on peut faire une analogie entre les PDP contextes et les sockets UDP ou TCP c'est-à-dire une qualité de service et des ports permettant de multiplexer et démultiplexer les services. Le SGSN gère aussi la mobilité GPRS et la sécurité.

1.3.2.2 Le GGSN :

Le GGSN est connecté au SGSN sur le bord du réseau et aux autres réseaux mondiaux extérieurs comme l'internet et le X.25. Comme il est la porte vers les réseaux extérieurs, sa principale fonction est de protéger le réseau GPRS de tout événement extérieur. Quand les données sont issues d'un réseau externe, après vérification d'adresse, les données sont envoyées vers le SGSN. Si l'adresse est invalide, les données sont rejetées. D'autre part, le SGSN achemine les paquets reçus du mobile vers le réseau correct. Pour les réseaux externes, le rôle de SGSN est l'acheminement d'information.[8]

1.3.3 Catégories des services

Il existe deux catégories de services GPRS :

- les **services Point à Point (PTP)** : ils fournissent une transmission d'un ou plusieurs paquets entre deux utilisateurs (l'expéditeur et le destinataire).
- les **services Point à Multipoints (PTM)** : ils fournissent une transmission de paquets entre un demandeur de service et un groupe d'abonnés receveurs se trouvant dans une zone définie par le demandeur de service. Un abonné peut ainsi envoyer des données à de multiples destinations avec une seule demande de service. [4]

1.3.4 Réseaux EDGE (2.75 G) :

L'EDGE (Enhanced Data Rates for GPRS Evolution) est une norme de téléphonie mobile, c'est une évolution du GPRS. Elle est considérée comme une technologie **pré-3G** (Parfois connue comme **2.75 G**) et fait partie des solutions 3G de l'UIT. L'EDGE se révèle être un complément d'un réseau UMTS pour offrir des services à haut débit à d'avantage d'utilisateurs en zone rurale ou zone suburbaine non dense qu'à ceux en zone urbaine, et, d'autre part, elle peut être considérée comme une étape en vue du lancement d'un réseau 3G qui est une meilleure solution pour les utilisateurs en zone urbaine dense. [7]

1.4 Réseaux 3G :

La troisième génération des réseaux mobiles se base sur la technologie UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems) appelé aussi 3GSM pour signifier l'interopérabilité Avec les réseaux GSM, mais connue comme étant simplement 3G. Son lancement prévu pour le début du siècle s'est vu retardé à cause de son coût de Déploiement ainsi que de l'explosion de la bulle Internet qui a touché le secteur des Télécommunications.

1.4.1 UMTS :

L'UMTS repose sur la technique d'accès multiple W-CDMA, une technique dite à étalement de spectre, alors que l'accès multiple pour le GSM se fait par une combinaison de division temporelle TDMA et de division fréquentielle FDMA.

Lors de la CAMR de 1992 organisée par l'UIT à Torre Molinos (province de Malaga en Espagne), les bandes suivantes avaient été désignées pour le système IMT-2000 (Connu sous Le nom UMTS) :

- Duplex temporel TDD : 1 885,00 à 1 920,00 MHz (bande de 35 MHz) et 2 010,00 à 2 025,00 MHz (bande de 15 MHz) ;
- Duplex fréquentiel FDD : 1 920,00 à 1 980,00 MHz (uplink de 60 MHz) et 2 110,00 à 2 170,00 MHz (downlink de 60 MHz) ;
- Bandes satellites : 1 980,00 à 2 010,00 MHz (uplink de 30 MHz) et 2 170,00 à 2 200,00 MHz (downlink de 30 MHz).

La bande passante d'un canal est de 5 MHz avec une largeur spectrale réelle de 4,685 MHz.

L'UMTS se caractérise par des débits théoriques de l'ordre de 2 Mbit/s et pratiques de l'ordre de quelques centaines de kbit/s.

En quelques années, des extensions ont été mises au point afin d'améliorer les débits proposés. On observe notamment trois sous-technologies 3G :

- Le HSPA (High Speed Packet Access), parfois appelé génération 3,5G, qui se caractérise par une évolution de l'UMTS pour un débit maximum théorique de 14,4 Mbit/s et pratique d'environ 3,6 Mbit/s).
- Le HSPA+ (High Speed Packet Access +), parfois appelé génération 3,75G, qui se caractérise par un débit Maximum théorique de 21Mbit/s et pratique d'environ 5 Mbit/s).
- Le DC-HSPA+ (Dual-Cell High Speed Packet Access+), également appelé génération 3,75G, qui se caractérise par un débit maximum théorique de 42 Mbit/s et pratique de plus de 10 Mbit/s.

Les sigles 3G+, H+ ou DC peuvent également être utilisés par les opérateurs, cependant, leurs définitions, notamment en ce qui concerne les débits pouvant être atteints, peuvent différer selon les opérateurs. [9]

1.4.2 Hiérarchie des cellules de l'UMTS :

Tout comme le réseau GSM, l'UMTS est divisé en plusieurs cellules de tailles variables. Chacune d'entre elles est présente en fonction de la densité de population à servir et de la vitesse de mobilité. L'accès par satellite est une extension.

Une pico-cellule permet des débits de l'ordre de 2 Mbits/s lors d'un déplacement de l'ordre de 10 km/h (marche à pied, déplacement en intérieur, etc.). Une microcellule permet des débits de l'ordre de 384 Kbits/s lors d'un déplacement de l'ordre de 120 km/h (véhicule, transports en commun, etc.). Une macro-cellule permet des débits de l'ordre de 144 Kbits/s lors d'un déplacement de l'ordre de 500 km/h (Train à Grande Vitesse, etc.).[5]

1.4.3 L'architecteur d'un réseau UMTS :

L'architecture des réseaux UMTS a connu des évolutions en même temps que les différents releases de la norme principalement au niveau du réseau cœur. Nous présentons ici la version de base c'est-à-dire telle que présentée dans la release 99 avant d'esquisser les évolutions.

La principale différence entre le réseau GSM/GPRS et le réseau UMTS est au niveau de l'interface radio à cause de la nette différence dans le mode d'accès (TDMA ->WCDMA). Ainsi l'on retrouve les différents éléments du Core Network tels que le MSC avec ses serveurs de données (HLR, VLR), les équipements liés au GPRS (GGSN, SGSN) et bien sûr l'OMC et les Media Gateway. Ce qui change complètement c'est le RAN (Radio Access Network) dans lequel les BTS sont remplacées par des Node B (Node pour nœud et B pour Base Station) et les BSC par des RNC (Radio Network Controller). On appelle maintenant cette partie du réseau UTRAN pour UMTS Terrestrial Radio Access Network.[8]

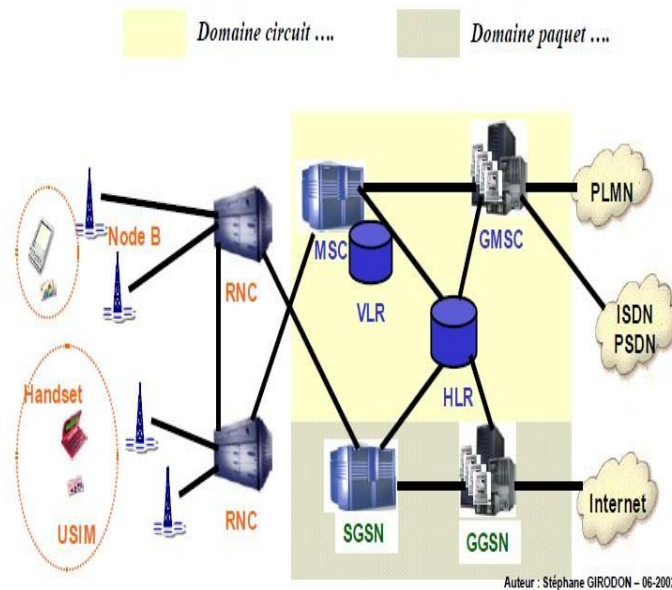


Figure 1-4 : L'architecture d'un réseau UMTS

Le réseau UMTS est constitué d'entités logiques assurant chacune une fonction précise. Ces entités sont groupées dans UTRAN (charge des fonctions radio UE) et l'interface utilisateur exploitant le médium radio et le CN (cœur network) et du routage d'appels et de données vers le réseau extérieurs.

1.4.3.1 Domaine de l'équipement de l'utilisateur (UE) :

L'équipement utilisateur est utilisé pour désigner la station mobile dans un réseau UMTS. Il représente le vecteur qui permet à l'abonné d'accéder au réseau et également à ses services.

On distingue deux différentes parties au point de vue fonctionnel :

L'équipement mobile : (ME : Mobile Equipment) et le module d'identité

Universel de l'abonné : (USIM : Universal Subscriber Identity Module).

A- ME (Mobile Equipment)

L'équipement mobile est chargé de la transmission radio et des procédures associées. Il est encore divisé en deux parties : la terminaison mobile (MT : Mobile Termination) et l'équipement terminal (TE : Terminal Equipment).

La terminaison mobile assure la transmission de l'information vers le réseau UMTS (ou autre) à travers l'interface radio et applique les fonctions de modulation, de correction d'erreurs, d'étalement de spectre et d'autre encore qui lui sont l'intermédiaire d'un adaptateur, est la partie de l'UE où les données d'information sont générées en émission ou traitées en réception.

Le MT et le TE peuvent faire partie d'un équipement unique ou être séparés en deux équipements. Le TE peut être par exemple, un ordinateur portable et le MT un terminal mobile utilisé comme modem.[9]

B-USIM (UMTS Integrated Circuit Card):

L'USIM est une application qui permet à l'abonné d'accéder aux services souscrits. Elle gère également les informations associées à la souscription de l'abonné et les procédures d'authentification et de chiffrement. L'USIM réside dans une carte à puce (smart card) appelée UICC (UMTS Integrated Circuit Card).

Comme la carte SIM (Subscriber Identity Module) utilisée en GSM, L'USIM conserve les informations liées à l'abonné et bien d'autres propres à un environnement où plusieurs opérateurs et plusieurs fournisseurs de services peuvent intervenir. L'USIM peut être utilisée sur un terminal UMTS indépendamment du fabricant et en général de l'opérateur du réseau :

La carte associe un abonné à un ou plusieurs fournisseurs de service et pas nécessairement à l'opérateur du réseau courant.

Au niveau de l'infrastructure, c'est dans le réseau nominal que les informations concernant les services souscrits par l'abonné sont enregistrées. L'USIM est la clef d'accès à ces services. Lors d'une demande de service (un appel téléphonique par exemple), le réseau de service dans lequel l'abonné est itinérant doit dialoguer avec le réseau d'accès (radio ou câbles) nécessaire suivant les conditions et les caractéristiques des services souscrits.

L'UICC peut contenir une application USIM et SIM, ce qui peut permettre son utilisateur aussi bien dans un réseau UMTS que GSM. D'ailleurs, les mécanismes permettant l'accès à un réseau GSM peuvent être directement imbriqués dans L'USIM. Enfin, plusieurs applications USIM peuvent résider dans une même UICC, chacune pouvant être associée à

différents fournisseurs de service. Toutes ces possibles configurations pour l'UICC sont schématisées ci-dessous.[4]

1.4.3.2 Domaine du réseau d'accès UTRAN :

Le réseau d'accès UTRAN est doté de plusieurs fonctionnalités. Sa fonction principale est de transférer les données générées par l'utilisateur. Il est une passerelle entre l'équipement usager et le réseau cœur via les interfaces Uu et Iu. Cependant, il est chargé d'autres fonctions :

- Sécurité : Il permet la confidentialité et la protection des informations échangées par l'interface radio en utilisant des algorithmes de chiffrement et d'intégrité.
- Mobilité : Une estimation de la position géographique est possible à l'aide du réseau d'accès UTRAN.
- Gestion des ressources radio : Le réseau d'accès est chargé d'allouer et de maintenir des ressources radio nécessaires à la communication.
- Synchronisation : Il est aussi en charge du maintien de la base temps de référence des mobiles pour transmettre et recevoir des informations.

Le réseau d'accès UTRAN est composé de plusieurs éléments : une ou plusieurs stations de base (appelées NodeB), des contrôleurs radio RNC (Radio Network Controller) et des interfaces de communication entre les différents éléments du réseau UMTS.

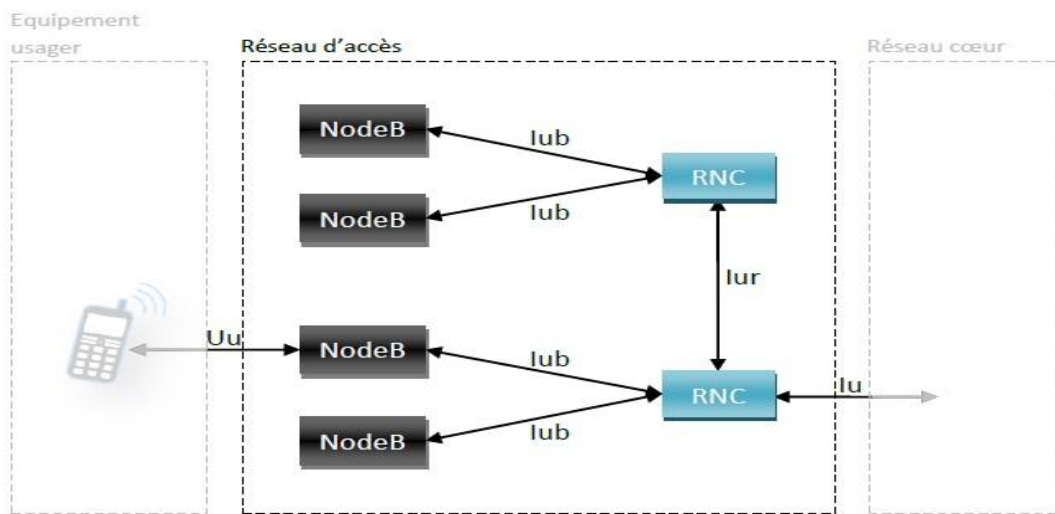


Figure 1-5 : Architecture du réseau d'accès

NodeB :

Le rôle principal du NodeB est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules du réseau d'accès de l'UMTS avec un équipement usager. Le NodeB travaille au niveau de la couche physique du modèle OSI (codage et décodage). Nous pouvons trouver deux types de NodeB :

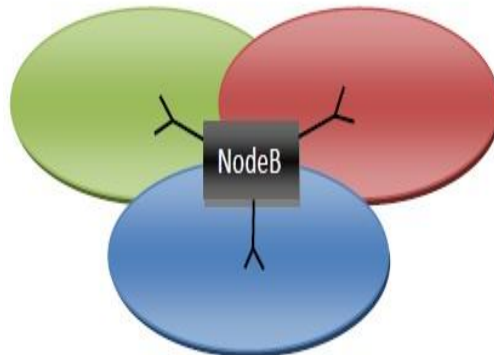


Figure 1-6 : NodeB avec antennes sectorielles



Figure 1-7 : NodeB avec antenne omnidirectionnelle

RNC :

Le rôle principal du RNC est de router les communications entre le NodeB et le réseau cœur de l'UMTS. Il travaille au niveau des couches 2 et 3 du modèle OSI (contrôle de puissance, allocation de codes).

Le RNC constitue le point d'accès pour l'ensemble des services vis-à-vis du réseau cœur[9]

Exemple :

Lorsqu'une communication est établie par un équipement usager, une connexion de type RRC (Radio Resource Control) est établie entre celui-ci et un RNC du réseau d'accès UTRAN. Dans ce cas de figure, le RNC concerné est appelé SRNC (Serving RNC). Si l'utilisateur se déplace dans le réseau, il est éventuellement amené à changer de cellule en cours de communication. Il est d'ailleurs possible que l'utilisateur change de NodeB vers un NodeB ne dépendant plus de son SRNC. Le RNC en charge de ces cellules distantes est appelé « controlling RNC ». Le RNC distant est appelé « drift RNC » du point de vue RRC. Le « drift RNC » a pour fonction de router les données échangées entre le SRNC et l'équipement usager.

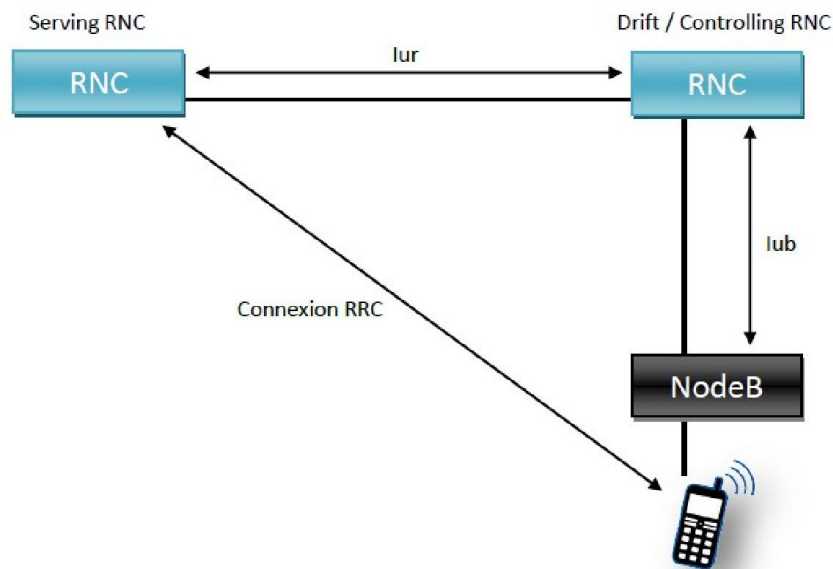


Figure 1-8 : Représentation graphique de l'exemple de communication

1.4.4 Fonctionnement du CDMA :

1.4.4.1 Trois normes : TDMA, FDMA et CDMA :

Afin de permettre aux différents usagers mobiles d'accéder au réseau, il est nécessaire de partager les ressources radio. Il existe trois principales techniques de partage des ressources, autrement appelées Accès Multiple :

1. Le partage en fréquence FDMA (Frequency Division Multiple Access)
2. Le partage en temps TDMA (Time Division Multiple Access)
3. Le partage en code (Code Division Multiple Access)

L'accès CDMA se distingue des deux précédents par son approche radicalement différente du problème et sa complexité. En effet, alors que les accès FDMA et TDMA se font respectivement par répartition fréquentielle et temporelle entre les différents utilisateurs, l'accès CDMA attribue à chacun un codage particulier qui permet l'accès simultané sur les mêmes bandes de fréquences.

1.5 Réseaux 4G :

La 4G est la quatrième génération de réseau mobile. Elle est la norme succédant à la 3G, on étudiera cette génération plus en détail dans la prochaine partie. Pour résumer, la 4G c'est la norme des standards de téléphonie mobile permettant des débits Jusqu'à 50 fois plus important que la première norme.

1.5.1 Définition des réseaux LTE :

Les services de communication mobile sont en train de suivre la même évolution que celle des services fixes, c'est-à-dire une transition accélérée vers l'accès à très haut débit. Ce sont les réseaux 4G qui permettent de répondre aux demandes croissantes des usages mobiles, tant en termes de qualité des services offerts que de capacité d'écoulement du trafic par les réseaux.

Ces fréquences sont destinées au déploiement de réseaux mobiles à très haut débit, pour apporter au consommateur une capacité et une qualité de services supérieures aux offres

actuelles d'internet mobile. La technologie LTE «Long Term Evolution» offre aux utilisateurs des débits de plusieurs dizaines de Mbits/s, largement supérieurs aux performances des technologies 3G et 3G+ actuellement déployées, ainsi que des latences plus faibles favorisant une meilleure interactivité.

Avec le 4G, on se dirige vers la transmission de toutes les informations. Voix et données. Par IP, le même protocole qu'on utilise sur Internet. Pour les fournisseurs, c'est plus facile et moins cher à gère. Ca facilite aussi le développement d'application multimédia.

Cette génération permet des vitesses de téléchargement plus rapides et des temps de latence plus courts.

