

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERRI DE TIZI-OUZOU



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

**Mémoire de Fin d'Etudes
de MASTER ACADEMIQUE**
Domaine : **Sciences et Technologies**
Filière : **Génie électrique**
Spécialité : **Télécommunication et réseaux**

Présenté par
NOUALI BAYA

GUEROUDJI SONIA

Thème

**Planification d'une liaison de
transmission par faisceau hertzienne entre
deux sites Hesnaoua I –Hesnaoua II
(Application chez OOREDOO)**

Mémoire soutenu publiquement le 03/07/ 2017 devant le jury composé de :

Mr. Yacine MOHIA

M.A.A, ummto, Président

Mm. Amina SENSAL

Ingénieur sénior transmission, ooredoo, Encadreur

Mm. Leila LAHDIR

M.A.A, ummto, Co-Encadreur

Mr. Youcef ATTAF

M.A.A, ummto, Examineur

REMERCIEMENTS

En premier lieu, nous remercions « Dieu Tout Puissant » de nous avoir donné la santé, la patience, la force et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier nos familles pour leur aide précieuse, notre promotrice Mme L.Lehdir pour ses conseils et orientations tout le long de notre projet de fin d'étude.

Nous remercions aussi notre encadreur M^{elle} A.Sensal et tout l'ensemble du personnel de l'opérateur OOREDOO en particulier M^r Y. Tabou. qui nous ont accueilli toute la durée de notre stage pratique.

Nous exprimons également notre gratitude à tous les enseignants qui ont collaboré à notre formation depuis notre premier cycle d'étude jusqu'à la fin de notre cycle universitaire.

Nous adressons aussi nos vifs remerciements aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer notre projet. Nous leurs présentons nos respects et nos plus sincères salutations.

Sans omettre bien sûr de remercier profondément tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation du présent travail.



Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents, qui ont fait meilleur des parents par leur encouragements.

" Que Dieu les protège et les entoure de sa bénédiction "

A mes chères sœurs Amel et Zehra ;

A la mémoire de mon cher frère SAID « Que dieu ait ton âme au paradis »

A tous mes ami (es) sans exception et en particulier ;

A ma chère binôme Souad et sa famille ;

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.



SONIA



Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents, qui ont fait meilleur des parents par leur encouragements.

" Que Dieu les protège et les entoure de sa bénédiction "

A ma chère grande mère ;

A mes chères sœurs Fadila, Daouia et Rebiha ;

A ma chère belle-sœur Hakima ;

A mes chers frères Mohamed et Saïd ;

A mes chères nièces Ania, Imane et Riham ;

A mes chers neveux Youcef et Sami ;

A ma chère copine Nawel ;

A tous mes ami (es) sans exception et en particulier ;

A ma chère binôme Sonia et sa famille ;

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.



BAYA(SOUAD)

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
------------------------------------	----------

CHAPITRE I : LES GENERATIONS DE LA TELEPHONIE MOBILE

I. Introduction.....	3
I.1. Définition de la téléphonie mobile	4
I.2. Les différentes générations de la téléphonie mobile	4
I.2.1. La 1^{ère} génération de la téléphonie mobile (1G)	4
I.2.2. La 2^{ème} génération de la téléphonie mobile (2G)	4
I.2.3. Le GPRS (General Packet Radio Service).....	8
I.2.4. La 3^{ème} génération de la téléphonie mobile 3G (UMTS).....	10
I.2.5. La 4^{ème} génération de la téléphonie mobile (4G)	11
I.2.6. La 5^{ème} génération de la téléphonie mobile (5G)	13
I.3. Conclusion	17

CHAPITRE II : LES TECHNIQUE DE TRANSMISSION DE DONNEES

II. Introduction	18
II.1. Définition de la transmission	18
II.2. Les différents supports de transmission	18
II.3. Types de transmission	22
II.3.1. La transmission numérique.....	23
II.3.2. La trame MIC.....	25
II.3.3. Modulation QAM (quadrature amplitude modulation)	26
II.3.4. Les hiérarchies de multiplexage numériques	28
II.3.5. Etude de réseau SDH	34
II.4. Conclusion.....	36

CHAPITRE II : PRESENTATION DES FAISCEAUX HERTZIENS

III. Introduction	37
III.1. Notion sur la propagation des ondes électromagnétiques.....	37
III.2. Les antennes	43
III. 3 Différents paramètres de transmission	48
III.4. Porteuse d'un signal	50
III.5. Transmission par faisceaux hertzien	51
III.6. Conclusion	56

CHAPITRE IV : APPLICATION

IV. Introduction.....	57
IV.1. Représentation du logiciel	57
IV.2. Création d'une liaison hertzienne	58
IV.3. Présentation de l'application	64
IV.4.conclusion	

CONCLUSION GENERALE	71
----------------------------------	-----------

BIBLIOGRAPHIE

Annexe

Liste des figures :

- Figure I.1.** La chronologie de toutes les technologies des générations précédentes.
- Figure I.2.** Le motif élémentaire (à gauche) et l'ensemble de motifs dans un réseau (à droite).
- Figure I.3.** La transmission en voie descendante et montante dans un contexte deux-utilisateurs.
- Figure I.4.** L'architecture du réseau GSM.
- Figure I.5.** L'architecture du réseau GPRS.
- Figure I.6.** L'architecture de l'UMTS.
- Figure I.7.** L'architecture de la 4^{ème} génération de téléphonie mobile LTE.
- Figure I.8.** Le domaine d'application de la 5^{ème} génération de la téléphonie mobile.
- Figure I.9.** L'architecture de la 5^{ème} génération de la téléphonie mobile.
- Figure II.1.** La paire torsadée.
- Figure II.2.** Le câble coaxial.
- Figure II.3.** La fibre optique.
- Figure II.4.** La liaison FH.
- Figure II.5.** Les étapes de la modulation MIC.
- Figure II.6.** Le codage HDB3.
- Figure II.7.** La trame MIC.
- Figure II.8.** La constellation QAM8.
- Figure II.9.** Le multiplexage PDH.
- Figure II.10.** La structure SDH.

Figure II.11. La trame de base STM-1.

Figure II.12. Surdébit de section (SOH).

Figure II.13. L'organisation en hiérarchie des rythmes en SDH.

Figure III.1. La longueur d'onde.

Figure III.2. L'antenne d'émission et d'une antenne de réception.

Figure III.3. Le premier ellipsoïde de Fresnel.

Figure III.4. Les types de propagation.

Figure III.5. Le système de coordonnées sphériques (R, θ, φ).

Figure III.6. Les deux plans principaux (E et H).

Figure III.7. Les différents lobes d'une antenne.

Figure III.8. L'azimut.

Figure III.9. La liaison hertzienne

Figure III.10. Un band par faisceau hertzien

Figure III.11. Le principe d'une liaison hertzienne.

Figure IV.1. Les logos utilisé par OOREDOO.

Figure IV.2. L'organigramme de la direction Générale de OOREDOO.

Figure IV.3. L'organigramme de la direction Technologie de OOREDOO.

Figure IV.4. L'interface du logiciel Mentum Ellipse.

Figure IV.5. Création et configuration d'un site.

Figure IV.6. Création d'un lien entre deux sites.

Figure IV.7. Attribution d'antenne.

Figure IV.8. Attribution de la radio.

Figure IV.9. Le résultat du bilan de liaison.

Figure IV.10. L'analyse des interférences.

Figure IV.11. Le résultat de l'analyse des interférences.

Figure IV.12. Création du projet.

Figure IV.13. Le choix du projet.

Figure IV.14. Attribution du nom et de l'emplacement de projet.

Figure IV.15. L'ajout des Jar.

Figure IV.16. Création d'une classe Java.

Figure IV.17. Attribution du nom à la classe Java.

Figure IV.18. Compilation du programme.

Figure IV.19. L'affichage du résultat du bilan de liaison.

Liste des tableaux :

Tableau II.1. Caractéristiques des systèmes de transmission MIC 30 et MIC 24.

Tableau II.2. L'amplitude et la phase d'une modulation QAM avec 3bits.

Tableau II.3. Hiérarchie européenne numérique asynchrone (PDH).

Tableau II.4. Définition des horloges.

Tableau III.1. Fréquences utilisées par l'opérateur OOREDOO et les distances correspondantes.

Tableau III.2. Fréquences et types de modulation en fonction de la capacité.

Tableau III.3. Correspondances bandes de fréquences, diamètre d'antenne et distance à parcourir.

Glossaire :

1G	1ère Génération.
2G	2ème Génération.
3G	3ème Génération.
4G	4ème Génération.
5G	5ème Generation.

[A]

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line.
APS	Automatic Protection Switching.
AUC	AUthentication Center.

[B]

BG	Border Gateway.
BSC	Base Station Controller.
BSS	Base Station Sub-system.
BTS	Base Transceiver Station.

[C]

CCU	Channel Codec Unit.
CDMA	Code Division Multiple Access.

[D]

DCC Data Communication Channel.

[E]

EDGE Enhanced Data Rates for GSM Evolution.

eNodeB evolved NodeB.

EPC Evolved Packet Core.

EPS Evolved Packet System.

E-UTRA Evolved-Universal Terrestrial Radio Access.

eUTRAN evolved UTRAN.

[F]

FDD Frequency Division Duplexing.

FDMA Frequency Division Access.

[G]

GGSN Gateway GPRS Support Node.

GMSC Gateway MSC.

GPRS General Packet Radio Service.

GPS Global Positioning System.

GSM Global System for Mobile Communication.

[H]

HDB3 High Density Bipolar Code.

HLR Home Location Register.

HVC High Virtuel Container.
HTML HyperText Markup Language
[I]
IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers.
IDE Integrated Development Environment
IDU In Door Unit.
IP Internet Protocol.

[J]

JDK Java Développement Kit.

[L]

LOS Line Of Sight.
LVC Low Virtual Container.
LTE Long Term Evolution.

[M]

MIC ou **PCM** (en anglais) Pulse Code Modulation.
MMS Multimedia Messaging Service.
MS Mobile Station.
MSC Mobile Switching Centre.
MS-DRI Multiplex Section Remote Defect Indication.
MSOH Multiplexer Section Overhead.
MTS Mobile Tele System.

[N]

NMC	Network and Management Centre.
NSS	Network Sub System.
NTT	Nippon Telegraph &Telephone.

[O]

OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing.
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access.
OMC	Operations and Maintenance Center.
OSS	Operation Sub-System.
ODU	Out Door Unit.

[P]

PCU	Packet Control Unit.
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy.
PDN GW	Packet Data Network Gate-Way.
PDP	Packet Data Protocol.
RFU	Radio Frequency Unit.
PGW	Packet Switch-GetWay.
PIRE	Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente.
PLMN	Public Land Mobile Network.
PRC	Premary Referance Clook.

[Q]

QAM Quadrature Amplitude Modulation.

QoS Quality of Service.

QPSK Quadrature Phase Shift Keying.

[R]

RSOH Regenerator Section Overhead.

RTC Réseau Téléphonique Commuté.

RTCP Real-time Transport Control Protocol.

[S]

SAE System Architecture Evolution.

SDH Synchronous Digital Hierarchy.

SGSN Serving GPRS Support Node.

SIM Subscriber Identity Module.

STM Synchronous Transport Module.

SOH Section Overhead.

SPU Signal Processing Unit.

[T]

TCP Transmission Control Protocol.

TDD Time-Division Duplex.

TDMA Time Division Multiple Access.

[U]

UE User Equipment.

UIT Union Internationale des Télécommunications.

UMTS Universal Mobile Telecommunications System.

USIM Utilisator Sudscriber Identity Module.

[V]

VLR Visitor Location Register.

VoIP Voice over IP.

[W]

WAP Wireless Application Protocol.

WCDMA Wide Coding Division Multiple Access.

WiFi Wireless Fidelity.

INTRODUCTION GENERALE

Aujourd'hui la transmission de l'information est devenue primordiale et déterminante, et toute imperfection voire une faille plus au moins importante peut induire aux altérations ou même les pertes des signaux. Ces dégâts sont plus perceptibles en téléphonie lors du transport de données (signaux) d'un site à un autre.

La technologie ne cesse pas de se développer autour de ce sujet, en proposant à chaque fois des corrections, ou carrément de nouvelles versions pour répondre aux besoins des clients d'un côté et leur offrir toute commodité en le considérant roi d'un autre côté. Les générations mobiles à savoir la première, la deuxième, la troisième, la quatrième et la cinquième génération, tout en ayant des architectures plus au moins modifiées, elles ont connues des améliorations différentes visant toutes la bonne performance, et la meilleure qualité de service, ainsi que la sécurité du système et des communications.

Mais avant d'arriver aux développements de ces systèmes complexe performant, il fallait déjà passer par plusieurs techniques de transmissions à base des supports métalliques comme les câbles coaxiales et les paires torsadées ... qui présentent pas mal d'inconvénients. Pour y remédier, les spécialistes du domaine ont introduit ce qu'on appelle la transmission à base de supports non métalliques comme la fibre optique, tandis que les supports immatériels des communications sans fil propagent des ondes électromagnétiques.

Notre travail consiste en une étude de la transmission sans support physique plus précisément celle à base des faisceaux hertziens, qui a été proposé par l'opérateur OOREDOO : 'TRANSMISSION PAR FAICSEAUX HERTZIENS DANS LE RESEAU DE LA TELEPHONIE MOBILE DE OOREDOO'. Nous avons effectué un stage pratique au sein de cette entreprise, dans lequel nous avons appris la création d'un lien entre deux sites distants, ainsi que le calcul du bilan de liaison de ce lien à l'aide du logiciel « Mentum Ellipse ». Ce dernier permet d'effectuer les calculs nécessaires à la mise en service de faisceaux hertziens, les calculs

se présentent sous forme de calcul énergétique, analyse d'interférence, et le choix de l'équipement à utiliser.

Pour appliquer nos connaissances acquises durant ce stage nous avons opté pour la création d'une petite application java qui calcule la distance entre deux site à partir de leurs coordonnées GPS, et le bilan de liaison.

Notre étude est structurée de la façon suivante :

- Le premier chapitre, nous avons défini les générations de la téléphonie mobile, leurs architectures et caractéristiques.
- Le deuxième chapitre, est destiné aux différentes techniques de transmission de données (avec et sans support physiques).
- Le troisième chapitre, est consacré à la représentation des faisceaux hertziens, leur fonctionnement, leur principe de transmission et le bilan de liaison.
- Le quatrième chapitre, est consacré à la représentation du logiciel « Mentum Ellipse » utilisé par l'opérateur OOREDOO, et à l'application que nous avons réalisé avec le langage de programmation JAVA.

Enfin, on conclure par une conclusion générale et une bibliographie.

CHAPITRE I

Les Générations de la Téléphonie

Mobile

I. Introduction :

Une nouvelle génération mobile émerge à peu près tous les 10 ans. Elle est en générale portée par et pour les attentes des clients face à un monde mutant devenant toujours plus numérique. Les deux premières générations nous ont permis de communiquer par la voix en toutes circonstances tandis que la 3G et la 4G nous ont permis l'internet et ses services.

Les réseaux de la 1ère génération (appelée aussi 1G) ont été intégrés au réseau detélécommunication dans les années 80. Ces systèmes ont cependant été abandonnés il y a quelques années laissant la place à la seconde génération, appelée 2G lancée en 1991. Nous pouvons distinguer deux autres types de générations au sein même de la seconde : la 2.5 et la 2.75. Le principal standard utilisant la 2G est GSM. A la différence de la 1G, la seconde génération permet d'accéder à divers services, comme l'utilisation du WAP permettant d'accéder à Internet, tant dit que pour la 3^{ème} génération connue sous le nom de 3G permet un haut débit pour l'accès à l'internet et le transfert de données. En ce qui concerne la 4^{ème} génération 4G(LTE), elle permet le très haut débit, une moindre latence et beaucoup d'autres services, Concrètement, la 5^{ème} génération sera beaucoup plus fluide pour la transmission d'informations et les appels internationaux.

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

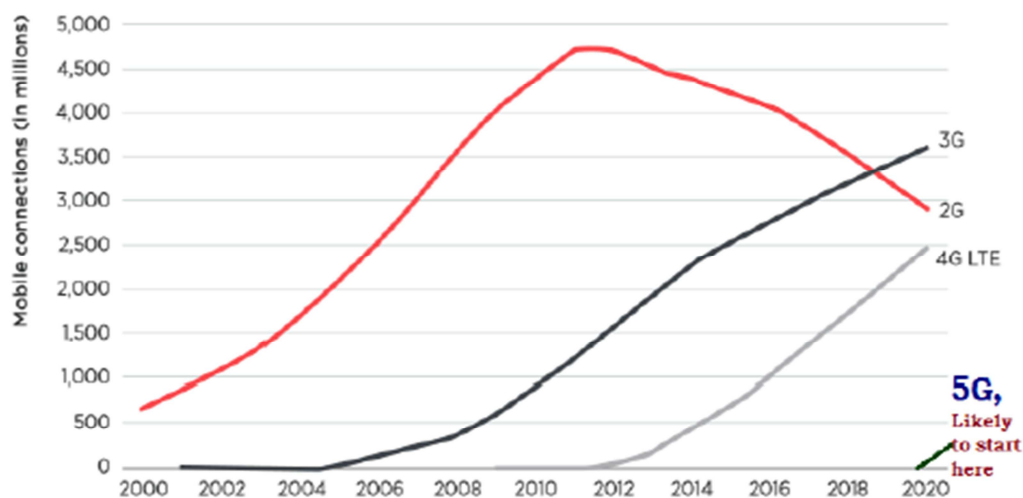


Figure I.1 :La chronologie de toutes les technologies des générations précédentes.

I.1. Définition de la téléphonie mobile :

La téléphonie mobile ou téléphonie cellulaire est un moyen de communication par téléphone mobile, elle est basée sur la radiotéléphonie, c'est-à-dire la transmission de la voix à l'aide d'ondes radioélectriques.

I.2. Différentes générations de la téléphonie mobile : [1]

Pour savoir de quoi nous sommes partis pour mieux se positionner à l'heure actuelle, il nous semble intéressant de rappeler l'évolution des différentes générations de la téléphonie mobile.

I.2.1. La 1^{ère} génération de la téléphonie mobile (1G) :

La première génération de téléphonie mobile (notée **1G**) est apparue dans le début des années 80 possédait un fonctionnement analogique et était constituée d'appareils relativement volumineux et cette génération avait beaucoup de défauts, comme la transmission non sécurisé (écouter des appels), pas de roaming vers l'international.

Les réseaux cellulaires de première génération ont été rendus obsolètes avec l'apparition d'une seconde génération entièrement numérique.

I.2.2. La 2^{ème} génération de la téléphonie mobile (2G) :

La seconde génération de réseaux mobiles (notée **2G**) est apparu dans les années 90 et a marqué une rupture avec la première génération de téléphones cellulaires grâce au passage de l'analogique vers le numérique.

Son principe, est de passer des appels téléphoniques, s'appuyant sur les transmissions numériques qui ont apporté une meilleure qualité ainsi qu'une plus grande capacité à moindre cout pour l'utilisateur, ainsi qu'elle autorise le roaming entre les pays exploitant le réseau GSM.

A. Le système cellulaire : [1]

Le système cellulaire constitue le principe de base des réseaux radio mobiles, la région couverte est divisée en cellule, comme illustré à la figure I.2. Une cellule est de forme circulaire mais dépend en réalité de la topographie de la région qui est servie par l'antenne de la cellule. Pour plus de clarté, on peut les illustrer par des hexagones. Au centre d'une cellule on retrouve un ou un ensemble d'émetteurs-récepteurs BTS.

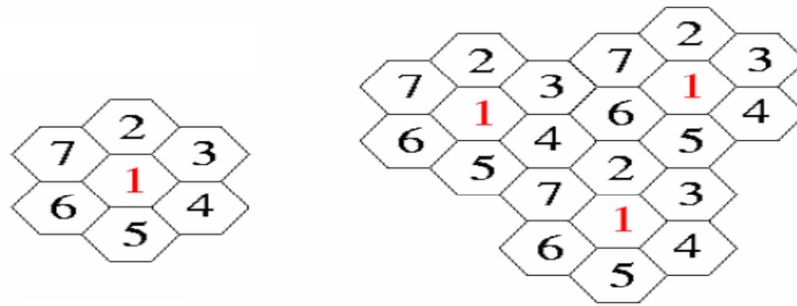


Figure I.2 : un motif élémentaire (à gauche) et un ensemble de motifs dans un réseau (à droite)

La dimension d'une cellule est en fonction de la puissance de son BTS. Si un BTS est très puissant, alors son champ d'action sera très vaste, mais sa bande de fréquence peut être rapidement saturée par des communications. Par contre, en utilisant des cellules plus petites, (émetteur-récepteur moins puissant) alors la même bande de fréquence pourra être réutilisée plus loin, ce qui augmente le nombre de communications possibles.

Et celle-ci dépend :

- Du nombre d'utilisateurs potentiels dans la zone
- De la configuration du terrain (relief géographique, présence d'immeubles)
- De la nature des constructions (maisons, building, immeubles en béton ...)
- De la localisation (rurale, suburbaine ou urbaine).

On distingue quatre types de cellules : Macro, Micro, Pico, «Umberella » cellules.

- Macro-cellule : cellule a grande couverture avec une antenne au-dessus des obstacles.
- Microcellule : cellule a couverture moyenne, avec une antenne sous le niveau moyen des toits, elle est utilisée souvent en zone urbaine.
- Pico-cellule : petite cellule de quelque dizaine de mètres, souvent en intérieur.
- Cellule Umberella (parapluie) : cellule destinée à couvrir des lieux masqués par des obstacles (haut bâtiment), ou à réaliser la couverture entre deux cellules.

B. Les caractéristiques du réseau GSM : [2]

La norme GSM prévoit que le téléphone mobile par GSM occupe deux sous bande de fréquences autour de 900 MHz :

1. La bande de fréquence [890-915] MHz pour les communications montantes (du mobile vers la station de base)
2. La bande de fréquence [935-960] MHz pour les communications descendantes (de la station de base vers le mobile)

Chaque canal fréquentiel utilisé pour une communication a une largeur de bande de 200MHz, cela laisse la place pour 124 canaux fréquentiels à répartir entre les différents opérateurs.

On a donc porté la technologie GSM 900 MHz vers une bande ouverte a plus haute fréquence. C'est le système DCS-1800 (Digital Communication System) dont les caractéristiques sont quasi identiques au GSM en termes de protocoles et de service. Les communications montantes se faisant alors entre [1700] et [1785] MHz et les communications descendantes entre [1805] et [1880] MHz.

Connaissant les différents canaux disponibles, il est alors possible d'effectuer un multiplexage fréquentiel, plusieurs techniques de multiplexages sont utilisées dans les différents systèmes :

- **FDMA** :(Frequency Division Access), en attribuant un certain nombre de fréquences porteuses par station de base. Un opérateur ne dédie pas pour autant une bande de fréquence par utilisateur, car cela conduirait à un gaspillage de ressources radio étant donné qu'un utilisateur émet par intermittence.
- **TDMA** :(Time Division Multiple Access) consistant à diviser chaque canal de communications en trames de temps (dans le cas de GSM).

Ainsi, avec le TDMA, il est possible de faire parler huit utilisateurs l'un après l'autre dans le même canal. Alors, on multiplie le nombre de canaux disponibles par unité de temps par huit.

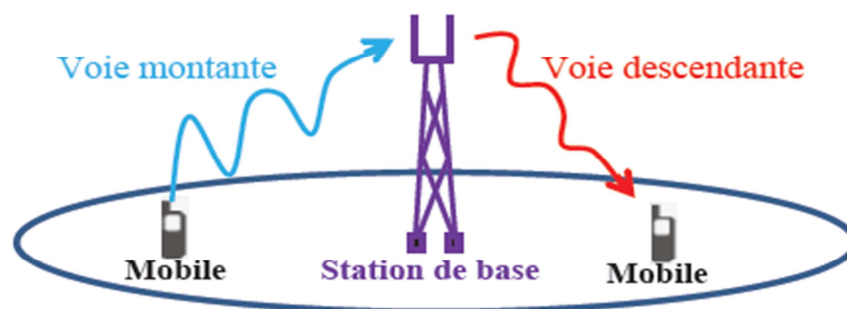


Figure I.3 : La transmission en voie descendante et montante dans un contexte deux-utilisateurs

C. L'architecture du réseau GSM : [3]

Le réseau GSM est composé de 3 parties essentielles, comme la montre la figure ci-dessous.

