

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Béjaia
Faculté des Sciences Technologies
Département de Génie Electrique



Mémoire de Fin d'études
En vue de l'obtention d'un diplôme
MASTER
Option : Systèmes des Télécommunications

Thème

Optimisation du Réseau 2G/3G
MOBILIS SETIF.

Présenté par :

OUSID Lamia & BOUBOU Lamine

Devant le jury composé de :

Mr. KHIRDINE.K

Mme. ZITOUNI.

Mr. BERAH.S

Mr. AMROUCHE.A

Mme. MAZHOUD.N

Président

Examinatrice

Promoteur

Encadreur

Co-promoteur

Année universitaire : 2018 / 2019

Remerciement

On tient avant tout à remercier :

DIEU le tout puissant qui nous a donné la santé, le courage, la patience et bien sur la volonté tout au long de notre cursus.

Ce modeste travail est le fruit de notre effort et celui de nos formateurs de la faculté des Sciences Technologies de l'université

Abderrahmane MIRA de Bejaïa.

Au terme de cette étude on tient à remercier très particulièrement notre promoteur Mr BERAH pour son aide

Son accessibilité

Notre Co-promotrice Mme MAZHOUD a sa simplicité, son aide surtout à ses conseils

A Mr AMROUCHE pour son aide, ses conseils, sa gentillesse

Et Surtout tout le temps qu'il a consacré pour nous.

Merci aux membres de jury : Mr KHIRDINNE et Mme ZITOUNI de juger notre travail.

En fin, nous remercions toute personne ayant aidé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail ; soit par leurs conseils et leurs connaissances scientifiques ; soit par leurs présences dans les moments difficiles.

Dédicaces

*À mes parents adorables qui m'ont donné la vie, qui
M'ont appris d'être nette et sincère et leurs
Soutien depuis ma scolarisation à ce jour.
Aucun hommage ni remerciement ne serait être
Suffisant.*

A la pensée de ma chère tante « FATIMA ».

Ames chères sœurs

A mes chers frères

A mes adorables Nièces

A mes chers Neveux

A mon cher cousin « Mounir »

A mes chères amies et copines de vie « l'équipe labasse

Sonia, sibam, Nounou, Pika, Sinya, Serina »

A toute la famille Oussid, Hani

A tous mes cousins et cousines

A toute la promotion Télécommunication

Spécialement les étudiants de systèmes

A tous mes ami(es) de R.U 17october 1961

LAMIA

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes parents adorables

A ma chère sœur

A mes chers frères

A mes Nièces « ELINA, MELLISSA »

A mes Neveux « RAYANE, ANIS »

A mes amis (es)

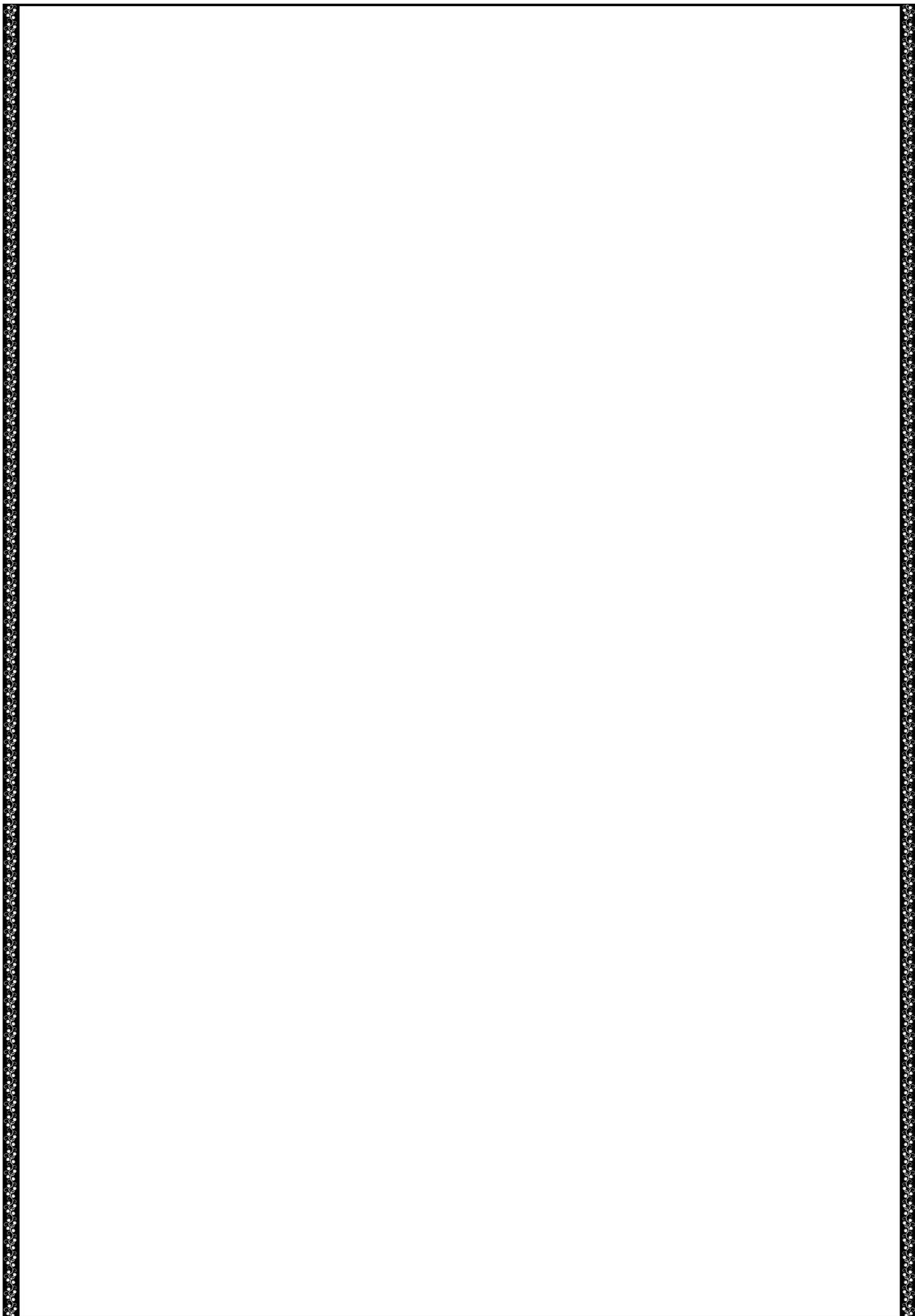
A toute la famille BOUBOU

A toute la promotion Télécommunication

Spécialement les étudiants de systèmes

A Mes copains de chambre J304

LAMINE



Liste des Acronymes

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Liste des équations

Introduction générale.....1

CHAPITRE I : Généralités Sur Les Réseaux Cellulaires 2G/3G.

I.1. Introduction.....2

I.2. Concept cellulaire.....2

I.2.1. Type des cellules.....2

I.2.2. Réutilisation de fréquences.....3

I.2.3. Présentation des motifs.....3

I.2.4. Distance de réutilisation.....3

I.3. Evolution des réseaux cellulaires.....4

I.4. Présentation du réseau GSM5

I.4.1. Architecture du réseau GSM6

I.4.1.1. Station mobile (MS).....6

I.4.1.2. Le sous-système radio (BSS).....7

I.4.1.3. Le sous-système réseau (NSS)7

I.4.1.4. Le Sous System d'Exploitation et de Maintenance (OSS)9

I.5. Présentation de réseau UMTS9

I.5.1. L'architecture du réseau UMTS10

I.5.1.1. L'équipement usager UE11

I.5.1.2. Le réseau d'accès UTRAN.....	11
I.5.1.3. Le réseau cœur (CN)	13
I.5.2.1. Les canaux logiques.....	15
I.5.2.2. Les canaux de transport	15
I.5.2.3. Les canaux physiques	16
I.5.3. Les modes de duplexage utilisés dans l'UMTS	16
I.5.4. Organisation des fréquences dans un réseau UMTS	17
I.5.5. Organisation temporelle	17
I.5.6. La technique d'accès dans un réseau UMTS	18
I.6. Conclusion	20

CHAPITRE II : Mécanismes D'accès au réseau UMTS.

II.1. Introduction.....	21
II.2. Influence des paramètres antennaires sur la couverture radio.....	21
II.2.1. L'antenne.....	21
II.2.1.1. Caractéristiques d'une antenne.....	22
II.2.2. L'antenne relais d'un réseau mobile.....	22
II.2.2.1. Catégories des antennes relais.....	22
II.2.3. Les paramètres antennaires	22
II.3. Les modèles de propagation	23
II.3.1. Le modèle d'OKUMURA-HATA.....	24
II.3.2. Le modèle COST 231-HATA.....	24
II.5. Les interférences dans un réseau cellulaire	25

II.5.1. Interférences intracellulaires	26
II.5.2. Interférences intracellulaires	26
II.6. Les Handover	27
II.6.1. Définition	27
II.6.2. Le déclenchement d'un Handover.....	27
II.6.3. Les type de Handover	28
II.6.3.1. Lesofter Handover	28
II.6.3.2 Soft Handover.....	29
II.6.3.3. Le hard Handover.....	29
II.7. Le contrôle de puissance dans le réseau UMTS	30
II.7.1. Le concept de contrôle de puissance	30
II.7.2. Classification des méthodes de contrôle de puissance.....	30
II.7.3. Les boucles de contrôle de puissance	31
II.7.3.1. Boucle ouverte de contrôle de puissance	32
II.7.3.2. Boucle fermée de contrôle de puissance	33
II.7.3.3. Boucle interne de contrôle de puissance	33
II.7.3.4. Boucle externe de contrôle de puissance.....	33
II.7.4. Contrôle de puissance des systèmes UMTS	34
II.7.4.1. Contrôle de puissance dans l'UTRA-FDD	34
II.7.4.2. Contrôle de puissance en UTRA-TDD	35
II.7.4.3. Contrôle de puissances et quelques fonctionnalités avancées	36
II.7.4.3.1. Le contrôle de puissance et le soft Handover	36
II.7.4.3.2. La Respiration des cellules	36

II.7.4.3.3. Accès et contrôle d'admission	37
II.8. La Qualité de service dans un réseau UMTS	38
II.8.1. La QoS	38
II.8.2. Les classes de services d'UMTS	38
II.8.3. Les paramètres de la QoS	38
II.8.4. Les critères de la qualité de service	39
II.8.5. Amélioration de la QoS par le contrôle de la puissance	39
II.9. Conclusion.....	40

CHAPITRE III : Simulation D'un Réseau UMTS.

III.1. Introduction.....	41
III.2. Concept cellulaire.....	41
III.3. L'accès Multiple en CDMA.....	42
III.3.1. Système transmission et réception en CDMA.....	42
III.5. Simulation de la couverture radio	49
III.5.1. Simulation de l'effet de la fréquence sur la portée de la couverture radio.....	50
III.5.2. L'effet de la hauteur de la BTS sur la couverture.....	52
III.5.3. L'effet de la hauteur de mobile sur la couverture.....	53
III.5.4. L'effet de la puissance d'émission sur la couverture.....	55
III.5.5. L'effet de la modulation sur la couverture.....	56
IV.6. Simulation de contrôle de puissance dans un réseau 3G.....	58
III.7. CONCLUSION.....	61

CHAPITRE IV : Analyse Drive Test et Optimisation de couverture

IV.1. Introduction.....	62
IV.2. Processus d'optimisation.....	62
IV.3. Drive Test.....	62
IV.4. Présentation de TEMS.....	63
IV.5. Les paramètres du réseau.....	63
IV.6. Procédure d'analyse et d'optimisation.....	64
IV.6.1. Présentation des données statistiques des Drive Test réalisés.....	64
IV.6.2. Visualisation des graphiques Drive test.....	67
1. Faible niveau de puissance.....	72
2. Overshooting (dépassement de la couverture)	74
3. Interférences.....	76
IV.7. Conclusion.....	76
Conclusion Générale.....	77

BIBLIOGRAPHIE

GSM	Global System for Mobile
UMTS	Universal Mobile Télécommunication systèmes
1G	Première génération
2G	Deuxième génération
3G	Troisième génération
GPRS	General Packet Radio Service
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
BSS	Base Station Sub-system
BTS	Base Tranceiver Station
BSC	Base Station Controller
NSS	Network Sub-System
MSC	Base Services Switching Centre
GMSC	Gateway MSC
HLR	Home Location Registe
VLR	Visitor Location Registe
AUC	Authentication center
EIR	Equipement Identity Registe
OMC	Operation and Maintenance center
MS	Mobil station
NMC	Network Mobile Code
UE	User Equipement
RNC	Radio Network Controller
SIM	Subscriber Identity Module
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
TMSI	Temporel Mobile Subscriber Identity
SMS	Short Message Service
MMS	Multimedia Message Service
UIT	Union International of Telecommunication
IMT2000	International Mobile Equipement Identity
TDMA	Time Division Multiple Access
FDMA	Frequency Devision Multiple Access
CDMA	Code Division Multiple Access
W-CDMA	Wide band Code Division Multiple Access
UL	Up Link
DL	Down Link
FDD	Frequency Division Duplex
TDD	Time Division Duplex
TS	Time Slot
DSSS	Direct Sequence Spreading Spectrum
PN	Pseudo random Noise code
OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor
QoS	Quality of Service
SIR	Signal to Interference Ration
BER	Bite Error Rate

Figure I.1	Types de cellules.....	3
Figure I.2	Schéma en bloc des différentes entités du réseau GSM.....	6
Figure I.3	Architecteur globale de réseau UMTS.....	10
Figure I.4	Architecteur matérielle de réseau UTRAN du réseau UMTS.....	12
Figure I.5	Schéma présentatif du réseau cœur et ses interfaces opérationnelles.....	13
Figure I.6	La répartition des fréquences d'un réseau UMTS.....	17
Figure I.7	La trame temporelle dans un réseau UMTS.....	18
Figure I.8	Principe de trame en utilisant les codes OVSF et d'embrouillage.....	20
Figure II.1	Le tilte et l'azimut d'une antenne.....	23
Figure II.2	Illustration des interférences dans un réseau cellulaire.....	27
Figure II.3	Illustration de soft Handover dans un réseau cellulaire.....	28
Figure II.4	Softer Handover.....	29
Figure II.5	Hard Handover.....	29
Figure II.6	Schéma de principe d'un contrôle de puissance basé sur Rx_{Qual}	31
Figure II.7	Contrôle de puissance en boucle ouverte.....	33
Figure II.8	Trame des canaux physiques dédiés de l'UTRAN-FDD.....	34
Figure II.9	Concept de respiration des cellules dans un réseau cellulaire.....	37
Figure III.1	Illustration de concept cellulaire sous Matlab.....	41
Figure III.2	Schéma en bloc d'un système CDMA sous Simulink.....	43
Figure III.3	Bloc de transmission CDMA sous Simulink	44
Figure III.4	Le signal à transmettre et sa présentation en bipolaire.....	44
Figure III.5	La séquence PN générée et sa correspondance en bipolaire.....	45
Figure III.6	La suite des chips résultante après l'étalement	46
Figure III.7	Bloc de réception en CDMA sous Simulink.....	47
Figure III.8	La suite reçue après démodulation et sa correspondance en bipolaire.....	47
Figure III.9	La séquence original récupéré a la réception	48

Figure III.10	Variation de BER en fonction de $\frac{E_b}{N_0}$	49
Figure III.11	Effet de la fréquence sur la couverture	51
Figure III.12	Effet de la hauteur de BTS sur la couverture.....	53
Figure III.13	Effet de la hauteur d'UE sur la couverture.....	54
Figure III.14	Effet de la puissance sur la couverture.....	55
Figure III.15	Effet de type de modulation sur la couverture.....	57
Figure III.16	l'organigramme de simulation d'un contrôle de puissance.....	58
Figure III.17	les graphes des puissances avant et après l'ajustement.....	60
Figure III.18	les graphes de SIR observé et ajusté.....	60
Figure IV.1	Histogramme de RxLev.....	64
Figure IV.2	Histogramme de RxQual.....	65
Figure IV.3	Histogramme C/I.....	66
Figure IV.4	Mesures de paramètre RxLev.....	69
Figure IV.5	Mesures de paramètre RxLev.....	70
Figure IV.6	Mesures de paramètre RxQual.....	71
Figure IV.7	Mesures de paramètre RxQual.....	71
Figure IV.8	Mauvais niveau du signal.....	72
Figure IV.9	Mauvais niveau du signal.....	73
Figure IV.10	Mauvais niveau du signal.....	73
Figure IV.11	Dépassement de couverture.....	74
Figure IV.12	Echec d'un Handover.....	75
Figure IV.13	Interférence Co-canal.....	76

Tableau I.1: principales différences technologiques entre le GSM, IS-95, IS-136 et le PDC...	4
Tableau I.2: les interfaces de réseau UMTS.....	12
Tableau I.3: les interfaces des échanges entre les parties du réseau cœur.....	14
Tableau I.4: canaux logiques de contrôle.....	15
Tableau I.5: canaux logiques de trafic.....	15
Tableau I.6: canaux de transport commun.....	16
Tableau I.7: canaux de transport dédiés.....	16
Tableau III.1: les paramètres de simulation de la couverture.....	50
Tableau III.2: les paramètres de simulation d'effet de la fréquence.....	51
Tableau III.3: les paramètres de simulation d'effet de la hauteur de BTS.....	52
Tableau III.4: les paramètres de simulation d'effet de la hauteur de UE.....	54
Tableau III.5: les paramètres de simulation d'effet de la puissance.....	55
Tableau III.6: les valeurs de la distance pour chaque type de modulation.....	56
Tableau III.7: les paramètres de simulation d'effet de la fréquence.....	59
Tableau III.8: les paramètres de simulation de contrôle de puissance.....	59
Tableau IV.1: Les Handover.....	67

(I.1)	Relation qui donne le nombre de cellule dans un motif 'K'	3
(I.2)	Distance de réutilisation d'une fréquence	3
(I.3)	La durée d'un bit	19
(I.4)	Le débit en chips par seconde d'un signal étalé	19
(I.5)	La durée d'un chip	19
(II.1)	La valeur moyenne de l'affaiblissement dans le modèle d'OKUMURA-HATA	24
(II.2)	La valeur moyenne de l'affaiblissement dans le modèle COST 231-HATA	24
(II.3)	L'interférence en fonction des communications simultanées K	26
(II.4)	Le rapport de l'interférence	26
(II.5)	Le rapport E_b/N_0	30
(II.5.a)	La relation de bruit thermique N_0	31
(II.5.b)	Le rapport SIR	31
(II.6)	La puissance d'émission de mobil P_m	32
(II.7)	Gain de station de base-mobile	32
(II.8)	La relation de la puissance d'émission des mobiles en fonction des paramètres	36
(II.9)	La relation de SIR_T	36
(III.1)	Le bilan de liaison de la puissance	50
(III.2)	La Puissance Isotropique Rayonnée Equivalente	50
(III.3)	La puissance de couverture d'un mobile	52
(III.4)	La relation de la fréquence	52
(III.5)	Le débit d'information transmis par chaque modulation	57
(III.6)	Le nombre de bits	57

Le succès qu'a connus les réseaux mobiles de la première génération en termes de portabilité des systèmes communicants et d'itinérance, ont laissé les concepteurs se pencher vers d'autres générations plus évoluées qui offrent une gamme de service de plus en plus large, répondant ainsi à la forte demande du marché qui ne cesse de se croître au fil des années.

La norme GSM (Global system for mobile communications) se succède dans le cadre de la deuxième génération, en apportant avec elle de nouvelles technologies performantes, répondant aux souhaits des civils et professionnels et leur permettant d'avoir des services et applications avec une meilleure qualité.

Les systèmes de la troisième génération sont apparus par la suite, dont l'UMTS (Universal Mobile Télécommunication systèmes) est élu majoritairement par les opérateurs et les concepteurs des réseaux mobiles pour unifier leurs technologies dans le but d'avoir un système universel interopérable, adoptant le CDMA (Code Division Multiple Acces) comme technique d'accès innovante, laissant le système se privilégier d'une capacité plus haute et des débits considérables.

Cependant, la qualité de service est le critère qui détermine le degré de satisfaction des utilisateurs, oblige les opérateurs de garder leurs réseaux plus performants à travers la supervision et le contrôle permanent de ce dernier, et d'intervenir en cas d'un éventuel dysfonctionnement.

Notre projet fin d'étude s'inscrit dans l'ordre de l'optimisation du réseau cellulaire 2G/3G de l'opérateur Mobilis à travers l'analyse des paramètres de performance du réseau, mesurés par les Drive Test, mis à notre disposition par le service technique de l'opérateur, afin de les analyser par la suite pour détecter les anomalies qui dégradent le réseau, puis apporter les solutions correctives appropriées à chaque problème.

Ce mémoire est composé de quatre chapitres, dont le premier est consacré aux généralités des réseaux mobiles GSM et UMTS dont nous aborderons leurs architectures, les canaux du réseau UMTS ses modes de duplexage puis la technique d'accès CDMA.

Dans le deuxième chapitre nous toucherons aux mécanismes de réseau d'accès UMTS, passant par la définition d'une antenne et ses paramètres antennaires qui agissent sur la couverture radio, nous citerons aussi les modèles de propagation qui prédisent l'atténuation du signal, les types d'interférences et Handover propres au réseau UMTS, en suite nous discuterons le concept de contrôle de puissance et QoS (Qualité Of Service).

Le troisième chapitre est réservé aux résultats de simulation sous Matlab et l'outil Simulink, du concept cellulaire, le principe d'étalement de spectre utilisé en CDMA, la suite de la simulation est effectuée pour évaluer l'effet de quelques paramètres sur la couverture radio d'un réseau cellulaire. On termine ce chapitre par la simulation de concept de contrôle de puissance en donnant l'organigramme de cette procédure.

Le quatrième et dernier chapitre fait l'objet de l'analyse des Drive Test effectués sur le tronçon d'autoroute est-ouest qui relie Hammam El Biban et Sétif évaluées par les ingénieurs de l'opérateur téléphonique national MOILIS à l'aide de logiciel TEMS 11.0.4. Des propositions d'optimisation seront données pour les problèmes rencontrés.

I.1. Introduction

Le GSM et l'UMTS sont des réseaux de communications cellulaires, leur apparition est considérée comme un grand pas dans l'évolution des réseaux mobiles, grâce aux nouveaux services qui ils ont mis à la disposition de tous les utilisateurs avec un débit satisfaisant.

Dans ce chapitre nous allons donner une vue globale de ces systèmes, en commençant tout d'abord de définir le concept cellulaire puis en abordant leurs principes de fonctionnement, l'architecture de ses différentes entités et quelques fonctions avancés sans rentrer dans le détail.

I.2. Concept cellulaire

La transmission sans fil consiste à définir une zone de couverture et installer une antenne relais qui servait d'un point d'accès aux utilisateurs évoluant dans cette zone, la puissance d'émission doit être importante et capable d'atteindre la périphérie de la zone de couverture mais l'atténuation du signal limite cette zone en termes de puissance et de capacité, ce qui a permet de développer un concept cellulaire.

Le principe consiste à diviser une région en un certain nombre de cellules, la cellule est un modèle théorique représenté par un hexagone et qui ressemble le plus au cercle, la juxtaposition des cellules permet de couvrir une zone géographique sans laisser d'espaces vides.

I.2.1. Type des cellules

La taille d'une cellule varie en fonction d'un ensemble de contraintes telle que : la topologie du terrain, la densité d'abonnés et la nature de l'environnement, c'est ainsi que les opérateurs ont recours à ces 3 types de cellules :

- **Macro cellules** : sont des cellules dont leurs zones d'action s'étendent jusqu'à 30 km, desservant un trafic moins élevé.
- **Micro cellules** : sa portée maximale est de 500 m environ, couvrant ainsi des zones urbaines est desservant un trafic moyennement dense.
- **Pico cellules** : ces pico cellule sont placée dans des endroits ou le trafic est considérable.

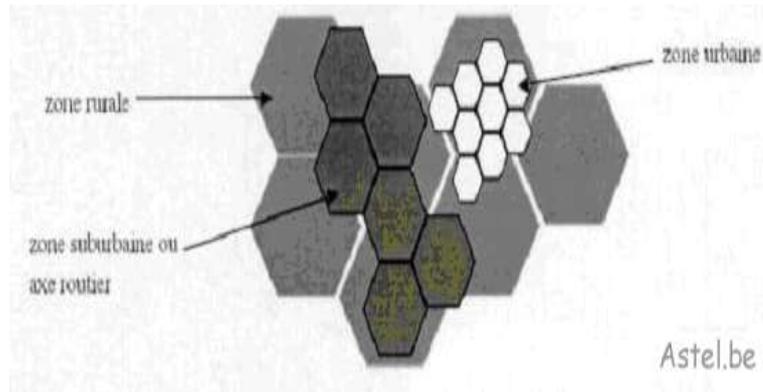


Figure I.1: types de cellules [1]

I.2.2. Réutilisation de fréquences

Dans un réseau cellulaire, le partage des ressources se fait de telle façon à attribuer à chaque cellule un ensemble de canaux radios, mais les ressources limitées ne permettent pas une couverture totale de la zone géographique qu'on désire à couvrir, pour y remédier, la réutilisation de fréquences est possible dans des cellules différentes si celles-ci sont suffisamment éloignées.

I.2.3. Présentation des motifs

On définit des motifs appelés aussi clusters, constitués de plusieurs cellules, dans lesquels chaque fréquence est utilisée une seule fois. On utilise des motifs réguliers à K cellules vérifiant la relation suivante :

$$k = i^2 + i'j + j^2 \dots \dots \dots \text{(I.1)}$$

Avec i et j entiers naturels positifs ou nuls.

Les premiers entiers qui vérifient cette relation donnent des tailles de motifs possibles de 1, **3**, **4**, 7, **9**, **12**, 13, 16, 19, **21**, 25, 27...cellules. Les tailles en gras correspondent aux tailles de motifs les plus couramment utilisées.

