

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira



Faculté des sciences et des sciences appliquées
Département de Génie Electrique

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Electronique

Spécialité : Système de télécommunication

Thème :

Etat de l'art sur les supports de transmission dans les réseaux cellulaires

Réalisé Par :

MENAS Nabila
LAIFAOUI Meriem

Soutenue le ..././2022

Devant la commission composée de :

M.Chelbi Salim	M.C.A	Univ.Bouira	President
M.Qasmi Redha	M.C.A	Univ .Bouira	Examineur
M.Saidi mohammed	M.C.A	Univ.Bouira	Encadreur

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu Tout-Puissant pour nous avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener ce travail jusqu'à la fin.

Nous remercions tout particulièrement notre encadreur, Saidi Mohammed, pour l'aide qu'il nous a apportée et les connaissances qu'il a pu nous transmettre. Nous le remercions également pour sa patience, sa disponibilité, ses précieux conseils et surtout

pour sa supervision éclairée tout au long de la rédaction de ce travail.

Nos vifs remerciements vont aux membres de jury pour avoir accepté de juger notre présent travail.

Nous tenons à saisir cette occasion et adresser nos profonds remerciements et nos profondes reconnaissances au corps enseignant et administratif de département génie Electrique de l'université AKLI MOHAND OULHADJ de BOUIRA.

Des remerciements exceptionnels vont à nos familles pour leurs patiences, leurs conseils

et leur soutien inconditionnel.

Nous remercions également tous nos amis et nos collègues d'étude particulièrement notre promotion.

Dédicace

A mes très chère parents source de vie , d'amour et d'affection,

*A mes chère frères (Abdeslam, Abderrezak) et a mon neveu Alilou et ma nièce Alaa
source de joie et de bonheur ,*

A mon fiancé ma source de motivation

A toute ma famille et mes chère amis je dédié ce travail

Laifaoui Meriem

Dédicace

Je tiens sincèrement à dédier ce travail :

A mon cher père, qui m'a offert tout le soutien dont j'ai besoin, celui qui m'a tout donné depuis ma naissance et à qui je souhaite une très longue vie pleine de bonheur et de Santé.

A ma chère mère, mon modèle de sacrifié, d'amour, et de générosité, la lumière de mon chemin et à qui je souhaite aussi une très longue vie pleine de joie et de santé,

A mes chères sœurs (Saida, Nora), qui m'a toujours aidé.

A mes chers frères (Said, Rachid, Ahmed , Amar) est ainsi mon binôme

A notre petits (Ranim, Dhayaa, Islam, Rabah)

A ma cher amie (Djamila)

A tous mes enseignants, et à toute la promotion de gestion des stocks

A toute ma famille de près et de loin.

Menas Nabila

Résumé :

Dans les télécommunication les supports de transmission jouent un rôle clé dans les transmissions des informations (voix image son), dans l'laquelle ilconsiste le lien entre émetteur et récepteur pour l'obtention de la bonne qualité de transmission.

Dans le premier chapitre on parle sur les supports de transmissions comme définition en suit on a cité quelques caractéristiques communes entre eux.

Depuis plusieurs année le développement des réseaux mobile n'a pas cessé de croitre plusieurs générations ont vues le jour (2G , 3G, 4G) est connu une évolution remarquable et prochainement la 5G qui n'a pas encore mis en œuvre.

Mots clé : les supports de transmissions, transmission des données, les réseaux cellulaires (2G, 3G, 4G), les faisceaux hertziens.

Sommaire

Remerciements.....	2
Dédicace.....	3
Résumé :.....	5
Introduction générale	1
Chapitre 1 : Etat de l'art sur les supports de transmission.....	3
1. Introduction :.....	3
2. Généralité :.....	3
3. Définition d'un support de transmission.....	3
3. Quelques caractéristique commune de supports de transmission.....	4
3.1. Bande passante :.....	4
3.2. Sensibilité aux bruits :.....	4
3.3 Capacité limite des supports de transmission :	5
4. Les supports de transmission	5
4.1. Ligne bifilaire.....	5
4.1.1. Définition :.....	5
4.1.2. Caractéristiques de la ligne bifilaire :	5
4.2. Câble coaxial.....	5
4.2.1. Définition :.....	5
4.2.2. Les avantages et les inconvénients:	6
4.2.3. Caractéristiques :.....	6
4.3. Les faisceaux hertziens	7
4.3.1. La définition :.....	7
4.3.2. Les caractéristiques :.....	7
4.4. La fibre optique.....	7

4.4.1. La définition :.....	7
4.4.2. Caractéristiques de la fibre optique :.....	8
4.4.3. Les avantages et les inconvénients [8] :.....	9
Conclusion	9
Chapitre 2 : Généralité sur les réseaux cellulaires	11
1. Introduction.....	11
2. Evolution des réseaux mobiles.....	11
3. Les différentes normes téléphoniques.....	12
3.1. La première génération des téléphones mobile (1G)	12
3.2. La deuxième génération des téléphones mobiles (2G)	12
3.3. La troisième génération des téléphones mobiles 3G (UMTS).....	12
3.4. La quatrième génération des téléphones mobiles 4G.....	13
4. Etude sur les réseaux mobiles:	13
4.1. La deuxième génération 2G	13
4.1.1 La définition:.....	13
4.1 .2 Caractéristiques.....	13
4.1.3 Bandes de fréquences.....	13
4.2. La troisième génération 3G.....	14
4.2.1 La définition.....	14
4.2.2. Les caractéristiques	14
4.2.3. Les bandes de fréquences du réseau 3G.....	15
4.3 La quatrième génération 4G.....	15
4.3.1 La Définition	15
4.3.2 Les objectifs :	16
4.3.3 Les Caractéristiques	16
4 .3.4 Les fréquences du réseau 4G	17
Conclusion :	18
Chapitre 3 : Etude pratique de transmission FH	20

1. Principe de fonctionnement des faisceaux hertziens	20
2.Mode de transmission par FH	20
3.Les satellittes artificiels :.....	22
4.Réalisation des liaisons FH :.....	22
4.1.La propagation sur la ligne de visée.....	23
4.2.Facteur influant les communication sur une ligne de visée	23
4.2.1.Les obstacles réfléchissants	23
4.2.2.Les obstacles qui bloquent le chemin direct de la ligne de visée.....	24
4.3.Chemin de propagation de ligne de visée non obstruée	24
4.4.Free space loss	25
5.Les antennes :.....	25
5.2. Polarisation d'une antenne :.....	26
5.3. Directivité d'une antenne :.....	26
5.4. Le gain d'antenne :.....	27
6.Le Bilans de liaison.....	27
6.1.Ligne de vue (LOS) des liaisons radio.....	28
6.1.1Principaux phénomènes de propagation	28
6.1.2Equation de la liaison radio.....	29
6.1.4 pertes en espace libre	30
6.1.5.Gain d'antenne	30
6.1.6-Pertes.....	31
Conclusion :	36
Conclusion générale.....	38
Références bibliographiques :.....	40

Listes des figures

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les supports de transmission

Figure I. 1. Atténuation du signal par le support de transmission	4
Figure I. 2. le câble coaxial [7].....	6
Figure I. 3. Transmission hertzien.....	7
Figure I. 4. la fibre optique [10].	8

Chapitre 2 : Généralité sur les réseaux cellulaires

Figure II. 1. Evolution des réseaux cellulaires [11].....	11
Figure II. 2. Évolution des réseaux mobiles.	11
Figure II. 3. Les différentes technologies d'accès sans fil pour l'utilisateur 4G [18].	16

Chapitre 3 : Etude pratique de transmission FH

Figure III. 1. la modulation et la demodulateur	20
Figure III. 2. les satellites de télécommunication	22
Figure III. 3. ligne de visee degagée	23
Figure III. 4. obstacle bloqué le chemin de ligne de visé.....	24
Figure III. 5. champs électrique de la polarisation d'une antenne.....	26
Figure III. 6. les lobes d'antenne.....	27
Figure III. 7. le gain d'antenne.....	27
Figure III. 8. Linge de vue los.....	28
Figure III. 9. le graphe de puissance de bilan	29
Figure III. 10. Graphe illustrant l'atténuation de la fréquence en fonction de la distance	30
Figure III. 11. Le gain d'antenne en fonction de fréquence avec différent diamètre d'antenne	30
Figure III. 12. le terrain de site.....	32
Figure III. 13. Etude des réflexions.....	32
Figure III. 14. Profil de liaison (la zone de Fresnel est libre)	33

Listes des tableaux

Chapitre 2 : Généralité sur les réseaux cellulaires

Tableau II. 1. Les comparaisons entre certains paramètres clés des systèmes 4G et 3G [19]. 17

Chapitre 3 : Etude pratique de transmission FH

Tableau III. 1. récapitulatif des débits de la norme SDH..... 21

Listes des abréviations

1G	1ère Génération
2G	2ème Génération
3G	3ème Génération
4G	4ème Génération
AMPS	Advanced Mobile Phone System
ARCEP	Autorité de Régulation des Communications Electroniques, des Postes
ART	Autorité de Régulation des Télécommunications
CDMA	Code Division Multiple Access Communication radio mobile de 3ème génération de longue portée
DC	Dual Career
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
FDD	Frequency Division <i>Duplex</i>
GRPS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communication
HSPA	High Speed Pack Access
IS-136	Interim Standard-136
IS-95	Interim Standard-95
LTE	Long Term Evolution
QoS	Quality Of Service
TACS	Total Access Communication System
TDD	Time-Division Duplex
UMB	Ultra Mobile Broadband
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System: technologie de
UMTS	Universal Mobile Télécommunications System
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access.

Introduction générale

Introduction générale

Un système de communication véhicule de l'information entre une source à un destinataire. La source d'information et le destinataire sont en général séparés par une distance considérable. Le canal de transmission, en même temps qu'il assure la connexion entre ces deux entités, dégrade le signal transmis. Il faut alors mettre en place un système d'émission-réception pour minimiser l'effet du canal sur le signal. Le canal constitue le support de transmission entre l'émetteur et le récepteur. Il représente le lien physique entre l'émetteur et le récepteur.

Les supports de transmission sont nombreux. Parmi ceux-ci, on distingue : les supports matériels tels que : les supports métalliques et non-métalliques pour les transmissions filaires et les supports immatériels pour les transmissions non-filaires.

Les supports matériels, comme les paires torsadées et les câbles coaxiaux, sont les plus anciens et les plus largement utilisés; ils transportent des courants électriques. Les supports de verre ou de plastique, comme les fibres optiques, transmettent la lumière. Et les guides d'onde propagent des ondes électromagnétiques.

Tandis que les supports immatériels pour des communications sans fil propagent des ondes électromagnétiques (ondes radio, ondes hertziennes...) dans l'atmosphère ou dans le vide. Le dispositif de stockage est également un genre de support, lequel peut être envoyé à... par écrit et être reçu de... par lecture.

L'espace libre ou l'air est le milieu de transmission non-filaire. Les ondes électromagnétiques (ondes radio, ondes hertziennes...) se propagent dans l'atmosphère ou dans le vide.

Dans ce cours, on s'intéresse aux supports de transmission. Le chapitre I présente les caractéristiques de supports de transmission. Le deuxième chapitre discute les conducteurs électriques. Dans le troisième chapitre, on donne une description des fibres optiques. Le chapitre quatre vise à montrer les faisceaux hertziens. Enfin, le cours se termine avec les faisceaux infrarouges.

Chapitre 1

**Etat de l'art sur les supports
de transmission**

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les supports de transmission**1. Introduction :**

La quantité d'informations que l'on peut transporter dépend de nombreux facteurs *la distance* entre deux points d'une liaison, la sensibilité aux perturbations, la puissance que l'on peut allouer pour les émetteurs, le type de communication que l'on souhaite réaliser peut s'accommoder d'une infrastructure plus ou moins lourde (câbles, antennes et pylônes, répéteurs). En fonction de l'application ou de la topologie du milieu, il peut être plus ou moins simple ou plus ou moins économique de tirer des lignes. Il peut donc y avoir transmission en espace libre ou sur des supports spécifiques (transmission guidée).

