

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

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'électronique

**Mémoire de Fin d'Etudes
de MASTER ACADEMIQUE**
Spécialité : Télécommunication et réseaux
Filière : Génie Electrique

Présenté par :

**Mr. YAHIA Mokrane
Mr. KAROU Sadek**

Mémoire dirigé par **Mr. AIT BACHIR Y** et co-dirigé par **Mr. LAHDIR S**

Thème

**Etude et mise en service d'une liaison Mini-Link TN pour un
réseau de transmission 3G Traffic Node au niveau de Tizi-Ouzou**

Mémoire soutenu publiquement le 23 Septembre 2015 devant le jury composé de :

Mr. OUALOUCHE Fethi

Mr. LAZRI Mourad

Mr. HAMEG Slimane

Mr. AIT BACHIR Youcef

Mr. LAHDIR Smail

REMERCIEMENT

Nous tenons à remercier tout d'abord notre Dieu, le tout puissant, de nous avoir donné la santé et la volonté pour compléter ce modeste travail.

On tient à remercier vivement notre promoteur monsieur AIT BACHIR YUCEF pour nous avoir guidés, pour ses efforts et pour tous les conseils qu'il nous a apportés durant la réalisation de ce projet.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre Co-promoteur monsieur LAHDIR SMAIL pour nous avoir encadrés, pour son aide et son soutien durant notre travail en apportant des remarques pertinentes. Nous le remercions également pour sa disponibilité et pour toutes les informations qu'il nous a fournies.

Nous exprimons également nos vifs remerciements pour tous les enseignants de la faculté de génie électrique et informatique qui nous ont inspiré beaucoup et consacré la majorité de leur temps pour qu'on puisse profiter le mieux de la spécialité.

Nous remercions vivement tous les membres du Jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce modeste travail.

Enfin, nous tenons à remercier nos parents, nos familles, et nos amis pour leurs encouragements et leur soutien.

Liste des figures

Figure 1.1 : Evolution du nombre d'abonnés mobiles à travers le monde.....	3
Figure 1.2 : Hiérarchie des cellules de l'UMTS.....	5
Figure 1.3 : Schéma synoptique du système UMTS	6
Figure 1.4 : Architecture de l'UMTS	7
Figure 1.5 : Architecture du réseau d'accès	8
Figure 1.6 : Les types de Node B	9
Figure 1.7 : Architecture du réseau cœur de l'UMTS	10
Figure 1.8 : Chaîne de transmission du système WCDMA.....	13
Figure 1.9 : L'accès FDMA.....	16
Figure 1.10 : L'accès TDMA.....	16
Figure 1.11 : L'accès CDMA	16
Figure 1.12 : L'accès W-CDMA	17
Figure 2.1 : Représentation de la partie Extérieure.....	19
Figure 2.2 : Représentation de la partie Intérieure	20
Figure 2.3 : Le MINI-LINK E.....	20
Figure 2.4 : Le MINI-LINK HC.....	21
Figure 2.5 : Le MINI-LINK TN	21
Figure 2.6 : Bandes de fréquences et modulation de Mini-Link	22
Figure 2.7 : Le câble coaxial	22
Figure 2.8 : Le câble à paires torsadées.....	24
Figure 2.9 : fibre optique	25
Figure 2.10 : les types de fibre optique	26
Figure 2.11 : La structure d'une liaison hertzienne	29
Figure 2.12 : VSAT Antenne d'émission et antenne de réception	30
Figure 2.13 : La transmission en VSAT	33
Figure 2.14 : Exemple d'un signal émis	34
Figure 2.15 : Exemple d'un signal reçu.....	34
Figure 3.1 : Schéma d'un réseau de transmission	37
Figure 3.2 : Implantation de sites avec TEMS	38
Figure 3.3 : exemple d'une assiette géographique	39
Figure 3.4 : topologie en étoile.....	40
Figure 3.5 : topologie en anneau	40
Figure 3.6 : vue directe d'une liaison	41
Figure 3.7 : le Mini-Link TN outdoor/indoor part.....	42

Liste des figures

Figure 3.8 : L'équipement AMM	43
Figure 3.9 : AMM 2p.....	44
Figure 3.10 : AMM 6p.....	44
Figure 3.11 : AMM 20p.....	44
Figure 3.12 : NPU	45
Figure 3.13 : LTU	45
Figure 3.14 : MMU.....	45
Figure 3.15 : PFU2	46
Figure 3.16 : SMU 2	46
Figure 3.17 : LTU 155	46
Figure 3.18 : FAU	47
Figure 3.19 : RAU	47
Figure 3.20 : Types d'antennes.....	48
Figure 3.21 : les types de protection utilisée dans la technologie Mini Link TN	49
Figure 3.22 : les paramètres du DCN	51
Figure 3.23 : configuration IP.....	52
Figure 3.24 : Accès au Mini-Link TN	53
Figure 3.25 : la configuration de base de NE	54
Figure 3.26 : sélection de la configuration Radio	55
Figure 3.27 : Bilan de liaison (PATH QUALITY).....	56
Figure 3.28 : la configuration Radio Link	57
Figure 3.29 : Fin de la configuration Radio Link	58
Figure 3.30 : les paramètres Ethernet	59
Figure 3.31 : la configuration RL-IME sans protection (Single Mode).	60
Figure 3.32 : la configuration RL-IME avec protection (Bonding Mode.....	60
Figure 3.33 : la configuration de switch port.....	61
Figure 3.34 : Configuration de VLAN.	62
Figure 3.35 : la configuration du trafic.....	63
Figure 3.36 : Lien en service	64
Figure 3.37 : détection d'une panne	65
Figure 3.38 : Configuration XPIC	66
Figure 3.39 : configuration des boucles (Loops).....	67
Figure 3.40 : Test d'interférence	68

Liste des Tableaux

Tableau 2.1 : la largeur de bande en fonction du débit et du type de modulation.....	31
Tableau 2.2 : Utilisation des bandes de satellite.....	33
Tableau 3.1 : les types d'AMM.....	44

Liste des abréviations

2G 2^{ème} Génération De La Téléphonie Mobile

3G 3^{ème} Génération De La Téléphonie Mobile

3GPP Third Generation Partner Project

A

AMM Access Module Magazine

ATM Asynchronous Transfer Mode

AUC Authentication Center

B

BPSK Binary Phase Shift Key

BSC Base Station Controller

BTS Base Transceiver Station

C

CDMA Code Division Multiple Access

CN Core Network

CODEC Codeur Decodeur

CS Circuit Switched

C-QPSK Constant Quadrature Phase Shift Keying

D

DC Direct Current

DCN Data Communication Network

DRNC Drift Radio Network Controller

E

E1 European Debit élémentaire

EDGE Enhanced Data for GSM Evolution

EIR Equipment Identity Register

Liste des abréviations

F

FAU	Fan Unit
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FH	Faisceau Hertzien
FOMA	Freedom Of Mobile Access

G

GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway Mobile Switching Center
GSM	Global System for Mobile Communication
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System

H

HC	High Capacity
HLR	Home Location Register

I

ID	Identification
IDU	Indoor Unit
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Service Digital Network
ITU	International Telecommunication Union
IU	Interface User

L

LA	Location Area
LAN	Local Area Network

Liste des abréviations

LTU **Line Terminal Unit**

M

ME **Mobile Equipment**

MMU **Module Multiplex Unit**

MSC **Mobile Switching Center**

N

NPU **Node Processor Unit**

O

ODU **Outdoor Unit**

OSI **Open System Interconnexion**

OVSF **Orthogonal Variable Spreading Factor**

P

PC **Personal Computer**

PDH **Plesiochronous Digital Hierarchy**

PFU **Power Filter Unit**

PLMN **Public Land Mobile Network**

PS **Packet Service**

PSDN **Public Switched Data Network**

Q

Q-AM **Quadrature Amplitude Modulation**

Q-PSK **Quadrature Phase Shift Key**

R

RA **Routing Area**

RAU **Radio Access Unit**

RBS **Radio Base Station**

Liste des abréviations

RCC	Radio Common Carrier
RF	Radio Fréquence
RTC	Réseau Téléphonique Commuté
RCTP	Real Time Control Protocol
RNC	Radio Network Controller
RNIS	Réseau Numérique Intégration de Services
RNS	Radio Network Subsystem
RRC	Radio Resource Controller
<u>S</u>	
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SGSN	Serving GPRS Support Node
SMU	Switched Module Unit
SMS	Short Message Service
SNCP	Sub-Network Connection Protection
SRNC	Serving Radio Network Controller
STM	Synchronous Transfer Module
<u>T</u>	
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TDM	Time Division Multiplex
TN	Traffic Node
<u>U</u>	
UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTP	Unshielded Twisted Pair
UTRAN	Umts Transport Access Network

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Généralités sur la technologie 3G	2
Introduction	3
Historique	3
I.1. Définition de l'UMTS	4
I.2. Les Débits et la largeur de bande passante UMTS	4
I.3. La couverture de l'UMTS	5
I.4. Architecture de réseau UMTS	6
I.4.1. Le réseau d'accès(UTRAN)	7
I.4.1.1 Architecture de l'UTRAN	8
I.4.1.2 Node B	9
I.4.1.3 Le RNC	9
I.4.2. Le réseau cœur (Core Network)	9
I.4.2.1 Le domaine de circuit CS	10
I.4.2.2 le domaine de paquets PS	11
I.4.2.3 Eléments partagés	11
I.4.3. L'équipement terminal (User Equipment)	11
I.5. Réseau de transmission	12
I.5.1. Les modes de transmission	12
a) <u>MODE DE TRANSMISSION PAR CIRCUIT</u>	12
b) <u>MODE DE TRANSMISSION PAR PAQUET</u>	12
I.5.2. Les techniques de transmission	12
I.5.2.1. Transmission en bande de base	12
I.5.2.2. Transmission par modulation	13
I.5.2.3. Multiplexage	13
I.5.3. La chaîne de transmission en UMTS	13
a. Le codage source	14
b. Le codage canal et entrelacement	14
c. L'étalement du spectre (spreading)	14
d. La modulation	14
I.6. Les techniques d'accès multiples	15
I.6.1. FDMA (Frequency Division Multiple Access)	15
I.6.2. TDMA (Time Division Multiple Access)	15
I.6.3. CDMA (Code Division Multiple Access)	15

Liste des abréviations

USIM **U**ser **S**ubscriber **I**dentify **M**odule

UU **U**ser to **U**ser

V

VLAN **V**irtual **L**ocal **A**rea **N**etwork

VLR **V**isitor **L**ocation **R**egister

VSAT **V**ery **S**mall **A**perture **T**erminal

W

W-CDMA **W**ide **B**and **D**ivision **C**ode **M**ultiple **A**ccess

X

XPIC **C**ross-**P**olarization **I**nterference **C**ancellation

Sommaire

I.6.4. W-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access)	16
Conclusion	17
Chapitre II : Les différents équipements et supports de transmission	18
Introduction	19
1212.1. Les équipements de transmission	19
▪ Le Mini-Link	19
a) MINI-LINK E	20
b) MINI-LINK HC (high capacity)	21
c) MINI-LINK TN (Traffic Node)	21
▪ Les bandes de fréquences et les modulations utilisées dans le Mini-Link.....	22
II.2. Les supports de transmission	22
II.2.1. Les supports physiques.....	22
A) Le câble coaxial.....	22
▪ Caractéristiques de câble coaxial	23
▪ Types de câbles coaxiaux	23
a) Le 10 Base 2 – câble coaxial fin (THINNET)	23
b) Le 10 Base 5 – câble coaxial épais (THICKNET).....	23
▪ Utilisation du câble coaxial dans UMTS	23
▪ Avantages et inconvénients de câble coaxial.....	23
B) Câble à paires torsadées	24
- Caractéristiques de câble à paires torsadées	24
- Utilisation des câbles à paires torsadées dans UMTS	24
- Avantages et inconvénients de paires torsadées.....	24
C) La fibre optique	25
- Caractéristiques de fibres optiques	25
- Les différents types de fibres optiques	25
a) La fibre multimode à saut d'indice	25
b) La fibre multimode à gradient d'indice	26
c) La fibre monomode	26
- Transmission par fibre optique	26
- Avantages et inconvénients de fibre optique	27
II.1.2. Les supports radio (immatériels)	27
II.1.2.1. Les faisceaux hertziens.....	27
a) Définition	27

Sommaire

b) Caractéristiques des faisceaux hertziens	28
c) Utilisation des faisceaux hertziens	28
d) Le principe de fonctionnement des faisceaux hertziens	28
e) Structure d'un faisceau hertzien	29
f) Caractéristiques des antennes en FH	30
g) Les catégories de faisceaux hertziens	30
- Faisceau hertzien à visibilité directe	30
- Faisceau hertzien transhorizon	30
h) Types de faisceaux hertziens	31
1. les faisceaux hertziens numériques	31
2. les faisceaux hertziens analogiques	31
i) Transmission du signal par faisceaux hertziens	31
j) Les avantages et les inconvénients des faisceaux hertziens	32
k) Les équipements qui utilisent les faisceaux hertziens	32
II.1.2.2. Les satellites	32
a) Définition	32
b) Caractéristiques	32
c) Le principe de fonctionnement	32
d) Transmission du signal par satellite	33
e) Les bandes de fréquences utilisées par les satellites	33
II.2. Caractéristiques globales des supports de transmission	34
- Bande passante	34
- Bruits et distorsions	34
- Capacité limitée des supports de transmission	35
Conclusion	35
Chapitre III : mise en service d'une liaison Mini-Link TN	36
Introduction	37
III.1. Schéma synoptique d'un réseau de transmission	37
III.2. Dimensionnement	38
III.3. Planification d'une liaison	38
- Création d'une nouvelle liaison à l'aide d'un logiciel de planification	38
- Etude du terrain	39
- Choix d'une topologie	40
• Topologie en étoile	40

Sommaire

• Topologie en anneau.....	40
- Création de sites.....	41
- Installation des équipements	41
- Différentes connexions.....	41
III.4. Description de l'équipement utilisé.....	42
1. Mini Link TN (Traffic Node).....	42
2. Les différentes parties de Mini-Link TN.....	43
A) la partie intérieure (Indoor Unit).....	43
Les différents types d'AMM.....	43
a) AMM 2p.....	44
b) AMM 6p.....	44
c) AMM 20p.....	44
Les différentes unités d'AMM	45
1. NPU.....	45
2. LTU.....	45
3. MMU.....	45
4. PFU 2.....	46
5. SMU 2.....	46
6. LTU 155.....	46
7. FAU2.....	47
B) La partie extérieure (Outdoor Unit).....	47
1. RAU (Radio Access Unit).....	48
2. Antenne.....	48
3. Fonctionnalités du Mini Link TN.....	49
3.1. Fonction de transmission en FH.....	49
3.2. Fonction du routage du trafic.....	49
3.3. Fonction de multiplexage.....	49
3.4. La protection en Mini Link TN.....	50
III.5. Configuration et mise en service.....	51
1. La configuration de la connexion IP.....	52
2. La configuration de Basic NE.....	54
3. La configuration Radio Link.....	55
4. La configuration Ethernet.....	59
a) Configuration RL-IME.....	59

Sommaire

b) Configuration des switches ports	61
c) Configuration de vlan	62
5. La configuration du routage de trafic	63
III.6. Opération et maintenance (O&M)	65
▪ Redondance d'alimentation	66
▪ Configuration XPIC (2+0)	66
▪ Loop (boucle).....	67
▪ Test d'interférence	68
Conclusion	68
Conclusion générale	69
Bibliographie	
Annexe	

Introduction générale

Le domaine des télécommunications mobiles a connu un remarquable essor dans notre pays ces dernières années, surtout avec l'arrivée de la troisième génération dite 3G. Cette technologie offre un débit important et une qualité meilleure. Par ailleurs, la transmission occupe un rôle important pour un opérateur agissant dans le domaine. Elle se situe dans la phase de transport de l'information à distance et offre un moyen d'acheminement de cette information à sa destination ; sachant que les équipements existants tels que Mini-Link E, HC n'offre qu'une capacité limitée, le réseau de transmission de la téléphonie mobile ne sera plus fiable face aux demandes incessantes des différents services, d'où la nécessité d'utiliser un nouveau équipement qui nous donne la possibilité d'augmenter la capacité de transmission des données, Pour arriver à ce stade l'opérateur national de la téléphonie mobile MOBILIS a procédé à la rénovation de son réseau de transmission existant en optant pour une technologie de transmission nouvelle et différente qui est le Mini Link TN qui est l'objet de notre travail.

En effet, ce travail se porte sur une étude et mise en service d'une liaison pour un réseau de transmission 3G basé sur l'utilisation de Mini-Link TN qu'on a pu réaliser au niveau de deux sites appartenant au réseau de transmission de l'opérateur national MOBILIS à Tizi-Ouzou.

C'est dans ce contexte qu'on a effectué un stage pratique chez l'opérateur national de la téléphonie mobile MOBILIS.

Ce mémoire présente un enchainement concernant la réalisation d'une liaison Mini-Link TN d'un réseau de transmission dans la téléphonie mobile; commençant par une présentation globale de la technologie UMTS puis une description des équipements et supports de transmission utilisés pour la liaison des différentes parties du réseau et une partie finale qui décrit l'équipement de transmission ainsi que la mise en service.

Chapitre I : Généralités sur la technologie 3G

Introduction :

La troisième génération de la téléphonie mobile (3G) connue sous le nom UMTS à révolutionner le monde des télécommunications et des réseaux mobiles universels, en proposant de différentes gammes de services telles que la voix, l'envoi de données (internet). En effet, l'objectif de cette technologie est d'apporter des améliorations aux différentes technologies existantes telles que, GSM, GPRS et EDGE afin d'optimiser la qualité de service rendue à l'abonné, cette amélioration est concentrée sur l'augmentation de débit (vitesse de transfert) en atteignant jusqu'à 2MB/s. Les réseaux 3G utilisent des bandes de fréquences différentes des réseaux précédents : 1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz.

Ce standard est venu satisfaire le besoin et la demande exigeante des utilisateurs en termes de services offerts. En effet, les usagers de nos jours ne se contentent plus des services vocaux et aux SMS mais plutôt désirent accéder à l'information, quel que soit son type, n'importe où et n'importe quand, d'une manière rapide et efficace.

Historique :

L'usage des services de communications mobiles a connu un essor remarquable, ces dernières années. En **2012** environ 6.4 milliards d'abonnés à travers le monde.

La figure 1.1 montre l'évolution du nombre d'abonnés mobiles au regard de la population mondiale.

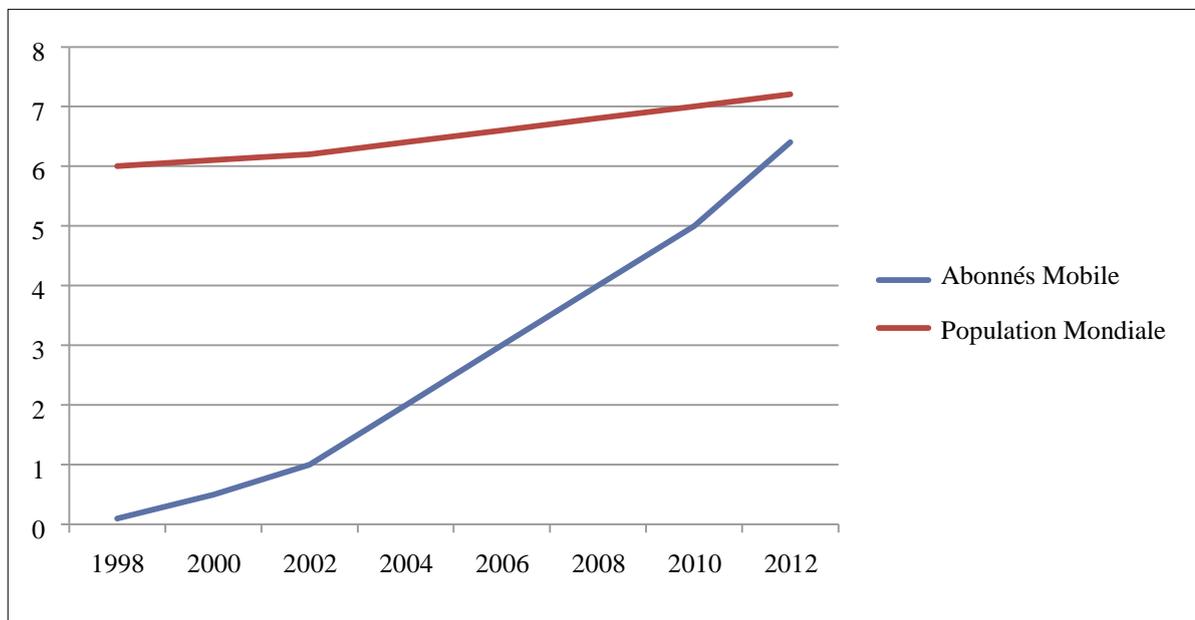


Figure 1.1 : Evolution du nombre d'abonnés mobiles travers le monde [1].

- Depuis **1998** : une norme universelle des travaux de standardisation qui s'effectuent au sein du **3GPP** (*Third Generation Partnership Project*).
- Groupe rassemblant les organismes de standardisation Européen, Japonais, Américain, Sud-coréen et depuis **1999** Chinois.
- **2001** : Testé pour la première fois en Europe.
- **2002** : Testé à l'île de Man (un territoire Britannique) et à Monaco.
- Octobre **2001** au Japon : a eu lieu le déploiement commercial du système FOMA (*Freedom Of Mobile Multimedia Access*) : 3^{ième} génération au Japon fondé pour l'essentiel sur les spécifications techniques de l'UMTS
- Mars **2003** : eurent lieu les premiers déploiements commerciaux de l'UMTS en Europe (Grande-Bretagne et Italie).

I.1. Définition de l'UMTS :

L'UMTS est l'un des principaux systèmes mobiles de troisième génération développé par l'ITU (International Télécommunication Union), elle représente l'une des technologies de la téléphonie mobile qui ont succédées au GSM. Exploitant une large bande de fréquence de l'ordre de 5MHZ et utilisant un protocole de transfert de données différent (service de paquet), elle offre la possibilité d'utiliser sur un téléphone mobile de nombreux services multimédias tels que la visiophonie, la télévision et internet, elle propose un débit supérieur à celui du GSM puisqu'il atteint 384 kbit/s dans sa première version et pourrait même atteindre jusqu'à 2 Mb/s dans le sens descendant (down Link).

La technologie UMTS assure la convergence entre les réseaux fixes et mobiles. En plus il offre un service de mobilité universelle, dépassant les limitations dues à la multiplicité des systèmes et des réseaux. Par conséquent, la couverture de l'UMTS sera mondiale.

I.2. Les Débits et la largeur de bande passante UMTS :

Les débits dans l'UMTS ont une grande amélioration par rapport aux systèmes précédents. Le débit théorique maximal de l'UMTS pour les données est de 2 Mbits/s et elle offre des débits différents selon le lieu et la mobilité de l'utilisateur :

- Pendant le déplacement en voiture le débit d'ordre 144 kb/s. Ce débit est disponible pour les environnements dans lesquels l'utilisateur se déplace à une vitesse plus grande jusqu'à 500 Km/h (exemple : train).

- Et pour une utilisation piétonne il est d'ordre de 384 kb/s. Ce débit est disponible pour les utilisateurs qui se déplacent à une vitesse allant jusqu'à 120 Km/h (environnements micro cellulaire et macro cellulaire).
- jusqu'à 2 Mb/s pour une utilisation fixe, dans le cas où l'utilisateur reste immobile. Ce débit est disponible avec une vitesse de déplacement plus petite que 10Km/h, (environnements micro cellulaires et pico cellulaires).

L'UMTS utilise une bande passante de largeur 5 MHz, supérieure à celle utilisée dans la 2G qui est de 200 KHz.

I.3. La couverture de l'UMTS :

La taille de la cellule est limitée par les fréquences et la puissance utilisées. En effet, la taille des cellules de 3G est relativement petite par rapport à celles de 2G, puisque la 3G utilise des fréquences plus élevées. Alors que la puissance d'émission est limitée en fonction de la proximité du récepteur par un système de contrôle de puissance intégré dans les émetteurs. Ainsi, plusieurs types de cellules radio existent selon l'environnement :

- 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 micro-cellule 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.).

