

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Projet de Fin d'Études

présenté par

Nouradine Saïd Ali

pour l'obtention du diplôme de Master en Électronique

Spécialité : Réseaux et Télécommunication

Thème

*Etude de Transmission pour les
réseaux LTE/4G(Mobilis)*

Proposé par : Anou Abderrahmane & Abriche Mourad

Année Universitaire 2015-2016

Remerciement

Au terme de ce travail, je tiens à remercier en premier lieu Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la sante, la volonté et la patience pour mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mon sincère remerciement à mon promoteur *Mr Anou Abdourahman* ainsi que mon Co promoteur *Abriche Mourad*.

Je tiens aussi à adressé me remerciement à tous *mes professeurs* que j'ai eu durant mon cursus universitaire, ainsi que tous corps professionnel du service de transmission au niveau de la société *Mobilis*.

Je remercie en avance Mr **Cherfa** Pour son rôle de président et Madame **Amrouche** pour son rôle d examinateur.

Je tiens à remercie tous mes amis Tchadiens plus particulièrement Maki Minawi Adam et Abdoulkarim Idriss, mes amis Algériens ainsi que tout autres nationalités.

Enfin me remerciement vont a tout personne qui a contribué de près ou de loin a l'élaboration de ce fameuse et noble travail.



Dédicace

*C'est Avec un énorme bonheur, un cœur et une importante joie,
que je dédie mon travail à mes très chers, respectueux et
formidables parents qui m'ont soutenu tout au long de ma vie
ainsi qu'à mes chers frères et sœurs.*

*A mes chers oncles paternel et maternel, cousine et cousins de
près ou de loin ainsi que mes chers et fidèles amis.*

*A ma chère grand-mère maternelle **Bare Golhayey** et mon cher
oncle **Ahmed Issa Gabobeh** ainsi que sa formidable famille.*

*A mes chers **professeurs** qui m'ont enseigné tout au long de mon
cursus universitaire*

*A toute personne qui m'ont encouragé ou aide tout le long de
mes études.*

Résumé

Les réseaux mobiles ont connus un essor sans précédent pendant ces dernière décennies, il s'agit d'une part une succession des générations essentiellement dédié à téléphonie mobile. Telle que la (2G), puis la 3G qui est le plus oriente vers le multimédia suivi la 4 G qui lui apporte une véritable augmentation de débit et permet une interopérabilité avec les réseaux précédant.

Au cours de mon stage que j'ai effectuée au sein de Mobilis, j'ai procédé à la réalisation d'une étude concernant au dimensionnement et à l'implémentation d'un réseau LTE/4G à Blida. Tout en utilisant le simulateur ou le logiciel **Ellipse** destiné à la planification et le dimensionnement.

ملخص

شهدت شبكات المحمول طفرة غير مسبوقه خلال هذه العقود الأخيرة، هناك أولا لخلافة مخصصة أساسا للأجيال الهواتف النقالة. والجيل الثاني والجيل الثالث والذي هو أكثر الموجهة نحو وسائل الإعلام بعد الجيل الرابع التي يعطيها زيادة الإنتاجية الحقيقية وتمكن قابلية التشغيل البيئي مع الشبكات الرائدة.

في البلدية. أثناء استخدام جهاز محاكاة أو LTE / 4G خلال تدريب عملي أدت داخل موبيلين، مضيت إلى دراسة تتعلق تصميم وتنفيذ البرامج البيضي للتخطيط والتصميم.

Abstract

Mobile networks have experienced an unprecedented boom during these last decades; there is firstly a succession of essentially dedicated to mobile telephony generations. Such as (2G) and 3G which is more oriented towards multimedia monitoring 4G which brings a real increase throughput and enables interoperability with leading networks.

During my internship I performed within Mobilis, I proceeded to a study relate to the design and implementation of an LTE / 4G in Blida. While using the simulator or the Ellipse software for planning and design.

Table des matières

Introduction général	1
----------------------------	---

1 Chapitre 1

Généralité sur les réseaux mobiles

1.1 Introduction	2
1.2 La première génération des téléphones mobiles	2
1.3 La deuxième génération des téléphones mobiles	2
1.3.1 Le sous-système radio	5
1.3.2 Le sous-système réseau	5
1.4 Le réseau GPRS (2.5G)	7
1.4.1 Le nœud de service (SGSN)	8
1.4.2 Le nœud de passerelle (GGSN)	8
1.5 EDGE (2.75G)	8
1.6 Les réseaux mobiles de troisième génération	8
1.6.1 Architecture de la troisième génération (UMTS)	8
1.6.2 Le mode de transmission UMTS	10
1.7 Comparaison entre les technologies	10
1.8 3GPP Spécifications Releases	10
1.8.2 Les mutations HSPA	11
1.8.3 Les évolutions HSPA+	12
1.9 Comparaison entre les technologies	12
1.10 LTE (Long Term Evolution)	13
1.10.1 Architecture	13
1.11 La quatrième génération des téléphones mobiles 4G (LTE Advanced)	14
1.11.1 Différence entre la 3G et la LTE	15
1.12 Conclusion	16

2 Chapitre 2

Typologie des réseaux transmissions

2. Introduction	17
-----------------------	----

2.1 Typologie des réseaux	17
2.2 Topologie de Réseau	18
2.3 Les modelés des couches OSI	20
2.3.2 Les couches utiles pour la transmission	22
2.4 Transmission par Faisceau Hertzien.....	23
2.4.1 La propagation d'onde.....	24
2.4.2 Ellipsoïde de Fresnel	24
2.4.3 Marge des évanouissements	26
2.4.5 Contremesure aux évanouissements.....	27
2.4.6 Bilan de générale	27
2.5 Les modulations	29
2.5.1 Modulation adaptatives	30
2.6 La technologie de PDH	32
2.6.1 Technique de multiplexage et démultiplexage PDH	32
2.7 Technologie Synchrone (SDH)	33
2.8 Réseau Transport Optique	36
2.8.1 La fibre optique	36
2.8.2 Technique de modulation optique	37
2.9 Les différents types de multiplexage.....	38
2.9.1 Multiplexage TDM.....	38
2.9.2 Multiplexage wdm.....	38
2.9.3 Le multiplexage Dense et Core Wavelength Division Multiplexing.....	39
2.10 Conclusion.....	40

3 Chapitre 3

Equipements et débits

3 Introduction	41
3.1 Equipement utilisé pour la transmission Faisceau Hertzien.....	41
3.1.1 Equipement Indoor (idu)	42
3.1.1.1 Caractéristique de l'équipement indoor.....	43
3.1.1.2 Fonctionnement interne IDU	43
3.1.1.3 Les interfaces et débits	44
3.1.2 Équipement outdoor (odu).....	45
3.1.2.1 Fonctionnements internes odu	46

3.1.4 Antenne Directive.....	46
3.2 Relation entre capacité, modulation et la bande passante.....	48
3.2 Réseaux générale.....	48
3.3 Conclusion.....	49

4 Chapitre 4

Architecture et dimensionnement d'un réseau transmission pour le réseau LTE/4G

Introduction	50
4 Présentation du logiciel	50
4.1 Les étapes suivis	52
4.2 Réseaux Global.....	58
4.3 Résultats général avec interprétation.....	59
4.3.1 Réseaux avec interférences.....	60
4.3.2 Réseau sans interférences	60
4.4 Conclusion.....	62

Liste des abréviations

AUC	Authentication Center
BG	Border Gateway
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Sub-system
BTS	Base Transceiver Station
CDMA2000	Code Division Multiple Access
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EIR	Equipment Identity Register
ENodeB	Evolved Node B
EPS	Evolved Packet System
EPC	Evolved Packet Core
E-UTRA	Evolved-Universal Terrestrial Radio Access
eUTRAN	evolved UTRAN
FDD	Frequency Division Duplexing
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communication
HLR	Home Location Register
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSOPA	High Speed OFDM Packet Access
HSPA	High Speed Packet Access
HSS	Home Subscriber Service
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IP	Internet Protocol
MAN	Metropolitan Area Network
MMS	Multimedia Messaging Service
MS	Mobile Station

Liste des abréviations

MSC	Mobile Switching Centre
LAN	Local Area Network
LTE	Long Term Evolution
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
OMC	Operations and Maintenance Center
OSS	Operation Sub-System
ODU	
PCU	Packet Control Unit
PDH	Hiérarchie numérique plésiochrone
PDN GW	Packet Data Network Gate-Way
PDP	Packet Data Protocol
PGW	Packet Switch-Get Way
PLMN	Public Land Mobile Network
POH	
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
S-GW	Serving-Get Way
SC-FDMA Access	Single Carrier-Frequency Division Multiplexing
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIM	Subscriber Identity Module
SINR	Signal Interférence Noise Ratio
SDH	Hiérarchie numérique synchrone
TCP	Transmission Control Protocol
TDD	Time-Division Duplex
UIT	Union Internationale des Télécommunications
UMTS	Universel Mobile Télécommunications System
VLR	Visitor Location Register
WCDMA	Wide Coding Division Multiple Access
WDM	Wavelength Division Multiplexing

Liste des Figures

Figure 1.1	Architecture du GSM	3
Figure 1.2	Architecture du réseau GPRS (2.5g)	7
Figure 1.3	Architectures du réseau UMTS	9
Figure 1.4	Les différents release	11
Figure 1.5	Architecture générale d'un LTE	13
Figure 1.6	Architecture d'un système LTE	14
Figure 2.1	Type de réseaux en fonction de distance	17
Figure 2.2	différents topologies physique	18
Figures 2.3	topologie Etoile	19
Figures 2.4	Topologie maillé	19
Figures 2.5	Topologie Bus	20
Figures 2.6	les dispositifs en fonction du couche	22
Figures 2.7	Exemple de transmission FH	23
Figure 2.8	Représentation géométrie de l'ellipsoïde de Fresnel	25
Figure 2.9	Dégagement du premier de l'ellipsoïde de Fresnel	25
Figure 2.10	Marge d'évanouissement	26
Figure 2.11	Représentation général de liaison	27
Figure 2.12	Exemple diversite d'espace	28
Figure 2.13	Exemple diversite en frequence.....	28
Figure 2.14	Exemple diversite en frequence et en espace.....	29.
Figure 2.15	Exemple de modulation adaptative en fonction de climat	30

Liste des Figures

Figure 2.17	Exemple multiplexage et demultiplexage PDH	32
Figure 2.18	Exemple d un reseaux SDH	33
Figure 2.19	Exemple du trame SDH	34
Figure 2.20	Emploi de type conteneur virtuel en fonction du debit.....	36
Figure 2.21	Exemple de fibre multimode a gradient et a saut d' indice	38
Figure 2.22	Exemple de fibre monomode.....	39
Figure 2.23	Exemple de modulation direct	39
Figure 2.24	Exemple de modulation externe.....	40
Figure 2.25	Exemple de modulation TDM.....	40
Figure 2.26	Exemple de modulation WDM	40
Figure 3.1	Equipement générale.....	41
Figure 3.2	Equipement IDU.....	42
Figure 3.3	Schéma interne IDU.....	44
Figure 3.4	Interface et Débits	44
Figure 3.5	Branchement direct (1+0) sans protection	45
Figure 3.5.1	Branchement distant avec un guide d'onde (1+1).....	45
Figure 3.6	Schéma interne ODU	46
Figure 3.7	diagramme d'antenne directive	47
Figure 3.8	Architecture d'un réseau à faisceau hertzien	49
Figure 3.9	Exemple du trafic	49
Figure 4.1	Profil du logiciel	50
Figure 4.2	Carte de précipitation de pluie	51
Figure 4.3	Création d'un projet	53

Liste des Figures

Figure 4.4 choix du pays	53
Figure 4.5 Coordonnée des sites	54
Figure 4.6 Zone de Fresnel	55
Figure 4.7 Configurer le Coupling système	55
Figure 4.8 Choix de type d'antenne	56
Figure 4.9 Choix d'équipements Radio	56
Figure 4.10 Configuration modems	57
Figure 4.11 Bilan de liaison	57
Figure 4.12 Interférence entre liaisons	58
Figure 4.13 Sans interférence entre liaison	58
Figure 4.14 Réseaux global	59
Figure 4.15 Interférences générale des liaisons	60
Figure 4.16 Liaison sans interférences	62

Liste des tableaux

Tableau 1.1 fonctions des interfaces	4
Tableau 1.2 comparaison entre les générations	10
Tableau 1.3 Comparaisons entre technologie	12
Tableau 2.1 Couches OSI et fonctions	20
Tableau 2.2 : Signal sur bruit(S/N) en fonction de la modulation.....	31
Tableaux 2.3 Niveau et debits des trames ainsi le support utilisé.....	34
Tableau 2.4 Avantage et Inconvénients de la fibre	47
Tableau 2.5 comparaison entre CWDM/DWDM.....	40
Tableaux 3.1 Interface et Fonction d'un IDU	42
Tableau 3.2 Caractéristique IDU	43
Tableau 3.3 Caractéristiques ODU	45
Tableau 3.4 Diamètre en fonction de la distance	47
Tableau 3.5 Relation entre modulation, capacité et bande passante	48
Tableau 4.1 Valeur de précipitation de pluie	51

Introduction général

Aujourd'hui les réseaux mobiles sont en pleine effervescence. Pendant ces dernières décennies, leur évolution a permis l'exploitation des nouvelles gammes de service meilleur que les classiques, satisfaisant ainsi l'augmentation du nombre d'utilisateurs croissant et exigeant en débit.

Cette ainsi que plusieurs générations ont vues le jour (1G, 2G, 3G, 4G et prochainement la 5G pas encore mis en œuvre), et ont connues une évolution remarquable en apportant un débit exceptionnel. Ceux-ci ne cessent d'augmenter avec une bande passante de plus en plus large, et un des avantages d'une telle bande passante est le nombre d'utilisateur pouvant être supportés.

On pourra citer quelque avantage que technologie actuel (LTE) qui correspond l'évolution de la troisième génération, qui sont la croissance continue du trafic avec une faible latence, une fiabilité meilleur ainsi qu'une meilleur efficacité spectrale.

Les exigences ont stimulées les évolutions réseaux pour mettre le premier pas vers la quatrième génération.

Mon travail se concentre sur l'étude de transmission pour un réseau LTE/4G, qui est le thème ainsi que ces trois chapitres plus l'étude d'un cas réel d'implémentation sur la wilaya de Blida.

Le premier chapitre (généralité sur les réseaux mobiles) comporte un aperçue globale sur la succession des différentes générations des réseaux mobiles,

Dans le deuxième chapitre concerne la typologie des réseaux transmissions et les différents systèmes transmissions (faisceau hertzien, optique)

Le troisième chapitre intitulé sur les équipements transmissions et leur débit (chez Mobilis).

Le quatrième chapitre qui représente la partie pratique du mémoire concerne sur le design et le dimensionnement d'un réseau transmission pour le réseau LTE/4G a la wilaya Blida.

1.1 Introduction

Depuis plusieurs années le développement des réseaux mobiles n'ont pas cessé de se développer, plusieurs générations ont vu le jour tel que (1 G, 2 G, 3 G, 4 G et prochainement la 5 G pas encore mis en œuvre) et connues une évolution remarquable. En tenant un débit élevé et une bande passante de plus en plus large, avec une qualité de service (QoS) offerte aux utilisateurs mobiles qui s'améliore d'une génération à l'autre.

Dans ce chapitre, je vais vous présenter les différentes générations de téléphones mobiles, leurs architectures détaillées ainsi que d'autres services pouvant être utilisés par chacune des ces générations cellulaires, puis les avantages et les inconvénients et la comparaison entre eux.

1.2 La première génération des téléphones mobiles

La première génération des téléphones mobiles (1G) est apparue dans le début des années 80 en offrant un service usuel et très coûteux de communication mobile. Elle possédait un fonctionnement analogique et était constituée d'appareil relativement volumineux plein des défauts, une transmission analogique non sécurisée (écouter les appels), où le roaming (transfert inter cellulaires) était absent vers l'international.

On pourrait citer :

- **AMPS** (Advanced Mobile Phone System), apparu en 1976 aux Etats-Unis, constitue le premier standard de réseau cellulaire, utilisé principalement Outre-Atlantique
- **TACS** (Total Access Communication System) est la version européenne du modèle AMPS, utilisant la bande de fréquence de 900 MHz, ce système fut notamment largement utilisé en Angleterre, puis en Asie (Hong-Kong et Japon).
- **ETACS** (Extended Total Access Communication System) est une version améliorée du standard TACS développé au Royaume-Uni utilisant un nombre plus important de canaux de communication. [1].

1.3 La deuxième génération des téléphones mobiles

C'est dans les années 90 que la deuxième génération (GSM) a vu le jour, elle a comme principe, de passer des appels téléphoniques en s'appuyant sur les transmissions numériques permettant une sécurisation des données (avec cryptage). Le global système mobile (GSM) a connu un triomphe, et a autorisé de susciter le besoin de téléphoner en tout lieu avec la possibilité d'émettre des

minimessages (SMS, limités à 80 caractères), ainsi autorise le roaming entre pays exploitant le GSM. [2]

GSM (Global System for Mobile communications) était le réseau standard le plus utilisé en Europe à la fin du XX siècle. Ce standard utilise les bandes de fréquences 900 MHz et 1800 MHz en Europe. Aux Etats-Unis par contre, les bandes des fréquences utilisaient les bandes 850 MHz et 1900MHz. Ainsi, on appelle **tri-bande**.

L'IS-95 utilise une répartition par codes appelée CDMA (*Code Division Multiple Access*). Ces techniques accroissent largement l'efficacité spectrale des systèmes, c'est-à-dire le débit pouvant être écoulé par Hertz et par cellule. À titre d'exemple, une cellule GSM peut supporter une cinquantaine d'appels voix simultanés et ce chiffre double quasiment si le schéma de codage de la voix est réduit au format demi-débit (*half rate*).

Finalement, grâce aux réseaux 2G, il est possible de transmettre la voix ainsi que des données numériques de faible volume, notamment des messages textes (**SMS**, pour Short Message Service) ou encore des messages multimédias (**MMS**, pour multimedia Message Service). La norme GSM permet un débit maximal de 9,6kbps. l'architecture du réseau est présente comme suivant :

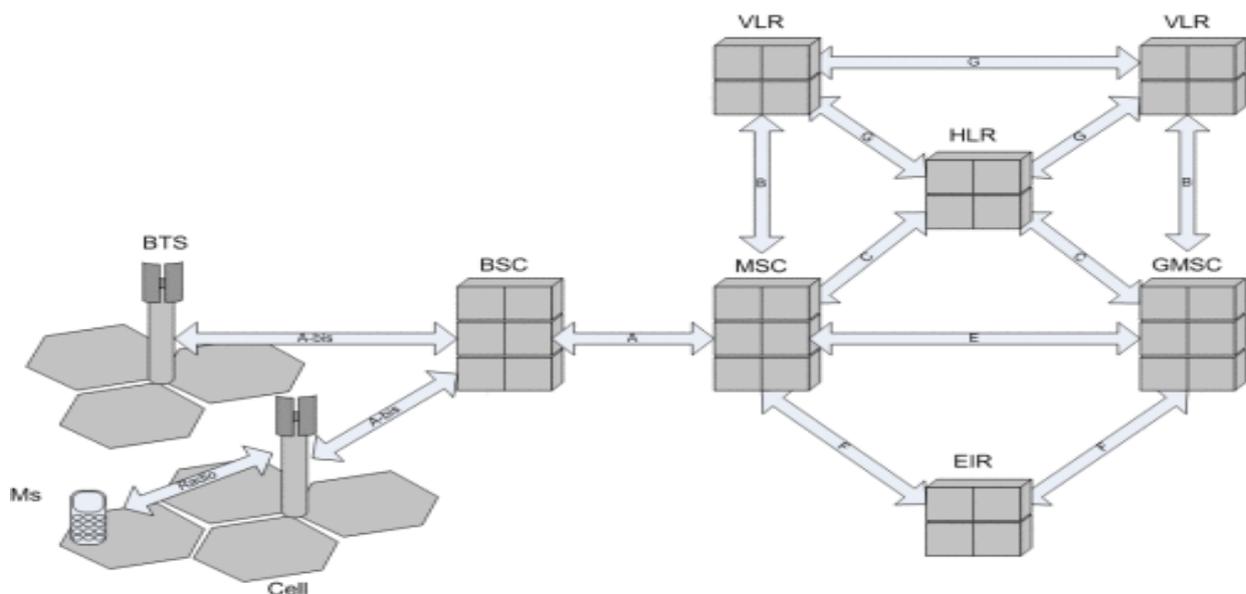


Figure 1.1 Architecture du GSM.

Les interfaces sont des protocoles permettant de communiquer entre chaque structure du réseau GSM, ces sont des éléments essentiels définis dans la norme GSM. Ils déterminent les interconnexions réseau au niveau international, comme nous montre Le tableau suivant [3].

Um	MS – BTS	Interface radio
Abis	BTS – BSC	Divers
A	BSC – MSC	Divers
C	GMSC – HLR	Interrogation HLR pour appel entrant
	MS-GMSC – HLR	Interrogation HLR pour message court entrant
D	VLR – HLR	Gestion des informations d'abonnés et de localisation Services supplémentaires
E	MSC – SM-GMSC	Transport des messages courts
	MSC – MSC	Exécution des handover
G	VLR – VLR	Gestion des informations d'abonnés
F	MSC- EIR	Vérification de l'identité du terminal
B	MSC – VLR	Divers
H	HLR – AUC	Echange des données d'authentification

Tableau 1.1 Fonctions des interfaces

L'architecture d'un réseau GSM peut être divisée en trois sous-systems.

- Sous-système radio contenant la station mobile, la station de base et son contrôleur.
- Sous-système réseaux ou acheminement.
- Sous-système opérationnel ou d'exploitation et de maintenance.

1.3.1 Le sous-système radio

Base station sub-system (BSS) est un sous-système radio qui permet au GSM d'assurer les transmissions radioélectriques ainsi que gère la ressource radio.

Il comprend une quantité de base station-service(BTS) qui sont des émetteurs-récepteurs ayant un minimum d'intelligence.

1.3.2 Le sous-système réseau

Le sous-système réseau (NSS) a pour rôle d'assurer les fonctions des commutations et des routages. Ces fonctions sont indispensables comme la commutation, car on y retrouve les fonctions de gestion de la mobilité, de la sécurité et de la confidentialité qui sont ancrées dans la norme de la deuxième génération (GSM).

Il se compose de plusieurs équipements, en citant quelques-uns comme :

1.3.2.1 Fonctions du HLR

Home location registre (HLR) est un espace protégé qui contient toutes les informations du mobile et du client, comme par exemple (votre numéro de mobile, le numéro de la carte SIM, le téléphone, ...) et qui pointe vers la MSC où vous êtes transcrits.