2. Généralité :

Afin que les informations circulent au sein d'un réseau, il est nécessaire de relier les différentes unités de communications à l'aide d'un support de transmission. Un support de transmission est un canal physique qui permet de relier des ordinateurs et des périphériques. Les supports de transmission les plus utilisés sont : les câbles, la fibre optique et les systèmes sans fil. Le câble est le type de support de transmission le plus ancien, mais aussi le plus utilisé. Le câble est généralement constitué de fils de cuivre recouverts par une gaine plastique. C'est le support le moins cher. Il existe trois types de câbles : coaxial, la paire torsadée non blindée et la paire torsadée blindée. La fibre optique est un support de transmission très utilisé dans les réseaux de grandes tailles. Le principe de la fibre optique est d'acheminer des informations en envoyant des signaux lumineux dans un conducteur central en verre ou en plastique. Cette solution permet de transmettre très rapidement des informations, mais coûte encore cher. Sur les réseaux où les ordinateurs sont distants ou ne peuvent être connectés physiquement, la solution consiste à utiliser un support de transmission sans fil. Ces réseaux sans fil utilisent généralement : les rayons infrarouges, les micro-ondes, les ondes radio ou encore un satellite.

3. Définition d'un support de transmission

Les supports de transmission sont les éléments permettant de faire transmettre une information (sous forme d'un signal ou d'une onde) entre deux équipements de transmission. On peut distinguer deux types de transmission :

- Transmission guidée : dans ce cas l'information à transmettre est guidée par un câble ou par une fibre optique.
- Transmission libre : une information peut être transmise dans l'air ou dans le vide en utilisant une onde électromagnétique (porteuse) d'une fréquence élevée généralement.

Alors, on classe généralement ces supports en trois catégories :

Les supports métalliques : permettant de faire circuler une grandeur électrique dans un câble en cuivre.

Les supports optiques : permettant de transmettre des informations sous forme lumineuse (fibre optique) [1].

Les supports aériens : désignant l'air ou le vide, ils permettent de transmettre les ondes électromagnétiques ou radioélectriques (faisceau Hertzien) [2].

3. Quelques caractéristique commune de supports de transmission

3.1. Bande passante :

La largeur de la bande passante est la caractéristique essentielle d'un support de transmission. En effet, celui-ci se comporte comme un filtre qui ne laisse donc passer qu'une bande limitée de fréquence appelée « bande passante ».

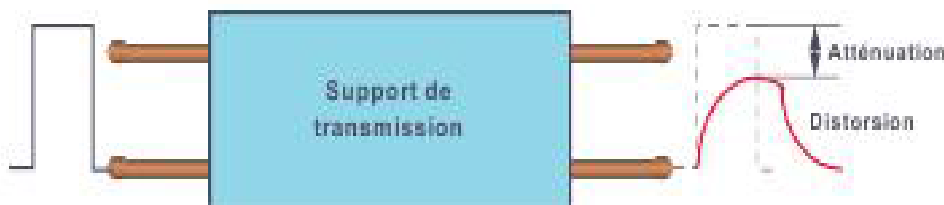


Figure I.

1.

Atténuation du signal par le support de transmission

A titre d'exemple, une ligne téléphonique ordinaire ne laisse passer que les signaux de fréquences comprises entre 300Hz et 3400Hz. En dehors de cette bande, les signaux sont fortement atténués et ne sont plus compréhensibles. La bande passante d'une telle ligne est de $(3400-300)$ Hz soit 3100Hz.

Il est important de noter que lorsqu'on parle de bande passante (en Hz), on indique une longueur d'intervalle sans préciser les bornes de cet intervalle.

On montre que pour garantir une transmission correcte du signal, il n'est pas nécessaire de transmettre toutes les fréquences du signal. [3]

3.2. Sensibilité aux bruits :

Les supports de transmission déforment les signaux qu'ils transportent. En effet, plusieurs sources de bruit peuvent altérer en amplitude ou de phase les signaux en sortie. Par ailleurs, la distance est un facteur d'affaiblissement, particulièrement important pour les liaisons par satellite. Enfin, certaines perturbations naturelles ou artificielles de l'environnement peuvent également introduire des bruits

(foudre, orages pour le milieu aérien, champs électromagnétiques dans des ateliers pour les supports métalliques...). Même lorsque les signaux sont adaptés aux supports de transmission, on ne pourra pas garantir à 100% leur exactitude à la réception. [4]

3.3 Capacité limite des supports de transmission :

La capacité d'un support de transmission mesure la quantité d'information transporté par unité de temps .Les caractéristiques que nous venons de voir fait que la capacité d'un support est limité .Un théorème du a Shannon exprime, en bit par seconde ,la borne maximale de la capacité C_{max} d'un support de transmission :

$$C_{max}=W \times \text{Log}_2 (1+S/B)$$

Ou W =Bande passante

S/B = Rapport signal sur bruit

4. Les supports de transmission

4.1. Ligne bifilaire

4.1.1. Définition :

Une ligne bifilaire est une ligne de transmission constituée de deux fils conducteurs, Cylindriques de même rayon, parallèles et séparés par un isolant qui est généralement de l'air.

4.1.2. Caractéristiques de la ligne bifilaire :

-Son impédance caractéristique Z_C typiquement 300 ohms pour les antennes de TV et FM et anciennement 450 et 600 ohms en émission radio.

-Son facteur d'atténuation α à une fréquence donnée.

-Un facteur de vélocité qui dépend du matériau isolant On a 0,66 pour du polyéthylène plein, 0,85 pour une ligne constituée de fils parallèles munis d'écarteurs en matière plastique.

-Une tension de claquage déterminée par le support d'ondes stationnaires admissible. [5]

4.2. Câble coaxial

4.2.1. Définition :

Pour éviter les perturbations dues aux bruits externes, on utilise deux conducteurs métalliques cylindriques de même axe séparés par un isolant. Le tout forme un *câble coaxial*. Ce câble présente

de meilleures performances que la paire torsadée : affaiblissement moindre, transmission de signaux de fréquences plus élevées. 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 [6].

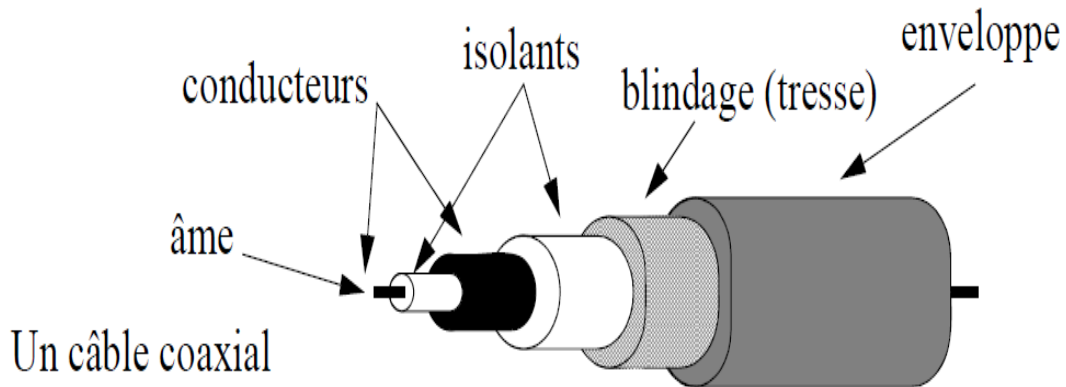


Figure I. 2.le câble coaxial [7].

4.2.2. Les avantages et les inconvénients:

Le câble coaxial contient une protection contre les parasites électromagnétiques, par contre il possède un peu de souplesse de configuration et de connexion, ainsi que son installation est délicate [8].

4.2.3. Caractéristiques :

- Impédance: 50 Ohm - type Ethernet, 75 Ohm - type TV
- Débit : quelque 100 Mbit/s
- Encombrant : diamètre > 1 cm, et peu flexible
- Coût plus élevé [7].

4.3. Les faisceaux hertziens

4.3.1. La définition :

Un faisceau hertzien est un système de transmission des signaux (actuellement numériques) entre deux points fixes. Il utilise comme support les ondes radioélectriques, avec des fréquences porteuses de 1GHz à 40 GHz (domaine des micro-ondes), très fortement concentrées à l'aide d'antennes directives.



Figure I. 3. Transmission hertzien

Ces émissions sont notamment sensibles aux obstacles et masquages (relief, végétation, bâtiments...), aux précipitations, aux conditions de réfractivité de l'atmosphère, aux perturbations électromagnétiques et présentent une sensibilité assez forte aux phénomènes de réflexion (pour les signaux analogiques mais la modulation numérique peut, au moins en partie, compenser le taux d'erreur de transmission dû à ces nuisances).

À cause des limites de distance géographique et des contraintes de « visibilité », le trajet hertzien entre deux équipements d'extrémité est souvent découpé en plusieurs tronçons, communément appelés « bonds », à l'aide de stations relais. Dans des conditions optimales (profil dégagé, conditions géo-climatiques favorables, faible débit, etc.), un bond hertzien peut dépasser 100 km [9]

4.3.2. Les caractéristiques :

4.4. La fibre optique

4.4.1. La définition :

Les câbles coaxiaux tendent désormais à être remplacés par des fibres optiques en verre. Un câble à fibre optique peut comporter jusqu'à 50 paires de fibres, transmettant chacune jusqu'à 4000 signaux à la fois. La fibre optique apparaît donc comme un des moyens d'avenir pour la transmission à fort débit. Les premières fibres optiques employées dans les télécommunications, apparues sur le marché à partir des années 1970, étaient multimodes (à saut d'indice ou à gradient d'indice, selon que l'indice de réfraction de la lumière varie de manière brutale ou progressive entre le cœur et la gaine de la

fibre). Ces fibres étaient réservées (et le sont encore) aux débits inférieurs au gigabit par seconde, sur des distances de l'ordre du kilomètre. Plusieurs longueurs d'onde bien choisies se propagent simultanément en de multiples trajets dans le cœur de la fibre. Pour des débits plus élevés et des distances plus longues, la fibre monomode, de fabrication plus récente, plus fine, assure la propagation d'une seule longueur d'onde dans son cœur (quelques micromètres de diamètre) et offre donc de meilleures performances.

Une fibre optique est constituée d'un fil de verre très fin (figure I.3). 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 [6].

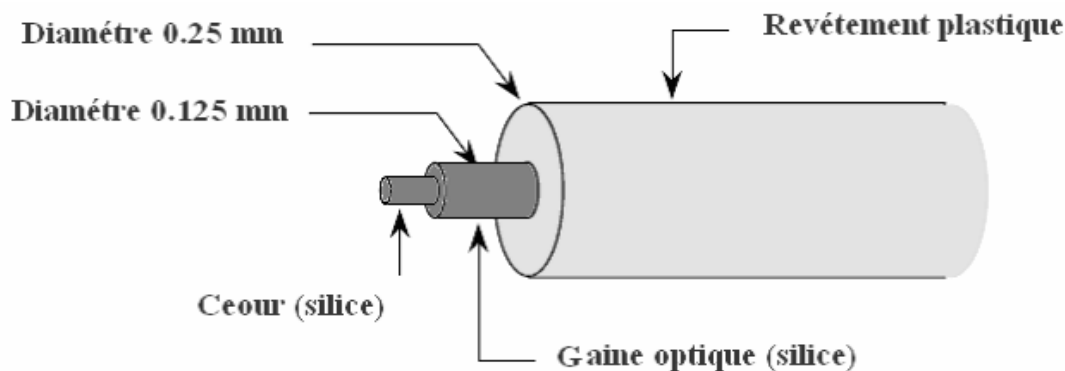


Figure I. 4. la fibre optique [10].

4.4.2. Caractéristiques de la fibre optique :

- Débit : quelque Gbit/s par km
- Encombrement d'une fibre : <math><100 \mu\text{m}</math>, <math><5 \text{ g/km}</math>
- Les fibres sont rassemblées au sein d'un câble
- Trois types de fibres (bande passante):
 - ✓ Multimode à saut d'indice (50 Mhz.km)
 - ✓ Multimode à gradient d'indice (500 Mhz.km) - 65/125 μm
 - ✓ Monomode (50 Ghz.km)
- Dispersion : défaut d'alignement + émission non monochromatique [6].

4.4.3. Les avantages et les inconvénients [8] :

❖ **Avantages :**

- Très faible atténuation
- Léger et peu volumineux
- Pas sensible aux bruits, pas d'erreurs
- Débit élevé.

❖ **Inconvénients :**

- On ne sait pas commuter de l'optique
- On ne sait pas régénérer de l'optique
- Ralentissement au niveau des interfaces électriques/optiques.