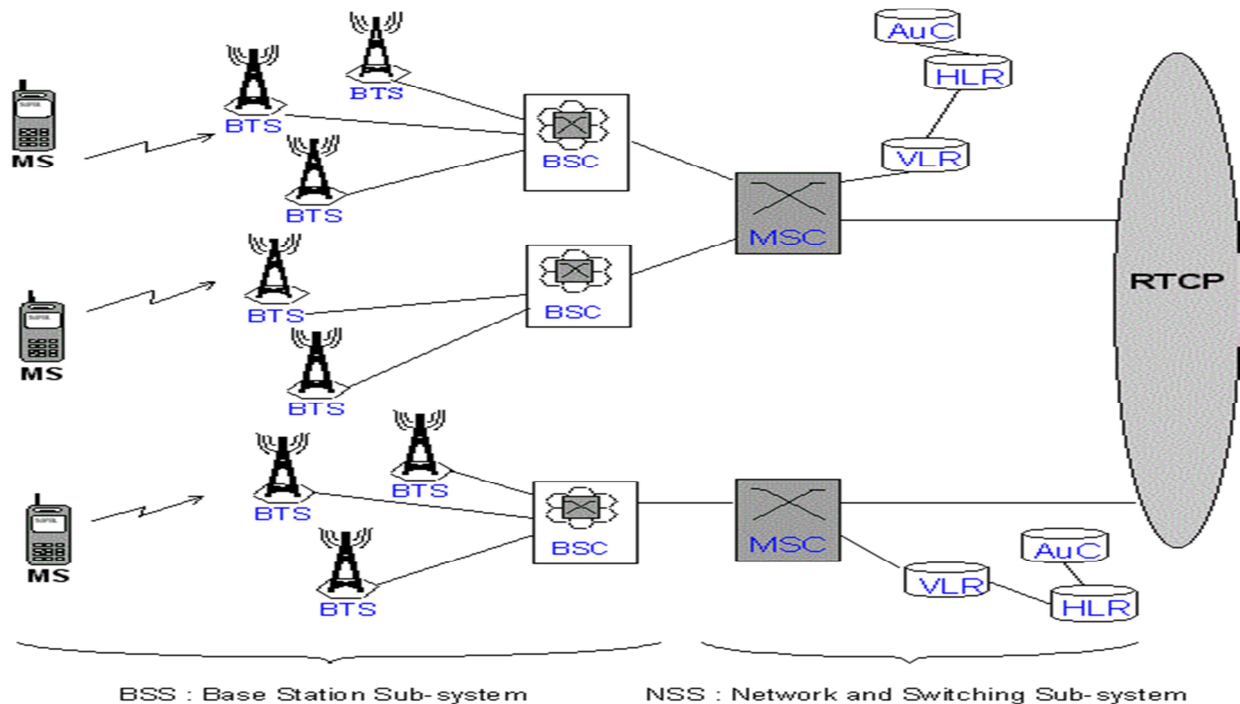


Figure I.4 :L'architecture du réseau GSM

a. Le sous-système radio BSS (base station sub-system) :

C'est un sous-système du réseau GSM qui assure les transmissions radioélectriques et gère la ressource radio. Le BSS comprend deux parties : BTS et BSC

- **BTS** : (station de base) est constitué d'un ou plusieurs Emetteur-Récepteur et leur antenne
- **BSC** : (Contrôleur de Station de Base) son rôle est de gérer les ressources radios d'un ou plusieurs BTS et le Commutateur de Service Mobile (MSC)

b. LE sous-système réseau(NSS) :

C'est un sous-système du réseau GSM qui gère les communications entre les abonnés et les autres usagers (d'autres abonnés), des usagers sur le réseau RNIS ou des usagers de réseaux téléphoniques fixes.

Ce sous-système consiste en :

- **MSC** :(COMMUTATEUR DE SERVICE MOBILE) C'est le cœur du système puisqu'il fait la gestion des appels, la localisation et agit comme un nœud d'un réseau commuté.

- **GMSC** :(COMMUTATEUR D'ENTREE DE SERVICE MOBILE) C'est l'interface entre le réseau cellulaire et le réseau téléphonique publique et ce commutateur est chargé d'acheminer les appels du réseau fixe à un usager du GSM
- **HLR** :(REGISTRE DES ABONNEES LOCAUX) C'est une base de données contenant des informations sur les abonnés de la région desservie par le commutateur de service mobile (MSC) et la position des abonnés.
- **VLR** :(REGISTRE DES ABONNEES VISITEURS) C'est une base de donnée contient temporairement des informations sur les abonnés qui visitent une région desservie par le commutateur de service mobile (MSC)
- **AuC** :(CENTRE D'AUTHENTICITE) C'est une base de données qui contient une copie de la clé secrète inscrite sur la SIM de chaque abonné et l'encryptage des données envoyées.
- **EIR** :(REGISTRE D'IDENTIFICATION D'EQUIPEMENT) Ce registre permet de refuser l'accès au réseau d'un terminal qui a été déclaré perdu ou volé.
- **GIWU** :(UNITE DE TRANSFERT) Permet la transmission de la voix et des données alternativement

c. Le sous-système d'exploitation et de maintenance (OSS) :

Ce sous-système est branché aux différents éléments du sous-système réseau(NSS) de même qu'au contrôleur de station de base (BSC) et ses principales activités de gestion : la gestion administrative, la gestion commerciale et la gestion technique ; le réseau de maintenance technique s'intéresse au fonctionnement des éléments du réseau. Il gère notamment les alarmes, les pannes, la sécurité ...

I.2.3. Le GPRS (General Packet Radio Service) 2,5 G : [4]

Le GPRS est venue de l'utilisation excessive de l'internet. Lors de la consultation de pages web, une session peut durer plusieurs minutes, alors que les données ne sont réellement transmises que pendant quelques secondes, durant le téléchargement des pages.

Le changement important apporté au réseau GSM est l'addition d'une unité de contrôle paquet PCU (Packet Control Unit) à la station de contrôle de base BSC. Le GPRS avec tous ces éléments est semblable au GSM excepte, l'ajout d'une partie de manipulation des paquets.

A. L'architecture de GPRS (General Packet Radio Service) 2,5 G :

L'implémentation de GPRS dans le réseau GSM est réalisée principalement grâce à deux nouveaux équipements :

Le SGSN (Gateway GPRS Support Node) et le GGSN (GPRS Gateway Support Node) ces deux équipements sont respectivement l'équivalent du MSC dans le réseau GSM et la passerelle entre le réseau GPRS et les réseaux extérieurs comme Internet.

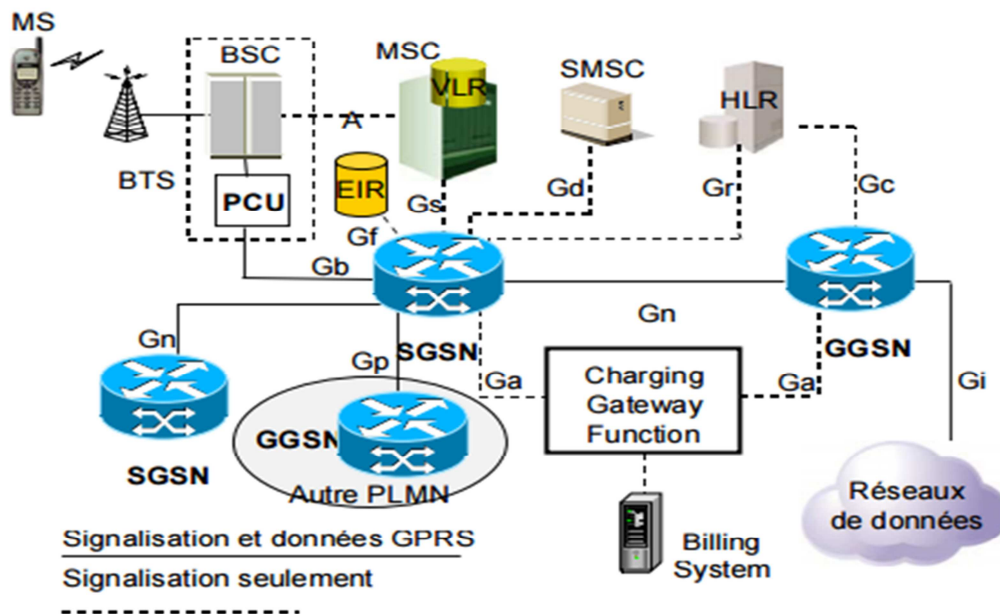


Figure I.5 : L'architecture du réseau GPRS

- **Le commutateur SGSN (Serving GPRS Support Node) :** Le commutateur SGSN est l'élément le plus important dans le réseau GPRS, c'est le point de service d'accès à la station mobile ; ces principales fonctions incluent la gestion de mobilité, l'enregistrement et l'authenticité.
- **Le commutateur GGSN (Gateway GPRS Support Node) :** Le GGSN est connecté au SGSN sur le bord du réseau et aux autres réseaux mondiaux extérieurs comme l'internet ; sa principale fonction est de protéger le réseau GPRS de tout événement extérieur. Quand les données sont issues d'un réseau externe, après vérification d'adresse, les données sont envoyées vers le SGSN, si l'adresse est invalide les données sont rejetées.
- **La porte frontière BG (Border Gateway) :** Sa fonction est d'interconnecter les différents opérateurs de réseau GPRS afin de faciliter le Roaming.
- **L'unité de contrôle paquet PCU (Packet Control Unit) :** C'est une nouvelle carte implantée dans le BSC afin de gérer le trafic du réseau GPRS.

I.2.4. La 3^{ème} génération 3G (UMTS) : [5]

La 3G a été impulsée pour permettre des applications vidéo sur le mobile et améliorer la QoS du Multimédia. Les applications visées étaient la possibilité de regarder YouTube, de la visiophonie,... Outre l'augmentation de débit, un point complexe à résoudre était de passer d'un service de téléphonie vers un service DATA. Et l'idée été d'ajouter des amplificateurs avant chaque antenne, en changeant les techniques de modulation.

A. L'architecture de La 3^{ème} génération 3G (UMTS) :[6][7]

L'architecture du réseau UMTS est composée de trois domaines :

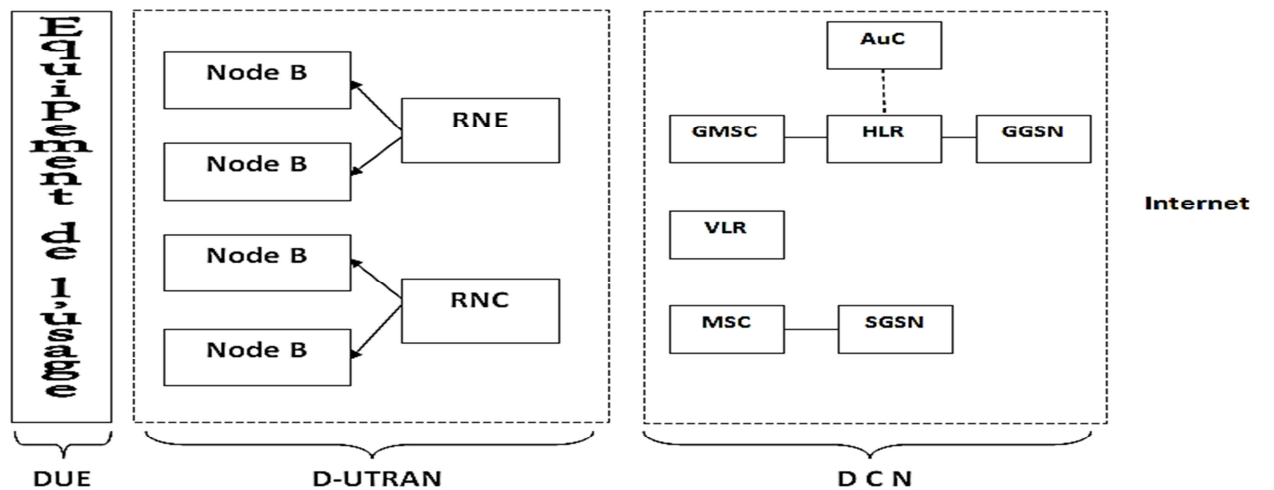


Figure I.6 :l'architecture de l'UMTS

- **Le domaine d'accès utilisateur :** Il est similaire à celui qui avait été défini pour le GSM. Il se compose d'un terminal capable de gérer l'interface radio et d'une carte à puce, la carte USIM (Utilisator Sudscriber Identity Module), qui contient les caractéristiques de l'utilisateur et de son abonnement
- **Le domaine d'accès radio :** L'UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network)
- **Le domaine du réseau cœur :**(Core network) est hérité de l'architecture NSS de GSM et est constitué d'une partie commutation de circuits (MSC-GSM).les nœuds de signalisation, la gestion de la mobilité, les services réseaux intelligents et les HLR, AUC, EIR ... devront évoluer pour intégrer les spécifications UMTS.

B. Le mode de transmission dans le réseau UMTS :

Ce réseau repose sur deux modes :

- **Le mode circuit :** Le domaine circuit permettra de gérer les services temps réels dédiés aux conversations téléphoniques (vidéo-téléphonie, jeux vidéo, applications multimédia). Ces applications nécessitent un temps de transfert rapide. Lors de l'introduction de l'UMTS le débit du mode domaine circuit sera de 384 Kbits/s.
- **Le mode paquet :** Le domaine paquet permettra de gérer les services non temps réels. Il s'agit principalement de la navigation sur Internet, de la gestion de jeux en réseaux ainsi que l'accès et l'utilisation des e-mails. Ces applications sont moins sensibles au temps de transfert, c'est la raison pour laquelle les données transiteront en mode paquet. Le débit du domaine paquet sera sept fois plus rapide que le mode circuit, environ 2Mbits/s.

I.2.5. La 4^{ème} génération 4G (LTE) : [8] [9]

La technologie 4G est la norme qui succède et réunit l'ensemble de données de la 3G. Cela garantit un transfert de données de meilleure qualité. Des débits vont de 100 Mb/s à 1 Go/s.

La technologie LTE (Long Term Evolution) ou La 4G s'appuie sur un réseau de transport à commutation de paquet IP ; elle utilise des bandes de fréquence hertziennes d'une largeur de « 1,4 à 20 » MHz permettant ainsi d'obtenir un débit binaire théorique pouvant atteindre « 300 Mbit/s » alors que la vraie 4G offre un débit atteignant « 1 Gbit/s ». Les systèmes 4G sont complètement orientés vers l'utilisateur final, en fournissant des services variés à haut débit et sans coupure à travers les réseaux.

A. L'architecture de La 4^{ème} génération 4G (LTE) :

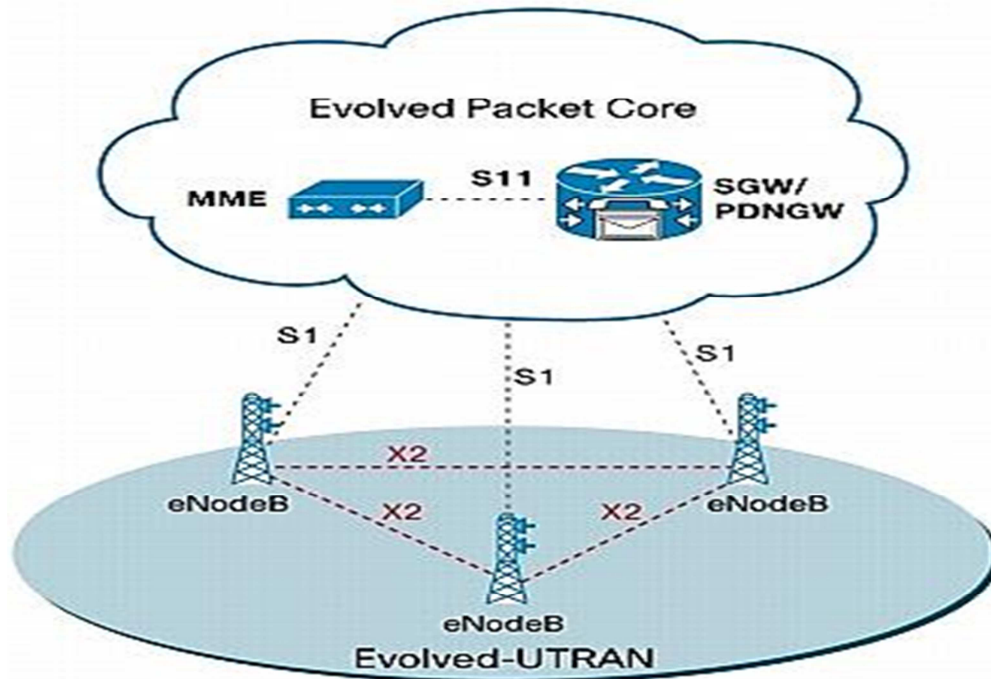


Figure I.7 : l'architecture de la 4^{ème} génération de téléphonie mobile LTE

a. La partie radio eUTRAN :

C'est la partie chargée de la gestion des ressources radio d'accès vers le réseau cœur. Elle est composée de plusieurs eNodeB

- eNodeB :

L'eNodeB est composé de NodeB et RNC intégré. Il fournit les fonctionnalités de contrôleur radio et la mobilité est déterminée à son niveau. Ce qui rend le réseau moins latent.

b. EPC : Evolved Packet Core

Le cœur de réseau appelé « EPC » (Evolved Packet Core) utilise des protocoles IP pour les transmissions ce qui permet des temps de latence réduits, il est composé de :

- MME : Mobility Management Entity :

Cette partie est responsable de la localisation et la poursuite du terminal mobile (UE). Il contrôle le signal entre l'UE et le réseau et assure l'établissement et le maintien des services radio.

➤ PDN-GW : Packet Data Network Gateway :

C'est une passerelle entre l'UE et le réseau PDN.

B. Les caractéristiques de la 4G :

- Il offre un débit de donnée crête sur la voie montante de 50 Mbits/s.
- Un débit pic théorique de 100 Mbits/s à 300 sur la voie descendante et un temps d'aller-retour de moins de 10 ms sur l'interface radio (RAN).
- Le LTE utilise une largeur de bande de 2x20 MHz.
- LTE répond à des nouveaux besoins (délai court, débit élevé)
- Architecture générale simplifiée.
- Qualité de service est principalement garantie

I.2.6. La 5^{ème} génération de téléphonie mobile 5G : [10] [11] [12]

Pour pallier aux problèmes rencontrés par la 4G certains organisations international (ex : IEEE) ont commencé à travailler sur la prochaine génération 5G, basée sur plusieurs segments bien différents, dont voici quelques exemples contemporains :

- Les réseaux maillés intelligents et plus généralement la gestion de flux (électricité, gaz...).
- Les villes intelligentes avec des besoins aussi bien au niveau des transports (similaires aux besoins des véhicules connectés) que gestion des bâtiments.
- Les véhicules connectés non plus seulement pour le loisir et les informations mais pour des fonctions de type sécurité (avec des contraintes de qualité de service et de faible latence très élevées) avec des communications entre véhicules et entre véhicules et infrastructure.
- La médecine et notamment la chirurgie assistée (à distance).

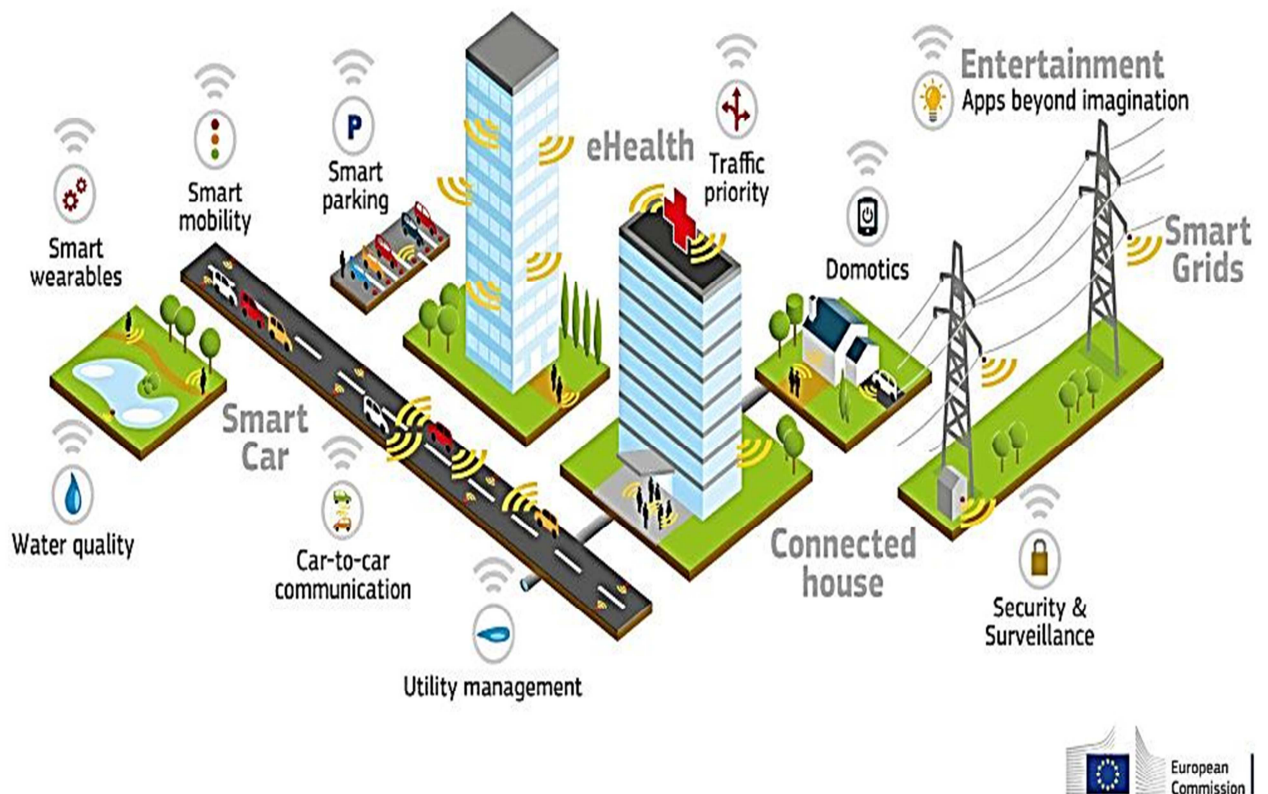


Figure I.8 : Le domaine d'application de la 5^{ème} génération de la téléphonie mobile

A. Définition de la 5eme génération :

La 5G est une technologie qui pourrait permettre des débits d'une connexion internet de plusieurs gigabits par seconde. Ces débits sont susceptibles de répondre à la demande croissante de données avec l'essor des Smartphones et d'objets communicants connectés au réseau.

La 5G vise à permettre l'envoi très simple de grandes capacités de données. Et Parmi les ambitions des concepteurs de la 5G, avoir moins d'antennes, une vitesse moyenne envisagée est de 1 Gb par seconde pour optimiser le fait de téléphoner à l'étranger, et un passage très rapide d'une page à une autre.

B. L'architecture de la 5G :

Comme cela est représenté dans la figure 1.9, le modèle de système est entièrement 5G IP modèle basé conçu pour les réseaux sans fil et mobiles.