Entre autre, il permet quand un appel vous êtes destinés, la première étape autorise à lire au niveau du HLR dans quelle VLR vous avez été "vu" la dernière fois en quelque sorte, c'est une base de données qui conserve des données statiques sur l'abonné et qui administre des données dynamiques sur le comportement de l'abonné.

Finalement les informations sont ensuite exploitées par Operations and Maintenance Center (OMC).

1.3.2.2 Fonctions du VLR

L'enregistreur de localisation des visiteurs (VLR) est une base des données rattachée à un commutateur MSC, son principale mission est d'enregistrer des informations dynamiques relatives aux clients de passage dans le réseau.

Etant donné que votre mobile est allumé, la communication entre VLR et la BTS est périodique mais en cas ou votre mobile est éteint, le VLR conserve automatiquement votre position.

Finalement à chaque expédition d'un client, le réseau doit mettre à jour le VLR du réseau visité et le HLR de l'abonné afin d'être en mesure d'acheminer un appel ou d'établir vers l'abonné concerné.

1.3.2.3 Fonction du mobile switch center

Le MSC, appelé aussi commutateur des mobiles, généralement associées aux bases des données VLR afin de contribuer à la gestion de la mobilité mais aussi à la fourniture de toutes les télé services offerts par le réseau (voix, données, messageries).

IL a pour fonction d'assurer l'interconnexion entre le réseau mobile et le réseau fixe public, ainsi la transmission des messages courts et l'exécution du handover si le MSC concerné est impliqué. Le MSC peut également posséder une fonction de passerelle, GMSC (Gateway MSC) qui est activée au début de chaque appel d'un abonné fixe vers un abonné mobile.

1.3.2.4 Bases de données EIR et AUC

Il existe d'autres bases des données telles que (EIR et AUC). La base des données EIR (Equipment Identity Register) contient une liste de tous les mobiles valide sur les réseaux et chaque téléphone portable est identifié par son numéro IMEI (International Mobile Equipment Identity). IMEI est marqué comme invalide si le mobile a été déclaré comme volé.

La base des données AUC (Authentication Center) est une base de protection qui contient une copie d'une clé secrète, également contenue dans la Sim des chaque abonnées.

L'authentification se fait de façon systématique chaque fois que la MS se connecte au réseau et plus précisément dans les cas suivants :

- Chaque fois que la MS reçoit ou émet un appel.
- A chaque mise à jour de la position de la MS (location update).
- A chaque demande de mise en activité, de cessation d'activité ou de l'utilisation des services supplémentaires.

1.3.3 Le sous-système d'exploitation et de maintenance (OSS)

OSS (Opération Sub-System) permet à l'opérateur d'exploiter son réseau. La mise en place d'un réseau GSM (en mode circuit) va permettre à un opérateur de proposer des services de type « Voix » à ses clients en donnant accès à la mobilité tout en conservant un interfaçage avec le réseau fixe RTC existant.

1.4 Le réseau GPRS (2.5G)

GPRS (General Packet Radio System) est bien l'évolution du réseau GSM comme nous montre l'architecture de la figure suivante [3].

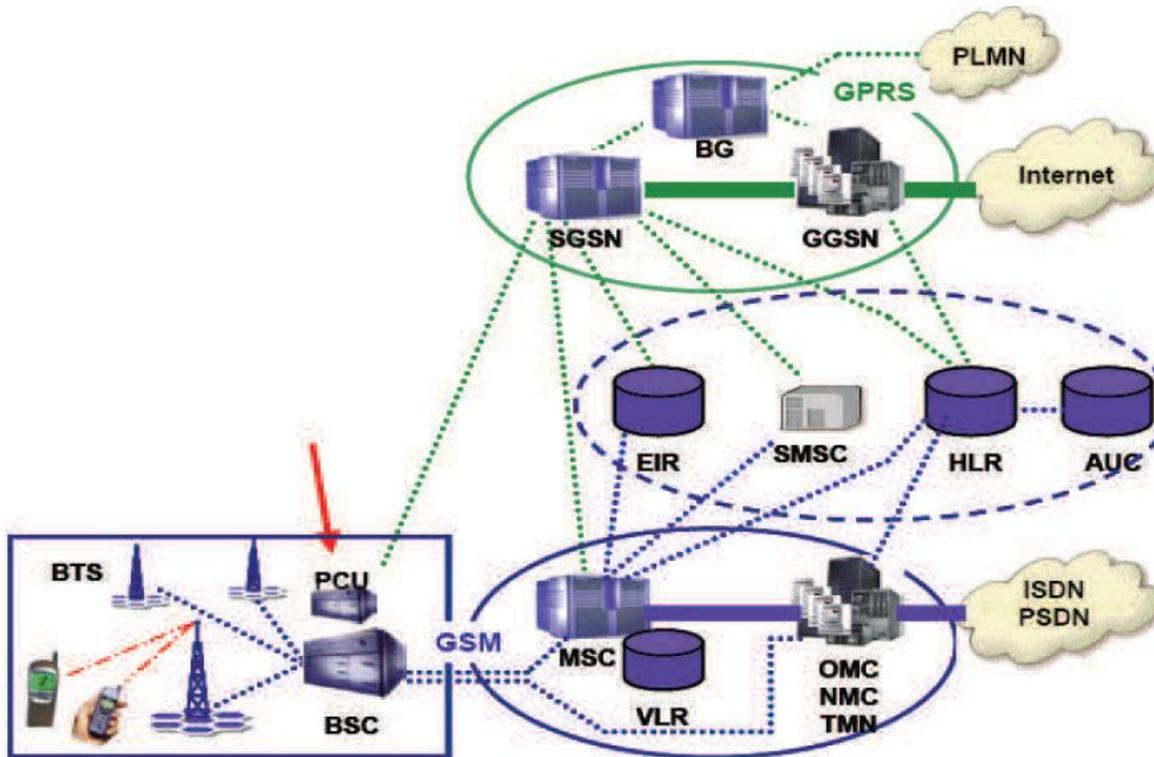


Figure 1. 2 Architecture du réseau GPRS (2.5g).

Des extensions de la norme GSM ont été mises au point afin d'améliorer le débit. C'est le cas notamment du standard **GPRS** (General Packet Radio System), qui permet d'obtenir des débits théoriques de l'ordre de 114 kbit/s. Cette technologie ne rentrant pas dans le cadre de l'appellation « 3G » a été baptisée **2.5G**.

Le GPRS (General Packet Radio Service) peut être considéré comme une évolution de réseau GSM avant leur passage aux systèmes de troisième génération. Toutefois, la transition du GSM au GPRS demande plus qu'une simple adaptation logicielle. Le GPRS s'inspire des usages devenus courants d'internet, lors de la consultation de pages Web, une session peut durer plusieurs dizaines de minutes alors que les données ne sont réellement transmises que pendant quelques secondes. A ce moment, la voix continue de transiter sur le réseau GSM, tandis que les données circulent via le GPRS. Il permet un débit cinq fois plus élevé que celui du GSM.

1.4.1 Le nœud de service (SGSN)

SGSN (Serving GPRS Support Node) est joint au BSS du réseau GSM. Il est en connexion avec (BTS, BSC, HLR ...) qui ont pour fonction d'assurer et de gérer les transmissions radio.

Le SGSN joue un rôle de routeur, il gère et contrôle les terminaux GPRS présents dans une zone donnée.

1.4.2 Le nœud de passerelle (GGSN)

GGSN (Gateway GPRS Support Node) est relié avec à un ou plusieurs réseaux des données (Internet, autre réseau GPRS...). ainsi permet de gérer les transmissions des paquets de données.

1.5 EDGE (2.75G)

Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE) est un réseau de transition entre GPRS et UMTS, il permet un débit encore plus élevé. EDGE est issu de la constatation que, dans un système cellulaire, tous les mobiles ne disposent pas de la même qualité de transmission. Le contrôle de puissance tente de pallier ces inégalités en imposant aux mobiles des favorisés une transmission moins puissante. Cela permet plutôt d'économiser les batteries des terminaux et augmenter les capacités de transmission. EDGE permet à ces utilisateurs favorisés de bénéficier des transmissions plus efficaces, augmentant par conséquent le trafic moyen offert dans la cellule. C'est associé au GPRS qu'EDGE revêt tout son intérêt, notamment grâce au principe d'adaptation de lien qui consiste à sélectionner le schéma de modulation et de codage le mieux adapté aux conditions radio rencontrées par le mobile.

1.6 Les réseaux mobiles de troisième génération

La troisième génération de réseaux mobiles (3G) regroupe deux familles des technologies ayant connus un succès commercial : l'UMTS (Universal Mobile Télécommunications System), issu du GSM et largement déployé autour du globe, et le CDMA2000, issu de l'IS-95 et déployé principalement en Asie et en Amérique du Nord. Les interfaces radio de ces deux familles reposent sur des caractéristiques techniques proches, notamment un schéma d'accès multiples à répartition par les codes (CDMA). Dans ce qui suit, nous nous concentrons sur l'UMTS, car c'est cette famille de technologies qui va donner naissance au LTE [2].

1.6.1 Architecture de la troisième génération (UMTS)

Comme l'UMTS est donc la norme de télécommunications de troisième génération utilisée en Europe et est basée sur la technologie W-CDMA (utilisée au Japon et Corée). Elle a été développer

à partir de 2004 avec la Release 99 (R99) tout ayant une bande de fréquence de fonctionnement qui est 1900MHz-2000MHz. Les spécifications techniques de cette norme sont développées au sein de l'organisme 3GPP et s'appuie sur les éléments de base du réseau GSM et GPRS comme nous montre la figure suivante [3].

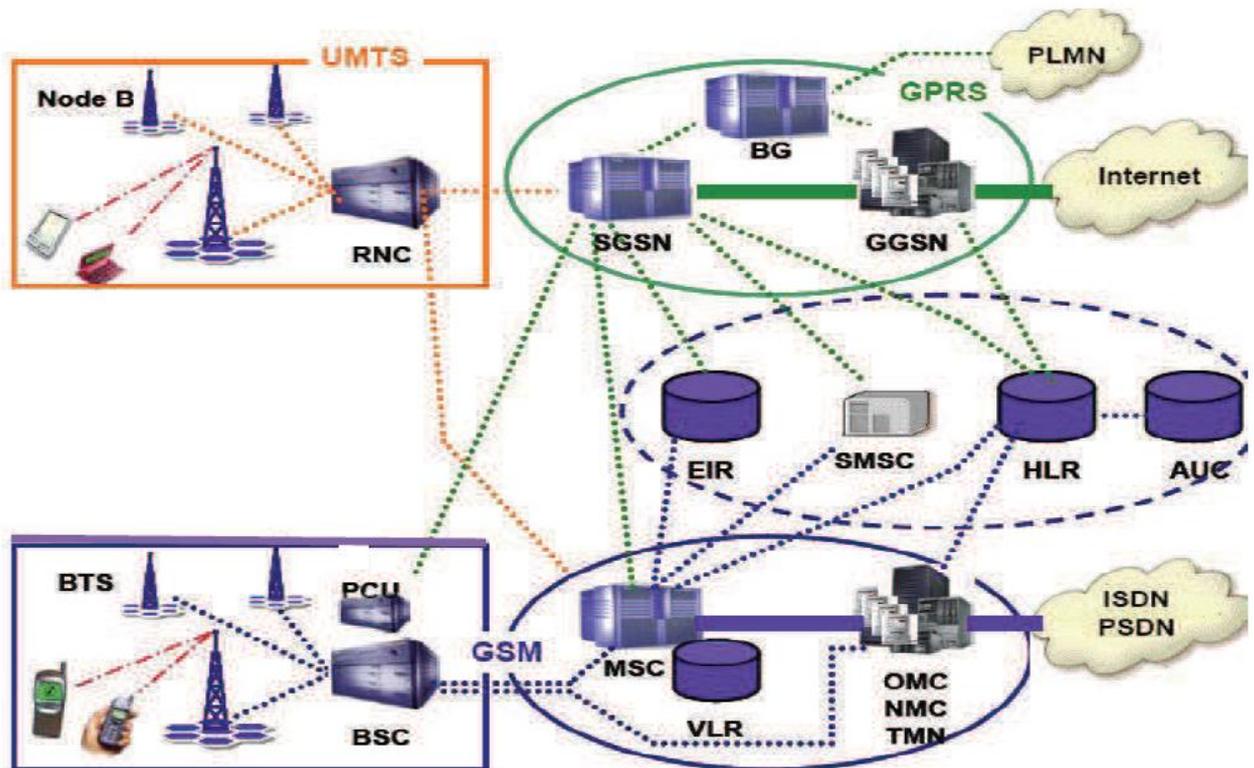


Figure 1.3 Architectures du réseau UMTS.

➤ Les fréquences utilisées

Les fréquences allouées pour UMTS sont 1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz.

L'UIT (Union Internationale des Télécommunications) a désigné des bandes des fréquences pour les différents systèmes de l'UMTS qui sont :

- Duplex temporel TDD (Time Division Demultiplexed) : 1885 à 1920 MHz (Uplink bande de 35Mz) et 2010 à 2025 MHz (downlink bande de 15 MHz).
- Duplex fréquentiel FDD (Frenquency Division Demultiplexed) 1920 à 1980 MHz (Up Link bande de 60 MHz) et 2110 à 2170 MHz (downlink bande de 60 MHz).

- Bandes satellites : 1980 à 2100 MHz (uplink de 30 MHz) et 2170 à 2200 MHz (Downlink de 30 MHz).

1.6.2 Le mode de transmission UMTS

Le mode de transmission UMTS repose sur deux modes qui sont ;

- ✓ **Le mode circuit** permet de gérer en temps réels les services consacrés aux conversations téléphonique tel que la vidéo-téléphonie, le jeu vidéo et applications multimédia. Le débit du mode domaine circuit sera de 384 Kbits/s.
- ✓ **Le mode paquet** permet lui aussi de gérer les services mais non en temps réel pour la navigation sur Internet, de la gestion de jeux en réseaux ainsi que l'accès et l'utilisation des e-mails, sont la raison pour laquelle les données expédieront en mode paquet. Ces applications sont moins sensibles aux temps de transfert donc le débit du domaine paquet sera sept fois plus rapide que le mode circuit, environ 2Mbits/s [2].

1.7 Comparaison entre les technologies

Après avoir étudié la différente génération de réseau mobile, je veux devoir faire la comparaison entre ces évolutions sur le tableau suivant [4] :

Technologie Caractérisation	GSM	GPRS	EDGE	UMTS/WCDMA
Débit de données	9.6 kbps	171.2kbps	384kbps	2 Mbps
Modulations	GMSK	GMSK	GMSK/8PSK	QPSK
Méthode d'accès multiple	TDMA/FDMA	TDMA/FDMA	TDMA/FDMA	CDMA
Bande de fréquence (MHZ)	Up 890-915 DL 935-960	Up 890-915 DL 935-960	Up 890-915 DL 935-960	Up 1920-1980 DL2110-2170
Espace entre porteuse	200KHZ	200KHZ	200KHZ	5000KHZ
Intervalle entre Trame	4.615 ms (8 time slots)	4.615 ms (8 time slots)	4.615 ms (8 time slots)	10ms (16 time slots)

Tableau 1.2 Comparaison entre les générations.

1.8 3GPP Spécifications Releases

Un release correspond à un ensemble des nouvelles fonctionnalités introduites dans la norme par les groupes du 3GPP dans une période de temps données et représente un palier significatif dans

l'évolution des systèmes. 3GPP a défini neuf Releases entre 1998 et 2011 comme la figure nous indique l'évolution des différents releases.

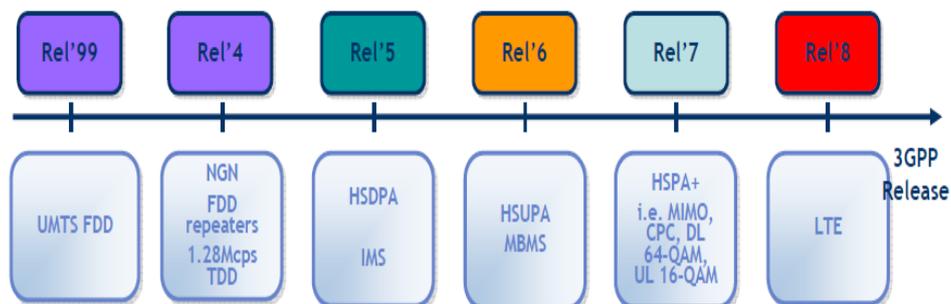


Figure 1.4 Les différents release.

- Release 97 : éclaircissement du GPRS.
- Release 99 : introduction de l'UMTS.
- Release 4 : augmente la fonctionnalité au sein du réseau cœur, notamment la dislocation des couches média et contrôle pour le réseau cœur circuit.
- Release 5 : introduction de l'évolution HSDPA pour le réseau d'accès UMTS.
- Release 6 : introduction de l'évolution HSUPA pour le réseau d'accès UMTS.
- Release 7 : introduction du HSPA+ MIMO.
- Release 8 : introduction des évolutions HSPA+ CPC et DC-HSDPA, et première Release du réseau d'accès LTE et du réseau cœur EPC [6].

1.8.2 Les mutations HSPA

L'UMTS connaît deux évolutions majeures que nous présentons brièvement dans les sections suivantes :

- Le HSPA (High Speed Packet Access).
- Le HSPA+ (High Speed Packet Access+).

Les évolutions high speed packet acces (HSPA) sont aujourd'hui commercialisées sous le nom de (3G+), furent introduites sous le deux nom :

- HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) pour la voie descendante.
- HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*) pour la voie montante.

Ces progrès ont été définies par le 3GPP respectivement en Release 5 (2002) et Release 6 (2005) afin d'augmenté les débits ainsi de réduire le temps de réponse du système. Ce temps de réponse appelé aussi latence désigne le temps que peut prendre une requête de l'utilisateur, et est un facteur clé de la perception des services de données par l'utilisateur.

1.8.3 Les évolutions HSPA+

L'évolution se succède jusqu'à la combinaison de la technologie HSDPA et HSUPA pour permettre l'apparition de HSPA+ (High Speed Packet Access +). Cependant l'évolution de UMTS n'a pas atteint pour arriver au débit voulu.

La technologie de HSPA+ constitue une évolution de la norme sans fil HSPA et offre un débit de téléchargement des données pouvant atteindre 42Mbit/s.

C'est ainsi que le HSPA+ permet de faire :

- Diminuer le temps d'échange des messages entre le RNC et Node B
- Maximiser le taux de transmission des données en ajustant la modulation et le codage
- Améliorer l'efficacité spectrale et le taux maximum de latence [6].

1.9 Comparaison entre les technologies

Nous allons devoir comparer maintenant les différentes technologies vues précédemment par un tableau en terme de débit, de latence, largeur du canal, la modulation (UP/DL) ainsi de suite, comme présent le tableau suivant [6].

	GSM/GPRS/EDGE	UMTS Release 99	HSPA	HSPA+ Release 8
Debit max UL	118Kbit/s	384Kbit/s	5.8Mbit/s	11.5Mbit/s
Debit max DL	236 Kbit/s	384 Kbit/s	14.4 Mbit/s	42.Mbit/s
Latence	300ms	250ms	70ms	30ms
Largeur de canal	200khz	5MHZ	5MHZ	5MHZ avec possibilité de deux canaux
Technique d'accès multiples	FDMA/TDMA	CDMA	CDMA/TDMA	CDMA/TDMA
Modulation UL	8PSK	BPSK	BPSK, QPSK	QPSK, 16QAM
Modulation DL	GMSK	QPSK	QPSK, 16QAM	QPSK, 64QAM

Bande de fréquence (MHZ)	900/800	900/2100	900/2100	900/2100
--------------------------	---------	----------	----------	----------

Tableau 1.3 Comparaisons entre technologie.

1.10 LTE (Long Term Evolution)

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

1.10.1 Architecture

La technologie LTE apporte une efficacité spectrale, amélioration de débit ainsi qu'une augmentation de couverture. Cette architecture générale comporte deux générations de réseaux, c'est à dire la 3G et la LTE considère (4G) comme nous montre la figure suivante [6].

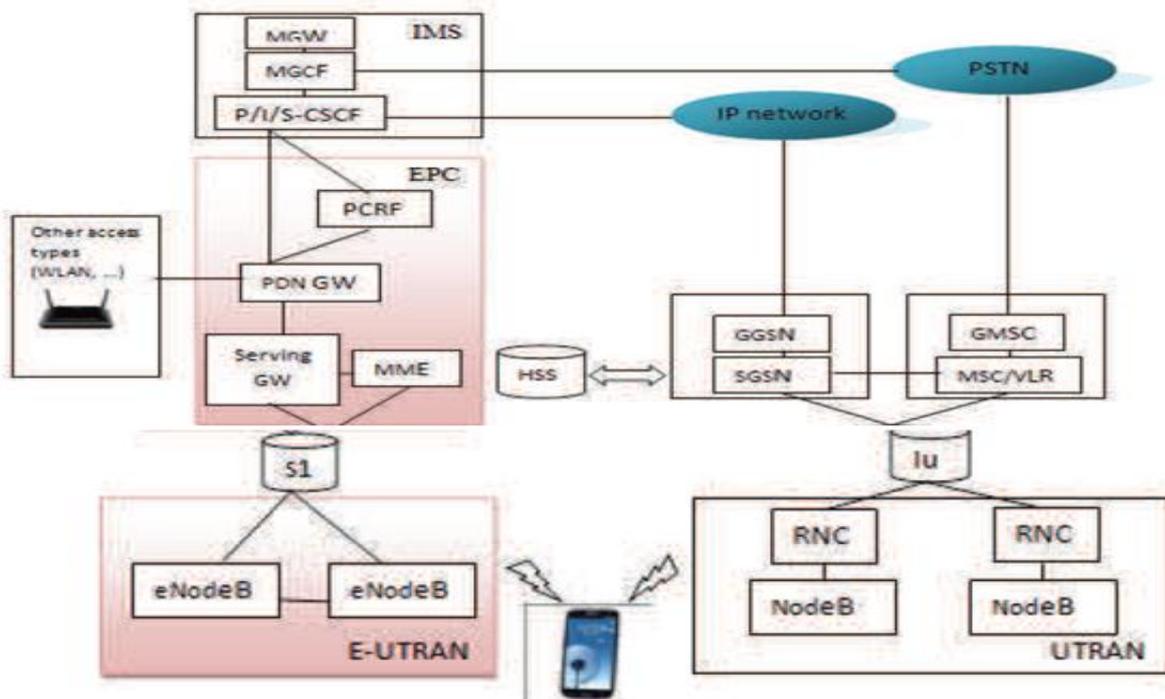


Figure 1.5 Architecture générale d'un LTE.