Selon les critères de l'union internationale de télécommunication (UIT), qui établit les normes pour les réseaux cellulaires, le vrai 4G devrait offrir des vitesses de téléchargement de 100 Mbit/s pour un utilisateur en mouvement et de 1 Gbit/s en mode stationnaire.[4]

1.5.2 But de la 4G LTE :

La 4^{ème} génération vise à augmenter la capacité de gestion du nombre de mobiles dans une même cellule. Elle tente aussi d'offrir des débits élevés en situation et à offrir une mobilité totale à l'utilisateur en établissant

L'interopérabilité entre différentes technologies existantes. Elle vise à rendre le passage entre les réseaux transparent pour pour l'utilisateur, à éviter l'interruption des services durant le transfert intercellulaire, et à basculer l'utilisation vers le tout-IP.

Les principaux objectifs visés par les réseaux de 4^{ème} génération sont les suivants :

- ✓ Assurer la continuité de la session en cours
- ✓ Réduire les délais et le trafic de signalisation.
- ✓ Fournir une meilleure qualité de service.
- ✓ Optimiser l'utilisation des ressources.
- ✓ Réduire le délai de relève, le délai de bout-en-bout, la gigue et la perte de paquets.
- ✓ Minimiser le cout de signalisation.

1.5.3 Architecture de LTE :

A cote de l'évolution d'accès radio E-UTRAN (LTE), il existe une évolution d'architecture du cœur du réseau connue sous le nom de SAE (System Architecture Evolution). Contrairement aux normes de la 2G et de la 3G qui proposent deux domaines de

communication : la commutation de circuit (CS-Circuit Switched) et la commutation de paquet (PS-Packet Switched), le SAE ne propose qu'un domaine de paquet fondé sur IP appelé l'EPC (Evolved Packet Core). L'EPC est un cœur du réseau paquet tout IP. Cela signifie que tous les services devront être offerts sur IP y compris ceux qui étaient auparavant offerts par le domaine circuit tels que la voix, le SMS et tous les services de téléphonie, etc.

La combinaison entre le LTE et le SAE est l'EPS (Evolved Packet System).

- Comparaison des architectes existantes :

MME (Mobility Management Entity) remplace les dispositifs PDSN/SGSN et BSC/RNC
eNodeB remplace BTS/NodeB

PDSN: Packet data Serving Node de Seving/PDN (Packet Data Network) gateway

Remplace HA/GGSN

BTS/NodeB : Base transceiver Station

HA/GGSN: Home Agent / Gateway GPRS Support Node. CDMA2000

SGSN: Serving GPRS Support node

BBC: Base Station Controller

RNC: Radio Network Control

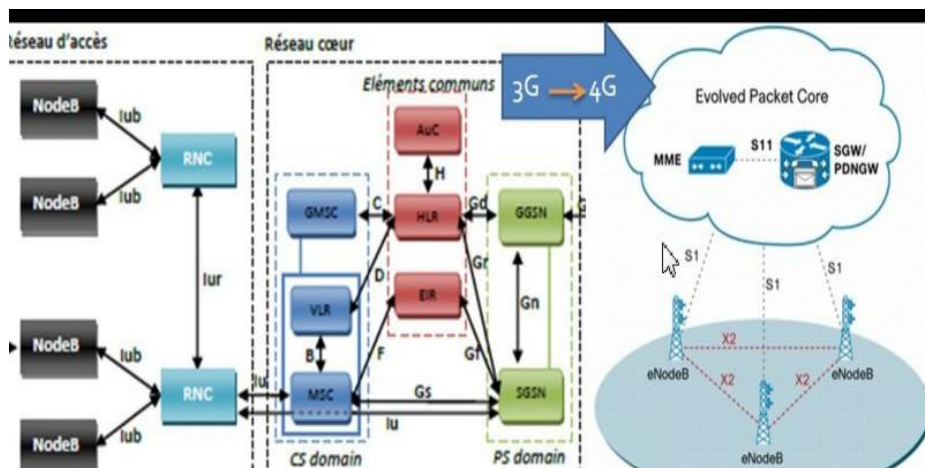


Figure 1-9: Architecture de LTE

1.5.4 Les caractéristiques fondamentales de la 4G :

La 4G permet effectivement d'avoir des performances de Qos très fiables, en citant par la suite quelques paramètres :[5]

1.5.4.1 Débits et fréquences du réseau 4G :

L'évolution des débits suit une progression semblable à celle de la capacité de calcul. Chaque nouvelle technologie de réseaux mobiles augmente les débits et suscite une attente de Débits supérieurs. Il était ainsi également clair dès 2004 que le LTE devrait fournir de très Hauts débits. Au-delà des limitations capacitaires, le débit fourni à un utilisateur dépend de ses conditions radio, liées en particulier à sa position dans la cellule, des techniques de Transmission employées et de la ressource spectrale disponible.

L'établissement des standards de performances communément admis pour les réseaux 4G : 100 Mbit/s sur le lien radio descendant (antenne relais vers mobile), et 50 Mbit/s maximum Sur le lien montant (mobile vers antenne relais). La technologie LTE fonctionne dans une variété de fréquences selon la zone géographique couverte : 700 MHz aux Etats-Unis pour le réseau de Verizon Wireless, 2,6 GHz et 800 MHz en Europe, et 2,1 GHz pour le réseau japonais de NTT Docomo (opérateur japonais).

Les objectifs de débit maximal définis pour le LTE sont les suivants :

- 100 Mbit/s en voie descendante pour une largeur de bande allouée de 20 MHz, soit une efficacité spectrale crête de 5 bit/s/Hz.
- 50 Mbit/s en voie montante pour une largeur de bande allouée de 20 MHz, soit une efficacité spectrale crête de 2,5 bit/s/Hz.

Ces chiffres supposent un UE de référence comprenant :

- deux antennes en réception.
- une antenne en émission.

Pour le LTE y auna, deux antennes d'émission à la station de base et deux antennes en réception au niveau de l'UE.

L'utilisateur peut ainsi accéder à ses services favoris chez lui ou hors de son domicile avec une fluidité homogène. En complément, le débit est jugé comme un facteur de comparaison entre opérateurs et une course aux débits est en marche dans certains pays. Enfin, des débits toujours plus élevés ouvrent la porte à l'introduction de nouveaux services, sources de revenus et/ou de différenciation pour les opérateurs.[9]

1.5.4.2 Latence :

A. Latence du plan de contrôle

L'objectif fixé pour le LTE est d'améliorer la latence du plan de contrôle par rapport à L'UMTS, via un temps de transition inférieur à 100 ms entre un état de veille de l'UE et un état actif autorisant l'établissement du plan usager.

B. Latence du plan usager

La latence du plan usager est définie par le temps de transmission d'un paquet entre la couche IP de l'UE et la couche IP d'un nœud du réseau d'accès ou inversement. En d'autres termes, la latence du plan usager correspond au délai de transmission d'un paquet IP au sein du réseau d'accès. Le LTE vise une latence du plan usager inférieure à 5 ms dans des conditions de faible charge du réseau et pour des paquets IP de petite taille.

1.5.4.3 L'agilité en fréquence

Le LTE doit pouvoir opérer sur des porteuses de différentes largeurs afin de s'adapter à des allocations spectrales variées. Les largeurs de bande initialement requises ont par la suite été m défiées pour devenir les suivantes : 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz et 20MHz dans les sens montant et descendant. Notons que le débit crête est proportionnel à la largeur de bande. Les modes de duplexage FDD et TDD doivent être pris en charge pour toutes ces largeurs de bande.

1.5.5 Codage et sécurité

L'utilisation du codage OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) est une technologie de codage radio de type « Accès multiple par répartition en fréquence » (AMRF ou en anglais FDMA) pour la liaison descendante et du SC-FDMA (Le single-carrier FDMA est une technologie de codage radio de type accès multiple par répartition en fréquence pour la liaison montante au lieu du W-CDMA en UMTS).

L'OFDMA et sa variante SC-FDMA sont dérivés du codage OFDM (utilisé par exemple sur les liens ADSL et dans les réseaux Wifi), mais contrairement à l'OFDM, l'OFDMA est optimisé pour l'accès multiple, c'est-à-dire le partage simultané de la ressource spectrale

(bande de fréquence) entre plusieurs utilisateurs distants les uns des autres. L.OFDMA est compatible avec la technique des antennes MIMO.[9]

1.5.5.1 Multiplexage

Il existe deux modes de multiplexage de fréquences :

Les spécifications LTE prévoient le fonctionnement en mode dual : multiplexage de fréquences (FDD) et multiplexage temporel (TDD). En mode FDD (Frequency Division Duplexing), l'émission et la réception se font à des fréquences différentes. En mode TDD, l'émission et la réception transitent à une même fréquence, mais à des instants différents. C'est le premier mode (FDD) qui fait l'objet de l'appel à candidatures en France. C'est aussi celui qui est actuellement mis en œuvre dans les équipements télécoms et déployé dans la plupart des premiers réseaux 4G LTE autorisés. Le deuxième mode (TDD) fonctionne sur des bandes de fréquences distinctes qui feront l'objet d'attributions ultérieures.

1.5.6 Modulation adaptative et codage :

Principalement par la mise en œuvre de la modulation 16 QAM (16 Quadrature Amplitude Modulation à 16 états). Cette modulation permet de doubler la capacité de transfert par rapport à la modulation utilisée pour l'UMTS, la QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) qui est basée sur deux porteuses de même fréquence déphasées de 90 degrés, soit 2 puissance 2 = 4 états d'information. Pour sa part, la 16 QAM combine deux niveaux d'amplitude avec deux porteuses en quadrature, soit 2 puissance 4 = 16 états d'information. Chaque une de ces modulations est utilisée pour un lien précis tel que :[6]

Modulations Downlink : QPSK, 16QAM et 64QAM

Modulations Uplink : QPSK et 16QAM

1.5.6.1 La modulation 16QAM :

La modulation d'amplitude en quadrature (QAM) est une forme de modulation d'une porteuse par modification de l'amplitude de la porteuse elle-même et d'une onde en quadrature (une onde déphasée de 90° avec la porteuse) selon l'information transportée par deux signaux d'entrée [6].

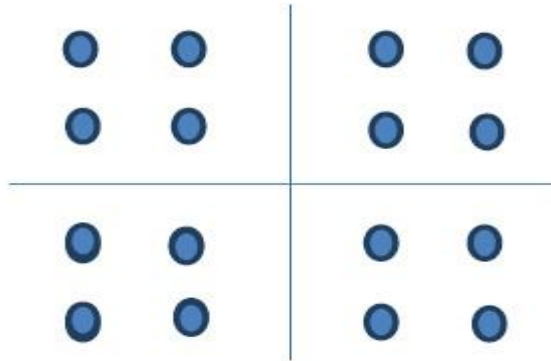


Figure 1-10 : Constellation QAM à 16 états [6].

L'amplitude et la phase de la porteuse sont simultanément modifiées en fonction de l'information à transmettre.

La figure 1-10 montre la constellation, qu'elle est en conséquence le nombre de bits pouvant être transmis en une fois, peut être augmentée pour un meilleur débit binaire, ou diminuée pour améliorer la fiabilité de la transmission en générant moins d'erreurs binaires. Le nombre de points de la constellation est indiqué avant le type de modulation QAM.

Le format de modulation QAM est étudié de plus en plus sérieusement dans le domaine des télécommunications par fibre optique afin de répondre à l'augmentation du débit.

1.5.6.2 La modulation QPSK :

Deux signaux FI en quadrature sont générés à partir d'un oscillateur local à la fréquence quadruple. Le train de donnée binaire est séparé en deux "sous trains" appelés I et Q. La paire de valeur, constitue ce que l'on appelle un symbole.

Pour des considérations électroniques, les signaux I et Q sont centrés sur 0V. On peut donc considérer que I et Q prennent symboliquement deux niveaux +1, -1 correspondant aux états binaires

Chacun attaque un multiplieur. Le résultat de chaque multiplication est sommé en sortie de façon à obtenir un signal modulé $v_s(t)$: $V_s(t) = I \cos \omega t + Q \sin \omega t$

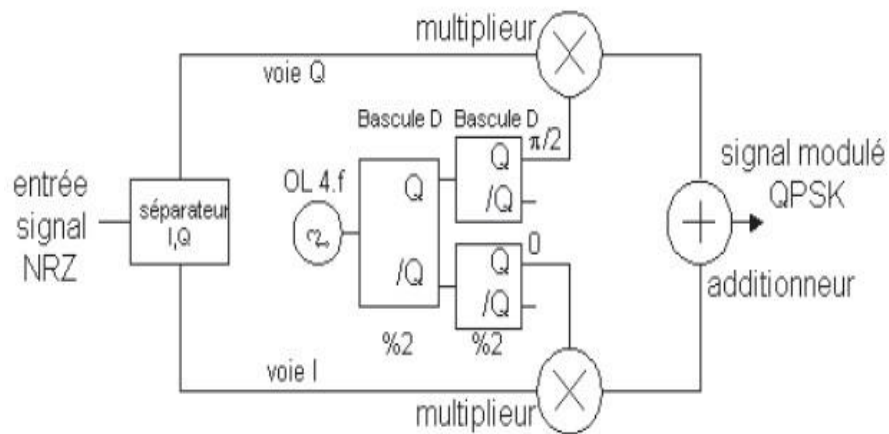


Figure 1-11 : Schéma du principe du modulateur QPSK [6].

Les états de phases du signal modulé se représentent en coordonnées polaires dans le plan I, Q. Suivant les combinaisons de ces derniers, on obtient alors le diagramme de communément constellation [6].

1.6 Conclusion

Dans ce chapitre introductif, nous avons présenté d'une façon générale les différentes générations de téléphones mobiles et les principales caractéristiques d'un réseau cellulaire.

Ainsi, la mise en œuvre du service GPRS implique une évolution matérielle et logiciel s'ajoutant au réseau GSM déjà existants. L'évolution du GSM vers GPRS prépare à l'introduction des Réseaux de troisième génération l'UMTS. En ce qui concerne L'infrastructure, des modifications doivent être effectuées pour l'intégration du GPRS ou l'UMTS par l'ajout d'autres équipements, et le chargement de logiciels.

Le GPRS constitue une évolution majeure vers la troisième génération (UMTS).

Il est conçu pour la transmission de données en mode paquet pour assurer l'accès simple au réseau Internet.

L'évolution de UMTS vers la 4G aperçu des différents composants et caractéristiques de la technologie LTE (quatrième génération) afin de présenter par la suite la terminologie des termes utilisés dans cette technologie

2.1 Introduction :

Le SDH est une nouvelle technologie de transmission cette hiérarchie de transmission est fondée sur les concepts de SONET (Synchronous Optical Network) proposés par l'organisme de normalisation américaine BELLCORE. La SDH repose sur une trame numérique de niveau élève qui apporte une facilité de brassage et d'insertion/extraction des niveaux inférieurs.

2.2 Nécessité d'une nouvelle hiérarchie :

Les concepts de la SDH répondent à un certain nombre d'objectifs qui sont la flexibilité, la visibilité, la facilité d'exploitation, la prise en compte des évolutions futures vers les hauts débits et l'interconnexion des systèmes :

✓ La flexibilité d'un système de multiplexage se mesure d'une part à la facilité de Réorganisation du train résultant et d'autre part à la possibilité de transporter dans ce train des débits variés.

✓ Le principe de multiplexage retenu pour la SDH est le multiplexage synchrone. Ce type de multiplexage procure une visibilité directe des signaux transportés à l'intérieur d'une trame à 155Mbit/s. On peut alors extraire ou insérer des affluents, réorganiser le multiplex sans effectuer l'ensemble des opérations de multiplexage/démultiplexage.

De plus il est possible de transmettre dans une trame synchrone des débits non normalisés G703 par exemple : TVHD ou ATM.

✓ Les multiplexeurs de la hiérarchie plésiochrone actuelle disposent de quelques éléments binaires de réserve qui peuvent être utilisés pour effectuer des contrôles de qualité entre deux équipements de multiplexage d'un même niveau. Cependant le débit disponible reste faible et limite les possibilités d'exploitation et de maintenance. D'autre part, il n'est pas utilisable par les systèmes de ligne. Le fait que la SDH soit essentiellement orientée vers la transmission sur fibres optiques a permis de diminuer les contraintes de débit. Une part relativement importante du débit peut donc être réservée aux différentes fonctions d'exploitation maintenance, elles existent aux différents niveaux définis dans la SDH.

✓ Dans la hiérarchie plésiochrone, la normalisation d'un nouveau débit de transmission au niveau N de la hiérarchie se traduit par la définition d'une jonction au nouveau débit de transmission et d'une trame de multiplexage des signaux de niveau N-1. Les systèmes de surveillance des équipements de transmission sont spécifiques aux constructeurs qui définissent les codes ou trames de ligne, le type d'embrouillage...

Dans la SDH les trames haut débit sont construites par multiplexage synchrone d'une entité de base. Cette entité de base définit donc implicitement toutes les trames hautes débit n'étant en principe que technologique. Chaque trame est obtenue en rajoutant un sur débit de gestion au multiplexage des entités de base. [10]

Niveau SDH	Débit correspondant en kbit/s
STM-1	155.520
STM-4	622.080
STM-16	2.488.320
STM-64	9.953.280

Tableau 2-1 : récapitulatif des débits en SDH :

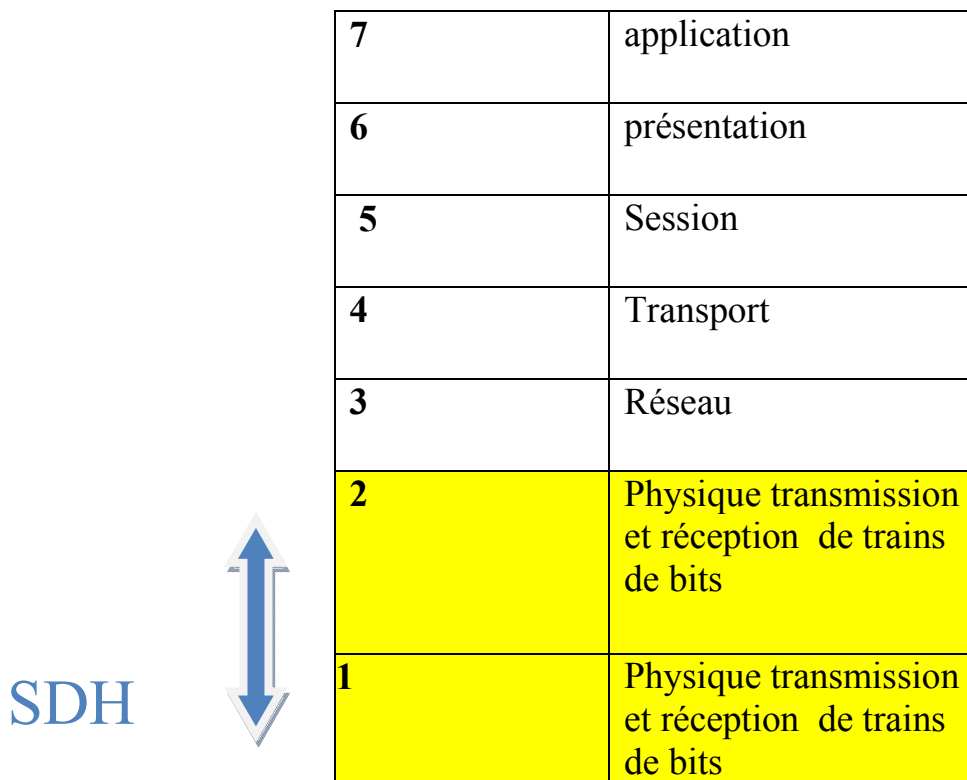


Tableau 2-2 : SDH se situe au niveau 1 et 2 du model OSI

2.3 Infrastructure du réseau SDH :

2.3.1 Liaison physique optique

Le réseau de transmission SDH utilise des fibres optiques monomode, comme support physique pour relier les MIE, les équipements SDH ont des paramètres spécifiques selon leurs interfaces optiques, elles sont relatives aux quatre débits normalisés : STM-1 STM-4 STM-16 STM-64.

Pour une boucle SDH, on utilise deux fibres optiques unidirectionnelles, en cas de coupure optique, il y aura rebouclage au niveau du MEI entre la fibre normale et la fibre secourue permettant de continuer son fonctionnement en boucle.