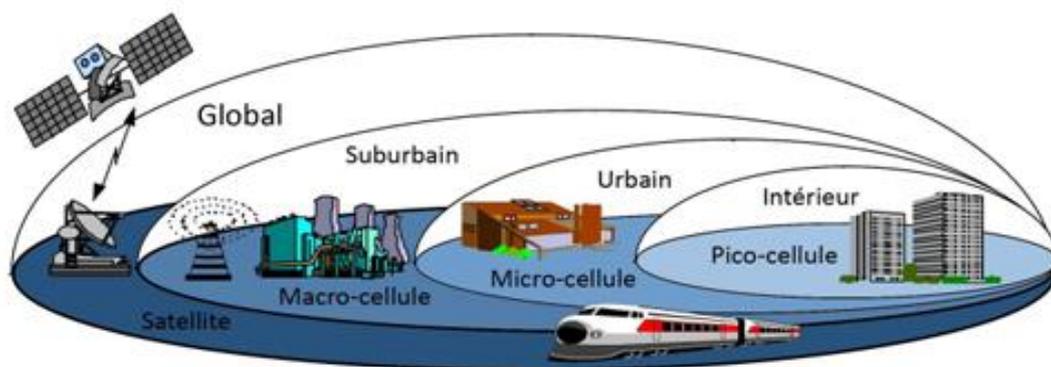


Figure 1.2 : Hiérarchie des cellules de l'UMTS [2].

I.4. Architecture des réseaux UMTS :

Le réseau UMTS diffère de celui du GSM, plus essentiellement au niveau de l'interface de transmission (W-CDMA au lieu du TDMA ou du FDMA) utilisée par le GSM. En effet, Le réseau propose une architecture et un découpage plus ouvert qui sépare les fonctions liées à la technologie d'accès appelée (UTRAN) de celles qui ne dépendent pas du mode d'accès, cette architecture a été établie par le consortium 3GPP, elle est divisée en 3 blocs principaux :

- Réseau d'accès radio (UTRAN).
- Réseau cœur (Core Network).
- l'équipement terminal (User Equipment).

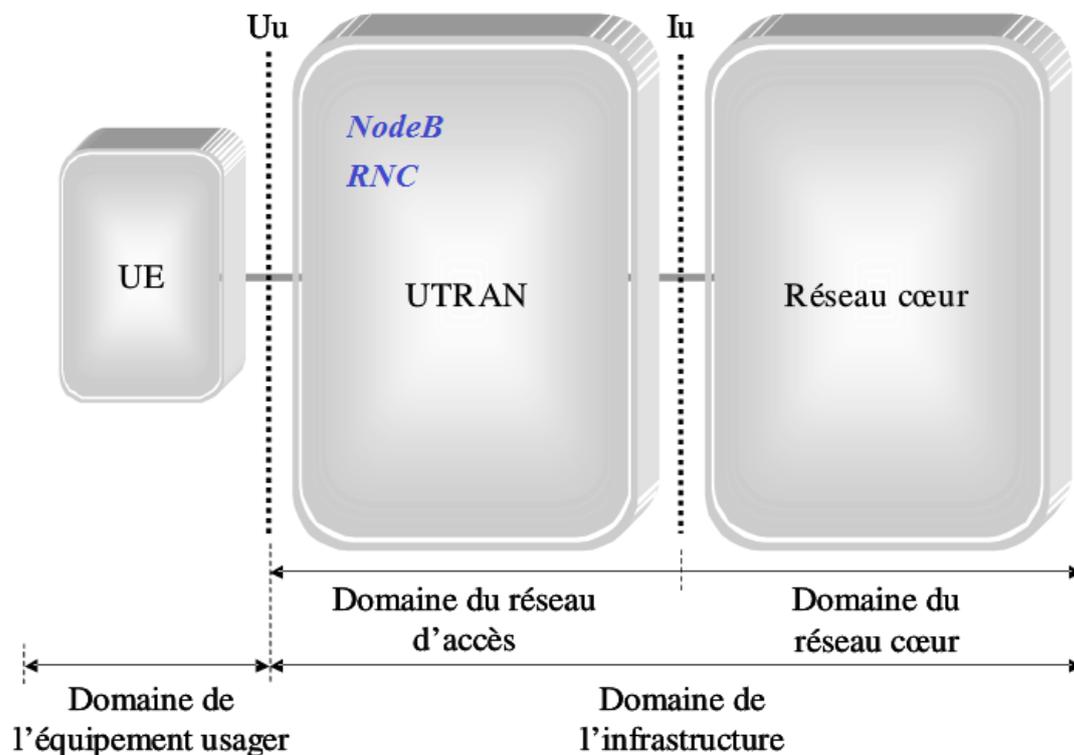


Figure 1.3 : Schéma synoptique du système UMTS

En effet, chaque équipement doit réaliser une fonction bien déterminée dans le réseau, alors que des interfaces d'échange, notés par **Uu** et **Iu**, assurent les échanges et la communication entre les différentes entités du réseau.

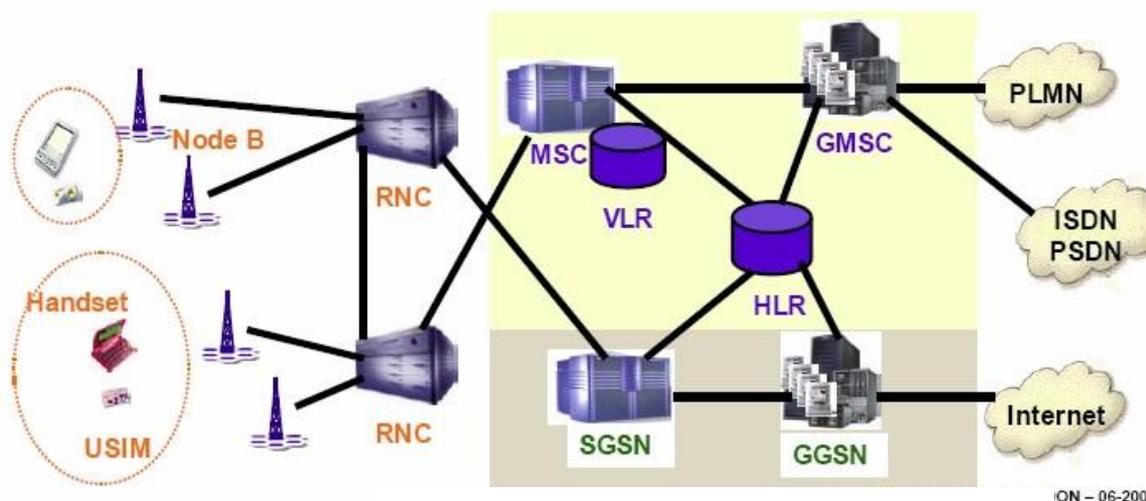


Figure 1.4 : Architecture de l'UMTS.

I.4.1. Le réseau d'accès (UTRAN) :

Le réseau d'accès propose les fonctions permettant d'acheminer les informations (trafic de données et trafic de signalisation) depuis l'utilisateur jusqu'au réseau cœur. C'est l'UTRAN qui est utilisé pour ce domaine. Il fournit à l'équipement usager les ressources radio et les mécanismes nécessaires pour accéder au cœur du réseau. C'est la plus importante innovation apportée par l'UMTS.

L'UTRAN consiste deux éléments distincts :

- Le NodeB convertit le flux de données entre les deux interfaces Iub et Uu. Il participe également dans la gestion des ressources Radio.
- RNC qui contrôle les ressources radio dans son domaine. Le RNC est le point d'accès pour tous les services UTRAN que fournit le CN, par exemple la gestion des connexions à l'UE.

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'effectuer d'autres fonctions comme :

- 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.

I.4.1.1 Architecture de l'UTRAN :

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.

L'UTRAN comporte principalement des stations de base, qui sont appelées Node B, réparties sur l'ensemble du territoire et des contrôleurs de réseau radio (RNC). Le RNC fournit les fonctionnalités de contrôle et de passerelle (*gateway*) pour plusieurs Node B. Un Node B et un RNC peuvent être co-localisés dans le même équipement, même si la plupart des implantations comportent un RNC distinct situé dans un site central et qui sert de concentrateur pour le trafic de nombreux Node B répartis géographiquement. Qu'ils soient ou pas séparés physiquement, il y a une interface logique entre le RNC et les Nodes B, connue sous le nom de Iub. Le RNC et les Nodes B connectés sont appelés RNS « sous-système de réseau radio » (*Radio Network Subsystem*). Il peut y avoir plusieurs RNS (plusieurs RNC) présents dans un réseau UTRAN [3].

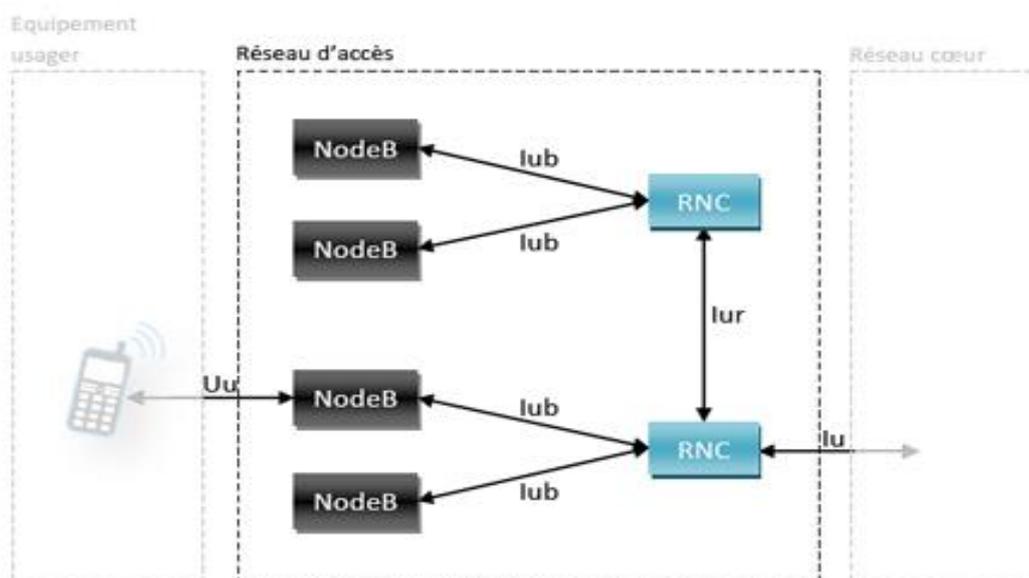
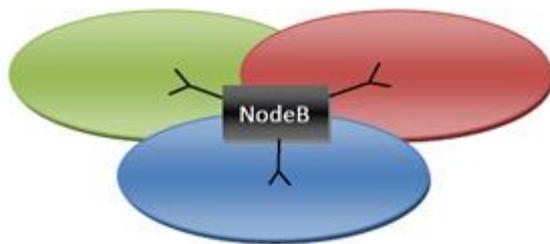


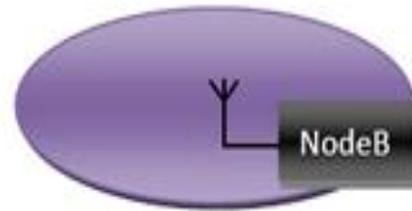
Figure 1.5 : Architecture du réseau d'accès.

I.4.1.2 Node B :

Le rôle principal du NodeB est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules de l'UTRAN avec un équipement usager. Le NodeB travaille au niveau de la couche physique du modèle OSI (codage et décodage). Il régit le codage du canal, l'entrelacement, l'adaptation du débit et l'étalement. Nous pouvons trouver deux types de NodeB :



NodeB avec antennes sectorielles



NodeB avec antenne omnidirectionnelle

Figure 1.6 : Les types de NodeB.

I.4.1.3 Le RNC :

Le RNC est un contrôleur de Node B c'est l'équivalent du BSC dans le réseau GSM, Il contrôle et gère les ressources radio en utilisant le protocole RRC pour définir les procédures de communication entre les mobiles (par l'intermédiaire des Nodes B) et le réseau.

Le RNC s'interface avec le réseau pour les transmissions en mode paquet et en mode circuit. Le RNC est directement relié à un Node B, il gère alors :

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

I.4.2. Le réseau cœur (Core Network) :

Le réseau cœur permet la gestion des appels, l'itinérance, la sécurité et la communication avec les réseaux externes. Il donne la possibilité pour un usager de communiquer à l'intérieur d'un même réseau de téléphonie mobile et assure l'interconnexion de ce dernier avec des réseaux internes ou externes, fixes ou mobiles, Le réseau cœur est constitué de trois parties :

- Le domaine CS (*Circuit Switched*) utilisé pour la téléphonie.
- Le domaine PS (*Packet Switched*) qui permet la commutation de paquets.
- Les éléments communs aux domaines CS et PS.

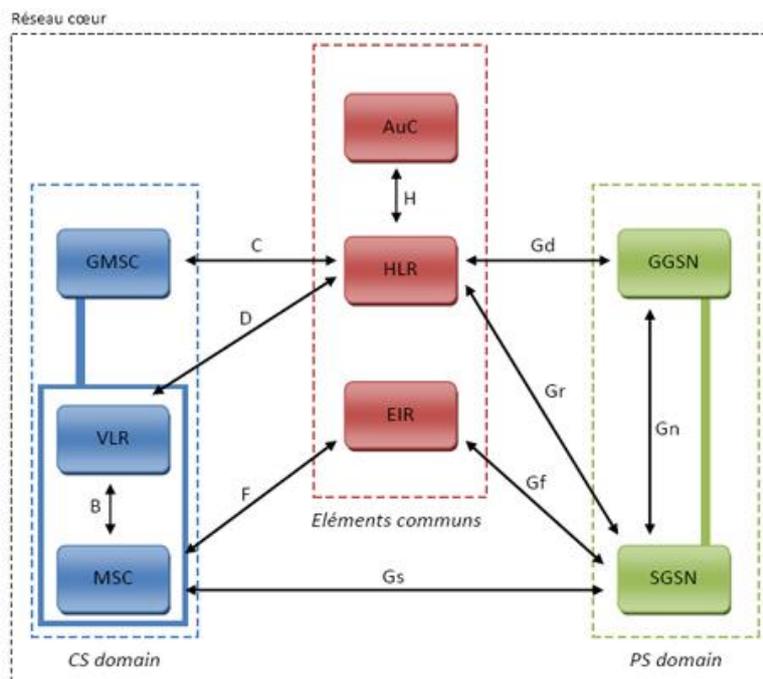


Figure 1.7 : Architecture du réseau cœur de l'UMTS.

I.4.2.1 Le domaine de circuit CS :

C'est un domaine de service qui donne la possibilité à un usager de gérer une communication par circuit telles les conversations téléphoniques, visiophonie en assurant une connexion aux réseaux externes tels que le RTC et RNIS, il comprend :

- **Le MSC (Mobile service Switching Center)** : on peut considérer cet élément comme le cœur d'un système cellulaire car il fait la gestion des appels, l'authentification, la localisation des abonnés et il assure la sécurité d'accès au système.
- **Le GMSC (Gateway Mobile Switching Center)** : est une passerelle entre le réseau UMTS et le RTC, qui joue le rôle d'un commutateur vers les autres réseaux publics ou privés.
- **Le VLR (Visitor Location Register)** : c'est la base de données reliée à un ou plusieurs MSC, Il charge les informations des abonnés dans une zone géographique LA (*Location Area*) qui permet à l'opérateur de localiser dans quelle cellule se trouve chacun de ses abonnés.

I.4.2.2 le domaine de paquets PS :

C'est un domaine de service offrant à un usager une communication par paquet donnant la possibilité de transfert de données vers le réseau IP (internet), le temps de transfert dans ce domaine n'est pas important, ce domaine comprend :

- **Le SGSN** (*Serving GPRS Support Node*) : est chargé d'enregistrer les usagers dans une zone géographique.
- **Le GGSN** (*Gateway GPRS Support Node*) : est une passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs tels que l'Internet.

I.4.2.3 Eléments partagés :

Sont les éléments communs dont l'accès est partagé par les deux domaines PS et CS, ils comprennent :

- **HLR** : c'est la base de données de localisation et de caractérisation. il mémorise toutes les informations des utilisateurs telles que :
 - Le numéro d'appel de l'abonné
 - l'identité du mobile
- **AUC** : est un élément permettant au réseau d'assurer certaines fonctions d'authentification et de sécurité pour toutes les opérations de communications, il mémorise pour chaque abonné une clef pour l'identification et le cryptage.
- **EIR** : le EIR est une base de données qui contient l'identité des mobiles, car c'est cette entité qui enregistre tous les numéros des terminaux(IMEI) existants au niveau des réseaux, il est chargé d'autorisation et du blocage d'accès au réseau .

I.4.3. L'équipement terminal (User Equipment) :

L'UE se compose de deux parties :

- **Mobile Equipment (ME)** : désigne un élément de base dans la téléphonie mobile qui correspond à un téléphone portable ou smartphone.
- **USIM** : est une carte à puce qui permet à un terminal l'accès aux services, comme dans le GSM on utilise la carte SIM, dans l'UMTS c'est la carte USIM qui contient toutes les données relatives à l'abonné.

I.5. Réseau de transmission :

Le réseau de transmission de l'UMTS est largement basé sur le protocole IP (Internet Protocol) avec différentes topologies telles que point à point et multiple point à point en utilisant différents supports comme la fibre optique et les lignes à paire torsadées.

I.5.1. Les modes de transmission :

a) Mode de transmission par circuit :

Ce mode gère tous les services en temps réel tels que les appels téléphoniques, la vidéo conférence et les applications multimédias, Ces applications exigent un temps de transfert très réduit. Le débit supporté par ce mode peut arriver jusqu'à 384 Kbit/s. dans ce mode le MSC/VLR correspondant à un commutateur téléphonique auquel est rattachée une base de données pour les abonnés visiteurs de la zone de service de ce MSC et sur un GMSC pour la commutation vers les réseaux externes tel que les RTCP.

b) Mode de transmission par paquet :

Au niveau de ce mode, la communication est basée sur une différente technologie de celle utilisée en mode circuit qui est ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) car cette technologie est compatible avec le réseau(IP) qui consiste à envoyer les données paquet par paquet (segment), le temps de transfert n'est pas important, le débit pourra atteindre 2 Mbits/s. Ce mode de transmission est basé sur deux dispositifs qui jouent le rôle de passerelles vers les réseaux extérieurs : le SGSN et le GGSN.

I.5.2. Les techniques de transmission :

Selon les techniques de transmission, un équipement spécifique est placé à chaque extrémité du support, comme exemple un modem (modulateur-démodulateur).

I.5.2.1. Transmission en bande de base :

Dans la transmission en bande de base, l'équipement qui génère les signaux est un codec. Il code le message de données synchrone en une suite de signaux compatibles avec les caractéristiques physiques du support (le codec effectue un simple transcodage du signal que lui fournit l'émetteur). Plusieurs facteurs expliquent les difficultés rencontrées dans la transmission en bande de base : la limitation de la bande passante (dans les basses comme dans les hautes fréquences) et le transfert des données quelles que soient leurs valeurs. Les longues suites de 0 ou de 1 engendrent des problèmes à la réception.

I.5.2.2. Transmission par modulation :

La transmission par modulation consiste à envoyer une onde sinusoïdale appelée porteuse. En fonction de la donnée à transmettre, le modem modifie l'un des paramètres de la porteuse (fréquence, phase ou amplitude).

I.5.2.3. Multiplexage :

Lorsque la bande passante d'un support est nettement plus large que le spectre du signal à transmettre, il est intéressant d'utiliser un même support pour transmettre parallèlement plusieurs signaux. On parle alors de multiplexage. Le démultiplexage consiste à reconstituer les différents signaux à partir du signal multiplexé.

I.5.3. La chaîne de transmission de l'UMTS :

Au niveau des réseaux, la chaîne de transmission comprend l'ensemble des opérations effectuées sur un signal pour le transformer afin qu'il soit compatible avec le canal sur lequel on doit l'envoyer, dans l'UMTS la chaîne de transmission comporte 4 parties principales dans lesquelles les différentes données des utilisateurs (voix, signalisation, paquets) font l'objet de ces traitements comme c'est illustré dans la figure ci-dessous :

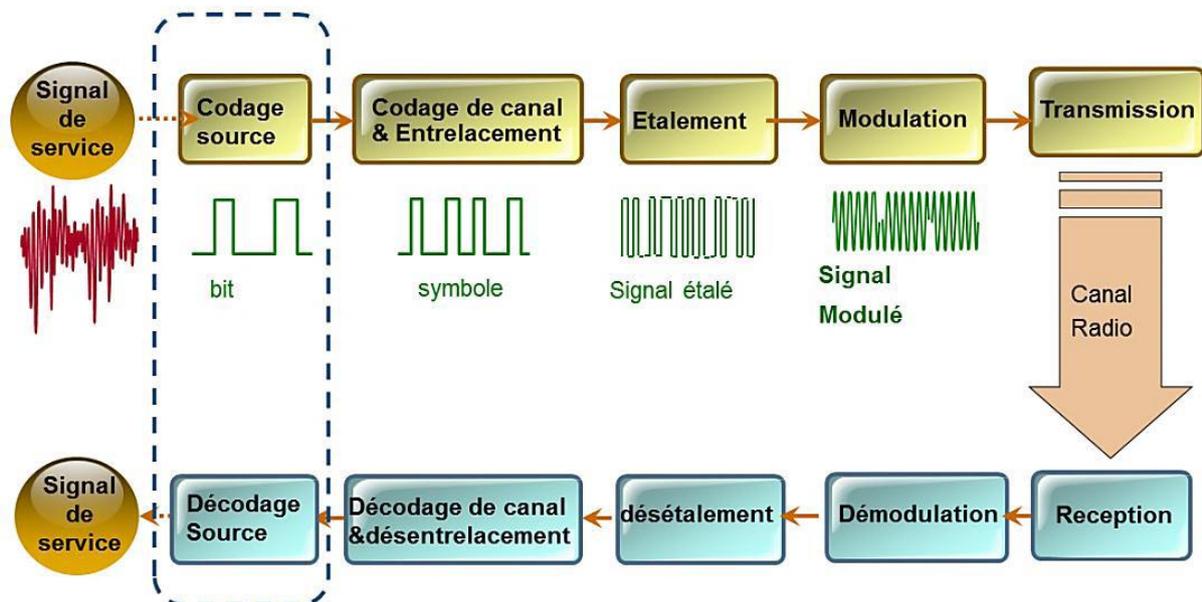


Figure 1.8 : Chaîne de transmission du système WCDMA.

a. Le codage source :

Ce codage permet de la compression des données binaires. Cette technique offre la possibilité d'adapter le mode de codage selon la qualité de transmission du canal radio. Pour adapter le codage durant la communication, le récepteur mesure la qualité du canal radio et la transmet à l'émetteur.

b. Le codage canal et entrelacement :

Le rôle de l'entrelacement est d'étaler temporellement les mots d'informations codés afin de les protéger, contre des paquets d'erreurs dû aux trajets multiples du canal de transmission ou aux sources de bruit. L'entrelacement consiste à réarranger les symboles informatifs codés de sorte que les symboles correspondant à un mot de code soient séparés d'une distance supérieure à la longueur typique d'un paquet d'erreurs.

c. L'étalement du spectre (Spreading) :

Le rôle de l'étalement du spectre est d'élargir la bande passante du signal, tout en conservant la puissance moyenne, mais en baissant le niveau spectral. L'intérêt de l'étalement du spectre est de rendre le signal plus fort face aux interférences à bande étroite et résistant aux évanouissements sélectifs, et c'est en étendant le spectre du signal sur une bande de 5 MHz.

d. La modulation :

Pour transmettre le message à travers le milieu de transmission, le modulateur génère un signal porteur, dont la forme d'onde peut-être soit une suite d'impulsions soit une onde sinusoïdale.

Au niveau de ce bloc la modulation dépend des deux sens :

- Sens descendant on applique la modulation QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) qui consiste à multiplexer les canaux physiques temporellement.
- Sens montant on applique la modulation BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) ou le multiplexage des canaux n'est pas réalisé [2].

I.6. Les techniques d'accès multiples :

Afin d'accéder au réseau, on est obligé de partager les ressources radio existantes sachant que ces ressources sont très insuffisantes ce qui a poussé les différents organismes des télécommunications à se doter de différentes techniques d'accès qui permettront un partage idéal de ces ressources, parmi ces techniques on trouve :

I.6.1. FDMA (*Frequency Division Multiple Access*):

Cette technique est utilisée dans la première génération de la téléphonie, elle consiste à attribuer pour chaque utilisateur une fréquence pour toute la durée de communication, cette fréquence ne pourra être utilisée par un autre utilisateur tant qu'elle est occupée par ce dernier, comme le montre la **Figure 1.9**.