Conclusion

L'infrastructure d'un réseau, la qualité de service offerte, les solutions logicielles à mettre en œuvre largement des supports de transmission utilisées. Ces supports exploitent les propriétés de conductibilité des métaux (paires, torsadées, câble coaxial,), les ondes électromagnétiques (faisceaux hertziens, guides d'ondes, satellites) et le spectre visible de la lumière (fibre optique). Toutes ces propriétés concernent l'ensemble des systèmes de transmission guidées et/ou non guidées (ou support libres) complexe.

La complexité de ces systèmes provient généralement du fait qu'une liaison peut emprunter différents supports. Le système de transmission devra alors réaliser l'adaptation du signal transmis à chaque changement de type de support utilisés.

Les caractéristiques du support diffèrent selon la nature physique de ceux-ci et du mode de propagation choisi. Il porte aussi essentiellement sur l'explication des quelques caractéristiques communes et donne un aperçu sur le choix de la fibre optique jugé à l'origine de nombreux problèmes pour des réseaux à hauts débits.

Les supports étant à l'origine de nombreux problèmes de transmission, il est important de bien en connaître les caractéristiques pour en comprendre l'utilisation et prévenir les différents problèmes d'exploitation pouvant survenir.

Dans cette partie, nous allons passer en revue quelques caractéristiques essentielles des supports de transmission sachant que les possibilités de transmission (débit, taux d'erreurs, distance franchissable,) dépendent essentiellement des caractéristiques et de l'environnement de ceux-ci.

Chapitre 2

**Généralité sur les réseaux
cellulaires**

Chapitre 2 : Généralité sur les réseaux cellulaires

1. Introduction

Depuis plusieurs années le développement des réseaux mobiles n’a pas cessé d’accroître, plusieurs générations ont vues le jour (1G, 2G, 3G, 4G) et connues une évolution remarquable, en apportant un débit exceptionnel et qui ne cesse d’augmenter, une bande passante de plus en plus large et un des avantages d’une telle bande passante est le nombre d’utilisateurs pouvant être supportés.

Dans ce chapitre nous allons décrire ces générations de réseaux mobiles.

2. Evolution des réseaux mobiles

Les réseaux mobiles ont beaucoup évolué depuis leur apparition dans les années 1970 à nos jours. Cette évolution, de la première a la quatrième génération de réseaux cellulaires est illustrée à la Figure I.1

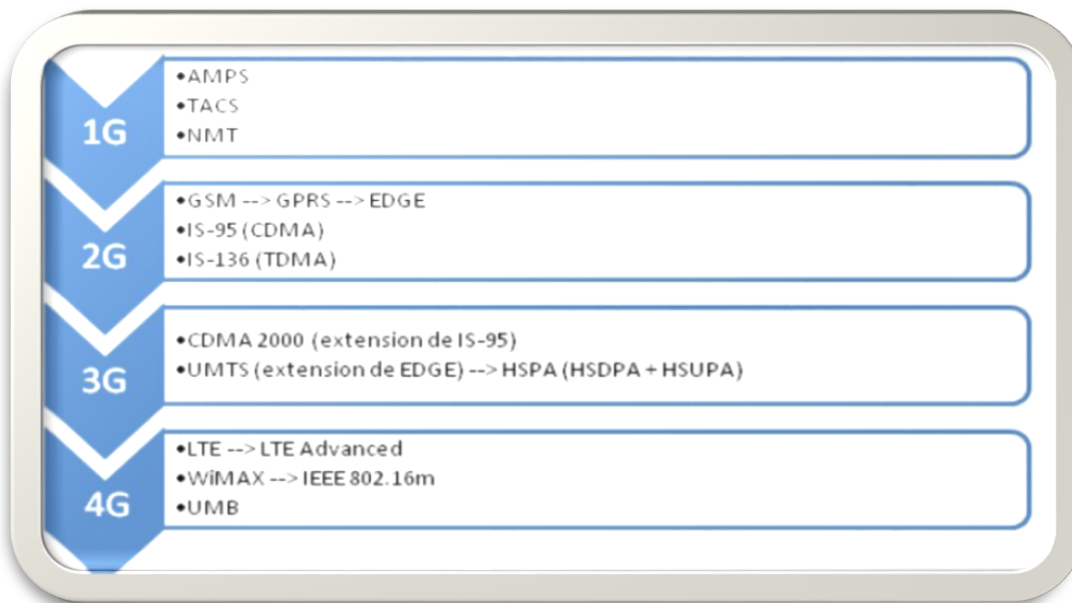


Figure II. 1. Evolution des réseaux cellulaires [11].

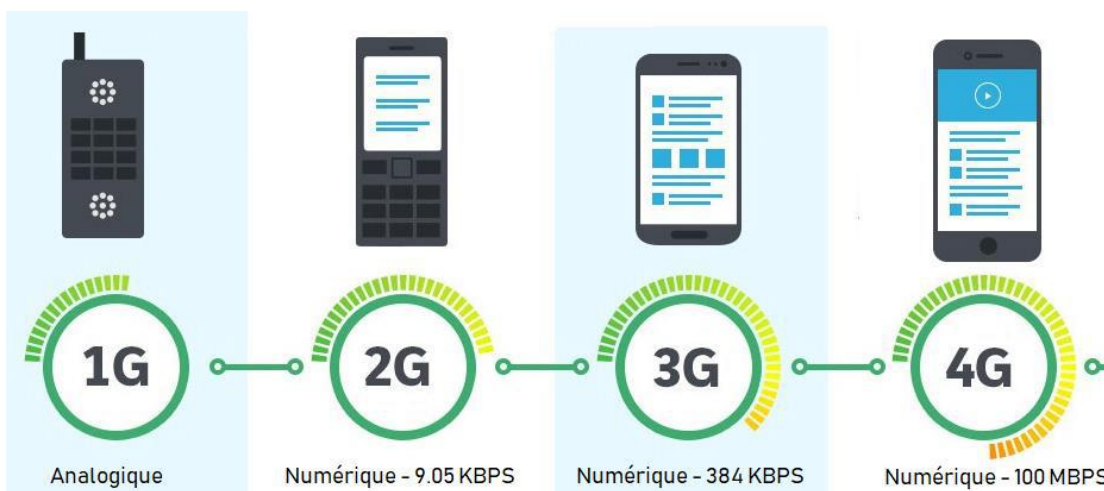


Figure II. 2.Évolution des réseaux mobiles.

3. Les différentes normes téléphoniques

3.1. La première génération des téléphones mobile (1G)

La première génération de systèmes cellulaires (1G) reposait sur un système de communications mobiles analogiques. Cette génération bénéficia de deux inventions techniques majeures des années 1970 : le microprocesseur et le transport numérique des données entre les téléphones mobiles et la station de base. Les appareils utilisés étaient particulièrement volumineux.

La première génération de système cellulaire 1G utilisait essentiellement les standards suivants :

- **AMPS** (Advanced Mobile Phone System) lancé aux Etats-Unis, est un réseau analogique reposant sur la technologie FDMA (Frequency Division Multiple Access)
- **NMT** (Nordic Mobile Telephone) a été essentiellement conçu dans les pays nordiques et utilisés dans d'autres parties de la planète.
- **TACS** (Total Access Communications System), qui repose sur la technologie AMPS, a été fortement utilisé en grande Bretagne.

Cette première génération de réseaux cellulaires utilisant une technologie analogique a été remplacée dès l'apparition d'une seconde génération plus performante utilisant une technologie numérique.

3.2. La deuxième génération des téléphones mobiles (2G)

La deuxième génération (2G) de système cellulaire repose sur une technologie numérique a été développé à la fin des années 1980. Ces systèmes cellulaires utilisent une technologie numérique pour la liaison ainsi que pour le signal vocal. Ce système apporte une meilleure qualité ainsi qu'une plus grande capacité à moindre coût pour l'utilisateur.

La deuxième génération de systèmes cellulaires (2G) utilise essentiellement les standards suivants :

- **GSM (2G)** (Global System for Mobile Communication)
- **GPRS (2.5G)** (General Packet Radio Service) est un système mobile intermédiaire entre la (2G) et la (3G) (débits inférieurs a 100 kbit /s)
- **EDGE** (Enhanced Data Rates for GSM Evolution, 2.75G) que les améliorations apportées à ces deux technologies au fil du temps. [12].

3.3. La troisième génération des téléphones mobiles 3G (UMTS)

Le réseau UMTS(Universal Mobile Télécommunications System) vient se combiner aux réseaux déjà existants GSM et GPRS apportent des fonctionnalités respectives de Voix et de Data ; le réseau UMTS apporte ensuite les Fonctionnalités Multimédia.

La mise en place d'un réseau UMTS a permis à un opérateur de compléter son offre existante par l'apport de nouveaux services en mode paquet complétant ainsi les réseaux GSM et GPRS.

L'idée fondatrice du système 3G est d'intégrer tous les réseaux de deuxième génération du monde entier en un seul réseau et de lui adjoindre des capacités multimédia haut débit pour les données.[12]

3.4. La quatrième génération des téléphones mobiles 4G

Les réseaux de quatrième génération (4G) représentent la prochaine évolution des communications sans fil et sont basés sur l'infrastructure existante, sur l'interconnexion des réseaux déjà déployés. On peut dire qu'il s'agit d'un réseau de réseaux. Ce pas évolutif semble assez naturel dans les conditions où les opérateurs ont investi beaucoup dans les réseaux de troisième génération et il y a plusieurs types de réseau à choisir.

Et à partir de là, nous étudierons chaque génération :

4. Etude sur les réseaux mobiles:

4.1. La deuxième génération 2G

4.1.1 La définition:

Un réseau 2G est de type cellulaire, c'est-à-dire composé d'une multitude d'émetteurs-récepteurs radio, chacun d'entre eux définissant une cellule, soit une zone où le service 2G est accessible aux terminaux qui y sont présents.

Il a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles et abonnés du réseau téléphonique commuté (réseau fixe). Il se distingue par un accès spécifique appelé la liaison radio. [13]

4.1 .2 Caractéristiques

Certaines des caractéristiques de cette génération sont qu'elle a fourni une meilleure qualité de voix, une vitesse plus élevée pour transmettre des données, la transmission de fax et le fameux SMS Avec cette deuxième génération, les services de téléphonie mobile sont devenus populaires.

Une amélioration ultérieure a permis la transmission de données à une vitesse plus élevée (56 kilobits par seconde), l'échange d'images et la possibilité de surfer sur Internet. Cette amélioration est due à la mise en place de la technologie GPRS (General Paquet Radio Service) sur les réseaux existants et favorise l'apparition des « Blackburn » et des premiers « Smartphones ». [14]

4.1.3 Bandes de fréquences

Les systèmes de téléphonie mobile qui se divisent en deux types de réseaux, GSM 900 et DCS 1800, fonctionnent respectivement à des fréquences voisines de 900 et 1800 MHz. Dans le cas du réseau

GSM 900, la bande de fréquences comprise entre 890 et 915 MHz est utilisée pour la transmission du téléphone mobile vers l'antenne-relais, tandis que la bande comprise entre 935 et 960 MHz est utilisée dans le sens inverse. La terminologie GSM, la transmission du téléphone mobile vers l'antenne-relais est appelée « voie montante » ou « Uplink », par contre la transmission de l'antenne-relais vers le téléphone mobile est, quant à elle, appelée « voie descendante » ou « Downlink ». La communication entre le mobile et la BTS s'effectue toujours sur deux fréquences séparées de 45 MHz. Autrement dit, si la BTS envoie ses données à la fréquence f_1 , le mobile enverra ses données vers la BTS à la fréquence $f_1 - 45$ MHz [13]

4.2. La troisième génération 3G

4.2.1 La définition

La troisième génération (3G) désigne une génération de normes de téléphonie mobile. Elle est représentée principalement par les normes Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) et CDMA2000.

Le réseau UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) est un réseau de troisième génération. Quand on évoque le réseau 3 G, on sous-entend des réseaux utilisant de larges bandes passantes offrant de meilleures performances par rapport à la qualité de la parole, augmentant la rapidité d'accès à l'internet et différents services multimédia.

L'UMTS est un réseau cellulaire de transmission numérique pour les téléphones mobiles. Il permet aux utilisateurs d'avoir accès de l'utilisateur à internet [15]

4.2.2. Les caractéristiques

- Un haut débit de transmission (144 Kbps avec une couverture totale pour une utilisation mobile, 384 Kbps avec une couverture moyenne pour une utilisation piétonne et 2 Mbps avec une zone de couverture réduite pour une utilisation fixe).
- Compatibilité mondiale.
- Compatibilité des services mobiles de 3ème génération avec les réseaux de seconde génération.