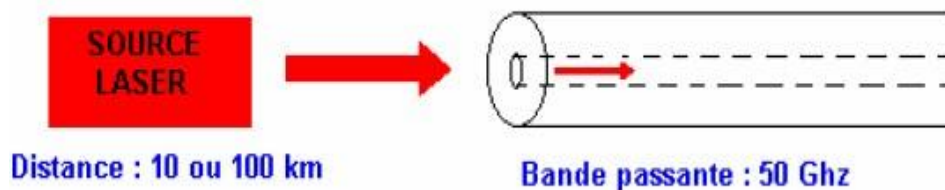


Figure 2-1 : fibres optiques monomode

Seuls les rayons parallèles à l'axe de la fibre optique seront propagés, d'où des performances maximales. Ceci nécessite l'utilisation d'un laser comme source d'émission.

Application - niveau STM - gamme de longueur d'onde

Application: **I** pour Intra station, **S** pour Short-haul ou **L** pour Long-haul

Niveaux STM : STM-1, STM-4, STM-16 ou STM-64

Gammes de longueur d'onde : 1 pour 1300nm, 2 pour 1550nm.

Pour une boucle SDH on utilise 2 fibres optiques unidirectionnelles sur un tronçon car lorsque l'on envoie une trame STM-n venant de la Commutation (on parle de BPN commut) à partir du MIE, en fait la trame est envoyée dans une fibre optique, dans le sens qui est celui des aiguilles d'une montre lorsque l'on regarde la boucle optique, et une copie de la trame est envoyée dans la deuxième fibre optique dite secourue dans le sens contraire de l'autre fibre, ce qui permet de sécuriser 100% des BPN de la boucle et d'être sûr que la trame arrive à

destination du MIE. Pour les autres trames STM la trame est envoyée dans le sens conventionnel et pas dans la fibre de secours. En cas de coupure optique, il y a rebouclage au niveau du MIE entre la fibre normale et la fibre secourue permettant de continuer le fonctionnement en boucle SDH.[11]

2.3.2 Notion des Multiplexeurs SDH :

Le multiplexeur est un équipement qui permet de mettre en relation plusieurs utilisateurs, à travers une liaison partagée, en point à point. La fonction de base assurée par le multiplexage consiste à charger (à l'origine) et à extraire (à l'arrivée) les affluents des différents clients qui ont été assemblés dans des trames STM-n véhiculées par le réseau.

2.3.2.1 Multiplexeur Insertion - Extraction MIE :

Les multiplexeurs insertion - extraction (add-drop) sont utilisés pour réaliser les fonctions de transmission suivantes :

- transfert du signal numérique synchrone de ligne entre ses accès " Ouest " et " Est ".
- dérivation : insertion/extraction de signaux numériques plésiochrones et/ou Synchrones dans le signal numérique synchrone présent à ses accès " Ouest " et/ou Est".
- des fonctions de brassage de VC12 ont été introduites dans le MIE.

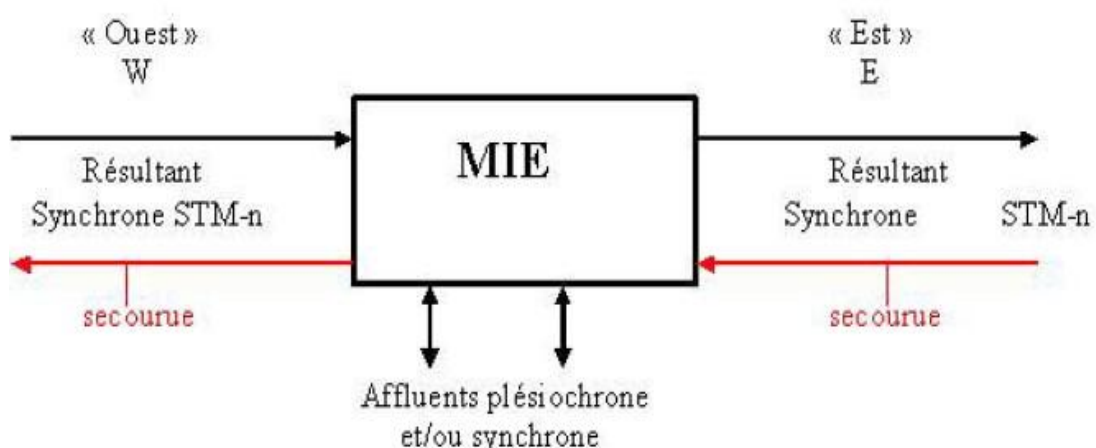


Figure 2-2 : Multiplexeurs Insertion – Extraction

Le MIE contient la fonction de régénération qui permet la remise en forme uniquement par régénération du signal électrique et une surveillance de la section de la régénération. Pour de longue distance on n'installe un MIE sans cartes affluentes pour régénérer le signal.

L'un des inconvénients majeurs du MIE est le nombre insuffisant d'accès à 2Mbit/s au niveau du châssis MIE alors que ce débit est le plus demandé, c'est pour cela que l'on utilise des MTS.[10]

2.3.2.2 Multiplexeur Terminal Simplifié :

Le multiplexeur terminal simplifié (MTS) permet le multiplexage de signaux affluents plésiochrones ou synchrones dans un signal de ligne STM-1 résultant. Dès lors on ne parle plus de configuration en anneau mais de configuration en point à point. Il existe deux configurations en point à point possible. La première reliant deux MTS et la seconde reliant un MTS à un MIE qui est lui en anneau. La première configuration est utilisée pour une LS par exemple en optique ou pour une boucle optique STM-1 avec deux sites différents. La seconde solution est la plus employée au sein du réseau des Opérateurs tel que France Telecom car l'avantage du MTS est son nombre important d'entrée/sortie d'affluent 2Mbit/s venant le plus souvent de la commutation pour relier les autocommutateurs publics entre eux et desservir des baies d'abonnées distantes de l'autocommutateur où l'anneau optique ne passe pas.

2.3.2.3 Brasseur :

Parmi les raisons qui ont conduit à définir un brasseur numérique basé sur les nouvelles normes de la hiérarchie numérique synchrone SDH figure celle d'utiliser plus efficacement la largeur de bande allouée. En technologie plésiochrone la réorganisation du trafic demande des démultiplexages successifs et coûteux jusqu'au niveau le plus bas de la hiérarchie. Par contre, grâce aux techniques simplifiées de multiplexage et démultiplexage synchrone, le brasseur peut apporter une grande souplesse dans la réallocation dynamique des ressources, ce qui optimise la capacité offerte par les artères de transmission.

Les brasseurs sont destinés à assurer la connectivité et la flexibilité de la bande passante entre différentes portions de réseau, les transferts de VC entre boucles ou sous réseaux. Ces brasseurs sont des équipements de forte capacité et ils sont donc situés aux nœuds importants du réseau.

La fonction brassage est assurée par des brasseurs (BRN) qui permettent le brassage des conteneurs (VC12 à 2Mbit/s et VC3 à 34Mbit/s) entre les accès STM. Les répartiteurs électroniques (RPN), gardant l'intégralité des affluents, permettront de répartir les conteneurs (VC4=155Mbit/s) dans les STM. Le cœur du brasseur repose sur la matrice de commutation qui connecte les conduits entrants dans le système avec ceux qui en sortent. Les conduits pouvant être synchrone ou plésiochrone.

Le brasseur est composé de plusieurs modules : module d'entrée et de sortie, module de matrice, module d'horloge et module de commande.

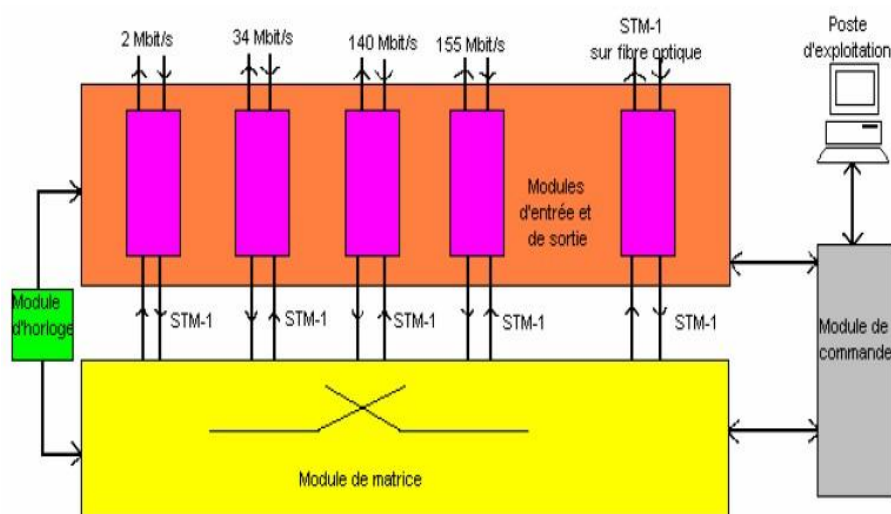


Figure 2-3 : les Quatre sous-systèmes fonctionnels d'un brasseur

Le module d'entrée et de sortie peut démultiplexer les signaux plésiochrones à 34 et 140Mbit/s en composantes à 2Mbit/s, les insérer dans un VC correspondant à leur hiérarchie, et générer une trame STM-1 interne qui est transmise à la matrice pour brassage. Il peut terminer un signal synchrone à 155Mbit/s en ajoutant un sur débit de section SOH, démultiplexer si nécessaire le VC et insérer les VC dans une trame STM-1 interne qui est transmise à la matrice pour brassage. Ainsi les cartes d'accès des modules d'entrée et de sortie sont fonction de leur débit de transmission.

Le module de matrice est basé sur le principe de brassage temporel des signaux. La structure de la matrice est carrée, ce qui assure un brassage des signaux sans blocage. La matrice brasse, sans les modifier, tous les VC extraits des trames STM-1 internes fournies par les modules d'entrée et sortie. Le mode de commutation est unidirectionnel. Les connexions

bidirectionnelles sont traitées comme deux connexions unidirectionnelles. Le module de matrice est composé de matrices dupliquées qui optimise la sécurité du brassage. Chaque carte de matrice a une capacité de 16 x 16 accès STM-1. La matrice étant de type carré, quatre cartes représentent 32 x 32 accès STM-1, et neuf cartes sont nécessaires pour disposer de 48 x 48 accès.[10]

Le module d'horloge central produit un signal à 155MHz qui permet de synchroniser les signaux acheminés à l'intérieur du brasseur. Ce module est protégé par duplication. Le module dispose de trois signaux de référence. Il reçoit des signaux à 2 048 kHz, de deux horloges de référence externe à 2 048 kHz ou des signaux de synchronisation générés à partir des signaux STM-1 présents à l'entrée du brasseur. Le signal d'horloge à 155MHz interne est produit à partir de ces signaux externes pour l'ensemble du nœud du réseau dans lequel se trouve le brasseur. Le signal est ensuite distribué dans tout le brasseur. La distribution des signaux d'horloge à partir de chaque module s'effectue par deux voies en redondance. Ainsi chacun émet son propre signal d'horloge à 155MHz qui sont identiques.

Le module de commande permet d'établir et de maintenir les connexions, de collecter et d'exploiter les informations d'alarme et de performance, de gérer la configuration du matériel de l'équipement, et les fonctions relatives à la sécurité. Le module de commande se compose du système de contrôle qui est divisé en trois niveaux (le processeur général de commande, les processeurs locaux et les processeurs situés sur les différentes cartes de transmission) et des postes d'exploitation qui permettent de superviser le brasseur en local (avec une liaison Ethernet par exemple) ou distant (grâce à une Liaison Louée ou un réseau X25 par exemple), [12]

2.4 La Topologie et la protection :

2.4.1 Les topologies :[11]

Un réseau SDH est un ensemble d'éléments réseau (ADM, TM...etc.) Interconnectés entre eux par des câbles à fibres optique. Une topologie est une structure géométrique des éléments réseaux et les lignes de transmission. L'architecteur en anneau est celle qui répond le mieux a ces considérations (l'efficacité, la fiabilité et la rentabilité d'un réseau dépendent largement de sa topologie). Cependant, on constate dans la pratique un mélange de topologies.

Anneau, maillé, arborescent et parfois on utilise d'autres topologies point à point ou en bus.

Les architectures peuvent être réalisées en bus, en anneau, en étoile et peuvent être combinées entre elles permettant aux opérateurs de résoudre un grand nombre de cas pratiques, [10]

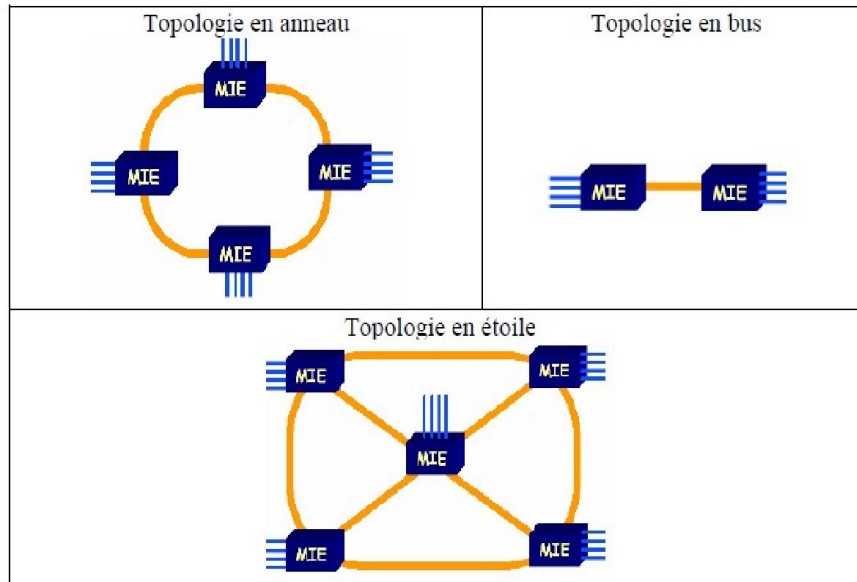


Figure 2-4 : 1 architecture réalisées en bus, en anneau, en étoile

2.4.1.1 Topologie point à point :

La configuration de réseau simple implique deux multiplexeurs terminaux reliés par fibre avec ou sans un régénérateur dans le lien. Dans cette configuration, le conduit SDH et le chemin d'accès de service (par exemple, E1 ou E3 liens de bout en bout) sont identiques et cette ils synchrone peut exister au sein d'un monde de réseau asynchrone.

2.4.1.2 Topologie en anneau :

La combinaison SDH/FO permet de réaliser une structure en anneau particulièrement robuste et qui permet de sécuriser le transport à un coût plus raisonnable que des solutions traditionnelles en mode actif/ « standby » mises en œuvre dans les réseaux PDH, ce que demandent les clients du réseau SDH (c'est-à-dire les réseaux PSTN/ISDN/ATM/GSM...ou les circuits loués).

2.5 Architecture en anneaux unidirectionnels (monofibres) :

Les trafics émissions et réceptions circulent dans le même sens sur l'anneau, sur la fibre dite active. L'autre fibre de protection peut être utilisée, soit pour la duplication du trafic, soit pour transporter un STM-n vide ou un trafic non prioritaire.

2.5.1 Architecture en anneaux bidirectionnels (2 fibres) :

Les trafics émissions et réceptions circulent en sens opposés sur l'anneau et utilisent donc les deux fibres de la paire. Par conséquent, la moitié de la bande passante doit être réservée pour la protection, afin de permettre une réorientation de trafic en cas de défaillance.

2.5.2 Les anneaux bidirectionnels (4 fibres) :

Dans ce cas, une paire de fibre est réservée pour la protection. Cette paire peut être éventuellement utilisée pour un trafic non prioritaire et pour de la protection entre nœuds voisins.

Pour satisfaire les besoins des opérateurs, les banques, les entreprises, le commerce électronique et communications multimédia et fournir une meilleure qualité de service à la clientèle en terme débit, ALGERIE TELECOM dispose d'un réseau multiservice pouvant supporter les services nécessaires tels que voix, vidéo, l'internet, l'interconnexion des réseaux locaux d'entreprise et la téléphonie fixe et mobile.

Dans ce travail, on va s'intéresser au dimensionnement de ce réseau, qui tient en compte l'aspect sécurisation supervision et synchronisation pour une sauvegarde total du trafic.

2.6 Description de T2000 :

HUAWEI propose un système de gestion puissant **Optix iManager T2000** pour la gestion des équipements. C'est un système intégré de gestion de réseau pour les réseaux de transmissions (SDH, WDM, RTN(FH), système de câble Ethernet, ATM, ASON), et aussi les réseaux de données (commutateurs, routeurs, etc..) et réseaux d'accès (DSLAM, etc..). C'est un système de haute sécurité, il est commode pour l'installation automatique et la mise à niveau du client, avec une haute force du système.

Ce système assure la configuration des éléments du réseau, gère les alarmes, et les performances, et les communications entre les éléments, fournit plusieurs outils de sauvegarde et de restauration des données, pour assurer la sécurité des données réseau.

2.6.1 Description de LCT :

Le LCT de HUAWEI a des fonctions de gestion abondante à la couche NE :

- **Gestion de NE :**
 - Recherche des NEs.
 - Ajout/suppression de NEs.
 - Connexion ou de déconnexion des NEs.
- **Gestion d'alarme :**
 - Définition des stratégies de surveillance d'alarme.
 - Ajout/suppression de NEs.
 - Connexion ou déconnexion des NEs.
 - Voir des alarmes.
 - Suppression des alarmes.
- **Gestion des performances :**
 - Définition des stratégies de suivi des performances.
 - Voir les performances des événements.
 - Remise à zéro des registres de performances.
- **Gestion de configuration :**
 - Configuration des informations de base du NE.
 - Configuration des liens radio.
 - Configuration de protection.

- Configuration d'interface.
- Configuration de service.
- Configuration d'horloge.
- **Gestion de communication :**
 - Gestion de paramètres et de communication.
 - Gestion de DCC.
 - Gestion de protocole IP.
 - Gestion de protocole OSI.
- **Gestion de sécurité :**
 - Gestion d'utilisateur NE.
 - Gestion de groupe d'utilisateur NE.
 - Control d'accès LCT.
 - Gestion d'utilisateur en ligne.
 - Paramètre de sécurité NE.
 - Journal de sécurité NE.
 - Gestion d'utilisateur NMS.
 - Gestion des logs NMS.

2.6.2 Etapes de la configuration

2.6.2.1 Lancer T2000 :

Ouvrir le serveur (équipement à configurer), puis l'authentifier. Réduire la fenêtre du serveur et lancer le client (logiciel), de même le client va être soumis à une authentification



Figure 2-5 : lancer le serveur



Figure 2-6 : lance le client

Une petite fenêtre apparait dont le identificateur est **admin**, et le mot de passe est **T2000**

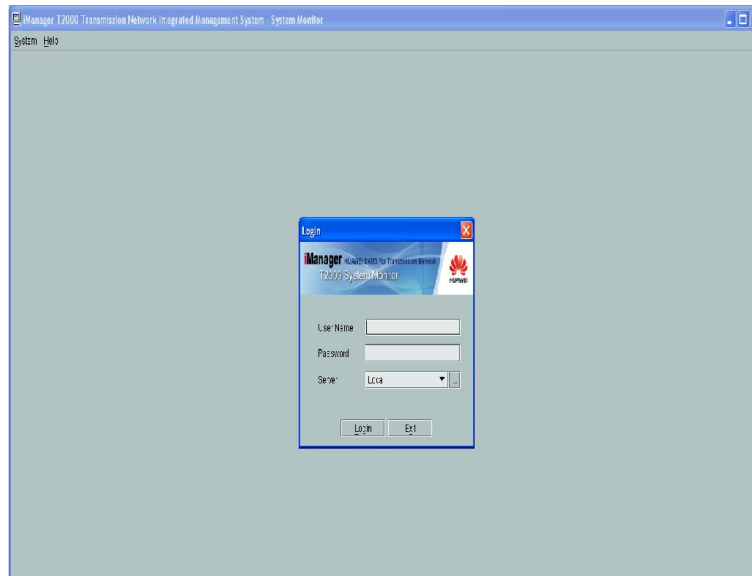


Figure 2-7 : authentification du client/serveur

2.6.2.2 Recherche des NEs :

Dans ce dernier figureur 2-8 on clique avec le bouton droit sur **file**, puis sur **search for NE**, et cela est dans le but de recherche tous les elements connectés au réseau. Pour avoir les paramètres d'un NE on passa a NE attribut.

2.6.2.3 Creation des NEs :

Une fois que tous les elements connectés sont apparus, on clique sur stop pour arrêter l'opération précédente. Tout cela se traduit dans la fenêtre suivante .