I.6.2. TDMA (*Time Division Multiple Access*):

Cette technique est une amélioration de FDMA, elle est utilisée dans le système GSM, elle offre la possibilité de partager la bande de fréquence par plusieurs usagers en attribuant un intervalle de temps (appelé time slot) à chaque utilisateur comme le montre la **Figure 1.10**.

I.6.3. CDMA (*Code Division Multiple Access*):

La technique CDMA constitue une méthode d'accès où tous les utilisateurs partagent la même bande au même instant en attribuant à chaque utilisateur un code unique qui détermine les fréquences et la puissance utilisées, on a présenté cette technique dans la **Figure 1.11**.

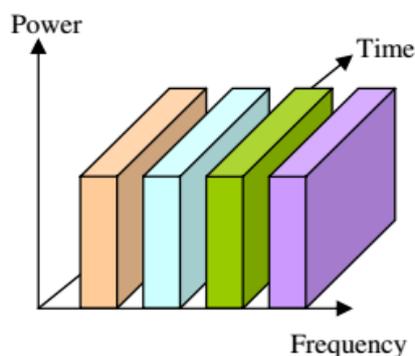


Figure 1.9 : L'accès FDMA.

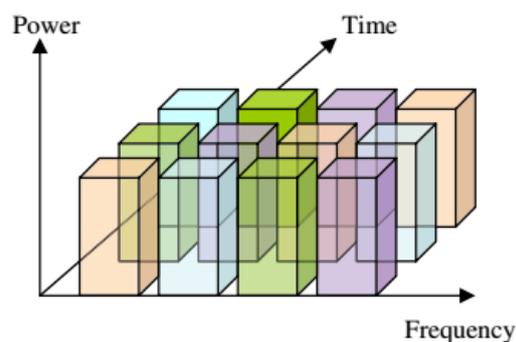


Figure 1.10 : L'accès TDMA.

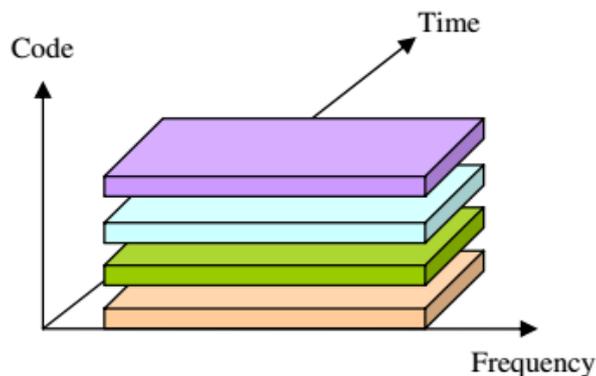


Figure 1.11 : L'accès CDMA.

I.6.4. W-CDMA (*Wideband-Code Division Multiple Access*) :

elle représente la même technique que CDMA, en utilisant une bande plus large de 5 MHz, elle est basée sur le processus d'étalement de spectre, ses améliorations par rapport aux précédentes techniques c'est qu'elle permet de réutiliser les mêmes fréquences aux niveaux de toutes les cellules et l'exploitation de multiples trajets et des débits plus rapides grâce aux différents multiplexages utilisés par cette technique et parmi ces techniques on trouve :

- **Le TDD** : dans ce type de multiplexage une seule fréquence est utilisée pour la voie montante et la voie descendante, il est utilisé en cas où le spectre n'est disponible qu'en quantité limitée.
- **Le FDD** : permet l'échange de données entre le réseau et le mobile (envoi et réception des données) simultanément, car il attribue pour chaque voie une fréquence, il est mieux adapté pour les macro-cellules.

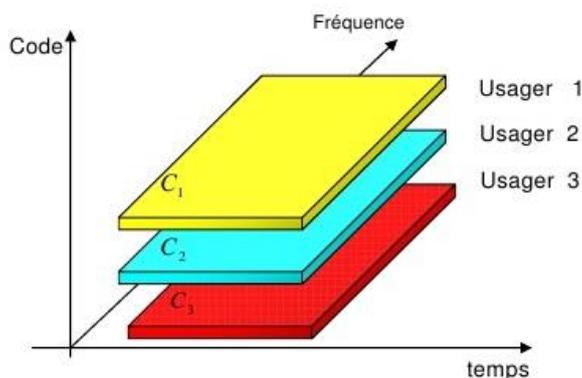


Figure 1.12 : L'accès W-CDMA [4].

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté la technologie 3G et plus essentiellement l'UMTS, son architecture, son fonctionnement et sa chaîne de transmission. Nous avons également présenté ses différentes parties et ses services offerts.

Cette technologie permet d'apporter une amélioration remarquable dans les réseaux mobiles GSM et plus essentiellement au niveau de l'interface radio grâce à la technique d'accès W-CDMA ainsi que les différents équipements et supports de transmission qui feront objet de notre prochain chapitre.

Chapitre II : Les différents équipements et supports de transmission

Introduction :

La transmission est la fonction qui consiste à transporter les différents signaux (analogiques et numériques) dans le réseau de la téléphonie mobile. Les différentes transmissions sont réalisées à l'aide des équipements et supports de transmission qui permettent une bonne connexion entre les différents blocs de l'UMTS.

II.1. Les équipements de transmission :

En téléphonie mobile l'opération de transmission est réalisée par des différents équipements tels que le Mini Link E, HC, TN, la différence entre ses équipements et leur capacité de transmission, la technologie utilisée (GSM, UMTS...) ainsi que les techniques de multiplexage (ATM, PDH, SDH).

❖ Le Mini-Link :

Le Mini-Link est un système de transmission micro-onde (hautes fréquences) utilisé dans la téléphonie mobile pour l'acheminement et le transfert de données par une liaison radio FH de différents sites, il est constitué de deux parties, une partie matérielle qui constitue l'équipement et une autre logicielle qu'on installe sur un PC pour des raisons de configurations des équipements.

Le Mini-Link est divisé en deux unités :

- **L'unité extérieure (ODU) :** c'est une partie qui est fixée sur le pylône, elle est constituée d'une unité radio « RAU » (radio unit) et d'une antenne, elles sont reliées par un câble coaxial (RCC). C'est cette partie du mini Link qui assure les opérations de modulation et le contrôle de puissance.

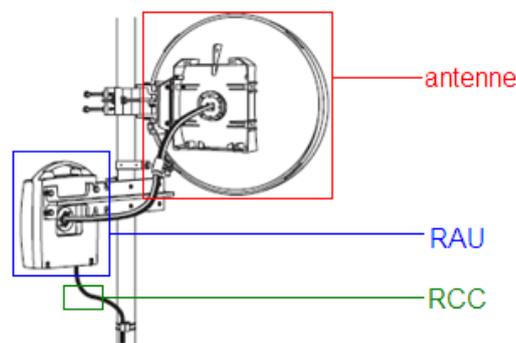


Figure 2.1 : Représentation de la partie Extérieure.

- **L'unité intérieure (IDU) :** par contre cette partie est située à l'intérieur non pas sur le pylône, elle est constituée de plusieurs unités de modems (MMU) et de plusieurs switches (SMU). Ces modules (plug-ins) sont connectés par une carte-mère appelée Backplane.

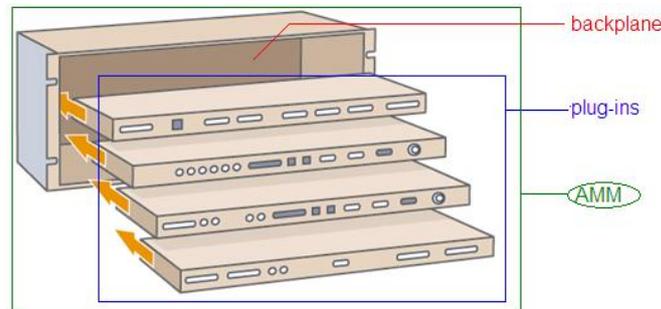


Figure 2.2 : Représentation de la partie Intérieure.

a) MINI-LINK E :

Le Mini-Link E est un équipement de transmission radio utilisant le multiplexage PDH, il fait une liaison FH entre deux sites. Il se compose de deux parties : la partie intérieure (Indoor Unit) qui comporte un module AMM et les plug-ins, et la partie extérieure (Outdoor Unit) qui comporte l'unité radio RAU et l'antenne.

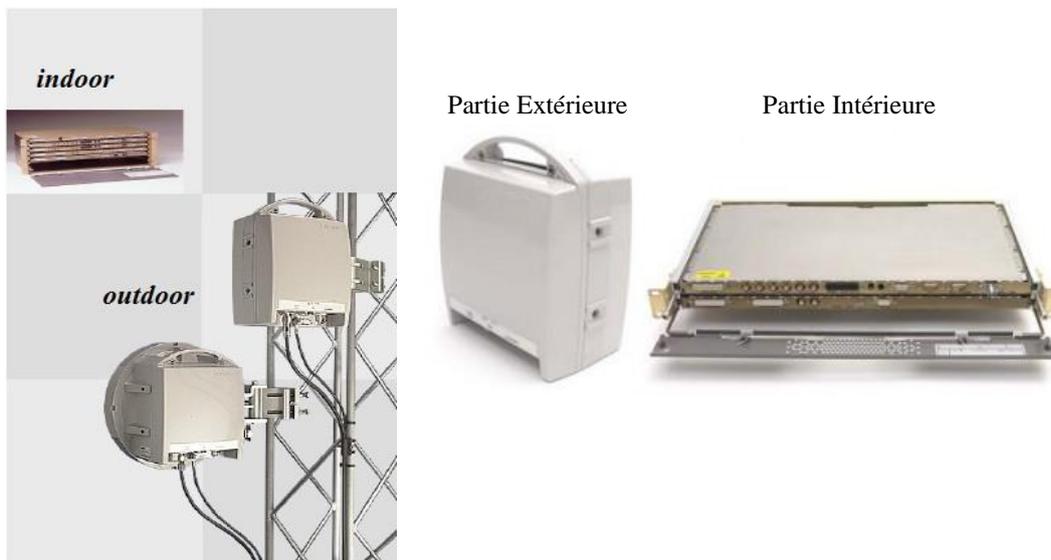


Figure 2.3 : Le MINI-LINK E.

a) MINI-LINK HC (*high capacity*) :

MINI-LINK HC est un compact équipement pour le transfert de la voix et les données avec un débit de 155 Mb/s, en utilisant une technologie différente à celle du MINI-LINK E qui est SDH. Il est constitué de deux unités : modem (MMU) et d'une unité radio (TRU).



Figure 2.4 : Le MINI-LINK HC.

b) MINI-LINK TN (Traffic Node) :

Le MINI-LINK TN est une station unique de transmission de micro-ondes, c'est un produit de la famille Mini Link d'Ericsson. Il est conçu pour être le successeur de MINI-LINK E. Il combine des caractéristiques FH pour le routage du trafic, multiplexage PDH / SDH ainsi que les mécanismes de protection du lien et du réseau. Il a un logiciel de configuration de routage du trafic qui réduit au minimum l'utilisation de câbles, améliore la qualité du réseau et facilite le contrôle à distance.

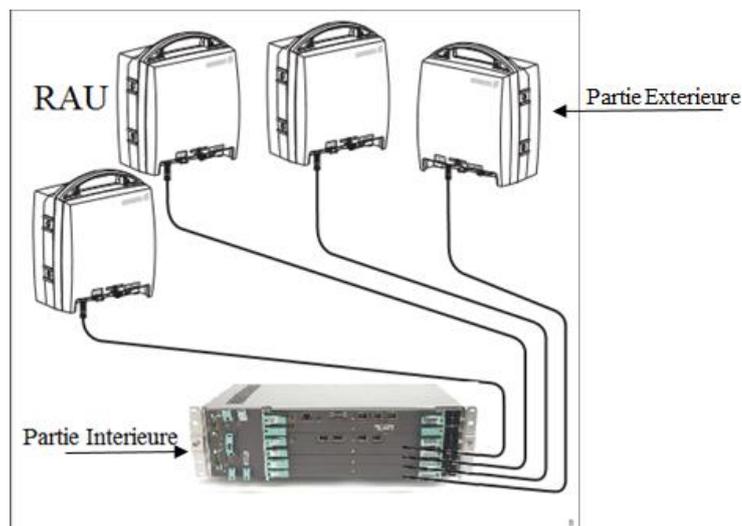


Figure 2.5 : Le MINI-LINK TN.

❖ Les bandes de fréquences et les modulations utilisées dans le Mini-Link :

Le Mini-Link fournit une transmission micro-ondes de 2x2 à 64x2 Mbit/s en PDH et 155 Mbit/s dans SDH. Il fonctionne dans les bandes de fréquences 7 à 38 GHz, utilisant la modulation C-QPSK, 16, 64 et 128 QAM.

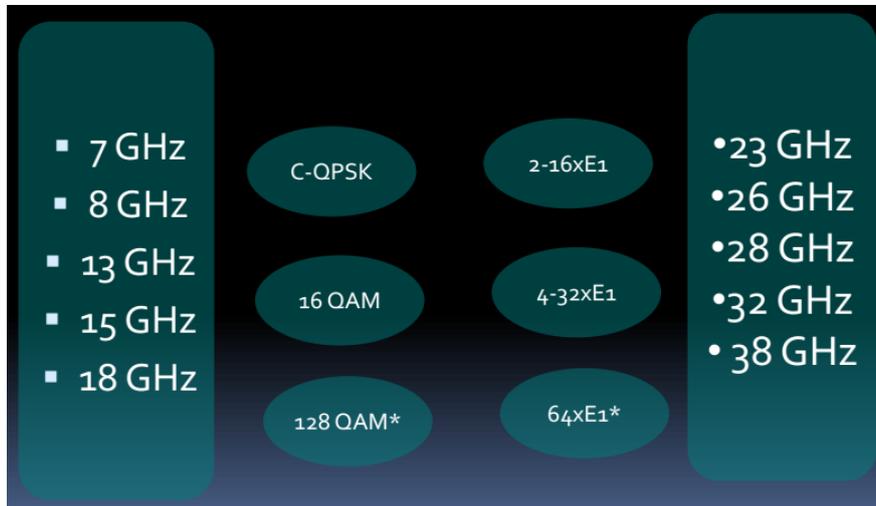


Figure 2.6 : Bandes de fréquences et modulation de Mini-Link.

II.2. Les supports de transmission :

Les supports de transmission sont nombreux. Parmi ceux-ci, on distingue : les supports physiques et les supports radio (immatériels), les supports physiques comme les paires torsadées et les câbles coaxiaux, sont les plus anciens et les plus largement utilisés ; ils transportent des courants électriques. Les supports de verre ou de plastique, comme les fibres optiques, transmettent la lumière, tandis que les supports immatériels des communications sans fil propagent des ondes électromagnétiques et sont en plein essor.

II.2.1. Les supports physiques :

A) Le câble coaxial :

C'est un câble constitué de deux conducteurs cylindriques sur un même axe séparés par un isolant de qualité (Téflon, polythène, polypropylène, air...), il permet des transferts de données allant jusqu'à 2Gb/s et la transmission de signaux de hautes fréquences.

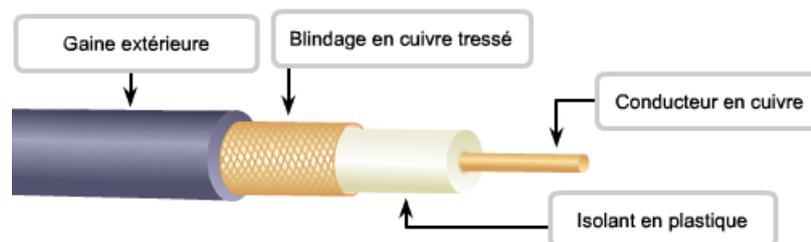


Figure 2.7 : Le câble coaxial.

❖ Caractéristiques de câble coaxial :

- l'impédance caractéristique standardisée à 75 ohms, la radio FM, la vidéo ou l'audio, et à 50 ohms pour l'instrumentation ou la connexion d'antennes Wi-Fi.
- Un débit allant jusqu'à 2Gb/s.
- Raccordement avec des connecteurs BNC.
- Bande passante de 10 Mbits/s.
- Plus on augmente la longueur du câble, plus il y aura de pertes.

❖ Types de câbles coaxiaux :

Il existe deux types principaux de câbles coaxiaux :

a) **Le 10 Base 2 – câble coaxial fin (THINNET) :** est un câble flexible de diamètre 6 millimètres, il peut transporter les signaux sur une distance de 185 mètres sans affaiblissement. Il fait partie de la famille de RG-58 dont l'impédance caractéristique (la résistance) est de 50 Ohm avec un débit de 10 Mb/s. il est utilisé pour la télévision.

b) **Le 10 Base 5 – câble coaxial épais (THICKNET) :** est un câble blindé de diamètre 12 millimètres, il permet de transmettre des données sur une grande distance d'environ 500 mètres sans affaiblissement grâce à son épaisseur, il est plus résistant aux interférences. l'impédance caractéristique est de 75 Ohm avec un débit de 10 Mb/s [5].

❖ Utilisation du câble coaxial dans UMTS :

Le câble coaxial est utilisé pour les différentes opérations de câblage dans l'UMTS, et plus précisément pour relier la partie intérieure et extérieure des NodeB (indoor-outdoor) pour des transmissions en duplex.

❖ Avantages et inconvénients de câble coaxial :

- Le câble coaxial est un support difficile à mettre en place et à raccorder (poids, rigidité, connectique délicate) mais très performant.
- Transporte des données numériques (50 Ohms) et analogiques (75 Ohms).
- Il offre un débit plus élevé et une moindre sensibilité aux perturbations électromagnétiques que la paire torsadée utilisée dans le câblage RJ-45.
- On lui préfère cependant cette dernière dans les applications informatiques et les réseaux domestiques, pour des raisons de coût et de facilité de mise en œuvre.

B) Câble à paires torsadées :

Un câble à paires torsadées est un support de transmission formé de deux fils conducteurs en cuivre, isolés l'un de l'autre et enroulés autour de l'axe de symétrie longitudinal, les deux fils sont torsadés l'un sur l'autre afin d'éliminer l'interférence (diaphonie). On distingue les paires torsadées :

- non blindées UTP (*Unshielded Twisted Pair*).
- écrantées FTP ou ScTP (*Foiled/Screened TP*).
- blindées STP (*Shielded Twisted Pair*).

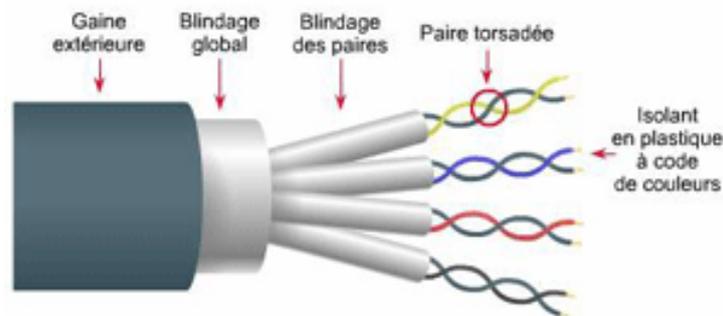


Figure 2.8 : Le câble à paires torsadées.

❖ Caractéristiques des câbles à paires torsadées :

- Le débit est de 10-100 Mbits/s ou 1 Gbits/s.
- La longueur de câble est 100 mètres.
- Raccordement avec des connecteurs RJ-45.
- Coût faible, facile à installer.
- problèmes d'atténuation, distorsion, diaphonie.

❖ Utilisation des câbles à paires torsadées dans UMTS :

L'utilisation la plus courante de la paire torsadée dans la téléphonie mobile et plus particulièrement dans l'UMTS est de relier la partie radio (RBS) et la partie transmission (Mini-Link TN), et on l'utilise pour accéder à l'équipement via un PC pour les besoins de configuration.

❖ Avantages et inconvénients de paires torsadées :

- Câblage universel : informatique et téléphone.
- Un débit de plusieurs Mbits/s et Gbits/s sur 100 m.
- Possibilité de travailler en Full Duplex.
- Câblage plus cher et prend plus de place dans les gaines techniques.
- Très sensibles aux perturbations (électromagnétiques,...).
- Courtes distances.

C) La fibre optique :

Une fibre optique est un guide d'onde qui exploite les propriétés réfractrices de la lumière, elle est constituée d'un fil de verre à base de silice ou de plastique très fin elle comprend un cœur (*core*) dans lequel se propage la lumière et une gaine (*cladding*) qui empêche que la lumière s'échappe de la fibre.

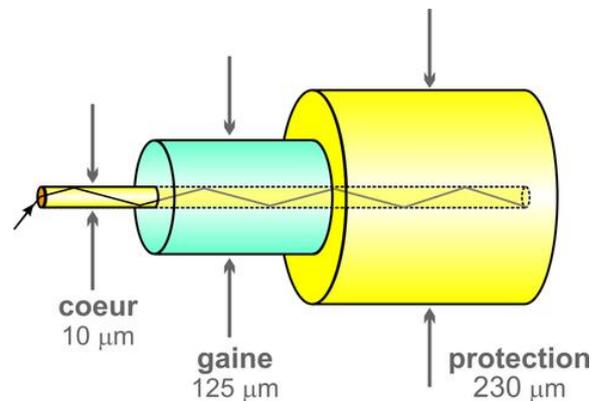


Figure 2.9 : fibre optique.

❖ Caractéristiques des fibres optiques :

- Le débit est 100Mbit/s ou 1Gbit/s dans les LAN.
- Bande passante : 1GHz pour 1km.
- Fonctionne par impulsions lumineuses.
- Insensibles aux interférences électromagnétiques.
- Le signal véhiculé par la fibre optique est caractérisé par sa longueur d'onde.
- L'atténuation : inférieure à 1db/km => Très utile pour les longues distances.
- Sécurité.

❖ Les différents types de fibres optiques :

Il existe trois types de fibres optiques qui se distinguent par la façon dont le signal lumineux se propage dans le cœur.

a) La fibre multimode à saut d'indice :

Le diamètre du cœur est d'environ 200 micromètres pour un diamètre total de la fibre (cœur + gaine) de 380 micromètres. Le saut d'indice signifie que la différence entre l'indice de réfraction du cœur et celui de la gaine est assez importante. De cette façon, lorsque le signal rencontre la gaine, il est brusquement réfléchi. Ce type de propagation entraîne une déformation importante du signal.

b) La fibre multimode à gradient d'indice :

Le diamètre du cœur est de 50 à 100 micromètres pour un diamètre total de la fibre de 125 micromètres. Le cœur est constitué de plusieurs couches de verre ayant chacune un indice de réfraction légèrement différent de la précédente. Ainsi, le rayon lumineux n'est pas brusquement réfléchi lorsqu'il rencontre la gaine, mais sa trajectoire est déviée progressivement à chaque fois qu'il traverse une nouvelle couche. Ceci permet de diminuer la déformation du signal.

c) La fibre monomode :

Le cœur mesure moins de 10 micromètres pour un diamètre total de 125 micromètres. Le fait que le cœur soit si fin va obliger le signal lumineux à se propager en ligne droite. De ce fait, il ne rencontre pas la gaine et n'est donc pas perturbé. La déformation du signal dans ce type de fibre est quasi inexistante.

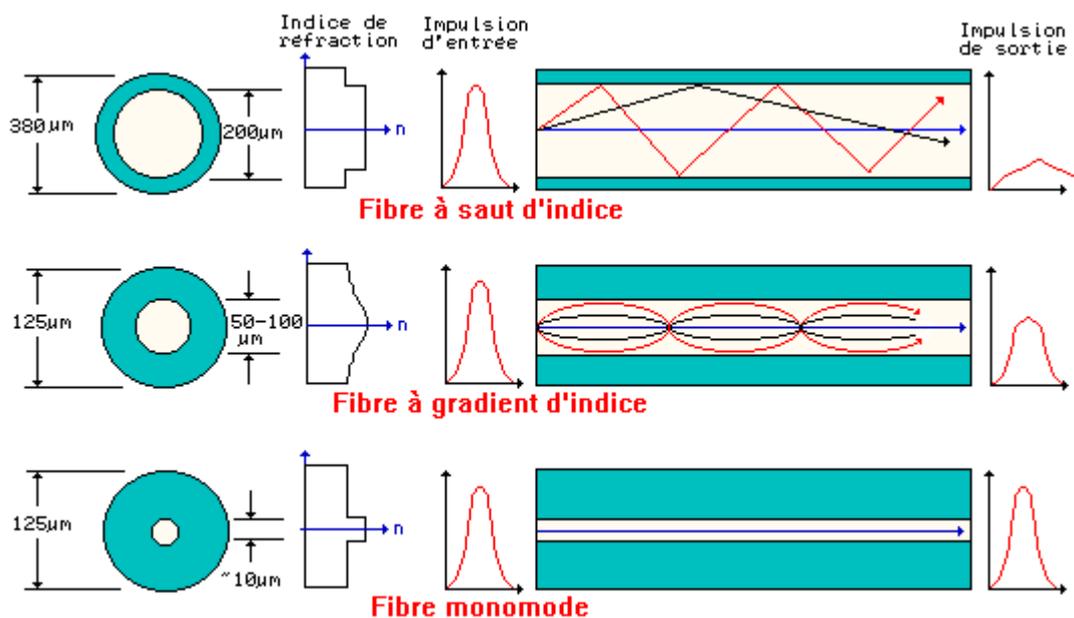


Figure 2.10 : les types de fibre optique [6].