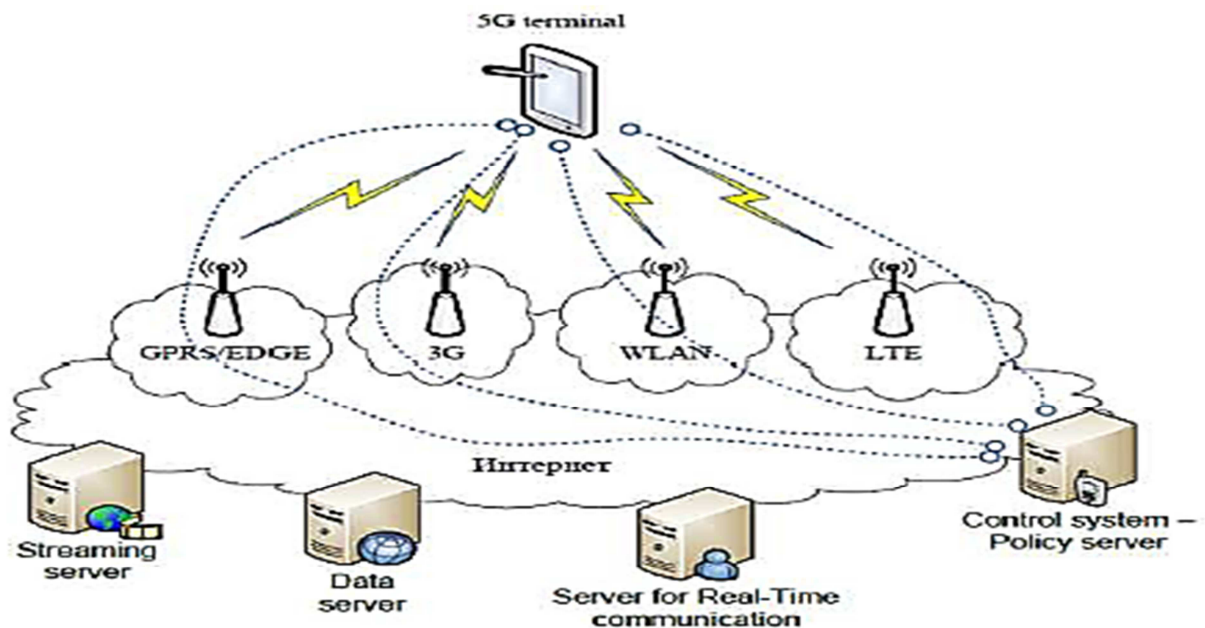


Figure 1.9 : Figure représentant l'architecture de la 5^{ème} génération de la téléphonie mobile

Le système comprenant un terminal d'utilisateur principal, puis un certain nombre de technologies d'accès radio indépendantes et autonomes. La technologie IP est conçue exclusivement pour assurer des données de contrôle suffisantes pour le routage approprié des paquets IP relatifs à une certaine connexion d'application.

C. Les priorités de la 5^{ème} génération :

Pour la 5^{ème} génération les concepteurs ont défini les priorités suivantes :

- Un réseau devant pouvoir répondre à une multiplicité de besoins incluant les objets et de nouveaux services :
 - Connecter des millions d'objets aux besoins extrêmement variés.
 - la vidéo à haute définition.
- Un réseau offrant une bonne qualité de service partout dans les cellules et partout sur le territoire.
- Un réseau « Vert » à faible émission, faible coût énergétique et à faible impact sur l'environnement.
- Une infrastructure sécurisée dans un contexte de virtualisation des fonctions réseaux.

- Un réseau optique capable de supporter les promesses de la 5G.

D. Les Avantages et les Inconvénients de la 5eme génération :

Il existe plusieurs avantages de la technologie 5G :

- Haute résolution de la bande passante.
- Technologie de rassembler tous les réseaux sur une seule plateforme.
- Plus efficace et efficiente.
- Technologie pour faciliter les outils de supervision d'abonné pour l'action rapide.
- Facilement gérable avec les générations précédentes.
- Possibilité de fournir des uniformes, sans interruption, et la connectivité cohérente à travers le monde.
- Traitement médical deviendra plus facile, Un médecin peut traiter le patient situé dans une partie reculée du monde

Bien que, la technologie 5G a plusieurs avantages mais pose aussi quelques lacunes comme :

- Beaucoup de vieux appareils ne seraient pas compétents pour 5G, par conséquent, chacun d'entre eux doivent être remplacés par un nouvel appareil.
- Le développement des infrastructures a besoin d'un coût élevé.
- Sécurité et problème de confidentialité encore à résoudre.
- La vitesse, cette technologie réclame semble difficile à réaliser en raison du soutien technologique incompetent dans la plupart des régions du monde.

I.3. Conclusion :

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

Ainsi, la mise en œuvre du service GPRS implique une évolution matérielle et logiciel s'ajoutant au réseau GSM déjà existants. L'évolution du GSM vers GPRS prépare à l'introduction des réseaux de troisième génération l'UMTS. En ce qui concerne l'infrastructure, des modifications doivent être effectuées pour l'intégration du GPRS ou l'UMTS par l'ajout d'autres équipements, et le chargement de logiciels. et après l'UMTS on a vu la 4ème génération (4G) et ses caractéristiques et en dernier on a présenté la nouvelle génération qui est en cours de traitement la 5 G, son architecture, ses priorités ses avantages et ses inconvénients.

Dans le prochain chapitre on va présenter les techniques de transmission dans le réseau de la téléphonie mobile.

CHAPITRE II

Technique de transmission de données

II. Introduction :

La transmission à distance de l'information a toujours été une préoccupation humaine importante. Dans l'antiquité, des messagers parcouraient à pied la distance entre l'émetteur et le récepteur du message. A cette époque, l'information ne se déplaçait pas à la vitesse de la lumière et on ne connaissait pas les autoroutes de l'information. Plus tard, l'homme a utilisé des supports de transmissions très variés (paires métalliques, câbles coaxiaux, fibre optique, sans fil ...) et ces nouvelles technologies permettant des débits toujours plus élevés entraîne l'élaboration et la mise sur le marché d'applications toujours plus gourmandes en ressources. Les faisceaux hertziens s'inscrivent dans cette évolution et apportent des améliorations considérables en termes de débits qui permettent de transmettre très rapidement des informations.

Dans les points qui suivent, nous allons représenter les différents supports et techniques de transmission, leurs caractéristiques, avantages et inconvénients.

II.1. Définition de la transmission :

C'est une opération qui permet d'acheminer un signal ou un message d'un émetteur vers un récepteur, d'un lieu à un autre par un support de transmission.

II.2. Les différents supports de transmission : [13]

Les supports de transmission sont nombreux. Parmi ceux-ci, on distingue, les supports métalliques, non métalliques et immatériels.

Les supports métalliques, comme les paires torsadées et les câbles coaxiaux, sont les plus anciens et les plus largement utilisés ; ils transportent des courants électriques. Les supports non métalliques, de verre ou de plastique, comme les fibres optiques, transmettent la lumière, tandis que les supports immatériels des communications sans fil propagent des ondes électromagnétiques et sont en plein essor.

A. Paires torsadées :

Une paire torsadée se compose de deux conducteurs en cuivre, isolés l'un de l'autre et enroulés de façon hélicoïdale autour de l'axe de symétrie longitudinal.

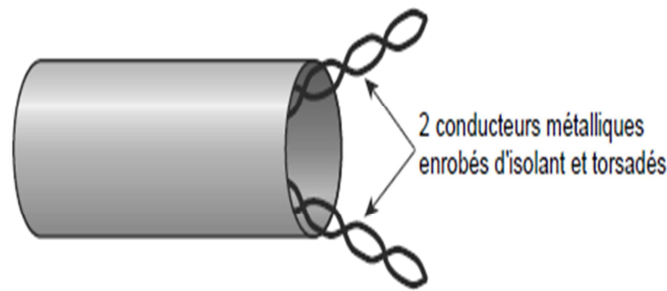


Figure II.1 : Une paire torsadée

Son principal inconvénient est l'affaiblissement des courants, d'autant plus important que le diamètre des conducteurs est faible. Les paires torsadées contiennent, à intervalles réguliers, des répéteurs qui régénèrent les signaux. Quand plusieurs paires sont rassemblées dans un même câble, les courants transportés interfèrent les uns avec les autres. Ce phénomène est appelé diaphonie.

La paire torsadée suffit pour les réseaux locaux d'entreprise où les distances se limitent à quelques kilomètres.

B. Les Câbles coaxiaux :

Le câble coaxial est formé de deux conducteurs métalliques cylindriques de même axe séparés par un isolant pour éviter les perturbations dues aux bruits externes. Ce câble présente de meilleures performances que la paire torsadée : affaiblissement moindre, transmission de signaux de fréquences plus élevées, etc.

La capacité de transmission d'un câble coaxial dépend de sa longueur et des caractéristiques physiques des conducteurs et de l'isolant. Sur 1 km, un débit de plusieurs centaines de Mbit/s peut être atteint. Sur des distances supérieures à 10 km, l'atténuation des signaux réduit considérablement les débits possibles. C'est la raison pour laquelle on utilise désormais les fibres optiques sur les liaisons grandes distances.

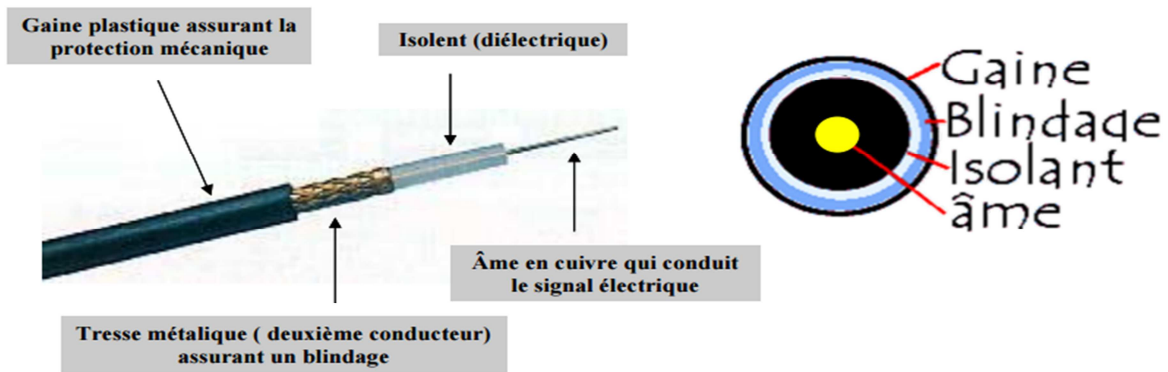


Figure II.2 : Un câble coaxial

C. La fibre optique :

Une fibre optique est constituée d'un fil de verre très fin. Elle comprend un cœur, dans lequel se propage la lumière émise par une diode électroluminescente ou une source laser et une gaine optique dont l'indice de réfraction garantit que le signal lumineux reste dans la fibre.

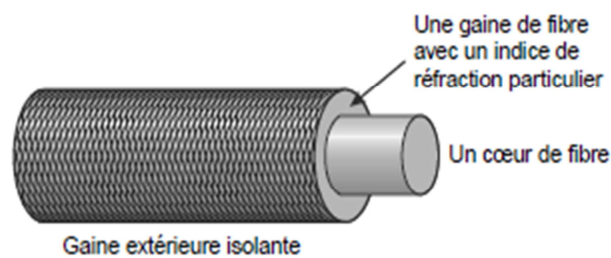


Figure II.3 : Une fibre optique

Les avantages de la fibre optique sont nombreux : diamètre extérieur de l'ordre de 0,1 mm poids de quelques grammes au kilomètre ; Cette réduction de taille et de poids la rend facile à utiliser. En outre, sa très grande capacité permet la transmission simultanée de nombreux canaux de télévision, de téléphone... Les points de régénération des signaux sont plus éloignés (jusqu'à 200 km), du fait de l'atténuation moindre de la lumière.

Enfin, l'insensibilité des fibres aux parasites électromagnétiques est un avantage très apprécié, puisqu'une fibre supporte sans difficulté la proximité d'émetteurs radioélectriques. On peut l'utiliser dans des environnements perturbés (avec de puissants champs électromagnétiques, par exemple). Par ailleurs, elle résiste bien aux écarts de température. La fibre optique

constitue la plupart des artères des réseaux de télécommunications et des réseaux locaux à très haut débit.

D. Les supports sans fil :

Les ondes électromagnétiques se propagent dans l'atmosphère ou dans le vide, L'absence de support matériel apporte une certaine souplesse et convient aux applications comme la téléphonie ou les télécommunications mobiles, sans nécessiter la pose coûteuse de câbles. Et parmi les supports de la transmission sans fil on trouve les ondes radioélectriques et les faisceaux hertziens.

D.1. Les ondes radioélectriques :

Les ondes radioélectriques correspondent à des fréquences comprises entre 10 kHz et 2 GHz.

Un émetteur diffuse ces ondes captées par des récepteurs dispersés géographiquement.

Il n'est pas nécessaire d'avoir une visibilité directe entre émetteur et récepteur, car l'onde radioélectrique utilise l'ensemble des ondes réfléchies et diffractées. En revanche, la qualité de la transmission est moindre car les interférences sont nombreuses et la puissance d'émission est beaucoup plus faible.

D.2. Les faisceaux hertziens : [14] [15] [16]

Un faisceau hertzien est un système de transmission radioélectrique comportant des stations relais intermédiaires entre l'émetteur et le récepteur. Les stations successives doivent être soit en liaison direct soit au-delà de l'horizon (liaison transhorizon). Les faisceaux hertziens transhorizon utilisent des ondes électromagnétiques dans la troposphère, Alors que les faisceaux hertziens en visibilité supposent un trajet entre antenne d'émission et de réception suffisamment dégagé de tout obstacle.

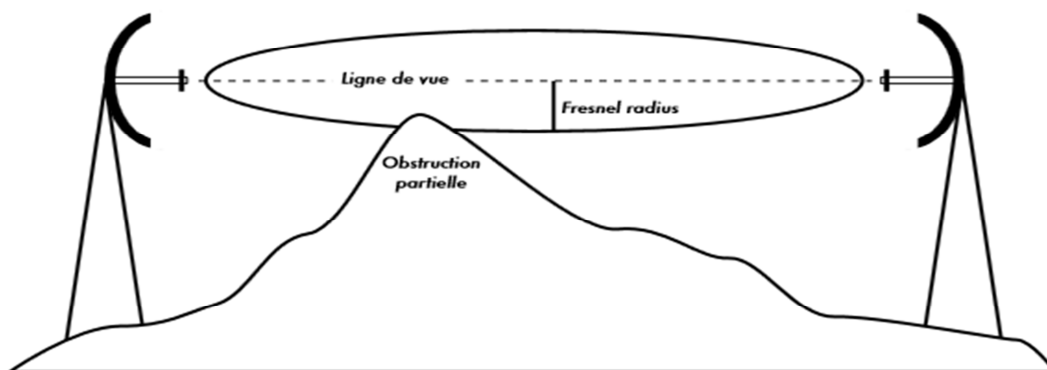


Figure II.4 : La liaison hertzienne

Le faisceau est un support de type pseudo-4 fils. Les deux sens de transmission sont portés par des fréquences différentes. Pour des raisons de distance et de visibilité.

Une liaison par faisceau hertzien peut être unilatérale ou bilatérale. Les liaisons unilatérales sont fréquentes en transmission de télévision, par contre les liaisons de transmission de données de téléphonie sont bilatérales. En téléphonie, avec la numérisation des autocommutateurs téléphoniques on assiste progressivement au passage de la transmission de signaux analogiques à la transmission de signaux numériques.

L'intérêt principal de ces liaisons est qu'elles ne nécessitent pas de support physique entre l'émetteur et le récepteur. C'est le moyen de communication idéal pour les liaisons avec les objets mobiles : automobiles, bateaux, trains, avions, fusées, satellites, etc...

D.2.1. Les type des faisceaux hertziens :

On peut classer les FH en deux catégories :

- **Les FH analogiques** : utilisés principalement pour :
 - La transmission des multiplex analogiques dont la capacité va de quelques voies téléphoniques à 2700 voies téléphoniques.
 - La transmission des images TV, et des voies de sons qui leur sont associées et aussi d'autres signaux tels que les données.
- **Les FH numériques** : qui acheminent principalement :
 - Des multiplex numériques dont les débits vont de 2 Mbits/s à 140 Mbits/s.
 - Des données à grande vitesse.
 - La visiophonie.
 - La télévision codée, etc...

D.2.2. Les avantages et les inconvénients d'un faisceau hertzien :

Aujourd'hui un faisceau hertzien est principalement numérique, et ces principaux avantages sont :

- Faible coût de déploiement comparé à la fibre optique.
- La possibilité d'avoir des débits et des portées très élevées.
- La fiabilité et la sécurité.
- Matériel flexible et évolutif.

Les inconvénients majeurs sont :

- Ces ondes sont principalement sensibles au relief, bâtiments...

- Les conditions de réfractivité de l'atmosphère et présentent une sensibilité assez forte aux phénomènes de réflexion.
- Obligation de vue directe entre les paraboles (LOS : Line Of Sight).
- Coûts des licences.
- Liaison sensible aux hydrométéores, notamment lors de fortes pluies.

II.3. Types de transmission :

La transmission analogique et numérique sont les deux procédés utilisés pour transporter les données d'un point à un autre. Mais vu que la transmission analogique provoque des erreurs qui peuvent être gênantes lors de la transmission, la transmission numérique est venue pour repérer et corriger ces erreurs.

II.3.1. La transmission numérique : [17]

Le but d'un système de transmission numérique est d'acheminer l'information de la source vers le destinataire en traduisant tout le signal en une suite de bits avec plus de fiabilité possible.

A. Système MIC (Modulation par Impulsion et Codage) :

Les modulations numériques consistent à convertir une information analogique, portée par un signal à variations continues, en une séquence de caractères discrets issus d'un alphabet fini de caractères, pris à des intervalles réguliers. C'est le cas de la modulation MIC utilisée dans la téléphonie. Et 3 opérations sont nécessaires pour numériser un signal :

- Echantillonnage.
- Quantification.
- Codage.

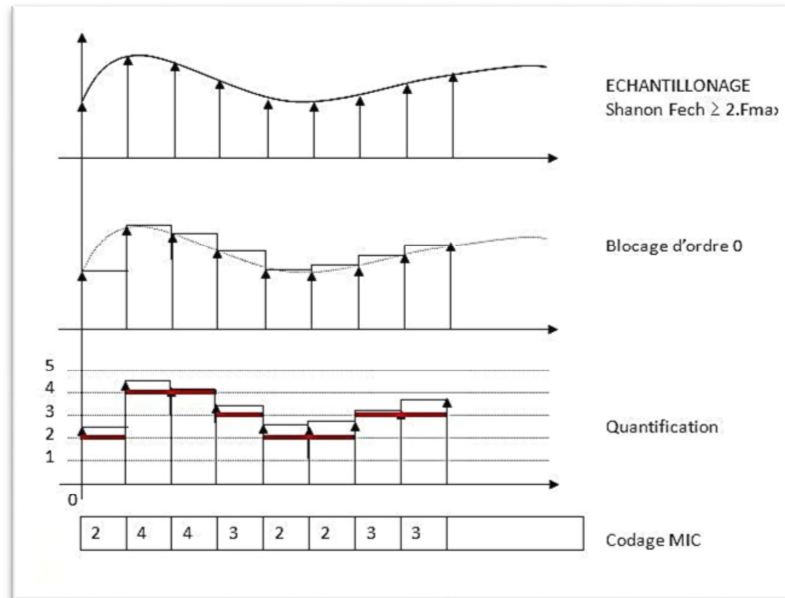


Figure II.5 : Les étapes de la modulation MIC

➤ L'échantillonnage :

Quand un signal est émis en bande de base ou par une modulation sinusoïdale, tous les points de ce signal sont effectivement transmis.

Le théorème d'échantillonnage « théorème de Shannon » dit que :

- Si un signal possède un spectre en bande de base limité à une fréquence f_{max} .
- Si ce même signal est échantillonné à une fréquence constante f_e (fréquence d'échantillonnage) telle que :

$$f_e \geq 2 f_{max} \text{ (II.1)}$$

Le signal émis peut alors être reconstitué à la réception théoriquement sans distorsion. Ce théorème constitue le fondement théorique de la modulation d'impulsion codée (MIC).

➤ La quantification :

La quantification permet d'approximer une valeur instantanée à l'aide d'un ensemble de valeurs discrètes séparées les unes des autres par un intervalle appelé « pas de quantification ». Cette opération est réalisée par un convertisseur analogique numérique. En téléphonie on utilise le nombre des intervalles $N=2^n$ valeurs discrètes ($N=256$ pour $n=8$ bits).

➤ Le codage :

La quantification remplace la valeur exacte d'un échantillon par un nombre représentant l'intervalle dans lequel se trouve cette valeur. La transcription de ce nombre en une expression logique, généralement binaire.

B. Le codage HDB3 :

Les systèmes numériques européens font usage d'un mode pseudo-ternaire appelé mode à haute densité HDB3 (High Density Bipolar code) qui évite l'apparition de plus de trois moments nuls consécutifs. Il consiste à remplacer le dernier bit par un bit non nul V de même polarité que le bit (non nul) qui le précède, et si on rajoute beaucoup de bit V nous obtenons une composante continue d'où une 2^{ème} règle qui dit :

Si le nombre 1 entre deux bits V consécutif est pair on rajoutera un bit de bourrage B dont la polarité est opposée au bit qui le précède.

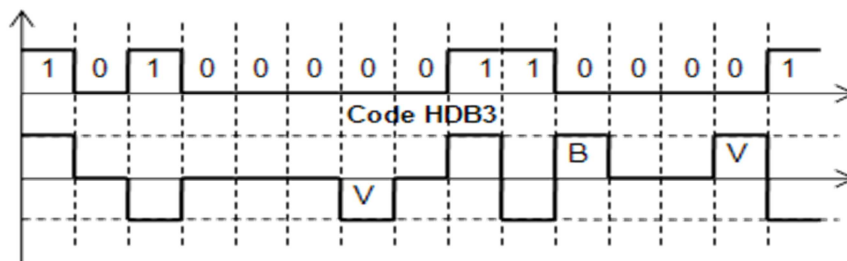


Figure II.6 : le codage HDB3

II.3.2.La trame MIC :

Une trame est une fenêtre de 125µs découpée en 32 intervalles, chaque échantillon est donc de 4µs, cette durée est appelée intervalle de temps (IT) ou bien Time Slot. Et chaque intervalle de temps à 64 Kbit/s ce qui donne 2048Kbits/s pour une trame. 8bits par intervalle.

IT0 et IT16 sont réservés :

IT0 : est réservé à la synchronisation.

IT16 : est réservé à la signalisation.

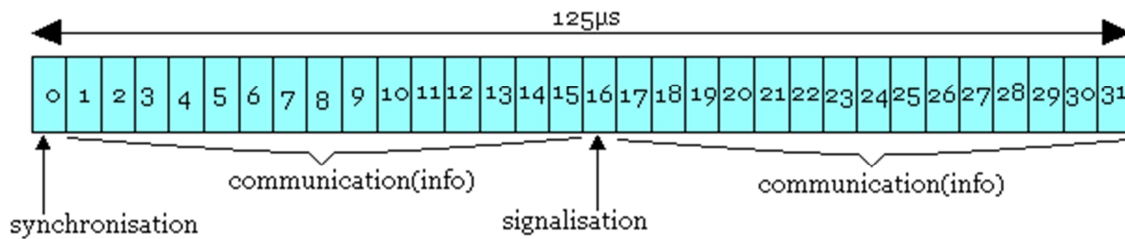


Figure II.7 : La trame MIC

La signalisation dans le système MIC a pour objectif de transmettre des informations (numérotation, ordre, traduction de central à central pour la commande de commutation et de gestion du réseau, présélection, sélection et la taxation).

Il existe deux types de trame MIC : MIC 30 pour 30 voies (européenne) et MIC 24 pour 24 voies (Américain), et la trame la plus utilisée en Algérie est la MIC 30.

Critères de comparaison	Système européen	Système Américain
Fréquence d'échantillonnage	$F_e = 8\text{Khz}$	
Nombre de niveaux de quantification	$q = 256$	
Nombre de bit par échantillon	8 bits	
Débit binaire par voie	64 Kbit/s	
Loi de quantification	$A = 87.6$	$\mu = 225$
Nombre d'IT	32	24
Nombre de voies	30	24
Nombre de bits par trame	$32 * 8 = 256$	$(24 * 8) + 1 = 193$
Débit binaire total	$256 * 8\text{KHZ} = 2048 \text{ Mbits/s}$	$193 * 8\text{KHz} = 1544 \text{ Mbits/s}$

Tableau II.1. Caractéristiques des systèmes de transmission MIC 30 et MIC 24

II.3.3. Modulation QAM : (Quadrature Amplitude Modulation)

La modulation QAM est une technique qui emploie une combinaison de modulation de phase et d'amplitude. Elle est largement employée par les modems pour leur permettre d'offrir des débits binaires élevés.

