

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITÉ ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GÉNIE ELECTRIQUE**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE D'OBTENTION D'UN DIPLOME MASTER RECHERCHE

FILIÈRE : ELECTRONIQUE

SPÉCIALITÉ : TELECOMMUNICATION

THEME

**ETUDE DE LA PLANIFICATION RADIO D'UN
RÉSEAU UMTS**

**PROMOTEUR :
M^R : M. TOUNSI**

**PRÉSENTÉ PAR :
M^{LLE} : MOUSSAOUI HAYAT
M^R : RAMDANI M.CHERIF**

**JURY :
M^R : M.SADJIM.C U.A.M BAJAIA
M^{ME} : D.HAMZAOUIM.C U.A.M BAJAIA**

**PRÉSIDENT
EXAMINATEUR**

PROMOTION 2014-2015

Remerciements

Ce mémoire est le résultat d'un travail de recherche qui nous a permis de consolider nos connaissances et dont développer de nouvelles.

En préambule, nous adressons tous nos remerciements aux personnes avec lesquelles on a pu échanger et qui nous ont aidés pour la rédaction de ce mémoire.

En commençant par remercier tout d'abord Monsieur TOUNSI Mohamed, notre promoteur, pour son aide précieuse et pour le temps qu'il nous consacré ainsi qu'à Mesdames et Messieurs les Membres du Jury qui nous font l'honneur de juger ce mémoire.

Nous tenons ensuite à remercier tout particulièrement et à témoigner toute notre reconnaissance aux personnes suivantes, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'elles nous ont fait vivre durant un mois au sein de la société Ericsson à Bab ezzouar :

Monsieur BENCHRIF Khaled, Directeur du département radio, pour ses directives et son soutien tout au long de ce travail.

Monsieur CHELBEB Amine, pour le temps passé ensemble et le partage de son expertise au quotidien.

Nous remercions également tout le personnel de la société pour leur accueil et leur esprit d'équipe.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à nos parents pour le soutien inconditionnel dont ils nous ont fait preuve.

Sommaire

Remerciements.....	i
Sommaire	ii
Liste des figures	iii
Liste des tableaux.....	iv
Liste des abréviations.....	v
Abstract.....	vi
Résumé.....	vii
Introduction Générale	viii

CHAPITRE I : Introduction au réseau UMTS

I.1. Introduction	1
I.2. Présentation de la norme UMTS	1
I.2.1. Caractéristiques d'un système 3G	1
I.2.2. Architecture (topologie) du réseau UMTS (WCDMA).....	1
I.2.2.1. L'équipement utilisateur UE (User Equipment).....	3
I.2.2.2. Le réseau d'accès UTRAN (UMTS Radio Access Network)	4
I.2.2.3. Le réseau cœur CN (Core Network).....	5
I.2.2.4. Les Interfaces.....	7
I.3. Concepts du WCDMA.....	10
I.3.1. LE CDMA (CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS)	10
I.3.1.1. Principe de l'étalement de spectre du WCDMA	10
I.3.1.2. Les Code D'étalement utilisés dans le W-CDMA.....	11
I.3.1.3. Etalement de spectre par séquence directe (DS-CDMA)	13
I.3.2. Les modes de fonctionnement en WCDMA.....	13
I.3.3. Le contrôle de puissance.....	14
I.3.3.1 Le contrôle de puissance sur le lien montant.....	14

Sommaire

I.3.3.2	Contrôle de puissance sur le lien descendant	15
I.3.4	.Le Handover	16
I.3.4.1	.Le Softer Handover	16
I.3.4.2	.Le Soft Handover.....	16
I.3.4.3	.Le Hard Handover	17
I.4	.Les canaux radio.....	18
I.4.1	.Les canaux logiques.....	19
I.4.2	.Canaux de transport.....	19
I.4.3	.Les canaux physiques	20
I.5	.Evolution de l'UMTS	22
I.5.1	.HSDPA (High Speed Downlink Packet Access).....	22
I.5.2	.HSUPA (High Speed Uplink Packet Access).....	22
Conclusion	23

CHAPITRE II : Processus de Planification du réseau WCDMA

II.1	.Introduction	25
II.2	.Concepts généraux	25
II.2.1	.Évaluation des interférences.....	26
II.2.2	.Les modes de propagation.....	26
II.2.3	.Le bilan de liaison	27
II.2.3.1	.Les paramètres du bilan de liaison	27
II.2.3.2	.Bilan de liaison pour le lien montant.....	29
II.2.3.3	.Bilan de liaison pour le lien descendant	29
II.3	.Etude de planification d'un réseau radio WCDMA	30
II.3.1	.Définition des besoins (definition of the requirements).....	31
II.3.1.1	.Exigences de couverture	32
II.3.1.2	.Exigences de capacité.....	32

Sommaire

II. 3.1.3 Exigences de services	32
II.3.2. Dimensionnement du réseau radio	32
II.3.3. Modèle de propagation radio (Radio propagation model)	33
II.3.4. Plan de cellule nominale (Nominal cell plan)	35
II.3.5. Recherche de sites (Site search)	35
II.3.6. Implémentation (Implementation).....	36
II.3.7. La planification détaillée	36
II.3.7.1. Distribution des sites sur la carte géographique.....	36
II.3.7.2. Planification des fréquences du WCDMA	37
II.3.7.3. Planification des codes	38
II.3.7.4. Planification des puissances	39
Conclusion	39

Chapitre III : Optimisation radio

III.1. Introduction.....	41
III.2. Objectif de l'optimisation radio	41
III.3. Schéma général du processus de l'optimisation	41
III.4. Les classes de services dans le réseau WCDMA.....	42
III.4.1. La classe A ou Conventionnelles	43
III.4.2. La classe B ou Streaming.....	43
III.4.3. La classe C ou Interactive	43
III.4.4. La classe D ou Arrière-plan (Background).....	43
III.5. Les principaux indicateurs clés de performance (KPI).....	44
III.5.1 Taux de succès d'appel (CSSR).....	44
III.5.2. Taux d'échec d'accès (AFR)	44
III.5.3. Baisse des taux d'appel (DCR)	44
III.5.4. Temps de préparation d'appel (CST)	45

Sommaire

III.5.5. Taux de paquet perdu	45
III.5.6. Alimentation mobile	45
III.5.7. Le rapport Ec/Io	45
III.6. Le Drive Test	46
III.7. Le contrôle des performances du réseau	48
III.7.1 L'analyse de l'accessibilité	50
III.7.1.1 L'analyse des statistiques.....	50
III.7.1.2 Problèmes anormaux.....	51
III.7.2. L'analyse de maintenabilité	51
III.7.2.1 L'analyse des statistiques.....	52
III.7.2.2. Les Problèmes anormaux	52
III.7.3. L'analyse de la mobilité.....	53
Conclusion	54

Chapitre IV : Planification radio à Bejaia

IV.1. Introduction.....	56
IV.2. Outil de planification radio (Outil Atoll).....	56
IV.3. Création du projet	58
IV.3.1 Importation des données géographiques.....	59
IV.3.2. Importation des sites candidats	60
IV.3.3. Calibrage d'un modèle de propagation.....	62
IV.3.4. Répartition des environnements	64
IV.3.5. paramètres et configurations.....	64
IV.3.6. Distribution des sites.....	65
IV.3.7. Choix de zone de calcul.....	66
IV.4. Etude des prédictions.....	67
IV.4.1. Prédiction de la couverture	67

Sommaire

IV.4.2. Prédiction du rapport E_c/I_0 du canal pilote CPICH	71
IV.4.3. Prédiction des zones de chevauchements	73
IV.4.5. Prédiction de l'état du Handover	73
IV.5. Analyse ponctuelle.....	74
IV.5.1. Réception et profil en un point par rapport à un émetteur donné	75
IV.5.2. Meilleurs niveaux de réception.....	76
IV.5.3. Analyse de l'active set.....	76
IV.6. Allocation Automatique des codes d'embrouillage.....	77
Conclusion	78
Conclusion générale.....	79
Bibliographie.....	80

Liste des figures

Figure I.1 :Hiérarchie des cellules de l'UMTS.....	2
Figure I.2 : Architecture globale du réseau UMTS.	3
Figure I.3 : Architecture du réseau UMTS	3
Figure I.4 : Node-B avec antenne sectorielle et omnidirectionnel	4
Figure I.5 : Architecture du réseau d'Accès UTRAN	5
Figure I.6 : Architecture du réseau cœur	6
Figure I.7 : Les interfaces du réseau d'accès UTRAN	8
Figure I.8 : Vue en couches de l'interface radio UTRAN	9
Figure I.9 : Principe de l'étalement de spectre	11
Figure I.10 : L'arbre des codes de canalisation OVVSF.....	12
Figure I.12 : Le mode de duplexage FDD	13
Figure I.14 : Différents types de contrôle de puissance.....	15
Figure I.15 : Softer Handover	16
Figure I.16 : Soft Handover.....	17
Figure I.19 : Canaux introduits pour le support du HSUPA.....	23
Figure II.1 : Les modes de propagation dans un environnement terrestre	27
Figure II.2 : Processus de planification d'un réseau radio WCDMA	30
Figure II.3 : Illustration des cellules pour le model COST 231	34
Figure II.4 : Chevauchement entre sites	37
Figure III.1 : Schéma général du processus d'optimisation	42
Figure III.2 : Les classes de service en UMTS.....	44
Figure III.3 : Chaîne de mesure.....	47
Figure IV.2 : Création d'un nouveau projet UMTS	59
Figure IV.3 : Importation de la carte (Map de Bejaia)	60
Figure IV.4 : Importation des sites sur atoll	61
Figure IV.5 : Définition des propriétés d'un émetteur	62
Figure IV.6 : Facteur de calibrage d'un modèle de propagation	63
Figure IV.7 : Répartition des environnements Urbain dense, Urbain et Suburbain	65
Figure IV.10 : Les différentes prédictions	67

Liste des figures

Figure IV.11 (a) : Simulation de la couverture par émetteur.....	68
Figure IV.11 (b) : Simulation de la couverture par secteur avec Google Earth	68
Figure IV.12 (a) : Simulation de la couverture	70
Figure IV.12 (b) : Simulation de la couverture avec Google Earth.....	70
Figure IV.14 (a) : Prédiction du rapport E_c/I_o du canal pilote CPICH.....	72
Figure IV.14(b) : Prédiction du rapport E_c/I_o du canal pilote CPICH avec Google Earth	72
Figure IV.17 : Réception et profil en un point par rapport à un émetteur donné	75
Figure IV.18 : Meilleurs niveaux de réception en un point	76
Figure IV.19 : Analyse ponctuelle de l'Active Set	76
Figure IV.21 : Allocation automatique des codes d'embrouillage.....	78

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Les interfaces du réseau d'accès UTRAN.....	8
Tableau I.2 : Les canaux logique de l'UMTS	19
Tableau I. 3 : Les canaux de transport de l'UMTS	20
Tableau I. 4 : Les canaux physique de l'UMTS	21
Tableau II.1 : Classification des secteurs	31
Tableau II.2 : Classification des cellules.....	35
Tableau III. 1 : Quelques valeurs de KPI.....	46
Tableau III.2 : Les différentes phases d'analyse du réseau mobile	49
Tableau III.3 : Les différentes phases d'analyse de l'accessibilité.....	50
Tableau III.4 : Les différentes phases d'analyse de la maintenabilité	52
Tableau III.5 : Les différentes phases d'analyse de l'IRAT Handover.....	53
Tableau IV.1 : La Légende	58
Tableau IV.1 : Base de données de la région de Bejaia (Excel file)	61
Tableau IV.3 : paramètres et configurations	64

Liste des abréviations

2GSecond Generations

3GThird Generations

A

ACP	Automatic Cell Planning
AFR	Access Failure Rate
AGC	Automatic Gain Control
AICH	Acquisition Indicator Channel
AMC	Adaptative Modulation and Coding
AMR	Adaptive MultiRate speech codec
AMRC	Accès Multiple par Répartition en Code
AS	Active Set
AuC	Authentication Center

B

BCCH	Broadcast Control Channel
BCH	Broadcast Channel
BER	Bit Error Rate
BLER	Block Error Rate
BMC	Broadcast Multicast Control
BS	Base Station
BSC	Base Station Control
BSIC	Base Station Identity Code
BTS	Base Transceiver Station

C

CCH	Common Control
CCCH	Common Control Channel
CDMA	Code Division Multiple Access
CE	Channel Element
CGSN	Combined GPRS Support Node
CM	Compressed Mode
CN	Core Network

Liste des abréviations

CPCH	Common Packet Channel
CPICH	Common Pilot Indicator Channel
CS	Circuit Switched
CSSR	Call Setup Success Rate
CST	Can Setup Time
CTCH	Common Traffic Channel
<u>D</u>	
DCCH	Dedicated Control Channel
DCH	Dedicated Channel
DCR	Drop Call Rate
DL	Downlink
DPCCH	Dedicated Physical Control Channel
DPDCH	Dedicated Physical Data Channel
DS-CDMA	Direct Sequence Code Division Multiple Access
DSCH	Downlink Shared Channel
DTCH	Dedicated Traffic Channel
<u>E</u>	
EIR	Equipment Identity Register
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power
<u>F</u>	
FACH	Fast Access Channel
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
<u>G</u>	
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway MSC
GP	Guard Period
GPEH	General Performance Event Handling
GPRS	General Packet Radio Services
GPS	Global System for Mobile communication
GSHO	Gain of Soft Handover
GSM	Global System for Mobile

Liste des abréviations

GUE Gain d'antenne du mobile

H

HARG Hybrid Automatic Repeat Request

HLR Home Location Register

HO Handover

HHO Hard Handover

HS-DSCH High-Speed Downlink Shared Channel

HSPA High Speed Packet Access

HSPDA High Speed Downlink Packet Access

HSPUA High Speed Uplink Packet Access

I

ID Identifier

IFHO Inter-Frequency Handover

IMSI International Mobile subscriber Identity

IMT-2000 International Mobile Telecommunication 2000

INCT Institut National de Cartographie et de Télédétection

IP Internet Protocol

IRAT Intra-Radio Access Technology

IRATHO Intra-Radio Access Technology Handover

Iu UMTS interface

Iub UMTS Interface between RNC and RNC

Iur UMTS Interface between RNC and RBS

K

KPI Key Performance Indicator

L

LAC Location Area Code

M

MAC Medium Access Control

ME Mobile Equipment

MMS Multimedia Message Service

MS Mobile Station

MSC Mobile Services Switching Centre

Liste des abréviations

N

NACK Negative Acknowledgement

NSS Network SubSystem

O

OSI Open Systems Interconnections

OSS-RC Operations Support System-Radio and Core

OVSF Orthogonal Variable Spreading Factor

P

PCCH Paging Control Channel

PCCPCH Primary Common Control

PCH Paging Channel

PCPCH Physical Common Packet Channel

PDCP Packet Data Convergence Protocol

PDSCH Physical Downlink Shared Channel

PHY Physical Layer

PLR Packets Lost Rate

PN Pseudo random Noise

PRACH Physical Random Access Channel

PS Packet Switched

PUE the maximum UE output power

Q

QoS Quality of Service

QPSK Quadratur Phase Shift Keying

R

RAB Radio Access Bearer

RACH Random Access Channel

RAI Routing Area Identifier

RAKE Récepteur Multi Trajet

RAT Radio Access Technology

RBS Radio Base Station

RF Radio Frequency

RLC Radio Link Controller

Liste des abréviations

RNC	Radio Network Controller
RNIS	Réseau Numérique à Intégration de Services
RNS	Radio Network Subsystem
RRC	Radio Resource Controller
RSSI	Received Signal Strength Indicator
RSCP	Received Signal Code Power
<u>S</u>	
SCH	Synchronization Channel
SCCPCH	Secondary Common Control Physical Channel
SF	Spreading Factor
SGSN	Serving GPRS Support Node
SHO	Soft hand-over
SIR	Signal-to-Interference Ratio
SMS	Short Message Service
SNR	Signal to Noise Ratio
STM	Synchronous Transfer Mode
<u>T</u>	
TCH	Traffic Channel
TCP	Transmission Control Protocol
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TEMS	Test Mobile Systems
TMA	Tower Mounted Amplifier
TPC	Transmit Power Control
TTI	Transmit Time Interval
<u>U</u>	
UE	User Equipment
UETR	User Equipment and cell Traffic Recording
UL	Uplink
UM	Unacknowledged Mode
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USCH	Uplink Shared Channel

Liste des abréviations

USIM	Universal Subscriber Identity Module
UTRA	UMTS Terrestrial Radio Access
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
Uu	Denotation for the air interface in 3GPP
<u>V</u>	
VLR	Visitor Location Register
<u>W</u>	
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WNCS	WCDMA Neighboring Cell Support
WWW	World Wide Web

Abstract

The emergence of the Third Generation Mobile Technology (Commonly known as 3G) was among the last innovation in the field of communication. The first generation included Analog telecommunications standards that were introduced in the 1980s and continued until being replaced by 2G digital telecommunications, which included digital mobile phones [e.g., global system for mobile communications (GSM)]. The 3G brings digital multimedia handsets with high data transmission rates, capable of providing much more than basic voice calls. After initial teething troubles, the technology is finally taking shape. The architecture and the specification are in place. The products and the network rollouts have started and customer base is growing. This can give the customers Internet access at 2Mbps, while he/she is on the move. Although practically, the bit rate is likely to be lower at least in the initial phase.

In WCDMA (access technology of 3G), the coverage and capacity requirement cannot be considered independently but should be planned at the same time with proper guidelines. This relation between coverage and capacity is often referred to as the “breathing effect” of WCDMA. Comparing with TDMA/FDMA technologies, such as GSM, the coverage of a WCDMA network cannot be planned independently of the load on the network. Hence planning of this 3G network takes into account many considerations.

This project involves the basic study of planning of a 3G radio network in a particular area using Atoll planning software.

Résumé

L'émergence de la technologie mobile de troisième génération communément appelé 3G a été parmi les dernières innovations dans le domaine de la communication. La première génération comprend des normes de télécommunication analogiques qui ont été présentés dans les années 1980 et se sont poursuivies jusqu'à ce qu'ils soient remplacés par les télécommunications numériques 2G, qui comprenait les téléphones mobiles numériques [par exemple, le système mondial de communications mobiles (GSM)]. La 3G apporte des combinés multimédias numériques avec un taux de transmission des données élevé, capables de fournir beaucoup plus que des appels vocaux. Après les troubles initiaux, la technologie prend enfin forme. L'architecture et les spécifications sont en place. Les produits et les déploiements réseau ont commencé et la clientèle se développe. Cela peut donner aux clients un accès internet à 2 Mbps, alors qu'il/elle est en mouvement. Bien qu'en pratique, le débit binaire est susceptible d'être inférieur au moins dans la phase initiale.

Dans WCDMA (technologie d'accès 3G), l'exigence de couverture et la capacité ne peuvent être considéré indépendamment mais elles doivent être planifiées en même temps avec les lignes directrices appropriées. Cette relation entre la couverture et la capacité est souvent dénommée « effet de respiration » de WCDMA. En comparant avec les technologies TDMA/FDMA, tels que GSM, la couverture d'un réseau WCDMA ne peut pas être prévu de manière indépendante de la charge sur le réseau. C'est pourquoi la planification du réseau 3G prend en compte plusieurs considérations.

Ce projet comprend l'étude de base de la planification d'un réseau radio 3G dans un domaine particulier à l'aide du logiciel Atoll de la planification.

Introduction Générale

Les communications mobiles ont pris leur essor à la fin des années 90 à travers le déploiement des réseaux de deuxième génération à la norme GSM. Pour autant, les déploiements se poursuivent, non seulement pour maintenir et améliorer la qualité de service, mais aussi pour étendre la couverture, et cela avec la mise en œuvre progressive des réseaux de troisième génération correspondant à la norme UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*), à partir des années 2000.

Grâce aux débits et aux capacités offertes, les nouveaux réseaux permettent la fourniture d'une gamme de services de communications électroniques (navigation Internet, courrier électronique, TV, vidéo à la demande, etc.), ce passage est accompagné d'une révolution dans la technique d'accès, le choix du WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) pour garantir les besoins en débit, il est ainsi crucial pour l'industrie radio- mobile d'entamer une planification dont les procédures et démarches soient à la fois simples, peu coûteuses et robustes tenant compte des tendances de la technologie.

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude nous avons effectué un stage au sein de l'entreprise d'ERICSSON à Alger qui consistait à réaliser la première phase par laquelle tout opérateur doit passer ; la planification des réseaux, visant à garantir une couverture optimale, cette étape est majeure puisque toute tentative d'optimisation se base sur une bonne planification.

Le présent mémoire est organisé en 4 chapitres afin de séparer et d'étudier l'influence de chaque composante majeure de la planification.

Nous commençons par une présentation de la technologie UMTS, étude théorique des principes de bases du réseau mobile 3G, des mécanismes de gestion de la ressource radio intervenant dans la planification seront ensuite exposés. Un point est mis sur l'optimisation économique. En effet, puisque le volet économique est important pour les opérateurs UMTS, un rapport qualité-coût est introduit.

Enfin, une planification détaillée de la ville de Bejaia pour l'opérateur « Mobilis » est réalisée à l'aide d'un outil logiciel puissant 'Atoll'.

Cette étude nous a permis d'élargir nos connaissances sur les réseaux 3G, de toucher de près le travail d'équipe et de profiter de la maîtrise de l'outil de planification Atoll.

Problématique

La planification des systèmes radio mobiles 3G (UMTS) est complexe, donc difficile à résoudre de manière optimale.

Elle pose beaucoup de défis, tant au niveau architectural, qu'au niveau de leur évolutivité. En effet, une bonne connaissance des architectures permet aux planificateurs de mieux gérer les ressources en place, facilitant ainsi l'intégration de technologies plus performantes, en termes de services.

Cette étude passe alors en revue les travaux majeurs traitant des différents aspects du problème de planification des réseaux mobiles, tels qu'abordés dans la littérature. Une description des équipements participant à la planification du réseau sera faite. Cette description permettra de déceler les défis de recherche que les nouvelles technologies apportent au problème de planification.

Chapitre I : Introduction au **réseau UMTS**

I.1. Introduction

L'UMTS (Universal Mobile Telecommunication system) est un système cellulaire de 3^{ème} Génération (3G), de la famille IMT-2000 dont les spécifications techniques ont été développées au sein du 3GPP.

Cette norme basée sur la technologie W-CDMA, résumée dans la formule anyone, anywhere, anytime, signifiant que tout abonné doit pouvoir joindre ou être joint n'importe où et n'importe quand. Le système doit donc permettre l'acheminement des communications indépendamment de la localisation de l'abonné (au domicile, au bureau, en voyage, etc.)