On remarque qu'il y a une grande différence entre les générations (3G et LTE) en ce qui concerne l'interface, les équipements c'est à dire qu'il y a eu une simplification. Par exemple seul l'enodeB de la LTE a la même fonctionnalité que la partie UTRAN de la 3G.

1.11 La quatrième génération des téléphones mobiles 4G (LTE Advanced)

La quatrième génération(4G) est aussi la première technologie à avoir été conçue pour la data, elle utilise la technologie Orthogonal Fréquence Division Multiplexing (OFDM).

L'OFDM admet comme avantage d'être robuste contre les effets du canal de propagation ainsi permet de meilleure prouesse pour les très hauts débits.

La 4G est définie non seulement par un seuil de débits, mais aussi par l'abandon total du mode commuté, c'est-à-dire du canal voix. Il n'y a plus qu'un seul canal donné de la voix passant sur IP (VoIP), une augmentation drastique de sa qualité.

Avec la 4G, on se dirige vers la transmission des toutes les informations voix et données par IP, le même protocole qu'on utilise sur Internet. Elle est bénéfique pour le fournisseur car c'est plus facile à mettre en œuvre avec une maintenance moins coutée, et ça facilite aussi le développement d'application multimédia.

Cette génération permet des vitesses de téléchargement plus rapides avec une latence plus réduite. D'après les critères de l'Union internationale des télécommunications (UIT), qui établit les normes pour les réseaux cellulaires, le vrai 4G devrait offrir des vitesses de téléchargement de 100 Mbit/s pour un utilisateur en mouvement et de 1 Gbit/s en mode stationnaire.

Contrairement aux normes HSPA et HSPA+, qui partagent la même couverture radio que l'UMTS, la quatrième génération nécessite une couverture radio et des antennes relais qui lui sont propres. Comme la bande passante est distribuée, il est clair que les débits seront d'autant meilleurs qu'il y aura moins de trafic sur la zone et avec certaines bandes de fréquences ,il est probable de garde de bonnes performances de transmission lors de déplacements dit de 'haute mobilité' atteignant 350 Km/h, voire 500 km/h, en fonction des bandes des fréquences utilisées. Le débit utile global est en effet proportionnel à cette largeur de bande (qui varie de 1,4 MHz à 20 MHz en LTE et jusqu'à 100 MHz en LTE Advanced).

1.11.1 Différence entre la 3G et la LTE

La LTE comparée à la 3G, permet une vitesse de chargement jusqu'à dix fois plus rapide. La LTE va permettre de naviguer sur la toile internet confortablement et surtout de télécharger des séquences vidéo relativement plus vite avec une architecture simplifiée comme le montre la figure suivante [7].

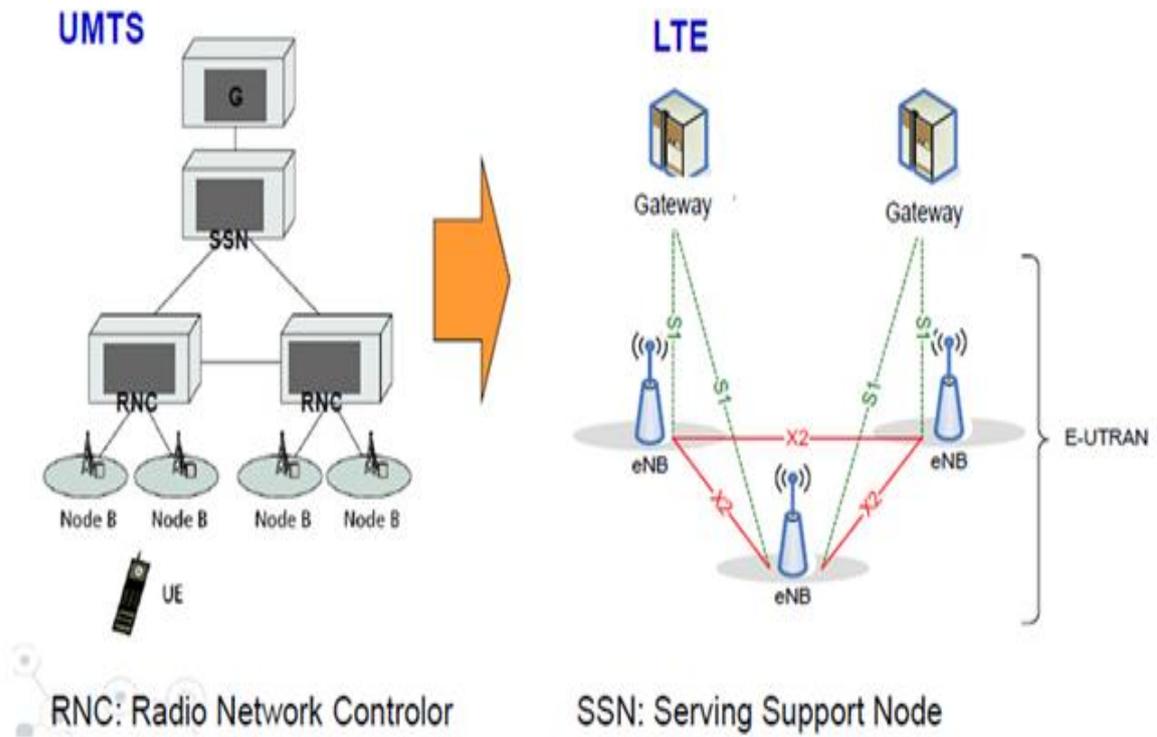


Figure 1.6 Architecture d'un système LTE.

1.12 Conclusion

Dans ce chapitre, j'ai présenté une vue globale sur les réseaux mobiles qui ont connu un très grand succès dans le monde entier et ses évolutions vers le transfert de données dont le GPRS grâce à l'utilisation croissante d'internet. Ce dernier ne constitue pas à lui tout seul un réseau mobile à part entière, mais une couche supplémentaire rajoutée au réseau GSM déjà existant.

Le GPRS constitue une évolution majeure vers la troisième génération (UMTS). Il est conçu pour la transmission de données en mode paquet pour assurer l'accès simple au réseau Internet.

Pour l'UMTS, qui a hérité d'un certain nombre de concepts et d'éléments d'architecture de la norme GSM, d'où je me permets de dire que l'UMTS est le complémentaire du GSM et non pas son successeur.

Pour les réseaux 4G (LTE), j'ai présenté un bref aperçu et dans le prochain chapitre, j'entamerai la typologie et le dimensionnement d'un réseau LTE/4G.

2. Introduction

Dans un première temps nous allons définir brièvement le model conceptuel du réseau, les différents types des réseaux (LAN, MAN, WAN) ainsi que les modeles des couches OSI associés.

D'autre part nous allons voir dans ce chapitre les éléments de base qui sont essentiel dans une transmission par faisceau hertzien ,et qui constitues la partie majeure de ce mémoire (partie pratique) .Le faisceau hertzien est devenue un support très sollicité par les opérateurs grâce son cout fiable et moyen que la fibre .

Enfin, nous allons clôturer par une revue générale du réseau de transport optique qui reflète le réseau d'avenir et qui est pratique pour l'instant et uniquement dans le pays développé comme (France, Amérique ainsi que d'autre...).

2.1 Typologie des réseaux

Il existe de très nombreuses manières de mettre les réseaux en catégories suivant la variable d'analyse choisie. Nous présentons dans la figure suivante, les différents typologies les plus usitées et qui nous semblent les plus utiles [8].

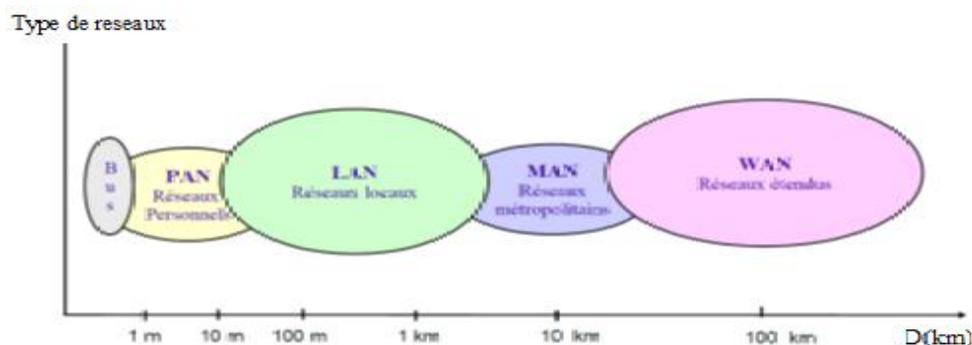


Figure 2.1 Types des réseaux.

- PAN (réseaux personnels : 1m a 10m) : est réseaux qui joignent des équipements personnels (terminaux portables, PDA,...) grâce aux technologies Bluetooth et IrDA (Infrared Data Association).
- LAN (réseaux locaux : 10m a 1km) : réseaux intra-entreprise, assure le transport des informations numériques de l'entreprise (exemple : Ethernet).
- MAN (réseaux métropolitains : 1km à 10km) : réseaux qui permettent l'interconnexion des sites ou entreprises sur un réseau spécialisé à haut débit.

- WAN (réseaux étendus : 10km a plusieurs centaines de km) : réseaux transportant les informations sur des grandes distances (exemples : Internet).

2.2 Topologie de Réseau

La topologie est une façon d'agencer les équipements, la topologie peut comporter deux aspects qui sont les suivants :

- Topologie physique : s'agit de la représentation des nœuds d'un réseau et les liens physiques qui existent entre eux.
- Topologie logique : c'est le mode de circulation des données entres les équipements

- Les topologies physiques

La topologie physique est la manière d'interconnecter physiquement les équipements [9].

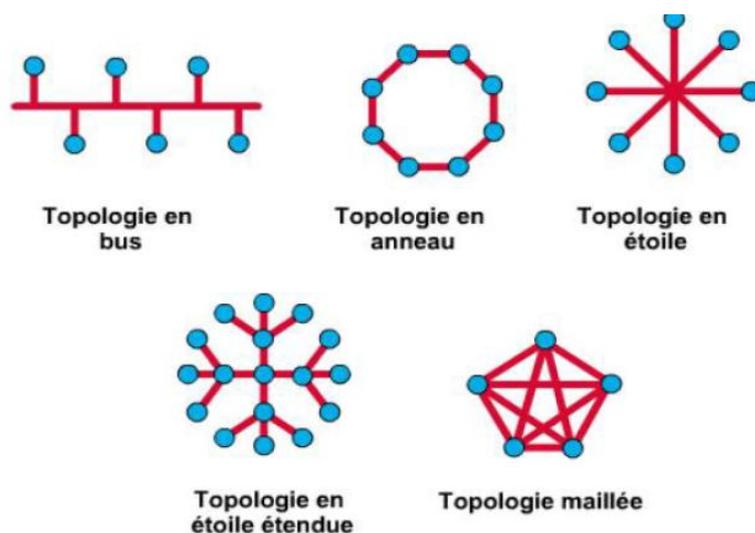


Figure 2.2 différents topologies physique [9]

Il y a plusieurs topologies qui consistent ou nous indiquent la manière d'interconnecter les équipements selon notre vœux, je vais devoir détaillé certain topologie présente ci-dessus.

- Topologie Etoile

La topologie Etoile est mise en place dans de différent endroit comme :

- Typique pour la télé centres, les bureaux, les fournisseurs de services et d'Internet.

- Point à multipoints.

Elle présente l'infrastructure la plus commune en réseautage sans fil [10].



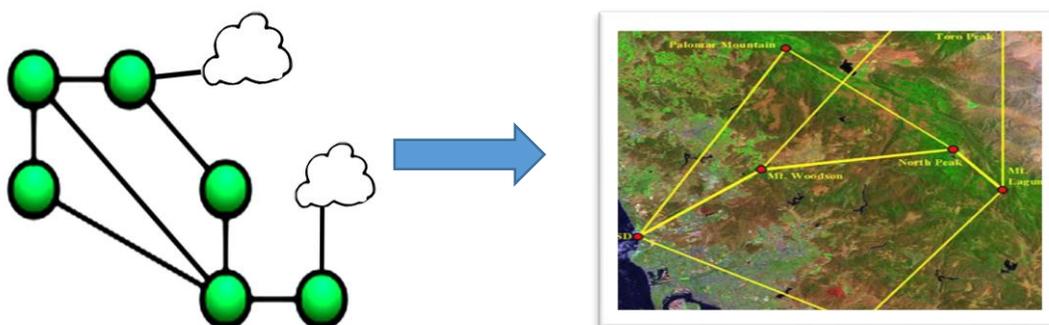
Figures 2.3 topologie Etoile .

Avantage : En cas de défaillance d'un segment, seules les unités connectées à ce segment sont touchés.

Inconvénient : Une défaillance du nœud de connexion peut se répercuter sur une grande partie du réseau.

- Topologie maillé

La topologie en maille utilise deux formes de connexion ; en mailles complètes ou partielles. Dans la topologie en maille complètes, chaque nœud est connecté à tous les autres. Dans la topologie en mailles partielles, les nœuds sont connectés à certains autres, pas tous [10].



Figures 2.4 Topologie maillé.

1. **Avantage** : En cas de défaillance d'une unité il n'y a aucune autre unités touchées car il y a plusieurs liaisons par unités, il est donc facile de contourner la liaison défectueuse.
2. **Inconvénient** : La largeur de la bande n'est pas entièrement utilisé, et est donc gaspillée.

- Topologie bus

Une topologie en bus désigne le fait que lors de l'émission des données sur le bus par une station de travail, l'ensemble des stations de travail connectées sur le bus la reçoivent. Seule la station de travail à qui le message est destiné la recopie [10].



Figures 2.5 Topologie Bus.

2.3 Les modelés des couches OSI

Pour la transmission des données, il n'existe aucune normalisation aussi complète. Lier des systèmes informatiques est souvent difficile, pour cette raison l'I.S.O. (International Standards Organisation) a mis au point une normalisation partielle, que l'on qualifie de système ouvert. Les communications entre les différentes couches se font dans les deux sens [10].

Numéro de la couche	Nom des couches	Définition
Couche 7	Application	La couche d'application assure entre les différents couches (inferieur ou extérieur) ainsi que les applications tel que le courrier électronique, le transfert de fichier.
Couche 6	Présentation	Cette couche assure la conversion des différents codes et leur mise en forme ainsi que le cryptage et la compression de données .Elle ne s'applique pas sur le mécanisme de transfert d'information.
Couche 5	Session	La couche a pour fonction d'assurer l'échange des données, la synchronisation et le séquencement de l'échange par la détection et la reprise en cas d'erreur.

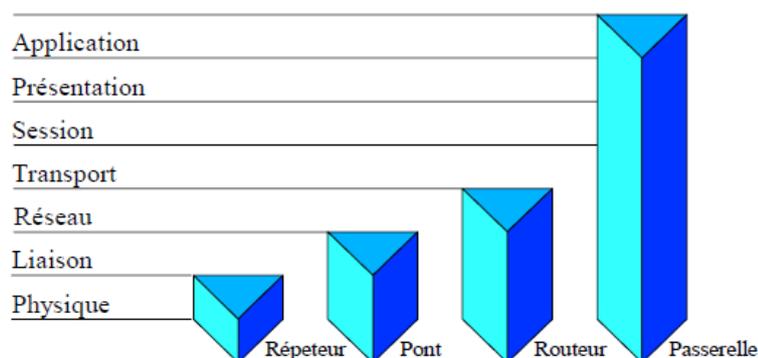
Couche 4	transport	Elle a pour fonction d'assurer le contrôle de transfert de bout en bout des informations entre les systèmes afin de rendre le transport transparent pour les couches supérieures. Elle assure le caractère des messages en paquets pour le compte de la couche réseau ainsi reconstitution pour les couches supérieures.
Couche 3	Réseaux	Elle garantit l'acheminement, le routage (choix du chemin à parcourir à partir des adresses), des blocs des données entre les deux systèmes d'extrémités, à travers des relais tout en définissant la taille du bloc.
Couche 2	Liaison	La couche de liaison garantit le maintien de la connexion logique, le transfert des trames et paquets, la détection et la correction des erreurs.
Couche 1	Physique	Elle fournit le maintien de la liaison physique ainsi que l'établissement.

Tableau 2.1 Couches OSI et leur fonctions.

Les couches sont regroupées en deux parties qui sont les suivantes :

- Les couches de base : les couches qui sont proche du matériels comme les couches (physique, liaison, réseau).
- Les couches hautes : les couches qui sont beaucoup plus proches du logiciel (de la couche 4 à la couche 7).

Pour l'interconnexion d'un réseau, le trois types de dispositif qui permettent de garantir la fonction d'interconnexions du réseau sont (les ponts, les routeurs, les passerelles) .Ceux dispositifs ce distinguent par leur niveau de fonction dans les modelés comme le montre la figure suivantes [10].



Figures 2.6 les dispositifs en fonction du couche.

2.3.2 Les couches utiles pour la transmission

Les modèles OSI contient 7 couche dont lequel sont regroupées en deux partie des couches (basse et hautes site précédemment).

Les couches de base qui sont les quatre premières, représente les couches utiles pour la transmission grâce à leur contribution à l'échange des applications entre utilisateur à travers les réseaux des données. Ces couches jouent un rôle important autant dans le réseau d'accès que dans le réseau de transport à grande distance (WAN). Les fonctions des couches sont :

➤ La couche physique

Elle fournit les procédures et décrit les moyens mécaniques, électriques et fonctionnels nécessaires à l'établissement, au maintien et à la libération des connexions physiques entre entités de liaison. La couche physique synchronise l'envoi sur le support des éléments binaires et assure la signalisation de la liaison physique.

➤ La couche réseau

Cette couche réseau regroupe l'acheminement de l'appel, le multiplexage, le routage, la taxation, le contrôle de flux, le contrôle d'erreur et le contrôle des ressources du réseau. Les entités de la couche réseau participent à la surveillance des connexions de réseau entre entités de transport. La couche réseau porte l'adresse du terminal. Elle est aujourd'hui représentée principalement par le protocole Internet (IP).

➤ La couche liaison de données

Elle assure les procédures de contrôle des liaisons fiables des données. La couche liaison de données fournit la procédure et les moyens fonctionnels nécessaires à l'établissement, aux maintiens et à la libération d'une ou plusieurs liaisons des données entre entités de réseaux. Elle fournit l'adresse de la liaison, réduit le risque d'erreur de transmission et synchronise les blocs tout en choisissant ou sélectionnant la voie de transmission la mieux appropriée.

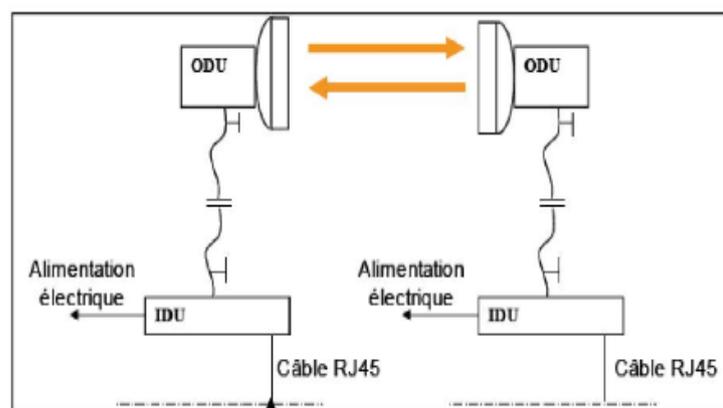
➤ La couche transport

Le contrôle du transfert des données du système origine au système destination est la dernière fonction à mettre en œuvre pour fournir la totalité du service de transport. De bout en bout (adaptation aux caractéristiques du réseau, contrôle d'erreur, segmentation et formation des blocs des compilations des adresses).

Les protocoles TCP et UDP assurent la fonction transport et complètent l'action d'IP jusqu'à l'extrémité, c'est à dire l'adaptation aux caractéristiques du réseau. Contrôle d'erreur avec segmentation et formation des blocs.

2.4 Transmission par Faisceau Hertzien

Par définition la transmission par faisceau hertzien est un support de transmission point à point, cette support est parmi les supports des transmissions le plus utilise chez les opérateurs téléphoniques comme (Mobilis) grâce à son efficacité des transmissions. Le système faisceau hertzien est aussi une alternative aux réseaux filaire tout en utilisant des antennes directives.



Figures 2.7 Exemple de transmission FH.

Une liaison hertzien utilise la liaison point à point c'est à dire relie entre un émetteur et un récepteur, Les principaux avantages sont les suivants :

- bénéfique en termes de cout pour l'entreprise compare à la fibre optique et autres.
- Avoir des débits et des portées très élevées avec sécurité.
- Une flexibilité de matériel ainsi qu'une évolution.

Par contre une liaison hertzienne à ces défauts ou inconvénients majeurs qui sont :

- Le cout de la bande de fréquence à louer (licence).
- Visibilité recommande entre les stations (antennes).
- L'affaiblissement du signal pendant les intempéries ou les masquages des reliefs, végétations ou les bâtiments.

2.4.1 La propagation d'onde

La propagation peut être soit en espace libre ou en visibilité direct, c'est à dire la propagation en espace libre est un cas théorique dont la vérification est rare (communication entre les satellites). Il est possible de considère les différents impacts ou obstacle environnementaux qui affaiblis notre signal.

Par contre la propagation en visibilité est la présence terrestre et l'atmosphère, apporte de diverse tel que la diffraction et absorption que va subir notre signal (obstacle).

Pour une liaison, on obtient un signal fort que si la visibilité est parfait (champs de vision claire) entre l'émetteur et le récepteur et un espace ou une distance suffisante (obstruction maximum de cette zone est 20%).Ceux-ci est composer par les performances des équipements.

La vérification et la certitude de la propagation tient à s'appuyer sur l'ellipsoïde de Fresnel, celui-ci délimite la région de l'espace qu'empreinte la plus grandes partie de notre signal

2.4.2 Ellipsoïde de Fresnel

Pour certifie qu'une liaison est en visibilité direct, il suffit qu'il n'existe aucun obstacle dans le premier ellipsoïde de Fresnel ayant pour foyer les antennes directives (émettrice et réceptrice).

L'Ellipsoïde de Fresnel délimite la région de l'espace où est véhiculée la plus grande partie de l'énergie du signal (60% environ) [11].

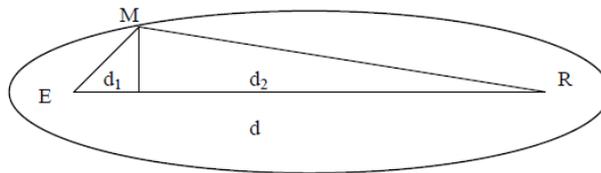


Figure 2.8 Représentation géométrie de l'ellipsoïde de Fresnel.