Prenons par exemple un signal modulé QAM avec 3 bits transmis par baud, une telle modulation requiert donc 2^3 soit 8 combinaisons binaire différents. Dans notre exemple, nous prendrons 2 amplitudes combinées avec 4 décalages de phases différents représentés comme suit :

Groupe de bits	amplitude	Décalage de phase
000	1	0
001	2	0
010	1	$1/4$
011	2	$1/4$
100	1	$1/2$
101	2	$1/2$
110	1	$3/4$
111	2	$3/4$

Tableau II.2. L'amplitude et la phase d'une modulation QAM avec 3bits

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

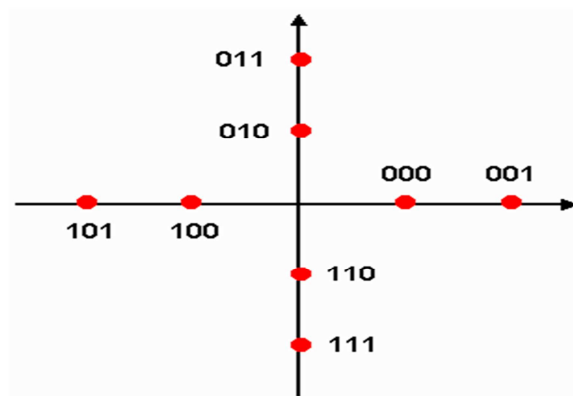


Figure II.8 : Une constellation QAM8

Dans une constellation QAM, l'éloignement du point par rapport à l'origine indique l'amplitude, son angle indique le décalage de phase.

II.3.4. Les hiérarchies de multiplexage numériques : [18] [19]

La fonction de multiplexage s'introduit naturellement au sein du réseau téléphonique pour associer ou regrouper des débits incidents ou débits primaires (le premier niveau de multiplexage) au niveau des commutateurs centraux pour former un débit supérieur facile à transmettre et à gérer dans le plan de transmission. Et pour réaliser cet objectif, il existe deux hiérarchies de multiplexages numériques :

- La PDH : Plesiochronous Digital Hierrarchy.
- La SDH : Synchronous Digital Hierrarchy.

A. La hiérarchie numérique plésiochrone (PDH) :

La hiérarchie numérique plésiochrone est une technologie utilisée dans les réseaux de télécommunications afin de véhiculer les voies téléphoniques numérisées. Le transfert de données est basé sur un flux de 2048 kbit/s. Pour la transmission de la voix, ce flux est séparé en 30 canaux de 64 kbit/s et 2 canaux de 64 kbit/s utilisés pour la signalisation et la synchronisation. L'utilisation du PDH se limite à 140 Mbit/s.

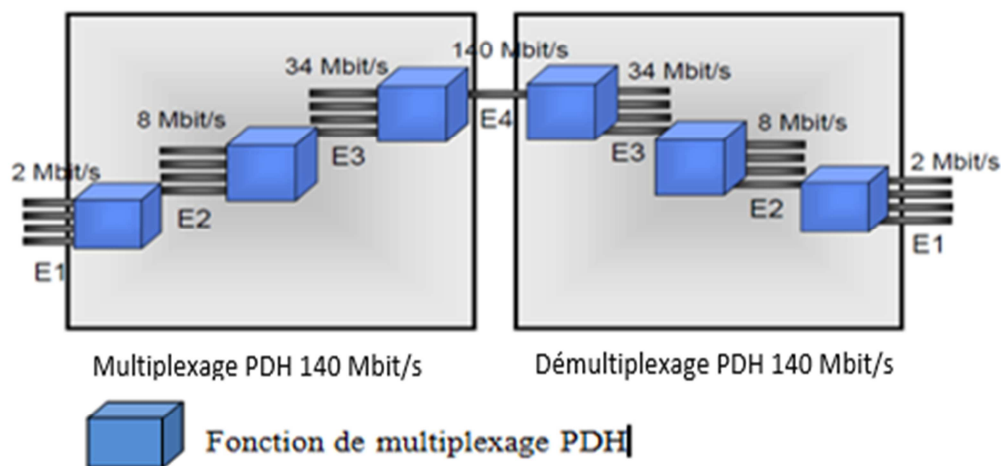


Figure II.9 : Le multiplexage PDH

Désignation	Nombre de voies	Débit binaire(Mbit/s)	Durée de bit (μ s)
E1	30	2.048	0.488
E2	120	8.448	0.118
E3	480	34.368	0.029
E4	1920	139.264	0.007

Tableau II.3. La hiérarchie européenne numérique asynchrone (PDH)

Cette hiérarchie a connu de différentes limites comme :

- l'incapacité d'identifier un canal individuel dans un flot à haut débit, l'absence des moyens efficaces pour la surveillance de la qualité de transmission.
- La technique de multiplexage est complexe.
- Les débits proposés sont limités : le multiplexage n'étant pas un simple entrelacement de bits.
- La trame PDH ne contient pas d'octet réservé.
- Pas de gestion standardisée.

B. La hiérarchie numérique synchrone (SDH) :

La nécessité d'avoir une technique simple de multiplexage temporel(en synchronisant l'ensemble de réseau) qui permet un débit plus élevé, et le besoin d'avoir un réseau flexible et d'offrir aux clients une qualité de service quantifiable a poussé les chercheurs à évoluer une nouvelle technique appelée hiérarchie numérique synchrone SDH qui correspond à SONET aux Etats-Unis. La hiérarchie synchrone garantit la délivrance de bits en synchronisant avec une horloge de référence et des débits appelées STM-i (Synchronous Transport Module).

B.1. Définition des éléments de SDH :

➤ **Conteneur de niveau n(c-n)**

Les signaux à transporter proviennent de liaisons qui peuvent être synchrones ou asynchrones. Pour faciliter leur transport, on les sectionne en petit bloc appelés conteneurs C-n (le «n» dépend du débit entrant).Un conteneur contient un paquet de données utile(payload) arrive au rythme d'un débit d'affluent de 125 μ s plus un certain nombre d'octets de bourrage dont le rôle est d'adapter le débit incident a la structure de la trame. (Voir figure II.10)

➤ **Conteneur virtuel (VC-n)**

Les conteneurs virtuels CV-n comportent les conteneurs de réception C-n (la charge utile) auxquels sont ajoutés plusieurs octets (POH) afin de réaliser les adaptations. (Voir figure II.10)

Il existe deux types de conteneur virtuels :

- Les conteneurs virtuels d'ordre inférieur (VC-11, VC-12, VC-2et VC-3) qui sont transportée dans des conteneurs virtuels d'ordre supérieur.
- Les conteneurs virtuels d'ordre supérieur (VC-3 et VC-4) qui sont multiplexés pour former le signal résultant.

➤ **l'unité d'affluent (TU-n) :**

On appelle unité d'affluent une structure d'informations qui assure l'adaptation entre les couches de conduits de niveau inférieur et supérieur. Elle se compose d'une capacité utile d'information (le conteneur virtuel de niveau inférieur) et d'un pointeur d'unité d'affluent indiquant le décalage entre le début de la trame de capacité utile et le début de la trame du conteneur virtuel de niveau supérieur. (Voir figure II.10)

➤ **le groupe d'unités d'affluent (TUG-n) :**

Un groupe d'unité d'affluent (TUG) représente une structure virtuelle de la trame réalisant le multiplexage de TUn. Le TUG est un multiplex temporel d'unités d'affluents TU 1, 2 ou 3 multiplexés entre eux. Le multiplexage se fait toujours octet par octet.(Voir figure II.10)

Le TUG peut être considéré comme les règles de rangement des TU dans la trame de transport, par exemple :

- le TUG-2 regroupant 3 TU-12ou 1 TU-2 ;
- le TUG-3 regroupant 7 TUG-2 ou 1 TU-3

➤ **l'unité administrative (AU-n) :**

Elle assure l'adaptation entre la couche du conduit de niveau supérieur et la couche de la section de multiplexage, elle comprend une capacité utile d'informations qui est celle du conteneur virtuel correspondant et un pointeur d'unité administrative. Deux unités administratives sont définîtes :(Voir figure II.10)

- l'unité AU-4 qui se compose d'un VC-4 et d'un PTR.
- l'unité AU-3 qui se compose d'un VC-3 et d'un PTR.

➤ **le groupe d'unités administratives (GUA-n) :**

On appelle « groupe d'unités administratives » une ou plusieurs unités administratives occupant des positions fixes et définies dans la capacité d'une STM. Un groupe AUG se compose soit :

- trois AU-3
- une AU-4

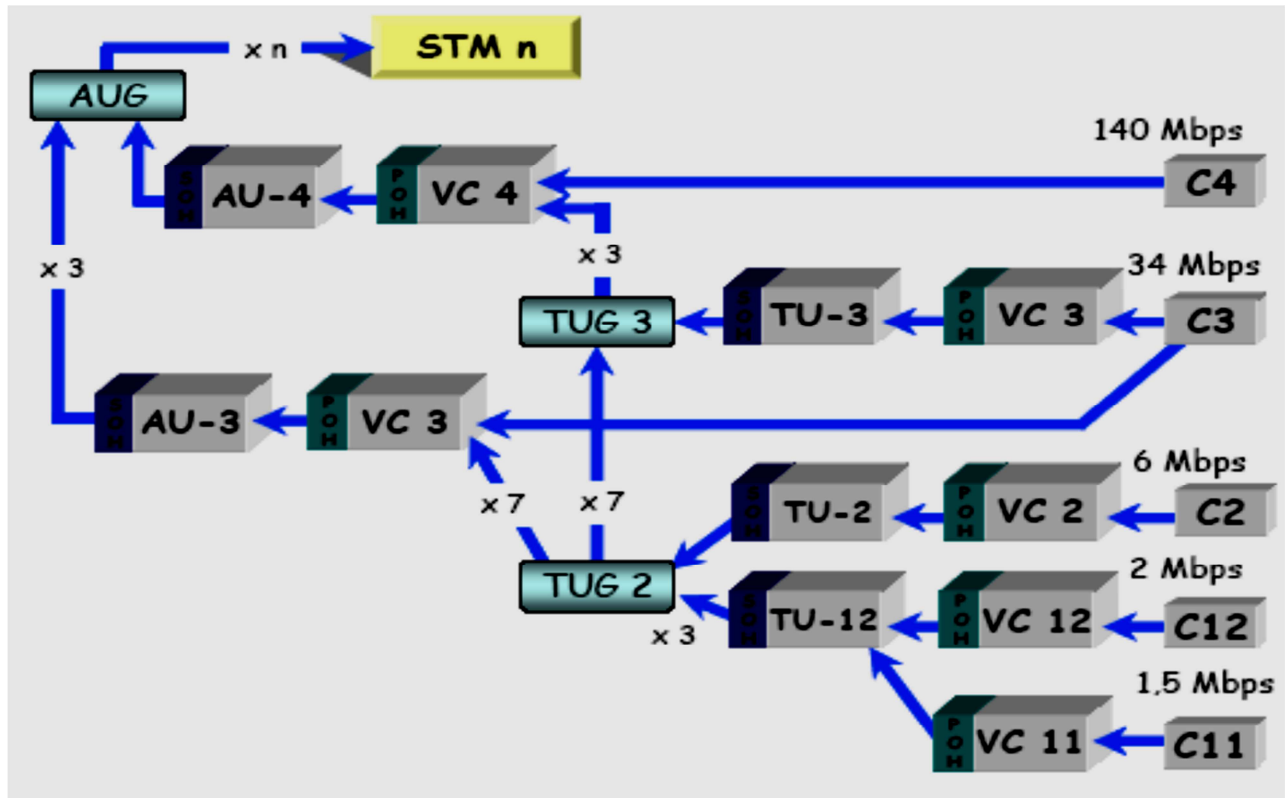


Figure II.10 : La structure SDH

B.2. Le multiplexage SDH :

Le SDH comprend deux niveaux de multiplexage qui correspondent à la représentation des réseaux en deux couches (basse : LO et haute : HO), elle emploie deux types de conteneurs :

- des LVC (Low Virtuel Container) : conteneurs virtuels d'ordre inférieur ou bas, identifiés aussi par VC-LO ou LO-VC.
- des HVC (High Virtuel Container) : conteneurs virtuels d'ordre supérieur ou haut, identifiés aussi par VC-HO ou HO-VC.

B.2.1. La structure de la trame de base : STM1

La trame STM-1 comporte 270 colonnes de 9 octets, expédiés toutes les 125 μ s, un débit de 155,520 Mbit/s. 9 colonnes d'octets sont réservées à la gestion de la section de multiplexage qui a une "charge utile" (payload) de 2349 octets (9 lignes et 261 colonnes). La trame de base est donc caractérisée par :

- Sa longueur 2430 octets,
- Sa durée 125 μ s, son débit 155,520 Mbit/s,
- Sa capacité utile 2349 octets.

Elle se décompose en trois zones représentées ci-dessous :

- Surdébit de section, divisé en surdébit pour la section de régénération ou RSOH et surdébit de section de multiplexage ou MSOH,
- Les pointeurs d'AU,
- Les charges utiles VC 4, une pour STM 1, 4 pour STM 4 ou 16 pour STM16.

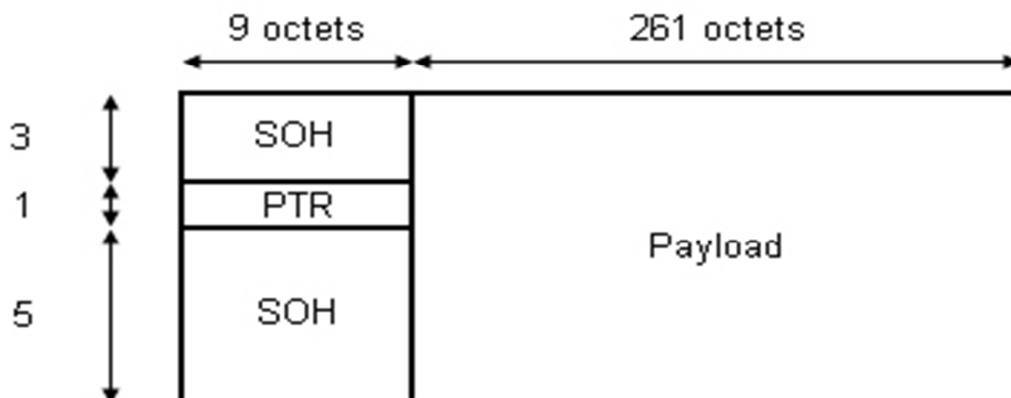


Figure II.11 : La trame de base STM-1

a) Le surdébit de section (SOH) :

Le surdébit de section se divise en deux parties :

Le surdébit de section de régénération et le surdébit de multiplexage. Ils peuvent être représentés comme ci-dessous :

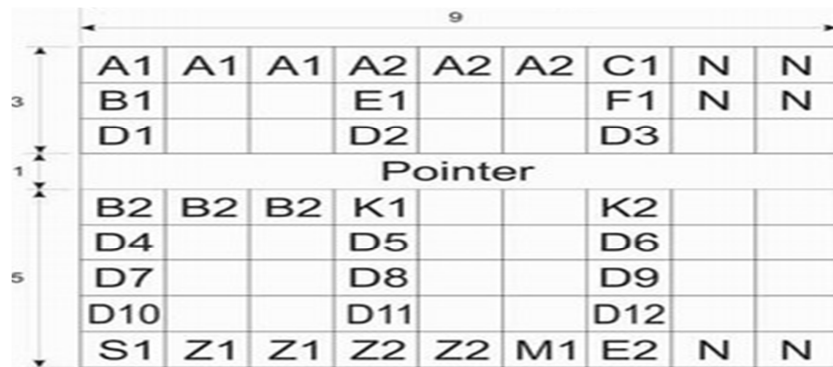


Figure II.12 : Surdébit de section (SOH)

Pour le RSOH : la signification des octets est la suivante :

- **A1, A2 :** verrouillage de trame,
- **J0 :** trace de section de régénération. Il est utilisé pour transmettre périodiquement un identificateur de point d'accès de telle façon que le côté récepteur puisse vérifier en permanence la continuité de la connexion
- **B1 :** est utilisé pour la surveillance de la qualité de la section de régénération ce qui permet la localisation de défaut au niveau de la section de multiplexage.
- **E1 et E2 :** permettent d'établir deux voies de service respectivement au niveau section de régénération et section de multiplexage. Ces voies de services peuvent être utilisées pour établir des communications téléphoniques le long de ces sections.
- **F1 :** est utilisé pour des besoins particulier de l'utilisateur (à 64 kbit/s, puisqu'il s'agit d'une trame de 125 µs),
- **D1 à D3 et D4 à D12 :** Data Communication Channel ou DCC, respectivement à 192bit/set 576 kbit/s, affectés à la communication de données de la section de régénération.
- **K1 et K2 bits b1 à b5 (Automatic Protection Switching)** permettent la sécurisation automatique d'une liaison
- **L'octet K2 bits b6 à b8 :** (Multiplex Section Remote Defect Indication, MS-DRI) permet à la réception d'envoyer à l'extrémité émettrice, une indication de défaut.
- **L'octet S1 :** (Synchronization Status) permet de décrire la qualité du signal reçu en ce qui concerne son usage pour les fonctions de synchronisation.
- **L'octet M1 :** permet au récepteur d'envoyer à l'émetteur le nombre d'erreur.

Pour le MSOH : la signification des octets est la suivante :

- **B2 :** Trois octets réservés pour la détection des erreurs sur les bits de la section.

- **K1, K2** : deux octets affectés à la commande de protection automatique.
- **D4 à D12** : 9 octets "DCC", (à 576 Kbit/s).
- **S1** : marqueur de qualité de la synchronisation.
- **Z1, Z2** : réserve.
- **M1** : FEBE du B2 distant.

b) Le pointeur :

L'intérêt du multiplexage synchrone est de pouvoir accéder directement aux conteneurs qui composent un multiplex. Cependant, dans un nœud du réseau, les différents signaux affluents peuvent arriver avec une phase quelconque (temps de propagation différents et variable dans le temps, écarts de fréquence entre horloges) pour préserver la visibilité et l'intégrité des affluents en présence de ces variations de phase.

➤ Justification du pointeur :

- **Justification nulle** : le débit d'affluent est égal au débit nominal
- **Justification positive** : si le débit des affluents est inférieur à celui de la trame (débit nominal), on a recours au bourrage la justification est donc positive trois octets désignés(000), placés prélevés dans la charge utile de la trame
- **Justification négatives** : par contre, si le débit des affluents est supérieur à celui de la trame, on a recours à la justification négative, les octets H3 entrent en jeu et absorbent le surplus d'information

II.3.5. Etude de réseau SDH :

La hiérarchie numérique synchrone est une technologie de la couche physique (niveau 1 et 2 du modèle OSI) qui est elle-même décomposée en sous-couches.

A. Protection de réseau SDH :

La sécurité de la technologie SDH prévoit qu'en cas de coupure de ligne, le signal est automatiquement réacheminé sur un réseau de secours.

Pour cela plusieurs niveaux de protection sont mis en œuvre dans les réseaux SDH :

- protection de carte qui agit en cas de défaillance d'une carte, par contre le déclenchement et la méthode de basculement dépend du constructeur.
- Protection de la section de multiplexage (MSP) ou ASP (Automatic Protection Switching) qui utilise les octets K1, K2 du MSOH pour basculer à la moie de secours.

B. Synchronisation d'un réseau SDH :

La synchronisation parfaite des équipements du réseau SDH est la base du bon fonctionnement de ce réseau. Le dispositif général de synchronisation est de type maître-esclave ; chaque équipement du réseau possède une horloge propre qui se synchronise sur une horloge de niveau supérieur, L'horloge unique de plus fort niveau est appelée horloge primaire (PRC :Primary Reference Clock) qui a une précision de 10^{-11} .

Le schéma illustrant la hiérarchie et le secours en rythme est donné en figure :

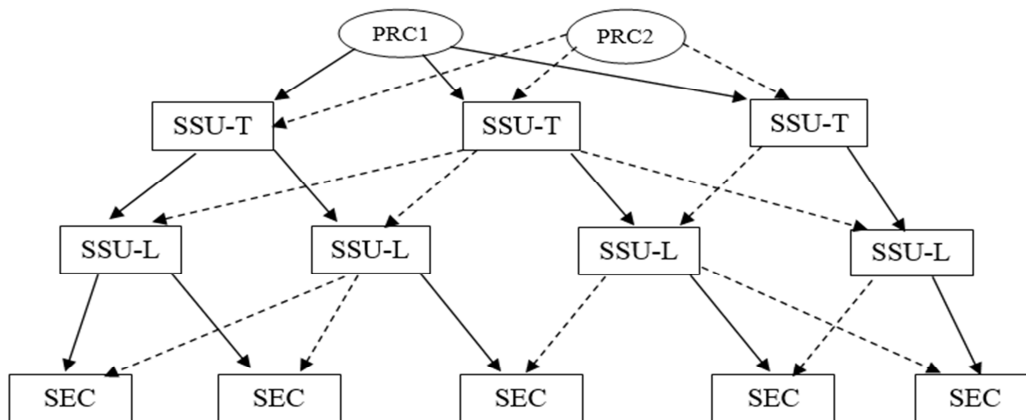


Figure II.13 : L'organisation en hiérarchie des rythmes en SDH

abréviation	désignation	Précision	Norme UIT-T
PRC	Horloge primaire de référence	10^{-11} sur le long terme	G.811
SSUT-T	Horloge asservie de nœud de transit	5.10^{10} variation quotidienne	G.812
SSU-L	Horloge asservie de nœud local	10^{-8} variations quotidiennes	G.812
SEC	Horloge équipement	5.10^{-8} variation quotidienne	G.813

Tableau II.4. Définition des horloges

II.4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté d'une façon générale les différents systèmes de transmission de données dans le réseau de téléphonie mobile. Dans lequel nous avons présenté les différents supports de transmission, ainsi que la modulation et les deux hiérarchies PDH et SDH.

Dans le prochain chapitre nous allons mieux expliquer les faisceaux hertziens.

CHAPITRE III

Représentation des Faisceaux

Hertziens

III. Introduction :

Les ondes électroniques constituent un remarquable moyen pour transmettre à distance en l'absence de tout support matériel, et parmi les systèmes de transmission utilisant ces ondes électroniques les faisceaux hertziens.

Un faisceau hertzien comme nous l'avons définis dans le chapitre précédent, est un support de transmission de signaux permettant l'interconnexion entre deux points distants. ce type de liaison est devenu aujourd'hui principalement numérique utilisé pour des liaisons voix et données avec des fréquences porteuses allant de 1GHz à 40 GHz à l'aide des antennes directives.

Ces ondes sont sensibles aux différents obstacles tels que le relief, bâtiments..., aux perturbations électromagnétiques et une sensibilité assez forte aux phénomènes de réflexion.

Enfin, avant d'installer une liaison hertzienne, il est nécessaire d'effectuer le calcul du bilan de liaison qui permet de réaliser des études de faisabilité et d'établir des liens qui fonctionnent correctement entre les différents sites.

III.1. Notion sur la propagation des ondes électromagnétiques : [17]

A. Définition :

La présence d'un champ électrique et d'un champ électromagnétique perpendiculaires l'un à l'autre, et variant dans le temps, produit une onde électromagnétique se déplaçant à la vitesse de la lumière ($c=3 \cdot 10^8$ m/s), dans une direction perpendiculaire à celle des lignes de champ électrique et magnétique.