Comme l'évolution du réseau 3G, l'Accès HSPA (High Speed Packet Access) vient pour étendre et améliorer la performance de faire coexister des protocoles WCDMA, c'est une collection de deux protocoles de téléphones mobiles, High Speed DownlinkPacket Access (HSDPA) et High Speed Uplink Packet Access (HSUPA).

Dans ce chapitre nous présenterons les caractéristiques essentielles de l'UMTS dont la plus importante, la technologie WCDMA.

I.2. Présentation de la norme UMTS

I.2.1. Caractéristiques d'un système 3G

Début de la normalisation

La seconde génération de la téléphonie mobile était une normalisation internationale mais par région (GSM en Europe, IS-95 aux états unis et PHS au Japon). Les instances de normalisation se sont ensuite tournées vers un système unique de 3^{ème} génération(UMTS) ; basé sur la technologie WCDMA, standardisé par le 3GPP, sous le nom officiel « 3GPP System », et constitue l'implémentation dominante, d'origine européenne, des spécifications IMT-2000 de l'UIT(Union internationale des télécommunications) pour les systèmes radio cellulaires 3G.

L'UMTS est parfois aussi appelé 3GSM, soulignant la filiation qui a été assurée entre l'UMTS et le standard GSM auquel il succède. [2]

I.2.2. Architecture (topologie) du réseau UMTS (WCDMA)

Une couverture globale de la planète représente une structure cellulaire hiérarchisée ; la taille de la cellule est limitée par les fréquences et la puissance utilisées. En effet, la taille des cellules en UMTS (3G) est relativement petite par rapport à celle du GSM (2G), puisque la 3G utilise des

fréquences plus élevées. Alors que la puissance d'émission est limitée en fonction de la proximité du récepteur par un système de contrôle de puissance intégré aux émetteurs.

Le réseau radio terrestre s'occupe de la couverture terrestre selon une répartition hiérarchisée pico, micro et macro-cellulaire. La composante satellitaire sert pour le roaming mondial et pour compléter la couverture assurée par l'UTRAN. Les pico-cellules sont conçues pour la couverture des bâtiments c'est-à-dire en environnement indoor, les microcellules pour les zones urbaines et les macro-cellules assurent la couverture en environnement rural et les zones suburbaines. Dans la figure I.1 qui suit, la couverture globale d'un réseau UMTS est illustrée.

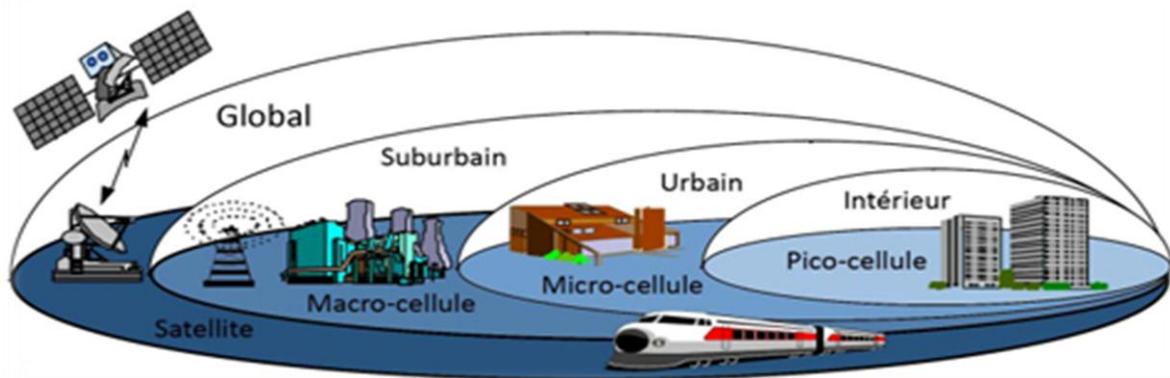


Figure I.1 : Hiérarchie des cellules de l'UMTS

Le réseau UMTS repose ainsi sur une architecture flexible. Cette architecture n'est associée ni à une technique d'accès radio, ni à un ensemble prédéfini de services, ce qui assure sa compatibilité avec d'autres réseaux mobiles de deuxième et troisième génération et garantit son évolution. L'architecture peut être adaptée en fonction des besoins des opérateurs de télécommunications.

Une telle architecture, comme l'illustre la figure I.2, est composée de trois «domaines» : le domaine de l'équipement de l'utilisateur UE (*User Equipment*), celui du réseau d'accès radio «Universel» UTRAN (*Universal Terrestrial Radio Access Network*) et le domaine du réseau cœur CN (*Core Network*). [1]

Chaque domaine réalise une fonction bien précise dans le réseau, tandis que des points d'échange, dénotés par U_u et U_i , servent d'interfaces permettant les échanges entre les différentes parties du réseau (cf. Figure I.3).

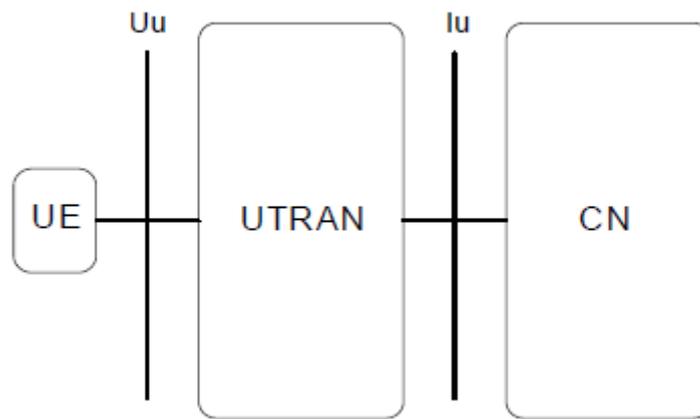


Figure I.2: Architecture globale du réseau UMTS.

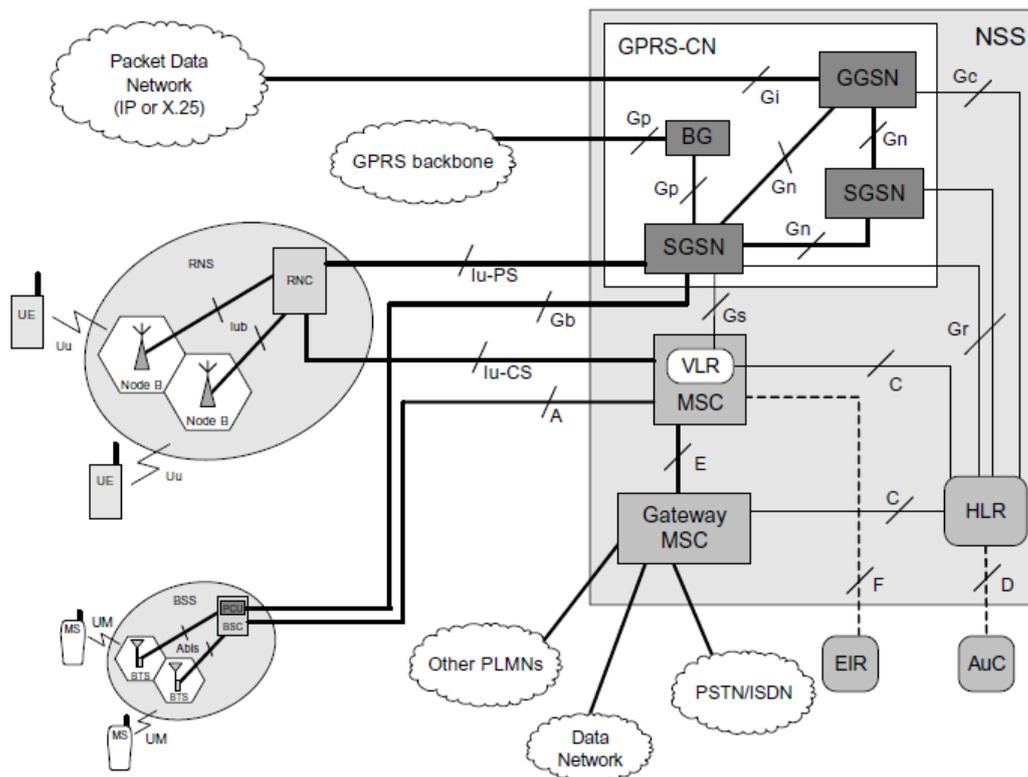


Figure I.3 : Architecture du réseau UMTS

I.2.2.1. L'équipement utilisateur UE (User Equipment)

L'UE se compose de deux parties :

- L'équipement mobile (ME) ou terminal radio utilisé pour la communication radio via l'interface Uu.
- L'UMTS Subscriber Identity Module (USIM) ou carte à puce équivalente à la carte SIM en GSM. Elle détient l'identité de l'abonné, exécute des algorithmes d'authentification, stocke les clés d'authentification et de cryptage, etc. [14]

I.2.2.2. Le réseau d'accès UTRAN (UMTS Radio Access Network)

Le domaine UTRAN est composé d'un ensemble de sous-systèmes nommés RNS (*Radio Network Subsystem*). Le RNS se scinde en deux éléments : celui du Node-B (ou plusieurs Node-B) et celui du RNC (*Radio Controller Network*) (cf.fig. I.1). [7]

- **Nœud B (Node-B)**

Le Nœud-B (Node-B) assure la transmission et la réception radio entre l'UTRAN et les équipements usagers qui se trouvent dans la cellule (équivalent à la BTS des réseaux GSM), ainsi il doit appliquer des procédures telles que l'entrelacement, le codage et le décodage canal pour la correction d'erreurs, l'adaptation du débit, l'étalement du spectre, la modulation/démodulation, le filtrage et l'amplification, etc.

Le Node-B avec l'aide du RNC est l'élément qui fait le contrôle de puissance dans le but de minimiser les interférences intracellulaires tout en augmentant l'autonomie de la batterie de l'UE.

La figure suivante montre les 2 types d'antennes prépondérantes dans les Node-B.

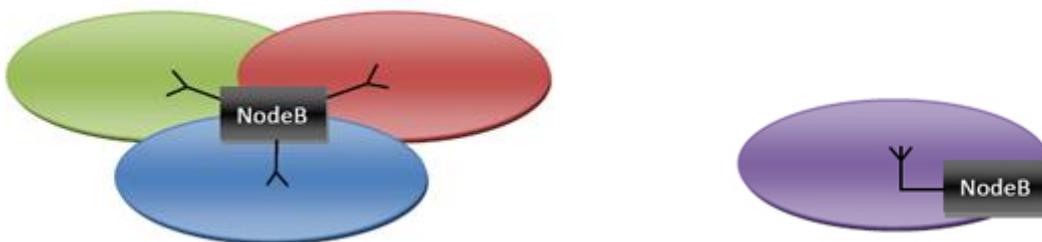


Figure I.4 : Node-B avec antenne sectorielle et Node-B avec antenne omnidirectionnel

- **Le contrôleur RNC (Radio Network Controller)**

Il est équivalent au contrôleur de stations de base utilisé en GSM (BSC pour Base Station Controller), chargé des fonctions suivantes :

- ✓ Le contrôle de puissance en boucle externe ;
- ✓ Le contrôle du handover ;
- ✓ L'allocation des codes en CDMA ;
- ✓ Le séquençement de la transmission de données en mode paquet ;
- ✓ La combinaison/distribution des signaux provenant ou allant vers différents Nœud B dans une situation de macro diversité.

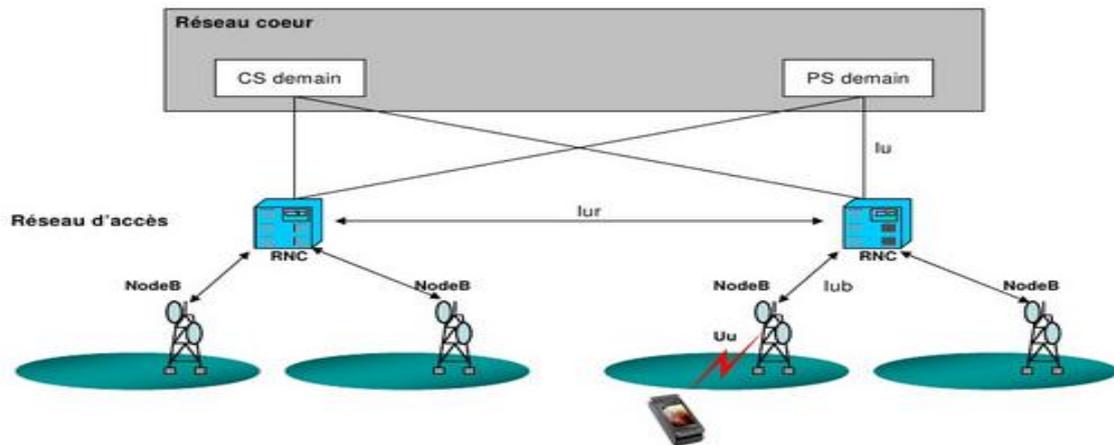


Figure I.5 : Architecture du réseau d'Accès UTRAN

I.2.2.3. Le réseau cœur CN (Core Network)

Le réseau cœur CN (Core Network) regroupe l'ensemble des équipements assurant les fonctions telles que le contrôle d'appels, le contrôle de la sécurité et la gestion de l'interface avec les réseaux externes. Ces derniers se scindent en deux catégories : celle des réseaux circuits (Réseau Numérique à Intégration de Service RNIS) et celle des réseaux paquets (réseau Internet).

Le réseau cœur (CN) permet à l'utilisateur de communiquer à l'intérieur d'un même réseau de téléphonie mobile et assure l'interconnexion de ce dernier avec des réseaux internes ou externes, fixes ou mobiles, numériques ou analogiques et alloue les ressources radio et regroupe l'ensemble des équipements assurant les fonctions telles que :

- ✓ Gestion des appels (établissement, fin, modification) ;
- ✓ Gestion des services souscrits par un abonné ;
- ✓ Mémoire optimisation d'un réseau d'accès ;
- ✓ Contrôle de sécurité (authentification, intégrité, etc.) ;
- ✓ Gestion des interfaces avec les réseaux externes (communication) ;
- ✓ Il regroupe deux sous-réseaux ou « domaines » on a le domaine CS pour (Circuit- Switched) et le domaine PS pour (Packet Switched). [2]

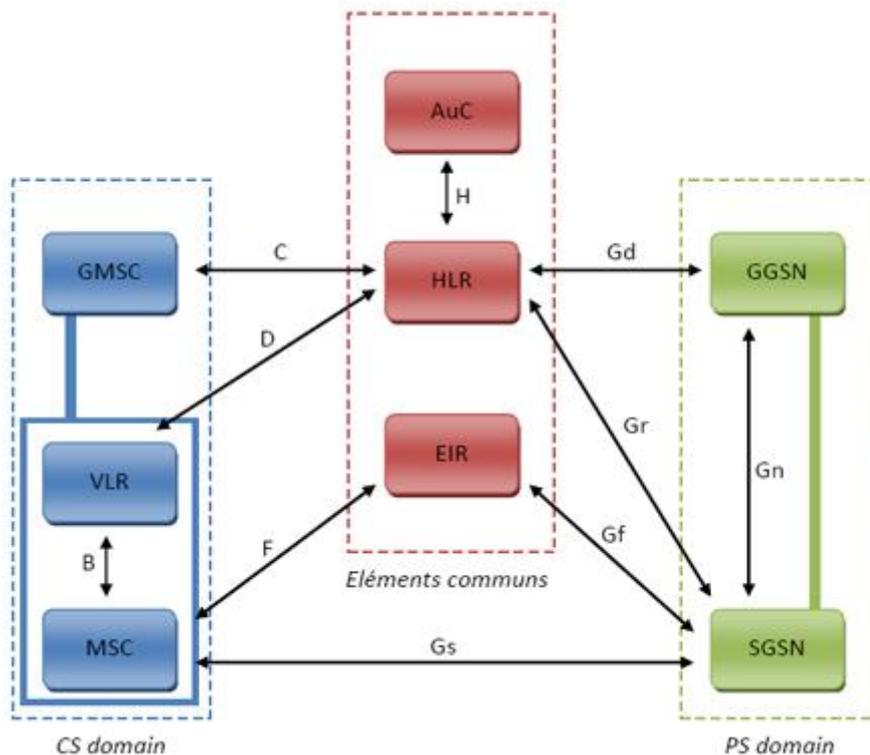


Figure I.6 : Architecture du réseau cœur

- **Le domaine à commutation de paquets (PS)**

Il assure la connexion aux réseaux utilisant le protocole IP (Intranet, WAP) et aux réseaux X.25.

Il est plus approprié à la transmission de données et composé de plusieurs modules :

- ✓ Le SGSN (Serving GPRS Support Node) : Il achemine les paquets de données, exécute les procédures de routage, la gestion de la mobilité et l'authentification.
- ✓ Le GGSN (Gateway GPRS Support Node) : est une passerelle vers les réseaux à commutation de paquets externes tels que l'Internet, le X.25, etc.
- ✓ Le débit du domaine paquet est sept fois plus rapide que le mode circuit, environ 2Mbits/s.

[14]

- **Le domaine à commutation de circuits (CS)**

Il est chargé de la transmission de la voix, de la transmission des messages courts, fax et des services de type temps réel dédiés aux conversations téléphoniques (visiophonie, jeux vidéo). Ces applications nécessitent un temps de transfert rapide, le débit du mode circuit est de 384kbps, constitué notamment de :[11]

MSC/VLR

Le MSC (Mobile Switching Center) et VLR (Visitor Location Register) sont le commutateur et la base de données servant à l'UE dans son emplacement actuel pour le circuit des services commutés.

GMSC

Le Gateway MSC (GMSC) est le SMC à l'endroit où l'UMTS PLMN est connecté au circuit externe Des réseaux commutés.

- **Eléments communs**

AuC

L'AuC (Authentication Center) est en charge de l'authentification de l'abonné, ainsi que du chiffrement de la communication. Si une de ces deux fonctions n'est pas respectée, la communication est rejetée. L'Auc se base sur le HLR afin de récupérer les informations relatives à l'utilisateur et pour ainsi créer une clé d'identification.

EIR

L'EIR (Equipment Identity Register) est en charge de la gestion des vols des équipements usagers. Il est en possession d'une liste des mobiles black listés par un numéro unique propre à chaque équipement usager, le numéro IMEI (International Mobile station Equipment Identity).

HLR

Le HLR (Home Location Register) est un élément commun aussi bien pour le domaine de paquet que pour le domaine de circuit. Il s'agit d'une base de données contenant les profils et toutes les informations concernant les données.

I.2.2.4. Les Interfaces

Les spécifications de l'UMTS sont structurées de telle façon que les fonctionnalités internes des éléments du réseau ne sont pas définies en détails. Donc il est important de connaître les interfaces entre les éléments logiques du réseau. [7-12]

Introduction au réseau UMTS

La structure et l'architecture générique des interfaces du réseau UTRAN est représentée respectivement dans le tableau I.1 et la figure I.7 ci-dessous :

Interface	Localisation	Bref description
Uu	UE-UTRAN	Interface radio qui permet au mobile de communiquer avec l'UTRAN
Iu	UTRAN-réseau cœur	Iu-CS permet au RNC de communiquer avec le MSC/VLR
		Iu-PS permet au RNC de communiquer avec le SGSN
Iur	RNC-RNC	Communication entre deux RNC notamment dans le cadre de la procédure de macro diversité
Iub	Node B-RNC	Communication entre le Node B et RNC

Tableau I.1 : Les interfaces du réseau d'accès UTRAN

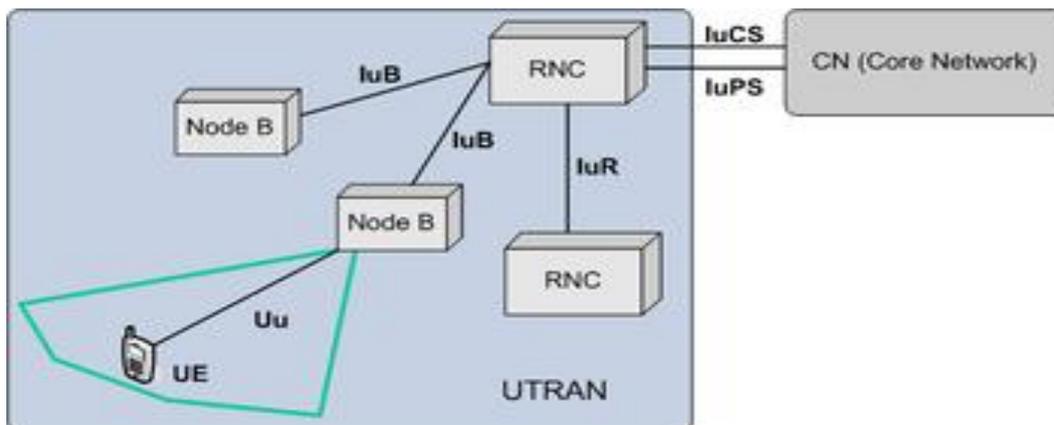


Figure I.7 : Les interfaces du réseau d'accès UTRAN

Architecture en couches

L'interface radio de l'UTRAN est structurée en couches dont les protocoles se basent sur les trois premières couches du modèle OSI (respectivement la couche physique, la couche liaison de données et la couche réseau). [14]

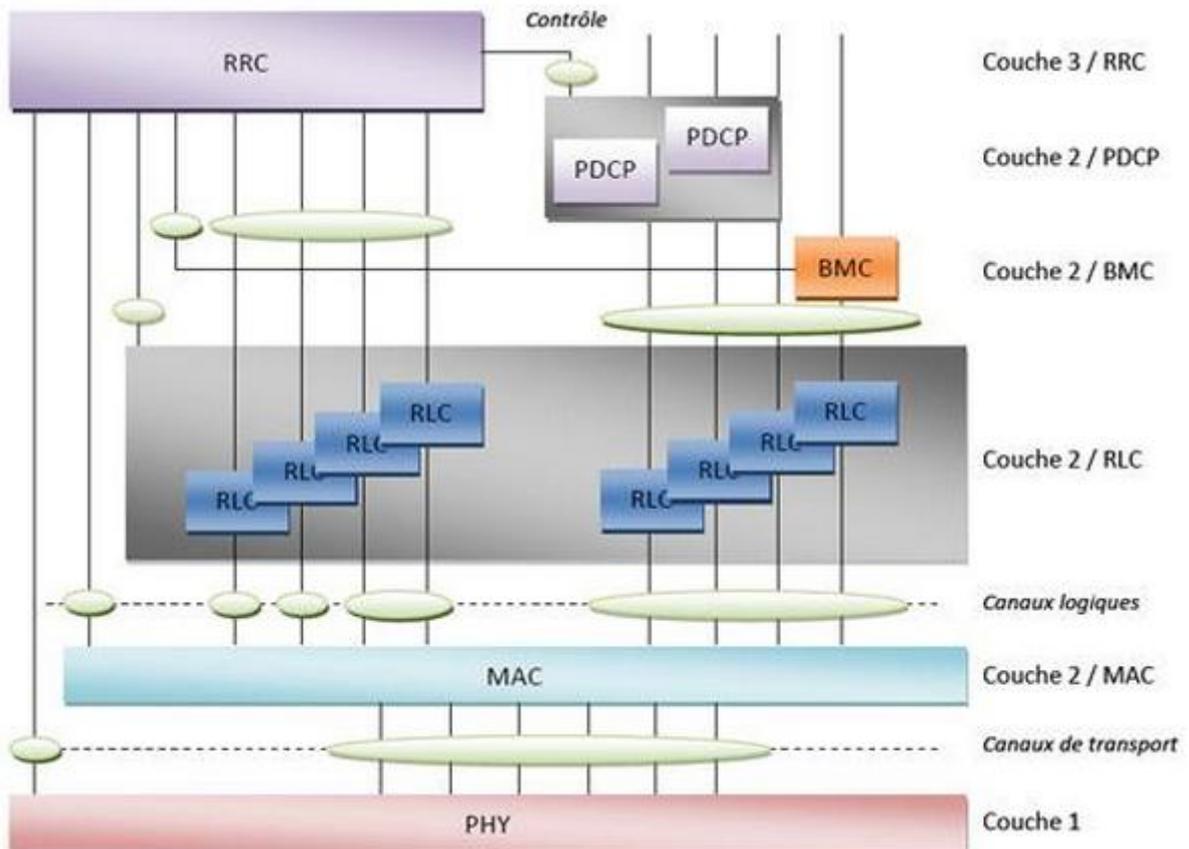


Figure I.8 : Vue en couches de l'interface radio UTRAN

- **Couche 1**

La couche PHY représente la couche physique de l'interface radio qui réalise les fonctions de codage, décodage, modulation et étalement du spectre à travers le WCDMA.