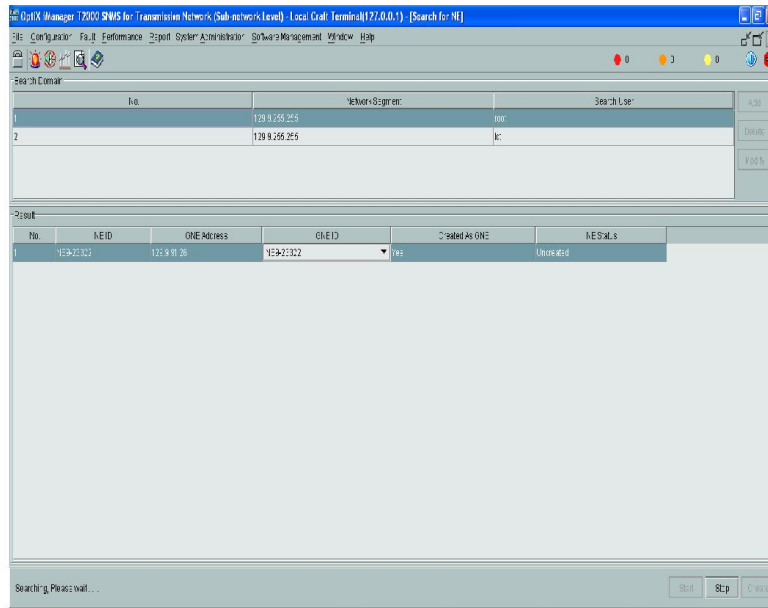


Figure 2-8 : apparition des NE et fin de la recherche

Visualisation des équipements connectés :

L'étape suivante consiste à créer chaque élément (créer le chemin de routage pour pouvoir accéder aux éléments), et cela se fait en cliquant sur le bouton droit sur l'élément et choisir **Create**, cela se fait pour chaque élément

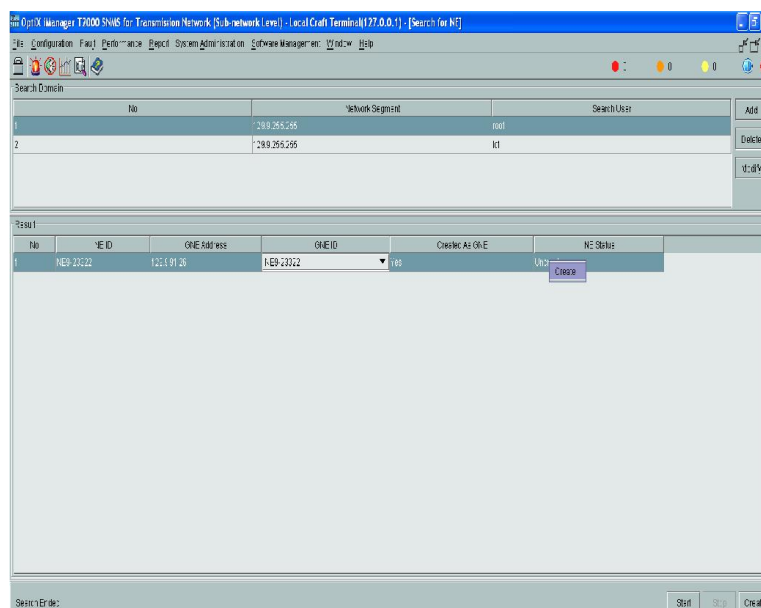


Figure 2-9 : Création des éléments

En cliquant sur **Create** une nouvelle fenêtre apparaît :

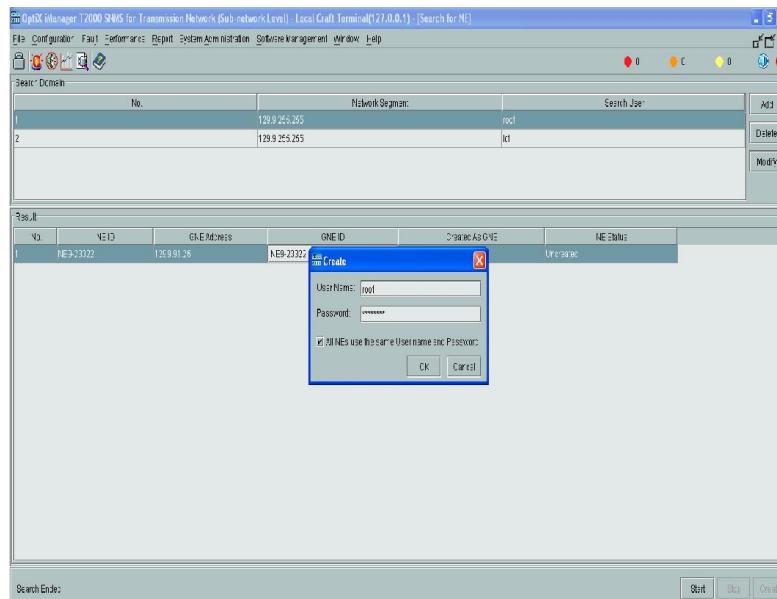


Figure 2-10 : ouverture du LCT lors de la création des NEs

L'**user Name** est **root**, et **Password** est **password**.

Parfois on ne peut pas accéder aux éléments avec « root », donc on se retourne vers « lct » pour les nouvelle équipements ont été créés avec ce dernier.

2.6.2.4 Configuration des NES :

Après création des éléments, on réduit la fenêtre afin de passer la configuration de chaque éléments, en cliquant sur le bouton droit puis « configuration » comme le montre la fenêtre suivante :

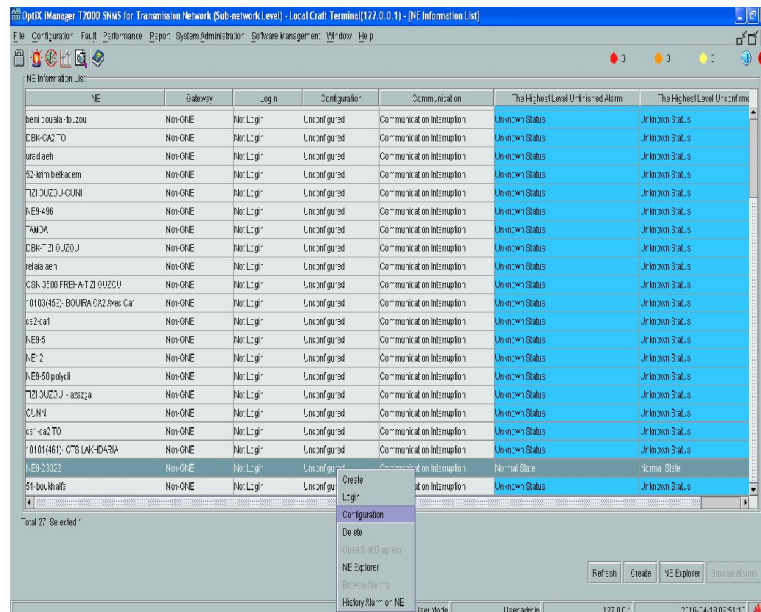


Figure 2-11 : configuration des NEs créés

2.6.2.5 Attribution des cartes :

Après configuration de tous les éléments réseaux, on clique dessus sur le bouton droit toujours, et on obtient une nouvelle fenêtre qui s’ouvre, pour les charger :

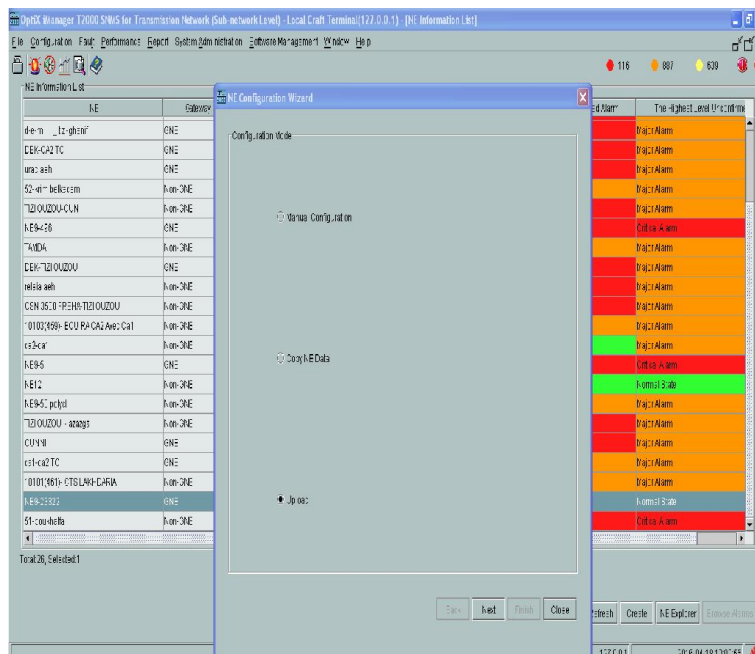


Figure 2-12 : chargement des configurations pour configurer les cartes

On sélectionne :

- ✓ **Manual Configuration** : configuration d'une nouvelle liaison.
- ✓ **Copy NE Data** : il s'agit de copier une configuration existante.
- ✓ **Upload** : il s'agit de charger la configuration existante.

Puisque notre équipement a déjà été configuré, on utilise « **Upload** » pour charger les configurations existantes

❖ **Remarque :**

Pour accéder a tout les éléments connectés au réseau, il faudra les charger un par un.

Après que tout les NE soient connectés au réseau, on choisit un élément pour l'explorer (c'est-à-dire faire des manipulations réelles).

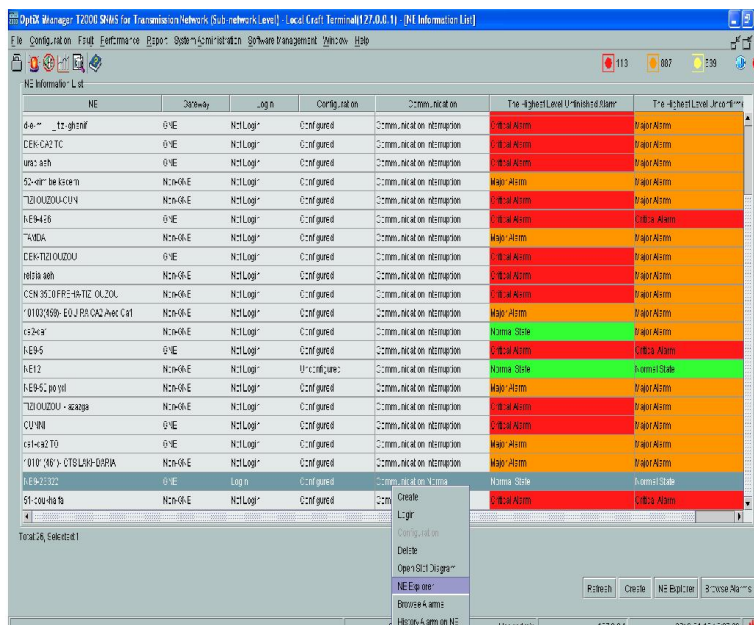


Figure 2-13 : Création d'un nouveau service

On réduit d'abord la fenêtre de chargement, puis on clique sur le bouton droit et on choisit NE explorer pour configurer un nouveau service, et voir ses étapes de configuration :

On sélectionne **configuration**, puis **SDH service configuration** pour afficher tout les paramètres de la configuration :

- ✓ Pour créer un nouveau service SDH (trafic), on clique sur **Create**, et on obtient une nouvelle fenêtre qui s'ouvre et qui guide la configuration :

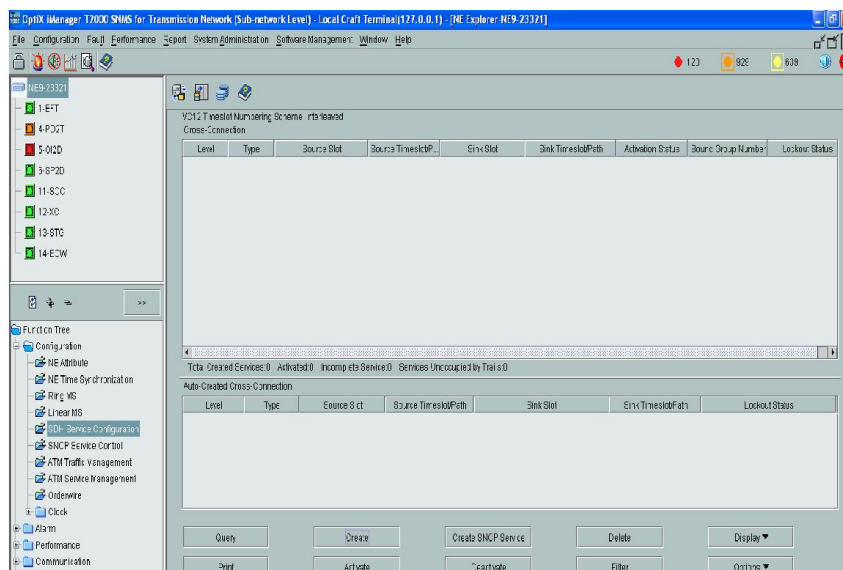


Figure 2-14 : Création du nouveau service SDH

Et on obtient une nouvelle fenêtre qui s'ouvre et qui guide la configuration représentée ci-dessous :

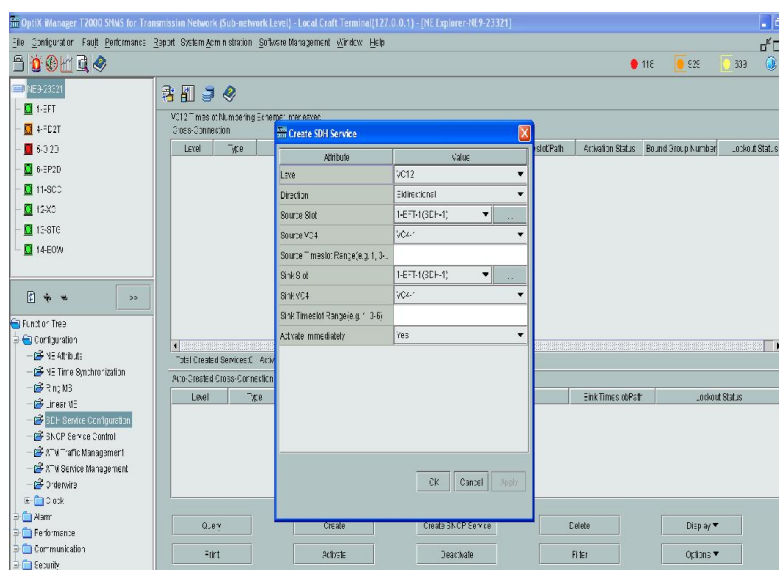


Figure 2-15 : Création du service SDH en CV12

On envoie un niveau CV 12, dont la configuration se fait sur les cartes FE (Fast Ethernet), ces cartes FE supportent 4 STM-1 c'est-à-dire de VC4-1 a VC4-4. On a 16 STM : de 1 à 16, on épuise le niveau 1.

Pour une configuration **FE**, on doit configurer deux parties : une SDH et l autre Ethernet, la partie SDH est celle présentée précédemment par contre la partie Ethernet

D'abord on choisit la carte Ethernet : on aura l'arbre de fonctions, on sélectionne **Ethernet interface management**, puis **Ethernet interface**, une fenêtre s'ouvre.

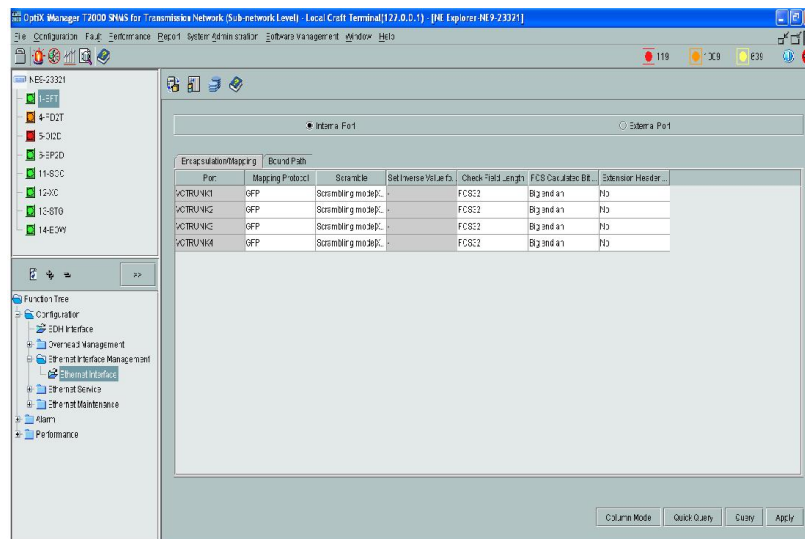


Figure 2-16 : Création du service Ethernet

On sélection **l'internal port** c'est-à-dire le port interne, puis on passe a la bande passante, puis configuration.

On revient a **l'external port** pour activer le port extérieurs ou ports physiques comme le montre la figure suivante :

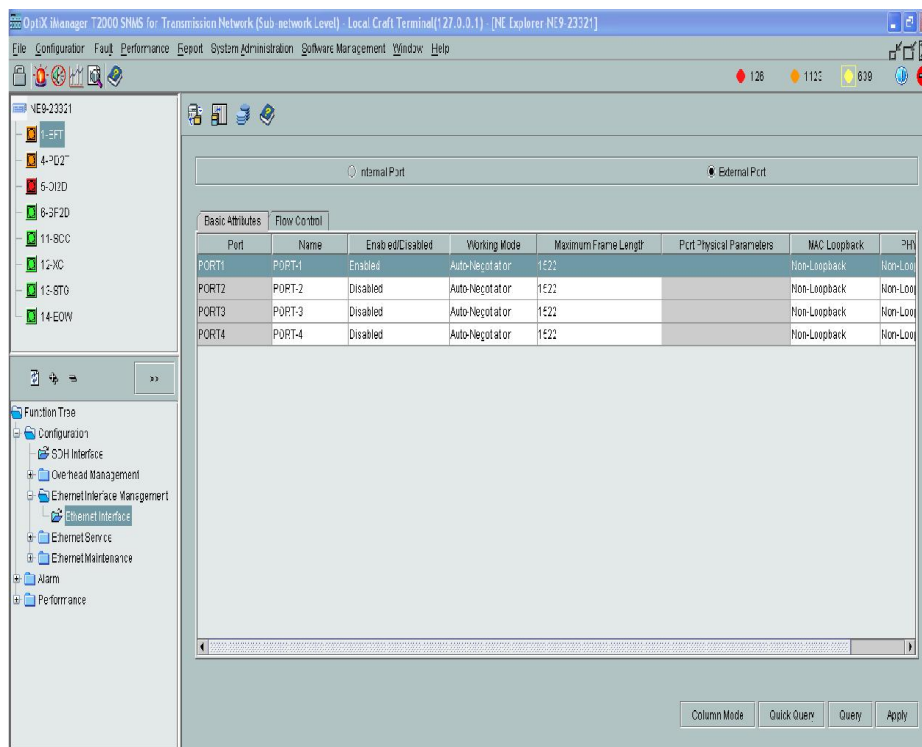


Figure 2-17: activation du port extérieur (physique)

L'activation du port se fait en double cliquant sur le port qu'on veut utiliser.

Pour voir le niveau du signal lors de la transmission, il suffit de choisir le type d'une carte par exemple la carte 8-NS2 SL16, on a apparition de l'arbre de fonctions : **Configuration** puis **Optical Power Management**, puis sélectionner **Query** et enfin on obtient le niveau du signal.

2.7 Conclusion :

Ce stage résume le travail qui présente la conception d'une liaison SDH point à point. Ce réseau repose sur une plateforme OSN 3500 de HUAWEI, qui permet à ALGERIE TELECOM de véhiculer des services voix, vers des services de type données destinées aux clients

3.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter au premier les faisceaux hertziens. En suite le réseau de communication d'Algérie télécom dans la wilaya de Tizi Ouzou est les caractéristique de deux liaison (Taourirt boumaten_ Draa el mizan et taourirt boumaten_bounouh) qui sont associées à leurs bons fonctionnements .

3.2 Les liaisons radio électrique :

Les liaisons radio électrique utilisent la propagation des ondes électromagnétiques dans l'aire libre, étant donne que les bandes de fréquence utilisées sont imposées, le signal à transmettre sera toujours transpose en fréquence par modulation.