Elles sont le lieu des points M pour lesquels la différence de trajet $[(EM + MR) - ER]$ est égale à un nombre entier de demi longueurs d'onde. La plus grande partie de l'énergie issue de l'émetteur est contenue à l'intérieur du premier ellipsoïde, définie par :

$$EM + MR = d \cdot \lambda/2 \quad (1)$$

✓ Dégagement de l'ellipsoïde de Fresnel

La règle principale du dégagement minimum de l'ellipsoïde de Fresnel est essentielle pour que la diffraction du rayon de celui-ci sur les obstacles éventuels soit négligeable.

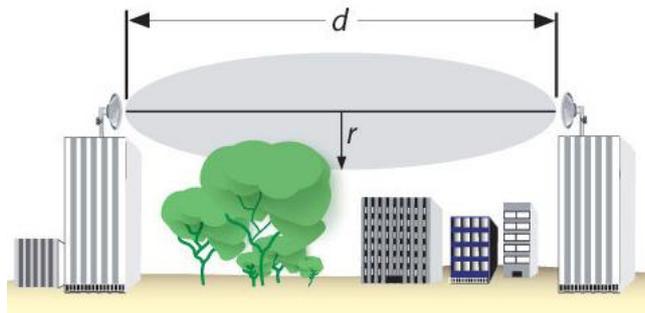


Figure 2.9 Dégagement du premier de l'ellipsoïde de Fresnel

Cette ainsi que la formule donnant le rayon est déduit à partir de cette image.

$$r = \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2} \times \lambda} \quad (2)$$

2.4.3 Marge des évanouissements

La marge d'évanouissement est essentielle pour pouvoir connaître la performance de notre liaison hertzienne, son point fort est basé sur la compensation de la réduction de puissance reçue causée par les évanouissements. Elle garantit le fonctionnement parfait de la liaison comme voulu même si les conditions sont extrêmement anormales. La formule de marge d'évanouissement décrit comme le suivant [12].

$$FM (dB) = pRX (dBm) - pRX Th (dBm) \quad (3)$$

D' où pRX indique la puissance reçue dans le condition normale et pRX Th est celle du seuil de réception. Pour un fonctionnement normal la puissance reçue doit être plus élevée que celle du seuil dans le cas contraire il y aura une coupure comme le montre la figure suivante [13].

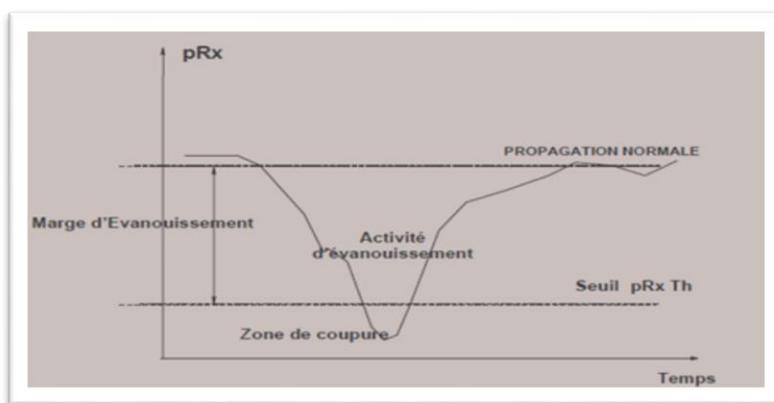


Figure 2.10 Marge d'évanouissement.

Comme il y a plusieurs types différents d'évanouissements, par exemple

- ✓ Evanouissement Sélectif :

Cet évanouissement est souvent causé par la pluie torrentielle ou la couche atmosphérique, elle infecte surtout au système de haute fréquence.

- ✓ Evanouissement Plat ou non sélectif

L'évanouissement plat ou parfois appelée non sélectif infecte presque toute la bande fréquence.

2.4.5 Contremesure aux évanouissements

Les principales solutions pour contre carré ou qui éliminera les problèmes cause par les évanouissements sont décrits comme suit :

- ✓ Elévation de la marge de système.
- ✓ Réception en diversités.
- ✓ Utilisation d'un égaliseur adaptatif.

Pour la réception en diversités comme ils existent plusieurs types des diversités et que chacun a ces propre avantage et technique pour une bonne réception du signal. Pour réduire la probabilité de non qualité tout augmentant les nombres de récepteur et d'antennes, elles sont de types (espace, fréquence, fréquence et espace, angulaire etc...), nous étudions les cas de fréquence, d'espaces ainsi les deux comme suivant [14].

2.4.6 Bilan de générale

Le bilan de liaison nous déduit les résultats de notre liaison tout en tenant compte les différents paramètres comme les puissances émis et reçues ainsi que les pertes [13].

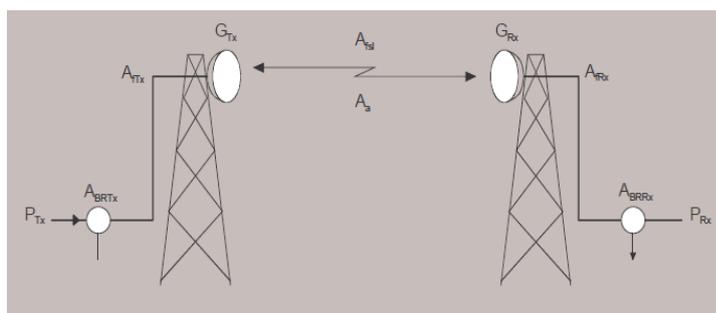


Figure 2.11 Représentation général.

Nous pouvons reformuler tout ça par une équation de bilan de liaison qui indique comme suivant :

$$Prx = Ptx + Gtx + Grx - Afsl - Aa - Af, rx - Aftx - Abr - A - M \quad (4)$$

1. Diversité espace

La diversité spéciale est sollicitée dans les zones à forte réflexion comme eau, rivière, mer grâce à sa forte protection contre la réflexion ainsi que l'évanouissement par multi trajet. En possédant deux odu et deux antenne qui permet de renforcer la qualité, le phénomène due à la réflexion et à l'évanouissement est maîtrisée, comme illustre la figure suivante [14].

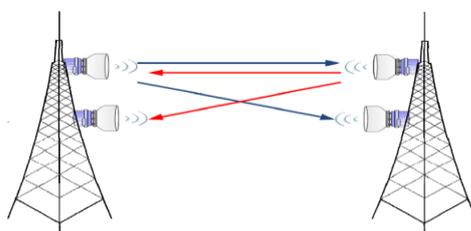


Figure 2.12 Exemple diversite d espace .

2. Diversité en fréquence

Le principe de la diversité en fréquence est utilisé dans les zones à forte densité des liaisons élevées sensible aux interférences afin de combattre ce fléau. D'après la figure suivante le fonctionnement se faite dans le deux sens sur des paires de fréquences différentes [14].

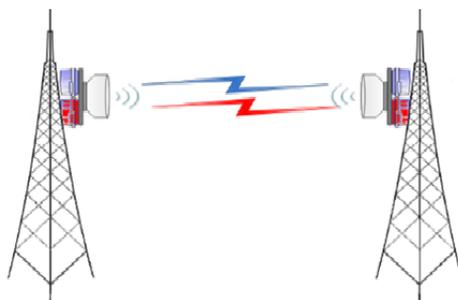


Figure 2.13 Exemple diversite en frequence

3. Diversités en espace et en fréquence

La diversité spatial et fréquentiel, appelé aussi diversité hybride est la combinaison de deux diversités.

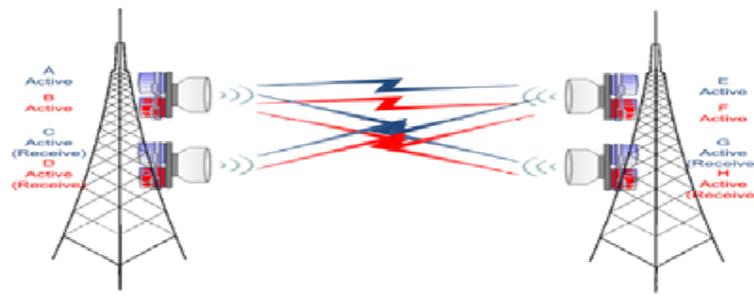


Figure 2.14 Exemple diversite en frequence et en espace .

2.4.6 Les interférences

Les interférences ou communément appelé brouillage signifie, que notre signale utile est interféré ou perturbe par un signale parasite. Celui-ci n'est pas négligeable car il dégrade le rapport signal sur bruit (C/I). Ils sont les causes suivantes [13].

- ✓ Couplage d'un émetteur récepteur dans un champ proche.
- ✓ Les partages d'une même bande des fréquences de deux opérateurs.
- ✓ Mauvais polarisation.

Suite ces problème, les opérateurs mobile ont opté l'utilisation de la technique XPIC, elle permet d'envoyer la même fréquence en deux direction différents sans qu'il ait des interférences dû à la fréquence, elle présente aussi aux opérateurs une économie des fréquences et avoir plus d'utilisateur.

2.5 Les modulations

La modulation a pour fonction d'adapte notre signal à émettre au canal de transmission, elle consiste à modifier certaine paramètre de l'onde porteuse.

En généralité les différents types modulations le plus utilisé sont :

- MDPD (Modulation par Déplacement de Phase Différentiel)
- MAQ (Modulation d'amplitude de deux porteuses en quadrature)

- MDF (Modulation par Déplacement de Fréquence)

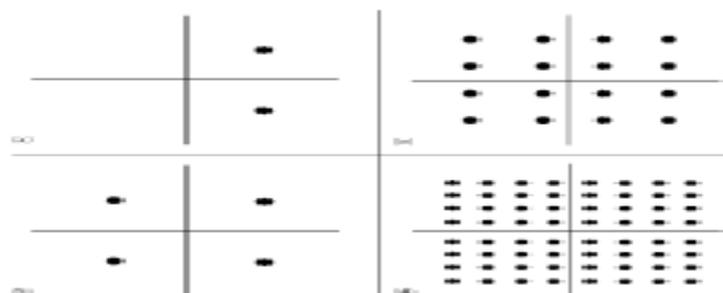


Figure 2.15 Les modulations.

D'après le schéma, nous remarquons que la modulation QAM (64QAM) est la plus performante, grâce à ces points de la constellation distante qui sont repartis uniformément. Cela permet à réduire le taux d'erreurs.

2.5.1 Modulation adaptatives

La modulation adaptative a été inventée pour répondre aux effets des intempéries (pluie) et aux changements climatiques qui affaiblissent le signal ou influent la transmission des données. Elle permet aux installations de s'adapter automatiquement le format de modulation aux conditions de propagation.

Cette technologie nous a permis de mieux explorer le spectre disponible et aussi d'augmenter la capacité des transmissions des données, comme nous le montre la figure suivante [15].

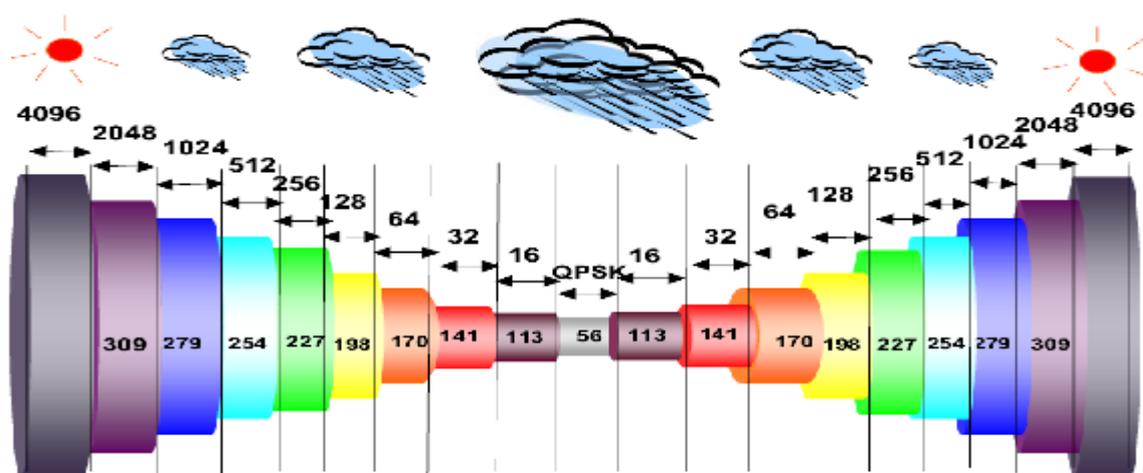


Figure 2.15 Exemple de modulation adaptative en fonction du climat.

Le principale objectif de la modulation est d'adapter le signal au canal de transmissions. Le choix de modulation conduit ou rend fiable la disponibilité d'une manière continue grâce à ACM (adaptatif code modulation) , c' est à dire a 99.999% que notre reseau soit fonctionnel durant l'année.

Pour la transmission du signal numérique une procédure de modulation (n- QAM) a été mise en place correspondant en plusieurs étapes avec n définit le nombre symbole disponible et k le nombre de bit.

- $n = 2^k$;
- lorsque $k = 10$ bits/symbole, alors $n = 1024$.

L'augmentation de n nous permet une meilleure utilisation de la largeur de bande. Par conséquent, plus n est élevé, plus le rapport signal/bruit S/N est élevé avec un taux d'erreur sur les bits (BER) de 10^{-6} . Les relations ainsi que la variation de n en fonction de débit sont mentionner au tableau suivant :

K : Bits /symbole	n-QAM : format de modulation	Débit de symboles	S/N (dB) : avec 10^{-6} BER
2	4	1/2* débit de transmission	13.5
3	8	1/3* débit de transmission	17.4
4	16	1/4* débit de transmission	20.5
5	32	1/5* débit de transmission	23.5
6	64	1/6* débit de transmission	26.5
7	128	1/7* débit de transmission	29.5
8	256	1/8* débit de transmission	32.6
9	512	1/9* débit de transmission	35.5
10	1024	1/10* débit de transmission	38.7
11	2048	1/11* débit de transmission	41.9

Tableau 2.2 : Signal sur bruit(S/N) en fonction de la modulation

2.6 La technologie de PDH

La hiérarchie numérique plesiochrome (PDH) est née dans les années 70 avec l'apparition de téléphonie numérique.

La PDH qui signifie hiérarchie numérique plésiochrone (PDH) s'agit d'une hiérarchie qui était longtemps utilisée dans les réseaux de télécommunication afin de transporter les données téléphoniques numérisées avec un débit limite à 140 Mbit/s [16].

La hiérarchisation se détermine en Europe pour les réseaux est à 4 niveaux (E1, E2, E3, E4) la recommandation adoptée fixe le débit à 2048Kbit/s soit 2Mbit/s. La durée de chaque trame est de 125us divisé en 32 IT numéroté de 0 à 31 sont :

- -l'IT 0 des trames paires est réservé verrouillage de trame.
- l'IT 0 des trames impaires est réservé au service (alarmes, ...).
- l'IT 16 est réservé à la signalisation.

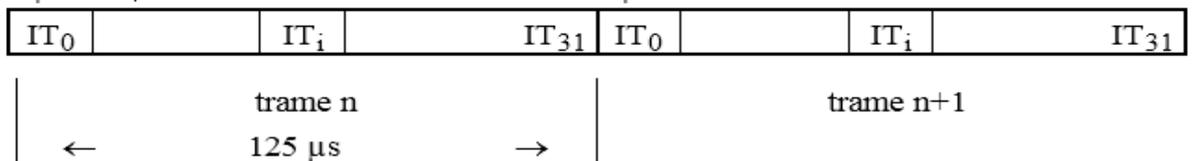


Figure 2.16 : Trame PDH

- En Europe: 2Mbit/s, 8Mbit/s, 34Mbit/s, 140Mbit/s, 565 Mbit/s.
- Aux USA: 1.5 Mbit/s, 3 Mbit/s, 6 Mbit/s, 45 Mbit/s, 91 Mbit/s, 274 Mbit/s.
- Au Japon: 1.5 Mbit/s, 6 Mbit/s ,32 Mbit/s , 97 Mbit/s .

2.6.1 Technique de multiplexage et démultiplexage PDH

Comme la technologie PDH se limite avec un débit équivalent 140Mbit, la technologie impose la technique de multiplexage est décrit comme illustre sur la figure suivante [17].

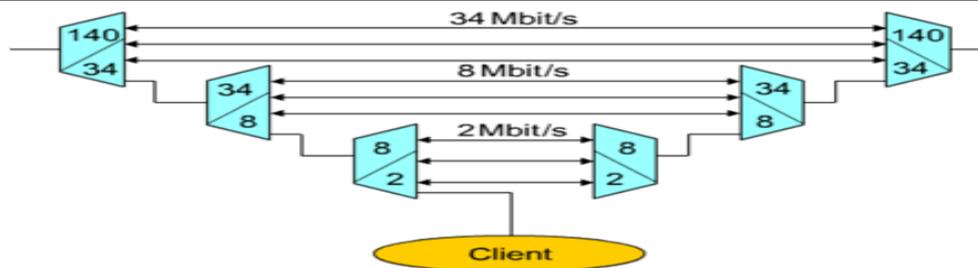


Figure 2.17 Exemple multiplexage et demultiplexage PDH .

La technologie PDH utilisé auparavant avait des inconvénients comme :

1. Manque de visibilité des affluents bas débits.
2. La technique de multiplexage est complexe en raison du plésiochronisme (PDH) des sources.
3. Les débits proposés sont limités : le multiplexage n'étant pas un simple entrelacement de bits, la technologie des ASICs ne suit plus.
4. La trame PDH ne contient pas d'octets réservés à l'exploitation.
5. Un inter opérabilité difficile pour son débit diffère entre les pays.

Suite à ceux défauts ou inconvénients que la technologie PDH n'est plus sollicité sur le marché de la télécommunication d'où l'apparition de technologie synchrone (SDH) qui est basé, sur la synchronisation avec un débit élevée. SDH répond au différent besoin des opérateurs télécoms au niveau mondiale et nationale.

2.7 Technologie Synchrone (SDH)

Hiérarchie numérique synchrone (SDH) est une technologie utilisée dans le cœur de réseau actuelle comme nous montre la figure suivante. Elle présente un haut débit et une synchronisation avec une horloge ainsi qu'un multiplexage simple. La SDH permet dans le transport de signaux numérique transmis avec des débits variable et décrit en normalisant les fonctions assurées par tout équipement SDH (élément de réseau). Cette description exhaustive a entraîné la conception d'architectures de réseau innovantes auto protégées [18].

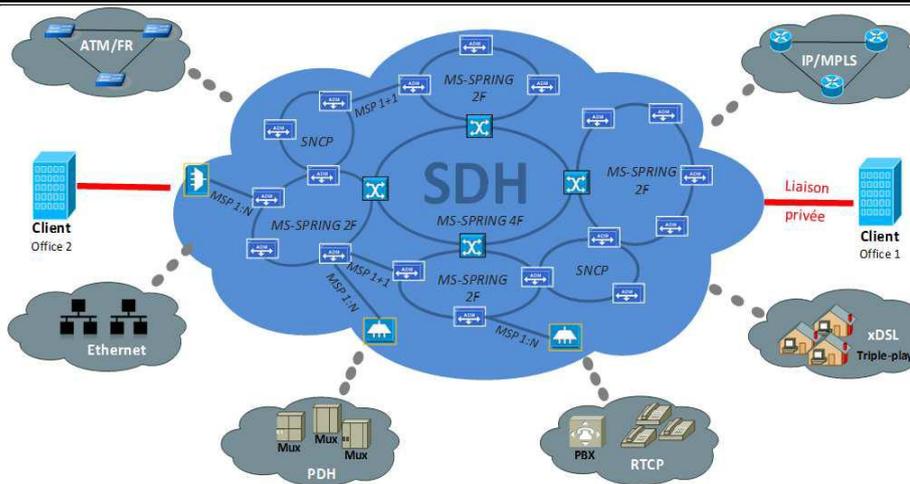


Figure 2.18 Exemple d un reseaux SDH.[18]

Elle est mise en place par l'Europe car elle répond aux attentes européen mai par contre les américains utilise SONET (Synchronisation Optical Network)

Les réseaux SDH les plus déployés sont aujourd'hui des réseaux combinant les niveaux trames (STM 1 (155 Mbit/s), STM 4 (622 Mbit/s) et STM 16 (2,5 Gbit/s).).

La technologie SONET/SDH utilise un multiplexage temporel à travers des multiplexeurs appelés ADM (Add/Drop Multiplexeur), leur principale différence résident sur les débits, comme illustré dans le tableau suivant [16].

Niveau SDH	Débit en Mbit/s	Niveau SONET	Débit en Mbit/s	Supports
STM-1	155.520	STS-1	51.840	FO, Coax, Radio
STM-4	622.080	STS-3	155.520	FO
STM-16	2488.320	STS-12	622.080	FO
STM-64	9.953.280	STS-48	2488.320	FO

Tableaux 2.3 Niveau et debits des trames ainsi le support utilisé.

➤ La trame SDH

Le transport de donnée s'effectue par bloc de donnée appelée trame, il existe plusieurs trames en SDH dont STM-1 (niveau 1).

La trame de base contient trois blocs qui sont les suivants d'après la trame générale ci-dessous [19].

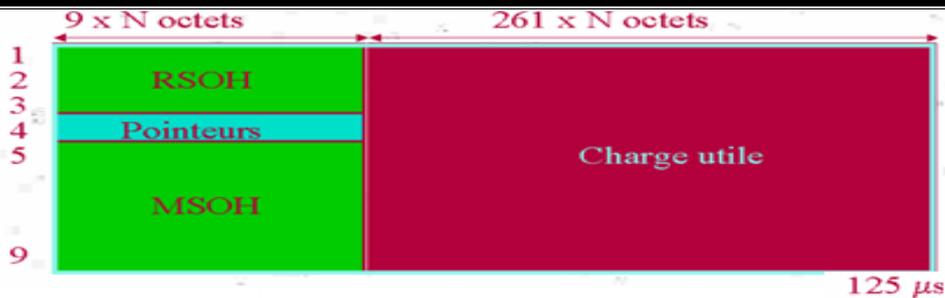


Figure 2.19 Exemple du trame SDH

Il est nécessaire d'utiliser la théorie de Shannon pour échantillonnage un signal avec une fréquence deux fois supérieur de celle utilisée. Par exemple pour une fréquence de 50 à 40 00 Hz la fréquence d'échantillonnage est de 8kHz, or que 1/8kHz est égale à 125 us ce qui correspond au temps de la trame de base (STM-1). D'après la structure du trame si dessus qui est compose de 9 fois 270 octet ce qui donne 2430 octet alors le débit totale du STM-1 se calcule comme suivant [19] :

$$D (STM-1) = 2430 * 8 / 125 = 155, 52 \text{ Mbit/s} \quad (5)$$

La trame sdh se compose de trois en tête qui sont les suivants [20] :

- Section overhead de 81 octet qui supporte tous les informations en relation à la structure et les données de signalisation d'après la norme (711).
- Pointeur (PTR) qui est résidé tout le secret de la synchronisation c'est à dire qu'il occupe lui seul la fonction de synchronisation.
- Charge Utile, comme son nom l'indique cette partie contient toute l'information à transmettre.