- **Couche 2**

Cette couche est divisée en quatre sous couches :

- ✓ Sous-couche MAC (*Medium Access Control*) : a pour rôle de multiplexer les données sur les canaux de transport radio, d'associer les canaux logiques avec les canaux de transport et d'assurer la gestion des priorités lors de la transmission.
- ✓ Sous-couche RLC (*Radio Link Control*) : permet la fiabilité du transport des données entre deux équipements du réseau.

- ✓ La sous-couche BMC (*Broadcast/Multicast Control*) : assure les fonctions de diffusion de messages sur l'interface radio.
- ✓ Sous-couche PDCP (*Packet Data Convergence Protocol*) : permet de compresser les données via des algorithmes de compression. Cela permet d'exploiter plus efficacement les ressources radio. PDCP compresse les en-têtes des paquets TCP/IP.

- **Couche 3**

La couche RRC (*radio resource control*) : gère la connexion de signalisation établie entre le réseau d'accès et l'équipement usager, utilisée lors de l'établissement ou de la libération de la communication.

I.3. Concepts du WCDMA

I.3.1. LE CDMA (CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS)

C'est une technique d'accès multiple grâce à laquelle les différents utilisateurs peuvent communiquer simultanément dans une même bande de fréquences. La distinction entre les différents utilisateurs s'effectue grâce à un code qui leur est attribué et connu exclusivement par l'émetteur et le récepteur. Si l'on considère les systèmes basés sur le FDMA et le TDMA, on s'aperçoit que leur capacité est limitée par la bande de fréquences allouée à chaque utilisateur.

La capacité d'un système basé sur le CDMA est limitée, notamment par le niveau d'interférence dans le réseau. [2]

I.3.1.1. Principe de l'étalement de spectre du WCDMA

WCDMA est une technique de modulation à étalement de spectre; qui utilise des canaux dont la largeur de bande est beaucoup plus grande que celle des données à transférer.

Le WCDMA réalise un étalement de spectre selon la méthode de répartition par séquence directe (*Direct Sequence*). Pour cela, chaque bit de l'utilisateur à transmettre est multiplié (*OU exclusif*) par un code pseudo aléatoire PN (*Pseudo random Noise code*) propre à cet utilisateur. La séquence du code (constituée de N éléments appelés "chips") est unique pour cet utilisateur, et constitue la clé de codage. Cette dernière est conservée si le symbole de donnée est égal à 1, sinon elle est inversée. La longueur L du code est appelée facteur d'étalement SF (*Spreading Factor*).

Si chacun des symboles a une durée T_b , on a 1 chip toutes les T_b/N secondes. Le niveau de signal modulé a un débit N fois plus grand que le signal initialement envoyé par l'utilisateur et utilisera donc une bande de fréquences N fois plus étendue. [14]

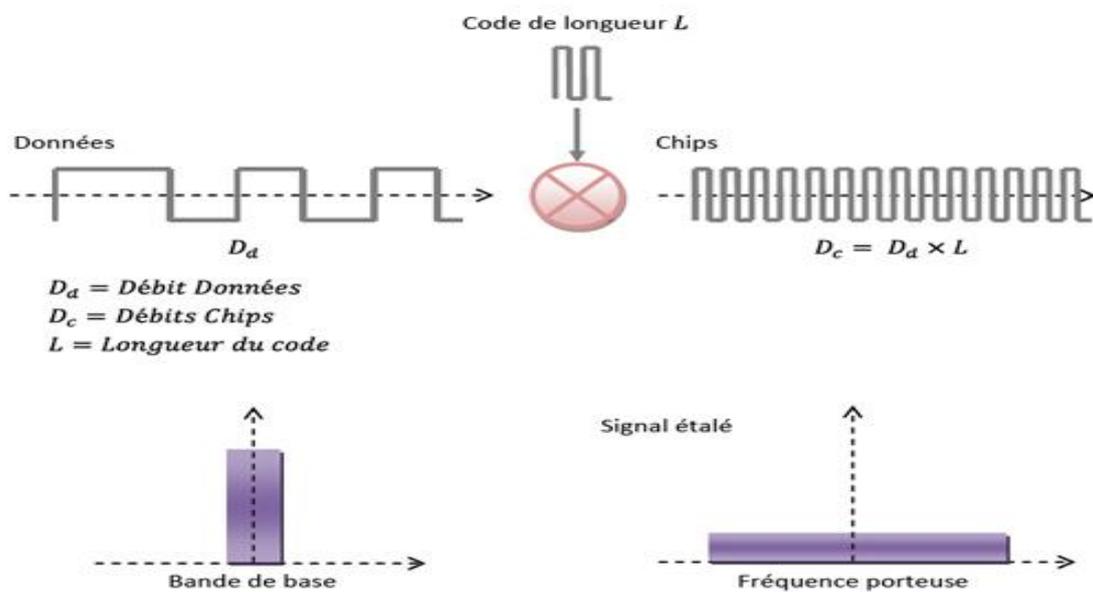


Figure I.9 : Principe de l'étalement de spectre

I.3.1.2. Les Codes d'étalement utilisés dans le W-CDMA

- **Codes de canalisation (channelization code) ou codes OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor)**

Afin de distinguer les utilisateurs et différencier des canaux distincts, on se sert de codes orthogonaux appelés OVSF. L'utilisation de ces codes permet de modifier le facteur d'étalement et de maintenir l'orthogonalité des différents codes d'étalement même si ces derniers sont de longueurs différentes.

Ces codes sont extraits d'une famille de codes orthogonaux dite 'famille de Walsh'. Ils sont engendrés par l'arbre de Walsh à condition de ne pas utiliser les codes issus d'une même branche mère en même temps.

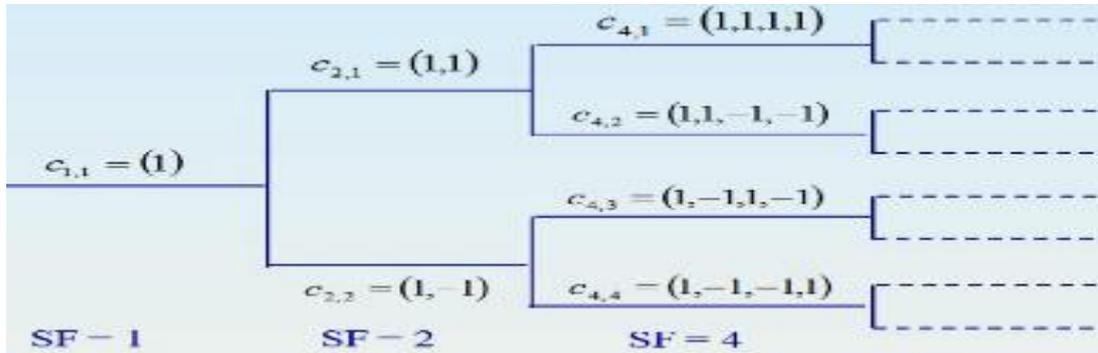


Figure I.10 : L'arbre des codes de canalisation OVFS

Le SF (*Spreading Factor*), ou encore gain de traitement, est le rapport entre la bande après et celle avant étalement, $SF = D_{chip} / D_{symbole}$ (puisque $D_{chip} = \text{constant} = 3.84 \text{ Mcps}$). Ces codes doivent être orthogonaux en Downlink et pas nécessairement en Uplink.

Les codes OVFS présentent certaines limites. En effet, ils ne peuvent pas être utilisés simultanément au sein d'une même cellule puisqu'ils ne sont pas tous orthogonaux entre eux. Le code d'une branche est fortement lié à celui de sa racine et de ses fils, ce qui empêche de les utiliser simultanément. Lorsqu'un code est alloué, tous les codes issus de ces branches ne peuvent pas être utilisés. [3]

- **Codes d'embrouillage**

L'embrouillage ou scrambling est une opération effectuée par l'émetteur, permettant de séparer les différents signaux d'un même terminal ou d'un même Node-B. Cette opération réalisée juste après l'étalement ne modifie ni la bande passante ni le débit, elle se limite juste à séparer les différents signaux les uns des autres.

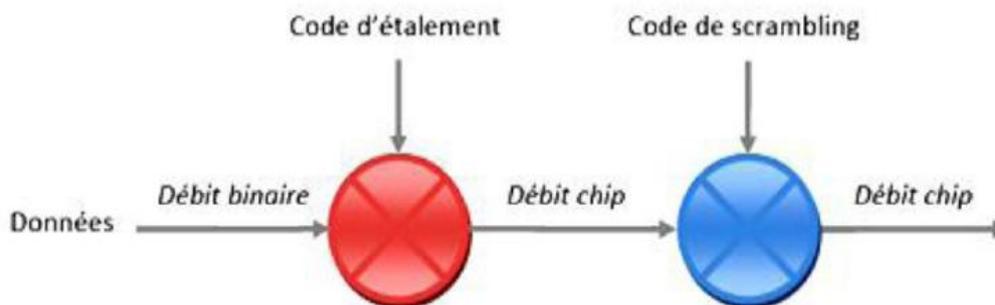


Figure I.11 : Le mécanisme de brouillage (scrambling)

I.3.1.3. Étalement de spectre par séquence directe (DS-CDMA)

L'étalement de spectre est considéré comme une forme de modulation, car les données d'origine sont transformées de telle sorte que la largeur du spectre nécessaire après transformation soit supérieure à celle des données d'origine. Cette transformation peut être effectuée de plusieurs manières différentes. Dans notre cas, ça sera le DS-CDMA (*direct-séquence code-division multiple-Access*) ou CDMA à séquence directe, qui est la technique d'étalement la plus répandue dans les systèmes de radiocommunication mobile. Elle est à la base des systèmes de deuxième génération (comme CDMAOne) et de troisième génération (comme W-CDMA, CDMA2000).

I.3.2. Les modes de fonctionnement en WCDMA

Le WCDMA possède deux modes de fonctionnement :

- Frequency Division Duplex (FDD) : Dans ce mode, deux bandes de 5MHz sont utilisées, l'une pour le sens montant (UL), l'autre pour le sens descendant (DL). Ces deux bandes de fréquences doivent être séparées par un minimum de 190 MHz. Chaque bande est partagée entre plusieurs utilisateurs séparés par des codes de canalisation qui offrent une signature unique à chacun d'eux.[13-1]

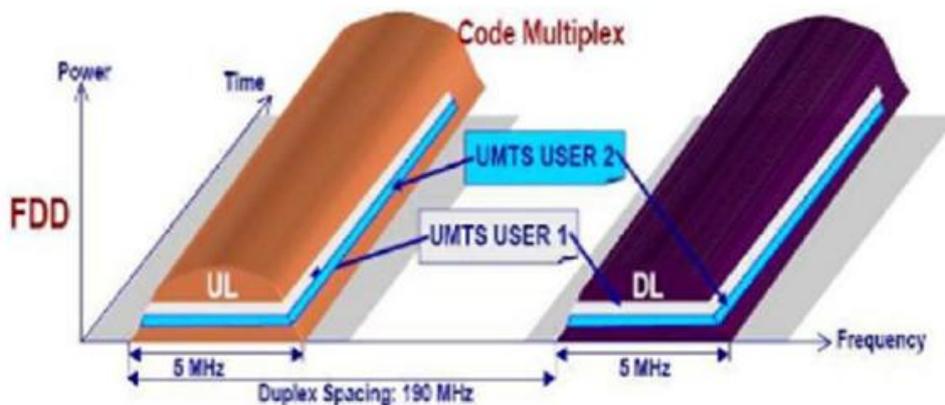


Figure I.12 : Le mode de duplexage FDD

- Time Division Duplex (TDD) : Dans ce mode, une seule et unique fréquence est utilisée alternativement par les deux voies de communications. Cette technique est la plus flexible lorsque le spectre n'est disponible qu'en quantité limitée. De plus, des propositions techniques concernant ce mode ont été générées du fait qu'un certain nombre d'autorités nationales allocataires de spectre, ont alloué pour chaque opérateur candidat à l'achat d'une

licence UMTS en mode FDD (par exemple sur 15 MHz), un bout de bande de 5MHz supplémentaire supposé servir le TDD. [13]

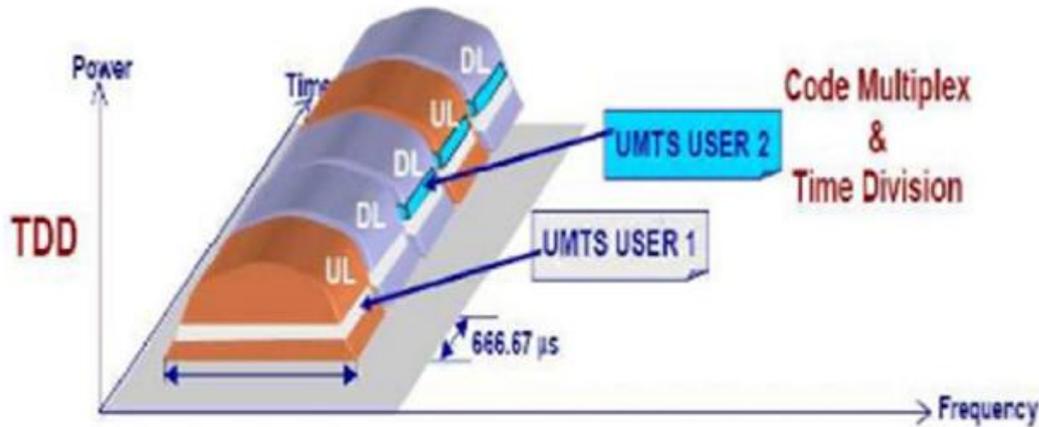


Figure I.13 : Le mode de duplexage TDD

Le mode FDD est mieux adapté pour les macros cellules et le mode TDD pour les applications de débit asymétrique (micros cellules).

I.3.3. Le contrôle de puissance

Les systèmes WCDMA sont connus par la sensibilité de leur interface air aux interférences. Ceci est dû au fait que tous les utilisateurs transmettent à la même fréquence, avec chacun, un code qui le caractérise. Pour remédier à cette sensibilité, une bonne gestion de cette interface s'avère nécessaire. En effet, le contrôle de puissance surveille d'une façon continue la qualité du lien radio en ajustant la puissance du Node-B (Nœud B) et du UE. Le but de cette fonction est de s'assurer que chaque utilisateur dans le réseau ne reçoit et ne transmet que l'énergie suffisante au maintien de la connexion. [2]

I.3.3.1 Le contrôle de puissance sur le lien montant

Trois boucles de contrôle de puissance sont mises en œuvre : [2]

❖ Le contrôle de puissance en boucle ouverte « Open-loop power control »

Il s'applique exclusivement dans la voie montante, utilisé pour initialiser le niveau de puissance au début de la communication. L'UE estime la puissance minimale nécessaire pour la transmission en calculant l'affaiblissement de parcours (*pathloss*) entre le mobile et le Nœud B en se référant à la puissance du signal reçu et l'utilise pour envoyer une demande d'accès au Nœud B. S'il ne reçoit pas de réponse de la part du Nœud B, il fait une demande d'accès en utilisant une puissance un peu plus élevée.

❖ Le contrôle de puissance en boucle fermée « Closed-loop power control »

Il est appliqué seulement pour les connexions des canaux dédiés. Le Node B mesure le rapport E_b/N_0 reçu sur le lien montant et le compare par rapport à l' E_b/N_0 cible qui dépend de la nature de la communication en cours. S'il est supérieur à ce dernier il demande au UE de baisser sa puissance d'émission et vice versa. Ce principe est aussi utilisé dans le sens descendant, bien que dans ce cas les signaux proviennent du Node B. Il est souhaitable que la puissance destinée aux terminaux mobiles qui se trouve en bordure de cellule soit la plus faible possible afin de minimiser les interférences intercellulaires.

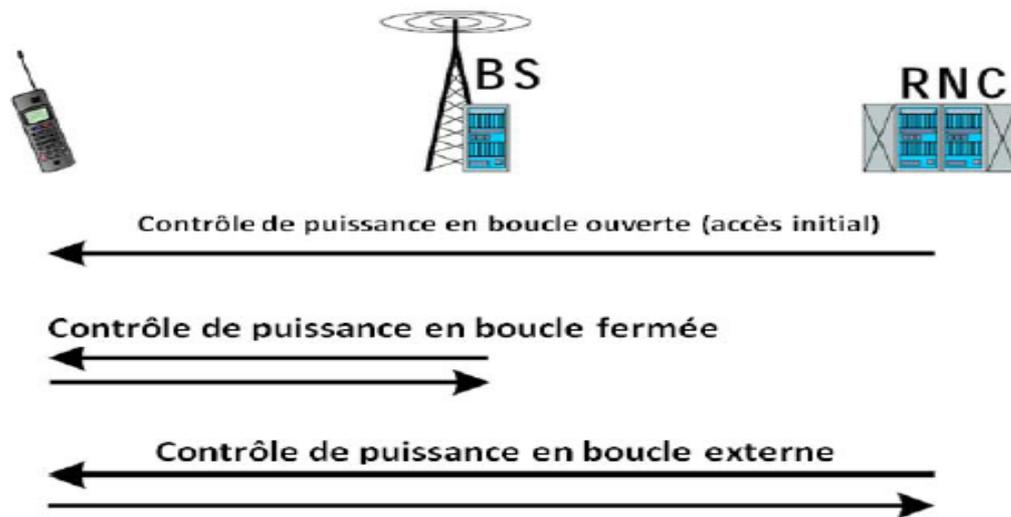


Figure I.14 : Différents types de contrôle de puissance

❖ Le contrôle de puissance externe « Outer-Loop Power Control »

Le but de ce mécanisme est d'ajuster la valeur de SIR au niveau de la BTS et du l'UE. Cette valeur est fixée d'après une mesure du pourcentage de trames erronées.

I.3.3.2 Contrôle de puissance sur le lien descendant

Il y'a uniquement un contrôle de puissance rapide en boucle fermée. Chaque mobile demande au nœud B d'augmenter ou de diminuer sa puissance d'émission de tous les slots sur le code de canalisation correspondant. Si beaucoup de mobiles demandent une augmentation de puissance, il faut transférer certains mobiles sur des cellules moins chargées.

I.3.4 .Le Handover

Le handover est par définition le transfert automatique intercellulaire ou intracellulaire. Il permet d'éviter les coupures de communication en bordure de cellule et réduit significativement l'interférence créée dans le réseau.