I.2.4. Distance de réutilisation

Pour réutiliser une fréquence dans deux cellules différentes, il faut que la distance minimale **D** qui sépare ces deux dernières soit :

$$D = \sqrt{3.k}. R \dots \dots \dots \text{(I.2)}$$

Avec : R le rayon d'une cellule et k la taille du motif

I.3. Evolution des réseaux cellulaires

Les réseaux mobiles ont connu un succès phénoménal lors de leur déploiement, ils proposent une meilleure mobilité et une qualité de service à la rigueur par rapport aux réseaux classiques, tels que la téléphonie fixe. Depuis leur création et leur mise en service les réseaux mobiles ont marqué une forte adoption auprès des professionnels et de grand public, ainsi que l'intégration des services et la diversité des données échangées exigent des systèmes de plus en plus développés.

- **La première génération (1G)**

Le début des années 1980 fut marqué par l'ouverture du réseau radio analogique de 1 ère génération (Radiocom2000 en France). Celui-ci offrait un service de radio téléphonie mobile avec des terminaux lourds, encombrants et chers. Le temps de connexion vers les abonnés filaires était long, ces réseaux n'étaient pas universels.

- **La deuxième génération 2G (GSM)**

La deuxième génération de réseaux mobiles est apparue comme étant une amélioration de la première génération.

À l'instar du GSM (Global system for mobile communications) qui est apparu en Europe en 1991 et qui a connu un succès très vif, d'autres systèmes existe encore comme le IS-95 (ou CDMAOne) en Amérique du nord, PDC en Japon, IS-136 et IDEN en U.S.A.

Le tableau suivant résume les spécificités techniques de chaque standard :

Standards	GSM	IS-95	IS-136	PDC
Modulation	GMSK	BPSK/OQPS	DQPSK	OQPSK
Méthode d'accès	TDMA/FDMA	CDMA	TDMA	TDMA
Bande de fréquence (MHz)	900/1800/1900	800/1900	800/1900	800/1400
Espacement	200	1 250	30	25

porteurs (KHz)				
Utilisation	Mondial	Continent américain, Asie	Amérique du nord	Japon

Tableau I.1:principales différences technologiques entre le GSM, IS-95, IS-136 et le PDC [2]

➤ **Evolution vers l’GPRS (2.5 G)**

Le GPRS (General Packet Radio Service) appelé aussi 2.5G Ou 2G+ est une évolution du système GSM, permettant une transmission de données par paquets à un débit plus élevé.

➤ **Evolution vers l’EDGE :**

L’EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) appelé aussi 2.75G est une norme de la téléphonie mobile qui permet un débit triple que celui de GPRS et une capacité plus importante.

• **La troisième génération (3G)**

La troisième génération est marquée par l’apparition de nouveaux systèmes de communications radio mobile tel que l’UMTS connu aussi sous le nom W-CDMA, ces systèmes sont une amélioration des spécificités techniques de la norme européenne GSM, en effet les principaux facteurs qui ont permis la conception et la mise en œuvre de ce nouveau modèle universel sont :

- ✓ Les technologies différentes.
- ✓ Incompatibilité des systèmes
- ✓ La possibilité de rester connecté en dehors de la zone d’abonnement (roaming).

I.4. Présentation du réseau GSM

Est l’une des normes de la deuxième génération des réseaux mobiles cellulaires apparue en Europe dans les années 90, cette nouvelle technologie permet des communications numériques entre les abonnés mobiles avec une qualité de service meilleur et une confidentialité approuvée. Les services que propose la norme GSM sont la transmission de la voix ainsi que des données numériques de faible volume comme les SMS et MMS.

I.4.1. Architecture du réseau GSM [3]

Le réseau GSM est constitué de quatre sous-systèmes :

- La station mobile (MS)
- Le sous -système radio (BSS)
- Le sous-système réseau (NSS)
- Le sous-système d'exploitation et de maintenance (OSS)

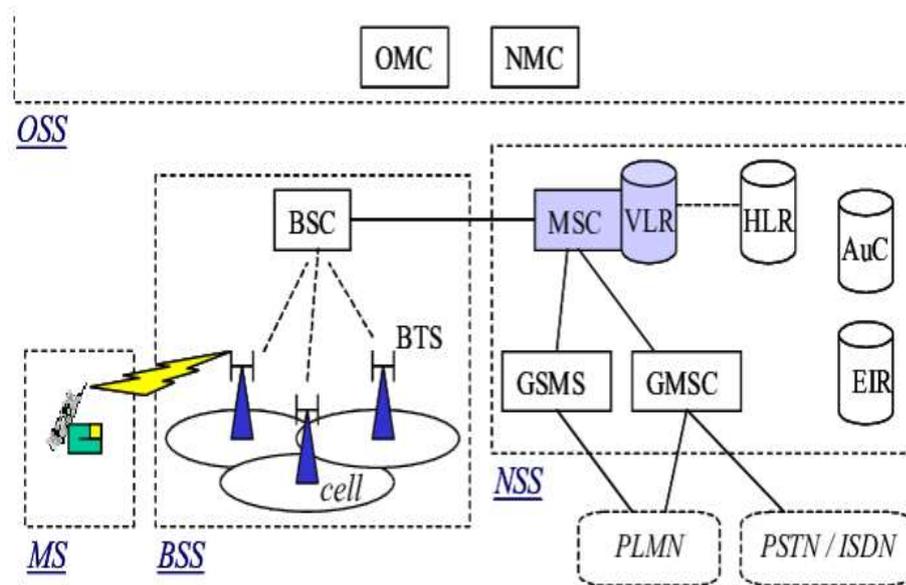


Figure I.2 : schéma en bloc des différentes entités du réseau GSM [3]

I.4.1.1. Station mobile (MS)

Est le terminal mobile authentifié et autorisé à accéder au réseau mobile, il se compose de deux entités à savoir

- **Equipment terminal** (Mobile Equipment) : il s'agit de l'équipement mobile doté à la base d'un système émetteur/récepteur radio mobile et d'un logiciel nécessaire la communication. Il contient une identité unique IMEI (International Mobile Equipment Identity), il est caractérisé par une puissance d'émission maximale (2W soit 33dBm pour le GSM 900).
- **La carte SIM** : est la partie personnalisée du terminal qui différencie un abonné des autres, en contenant l'identité de l'abonné et les caractéristiques de l'abonnement tel que :
 - ✓ IMSI (International Mobile Subscriber Identity) : unique et universel

- ✓ MSISDN : numéro d'appel
- ✓ TMSI : (Temporal Mobile Subscriber Identity)

I.4.1.2. Le sous-système radio (BSS)

Il assure l'accès des abonnés au réseau GSM avec l'interface radioélectrique d'une part et la liaison câblée avec les MSC /VLR d'une autre part, il comporte deux types d'équipements à savoir les BTS et les BSC.

➤ **La station de base (BTS)**

La BTS est l'élément central du BSS comporte un ensemble d'émetteurs (Tx) et récepteurs (Rx), servant d'interface entre le réseau fixe et les stations mobiles. Elle se charge de bon déroulement de la transmission radio en réalisant des relevés de mesures instantanées qu'elle envoie directement au BSC sans les interpréter.

Il existe deux types de BTS les macros et les micros BTS, contrairement aux premières qui se placent dans des régions rurales et qui couvrent des surfaces plus étendues, ces dernières sont utilisées pour couvrir des zones urbaines avec un trafic considérable, elles sont caractérisées par leurs faibles tailles, faible cout et moindre puissance.

➤ **Le contrôleur de la station de base (BSC)**

Considéré comme l'organe le plus intelligent du réseau, il gère une ou plusieurs stations de bases en assurant le contrôle de la puissance de signal, l'acheminement du trafic vers les stations de bases destinataires, il est aussi le lien entre la BTS et le NSS, Que nous verrons juste après.

I.4.1.3. Le sous-système réseau (NSS)

C'est la partie invisible du réseau, elle assure les fonctions d'acheminement et de routage des données, la gestion de la mobilité des abonnés, elle enregistre les informations propres à chaque abonné. Contient les organes suivants :

➤ **MSC :**

Est un commutateur chargé de raccorder plusieurs BSC, raccordée aussi à d'autres MSC existant dans le réseau réalisant ainsi un maillage des MSC, il a comme fonctions principales :

- Réserve de canal radio.
- Acheminement vers le demandé.
- Taxation des appels et les services de données.
- Localisation des usagers.
- Gestion de la mobilité.

Le MSC communique aussi avec les deux bases de données le HLR et VLR.

➤ GMSC :

C'est la passerelle qui gère les communications avec les autres réseaux externes tels que le réseau téléphonique, les autres réseaux GSM et les réseaux de transmission de données.

➤ La Base de données HLR :

Est un registre de données qui contient toutes les informations liées aux abonnés du réseau GSM, Ces informations sont :

- Le Profil de chaque usager
- Le numéro IMSI
- Le numéro d'appel de l'abonné
- Le numéro de VLR où l'utilisateur est localisé

➤ La base de données VLR :

Est un registre de données temporaire contenant les données de travail relatives aux abonnés présents dans la zone de localisation gérée par un MSC, le réseau a prévu l'installation de cet organe dans le but de minimiser les accès au HLR.

➤ Le centre d'authentification (AUC) :

Est l'élément important associé au HLR dans le but d'assurer la sécurité des appels en effectuant le chiffrement des échanges ainsi que l'authentification des abonnés.

➤ La base de données (EIR) :

Est un registre d'identification d'équipements, installé dans le but d'identifier tous les mobiles volés ou interdits d'accéder au réseau, regroupés dans une liste appelée black list.

A chaque établissement d'appel la phase d'authentification des terminaux se fera en premier lieu par la demande de IMEI, si ce dernier retourné par le terminal fait partie de black liste, l'appel ne peut être établi.

I.4.1.4. Le Sous System d'Exploitation et de Maintenance (OSS)

Il a comme fonction le contrôle et la gestion de réseau en détectant d'éventuelles pannes, mettre en services de nouveaux sites, observation de trafic et détection des surcharges, configuration des équipements et modifications de leurs paramètres, il est subdivisé en deux parties :

NMC : il opère d'une manière centralisée (générale).

OMC : il effectue le contrôle local des équipements

III.5. Présentation d'un réseau UMTS

On a vu précédemment que les réseaux mobiles de la 2eme génération ont connus une multitude de systèmes et de technologies différentes, dont chaque technologie appartienne à un organisme de normalisation, chargé du suivi de l'évolution de ses spécifications.

Afin de ne pas laisser qu'un tel scénario ne se reproduise pour la 3eme génération et pour éviter les problèmes qu'engendre la particularité que connaît chaque système de la 2eme génération, il devenait très nécessaire de placer la définition d'un tel système sous la responsabilité d'un organisme aussi indépendant et fédérateur que possible.

De la part des opérateurs et constructeurs de technologies radio, il y a eu une forte volonté de définir une norme commune, c'est ainsi que l'UIT a nommé le IMT-2000, visant à tenir compte des occupations que manifeste chaque organisme de normalisation et de parvenir à une norme commune universel ayant pour objectifs :

- Une compatibilité avec les systèmes de la deuxième génération.
- Un support des applications multimédia.
- Un support débit très élevé.

Lors de la soumission des propositions techniques provenant de différents organismes, deux types ont été constatées à savoir les propositions pour des réseaux

de communications terrestres et celles des constellations de satellites d'où la technologie CDMA était majoritairement gagnante.

La phase de négociation a été marquée par la création des deux regroupements de constructeurs et d'opérateurs de réseaux :

- Le 3GPP : à l'origine de l'UMTS, dont la définition a hérité d'un certain nombre de concepts de la norme GSM.
- Le 3GPP2 : crée en réaction à la forte inclinaison au GSM du 3GPP, afin de garantir une certaine pérennité des systèmes de types IS-95, concurrent nord-américain du GSM.

I.5.1. L'architecture du réseau UMTS

Comme nous l'avons vu précédemment, l'architecture d'UMTS est similaire à celle du réseau GSM, qui se subdivise en trois entités essentielles, comme il avait spécifié le groupe de normalisation 3GPP, d'où il comprend l'unité terminal, un réseau d'accès et un réseau cœur.

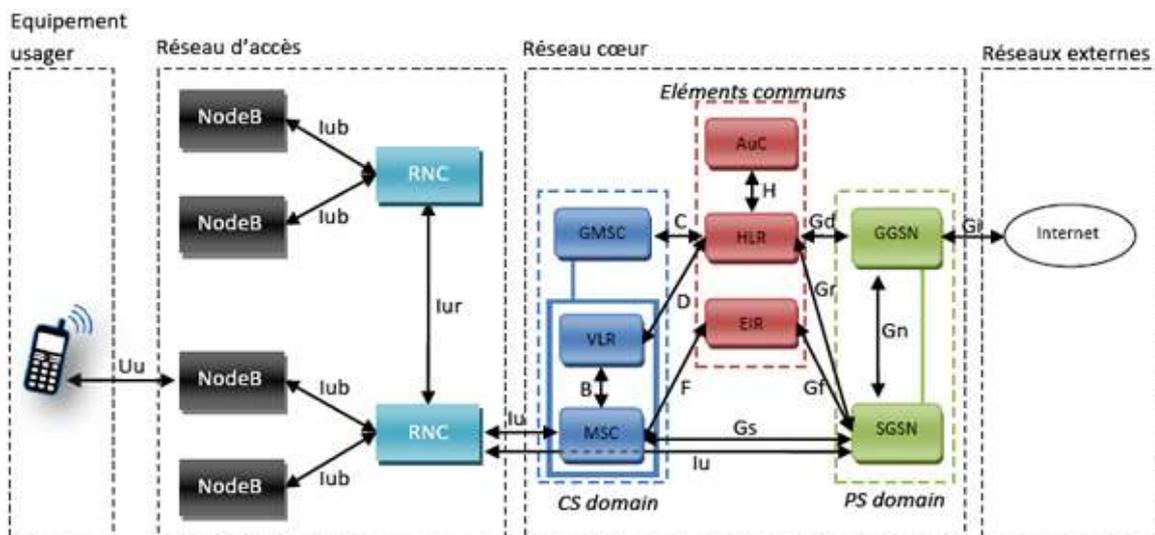


Figure I.3: Architecture globale du réseau UMTS [3]

I.5.1.1. L'équipement usager UE :

L'apparition de L'UMTS est accompagnée de l'apparition de nouveaux modèles de terminaux 3G, qui ont connus une certaine évolution par rapport aux précédents en termes d'applications et supports multimédia que propose le réseau UMTS, composé de deux blocs suivants :

- L'équipement mobile ME : qui est un terminal radio, découpé à son tour en deux entités :

Le MT (Mobile Termination) : il se charge de la transmission radio.

Le TE (Terminal Equipment) : il regroupe les services et applications qui sont accessibles directement par l'abonné comme le navigateur Web.

- La carte USIM : est l'entité personnalisé de réseau, elle joue le même rôle que la carte SIM des terminaux GSM.

I.5.1.2. Le réseau d'accès UTRAN

L'UTRAN est la partie de réseau UMTS qui s'interface entre la station mobile et le réseau cœur, qui possède les fonctions principales suivantes : sécurité, mobilité, gestion des ressources radio et la synchronisation.

L'UTRAN se compose du plusieurs RNS qui sont des sous -systèmes réseau radio, dont chaque RNS est constitué d'un RNC, équivalent du BSC des réseaux GSM, ils servent à contrôler un ensemble du Node B, équivalent de la BTS, et des interfaces de communication entre les différents éléments du réseau UMTS.

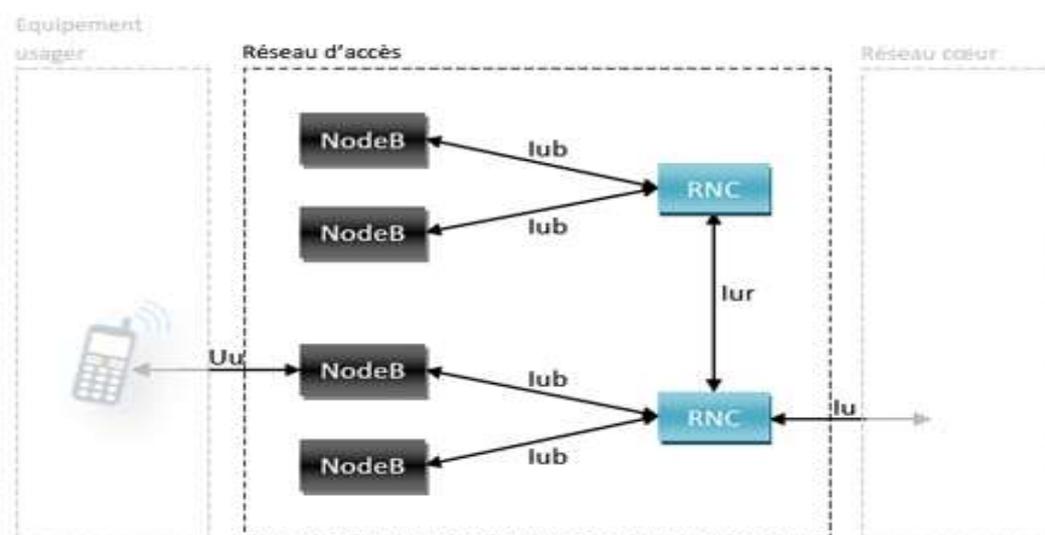


Figure I.4 : Architecture matérielle de réseau UTRAN du réseau UMTS [3]

Node B

Son rôle principal est d'assurer les fonctions de transmission et de réception radio pour une ou plusieurs cellules de l'UTRAN.

Le RNC

Est l'équivalent de BSC des réseaux GSM, son rôle principal est le routage des communications entre la station de base (Node B) et le réseau cœur d'une part, et de contrôler plusieurs Node B d'autre part.

Les interfaces de communications de réseaux UTRAN

Les entités de réseau UMTS se connecte entre eux via de plusieurs types d'interfaces de communications :

Interface	Extrémités	Fonction
Uu	UE-ETRAN	Elle permet la communication avec le réseau d'accès UTRAN.
Iu	ETRAN-CN	Elle permet au contrôleur radio RNC de communiquer avec SGSN.
Iur	RNC-RNC	Permet de gérer la connexion simultanée du terminal mobile entre deux RNC.
Iub	Node B-RNC	Permet la communication entre le contrôleur radio RNC et le Node B.

Tableau I.2: les interfaces de réseau UMTS [3]

I.5.1.3. Le réseau cœur (CN)

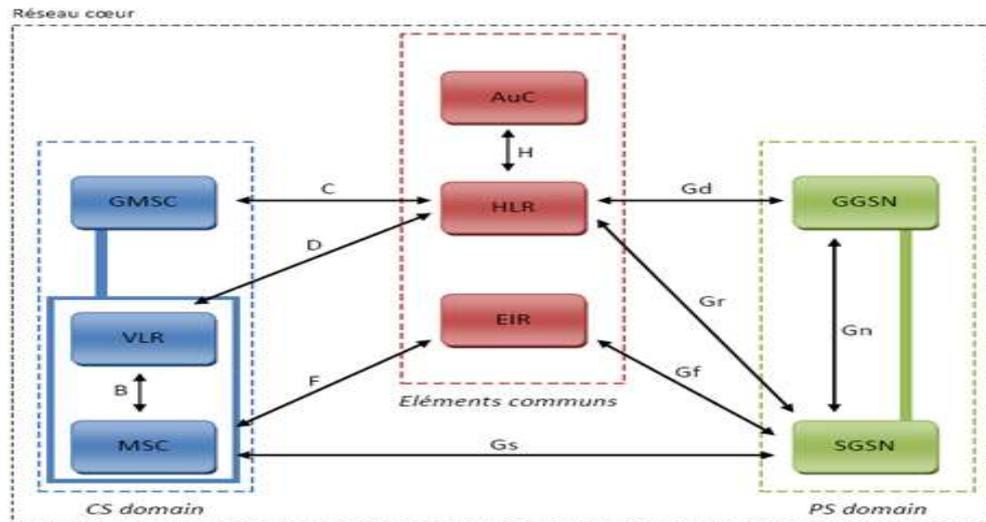


Figure I.5 : schéma présentatif du réseau cœur et ses interfaces opérationnelles [4]

Le réseau cœur de l'UMTS se compose de trois sous domaines que le 3GPP a spécifier tel que [4] :

- Le CS (Circuit Switched) qui comprend aussi le MSC, VLR et GMSC.
- Le PS (PacketSwitched) qui se compose de SGSN et de GGSN.
 GGSN (Gateway GPRS Support Node) : est une passerelle qui sert à acheminer les données du réseau UMTS vers les réseaux extérieurs à commutation paquets comme Internet.
 SGSN (Serving GPRS Support Node) : il a comme fonction d'enregistrer les usagers.
- Les éléments du réseau communs des deux domaines : HLR, l'EIR et l'AuC.

• **Les interfaces radio de réseau cœur**

Plusieurs types d'interfaces de communication existent au sien de réseau cœur d'un réseau UMTS, on peut les présentées comme suite :

Type d'interface	Extrémités	Fonction
B	VLR-MSC	Recherche des identifications et localisations des abonnés.

C	GMSC-HLR	Informations sur les abonnés lors d'une communication entrante.
D	VLR-HLR	Authentification et mise à jour de localisation.
F	MSC-EIR	Vérification que l'abonné n'est pas dans la liste noire.
H	AUC-HLR	Echange de données d'authentification.
Gd	HLR-GGSN	Informations sur les abonnés lors d'une communication entrante.
Gf	SGSN-EIR	Vérification que l'EU n'appartient pas a la liste noire.
Gn	GGSN-SGSN	Routage des paquets vers le réseau externe.
Gr	HLR-SGSN	Authentification et mise à jour de localisation.
Gs	MSC-SGSN	Echange des données entre Ps et Cs.

Tableau I.3: les interfaces qui régissent les échanges entre les parties du réseau cœur d'UMTS [2]

I.5.2. Les canaux de réseau UMTS

Il faut qu'un réseau radio mobile garde toujours son contrôle sur ses différentes entités, notamment la partie accessible aux utilisateurs qui est le réseau d'accès, et cela en supervisant le lien radio avec le trafic en détectant les éventuels problèmes est contraintes qu'il peut y avoir et aussi pour garantir une bonne qualité de communication, fiable et sans rupture. Pour cela le réseau d'accès UTRAN a défini un ensemble de canaux de communication réparties en trois :

I.5.2.1. Les canaux logiques

Ces canaux correspondent aux différents types d'information véhiculée sur le lien radio, ils se découpent en deux :

- Les canaux logiques de contrôles : permettent de transporter des informations de contrôle et supervision de la liaison radio.

Canal	Lien	Fonction
BCCH (Broadcast Control Channel)	DL	Diffusion permanente d'informations système.
PCCH (Paging Control Channel)	DL	Envoi de messages de paging aux mobiles du réseau.
DCCH (dedicated control channel)	UL/DL	Envoi/réception d'informations de contrôle d'un mobile connecté au réseau.
CCCH (common control channel)	UL/DL	Envoi/réception d'informations de contrôle de mobiles n'étant pas connectés au réseau.

Tableau I.4: canaux logiques de contrôle

- Les canaux logiques de trafic : ce sont des canaux qui permettent de transporter les informations et données d'utilisateurs.

Canal	Lien	Fonction
DTCH (Dedicated Traffic Channel)	UL/DL	Sert à échanger des données utilisateur avec un mobile connecté au réseau.
CTCH (Common Traffic Channel)	DL	Canal unidirectionnel utilisé pour transmettre des données utilisateur à un ensemble de mobiles

Tableau I.5: canaux logiques de trafic

I.5.2.2. Les canaux de transport

Les canaux de transport définissent la manière avec laquelle les informations sont transportées par l'interface radio. Ils se distinguent par trois types à savoir :

- Les canaux de transport communs :

Canal	Lien	Fonction
BCH (Broadcast Channel)	DL	Diffusion d'informations système à faible débit.
FACH (Forward Access Channel)	DL	
RACH (Random Access Channel)	UL	Demande de service d'un mobile à une station de base.
PCH (Paging Channel)	DL	Diffusion de messages de paging.

DSCH (Downlink Shared Channel)	DL	Canal de transport commun
--------------------------------	----	---------------------------

Tableau I.6: canaux de transport commun

- Les canaux de transport dédiés :

Canal	Lien	Fonction
DCH (Dedicated Channel)	UL/DL	Canal de transport dédié

Tableau I.7: canaux de transport dédiés

I.5.2.3. Les canaux physiques

Sont le moyen physique de transport des informations issues des usagers d'une part et celle issues aussi des Node B auxquelles les usagers sont rattachés d'une autre part.

- P-CCPCH (Primary Common Control Physical Channel)
- S-CCPCH (Secondary Common Control Physical Channel)
- PRACH (Physical Random Access Channel)
- PDSCH (Physical Downlink Shared Channel)
- DPDCH (Dedicated Physical Data Channel)

I.5.3. Les modes de duplexage utilisés dans l'UMTS

- Le mode TDD

Cette technique consiste en un transfert de données de mobile vers la station de base et inversement de la station de base vers mobile sur un même canal de communication avec une largeur spectrale de 5 Mhz, les communications sont duplexées temporellement. Ce mode est privilégié dans les Micro et Pico cellules vu leurs tailles réduites, cela permet aussi de résoudre en quelque sorte le problème de ressources limitées.

- Le mode FDD

Dans ce mode deux canaux de communication sont alloués aux deux sens de communication (Up Link et Down Link) et l'échange se fait simultanément. Un écart duplex entre les deux voies est prévu pour éviter les interférences.

I.5.4. Organisation des fréquences dans un réseau UMTS

La norme UMTS a intégré la possibilité d'utiliser les ressources radio en deux modes différents **FDD** et **TDD**, c'est-à-dire les fréquences sont partagées en deux :

- **TDD** : deux plages ont été occupées par le mode TDD, dont chacun est de 35 MHz.
- **FDD** : il occupe une plage de 120 MHz de spectre des fréquences de réseau UMTS, la communication dans le sens montante (mobile vers Node B) est supportée par une bande de fréquence de 60 MHz [de 1920 à 1980 MHz] disjointe de celle utilisé pour la voie descendante (BTS vers mobile) qui est de 60 MHz aussi [de 2110 à 2170 MHz]. L'écart entre les deux bandes est appelé écart duplex qui est de 190 MHz.