Le débit global est calculé comme suite .

$$D (STM-n) = (n * 155.520) \text{ Mbit/s avec } n \text{ égale soit } (1, 4, 16, 64, 256) \quad (6)$$

- ✓ Conteneur virtuel

Le conteneur virtuel est la formation d'une gamme de son débit de conduit Path Other Head (POH), ajouté au conteneur virtuel dès son entrée dans le réseau SDH .Le POH procure au conteneur la gestion de se propre élément ainsi qu'il sera extrait et analyse à la sortie du réseau [20].

Le conteneur virtuel est composé en deux niveaux qui sont [17]:

- VC- n l'ordre inférieur (VC-3, VC-2, VC-1 et 2 ou VC-11) dans le VC-4.
- VC d'ordre supérieur sont le VC-4 et VC-3.

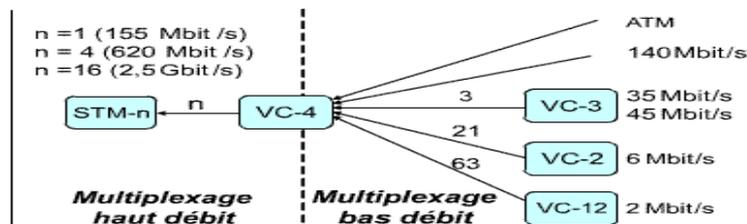


Figure 2.20 Emploi de type conteneur virtuel en fonction du débit.

Pour un STM-4 le type de conteneur virtuel associé est celui de VC-4 car sont contenue virtuel est supérieur.

La technologie sdh qui est basé sur la synchronisation présente quelques inconvénient liant à la synchronisation, ce qui présente un défi major aux interconnexions des différentes réseaux.

Nous pouvons citer comme :

- ✓ Alignement
- ✓ Asynchronisation
- ✓ La concaténation

En générale, la technologie SDH a permis au operateur de transporte des différents flux de données ou des services .Avec un débit variant dans une seul trame, ces différentes services peuvent être soit de conversation téléphonique soit des données Ethernet ou autres [17].

2.8 Réseau Transport Optique

Le très haut débit est une innovation technologiquement attractive, la plupart des intervenants dans le monde des télécommunications avancées. Aujourd'hui la notion de réseau à « très haut débit » elle est définit par la norme UIT G.709 et permet aux opérateurs de faire converger leurs réseaux via le transport transparent, tout en garantissant la flexibilité indispensable à la prise en charge futurs .Le réseau de transport optique est composé en un ensemble de nœud interconnecte à l'aide d'une fibre optique qui est le support le plus adapte dans la transmission optique.

2.8.1 La fibre optique

La fibre optique est avant tout un fil en verre ou en plastique transparent et fin avec de propriété importante qui on fait de lui le premier support physique de transmission.

Elle est utilisée dans la transmission terrestre et océanique tout en ayant une capacité forte et une atténuation minimale. Vu son débit de transmission supporté et sa faible atténuation par rapport aux autres supports font d'elle le support d'excellence.

Il existe deux sortes de fibre optique :

- ✓ La fibre monomode
- ✓ La fibre multimode

Leur différence réside sur le mode de propagation, sur la distance de transmission, le diamètre du cœur ainsi que la capacité de transmission. En générale la fibre optique est le premier support de transmission actuellement et est présente des avantages et des inconvénients qui sont illustrés dans le tableau suivant :

Avantage	Inconvénient
<ul style="list-style-type: none"> • Bande passante bien plus large • Sécurité (la fibre n'étant pas sujette à l'écoute passive et très peu sensible à l'écoute active) • Excellente qualité de la transmission • Résistance à conditions environnementales adverses. Moins d'influence des liquides corrosifs, gaz et variations de température. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elle peut être facilement putréfiée • Dispersion chromatique (élargissement du signal entre le début et la fin de la fibre) • Coût d'exploitation éminent

Tableau 2.4 Avantages et Inconvénients de la fibre .

2.8.2 Technique de modulation optique

Comme tout autre réseau, la modulation est une étape inévitable pour envoyer de données à travers un canal, la modulation permet non seulement d'adapter notre signal (lumineux) au canal mais aussi de générer l'information à partir d'un signal (physique et la transformer en binaire) [22].

Il existe deux sortes de modulation qui y sont :

- ✓ La modulation directe
- ✓ La modulation externe

Pour la modulation direct, il s'agit d'une modulation classique dont laquelle la modulation se fait directement à travers le courant injecté dans la diode et affectera l'intensité produit par la diode [22].

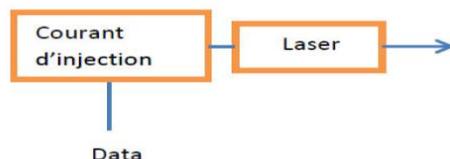


Figure 2.21 Exemple de modulation direct.

Cette méthode de modulation, présente d'inconvénient majeur du à l'inféctassions de la modulation d'amplitude plus particulièrement la fréquence du signal celle-ci le rend moins performant.

Par contre la modulation externe est la plus utilisée car elle présente non seulement une légère subtilité mais aussi elle n'affecte ni le courant injecté a la diode, ni la fréquence, comme présente par la figure suivante [22].

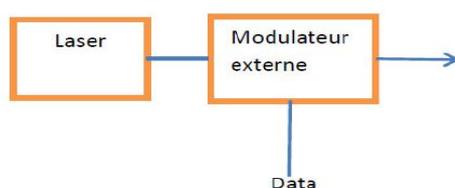


Figure 2.22 Exemple de modulation externe .

2.9 Les différents types de multiplexage

Actuellement, ils existent pas mal des types des modulations possibles, nous allons voir dans cette partie le multiplexage en temps et le multiplexage en longueur d'onde.

2.9.1 Multiplexage TDM

Time Division Multiplexing (TDM) est base sur le principe qui consiste à découper la bande passante de la fibre optique en unités de temps.

Cela souscrit donc à un émetteur de transmettre plusieurs canaux numériques élémentaires à faible débit sur un même support de communication à plus haut débit [23].

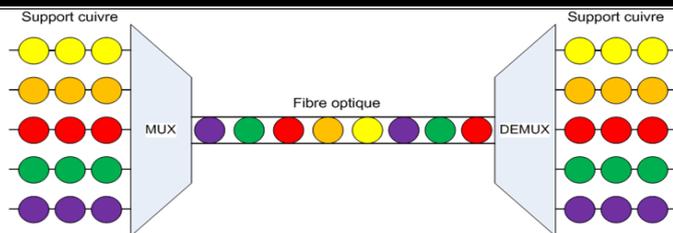


Figure 2.23 Exemple de modulation TDM .

2.9.2 Multiplexage wdm

L'exploitation de la technologie SDH et de la fibre optique ont apportés un début de réponse en termes de demande de la Bande passante, et comme la SDH utilise une seule longueur d'onde comprise entre 1330nm et 1550 nm d'où la totalité de bande passante de la fibre optique ne exploité.

Pour amplifier fortement l'utilisation de la bande passante, des technologies photoniques complètent celle du SDH tout en utilisant la WDM (Wavelength Division Multiplexing) qui permet de multiplexe 8, 16, 32 à 64 longueurs d'onde dans une seule fibre (équivalent à un multiplexage en fréquences). Le multiplexage en longueur d'onde intervient entre deux terminale distant qui sont liée par un fibre optique avec un espacement du longueur d'onde de 0.8nm voir 0.4nm afin d'évite les interférence entre eux. La plage des longueurs d'onde utilisée est comprise entre 1530 et 1565 nm car elle permet une meilleure stabilité du faisceau lumineux et une faible dispersion chromatique.

Elle permet aux opérateurs tel que Mobilis de transporte un flux qui peut atteindre jusqu'au STM-64 (10Gbit). La WDM est utilisé dans le réseau métropolitain ainsi que la communication transatlantique [23].

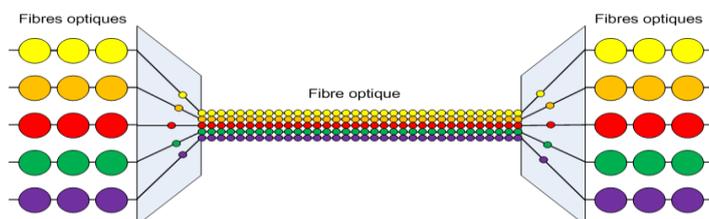


Figure 2.24 Exemple de modulation WDM.

Comme toute autre technique, la WDM présente des avantages et des inconvénients qui sont les suivant :

Avantages

- Une économie sur les infrastructures optiques.

-
- Transparence des signaux.
 - Un fort débit.

Inconvénients

- Coûte d'exploitation élevée.
- Un espacement de longueur d'onde limité.
- Limite en nombre de multiplexage.

Tout en s'appuyant sur ses inconvénients majeurs de cette technologie qui est la limitation en termes d'espacement entre les canaux ainsi que le nombre de longueur d'onde a multiplexé.

La mise en place de la nouvelle technologie de multiplexage DWDM a permis aux opérateurs de d'augmenter les nombres de longueur d'onde et renforce la capacité de leur réseaux de transports.

2.9.3 Le multiplexage Dense et Core Wavelength Division Multiplexing

Le Dwdm est le complément de la technologie de multiplexage Wavelength Division Multiplexing (wdm), avec une conception utile pour la transmission longue distance, tout en ayant des longueurs d'onde étroitement regroupées. Son technique de couplage atteint les 128 longueurs d'onde dans une fibre, il offre un débit élevé et une réduction d'espacement entre les canaux comme le montre le tableau comparative ci dessous par rapport à la technologie CWDM.

Par contre le multiplexage CWDM, qui peut assurer en principe la fonctionnalité de base DWDM mais avec de capacité réduite. Il permet aux opérateurs la satisfaction de ses utilisateurs de façon flexible leur besoins dans les régions métropolitaines où les réseaux à fibre optique peuvent être la solution favorisé. Le CWDM est affecté aux communications sur courte distance (jusqu' à 60km). Il s'appuie sur une large plage de fréquences et propage les longueurs d'onde loin les unes des autres.

Ces deux techniques de multiplexage présentent de divergence entre eux, en ce qui concerne l'espacement entre les canaux, les débits ainsi que d'autre qui sont présent dans le tableau suivant [23] et [24].

	Coarse-WDM	Dense-WDM
Nombre de longueur d'onde	Jusqu'à 16	8 à 128
Espacement des canaux	20nm à 25nm	0.4nm à 1.6nm
Fenêtre spectrale	~ 1260nm - 1620nm	~ 1500nm - 1600nm
Débit par longueur d'onde	1,25 - 2,5 Gbit/s	10Gbit/s - 40Gbit/s

Tableau 2.5 Comparaison entre CWDM/DWDM .

2.10 Conclusion

L'évolution de différent technologie utilisé dans la transmission cité dans cette chapitre ont permis aux réseaux de télécommunication d'atteindre un niveau de performance extraordinaire en terme de débit, de capacité de transport ainsi que d'autre, tout en s'appuyant sur le principe de synchronisation.

Comme tout autre réseaux, les réseaux de transport optique est actuellement utilise dans le pays développer, elle présente une qualité de transmission fiable avec de un débit élevée tout ayant de technologie de multiplexage performant tel que (DWDM) qui permet de multiplexe sur une seule fibre jusqu'a 128 longueur avec un débit de 40Gbit/s sur chaque longueur d'onde.

Enfin nous remarque que dans les années à venir la transmission sera tout optique avec de technologie de multiplexage performant et des équipements de qualité qui répondra tout attends des opérateurs.

3 Introduction

Ce chapitre est dédié aux équipements et leur débit afin d'avoir une idée sur les différents équipements et leur fonctionnement interne et externe.

Ces équipements sont en générale utilisés pour la transmission faisceau hertzien qui aujourd'hui les supports les plus sollicités chez l'opérateur mobile tel que mobilis, pour son efficacité de transmission ainsi que son faible coût par rapport à la fibre optique. Ces équipements sont l'équipement indoor celui outdoor puis l'antenne directive, ainsi que leur complément (guide d'onde, le câble coaxial...), ils sont aussi utilisés dans le chapitre suivant qui est le chapitre pratique dédié au dimensionnement et l'implémentation des réseaux (Lte /4G).

3.1 Equipement utilisé pour la transmission Faisceau Hertzien

Le système de transmission à faisceau hertzien est basé sur la transmission des signaux, permettant l'interconnexion entre deux sites distants à l'aide d'ondes radioélectriques.

Ces types de systèmes totalement numériques utilisent des équipements spécifiquement composés de deux unités plus une antenne directive. Ces deux unités sont l'unité extérieure (odu) et celle de l'intérieur (idu) comme le montre la figure (3.1) dont chacune présente de fonctionnalités différentes qui sont détaillées ci-après [24].

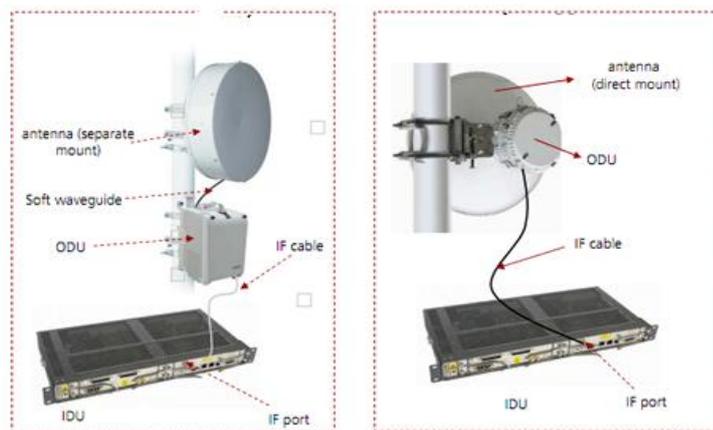


Figure 3.1 Equipements générale.

- L'unité intérieure (IDU)
 - Indépendant de la fréquence
 - Configurable en capacité, en modulation et autres.
- L'unités extérieur (ODU)

- Indépendant de la capacité.
- Choix de polarisation.
- Prend en charge de fréquences compris entre 7GHZ à 38 GHZ.

Par la suite nous allons voir un peu plus sur les fonctionnements internes, c'est à dire comment le trafic est acheminé au sein de ces équipements et les interfaces utilisé.

3.1.1 Equipement Indoor (idu)

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

L'IDU 1+1 a une protection et permet de générer deux signaux identiques .L'un en fonctionnement normale et l'autre en relais effectuant une commutation automatique de canaux lorsque la première liaison est défectueuse (principe de redondance)[25].

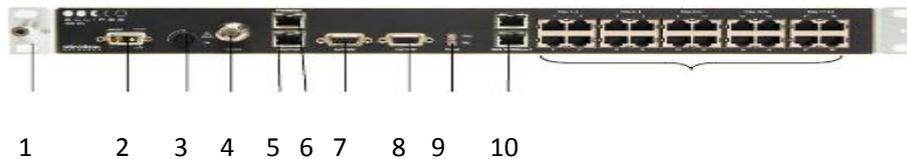


Figure 3.2 Equipement IDU [25]

Elément	Description
Patte de fixation et goujon de masse	C'est un support de fixation qui permet de fixer IDU au châssis
-48 vc	Connecteur de puissance
Fusible	Ce fusible est équipé d'un interrupteur
Vers l'ODU	C'est un connecteur pour le parafoudre
Maintenance	connecteur RJ-45. Il permet l'interconnexion entre des paires d'IDU pour la protection 1+1 hot-standby
Pour protection /extension	connecteur RJ-45. Il permet l'interconnexion entre des paires d'IDU pour la protection 1+1 hot-standby.
Données auxiliaire	connecteur DB-9. Il fournit un canal de service de données synchrone ou asynchrone. La sélection du

	canal synchrone (à 64 kbps) ou asynchrone (à 19.2 kbps maximum) s'effectue par l'application portal.
E /S d'alarme	connecteur HD-15. Il fournit l'accès à deux entrées d'alarme TTL et quatre sorties relais. Les connexions sont mises en correspondance dans l'application Portal.
ODU/IDU	La LED Statut (état) de l'ODU donne les

Tableaux 3.1 Interface et Fonction d'un IDU.

3.1.1.1 Caractéristique de l'équipement indoor

La caractéristique de l'équipement IDU constitue des différentes valeurs qui décrivent sur le fonctionnement et la capacité à délivrer. Nous avons pris un équipement IDU du fournisseur ZTE avec de caractéristique comme indiqué sur le tableau que nous avons utilisé dans le chapitre design et dimensionnement (chapitre 4).

Type IDU	Capacité	Espacement du Channel et modulation	Interface	La configuration
NR8250	Max. 660 Mbps (per carrier), Max. 1Gbps with Header Compression (per carrier)	7,14.28, 40,56 MHZ QPSK, 16, 32, 64, 128, 256 MHZ 512,1024 ,2048(QAM) Voir même 4096QAM	STM-4(O) ,STM1(O) , E1(75/120 ohms) GbE (E/O), 10GE (O)	N+0, N+1, 1+1/2+2, 4+0 XPIC

Tableau 3.2 Caractéristique IDU.

3.1.1.2 Fonctionnement interne IDU

Comme l'unité outdoor (IDU) est indépendante de la fréquence et du débit, son fonction interne est présentée comme suivant [28 de page 34].

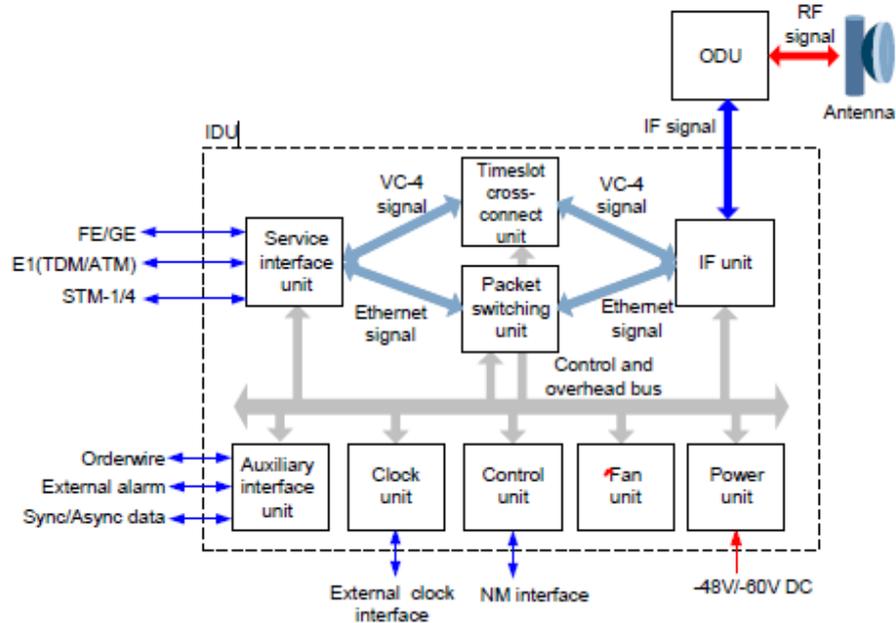


Figure 3.3 Schéma interne IDU.

Nous constatons un regroupement de toutes les interfaces par l'unité de service d'interface, ils sont séparé en deux parties qui sont Ethernet signal et donne signal par conteneur virtuel de niveau 4. Ensuite les unités des fonctions (brasseur de temps et le processus de transmission) interviennent en deuxième lieu [26].

Finalement les deux signaux sont envoyés par unité extérieure (ODU) à travers un câble IF.

3.1.1.3 Les interfaces et débits

Cette figure si dessous nous décrit les différentes interfaces qui peuvent être connecté sur la carte d'interface d'un IDU [27] .

- STM-1 (optique) qui correspond à une connexion optique de 155.5 Mbit/s.
- STM-1(électrique) qui correspond à une connexion Ethernet de 155.5Mbit/s.

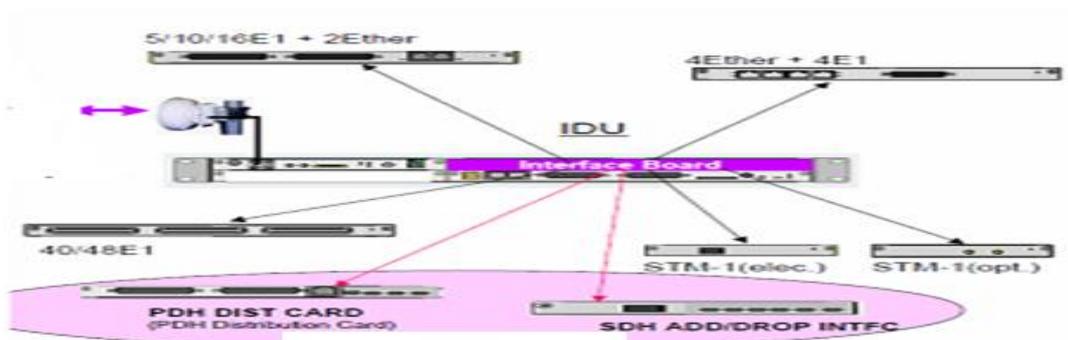


Figure 3.4 Interface et Débits.

3.1.2 Équipement outdoor (odu)

L'ODU est un équipement par son nom indique un équipement extérieur, qui permet de convertir les données fournies par l'IDU en un signal RF afin de transmettre à l'antenne. Celui-ci va à son tour transmettre vers l'antenne de réception. Il définit la polarisation selon la position ainsi peut ne pas être lié ou monter en direct avec l'antenne, comme nous le montre les figures suivantes des différents branchements d'un ODU. [28Page 6].

**Figure 3.5**

Branchement direct (1+0) sans protection

**Figure 3.5.1**

branchement distant avec un guide d'onde (1+1)

Comme l'équipement outdoor unit est un convertisseur de fréquence ainsi qu'un amplificateur de signaux en radio fréquences RF. Un exemple de type IPAS de l'équipement odu est présente dans le tableau suivant. Ces valeurs ont été mise en pratique dans la réalisation de notre projet c'est à dire dans la partie réalisation [26].