I.3.4.1. Le Softer Handover

Le softer handover se produit quand les stations de base sont sectorisées. Ainsi, quand le terminal mobile se trouve dans une zone de couverture commune à deux secteurs adjacents d'une même station de base, les communications avec la station de base empruntent simultanément deux canaux radio, un pour chaque secteur. Deux codes d'étalement doivent alors être utilisés dans le sens DL afin que le terminal mobile puisse distinguer les deux signaux issus des deux secteurs et on a donc deux connexions simultanées pour cet usager. Dans le sens UL, les signaux provenant du terminal sont reçus par les deux secteurs de la station de base et routés vers le même récepteur. Les signaux sont ainsi combinés au niveau de la station de base. On compte généralement 5 à 10 % des terminaux mobiles d'une cellule qui sont en situation de softer handover. [2]

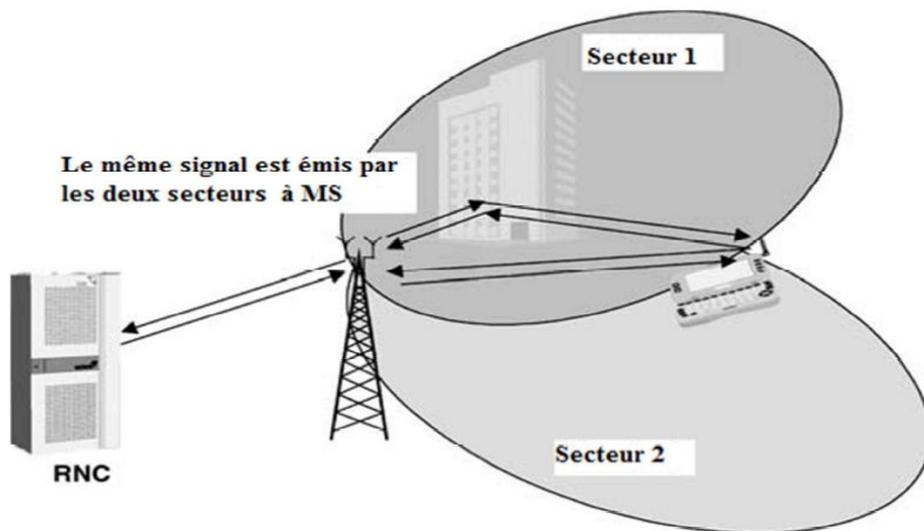


Figure I.15: Softer Handover

I.3.4.2. Le Soft Handover

Durant un Soft Handover, le terminal mobile se trouve dans la zone de couverture commune à deux stations de base. L'état où un mobile est en liaison avec deux stations de base ou plus est appelé macro diversité. Les communications entre le terminal mobile et les stations de base utilisent simultanément deux canaux radio, un pour chaque station de base. Du point de vue du terminal

mobile, il existe très peu de différences entre le softer et le soft Handover. En revanche, dans le sens UL ces deux Handover diffèrent car, dans le cas du soft Handover, les signaux reçus par les stations de base sont routés et combinés au niveau du RNC. Cela permet à cette dernière de sélectionner la meilleure trame reçue. Un usager mobile peut être en situation de soft Handover avec deux, trois ou quatre stations de base. S'il quitte la zone de couverture commune pour se rapprocher d'une station de base, alors cette dernière le prend en charge. Le soft Handover permet de limiter la perte de connexion quand un usager se déplace vers une autre cellule. On considère que 20 à 40 % des usagers sont en situation de soft Handover. Il est donc indispensable de prendre en compte les connexions supplémentaires dans une cellule dues au soft Handover lors du dimensionnement du réseau. [2]

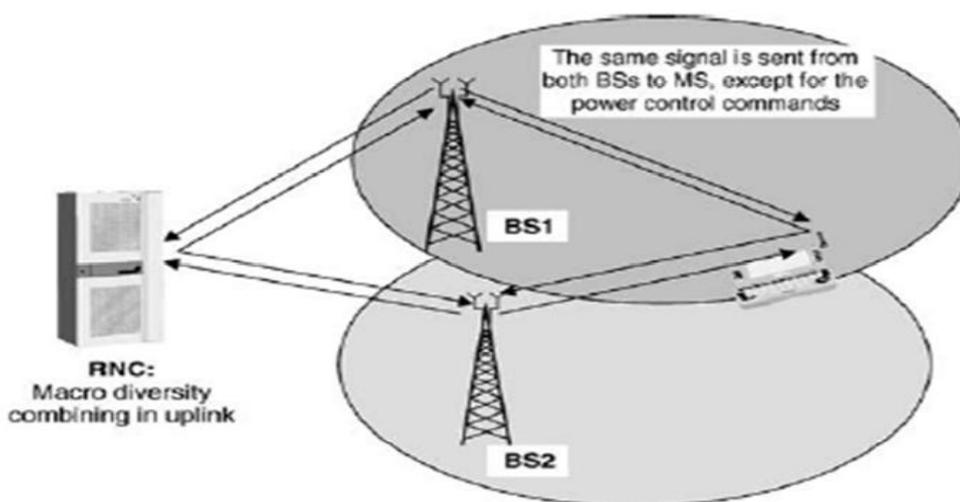


Figure I.16: Soft Handover

I.3.4.3. Le Hard Handover

Il existe deux types de hard Handover : le hard Handover inter-fréquences qui permet à un terminal mobile de passer d'un spectre de fréquence à un autre et le hard Handover inter-systèmes qui permet au terminal mobile de passer d'un système à un autre comme d'un mode FDD à un mode TDD ou pour passer d'un système 2G à un système 3G (pendant la période de coexistence des deux systèmes).[2]

I.4. Les canaux radio

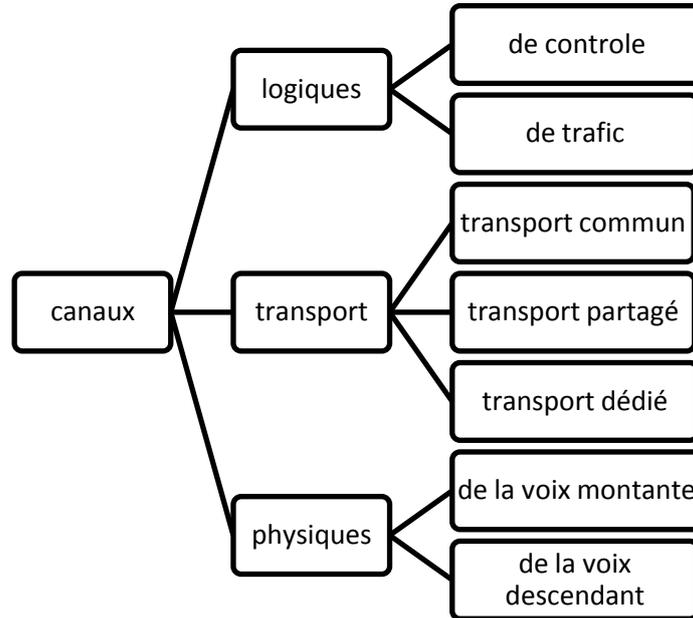


Figure I.17 : Les différents canaux radio existant

La correspondance entre les canaux logiques et les canaux de transport qui les supportent, ainsi qu’entre ces et les canaux physiques qui les véhiculent est illustrés par la figure 1.18. [11]

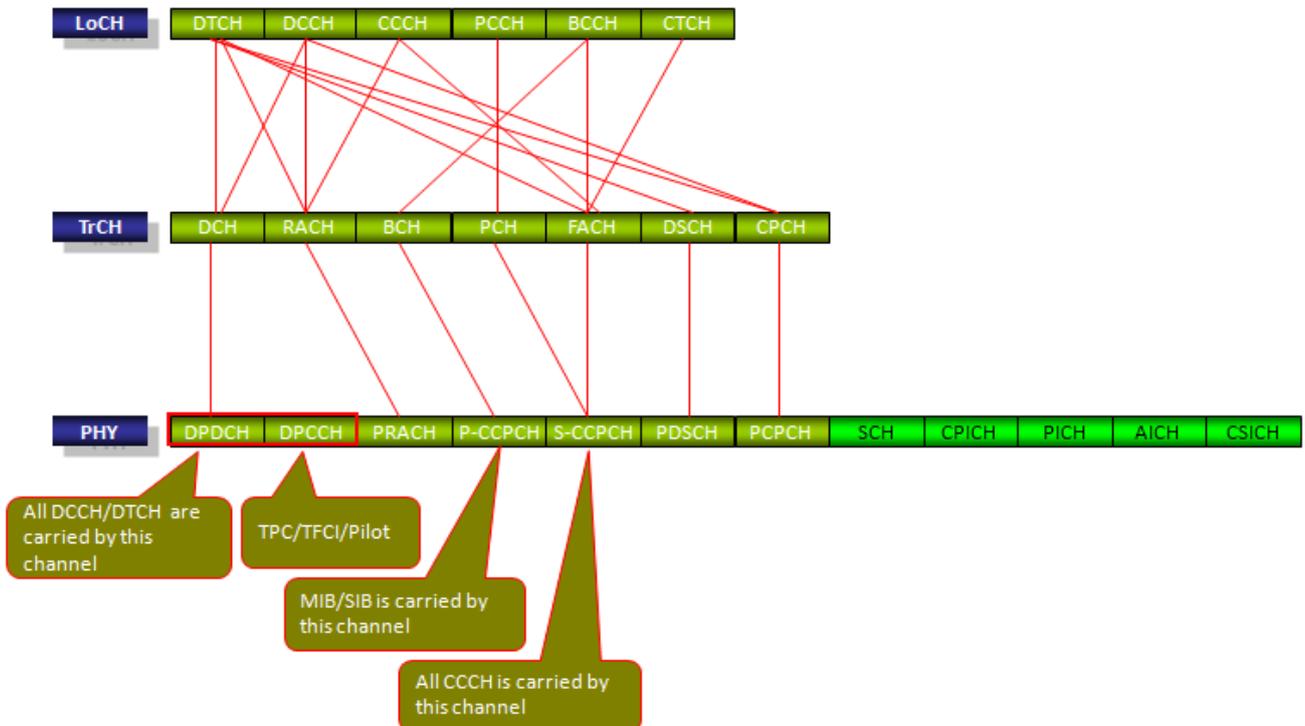


Figure I.18 : Les canaux radio

I.4.1. Les canaux logiques

Les canaux logiques sont définie selon l'information transportée, nous distinguons alors deux classes de canaux logiques, ceux pour le contrôle et ceux pour le trafic comme illustré ci-dessous :

	Nom	Rôle
Trafic	DTCH (Dedicates Traffic CHannel)	Pour le transfert des données à un utilisateur ; bidirectionnel
	CTCH (Common Traffic CHannel)	Canal point à multipoint pour le transfert de données à un groupe d'utilisateur ; DL uniquement
Contrôle	BCCH (Broadcast Control CHannel)	Pour la diffusion d'information système ; DL uniquement
	PCCH (Paging Control Channel)	Pour le paging ; DL Uniquement
	DCCH (Dedicated Control CHannel)	Pour le transfert d'information de contrôle (établissement d'appel, Hand-over, etc.) dédiée à un utilisateur ; bidirectionnel
	CCCH (Common Control CHannel)	Pour le transfert d'information de contrôle partagée par les utilisateurs (accès initial, réponse à l'accès initial) ; bidirectionnel.

Tableau I.2 : Les canaux logique de l'UMTS

I.4.2. Canaux de transport

Les canaux de transport se divisent en trois :

- ❖ les canaux de transport communs utilisés pour le transfert d'information d'un ou de plusieurs UE.

- ❖ les canaux de transport partagés utilisés pour le transport des données de contrôle ou de trafic uniquement en voie descendante et partagés dynamiquement par différents utilisateurs.
- ❖ Les canaux de transport dédiés sont des canaux point à point dédiés à un seul UE, transportent des données de contrôle ou de trafic. Le Tableau I.3 synthétise les canaux logiques du mode FDD et TDD de l'UMTS. [7]

Les canaux	Description
Dedicated Channel (DCH)	- Canal bidirectionnel - Dédié uniquement pour un seul utilisateur
Les canaux Downlink	
Broadcast channel (BCH)	Emission d'informations du système et de la cellule spécifique
Paging channel (PCH)	Transmission de pagination et messages d'avis
Forward access channel (FACH)	Porter les petites quantités de données d'utilisateur
Downlink shared channel (DSCH)	Utilisé pour contrôle dédié ou données de trafic
Les canaux Uplink	
Random access channel (RACH)	Initie l'accès ou le contrôle dédié en temps non réel ou les données de trafic
Common packet channel (CPCH)	-Seulement en mode FDD -Transmission de burst données de trafic
Uplink shared channel (USCH)	-Seulement en mode TDD -Porte le contrôle dédié ou des données de trafic

Tableau I. 3: Les canaux de transport de l'UMTS

I.4.3. Les canaux physiques

Sont les ressources utilisées sur l'interface radio pour la transmission des informations. Les canaux dédiés existent dans les deux sens de communication : la liaison montante et la liaison descendante. [7]

Introduction au réseau UMTS

	Nom	Rôle
Dédiés	DPDCH (Dedicated Physical data channel)	Pour le transport des données dédiées à un utilisateur ; bidirectionnel
	DPCCH (Dedicated Physical control channel)	Pour le contrôle du DPDCH ; Bidirectionnel
Communs (visibles des couches supérieures)	PRACH (Physical random access channel)	Pour l'accès initial des mobiles dans le réseau ; UL uniquement
	PCPCH (Physical common packet channel)	Canal partagé montant ; UL uniquement
	PDSCH (Physical downlink shared channel)	Canal partagé pour des transmissions descendantes sporadiques ; DL uniquement
	PCCPCH (Primary common control Physical channel)SCCPCH(secondary Common control Physical channel)	Diffusion d'information système (primary) ; paging et réponse des couches hautes aux accès initiaux(secondary) ; DL uniquement
Communs (uniquement couche physique)	AICH (acquisition indicator channel)	Pour une réponse de la couche physique aux accès initiaux ; DL uniquement
	SCH (synchronization channel)	Permet au mobile de se synchroniser au réseau ; DL uniquement
	CPICH (common pilot channel)	Canal pilote commun ; permet au mobile de se synchroniser sur la cellule et d'estimer la puissance reçue (mesure à l'origine des Hand-over).

Tableau I. 4: Les canaux physique de l'UMTS

I.5. Evolution de l'UMTS

I.5.1. HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)

La technologie HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) représente la première étape d'évolution de la méthode d'accès du réseau mobile de troisième génération UMTS (*Universal Mobile Telecommunications Service*). Cette technologie permet d'obtenir des débits théoriques supérieurs à 10Mbps sur le lien descendant et de supporter des services à valeur ajoutée, tels que l'accès Internet à haute vitesse, le téléchargement des fichiers audio et vidéo, la réception de programmes télévisés et la visiophonie. Parmi ces propriétés, nous retrouvons des techniques connues et utilisées dans des standards d'évolution tel que le GSM/EDGE et que l'on résume par les points suivants :

- La technique de modulation et de codage adaptatifs AMC (*Adaptive Modulation and Coding*).
- Une méthode de retransmission hybride rapide appelée H-ARQ (*Hybrid Automatic Repeat Request*).
- Des algorithmes d'ordonnancement rapide de paquets (*Fast Packet Scheduling*).

Le HSDPA se caractérise par des performances dix fois plus avantageuses à la 3G (UMTS en version R'99).

L'inconvénient de cette technologie est le débit montant (UL) qui reste inchangé à 384Kbit/s. Le HSDPA offre la possibilité de télécharger à des débits de l'ordre de 14,4Mbit/s.

Il se base sur la technologie de transmission WCDMA (Wideband-Code Division Multiple Access).[11]

I.5.2. HSUPA (High Speed Uplink Packet Access)

La technologie HSUPA suit HSDPA, elle permet de transférer des contenus multimédias volumineux. Elle porte le débit montant à 5,8 Mbit/s et offre une voie montante qui assure un transfert plus rapide et plus efficace. Elle est caractérisée par la technique de retransmission HARQ. Ce système a introduit des nouveaux canaux physiques tels que l'E-DPDCH (Enhanced Dedicated Physical Data Channel) et l'E-DPCCH (Enhanced Dedicated Physical Control Channel) pour l'acheminement des informations utilisateurs dans le sens montant et les canaux physiques de contrôle E-HICH (Enhanced DCH Hybrid ARQ Indicator Channel), E-AGCH (Absolute Grant Channel) et E-RGCH (Enhanced Relative Grant Channel) dans le sens descendant.[11]

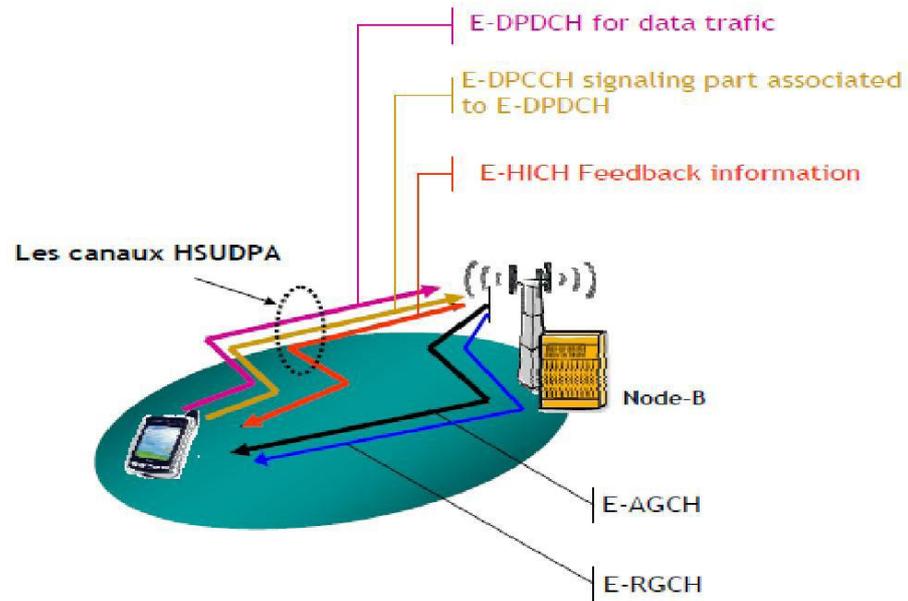


Figure I.19 : Canaux introduits pour le support du HSUPA

Conclusion

La 3G désigne la troisième génération du réseau de téléphonie mobile qui a succédé au réseau GSM (Global System for Mobil Communication).

Ce chapitre décrit l'Architecture du WCDMA et la portée du WCDMA dans le présent.

Le WCDMA est maintenant une technologie populaire et exigeante. Entre autre il décrit la structure de base, les caractéristiques du WCDMA, etc.

L'arrivée du HSDPA et du HSUPA vont permettre d'amplifier ce phénomène et d'élargir les possibilités de mobilité à des usages de remplacement des connexions haut débit filaires. Encore faut-il que la qualité et l'offre suivent.

CHAPITRE II :
Processus de Planification du
réseau WCDMA

II.1. Introduction

L'ingénierie d'un système radio est un processus qui définit les étapes suivantes: visites de zone, mesures, planifications, documentations, qui sont requises pour fournir un plan radio d'un réseau sur un endroit géographique.

La planification d'un réseau cellulaire, demande une bonne connaissance de l'interface air WCDMA afin de mieux gérer les ressources radio disponibles. Ceci inclut la connaissance des propriétés naturelles du milieu de propagation, et des processus de gestion des ressources radio qui accompagnent la technologie WCDMA ; ceci facilite l'estimation des marges qui en dépendent lors de l'établissement du bilan de liaison.

Les processus de gestion des ressources radio les plus importants sont le contrôle de puissance et le Handover, qui sont déjà utilisés dans les réseaux 2G, mais qui ont connu une nette amélioration avec le WCDMA.

De plus, les procédures de planification d'un tel système doivent être définies rigoureusement et effectuées suivant différentes étapes afin de bien gérer les influences entre couverture, capacité et qualité. Ces trois paramètres doivent être bien optimisés dans le but d'atteindre une efficacité sur le coût et sur la qualité de service.

Ce chapitre donne un aperçu du processus de planification d'un réseau 3G. L'accent est mis sur l'interdépendance entre la couverture et la capacité. Nous étendons l'importance d'introduire des procédures automatisées dans ces tâches difficiles et décrivons les entrées et sorties de ces procédures, telles que la configuration initiale du réseau et des contraintes, des données de Drive Test, et les principaux indicateurs de performance et les statistiques principaux objectifs. Nous citerons un cas d'étude d'un système 3G opérationnel pour indiquer les améliorations sur le réseau lorsque ces procédures automatisées sont employées.

II.2. Concepts généraux

Avant d'entamer cette partie, nous commençons par introduire quelques notions générales fortement liées à la planification et au déploiement.

II.2.1. Évaluation des interférences

❖ Interférence intracellulaire

Elle représente l'interférence mutuelle entre les utilisateurs d'une même cellule. Des codes orthogonaux sont utilisés à la fois dans la voie descendante et dans la voie montante, pour dé-corréler les signaux des différents usagers et annuler toute interférence mutuelle.

❖ Interférence intercellulaire

Dans le sens montant, l'interférence intercellulaire représente les interférences dues aux signaux envoyés par les mobiles des cellules voisines et qui viennent constituer du bruit supplémentaire au niveau de la réception à la station de base de la cellule. Dans le sens descendant, l'interférence intercellulaire représente les interférences dues aux signaux envoyés par les stations de base des cellules voisines et qui viennent constituer du bruit supplémentaire au niveau du mobile en réception.

II.2.2. Les modes de propagation

- **Le mécanisme de propagation**

La propagation du signal dans un environnement radio se fait selon quatre modes de propagation:

❖ La diffraction

Se produit lorsque le chemin entre l'émetteur et le récepteur présente plusieurs irrégularités aiguës. Les ondes secondaires résultant des surfaces gênantes sont présentées dans l'espace et même derrière les obstacles. Ce phénomène dépend aussi bien de la géométrie de l'objet que de l'amplitude, la phase et la polarisation de l'onde incidente.

Le phénomène de diffraction est expliqué par le principe de Huygens qui énonce que tout point sur lequel une onde se diffracte peut être considéré comme une source d'ondes secondaires, ces ondes interfèrent pour donner une onde dans la direction de propagation.

❖ La diffusion

Lorsque le milieu dans lequel une onde se propage contient des objets qui ont des dimensions plus petites par rapport à la longueur d'onde, le phénomène de diffusion apparaît. Les ondes diffusées sont produites par les surfaces rugueuses, les petits objets ou par d'autres irrégularités présentés dans le canal de propagation.

❖ La réfraction

Quand une partie de l'énergie de l'onde incidente passe à travers la surface de l'obstacle (l'air, une voiture).



Figure II.1 : Les modes de propagation dans un environnement terrestre

II.2.3. Le bilan de liaison

II.2.3.1 Les paramètres du bilan de liaison

La réalisation du bilan de liaison repose principalement sur les paramètres suivants :

❖ Paramètres de transmission

- Bruit thermique : sa densité de puissance N_{th} est donnée par $k \cdot T_0$ avec k est la constante Boltzmann ($k = 1.38 \cdot 10^{-20}$ mW/Hz/K) et $T_0 = 293$ K **donc** : $N_{th} = -174$ dBm/Hz.
- Débit Chip T_c : fixé à 3.84 Mchip/s.
- Marge de fading de masquage (Shadowing margin) : elle est due aux effets de masquage. Elle est en fonction de la probabilité de couverture de la cellule et de la localisation de l'UE.
- Marge de fading rapide (fading de Rayleigh) : Il s'agit d'un fading rapide qui dépend de la qualité de service requise et de la nature de l'environnement auquel appartient l'UE..

❖ Paramètres de l'équipement utilisateur

- Puissance maximale (P_{UE}) : elle varie selon la classe des mobiles. Pour les mobiles de classe 3, elle est de 24 dBm. Pour les mobiles de classe 4, elle est de 21 dBm.
- Gain d'antenne du mobile : G_{UE} .
- Pertes dans les câbles d'alimentation de l'antenne du mobile : L_{fms} .
- Perte due au corps de l'utilisateur : L_{Body} .

❖ Paramètres du Node B

- Facteur de bruit NF (Noise Factor) : il s'agit du facteur de bruit généré au récepteur.
- Pertes de connecteurs et de feeders : L_{fNodeB} .
- Puissance maximale : la puissance maximale du NodeB intervient au niveau du bilan de liaison pour le lien descendant : P_{NodeB} .
- Gain d'antenne : G_{NodeB} .

❖ Paramètres liés aux services

- Gain de traitement (Processing Gain) : $G_p = 10 * \log(\text{débit chip} / \text{débit service})$.
- (E_b/N_0) requis : cette variable caractérise la qualité de service à atteindre pour le service considéré. Elle varie en fonction de la mobilité de l'utilisateur.
- Gain de Soft handover (GSHO) : il correspond au gain que le mobile réalise dans une situation de soft handover. Dans cette situation, le mobile est connecté à plus qu'une station de base et donc utilise une puissance minimale.