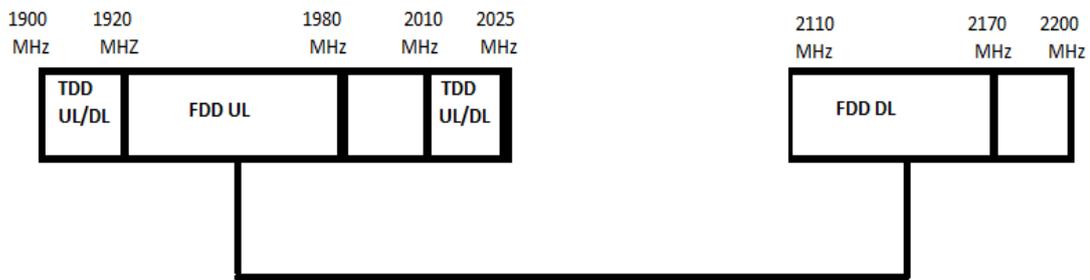
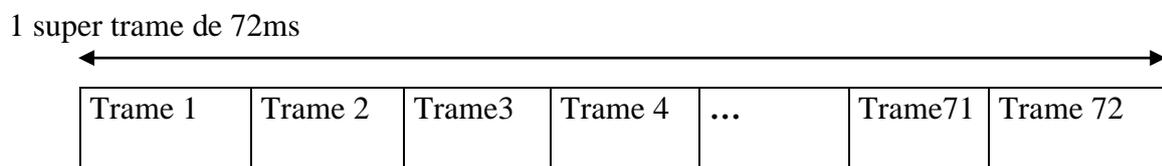


Figure I.6 : la répartition des fréquences d'un réseau UMTS [2]

I.5.5. Organisation temporelle

Le système UMTS repose sur une technique de multiplexage par code dite CDMA qui est organisée à partir d'une supertrame de 720ms l'équivalente de 72 trames d'UMTS dite trame de base.

Trame de base : est la trame temporelle de 10 ms, elle se compose de 15 intervalles de temps dite Slots dont chacun est de 10/15 ms équivalente de 666.67 micro s .la communication entre une station mobile et un usager quelconque se fait sur tous les 15 slots successifs de la trame UMTS.



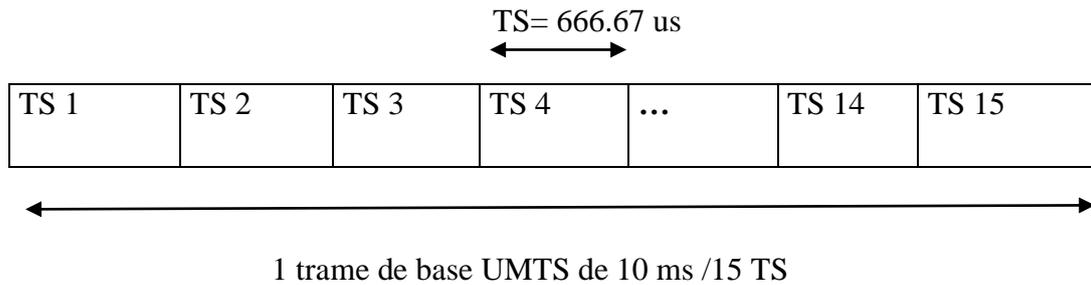


Figure I.7 : la trame temporelle dans un système UMTS [5]

I.5.6. La technique d'accès dans un réseau UMTS

Dans le but d'autoriser à un ensemble d'utilisateurs d'accéder au même temps au réseau, il est nécessaire de partager la bande de fréquence allouée par l'opérateur, la manière dont ce partage se fait, peut-être regroupé dans trois grandes techniques appelées techniques d'accès multiple :

- Le partage en fréquences FDMA
- Le partage en temps TDMA
- Le partage en code CDMA

Le partage de ressources radio dans un réseau UMTS se fait avec la méthode CDMA, donc dans ce qui suit on s'intéresse à cette technique.

- **CDMA**

L'accès CDMA est une technique différente d'autres techniques, elle permet aux usagers d'accéder au réseau au même temps en utilisant la même bande de fréquence. La séparation entre les utilisateurs est assurée grâce à un code spécifique qui leur est attribué, connu uniquement par l'émetteur et le récepteur.

D'une autre manière cette technique assure l'émission simultanée d'un nombre de signaux dans la même bande de fréquence. Ces signaux transmis seront tous détectés facilement à la réception grâce à un récepteur CDMA qui connaît l'ensemble des codes utilisés par l'émetteur.

- **W-CDMA [5]**

Est une technique d'accès multiple adopté par l'UMTS, elle utilise des canaux à large bande basée sur le principe d'étalement de spectre appelé DSSS (Direct Sequence Spreading Spectrum) qui est une méthode de répartition par séquence directe consiste à multiplier (ou exclusif) chaque bit d'information correspondant à l'utilisateur par un code pseudo aléatoire PN (Pseudo random Noise code) propre à un abonné. La séquence du code résultante de N d'étalement appelée chips est unique et propre à chaque abonné valant +1 ou -1.

La suite de données étant émise à un débit R_b , la durée d'un bit est $T_b = 1/R_b$ (I.3)

Le débit en chips par seconde du signal étalé est $R_c = n \cdot R_b$ (I.4)

La durée d'un chip est donc $T_c = T_b/n$ (I.5)

On peut déduire que l'étalement de spectre consiste à augmenter le débit avec un facteur d'étalement n , donc le signal après étalement a un débit n fois plus grand que celui de signal envoyé par l'utilisateur ($R_c = nR_b$) en utilisant une bande de fréquence n fois plus étendue. cet étalement ne change pas la puissance de signal, la puissance de signal origine est égale à celle de signal étalé.

➤ Les Codes utilisés

Le W-CDMA en UMTS est appliqué en utilisant deux types de codes : les codes de canalisation (channelization code) et les codes d'embrouillage (scrambling).

▪ Des codes de canalisation

Les codes canal sont de type OVSF définis par un arbre OVSF ou chaque nœud possède deux fils, ils ont la caractéristique d'orthogonalité, ce qui permet d'éliminer les interférences à la réception entre les signaux transmis sur la même bande de fréquence. Le choix de ces codes est lié à une règle d'orthogonalité c'est que on ne peut pas utiliser les codes extraits d'une même branche parente simultanément car ils ne vérifient pas l'orthogonalité. [6], [7].

▪ Les codes d'embrouillage

L'embrouillage est nécessaire après l'étalement, il ne provoque pas de nouveau étalement, il se limite à multiplier le signal étalé par une séquence pseudo-aléatoires dite code **Gold** (chip a chip) [6].

L'utilisation de ce type de codes est possible dans les deux voies de transmission soit la voie descendante DL ou montante UL :

- **La voie montante**

Dans un système W-CDMA, les différents utilisateurs transmettent sur la même bande de fréquence, qu'ils appartiennent à la même cellule ou pas, en provoquant des interférences, une manière pour éviter ces dernières consiste en l'utilisation de codes Gold en attribuant à chaque mobile un code lui approprié, cela permet aux BTS de différencier entre les différents utilisateurs.

- **La voie descendante**

Dans un réseau basé sur le W-CDMA, la distinction entre les différentes stations de base qui utilisent la même fréquence est possible en affectant à chacune un code Gold spécifique.

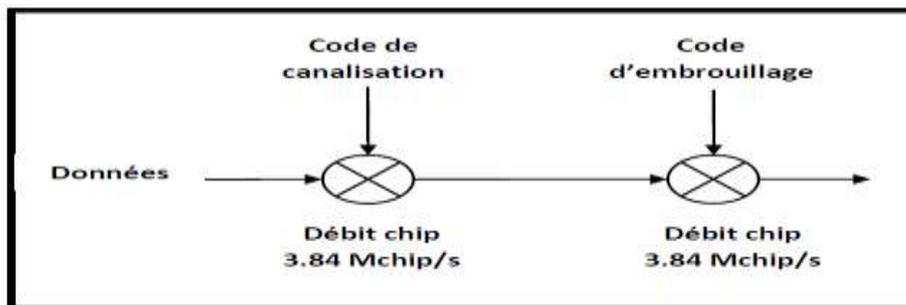


Figure I.8 : principe de transmission en utilisant les codes OVSF et d'embrouillage [7]

I.6.Conclusion

Les notions abordées précédemment sur le réseau UMTS nous a permis de consolider certains acquis préliminaires, comme le concept cellulaire, l'architecture du réseau UMTS ainsi que les techniques d'accès, ce qui nous amènera à une étude bien avancée dans le chapitre à suivre en explorant les mécanismes mis à la disposition de réseaux d'accès UTRAN et de l'équipement terminal pour garantir des communications de haute qualité et une mobilité meilleure.

II.1. Introduction

Le CDMA étant une technique d'accès adoptée par les réseaux de la 3eme génération énumérait plusieurs avantages, notamment la confidentialité, la résistance aux brouillages et l'utilisation efficace du spectre radio, exige par ailleurs une planification rigoureuse du réseau surtout la partie la plus sensible celle qui constitue une interface directe avec les usagers.

Dans ce chapitre, nous commençons par introduire les paramètres antennaires qui déterminent la portée des cellules, nous discuterons aussi les modèles de propagations utilisés pour estimer le gain du canal radio, ensuite nous parlerons de la mobilité radio et les contraintes des interférences avant d'aborder le contrôle de puissance qui est d'une importance primordiale dans le réseau UMTS, finalement la QoS sera une conclusion des sous titres de ce chapitre.

II.2. Influence des paramètres antennaires sur la couverture radio

La couverture d'un réseau radio mobile varie selon le territoire (urbain, rural,) qu'on souhaite à couvrir, après sélection des sites et vérification de la plateforme, l'installation des équipement et antennes se fera en respectant les limites maximales de la zone à couvrir qui dépend de la technologie déployée, la capacité, les interférences...etc.

II.2.1. L'antenne

Est un dispositif utilisé pour rayonner les ondes électromagnétiques dans l'espace ou les capté.

- *Antenne émettrice* : est l'antenne chargée de la propagation de l'onde dans l'air, elle joue le rôle d'un transformateur de la puissance guidé en une puissance rayonnée issue d'un générateur.
- *Antenne réceptrice* : est l'antenne qui capte la puissance rayonnée par l'antenne d'émission, donc elle travail d'une façon inverse ; elle transforme la puissance rayonnée captée en une puissance guidée.
- *Antenne réciproque* : c'est le cas où l'antenne peut jouer le rôle d'une antenne d'émission et de réception avec le même principe de rayonnement, c'est l'antenne la plus utilisée.

II.2.1.1. Caractéristiques d'une antenne

Les antennes ont un ensemble de caractéristique qui varient d'une antenne à l'autre.

- **La polarisation** : correspond à la position de vecteur du champ électrique dans l'espace, on distingue deux types de polarisation ; polarisation rectiligne (horizontale ou verticale), polarisation elliptique.
- **Le gain** : est le rapport entre la puissance rayonnée dans une direction donnée et la puissance rayonnée pour une antenne isotrope ;
- **Diagramme de rayonnement** : correspond à la variation de l'intensité du champ électrique et magnétique dans un plan vertical et horizontal.

On trouve des antennes qui peut rayonner dans toutes les directions appelé antennes omnidirectionnelles, elles sont plus utilisées, généralement pour couvrir les zones urbaines. Comme on peut trouver des antennes qui ont un rayonnement directif, elles rayonnent dans une direction privilégiée.

II.2.2. L'antenne relais d'un réseau mobile

L'antenne relais est un dispositif qui assure l'émission et la réception des signaux radioélectriques lors d'une communication dans un réseau mobile, ces antennes relais sont généralement les BTS dans les réseaux 2G et Node B dans les réseaux 3G.

II.2.2.1. Catégories des antennes relais

On peut définir 4 catégories d'antennes relais selon leur couverture :

- Antennes femtocell : elles sont généralement placées pour couvrir une dizaine de mètre comme les endroits résidentiels.
- Antennes pico cellulaires : de quelques dizaines de mètres.
- Antennes micro cellulaires : elles sont placées pour couvrir les zones de quelques centaines de mètres comme les grands centres
- Antennes macro cellulaires : sont des antennes que on peut voir, elles sont installées a des hauteurs de 12 à 50 mètres comme les bâtiments.

II.2.3. Les paramètres antennaires

Sont les paramètres dont la bonne couverture dépend :

- **Puissance de transmission** : correspond à la puissance avec laquelle les signaux radioélectriques sont transmis depuis leurs stations de base, elle est ajustée au niveau de cette dernière d'une manière à couvrir une zone ciblée. Plus la valeur de cette puissance est grande, plus la zone à couvrir est étendue.
- **La hauteur de l'antenne** : définit l'emplacement de l'antenne à la position verticale de sol, elle est fonction de la couverture radio mais rarement changeable.
- **Le tilt** : est l'inclinaison de diagramme de rayonnement de l'antenne par rapport à l'axe vertical, on distingue deux types de tilt à savoir :

Tilt électrique : est la position de diagramme de rayonnement par rapport à l'axe vertical de l'antenne, il est changeable à distance.

Tilt mécanique : est la position de l'antenne elle-même par rapport à l'axe vertical ajustable en fonction de la couverture.

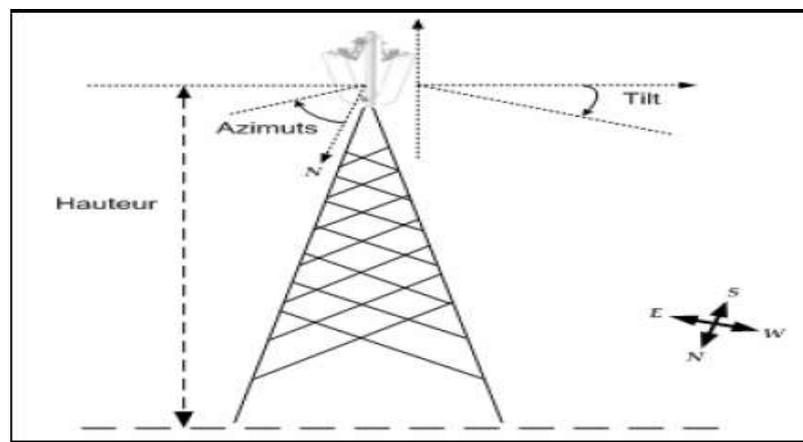


Figure II.1: le tilt et l'azimut d'une antenne [8]

- **L'azimut** : est l'inclinaison de l'antenne sur un plan de 360 degrés horizontal, elle repérée par rapport au point du nord géographique.

II.3. Les modèles de propagation

Le canal de propagation radio n'étant pas parfait provoque l'affaiblissement et l'atténuation de signal transmis qu'est dû principalement aux différents phénomènes perturbateurs tels que la diffraction, diffusion, réflexion et réfraction. Ces phénomènes affectent plus ou moins la transmission radio en fonction de l'environnement de propagation (environnement urbain, environnement rural, espace libre...), pour cela une modélisation de ce canal est faite pour

prédire les affaiblissements et les pertes des trajets, parmi ces modèles les plus connus et les plus utilisés dans les réseaux radio mobiles on va citer :

II.3.1. Le modèle d'OKUMURA-HATA

Est un modèle de propagation qui se base sur une approche empirique, permettant de prédire la valeur moyenne de l'affaiblissement, il est exprimé par la formule suivante :

$$L_U = 69.55 + 26.16 \log_{10}(f) - 13.82 \log_{10}(h_B) - a(h_m) + [44.9 - 6.55 \log_{10}(h_B)] \log_{10}(d) \dots \dots \dots \text{(II.1)}$$

Avec :

$$a(h_m) = \begin{cases} (1.1 \log_{10}(f) - 0.7) h_m - 1.54 \log_{10}(f) - 0.8 \dots \dots \text{(suburbain)} \\ 3.2 [(\log_{10}(11.75 h_m))^2 - 4.97] \dots \dots \text{(urbain dense)} \end{cases}$$

d : La distance

f : La fréquence

h_B : Hauteur de la station de base

h_m : Hauteur de l'émetteur

Ce modèle n'est valable que sous certaines conditions :

- Fréquence comprise entre 150MHz et 1500MHz
- Hauteur de l'émetteur allant jusqu'au 200m
- Hauteur de récepteur allant jusqu'au 10m

II.3.2. Le modèle COST 231-HATA

Ce modèle est une évolution du modèle précédent, s'appliquant à tous types d'environnement, il suppose aussi que l'onde électromagnétique se propage au dessus des bâtiments avec des diffractions multiples, et des fréquences allant jusqu'au 2050 MHz, son expression mathématique est donnée par :

$$L_p = 46.33 + 33.9 * \log_{10}(f) - a(h_m) - 13.82 * \log_{10}(h_B) + [44.9 - 6.55 \log_{10}(h_B)] * \log_{10}(d) + C \dots \dots \dots \text{(II.2)}$$

Avec :

$$a(h_m) = \begin{cases} (1.1 \log_{10}(f) - 0.7)h_m - 1.56 \log_{10}(f) - 0.8 \dots (\text{suburbain}) \\ 3.2[(\log_{10}(11.75h_m))^2 - 4.97] \dots (\text{urbain dense}) \end{cases}$$

d : La distance

f : La fréquence

h_B : Hauteur de la station de base

h_m : Hauteur de l'émetteur

C : Varie selon la nature de l'environnement

$$C = \begin{cases} 0 \text{ dB pour les moyennes villes} \\ 3 \text{ dB pour les villes dense} \end{cases}$$

II.5. Les interférences dans un réseau cellulaire

Par opposition au systèmes qui adoptent le F/TDMA comme technique d'accès, les réseaux cellulaires CDMA sont les plus complexes en ce qui concerne la couche physique, dans ce dernier tous les utilisateurs ont accès au réseau sur une même bande de fréquence de largeur de 5 MHz, ce qui engendre le problème d'interférences, car un mobile se communicant sera interféré par les autres usagers utilisant en même temps les ressources radio dans une même cellule, malgré la séparation par codes orthogonaux de ces derniers une probabilité d'interférence dite Co-canal est toujours présente, elle est classée dans une catégorie appelée interférences intracellulaires.

D'autres interférences s'ajoutent à celles citée ci-dessus : ce sont les interférences inter cellulaires causées par les usagers situant dans des cellules adjacentes mais qui ont moins d'ampleur que les interférences intracellulaires.

Dans ce qui va suivre nous détaillerons ces deux types d'interférences dans le système UMTS.

II.5.1. Interférences intracellulaires

Ce type d'interférences dépend de sens de la communication :

- **Sur le lien descendant (DL) :** dans la voie descendante un terminal reçoit le signal provenant de sa cellule de correspondance, l'orthogonalité est préservée à un degré très acceptable car la source est unique, il faut juste synchroniser les récepteurs.

Malgré les imperfections du canal ainsi que les trajets multiples, les interférences ont un taux très faible.

- **Sur le lien montante (UL) :** la voie montante est la plus contraignante, car les signaux provenant de plusieurs sources suivent des trajets différents donc l'orthogonalité est mal préservée est les interférences reçues par la base d'une cellule ont une probabilité plus grande. Dans [5] on donne l'interférence en fonction des communications simultanées K.

$$I = (k - 1)\pi_0 \dots \dots \text{(II.3)}$$

Avec :

π_0 : puissance d'émission d'un mobile

On remarque alors d'après cette équation que l'interférence est dépendante de la capacité.

II.5.2. Interférences intracellulaires

- **Sur le lien montant (UL) :** ces interférences dues aux différents signaux envoyés par les stations mobiles qui appartiennent aux cellules adjacentes (voisines), à la réception ces signaux représentent un bruit au niveau de la BTS. Dans [5] l'interférence est donnée par un rapport de la somme des puissances reçues des mobiles situant dans des cellules voisines sur la somme des puissances reçues de la cellule concernée, ce rapport est donné par la relation suivante :

$$f_i = \frac{\sum_{i=1, b_i \neq j}^N P_{r,j,i}}{\sum_{i=1, b_i = j}^N P_{r,j,i}} \dots \dots \text{(II.4)}$$

- **Sur le lien descendant (DL) :** dans cette voie, les interférences sont causées par les différents signaux envoyés par les BTS de cellules voisines et qui représentent un bruit au niveau de mobiles en réception.

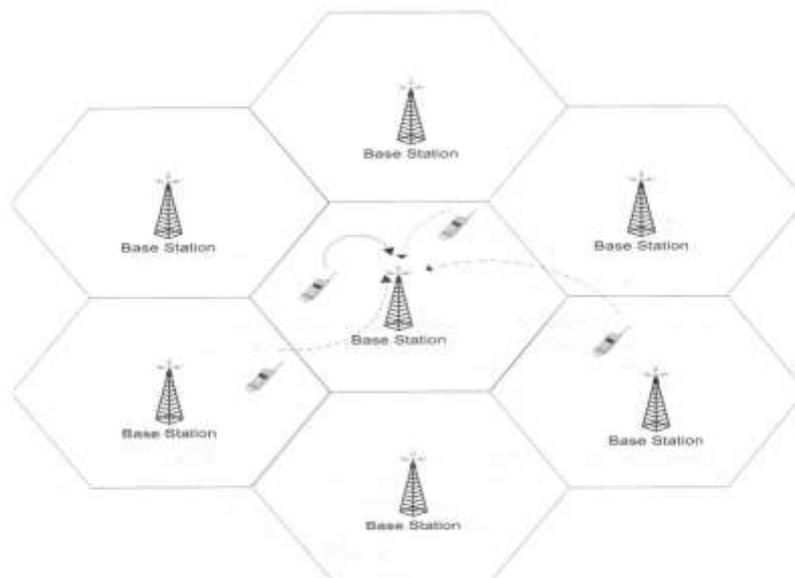


Figure II.1: illustration des interférences dans un réseau cellulaire [5]

II.6. Les Handover

La gestion de la mobilité est l'une des priorités principales des réseaux cellulaires. Pour cela un mécanisme est mis en disposition pour assurer la continuité des services du réseau, c'est le Handover.

II.6.1. Définition

Le Handover est une technique de transfert ou changement intercellulaires, il a pour but de garantir la continuité de service aux utilisateurs et donc d'éliminer d'éventuelles coupures de communication.

II.6.2. Le déclenchement d'un Handover

Le déclenchement d'un Handover se fait après plusieurs mesures que le mobile effectue et fait remonter au réseau. C'est le RNC qui analyse et interprète ces mesures et décide de la procédure de Handover.

Le déclenchement d'un Handover peut être lié à plusieurs facteurs qui sont :

- La mobilité : quand un utilisateur est en déplacement d'une cellule à une autre, il doit garantir la continuité de la communication en déclenchant un Handover.
- Le rapport $EC / I0$: est le rapport entre l'énergie d'un chip et la densité spectrale de bruit, il représente la principale quantité mesurée par un mobil dans le but de déduire la qualité de signal d'une cellule et donc de décider laquelle des cellules offre une meilleure qualité de signal pour se connecter directement a elle en déclenchant un Handover.
- Un nouveau service : c'est le cas où un utilisateur souhaite accéder à un service donné qui ne se trouve pas dans sa cellule, cette dernière elle lui fait balancer vers une autre cellule voisine qui disposant le service demandé.

II.6.3. Les type de Handover

Trois types de Handover ont été définis : le softer Handover, le soft Handover et le hard Handover.

II.6.3.1. Le Softer Hanover

Le Softer Handover se produire lorsqu'un mobile se rattache à deux secteurs adjacents d'un même Node B, cela est dû aux réflexions multiples de signal à travers les immeubles. Les deux signaux de mobile reçus seront traités comme des multi-trajets durant le Softer Handover, en up Link ses signaux seront combinés par le récepteur Rake, en down Link l'opération de dés étalement est nécessaire avant la recombinaison des deux signaux au niveau de la station réceptrice [9].

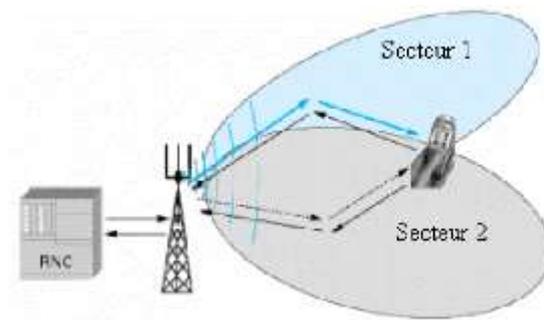


Figure II.2: illustration de Softer Handover dans un réseau cellulaire. [9]

II.6.3.2 Soft Handover

Le soft Handover a lieu lorsqu'un mobile est de passage d'une cellule en UTRA-FDD vers une autre cellule en UTRA-FDD sans qu'il y est interruption d'appel ou de service offert par le réseau, se mobile sera connecté à deux ou plusieurs stations de base simultanément, en up Link les signaux reçus par les deux Node B seront acheminer et combinés au même RNC [9].

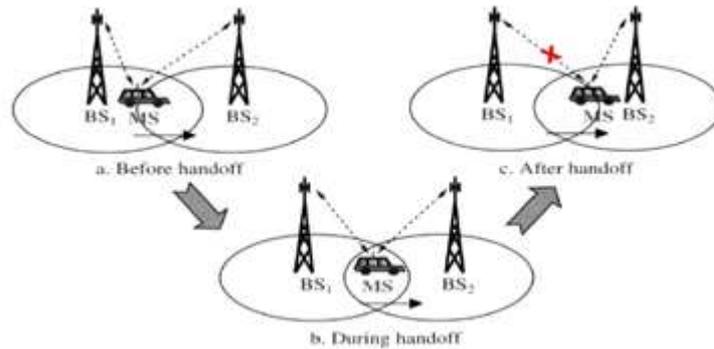


Figure II.3: soft Handover [9]

II.6.3.3. Le hard Handover

Le hard Handover a lieu lorsque le mobile est de passage d'un service à l'autre (GSM vers UMTS) ou d'un mode à l'autre (mode UTRA-FDD vers le mode UTRA-TDD).

Il se produit aussi lors de changement de la fréquence.