Type et capacité Article	Type et valeur utilise en pratique	Capacité pour un PDH ODU
Type d'équipement ODU utilisé.	IPAS	IPAS
Bande de fréquences utilisées.	8/15/18/23/38 GHZ	8/15/18/23/38 GHZ
Type de modulation	64/128/256 QAM	64 QAM
Channel spacing	13-14/14-28/ 18-27.5 MHZ	13-14 MHZ

Tableau 3.3 Caractéristiques ODU.

3.1.2.1 Fonctionnements internes odu

Le fonctionnement interne d'un équipement outdoor constitue un ensemble de processus que suit le trafic de données pour être transféré vers l'antenne. Les processus d'envoi de notre signal vers l'antenne directive est décrit comme le suivant [27] et [26].

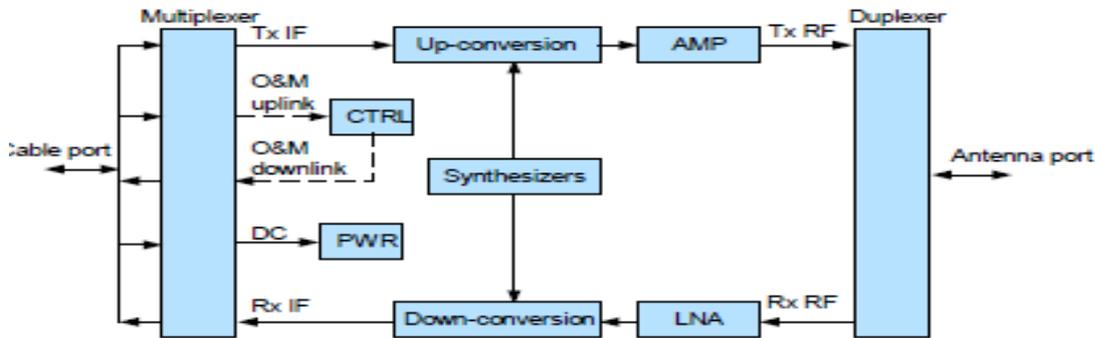


Figure 3.6 Schéma interne ODU.

Ces processus que suit nos données avant d'être envoyé par l'antenne directive, sont comme décrit la figure :

- La conversion du signal IF en RF.
- Amplification du signal RF avec un amplificateur.
- L'envoi du signal RF amplifié un duplexeur puis envoyé par antenne directive.

Par contre le processus de réception est effectué comme suivant :

- Amplification du signal reçue (RF) avec un ampliateur à faible bruit (LNA)
- Conversion du signal RF en IF

3.1.4 Antenne Directive

Par définition une antenne est un dispositif très important dans les liaisons hertziennes. Elle assure l'interface entre le circuit électrique et le milieu de propagation, c'est à dire entre un équipement émetteur (ou récepteur) d'ondes radioélectrique et l'espace de propagation d'onde [29].

- les différents types d'antennes

Les grandes familles d'antennes à l'origine du structure rayonnantes sont :

- les antennes filaires (dipôle, monopôle, Yagi).
- les antennes à fentes (demi ou quart d'onde).

- les antennes patchs (planaires).
- les antennes à ouverture (cornet).
- les antennes à réflecteurs (paraboles).

3.1.3.1 Gain d'antenne

Le gain d'une antenne est en lien avec la directivité mais aussi à la qualité d'énergie émise ou (reçue) dans une direction donnée.

Le gain pour une antenne directive (antenne parabolique) est plus élevé qu'une antenne isotrope (antenne de référence) car une antenne isotrope a pour gain égale à un ($g=1$), le gain d'une antenne s'exprime en débit (dbi), c'est le gain par rapport à l'antenne isotrope [27].

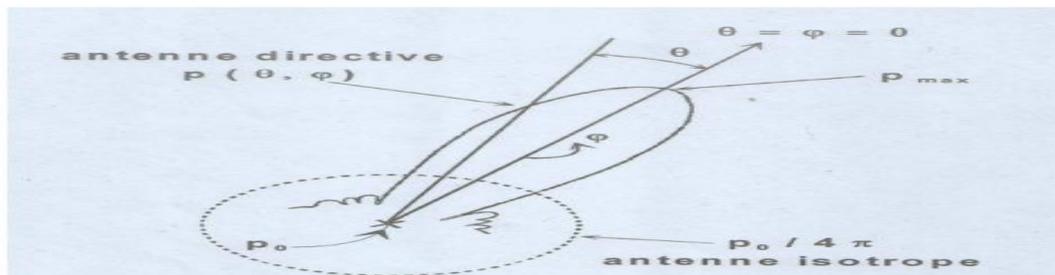


Figure 3.7 diagramme d'antenne directive.

Le gain de l'antenne est défini en fonction de (θ, φ) dans une direction donnée est :

$$G(\theta, \varphi) = p(\theta, \varphi) / p_0/4\pi \text{ (rad)} \quad (7)$$

Par contre le gain maximale est défini comme :

$$G_{\max} = p_{\max} / p_0/4\pi \quad , \text{ en dBi : } G = 10 \log (g_{\max}) \quad (8)$$

La caractéristique d'antenne (parabole) de micro-onde utilisée pour la transmission dans les réseaux Mobilis sont représenté par le tableau suivant en fonction de la distance.

Diamètre de l'antenne (mm)	Distance (km)
0.2	<2
0.3	<5
0.6	[5 11]
1.2	[11 12]
1.8	[12 18]
2.4	[18 20]

Tableau 3.4 Diamètre en fonction de distance (Donnée Mobilise)

Ces différents paramètres nous ont aussi servis pour le choix de type d'antenne (diamètre) lors de réalisation (partie pratique) la liaison entre deux sites en fonction de leur distance.

3.2 Relation entre capacité, modulation et la bande passante

Ces trois paramètres la Capacité, bande passante et modulation sont dépendants l'un de l'autre. Il est évident de savoir que ces trois paramètres jouent un rôle au sein de service transmission, ce qui explique qu'une bande passante est généralement fixe et achetée auprès de l'organisme de réglementation.

La planification de la bande passante est inévitable chez un opérateur, car ceux-ci ont besoin de planifier les liens de mettre autant de capacité dans la bande passante donnée.

Pour pousser plus de capacité dans une largeur de bande fixe, la modulation doit être augmentée, comme présentée dans le tableau ci-dessous [14 page 27].

Capacité	Bande passante	Modulation
5E1	7MHZ	QPSK
10 E1	14MHZ	QPSK
20 E1	28MHZ	QPSK
5 E1	7MHZ	QPSK
10 E1	7MHz	16QAM
10 E1	14MHz	QPSK
20 E1	14MHz	16QAM
20 E1	28MHz	QPSK
64E1	28MHz	64QAM
75 E1	28MHz	128 QAM

Tableau 3.5 Relation entre modulation, capacité et bande passante.

Nous remarquons pour une bande passante fixe (28MHZ) avec une modulation de 128QAM, on a une capacité avoisinant un STM-1, c'est à dire 150Gbit car 1 E1 vaut 2Mbit.

3.2 Réseaux générale

Cette partie décrit, les différentes manières d'interconnexions et la fonction que peut avoir un réseau hertzien. Tout en utilisant le même équipement détaillé précédemment, c'est à dire

l'équipement indoor/outdoor plus l'antenne directive. D'après la figure ci-dessous nous remarquons que le réseau principal (ring) est relié avec BTS (2G), RNC (3G) ou EPC (4G) [28].

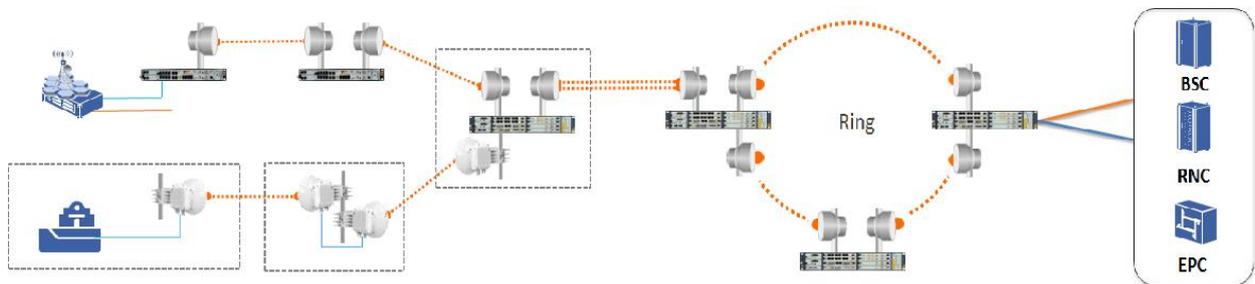


Figure 3.8 Architecture d'un réseau à faisceau hertzien.

Entre autre que l'interconnexion et le différent manière d'achemine les informations ou le données ,il s agit maintenant de connaitre les differentes type de trafic avec le debit,comme indiqué dans la figure suivante[26].

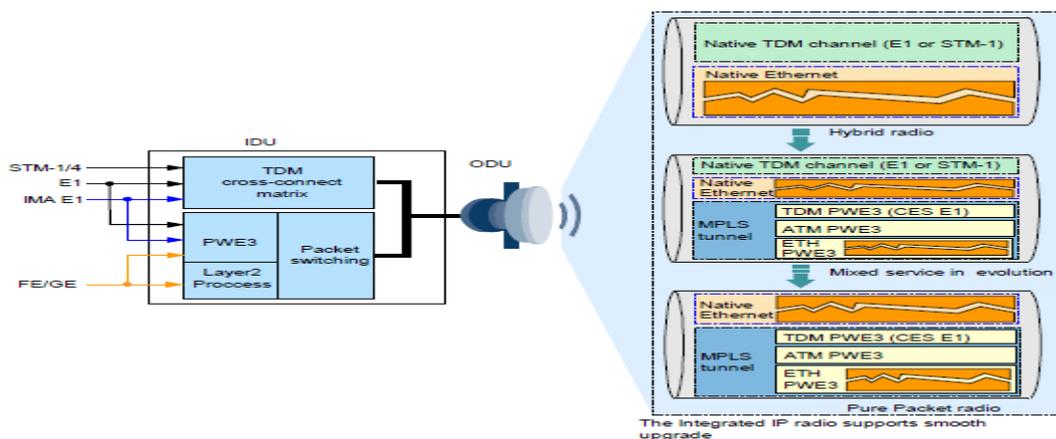


Figure 3.9 Exemple du trafic

3.3 Conclusion

Ce présent chapitre a été entièrement consacré au équipement et leur débits utilisés dans la transmission faisceau hertzien, pour acheminer les différents trafics (donnée, voix) avec des équipements indoor et outdoor plus une antenne directive. La description de ces équipements nous ont permis de comprendre le fonctionnement interne, c'est à dire comment le trafic de données ou autre sont acheminé, transmis et ces principales tâches propre à lui. Ceux-ci nous ont facilité le choix portant sur les équipements en terme de dimensionnement afin d'avoir un réseau fiable et performant. Comme les équipements hybrides ont vu le jour pour la transmission à faisceau hertzien, performants et s'adaptent au problème lié au changement climatique à l'aide de modulation adaptative.

Introduction

L'implémentation de nouvelle technologie mobile (LTE) de transport au sein de wilaya de Blida nécessite avant tout une étude de dimensionnement avec l'outil soft.

Dans ce chapitre, il sera traité les différentes processus ou étapes suivis en cour de notre simulation dans le laboratoire Mobilis, nous avons utilisé le logiciel « Mentuim Ellipse ».

Mentium Ellipse est un logiciel de planification de liaison à faisceau hertzien tout en introduisant les coordonnées (longitude, latitude) et la configuration nécessaire des sites.

4 Présentation du logiciel

Le logiciel mentum ellipse est un logiciel d'application utilisé pour dimensionner, planifier et optimiser un réseau à base micro-onde et des réseaux liaison optique.

Avec ellipse, les ingénieurs des planifications, de transmission micro-onde Link peuvent améliorer la qualité de transmission ainsi qu'accroître l'efficacité opérationnel, comme le montre la figure (4.1).

Ce logiciel est sollicité pour les différents cas d'utilisations qui sont :

- ✓ Planification et optimisation des mobile backhaul.
- ✓ Planification micro- onde visibilité direct(LOS) et NLOS pour les grandes projets des déploiements réseau.

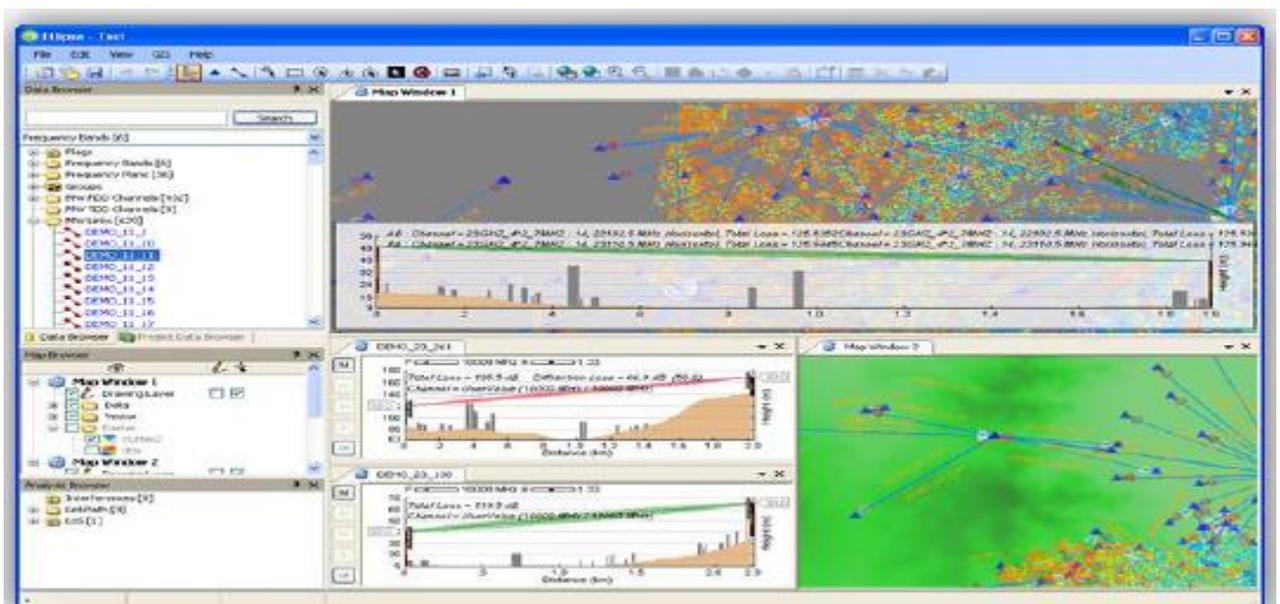
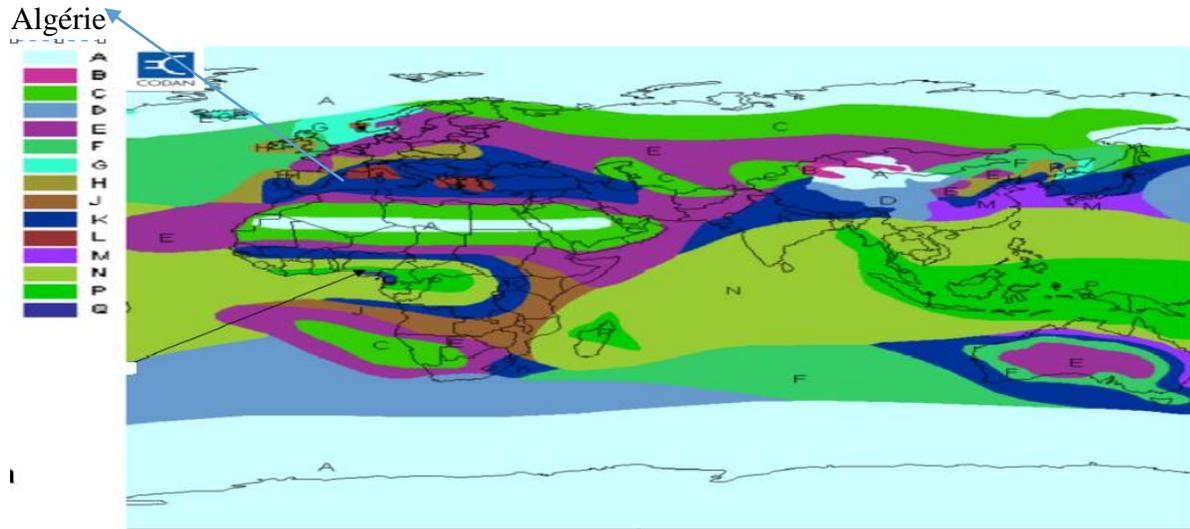


Figure 4.1 Profil du logiciel

Ce logiciel contient une carte de précipitation internationale qui a été mise en place par Union International de Télécommunications (UIT), comme le montre sur la figure suivante .

**Figure 4.2** Carte de précipitation de pluie

Algérie contient quatre couleurs (verre, blanc, violet,bleu) ce qui correspond à quatre régions qui sont les (E, P, A,b). La UIT a établi un tableau suivant qui définit la valeur de précipitations dépasse 0,01% du temps, en mm / h en fonction de régions [14].

Les régions	précipitations dépasse 0,01% du temps, en mm / h
A	8
B	12
C	15
D	19
E	22
F	28
G	30
H	32
J	35
K	42
L	60
M	63
N	95
P	145
Q	115

Tableau 4.1 Valeurs pluviométriques.

4.1 Les étapes suivis

Les étapes consistent un enchaînement primordial pour la création des différents sites que constitue notre réseau ainsi que la configuration de leur liaison. Il est important de souligner que l'ensemble des sites ou des liaisons sont enchaîner de la même façon, donc nous avons présente un exemple de liaison de deux sites distants avec leur liaison et leur configuration. Les étapes sont présentées comme les suivants :

- ❖ Création d'un nouveau Projet

Pour créer un nouveau projet, il est indiqué de cliquer sur l'option **new Project**, une interface, indiquant le nom de projet à choisir, s'affiche, comme illustré dans la figure suivantes

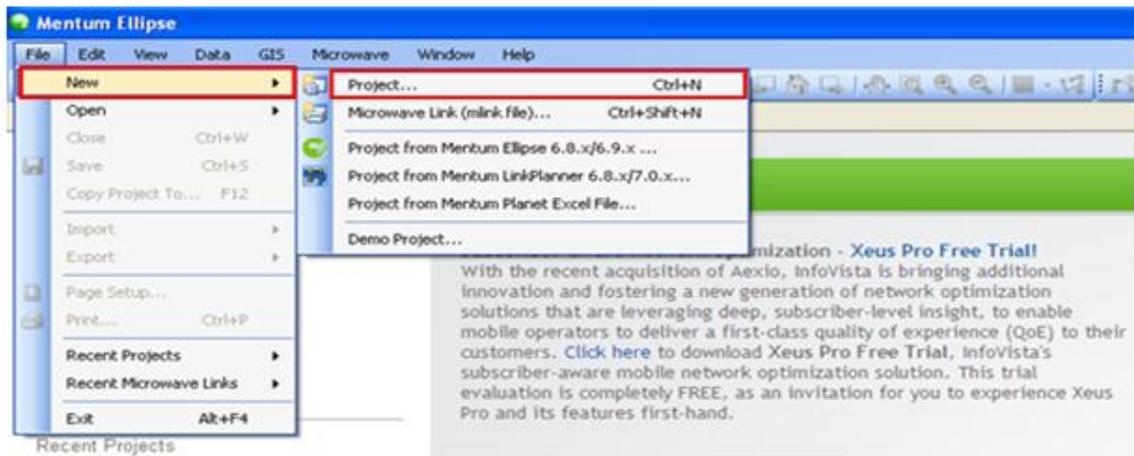


Figure 4.3 Création d'un projet

Suite à la création d'un nouveau projet, il nous ait demandé le lieu de déploiement qui est Algérie plus précisément le centre d Algerie.

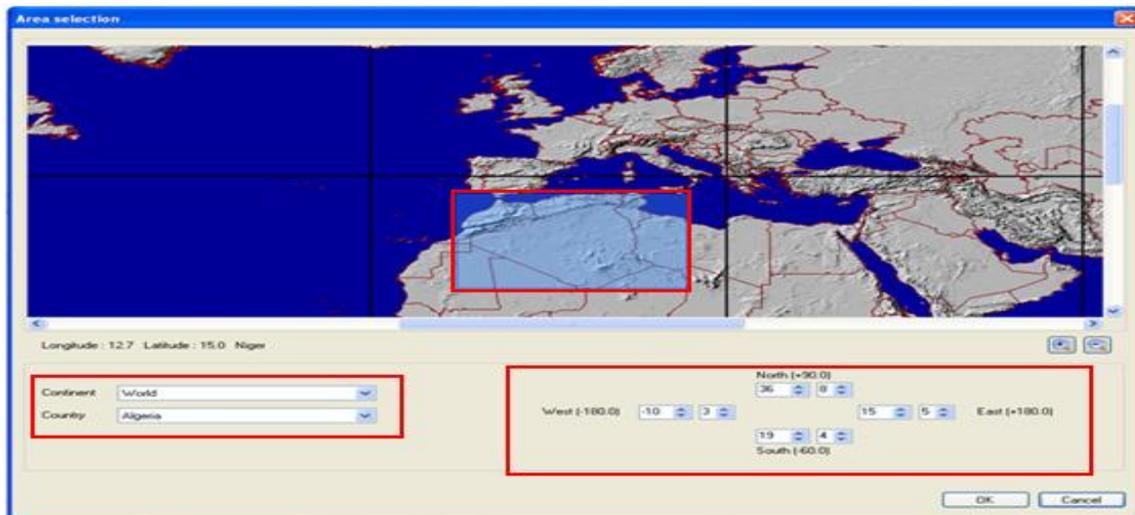


Figure 4.4 Choix du pays

Ensuite nous avons entamé à la création des sites avec les coordonnées GPS prises, tout en donnant un nom spécifique au site qui composé en deux partie :

La première est la matricule de Blida (09) et la seconde est celui du site (033) correspond au site A de notre exemple, comme indique la figure suivante.