La mise en place d'un réseau UMTS permet à un opérateur de compléter son offre existante par l'apport de nouveaux services en mode paquet complétant ainsi les réseaux GSM et GPRS.

L'idée fondatrice du système 3G est d'intégrer tous les réseaux de deuxième génération du monde entier en un seul réseau et de lui adjoindre des capacités multimédia (haut débit pour les données) [16].

4.2.3. Les bandes de fréquences du réseau 3G

Le réseau de troisième génération utilise des bandes de fréquences différentes de celles des générations précédentes.

Pour le duplex temporel TDD- time-division *duplex* : 1885 à 1920 Mhz (bande de 35 Mhz de largeur) et 2010 à 2025 Mhz (bande de 15 Mhz).

Pour le duplex fréquentiel FDD (Frequency Division *Duplex*).1920 à 1980 Mhz (pour le débit ascendant de 60 Mhz) et 2110 à 2170 Mhz (pour le débit descendant).

Pour les bandes satellites : 1980 à 2010Mhz (pour le débit ascendant de 30 Mhz) et 2170 à 2200 Mhz (pour le débit descendant de 30 Mhz) .

Les fréquences dans la bande des 900 Mhz ont été attribuées plus tard en France et en Europe. D'autres bandes seront disponibles pour l'Asie et d'autres régions.

La 3G ordinaire ou UMTS (Universel Mobile Télécommunications System)

Les débits théoriques de la norme UMTS sont fixés de la manière suivante par l'Union Internationale des Télécommunications:

144 Kbit/s dont la couverture s'étend en zone rurale.

384 Kb/s dont la couverture convient pour une utilisation urbaine.

1,9 Mbits/s pour le mobile.

Elle peut compter jusqu'à 4Mbits/ dans une zone de couverture totale pour une utilisation fixe.

Évolution de la 3G

À partir de 2007, le réseau 3G et la norme UMTS ont connus une évolution considérable. On parle ici alors de 3G+, ou de 3,5G, utilisant les acronymes HSPA (high speed pack access) HSPA+ et DC (Dual Career) HSPA

Cette évolution permet d'atteindre des débits théoriques maximums allant jusqu'à 42 Mbit/s.

Le réseau 3G annonça l'arrivée de l'utilisation du haut débit sur mobile. Ses limites permettent d'ouvrir la voie à la génération suivante nommée la quatrième génération. [17]

4.3 La quatrième génération 4G

4.3.1 La Définition

La définition de la 4G a évolué comme une nouvelle vague d'efforts de données de commercialisation des mobiles qui se déplace le terme dans l'œil du public à différencier les marques. L'union internationale des télécommunications (UIT), qui supervise le développement de la plupart des normes de données cellulaires, a récemment publié une déclaration soulignant que la 4G terme n'est pas défini. En réponse, les opérateurs mobiles avec des architectures 3G avancés a commencé la commercialisation des services «4G».

Les différentes technologies sans fil qui sont représentées, dans la figure suivante :

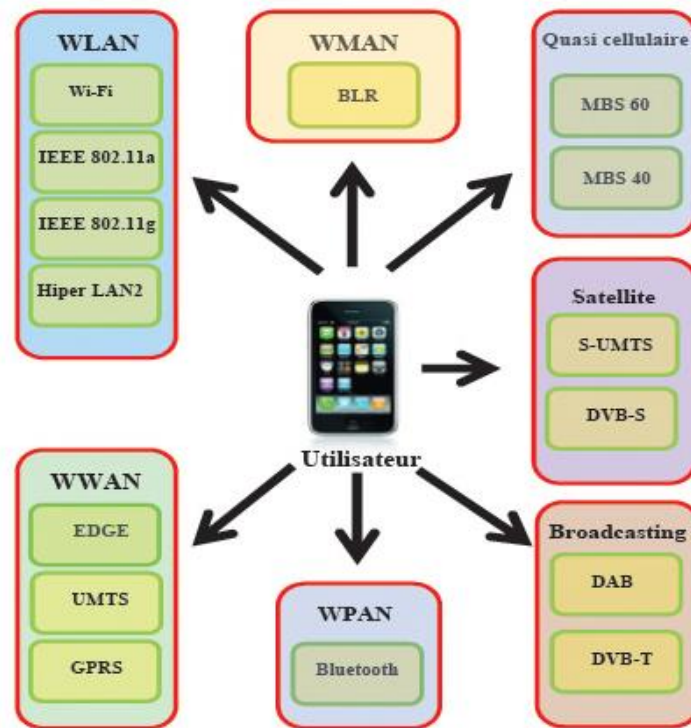


Figure II. 3. Les différentes technologies d'accès sans fil pour l'utilisateur 4G [18].

4.3.2 Les objectifs :

La 4ème génération vise améliorer l'efficacité spectrale et à augmenter la capacité de gestion du nombre de mobiles dans une même cellule. Elle tente aussi d'offrir des débits élevés en situation de mobilité et à offrir une mobilité totale à l'utilisateur en établissant l'interopérabilité entre différentes technologies existantes. Elle vise à rendre le passage entre les réseaux transparent pour l'utilisateur, à éviter l'interruption des services durant le transfert intercellulaire, et à basculer l'utilisation vers le tout-IP.

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

- a) Assurer la continuité de la session en cours.
- b) Réduire les délais et le trafic de signalisation.
- c) Fournir une meilleure qualité de service.
- d) Optimiser l'utilisation des ressources.
- e) Réduire le délai de relèvement, le délai de bout-en-bout, la gigue et la perte de paquets.
- f) Minimiser le coût de signalisation.

4.3.3 Les Caractéristiques

Voici quelques fonctionnalités possibles des systèmes 4G:

- Prise en charge multimédia interactives, voix, vidéo, Internet sans fil et autres services large bande.
- Haute vitesse, haute capacité et à faible coût par bit.
- La mobilité mondiale, la portabilité des services, réseaux mobiles évolutifs.
- De commutation transparente, la variété de services basés sur la qualité de service (QoS) (Quality Of Service)
 - Une meilleure planification et des techniques de contrôle d'admission d'appel.
 - Les réseaux ad-hoc et réseaux multi-sauts.

4.3.4 Les fréquences du réseau 4G

L'Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse (ARCEP ou Arcep) est une autorité administrative indépendante française chargée de réguler les communications électroniques et postales et la distribution de la presse.

Créée par la loi du 26 juillet 1996 pour préparer l'ouverture à la concurrence du secteur des communications électroniques, elle entre véritablement en fonction le 5 janvier 1997 sous le nom d'Autorité de régulation des télécommunications (ART). Ses compétences sont progressivement élargies au secteur postal le 21 mai 2005 avec l'entrée en vigueur de la loi du 20 mai 2005 de régulation des activités postales, puis au secteur de la distribution de la presse avec la loi du 18 octobre 2019 relative à la modernisation de la distribution de la presse. Elle prend alors son nom actuel. [18]

Le tableau suivant montre les comparaisons entre certains paramètres clés des systèmes 4G et 3G possible.

Tableau II. 1. Les comparaisons entre certains paramètres clés des systèmes 4G et 3G [19].

	3G	4G
Bande de fréquence	1.8 à 2.5 GHz	2 à 8 GHz
Bande passante	5-20 MHz	5-20 MHz
Le débit de données	Jusqu'à 2Mbps (384 kbps WAN)	Jusqu'à 20 Mbps ou plus
Accéder	Wideband CDMA	MC-CDMA, OFDMA
Codage du canal	Turbo-codes	Turbo-codes, LDPC
Commutation	Circuit / paquet	Paquet
Mobiles des vitesses de pointe	200 km/h	200 km/h

Conclusion :

Les réseaux mobiles et sans fil ont connu un essor sans précédent ces dernières années. Il s'agit d'une part du déploiement de plusieurs génération successives de réseaux de télécommunication essentiellement dédiés à la téléphone (2G, GSM) puis plus orientés vers le multimédia (3G, UMTS). D'autre part, les réseaux locaux sans fil (4G LTE)

Chapitre 3

**Généralité sur les réseaux
cellulaires**

Chapitre 3 : Etude pratique de transmission FH

1. Principe de fonctionnement des faisceaux hertziens

Les faisceaux hertziens sont des supports de type pseudo-4 fils car les deux sens de transmission sont portés par des fréquences différentes. ils utilisent des ondes radio électriques fortement concentrées à l'aide d'antennes directives pour transmettre un signal

Selon la forme sous laquelle se présentent ces signaux, différents types de modulations sont utilisées, d'une part pour former le multiplex et d'autre part pour transposer le spectre de signaux dans la gamme de fréquences appropriées pour l'émission :

- **Signaux numériques** : multiplexage temporel de voies téléphoniques numérisées par une modulation PCM ou de données numériques, puis transposition en hyperfréquences par modulation (analogique discrète) d'une porteuse sinusoïdale en 00K. PSK. MSK. QAM,....

- **Signaux analogiques** : multiplexage fréquentiel de voies téléphoniques analogiques (modulation SSB) ou signal vidéo en bande de base, puis modulation d'une porteuse sinusoïdale en AN. Exceptionnellement par: multiplexage temporel par modulation d'impulsion en position (PPM). Suivi d'une modulation 00K.

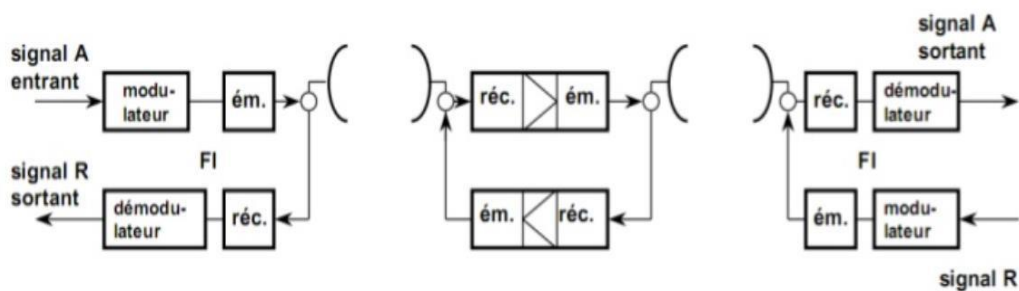


Figure III. 1.la modulation et la demodulateur

2.Mode de transmission par FH

Les hiérarchies de données utilisées dans les liaisons par faisceau hertzien doivent être symétriques et doivent aussi garantir un aller/retour correct des informations. De ce fait on ne peut qu'utiliser des modes de transmission synchrones:

- à bas et moyen débit : PDH.

- à haut débit : SDH

PDH (Plesiochronous Digital Hierachy) Plésiochrone est un terme utilisé pour définir des systèmes communiquant à l'aide de signaux d'horloge ayant une même fréquence nominale mais avec une

certaine tolérance spécifiée. Elle est utilisée dans les réseaux de télécommunications afin de véhiculer les voies téléphoniques numérisées. Elle est basée sur le signal E1. Pour les réseaux par faisceau hertzien, c'est la technologie la plus utilisée. Il fonctionne en mode point to point. Ici, le transfert de données est basé sur un flux à 2 048 kbit/s. Pour la transmission de la voix, ce flux est séparé en 30 canaux parole de 64 kbit/s et 2 canaux de 64 kbit/s utilisés pour la signalisation et la synchronisation. Le débit exact des données dans ce flux est contrôlé par une horloge dans l'équipement générant les données.

SDH(Synchronous Digital Hierachy) Cette hiérarchie numérique synchrone est basée sur un débit STM1. Elle se distingue essentiellement de la hiérarchie plésiochrone par la présence d'horloge à tous les niveaux du réseau. Elle peut transmettre des données de 2.048Mbps, c'est-à-dire les débits PDH dont elle assure le relais. Ici, les signaux sont encapsulés dans un « container » et chaque container est associé à un surdébit. Ces deux données forment ce qu'on appelle un container virtuel (VC). Les débits de base de la hiérarchie synchrone sont 155.52Mbit/s. 4 fois 155.520Mbit/s (environ 620 Mbit/s) et 16 fois 155.520Mbit/s (soit environ 2.5Gbit/s) résumées dans le tableau ci-dessous comme suit :

Tableau III. 1.récapitulatif des débits de la norme SDH

Niveau SDH	Débits en kbit /S	Suports
STM-1	155.520	FO.Coaxial
STM-4	662.080	FO
STM-16	2.488.320	FO
STM-64	9.953.280	FO

Le passage de la trame de base à un débit supérieur s'effectue. Dans ce cas par entrelacement d'octet et non bit à bit comme pour la hiérarchie plésiochrone. Un des avantages est la visibilité directe des affluents dans la trame de base ce qui simplifie les opérations d'insertion et d'attraction au niveau des divers équipements. Elle permet en outre, de transmettre dans un multiplex synchrone des débits divers (ATM. TVHD). Dans les réseaux SDH les signaux PDH sont « mappés » (mis en correspondance) dans les conteneurs ou affluents dits virtuels, avant d'être transportés dans le cadre de la capacité utile SDH. Celle-ci doit être ensuite démappée en signaux d'affluents PDH

La SDH introduit de nouvelles possibilités dans les réseaux de transmission :

- Souplesse accrue par la possibilité d'extraire ou d'insérer directement un signal.
- Possibilité d'évolution vers les hauts débits. La modularité des équipements SDH est plus adaptée aux progrès de la technologie que les équipements PDH

– Facilité de maintenance.