❖ Marge d'interférence (NRUL: Noise Rise UL)

Ce paramètre correspond au niveau d'augmentation du bruit du à l'augmentation de la charge dans la cellule. Cette marge d'interférence est liée au facteur de charge (η_{ul}) qui mesure la charge de chaque lien (montant ou descendant). La marge d'interférence est importante si la capacité et la charge autorisée dans la cellule sont importantes. Ainsi, dans les zones urbaines, cette marge doit être importante alors que dans les zones rurales, la marge d'interférence est faible. Le réseau doit être planifié de façon à pouvoir supporter une certaine marge d'interférence afin de garantir un rayon

minimum pour la cellule et ce, pour chaque service. La marge d'interférence est donnée par la formule suivante :

$$\mathbf{NRUL} = 10 * \log (1-\eta ul) \quad \mathbf{(II.1)}$$

II. 2.3.2 Bilan de liaison pour le lien montant

Pour le calcul du bilan de liaison pour le lien montant, il faut tout d'abord déterminer la puissance par bloc de ressource EIRP (Effective Isotropic Radiated Power). Elle correspond à la puissance qu'il faudrait fournir à une antenne isotrope pour obtenir le même champ à la même distance. Elle a l'expression suivante:

$$\mathbf{EIRE (dBm)} = P_{UE} + G_{UE} - L_{body} - L_{fMS} \quad \mathbf{(II.2)}$$

L'affaiblissement maximal admissible sur le lien montant est donnée par :

$$\mathbf{LMax_UL} = EIRP + G_{NodeB} - L_{fNodeB} + G_{SHO} - M_{Fad_Ray} - M_{Fad_shad} \quad \mathbf{(II.3)}$$

Avec :

M_{Fad_Ray} est la marge due au fading de Rayleigh.

M_{Fad_shadow} est la marge due au fading de masquage

II. 2.3.3 Bilan de liaison pour le lien descendant (pour le canal de trafic et le canal pilote)

Canal de trafic : Dans le cas du lien descendant, l'expression d'EIRP (dBm) s'écrit comme suit:

$$\mathbf{EIRP (dBm)} = P_{NodeB} + G_{NodeB} - L_{fNodeB} \quad \mathbf{(II.4)}$$

Pour déterminer la perte maximale admissible, on calcule la somme totale des bruits et des interférences créées par tous les mobiles en suivant les étapes suivantes :

- ✓ On calcule le facteur de bruit du récepteur du NodeB. Son expression est donnée par :

$$\mathbf{N_{NodeB}} = - N_{th} + NF + 10 * \log (Tc) \quad \mathbf{(II.5)}$$

- ✓ On calcule la somme des interférences reçues au récepteur. Sa valeur est donnée par :

$$\mathbf{Tot\ int} = 10 * \log [(N_{NodeB} + N_{Rul}) - N_{NodeB}] \quad \mathbf{(II.6)}$$

- ✓ Finalement, on ajoute les bruits pour trouver la somme totale. Elle est donnée par :

$$\mathbf{TOTint_bruit} = 10 * \log [TOTint + N_{NodeB}] \quad \mathbf{(II.7)}$$

- ✓ Une fois la valeur de la somme des bruits et des interférences est calculée, on détermine la valeur de la sensibilité du récepteur en utilisant la formule suivante :

$$SR_x = (E_b / N_0) + TOT_{int_bruit} - G_p \quad (II.8)$$

La perte de propagation maximum sur le lien descendant pour un canal de trafic est le suivant :

$$L_{TCH_DL} = EIRP - SR_x + G_{UE} - L_{fMS} + G_{SHO} - M_{Fad_Ray} - M_{Fad_shadow} \quad (II.9)$$

Canal pilote : La puissance du canal pilote doit être ajusté en fonction de la puissance des canaux de trafic de sorte qu'elle ne soit pas trop élevée. En effet, une puissance importante du canal pilote a pour conséquences la réduction de la puissance des canaux de trafic et un niveau de brouillage important.

La perte de propagation maximum pour le canal pilote est exprimée par la formule suivante :

$$L_{PILOT} = EIRP - SR_x + G_{UE} - L_{fMS} + G_{SHO} - M_{Fad_shadow} \quad (II.10)$$

II.3. Etude de planification d'un réseau radio WCDMA

L'étude de planification du réseau peut être représentée par des phases, comme illustré sur la figure ci-dessous ; tout d'abord le réseau est planifié, puis déployé, alors l'optimisation initiale peut commencer. Lorsque la qualité de service acceptable est obtenue, le réseau peut entrer en exploitation commerciale, le processus de planification continue (initial tuning) commence, ce qui assure cette évolution des performances et des besoins.[4]

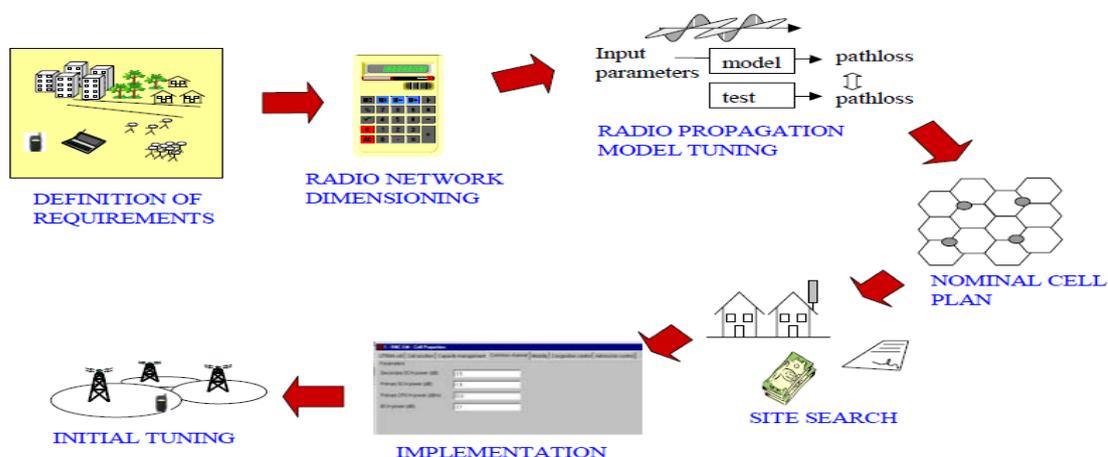


Figure II.2: Processus de planification d'un réseau radio WCDMA

II.3.1. Définition des besoins (definition of the requirements)

Les exigences de performances d'un réseau WCDMA sont nécessaires afin qu'il soit mis en œuvre. Les exigences de conception du réseau radio sont associées à la couverture, la capacité et la qualité de services sont spécifiés pour chaque type de zone : Denses urbaines, urbaines, suburbaines et rurales, telle que définis représenté dans le tableau ci-dessous.

Type de zone	Spécifications
Dense Urbaine	Est une zone du périmètre urbain. Lors de la mise en place des fonctionnalités. Cela inclut les zones densément développées qui n'apparaissent pas distinctes les unes des autres. Le typique réseau urbain n'est pas parallèle. La hauteur moyenne des bâtiments < 40 m. la densité de construction moyenne est > 35 %.
Urbaine	Les zones avec des blocs de construction, où les caractéristiques apparaissent plus construites, distinctes les unes des autres par rapport a la zone Dense Urbaine. Le réseau urbain pourrait être parallèles ou non. La hauteur moyenne du bâtiment < 40 m. La densité de construction moyenne est de 8 % à 35 %.
Suburbaine	le Suburbain implique en général des modèles de rues aménagées où les rues sont visibles. Les blocs de construction peuvent être aussi faibles que 30/ 30 m, mais sont généralement plus grands et comprennent. Les maisons individuelles sont souvent visibles. La hauteur moyenne des bâtiments est inférieure à 20 m. La moyenne de densité de construction est de 3 % à 8 %.
Rurale	Zones dans la périphérie de grands environnements bâtis, construites petites et dispersées. La hauteur moyenne des bâtiments < à 20 m. la moyenne de densité de construction est < 3 %.

Tableau II.1 : Classification des secteurs

En plus de ces zones principales, les routes sont à considérer en raison de leur volume de trafic important. Les routes peuvent être entourées par la végétation et les bâtiments, et situées dans des zones plates ou vallonnées.

Citons les exigences :

II. 3.1.1 Exigences de couverture

Un mobile est couvert par le réseau si les trois conditions suivantes sont vérifiées :

- Il peut décoder les informations sur le réseau. Le mobile doit recevoir au moins un signal pilote avec une qualité suffisante. Il s'agit de la couverture "pilote".
- La puissance requise pour la transmission de la station vers ce mobile est inférieure à la puissance maximale d'un canal de trafic. On dit alors que le mobile est couvert dans le sens descendant.
- La puissance requise pour la transmission de ce mobile vers la station de base est inférieure à la puissance maximale d'émission du mobile. Le mobile est alors couvert dans le sens montant.

II. 3.1.2 Exigences de capacité

La rentabilité du réseau est étroitement liée à sa capacité, c'est-à-dire à la quantité d'information pouvant être échangée simultanément. Dans un contexte mono service, le nombre d'utilisateurs définit la capacité. Dans le système WCDMA, où plusieurs services seront offerts et où la consommation en ressources radio diffère d'un service à l'autre, plutôt que de raisonner sur le nombre de mobiles, la capacité peut être définie comme le débit global écoulé dans le réseau par exemple, le nombre maximal de communications ne dépend pas uniquement des ressources "dures", à savoir du nombre de codes disponibles, mais aussi des interférences, dont la distribution de trafic dans le réseau et de ses caractéristiques. On parle alors de "soft capacity".

II. 3.1.3 Exigences de services

Les types de services offerts doivent être donnés. Pour chaque domaine, l'utilisation estimée de chaque service devrait également être accordée. Les services sont caractérisés par le paramètre de qualité de service QoS (Quality of Service). Les principaux attributs pour définir un service sont : le débit, le temps de transfert, le taux d'erreur binaire BER (Bit Error Rate) et le taux d'erreur bloc BLER (Block Error Rate).

II.3.2. Dimensionnement du réseau radio

Le dimensionnement est la première phase dans la procédure de planification d'un système radio. Il a pour but d'établir les configurations radios du réseau et sa stratégie de déploiement à long terme.

Les activités de la planification initiale (dimensionnement) comprennent :

- ✓ Le bilan de liaison radio, pour calculer le maximum de perte de trajet dans la liaison montante (uplink) et liaison descendante (downlink).
- ✓ Estimes de la marge d'occultation (shadowing) et le gain de soft hand-over.
- ✓ Modèles de propagations.
- ✓ Estimation du rayon de cellule et estimation de la couverture.

On peut également citer la quantité du matériel BS, le nombre de sites Radio Network Controller (RNC) et le CN éléments, la densité du trafic, les estimations de croissance du trafic et QOS exigences (qualité de service).

II.3.3. Modèle de propagation radio (Radio propagation model)

Lors du déploiement d'un réseau radio mobile, les modèles de propagation sont nécessaires pour déterminer les caractéristiques de propagation pour les différents environnements et planifier la couverture dans une zone donnée.

Les conditions d'application d'un modèle de propagation sont les suivantes :

- ✓ La hauteur de l'antenne de la station de base H_{ben} (m),
- ✓ La hauteur de l'antenne du mobile H_{men} (m),
- ✓ La distance entre le mobile et la station de base d en (Km),
- ✓ La fréquence exprimée en MHz.

Le modèle de propagation le plus couramment utilisé en ingénierie des réseaux cellulaires pour les environnements de type macro cellulaires est le modèle COST 231 Hata et le modèle okumura-Hata, le modèle adapté avec les environnements micro cellulaires est le modèle COST 231 Walfish-Ikegami. On site :

- **Le modèle COST 231 Hata**

Le modèle COST 231 Hata a les mêmes conditions que le modèle d'Okumura Hata sauf qu'il est développé pour étendre l'utilisation de ce modèle pour les bandes allant jusqu'à 2050 MHz. L'affaiblissement de la liaison est donné par la formule suivante :

$$L_p = 46.33 + (44.9 - 6.55 \log(h_1)) (\log(r)) + 33.9 \log(f) - a(h_2) - 13.82 \log(h_1) + C \quad (\text{II.11})$$

L'expression de $a(h_2)$ dépend du type de la ville :

- petite et moyenne ville :

$$a(h_2) = (1.1 \log(f) - 0.7) h_2 - 1.56 \log(f) + 0.8 \quad (\text{II.12})$$

- grande ville :

$$a(h_2) = 32 \log(11.75 h_2) - 7.97 \quad (\text{II.13})$$

La valeur de la constante C varie selon la nature du milieu :

- ✓ Milieu urbain : $C = 0$
- ✓ Milieu suburbain : $C = -51.11$
- ✓ Milieu rural : $C = -30.23$

La fréquence de travail f (Mhz)

- ✓ Hauteur de l'antenne de la station de base h_1 (m).
- ✓ Hauteur de l'antenne du mobile h_2 (m).
- ✓ Distance entre le mobile et la station de base r (km).

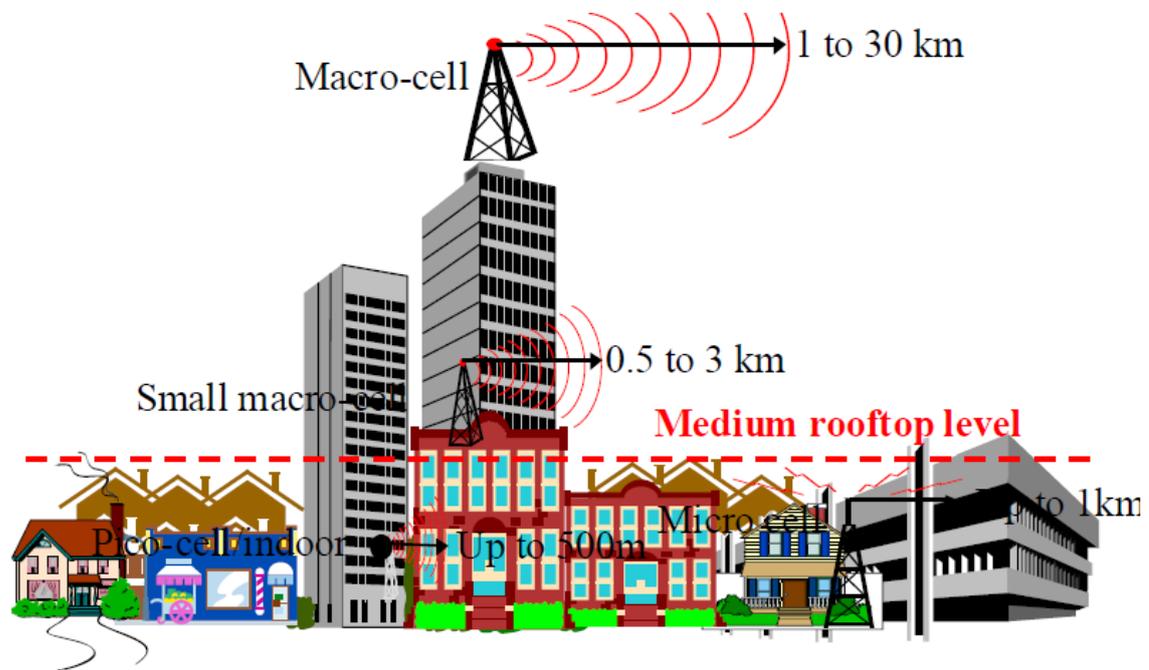


Figure II.3 : Illustration des cellules pour le modèle COST 231 (COST 231 Cell illustration)

- **Modèle de COST231 Walfish-Ikegami**

Ce modèle est utilisé pour la planification des zones micro-cellulaires, basé sur la supposition que l'onde transmise se propage au-dessus des toits des bâtiments avec une diffraction multiple, les bâtiments sont supposés à hauteurs égales et uniformément espacés. Il prend en compte les deux signaux les plus importants atteignant le mobile.

Ce modèle se base sur le principe suivant :

- ✓ La hauteur de l'antenne de la station de base H_b , comprise entre 4 et 50 m,
- ✓ La hauteur de l'antenne du mobile H_m , comprise entre 1 et 3 m,

- ✓ La distance entre le mobile et la station de base entre 0.02 et 50 km,
- ✓ La fréquence peut aller jusqu'à 2.05 GHz.

II.3.4. Plan de cellule nominale (Nominal cell plan)

La portée nominale d'une cellule dépend de la phase du processus de planification du réseau. Dans le cas d'une activité de demande de licence, le nombre de sites nécessaires à la réalisation de la couverture/puissance sont requis. Il peut également être défini, en plus du nombre de sites, la couverture radio et servie pour chaque site.

Chaque site aura une localisation cartographique et indiquera une zone de recherche pour obtenir les sites potentiels. Le tableau ci-dessous classe les 4 types de cellules.

Type de Cellule	Rayon typique de cellule	La position type d'antenne de station de base
Macro-cellule	1 Km à 30 Km	Outdoor : Montée au-dessus du niveau supérieur de toit moyen, les hauteurs de tous les bâtiments environnants sont en dessous de la hauteur d'antenne de la station de base.
Petite macro-cellule	0.5 Km à 3Km	Outdoor : montée au-dessus du niveau supérieur de toit moyen, les hauteurs de tous les bâtiments environnants dépassent la hauteur de l'antenne de la station de base.
Microcellule	Jusqu'à 1 Km	Outdoor : montée en dessous du niveau supérieur du toit moyen.
Pico-cellule indoor	Jusqu'à 500m	Indoor ou outdoor : monté en dessous du niveau supérieur de toit moyen.

Tableau II.2 : Classification des cellules

II.3.5. Recherche de sites (Site search)

La croissance de la population et la baisse des prix de l'abonnement entraînent une augmentation du trafic. Avec les mêmes ressources, le système est appelé à être étendu. L'extension se fait par l'ajout de nouveaux sites, cellules ou modules.

Lorsque le nombre d'abonnés n'est pas critique, un site de type macro-cellulaire est généralement considéré comme la première solution. L'expansion de la capacité exige la croissance du réseau au moyen de diverses stratégies, telles que :

- L'utilisation d'un plus grand nombre de cellules par zone avec un rayon de couverture radio plus petit (cellsplitting).
- Utilisation des cellules micro pour augmenter la couverture.
- L'adoption d'une solution spécifique pour la couverture intérieure (indoor).

II.3.6. Implémentation (Implementation)

Au cours de cette phase, le plan de cellule est achevé en tant que résultat de la recherche du site et peut être en quête de l'emplacement du site proposé. Des outils tels que TEMS Cellplanner universel (utilisée par ERICSSON) ou ATOLL sont utilisés pour évaluer les paramètres de la cellule :

- ✓ paramètre de la puissance descendante du canal commun.
- ✓ la planification de code d'embrouillage (scrambling code).
- ✓ la planification de voisinages.

II.3.7. La planification détaillée

II.3.7.1. Distribution des sites sur la carte géographique

1. Choix de la distance intersites

Le choix de la distance intersites est un compromis entre une grande probabilité de couverture et un large recouvrement pour le soft handover d'un côté, et la minimisation des interférences entre les cellules.

La forme hexagonale théorique classique des cellules simplifie la représentation et la planification du réseau cellulaire en permettant une juxtaposition des cellules.

Pour profiter des vertus du soft handover, une zone de chevauchement de 20 à 25% est prévue entre les surfaces de couvertures des sites voisins.

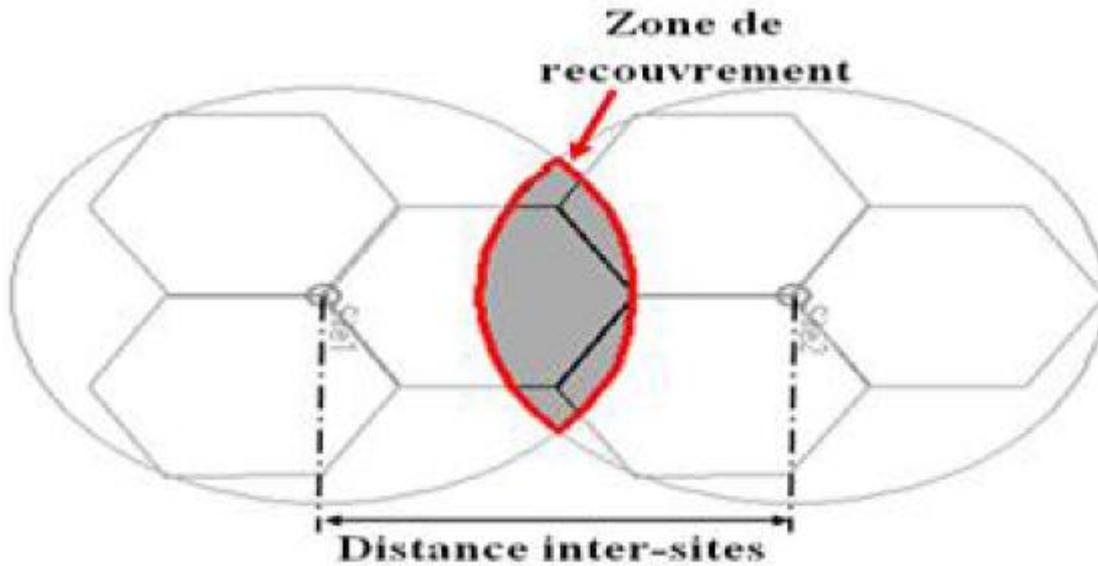


Figure II.4 : Chevauchement entre sites

2. Estimation du rayon de la cellule

Le calcul du rayon de la cellule est obtenu à l'aide des paramètres de l'affaiblissement de propagation du bilan de liaison pour le service choisi dans l'un des environnements caractérisant la zone à couvrir.

Les formules des modèles de propagation lient l'affaiblissement de trajet à la distance entre l'émetteur et le récepteur qui représente, lors du dimensionnement, le rayon de couverture.

Pour la fréquence de travail du système, la hauteur de la station de base et celle du mobile, avec un affaiblissement calculé, on peut tirer le rayon des cellules de la zone à planifier.

3. Co-situation avec les sites GSM (Co-siting Alternatives)

L'avantage principal de la Co-situation des sites WCDMA avec ceux de GSM est d'éviter le coût élevé de l'acquisition des sites. En plus, le coût est réduit par le partage des pylônes d'antenne, des systèmes d'alimentation et du réseau de transport.

Comme le bilan de liaison de WCDMA est différent de celui du GSM900, il peut être nécessaire d'ajouter des sites WCDMA entre les sites GSM900 existants pour atteindre la couverture voulue.[4]

II.3.7.2. Planification des fréquences du WCDMA

Les opérateurs 3G ont accès à des bandes de fréquence de largeur typique de 15MHz (dans les deux sens). Dans ce cas la structure HCS (hierarchical cell structure) est utilisée.

Si un opérateur n'a accès qu'à une bande de 10MHz, les couches micro et pico cellule peuvent se partager la même bande de fréquence avec une petite dégradation des performances. L'isolation entre les pico/micro cellules due aux murs réduit les interférences entre ces couches. Comme la différence entre la vitesse des utilisateurs des micros et pico cellules n'est pas importante, une micro BS peut servir des utilisateurs indoor (normalement servis par une pico cellule). Cependant, une macro BS en visibilité peut interférer un utilisateur indoor (aux étages les plus hauts par exemple). Une bande de garde doit être utilisée pour séparer la couche macro de la couche pico/micro.[4]

II.3.7.3. Planification des codes

Sur la liaison descendante, le nombre maximal des codes d'embrouillage (scrambling) qui est une séquence de 38400 chips est $2^{18}-1$. Les codes sont divisés en 512 ensembles, chacun contenant un code primaire et 15 codes secondaires. Un seul code primaire est alloué à chaque cellule, donc la réutilisation des codes est 1/512 ce qui rend simple la tâche de leur planification.