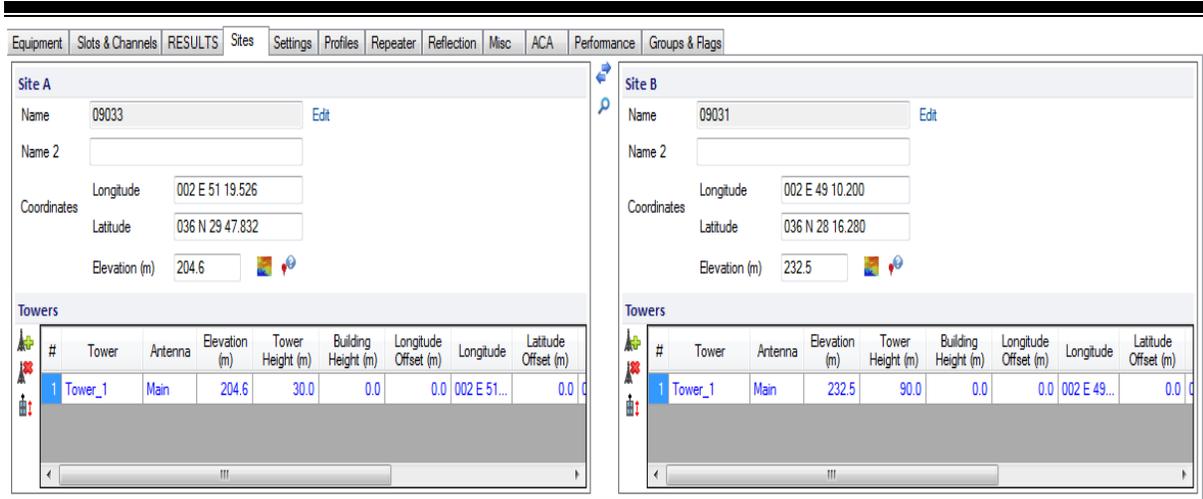


Figure 4.5 Coordonnée des sites

❖ Liaison des sites

La liaison relie deux sites distants (A, B), pour avoir une liaison adaptée, il est exigé de suivre les conditions si dessous dont le but est d'obtenir une liaison performante avec qualité.

- Position, capacité des équipements.
- La visibilité directe (LOS).
- Les interférences

Tout en poursuivant l'exemple du deux site (A et B), nous procédons à la vérification de la visibilité directe (LOS), choix des équipements et configurations des paramètres essentiels comme suivant :

❖ Vérification des visibilité

Le dégagement en visibilité montre que la première zone de Fresnel est respectée à 100%, comme indiqué sur la figure suivante.

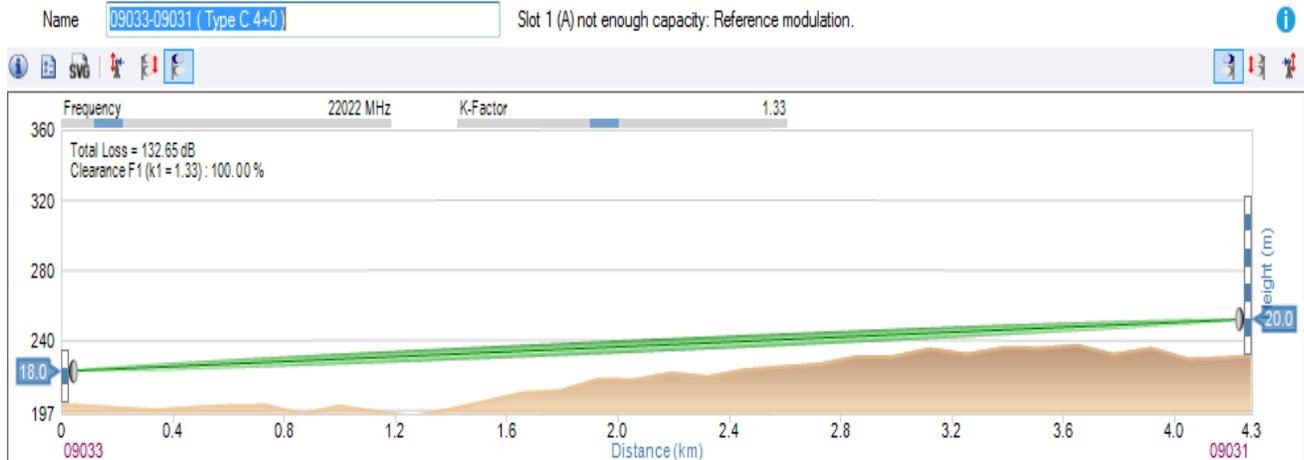


Figure 4.6 Zone de Fresnel

Une fois assuré la visibilité direct des deux antennes (en vert), il reste à configurer l'affaiblissement toléré, choisir le type d'antenne radio.

Nous avons pris comme exemple une liaison de type (4+0), il est accepté une perte maximum (4.5db/m) pour les liaisons (4+0) comme indique la figure suivante.

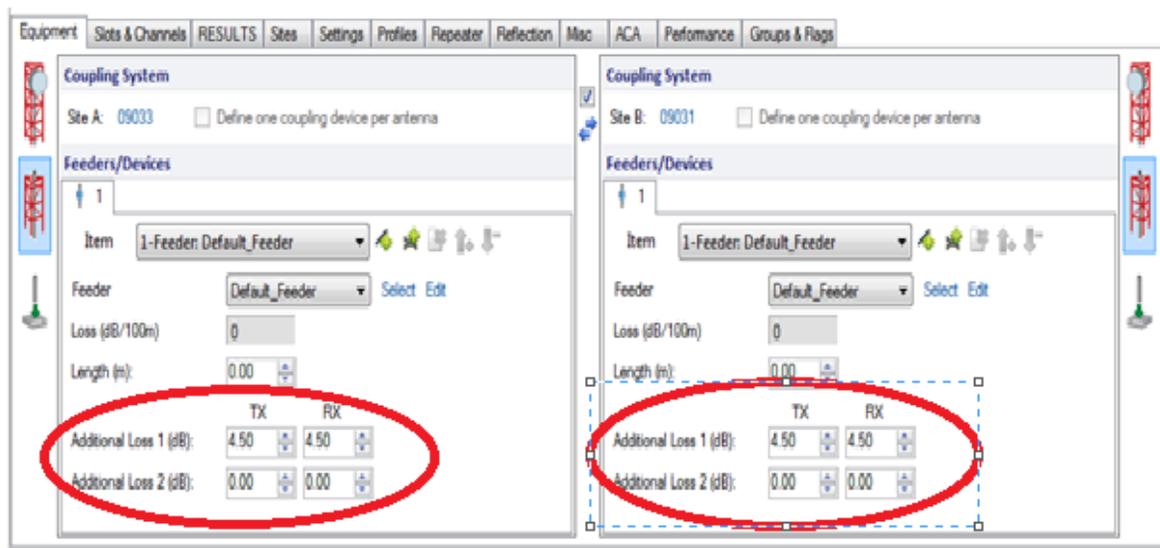


Figure 4.7 Configurer le Coupling système

Par contre le choix de type d'antenne comme indiqué sur la figure suivante est de type VHLPX2-23, LE 23 GHz correspond à la fréquence.

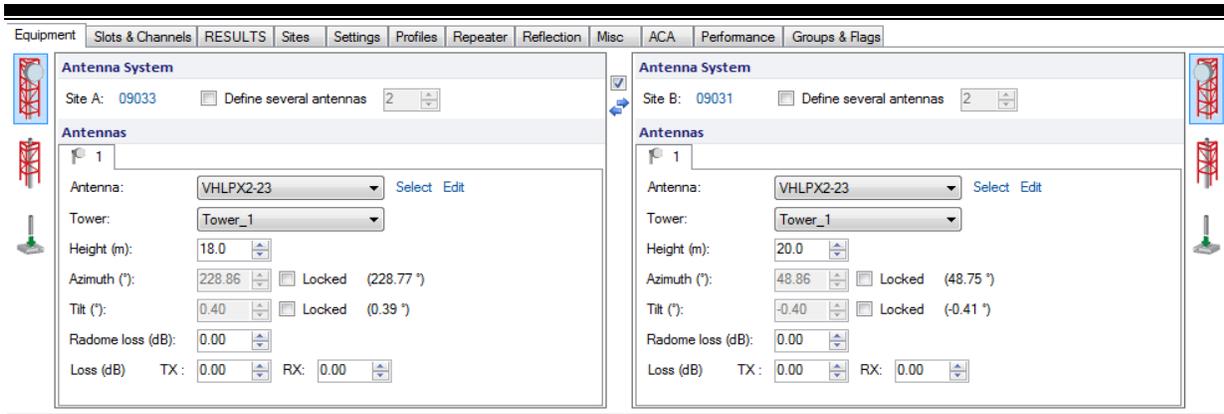


Figure 4.8 Choix de type d'antenne

Finalement le choix de type radio est effectué en se basant sur la fréquence émission/réception ainsi que le type de modulation pour obtenir le meilleur résultat de liaison. Pour notre cas la fréquence est de 23GHZ, la modulation 128QAM et un équipement de type IPAS.

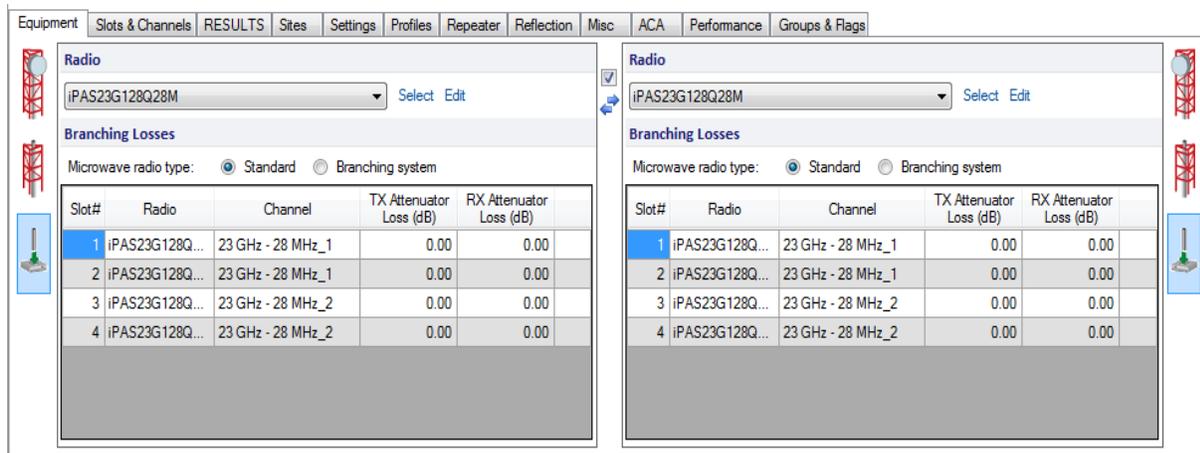


Figure 4.9 Choix d'équipements Radio

Cette partie concerne de polarisation (rouge), du Channel spacing (jaune) et de hauteur du site premier par rapport au site second(noir) , ainsi le débit totale qu' il faut pour véhiculer le trafic hybride (TDM et Ethernet) égale 800Mbit /s

Slot#	Red.	FD	Power A (dBm)	Frequency A (MHz)	Channel	Polarization	Frequency B (MHz)	Power B (dBm)	Antenna Configuration	Adaptive Configuration	Data Rate
1			19.00	2303	23 GHz - 28 MHz_1	H	22022	19.00	Default	User: 200Mbps-12...	200.000 Mbit/s
2			19.00	2303	23 GHz - 28 MHz_1	V	22022	19.00	Default	User: 200Mbps-12...	200.000 Mbit/s
3			19.00	2305	23 GHz - 28 MHz_2	H	22050	19.00	Default	User: 200Mbps-12...	200.000 Mbit/s
4			19.00	2305	23 GHz - 28 MHz_2	V	22050	19.00	Default	User: 200Mbps-12...	200.000 Mbit/s

Figure 4.10 Configuration modems

➤ Bilan de liaison

Il est important de vérifier les différents paramètres qui sont :

- Les temps annuel du fonctionnement en terme de pourcentage est égale à 99.999%.
- La différence entre la puissance d'émission et celle réception doivent être (au-dessus 32dbm).

Un exemple est présenté dans l'annexe (4).

	TX Power (dBm)	Threshold (dBm)	RX Level (dBm)	Rain (Unav. %)	Multipath (Unav. %)	Refraction (Unav. %)	Total (Unav. %)	% Time
A: 19		B: -72.5	B: -42.07	AB: 1.646E-004 / 1.456E-003	AB: 1.690E-008 / 2.028E-007	Not Computed	AB: 1.646E-004 / 1.456E-003	AB: 99.99983537 / 99.99854374
B: 19		A: -72.5	A: -41.65	BA: 1.069E-004 / 1.000E-003	BA: 1.422E-008 / 1.707E-007		BA: 1.069E-004 / 1.000E-003	BA: 99.99989309 / 99.99899977
A: 19		B: -71	B: -42.07	AB: 2.061E-004 / 1.771E-003	AB: 2.392E-008 / 2.870E-007	Not Computed	AB: 2.061E-004 / 1.771E-003	AB: 99.99979386 / 99.99822009
B: 19		A: -71	A: -41.65	BA: 1.357E-004 / 1.231E-003	BA: 2.013E-008 / 2.415E-007		BA: 1.357E-004 / 1.231E-003	BA: 99.99986429 / 99.99876905
3 GHz - 28 MHz_1_V (Slot No2)								
A: 19		B: -72.5	B: -42.07	AB: 6.677E-005 / 6.641E-004	AB: 1.690E-008 / 2.028E-007	Not Computed	AB: 6.678E-005 / 6.643E-004	AB: 99.99993222 / 99.99933572
B: 19		A: -72.5	A: -41.65	BA: 3.982E-005 / 4.236E-004	BA: 1.422E-008 / 1.707E-007		BA: 3.983E-005 / 4.237E-004	BA: 99.99996017 / 99.99957626
A: 19		B: -71	B: -42.07	AB: 8.689E-005 / 8.352E-004	AB: 2.392E-008 / 2.870E-007	Not Computed	AB: 8.692E-005 / 8.354E-004	AB: 99.99991308 / 99.99916455
B: 19		A: -71	A: -41.65	BA: 5.312E-005 / 5.442E-004	BA: 2.013E-008 / 2.415E-007		BA: 5.314E-005 / 5.445E-004	BA: 99.99994686 / 99.99945555

Figure 4.11 Bilan de liaison

➤ Résultats avec interférence

L'interférence survenue de notre liaison est dû au problème de hauteur du site (high/Low) avec un autre comme illustre la figure dessous.

09033-09031 (4+0)					
	Unit	Channel 15 GHz - 28 MHz_1 V	Channel 15 GHz - 28 MHz_2 V	Channel 15 GHz - 28 MHz_1 H	Channel 15 GHz - 28 MHz_2 H
Number of interferers		3	0	3	0
Worst I > Site 09033	dBm	-117.47		-111.47	
Worst I > Site 09031	dBm	-112.55		-107.08	
Total I > Site 09033	dBm	-117.42		-111.47	
Total I > Site 09031	dBm	-112.33		-106.61	
Worst TD > Site 09033	dB	0.04	0.00	0.16	0.00
Worst TD > Site 09031	dB	0.12	0.00	0.42	0.00
Aggregated TD > Site 09033	dB	0.04	0.00	0.16	0.00
Aggregated TD > Site 09031	dB	0.13	0.00	0.46	0.00
C Level > Site 09033	dBm	-50.87	-50.89	-50.87	-50.89
C Level > Site 09031	dBm	-50.57	-50.59	-50.57	-50.59
Worst C/I > Site 09033	dB	66.60		60.60	
Worst C/I > Site 09031	dB	61.98		56.51	
Aggregated C/I > Site 09033	dB	66.55		60.60	
Aggregated C/I > Site 09031	dB	61.76		56.04	
High/Low Conflict		Conflict	No Interferers	Conflict	No Interferers
kTB (09033)	dBm	-97.13	-97.13	-97.13	-97.13
kTB (09031)	dBm	-97.13	-97.13	-97.13	-97.13

Figure 4.12 Interférence entre liaisons

➤ Résultats sans interférence

09104-09031 (15 GHz - 28 MHz_1) Vs 09033-09031 (4+0) (15 GHz - 28 MHz_1)						
	Unit	09104 > 09031	09031 > 09033	09033 > 09031	09031 > 09104	
MW Link Interferer		09104-09031	09104-09031	09033-09031 (4+0)	09033-09031 (4+0)	09033-09031 (4+0)
MW Link Victim		09033-09031 (4+0)	09033-09031 (4+0)	09104-09031	09104-09031	09104-09031
TX (Interferer)		09104	09031	09033	09031	09031
RX (Victim)		09031	09033	09031	09104	09104
Distance to interferer	km	7.221	4.023	4.023	7.221	7.221
Fc (Interferer)	MHz	14417	14907	14417	14907	14907
Fr (Victim)	MHz	14417	14907	14417	14907	14907
TX Power (Interferer)	dBm	22	22	22	22	22
Reference Modulation (Interferer)		189Mbps-128QAM	189Mbps-128QAM	189Mbps-128QAM	189Mbps-128QAM	189Mbps-128QAM
C Level	dBm	-50.57	-50.87	-37.88	-38.18	-38.18
C Level Diversity	dBm					
TX Gain (dB)	dB	41.04 (0°)	-18.24 (79.15°)	32.04 (0°)	-54.76 (79.15°)	-54.76 (79.15°)
RX Gain (dB)	dB	-14.76 (79.15°)	32.04 (0°)	-18.24 (79.15°)	41.04 (0°)	41.04 (0°)
I Level (incl. antenna & ATPC)	dBm	-93.8	-101.27	-100.97	-94.11	-94.11
I Level Diversity (incl. antenna & ATPC)	dBm					
delta F	MHz	0	0	0	0	0
Curve used for NFD		IRF 189Mbps-128QAM 28M-128QAM				
Curve Type		IRF	IRF	IRF	IRF	IRF
NFD value	dB	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I Value (incl. NFD)	dBm	-93.8	-121.38	-100.97	-126.92	-126.92
I Value Diversity (incl. NFD)	dBm					
C/I	dB	43.23	70.51	63.10	66.74	66.74
C/I Diversity	dB					
TD	dB	4.99	0.02	1.50	0.00	0.00
TD Diversity	dB					
Correlated		False	True	False	True	True
Correlated Diversity						
kTB	dBm	-97.13	-97.13	-97.13	-97.13	-97.13
Conflict		False	False	False	False	False
High/Low Conflict		OK	OK	OK	OK	OK

Figure 4.13 Sans interférence entre liaison.

4.2 Réseaux Global

Notre réseau est constitué d'un ensemble de liaison tel que les liaisons (4+0,2+0,1+0) dont chacune à une spécificité et une configuration à parts. Les liaisons (4+0) représentent pour notre ça le nœud principale ou le réseau cœur suivis les liaisons (2+0) qui, sont le sous réseaux suivis encore la liaison (1+0). Les regroupements des liaisons sont présents dans **l'annexe (1)** du mémoire mais l'ensemble de réseau est présente comme le montre la figure suivante avec soixante-dix liaisons.

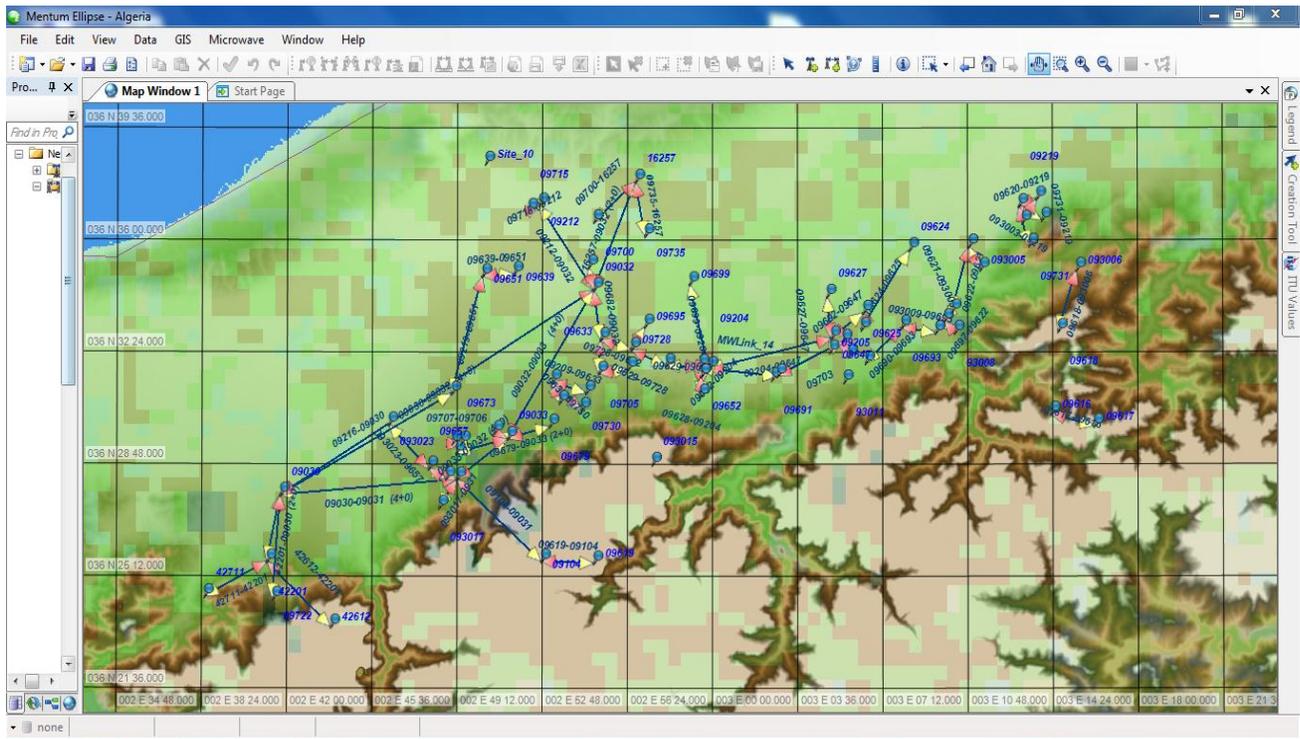


Figure 4.14 Réseaux global

➤ Les coordonnées des sites

Les coordonnées des différents sites qui constituent notre réseau ont été relevées sur le terrain avec des équipements tels que (GPS), d'autres prisent chez l'opérateur (Mobilis). Nous avons pris comme coordonnées :

- ❖ La longitude
- ❖ latitude
- ❖ Elévation qui est automatique

L'ensemble des coordonnées des sites sont dans l'annexe (5).