3. Les satellites artificiels :

Les satellites sont solution pour les endroits qui se trouvent à grande distance des mailles du réseau. On utilise des satellites artificiels placés dans l'espace en orbite autour de la terre. Ces satellites de télécommunication peuvent utiliser différentes orbites terrestres :

1- L'orbite géostationnaire à 36 000 km de la terre.

2- L'orbite terrestre basse qui se situe entre 350 et 1400 km de la terre. Le coût de l'installation, de la mise en service et de la maintenance d'un satellite est très élevé ! Les systèmes « satellite » offrent une largeur de bande très élevée qui est souvent partagée par de nombreuses entreprises. Quant au temps d'attente, il est fonction de la position du satellite dans l'espace. A titre d'exemple pour parcourir 36 000 km, la transmission peut durer de 0,5 à 5 secondes. A noter que la distance que le signal doit parcourir sur la terre est négligeable par rapport au temps d'attente par satellite.

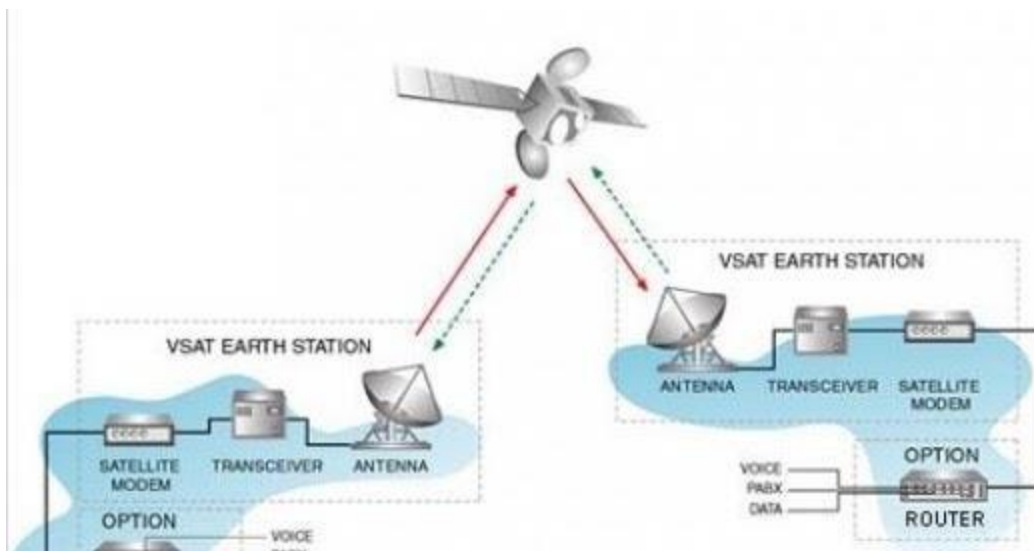


Figure III. 2. les satellites de télécommunication

4. Réalisation des liaisons FH :

LOS (line OF sight) : En ce qui concerne la conception d'une liaison téléométrique Micro-ondes, il est évident qu'on doit s'assurer qu'il y ait une ligne de visée dégagée (LOS : line-of-sight. Une ligne de visée entre les antennes d'émission et de réception). Cependant, beaucoup de gens ne savent pas qu'il y a bien à respecter apparemment à cette règle, l'oeil ne suffit pas. On va expliquer ce qu'est

exactement la LOS est, et les différents facteurs qui peuvent affecter les communications en LOS. Pour expliquer cela, il est nécessaire de présenter quelques concepts.

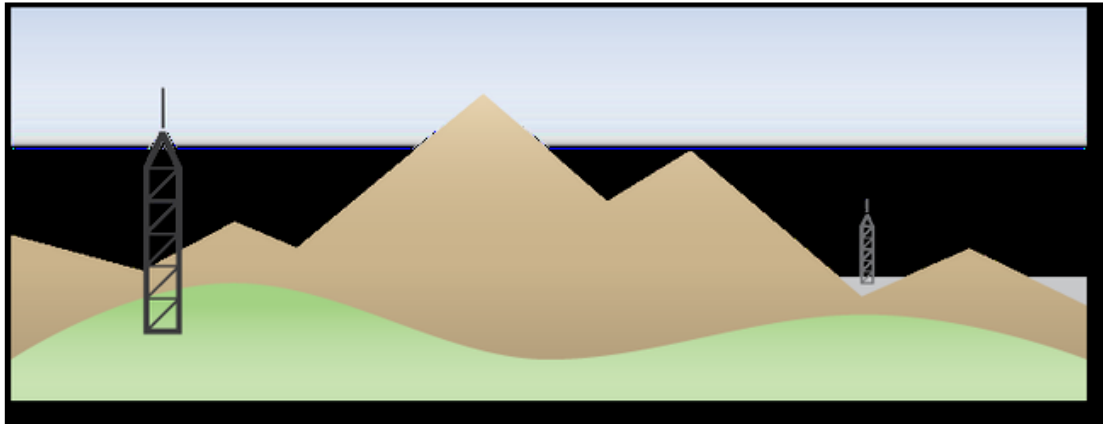


Figure III. 3. ligne de visée dégagée

4.1. La propagation sur la ligne de visée

Les signaux radio et les ondes lumineuses sont des manifestations du rayonnement électromagnétique (EM), différant principalement en fréquence. Pour les transmissions radio, l'énergie EM rayonne à partir d'une antenne et se propage à travers l'espace comme une séquence en expansion, des fronts d'onde sphériques. Bien que l'énergie rayonne dans presque toutes les directions, une partie de l'onde radio EM suivra le plus court et le chemin le plus direct entre les antennes d'émission et de réception. C'est ce chemin direct qui est souvent désigné comme le chemin de ligne de visée (LOS) de propagation.

4.2. Facteur influant les communication sur une ligne de visée

Un certain nombre de facteurs, dont certains sont moins évidents que d'autres, peut avoir un impact significatif sur votre communication

4.2.1. Les obstacles réfléchissants

Du point de vue de l'antenne de réception. Les éléments physiques, ou les obstacles, le long du chemin de propagation peuvent provoquer qu'une certaine partie du front d'onde se propageant se reflète. Si le front d'onde réfléchi arrive à l'antenne de réception en même temps que le front d'onde directe, l'effet pourrait être une augmentation ou une diminution du niveau du signal reçu en fonction de la phase relative et de l'amplitude des fronts d'onde. Des exemples de ces éléments physiques comprennent des obstacles naturels ou artificiels tels que les montagnes, les bâtiments, les structures métalliques, ou même la surface du terrain (en particulier, les plans d'eau).

4.2.2. Les obstacles qui bloquent le chemin direct de la ligne de visée

lorsque le chemin direct LOS est totalement obstrué, la diffraction de la flexion de fronts d'onde EM sur ou autour d'un obstacle devient le mécanisme de propagation dominant pour les fronts d'onde atteignant l'antenne de réception. La perte, par rapport à la voie directe, peut être importante. Tout signal atteignant une antenne de réception située dans l'ombre d'un obstacle est fortement affectée par la forme de l'obstacle et la géométrie de la voie. • Pour des obstacles avec des surfaces lisses, comme le sommet d'une colline herbeuse arrondie, le signal pourrait être totalement effacé. • Si l'obstacle présente, un type d'arête tranchante de profil, comme des l'obstacle.

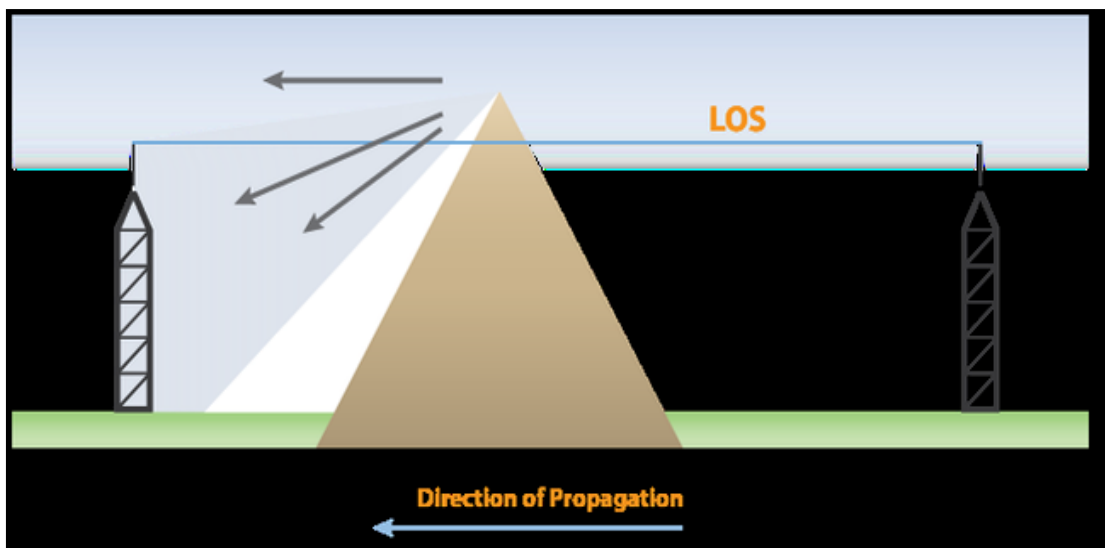


Figure III. 4.obstacle bloqué le chemin de ligne de visé

4.3. Chemin de propagation de ligne de visée non obstruée

Pour être considéré comme un chemin de propagation LOS dégagée, un volume minimal de l'espace normal à la trajectoire directe LOS doit être libre de tout obstacle. Cette zone de conservation requise est définie par le concept de zone de Fresnel. Une zone de Fresnel peut être imaginée comme l'aire d'un cercle centré et perpendiculaire à un point donné situé sur le chemin direct LOS. Le rayon du cercle est lié à la position du point le long du trajet LOS de telle sorte que son maximum se trouve au milieu et à son minimum au niveau des points d'extrémité. Ainsi, la zone décrite par le rayon de la zone de Fresnel à des points successifs le long du chemin de la LOS qui a un volume elliptique. En théorie, il existe un nombre infini de zones de Fresnel concentriques autour d'un point donné, mais c'est la première zone de Fresnel (la plus intérieure) qui définit la zone de conservation critique pour une LOS dégagée. Lorsque des obstacles pénètrent dans la première zone de Fresnel, mais ne bloquent pas le chemin du LOS, il y a une diminution ou l'affaiblissement du niveau de signal reçu. Au point

où l'obstacle devient tangente à la trajectoire du LOS, les pertes de signal peuvent être jusqu'à 6 dB ou plus. Une bonne pratique est de maintenir au moins 60% du premier rayon de la zone de Fresnel libre de tout obstacle pour éviter l'affaiblissement du signal reçu.

4.4.Free space loss

L'affaiblissement dans l'espace libre, caractérise l'affaiblissement que subit la puissance l'onde électromagnétiques lorsqu'elle parcourt une certaine distance dans un espace vide. Cet affaiblissement est dû à la dispersion de la puissance, et il ne dépend que de la fréquence et de la distance parcourue. Cette diminution est exprimée par la relation suivante (en dB) :

$$L_{fs}=92.45+20(\log(d .f))$$

Ou

d – la distance parcourue en **km**

f - la fréquence en **GHz**

5.Les antennes :

L'antenne est un équipement qui permet d'établir une liaison Microwave depuis un émetteur vers un récepteur. En émission, elle permet de transformer le signal électrique en une onde électromagnétique, et inversement dans la réception.