Une liaison peut s'établir en visibilité directe entre plusieurs stations sur des points hauts. Elle a une portée variant de 10 à 60 Km, mais la distance qui est souvent utilisée est de 50 Km. [13]

3.2.1.1 La propagation des ondes électromagnétique :

Dans une liaison hertzienne, c'est une onde électromagnétique qui porte l'information à transmettre. Une onde électromagnétique est constituée d'un champ électrique E et d'un champ magnétique H, couples entre eux : les deux champs sont perpendiculaires l'un à l'autre, leurs amplitude sont en rapport constant et leurs variations sont phase. [15]

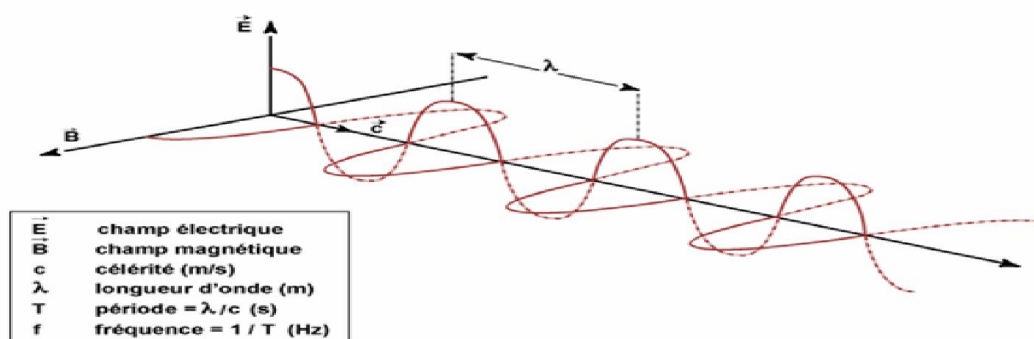


Figure 3.1: propagation d'une onde électromagnétique

3.2.1.2 Caractéristique d'une onde électromagnétique :

Les caractéristiques principales d'une onde électromagnétique

- **La polarisation** : c'est l'orientation des champs électrique par rapport à l'horizontale.

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

[15]

Dans le cas général, on a alors une composante horizontale et une composante verticale.

- **La vitesse de propagation** : dans le vide, une onde électromagnétique se propage à la vitesse de la lumière $C = 3 \cdot 10^8$ M/S.
- **la fréquence** : En un point donné, c'est le nombre de maxima de champ par seconde. elle est égale à la fréquence du générateur qui a donné naissance à l'onde. L'unité est l'Hertz. On la note F.
- **la longueur d'onde** : c'est la distance parcourue par l'onde pendant la durée d'une période. On la note λ .

Avec :

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

III. 1

λ : longueur d'onde

C : la vitesse de la lumière

F : fréquence

3.2.2 Les faisceaux hertziens numériques :

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 les 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. [13]

3.2.2.1 Caractéristique des FHN :

- **Utilisation:** Ce procédé permet de transmettre des signaux d'information (téléphonie, télévision, etc.) d'un point à un autre du territoire: Liaison point à point.
- **Débit théorique:** Jusqu'à 155 Mbits/s.
- **Portée:** A débit donné, la portée se réduit lorsque la fréquence du FH augmente. En général, les bandes de fréquences de 23 et 38 GHz sont utilisées pour des liaisons courtes distances (4 ou 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.

3.2.2.2 Principe de fonctionnement :

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. Pour des raisons de distance et de visibilité, le trajet hertzien entre l'émetteur et le récepteur est souvent découpé en plusieurs tronçons, appelés bonds, reliés par des stations relais qui reçoivent, amplifient et remettent le signal modulé vers la station suivante. [13]

3.2.2.3 Les éléments d'une liaison hertzienne :

Emetteur : Il est caractérisé par sa puissance émise PE. Ici PE sera exprimée en dBm ou dBW. Ordre de grandeur : de quelques mW (0dBm) à plusieurs kW (> 30dBW).

3.3.1 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 (voir cours de physique). Elle est caractérisée par son atténuation LE, exprimée en dB. Dans les petits systèmes, où tout est intégré (WiFi, téléphone mobile, etc..) cette liaison n'existe pas. [14]

(LE = 0dB).

3.3.1.1 Antenne émission :

Elle est caractérisée par son Gain d'antenne GE, exprimé en dBi

Distance d : c'est la distance entre l'émetteur et le récepteur. On peut montrer (à partir du calcul de la sphère de l'antenne isotrope et de la définition du gain d'antenne), que la distance entre l'émetteur et le récepteur, introduit une atténuation AEL (pour atténuation en espace libre) égale à :

$$A_{EL} = 20 \cdot \log \frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \quad \text{III. 2}$$

Cette grandeur est exprimée en dB.

A_{EL} : Atténuation exprimé en dB.

λ : La longueur d'onde.

D : distance entre l'émetteur et le récepteur.

3.3.1.2 Faisceaux hertziens à visibilité directe :

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

3.3.1.3 Faisceaux hertziens transhorizon :

Le faisceau hertzien transhorizon utilise la diffusion et la diffraction des ondes électromagnétique dans les zones turbulentes de la troposphère pour établir la liaison entre les antennes.

3.3.1.4 Oralité d'une liaison hertzienne :

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

- ✓ La droite de visibilité directe joignant les deux foyers de deux antennes ne doit pas rencontrer la surface de sol.
- ✓ L'ellipsoïde de Fresnel doit être dégagé au moins de 60% de tout genre d'obstacle.
- ✓ Le phénomène de réflexion et de diffraction tout le long du trajet hertzien doit être minime. Lorsque la distance entre l'émetteur et le récepteur est très importante, la continuité de la liaison est assurée par des stations relais. [14]

3.4 L'effet de l'atmosphère :

En transmission par FHN, les ondes se propagent dans la couche de la troposphère. C'est la région de l'atmosphère qui constitue le siège des phénomènes météorologiques faisant intervenir l'eau, le brouillard, la pluie, etc. [15]

3.4.1.1 Réfraction :

Dans la troposphère, les ondes peuvent être très perturbées par la variation de la température et l'humidité. On rencontre une croissance de l'indice de réfraction dans certaines couches de l'atmosphère. Par conséquent, la visibilité directe est perturbée. [15]

3.4.1.2 Absorption par les gazes atmosphériques :

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

- ✓ Absorption moléculaire de l'énergie HF.
- ✓ Absorption et diffusion par les particules liquides et solides contenues dans l'atmosphère
- ✓ Atténuation due à l'atmosphère.

3.4.2 La perturbation en transmission FHN :

3.4.2.1 Atténuation due à la pluie :

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

3.4.2.2 Atténuation due aux brouillards et nuages :

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

3.5 Les équipements d'un faisceau hertzien :

les FH contient les équipements suivants :

- IDU (Indoor Unit), unité intérieure.
- ODU (Outdoor Unit), unité extérieure.
- Antenne.
- Câble IF (fréquence intermédiaire)
- Pylône

3.5.1.1 Etude de la liaison Taourirt boumaten_ Draa el mizan :

Au premier lieu on a étudié la liaison Taourirt boumaten_ Draa el mizan, c'est une liaison à visibilité direct à une portée importante.

3.5.1.2 Caractéristique radioélectrique de la liaison taourirt boumaten_ draa el mizan :

		Taourirt boumaten			Draa el mizan				
Coordonné géographiques	longitude	3	55	12	3	50	3		
	latitude	36	35	16	36	32	59		
	altitude	487			462				
Caractéristique du système	capacite	16*2+FE+GE(800 Mb /S) Mb/S			16*2+FE+GE(800 Mb /S) Mb/S				
	Fréquence de travail	18 GHZ			18 GHZ				
	Protection de canaux	1+0			1+0				
Caractéristiques techniques	Bonde de fréquences	18 GHZ			18 GHZ				
	Ecart de fréquence Em/Rec(schifter)	18/1010 MHZ			18/1010 MHZ				
	Puissance d'Emission	19 dbm			19 dbm				
	Puissance RF ou seuil de réception	-65 dbm			-65 dbm				
	modulation	256 QAM			256 QAM				
Mesures de mise en services		Extrémité A			Extrémité B				
Fréquences du travail Em (Mhz)		C1	POL	C2	POL	C1	POL	C2	POL
		19580	V	19580	H	18570	V	18570	H
Fréquences du travail Rx (Mhz)		18570	V	18570	H	19580	V	18490	H
Type et hauteur du pylône		type		hauteur		Type		hauteur	
		Auto stable 4 PIED		25 m		Auto stable 4 PIED		57 m	
Diamètre et hauteur des antennes		Diamètre		Hauteur		Diamètre		Hauteur	
		0.6		17 m		0.6		25 m	
Type et longueur du feeder		type		longueur		type		Longueur	
		Câble coaxiale		30 m		Câble coaxiale		75 m	

Tableau 3.1 : planning de caractéristique du système entre taourirt boumaten_ draa el mizan

Dans le deuxième cas on va étudier la liaison taourirt boumaten_bounouh, c'est une liaison à visibilité directe.

3.5.1.3 Caractéristique radioélectrique de la liaison taourirt boumaten_bounouh

		Taourirt boumaten			Bounouh			
Coordonné géographiques	longitude	3	55	12	3	56	28	
	latitude	36	35	16	36	30	13	
	altitude	487			668			
Caractéristique du système	capacite	16*2+FE+GE(800 Mb /S) Mb/S			16*2+FE+GE(800 Mb /S) Mb/S			
	Fréquence de travail	18 GHZ			18 GHZ			
	Protection de canaux	1+0			1+0			
Caractéristiques techniques	Bonde de fréquences	18 GHZ			18 GHZ			
	Ecart de fréquence Em/Rec(schifter)	18/1008 MHZ			18/1008 MHZ			
	Puissance d'Emission	19 dbm			19 dbm			
	Puissance RF ou seuil de réception	-65 dbm			-65 dbm			
	modulation	256 QAM			256 QAM			
Mesures de mise en services		Extrémité A			Extrémité B			
Fréquences du travail Em (Mhz)	C1	POL	C2	POL	C1	POL	C2	POL
	23597	V			22589	V		
Fréquences du travail Rx (Mhz)	22589	V			23589	V		
Type et hauteur du pylône	type		hauteur		Type		Hauteur	
	Auto stable 4 PIED		25 m		Auto stable 4 PIED		15 m	
Diamètre et hauteur des antennes	Diamètre		Hauteur		Diamètre		Hauteur	
	0.6		16 m		0.6		5 m	
Type et longueur du feeder	type		longueur		type		Longueur	
	Câble coaxiale		30 m		Câble coaxiale		10 m	

Tableau 3.2 : planning de caractéristique du système entre taourirt boumaten_bounouh

3.6 Analyse de la liaison :

D'après ce que montrent les deux tableaux, ces deux liaisons ont le même débit et la même bande de fréquence

3.6.1 Caractéristique de la liaison :

Draâ El Mizan est une commune de la wilaya de Tizi Ouzou en Algérie, située à 42 km au sud-ouest de Tizi Ouzou et à 110 km au sud-est d'Alger, elle est délimitée au nord par la commune de Aït Yahia Moussa, à l'est, par la commune de Aïn Zaouia, au sud wilaya de Bouira, et à l'ouest par la commune de Tizi Ghenif, elle est composée de dix-neuf localités elle avait 38 886 habitants est une densité de population de 481 hab./km² · les besoins en télécommunications sont en effet nombreux et divers (téléphonie mobile, fixe, ADSL, wll...)

Vue son relief montagneux et pour répondre à ces différents besoins la société d'ALGERIE TELECOM s'est avérée que la plus appropriée consistait à déployer une liaison par faisceaux hertziens numériques entre les sites de DRAA EL MIZAN , TAOURIRT BOUMATEN , et BOUNOUH.



Figure 3.2 : carte géographique présente la situation (position) de la commune de draa el mizan et taourirt boumaten et bounouh

3.6.2 Coordonnées géographique :**draa el mizan**

- ✓ Longitude : $3^{\circ} 50' 3''$ E
- ✓ Lattitude : $36^{\circ} 32' 59''$
- ✓ Altitude : 462 m

Taurirt boumaten :

- ✓ Longitude : $3^{\circ} 55' 12''$ E
- ✓ Lattitude : $36^{\circ} 35' 16''$
- ✓ Altitude : 487 m

Bounouh :

- ✓ Longitude : $3^{\circ} 56' 28''$ E
- ✓ Lattitude : $36^{\circ} 30' 13''$
- ✓ Altitude : 669m

3.6.3 Les antennes

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

Pour cette liaison les antennes sont, 0.6 m de diamètre 16 m de hauteur à tourirt boumaten et la hauteur de du pylône 25 m, à draa el mizan la huteur de 0.6 m de diamètre 10 m de hauteur et 57 m de hauteur du pylône, à bounouh le diamètre de antenne 0.6 , la hauteur 5m et la hauteur du pylône 15m. Le pylône utilise pour avoir une meilleure directivité.

Le câble coaxial est utilise comme un support de guide d'onde entre les équipements et les antennes. Il a une impédance caractéristique de 75Ω de longueur 30 m

3.6.4 Polarisation des antennes :

Pour les liaisons longue distance on choisi la polarisation verticale parce que le signal est nettement mieux et l'information est reçue sans distorsion c'est le cas de la liaison TAOURIRT BOUMATEN et BOUNOUH. Tandis que la polarisation horizontale est employée pour les distances courtes. La liaison DRAA EL MIZAN et TAOURIRT BOUMATEN en trouve les deux polarisations horizontal et verticale.

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 mémé façon que l'antenne d'émission.

3.7 Calcule du bilan de la liaison :

Avant d'installer un système de radiocommunication ou une liaison hertzienne. Il nécessaire d'effectuer le calcul du bilan de la liaison. En effet, ce calcule permet de déterminer si le niveau de puissance reçue par le récepteur sera suffisant pour que la liaison fonctionne correctement. [14]

3.7.1 Traçage de l'ellipsoïde de Fresnel :

Nous avons un ellipsoïde ayant **E** et **R** comme foyers et un cercle de révolution de rayon **A,B**. Celui-ci est maximum lorsque le point **A** se trouve à mi-chemin entre **E** et **R**. Soit **B** un point de l'ellipse. Les propriétés de celle-ci sont telles qu'en tous ses points, la différence entre les trajets $\{E,A,R\}$ et $\{E,B,R\}$ est une constante (cette propriété est utilisée pour tracer une ellipse avec deux épingles, un fil et un crayon). Cette différence reste constante pour tout l'ellipsoïde. Soient **E** un émetteur et **R** un récepteur, et considérons deux différents trajets possibles pour une onde, soit en direct de **E** à **R**, soit avec réflexion en un point de l'ellipsoïde. Avec un signal ayant une longueur d'onde λ , on peut déterminer une dimension $\{A,B\}$ telle que la différence de trajet soit égale à $\lambda/2$. Cette dimension correspond à un ellipsoïde de Fresnel d'ordre 1. On peut déterminer une autre dimension de $\{A,B\}$ pour avoir une différence de trajet de $2\lambda/2$, et un ellipsoïde d'ordre 2. Et ainsi de suite pour un ellipsoïde d'ordre n . Voir sur la figure 2 les deux premiers ellipsoïdes de Fresnel.

La différence de longueur entre $\{E,B,R\}$ et $\{E,A,R\}$ est identique à celle entre $\{E,A,R\}$ et $\{E,R\}$, soit $\lambda/2$. Pour tous les trajets situés à l'intérieur ou entre deux ellipsoïdes, les signaux arrivent plus ou moins déphasés avec le trajet principal. Pour tous ceux situés sur les ellipsoïdes, les signaux arrivent en opposition de phase pour ceux d'ordre impair et en phase pour ceux d'ordre pair. Noter que les dimensions de l'ellipsoïde dépendent uniquement du rapport entre la longueur d'onde de la fréquence de travail et la distance entre émetteur et récepteur, selon la formule : [16]

$$r = \frac{1}{2} \sqrt{\lambda + d + \frac{\lambda^2}{4}} \quad \text{III. 3}$$

r = rayon de l'ellipsoïde d'ordre 1,

d = distance entre **E** et **R**.

Traçage de dénivellation :

Le traçage du profil terrestre nécessite un programme de simulation développé sur un logiciel MATLAB. Grâce à un programme de simulation MATLAB, on trace le profil terrestre. Et de ellipsoïde est développé sous le logiciel MATLAB pour le bond taourirt boumaten et draa el mizan et taourirt boumaten et bounouh

Le bond « taourirt boumaten et draa el mizan , bounouh » qui s'étale sur 7,5 Km est une liaison directe et pour assure le dégagement de cette liaison, il faut tracer l'ellipsoïde de Fresnel pour ce bond hertzien.

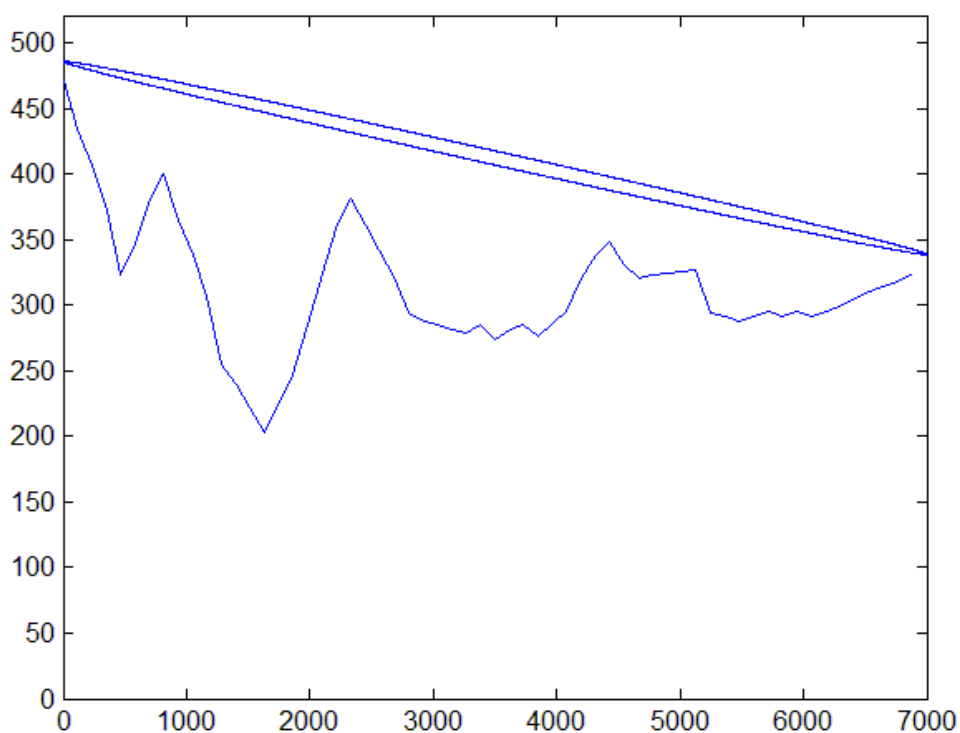


Figure 3.3 : ellipsoïde de fresel entre la liaison taourirt boumaten et draa el mizan