Cependant il faut prendre en compte que les codes sont répartis en 64 groupes et si des cellules voisines utilisent des codes de groupes différents, la consommation de l'UE est réduite.

Les codes de canalisation sur la liaison descendante sont une ressource limitée surtout avec l'utilisation des services à débit élevé et du soft handover. Si une augmentation de la capacité est nécessaire, l'arbre des codes peut être réutilisé jusqu'à 15 fois dans une même cellule en embrouillant chacun avec l'un des 15 codes secondaires d'embrouillage de la cellule.

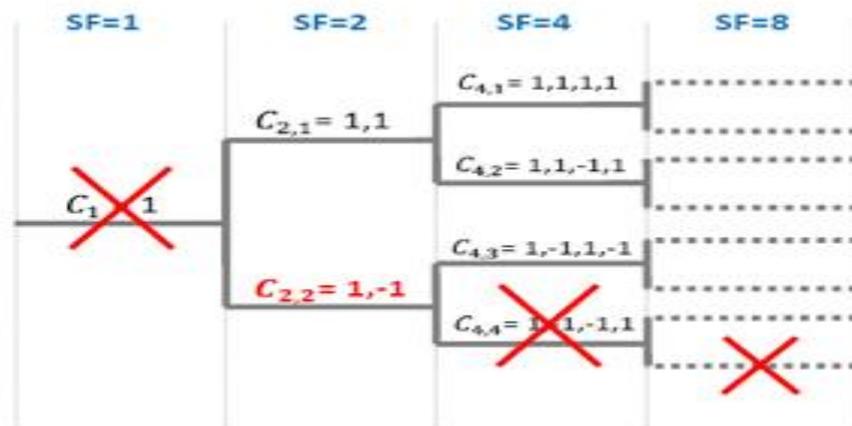


Figure II. 6 : Choix des codes de canalisation

II.3.7.4. Planification des puissances

En WCDMA, la puissance est une ressource partagée entre les différents services et utilisateurs. La partie utilisée pour les canaux communs réduit la capacité du réseau en trafic utile. La couverture de ces canaux doit être supérieure à celle des canaux de trafic pour permettre aux UE de détecter les cellules avant de rentrer dans leurs zones de soft/softer handover.

Environ 20% de la puissance maximale de la BS est allouée aux canaux communs. Les deux canaux les plus importants sont CPICH et SCH. Leurs puissances sont un compromis entre le temps nécessaire pour une recherche fiable des cellules et l'interférence maximale permise sur les canaux de trafic.

Les valeurs absolues et relatives des puissances des différents canaux communs ont été citées dans le « chapitre I ». Il est à préciser que le SCH n'est utilisé que pendant 1/10 du temps, donc si 0,5% de la puissance totale lui est alloué, en fait 5% pendant 1/10 du temps. Sa puissance est donc proche ou égale à celle du CPICH.[4]

Conclusion

Afin de bien déployer un réseau, une bonne configuration des antennes RF est nécessaire pour avoir une bonne performance et une bonne adaptation de la capacité. La couverture radio est un critère primordial et doit être efficace et suffisante, elle s'adapte alors aux besoins de capacités dans chaque région, et doit être flexible pour s'adapter à l'expansion future de la taille de la démographie des abonnés sans avoir besoin de changer les sites existants.

Ce deuxième chapitre aborde la partie planification du réseau d'accès 3G. Au cours de ce chapitre nous avons énuméré les différentes étapes de planification qui représentent la démarche procédée durant la réalisation de ce projet.

Chapitre III : Optimisation

radio

III.1. Introduction

L'optimisation est l'une des principales étapes d'amélioration des performances des réseaux des télécommunications, elle consiste en plusieurs types d'analyse et d'actions à entreprendre afin d'avoir des améliorations au niveau des réseaux et ceci que ce soit au niveau de la couverture, de la qualité du lien radio ou au niveau d'autres paramètres. Dans ce chapitre nous allons voir les objectifs de l'optimisation radio ainsi que les processus d'optimisation qui permettent grâce à leur cycle périodique d'automatiser les actions à entreprendre suite aux différentes analyses effectuées, ainsi que toutes les parties prenantes de ces processus d'optimisation, que ce soit les statistiques (KPI) ou les données des Drive test .

III.2. Objectif de l'optimisation radio

Afin de gagner la satisfaction de leurs clients, les opérateurs essaient d'assurer la continuité de la fourniture des services avec une qualité optimale. L'optimisation qui a cet objectif est donc un élément de service requis et important pour maintenir et améliorer la qualité et la capacité d'un réseau.

Il est aussi essentiel de maintenir une bonne qualité de service attendu par les clients, quand l'opérateur envisage une implémentation d'une nouvelle fonctionnalité au niveau du réseau. La phase d'optimisation permet aussi de minimiser ses coûts et d'optimiser les ressources rares, c'est une étape des plus cruciales du cycle de vie d'un réseau cellulaire. Une fois le réseau est opérationnel, l'opérateur doit veiller sur son bon fonctionnement. Ceci est nécessaire afin de réaliser un suivi de la qualité de service et d'adapter le réseau aux différentes fluctuations en vue de son amélioration et de son expansion.

Ainsi l'optimisation d'un réseau cellulaire est motivée par deux objectifs principaux: améliorer la qualité de service offerte aux utilisateurs et augmenter le volume de trafic écoulé par le réseau avec les équipements existants.

III.3. Schéma général du processus de l'optimisation

Le processus d'optimisation est un cycle périodique à qui on peut faire appel plusieurs fois dans un même réseau de communication mobile, soit juste après le déploiement du réseau et c'est ce qu'on appelle la pré-optimisation, ou après le lancement du réseau et c'est ce qu'on va détailler tout au long de notre sujet. Ce cycle comme le montre le schéma ci-dessous commence par la supervision des performances à travers les statistiques (KPI), puis l'analyse de ces statistiques afin de sélectionner les zones où il y a des problèmes, pour lancer des parcours de tests (Drive Tests) afin de

mieux connaître la cause de ces problèmes. Ensuite une analyse globale des KPI et des résultats des parcours de tests permettra d'énumérer un nombre d'actions à entreprendre.

Après validation et implémentation de ces actions, on reprend le cycle dès le début pour voir les résultats et ainsi de suite. [9]

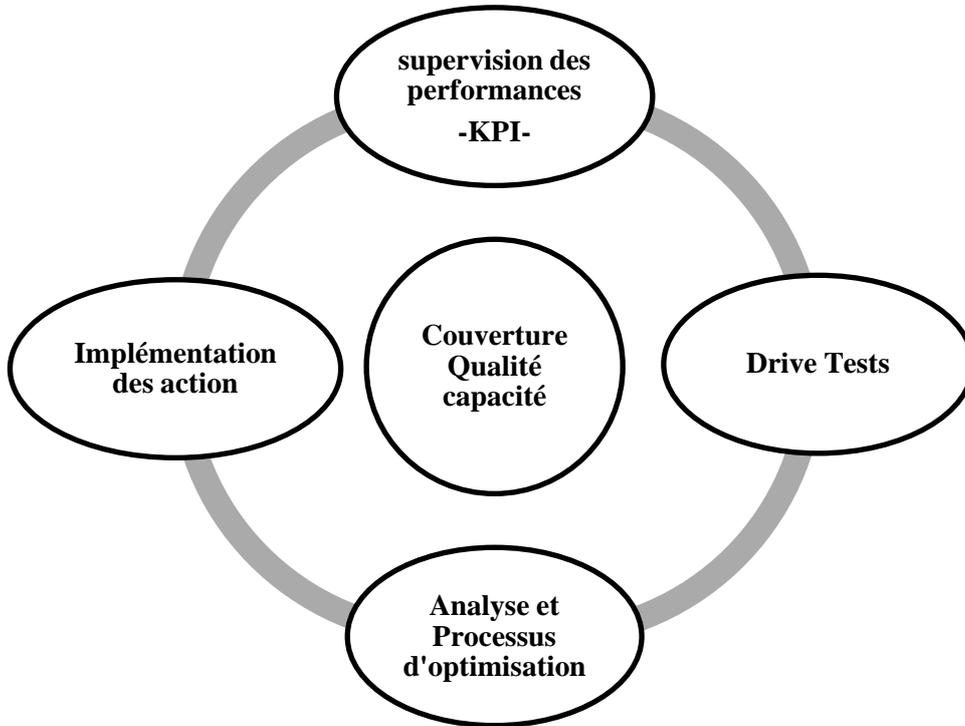


Figure III.1 : Schéma général du processus d'optimisation

Ainsi lors de chaque cycle d'optimisation il y a des entrées qu'on analyse soit en utilisant des outils soit en utilisant des tables brutes afin d'arriver à des actions pour améliorer les performances du réseau.

III.4. Les classes de services dans le réseau WCDMA

La qualité de service (QoS) (Quality of Service) est définie comme étant l'effet global produit par la qualité de fonctionnement d'un service, et elle doit considérer deux aspects importants qui sont la capacité d'un réseau à fournir et comment satisfaire l'utilisateur final avec ce service en terme d'usage, d'accessibilité, de continuité et d'intégrité.

Les spécifications du 3GPP définissent quatre classes de qualité de service pour le transport des applications multimédia dans les réseaux WCDMA. La différence entre ces classes de qualité de service (QoS) se base essentiellement sur des exigences sur le délai, le taux d'erreur binaire (BER) et la priorité de circulation.

Les différentes classes de qualité de service sont résumées sur la figure III.2.

III.4.1. La classe A ou Conventionnelles

Le meilleur exemple de cette classe est la téléphonie. Elle peut être aussi utilisée pour les nouvelles applications Internet à aspect conversationnel en temps réel. Cette classe exige des contraintes strictes sur le délai de transfert des paquets ainsi que sur la variation du délai de transfert.

III.4.2. La classe B ou Streaming

Cette classe est utilisée pour les flux unidirectionnels comme les applications de diffusion vidéo ou audio. Il n'existe pas de contraintes strictes sur le délai de transfert pour les applications «streaming ». Par contre, la variation du délai est un paramètre important parce qu'il est perceptible par l'utilisateur. Toutefois, cette contrainte sur la variation du délai reste tolérante grâce aux tampons du récepteur qui peuvent amortir les variations du délai si elles sont toujours inférieures à une limite donnée.

III.4.3. La classe C ou Interactive

Cette classe est utilisée pour les applications qui nécessitent une interaction entre les deux extrémités de la communication. Un exemple d'application de cette classe est la navigation web. Elle est de type transactionnel. Elle nécessite une certaine contrainte sur le délai de transfert des paquets parce que l'utilisateur attend une réponse dans une fenêtre de temps. Cette contrainte n'est pas stricte puisque ce sont des applications non temps réel. En revanche, cette classe doit assurer un taux de perte des paquets assez faible parce que les applications transportées par cette classe sont très sensibles aux pertes.

III.4.4. La classe D ou Arrière-plan (Background)

C'est la classe la moins exigeante en termes de délai de transfert. Les applications transportées par cette classe sont des applications dont l'utilisateur n'attend pas les paquets. La contrainte la plus importante est le taux de perte. Cette classe est très sensible à la perte de paquets. Les applications e-mail et SMS constituent des exemples de la classe Background.

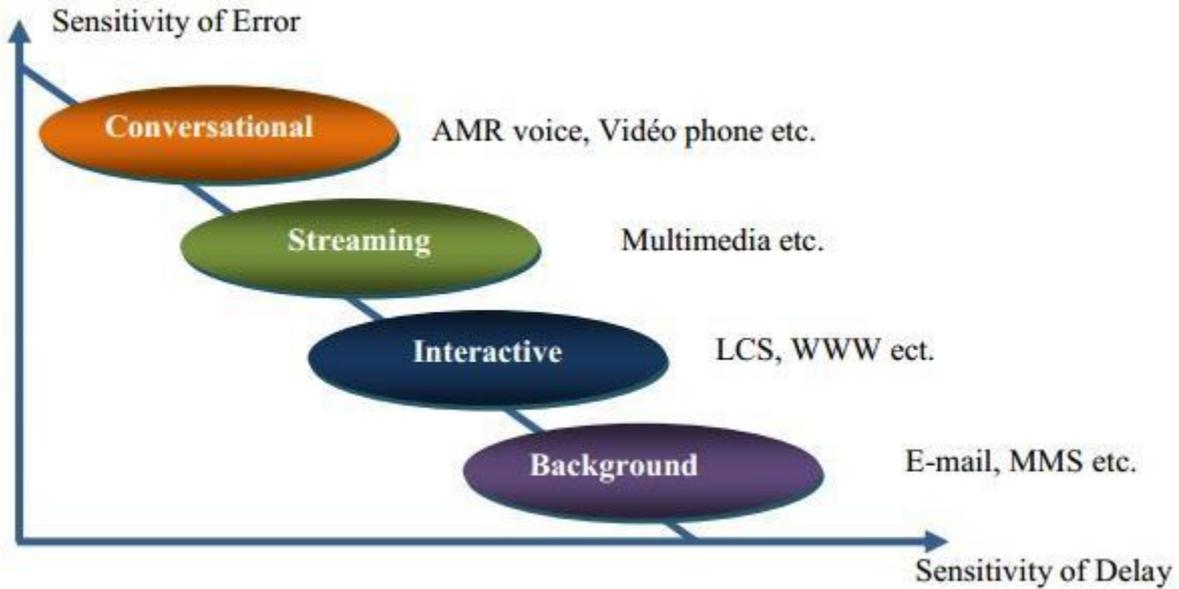


Figure III.2 : Les classes de service en UMTS

III.5. Les principaux indicateurs clés de performance (KPI)

Il existe plusieurs KPI qui reflètent la performance du réseau, nous citerons ici les plus importants.

III.5.1 Taux de succès d'appel (CSSR)

Le CSSR représente le taux d'établissement d'appels. C'est le rapport entre le nombre d'appels réussis et le nombre des tentatives d'appels :

$$\text{CSSR} = \frac{\sum \text{Nombre d'appel réussi}}{\sum \text{Nombre de tentatives d'appel}} * 100\% \quad (\text{III.1})$$

III.5.2. Taux d'échec d'accès (AFR)

L'AFR représente le pourcentage des tentatives d'appels qui ont échouées, c'est le rapport entre le nombre de tentative d'appels échoués et le nombre total des tentatives d'appels :

$$\text{AFR} = \frac{\sum \text{Nombre de tentative échoué}}{\sum \text{Nombre total de tentatives}} * 100\% \quad (\text{III.2})$$

III.5.3. Baisse des taux d'appel (DCR)

Le DCR mesure le pourcentage des MS (mobil system) qui ont eu des interruptions d'appels anormales. Le MS a réussi à établir l'appel, mais suite à un problème (Radio, Transmission...), il y a eu une coupure d'appel.

Le DCR est le rapport des coupures TCH (Trafic Channel) et le nombre d'appels effectivement terminé :

$$\text{DCR} = \frac{\sum \text{coupures des canaux de trafic}}{\sum \text{nombre d'appels effectivement terminés}} * 100\% \quad (\text{III.3})$$

III.5.4. Temps de préparation d'appel (CST)

Le CST représente le temps nécessaire pour l'établissement de l'appel.

III.5.5. Taux de paquet perdu

Le taux de paquet perdu (PLR) représente le nombre des paquets perdus sur le nombre total des paquets envoyés, il est mesuré pour les deux sens montant (UL) et en descendant (DL).

$$\text{PLR} = \frac{\sum \text{Nombre Paquets Perdus}}{\sum \text{Nombre Paquets Envoyés}} * 100\% \quad (\text{III.4})$$

III.5.6. Alimentation mobile

Il ya deux type d'alimentation mobile : RX et TX, RX représente la puissance reçue par le mobile, par contre TX représente la puissance transmise par ce dernier.

III.5.7. Le rapport Ec/Io

Ec /Io représente le taux de l'énergie par chip sur les interférences, le mobile le reçoit sur le canal pilot.

L'audit des indicateurs consiste à évaluer les performances du réseau mobile, identifier les différentes causes qui l'affectent ainsi que les éventuelles solutions :

Indicateur	Valeur seuil
Taux de succès d'appel (CSSR)	$\geq 93\%$
Taux d'échec d'accès (AFR)	$\leq 3\%$
Baisse des taux d'appel (DCR)	$\leq 3\%$
Temps de préparation d'appel (CST)	≤ 8 seconds
Taux de paquet perdu (UL and DL)	$\leq 4\%$
Alimentation mobile Tx	< 4 dBm
Alimentation mobile Rx	> -89 dBm
Composite Ec/Io	> -13 dB

Tableau III. 1: Quelques valeurs de KPI

III.6. Le Drive Test

Les Drive tests comme leur nom l'indique consistent en des tests sur les performances du réseau en parcourant les rues avec une voiture, ainsi ils donnent des informations sur la voie descendante entre la NODE-B et la UE.

Lors d'une mesure drive test, l'ingénieur radio est appelé à récupérer les mesures effectuées sur l'interface radio, les interpréter et les analyser. Ceci permet à l'ingénieur de constater l'état de la qualité du réseau WCDMA et lui offre la possibilité de faire une étape d'analyse et d'optimisation de ce réseau.[8]

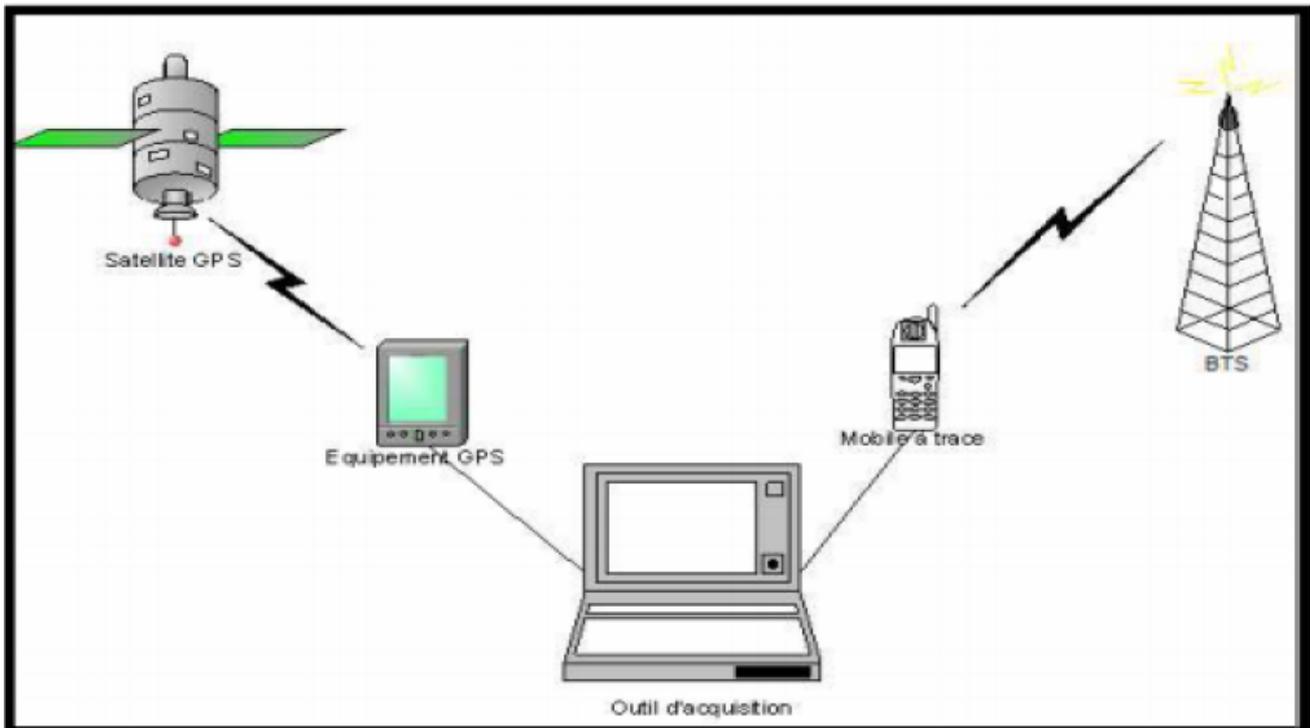


Figure III.3 : Chaine de mesure

Pour réaliser un drive test on a besoin de:

- ✓ Mobiles à trace, ils donnent une première impression vis-à-vis de la performance du réseau. Ils sont configurés comme suite :
 - Appel court: on configure l'UE (durée de 2min, séparés avec un intervalle de temps de 30s).
 - Appel long: on configure l'UE (durée indéterminé avec reconnection automatique du numéro en cas de déconnexion).
 - Session PS: on configure l'UE pour télécharger des fichiers.
 - Appel vidéo.
- ✓ Scanner: permet de mesurer le niveau du champ et la qualité de l'environnement radio.
- ✓ Un véhicule pour le déplacement.
- ✓ Système de positionnement global (GPS): pour la localisation géographique des points de mesures.

L'objectif du Drive Test est de vérifier que la NODE-B est fonctionnelle d'un point de vue RF.

Il s'agit, en effet, de tester et d'évaluer les éléments suivants :

- ✓ Le taux des échecs d'accès (access-failures), le taux des appel-abonnées (Dropped-Calls) et le temps du Call-Setup seront mesurés pour s'assurer du bon fonctionnement de la NODE-B.
- ✓ Le débit des données et le temps de latence seront mesurés pour s'assurer du bon fonctionnement du data service.
- ✓ Chaque PN sera validé pour s'assurer qu'il a été transmis à travers l'antenne appropriée et dans la bonne direction.
- ✓ La puissance nominale de transmission et de réception sera vérifiée pour s'assurer qu'il n'y a pas de problèmes de câblage d'antennes.
- ✓ Ec/No et RSCP seront vérifiés pour s'assurer qu'il n'y a pas de problèmes de bruit ni d'interférences.
- ✓ Les paramètres RF tels que: la liste des voisins, la fenêtre de recherche, et les paramètres des procédures de transfert (handoff) seront vérifiés pour s'assurer que la base de données est mise à jour.
- ✓ Les fonctionnalités de la procédure de transfert (handoff) seront testées pour s'assurer que la station de base effectue le contrôle de l'appel correctement.
- ✓ Les performances de la voix (Access-Failure, Call drops...).
- ✓ Les performances de la Data (débit et autres).
- ✓ La couverture du signal (puissance nominale de transmission et puissance de réception).
- ✓ Les différents types du Handover (Softer Handover, Soft Handover et inter-Rat Handover).