Plusieurs paramètres définissent une antenne :

- Ses caractéristiques mécaniques (dimensions, poids, charge au vent...)
- Sa polarisation (verticale, horizontale...)
- Sa ou ses fréquences de fonctionnement (MHz, GHz...)
- Son impédance (50, 75, 300 Ohms...)
- Sa directivité (ou son diagramme de rayonnement)
- Son gain (en dBi ou un dBd)
- Sa puissance maximale d'utilisation (en W, dBm...)

Il existe une quantité incroyable de variétés d'antennes avec des formes plus ou moins surprenantes. Cela va de l'antenne simple filaire ou télescopique jusqu'à des modèles des plus complexes. Les antennes utilisées dans les sites de transmission sont des antennes directives, qui doivent être orientées et pointées sur l'émetteur.

5.1.Fréquences d'utilisationj d'une antenne :

En général, une antenne fonctionne sur une gamme de fréquences assez réduite et se comporte comme un filtre accordé, atténuant plus ou moins les autres fréquences non désirables. On dit que l'antenne est accordée. En théorie, à gain égal, plus la fréquence sera élevée, plus l'antenne sera petite. Ceci est en rapport avec la longueur d'onde. Toutefois, il existe aussi des antennes à large bande, dont les performances peuvent varier.

5.2. Polarisation d'une antenne :

le champ électrique E d'une antenne peut être principalement polarisé linéairement, Verticalement ou Horizontalement. Il existe aussi d'autres polarisations: circulaire droite ou gauche, elliptique...

Pour réaliser une bonne liaison MW, l'antenne du récepteur doit avoir la même polarisation que celle de l'émetteur.

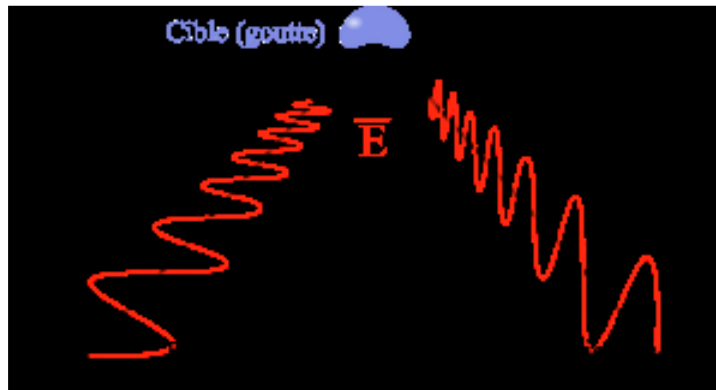


Figure III. 5.champs électrique de la polarisation d'une antenne

5.3. Directivité d'une antenne :

On dit qu'une antenne est directive quand elle concentre l'énergie qu'elle rayonne dans une direction de l'espace. Une antenne directive permet d'éliminer ou d'atténuer les émissions, les parasites qui viennent d'autres directions que celle souhaitée. En réception, lorsqu'on tourne une antenne pour l'écarter de la direction du signal reçu (que ce soit vers la droite ou vers la gauche), ce signal diminue progressivement. Lorsque le niveau du signal a baissé de moitié en puissance, c'est à dire qu'il a perdu 3 dB, on mesure l'angle formé par l'axe du lobe principal de l'antenne avec la direction du signal. Si l'antenne est symétrique on mesure le même angle à droite et à gauche. La somme de ces deux angles est égale à l'angle d'ouverture de l'antenne : plus cet angle est faible, plus l'antenne est directive. Une antenne qui a une grande ouverture angulaire a une résolution angulaire faible. Un lobe parasite relativement petit dans le sens opposé au lobe principal. En prenant l'amplitude du lobe principal comme référence on peut mesurer sur le diagramme que ce lobe parasite est à -22 décibels. On peut

dire que cette antenne a un rapport Avant/Arrière de 22 dB exprimé sous le terme F/B (front-to-back ratio)

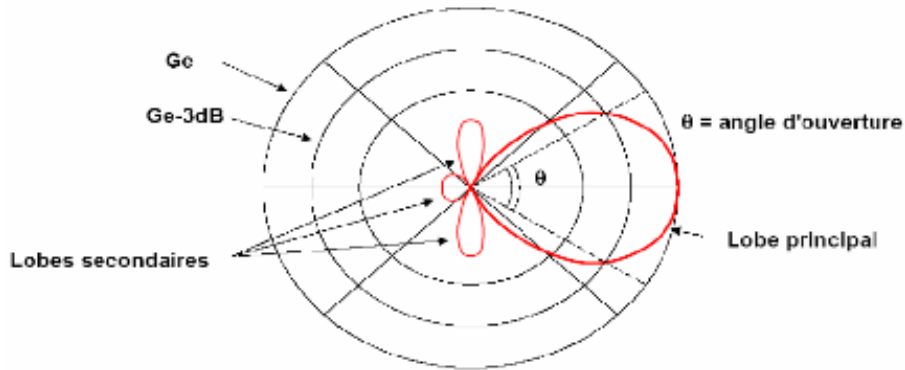


Figure III. 6. les lobes d'antenne

5.4. Le gain d'antenne :

Le gain d'une antenne n'est qu'une autre façon de répartir le rayonnement en favorisant certaines directions au détriment des autres. On exprime généralement le gain d'une antenne en décibels, soit par rapport au dipôle, soit par rapport à l'antenne isotrope (dBd ou dBi).

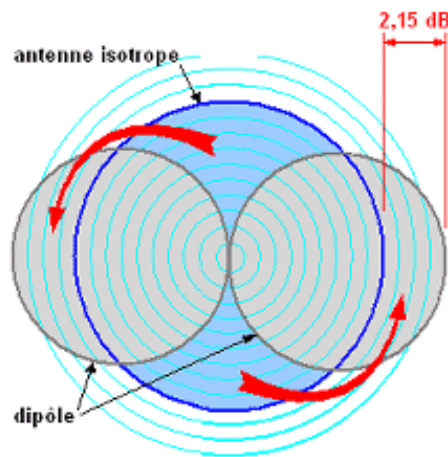


Figure III. 7.le gain d'antenne

6.Le Bilans 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 la puissance reçue par le récepteur sera suffisant pour que la liaison fonctionne correctement. Le paramètre qui nous intéresse est Pr (puissance reçue par le récepteur).

Objectif de bilan : capable de calculer le bilan de liaison d'un bond radio.

Programme :

- 1-Ligne de vue(LOS) des liaisons radio
- 2-Principaux phénomènes de propagation
- 3-Equation de la liaison radio
- 4-Pertes en espace libre
- 5-Gain d'antenne
- 6-Pertes

6.1.Ligne de vue (LOS) des liaisons radio

Les ondes électromagnétiques des systèmes radio en visibilité directe se propagent dans la basse atmosphère près du sol.

La présence de l'atmosphère et du sol affectera la propagation de la radiofréquence (RF).

La propagation dépend de :

- Des conditions climatiques
- De la bande de fréquence RF
- De la longueur du bond radio
- Des caractéristiques du sol

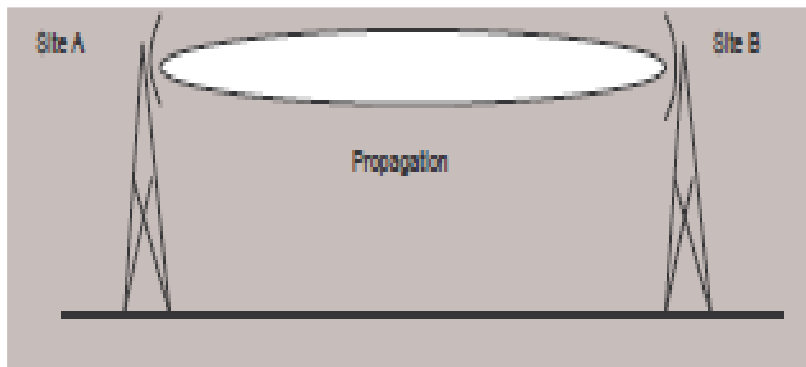


Figure III. 8.Linge de vue los

6.1.1Principaux phénomènes de propagation

Atmosphère :

Absorption atmosphérique.

Réfraction à travers l'atmosphère : la courbure de la lumière.

Réfraction dans l'atmosphère : propagation par trajets multiples.

Pluie :

L'eau de la pluie est absorbée.

La pluie s'est propagée.

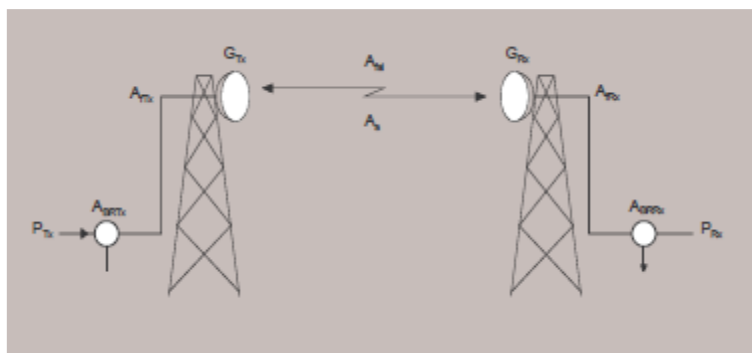
Dépolarisation des signaux RF.

Sol :

Diffraction des obstacles.

Réflexions.

6.1.2 Equation de la liaison radio



$$P_{RX} = P_{TX} + G_{RX} - A_{FSL} - A_a - A_{f,rx} - A_{f,TX} - A_{BR} - A - M$$

A partir de cette équation on obtient ce schéma :

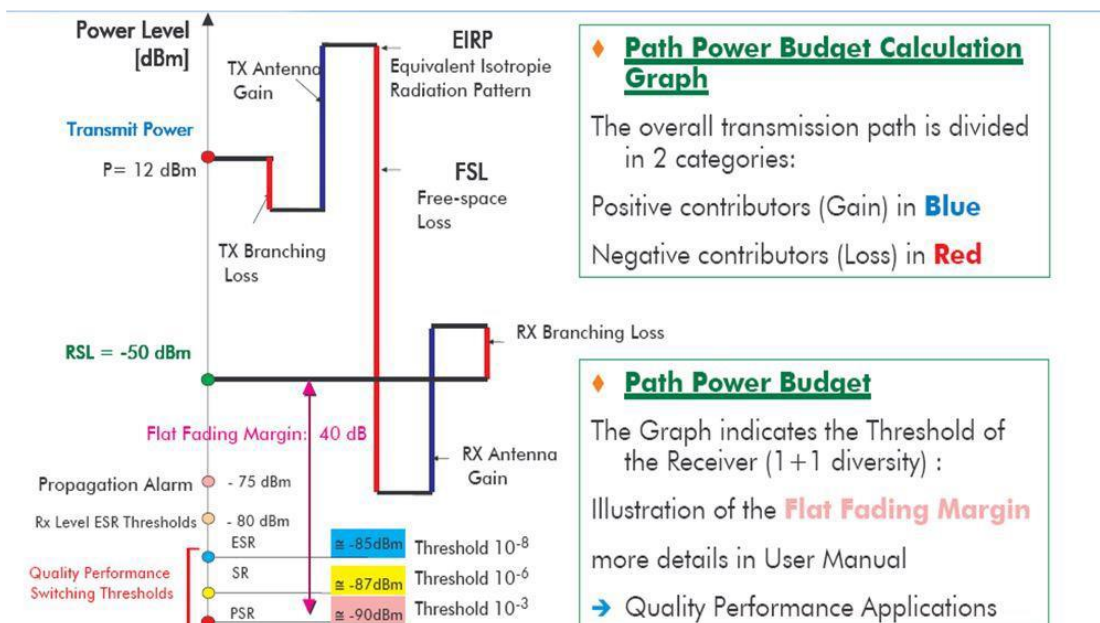


Figure III. 9.le graphe de puissance de bilan

6.1.4 pertes en espace libre

A_{FSL} est la perte d'espace libre, qui dépend de la fréquence de fonctionnement F (GHZ) et de la longueur de saut L (km).