4.3 Résultats général avec interprétation

Au cours de la simulation générale, nous avons constatés quelque disfonctionnement des certaines liaisons, la cause de ce disfonctionnement est procède dans l'étape suivante :

4.3.1 Réseaux avec interférences

Les interférences rencontre lors de la mise en teste sont divers et survient dans de diverse liaison en générale ces interférents sont due :

- ✓ À la mauvaise polarisation
- ✓ Au choix de la fréquence
- ✓ Au mauvais choix de la modulation
- ✓ Au choix des équipements

Per MW Link Result				
	Channel #1	Channel #2	Channel #3	Channel #4
09030-09031 (4+0)	18 GHz - 27.5 MHz_1 V	18 GHz - 27.5 MHz_1 H	18 GHz - 27.5 MHz_2 V	18 GHz - 27.5 MHz_2 H
09030-09032 (4+0)	15 GHz - 28 MHz_1 V	15 GHz - 28 MHz_1 H	15 GHz - 28 MHz_2 V	15 GHz - 28 MHz_2 H
09032-09033 (4+0)	15 GHz - 28 MHz_1 H	23 GHz - 28 MHz_1 V	23 GHz - 28 MHz_1 V	23 GHz - 28 MHz_2 H
09032-09032 (4+0)	15 GHz - 28 MHz_1 V	15 GHz - 28 MHz_2 V	15 GHz - 28 MHz_1 H	15 GHz - 28 MHz_2 H
09104-09031	15 GHz - 28 MHz_1 V			
09204-09647	23 GHz - 7 MHz_1 H			
09209-09633	15 GHz - 28 MHz_1 V			
09212-09032	18 GHz - 27.5 MHz_3 H			
09216-09030	23 GHz - 28 MHz_3 V			
09219-09651	18 GHz - 7 MHz_1 V			
09617-09616	18 GHz - 7 MHz_2 V			
09618-093006	23 GHz - 28 MHz_1 H			
09619-09104	18 GHz - 27.5 MHz_1 V			
09620-09219	18 GHz - 27.5 MHz_1 H			
09621-093005	23 GHz - 28 MHz_1 V			
09622-09621	23 GHz - 28 MHz_4 H			
09624-09625	23 GHz - 28 MHz_4 H			
09627-09647	18 GHz - 27.5 MHz_2 V			
09628-09204	23 GHz - 28 MHz_2 V			
09631-09032	18 GHz - 27.5 MHz_1 V			
09633-09730	15 GHz - 28 MHz_3 V			
09639-09651	18 GHz - 27.5 MHz_1 V			
09648-09033	18 GHz - 27.5 MHz_8 V			
09652-09204	23 GHz - 7 MHz_2 V			
09657-09031 (2+0)	18 GHz - 27.5 MHz_1 V			
09673-09033	23 GHz - 7 MHz_2 V			
09674-09657	18 GHz - 27.5 MHz_1 V			
09679-09033 (2+0)	18 GHz - 27.5 MHz_1 V			
09682-09032	23 GHz - 28 MHz_1 V			
09690-09693	23 GHz - 28 MHz_1 V			
09692-09647	18 GHz - 27.5 MHz_1 H			
09694-09620	18 GHz - 27.5 MHz_1 V			
09695-09728	23 GHz - 7 MHz_1 V			
09696-09633	18 GHz - 27.5 MHz_6 V			
09697-09622	15 GHz - 7 MHz_1 V			

Figure 4.15 Interférences générale des liaisons

4.3.2 Réseau sans interférences

La correction et les changements de ces différents paramètres qui sont la cause principale des interférences nous ont permis d'atteindre l'objectif voulu qui est les zéro interférences.

Pour un bon fonctionnement de notre réseau, il était évident des minimisé au maximum le risque des interférences voir même zéro interférence comme le montre la figure suivante.

	Channel #1	Channel #2	Channel #3	Channel #4
09030-09031 (4+0)	18 GHz - 27.5 MHz_1 V	18 GHz - 27.5 MHz_1 H	18 GHz - 27.5 MHz_2 V	18 GHz - 27.5 MHz_2 H
09030-09032 (4+0)	15 GHz - 28 MHz_1 H	15 GHz - 28 MHz_1 V	15 GHz - 28 MHz_2 H	15 GHz - 28 MHz_2 V
09032-09033 (4+0)	23 GHz - 28 MHz_10 V	23 GHz - 28 MHz_10 H	23 GHz - 28 MHz_6 V	23 GHz - 28 MHz_8 H
09033-09030 (4+0)	15 GHz - 28 MHz_12 H	15 GHz - 28 MHz_12 V	15 GHz - 28 MHz_7 V	15 GHz - 28 MHz_7 H
09104-09031	15 GHz - 28 MHz_1 V			
09204-09647	23 GHz - 7 MHz_1 H			
09209-09633	15 GHz - 28 MHz_1 V			
09212-09032				
09216-09030				
09219-09651				
09616-09618				
09617-09616				
09618-09618				
09617-09616				
09618-09618				
09618-093006				
09619-09104				
09620-09219				
09621-093005				
09622-09621				
09624-09625				
09625-09632				
09627-09647				
09628-09204				
09629-09628				
09629-09728				
09631-09032				
09633-09730				
09638-09651				
09648-09033				
09652-09204				
09657-09031 (2+0)				
09673-09033				
09673-09706				
09674-09657				
09679-09033 (2+0)				
09682-09032				
09690-09626				
09690-09633				
09673-09706				

MW Link	Per Channel	Frequency Band	Channel Type
09657-09031 (2+0)		15 GHz - 28 MHz_5 V	
09673-09033		23 GHz - 7 MHz_2 V	
09673-09706		15 GHz - 28 MHz_10 H	
09674-09657		18 GHz - 27.5 MHz_1 V	
09679-09033 (2+0)		18 GHz - 27.5 MHz_10 V	18 GHz - 27.5 MHz_9 H
09682-09032		23 GHz - 28 MHz_7 H	
09690-09626		18 GHz - 27.5 MHz_13 V	
09690-09693		23 GHz - 28 MHz_1 V	
09692-09647		18 GHz - 27.5 MHz_1 H	
09694-09620		18 GHz - 27.5 MHz_10 V	
09695-09728		23 GHz - 7 MHz_1 V	
09696-09633		18 GHz - 27.5 MHz_6 V	
09696-09679		18 GHz - 27.5 MHz_24 V	
09697-09622		15 GHz - 7 MHz_1 V	
09698-09705		18 GHz - 27.5 MHz_1 V	
09699-09204		15 GHz - 28 MHz_1 V	
09700-16257		23 GHz - 28 MHz_10 H	
09701-09652		23 GHz - 28 MHz_4 V	
09703		23 GHz - 28 MHz_5 V	
09703-09628		23 GHz - 28 MHz_1 V	
09705-09682		23 GHz - 28 MHz_1 V	
09707-09706		15 GHz - 28 MHz_3 V	
09715-09212		18 GHz - 27.5 MHz_1 V	
09722-09030		23 GHz - 28 MHz_1 V	
09728-09682		23 GHz - 28 MHz_5 H	
09731-09219		18 GHz - 27.5 MHz_1 V	
09731-09621		18 GHz - 27.5 MHz_22 H	
09735-16257		15 GHz - 28 MHz_1 V	
16257-09032 (2+0)		23 GHz - 28 MHz_1 V	23 GHz - 28 MHz_2 H
42201-09030 (2+0)		23 GHz - 28 MHz_3 V	23 GHz - 28 MHz_4 H
42612-42201		15 GHz - 28 MHz_3 V	
42711-42201		18 GHz - 27.5 MHz_1 V	
093003-09219		18 GHz - 27.5 MHz_2 V	
93008-09697		23 GHz - 28 MHz_1 V	

Figure 4.16 Liaison sans interférences

4.4 Conclusion

Ce présent chapitre a été consacré pour le déploiement réel (design et dimensionnement) du réseau de transport de trafic Ethernet et TDM de l'opérateur « Mobilis », ceci via l'installation, la configuration ainsi que la création des sites répartis dans presque tous la wilaya de Blida. Des valeurs, rapportant l'Etat de la performance de réseau implémenté, sont calculées en utilisant le logiciel « Mentum ellipse ».

CONCLUSION GENERALE

Tout au long de ce mémoire, nous avons présenté une étude de réalisation, d'implémentation de dimensionnement du réseau LTE /4G à Blida l'aide d'un support à faisceau hertzien.

La réalisation d'une étude théorie bien structure ou détaillé, ainsi que la partie pratique sur logiciel appelé Mentum Ellipse de simulation nous a permis d'implémenter ,de dimensionner et de planifier notre réseau tout en introduisant les coordonnées GPS relevé sur le terrain et d'autre paramètre détaillé dans le chapitre précédant .

C'est ainsi que ce travail modeste nous a permis de nous familiarise d'une part avec l'outil de planification et de dimensionnement (Mentum Ellipse), d' autre part nous a apporté une diversité de connaissance du model de transmission utilisé dans les réseaux (LTE/4G) et dans la télécommunication en générale avec la rédaction du document scientifique.

Enfin, comme suite à ce travail nous poussons à ce que d'autres personnes puissent travailler dans ce sens dans le but d'apporte une amélioration à notre travail.

- [1] Yekhllef Mohamed ‘mémoire master’ thème < **Etude de méthode d’accès dans les réseaux mobiles**> année non mentionné page 8-9 pdf (
- [2] Hadji et Riyad ‘Mémoire du master ‘ . < **ETUDE DES PERFORMANCES DES RESEAUX 4G (LTE)**> année 2012-2013 Université Tlemcen (Algérie)
- [3] Emmanuel TONYE et Landry EWOUSSOUA ‘Mémoire du master < **Planification et Ingénierie des Réseaux Télécoms** > > année 2014-2015 Cameroun
- [4] Khalil ABOUTAMMAM ‘ présentation’ < **Evolution des Réseaux Mobiles**> Année 2014 Maroc
- [5] Moussoir, ENSA, Tanger PDF.
- [6] Yannick Bouguen, Eric Hardouin et François –Xavier Wolf (PDF) (groupe Eyrolles) < **LTE et les réseaux 4G**> année 2012 France.
- [7] Ahmed khaouja ‘Présentation’ < **La 4G en Afrique entre défis et opportunités**> année non mentionnée.
- [8] pandore ‘ pougne tsp 2014-2015’ (PDF) thème < **introductions aux réseaux** > année 2014-2015 page 5 France.
- [9] Billamil Hanane et Bendahmane Raouida ‘Mémoire master’ intitulé sur < **Etude d’un réseau optique ADM 10Gbit/s**> année 2013 page 28 pays Algérie.
- [10] Sébastien Buttrich ‘ ‘ <**Topologie et infrastructure élémentaire de réseau** > année 2006 pays France
- [11] Zimmer Baptiste ‘ présentation’ < **Installation et mise en service de Faisceau Hertzien**>
- [12] Alcatel Université ‘Cour PDF’ sur <**Modèle de propagation**> année (2003).
- [13] Alcatel Université ‘Cour PDF’ sur <**Marge des évanouissements**> année (2003).

- [14] Telecom Academy resolve 'Module PDF' <**Microwave Transmission Engineering and link planning**> année non-definie
- [15] IPASOLINK (vr10) 'MTD-PL-073r01 <**Modulation adaptative** > image 2.15 année 2010
- [16] Frédéric lauvaux 'cour de IUT '<> année 2011-2012
- [17] Site web : <http://snight.free.fr/> (anonyme) < **Contraintes et limites de la PDH**>comme(http://snight.free.fr/r%E9visions%20bastien/R%E9seaux/R%E9seaux/A45/tutelnets9/p02_a45_s9.htm)
- [18] Sami Baraketi 'thèse (PDF)' < **Ingénierie des réseaux optiques SDH et WDM et étude multicouche IP/MPLS sur OTN sur DWDM** > année 2015 France
- [19] Benoit de Dinechin 'Des épinards pour mettre de l'énergie dans vos réseaux ' < **LA SDH ET LA WDM** > (la partie détaille du trame SDH) année 2016
- [20] Olivier Adamus, Johann COPIN et Eric PANETTA 'exposé ' sur < **Nouvelles technologies réseaux SONET / WDM**> année 2003 page 17
- [22] Aurélien Olivier exposée sur <**Transmission Fibre Optique** > promotion 2010 à (l'UFR Ingénieurs 2000 de l'Université Paris Est-Marne la vallée) suivant le lien (http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2009/Transmission_sur_fibre_optique/index.html)
- [23] Anonyme publication sur le site 'ciena the network spécialiste ' titre < **Comparaison entre les multiplexages DWDM et CWDM**> année 2016 suivant le lien « ciena.fr/technology/dwdm-vs-cwdm »
- [24] anonyme « DAEnotes » titre < **Digital Microwave Communication Equipment**> année non mentionné site < <http://www.daenotes.com/electronics/microwave-radar/digital-microwave-communication-equipment>>
- [25] Youssouf Moussa Adoum ' mémoire ' thème < **Etude et mise en service de la liaison faisceau hertzien Loumbila-Kamboincè** > année 2009 Sénégal

[26] Huawei technologie Co. LTD ‘ description de produit (PDF)’ < **Optix RTN980 radio transmission system**> année 2011/10/30

[27] Nesic Cairo ‘exposition ‘ sur international training center (PDF) < **Pasolink Neo training**> année 2007

[28] Qiu xunming et rance Oiu « **Présentation du fournisseur Mobilis (ppt)**» titre < ZTE Microwave transmission solution> année 2016/04/11

Annexe 5

Les figures indiquent les coordonnées des sites .

	A	C	D	F	H	I	K
6	09706A_09707_38GHz_1+0	36°29'28.0	02°49'21.0	09706A	36°29'28.0	02°48'58.6	9707
7	09648D-09033_38GHz_1+0	36°29'30.6	02°50'50.2	09648D	36°29'37.2	02°51'19.5	09033 height
8	09673D-09033_38GHz_1+0	36°29'09.2	02°49'07.9	09673D	36°29'37.2	02°51'19.5	09033 height
9	Ring_09030-09031_18GHz_4+0	36°27'48.6	02°41'42.6	09030(09201	36°28'18.8	02°49'10.2	09031_low B
10	09731-09219_38GHz_1+0	36°35'48.8	03°13'23.5	9731	36°37'05.3	03°12'57.7	09219D
11	Ring_09030-09031_6GHz_4+0	36°27'48.6	02°41'42.6	09030(09201	36°28'18.8	02°49'10.2	09031_low B
12	Ring_09032-09223_8Ghz_4+0	36°34'24.0	02°54'58.0	9032	36°29'36.1	02°50'03.7	09223D
13	Ring_09033-09031_15G_4+0	36°29'37.2	02°51'19.5	09033 height	36°28'18.8	02°49'10.2	09031_low B
14	Ring_09033-09031_23G_2+0	36°29'37.2	02°51'19.5	09033 height	36°28'18.8	02°49'10.2	09031_low B
15	Ring_09033-09032_15G_4+0	36°29'37.2	02°51'19.5	09033 height	36°34'24.0	02°54'58.0	9032
16	Ring_09223D-09031_8G_4+0	36°29'36.1	02°50'03.7	09223D	36°28'18.8	02°49'10.2	09031_low B
17	Ring_42033-09030_6G_4+0	36°38'14.6	02°43'58.5	42033_SDH	36°27'48.6	02°41'42.6	09030(09201
18	Ring_42033-09223_8G_4+0	36°38'14.6	02°43'58.5	42033_SDH	36°29'36.1	02°50'03.7	09223D
19	09674G-09031_23GHz_1+0	36°28'20.0	02°48'43.0	09674G	36°28'18.8	02°49'10.2	09031_low B
20	09722-09030(09201E)_23GHz_1	36°24'28.1	02°41'23.2	9722	36°27'48.6	02°41'42.6	09030(09201
21	09699D-09204C_15GHz_1+0	36°34'35.6	02°59'01.2	09699D	36°31'52.1	02°59'49.7	09204C
22	093017-09031_38GHz_1+0	36°27'24.4	02°48'25.2	93017	36°28'18.8	02°49'10.2	09031_low B
23	09735-09631A_23GHz_1+0	36°36'07.9	02°57'07.8	9735	36°35'08.0	02°54'44.4	09631A
24	93003-09219D_38GHz_1+0	36°36'38.8	03°13'56.2	93003	36°37'05.3	03°12'57.7	09219D
25	09624C-09625A_15GHz_2+0	36°35'41.2	03°08'20.9	09624C	36°33'07.5	03°06'17.2	09625A
26	09219D-09620_38GHz_1+0	36°37'05.3	03°12'57.7	09219D	36°37'19.8	03°13'43.3	09620B
27	09657A-09031_23GHz_1+0;2	36°28'39.7	02°47'58.6	09657A	36°28'18.8	02°49'10.2	09031_low B
28	09033-09032_15GHz_4+0	36°29'37.2	02°51'19.5	09033 height	36°34'24.0	02°54'58.0	9032
29	09033-09031_23GHz_2+0	36°29'37.2	02°51'19.5	09033 height	36°28'18.8	02°49'10.2	09031_low B
30	09033 height-09031_23GHz_2+0	36°29'37.2	02°51'19.5	09033 height	36°28'18.8	02°49'10.2	09031_low B
31	09619-09104_38GHz_1+0	36°25'37.3	02°54'58.0	9619	36°25'41.2	02°52'44.9	9104
32	09730-09633A_38GHz_1+0	36°30'33.5	02°54'26.0	9730	36°31'27.2	02°53'12.8	09633A
33	93006-09618A_23GHz_1+0	36°35'02.2	03°15'24.0	93006	36°33'04.2	03°14'37.7	09618A
34	09715-09212(s25)_23GHz_1+0	36°36'56.8	02°52'12.8	9715	36°37'07.2	02°52'39.2	09212Corrigt
35	16257_09032_23GHz_1+0	36°37'52.7	02°56'43.8	16257B	36°34'23.9	02°54'58.0	9102
36	09700B-16257B_38GHz_1+0	36°36'35.1	02°55'15.3	09700B	36°37'52.7	02°56'43.8	16257B
37	09617A-09616D_23GHz_1+0	36°30'01.2	03°16'08.4	09617 A	36°30'25.0	03°14'18.5	09616D
38	09621D-09622C_23GHz_1+0	36°35'47.8	03°10'50.7	09621D	36°33'42.8	03°10'07.6	09622C
39	09626E-09703B_38GHz_1+0	36°32'16.1	03°05'44.1	09626E	36°32'44.6	03°05'30.2	09703B
40	09689D-09204C_23GHz_1+0	36°31'27.6	03°00'28.6	09689D	36°31'52.1	02°59'49.7	09204C
41	09694A-09624C_15GHz_1+0	36°36'33.5	03°13'06.2	09694A	36°35'41.2	03°08'20.9	09624C
42	09697E-09622C_38GHz_1+0	36°33'24.0	03°09'48.0	09697E	36°33'42.8	03°10'07.6	09622C
43	09703B_09691A_23GHz_1+0	36°32'44.6	03°05'30.2	09703B	36°31'31.1	03°02'30.8	09691A
44	09629B-09628E_38GHz_1+0;2	36°31'58.0	02°58'01.2	09629B	36°31'56.7	02°59'27.2	09628E
45	09687A-09625_38GHz_1+0	36°32'32.6	03°06'04.2	09687_New	36°33'07.5	03°06'17.2	09625A
46	09688D-09628E_23GHz_1+0	36°33'31.6	02°58'48.4	09688D	36°31'56.7	02°59'27.2	09628E
47	09690A_09691A_23GHz_1+0	36°32'03.1	03°06'27.9	09690A	36°31'31.1	03°02'30.8	09691A
48	09691A-09204C_18GHz_2+0	36°31'31.1	03°02'30.8	09691A	36°31'52.1	02°59'49.7	09204C
49	09693D_09690A_23GHz_1+0	36°33'11.6	03°07'59.4	09693D	36°32'03.1	03°06'27.9	09690A

Annexe 5

50	09695A-09628E_23GHz_1+0;2	36°33'13.6	02°57'07.7	09695A	36°31'56.7	02°59'27.2	09628E
51	09627A-09647B_38GHz_1+0	36°34'11.4	03°04'50.2	09627A	36°32'50.8	03°05'00.9	09647B
52	09205A-09647B_38GHz_1+0	36°32'24.0	03°04'57.4	9205	36°32'50.8	03°05'00.9	09647B
53	09692A-09647B_23GHz_1+0	36°33'40.2	03°06'22.4	09692A	36°32'50.8	03°05'00.9	09647B
54	09668A-09033_38GHz_1+0	36°30'18.6	02°50'35.1	09668A	36°29'37.2	02°51'19.5	09033 height
55	09036-09032_15GHz_2+0	36°29'12.2	03°01'13.2	09036 SIDI SE	36°34'24.0	02°54'58.0	9032
56	09101-09622C_23GHz_1+0	36°33'47.2	03°09'18.0	9101	36°33'42.8	03°10'07.6	09622C
57	93007-09604A_38GHz_1+0	36°34'14.0	03°10'34.6	93007	36°34'23.1	03°09'32.4	09604A
58	09701-09652C_38GHz_1+0	36°30'59.0	02°59'28.3	9701	36°31'38.1	02°59'30.7	09652C
59	93024-09032_23GHz_1+0	36°32'27.0	02°54'35.2	93024	36°34'24.0	02°54'58.0	9032
60	09622C-09625A_15GHz_2+0;2	36°33'42.8	03°10'07.6	09622C	36°33'07.5	03°06'17.2	09625A
61	09705-09682_38GHz_1+0	36°31'42.9	02°55'10.5	9705	36°32'48.1	02°55'15.1	9682
62	93012-09689D_23GHz_1+0	36°30'39.8	02°59'43.5	93012	36°31'27.6	03°00'28.6	09689D
63	93011-09691A_23GHz_1+0	36°31'26.2	03°05'33.2	93011	36°31'31.1	03°02'30.8	09691A
64	93008-09697E_38GHz_1+0	36°33'01.5	03°10'14.8	93008	36°33'24.0	03°09'48.0	09697E
65	93013-09032_23GHz_1+0	36°31'01.3	02°50'57.9	-	36°34'24.0	02°54'58.0	9032
66	93005-09621D_23GHz_1+0	36°35'02.5	03°11'19.6	93005	36°35'47.8	03°10'50.7	09621D
67	09623H-09625A_23GHz_1+0	36°34'26.9	03°08'12.1	09623 H	36°33'07.5	03°06'17.2	09625A
68	09616D-09618A_23GHz_1+0	36°30'25.0	03°14'18.5	09616D	36°33'04.2	03°14'37.7	09618A
69	09604A-09625A_23GHz_1+0	36°34'23.1	03°09'32.4	09604A	36°33'07.5	03°06'17.2	09625A
70	93004-09694A_38GHz_1+0	36°35'53.1	03°12'54.4	93004	36°36'33.5	03°13'06.2	09694A
71	09202F-09036_38GHz_1+0	36°29'11.8	03°02'38.5	09202F	36°29'12.2	03°01'13.2	09036 SIDI SE
72	09663A-09031_38GHz_2+0	36°28'40.1	02°49'18.5	09663A	36°28'18.8	02°49'10.2	09031_low B

Chapitre 1

Généralité sur les réseaux mobiles

Chapitre 2

Typologie des réseaux transmissions

Chapitre 3

Equipements et débits

Chapitre 4

Architecture et dimensionnement d'un réseau transmission pour le réseau LTE/4G