On établit ainsi qu'une charge électrique ponctuelle q , de vitesse \vec{v} située au point \vec{r} à l'instant t , subit une force électromagnétique \vec{F} , dite force de Lorentz, et vérifiant :

$$[\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})] \quad (\text{III.1})$$

B. Les équations de MAXWELL :

$$\text{a) } \overrightarrow{\text{rot}} \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (\text{III.2})$$

$$\text{b) } \overrightarrow{\text{rot}} \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (\text{III.3})$$

$$\text{c) } \text{div } \vec{D} = \rho \quad (\text{III.4})$$

d) $div \vec{B} = 0$ (III.5)

C. Longueur d’onde :

Une longueur d’onde correspond à une distance réalisée par une onde au cours d’une certaine période. Il existe une distance λ dans la direction de propagation (r parallèle à n) dans laquelle les champs subissent un déphasage de 2π donc $\lambda = \frac{2\pi}{\beta}$ dont β : déphasage linéique

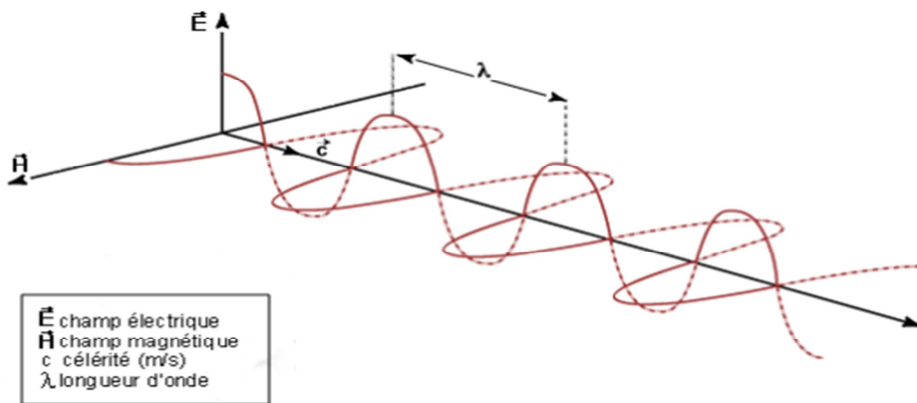


Figure III.1. Une longueur d’onde

D. Propagation des ondes radioélectriques : [20]

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

- Propagation dans l’espace libre (propagation rayonnée, autour de la terre par exemple).
- Propagation dans des lignes (propagation guide, dans un câble coaxial ou un guide d’onde).

D.1. Propagation dans l’espace libre :

Les ondes électromagnétiques se propagent uniformément entre l’antenne d’émission et l’antenne de réception (figure.III.2) pour transmettre les informations entre ces antennes, avec une puissance minimale d’un émetteur de radiodiffusion afin d’assurer une réception de meilleur qualité sur une zone déterminée, on définit les différents paramètres qui influent sur les équations de propagation. Ces paramètres sont :

A : atténuation de propagation

G : gain d'antenne

f : fréquences du signal

d : distance entre l'émetteur et le récepteur

λ : la longueur d'onde

P_e : puissance de signal de l'antenne émettrice

P_r : puissance de signale de l'antenne réceptrice

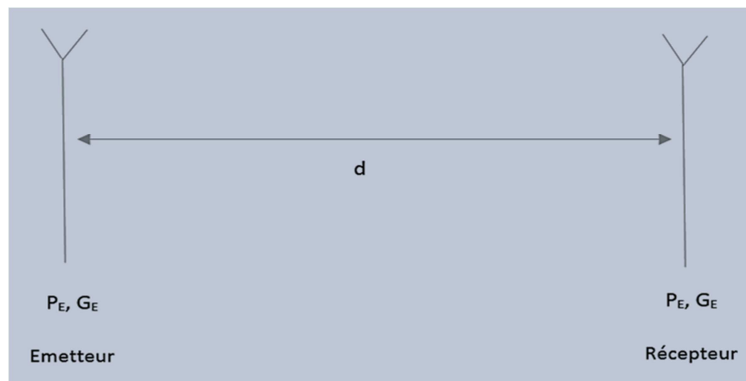


Figure III.2. Une antenne d'émission et d'une antenne de réception

Supposons un émetteur de puissance P_E équipé d'une antenne de gain G_E . À la réception, on dispose d'une antenne de gain G_R . pour calcule la puissance de réception, on utilise la relation donnée par l'équation (III.6)

$$P_R = P_E G_E G_R / (4\pi d / \lambda)^2 \quad (\text{III.6})$$

Et l'atténuation de propagation est définie par l'équation (III.7)

$$A = \frac{1}{G} = k f^2 d^2 \quad (\text{III.7})$$

D.2. Propagation en visible LOS (Line Of Sight) :

Une liaison est dite en visibilité lorsque le signal se propage entre l'émetteur et le récepteur comme s'ils étaient en espace totalement dégagé de plusieurs dizaines de longueurs d'ondes. Le principe de cette propagation est basé sur l'ellipsoïde de Fresnel. En effet, le premier ellipsoïde

de Fresnel délimite la région de l'espace où est véhiculée la plus grande partie de l'énergie du signal. Se situer dans cet ellipsoïde revient à se retrouver dans les conditions de la propagation en espace libre.

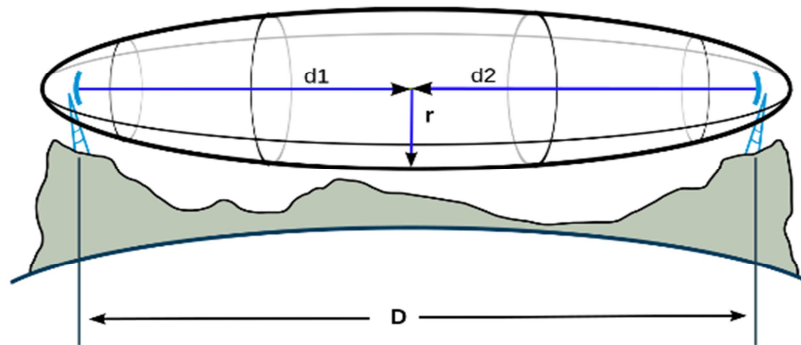


Figure III.3. Le premier ellipsoïde de Fresnel

Cela se passe de telle sorte que la somme des distances d'un point de l'ellipsoïde aux antennes. Le calcul du rayon de l'ellipsoïde de Fresnel se fait en utilisant l'équation :

$$r = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (\text{III.8})$$

r : rayon de l'ellipse.

d_1 : distance entre l'émetteur et le point M.

d_2 : distance entre le récepteur et le point M.

λ : longueur d'onde de fonctionnement.

On déduit que la propagation s'effectue en mode LOS (ou en visibilité) s'il n'y a pas d'obstacle qui pénètre dans la zone de Fresnel à plus de 40%.

D.3. Propagation en non visibilité NLOS :

Dans ce cas, une liaison est en non-visible lorsque le premier ellipsoïde de Fresnel n'est pas du tout dégagé .donc on parle d'une propagation en non visibilité si l'antenne émettrice ne peut pas voir directement l'antenne réceptrice .c'est le cas où il y-a un obstacle (montagne, bâtiment, forêt, courbure terrestre.....) entre l'antenne émettrice et l'antenne réceptrice .il y a quatre types différents de propagation : réflexion, transmission, diffraction et diffusion sont montrées sur la figure III.4

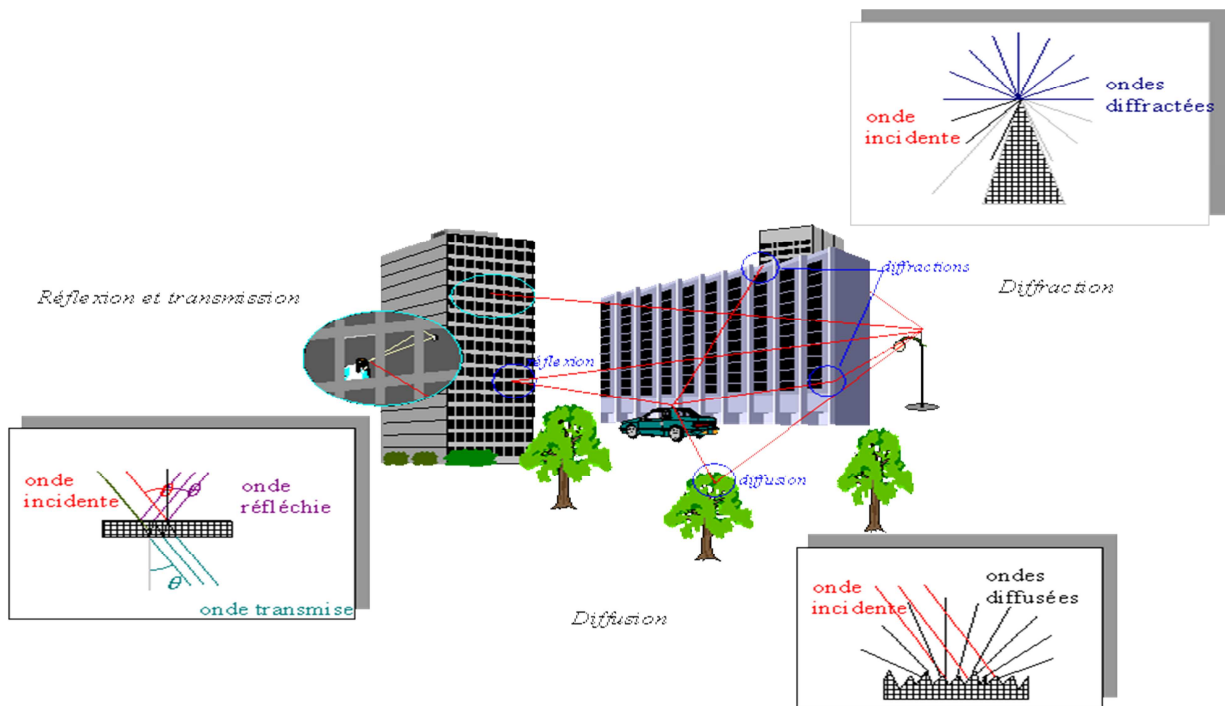


Figure III.4. Les types de propagation

- **Diffraction :**

La diffraction se produit lorsque la ligne de visée (Line Of Sight : LOS) entre l'émetteur et le récepteur est obstruée par un obstacle opaque dont les dimensions ne sont pas très importantes par rapport à la longueur d'onde.

Exemple : en environnement urbain.

- **Diffusion :**

La diffusion se produit dans le même cas que la diffraction mais lorsque les dimensions des obstacles sont comparables à la longueur d'onde.

Exemple : feuillage de la végétation.

- **Réflexion :**

La réflexion se produit lorsque l'onde émise rencontre un obstacle dont les dimensions sont tes largement supérieures à la longueur d'onde .la réflexion peut avoir pour effet une augmentation ou une diminution du niveau du signal reçu. Lorsqu'il y a un grand nombre de réflexions le niveau de signal reçu peut devenir instable.

Exemple : réflexion par bâtiment.

- **Transmission :**

La transmission se produit lorsque l'obstacle est en partie 'transparent' vis à vis de l'onde émise contrairement aux types précédents,

Exemple : pénétration des ondes dans les bâtiments.

Ces différents types influent d'une façon ou autre sur les porteuses utilisées pour la transmission ainsi que sur les données .ces effets sont :

- **Effet sur la porteuse :**

Les porteuses du signal réfléchi et du signal direct peuvent avoir un décalage de phase. Comme les deux signaux se superposent au niveau de l'antenne de réception on a une interférence qui peut être constructive ou destructive .ceci provoque une variation continue de la puissance reçue au cours du temps où en se déplaçant.

- **Effet sur les données :**

Le récepteur reçoit les mêmes données décalées dans le temps ce qui provoque une interférence inter-symbole. Ce phénomène limite la vitesse maximale de transmission.

III.2. Les antennes : [17 21]

A. Généralités sur les antennes :

Les systèmes de télécommunications utilisés permettant généralement l'échange d'informations dans différents milieux naturels, peuvent être décomposés en deux parties : une partie servant au traitement des signaux électriques contenant les informations à transmettre et une seconde partie permet la transformation de ces signaux électriques en ondes électromagnétique rayonnées dans l'espace. Cette dernière fonction est réalisée par des dispositifs appelés « antennes »

B. Définition d'une antenne :

Une antenne est un transducteur entre la ligne de transmission connectée à un générateur et le milieu où l'onde rayonne. Ainsi on peut définir une antenne en émission ou en réception selon son mode de fonctionnement. Une antenne reliée à une ligne de transmission et rayonnant en espace libre peut être considérée comme un dispositif de couplage entre une onde guidée le long de la ligne et une onde rayonnée dans l'espace. Par conséquent, une antenne est un dispositif qui permet de recevoir et d'émettre les ondes radioélectriques. Elle transforme l'énergie guidée en énergie rayonnée et vice versa. L'antenne a plusieurs rôles dont les principaux sont les suivants :

- permettre une adaptation correcte entre l'équipement radioélectrique et le milieu de propagation,
- assurer la transmission ou la réception de l'énergie dans des directions privilégiées,
- transmettre le plus fidèlement possible une information.

C. Caractéristiques d'une antenne :

Pour choisir un modèle d'antenne pour une application donnée, il faut veiller aux principaux points suivants :

➤ Bande passante d'une antenne :

La bande passante d'une antenne correspond à la bande de fréquence où le transfert d'énergie de l'alimentation vers l'antenne est maximal. La bande passante peut être définie en fonction du coefficient de réflexion, à condition que le diagramme de rayonnement ne change pas sur cette bande.

Pour optimiser la bandes passante, on peut agir directement sur l'antenne afin de modifier son impédances, ou ajoute un élément d'adaptation,

➤ **La directivité :**

La directivité d'une antenne caractérise la façon dont cette antenne concentre le rayonnement dans certaines directions de l'espace.

La directivité $D(\theta, \varphi)$ d'une antenne dans une direction (θ, φ) , le rapport entre la puissance rayonnée dans une direction donnée $P(\theta, \varphi)$ et la puissance que rayonnerait une antenne isotrope.

$$D(\theta, \varphi) = \frac{P(\theta, \varphi)}{\frac{P_R}{4\pi}} = 4\pi \frac{P(\theta, \varphi)}{P_R} \quad (\text{III.9})$$

➤ **Gain :**

Toute antenne directive présente une ou plusieurs directions de rayonnement maximum. Le gain d'une antenne est le rapport qui existe entre le champ mesuré dans la direction de rayonnement privilégié et celui que donnerait une antenne servant de référence placée au même endroit et rayonnant la même puissance ou encore le produit de son rendement par la directivité

$$G = \mu \cdot D \quad (\text{III.10})$$

Les meilleurs gains sont obtenus avec des antennes très directives, jusqu'à plus de 50 dB pour les grandes paraboles

➤ **Impédance :**

L'impédance d'entrée est définie comme étant l'impédance présentée par une antenne à ses bornes ; elle est égale au rapport de la tension V_e sur le courant I_e présenté à l'entrée

$$Z = \frac{V}{I} = R + jX \quad (\text{III.11})$$

Où Z = impédance d'entrée aux bornes a et b.

R = résistance de l'antenne aux bornes a et b.

X = réactance de l'antenne aux bornes a et b.

Généralement pour qu'une antenne ait un bon rendement, il est nécessaire que l'émetteur, la ligne de transmission, et l'antenne aient presque la même impédance.

➤ **puissance :**

Une antenne sert à convertir une puissance électrique en une puissance rayonnée, c'est-à-dire transportée par une onde électromagnétique, qui peut se propager dans toutes les directions de

l'espace. Les directions dans lesquelles cette puissance va dépendre des caractéristiques de l'antenne.

➤ **Diagramme de rayonnement :**

La répartition dans l'espace de l'énergie rayonnée par une antenne est caractérisée par son diagramme de rayonnement. Soit dans l'espace libre, un repère (O, X, Y, Z) et un point P quelconque de l'espace. Considérons de plus un système de coordonnées sphériques (R, θ, φ) (figure III.6).

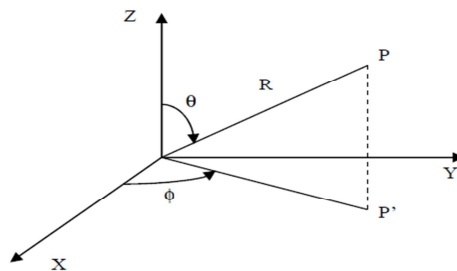


Figure III.5. Le système de coordonnées sphériques (R, θ, φ) .

Soit $P(\theta, \varphi)$ la puissance rayonnée par une antenne, par unité d'angle solide. Considérons la direction définie par les angles θ et φ pour laquelle $P(\theta, \varphi)$ passe par un maximum. On caractérise alors la variation de puissance par rapport à la puissance maximum par la relation suivante :

$$r(\theta, \varphi) = \frac{P(\theta, \varphi)}{P(\theta_0, \varphi_0)} \leq 1 \quad (\text{III.12})$$

On exprime généralement cette fonction en décibel :

$$r(\theta, \varphi) \text{dB} = 10 \log \frac{P(\theta, \varphi)}{P(\theta_0, \varphi_0)} \quad (\text{III.13})$$

Il est très difficile de définir le diagramme complet dans l'espace, en général on se contente de deux coupes perpendiculaires dans les plans privilégiés, l'un appelé plan E (contenant le vecteur champ électrique E et l'autre appelé plan H contenant le vecteur champ magnétique H (voir figure III.7).

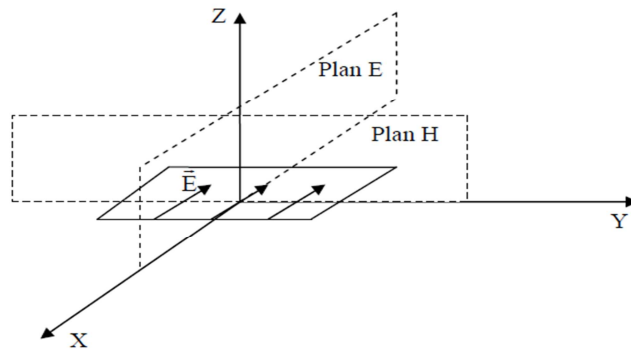


Figure III.6. Les deux plans principaux (E et H).

Avec une source polarisée parallèlement à l'axe OX, le plan E est caractérisé par $\varphi = 0^\circ$ et θ variable et le plan H est caractérisé par $\varphi = 90^\circ$ et θ variable.

En général, la puissance est concentrée dans un ou plusieurs « lobes ». Le lobe principal correspond à la direction privilégiée de rayonnement. Les lobes secondaires sont généralement des lobes parasites. Le lobe arrière est un lobe secondaire aussi dans la direction opposée à la direction privilégiée de l'antenne (à l'arrière de l'antenne). Ce dernier est spécifié par le terme « Rapport avant/arrière » qui désigne le rapport (la différence en dB) entre le lobe principal et le lobe arrière, l'énergie rayonnée est perdue donc on cherche à les atténuer.

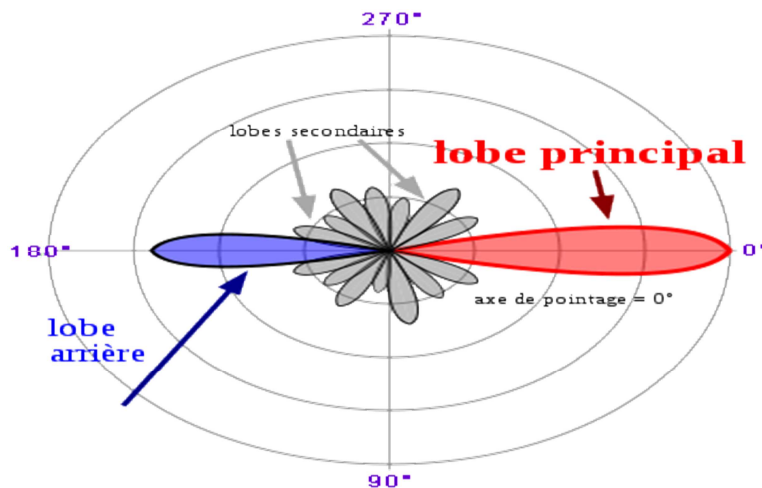


Figure III.7. les différents lobes d'une antenne

Pour que les lobes secondaires ne soient pas considérés comme gênants, on admet en pratique que le niveau du premier lobe secondaire doit être au moins 20 dB inférieur au niveau du lobe principal.

Les diagrammes de rayonnement sont représentés en coordonnées polaires ou en coordonnées cartésiennes.

➤ **L'azimut :**

Est un angle qui se compte en degrés, positivement dans le sens horaire, en partant du nord (0°). de cette façon, l'azimut 90° correspond à l'est, l'azimut 180° au sud, etc.

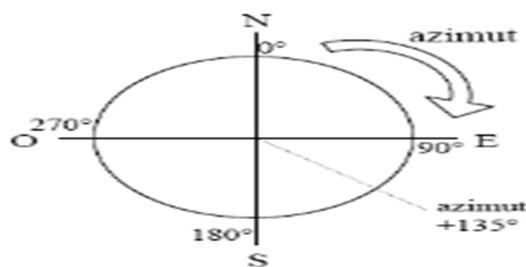


Figure III.8. L'azimut

➤ **Le tilt :**(ou down-tilt) :

Le tilt est laissé à la discrétion des installations d'antennes qui les oriente selon les recommandations de l'opérateur. Le tilt est l'angle d'inclinaison (en degrés) de l'azimut du lobe principale de l'antenne dans le plan vertical.

➤ **La PIRE** (Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente) :

La pire est une caractéristique importante d'un émetteur. Elle correspond à la puissance émise par l'émetteur, augmentée du gain d'antenne.

$$\text{PIRE (W)} = \text{PE(W)} \cdot \text{GE} \quad (\text{III.14})$$

On l'exprime souvent en dBW ou dBm :

$$\text{PIRE (dBm ou dBW)} = \text{PE (dBm ou dBW)} + \text{GE dBi} \quad (\text{III.15})$$

➤ **La portée :**

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

En général, une antenne assure la couverture d'une zone appelée section ou cellule. il existe deux grands types de cellules, le premier étant la micro (petite) ou pico (très petite) cellule qui couvre

une zone de taille réduite, le deuxième type est celui des macros cellules qui couvrent des zones de grande superficie (plusieurs dizaines de kilomètres carrés).

En faisceau hertzien, on utilise des antennes qui possèdent un gain important et une grande directivité (liaison point à point). Ceci amène à utiliser des antennes à réflecteurs paraboliques.

III.3 Différents paramètres de transmission :

A. Fréquences adapte aux techniques de transmission :

Le domaine des faisceaux hertzien autorise un débit de transmission de données pour des raisons de distance et de visibilité. Le trajet hertzien entre l'émetteur et le récepteur est découpe en plusieurs tronçons appelés bondes reliés par des stations relais qui reçoivent, amplifient et réémettent le signal modulé vers la station .mais pour des courtes distances, la nécessité de mettre en place un relais ne se pose pas.

En générale, les hautes fréquences sont utilisées pour des liaisons courtes par contre les basses fréquences sont utilisées pour des grandes distances .pour l'opérateur de téléphonie mobile OOREDOO six bandes de fréquences sont allouée à leurs faisceaux hertziens : 6, 11, 15, 18,23 et 38 GHz ces fréquences sont montrées dans le tableau ainsi que les distances correspondantes

Les fréquences	La distance
6 GHz	<30Km
11,15 ,18 GHz	15Km a 30Km
23 GHz	5 Km à 15 Km
38 GHz	<5 Km

Tableau III.1 : fréquences utilisées par l'opérateur OOREDOO et les distances correspondantes

B. Canaux de transmission :

Le canal de transmission radio mobile est l'un des moyens de communication les plus variables et les plus incontrôlables. En parcourant un trajet entre l'émetteur et le récepteur, les ondes radioélectriques sont sujettes à de nombreuses irrégularités.

La recommandation IUT décrit les dispositions des canaux radioélectriques pour les faisceaux hertziens fixes fonctionnant dans les bandes de fréquences.

C. Modulation adaptée à la technique de transmission :

Le but d'une modulation est de transmettre des informations d'un émetteur à un récepteur, à travers un canal de transmission. Ce canal possède un certain nombre de caractéristiques et de contraintes qu'il faut prendre en compte. Le tableau suivant donne les fréquences et les modulations qui peuvent être choisies en fonction de la capacité de données à transmettre.