❖ **Transmission par fibre optique :**

L'emploi de la lumière comme véhicule d'information est indiqué grâce à sa bande de fréquence très élevée qui permet de transporter une quantité d'informations considérable et à longue portée.

Lorsqu'un faisceau lumineux heurte obliquement la surface qui sépare deux milieux plus ou moins transparents, il se divise en deux ; une partie est réfléchi tandis que l'autre est réfractée, c'est-à-dire transmise dans un second milieu en changeant de direction. L'indice de réfraction étant une grandeur caractéristique des propriétés optiques d'un matériau. Il est obtenu en divisant la vitesse de la lumière dans le vide ($CV = 299792 \text{ Km/s}$) par la vitesse de cette même onde dans le matériau. Plus l'indice est grand, et plus la lumière est lente.

L'affaiblissement intrinsèque d'une fibre optique est dû essentiellement à l'absorption et à la diffusion de la lumière dans le diélectrique de la fibre. La mise en œuvre de la transmission par fibre optique nous amène à renseigner que la transmission est basée sur l'utilisation de la lumière comme véhicule de l'information au sens large du terme.

C'est le principe qui est utilisé pour guider la lumière dans la fibre. La fibre optique comprend ainsi deux milieux : le cœur dans lequel l'énergie lumineuse se trouve confinée grâce à un second milieu, et la gaine dont l'indice de réfraction est faible.

❖ **Avantages et inconvénients de fibre optique :**

- Tolère des débits de l'ordre de 100 Mbps.
- Taux d'erreur très faible même en milieu perturbé.
- Le poids de la fibre optique est très faible ce qui en fait un support intéressant pour les réseaux embarqués.
- Faible atténuation.
- Le verre plus coûteux, plus fragile et plus difficile à utiliser pour les raccordements.
- Liaisons multipoints sont difficiles à réaliser.
- Support coûteux.

II.2.2. Les supports radio (immatériels) :

II.2.2.1. Les faisceaux hertziens :

a) Définition :

Le faisceau hertzien est un système de transmission de signaux analogiques et numériques entre deux points fixes (point à point) utilisant des ondes électromagnétiques de hautes fréquences allant jusqu'à 40 GHz à l'aide d'antennes directives. Les faisceaux hertziens sont utilisés pour raccorder des points à une distance de plusieurs kilomètres, le signal source (vidéo, audio, données) à retransmettre est transposé en fréquence par modulation.

Le faisceau hertzien est souvent complémentaire de réseaux de fibres optiques pour assurer la continuité de certains points de raccordement. Les débits vont de 2 à 622 Mb/s sur des fréquences de 1,5 à 38 GHz.

b) Caractéristiques des faisceaux hertziens :

- Fréquences très élevées (de 2 GHz à 15 GHz et jusqu'à 40 GHz).
- Le débit est de 2 à 622 Mb/s.
- La liaison est duplex, chaque extrémité est à la fois émettrice et réceptrice.
- Au cours de sa propagation, l'onde hertzienne subit principalement trois types d'atténuations :
 - Celle correspondant à son rayonnement en espace libre, qui est fixe, et toujours présente (de l'ordre de 140 dB en général), et de plus parfois accentuée par la présence d'obstacles.
 - Celle provenant ensuite des variations aléatoires des conditions climatologiques, guidage, et précipitations (pertes possibles d'une trentaine de dB).
 - Celles des phénomènes d'interférences, conséquences de la réflexion principale, ou de multi-trajets (pertes possibles d'une trentaine de dB).

c) Utilisation des faisceaux hertziens :

Ils permettent de transmettre des signaux d'information (téléphonie, télévision, etc.) d'un point à un autre du territoire : Liaison point à point.

Ils sont utilisés :

- En réseaux d'infrastructure
 - Téléphonie.
 - Diffusion d'émission de télévision.
- En réseaux de desserte
 - Liaisons BTS - BSC en GSM.
 - Boucle Locale Radio.

Ils sont aussi utilisés sur de :

- Grandes distances : 50 km en liaison directe (Infrastructure téléphonique).
- Courtes distances (liaisons "à vue") : Infrastructure GSM (liaison BST-BSC).

d) Le principe de fonctionnement des faisceaux hertziens :

Le principe de fonctionnement de ce système est de permettre qu'il y ait la communication entre deux abonnés de deux réseaux différents par faisceaux hertziens. Il utilise des ondes radioélectriques très fortement concentrées à l'aide d'antennes directives, Ces abonnés peuvent se parler, se transmettre des messages et se partager des données.

Le support radioélectrique utilisé est commun à tout le monde. Les bandes de fréquences représentent donc une ressource rare et leur utilisation est réglementée par des organismes officiels nationaux et internationaux. Dans le cas d'un réseau composé de plusieurs bonds ou liaisons proches géographiquement, des problèmes d'interférences peuvent apparaître, affectant la qualité des transmissions. La définition d'un bon plan d'attribution de fréquences (et de polarisations) doit permettre de minimiser les perturbations tout en optimisant l'utilisation de la ressource spectrale.

A noter que les technologies faisceaux hertziens sont également beaucoup utilisées dans le cadre du déploiement des réseaux de téléphonie mobile.

e) Structure d'un faisceau hertzien :

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

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

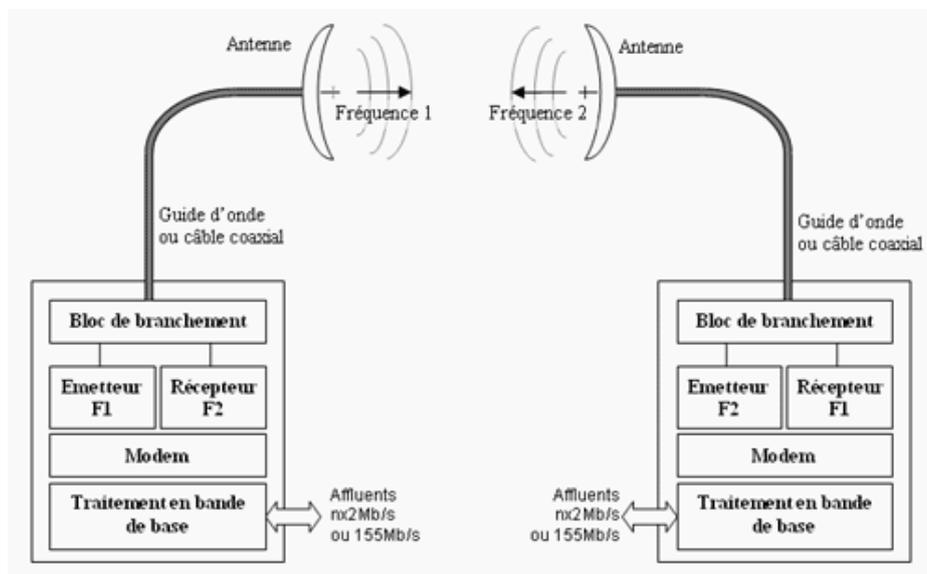


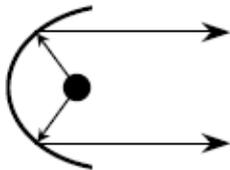
Figure 2.11 : La structure d'une liaison hertzienne [7].

Les conditions de propagation (distance, visibilité) obligent souvent à diviser une liaison en plusieurs bords séparés des stations relais qui reçoivent le signal hyperfréquence ; l'amplifient et le remettent, généralement avec une autre porteuse, en direction de la station suivante. Dans des cas exceptionnels, des relais passifs (plan réflecteur) peuvent permettre de contourner un obstacle.

f) Caractéristiques des antennes en FH :

Pour diminuer la puissance d'émission, la technique des faisceaux hertziens utilise des antennes très directives. Dans le domaine des FH de fréquence supérieure à 1 GHz on utilise comme antennes des surfaces rayonnantes.

Antenne en émission



Antenne en réception

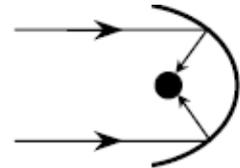


Figure 2.12 : Antenne d'émission et antenne de réception.

Il est possible d'utiliser (avec un gain plus faible) des cornets, généralement pour les liaisons courtes et des fréquences supérieures à 10 GHz.

g) Les catégories de faisceaux hertziens :

- **Faisceau hertzien à visibilité directe** : Les faisceaux hertziens à visibilité directe sont ceux dans lesquels les transferts radio électrique entre les deux stations terminales sont suffisamment dégagés de tout obstacle, dans ce type de faisceau la distance entre deux points (stations) peut atteindre 50 à 60 km sans stations relais, Les dimensions des antennes doivent être grandes par rapport à la longueur d'onde.
- **Faisceaux hertziens transhorizon** : dans ce type de faisceaux la distance entre les deux stations n'étant pas limitée par condition de visibilité car il utilise la diffusion et la d'effraction des ondes électromagnétiques dans des zones de turbulences pour établir des liaisons entre l'émetteur et le récepteur.

h) Types de faisceaux hertziens :

Il existe deux types de faisceaux :

1. Les faisceaux hertziens numériques :

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

2. Les faisceaux hertziens analogiques :

- Multiplexage fréquentiel de voies téléphoniques analogiques ou signal vidéo en bande de base, puis modulation d'une porteuse sinusoïdale en FM.
- La transmission des images TV, et des voies de sons qui leur sont associées et aussi d'autres signaux tels que les données [8].

i) Transmission du signal par faisceaux hertziens :

Pour chaque liaison hertzienne, on définit deux fréquences correspondant aux sens de transmission.

Le signal à transmettre est transposé en fréquence par modulation. L'opération de modulation transforme le signal, à l'origine en bande de base, en signal à bande étroite, dont le spectre se situe à l'intérieur de la bande passante du canal. Les modulations utilisées sont :

- à 4 ou 16 états (QPSK, 4 QAM, 16QAM...) pour les signaux PDH
- à 64 ou 128 états (64 QAM, 128 QAM...) pour les signaux SDH

Le tableau suivant résume les largeurs de bande nécessaires en fonction des débits rencontrés dans le hertzien et le type de modulation utilisée :

Norme	PDH	PDH	PDH	PDH	SDH
Débit	2x2 Mbit/s	4x2 Mbit/s	8x2 Mbit/s	16x2 Mbit/s	155 Mbit/s
4 états	3,5 Mhz	7 Mhz	14 Mhz	28 Mhz	-
16 états	1,75 Mhz	3,5 Mhz	7 Mhz	14 Mhz	-
64 états	-	-	-	-	56 Mhz
128 états	-	-	-	-	28 Mhz

Tableau 2.1 : la largeur de bande en fonction du débit et du type de modulation [9].

j) Les avantages et les inconvénients des faisceaux hertziens :**1. Avantages :**

- Installation facile et rapide.
- Débits élevés.
- Faible interférence.

2. Inconvénients :

- Exploitation sous licences, sur certaines fréquences.
- Coûts des licences.
- Liaisons sensibles aux bruits thermiques, notamment lors de fortes pluies.
- Distance/Débit.

II.2.2.2. Les satellites :**a) Définition :**

Un satellite de télécommunication est une sorte de relais hertzien placé à 35786 Km de la terre. Des fréquences de longueurs d'onde centimétriques sont utilisées pour acheminer les signaux. Le rôle du satellite est de palier à l'affaiblissement du signal qu'il reçoit, de le régénérer pour le transmettre amplifié en fréquences vers la station terrienne réceptrice. Il ne s'occupe pas de la compréhension des données qu'il reçoit et qu'il doit retransmettre. En réalité, il doit simplement les régénérer pour permettre à la station terrienne de les recevoir convenablement : c'est une sorte de miroir.

b) Caractéristiques :

- Une grande bande passante (>500MHz).
- possède généralement plusieurs transpondeur (1 transpondeur = plusieurs centaines de communications téléphoniques).
- Une grande couverture géographique.
- faisceau large ou plus étroit (Very Small Aperture Terminals, VSATs).
- plusieurs orbites disponibles.
- coût élevé par équipement.

c) Principe de fonctionnement :

Les terminaux terrestres (par exemple, VSAT) transmettent leurs données sur la voie montante (f_1), que le satellite reçoit, amplifie, traduit en une bande passante plus étroite (f_2) pour éviter les interférences, puis, les diffuse sur la voie descendante à toutes les stations terrestres de son champ de vision. Dans ce cas, le satellite ne joue que le rôle d'un tuyau physique reliant différentes stations terrestres par un canal satellite.

d) Transmission du signal par satellite :

La mission de transmission d'un signal par satellite consiste à prendre en charge les informations générées à partir d'une station terrienne, et à les acheminer grâce à un support radioélectrique (ondes porteuses) vers une ou plusieurs stations réceptrices, en utilisant le satellite comme relais radioélectrique.

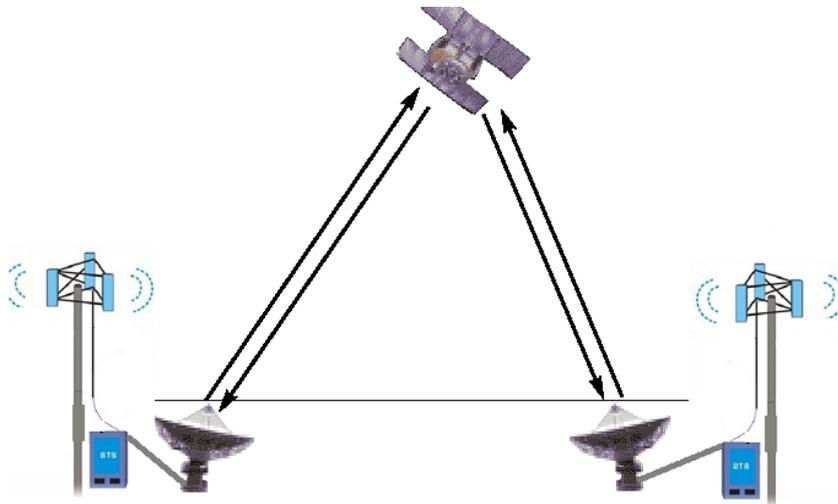


Figure 2.13 : La transmission en VSAT.

e) Les bandes de fréquences utilisées par les satellites :

Les bandes de fréquences mise en œuvre pour les communications par satellite sont le plus souvent compris entre 1 et 30 GHz. En dessous de 1 GHz les ondes sont principalement réfléchies et diffusées par l'atmosphère. Au-dessus de 30 GHz les liaisons satellites sont possible mais l'absorption atmosphérique est importante et la technologie d'amplification plus complexe.

Les bandes de fréquences utilisées par les satellites ont des zones de fréquence différente, entre 1 et 30 GHz et chaque bande à un service propre :

Bande	Fréquences	Services
L	1-2 GHz	Communication avec les mobiles
C	4-6 GHz	Communications civiles internationales et nationales
X	7-8 GHz	Communication militaires
Ku	11-14 GHz	Communications civiles internationales et nationales
Ka	20-30 GHz	Nouveaux systèmes d'accès au réseau large bande

Tableau 2.2 : Utilisation des bandes de satellite [10].

II.3. Caractéristiques globales des supports de transmission :

Les supports de transmission, tels qu'ils soient, ne sont malheureusement pas parfaits. Ils ont une bande passante limitée, supportent divers bruits et ont de ce fait une capacité à transmettre les signaux limités.

➤ **Bande passante :**

Les supports de transmission ont une bande passante limitée, certains signaux s'y propagent correctement (ils sont affaiblis mais reconnaissables à l'autre extrémité), alors que d'autres ne les traversent pas (ils sont tellement affaiblis ou déformés qu'on ne les reconnaît plus à la sortie). Plus un support a une bande passante large, plus il pourra transporter d'informations par unité de temps.

➤ **Bruits et distorsions :**

Les supports de transmission déforment les signaux qu'ils transportent même lorsque ceux-ci ont des fréquences adaptées. En effet, plusieurs sources de bruit perturbent les signaux et des distorsions (d'amplitude ou de phase) peuvent s'avérer gênantes pour la reconnaissance des signaux en sortie.

Par ailleurs, la distance est un facteur d'affaiblissement, particulièrement pour les liaisons par satellite. Enfin, certaines perturbations de l'environnement peuvent également introduire des bruits (foudre, orages pour le milieu aérien, champs électromagnétiques dans des ateliers pour les supports métalliques...). Même lorsque les signaux sont adaptés aux supports de transmission, on ne pourra pas garantir à 100% leur exactitude à la réception.

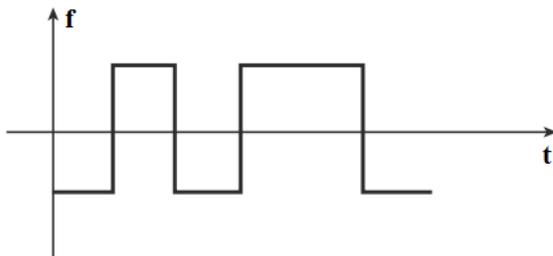


Figure 2.14 : Exemple d'un signal émis.

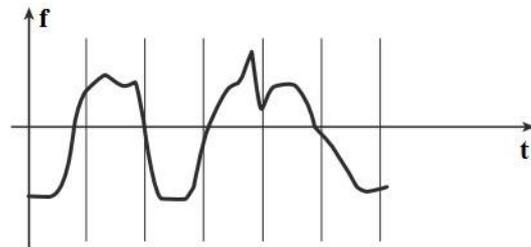


Figure 2.15 : Exemple d'un signal reçu.

➤ **Capacité limitée des supports de transmission :**

La capacité d'un support de transmission mesure la quantité d'informations transportée par unité de temps. Les caractéristiques que nous venons de voir font que la capacité d'un support est limitée. Le théorème de Shannon exprime, en bits par seconde, la borne maximale de la capacité (Cap_{Max}) d'un support de transmission :

$$Cap_{Max} = W \times \log_2(1 + S/B) \dots\dots (1)$$

Où W est la largeur de la bande passante exprimée en Hertz, S/B est la valeur du rapport puissance du signal (S) puissance du bruit (B), la base deux du logarithme servant pour exprimer l'information en bits [11].

Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté les différents supports de transmission, en donnant une vue générale sur leur principe de fonctionnement ainsi que leur utilisation dans le domaine des télécommunications.

La transmission entre les sites cellulaires et le central téléphonique peut se faire soit par fibre optique, soit par faisceau hertzien, du fait de la complexité d'utiliser la fibre optique et son coût élevé, le choix des faisceaux hertziens large bande est une meilleure solution afin de couvrir les zones à topologie difficile et lieux accidentés, de ce fait ce sont les supports les plus utilisés en téléphonie.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter la mise en service d'une liaison d'un réseau de transmission (MINI-LINK TN) basé sur des liaisons hertziennes, qui est l'objet de notre travail.

*Chapitre III : Etude et mise en service
d'une liaison Mini-Link TN*

Introduction :

Le but de notre projet est de mettre en service une liaison de transmission offrant une évolution par rapport à celles existantes (2G) et cette évolution est réalisée à l'aide d'un équipement de transmission développée par la société Ericsson qui est Mini-Link TN (*Traffic Node*).

Et pour ce concept on a suivi les étapes suivantes :

- Schéma synoptique du réseau.
- Dimensionnement.
- Planification.
- Description de l'équipement utilisé.
- Configuration et mise en service.

III.1. Schéma synoptique d'un réseau de transmission :

Le réseau de transmission est un ensemble de stations de base (Node B et RNC) qui forment des liaisons à l'aide de supports sans files (les ondes radios électriques), les différentes liaisons entre les stations sont établies à l'aide des équipements de transmission (Mini-Link TN), ces liaisons sont réalisées adéquatement en attribuant différentes fréquences.

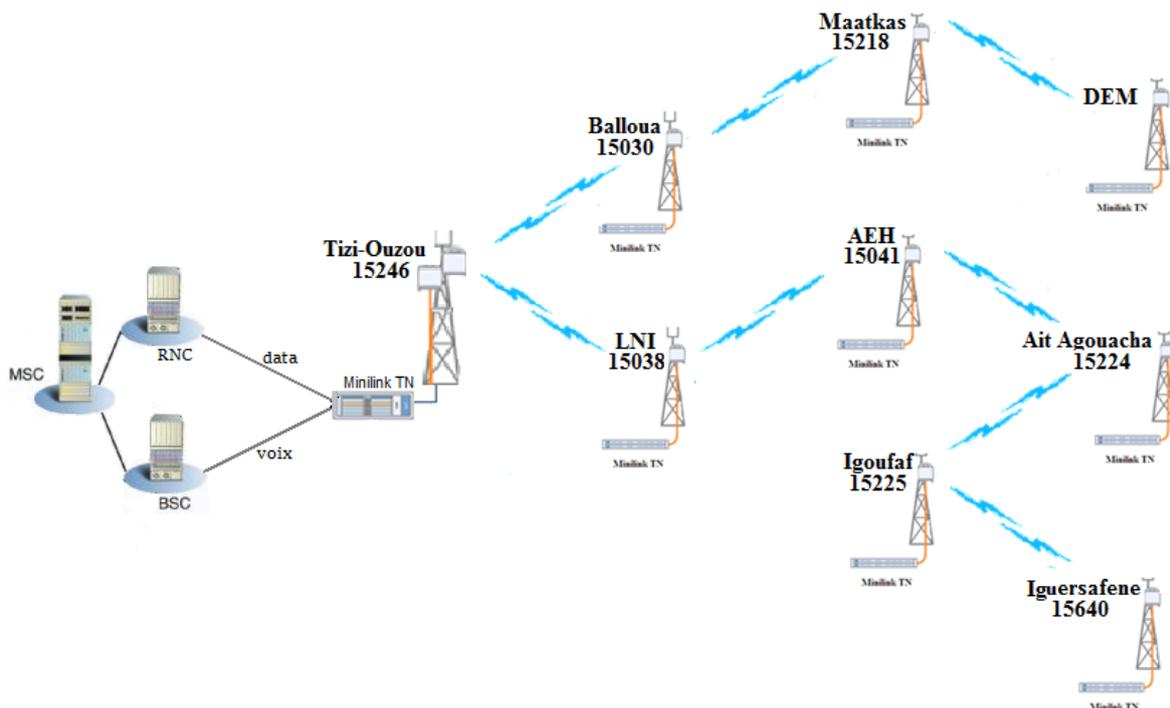


Figure 3.1 : Schéma d'un réseau de transmission.

Etude du terrain :

Dans cette étape l'entreprise doit effectuer une étude sur la zone indiquée par le logiciel TEMS en se référant aux paramètres GPS, l'opérateur doit choisir au niveau de cette zone des endroits où pourraient être installés les relais en prenant compte le type de topologie et les différents obstacles comme bâtiments, montagnes, pour réaliser une implantation optimale des sites.