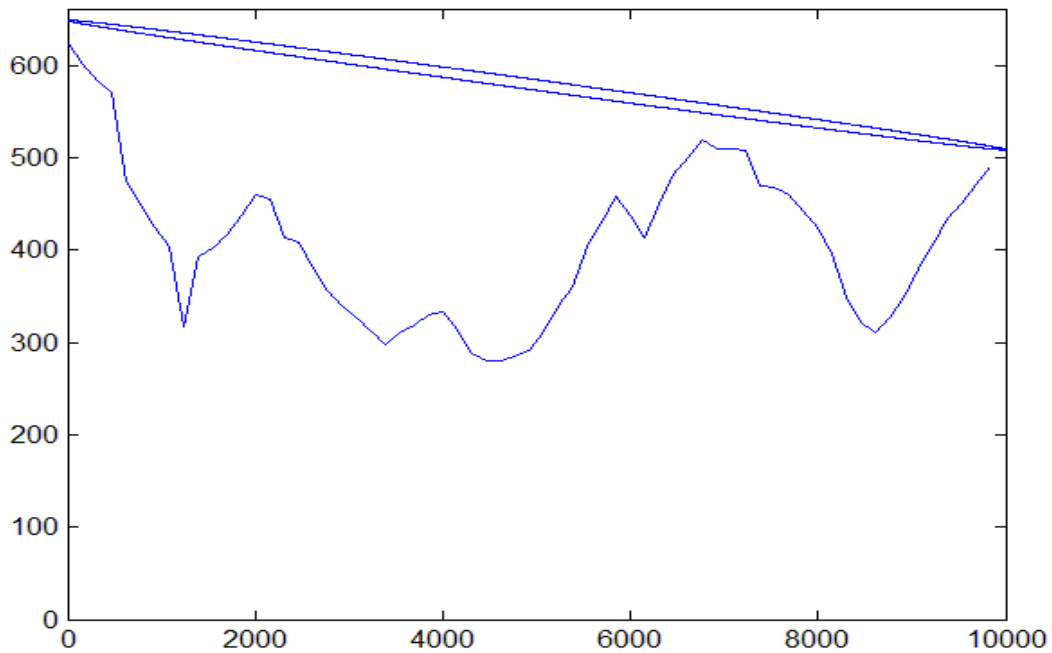


Figure 3.4 : ellipsoïde de Fresnel entre la liaison taourirt boumaten et bounouh

Interprétation :

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

3.7.2 Diagramme 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.

[17]

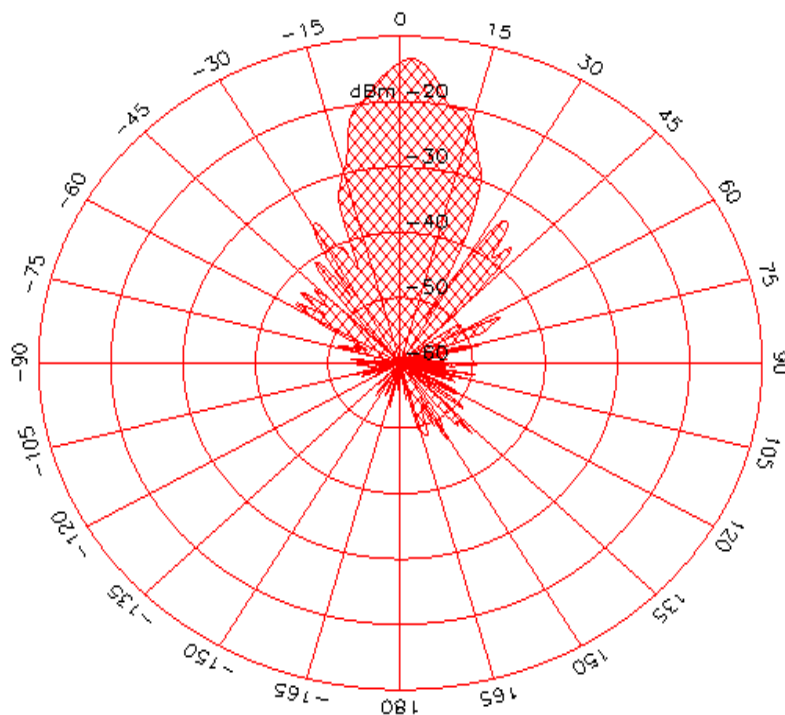


Figure 3.5 : la distribution de l'énergie dans le plan horizontal

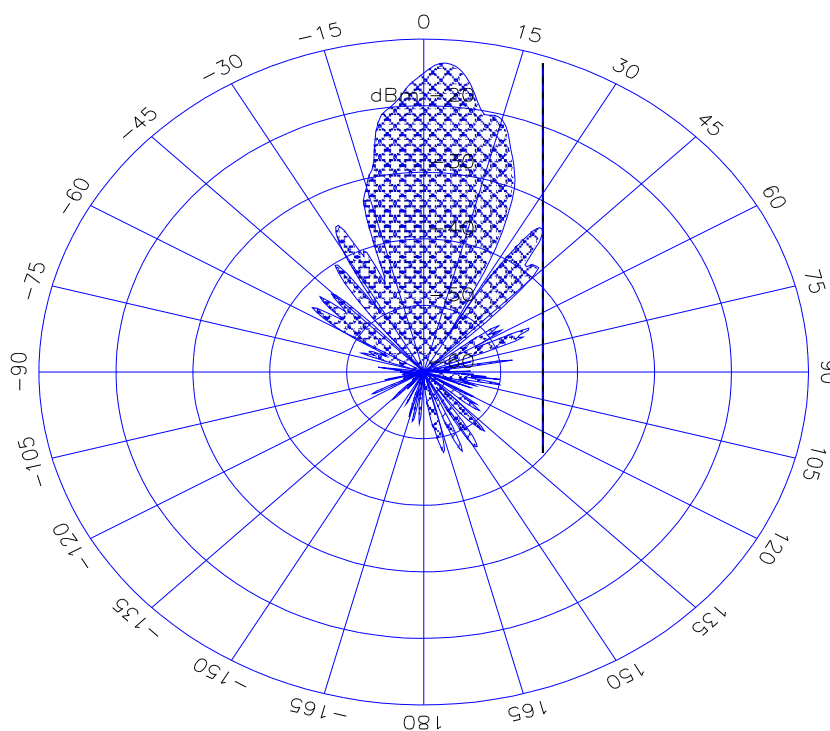


Figure 3.6 : la distribution de l'énergie dans le plan verticale

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.
- ✓ **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.

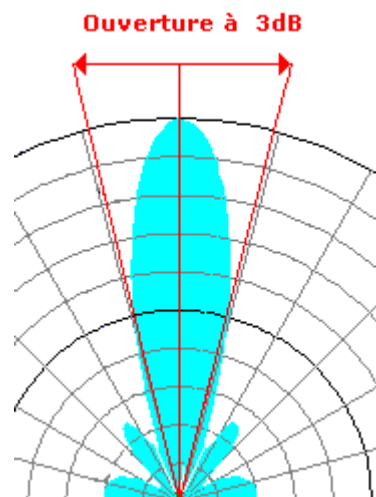


Figure 3.7 : la distribution de l'énergie

Si l'on observe attentivement le dessin à gauche, on constate que la distribution de l'énergie est matérialisée par un volume (en bleu, on ne voit ici qu'une vue 2 dimensions) qui a

un axe et que cet axe est l'axe de l'antenne. Plus on s'écarte de cet axe, plus l'énergie diminue ce qui nous permet de définir un angle qui sera appelé "ouverture" et qui sera caractérisé par une diminution de 50% de la puissance transmise (3 dB). Une antenne sera, entre autres, caractérisée par son ouverture dans le plan vertical et dans le plan horizontal. Corrélativement, plus l'ouverture sera faible, plus le gain sera important. On constate également que toute l'énergie ne se retrouve pas dans le lobe principal mais qu'une certaine partie de cette énergie se trouve disséminée dans des lobes secondaires. Ces lobes sont des lobes parasites, inévitables que les constructeurs, amateurs et professionnels vont s'attacher à réduire autant que faire se peut. [17]

3.7.3 Antenne à réflecteur :

Les antennes à réflecteur sont très utilisées dans les télécommunications par faisceau hertzien, qu'elles soient terrestres ou spatiales, en raison de leur fort gain et de la concentration de la puissance rayonnée dans un seul faisceau. De nombreuses antennes contiennent des réflecteurs plans situés en face arrière, qui permettent de bloquer un lobe dans la direction du lobe principal. Dans le cas de faisceau hertzien, les réflecteurs employés sont de forme parabolique. Lorsqu'une source primaire est placée en leur foyer, ces réflecteurs sont capables de concentrer la puissance réfléchie dans un faisceau étroit. Nous allons nous intéresser uniquement à ce type de réflecteur.

La figure (3.8) Décrit le principe de rayonnement d'une antenne à réflecteur parabolique. Une source primaire (antenne cornet) est placée au foyer du réflecteur parabolique de manière à produire une onde sphérique. Cette onde incidente va interagir de 2 manières avec le réflecteur :

- La majeure partie de l'onde incidente interceptée par le réflecteur va y induire des courants de surface, qui vont à leur tour produire un rayonnement. La surface du réflecteur va donc se comporter comme une source secondaire d'après le principe de Huygens, que nous avons utilisé pour les ouvertures rayonnantes. La forme du réflecteur permet de focaliser le rayonnement dans un faisceau étroit. On parle d'un rayonnement par diffusion.
- Le champ incident qui arrive sur le bord du réflecteur produit un rayonnement par Diffraction (que nous allons négliger).

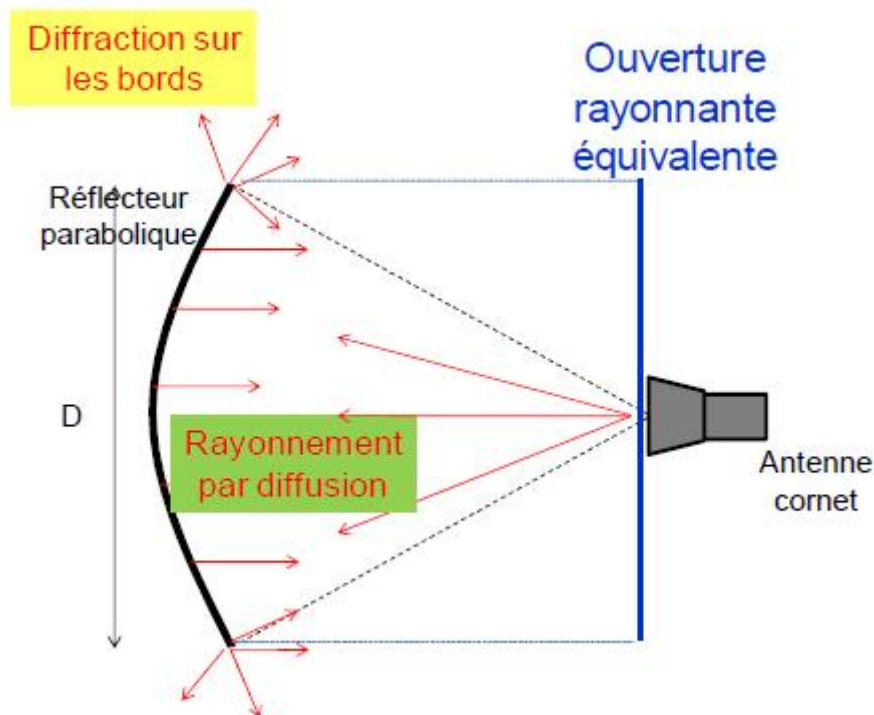


Figure 3.8 : Rayonnement d'une antenne parabolique

Pour déterminer les propriétés de cette antenne, il est possible de la considérer comme une ouverture rayonnante, placée dans le plan focal du réflecteur (plan qui contient le foyer) et d'ouverture égale à l'ouverture équivalente du paraboloïde. Celle-ci dépend des dimensions du réflecteur parabolique et de la loi d'éclairage de la source primaire. Le gain de l'antenne est donné par la formule suivante, où FG est le facteur de gain de l'antenne.

$$G = \frac{(\pi D)^2 \cdot FG}{\lambda^2}$$

III. 3

3.7.4 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 :

$$G_{dBi} = 10 \cdot \log k \cdot \left(\frac{\pi D}{\lambda}\right)^2$$

III. 4

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

➤ **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 par la source primaire qui doit être parfaitement sphérique. [14]

3.8 Equation des télécommunications :

L'équation des télécommunications, (appelée aussi équation de Friis par les Anglo-Saxons), permet d'obtenir un ordre de grandeur de la puissance radio collectée par un récepteur situé à une certaine distance d'un émetteur en espace libre. Il ne faut pas la confondre avec la formule de Friis, utilisée pour calculer le facteur de bruit d'un système.

✓ **Forme simple de l'équation :**

$$\frac{P_r}{P_t} = G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \quad \text{III. 5}$$

P_t : est la puissance en watts (W) délivrée à l'antenne d'émission (pertes d'adaptation et rendement non compris).

P_r : est la puissance en watts (W) collectée sur l'antenne de réception (pertes d'adaptation et rendement non compris).

G_t : est le gain linéaire de l'antenne d'émission.

G_r : est le gain linéaire de l'antenne de réception.

R : est la distance en mètres (m) séparant les deux antennes.

λ : est la longueur d'onde en mètres (m) correspondant à la fréquence de travail.

On suppose en outre que les antennes sont correctement alignées en termes de polarisation du champ. Toutes ces conditions ne sont jamais remplies dans une communication terrestre classique à cause d'obstacles, réflexions, trajets multiples, etc

En communication spatiale, même si la propagation s'effectue principalement en espace libre, cette formule doit être corrigée également des atténuations atmosphériques et des éventuelles diffractions aux incidences faibles. L'équation de Friis simple est donc à voir comme une borne « meilleur cas ».

✓ **Interprétation :**

Il est facile d'interpréter cette formule, en utilisant la relation entre le gain d'antenne et sa surface équivalente :

$$S_r = \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot G_r \quad \text{III. 6}$$

L'équation de Friis exprime alors simplement l'axiome de la propagation de l'onde électromagnétique sans pertes en espace vide :

Dans le cas d'un émetteur isotrope, l'énergie émise se répartit donc sur la surface d'une sphère de rayon R

$$S = 4\pi R^2$$

III. 7

Une antenne de réception capte alors l'énergie dans le rapport de sa surface équivalente à cette surface totale :

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{S_r}{4\pi R^2}$$

III. 8

Si on introduit une antenne d'émission non isotrope de gain G_t , la puissance précédente est simplement multipliée par ce gain :

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{S_r G_t}{4\pi R^2}$$

III. 9

Cette interprétation élimine l'habitude courante de croire l'atténuation d'espace libre proportionnelle au carré de la fréquence. Ceci n'apparaît que dans la formule exprimée en gain d'antenne, et disparaît si on considère une antenne de réception de surface fixe. Au contraire, si on considère deux antennes de surface fixe, l'atténuation est proportionnelle au carré de la longueur d'onde.

✓ **Expression logarithmique :**

Dans les calculs de bilan de liaison radioélectrique, l'équation de Friis est couramment remplacée par son expression logarithmique en décibels :

Puissance reçue (dBm) = Puissance transmise (dBm) + Gains des antennes (dB) - Pertes d'espace (dB) - Pertes diverses (dB) Les décibels étant une unité logarithmique, ceci équivaut à un produit.

$$P_R = P_t + G_t - \alpha - P_{diverses+} + G_r$$

P_R : Puissance reçue (dBm).

P_t : Puissance transmise (dBm).

G_t : Gain d'antenne émission (dBi).

$P_{diverses+}$: Pertes diverses (dB).

α : Perte de propagation (dB).

G_r : Gain d'antenne réception (dBi).

Le terme des pertes diverses peut se décomposer en pertes de lignes, pertes de désadaptations, de dépointage à l'émission et à la réception, de filtrage, de dépolarisation, etc. selon le détail du système étudié. La perte de propagation peut s'exprimer de diverses façons, à partir de :

$$\alpha = -20 * \log \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right) \quad \text{III. 10}$$

Soit en unités courantes :

$$(\text{dB}) = 32,45 \text{ dB} + 20 * \log [\text{fréquence (MHz)}] + 20 * \log [\text{distance (km)}] \quad \text{III. 11}$$

3.9 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié deux liaisons à visibilité directe ou on a citées leurs principales caractéristique ainsi nous avons calculé le bilan énergétique de la liaison draa el mizan et taourirt boumaten, bounouh , sachant qu'un niveau de réception doit maintenir une marge de fading (marge de protection contre les évanouissements) inférieur à -37 dBm par rapport au niveau de seuil du récepteur à $TEB=10^{-3}$

4.1 Introduction :

Dans cette partie, nous nous sommes intéressés à l'acquisition de données relatives à notre sujet d'étude concernant trois sites qui utilisent une liaison FHN ou niveau de Draa El Mizan et Taourirt Boumaten et Bounouh.

Dans le présent de travail nous nous sommes consacrés en premier temps à la présentation de l'application d'Algérie télécom qui nous permet de visualiser les équipements, et les données caractéristique de chaque site. Et dans la deuxième partie de ce chapitre en analysant les données et l'acquisition pour chaque site.

4.2 Effectuer le test de ping

Les requêtes Ping nous assurent que les IDUs de nos antennes sont bien liés au réseau et sont joignables. Pour le faire, on se branche sur le port de LTC de l'IDU menant d'un câble RJ45 et un PC, puis ouvrir l'interface de commandes MS-DOS.

A partir de ce IDU, on peut joindre n'importe quel autre antenne sur le réseau. Il suffit juste son adresse IP et les identifiants d'accès de chaque IDU.

Pour notre liaison, ci-dessous les adresses utilisées :

- ✓ Pour Braa El Mizan : ping 10.65.9.5
- ✓ Pour Bounouhe : ping 10.65.18.2
- ✓ Pour Taourirt Boumaten : ping 10.65.20.3

4.2.1 Accès à l'interface de gestion de chaque IDU de chaque site :

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

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



Figure 4-1 : page d'accueil de l'interface de gestion de l'IDU.

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

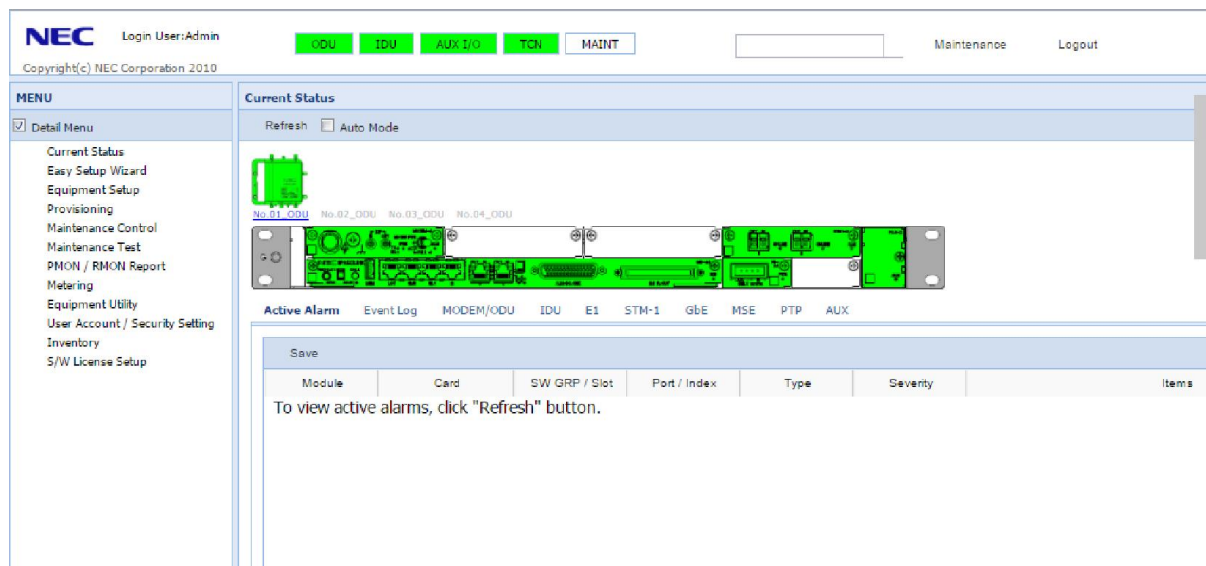


Figure 4-2 : les éléments de l'équipement

The screenshot shows the NEC web interface for 'Metering - Current Metering'. The top navigation bar includes 'IDU', 'AUX IDU', 'TDN', and 'MAINT' buttons. The left sidebar menu lists options such as 'Current Status', 'Easy Setup Wizard', 'Equipment Setup', 'Provisioning', 'Maintenance Control', 'Maintenance Test', 'PMON / RMON Report', 'Metering', 'Current Metering', 'Equipment Utility', 'User Account / Security Setting', 'Inventory', and 'S/W License Setup'. The main content area displays the following data:

Radio		
		MODEM Slot01
		1+0
		-
TX Power [dBm]		+19.0
RX Level [dBm]		-44.8
ODU Power Supply [V]		-53
BER		0.0E-10
TX Modulation		256QAM
RX Modulation		256QAM

FAN Speed		
	FAN Speed1 [rpm]	11400
FAN	FAN Speed2 [rpm]	11070
	FAN Speed3 [rpm]	10980