Capacité Mb/s	Fréquences				
	7 MHz	14 MHz	28 MHz	40 MHz	56 MHz
4 QAM	10	22	46	66	94
16 QAM	21	42	93	133	189
32 QAM	26	55	115	167	237
64 QAM	32	66	138	197	285
128 QAM	37	77	160	229	326
256 QAM	42	87	183	259	370
512 QAM	46	97	204	290	413
1024 QAM	-	107	225	317	456

Tableau III.2. Fréquences et types de modulation en fonction de la capacité

D. Les antennes utilisées :

L'antenne est une construction mécanique qui permet de transformer le signal électrique en signal électromagnétique et inversement. Les antennes à montage direct sur une ODU (Out Door Unit) ou RFU (Radio Frequency Unit) Eclipse sont disponibles dans des diamètres de 0.3m à 2.4m, selon la bande de fréquence utilisée (voir le tableau ci-dessous). Ces antennes sont de haute performance, et on trouve deux types d'antennes : les antennes à simple polarisation et les antennes à double polarisation (verticale et horizontale).

Bandes de fréquences	Diamètre d'antenne	Distance à parcourir
15 GHz	De 0.3 à 2.4	<40 Km
18 GHz	De 0.3 à 2.4	<30 Km
23 GHz	De 0.3 à 1.2	<15 Km
38 GHz	De 0.2 à 0.6	<10 Km

Tableau III.3. Correspondances bandes de fréquences, diamètre d'antenne et distance à parcourir

III.4. Porteuse d'un signal : [20]

A. Définition de la porteuse :

Une porteuse est un signal sinusoïdale de haute fréquence et d'amplitude constante, elle est modulée par les signaux utiles (audio, vidéo, données) en vue, soit de sa diffusion au moyen d'un émetteur, soit de son intégrations au sein d'autres signaux.

B. Transmission avec un signal multi porteuse :

Les techniques multi porteuse consistent à transmettre des données numériques en les modulant sur un grand nombre de porteuse en même temps. Ce sont des techniques de multiplexage en fréquence qui existent depuis longtemps.

C. Techniques de transmissions :

Il existe plusieurs configurations, ceci dans le but d'avoir une redondance en cas de panne matériel.

C.1. Transmission avec une seule porteuse (1+0) :

Cette technique permet la transmission entre deux points ou deux antennes en se servant d'un seul canal de transmission et une seule fréquence. Elle est généralement utilisée lors de la transmission des données à faible capacité.

C.2. Transmission avec une seule porteuse (1+1) :

Cette technique ressemble à la première en terme de capacité de données à transmettre sauf que un équipement de secours est rajouté afin d'éviter les coupures de transmission, dans le cas où un équipement est défaillant l'autre prend le relais.

C.3. Transmission avec deux porteuses (2+0) :

C'est une technique utilisée pour la transmission de données en utilisant deux porteuses et donc

deux canaux de fréquences .elle utilisent une antenne à double polarisation ou deux antennes simples polarité qui sont utilisée lors de la transmission des données de capacité moyenne.

C.4. Transmission avec quatre porteuses (4+0) :

C'est une technique utilisée pour la transmission de données à l'aide de quatre porteuses et donc anaux de fréquences. Elle utilise deux antennes a doublé polarisation (vertical/horizontal). Elle est généralement utilisée lors de la transmission des données de grandes capacités et a haut débits.

III.5. Transmission par faisceaux hertzien : [16] [20]

A. Principe de la liaison FH :

Une liaison hertzienne est un système de transmission des signaux, permet de relier deux sites distants qui permettent de transformer (moduler) un signal électrique à transmettre en signal électromagnétique afin qu'il puisse se propager dans l'espace libre.

Les ondes radioélectriques qui se propagent entre les antennes, doivent être dégagées de tous obstacles, c'est une liaison à visibilité directe :

- Les antennes sont installées sur des points hauts, tours ou pylônes.
- Les liaisons sont effectuées en un ou plusieurs bonds.

L'ensemble de l'énergie propagée étant contenu dans un faisceau très finet selon les fréquences utilisées et la quantité d'information à transmettre, les distances pourront être plus ou moins grandes.

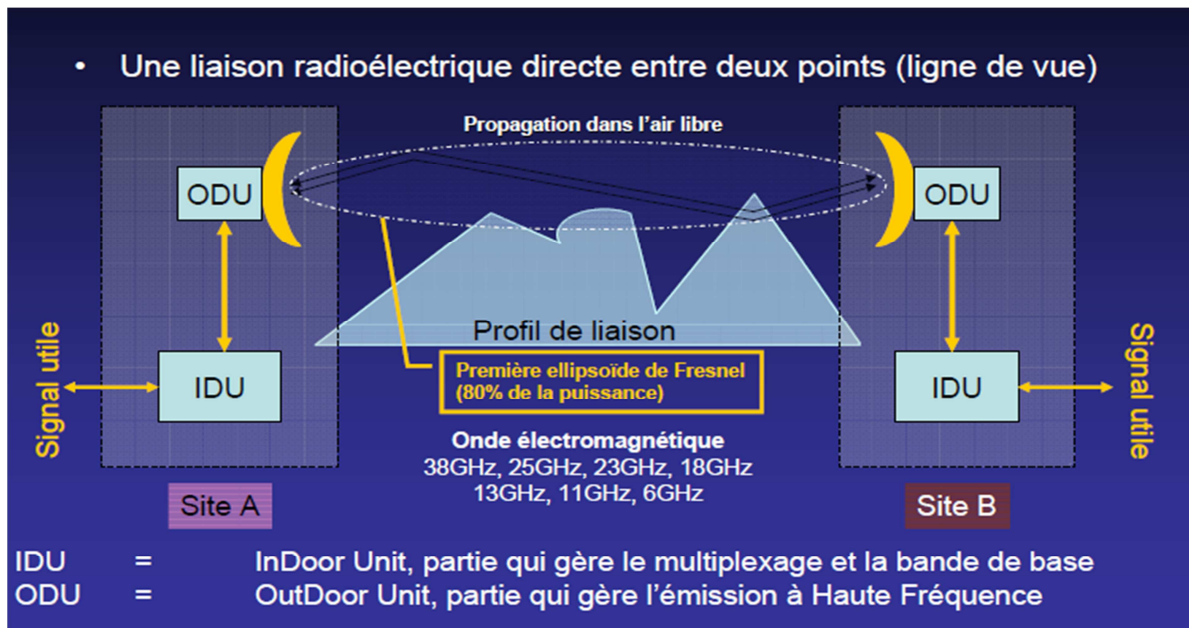


Figure III.9. Une liaison hertzienne

B. Description d'un bond par faisceau hertzien :

Un bond FH est une liaison de transmission entre deux points assurée par un support radioélectrique. Il est composé d'un système d'émission et de réception qui fonctionne en full duplex. Plusieurs éléments rentrent en ligne de compte dans l'établissement d'une liaison hertzienne. A chaque extrémité nous distinguons les éléments suivants:

- un pylône d'une certaine hauteur (30m à 120m).
- une antenne directive (antenne parabolique : 0.3 à 1.8m de diamètre) C'est un dispositif qui réalise la transformation d'une onde électrique en une onde magnétique en vue de sa propagation dans l'espace. La transformation inverse est aussi réalisée par le même dispositif. C'est donc un dispositif réciproque.
- un ODU (OutDoor Unit) ou RFU (Radio Frequency Unit) ; est l'équipement qui a pour fonction d'émettre le signal fournit par l'IDU et de réceptionner le signal HF. Il définit la polarisation selon la position.
- un IDU (In Door Unit) ou SPU (Signal Processing Unit) est l'équipement qui a pour fonction globale la Modulation et la Démodulation du signal qu'il reçoit ; il permet de

générer les E1 (MIC) avec un débit généralement de 2Mbit/s. Il peut être considéré en 1+0 (sans protection) ou en 1+1 (avec protection).

- un câble coaxial reliant l'ODU et l'IDU.
- un système d'alimentation.

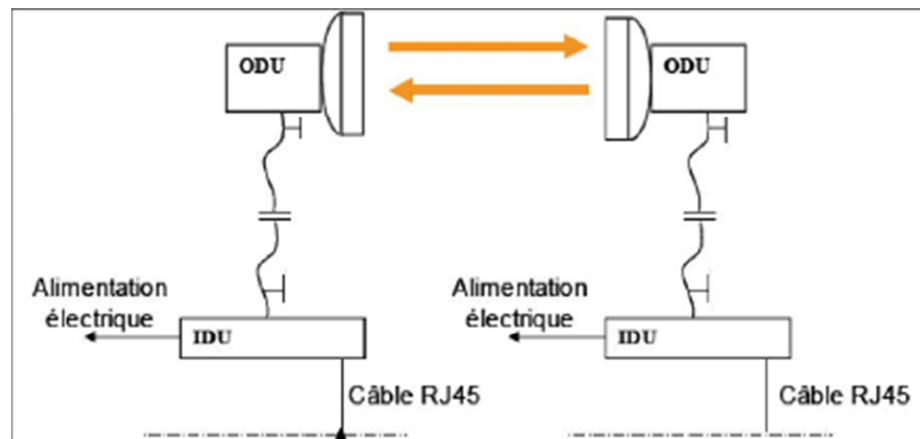


Figure III.10. Un band par faisceau hertzien

C. Transmission du signal :

Pour chaque liaison hertzienne, on définit deux fréquences correspondant aux sens de transmission. Pour des raisons de distance et de visibilité, le trajet hertzien entre l'émetteur et le récepteur est souvent découpé en plusieurs tronçons appelés bonds reliés par des stations relais.

Les bandes de fréquence représentent donc une ressource rare et leur utilisation est donc réglementée par des organismes officiels nationaux et internationaux. La définition d'un bon plan d'attribution de fréquence (et de polarisation) doit permettre de diminuer les perturbations tout en optimisant l'utilisation de la ressource spectrale.

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

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

D. Bilan de liaison :

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

D.1. Schéma de principe d'une liaison hertzienne :

Le schéma de principe d'une liaison hertzienne est dans le cas général le suivant :

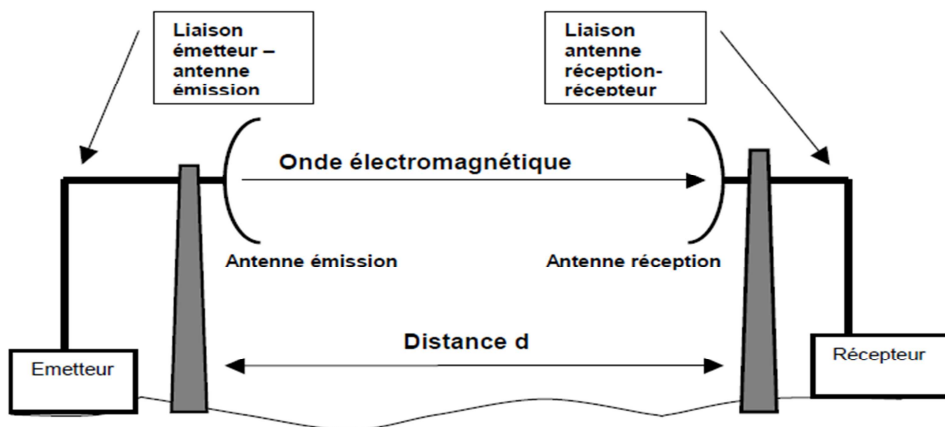


Figure III.11. Le principe d'une liaison hertzienne.

Emetteur : Il est caractérisé par sa puissance émise P_E . Ici P_E sera exprimée en dBm ou dBW.

Ordre de grandeur : de quelques mW (0dBm) à plusieurs kW (> 30dBW).

Liaison émetteur- antenne émission : elle est généralement réalisée en câble coaxial. A plus haute fréquence (> quelques GHz), elle est peut être réalisé en guide d'onde. Elle est caractérisée par son atténuation LE , exprimée en dB. Dans les petits systèmes, où tout est intégré (Wifi, téléphone mobile, etc..) cette liaison n'existe pas ($LE = 0$ dB).

Antenne d'émission : Elle est caractérisée par son Gain d'antenne GE , exprimé en dB.

Distance d : c'est la distance entre l'émetteur et le récepteur. On peut montrer, que la distance entre l'émetteur et le récepteur, introduit une atténuation AEL (pour atténuation en espace libre) égale à :

$$AEL = 20 \cdot \log\left(\frac{4\pi \cdot d}{\lambda}\right) \text{ Cette grandeur est exprimée en DB.} \quad (\text{III.16})$$

Liaison antenne réception- récepteur : comme la liaison émetteur-antenne émission, la liaison antenne réception-récepteur est caractérisée par l'atténuation LR, exprimée en dB.

Antenne réception : Elle est caractérisée par son gain d'antenne GR, exprimé en dBi.

Récepteur : Le paramètre qui nous intéresse ici est PR, puissance reçue par le récepteur. Elle est généralement exprimée en dBm.

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

$$PR = PE - LE + GE - AEL + GR - LR \quad (\text{III.17})$$

- le terme $PE - LE + GE$ correspond à la PIRE, au niveau de l'antenne d'émission.

- LE et LR sont nuls si l'émetteur et le récepteur sont reliés directement à leurs antennes

D.2. Sensibilité d'un récepteur :

- **Définition** : La sensibilité d'un récepteur est l'amplitude du signal qu'il faut appliquer à son entrée pour obtenir à la sortie du démodulateur un rapport signal/bruit déterminé (transmission analogique) ou un taux d'erreur donné en transmission numérique (10^{-2} ou 10^{-6}).
- **Signification** : C'est la puissance minimale en dessous de laquelle la qualité de la liaison est dégradée : craquements importants (friture) pour une liaison audio, image

dégradée en transmission vidéo (neige), taux d'erreur important en transmission numérique (pixellisation ou figeage de l'image en TV vidéo numérique).

D.3. Condition de bon fonctionnement d'une liaison hertzienne :

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

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

III.6. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons représentés les notions de la propagation des ondes électromagnétiques, les antennes et leurs caractéristiques. Et puis nous avons cités les différents paramètres de transmission. Ainsi, la transmission par faisceaux hertziens, le principe de cette liaison et les différentes porteuses du signal utilisé Et enfin nous avons définis le bilan de liaison, son schéma et les conditions de son bon fonctionnement.

Dans le chapitre suivant, nommé application nous allons représenter le logiciel MENTUM ELLIPSE utilisé par OOREDOO ainsi ses caractéristiques et son utilisation et nous terminons avec notre réalisation.

CHAPITRE IV

APPLICATION

IV. Introduction :

L'implémentation des technologies mobiles de transport, dans une zone géographique, nécessite une étude en utilisant des outils soft avant la réalisation sur le terrain. Ce chapitre, sera consacré pour traiter les étapes à suivre dans le but de créer une liaison hertzienne, et ceci à l'aide du logiciel de dimensionnement et de calcul « Mentum Ellipse » utilisé par l'opérateur OOREDOO, qui permet d'effectuer le calcul de bilan de liaison.

Nous allons aussi présenter l'application que nous avons conçue sous le langage java, qui permet de calculer un bilan de liaison entre deux sites pour estimer la faisabilité de la liaison.

IV.1. Présentation du logiciel « Mentum Ellipse » :

L'outil de dimensionnement utilisé par l'opérateur téléphonique OOREDOO, est le logiciel Ellipse dans sa version 8.5.1. Qui permet d'effectuer les calculs nécessaires à la mise en service de faisceaux hertziens, les calculs se présentent sous forme de ; analyse d'interférence, calcul énergétique et le choix de l'équipement à utiliser. Il intègre plusieurs paramètres tels que les données géographiques du terrain de l'ensemble du globe. C'est un logiciel capable de situer n'importe quel point à partir de ses coordonnées GPS grâce à sa base de données du terrain numérique fiable.

Ellipse gère une base de donnée commune sur oracle appelé Data Manager qui englobe à la fois ; base de donnée équipements, sites, liens et terrains numériques. L'administration d'Ellipse se fait à partir d'un serveur virtuel hébergé au niveau de Cloud OOREDOO. Le management du logiciel passe par l'exploitation de licences users perpétuelle, avec accès sécurisé et personnalisé.

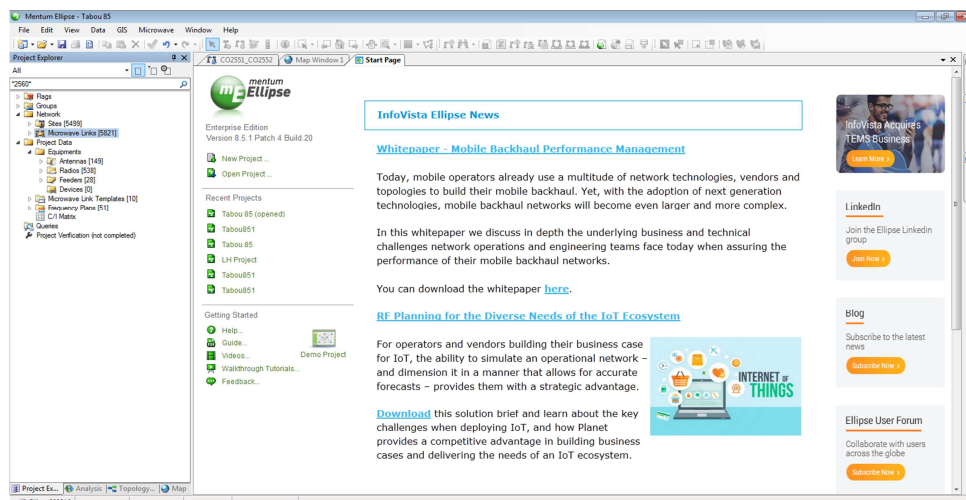



Figure IV.4 : L'interface du logiciel Mentum Ellipse

IV.2. Création d'une liaison hertzienne :

Avant d'installer une liaison hertzienne, il est nécessaire d'effectuer le calcul du bilan de liaison. En effet, ce calcul permet de déterminer si le niveau de puissance reçue par le récepteur sera suffisant pour que la liaison fonctionne correctement. Pour créer cette liaison, nous devons suivre les étapes suivantes :

A. Création d'un site :

Pour créer un site sous Ellipse, il suffit de cliquer sur le **bouton droit** > **New site** sur l'endroit voulu sur la Mapp.

Et puis nous attribuons un nom pour le site, et nous cliquons sur ce bouton  pour ajouter les coordonnées et l'élévation du site.

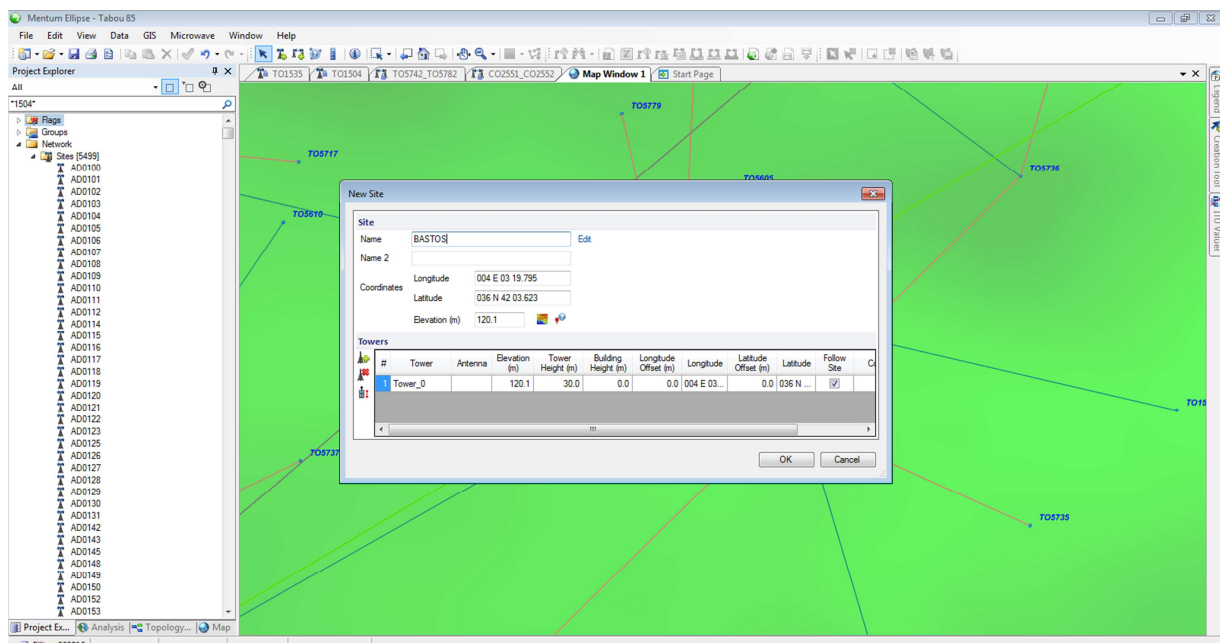



Figure IV.5 : Création et configuration d'un site

B. Création d'un lien entre les sites :

Pour relier les différents sites créés par faisceau hertzien, il est indispensable de créer une liaison entre ces sites, en cliquant **Creation Tool** > sélectionner le site > **rechercher**  pour ajouter les coordonnées GPS. Et le lien s'affiche.