$$A_{FSL} (dB) = 92.4 + \log(F) + 20\log(L)$$

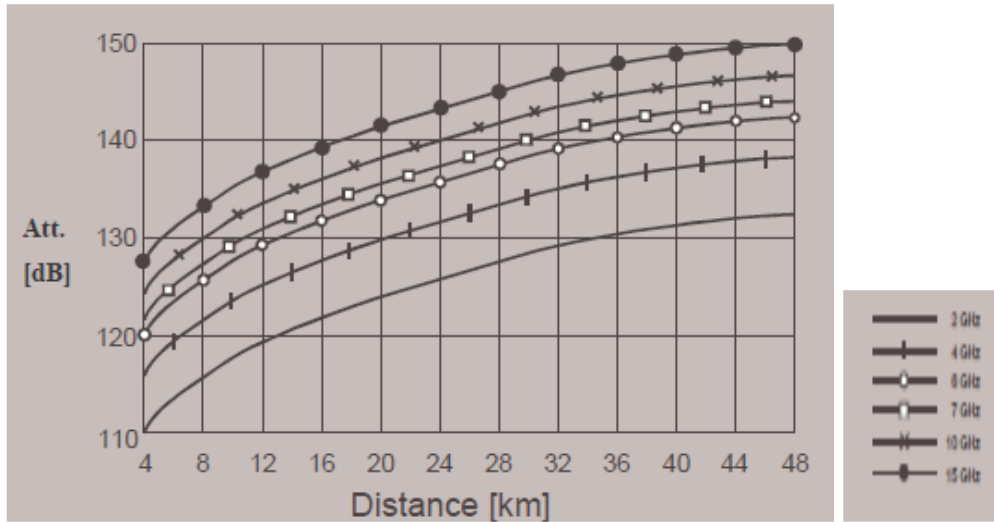


Figure III. 10. Graphe illustrant l'atténuation de la fréquence en fonction de la distance

FSL augmentation de 6 dB si :

La longueur est doublée ou la fréquence est doublée

6.1.5. Gain d'antenne

Le gain de l'antenne dépend de son diamètre D (m) et de sa fréquence de fonctionnement F (GHZ).

$$\text{Antenne parabolique } G = \eta(\pi D/\lambda)^2$$

En unités dB : $G = 20\log(D) + 20\log(F) + 18,2 + _0,5$

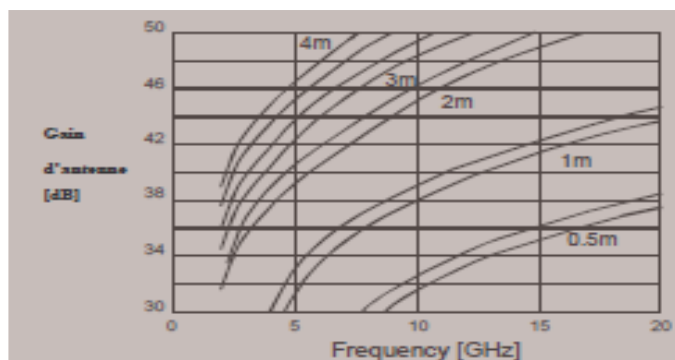


Figure III. 11. Le gain d'antenne en fonction de fréquence avec différent diamètre d'antenne

Le gain d'antenne est 6 dB plus fort si

-Le diamètre de l'antenne est fois 2 pour une fréquence donnée

-La fréquence est fois 2, pour un diamètre donné

6.1.6-Pertes

La perte des câbles coaxiaux ou des câbles guides dépend de leur atténuation spécifique (dB 100m) et de leur longueur.

Pertes de branchement (ABR)

ABR signifie perte de connexion : elle doit être évaluée en fonction des caractéristiques de l'équipement radio, et ces pertes sont parfois intégrées a

À la puissance d'émission.

A cet égard, il est nécessaire de considérer la configuration du système (c'est-à-dire le nombre totale de trafic RF et les points mesure de puissance T_x et R_x).

Autres pertes(A)

Nous y comptons toutes les autres pertes comme les systèmes de passifs, formés par les réflecteurs métalliques ou les antennes dos-a-dos, les atténuateurs, radomes, etc.

Tolérance de marge (M)

On ajoute aussi une tolérance sur la marge, (souvent 1db).

Atténuation des guides

Pratique :

Donc en premier lieu l'ingénieur choisit l'endroit le plus favorable ou mettre le pylône site ensuite il enregistre ces coordonnées données par le GPS, et marquant aussi tous les autres sites visibles en indiquant en quel



Figure III. 12.le terrain de site

En second lieu l'ingénieur commence l'étude pour déterminer les diamètres des antennes à installer et la hauteur du pylône. En faisant les simulations de transmission hertzienne à l'aide du logiciel PATHLOSS, afin de palier le mieux possible aux problèmes de propagation du signal en espace libre et de prévoir les caractéristiques d'équipements et les techniques à déployer pour s'assurer que le signal est reçu avec une fiabilité déterminée par l'opérateur.

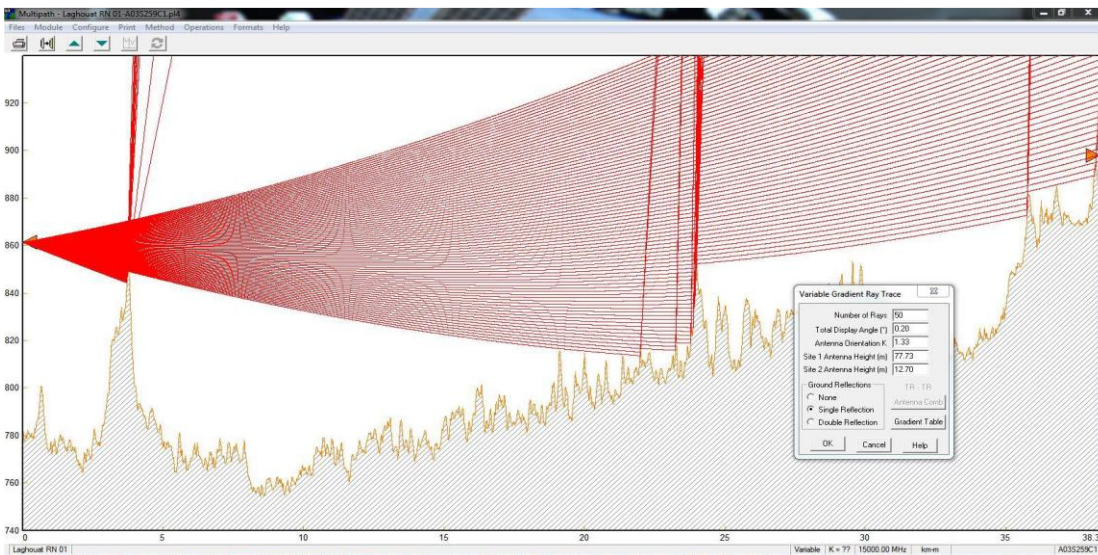


Figure III. 13.Etude des réflexions

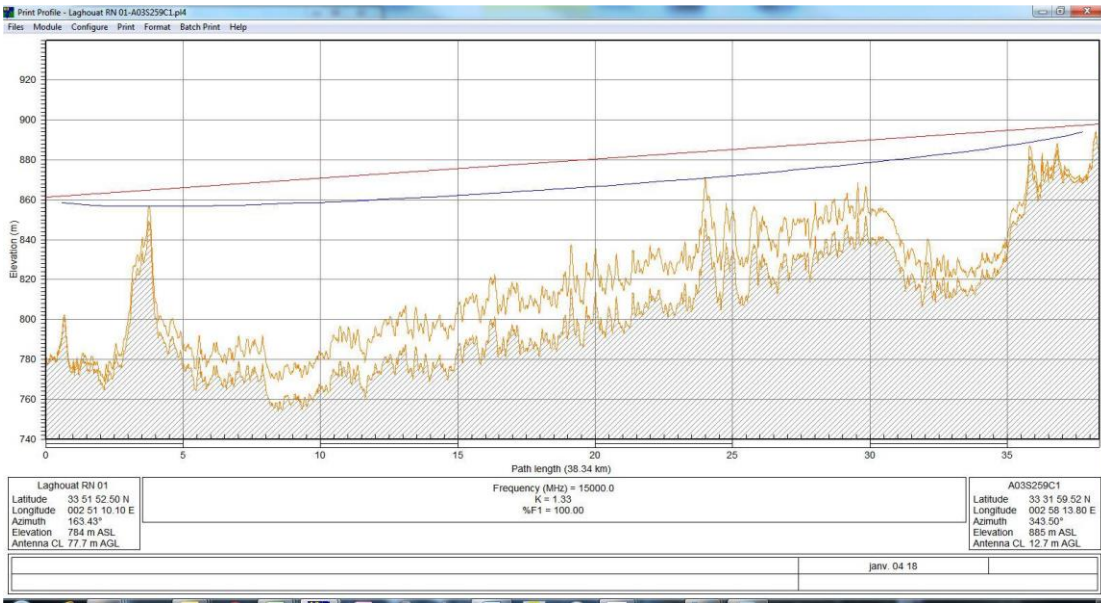
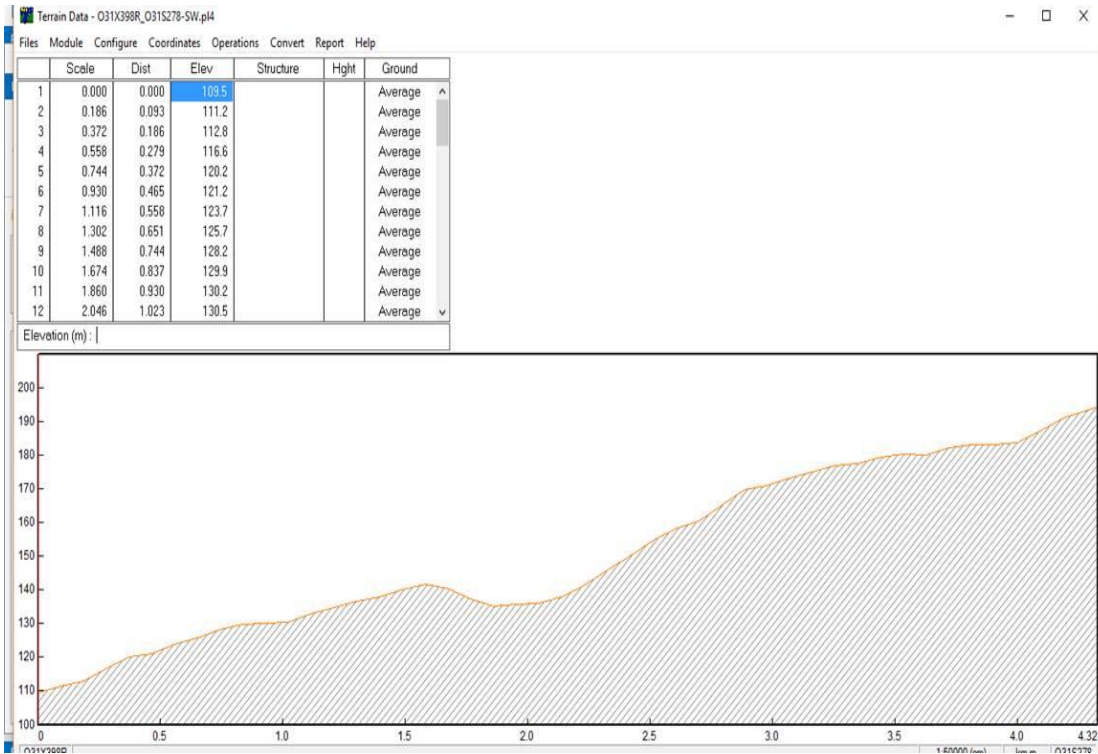
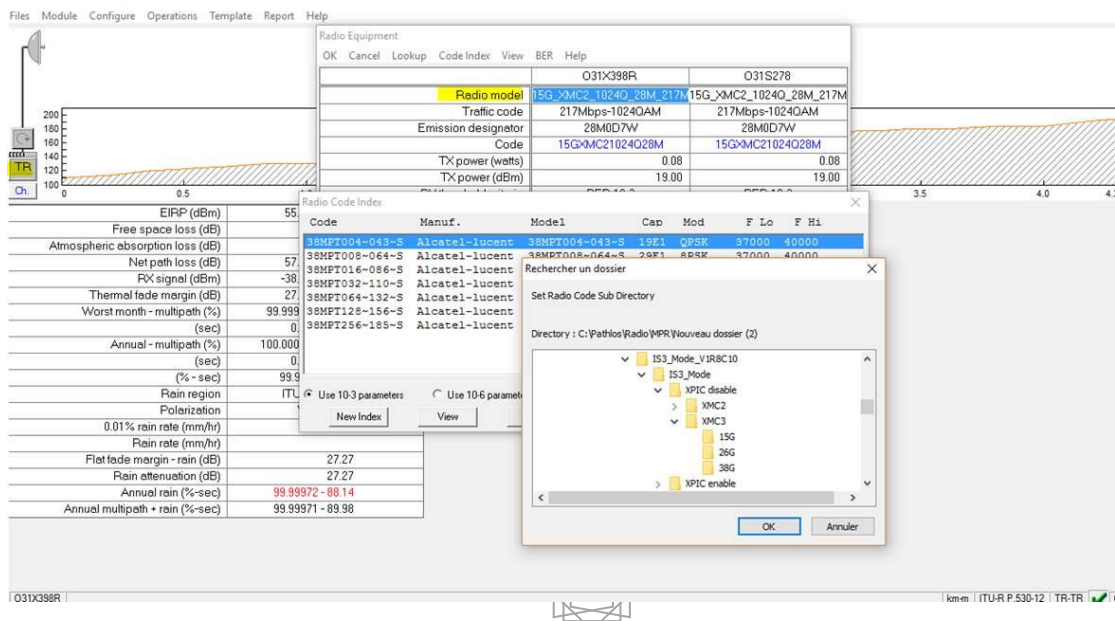
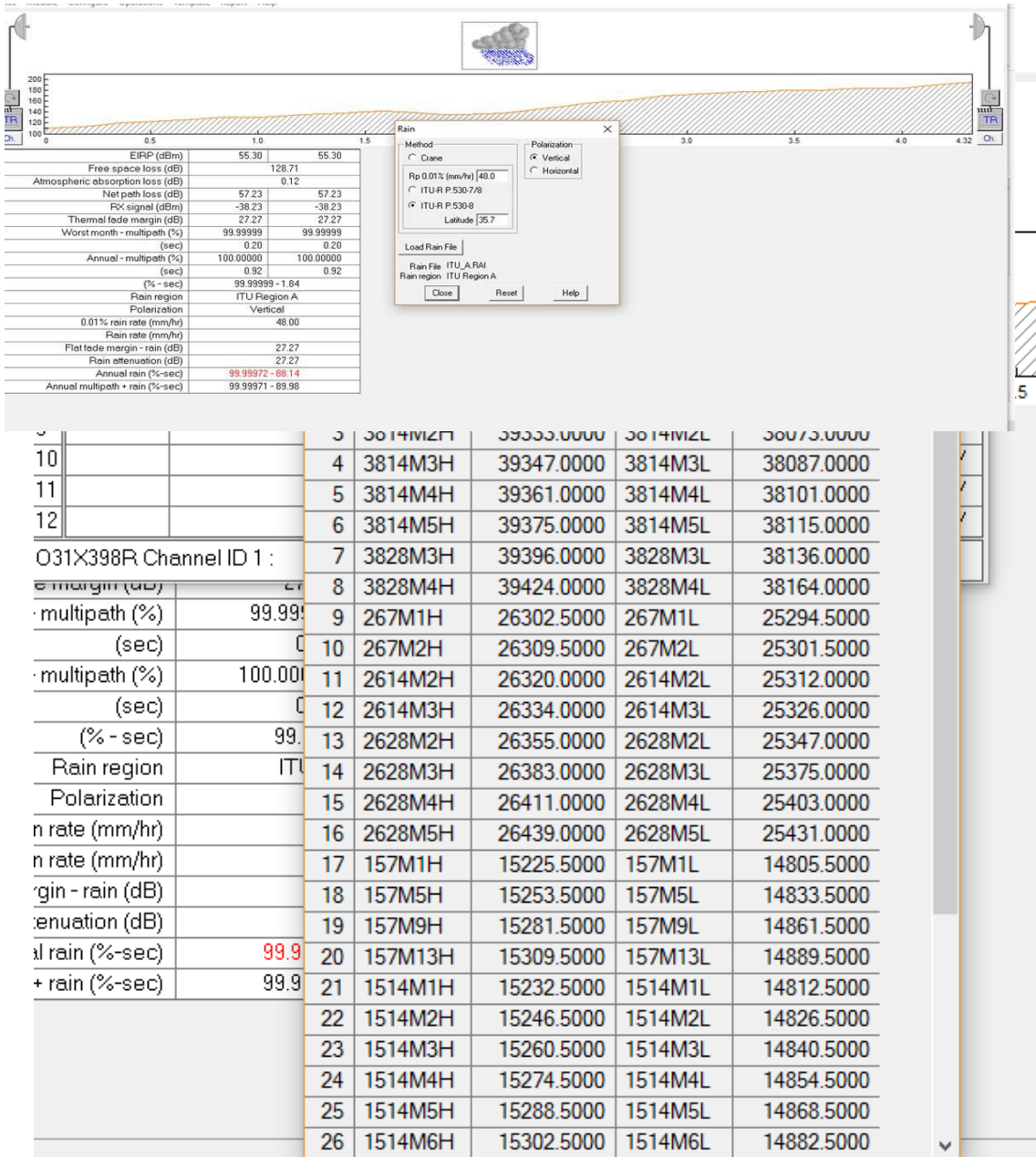