Figure 4-3 : fenêtre de la configuration radio

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

4.2.2 Acquisition des données :

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

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

- ✓ On clique sur PMON/RMON report
- ✓ Puis sur modem PMON report

On aura la fenêtre si dessous :

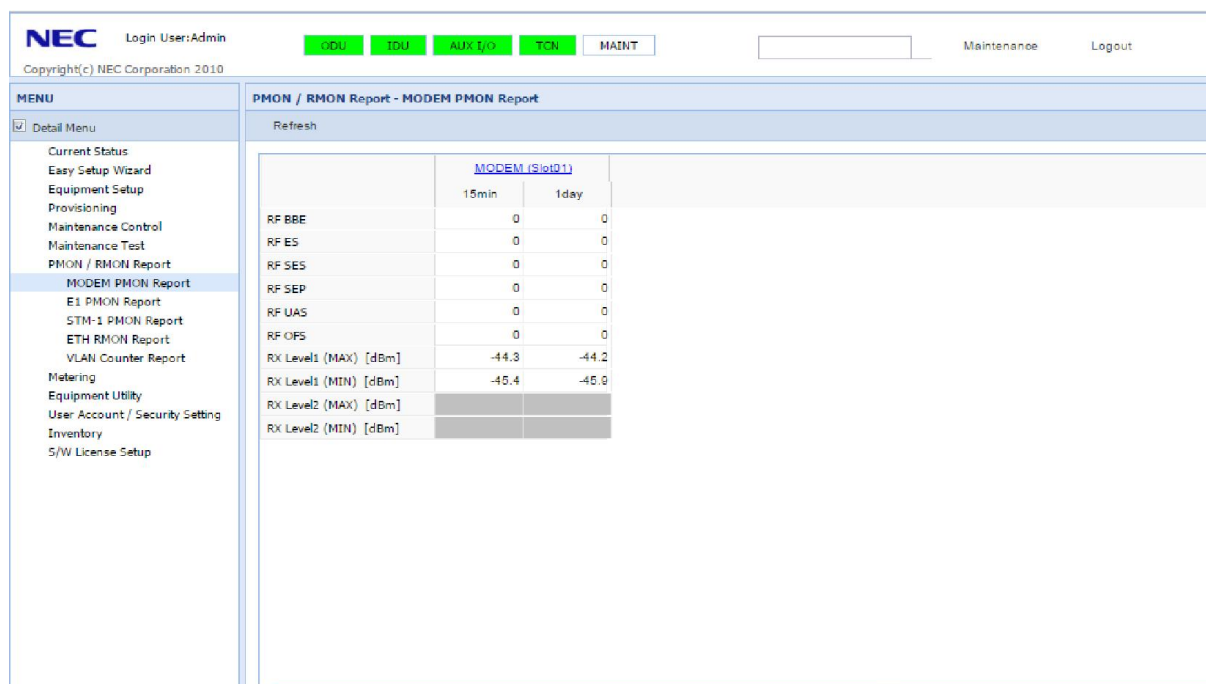


Figure 4-4 : détection de la puissance reçue dans une journée

Maintenant sur l'interface NEC on clique sur Modem 1 pour détecter les puissances Rmax et Rmin reçue par un récepteur en dBm pendant 2 jours. Puis enregistrer les valeurs de chaque journée.

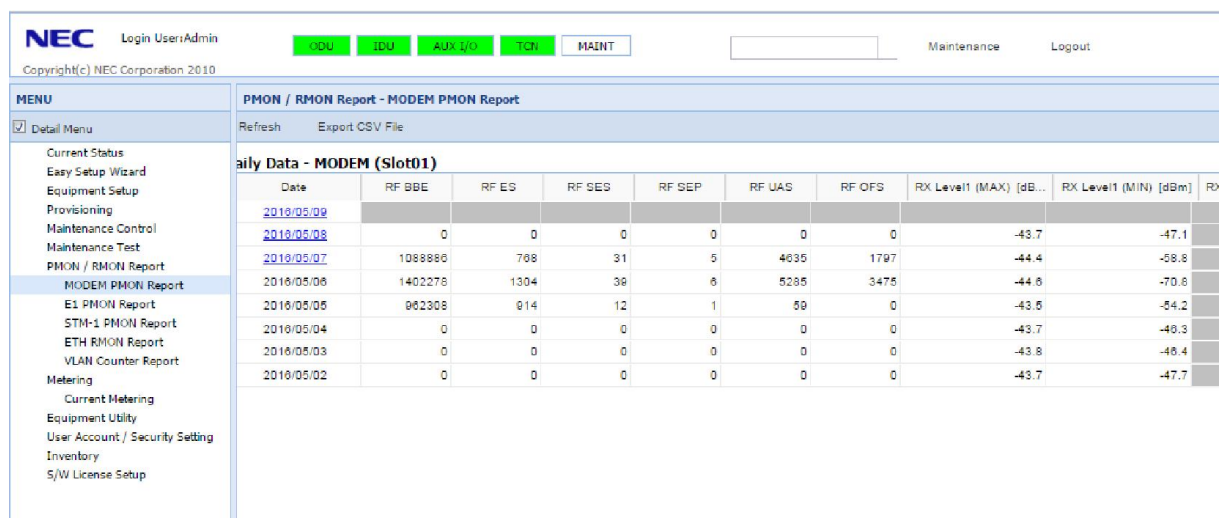


Figure 4-5 : journées d'enregistrement des données

4.3 Analyse des données :

4.3.1 Représentation Tx :

La figure 4-6 illustre la variation de la puissance d'émission Tx. Pour tout le long du trajet, est presque constante pendant toute la durée de notre acquisition en temps clair, couvert ou pluvieux. d'une valeur qui 19 dBm pour tout les liaisons.

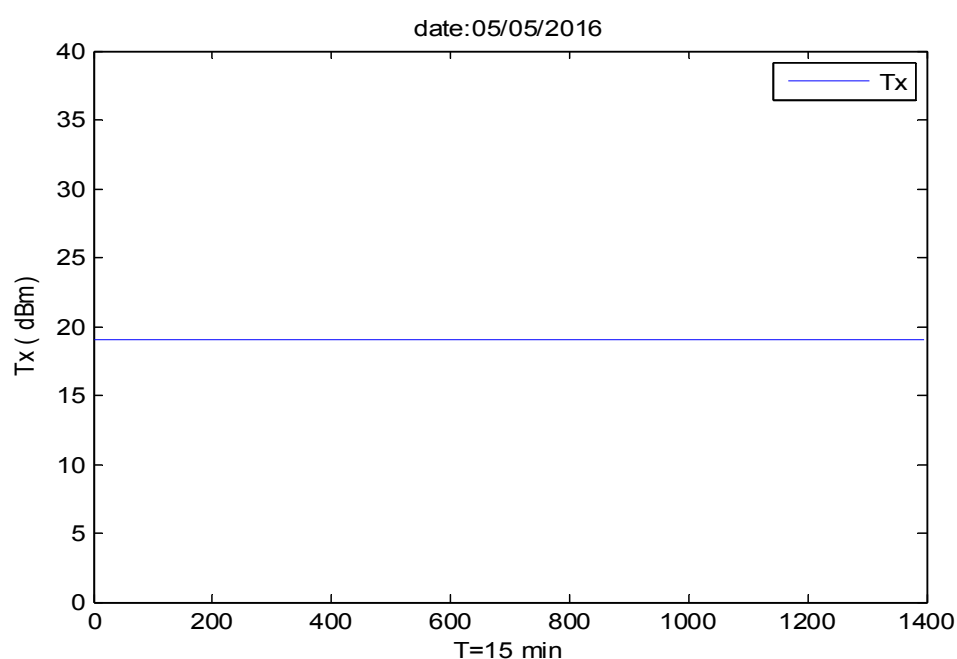


Figure 4-6 : Représentation de Tx en fonction du temps

4.3.2 Représentation de Rx :

De la même façon, nous représentons les données relatives au signal reçu Rx. Ainsi les figures 4-6, 4-7 présentent les graphes des données d'acquisition du signal reçu Rx du deux site Les figures présentent les graphes de données d'acquisitions de signal reçu Rx. Ceci pour les différents états de l'atmosphère, atmosphère en ciel clair, ciel couverte pluvieux

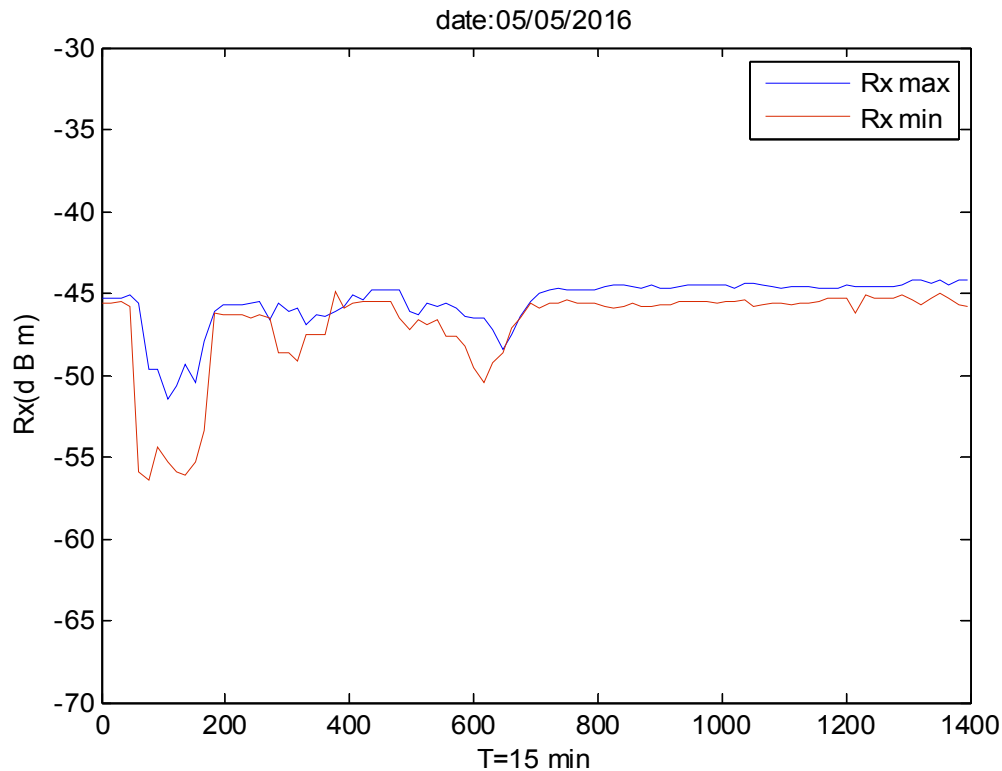


Figure 4-7: puissances de réception Rx ou niveau de Draa El Mizan en Ciel clair et pluvieux.

Nos données RX max et Rx min reçues pendant 24 heures pour les sites de Draa El Mizan et Taourirt Boumaten et Bounouh, on effectue l'analyse de ses données, ces données sont représentées sous forme des signaux.

Nos exemples sont pris dans un ciel à temps clair et à temps pluvieux. Le niveau de la puissance à l'émission est 20 dB. Cette puissance indique niveau de réception minimale.

Et la puissance de signal reçu est de -55,4 dBm pour Rx min et -50 pour Rx max dBm. En ciel pluvieux entre 15 à 200 min. et pour Rx max et Rx min en temps clair la puissance de signal varie entre -50 dBm et -45 dBm

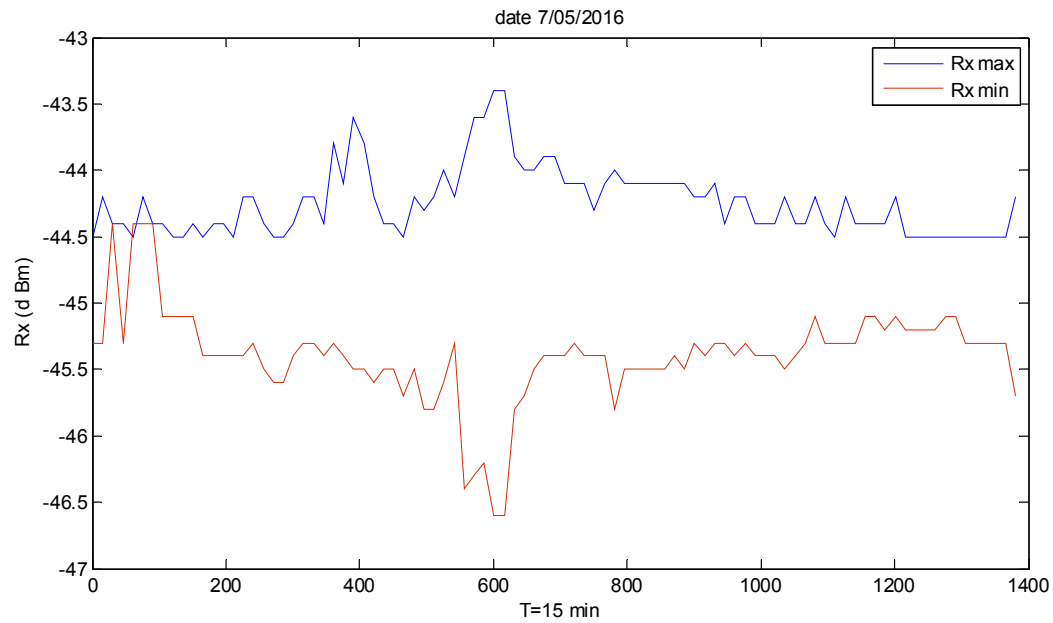


Figure 4-8 : puissances de réception Rx ou niveau de Taourirt Boumaten

En ciel clair

La puissance reçue est entre -46.5dBm et -45.4dBm pour, Rx min -44.5dBm et -43.5dBm en a Pas une variation grande tout la durée de l'acquisition. En temps clair la propagation des ondes radioélectrique ne subie pas d'influence

Représentation des puissances de la réception Rx sous formes d'histogramme:

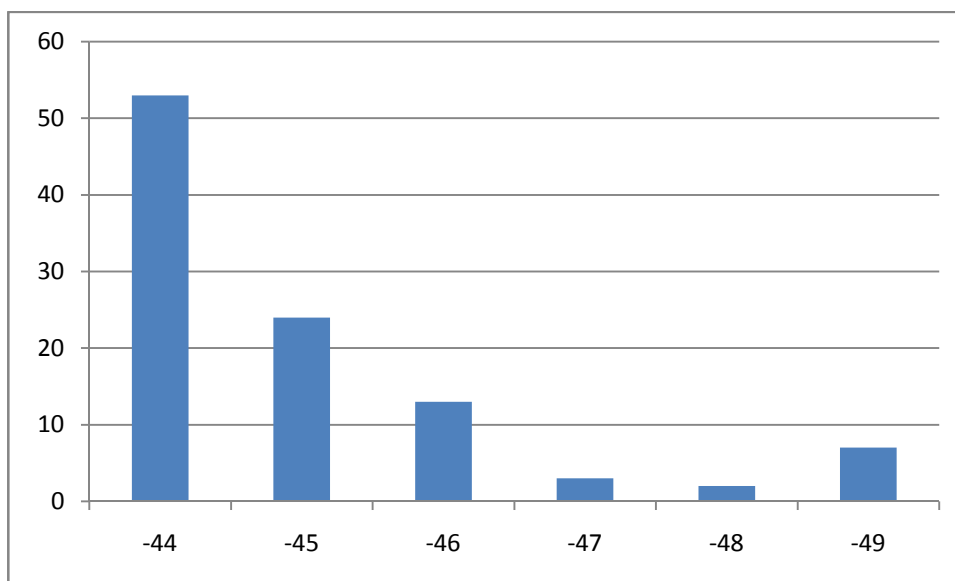


Figure 4-9 : représentation d'histogramme des RX au niveau de draa el mizan en présence de la pluie.

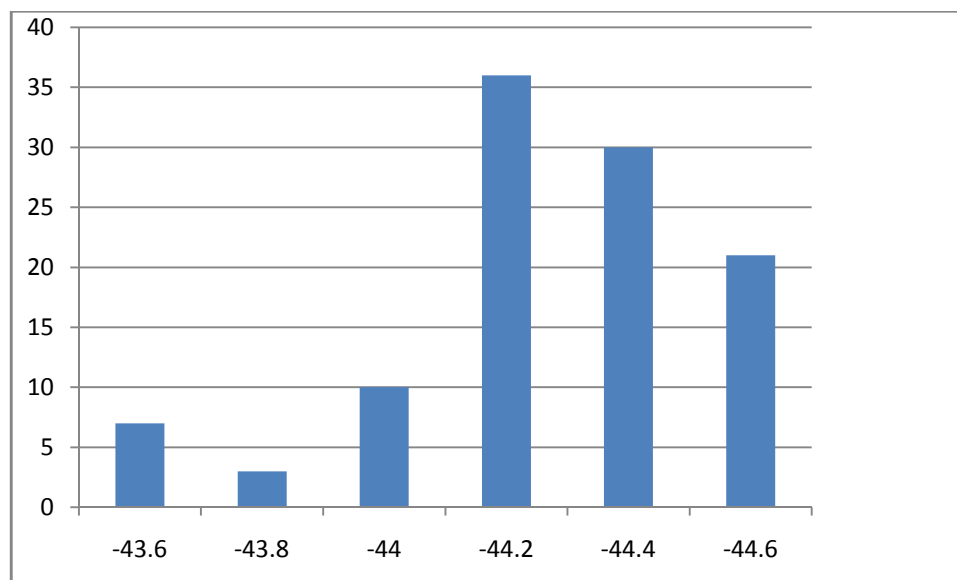


Figure 4-10 : Représentation d'histogramme des puissances de réception Rx ou Niveau de draa el mizan en ciel clair.

4.3.3 Représentation de l'atténuation intermédiaire :

La figure 4-11, présentent les graphs de l'atténuation intermédiaire pour la transmission du site de draa el mizan a taourirt boumaten avec une fréquence de $F= 18$ GHZ.

Par définition l'affaiblissement ou l'atténuation est le rapport de la puissance à sortie de système Rx sur la puissance à son entrée Tx qui est calculée par l'équation suivante :

$$\alpha_{\text{int}}(\text{dB}) = R_x(\text{dBm}) - T_x(\text{dBm})$$

IV 1

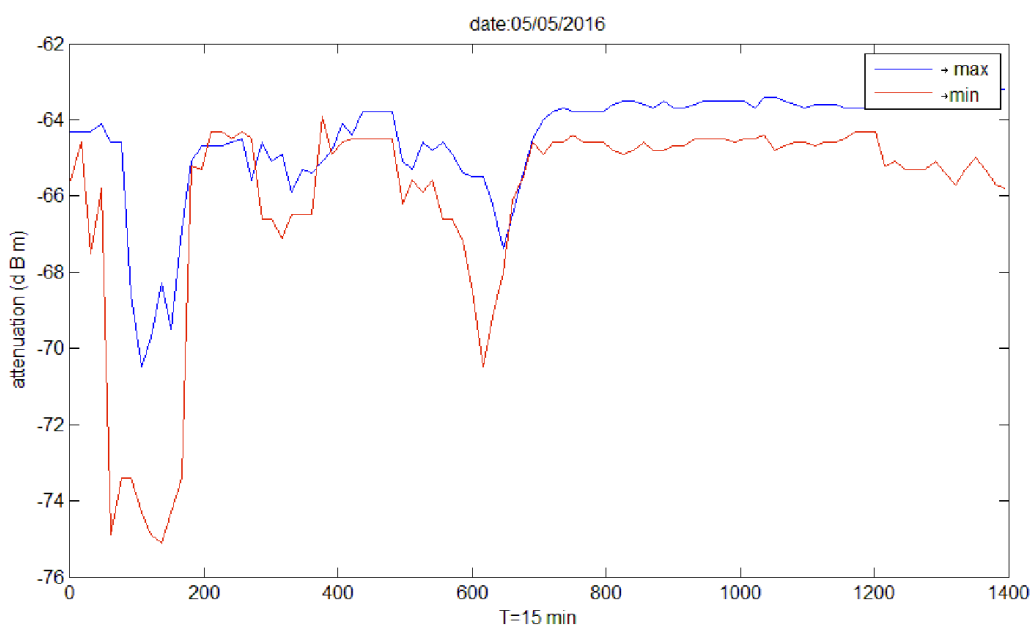


Figure 4-11: représentation de l'atténuation α (dBm) en fonction du temps clair et pluvieux a draa el mizan

L'atténuation obtenue pour notre liaison en ciel pluvieux peut aller jusqu'à -75 dBm ce qui semble très élevé par rapport à l'atténuation en ciel couvert -70 dBm et en ciel clair de -66 dBm on peut interpréter cela par le fait que l'intensité de chute de pluie n'est pas une valeur unique, mais qui varie en fonction du temps. Plus les précipitations sont fortes, plus l'atténuation est importante dans toute la bande de fréquence. Les fréquences les plus élevés sont les plus sensibles. En présence de pluie ou de nuage (plus ou moins denses) la liaison est donc dégradée. Il faudra en tenir compte dans le bilan de liaison.