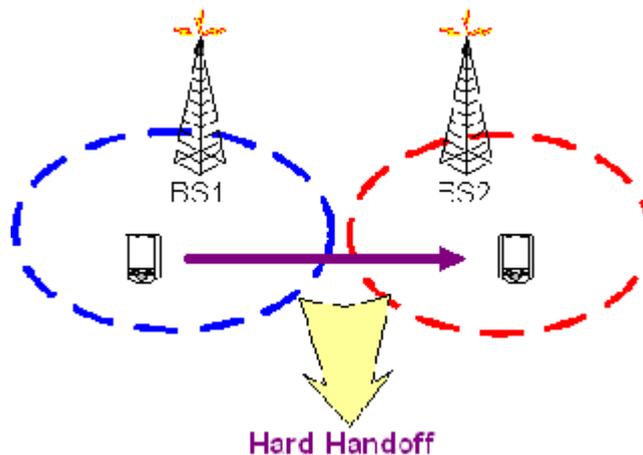


Figure II.4: hard Handover. [9]

II.7. Le contrôle de puissance dans le réseau UMTS

II.7.1. Le concept de contrôle de puissance

Le système UMTS a adopté le WCDMA comme technique d'accès, qui consiste dans son principe à allouer une bande de fréquence de 5MHz pour plusieurs utilisateurs, leurs permettant ainsi d'accéder au réseau simultanément, avec chacun, un code, qui le caractérise. Cette technique engendre plusieurs problèmes dont les interférences est le problème majeur qui empêche la bonne gestion de l'interface radio du réseau.

En effet, deux utilisateurs qui émettent avec la même puissance, le mobile qui se trouve à la périphérie de la cellule est reçu avec une puissance plus petite qu'un mobile proche de Node B. on dit que le signal du mobile le plus éloigné est noyé dans le signal du mobile proche c'est l'effet proche-lointain (near-far effect).

Cependant, un contrôle de puissance doit d'être appliqué dans le but d'assurer que tous les utilisateurs soient reçus avec une même puissance au niveau de leurs Node B et minimisant ainsi le taux d'interférence et augmentant la capacité du réseau.

II.7.2. Classification des méthodes de contrôle de puissance [5]

Un contrôle de puissance dans un réseau UMTS donné se fait à base de deux méthodes, d'une part sur le niveau de puissance reçue (RxLev) et d'autre part sur la qualité reçue (RxQual).

La Qualité de réception est représentée par le rapport entre l'énergie d'un bit E_b et la densité spectrale de puissance du bruit N_0 noté $\frac{E_b}{N_0}$, ce rapport correspond au taux d'erreur BER. Ce dernier est lié directement au rapport signal sur bruit SIR reçu.

Donc l'estimation de la qualité reçue se fait par l'estimation de l'indicateur SIR

Le rapport $\frac{E_b}{N_0}$ est lié au SIR par la relation suivante :

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{W}{R} SIR \dots \text{(II.5)}$$

Où

R : est le débit binaire de données numériques en bit/s

W : est la bande de fréquence en Hz occupé après l'étalement de signal (est égale à 5MHz en FDD)

N_0 Est la densité spectrale de bruit, la source majeure de ce bruit est provenue des signaux émis par les autres utilisateurs de système.

Dans le cas d'un contrôle de puissance optimal, c'est-à-dire les puissances reçues sont équivalentes ($P_1 = P_2 = \dots = P_i$), on peut déduire le N_0 :

$$N_0 = \frac{(N-1)P_i}{W} \dots\dots(\text{II.5.a})$$

Le SIR est le rapport entre la puissance utile reçue C et le bruit N qui est la somme d'interférences et du bruit thermique N_0 .

$$SIR = \frac{C}{I+N_0} \dots\dots(\text{II.5.b})$$

Un contrôle de puissance peut baser d'autre part sur le niveau de la puissance de transmission qui est représenté par une valeur en dBm, une mauvaise allocation de ces puissances cause une forte dégradation de la capacité du réseau qui est traduit par le nombre d'utilisateurs.

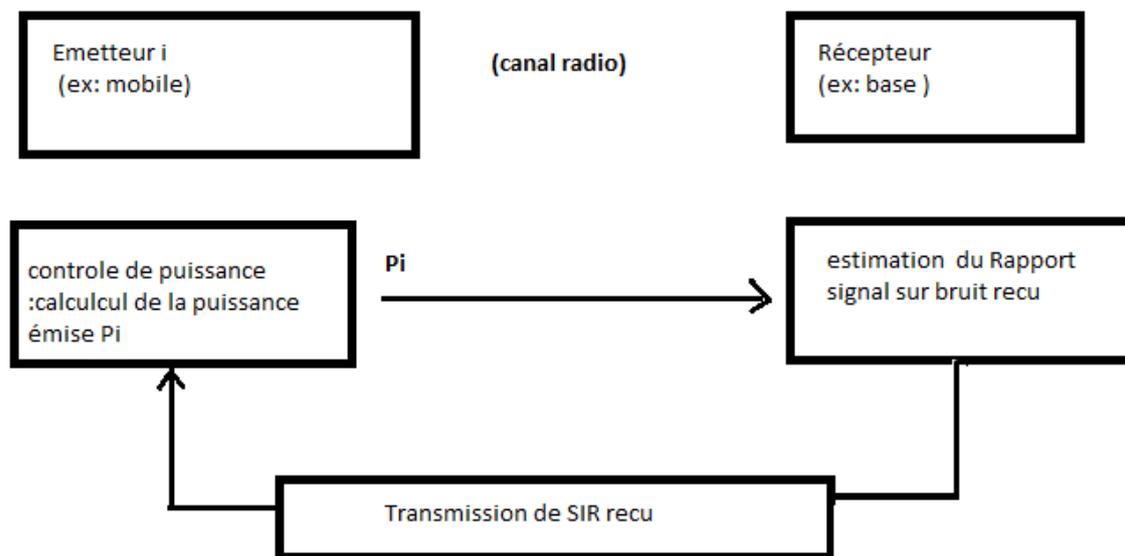


Figure II.5 : schéma de principe de contrôle de puissance basé sur RxQual [5]

II.7.3. Les boucles de contrôle de puissance

Dans les réseaux mobiles utilisant le CDMA comme technique d'accès, on a souvent recours aux boucles de contrôle de puissance pour mieux ajuster les puissances des Node B ainsi que les mobiles, en lien montant et descendant, donc nous présenterons ces boucles ci-après :

II.7.3.1. Boucle ouverte de contrôle de puissance [5]

Pour un mobile désirant établir un lien radio avec sa base de correspondance, le signal de ce dernier doit être reçu avec une puissance bien suffisante au niveau de sa base de correspondance, le premier contact se fait en utilisant une boucle ouverte de contrôle de puissance, tout d'abord en se disposant d'information sur le canal radio entre les deux entités communicantes, pour estimer la puissance avec laquelle le mobile doit transmettre son signal.

$$P_m = \frac{P_{rm}}{G_{mb}} \dots \dots \text{(II.6)}$$

Avec :

P_m : puissance d'émission du mobile

P_{rm} : puissance reçue à la station de base

G_{mb} : gain mobile – station de base

Le mobile doit tout d'abord estimer G_{bm} pour déduire G_{mb} :

$$G_{bm} = \frac{P_{rb}}{P_b} \dots \dots \text{(II.7)}$$

Avec :

G_{bm} : gain station de base – mobile

P_{rb} : puissance reçue par le mobile

P_b : puissance émise par la station de base

En partant de l'hypothèse $G_{bm} = G_{mb}$ nous allons avoir :

$$P_m = \frac{P_b P_{rm}}{P_{rb}}$$

Cette boucle est seulement utilisée pour l'accès initial des mobiles, elle est non fiable en raison de l'estimation faite sur le gain du canal, qui n'est pas le même en lien montant et descendant car les fréquences ne sont pas identiques ainsi que la présence des trajets multiples.



Figure II.6 : contrôle de puissance en boucle ouverte [5]

II.7.3.2. Boucle fermée de contrôle de puissance

Dans une boucle de contrôle de puissance fermée classiquement appelée boucle d'asservissement, la transmission est faite par des mesures de la puissance reçue et un retour d'information, si la puissance reçue est supérieure ou inférieure à un seuil requis, le retour d'information indique à l'émetteur de baisser ou d'augmenter la puissance de transmission.

Cette boucle dispose de quelques paramètres qui doivent être mis au point, comme la période de sa mise à jour, le nombre de bit du retour d'information et sa protection contre les erreurs, ces paramètres sont choisis en fonction de l'environnement du système mobile.

Dans les réseaux mobiles cellulaires de la troisième génération notamment l'UMTS il est avantageux d'utiliser une double boucle de contrôle de puissance.

II.7.3.3. Boucle interne de contrôle de puissance

C'est une boucle qui est basée sur l'estimation du rapport signal sur bruit reçu, cette estimation est retournée par la suite au récepteur qui va déduire la puissance à émettre à partir d'un SIR seuil.

II.7.3.4. Boucle externe de contrôle de puissance

Cette boucle se réalise au niveau du Serving RNC, qui va fournir de sa part le SIR à réaliser à la boucle interne située dans le Node B. cette boucle est mise à jour toutes les 10 ms

II.7.4. Contrôle de puissance des systèmes UMTS

II.7.4.1. Contrôle de puissance dans l'UTRA-FDD

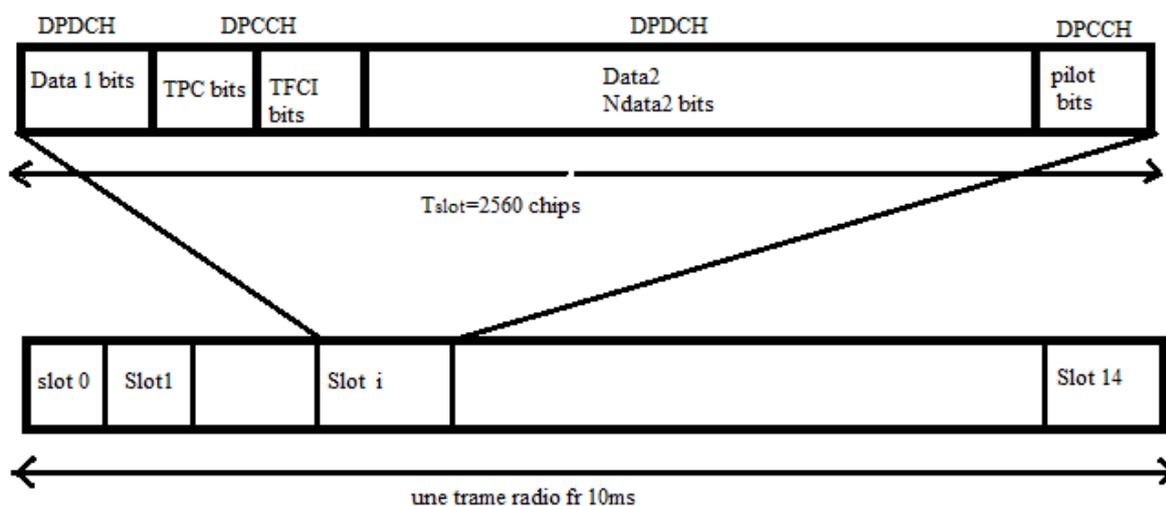


Figure II.8: trame de canaux physiques dédiés de l'UTRA-FDD. [5]

- Voie montante

En vue de réaliser un contrôle de puissance en UTRA-FDD voie montante, une boucle de contrôle puissance ouverte est souvent utiliser pour l'accès initial des mobiles sur le canal PRACH, avec une puissance initiale fixée par l'UTRAN, à chaque tentative d'accès sans réponse de confirmation, le mobile essaiera avec une nouvelle puissance incrémentée d'un pas.

Le contrôle de puissance devient important pour l'accès sur les canaux de donnée (DPCH) qui représentent la majorité des signaux transportés par l'UMTS, le Node B active une boucle fermée pour estimer le SIR reçu est retransmet une réponse de contrôle de puissance qui sera portée par le TPC sous le canal DPCCH, cette information peut prendre deux valeurs binaires selon le résultat d'estimation du SIR :

- Si le SIR estimé est supérieur à une valeur seuil fixée par le Node B, le bit d'information est 0
- Si SIR estimé est inférieur à cette même valeur seuil, le bit d'information est égal à 1

A partir de l'information TPC reçue, le mobile doit prendre la décision de l'augmentation ou de diminution de sa puissance d'émission.

Deux algorithmes spécifiés par le groupe 3gpp sont mise en disposition pour prendre la décision de contrôle de puissance à savoir :

Dans l'Algorithme 1 la puissance d'émission est augmentée ou diminuée d'un pas d'ordre de 1 dB à chaque time slot. La puissance est incrémentée, Si le paramètre TPC vaut 1 ou décrémente si le TPC vaut 0. [5]

Dans l'algorithme 2 la puissance d'émission est augmentée ou diminuée d'un pas d'ordre de 1 dB à chaque cinq time slot. La puissance est incrémentée si les TPC des 5 time slot ont une valeur 1 ou diminuée si les TPC des 5 time slot ont une valeur 0, sinon le mobile garde la même puissance d'émission. [5]

- **Voie descendante**

Comme pour la voie montante, une boucle ouverte est appliquée sur la voie descendante, elle est utilisée pour déterminer la puissance des mobiles à l'émission initiale avant d'appliquer une boucle fermée.

La station mobile demande à sa station de correspondance d'ajuster sa puissance de transmission en estimant le SIR reçu et le comparant avec le SIR a réalisé, en suite il transmet les informations TCP sur les slots de la voie montante.

II.7.4.2. Contrôle de puissance en UTRA-TDD

- **Voie montante**

Le contrôle de puissance s'effectuera en premier lieu avec l'estimation de l'atténuation du signal dans la voie descendante de la liaison radio, ensuite le mobile doit fixer sa puissance initiale d'accès au réseau en fonction de la valeur d'atténuation estimée, de l'objectif de SIR à réaliser et de l'interférence reçue.

La relation suivante donne la puissance d'émission des mobiles en fonction des paramètres à prendre en considération :

$$P_{e_up} = \alpha L_{est} + (1 - \alpha)[L_{est}]_{moyen} + I_{up} + SIR_T + Cte..... \text{ (II.8)}$$

Avec :

α : coefficient de ponderation compris entre 0 et 1

Et :

$$SIR_T = \frac{p_{e_up}/L_{est}}{I_{up}}..... \text{ (II.9)}$$

- **Voie descendante**

Le contrôle de puissance en UTRA-TDD voie descendante est équivalente a celui d'UTRA-FDD, une double boucle de contrôle de puissance est utilisée : association d'une boucle interne et de boucle externe.

II.7.4.3. Contrôle de puissances et quelques fonctionnalités avancées

II.7.4.3.1. Le contrôle de puissance et le soft Handover

Un mobile peut être connecté à deux ou plusieurs stations de base au même temps lors d'un soft Handover, donc la notion de contrôle de puissance devient un peu complexe car les stations de base envois respectivement leurs ordres d'augmentation ou diminution de la puissance d'émission de mobile, qui sont parfois contradictoires, dans ce cas le mobile doit choisir l'ordre lui permettant d'émettre avec une puissance minimale [5].

II.7.4.3.2. La Respiration des cellules

Dans un réseau UMTS il est souvent que certaines cellules soient surchargées de trafic au-delà d'une capacité requise, impliquant par la suite l'augmentation des interférences ; un facteur qui touche négativement sur la qualité de service, pour y est remédier le concept de respiration de cellules est mise au point.

Lorsqu'une cellule donnée reçoit un trafic considérable et que ses voisines sont moins chargées, ces cellules changent dynamiquement leurs surfaces de couverture de manière à s'adapter à la charge de trafic du réseau.

Les mobiles qui se trouvent à la périphérie d'une cellule trop chargée vont être desservis par les autres cellules avoisinantes moins chargées en garantissant par la suite une meilleure capacité globale et un meilleur service aux utilisateurs.

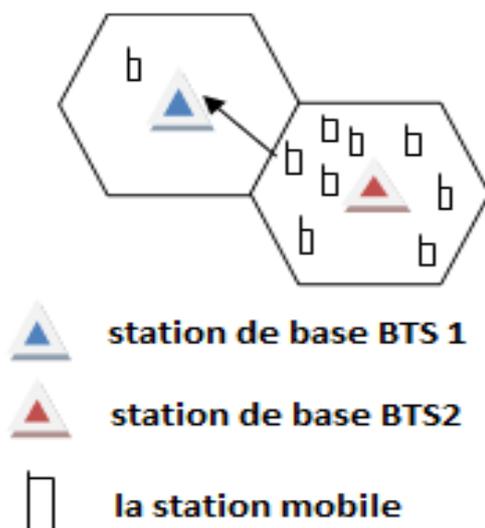


Figure II.9: concept de respiration des cellules dans un réseau UMTS [5]

- ❖ On donne un exemple simple de concept de la respiration des cellules dans la figure ci-dessus, on remarque bien que la cellule de droite (cell 1) contient plus de stations mobiles c'est à dire plus chargée que la cellule de gauche (moins chargée), dans ce cas la station mobile qui se trouve à la frontière de cell 2 va changer de cellule donc elle se rattache de nouveau à la BTS 1 de la cellule voisine. Ce qui réduit les interférences en granitant ainsi une meilleure qualité de service pour chaque usager.

II.7.4.3.3. Accès et contrôle d'admission

Avant qu'un mobile n'y accède aux services d'un réseau radio mobile, il faut qu'il soit tout d'abord accepté par ce dernier, le réseau effectue, avant toute procédure de communication ou utilisation de ses services, un contrôle d'accès et admission des mobiles, cette procédure est en premier lieu liée au contrôle de puissance dont le réseau vérifie deux choses :

Si le mobile n'est pas contrôlable en termes de puissance, ce dernier ne va pas avoir accès au réseau.

Si le mobile est nettement contrôlable en termes de puissance, ce dernier doit avoir absolument un accès au réseau.

L'accès et le contrôle d'admission est réalisé par le réseau en utilisant divers algorithmes

Dédiés pour ça.

II.8. La Qualité de service dans un réseau UMTS

II.8.1. La QoS

Correspond à la performance globale d'un réseau et sa capacité de fournir des services de communication conformes aux exigences de ses usagers.

II.8.2. Les classes de services d'UMTS

Le réseau UMTS classe ses services selon quatre catégories différentes et qui dépendent des paramètres de la qualité de service.

- Service conversationnel : intègre tous les services et applications qui nécessitent une transmission de données à haute débit en un délai très court, impliquant un sens de communication bidirectionnel.
- Service en streaming : est la catégorie des services unidirectionnel qui regroupe tous les applications multimédias, il permet de présenter l'information audio et vidéo avec un débit asymétrique c.-à-d. sans interaction entre la source et l'utilisateur.
- Services interactifs : correspond à la transmission des messages et données en temps non réel mais sans altération de l'information.
- Service background : ce service correspond aux communications qui, on de priorités moindres que celle des précédents.

II.8.3. Les paramètres de la QoS [10]

Un réseau doit toujours garantir une meilleure la qualité de service, cela se fait en supervisant continuellement ses différentes entités et intervient lorsqu'un éventuel dysfonctionnement a eu lieu. Cependant un nombre de paramètres ont été définis dans le but de mesurer quantitativement et qualitativement la QoS.

- Le délai de transmission : est le temps nécessaire pour l'acheminement des informations de l'émetteur au récepteur, cet indicateur
- Le débit : est la quantité d'informations acheminée par le réseau mesurée en bit/s
- Taux d'erreur : est la mesure qui indique la dégradation d'une transmission due au bruit et autres imperfections de canal de transmission.
- La gigue : indique la variation de délais de transmission.

II.8.4. Les critères de la qualité de service

Pour le bon fonctionnement d'un réseau radio chaque abonnée doit percevoir une qualité de service satisfaisante, dans ce cadre l'opérateur doit prévoir la source de disfonctionnement de réseau en se basant sur certains critères :

- La zone de couverture radio : ce critère est le fait que le territoire où se trouve l'utilisateur soit couvert par le réseau en installant un ensemble de stations de base, cette couverture peut être visualisée sur l'écran de mobile sous forme des barrettes. En cas de problèmes l'ajustement se porte sur :
 - ✓ L'ajout de nouveaux sites.
 - ✓ Définition de secteurs de couverture.
 - ✓ La bonne configuration des paramètres antennaires (le tilt, l'azimut, hauteur d'antenne...).
- La disponibilité du réseau : est la possibilité d'accéder à un service donné du réseau, par exemple d'établir un appel sans contraintes, donc un taux élevé d'appel réussis.
- La qualité de la voix : est un critère très important qui reflète la qualité de la communication si elle est bonne ou dégradée. Une mauvaise qualité de la voix est causée par les interférences, le bruit et la mauvaise installation des équipements...etc.
- Les coupures d'appels (drop call) : lorsque les communications sont interrompues cela est généralement causé par les interférences, échec des Handover, trous de couverture...etc.

II.8.5. Amélioration de la QoS par le contrôle de la puissance

Le maintien et l'amélioration de la qualité de services est l'une des préoccupations majeures des ingénieurs superviseurs du réseau UMTS, ils ont travaillé durement pour trouver des solutions qui ont généralement pour but de réduire ou d'éliminer les facteurs de la dégradation de la QoS comme les interférences et le bruit.

Le contrôle de puissance est classé parmi les meilleures solutions d'amélioration de QoS celle qui consiste à surveiller le SIR et le maintenir à niveau acceptable pour garder les communications bonnes. L'intérêt global ce contrôle de puissance est de réduire à minimum l'ensemble des puissances de transmission des mobiles dans une cellule et réduire ainsi les interférences entre les usagers ce qui permet d'améliorer la QoS. [11]

II.9. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons pu parler au départ sur les paramètres antennaires qui agissent sur la couverture en cellule. En suite d nous avons abordé les modèles de propagations qui ont été employés dans le but de prédire l'affaiblissement de signal dans les différents environnements (urbains, ruraux, suburbains)

La gestion de la mobilité et la gestion des interférences deux surcharges que le réseau approuve par des mécanismes sophistiqués leurs bonne maitrise d'une part, d'autre part une bonne gestion de la puissance des mobiles a été réalisée par des méthodes efficaces employées dans les deux modes UTRA-TDD et UTRA-FDD.

A la fin de ce chapitre, nous avons discuté le concept de la QoS et la possibilité de l'améliorer par un contrôle de puissance.

III.1. Introduction

La complexité de la conception et la réalisation des réseaux mobiles, font apparaître les logiciels de simulation qui permettent de dimensionner et de planifier tout un réseau avant même de le déployer en ayant recours aux données théoriques de la conception, les exploiter et simuler à l'aide des ressources que disposent les ordinateurs à haute puissance pour en aboutir à des résultats que les concepteurs peuvent discuter et critiquer. Cependant le logiciel MATLAB, en disposant de commandes prédéfinies sur sa plateforme permettant de programmer et de simuler le réseau UMTS notamment le concept cellulaire utilisé dans ce réseau, la technique d'accès CDMA, les paramètres qui influencent sur la couverture radio et le contrôle de puissance de l'UMTS.

III.2. Concept cellulaire

Dans cette partie nous allons simuler le concept cellulaire, que nous avons prédéfini plus haut dans le chapitre lui concernant, le but de cette simulation est d'illustrer le modèle cellulaire qui est l'hexagone utilisé dans les réseaux radio mobiles comme zone de couverture de réseau.

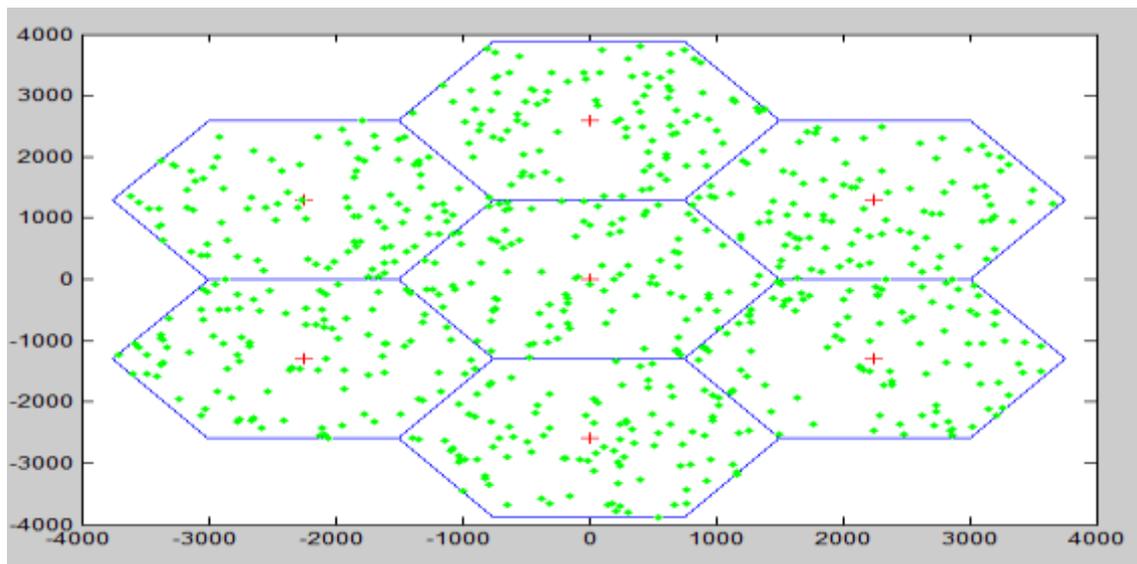


Figure III.1: illustration de concept cellulaire sous Matlab.

➤ Interprétation des résultats obtenus

Dans cette figure on illustre un ensemble de cellules, chaque cellule est repérée par un cadre de forme hexagonal, la juxtaposition de plusieurs cellules forme ce qu'on appelle le motif, en théorie ce modèle géométrique le plus proche de cercle permet de couvrir

une surface parfaitement sans laisser de vides n'est d'avoir des chevauchements de couverture entre les cellules.

Malheureusement, ce n'est pas possible de reproduire ce modèle dans la pratique en raison des contraintes suivantes :

- Les irrégularités que présente chaque terrain à couvrir.
- La variation du canal radio
- Variation du trafic.

Dans la pratique le déploiement nécessite de l'optimisation de l'emplacement des sites ainsi que certains paramètres dont lesquels dépendant la couverture radio comme la fréquence, la hauteur des BTS, les stations mobiles, la puissance de transmission ainsi que le tilt de l'antenne.