Et en fin à l'aide de logiciel TEMS on obtient le bilan de liaison (Path Quality) pour les deux sites présentés sur le réseau, comme est présentée sur la figure suivante :

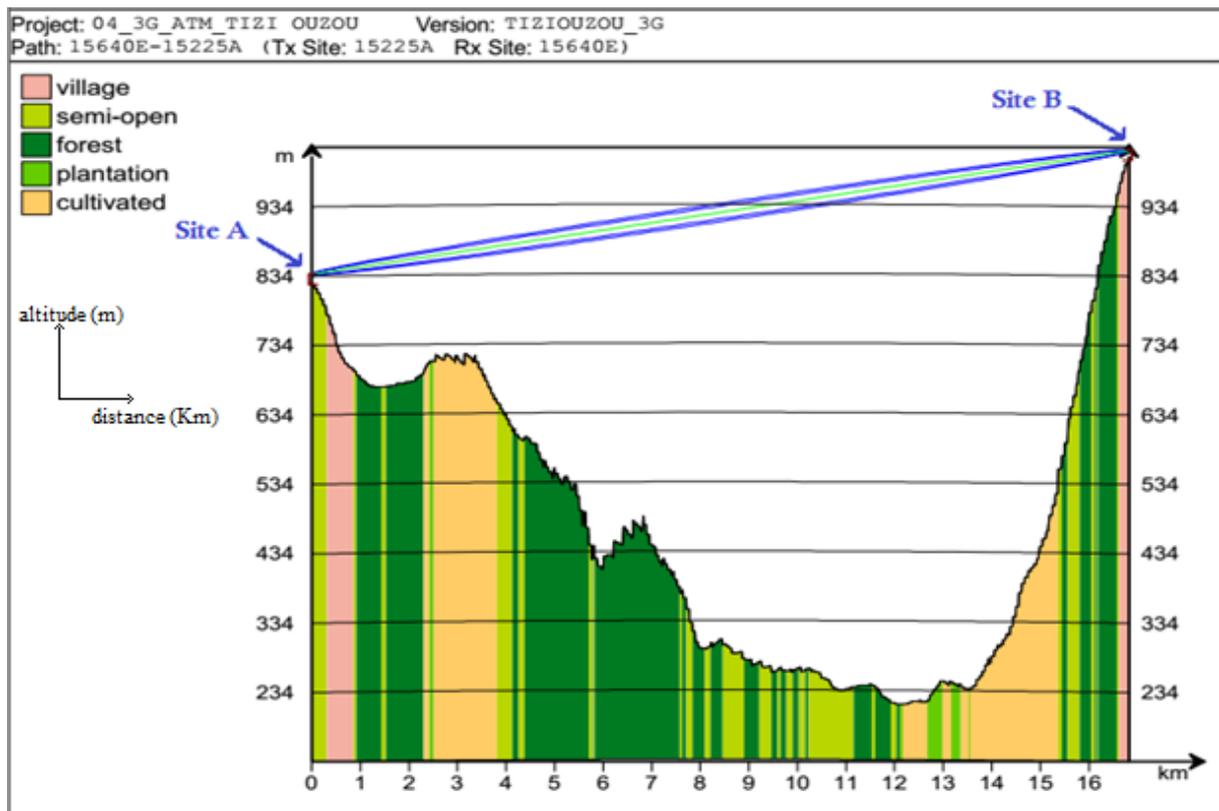


Figure 3.3 : exemple d'une assiette géographique.

➤ **Choix d'une topologie :**

On distingue deux types de topologies dans le réseau de transmission 3G :

• Topologie en étoile :

Le RNC doit être au milieu de réseau comme serveur et les stations NodeB seront connectées comme des clients au RNC, les Node B les plus proches du RNC sont reliés directement à ce dernier (accès direct), par contre les Node B qui sont loin du RNC doivent passer par d'autres Node B pour atteindre le RNC (accès indirect), comme le montre la figure suivante :

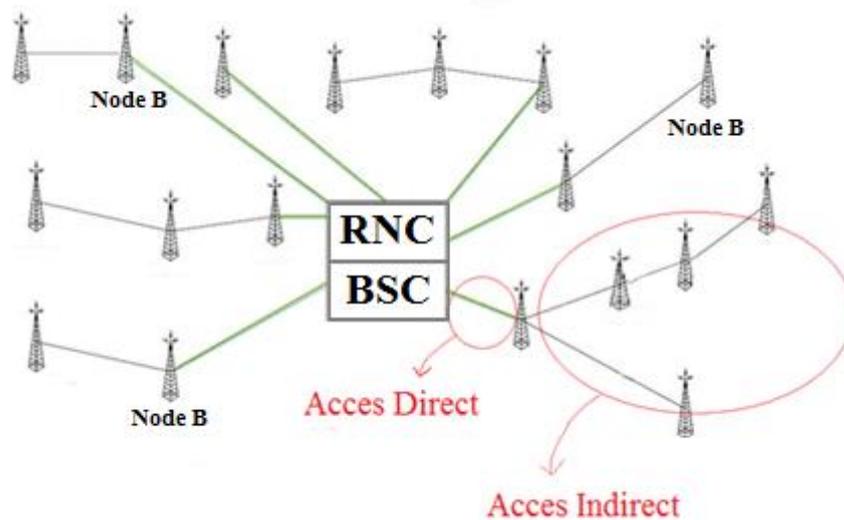


Figure 3.4 : topologie en étoile.

• Topologie en anneau :

Dans un réseau en topologie anneau, les sites forment une boucle, Chaque Node B est connecté à deux autres Nodes B, les Nodes B terminales seront connectées au RNC comme c'est montré dans la figure ci-dessous :

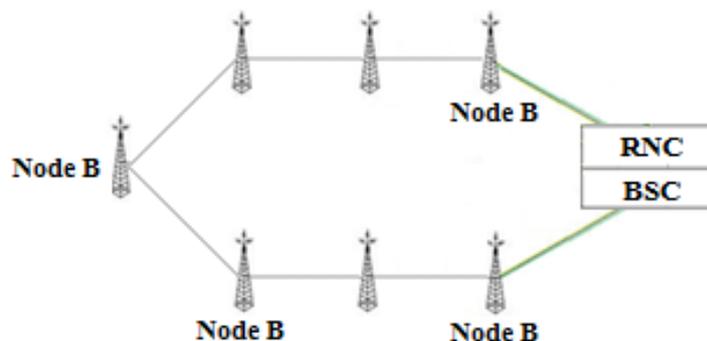


Figure 3.5 : topologie en anneau.

➤ **Création de sites :**

Cette opération consiste à installer des stations de base dans différents niveaux et une fois un emplacement projeté pour un relais, il faut en premier lieu déterminer sa couverture, c'est à-dire évaluer l'espace géographique dans lequel le signal sera reçu correctement par les mobiles. Et pour un réseau optimal une liaison a vue directe (*line of sight*) doit être appliquée pour éviter des problèmes de trajets et d'interférences.

➤ **Installation des équipements :**

Une fois on a repéré les endroits où les sites doivent être installés, on va procéder à l'installation des différents équipements techniques des sites, les différents équipements nécessaires pour le fonctionnement du réseau (Antennes, RBS, MINI LINK).

➤ **Différentes connexions :**

Après l'installation des différents sites un réglage de liaison doit être effectué pour qu'il ait une connexion radio (vue directe) entre les différents points du réseau (sites).

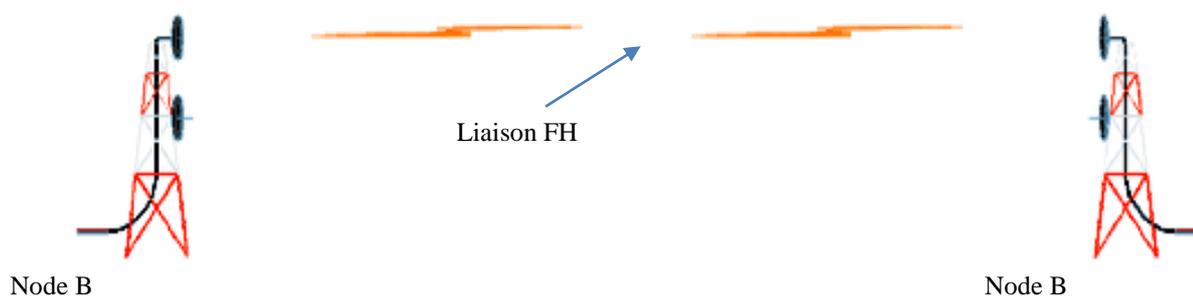


Figure 3.6 : vue directe d'une liaison.

III.4. Description de l'équipement utilisé :

1. Mini-Link TN (*Traffic Node*) :

Le Mini-Link TN est un équipement de transmission qui permet l'acheminement et la gestion de trafic des différents sites de la liaison FH, en raison de son architecture flexible. Cette dernière est une liaison capable de prendre en charge efficacement à la fois des transmissions TDM et Ethernet. Il fallait en effet une solution permettant d'utiliser simultanément le réseau 2G existant basé sur le TDM et le nouveau réseau 3G tout IP. Grâce à une réutilisation extensive de la base installée d'unités Mini-Link.

L'architecture du Mini-Link TN offre une flexibilité beaucoup plus importante que n'importe quel system micro-onde radio. C'est un système intelligent de radio FH basé sur le nouveau concept Mini-Link point à point. Il comporte deux parties : une partie extérieure et une autre intérieure, comme indiqué sur la figure suivante :

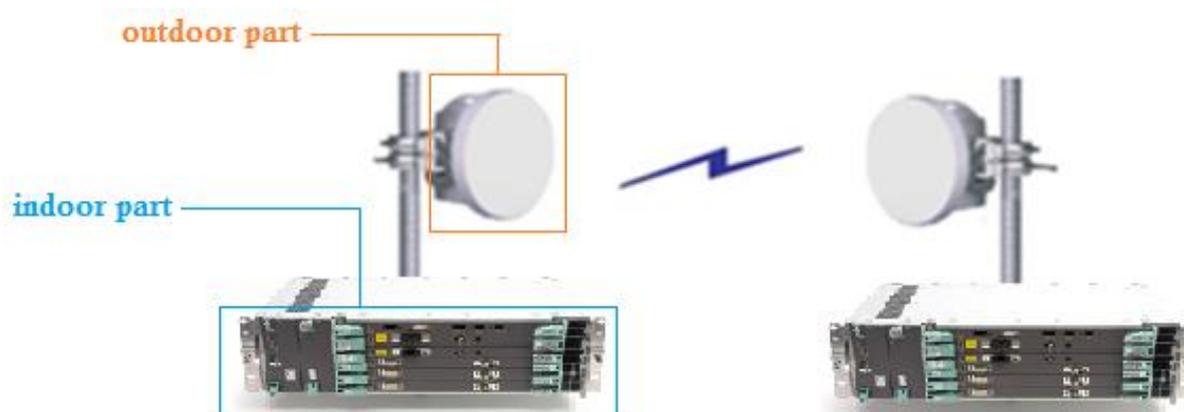


Figure 3.7 : le Mini-Link TN outdoor/indoor part.

2. Les différentes parties de Mini-Link TN :

Le Mini Link TN est composé de deux parties : une partie intérieure (*Indoor Unit*) et une partie extérieure (*Outdoor Unit*), les deux parties sont connectées à l'aide d'un câble coaxial.

A) la partie intérieure (*Indoor Unit*) :

L'équipement AMM (*Access Module Magazine*) est la partie Indoor de Mini-Link TN. Il contient plusieurs modules : NPU, LTU, MMU, FAU et PFU qui sont connectés par une carte-mère appelée Backplane.

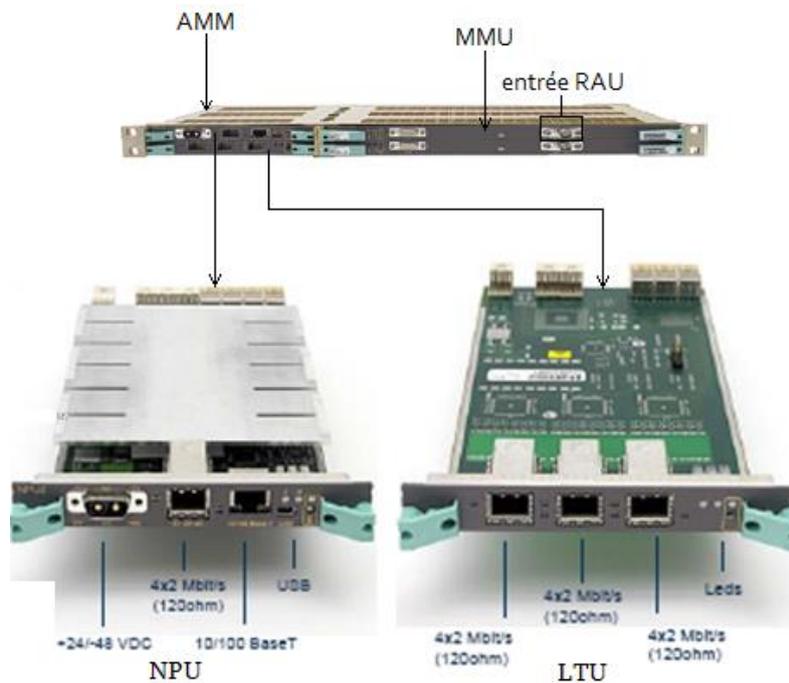


Figure 3.8 : L'équipement AMM.

➤ Les différents types d'AMM :

On distingue trois types d'AMM selon le nombre de MMU qu'il contient, le tableau suivant présente les trois types :

AMM	Nombre de MMU	NPU	LTU	PFU/FAU
2 p	2	1	1	1 seul PFU
6 p	5	1	1	1 pour FAU et 1 PFU
20 p	1-19	1	1	1 pour FAU et 1 PFU

Tableau 3.1 : les types d'AMM.

a) AMM 2p :

L'AMM 2p est adapté pour les sites de fin et comme site répéteur. Il dispose de deux slots et de deux demi slots. Il abrite une carte NPU2, un ou deux cartes MMU, optionnellement une carte LTU 12x2 et une carte FAU4. La puissance de -48 V DC ou de 24 V DC, est distribuée par la carte NPU2, par l'intermédiaire du bus d'alimentation dans le backplane.

**Figure 3.9 :** AMM 2p.**b) AMM 6p :**

L'AMM 6p est adapté aux sites de taille moyenne ou hub. Il dispose de six slots et de deux demi-slots, et il abrite une unité NPU 8x2, un PFU2 et un FAU2. Les autres slots sont équipées de cartes MMU ou LTU. Dans le cas de la protection (1+1), par exemple deux cartes MMU, les cartes sont positionnées dans deux slots adjacents.

**Figure 3.10 :** AMM 6p.**c) AMM 20p :**

L'AMM 20p est adapté pour les sites de grande taille en matière de capacité. Il dispose de 20 slots et de deux demi slots, dont l'un des slots abrite une carte NPU 8x2 et d'un ou deux unités PFU1. Les autres slots sont équipés de cartes MMU ou LTU. En plus, il englobe un système d'alimentation redondant en utilisant deux PFU1 et un bus d'alimentation redondant.

**Figure 3.11 :** AMM 20p.

➤ **Les différentes unités d'AMM :**

1. NPU (Node processor unit) :

Les principales fonctions du système MINI-LINK TN sont logées dans l'unité NPU. Ses fonctions sont : gestion du trafic, contrôle et supervision, gestion de la DCN, interface Ethernet 10 Base-T pour la connexion à un site LAN, stockage et gestion des données de configuration.



Figure 3.12 : NPU.

2. LTU (Line terminal unit) :

Est une interface pour la connexion à d'autres BTS ou d'autres équipements. Elle est utilisée pour rajouter des E1 quand le nombre d'E1 du NPU est insuffisant.

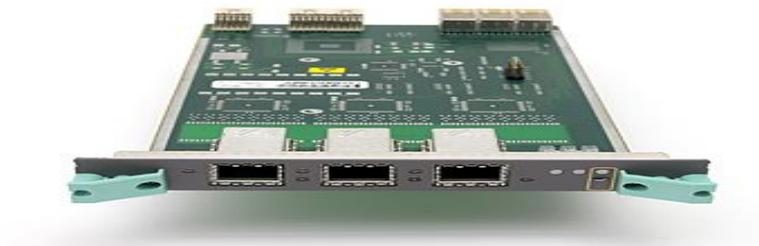


Figure 3.13 : LTU.

3. MMU (Modul Multiplexage Unit) :

Son fonctionnement est la modulation/démodulation pour un signal d'une trame E1 et le type de modulation est C-QPSK, il contient une configuration de software pour une capacité qui dépend de type du module.



Figure 3.14 : MMU.

4. PFU 2 (*Power filter unit*) :

L'AMM 6p est alimenté par -48 V DC à travers le PFU2. La puissance est distribuée du PFU2 aux autres unités, par l'intermédiaire du bus d'alimentation situé au backplane. Le PFU2 fournit une protection contre les surtensions, une protection transitoire, un démarrage progressif et des fusibles électroniques pour limiter les court-circuits.



Figure 3.15 : PFU2.

5. SMU 2 (*Switch Module Unit*):

Un SMU2 peut être monté dans un AMM 6p ou AMM 20p comme interface aux équipements MINI-LINK E, situés sur le même site. Toutes les capacités de trafic sont multiplexées/démultiplexées en $n \times E1$ pour la connexion au bus TDM de MINI-LINK TN.



Figure 3.16 : SMU 2.

6. LTU 155 :

L'unité LTU 155 (*Line terminal unit*) résilie un STM-1 avec connexion 63xE1 vers le backplane pour le routage du trafic à d'autres plug-ins d'unités. Elle est utilisée dans l'AMM 6p et l'AMM 20p. Il existe deux versions de cette unité : LTU 155e/o avec une interface optique et une interface électrique, et LTU 155e avec une interface électrique.

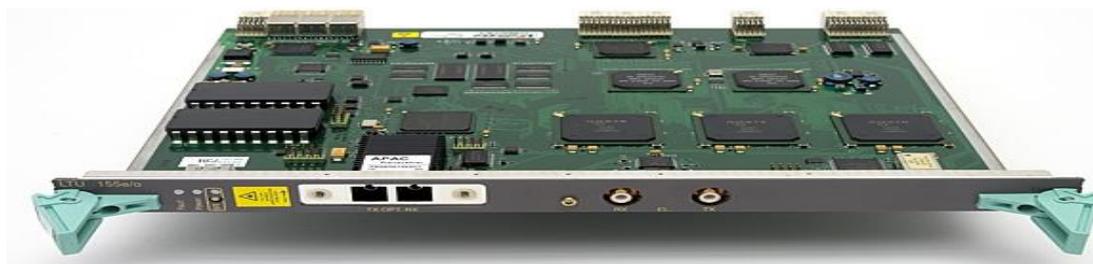


Figure 3.17 : LTU 155.

7. FAU2 (*Fan unit*) :

Cette unité fournit un refroidissement à air pour les modules d'AMM, Elle détient deux ventilateurs internes.



Figure 3.18 : FAU.

B) La partie extérieure (*Outdoor Unit*) :

La partie extérieure de Mini Link TN se compose d'une RAU et d'une antenne. La radio fournit une transmission FH de 2X2 jusqu'à 32X2 Mbit/s avec une bande de fréquence de 7 à 38 GHz et utilise une modulation C-QPSK et 16 QAM.

1. RAU (*Radio Access Unit*) :

Cette unité se charge de la génération et réception de signaux radio fréquence (RF) et leur conversion au format d'un signal électrique pour le connecter à un multiplexeur appelé MMU, grâce à un câble coaxial (RCC).



Figure 3.19 : RAU.

2. Antenne :

Une antenne permet d'émettre et de recevoir un signal électromagnétique. Toutes les antennes ont une interface qui permet de l'ajuster (Polarisation verticale ou horizontale). La fréquence émise est de l'ordre de Giga hertz. Les antennes utilisées varient, en matière de taille, suivant le type de l'unité RAU :

- 0.2 m, 0.3 m et 0.6 m intégré avec le RAU 2.
- 0.3 m et 0.6 m intégré avec le RAU 1.

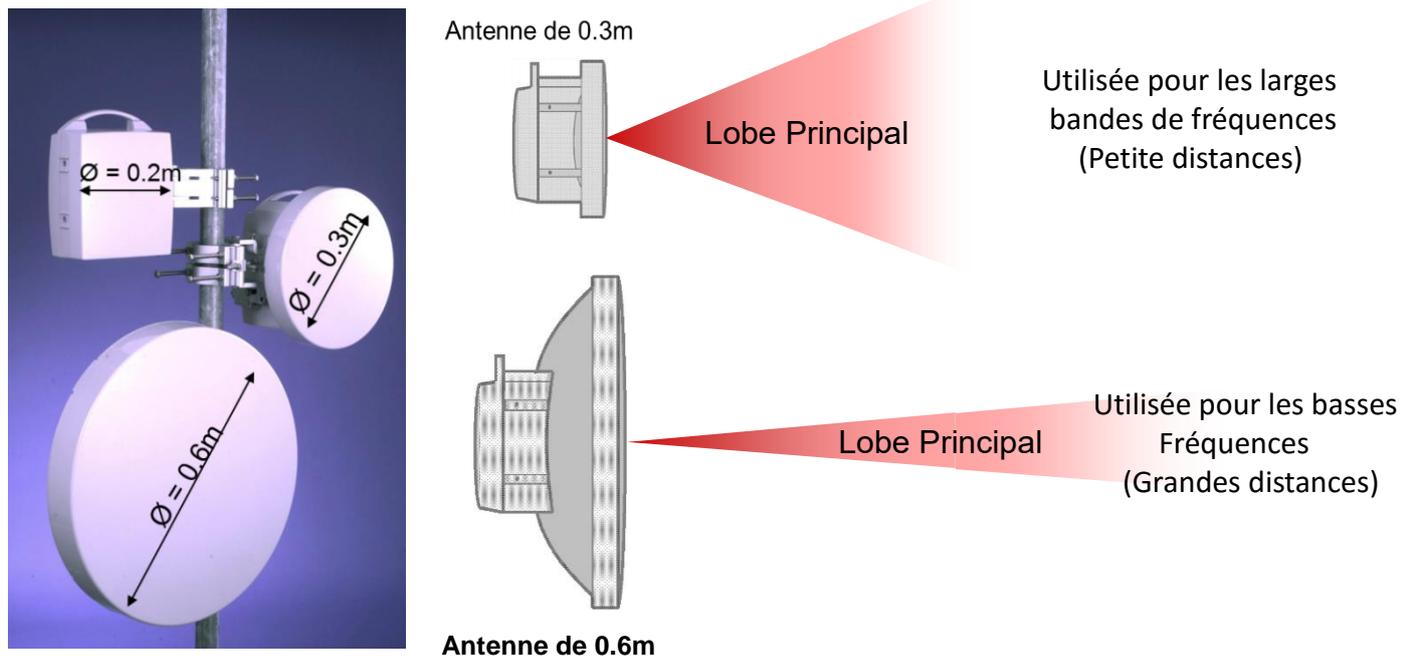


Figure 3.20 : Types d'antennes [12].

3. Fonctionnalités du Mini Link TN :

Ce système dispose de plusieurs fonctionnalités :

- La transmission en FH.
- Le routage du trafic.
- Le multiplexage.
- La protection.

3.1. Fonction de transmission en FH :

MINI-LINK TN offre beaucoup plus de souplesse que tout autre système de transmission FH, En effet, les terminaux radio MINI-LINK TN permettent la transmission de 2x2 à 32X2 Mbit/s, opérant dans des bandes de fréquences 7 à 38 GHz, en utilisant la modulation C-QPSK et 16 QAM. Il peut être configuré en tant que non protégées (1+0) ou protégés (2+0).

Suivant le type de l'AMM, le nombre de modem installé varie : 19 positions par AMM 20p, dont l'un est alloué à la carte NPU et les autres peuvent être affectés aux modems, 5 positions dans l'AMM 6p, où l'un est affecté à la carte NPU et les autres restantes peuvent être utilisées par les modems, et 2 positions dans l'AMM 2p disponibles pour deux modems.

3.2. Fonction du routage du trafic :

Cette fonction permet l'interconnexion d'un ensemble de trafic via un logiciel. En fait, un site d'agrégation peut être réalisé en utilisant un AMM regroupant plusieurs terminaux radios en cross-connexion au niveau du backplane de l'AMM. Chaque unité plug-in connecte n x E1 au backplane, où le trafic est en cross-connexion à une unité autre plug-in.

Une façon d'utiliser cette fonction dans un site hub est d'interconnecter le trafic à partir de plusieurs terminaux radio à une carte LTU 155 (63xE1). Dans le cas d'un site de petite taille, il est possible de collecter le trafic à partir de plusieurs terminaux radio à faible capacité dans un autre de grande capacité.

3.3. Fonction de multiplexage :

Cette fonction est appliquée dans deux cas :

- Pour connecter les sites d'agrégation au réseau optique SDH grâce au terminal de multiplexage STM-1 au lieu d'utiliser l'interconnexion avec n x E1.
- Pour construire un réseau FH de haute capacité, avec des topologies en étoile ou en anneau.

En plus de l'interfaçage entre le réseau optique et le réseau FH, cette fonction permet de combiner entre différents Mini Link et pour offrir une solution homogène.

3.4. La protection en Mini Link TN :

MINI-LINK TN propose de nombreuses techniques de protection :

- Protection des liens physiques et des équipements : c'est une protection (2+0) pour l'interface STM-1, en plus d'une redondance de l'alimentation dans l'AMM 6p/20p. Les liens E1 entre deux nœuds MINI-LINK TN, peuvent également être protégés en utilisant la protection (2+0) E1 SNCP.
- Anneau de protection (protection au niveau de la couche réseau) : il est pris en charge par la protection (2+0) E1 SNCP. Par exemple, on pourra combiner un lien FH dans une direction avec un autre support (cuivre, fibre etc) dans l'autre sens, comme montré dans la **figure 3.21**.
- Protection de la propagation sur les liaisons FH : elle est supportée par la configuration Hot/Working Standby avec un système de commutation.
- Système redondant : redondance des bus ainsi qu'une séparation des bus de control et des bus de trafic.