Figure III. 14.Profil de liaison (la zone de Fresnel est libre)





Files Module Configure Equipment SDB Application Report Help

Site Name	031X398R	031S278	Operator code	
Call Sign			Radio model	15G_XMC2_1024Q_28M_217N 15G_XMC2_1024Q_28M_217N
Station Code			Code	15GXMC21024Q28M 15GXMC21024Q28M
State			Emission designator	28MOD7W 28MOD7W
Owner Code			Traffic code	217Mbps-1024QAM 217Mbps-1024QAM
Latitude	35 44 14.24 N	35 43 47.92 N	TX power (dBm)	19.00 19.00
Longitude	000 10 29.71 W	000 13 18.80 W	Frequency (MHz)	15000.00
True azimuth (°)	259.21	79.18	Polarization	Vertical
Calculated Distance (km)		4.33	Free space loss (dB)	128.71
Profile Distance (km)		4.33	EIRP (dBm)	55.30 55.30
Ellipsoid	WGS 84		RX signal (dBm)	-38.23 -38.23
Elevation (m)	109.53	194.41	Radio configuration	
Tower Height (m)	50.00	50.00	TX Ch. - 1	TX Ch. - 2
TR Antenna Height (m)	7.80	8.20	15295.5000-V	14875.5000-V
Code	A15S06HAC	A15S06HAC		
TX loss (dB)	0.50	0.50		
RX loss (dB)	0.50	0.50		



Transmission Final Specification- D4T

SITE	A 2 6 T 0 2 0	CAND	1	BSC		TYPE	Green Field		
Site Name	Relais Passif		Address	Au bord de la route Ouzra – Omaria - Medea					
COORDINATES GPS	N	36°	11'	15,4"	E	02°	54'	41,9"	
ELEVATION (Sea Level)	1308m	BUILDING HEIGHT	m	D4T DATE	29/06/2015				

DT/DEP/TRANS		DT/ING/TRANS	
--------------	--	--------------	--

DISTANT SITE CODE	MAST #	ANT #	ANTENNAS SIZE (m)	BEARING (°)	DISTANCE (Km)	HEIGHT OF ANTENNA (HBA) CONSIDERING FRESNEL (m)
A26X023C1	Pylône	1	1,80	088	28,5	20
A26S251(T005)	Pylône	2	1,20	263	22,2	25
A26X052C2	Pylône	3	0,6	025	6,79	40
A26X005C2	Pylône	4	0,60	180	6,57	15
A26S251 (T005)	Pylône	5	1,80 SDH	263	22,2	37
A26T004C1	Pylône	6	1,2	305	15,9	25
A26X003C1	Pylône	7	1,2	307	15,2	37
A26X102(S312)	Pylône	8	1,80	045	25,7	34
A26X102(S312)	Pylône	9	2,40 SDH	045	25,7	30
A26T004C1	Pylône	10	2,40 SDH	305	15,9	30
A26X005C2	Pylône	11	1,80 SDH	180	6,57	20
A26X102(S312)	Pylône	12	1,80MPR 3G	045	25,7	40
A26X018C1	Pylône	13	1,80MPR 3G	080	19,1	15
A26X052C2	Pylône	14	0,6MPR 3G	025	6,79	42

PATHLOSS permet de générer le profil entre les sites avec des éventuels obstacles .Ay vue de tout cela PATHLOSS nous dégagée les hauteurs de fixation des antennes et aussi la distance entes les sites.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a parlé des systèmes de transmission « faisceaux hertziennes » , puis les phénomènes de base de propagation d'un signale propageant leur atténuation, et comment choisissons –nous un site

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans notre projet de fin d'étude intitulé l'état de l'art des supports de transmission dans les réseaux cellulaires on a fait une étude sur 3 chapitre :

Dans le premier chapitre on commence par la généralité sur les support en général puis on a cité les caractéristiques commun des supports , et on terminer par les différents type existe dans le domaine de transmission.

Dans le deuxième chapitre on a parlé sur les réseaux cellulaire concerne la pratique niveau de la direction Djezzy Dar al bidha à Alger dans laquelle on a étudier précisément la transmission des fisceaux hertizien utilisant le programme PATHLOSS

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

[1]: CoursB11 : Transmission des télécommunications, partie 2, chapitre 5: transmission sue fibre optique, CNAM-paris, 2005.

[2]: MSidwagnan Cheik, Etude et mise en place d'un réseau de transmission par faisceau Hertzien pour un réseau CDMA cas de ZTE, Mémoire de fin de formation pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur des travaux de télécommunications, Ecole Supérieure Multinationale des télécommunications Dakar-Sénégal,2006-2008.

[3] :Giacomo, P & Jacquinot, P. (1952). « *Localisation precise d'un maximum ou d'un minimum de transmission en fonction de la longueur d'onde. Application a la preparation des couches minces* ». *Journal de Physique Appliquee*, 13(S2), pp 59-64.

[4] : Dalila, B., « *Etude d'une liaison FHN dans une zone a terrain complexe* », (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri), 2016

[5] : NOMENJANAHARY ANDRE. Soadimbindrazana. Nitram« *Ligne de transmission analogique et detection de la sonnerie d'appel*», UNIVERSITE D'ANTANANARIVO, 2006-2007, Madagascar

[6] :Danièle Dromard, Dominique Seret "Architecture des réseaux (les transmissions et les supports) ", 2010. Pearson France,
http://www.pearson.fr/resources/titles/27440100426320/extras/7480_chap01.pdf

[7]. B. Cousin et C. Viho "Introduction aux réseaux informatiques", 19 janvier 2008. Université Rennes I www.irisa.fr/prive/bcousin/Cours/TEL2007-08/01.Intro.2P.pdf

[8]. Jalal BOULARBAH "Les supports et les modes de transmission", 2005/2006. Université Paris XII - VAL DE MARNE
www.phidus.net/MIAGE/M1/Reseau/3SUPTRAN.pdf

[9] : Huawei propose une gamme de produits qui supporte cette bande. D'autres constructeurs comme NSN supportent une gamme de fréquence similaire

- [10]. MR. GHOUMAZI MEHDI "Optimisation des performances d'une fibre optique", Mémoire de magister 10 juin 2009. Université Mentouri de Constantine
<http://www.umc.edu.dz/theses/electronique/gho5370.pdf>
- [11] :LEMAMOU EuniceAdjarath,(2014) Planification globale des réseaux mobiles de la quatrième génération (4G).
- [12] :TONYE.E et EWOUSSAOUA.L, « Planification Et ingénierie Des Réseau De Télécoms », mémoire pro 2 de télécommunication, Université de Yaounde I, 2011.
- [13] :Selon B. Tremblais (communication personnelle [Support de cours], 2011). Principes de fonctionnement des réseaux mobiles : Application au GSM.
- [14] : Andrian ,Lucky .PENGUAT SINYAL TELEPHON SELULAR SISTEM NETWORK GSM (2009)
- [15] J.Korhanen [Interoduction to 3G mobile communication] Artech house mobile 2^{ème} édition 2003
- [16] :Khobzaoui, A,et Chaibi B(2016) planification d'un réseau 4G en zone urbaine (mémoire de master inédit) Université Abderrahmane MIRA de Bejaia Algérie
- [17] :Arifianto,Luthfi .OPTIMISI JARINANG SELULAR 3G TELKOMSEL KLASTER KAMPUS JAMBER TELEKOMSEL's 3G CELLULAR NETWORK OPTIMIZATION CAMPUS JEMBER CLUSTER
- [18]George Lawton, "4G: Engineering versus Marketing",<http://ComputingNow.computer.org>, MARCH 2011.
- [19]MERAH Hocine, Conception d'un MODEM de la quatrième génération (4G) des réseaux de mobiles à base de la technologie MC-CDMA.