III.3. L'accès Multiple en CDMA

Dans cette partie nous allons étudier le principe de la technique d'accès adopté par le réseau UMTS qui est le CDMA. Nous rappelons que cette technique consiste à attribuer à chaque utilisateur de réseau un code spécifique, ce qui permet l'accès simultané à tous les utilisateurs.

Le CDMA est basé sur la technique d'étalement de spectre qui permet de transmettre le signal d'information sur une largeur de bande très grande par rapport à la largeur minimal de signal.

L'objectif de cette partie de simulation est d'implémenter un système de transmission/réception basé sur la technique d'étalement de spectre 'DSSS CDMA' et d'étudier ses performances.

III.3.1. Système transmission/réception CDMA

Implémentation de système de transmission et réception sur Simulink est présenté dans la figure suivante :

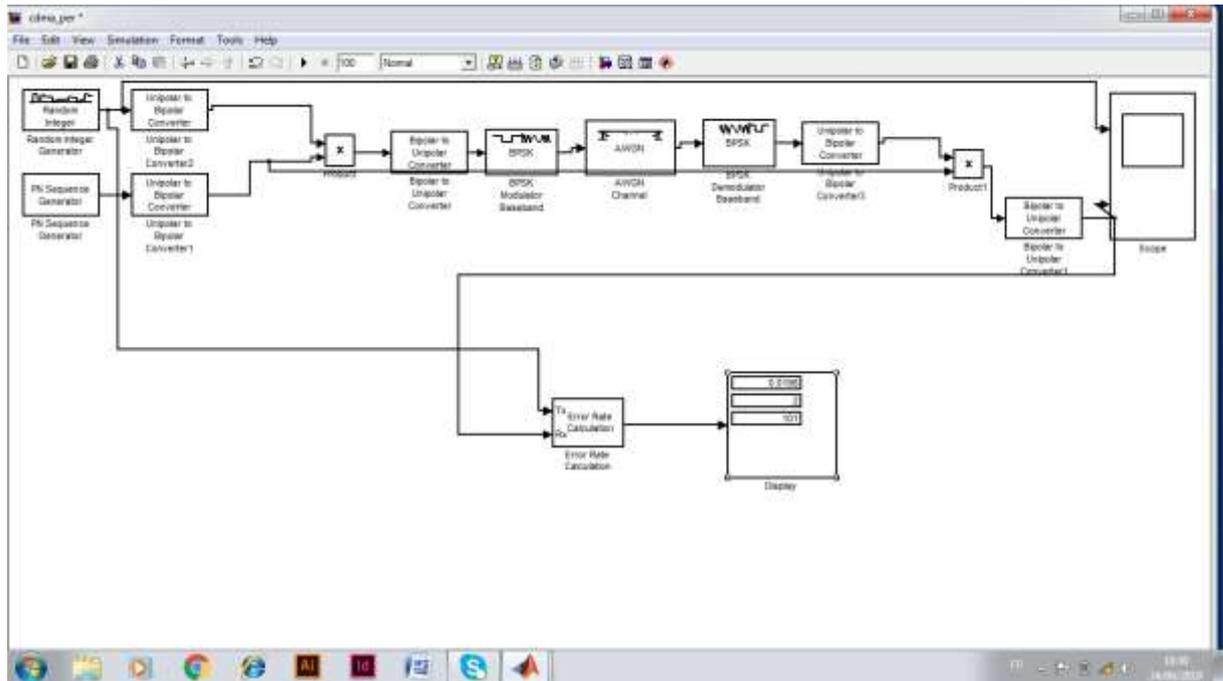


Figure III.2:schéma en bloc d'un système CDMA sous Simulink.

➤ Transmission

Sous Simulink nous commencerons par introduire un bloc 'Random Integer' qui génère une séquence binaire, qui sera par la suite multipliée par une autre séquence PN (pseudo aléatoire) spécifique sélectionnée par 'PN sequence Generator'. La résultante de cette multiplication est un signal étalé, qui sera modulé avec BPSK, QPSK ou M-QAM. La BPSK est la plus utilisée vu sa robustesse et sa résistance aux bruits, qui veut dire moins de probabilité d'erreurs.

D'une part un convertisseur Unipolaire à Bipolaire est utilisé à la sortie du bloc Random Integer pour identifier l'information sous forme des 1 et -1, et d'une autre part un convertisseur bipolaire à unipolaire est implémenté avant le modulateur BPSK car ce dernier n'accepte que les informations sous la forme logique 1 et logique 0.

Le schéma de base de transmission DSSS CDMA est illustré dans la figure suivante :

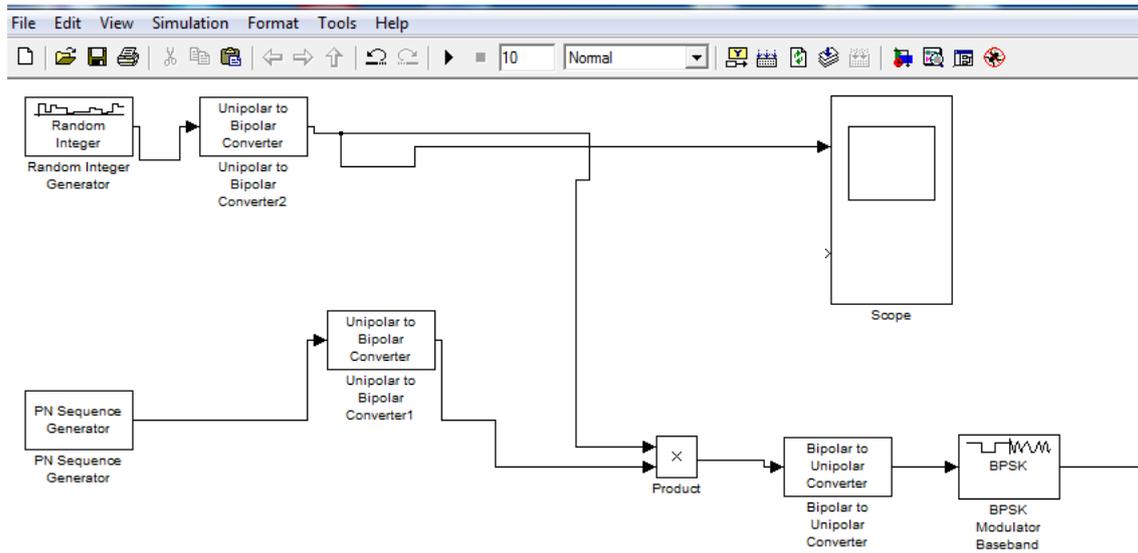


Figure III.3: Bloc de transmission en CDMA.

Résultats de simulation

- La première étape consiste à générer une suite de bits à transmettre à l'aide de 'Random Integer' que l'on doit présenter sous forme des 1 et -1 en utilisant un convertisseur unipolaire à bipolaire cette suite est illustrée dans la figure III. :

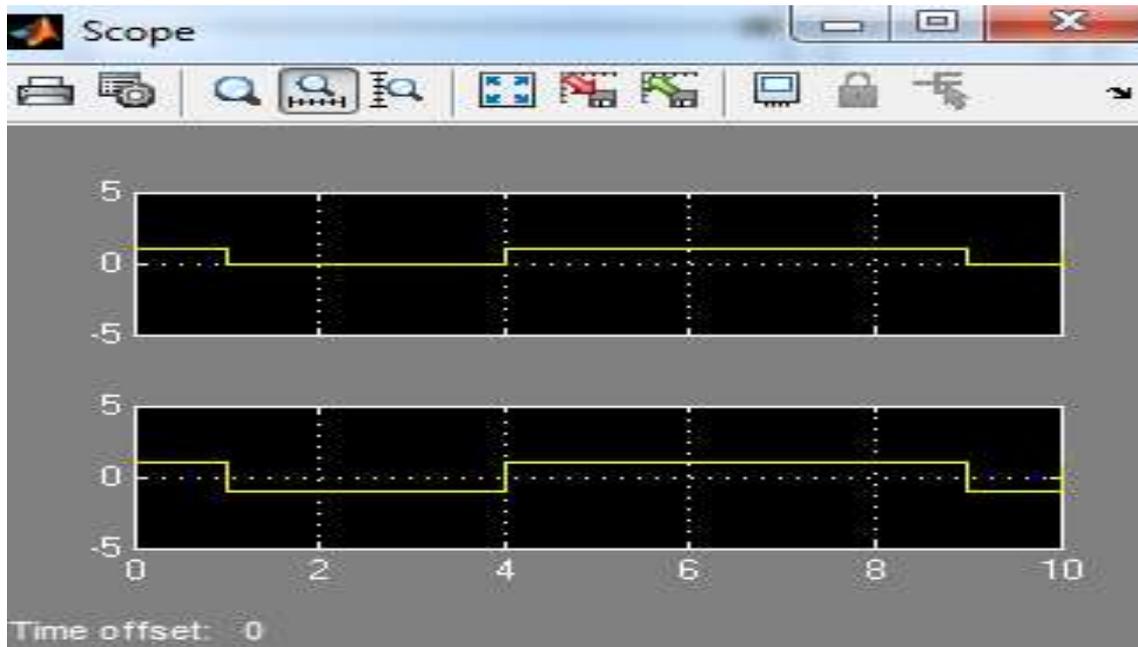


Figure III.4 : le signal à transmettre et sa présentation en bipolaire

- La séquence PN générée et sa correspondance en bipolaire sont illustrées dans la figure suivante, la même séquence sera répétée à la réception :

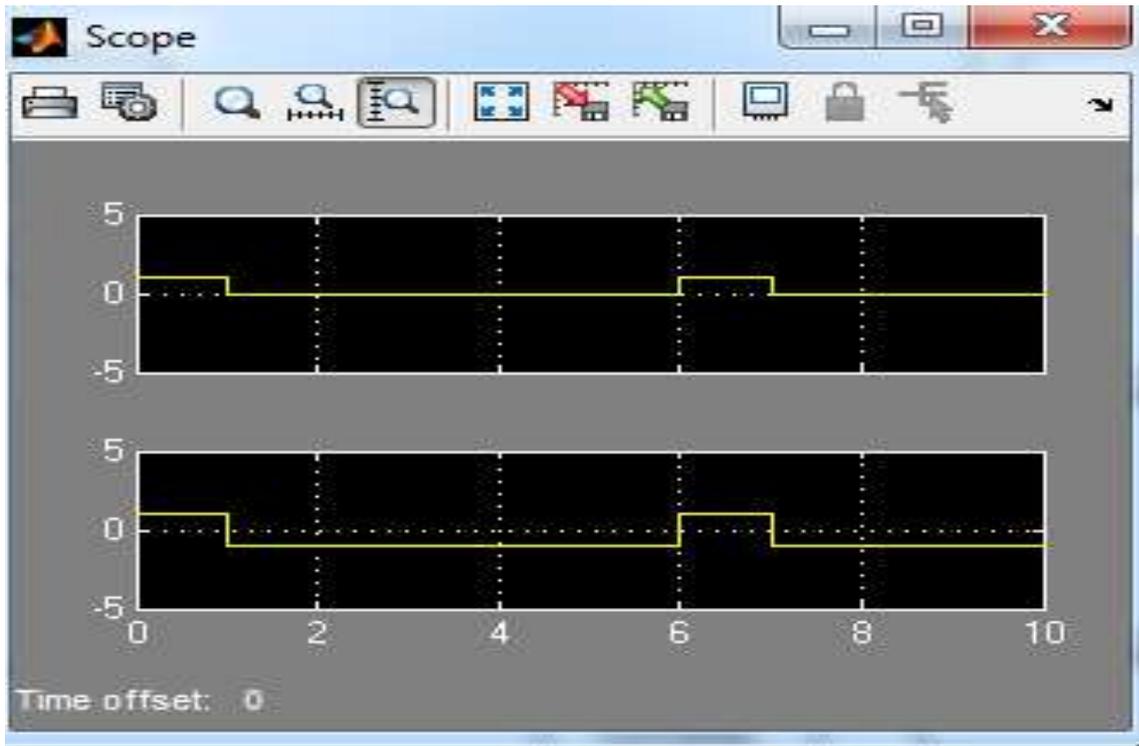


Figure III.5 : la séquence PN générée et sa correspondance en bipolaire.

- La suite de la simulation consiste à multiplier la suite binaire à transmettre par la séquence PN générée à l'aide d'un multiplieur 'Product', la résultante est un signal étalé illustré dans la figure suivante :

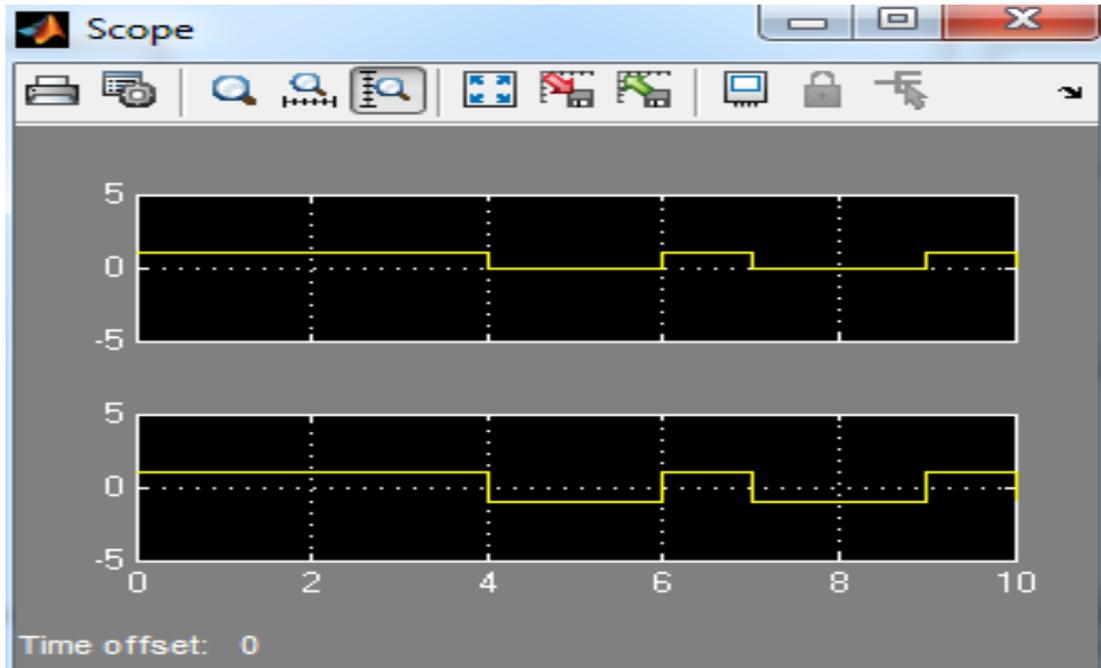


Figure III.6 : la suite des chips résultante après étalement et sa correspondance en bipolaire.

Le signal étalé est modulé en BPSK pour qu'il soit prêt à traverser un canal radio (AWGN).

➤ Réception

A la réception se fait la procédure inverse (le désétalement) qui consiste à multiplier bit par bit le signal étalé par la même séquence de code utilisée à l'émission, ce qui permet de retrouver le signal initial (original) propre à chaque user.

Le système de réception de CDMA est illustré dans la figure suivante :

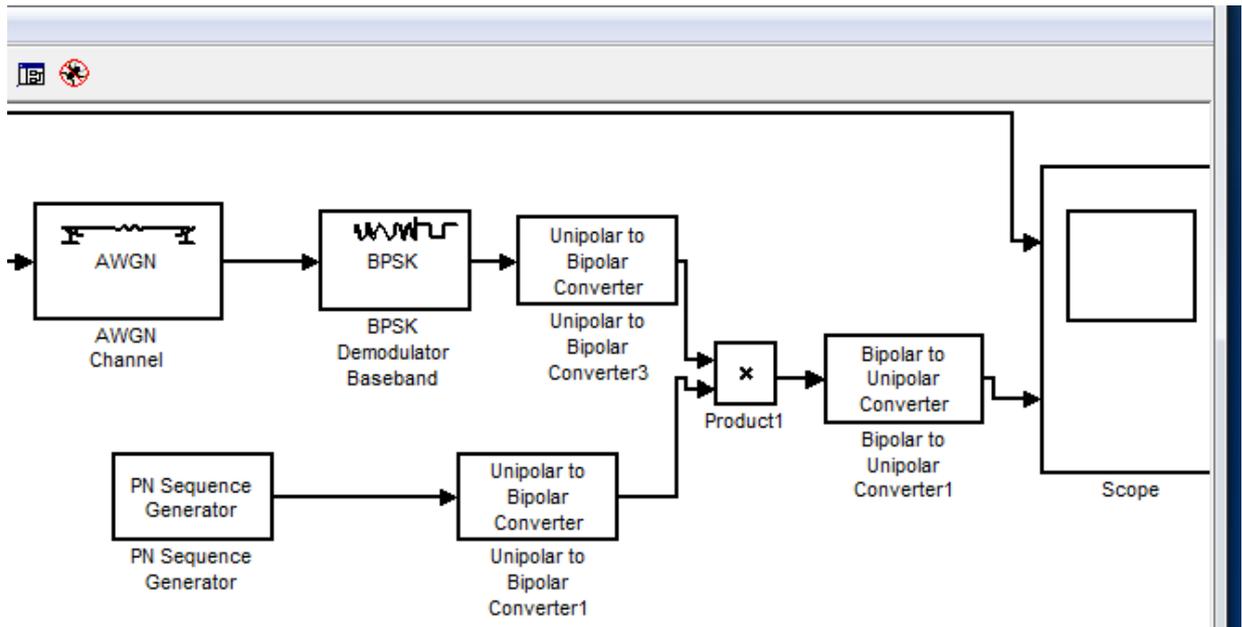


Figure III.7 : Bloc de réception en CDMA

- La première étape à la réception consiste à démoduler le signal reçu et le convertir en bipolaire, le résultat de simulation nous donne la figure suivante :

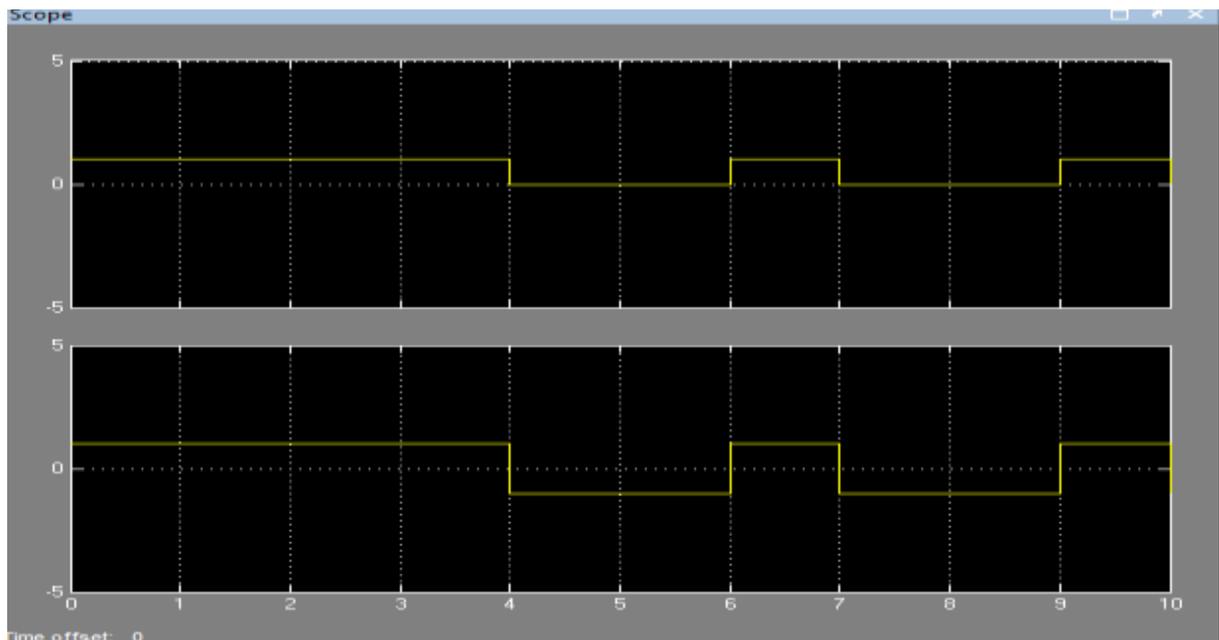


Figure III.8: la suite reçue après démodulation et sa correspondance en bipolaire.

D'après la figure III.8 on remarque que la suite reçue est différente la suite transmise, d'où l'intérêt de multiplier cette dernière par la même séquence PN utilisée à la transmission, la résultante de la simulation est présentée dans ce qui suit :

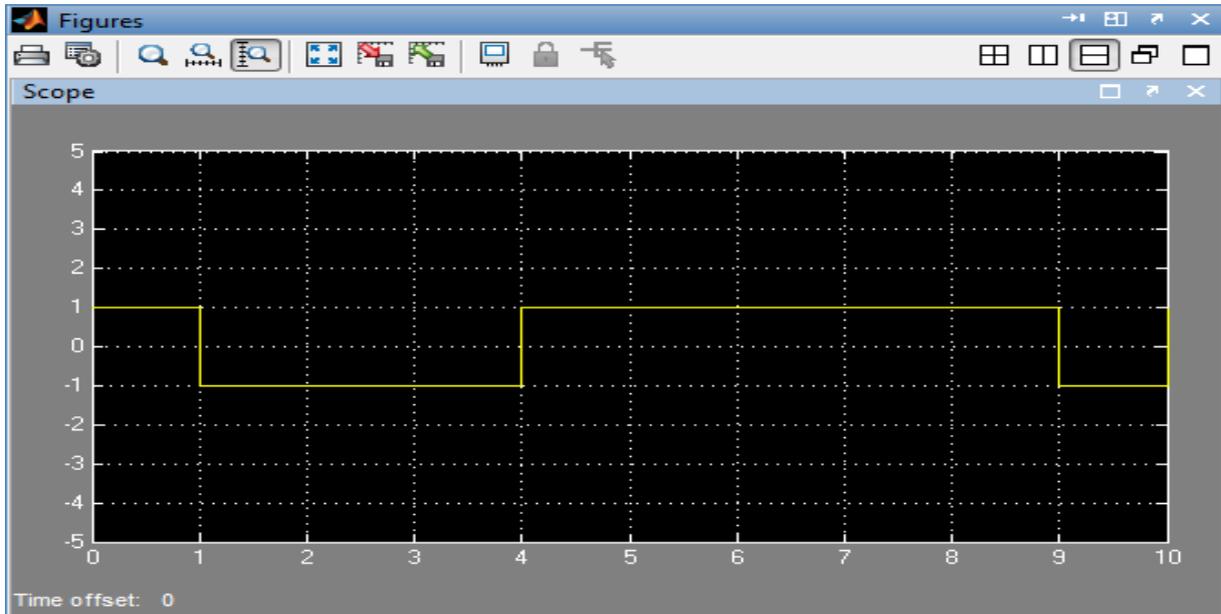


Figure III.9: la séquence originale récupérée a la réception (après désétalement).

➤ **Visualisation du BER**

En introduisant un bloc 'Error Rate Calculation' qui nous donne le taux d'erreur binaire à la réception, la figure ci-dessous résume la variation de la valeur du BER en fonction de rapport d'énergie de bit sur

le bruit $\frac{E_b}{N_0}$:

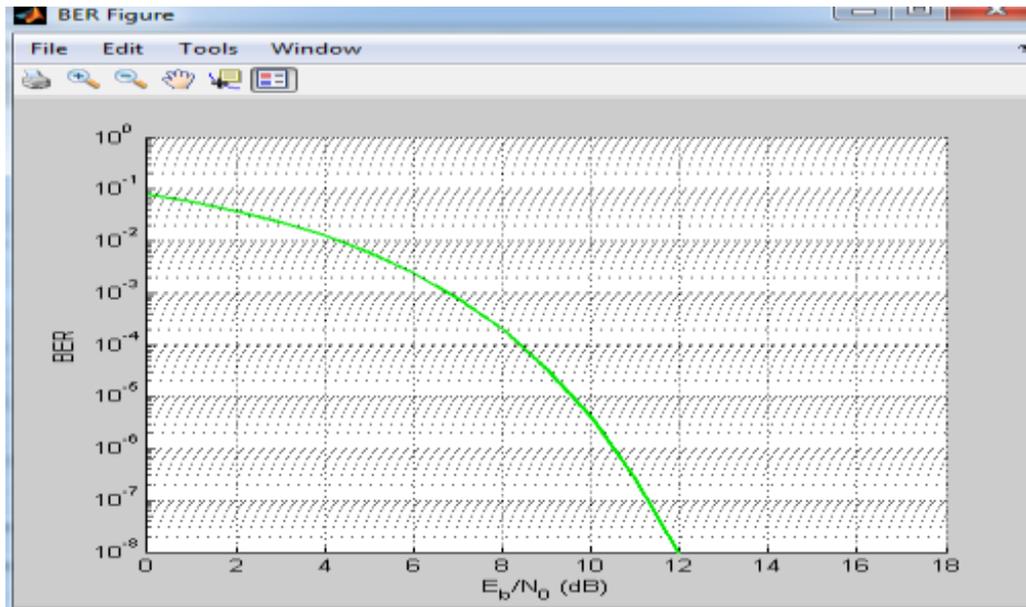


Figure III.10: variation de BER en fonction de $\frac{E_b}{N_0}$.

On remarque que les valeurs de BER varient disproportionnellement aux valeurs du rapport

$\frac{E_b}{N_0}$, plus le canal est affecté par le bruit plus la qualité de réception est dégradée (BER élevé).

III.5. Simulation de la couverture radio

Dans les réseaux cellulaires la partie radio est le maillon le plus sensible, car en dépit des phénomènes de propagations et de l'imperfection du canal, que les concepteurs ont de la peine à planifier et dimensionner de manière rigoureuse cette partie et dépasser toute sorte de contraintes pour rendre plus performante la couverture et leurs réseaux, répondant ainsi aux exigences de leurs abonnées.

Dans cette partie nous allons étudier l'influence des différents paramètres (fréquence, hauteur des BTS, hauteur des stations mobiles, puissance d'émission et type de modulation) sur la couverture radio en faisant varier l'un des paramètres et fixant les autres.