La figure suivante illustre ces divers types de protection :

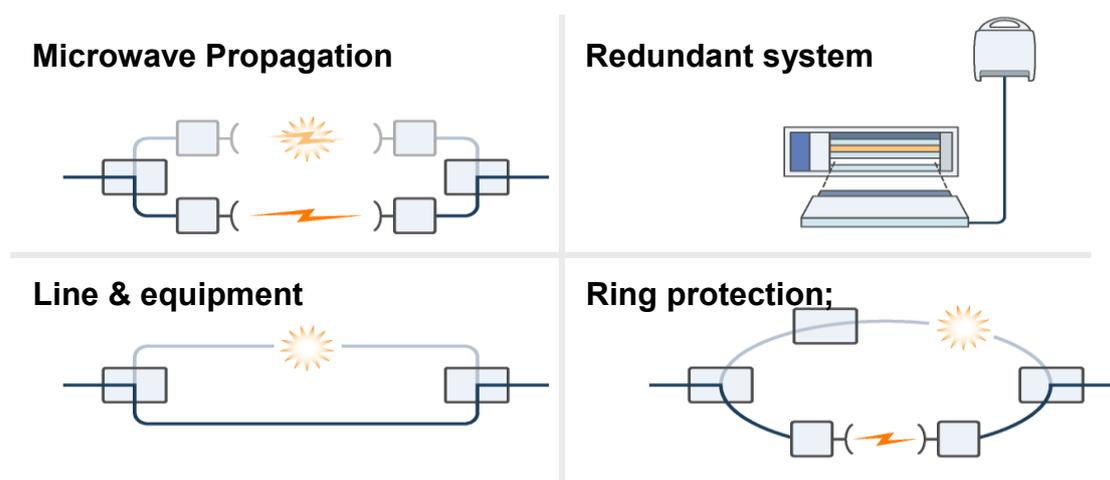


Figure 3.21 : les types de protections utilisées dans la technologie Mini Link TN.

III.5. Configuration et mise en service :

Pour mettre la liaison en service, une configuration de l'équipement Mini-Link TN est nécessaire, pour réaliser cette configuration on aura besoin d'un PC portable dont on trouve un logiciel de configuration qui est le MINI-LINK Craft installé et un câble réseau à paire torsadée relié entre le PC et l'équipement Mini-Link TN (NPU).

Pour les différents détails concernant cette configuration, un document DCN (*Data Communication Network*) contenant toutes les coordonnées doit être fourni par l'opérateur, la figure suivante présente ces détails :

Site	NE Type	NE Name	Detail	Auto Neg.	NE IP Addr.	Subnet mask	Default Gateway
15640	AMM2P	15640_AMM2P#1		On	10.50.165.209	255.255.255.252	0.0.0.0
OSPF Area				Net Addr.	Subnet Mask	Area ID	Area Type
				10.50.165.0	255.255.255.0	10.50.165.0	Stub

No.	MMU2H Slot	No of E1	Site ID	Far End ID
1	1/2/1	4	9gQ2	9a96
2	1/3/1	2	9gQ3	9TG2

Figure 3.22 : les paramètres du DCN.

Description des différentes parties numérotées sur la figure ci-dessus :

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1- Le nom du Mini-Link. | 6- Le type du Mini-Link (AMM2P). |
| 2- Nombre d'MMU. | 7- Nombre d'E1. |
| 3- Adresse IP du serveur. | 8- Nom du site (Terminal ID). |
| 4- Adresse IP de l'équipement. | 9- Nom du site opposé (Far End ID). |
| 5- Le masque sous-réseau. | |

1. La configuration de la connexion IP entre le PC et le Mini-Link TN :

Cette étape permet d'établir une connexion entre le pc et Mini-Link TN afin de procéder à la configuration, en introduisant l'adresse IP de site (10.50.165.209), le masque de sous-réseau (255.255.255.252).

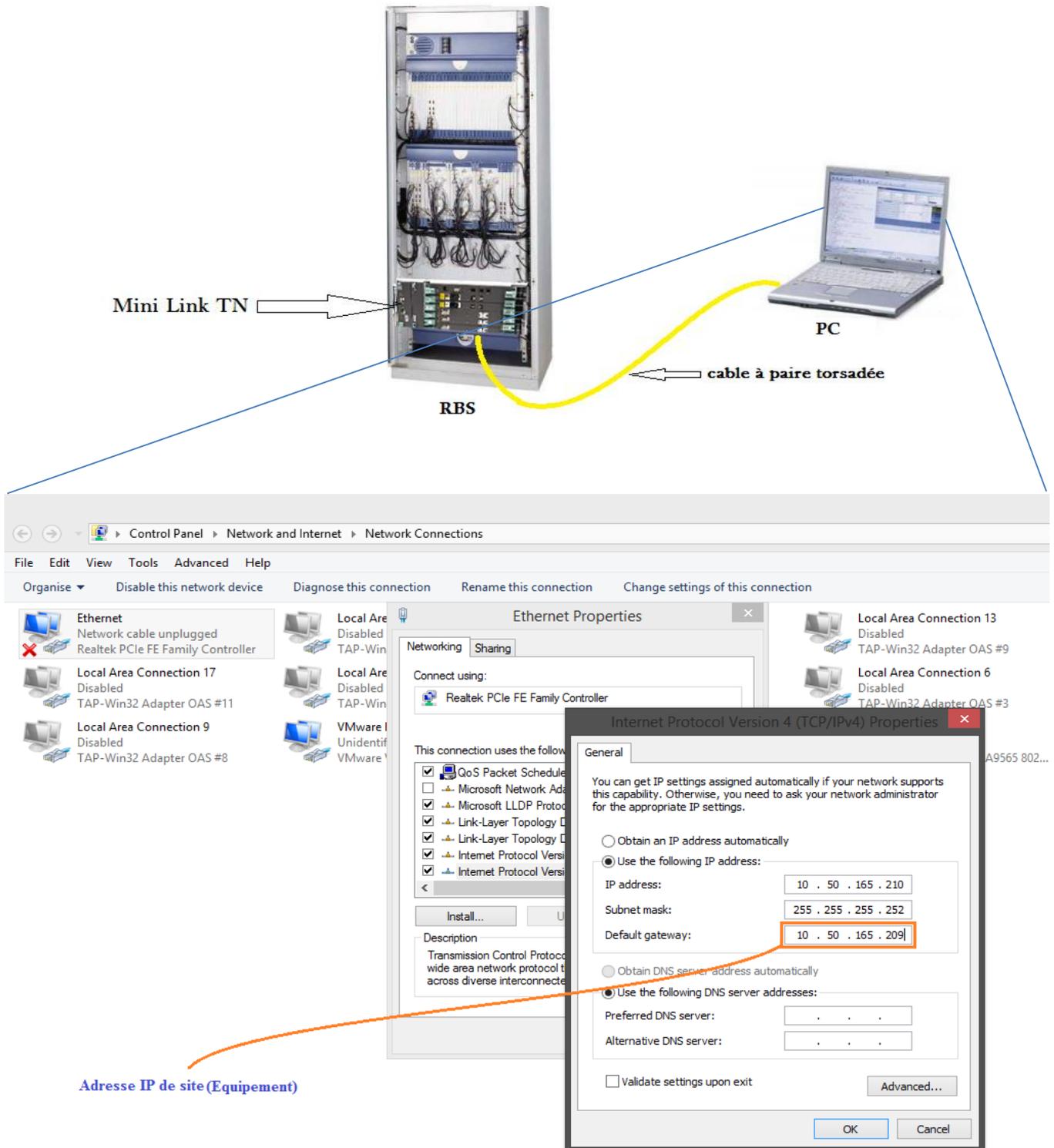


Figure 3.23 : configuration IP.

Après la configuration IP on passe à l'exécution du logiciel Mini-Link Craft, en introduisant :

- l'adresse IP de site (10.50.165.209).
- nom d'utilisateur.
- mot de passe (Ericsson).

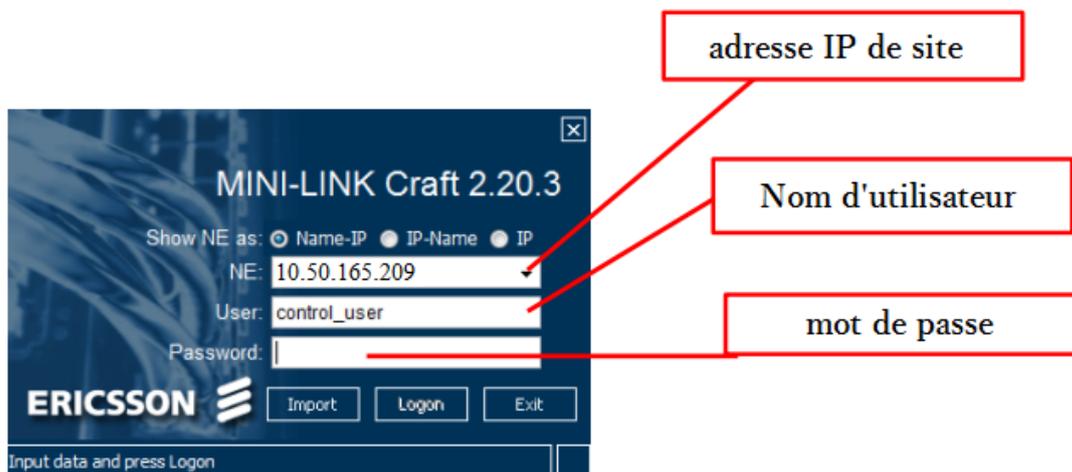


Figure 3.24 : Accès au Mini-Link TN.

❖ Mini-Link Craft :

Mini-Link Craft est un logiciel conçu pour la configuration de l'équipement Mini-Link TN, il offre plusieurs services comme la fonction de routage de trafic, le multiplexage, la protection et la supervision des différents modules, le contrôle et l'accès à distance aux différents sites du réseau sans déplacement.

2. La configuration de Base NE (Network Element) :

Dans cette étape on utilise le document DCN fournit par l'opérateur et on introduit les paramètres concernant le nom de l'équipement NE, son adresse IP, l'adresse IP du serveur(FTP), localisation, le masque sous-réseau, la passerelle, la date et l'heure.

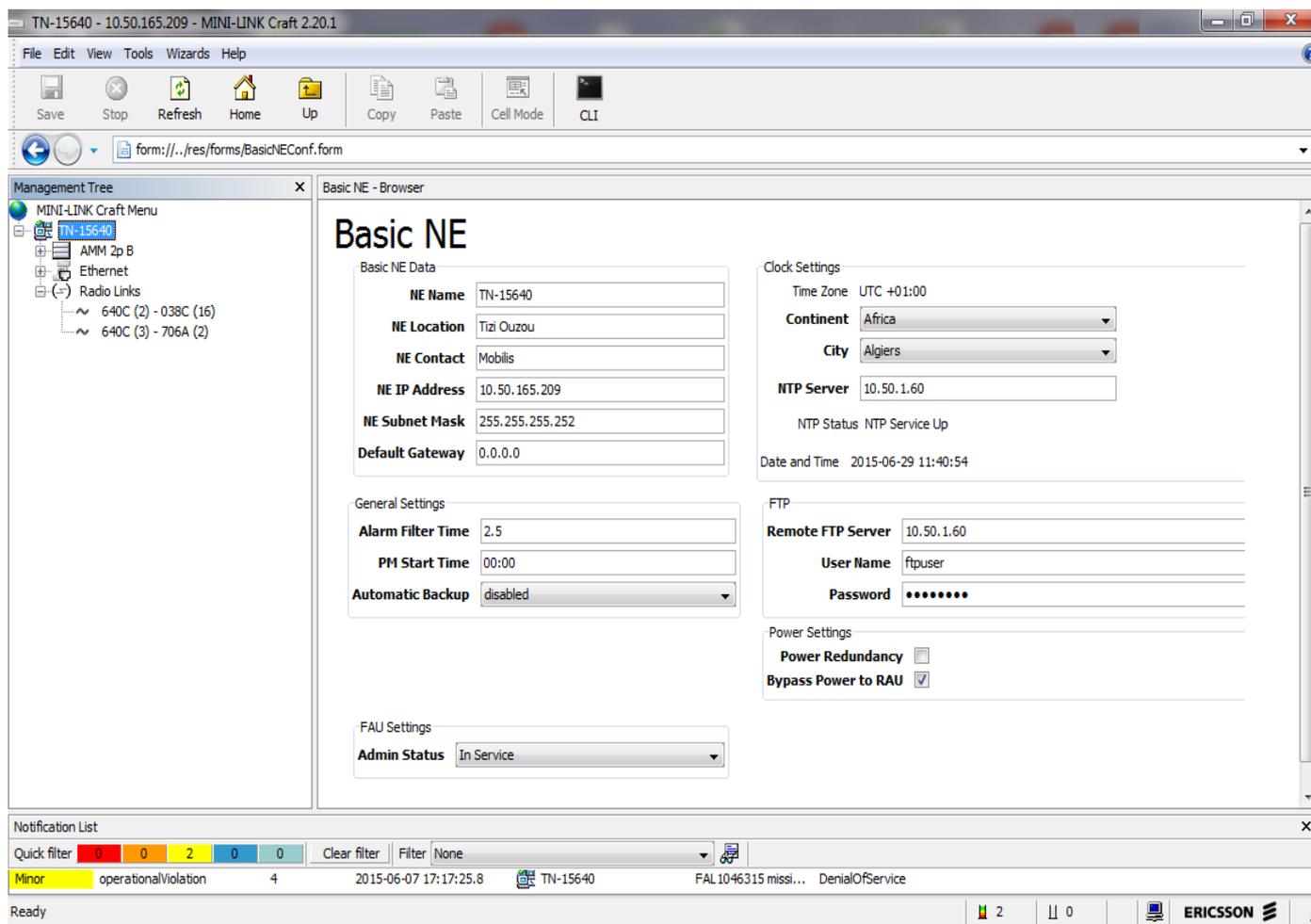


Figure 3.25 : la configuration de base NE.

3. La configuration Radio Link :

- Dans cette partie on va sélectionner l'MMU qu'on doit configurer.
- Ensuite on choisit la configuration radio.

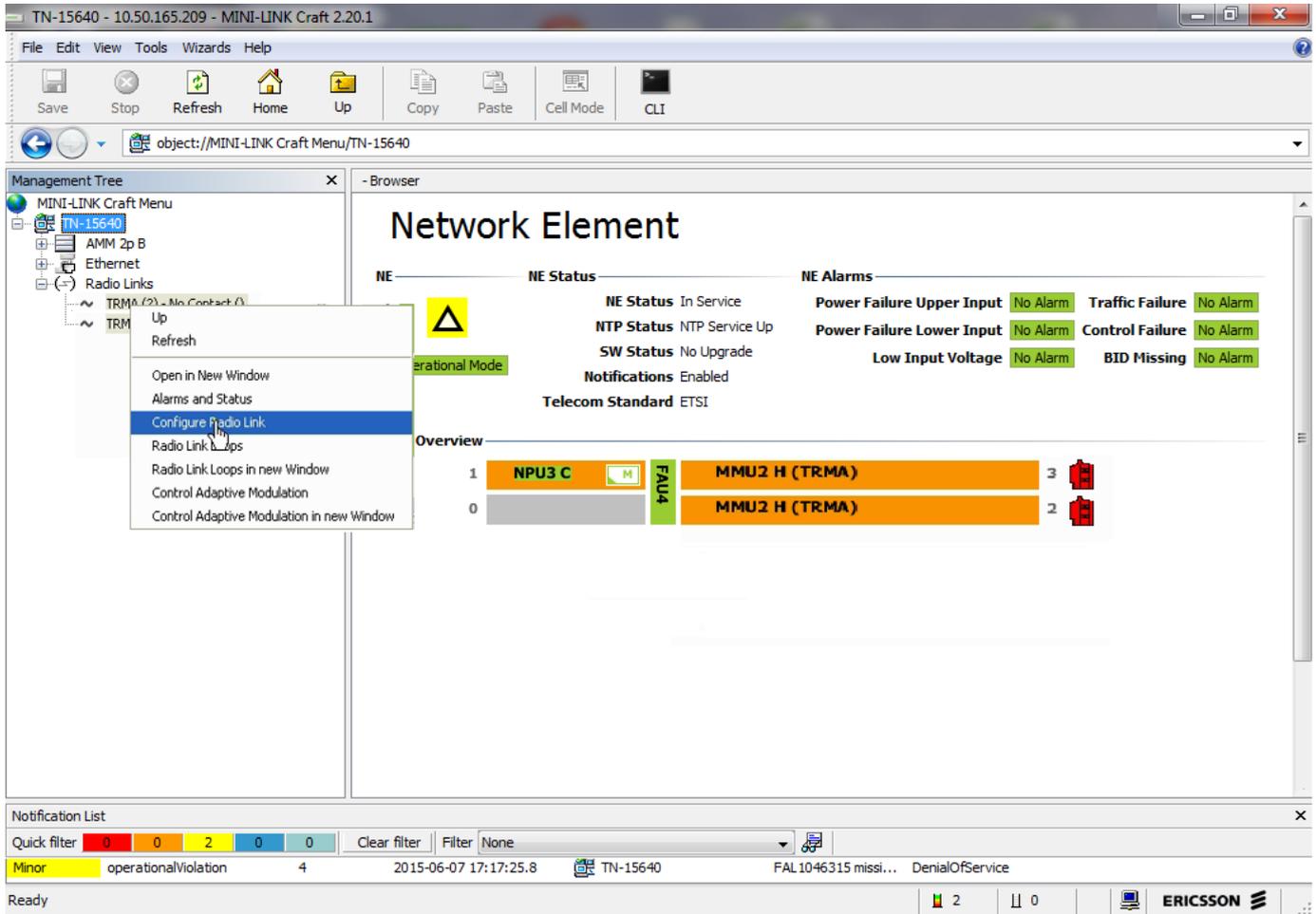


Figure 3.26 : sélection de la configuration Radio.

Dans cette étape on aura besoin d'un document qu'on appelle « PATH QUALITY » qu'on a déjà obtenu dans la partie étude du terrain entre les deux sites qu'on veut configurer, afin d'introduire les différents paramètres concernant le débit, la bande de fréquence (*Channel Spacing*), la fréquence de transmission (Tx) et la fréquence de réception (Rx) dans la configuration radio :

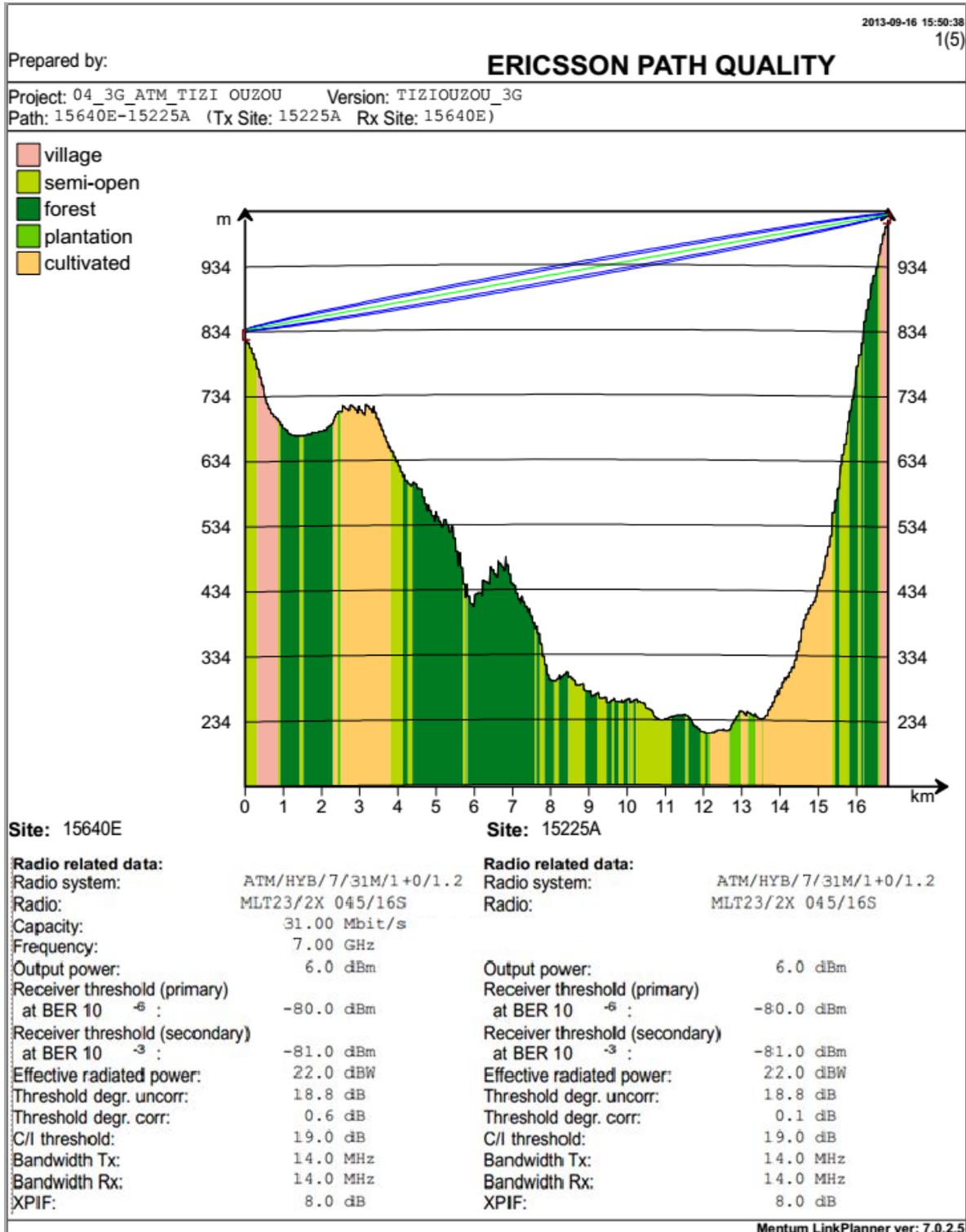


Figure 3.27 : Bilan de liaison (PATH QUALITY).

Dans cette étape on procède à :

- Donner un nom pour le site (*Terminal ID*) et un autre nom différent pour le site opposé (*Far End ID*).
- Choisir le mode de fonctionnement (protection « 2+0 » ou sans protection « 1+0 »).
- Et à l'aide de document PATH QUALITY de la **figure 3.27** on spécifie la capacité, les fréquences, La figure suivante montre ses étapes :

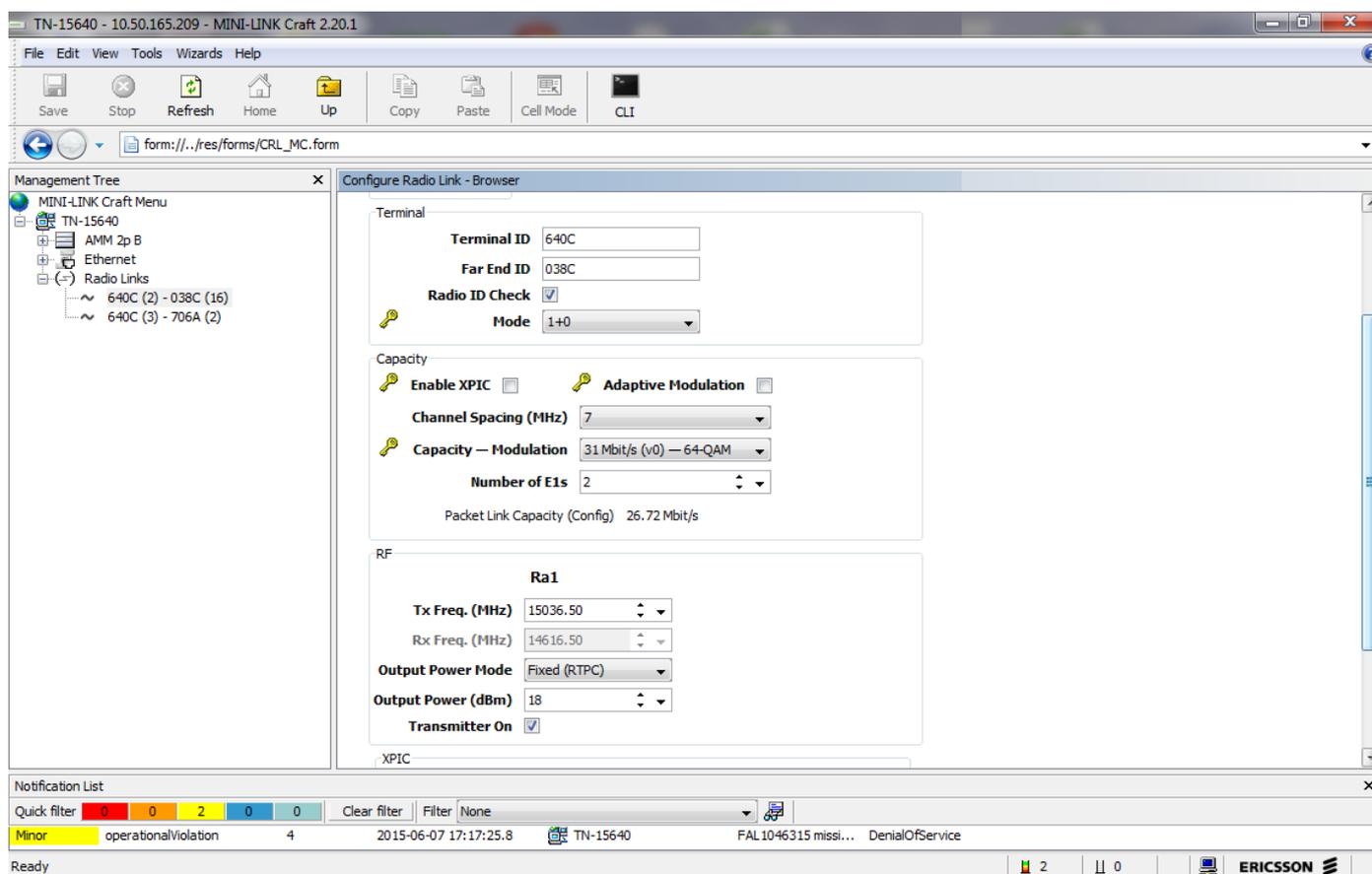


Figure 3.28 : la configuration Radio Link.