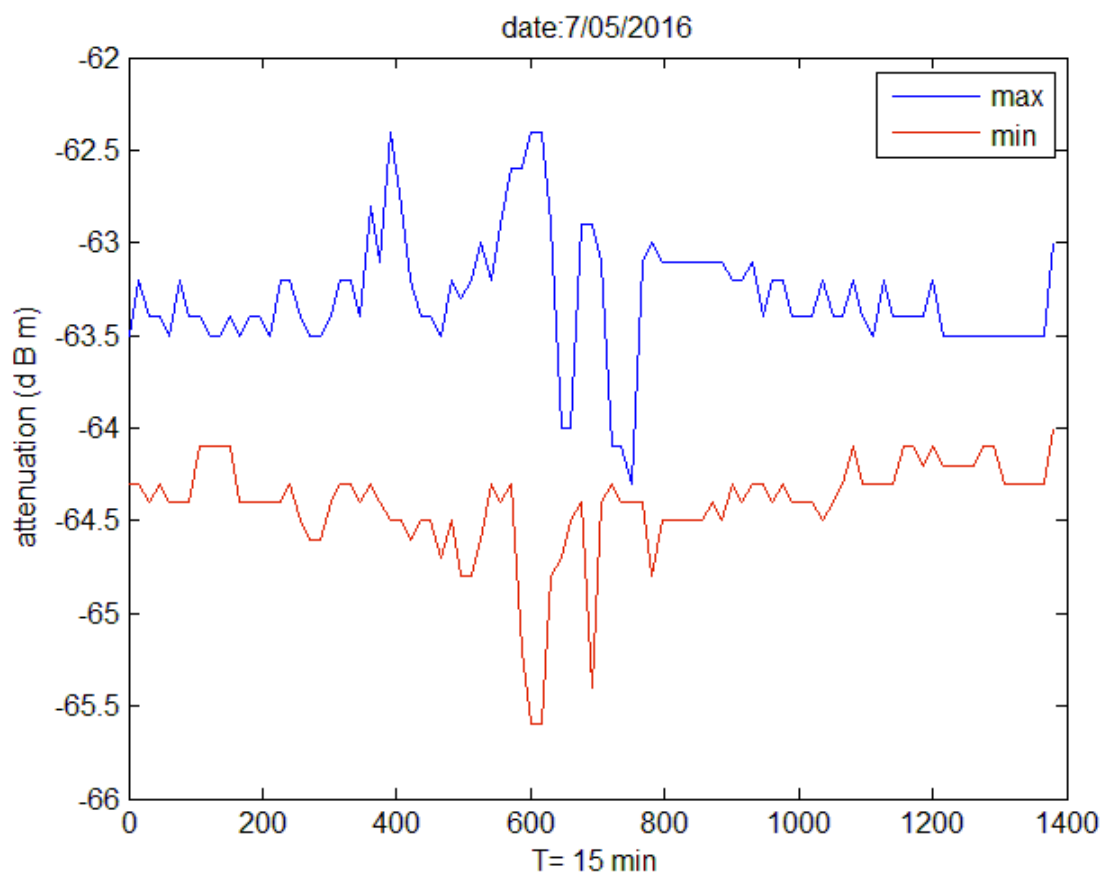


Figure 4-12 : représentation de l'atténuation α (dBm) en fonction du temps clair a Taourirt Boumaten

L'atténuation obtenue pour notre liaison en ciel clair, l'atténuation minimal -66.5 et -64 pour la maximal et les valeurs de l atténuation minimal varie entre -64.2 et -66 et pour la maximal et -62.5 et -65.4 pendant tout la période d'acquisition

4.4 Facteurs d'atténuation :

En électronique, l'atténuation ou affaiblissement est la diminution relative de la puissance d'un signal au cours de sa transmission. C'est le rapport entre la valeur efficace du signal à la sortie par celle à l'entrée de la section considérée. L'atténuation, que ce soit dans les lignes de transmission ou dans la transmission hertzienne, est une grandeur importante dans les télécommunications, dont elle est un facteur limitatif. Ce concept sert aussi en acoustique, notamment en acoustique environnementale pour le calcul de l'isolation phonique. Dans les circuits électroniques, les montages atténuateurs servent pour l'adaptation du niveau du signal entre des parties d'un appareil, sans en modifier d'autre part les caractéristiques.

$$\alpha = \left(\frac{A_{tr}}{r}\right)$$

VI 2

En temps pluvieux:

$$\alpha = \frac{-47.22}{10} = -4.7$$

En temps clair :

$$\alpha = \frac{-41.5}{10} = -4.15$$

4.5 Conclusion :

L'analyse de la puissance reçue Rx de la liaison FHN nous a permis de saisir l'interface de l'équipement. Cette liaison permet de véhiculer 300 Mbits/s sur un canal configure en polarisation verticale. Nous avons constaté qu'il y a une bonne réception pour ces liaisons. Après analyse, des données nous ne constatons que l'affaiblissement pour les liaisons FHN.

Conclusion générale

L'étude d'une liaison hertzienne est une étape très importante dans la réalisation d'une interconnexion dans un réseau de télécommunications. 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 optimal. Les faisceaux hertziens restent aujourd'hui le moyen le plus rapide et le moins onéreux pour installer un réseau de télécommunication par rapport aux installations filaires (terrestre).

Dans le cadre de collaboration avec l'entreprise d'Algérie télécom, nous avons effectué une étude sur les systèmes de liaisons FHN. Dans ce cadre nous nous sommes intéressés à l'acquisition des données de puissances émises et reçues Tx et Rx des liaisons point à point. Et le bilan de liaison de chaque site. L'acquisition a été réalisée pour différents états de l'atmosphère, à savoir, en ciel clair, en ciel couvert et en présence de pluie. Apré analyse de ces données, nous avons constaté que le signal est très atténué par la pluie.

Les liaisons FHN sont beaucoup plus affectées par ces atténuations, car le faisceau hertzien se propage à l'intérieur de la basse atmosphère sur un trajet horizontal à proximité du sol et le signal, dans ce cas subi plus de dégradations par l'effet d'absorption et des trajets multiples.

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

Références bibliographiques

- [1] Xavier Lagrange. Réseaux mobiles 2G et 3G dép. RSM 12/04 ENST Bretagne
- [2] M. Van. Principes des télécommunications analogiques et numériques Droogenbroeck. (version 3.36) .
- [3] C. DEMOULIN, M. VAN DROOGENBROECK. Principes de base du fonctionnement du réseau GSM. *Revue de l'AIM*, pages 3.18, N04, 2004.
- [4] Enseignant: ABDESSELAMS. Evolution de réseau GSM (GPRS, EDGE) Université Med khider Biskra.
- [5] Professeur Pierre Rouillet. Le réseau GPRS V1.0 Esigelec : Option ITO 22/04/2006
- [6] Les réseaux sans fil DESS MIAGe 2001-2002 Université Paul Sabatier Université Toulouse
- [7] http://www.memoireonline.com/07/10/3741/m_Evolution-technologique-de-la-3G-et-3G1.html
- [8] Etude détaillée de l'architecture d'un réseau 3G dans le cadre d'une migration depuis un réseau GSM: 10 Août - 10 Septembre 2011
- [9] Les technologies 2G, 3G et 4G Telecom-infoconso.fr <http://www.telecom-infoconso.fr>
- [10] Ivain KESTELOOT Stéphane RZETELNY Eric JULLIEN. Nouvelles Technologies Réseaux : SDH (Synchronous Digital Hierarchy)
- [11] VCL-Ethernet over SDH (Ethernet over STM-1), valiant communications 2013
- [12] Synchronous Digital Hierarchy (SDH), the international engineering consortium <http://ww.iec.org>
- [13] L.Reynier « liaisons hertziennes 1 » , « liaisons hertziennes 2 » ,
« Liaisons hertziennes 3 » .

- [14] Sebastian buttrich, , calcul du bilan de liaison radio. Septembre 2005
- [15] Dominic grenier, hiver, antennes et propagation radio, département de génie électrique et de génie informatique université Laval Québec, canada 2013
- [16] Ellipsoïdes de Fresnel Par le radio-club F6KRK (<http://www.f6krk.org>)
- [17] Ndagijimana Professeur Université Joseph Fourier. Antennes et Rayonnement F. - Grenoble

Annexes

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 quatre chemins différents :

- Elle peut se propager en ligne (à peu près) droite d'une antenne à une autre, on parle alors de propagation troposphérique puisque l'onde se déplace dans la troposphère.
- Elle peut se déplacer suivant le relief du sol, on parle alors de propagation superficielle (ou propagation par ondes de surface ou de sol).
- Elle peut être réfléchiée par l'une ou l'autre des couches ionisées de l'atmosphère, on parlera donc de propagation ionosphérique.
- Elle peut être diffractée au niveau de la troposphère et on parle alors de diffraction troposphérique.

Type de liaisons radioélectriques

Liaison : communication bidirectionnelle entre 2 points en vue, chacun équipé d'un émetteur et d'un récepteur, généralement en visibilité.

Exceptionnellement, une liaison peut s'établir en :

Utilisant la réflexion et la diffusion par l'ionosphère (haute atmosphère, 70 à 1000 km d'altitude) dans la bande des ondes courtes (3 à 25 MHz) On obtient une liaison transhorizon de très longue portée, mais de faible capacité

Une liaison peut s'établir en visibilité directe entre plusieurs stations placées sur des points hauts

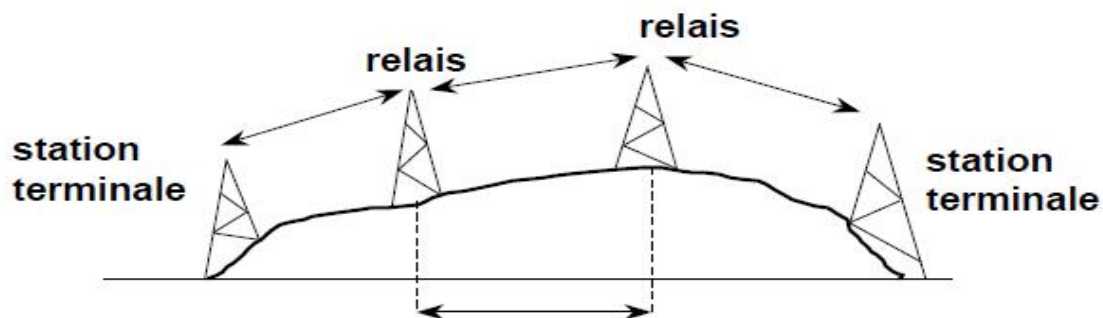


Figure 1: liaisons radioélectriques

Annexes

$$d = 2\sqrt{2hR}$$

$$d \cong 50\text{Km}$$

Avec :

h : hauteur des antennes

R : rayon de la terre

Un grand nombre d'utilisateurs (ou de liaisons) pour une ressource rare : il est nécessaire de planifier l'utilisation des fréquences. Il est possible de jouer sur le plan de fréquence proprement dit, mais aussi sur l'utilisation des polarisations V ou H en utilisant les découplages d'antenne pour augmenter la capacité des liaisons.

Affectation des fréquences dans les faisceaux hertziens

Utilisation d'un seul couple de fréquences

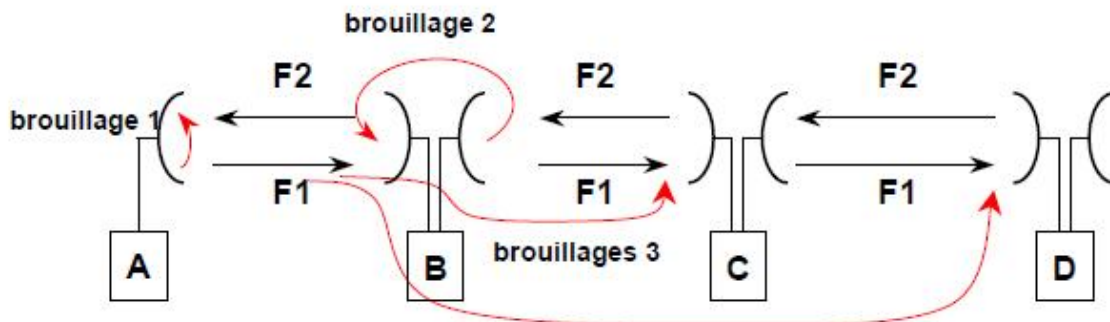


Figure 2 : Utilisation d'un seul couple de fréquences

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 aux brouilleurs co-canal)

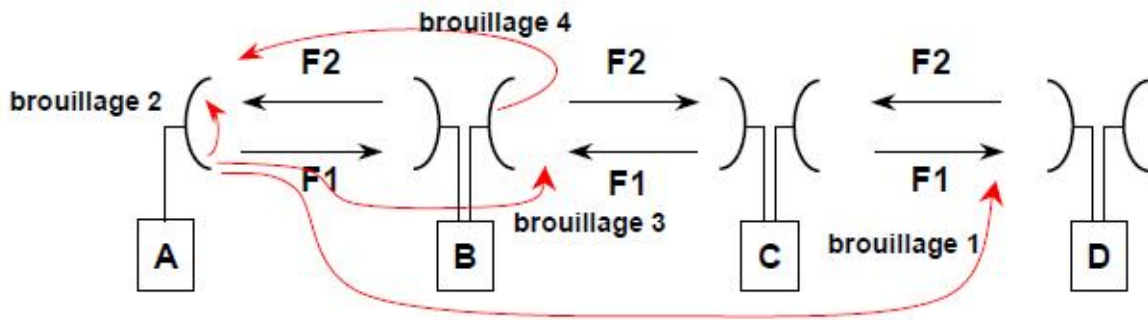


Figure 3 : Canal émission commun aux deux sens dans une station

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.

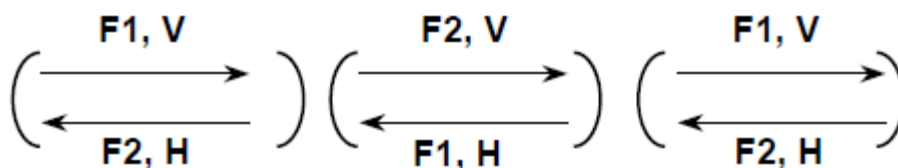


Figure 4 : Alternance des fréquences

Emploi d'antennes très directives et ayant des lobes latéraux suffisamment bas Utilisation de 2 canaux différents pour la transmission bilatérale d'un signal

Eléments d'un bilan radio

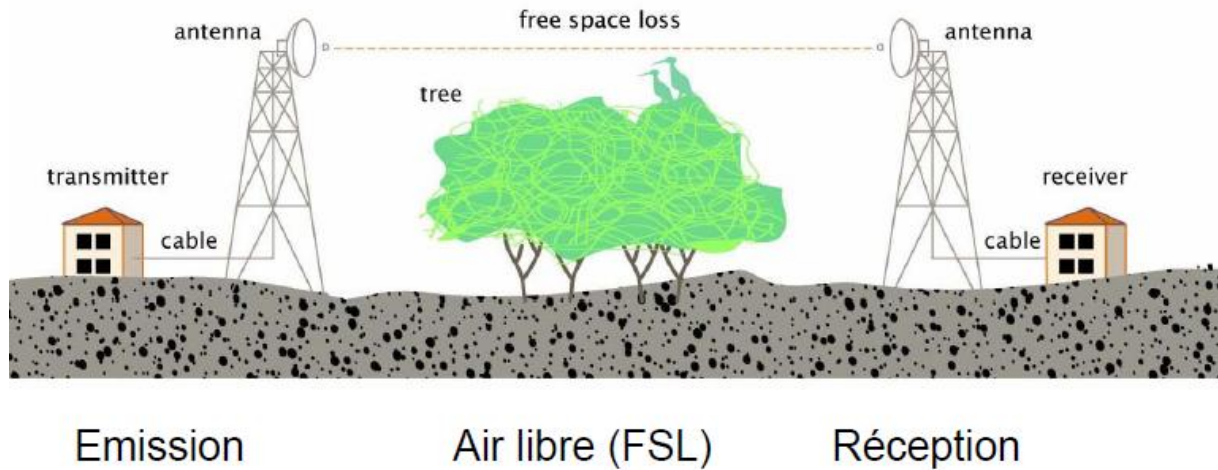


Figure 5 : Eléments d'un bilan radio

Perte dans le Câble

- Règle n°1: Le câble radio doit être le plus court possible (mettre la l'AP sur le toit !!)
- Linéaire en dB (2m = double perte), typiquement 0,1dB/m à 1dB/m
- Dépend de la fréquence (bande passante du câble)
- Vérifier les données du constructeur

Perte Câble : valeurs

- | • Cable Type | loss [dB/100m] |
|-----------------|---------------------|
| • RG 58 ca. | 80-100 "thin black" |
| • RG213 ca. | 50 "big black" |
| • LMR-200 | 50 |
| • LMR-400 | 22 |
| • Aircom plus | 22 |
| • LMR-600 | 14 |
| • 1/2" Flexline | 12 |

Annexes

• 7/8" Flexline 6.6

FSL et zones de Fresnel

$$r = 17.33 \sqrt{d_1 * d_2 / f * d}$$

Rayon (m) de la première zone (60%)

d_1 , d_2 distances de l'obstacle à chacune des extrémités, d (Km) la distance entre l'émetteur et le récepteur, f la fréquence (GHz)

Si $d_1 = d_2$ (\Rightarrow obstacle au milieu)

$$r = 17.33 \sqrt{d / 4 * f}$$

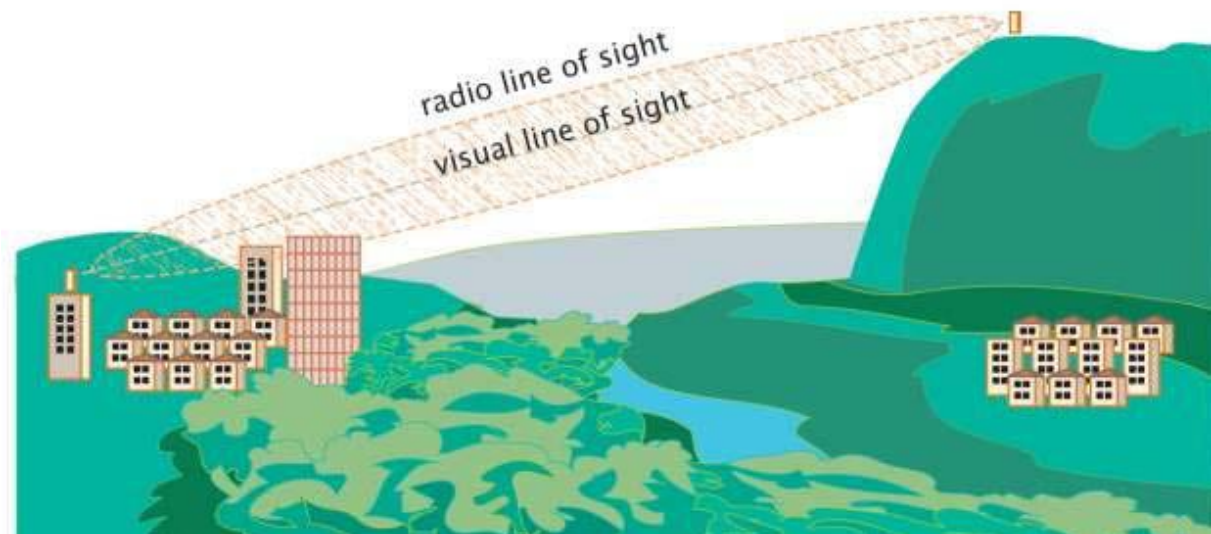


Figure 6 : Zones de Fresnel