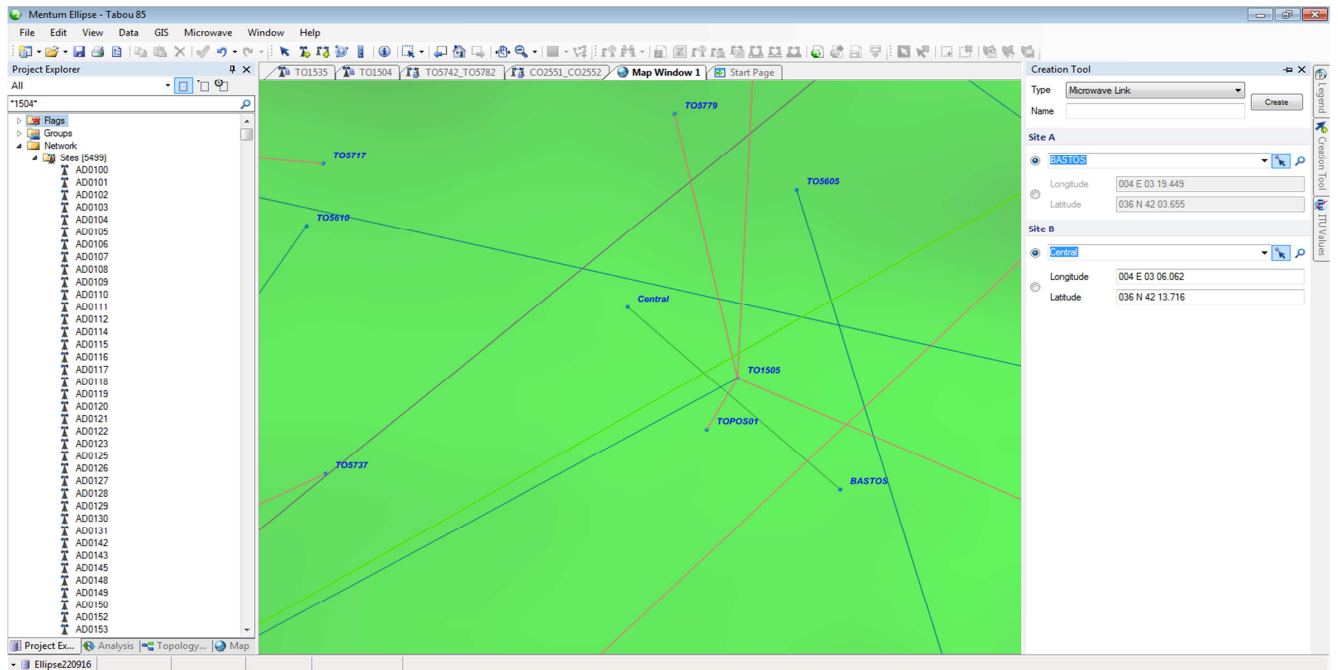



Figure IV.6 : Création d'un lien entre les deux sites

C. Le choix et la configuration d'antenne :

Une fois le lien est créé, **double clique** sur le lien > une fenêtre s'affiche (figure IV.7) dont nous voyons l'ellipsoïde de Fresnel dégagé de tout obstacle (vert), Puis en cliquant sur **Equipement**

Tab > Antenna System  . Et selon la distance entre les deux sites que nous avons créés, l'antenne choisie est : « **ANT2 0.3 38 HPX** » tels que :

0.3 M: Diamètre de l'antenne

38 GHZ : Fréquence

HPX : Double polarisation

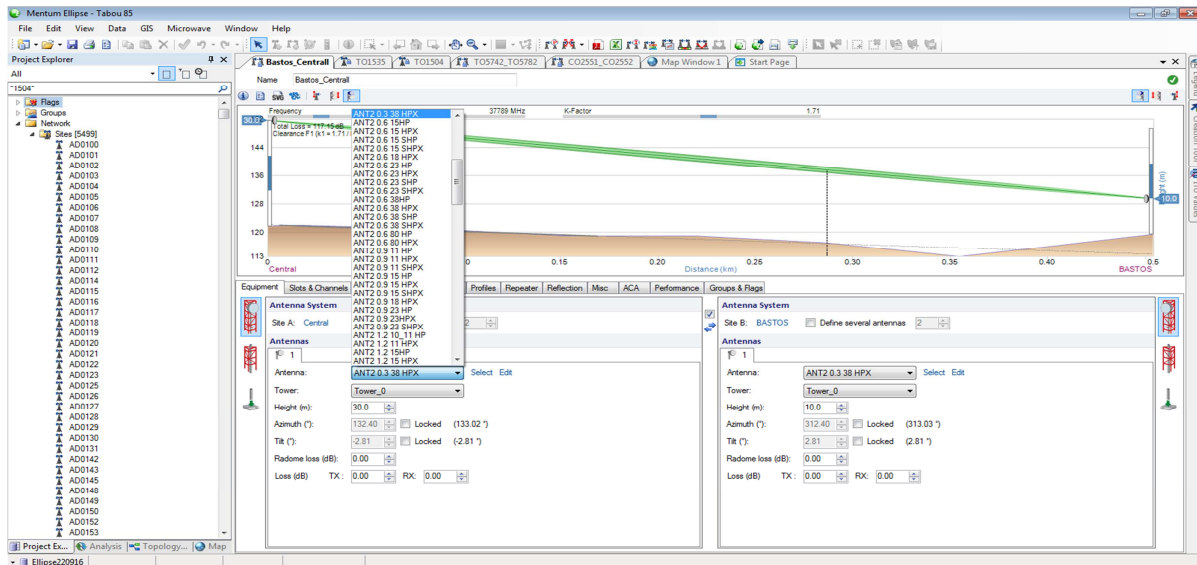


Figure IV.7 : Attribution d'antenne

D. Le choix de la radio :

Une fois l'antenne est choisie, la radio sera définie en tenons compte de l'antenne (fréquence),

dans la même fenêtre nous cliquons sur , et dans notre exemple nous avons choisis :

« ERI-TN38-2XAAA-007-A0 » tels que :

38 GHz : Fréquence

2X : model (Ericsson)

007 : La bande passante

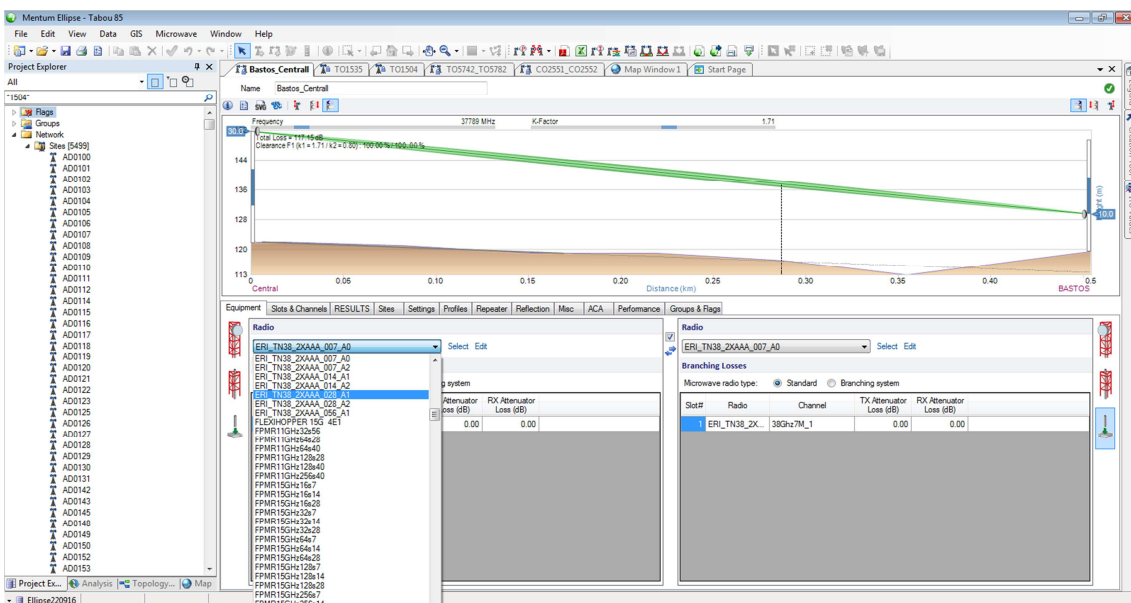


Figure IV.8 : Attribution de la radio

E. Résultat du bilan de liaison :

Pour afficher le résultat du bilan de liaison, il suffit de cliquer sur **RESULTS**. Et pour s'assurer que la liaison est fiable nous devons analyser les interférences.

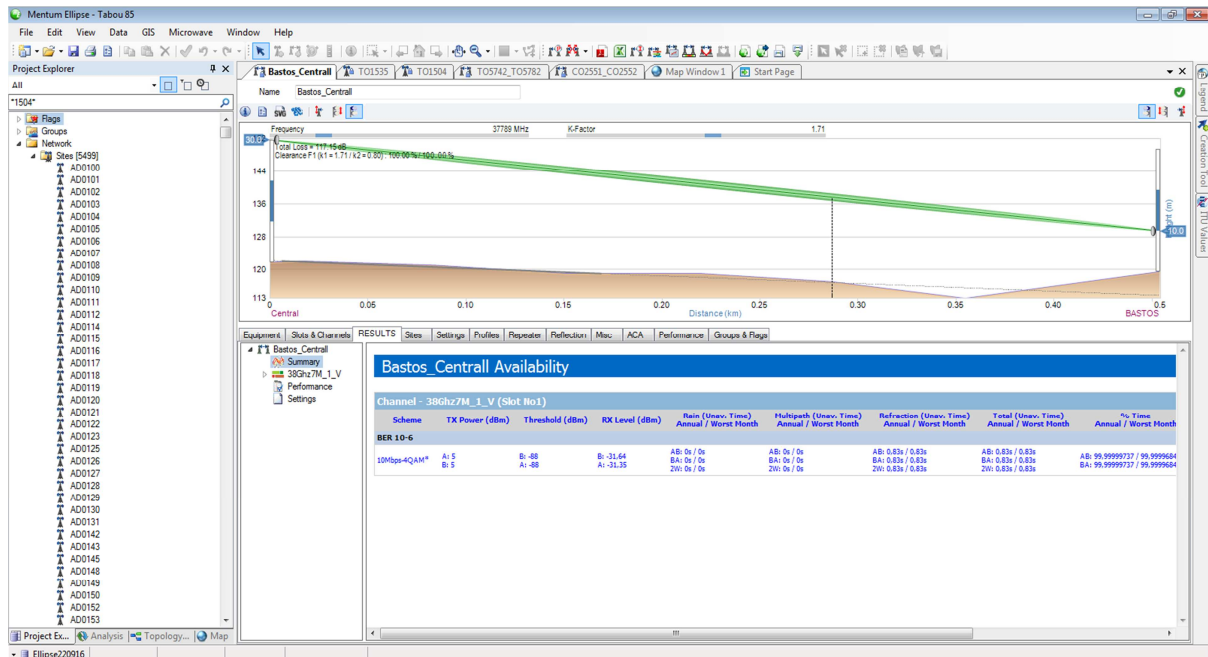


Figure IV.9 : Le résultat du bilan de liaison

F. L'analyse des interférences :

Pour analyser les interférences, **bouton droit** sur le lien > **Interference Analysis** (figure IV.11) et les résultats d'interférence sont représentés dans la figure IV.12. Les résultats sont en couleur verte, donc nous constatons qu'il n'y a pas d'interférences dans notre site, ce qui veut dire que la liaison « bastos-Central » est fiable. En revanche, la couleur rouge nous indique la présence des interférences

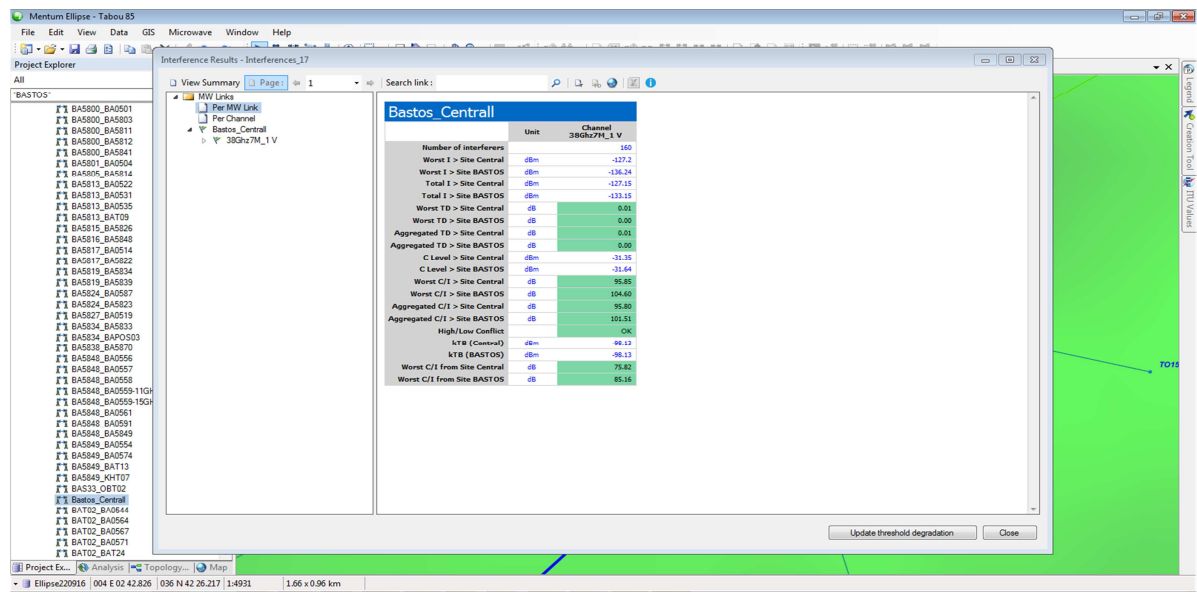
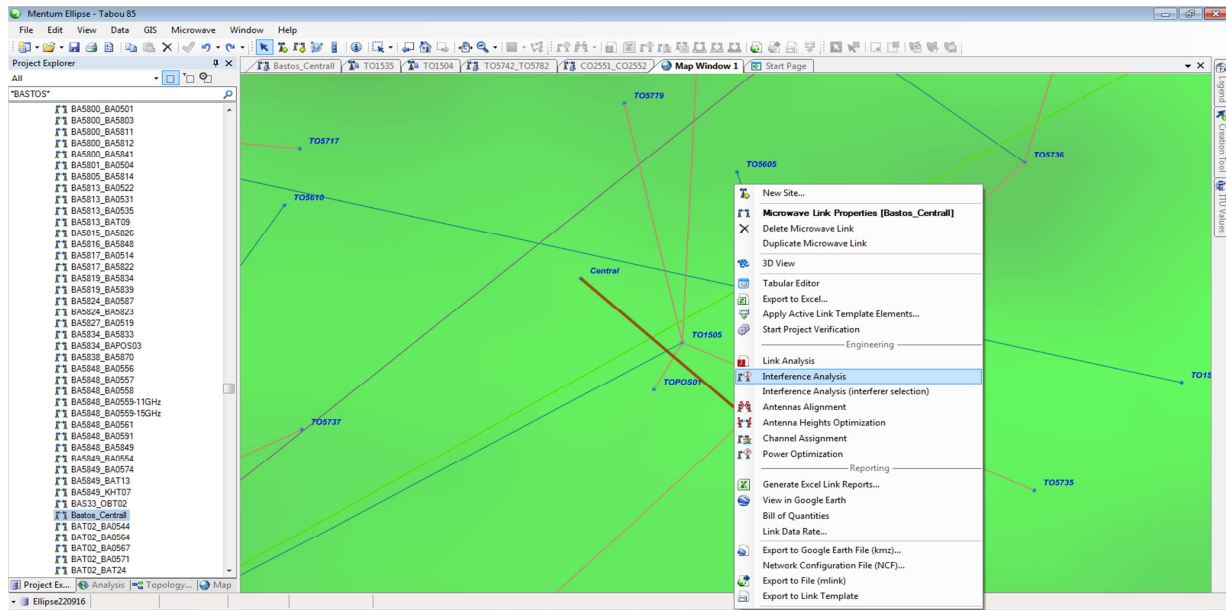


Figure IV.11 : Le résultat d'analyse des interférences

IV.3. Présentation de l'application :

Vu que le logiciel « Mentum Ellipse » utilisé pour la planification ne peut pas être manipulé gratuitement sans licence, nous avons pensé à réaliser une application avec le même principe que ce logiciel qui nous permettra de calculer le bilan de liaison. Donc notre projet consiste à réaliser une application Web qui permet de calculer le bilan de liaison entre deux sites, en lui attribuant les coordonnées GPS récupérés de la Map que nous avons importé, le gain, la puissance émise,

les atténuateurs et la distance calculé. Cette application est conçue à l'aide du langage de programmation java, en utilisant l'environnement de développement NetBeans. Notre application est organisée selon un organigramme.

L'algorithme :

Début {

1. Importer Google Map ;
2. Choix et récupération des coordonnées GPS des deux sites à partir de la Map ;
3. Calcule de la distance en utilisant la formule donnée par l'opérateur OOREDOO :

$$D = ((6378.135 * \text{Math.cos}(\text{Math.sin}(\text{Math.toRadians}(\text{l'attitude de premier site}) + \text{Math.cos}(\text{Math.toRadians}(\text{l'attitude de deuxième site})) * \text{Math.cos}(\text{Math.toRadians}(\text{l'attitude de premier site})) * \text{Math.cos}(\text{Math.toRadians}((\text{longitude de premier site}) - (\text{longitude de deuxième site})))) * \text{Math.sin}(\text{Math.toRadians}(\text{l'attitude de deuxième site})))$$

1. La fréquence et le diamètre d'antenne à utiliser :

Si ($D < 5\text{km}$) {

Fréquence = 38 GHz ;

Diamètre d'antenne = (0.2 jusqu'à 0.6 m)

Gain d'antenne = 45 dB ;}

Si non ($D < 15\text{km}$) {

Fréquence = 23 GHz ;

Diamètre d'antenne = (0.3 jusqu'à 1.2 m) ;

Gain d'antenne = 42 dB ;}

Si non si ($D < 30\text{km}$) {

Fréquence = 18 GHz ;

Diamètre d'antenne = (0.3 jusqu'à 2.4)

Gain d'antenne = 39 dB ;}

Attribuer la puissance émise (PE) ;

Attribuer les atténuateurs (LE, LR, AEL) ;

Calcule de bilan de liaison (puissance reçue PR) en utilisant la formule :

$$PR = PE - LE + GE - AEL + GR - LR$$

Fin}

A. Le langage JAVA :

Java est un langage de programmation et une plate-forme informatique dont beaucoup d'applications et de sites Web ne fonctionnent pas s'il n'est pas installé. Il est fourni avec un ensemble d'outils (le JDK : Java Développement Kit) et un ensemble de packages, ensemble de classes. Ces différentes classes de base couvrent beaucoup de domaine (entrées/sorties, interface graphique, réseau, etc.) c'est un langage orienté objets, simple, sécurisé et robuste.

La programmation peut se faire pour des exemples simples avec le compilateur javac, mais pour avoir plus de confort, il est préférable d'utiliser un environnement de développement intégré, comme Eclipse ou NetBeans et dans notre cas nous avons utilisé NetBeans.

B. L'environnement de développement NetBeans :

NetBeans est un environnement de développement intégré (IDE) pour Java, permet également de supporter différents autres langages, comme le C, C++ et HTML. Il comprend toutes les caractéristiques d'un IDE moderne (éditeur en couleur, projets multi-langage, éditeur graphique d'interfaces et de pages web). NetBeans est disponible sous Windows, et sous Linux...

C. Application :

Les étapes que nous suivies pour créer notre application sont :

1. Création d'un nouveau projet (HelloJxBrowser)

Notre application est conçue sous le langage Java et pour commencer nous devons créer un nouveau projet en suivant ce chemin : (figure IV.12)

File → New Project

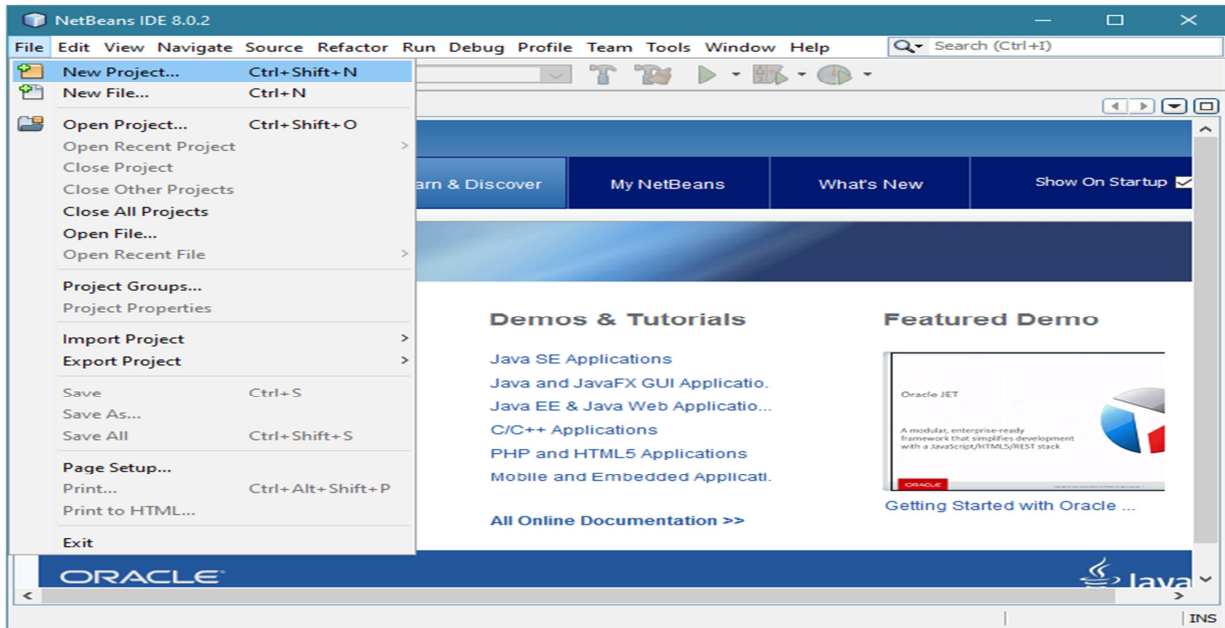


Figure IV.12 : Création du projet

Et puis nous allons choisir dans la fenêtre affichée :(figure IV.13)

Java → Java Application → Next

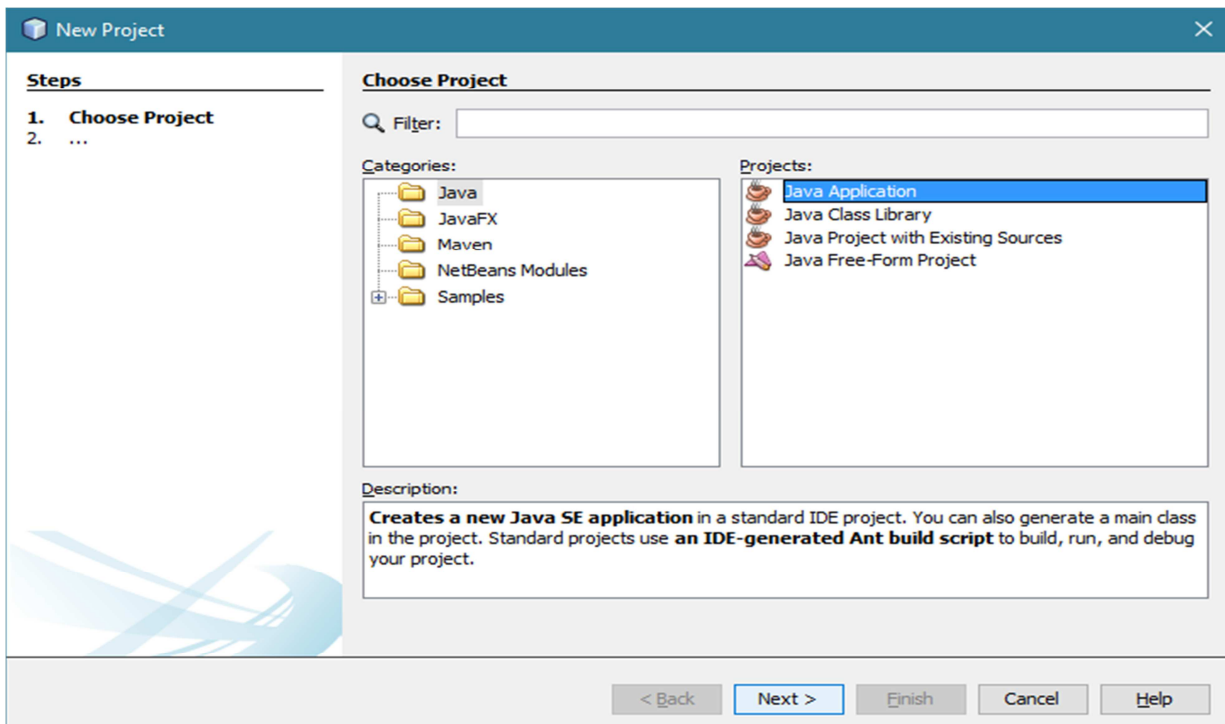


Figure IV.13 : Le choix du projet

Après avoir choisis Java Application nous allons attribuer le nom et l'emplacement du projet :

Project Name et Project Location puis Finish

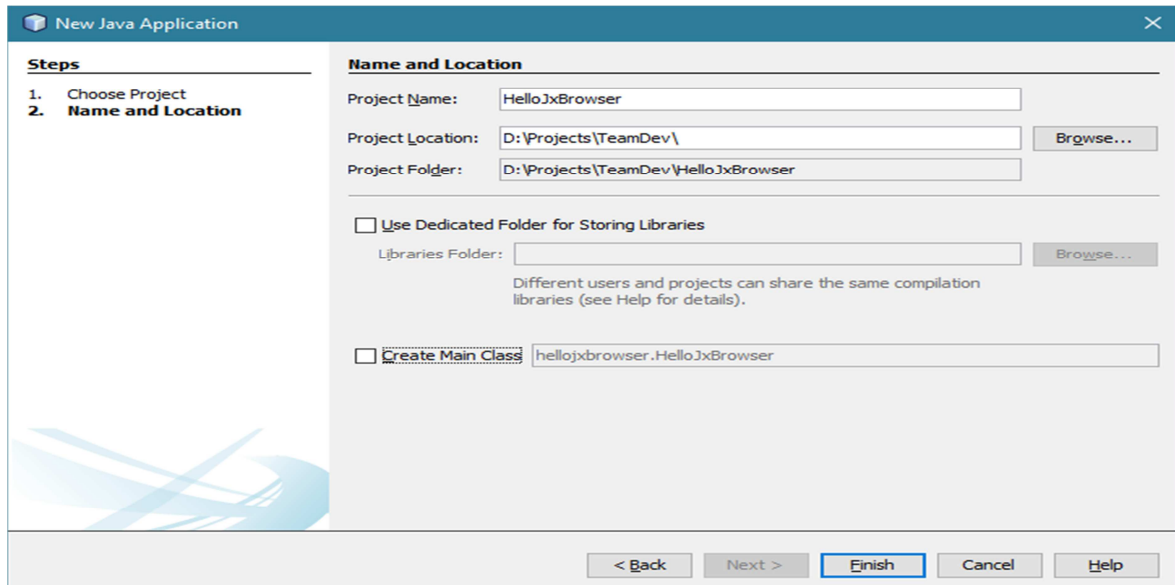


Figure IV.14 : Attribution du nom et de l'emplacement de projet

2. L'ajout de la licence et des Jar :

Une fois le projet a été créé, nous nous sommes inscrits dans « JxBrowser » pour avoir une licence et télécharger les librairies « Jar » pour les ajoutés au projet afin d'importer Google Map.