Les éléments suivants doivent être pris en considération durant le drive test:

- Les chemins de test doivent être à l'intérieur de la couverture.
- Éviter la répétition du même trajet.
- Parcourir le plus possible à travers les routes présentant des obstacles.

III.7. Le contrôle des performances du réseau

Dans la phase de l'optimisation les ingénieurs d'Ericsson vérifient le réseau quotidiennement pour voir les contraintes dans le réseau et de chercher les solutions pour répondre aux besoins des clients. Dans ce cadre, le tableau suivant résume les différentes phases d'analyse du réseau mobile.

[9]

Optimisation radio

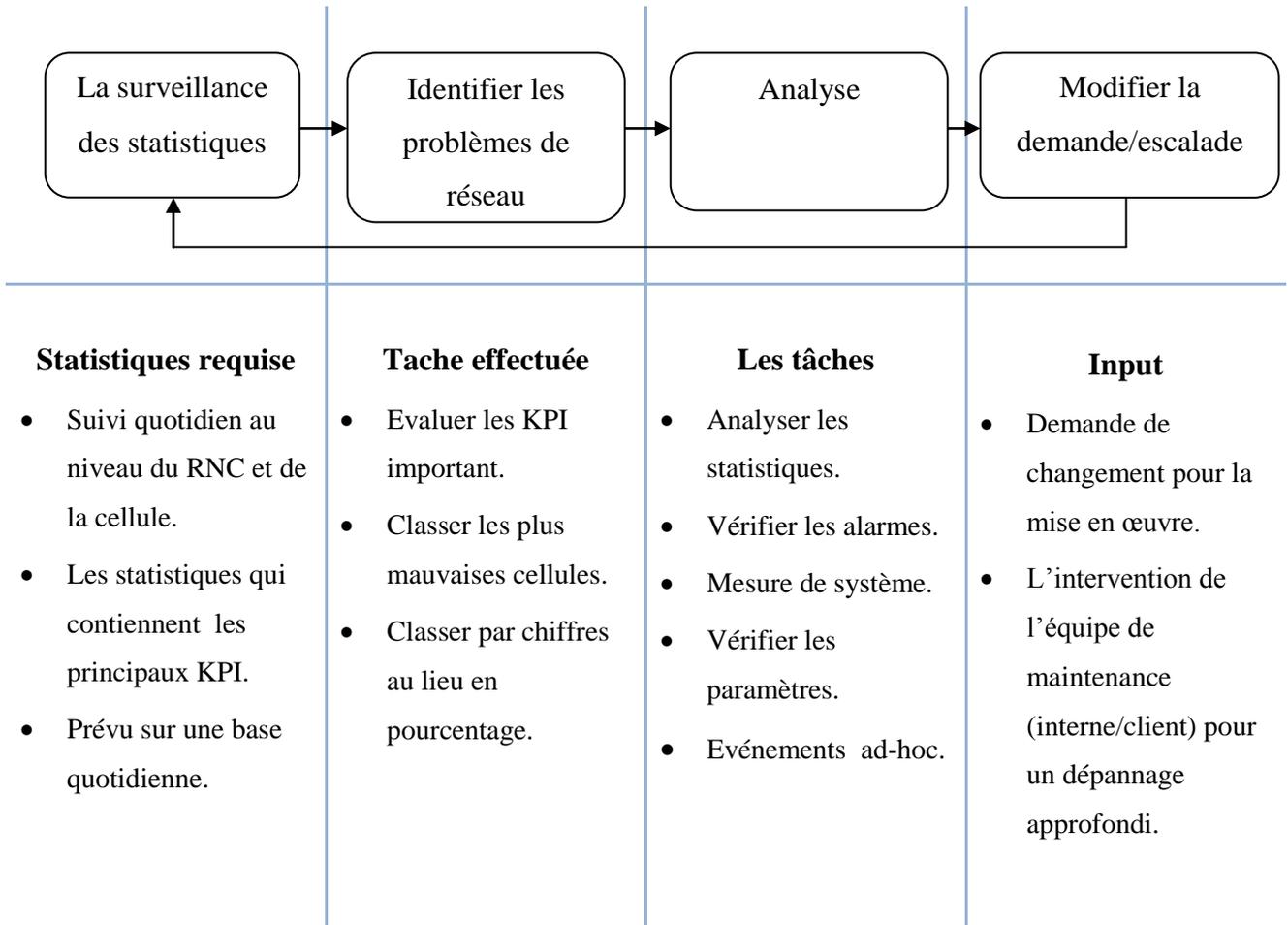


Tableau III.2 : Les différentes phases d'analyse du réseau mobile

Après cette vérification du réseau lorsqu'il y a un problème, les ingénieurs doivent faire une deuxième analyse pour résoudre le problème trouvé. Cette analyse se fait sur les différentes classes des indicateurs (accessibilité, Maintenabilité, Charge et utilisation, Intégrité, Disponibilité et Mobilité).

Nous allons détailler l'analyse de quelques KPI :

- Accessibilité
- Maintenabilité
- Mobilité

III.7.1 L'analyse de l'accessibilité

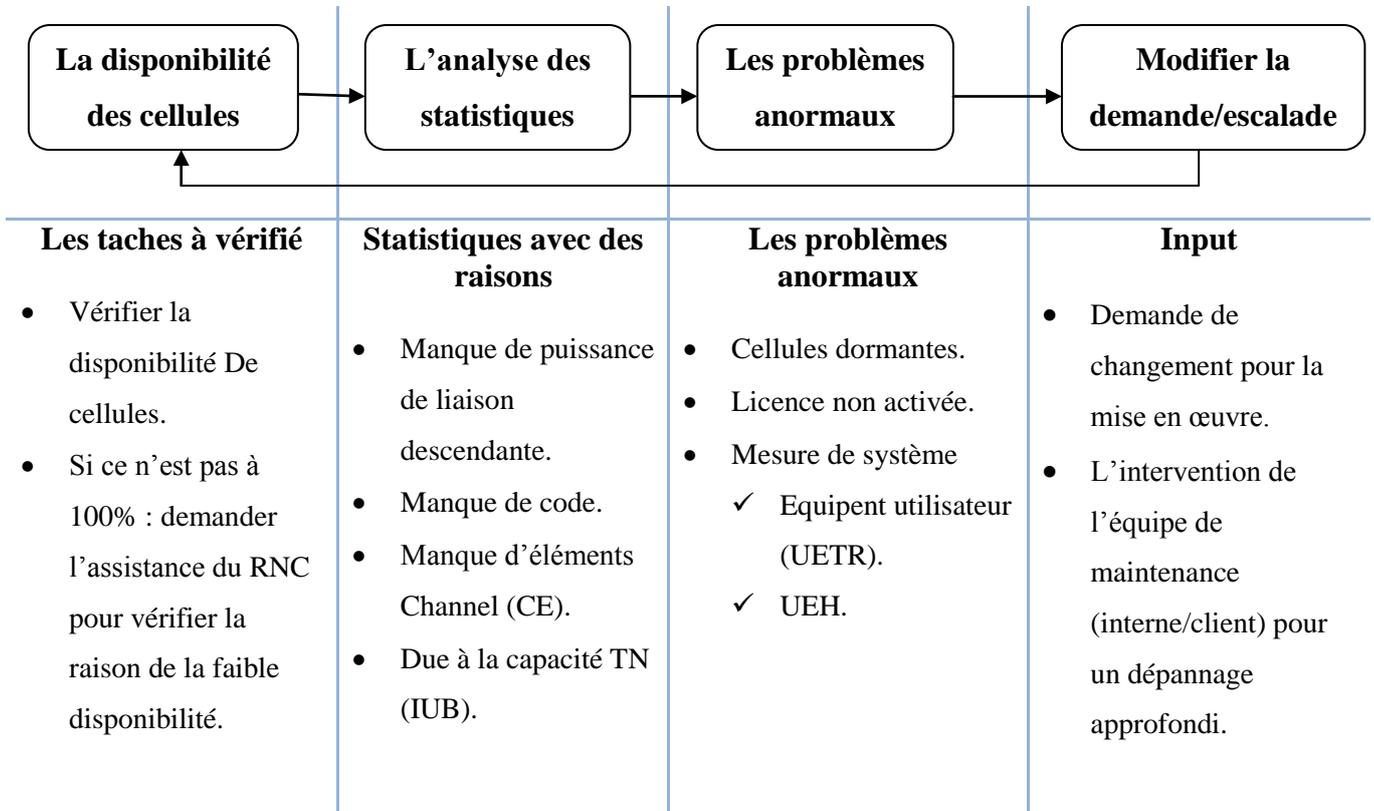


Tableau III.3 : Les différentes phases d'analyse de l'accessibilité

Une deuxième analyse est prévue dans le cas échéant.

III.7.1.1 L'analyse des statistiques

- **Insuffisance de puissance pour la liaison descendante**
 - ❖ L'utilisation d'une 2ème fréquence porteuse (partage de charge, l'inter-fréquence handover (IFHO)).
 - ❖ Minimiser la couverture (réduire la puissance du canal CPICH).
 - ❖ Augmenter la puissance de sortie.
- **Manque de code de canalisation**
 - ❖ L'utilisation d'une 2ème fréquence porteuse (2nd carrier solution).
 - ❖ L'allocation dynamique de code.
- **Manque d'éléments de canal (UL/DL)**
 - ❖ La demande d'ajout de CE (Elément de Canal) (activation de la licence).

- **Manque de capacité IUB**
- ❖ Demande d'extension de la capacité IUB.

III.7.1.2 Problèmes anormaux

Cellule dormante (Sleeping cell)

Une cellule dormante est définie comme une cellule qui est actuellement activée, n'a pas de temps d'arrêt (les canaux sont tous actifs), mais ne prend pas en charge ni le trafic du porteur d'accès radio(RAB) ni le trafic de contrôle (RRC).

Ces cellules peuvent rayonner et comme elles ne communiquent pas avec le contrôleur RNC, l'appel ne traverse pas la suite et par conséquent, ces cellules doivent être redémarrées afin de les remettre en service. Si les cellules sont destinées à être verrouillées, la cellule est mise en réserve.

Mesure des systèmes

- ❖ Utilisation de l'équipement utilisateur (UE) pour le dépannage : Engager une équipe de drive test pour dépanner et activer UE avec le numéro d'abonné international (IMSI).
- ❖ Activer l'exception UEH exception pour le dépannage (trouble shoot).

III.7.2. L'analyse de maintenabilité

Le tableau suivant résume les différentes phases d'analyse de la maintenabilité :

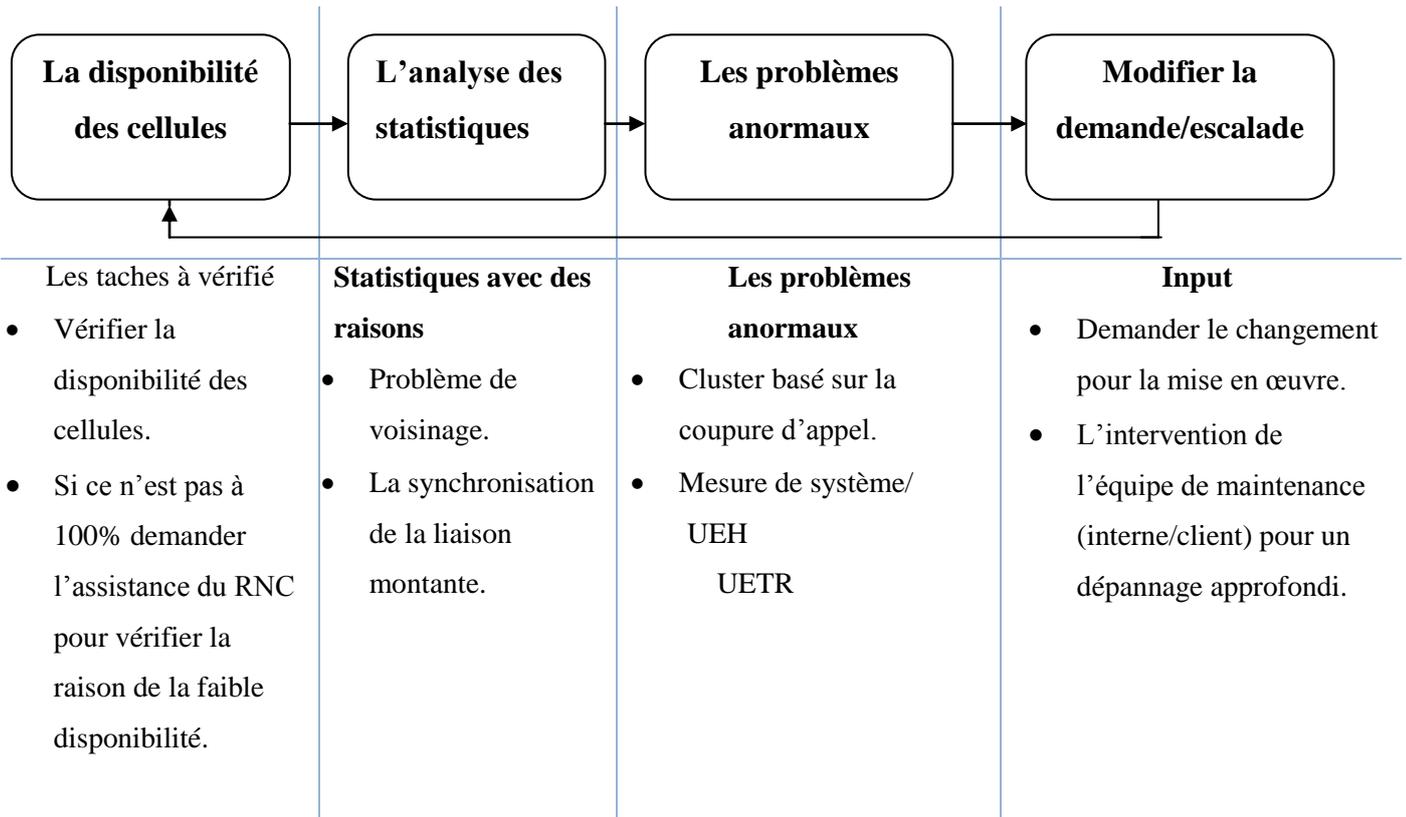


Tableau III.4 : Les différentes phases d'analyse de la maintenabilité

III.7.2.1 L'analyse des statistiques

Coupure dû à la synchronisation de la liaison montante

- ❖ Cause une perte de la synchronisation UL :
 - ✓ Pourrait être dû au dépassement (overshooting) des cellules.
 - ✓ Manque des voisins d'accès intra-radio (IRAT).
 - ✓ Manque des voisins IF (pour les villes utilise plus d'une fréquence spectrale).
- ❖ Demande du support du RNC pour vérifier le Hardware et le système d'alarme.
- ❖ Vérifiez la statistique d'indicateur de puissance en lien montant UL (toutes les heures pendant 24 heures). Engager des parties pertinentes pour résoudre le problème.
- ❖ Pourrait être causée par un problème au niveau des antennes (antenne, feeder, connecteur...).

III.7.2.2. Les Problèmes anormaux

Coupure d'appel sans raison spécifique

- ❖ Pourrait résulter d'un système d'antenne défectueux.
- ❖ Peut être dû à des problèmes de défaillance de hard handover (HHO).

Absence d’alarme

- ❖ Activer l’équipement utilisateur (UE) et l’exception UEH pour le traçage.

III.7.3. L’analyse de la mobilité

La mobilité liée aux coupures d'appels peut être attribué à l'un des domaines fonctionnels suivants:

- Intra-Fréquence Handover (Soft/Softer).
- Mode compressé (CM).
- Inter-Fréquence Handover (IFHO).
- Transfert de technologie d’accès intra-radio (IRATHO).

Nous avons choisi le cas de la technologie d’accès intra-radio (l’IRAT)Handover pour l’analyser, Le tableau suivant résumé les différentes phases d'analyse de l’IRAT Handover.

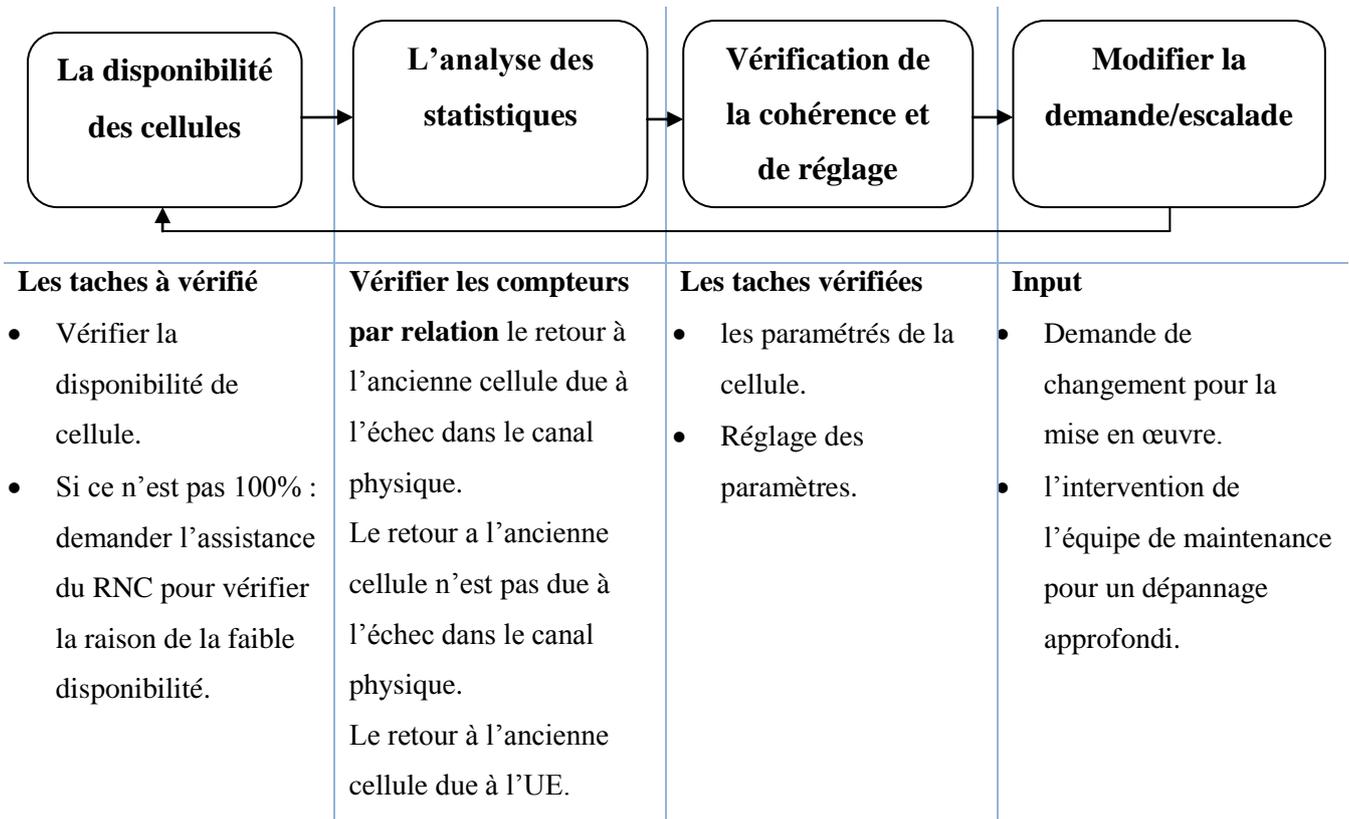


Tableau III.5 : Les différentes phases d'analyse de l'IRAT Handover

Il est préférable pour le client (opérateur), de ce mètre à jour immédiatement après toute modification des paramètres de la cellule GSM (GSM cell ID, BCCH, BSIC, LAC).

- L'échec commun de la technologie d'accès intra-radio handover (IRAT HO):
Incohérence dans la définition de la cellule GSM (en raison de l'optimisation GSM et des activités du remplacement).
Voisins du GSM avec les canaux de contrôle Co-BCCH et le code d'identification Co-BSIC.
- L'échec d'IRAT peut résulter d'un problème au niveau du site GSM :
On utilise les statistiques pour identifier les cellules GSM qui causent l'échec de l'IRAT HO de toutes les cellules 3G.
Mettre en évidence le site/cellule et demandez l'aide de l'opérateur.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu la notion des clés de performances et comment ils sont définis en introduisant les différentes classes des KPI et la définition de chacune d'elles. Ensuite, nous avons vu le principe général du processus des DRIVES Test en mettant le point, sur les principales contraintes radio ainsi les solutions possibles.

Chapitre IV : Planification

radio à Bejaia

IV.1. Introduction

Dans le chapitre précédent les méthodes de planification permettant l'analyse et la résolution des problèmes radio ont été présentées. Après la planification et la mise en place des sites du réseau 3G de la région de Bejaia, faites par les équipes dédiées, l'opérateur devait mener une évaluation des performances et une optimisation de l'ensemble du réseau 3G.

IV.2. Outil de planification radio (Outil Atoll)

Atoll est un logiciel de dimensionnement et de la planification des réseaux cellulaires qui peut être utilisé sur tout le cycle de vie des réseaux (du design à l'expansion et l'optimisation). Le logiciel exploite différentes données en entrée car il permet de choisir le type de projet à réaliser ; GSM 900 ou alors UMTS qui paramètre différemment le logiciel en fonction de la technologie. Le modèle de propagation peut être défini, le type d'antenne, les caractéristiques du site. Atoll, utilisé chez plusieurs opérateurs et sociétés de services, est un outil très complet et indispensable pour la planification radio.

Il permet aussi tout un ensemble de prédiction, dont :

- ✓ Couverture par niveau de champ.
- ✓ Couverture par émetteur.
- ✓ Étude du trafic.
- ✓ Zone de recouvrement.
- ✓ Couverture par niveau de C/I.
- ✓ Débit moyen.