Le tableau suivant résume les valeurs des paramètres fixés dans le processus de dimensionnement :

Paramètre	Valeur
Tx_Power	43 dBm
Tx-a-gain	18dBi
Tx_c_loss	2.5 dB
Rx_body_loss	3dB
Cell_Size	60000m

Tableau III.1: les paramètres de simulation de la couverture.

Bilan de liaison

Les configurations basées sur le bilan de liaison sont présentées ci-après :

$$Power = T_x_EiRP - Path\ loss - Shadowing_eff - Rx_body \dots \dots \dots \textbf{(III.1)}$$

Avec :

T_x_EiRP : appelée aussi PIRE est la Puissance Isotropique Rayonnée Equivalente, elle est donnée par la relation suivante :

$$T_{xEiRP} = T_{xPOWER} + T_{xa_gain} - T_{x_c_loss} \dots \dots \dots \textbf{(III.2)}$$

T_{xPOWER} : Puissance d'émission de la BTS

T_{xa_gain} : Le gain de l'antenne

$T_{x_c_loss}$: Les pertes dans les câbles d'alimentation

R_{xbody} : Les pertes dues au corps d'utilisateurs

Pathloss: les pertes de trajet

Shadowing_eff: l'effet de Shadowing

III.5.1. Simulation de l'effet de la fréquence sur la portée de la couverture radio

La procédure de simulation de l'effet de la fréquence sur la couverture radio consiste à définir les paramètres de transmission des BTS comme indiqué ci-après :

Le paramètre	Notations et Valeurs
Environnement	Urbain
Modèle de propagation	Hata/cost 231
Hauteur de la BTS	30m
Puissance d'émission	43dB
Seuil de couverture	-119.4816
Modulation	4QAM-voix

Tableau III.2: les paramètres de simulation d'effet de la fréquence.

Puis, on fait varier la valeur de la fréquence :

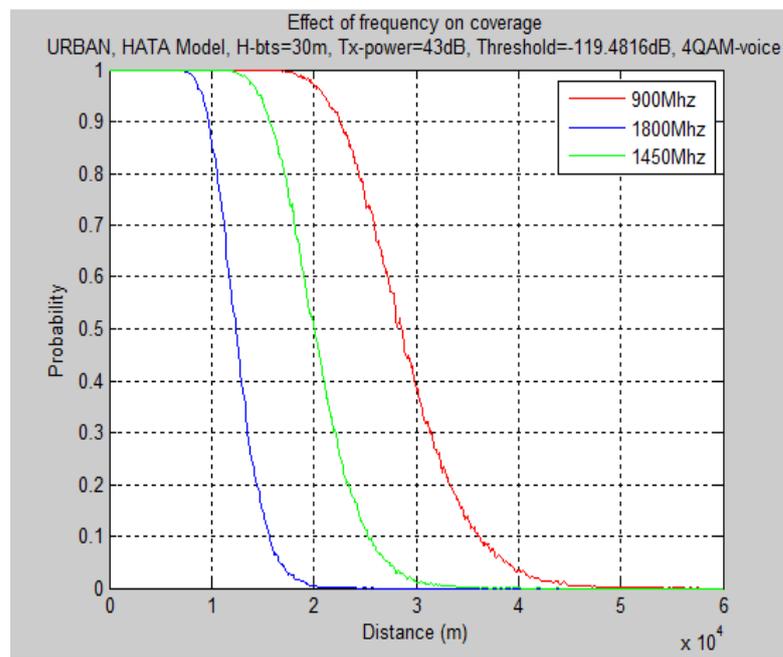


Figure III.11: effet de la fréquence sur la couverture.

➤ **Interprétation des résultats**

Dans notre cas les fréquences utilisées sont respectivement 900MHz et 1800 MHz qui sont utilisées dans les réseaux radio mobile comme le GSM et l'UMTS.

Les résultats de simulation montrent qu'à 900MHz la probabilité de couverture est à son maximum dans un rayon de 20Km de portée autour de la station de base, cette

probabilité diminue progressivement au fur est a mesure qu'on s'éloigne de la BTS. À 40Km environ la couverture est indisponible.

À la fréquence de 1800MHz la probabilité de couverture est à sa valeur maximale dans un rayon de 10Km, elle diminue progressivement et s'annule à 20Km.

On remarque qu'à la fréquence 1800MHz, qui est le double de 900MHz, la portée est à mi- distance que la couverture en900MHz.

On peut déduire alors que la puissance de couverture est inversement proportionnelle à la fréquence et on donne la relation suivante :

$$p_r = \frac{P_e G_e G_r (\lambda^2)}{(4\pi d)^2} \dots\dots\dots \text{(III.3)}$$

Avec :

Pr : puissance reçue

Pe : puissance émise

Ge et Gr : Gain d'émission et réception.

d : la distance entre l'émetteur et le récepteur

λ : La longueur d'onde

On a : $f = \frac{c}{\lambda} \dots\dots\dots \text{(III.4)}$ avec : $c = 3.10^8$ m/s

On peut remplacer f dans l'équation :

$$p_r = \frac{P_e G_e G_r \frac{c^2}{f^2}}{(4\pi d)^2}$$

III.5.2. L'effet de la hauteur de la BTS sur la couverture :

On définit les paramètres de transmission des BTS comme indiqué ci-après :

Le paramètre	Notations et Valeurs
Environnement	Urbain
Modèle de propagation	Hata/Cost 231
Fréquence	1800MHz
Puissance d'émission	43dB
Seuil de couverture	-119.4816
Modulation	4QAM-voix

Tableau III.3: les paramètres de simulation d'effet de la hauteur de BTS.

- On fait varier maintenant la hauteur de la BTS pour savoir son influence sur la couverture radio :

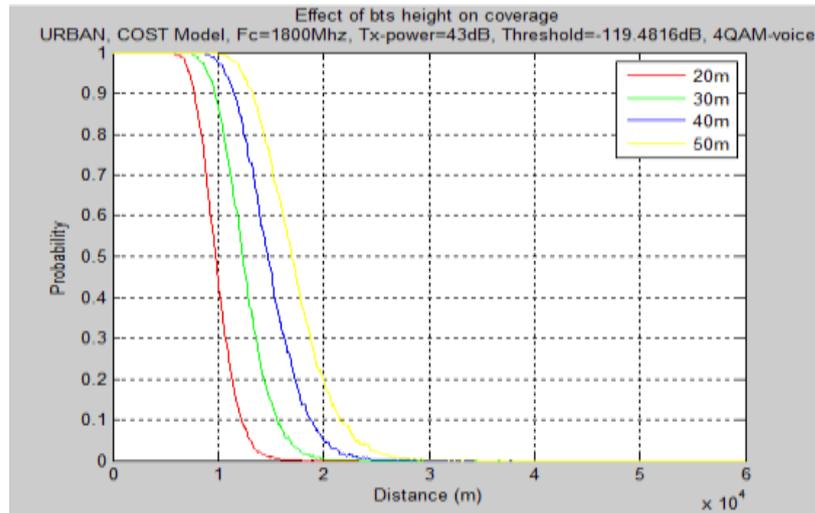


Figure III.12: effet de la hauteur de la BTS sur la couverture.

➤ **Interprétation des résultats**

D'après les graphes obtenus lors de la simulation on remarque qu'au fur et à mesure qu'on augmente la hauteur de la BTS la probabilité de couverture prend un rayon plus large, c'est pour cette raison que les opérateurs de la téléphonie mobile préfèrent d'installer leurs BTS sous les crêtes des montagnes surtout dans les zones rurales où le trafic est moins important, cela leur permet aussi de couvrir de grandes zones à moindre coût.

Dans les zones urbaines les BTS sont installés sous les toits des immeubles mais la couverture est fonction de la capacité et du trafic.

III.5.3. L'effet de la hauteur de mobile sur la couverture

- Le tableau suivant résume les différents paramètres fixés lors de notre simulation :

Le paramètre	Notations et Valeurs
Environnement	Urbain
Modèle de propagation	Hata
Fréquence	1800MHz
Puissance d'émission	43dB
Seuil de couverture	-119.4816
Modulation	4QAM-voix
Hauteur de la BTS	30m

Tableau III.4: les paramètres de simulation d'effet de la hauteur de UE

- Dans cette partie on s'intéresse à savoir l'influence de la hauteur des mobiles sur la couverture, pour cela on prend quelques valeurs de la hauteur des mobiles, les résultats de la simulation sont présentés dans la figure suivante :

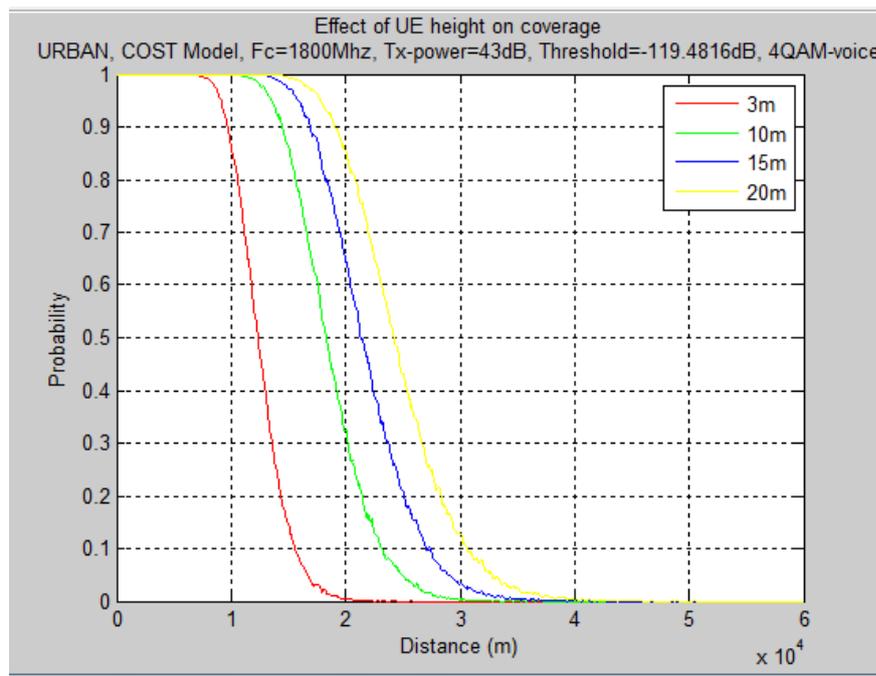


Figure III.13: effet de la hauteur de UE sur la couverture.

➤ **Interprétation des résultats**

On remarque que la probabilité qu'un mobile soit couvert par le signal de la BTS s'accroît avec la hauteur que prends le mobile, en raison des obstacles qui empêche la propagation directe du signal et les pertes de pénétration qui s'accroît aussi, donc le mobile est bien couvert par le signal au fur et mesure qu'il soit de visibilité directe avec l'antenne d'émission.

III.5.4. L'effet de la puissance d'émission sur la couverture

La puissance d'émission est aussi un paramètre qui agit directement sur la couverture radio, dans ce qui suit, on fixe quelques paramètres qu'on résume dans le tableau suivant et on fait varier la puissance de transmission dans le but de déduire la probabilité de couverture à chaque valeur.

Le paramètre	Notations et Valeurs
Environnement	Urbain
Modèle de propagation	Hata
Fréquence	1800MHz
Hbts	30m
Seuil de couverture	-119.4816
Modulation	4QAM-voix

Tableau III.5: les paramètres de simulation d'effet de la puissance.

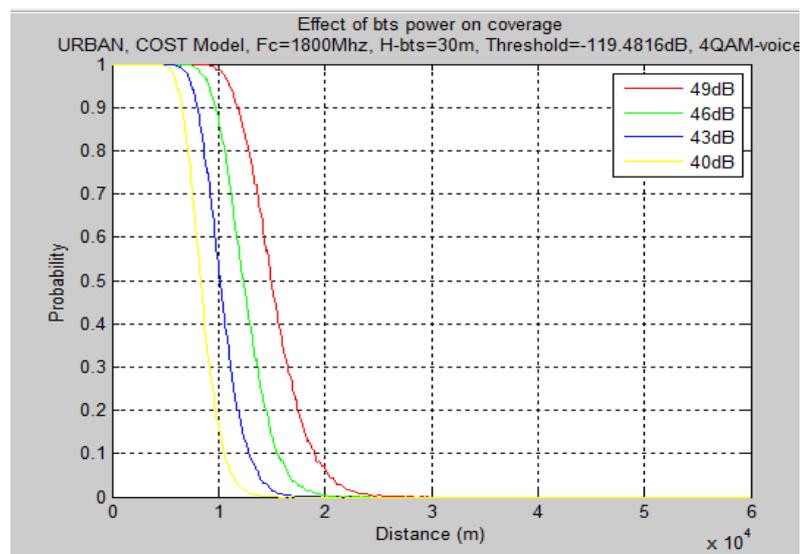


Figure III.14: effet de la puissance sur la couverture.

➤ **Interprétation des résultats**

Lors de la simulation on prend 40dB comme puissance de transmission initiale puis on l'augmente d'un pas fixe de 3dB à chaque fois.

Les résultats de simulation montrent que le rayon de la couverture est proportionnel à la puissance de transmission.

Lorsque la couverture concerne les zones urbaines ou dominent les bâtiments et les grandes constructions les taux de pertes sont élevés, les opérateurs prévoient des transmissions à des puissances plus élevées pour que le signal traverse facilement les obstacles et les murs des bâtiments.

III.5.5: l'effet de la modulation sur la couverture

Comme chaque étape on doit fixer quelques paramètres d'abords pour pouvoir déduire l'influence de type de modulation sur la couverture, les résultats de simulation sont présentés dans le tableau suivant :

	Type de modulation	Distance (m)
Voix	QAM4	21000
	QAM16	16000
	QAM64	12600
Données	QAM4	4400
	QAM16	3300
	QAM64	2600

Tableau III.6: les valeurs de la distance(m) pour chaque type de modulation.

➤ **Interprétation des résultats :**

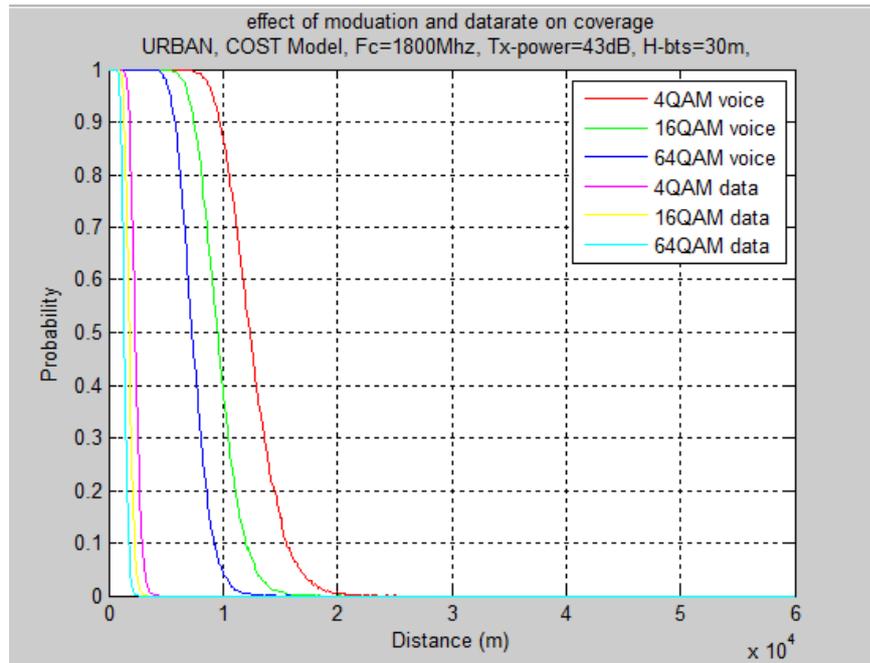


Figure III.15: Effet de type de modulation utilisée.

On remarque dans les graphes de la figure ci-dessus que le type de modulation employé dans la transmission a une influence sur la couverture, d'où on constate que la modulation du type 4QAM, a une meilleure couverture par rapport à la 16QAM et 64QAM en raison que le débit d'information transmis par chaque modulation, qu'est donné par la relation suivante :

$$D = R_m \cdot N_b \dots \dots \dots \text{(III.5)}$$

Avec :

R_m Est la Rapidité de modulation ou la vitesse de modulation qui est l'inverse de la plus courte durée de l'élément de signal, donné en baud

N_b Est le nombre de bits donné par : $N_b = \log_2 V \dots \dots \text{(III.6)}$

V : est la valence de signal à transmettre

Donc : $D = R_m \cdot \log_2 V$

On peut déduire par la relation de débit binaire que ce dernier est lié au nombre de bits (donc à la valence), un débit élevé est donné par un nombre de bits élevé. Pour cela le débit d'information diffère d'une modulation à une autre veut que le nombre de bits utilisé n'est pas le même.

Pour une modulation 4QAM et 16QAM le nombre de symboles est de 4 et 16 respectivement, donc le débit d'un signal modulé en 16 QAM est plus élevé que celui modulé en 4QAM. D'où la propagation du signal est plus longue pour une modulation 4QAM avec moins de débit.

IV.6: Simulation de contrôle de puissance dans un réseau 3G

Le concept du contrôle de puissance dans les réseaux 3G, consiste à maîtriser les puissances des utilisateurs évoluant dans une cellule d'une façon à réaliser l'objectif SIR, noté SIR Target ceci est dans le but de réduire les interférences que produit chaque utilisateur et pour mieux gérer les ressources radio.

Dans cette simulation nous allons réaliser un contrôle de puissance d'un réseau CDMA en uplink dont l'organigramme suivant résume les étapes à suivre :

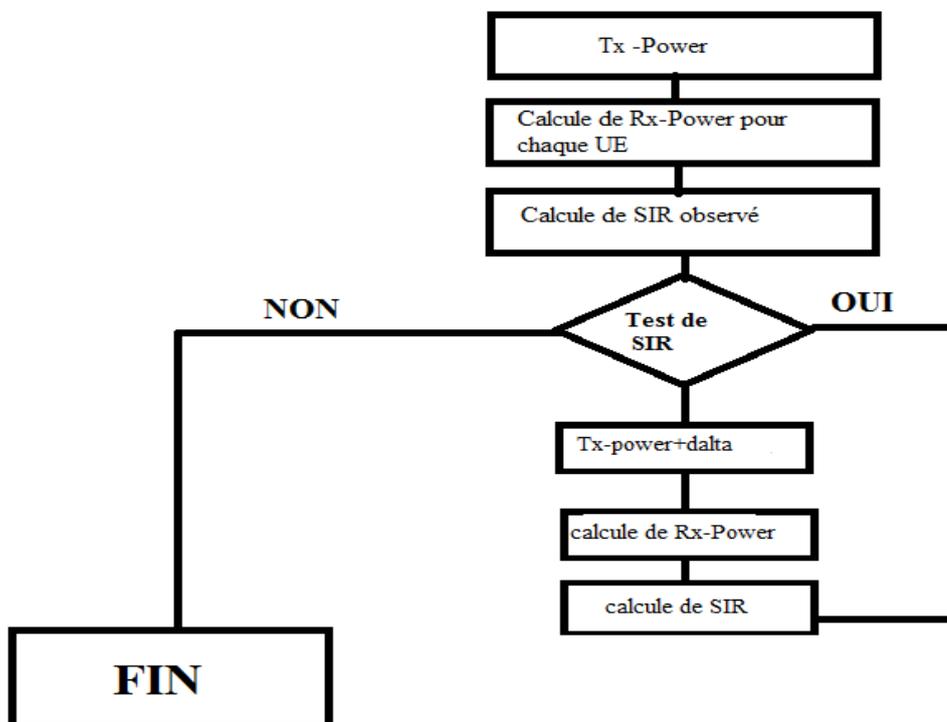


Figure III.16: organigramme de simulation de contrôle de puissance

Nous avons considéré dans cette simulation une cellule repérée par un Node B dans laquelle se trouvent dix mobiles qui se trouvent à des distances différentes de leur station de correspondance et qui transmettent des signaux de puissances initiales égales. Les puissances reçues au niveau de Node B seront jugées selon un critère qui

est le rapport SIR_target, toute puissance n'obéisse pas à ce critère doit être ajustée et incrémenté d'un pas de puissance d'ordre delta, cette action est répétée jusqu'à avoir des valeurs de SIR voulues

➤ **Données De Simulation**

Les valeurs des paramètres de simulation sont englobées dans le tableau suivant :

Classes des mobiles [10] :

Paramètre	Valeurs typique
Pe (MS)	21 dBm(classe 4)
	24 dBm(classe 3)
	27 dBm(classe 2)
	33 dBm (classe 1)

Tableau III.7: les paramètres de simulation d'effet de la fréquence.

Paramètre	Valeur
Fréquence	900Mhz
Nombre d'utilisateur	10
Rayon de la cellule	1Km
Tx_Power initiale	33dBm
Gain d'antenne de mobile	0
Gain d'antenne de la BTS	17.5
L_body_loss	3dB
Le pas d'ajustement de la puissance (delta)	1dB

Tableau III.8: les paramètres de simulation de contrôle de puissance.

➤ Résultats De Simulation

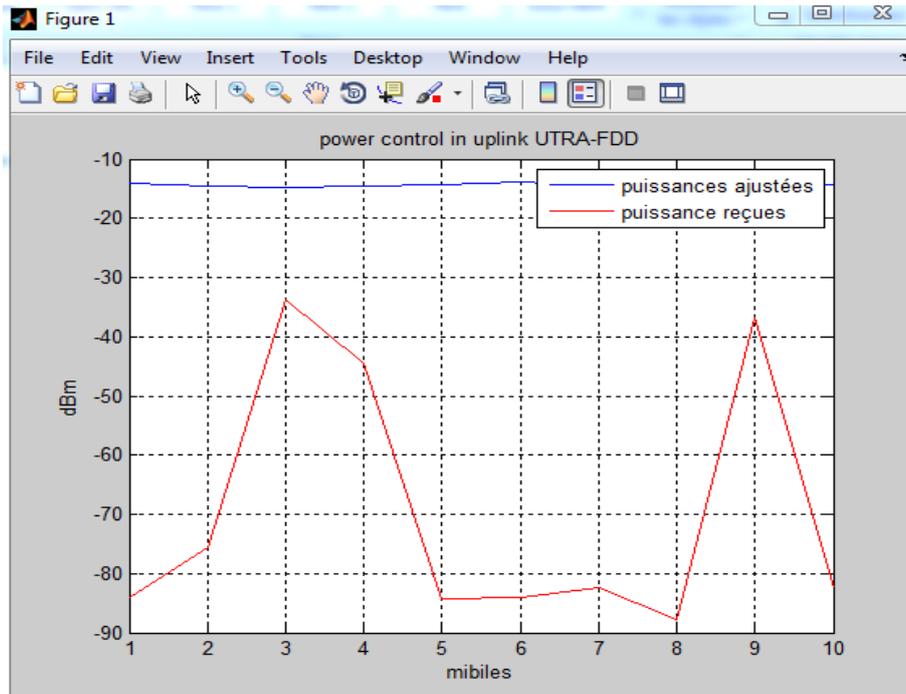


Figure III.17: les graphes des puissance initiales reçues avant et après l'ajustement

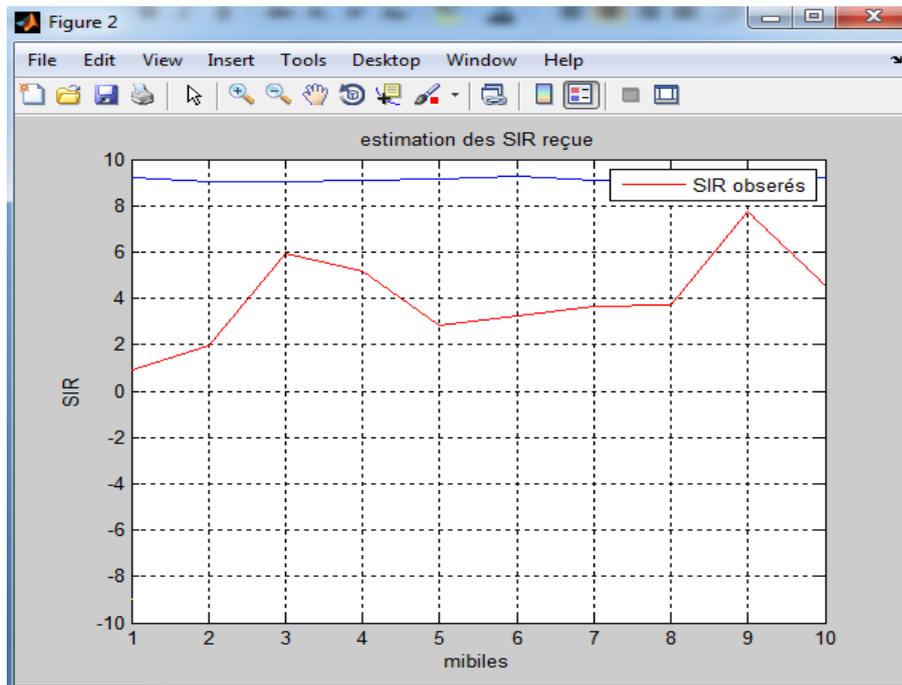


Figure III.18: les graphes de SIR observé et ajustés

➤ **Interprétation**

Au début tous les mobiles transmettent avec une puissance initiale égale à 33dBm, en utilisant un bilan de puissance, nous calculerons les puissances reçues au niveau de Node B qui sont illustrées par le graphe rouge de la figure III.17, à partir de ces puissances on obtient les SIR reçus illustrés par le graphe rouge de la figure III.18, ces derniers seront comparés à un seuil donné, et le Node B demande à chaque mobile, qui a, un SIR reçu inférieur au seuil requis, d'incrémenter sa puissance d'émission d'un pas fixe de l'ordre de 1dB les puissances ajustées sont illustrées par le graphe bleu de la figure III.17.

III.7. Conclusion

Nous avons pu par le logiciel MATLAB une simulation sur le concept, ensuite on a implémenté sur Simulink une simple liaison basée sur la technique de l'étalement de spectre dans le CDMA avec un test de ses performances en présence de bruit.