Après avoir introduit les différents paramètres du PATH QUALITY, le résultat de la configuration radio sera indiqué par le changement de couleur (vert) du slot MMU2, la figure suivante montre la fin de la configuration Radio Link :

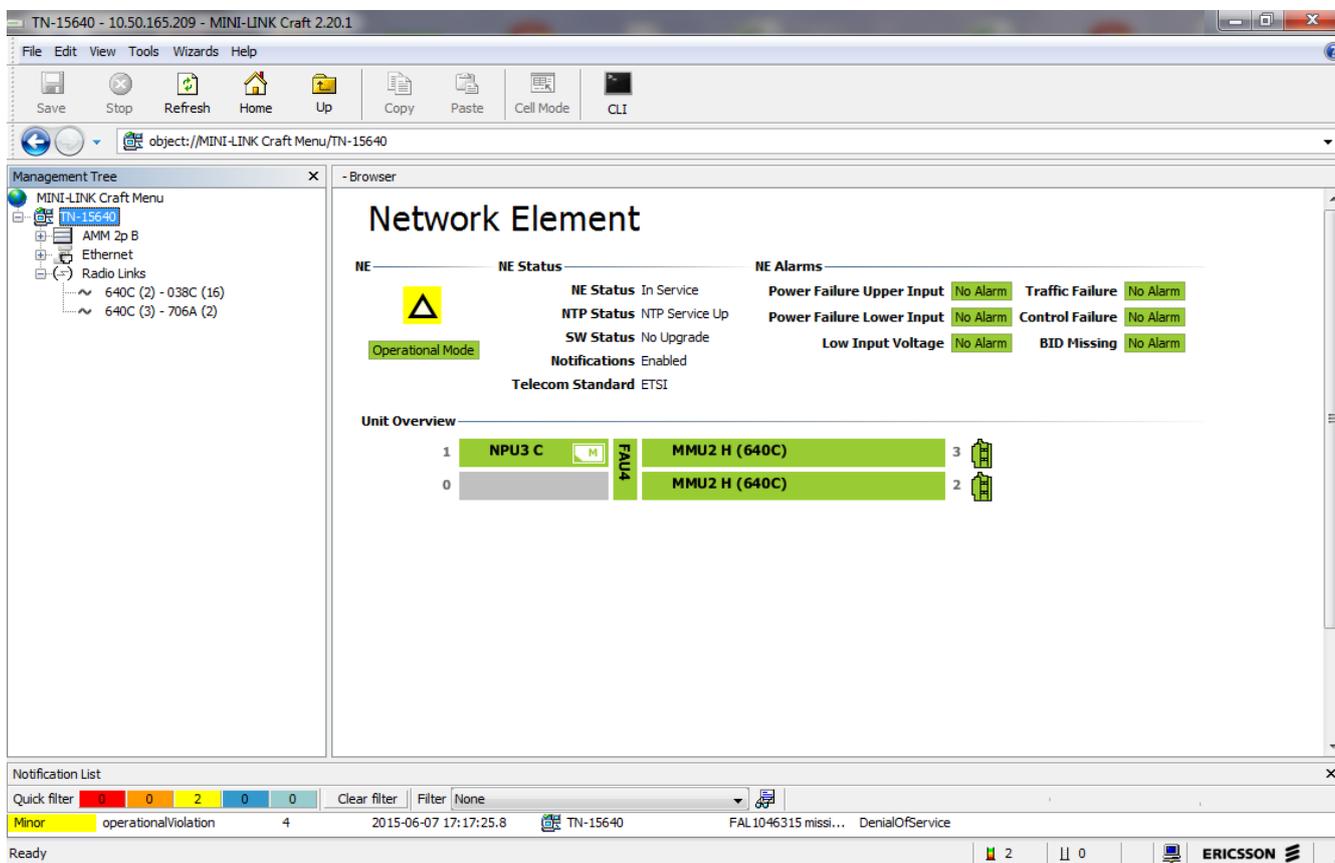


Figure 3.29 : Fin de la configuration Radio Link.

4. La configuration Ethernet :

Pour réaliser cette configuration un document comportant des données à introduire sera fourni par l'opérateur pour les différents réglages Ethernet :

Ethernet Switch Configuration								
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Ethernet Switch Configuration							
2								
3	15640_AMM2P#1							
4								
5	1. Global Parameter							
6	Aging Time:						300 Sec.	
7	Switch mode:	802.1Q						
8								
9	1.1. RL-IME Configuration							
10								
11	No.	RL-IME	Notification	No Trffic Alarm	Degraded Alarm	Single/Radio Link Bonding	Packet Link	Facing
12	1	RL-IME 1/1/100	Enable	Enable	Enable	Single	Link 1/2	15225
13	2	RL-IME 1/1/101	Enable	Enable	Enable	Single	Link 1/3	153048
14								
15	1.2. Switch Port							
16								
17							Frame	
18	Switch Port	Interface	Port Mode	Connect To	LAG	Type	Max Size	
19	1	Lan 1/1/3	UNI	Node B	-	Admit only VLAN	2000	
20	3	Wan 1/1/100	I-NNI	15225	-	Admit only VLAN	2000	
21	4	Wan 1/1/101	I-NNI	153048	-	Admit only VLAN	2000	
22								
23								
24	2. VLAN Configuration							
25								
26	No.	VLAN ID	VLAN Name	Switch Port	Unreg. Multicast	Port/Untag		
27	1	1053	1053-lub	1,3,4	Filter	None		
28	2	2053	2053-O&M	1,3,4	Filter	None		
29								
30	3. Spanning Tree							
31								

Figure 3.30 : les paramètres Ethernet.

a) Configuration RL-IME :

Dans cette étape on doit choisir le nombre de ports à utiliser et le port sur lequel se fera le branchement de l'antenne radio (RAU) puis choisir le mode d'utilisation, sans protection (*single mode*) ou avec protection (*radio link bonding mode*), et attribuer le paquet au port choisi précédemment, la figure ci-dessous illustre ces étapes :

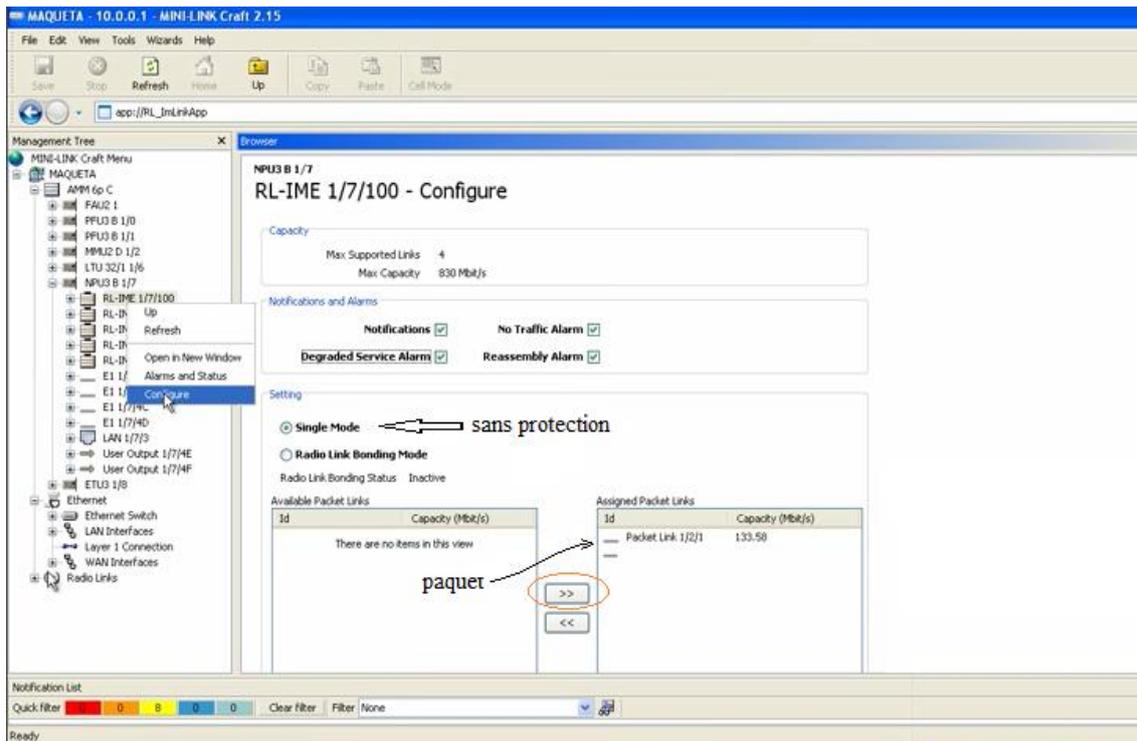


Figure 3.31 : la configuration RL-IME sans protection (Single Mode).

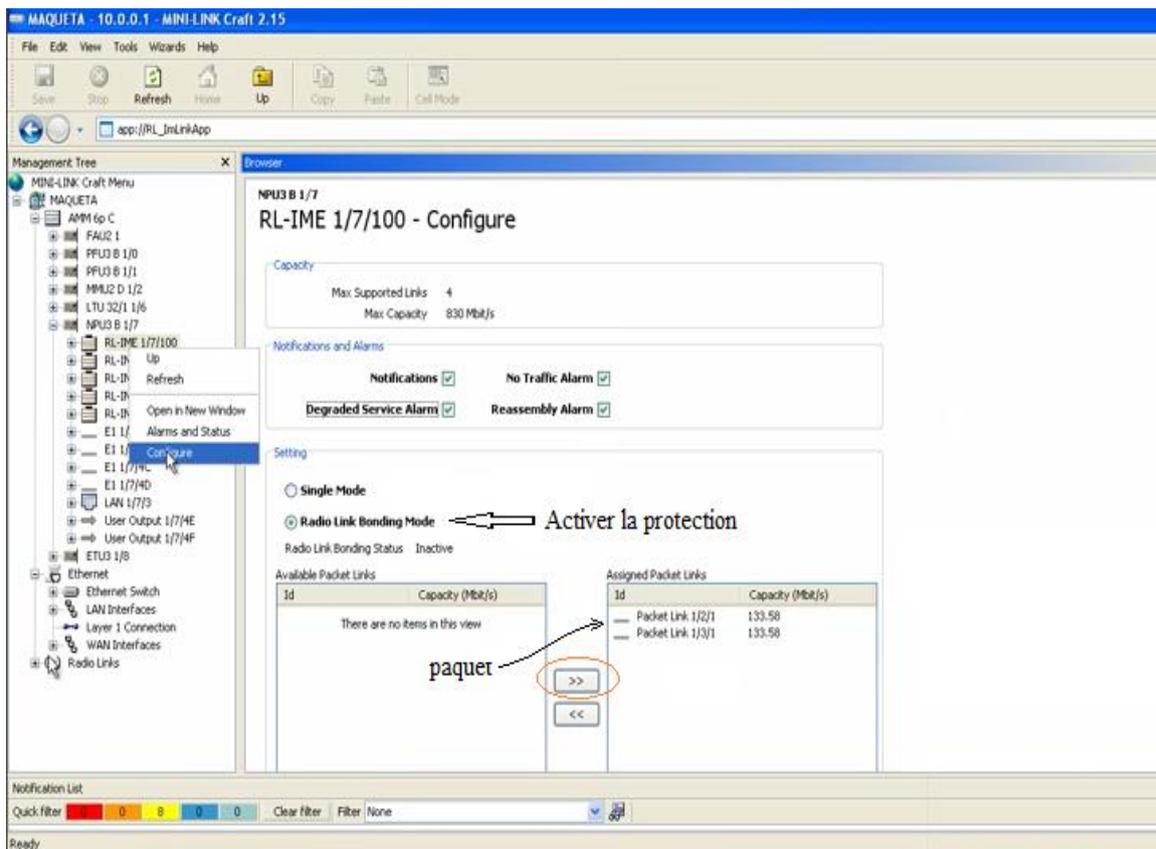


Figure 3.32 : la configuration RL-IME avec protection (Bonding Mode).

b) Configuration des switches ports :

Pour cette configuration, les ports qu'on doit utiliser comme des switches (commutateurs), les interfaces ainsi que les sites opposés sont indiqués sur le document Ethernet configuration qu'on a déjà présenté sur la **Figure 3.30** :

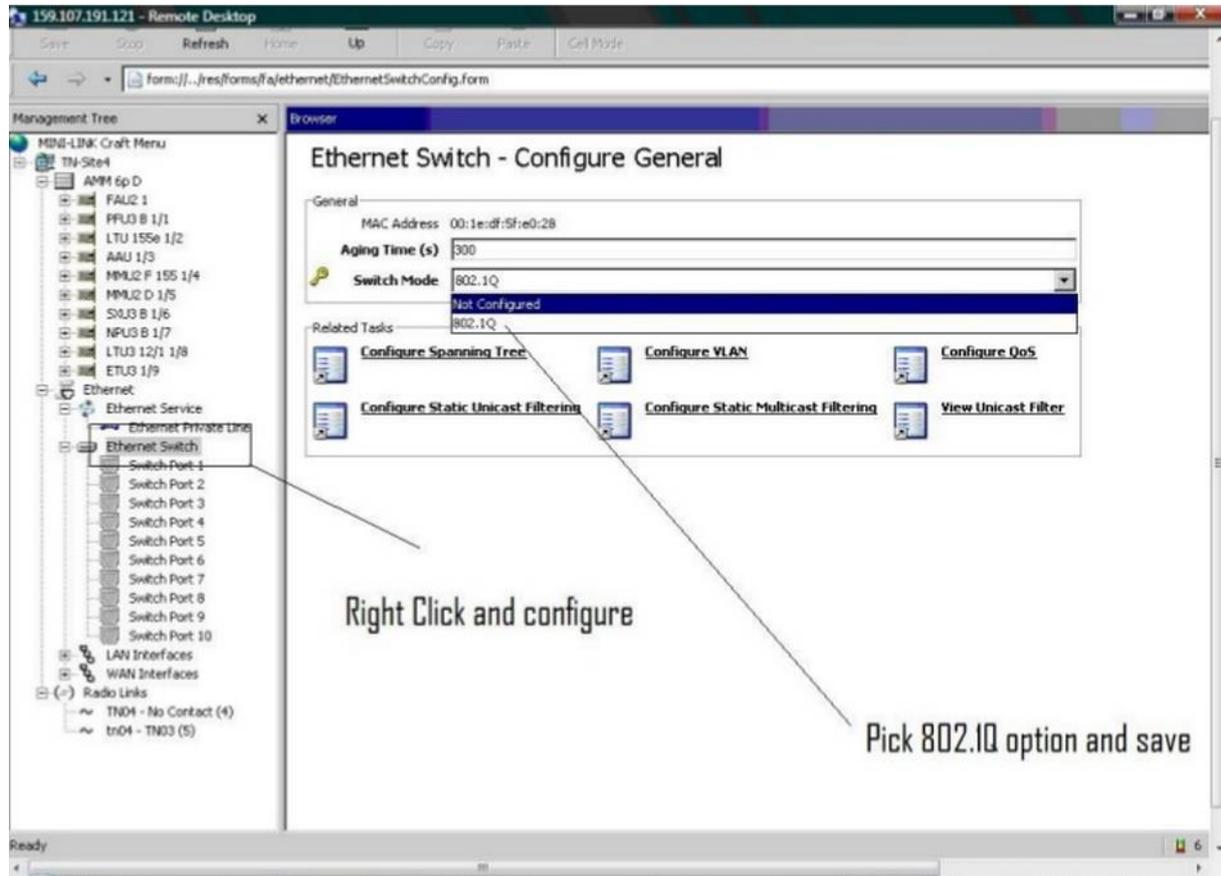


Figure 3.33 : la configuration de switch port.

c) Configuration de vlan :

Choisir le nombre de ports qu'on veut inclure dans le réseau virtuel afin de regrouper un certain nombre de sites :

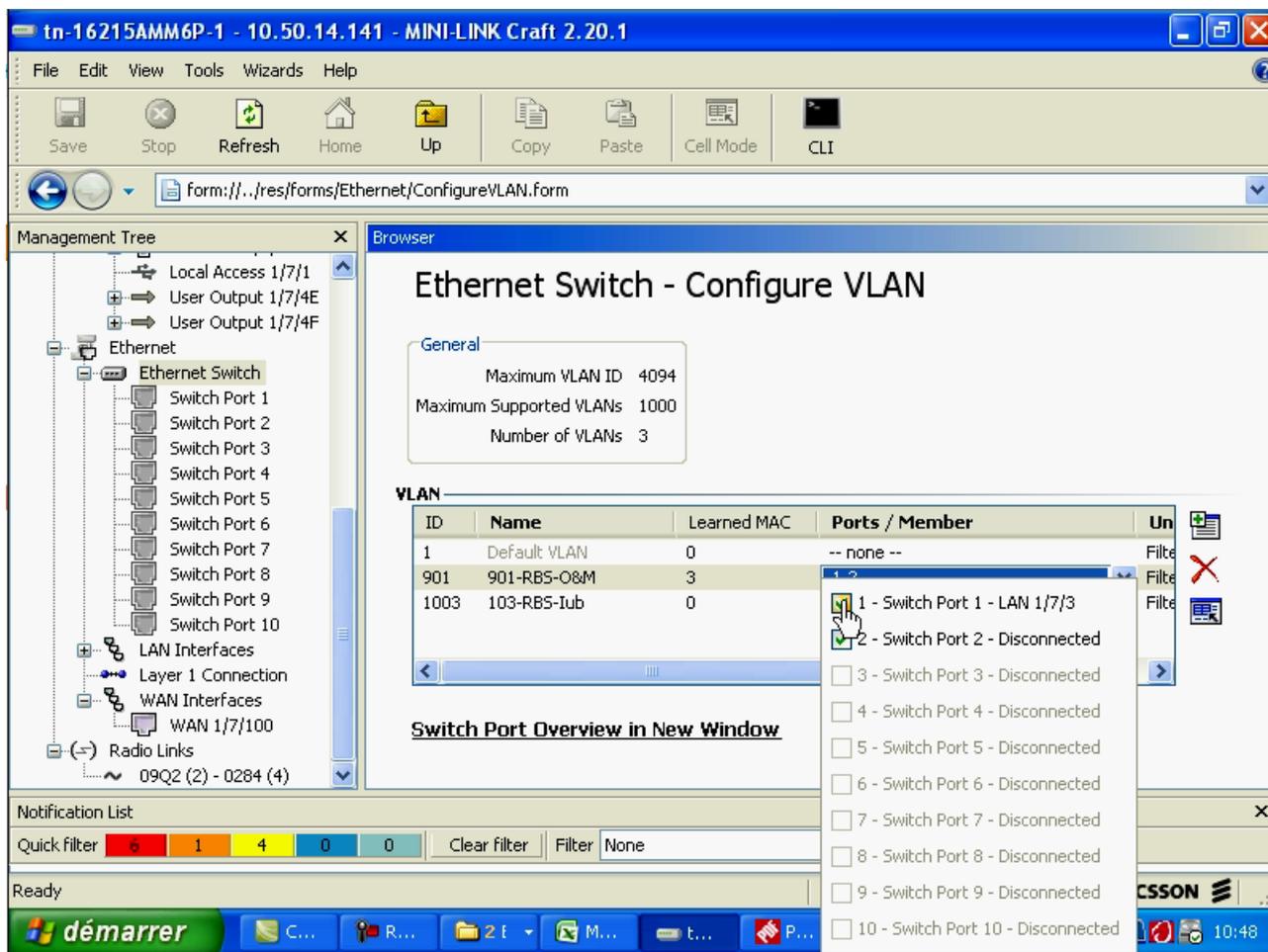


Figure 3.34 : Configuration de VLAN.

5. La configuration du routage de trafic (Traffic Routing) :

Dans cette configuration on va sélectionner les E1 de deux interfaces différentes ensuite les multiplexer sur une seule interface, la figure ci-dessous présente ces étapes :

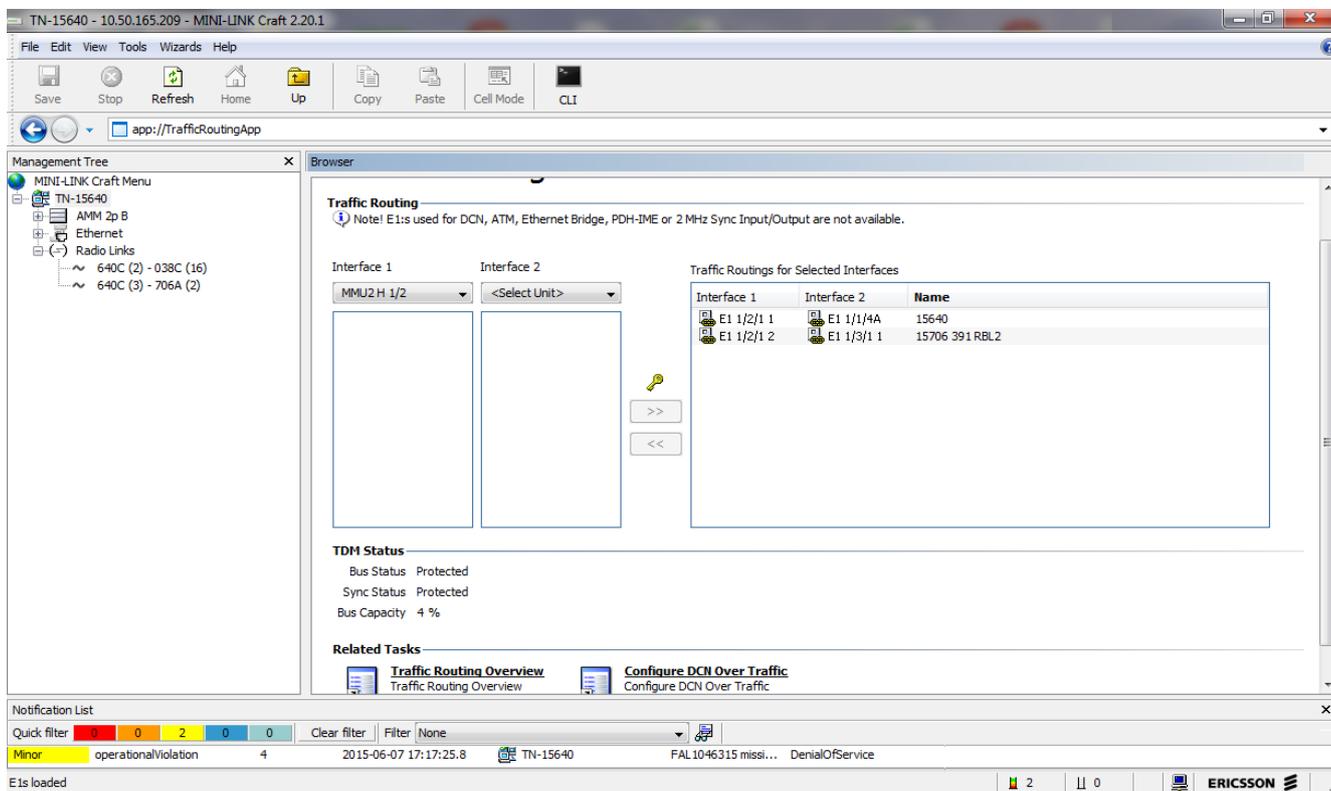


Figure 3.35 : configuration du trafic.