Bouton droit sur librairie > Add JAR

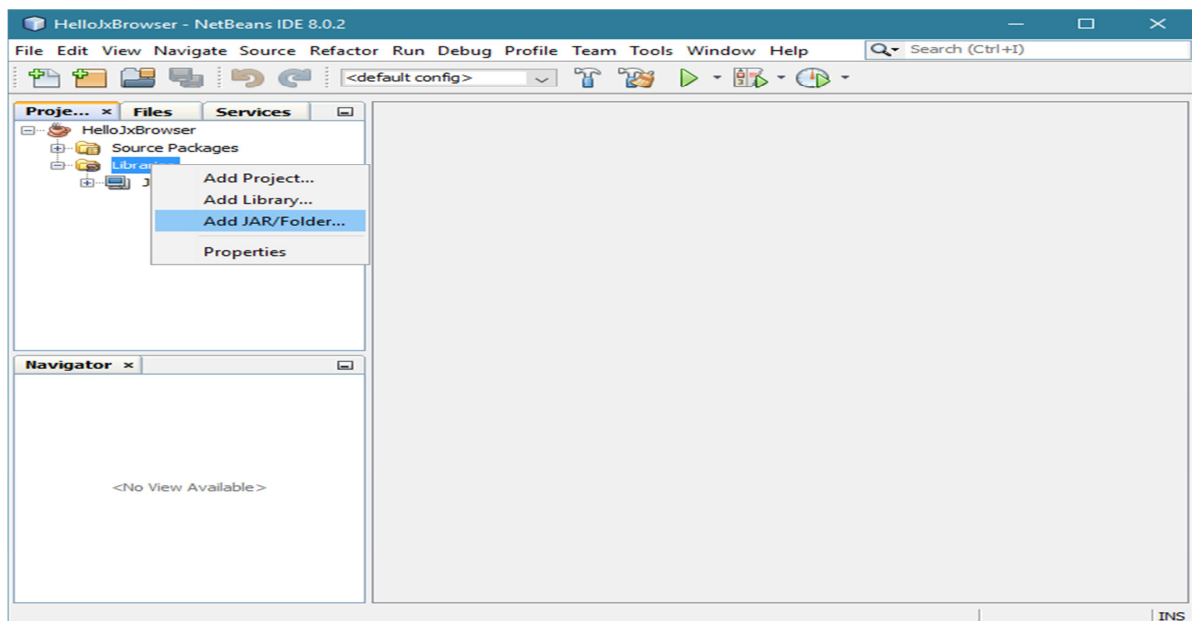


Figure IV.15 :L'ajout de la librairie Jar

3. Création d'une nouvelle classe Java :

Dans le projet créé précédemment, nous allons créer une classe pour ajouter notre programme, en suivant ces étapes :

Clic droit Source **Package** → **New** → **Java Class**

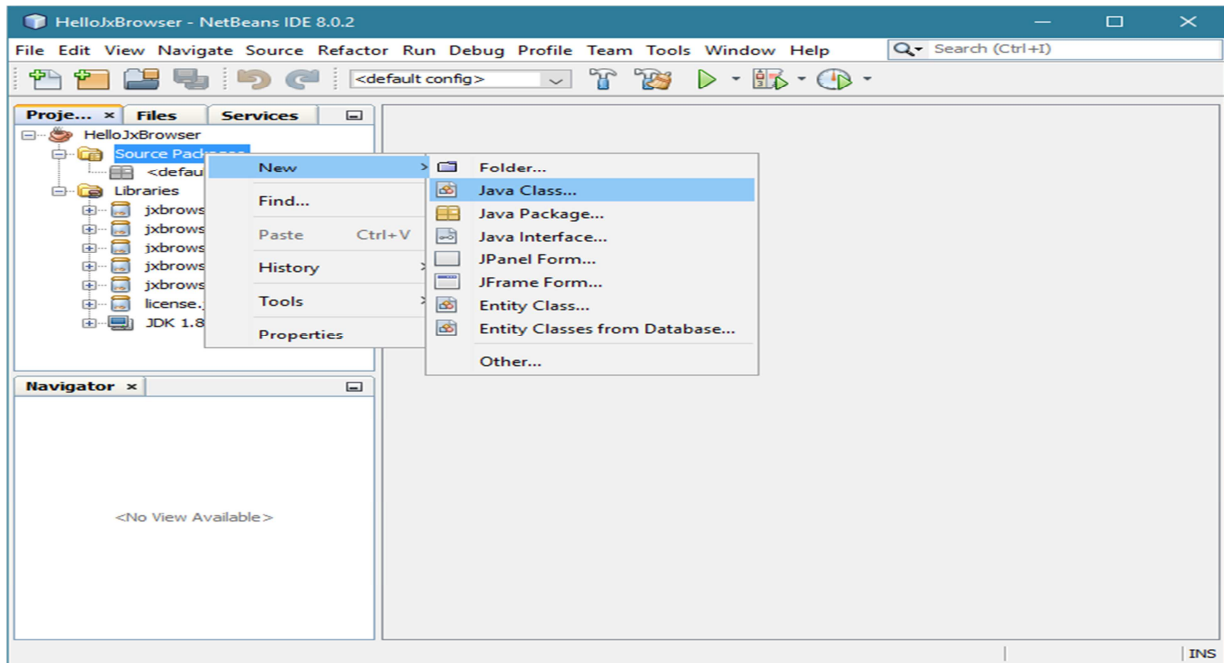


Figure IV.16 : Création d'une classe Java

Et puis nous allons attribuer un nom à la classe créée, **Class Name** et nous cliquons sur **Finish**

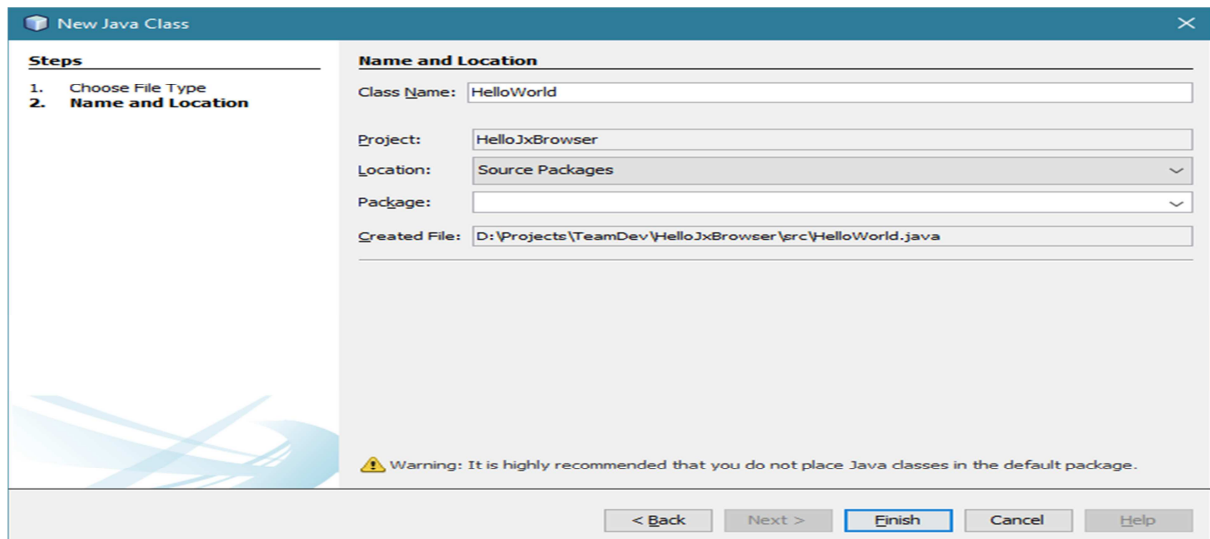


Figure IV.17 : Attribution du nom à la classe Java

En traduisant l'organigramme de notre application sous langage Java, nous allons l'ajouter dans la classe précédente pour le compiler : (figure IV.18)

Run → Run File

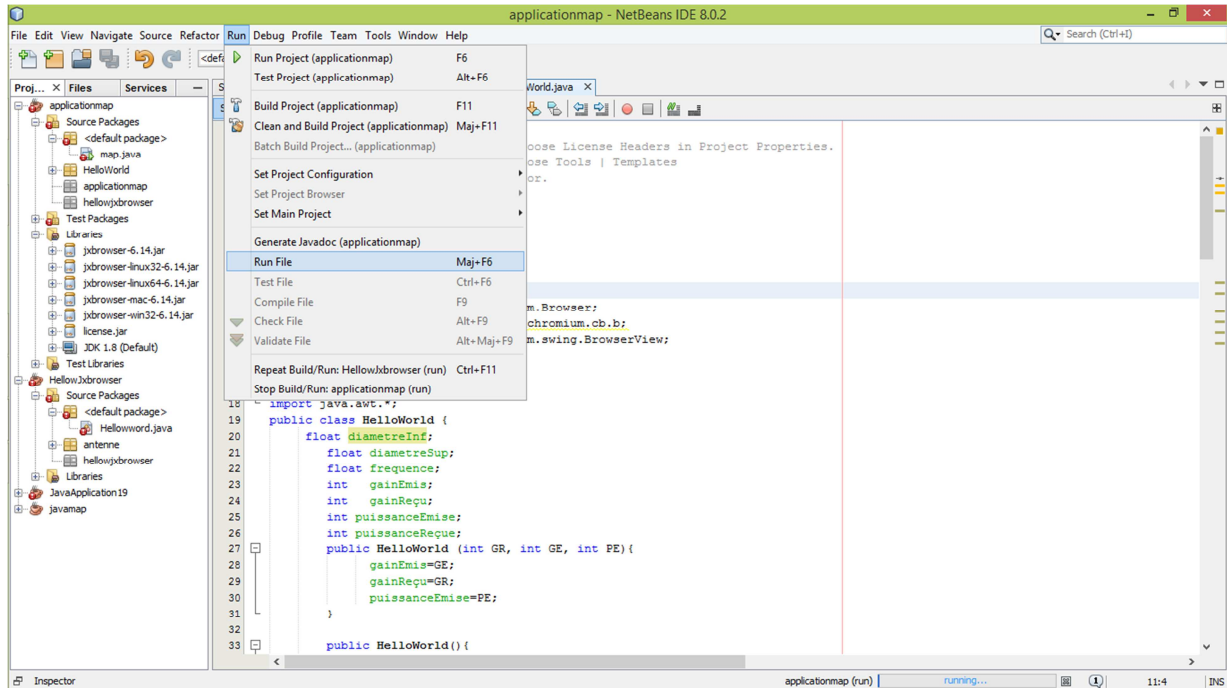


Figure IV.18 : Compilation du programme

4. Résultat :

Notre application consiste à calculer au début la distance entre les deux sites en récupérant les coordonnées GPS de la map importé. Ensuite, nous allons avoir la fréquence, le gain et le diamètre d'antenne à utiliser selon la distance calculé. Puis nous devons introduire les atténuateurs et la puissance émise pour avoir le résultat finale (puissance reçue). (Figure IV.19)

Donc notre application nous permet de calculer la distance entre les sites, les équipements à utiliser. Et à la fin, nous pouvons déduire si la liaison crée fonctionne correctement ou non, en comparant la puissance reçue avec la sensibilité du récepteur.

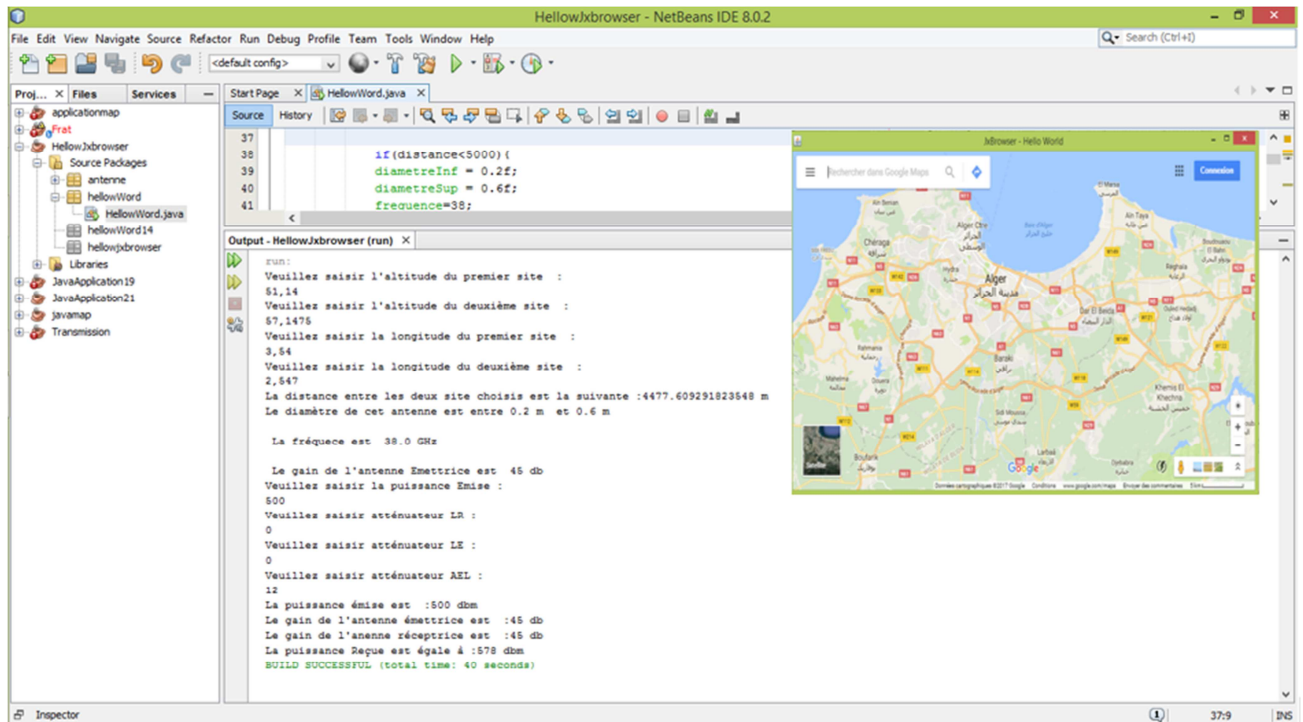


Figure IV.19 :L'affichage du résultat du bilan de liaison

IV.4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté au premier lieu l'entreprise OOREDOO ou nous avons effectué notre stage pratique, et puis nous avons présenté le logiciel de planification utilisé chez OOREDOO, ainsi les étapes à suivre pour créer une liaison hertzienne et le calcul du bilan de liaison pour vérifier la fiabilité de cette liaison.

Et pour finir nous avons procédé à la présentation de l'application conçue avec le langage « Java » ainsi que l'environnement de travail « NetBeans », les étapes de la création et le résultat trouvé. Et bien que notre application nous permette de calculer le bilan de liaison gratuitement, elle reste incomplète par rapport au logiciel de planification Ellipse, en pensant de l'améliorer dans l'avenir.

CONCLUSION GENERALE

A la fin de notre stage et notre étude, nous avons arrivé à mieux comprendre les architectures et les principes de fonctionnement des différentes générations de la téléphonie mobile. Nous avons également constaté la naissance de plus en plus de services, d'applications, de méthodes de développement et de gestion tout en améliorant la qualité des services, et en assurant de meilleures performances et garantissant une haute sécurité et fiabilité des transmissions.

Le développement de ces générations est toujours en parallèle aux développements des supports de transmission. Dans notre cas nous nous sommes intéressés aux transmissions sans support physique qui sont plutôt à base de faisceaux hertziens. C'est le moyen de communication idéal pour les liaisons avec les objets mobiles grâce à la simplicité de son installation, sa fiabilité et sa sécurité.

Pour veiller au bon fonctionnement et à une meilleure gestion, les opérateurs mobiles optent pour l'utilisation des logiciels de planification et d'optimisation, et le logiciel utilisé chez OOREDOO est appelé 'Mentum Ellipse', que nous avons illustré précédemment avec des captures. Et se basant sur le même principe que ce logiciel, nous avons conçu une application à l'aide du langage Java qui nous permet de calculer le bilan de liaison

Enfin nous n'avons pas perdu vue sur les générations futures, plus précisément la cinquième génération destiné à l'internet des objets. Et là l'utilisation des faisceaux hertziens ne sera pas la meilleure solution, du fait que le relief limite leurs performances ainsi que leurs utilisation et donc les opérateurs vont opter plutôt à la mise en place des fibres optiques qui répondent mieux aux besoins, et qui est la solution la plus convenable en termes de fiabilité, sécurité temps de transmission, et donc une très bonne qualité de service, et de meilleures performances.

Bibliographie

- [1]: C.DEMOULIN, M.VAN DROOGENBROECK. Principales de base du fonctionnement du réseau GSM. Revue de L'AIM, pages 3 à 18, N04 ,2004.
- [2]: X. Lagrange, P. Godlewski, et S. Tabbane. Réseaux GSM-DCN. Hermès, troisième édition, 1997.
- [3]: G.Heine .GSM networks: protocoles, Terminology, and implementation. Artech House, 1999.
- [4]: J. Tisal .Le réseau GSM. L'évolution GPRS : une étape vers UMTS. Dunod, troisième édition, 1999.
- [5]: 3GPP TS 23.002 V3.6.0, 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and Systems Aspects; Network architecture (Release4), September2002.
- [6]: Heikki Kaaranen et al. "UMTS Networks: Architecture. Mobility and Services", Edition Wiley, 2001.
- [7]: www.univsavoie.fr/enseignement/sfa/desstr/download/umts_interface_radio.pdf
- [8]: GHASSEN.A.A, MAHMOD.I et KASMIRAN .J, "Modeling and performance Evolution of LTE Networks with Different TCP Variants", Academie mondiale des science, 2011.
- [9]: URDAEANU.A, «Réseau de 4ème génération», Rapport bibliographique, Université de RENNES ,2007 .
- [10]: 5G PPP Architecture Working Group, View on 5G Architecture.
- [11]: 5g-ppp.eu/white-papers/
- [12]: Alexis Piraina, 5G : tout savoir sur le réseau mobile du futur, 15 mars 2016-Tech
- [13]: Danièle Dromard, Dominique Seret, les transmissions et les supports.
- [14]: Enrique Fernandez et Marc Mathieu, Les faisceaux hertziens analogique et numérique
- [15]: Louis Reyner, TS SE : Bilan de liaison – Application SFH 534.

[16] : Youssouf Moussa ADOUM, Etude et mise en service de la liaison par faisceau hertzien Loumbila-Kamboine, Institut Supérieur d'Informatique et de gestion ISIG, Licence 2009.

[17] : Moulla Lyssia et Ould Hamouda Tassadit, Etude pour une mise en œuvre d'un backbone par FHN dans le réseau de transport (transmission) dans la wilaya de Tizi-Ouzou, 2009/2010.

[18] : Bayer Gerard, les réseaux synchrones et entendus PDH et SDH ,Ed .Hermés, 1997

[19] : Simo Kungne et Hervé Valérve, étude de migration de la boucle mètre SDH vers une boucle métro IP, école nationale supérieure des postes et de télécommunication, 2011-2012

[20] : Kamelia ibesaine, optimisation de la technique de transmission par l'utilisation multiporteur : Application sur le réseau 3G⁺⁺ de mobilis, 2016

[21] : Antennes – Alexandre boyer

[22] : Bruno CHRISTMANN, ABREGÉ SUR LE FAISCEAUX HERTZIEN, Les Transmissions FH Planification de Réseau FH, 2000-2008

Annexe

IV.1. Présentation de l'entreprise :

OOREDOO est une compagnie internationale leader des télécommunications qui fournit les services de téléphonie mobile, et l'Internet haut débit et les services adaptés aux besoins des particuliers et des entreprises à travers les marchés du Moyen Orient, d'Afrique du Nord et du Sud-est asiatique. Considérée comme le Premier opérateur multimédia de téléphonie mobile en Algérie, présente depuis le **23 décembre 2003** ; **Nedjma**, devenue **OOREDOO** le 21 novembre 2013, est la filiale algérienne du Groupe OOREDOO. Date d'obtention de la licence de fourniture des services de téléphonie mobile en Algérie, La Marque **Nedjma** a été commercialement lancée le **24 août 2004**, en offrant aux Algériens, qu'ils soient clients particuliers ou entreprises, une gamme d'offres et de services novateurs, en respectant les standards internationaux.



Logo de 2004-2009



logo de 2010-2013



logo depuis 2014



logo alternatif

Figure IV.1 : Les logos utilisé par OOREDOO

D'après l'autorité de régulation de la poste et des télécommunications, le réseau OOREDOO couvre 99 % des chefs-lieux des wilayas, et plus de 95 % des agglomérations et routes nationales. L'opérateur OOREDOO comporte plusieurs directions, comme montré dans la figure (IV.2).



Figure IV.2 : L'organigramme de la direction générale de OOREDOO

Et notre stage chez OOREDOO est effectué dans la direction Technologie, et plus précisément dans le département de Transmission.

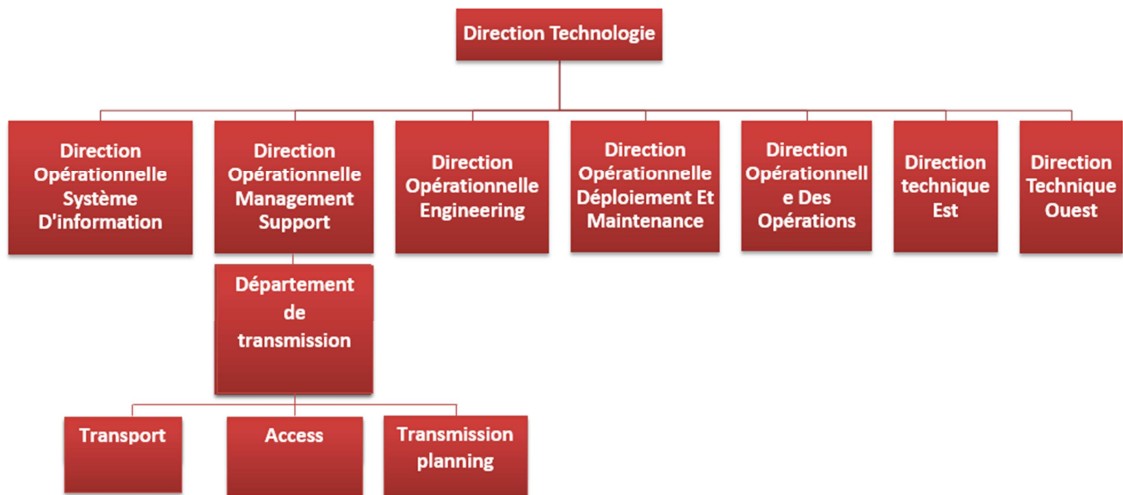


Figure IV.3 : L'organigramme de la direction Technologie de OOREDOO

Résumé

Souvent nous entendons parler de la transmission de données, surtout dans le domaine de la téléphonie mobile où elle est devenue primordiale et déterminante.

Aujourd'hui la technologie ne cesse de se développer autour de ça, pour qu'elle permette à chaque pas le luxe aux clients en améliorant les qualités des services et en offrant de meilleures performances tout en garantissant une haute sécurité dans le passage d'une génération mobile à une autre.

Le développement de ces générations se faisait et se fait toujours en parallèle avec le développement des systèmes de transmission. Dans notre travail nous nous sommes intéressés à la transmission à base des faisceaux hertziens, et nous avons mis en pratiques nos connaissances théoriques, et amélioré nos compétences dans ce domaine grâce au stage pratique effectué au sein de l'entreprise de l'opérateur mobile OOREDOO.

Mots clé :

Transmission, Faisceaux hertziens, Liaison hertzienne, Planification, Optimisation.