On a déduit qu'ils existent de différents paramètres qui agissent sur la couverture radio comme la modulation, la hauteur des BTS, la puissance d'émission et la fréquence de signal transmit.

Dans la dernière partie nous avons simulé le contrôle de puissance dans le système UMTS en uplink en utilisant une boucle fermée interne basée sur l'estimation de SIR de chaque utilisateur.

IV.1. Introduction

L'objectif principale des ingénieurs et techniciens des réseaux de la téléphonie mobile est de maintenir le bon fonctionnement de leur réseau et de garantir une qualité de service meilleurs et de parvenir en cas d'éventuel disfonctionnement ou dégradation de la qualité offerte aux usagers du réseau, pour cela un ensemble de paramètres sont mises à leurs disposition, dont à travers ils supervisent et contrôlent les équipements et la couverture du réseau.

Dans ce chapitre nous allons parvenir à exploiter certaines données de la vie professionnelle appelées DRIVE TEST réaliser par l'équipe technique de l'opérateur national MOBILS.

Nous commencerons par l'analyse et l'interprétation de ces DRIVETEST d'une part, et de proposer par la suite des solutions aux problèmes et contraintes rencontrées pour mieux optimiser la couverture radio du réseau, et la qualité de service.

IV.2. Processus d'optimisation

L'objectif des opérateurs de la téléphonie mobile est de garantir à leurs abonnés des services avec une qualité optimale, car après le dimensionnement, la planification et le déploiement du réseau dans l'environnement réel, les technicien se tache de suivi permanant du bon fonctionnement des équipements du réseau pour maintenir la qualité de service requise, une couverture efficace et une capacité qui s'adapte à la variation du trafic, donc le processus d'optimisation consiste en des variation de planification et d'amélioration des performance du réseau lorsque il pourrait y avoir un changement de comportement de l'abonne et/ou de l'environnement.

IV.3. Drive Test

Les drive test sont des relèves de mesures effectuées par les ingénieurs de l'opérateur de la téléphonie mobile, dans le but de superviser le réseau de couverture et d'en détecter d'éventuelles anomalies qui dégradent les performances et la qualité du réseau.

L'effectuation d'un drive test consiste à faire un parcours dans une zone de couverture donnée, cela nécessite de se munir :

- D'un véhicule qui va parcourir le long du trajet.
- Un équipement GPS placé sur le toit du véhicule qui donne les coordonnées de ce dernier a chaque instant.

- Un téléphone mobile connecté à l'instrument de mesure et qui communique avec les stations de bases tout au long du trajet.
- Un équipement de mesure TEMS : est la ressource qui traite et sauvegarde les données captées par le mobile, il les rend accessible via une interface graphique.
- Un logiciel : constitue une interface graphique directe avec l'équipement de mesure qui interprète les résultats obtenus dans s notre cas est le TEMS Investigation 11.0.4

IV.4. Présentation de TEMS

Le TEMS Investigation 11.0.4 développé par ASCOM, il constitue une meilleure interface qui permet de vérifier le réseau par l'analyse de ces performances et les mesures des paramètres (RxQual, RxLev, BER, C/I, ...etc.) à partir duquel les ingénieurs peuvent prendre les décisions de modifications qui doivent être apportées dans le but d'optimiser et améliorer des performances du réseau.

IV.5. Les Paramètres du Réseau

- **RxQual** : est le paramètre qui indique la qualité de réception, il prend 8 niveaux différents classés de 0 à 7.
- **RxLev** : ce paramètre indique le niveau de la puissance reçue, ses valeurs sont données en dBm.
- **ARFCN** : est un code qui identifie la fréquence du canal radio allouer à chaque cellule du réseau.
- **BSIC** : est un code avec lequel on identifie la station de base, cela en raison que certaines cellules or dans la plupart du temps plusieurs BTS opèrent avec la même bande de fréquence.
- **Timing Advanced** : c'est le temps que prend le signal pour parcourir la distance entre l'émetteur et le récepteur.
- **C/I** : ce paramètre définit le rapport entre la puissance du signal utile sur la l'interférence reçue.

IV.6. Procédure d'analyse et d'optimisation

Après effectuation des Drive Test planifiés sur le tronçon d'autoroute est-ouest qui relie Hammam El Biban et Sétif, avec le TEMS 11.0.4 sans antenne extérieur, la collecte informations sera présenté sous forme de données statistiques et des snapshots montrant l'état de la couverture radio et les anomalies rencontrées lors d'effectuation des mesures, dont la procédure d'optimisation sera recommandée pour y remédier à ces anomalies.

IV.6.1. Présentation des données statistiques des Drive Test réalisés

- Le paramètre RxLev.

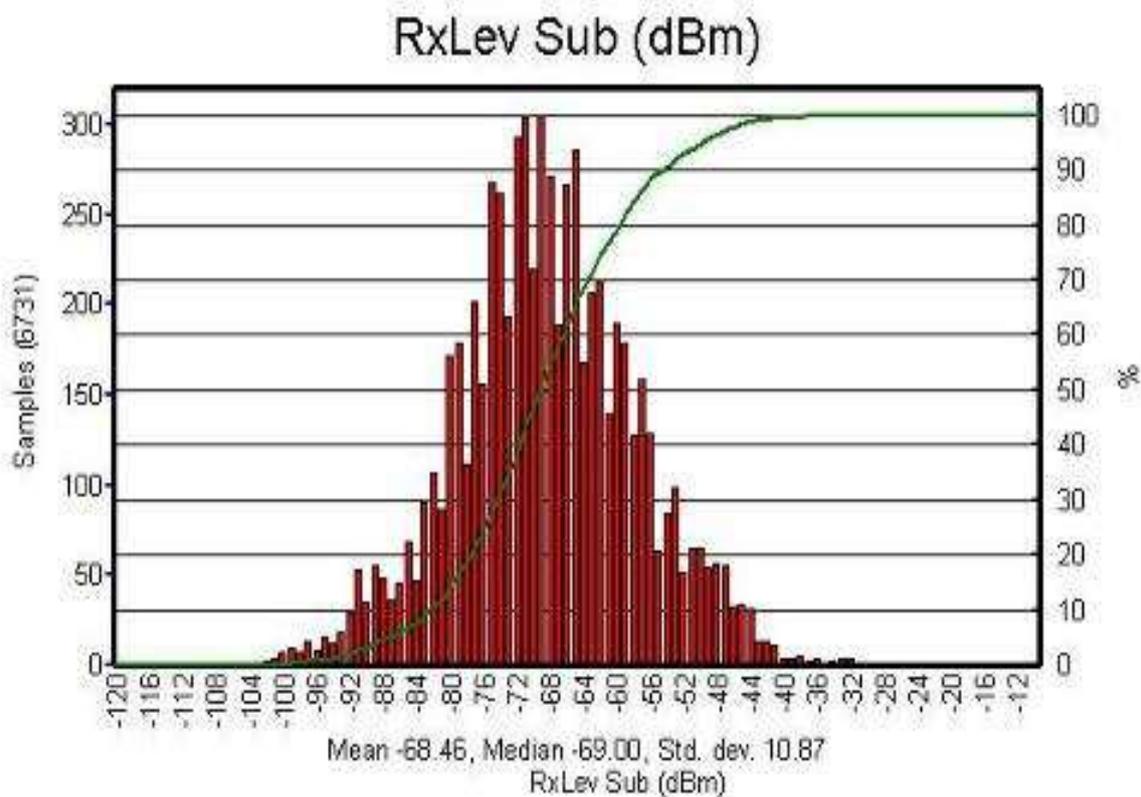


Figure IV.1: L'histogramme de RxLev.

Le graphe montré plus haut représente la répartition des échantillons pris durant ce Drive Teste en fonction du paramètre RxLev, où on remarque que la quasi-totalité de ces échantillons ont un niveau moyen acceptable entre -48 dBm et -84 dBm, ce qui signifie que le signal couvre tout le long du tronçon, donc très convenable aux usager d'établir une

connexion et accéder aux service de l'opérateur, en exceptant un nombre infime d'échantillons qui ont des valeurs critiques et ne conviennent pas pour une bonne connexion.

- Le paramètre RxQual.

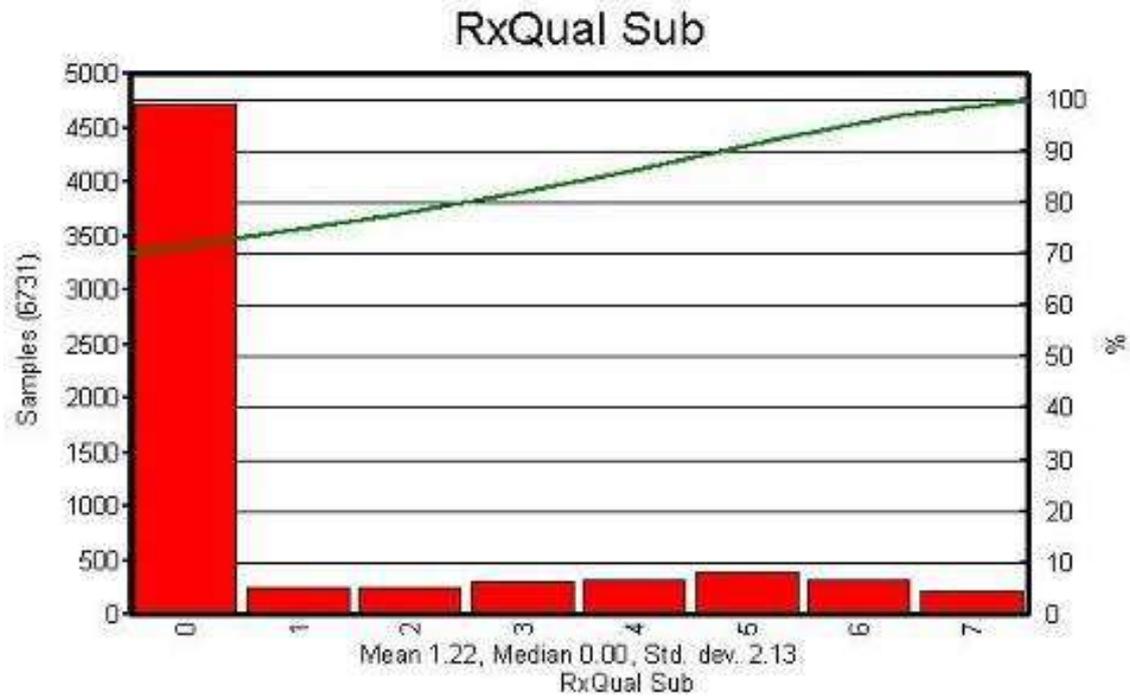


Figure IV.2: Histogramme de RxQual

Le paramètre de la qualité de signal, RxQual est présenté sous forme d'histogramme réparties en 8 niveaux (de 0 jusqu'à 7), sur 6731 échantillons mesurés, plus de 4700 échantillons indiquent une qualité du signal excellente le reste sont réparties entre les autres niveaux. Ce qui montre que le déroulement de la plupart des appels s'effectue avec une qualité satisfaisante sans qui y est de coupures d'appels donc des services conformes aux exigences des abonnés.

- **Le rapport C/I:**

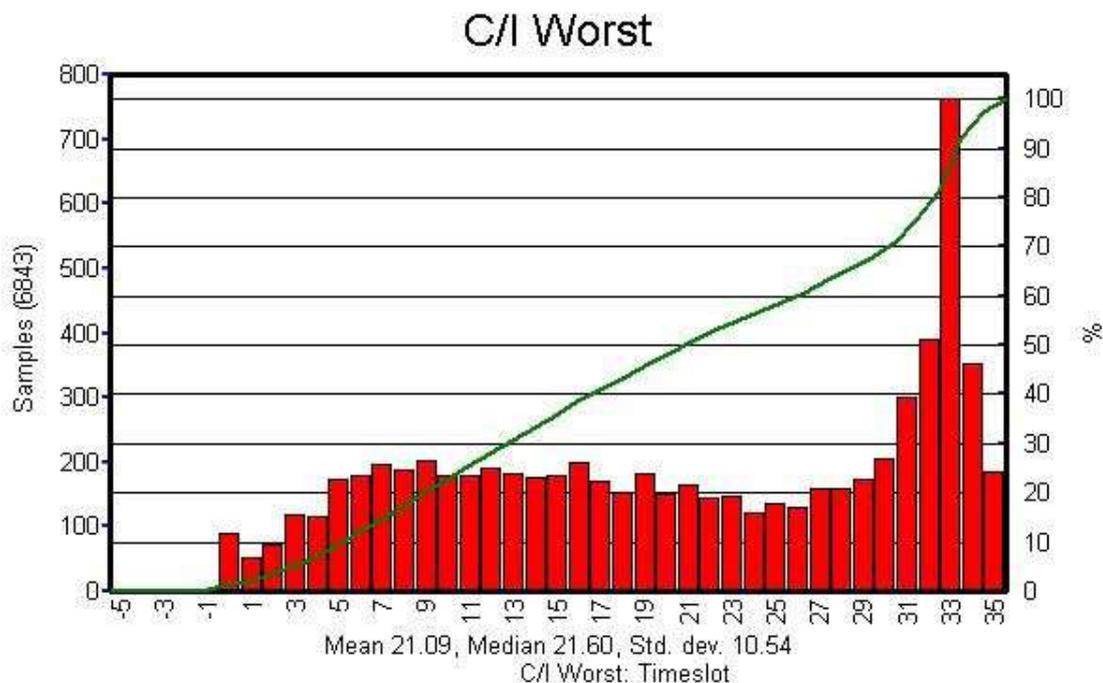


Figure IV.3: Histogramme du rapport C/I.

La figure ci-dessus illustre les valeurs du rapport C/I des échantillons enregistrés, ces valeurs varient de 0 à 35, on peut subdiviser l'histogramme en deux parties à savoir la répartition des échantillons qui ne dépassent pas un nombre de 200, qui ont des valeurs entre 0 et 30, l'autre partie comprend un nombre important d'échantillons repartie pour les valeurs 31 et 35

Le rapport C/I (rapport être la puissance du signal reçu et l'interférence globale) représente le critère de la qualité de réception des mobiles communicants, ce rapport est disproportionnel à l'interférence reçue donc il est important de réduire les interférence inter et intracellulaire.

- **Les Handover**

Une autre procédure de mesure a été effectuée pour tester les performances du réseau, c'est celle des Handover d'où le tableau suivant résume les résultats de mesures obtenues.

Evènement	Observation
Handover	98
Handover Failure	3
Handover Intracell	5

Tableau IV.1: Les Hadover.

Le Handover un critère très important de la performance de réseau radio mobile, il permet la mobilité des usagers tout au long de leurs trajet, et les coupures d'appels ou de services entraine un désagrément chez les utilisateurs, donc il est nécessaire aux opérateurs de veiller sur ce critère pour offrir des services flexibles a l'itinérance du trafic.

Le tableau révèle les résultats obtenus, d'où sur 98 Handover effectues seulement 3 ont été échouer et qui ont causées les coupures de services, et ce pour causes principales tel que les interférences, congestion du réseau ou mauvais paramétrage des sites.

IV.6.2. Visualisation des graphiques Drive test

Nous passerons maintenant à la visualisation des snapshots qui sont des captures de la fenêtre de visualisation du logiciel TEMS Investigation 11.0.4 montrant le trajet de la prise des Drive Test, sur le tronçon de l'autoroute, ainsi que l'emplacement des sites présents dans les alentours et qui couvrent tout le long du chemin, ces sites seront distingués par un numéro identificateur et l'orientation des secteurs par un chiffre alphabétique. Les échantillons de mesure seront montrés par des points colorés, exactement dans les lieux de la prise de mesure sur la droite de la fenêtre on visualise les paramètres mesurés et les valeurs leurs associées

- **Analyse du paramètre RxLev**

Les snapshots des figures ci-dessous correspondents aux mesures prises pour le paramètre RxLev tout au long de trajet.

L'analyse global du paramètre RxLev montre que la couverture radio a un niveau acceptable au niveau de tronçon de l'autoroute B.B.A-Sétif, à l'exception de certains trous de couverture virés en points rouges et oranges sur les deux figures, qui traduit un manque de la puissance du signal reçu, cela et dû généralement aux :

- Obstacles naturels ou artificiels qui empêchent la propagation directe du signal.
- Mauvaise configuration des stations de base et Node B.
- Types d'antenne employées.

Perspectives

Il est demandé d'effectuer une analyse approfondie pour identifier le problème exact, puis de procéder à l'optimisations pour améliorer la couverture au niveau de ces sites.

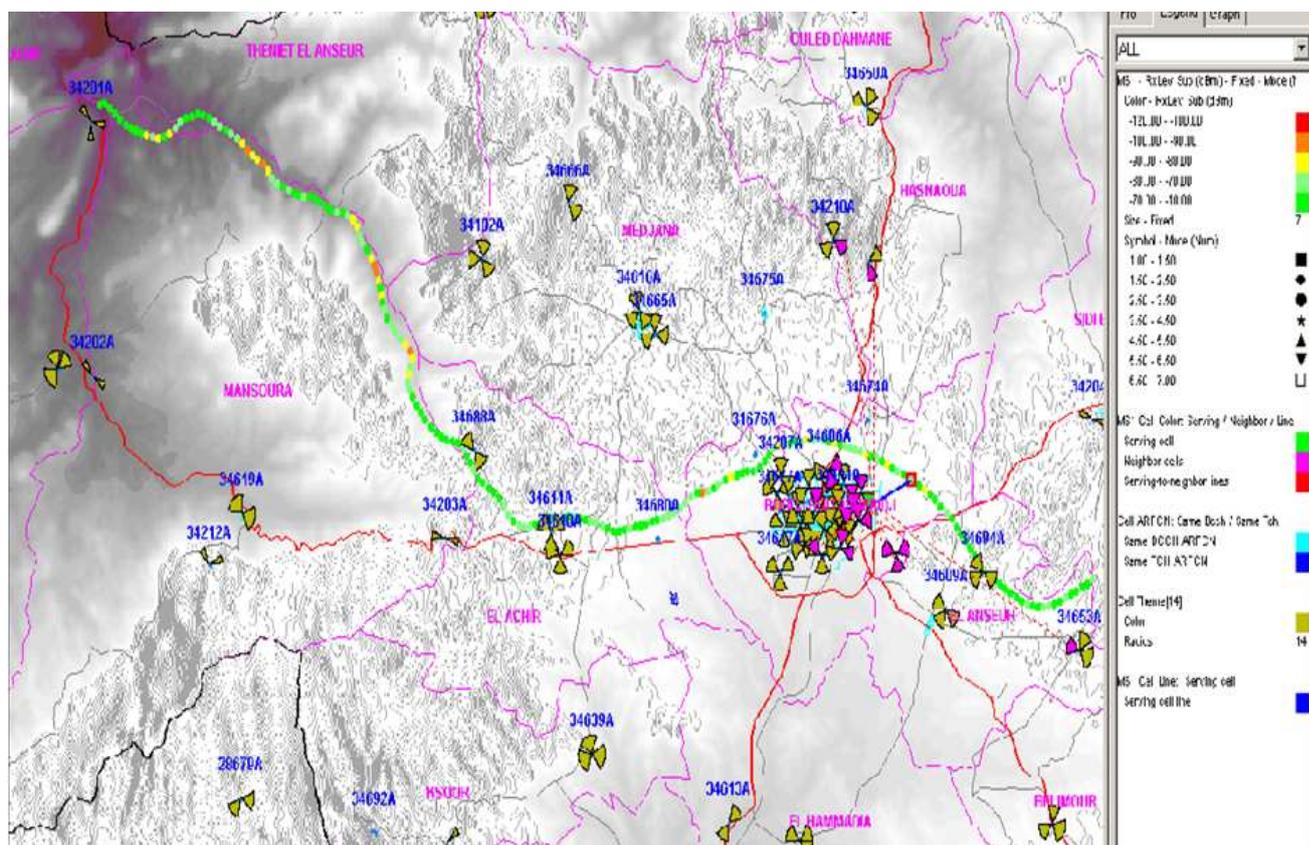


Figure IV.4: Mesures de paramètre RxLev

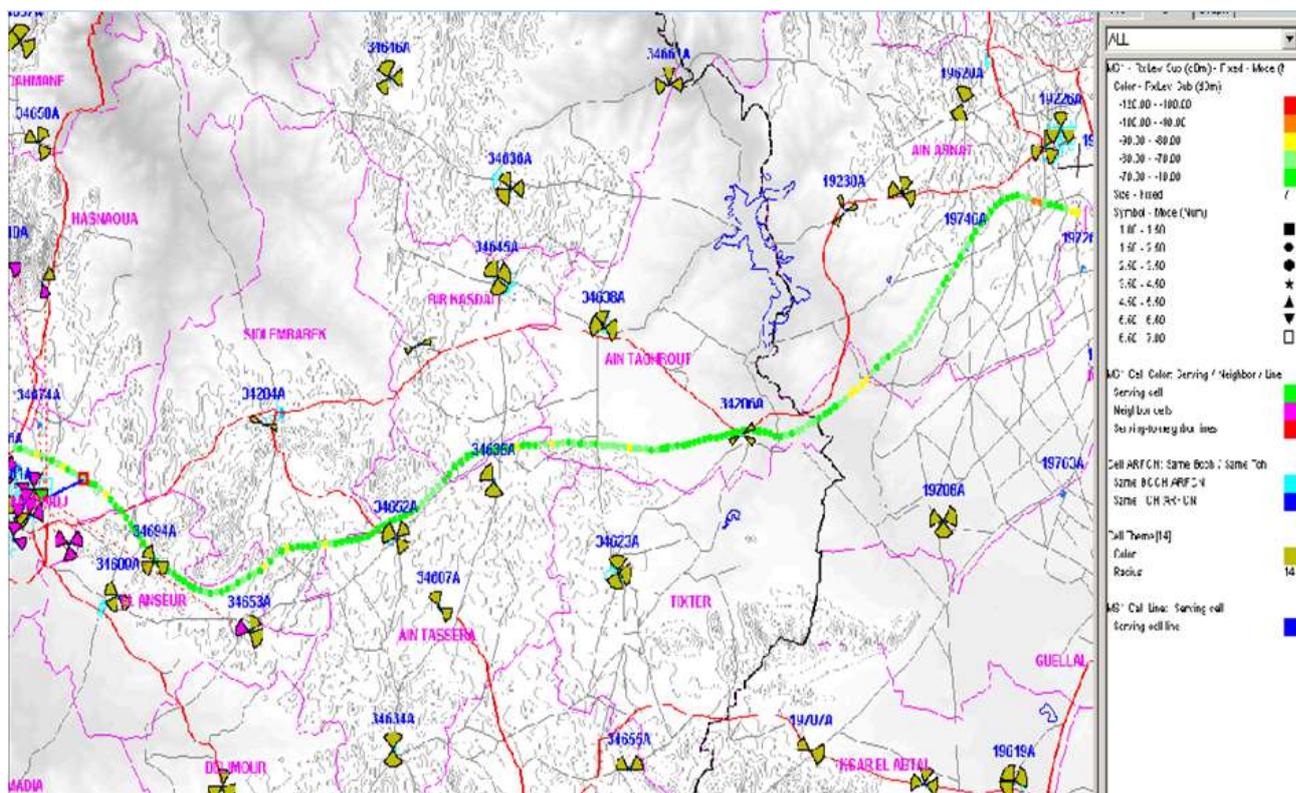


Figure IV.5: Mesures de paramètre RxLev

- **Analyse du paramètre RxQual**

Les snapshots ci-après représentent la mesure du paramètre RxQual tout au long de trajet.

Selon les résultats de l'analyse du paramètre RxQual, la qualité du signal au niveau de tronçon est bonne en exceptant certains lieux où elle est dégradée. Cette dégradation est du généralement aux interférences et aux bruits ce qui entraîne par la suite :

- Des coupures d'appelles
- Échec d'Handover
- Mauvaise réception
- Qualité de la voix dégradée
- Réseau inaccessible

Dans ce qui suit nous allons analyser de plus près la situation pour identifier le problème et d'en décider par la suite, de la procédure à prendre.