A la fin de la configuration on aura les deux sites formant un lien en service (le MMU de site terminal placé dans la Pos 2 et le MMU de site opposé placé dans la Pos 16) comme le montre la figure suivante :

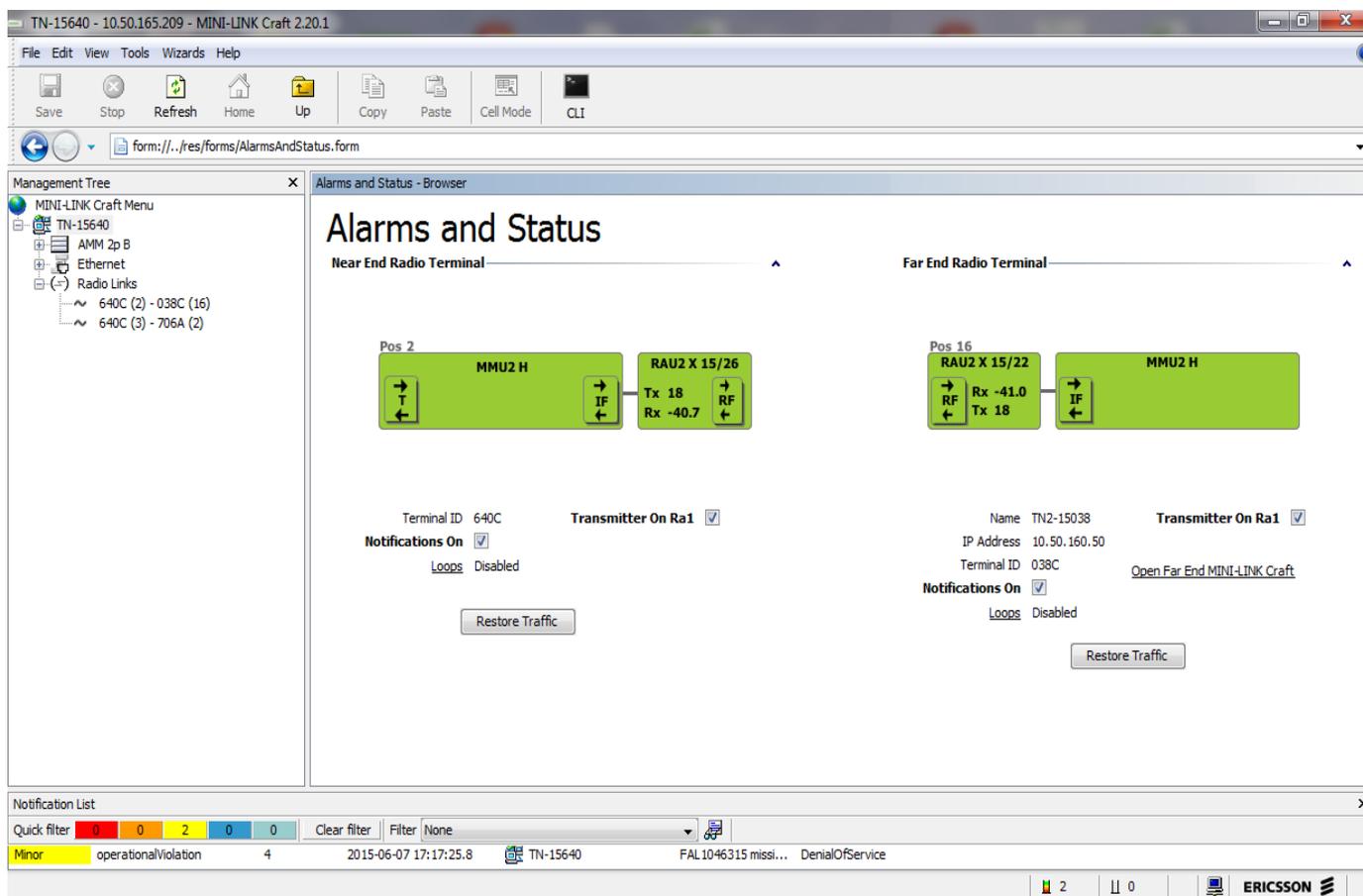


Figure 3.36 : Lien en service.

III.6. Opération et maintenance (O&M) :

Comme on avait indiqué précédemment, le Mini Link TN exécute plusieurs opérations comme la transmission en FH, le routage du trafic, le multiplexage, sachant que durant ces opérations différentes pannes et erreurs peuvent survenir. Pour faire face à ces différentes erreurs qui entravent une transmission optimale, le logiciel MINI-LINK Craft offre des possibilités de détection de toute anomalie (hardware et software), en cas d'une panne quelconque le NPU change de couleur (orange) comme cet exemple sur la **figure 3.37** qui montre la survenue d'une panne qui sera indiquée sur le processeur NPU :

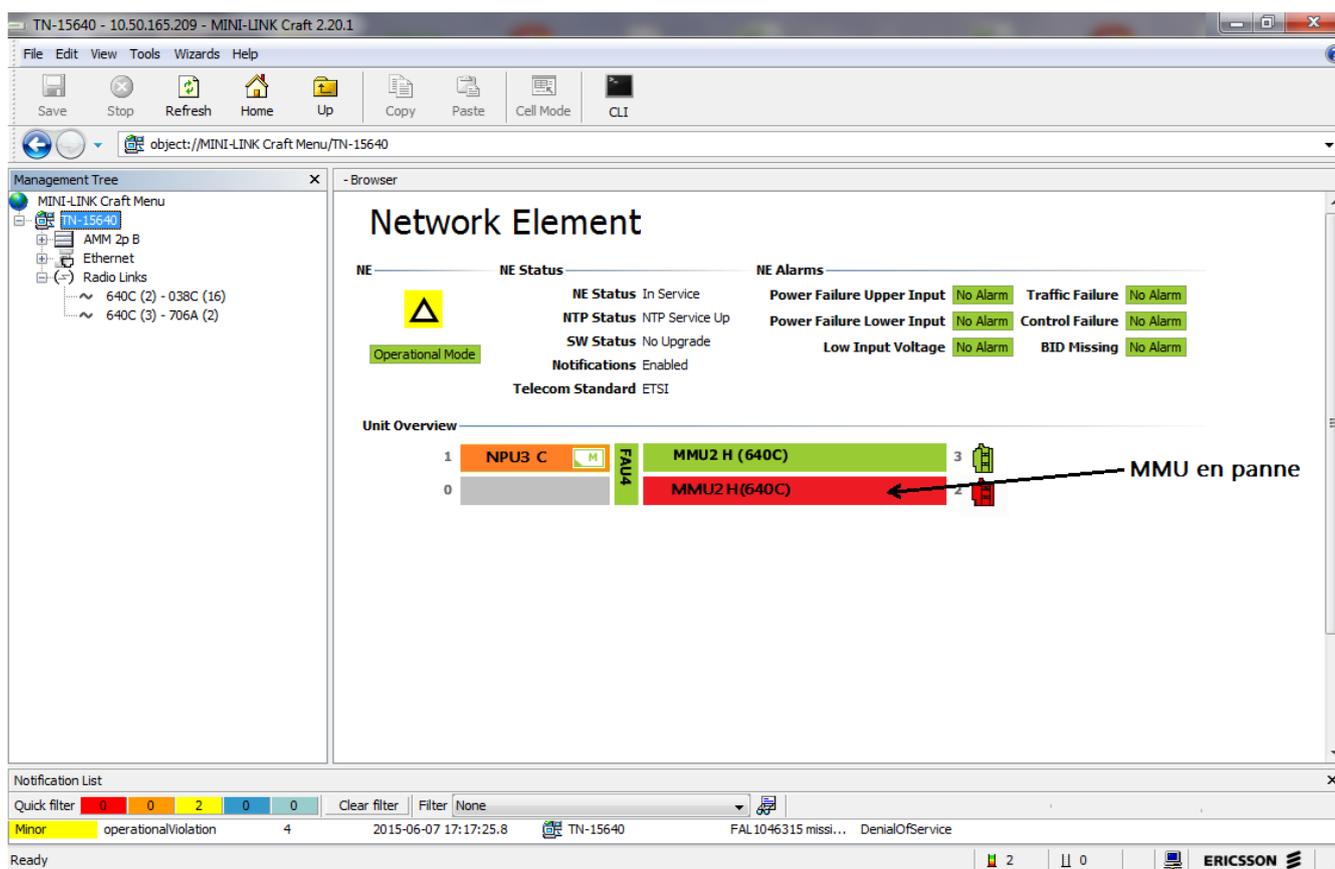


Figure 3.37 : détection d'une panne.

Il existe plusieurs techniques de protection qui peuvent être fournies par le MINI LINK TN, et parmi ces techniques on cite :

- **Redondance d'alimentation** : pour que l'équipement demeure allumé, une double alimentation est assurée par l'unité PFU l'une sera en état de marche et la deuxième est en veille (standby), donc en cas de panne au niveau de la première alimentation (-48 V) la deuxième sera automatiquement déclenchée.
- **Configuration XPIC (2+0)** : cette configuration permet le maintien de la transmission radio grâce au câble XPIC qui relie deux MMU qui sont connectées à deux radios différentes qui rayonnent sur une même direction, l'une des radios est installée verticalement et l'autre horizontalement avec une même fréquence, si un MMU est en panne, le deuxième sera activé automatiquement :

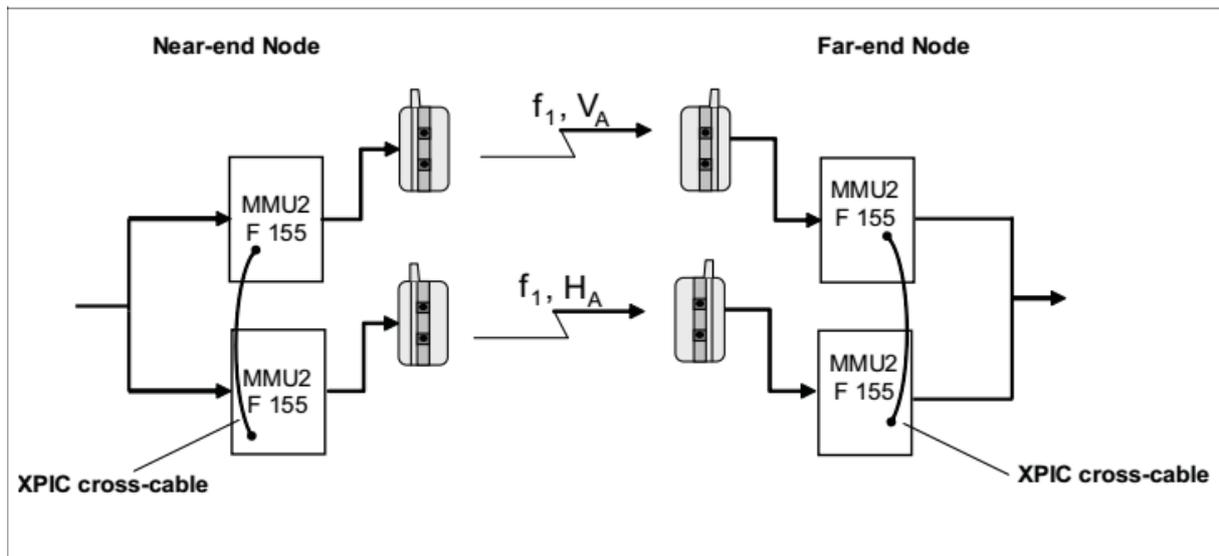


Figure 3.38 : Configuration XPIC.

- **Loop (boucle) :** c'est une boucle qui peut être utilisée pour vérifier que le système de transmission (l'antenne et l'équipement) fonctionne correctement, et peut être utilisée pour localiser l'unité ou bien l'interface défectueuse, comme le montre la figure suivante :

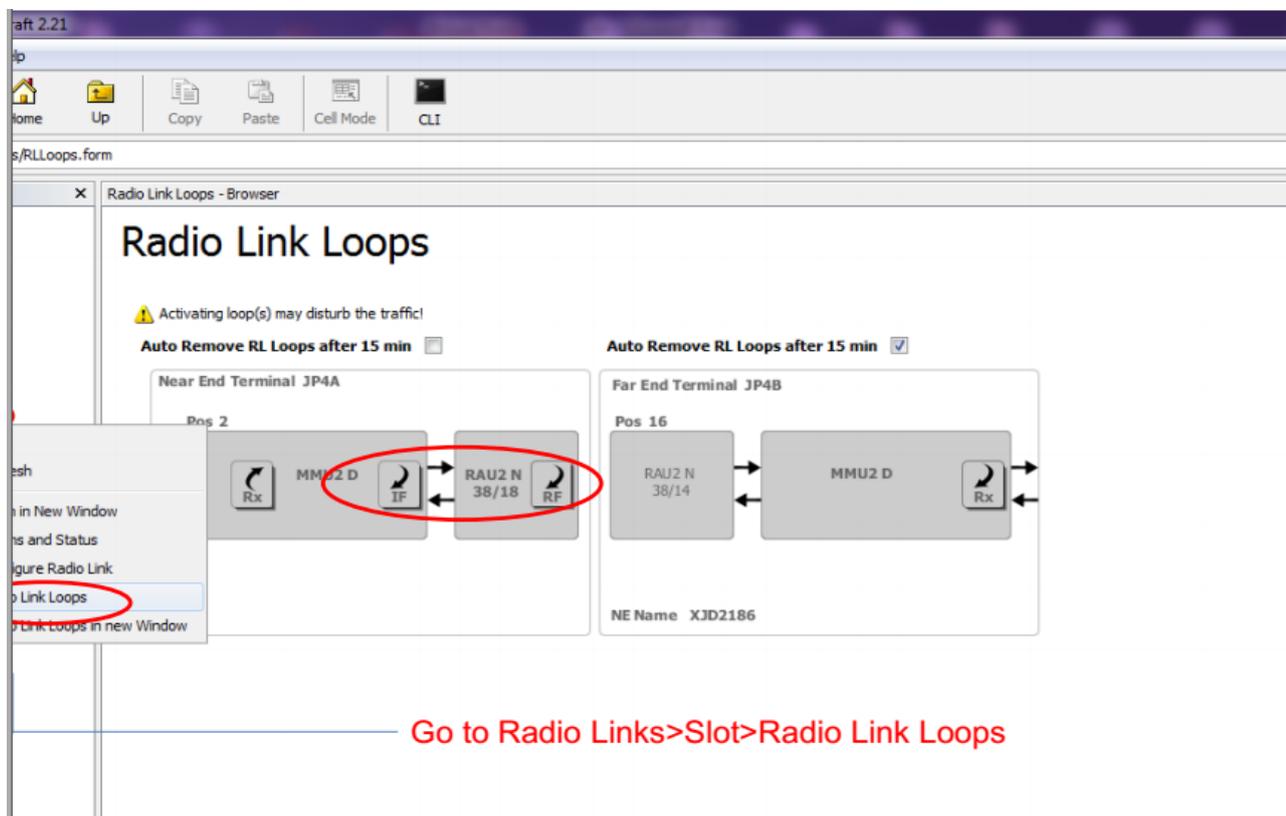


Figure 3.39 : configuration des boucles (Loops).

- **Test d'interférence** : cette opération consiste à vérifier la bonne liaison entre deux points en contrôlant la valeur du signal reçu, pour faire ce test il faut éteindre (désactiver) un point et contrôler l'autre point opposé en vérifiant sa puissance de réception, si la puissance de ce point indique un changement de valeur (99,9 dbm) donc il n'y a pas d'interférence et si ce point garde sa valeur initiale (-40 dbm) donc il intercepte un signal d'un autre émetteur (présence d'interférence), donc il faut changer la direction de l'antenne ou bien changer la fréquence d'émission de cette liaison. la même opération est réalisée pour le point opposé.



Figure 3.40 : Test d'interférence.

Conclusion :

Ce chapitre nous a permis d'assimiler les différentes fonctionnalités d'un des plus performants équipements de transmission qui est le Mini-Link TN ainsi que les améliorations qu'il apporte pour la technologie UMTS et plus particulièrement pour les réseaux de transmission en multipliant le nombre des E1 afin d'augmenter le débit.

Le Mini-Link TN fournit une plate-forme évolutive et coût-efficace pour la transmission sans fil FH. Il cible les réseaux de transmission pour la 3g, Mini-Link TN offre différents avantages sur tous les sites avec caractéristiques qui permettent un réseau flexible, mise en œuvre rapide grâce à ces différentes fonctionnalités qui ne sont pas disponibles dans les anciens équipements.

Conclusion générale

L'objectif de ce mémoire est de procéder à la mise en service d'une liaison d'un réseau de transmission 3G au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou en utilisant un équipement de transmission développé par Ericsson qui est le Mini-Link TN qui offre une capacité très améliorée. Le MINI-LINK TN offre beaucoup plus de souplesse que tout autre système de transmission FH, en raison de son architecture flexible.

Comme nous l'avons constaté lors de notre stage au sein de l'entreprise national de la téléphonie mobile (MOBILIS), les exigences en terme de débit qui ne cessent d'augmenter et l'obligation d'apporter une qualité de service aux attentes des usagers a obligé l'opérateur d'entreprendre des améliorations de ces équipements de transmission.

Cette étude nous a permis de nous familiariser avec le domaine pratique au sein de l'équipe d'un opérateur, d'avoir un contact avec les équipements du réseau 3G, de profiter des outils logiciels disponibles.

Toutefois, Malgré les différents avantages qu'il présente, le Mini-Link TN reste une solution provisoire qui doit être revue, car en matière de débit, une capacité et bande passante plus améliorées doivent apparaître pour y faire face plus particulièrement dans le domaine paquet (PS) comme la HSDPA et la technologie LTE.

Bibliographie

[1] : BOUCHENTOUF Hadjer et BOUDGHENE STAMBOULI Riyad, « Etudes des performances des réseaux 4G(LTE) ». Mémoire de MASTER en Télécommunication, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, 2013.

[2] : Salwa EL HABCHI, sur le thème « Planification et Optimisation du réseau 3G ». Thèse d'ingénieur génie réseaux et télécommunications, Université Hassan Premier de Khouribga, Maroc.

[3] : « www.efort.com », Date de consultation mai 2015.

[4] : « UMTS. Les origines, L'architecture, La norme », Auteur : Pierre Lescuyer, Edition : 'DUNOD', Année : 2006.

[5] : MANSOUR Rachid et TAKAZNOUNT Zahia, « Etude et fonctionnement du réseau de transmission GSM (MOBILIS) à la wilaya de Tizi-Ouzou », Thèse d'ingénieur en électronique, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2009.

[6] : « <http://www.httr.ups-tlse.fr/pedagogie/cours/fibre/fotheori.htm> », Date de consultation mai 2015.

[7] : « <https://www.scribd.com/doc/75212976/COURS-DE-FH-11> », Date de consultation mai 2015.

[8] : C.T.E, « Les techniques de multiplexage et de propagation par faisceaux hertzien », Peutil, 1982.

[9] : AL HAOUZANI Kawtar et AMIRY Houssam, « Conception d'une plateforme de planification et d'optimisation du routage sur les liaisons Mini Link TN dans le réseau de transmission de Méditel », Thèse d'Ingénieur d'Etat en Télécommunications, Institut National des Postes et Télécommunications, Maroc, 30 juin 2009.

[10] : LEKKAM Dahbia et BOURABA Meriem, « Etude de canal de transmission pour les liaisons FHN et satellitaires exploitées dans les réseaux mobiles cas (djezzy) », Thèse de Master académique Télécommunications et réseaux, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2013.

Bibliographie

[11] : « Architecture des réseaux », Auteur : Danièle Dromard et Dominique Seret, Edition : ‘ Pearson France’, Année : 2010.

[12]: <http://www.ericsson.com/> « GSM Network planning », EN/LZT 123 3630 R1E, Date de consultation juin 2015.

ANNEXE

Cellule :

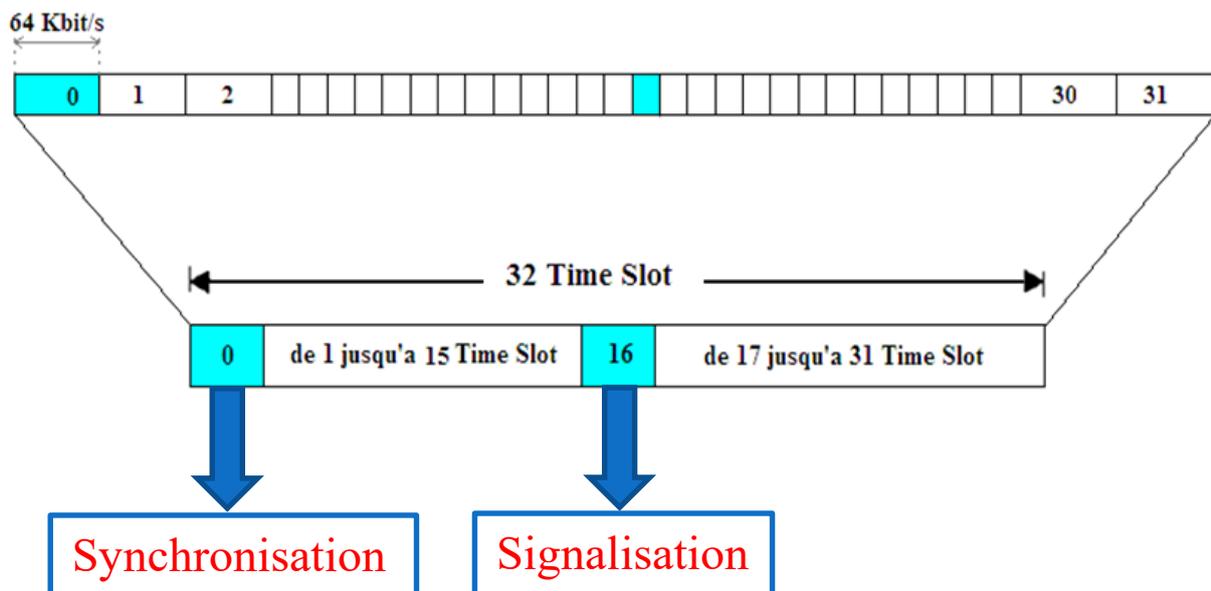
C'est la surface avec laquelle une BTS peut établir une liaison avec un téléphone mobile, La taille des cellules varie en fonction du nombre de clients à servir, par exemple, en ville, les cellules sont plus petites (microcellules) et plus nombreuses qu'en milieu rural car il y a une forte concentration de MS (terminaux mobiles).

E1 :

- L'E1 est une carte élémentaire pour transmettre 32 voies simultanément
- Chaque voie ayant un débit de 64 Kbit/s
- L'E1 est obtenu grâce à la formule suivante :

$$E1 = 8 \text{ KHz} \times 32 \text{ voies} \times 8 \text{ bits} = 64 \text{ Kbit/s} \times 32 \text{ voies} = 2048 \text{ Kbit/s}$$

- Le Time Slot 0 et le Time Slot 16 s'occupent de la synchronisation et la signalisation de l'E1.



ANNEXE

NodeB :

Une station de base qui assure la transmission et la réception radio, Le NodeB se matérialise sous forme d'antennes sur les toits des immeubles en ville ou sur les bords de routes. Chaque antenne couvre une zone délimitée dont chaque zone constitue une cellule du réseau. Il effectue les opérations de modulation, démodulation, codage.

STM-1 :

C'est une trame de transmission de base pour SDH, elle a un débit de 155 Mbit/s. équivalant de 63 E1.

VLAN :

Un VLAN (Virtual Local Area Network) est un réseau local virtuel utilisant la technologie Ethernet :

- pour regrouper les éléments du réseau selon des critères logiques (fonction, partage de ressources, appartenance à un département, etc.),
- sans se heurter à des contraintes physiques (dispersion des ordinateurs, câblage informatique inapproprié, etc.).