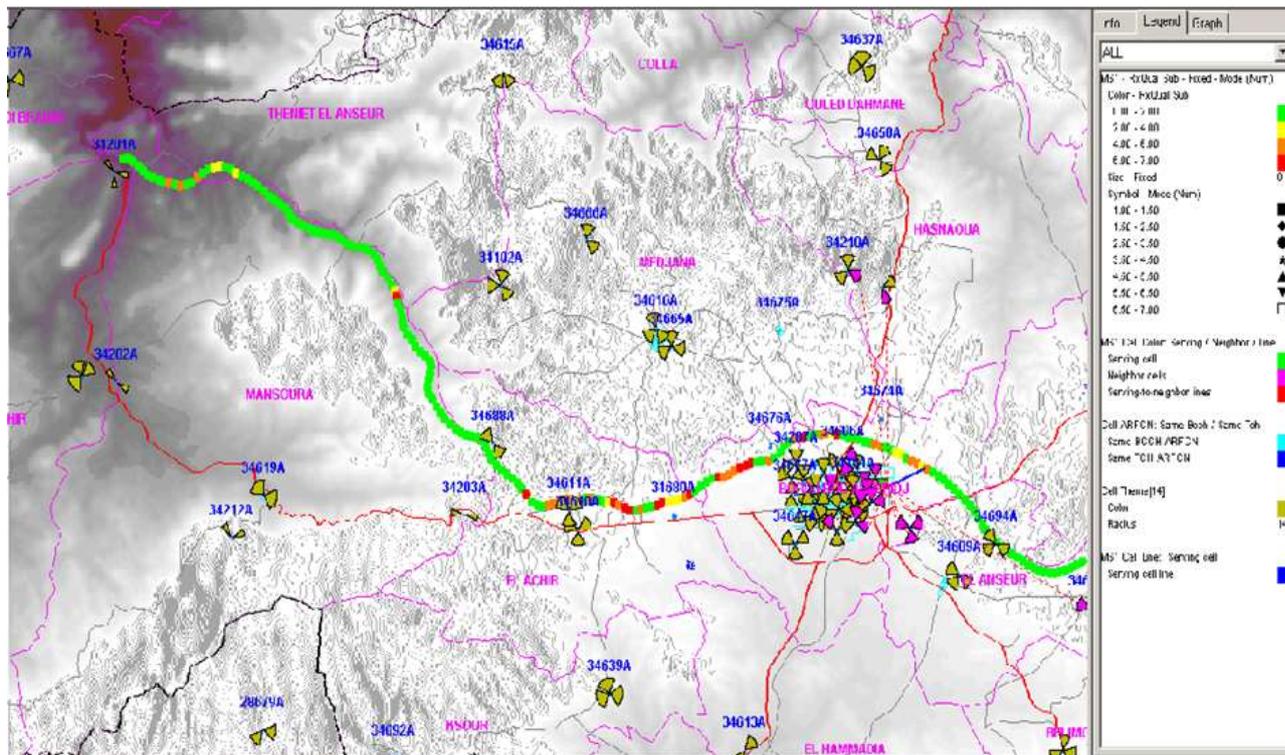


Figure IV.6: Mesures de paramètre RxQual

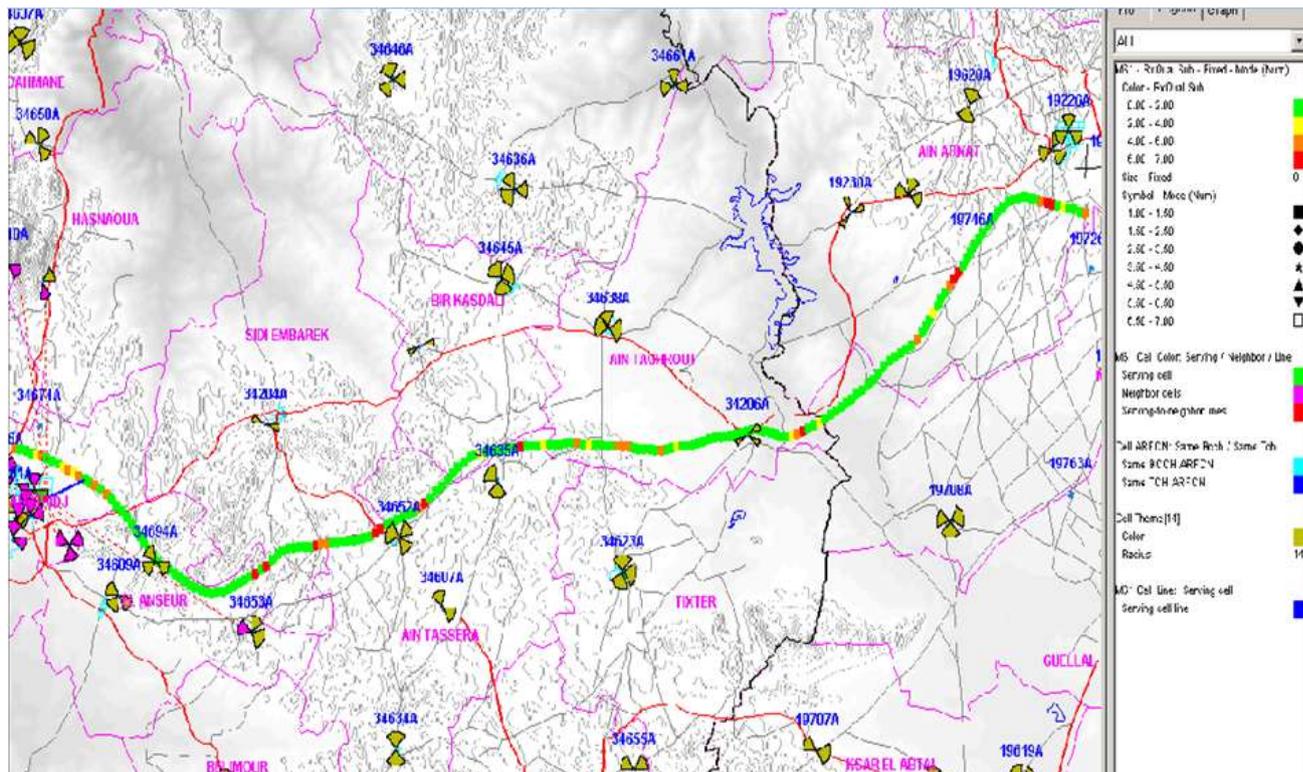


Figure IV.7: Mesures de paramètre RxLev

L'analyse approfondie fait du sort que les anomalies de couverture seront classées selon 3 catégories :

1. Faible niveau de puissance

La distance totale du tronçon d'autoroute présentant un faible niveau de signal est d'environ 3.3Km

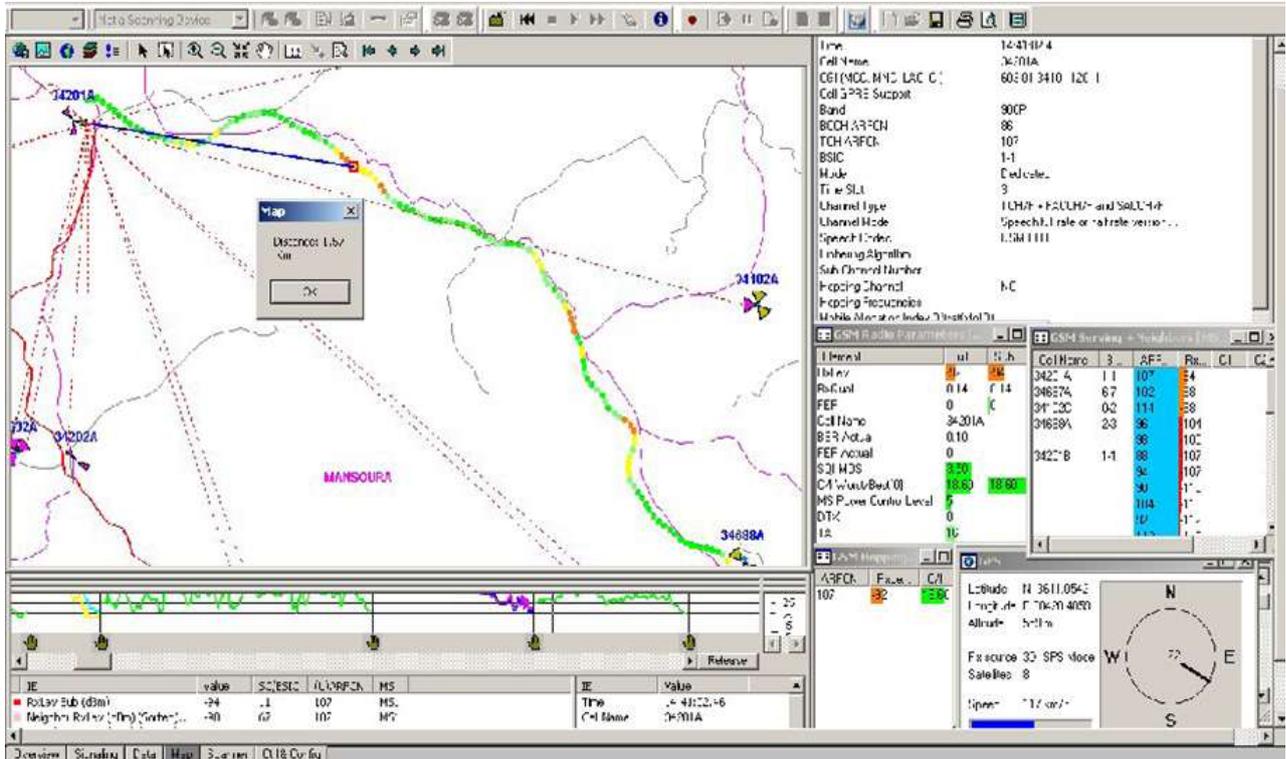


Figure IV.8: Mauvais niveau du signal

Il est envisagé d'entreprendre quelque action d'optimisation et d'ajustement sur le site 34201A en faisant :

Un ajustement du tilt : inclinaison verticale de l'antenne sur un plan vertical.

Un ajustement de l'azimute : inclinaison horizontale de l'antenne sur un plan vertical.

Pour éliminer la rupture du signal sur cette zone non couverte par le site indiqué.

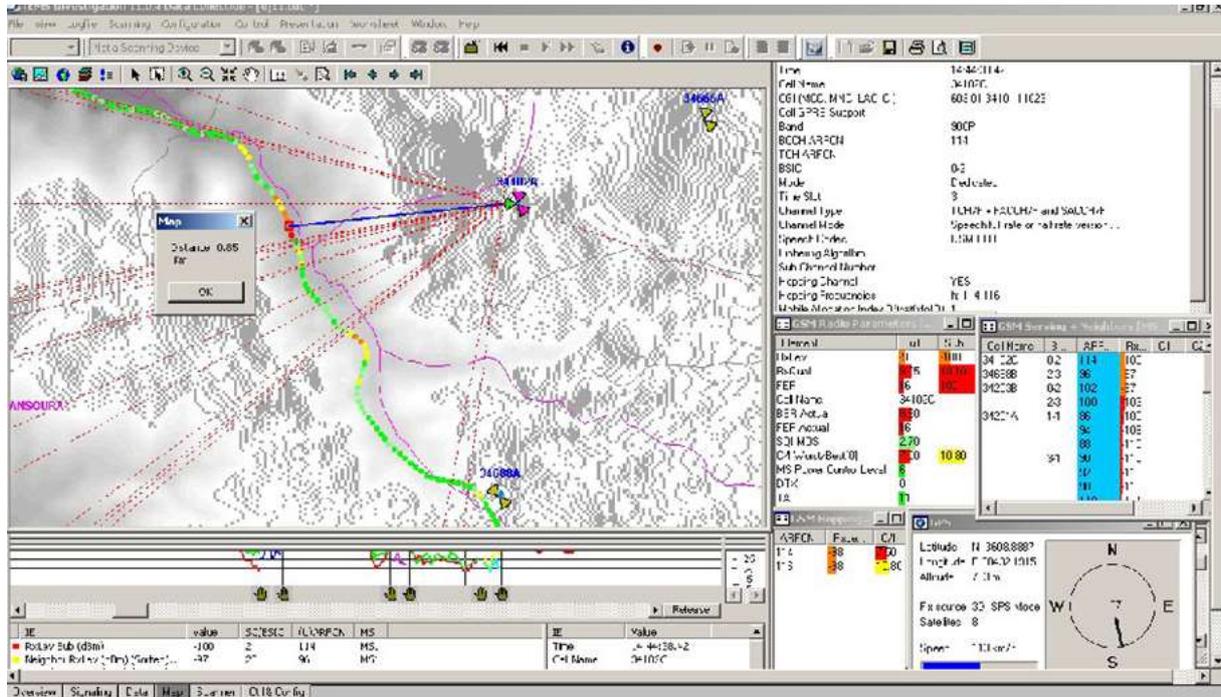


Figure IV.9: Mauvais niveau du signal

Le problème de couverture détecté dans ce cas, revient au fait qu'un obstacle proche du site empêche la propagation du signal, donc une mauvaise réception au niveau de l'autoroute. Un nouveau pylône SDH est prévu pour remplacer l'ancien, donc le swap du site 34102 devra améliorer la couverture radio dans les lieux où il y a une rupture due à un obstacle proche (parabole SDH AT).

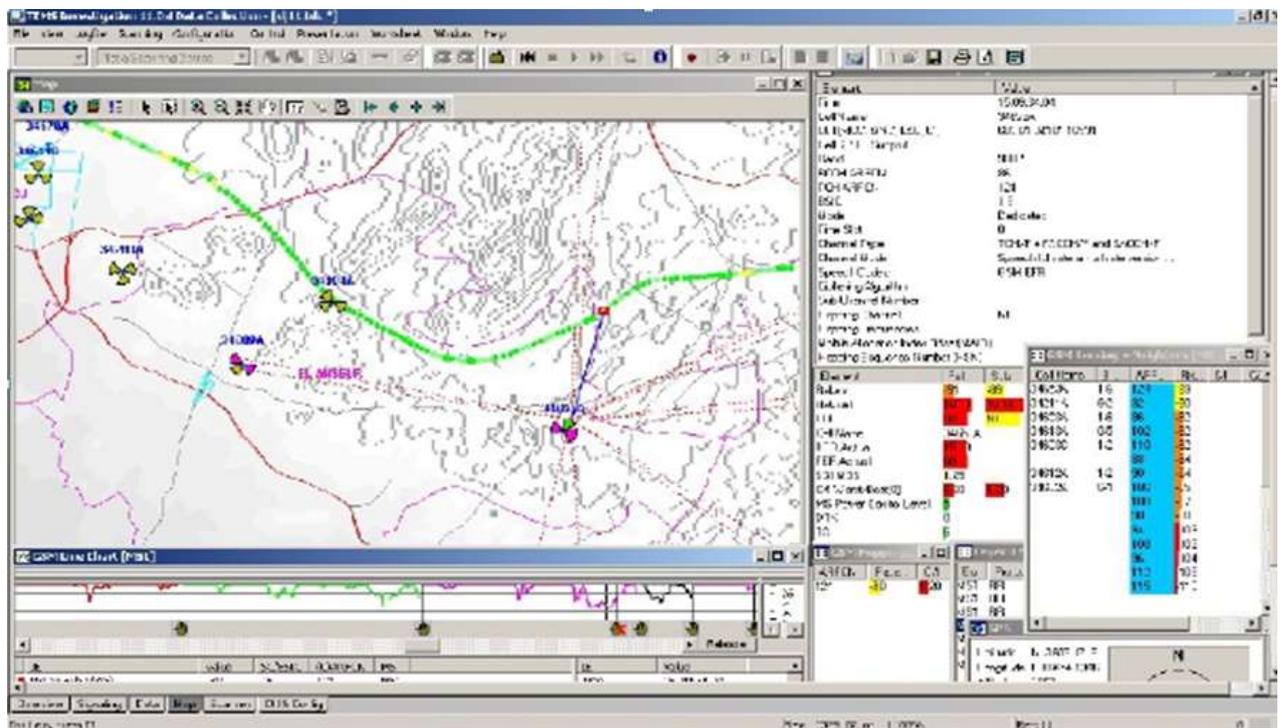


Figure IV.10: Mauvais niveau du signal

Une mauvaise qualité du signal est enregistrée à ce niveau, ce problème est causé par une interférence Co-canal BCCH 100 donc il est recommandé de replanifier les fréquences allouer aux sites présentant des interférences et de respecter le principe de réutilisation de fréquence.

2. Overshooting (dépassement de la couverture)

L'Overshooting est un problème qu'on rencontre souvent dans la pratique, qui se traduit par un dépassement de couverture des sites situant dans des lieux dominants et dont leur portée s'étend sur de longues distances créant ainsi des problèmes tel que les interférences, échecs d'Handover...etc.

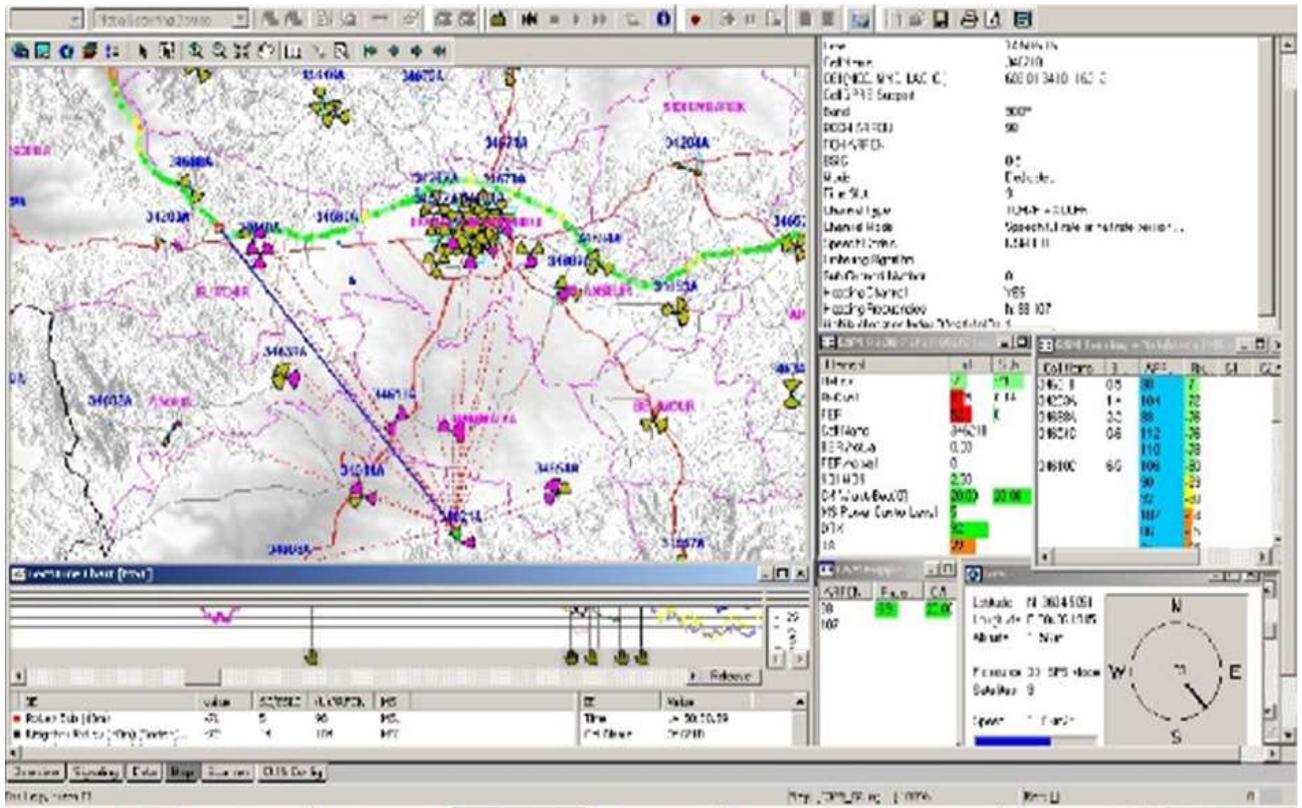


Figure IV.11: Dépassement de couverture.

Le problème identifier dans ce cas, est celui d'un Overshooting causé par le site 34621B situé plus loin de la zone de chevauchement, ce site est estimé situé dans un lieu dominant la région où sa couverture chevauche celle du site x et créant ainsi d'interférences.

La solution a apporté à ce problème est de vérifier le plan des fréquences et d'en élaborer un nouveau.

3. Interférences

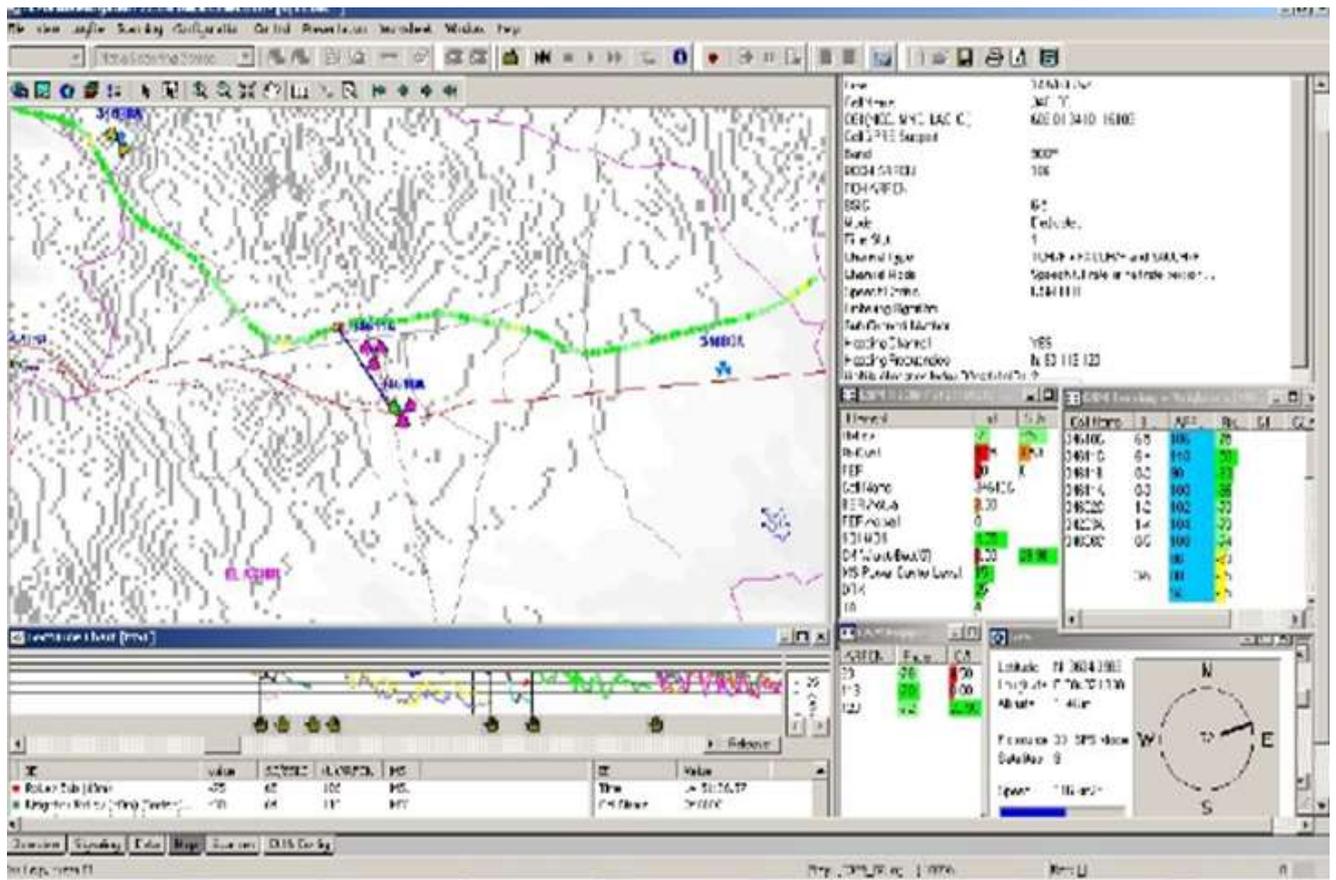


Figure IV.13: interférence Co-canal

Dans ce snapshots on a identifié une interférence Co-canal entre le secteur 34610C et le secteur 34672C a la fréquence F113, il est demandé dans ce cas de revoir le plan de fréquences attribuées à chaque secteur pour modifier celle qui provoque des interférences dans les canaux adjacents.

IV.7. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons apporté des analyses pour les drive test et les statistiques effectuées sur le tronçon de l'autoroute B.B.A et Sétif, qui montrent l'état de la couverture radio et la qualité de service à ce niveau, d'où nous avons constaté que la couverture radio fait défaut dans certains endroits, et l'analyse approfondie à montrer que ces problèmes rencontrés se traduisent par des interférences, Overshooting et un niveau de signal médiocre, des solutions correctives ont été proposées pour remédier aux problèmes rencontrés, pour mieux optimiser notre couverture radio.

L'objectif principale de ce mémoire est d'évaluer et d'optimiser les performances de la couverture radio des réseaux 2G/3G, et pour ce faire nous avons commencé par introduire les généralités de ces deux normes, puis nous avons abordé les mécanismes et les aspects de la couverture dans un réseau mobile tel que l'UMTS.

La simulation fait l'objet d'une synthèse de ce qui a été traité dans le chapitre I et II, dont les résultats ont pour but de comprendre l'aspect technique de déploiement des réseaux mobiles, présentant ainsi les paramètres mis en œuvre.

Nos analyses des Drive Test nous ont permis de détecter les anomalies et les dégradations de la couverture au niveau du tronçon de l'autoroute est/ouest reliant Hammam el Biban et Sétif, et les classer selon des catégories pour faciliter la procédure de l'optimisation et les corrections au niveau des sites.

Par ailleurs, ce travail nous a permis de nous familiariser avec le monde professionnel et d'améliorer nos connaissances et compétences dans le domaine de l'ingénierie radio mobile en générale et GSM/UMTS en particulier.

[2] Pierre Lescuyer, Réseaux 3G principes architecture et services de l'UMTS, DUNOD ,2006.

[3] Bouzera Naima, Prédiction des Affaiblissement et Planification du Réseau GSM en Zone Urbaine, Thèse doctorat, Automatique et Traitement du Signal option Système, THESE DOCTORAT, Université A.R. MIRA Bejaia, 2018.

[4] Moussaoui Hayat, Ramdani M. Cherif, Etude de la Planification Radio d'un Réseau UMTS. Mémoire de fin d'études, Electronique option Télécommunication, Université A.R. MIRA Bejaia, 2015

[5] Xavier Lagrange, Principe et évolution de l'UMTS, Lavoisier, 2005.

[7] Kessir Yassine, Etude de Dimensionnement et Simulation d'un Réseau UMTS, Mémoire de fin d'études, Electronique option Télécommunications, Université A.R. MIRA Bejaia, 2012.

[8] Mlle. KHAWLA EL HABIB, optimisation du réseau 3G en corrélation avec les statistiques et les KPI'S, Génie des systèmes des télécommunications, Mémoire de fin d'études, université Abdelmalek Essaadi Ecole national des sciences appliqués de Tétouan ,2011.

[10] Boughzila Sofian, Maache Zakaria, Optimisation d'un Réseau GSM de 2eme Génération. Mémoire de fin d'études, Electronique, option Communication. Université Ferhat Abbas Sétif, 2009.

[11] DAT DUONG PHAN, Contrôle de Puissance pour les Réseaux sans Fils, Université de Poitier, 2014.

Site WEB

[1] https://www.astel.be/info/Le-concept-de-reseau-cellulaire_524

[9] Prashant Panigrani, Soft & Softer Handover in UMTS System, 3GLTEinfo, 2011. consulté le 11/06/2019. URL: <http://www.3glteinfo.com/soft-softer-handover-in-umts-system/>

[6] Michel Terré, UMTS élément d'analyse de la couche physique, Ecole Nationale Supérieure des télécom Bretagne, .URL : http://easytp.cnam.fr/terre/images/UMTS_V5.pdf

CHAPITRE I

CHAPITRE II

CHAPITRE III

CHAPITRE IV