- **Parmi ses caractéristiques**

- Options avancées de conception de réseau : performance de calcul, support de réseaux en couches, planification automatique de codes/fréquences, support de différentes technologies d'accès et support de réseau multi-technologies (GSM/UMTS par ex.) ;
- Architecture flexible et ouverte : support des formats standards de fichiers et de bases de données d'autres logiciels ;
- le module de calibration de modèles de propagation, le module de planification automatique des codes et le module des liaisons FH.(faisceaux hertziens)

Planification radio à Bejaia

- Fenêtre principale de la carte topographique

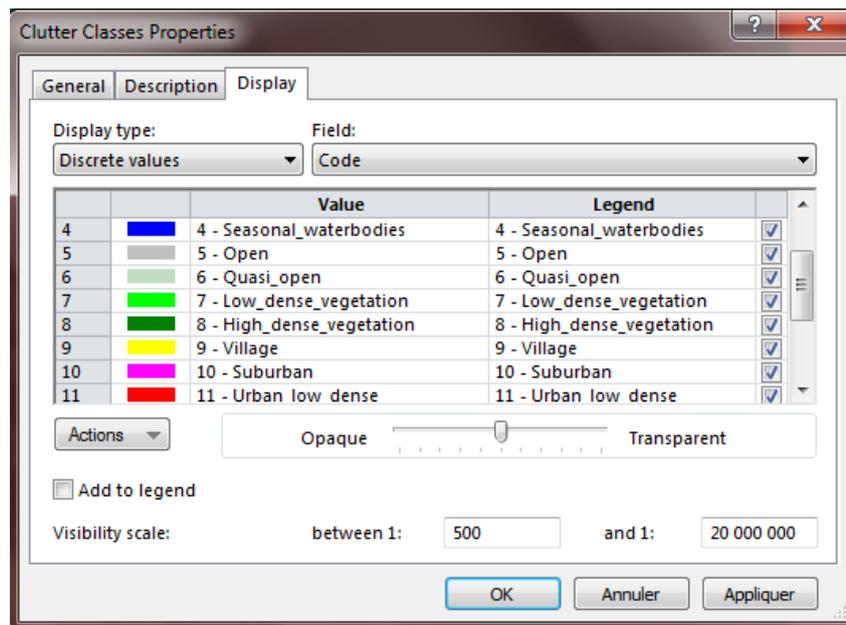
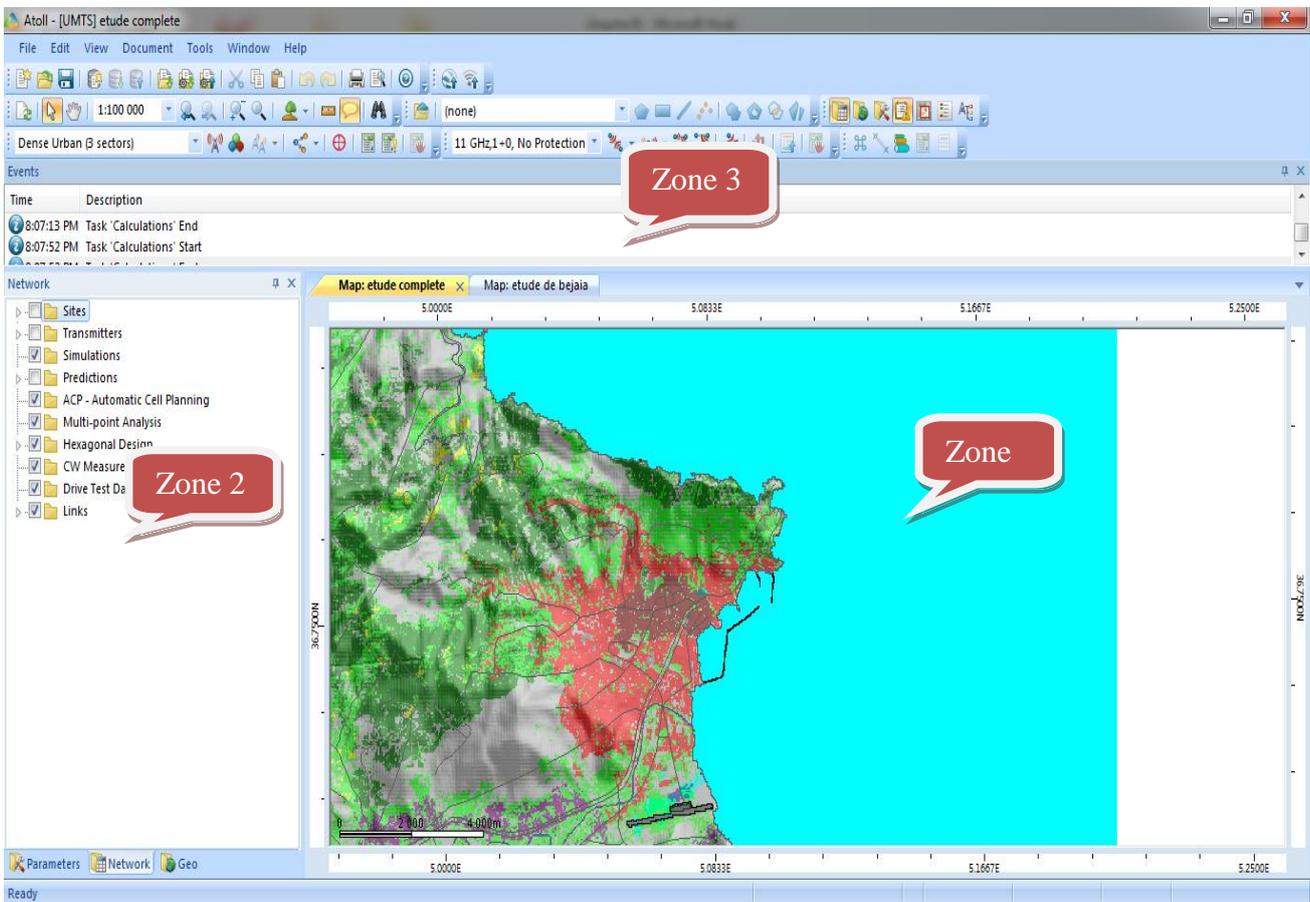


Figure IV.1 : Fenêtre principale du logiciel et carte topographique de Bejaia

▪ **Légende de la figure IV.1 :**

Couleur	Sa Représentation
	La mer, la rivière, voie navigable
	Des zones ouvertes (ex : montagnes)
	Végétation
	Village
	Zone suburbaine (Suburban)
	Zone urbaine peu dense (Urban low dense)
	Zone urbaine hautement dense (Urban high dense)
	L'aéroport et les zone industrielle

Tableau IV.1 : La Légende

Zone 1(principale) : où l'utilisateur peut visualiser la carte numérique, les sites implantés, les représentations graphiques des calculs ainsi qu'une table de base de données (par ex. des sites ou des antennes).

Zone 2 (exploration à quatre onglets) : le premier 'Network' comporte les éléments du réseau et les différents calculs et prédictions, le deuxième 'Site', le deuxième 'Geo' indique les composants de la carte numérique et les données qu'elle contient (modèle numérique du terrain, infrastructures de base, hauteurs, population, etc.) et le dernier 'Parameters' contient les différents modèles de propagation y compris le modèle standard.

Zone 3 : Observateur d'évènements pour afficher les calculs en cours d'exécution.

IV.3. Création du projet

La planification sous Atoll signifie en 1^{er} lieu la création d'un projet, le logiciel permet de choisir le type de projet à réaliser, dans notre cas : UMTS

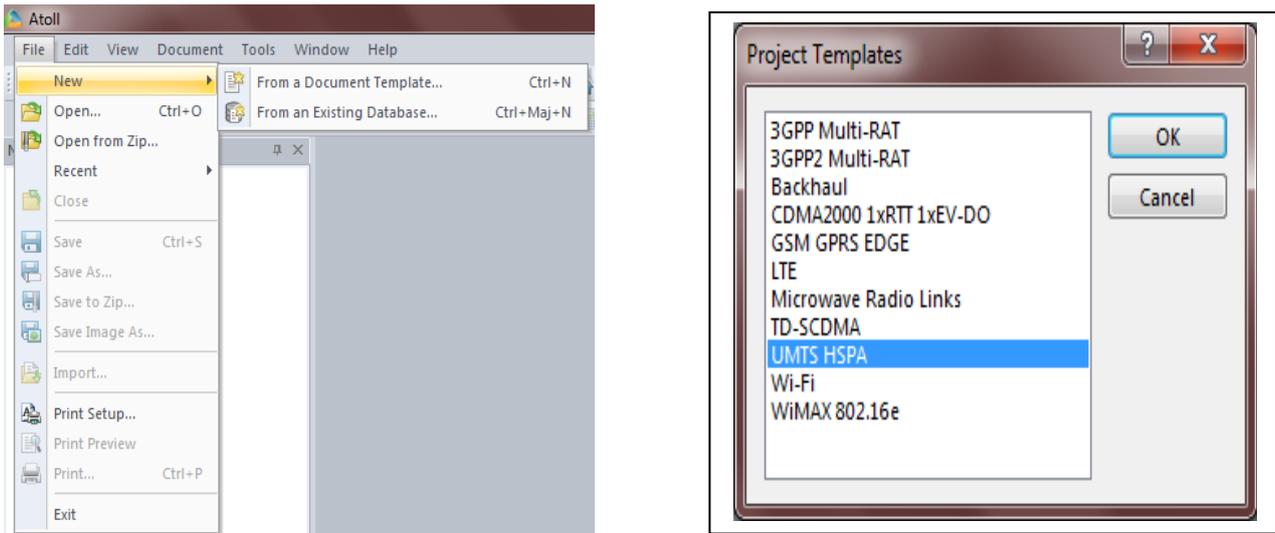


Figure IV.2 : Création d'un nouveau projet UMTS

Plusieurs paramètres vont être introduits à l'outil géographique de planification, les cartes topographiques, les différents paramètres des services, des utilisateurs, des sites, des secteurs, des cellules. Ces paramètres ont été fournis par MOBILIS. Dans ce qui suit nous présenterons les différentes valeurs de ces paramètres.

IV.3.1 Importation des données géographiques

Pour pouvoir travailler sur une carte réelle, l'utilisateur doit importer les données géographiques du terrain à planifier (clutter class, height class, etc.). Ericsson, utilise une carte de modèle numérique du terrain DTM obtenue auprès de l'INCT (institut national de cartographie et de télédétection). Une fois le modèle numérique du terrain chargé, des informations supplémentaires utiles appelées vecteurs, peuvent être chargées, comme les routes, les rues, les autoroutes, les aéroports, les rivières, les lacs, etc.

Les informations géographiques permettent au logiciel d'effectuer les calculs de propagation et à l'utilisateur de mieux choisir l'emplacement des sites.

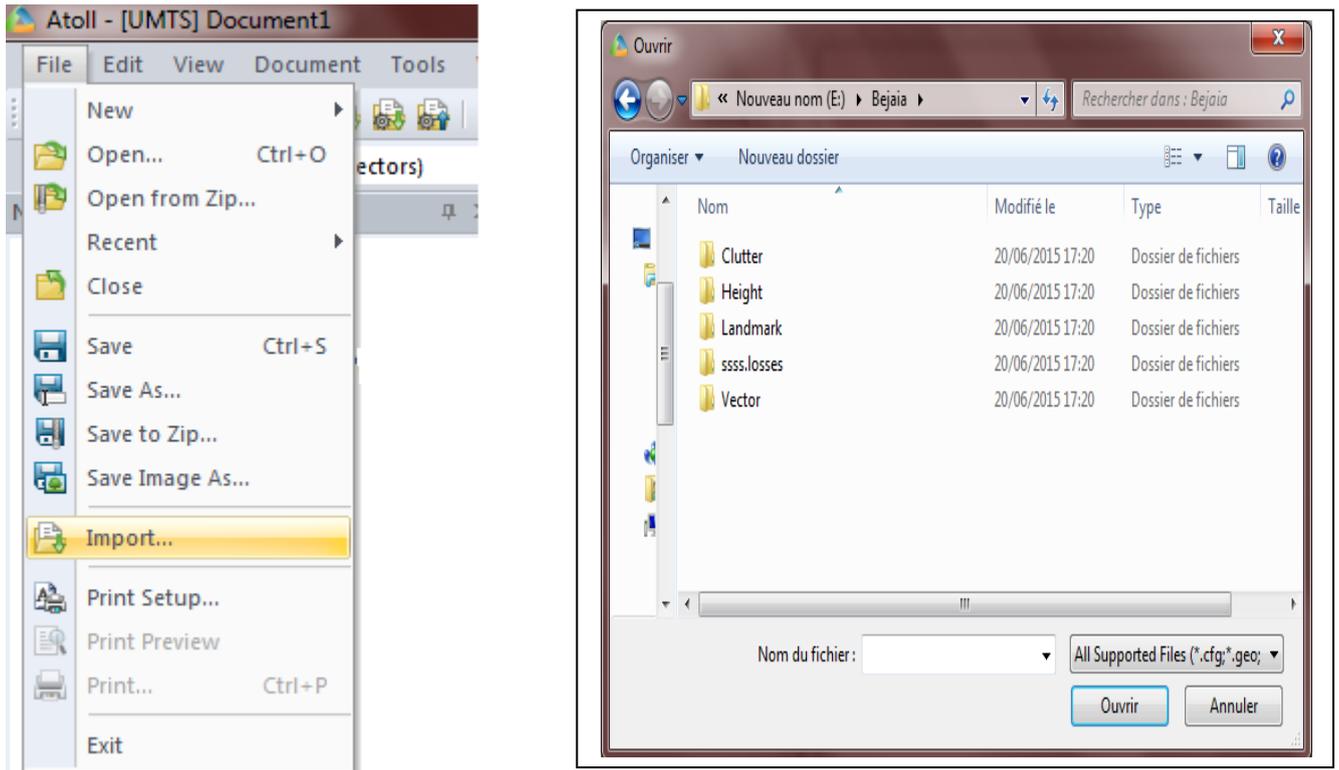


Figure IV.3 : Importation de la carte (Map de Bejaia)

IV.3.2. Importation des sites candidats

Lors de l'ajout des sites, plusieurs paramètres sont définies : position géographique (latitude et longitude), les propriétés radio des émetteurs, puisque les secteurs d'un site n'ont pas nécessairement la même configuration.

Dans notre cas les sites sont déjà déployés, on va se contenter que des prédictions de ces sites.

Un site candidats représente un Node B. chaque Node B est associé à trois antennes sectorielles.

Dans notre cas, on a seulement importé les sites du fichier Excel contenant les données paramétrées afin de les positionner sur la carte (map)

▪ Ajout des caractéristiques des sites

Paramètres suivant sont visibles sur chaque site :

Son nom identification du site

Ses coordonnées géographiques (longitude et latitude) : pour pouvoir le localiser

Son altitude : liée aux conditions physique du milieu

Le rayon de couverture :

- ✓ La hauteur du pylône : qui varie selon l'environnement
- ✓ Le support sur lequel il s'y trouve

Planification radio à Bejaia

A	B	C	D	E	F	G	H	I
2G SITE	3G SITE	Cluster ID	Site Type	Integration date	Longitude	Latitude	NAME SITE	WILAYA
63001	63001	6	nouveau 3G		5,083	36,75708	Bab El Louze	BEJAIA
63002	63002	6	nouveau 3G		5,077369	36,752281	Jardin Pasteur	BEJAIA
63003	63003	8	nouveau 3G		5,16741	36,66585	Hotel Grande Te	BEJAIA
6612	64612	1	2G/3G	15/10/2014	4,76493	36.506100	BNIMAOUCHE	BEJAIA
63004	63004	10	nouveau 3G		5,1331	36,67701	Djabia	BEJAIA
63005	63005	4	3G	21/01/2015	4,90721	36,64589	ISSAHLIYENE	BEJAIA
63006	63006	5	nouveau 3G		5,03439	36,74766	Tazebougt	BEJAIA
6102	64102	6	2G/3G	15/11/2014	5,08415	36.768000	GOURAYA	BEJAIA
6103	64103	1	2G/3G	02/12/2014	4,47537	36.342700	IGHIL_ALI	BEJAIA
6104	64104	3	co-localise		4,56794	36.636800	AKFADOU	BEJAIA
6203	64203	3	2G/3G	17/11/2014	4,57947	36.508500	OUZELLAGUEN	BEJAIA
6207	64207	3	2G/3G	17/11/2014	4,61231	36.539300	OUZELLAGUEN	BEJAIA

Tableau IV.1 : Base de données de la région de Bejaia (Excel file)

Name	Longitude	Latitude	Altitude	Support	Support Type	Max No.	Max No.	Max lub
63001	5°4'58,8"E	36°45'25,49"	[8]	20		256	256	12 288
63002	5°4'38,53"E	36°45'8,21"	[1]	50		256	256	12 288
63003	5°10'2,68"E	36°39'57,06"	[201]	50		256	256	12 288
63004	5°7'59,16"E	36°40'37,24"	[202]	50		256	256	12 288
63006	5°2'3,8"E	36°44'51,58"	[130]	50		256	256	12 288
64699	4°31'16,93"E	36°28'1,56"	[0]	50		256	256	12 288
64703	4°40'23,23"E	36°33'31,86"	[0]	50		256	256	12 288
64708	5°11'26,99"E	36°39'10,66"	[162]	50		256	256	12 288
64721	5°3'23,22"E	36°42'3,96"	[36]	50		256	256	12 288
64723	4°33'15,51"E	36°19'29,97"	[0]	50		256	256	12 288
64729	4°50'33"E	36°36'6,84"	[0]	50		256	256	12 288
64732	4°41'12,59"E	36°32'43,12"	[0]	50		256	256	12 288
64736	5°3'25,2"E	36°44'8,38"	[28]	50		256	256	12 288
64737	5°2'25,19"E	36°44'5,46"	[181]	50		256	256	12 288
64738	5°2'48,34"E	36°45'5,65"	[24]	50		256	256	12 288
64739	5°3'5"E	36°45'19,58"	[23]	50		256	256	12 288
64740	5°4'7,57"E	36°44'51,07"	[6]	50		256	256	12 288
64741	5°4'17"E	36°45'20,59"	[9]	50		256	256	12 288

Figure IV.4 : Importation des sites sur atoll

La partie suivante consiste à remplir au niveau de chaque secteur de l'antenne les paramètres de propagation SUI, la bande de fréquence utilisée, la bande du canal (channel band), les critères qu'elles doivent utilisées etc.

▪ Définition d'un émetteur

Un émetteur caractérise chacun des secteurs d'un site. On peut définir son nom, le site auquel il appartient, la distance qui le sépare de son site (en général nulle), ses pertes en émission et en réception, son facteur de bruit, sa hauteur, le modèle de l'antenne utilisée (choisi parmi les modèles préalablement définis), son azimut, son inclinaison (downtilt), la porteuse qu'il utilise, la taille maximale de l'active set, la puissance maximale et les puissances des canaux CPICH, SCH et CCH,

ses voisins, son état d'activité et le modèle de propagation utilisé lors des calculs, comme illustré sur la figure IV.5

La figure apparait enfaisons un clic sur un des secteurs d'un site quelconque au niveau de la carte puis, nous choisissons 'Propriétés' pour remplir les paramètres puis nous validons à la fin par 'Appliquer+OK'.

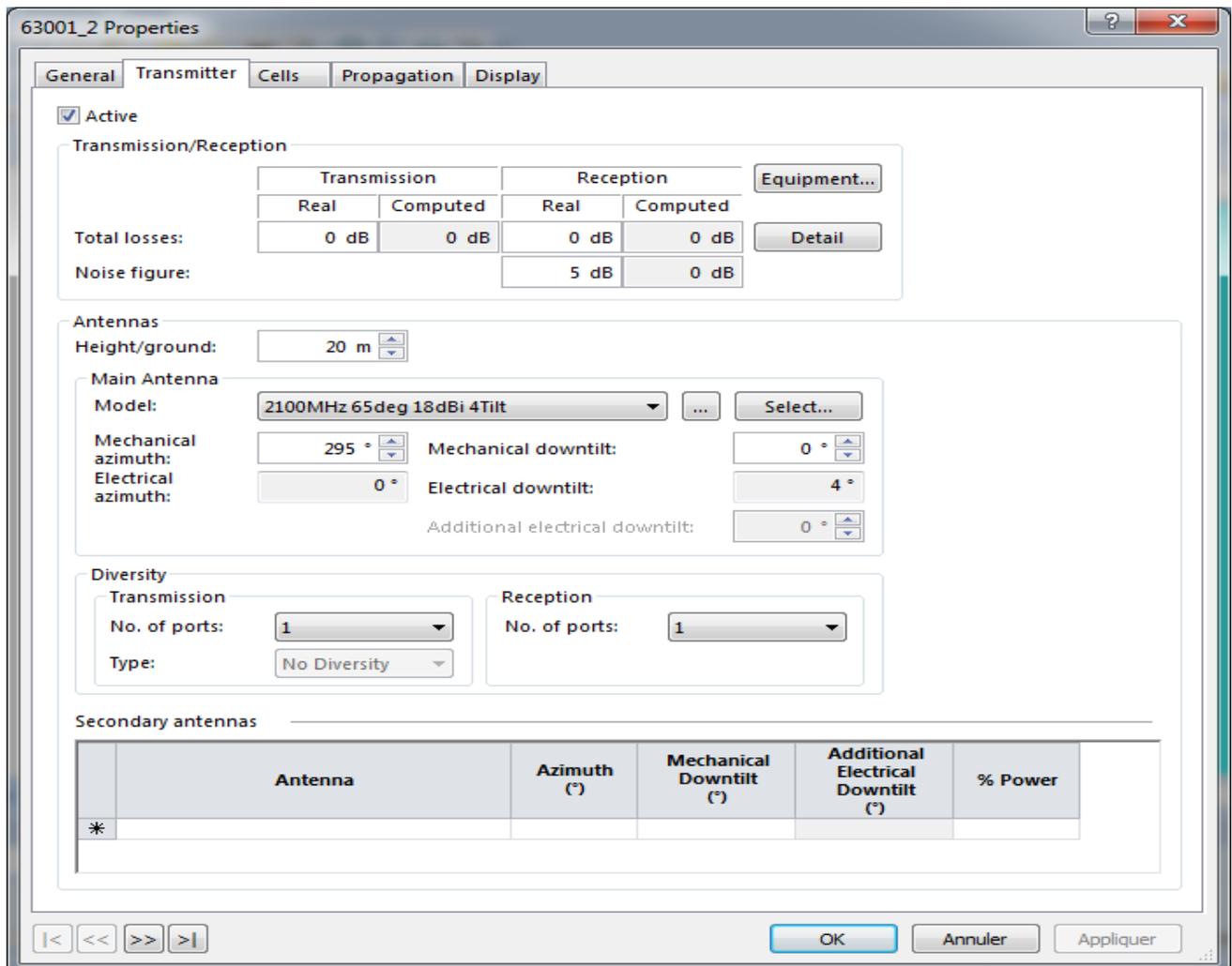


Figure IV.5 : Définition des propriétés d'un émetteur

IV.3.3. Calibrage d'un modèle de propagation

Les modèles de propagation doivent être calibrés pour correspondre au mieux à l'environnement réel. Il faut mettre sur le terrain quelques sites dont les emplacements représentent tous les milieux de la zone de planification (urbain, suburbain, urbain dense, et rural) et les différentes conditions de propagation. Ericsson utilise le model de propagation Cost-Hata qui propose une formule générale avec plusieurs facteurs à définir, fait manuellement mais il est d'une

grande complexité. Les outils de planification (dans notre cas Atoll) incluent une fonction de calibrage automatique : en entrant un fichier de résultats des mesures effectuées sur un zone particulière, en indiquant l'émetteur radio utilisé et le modèle à calibrer, le logiciel calcule automatiquement les coefficients de la formule générale.

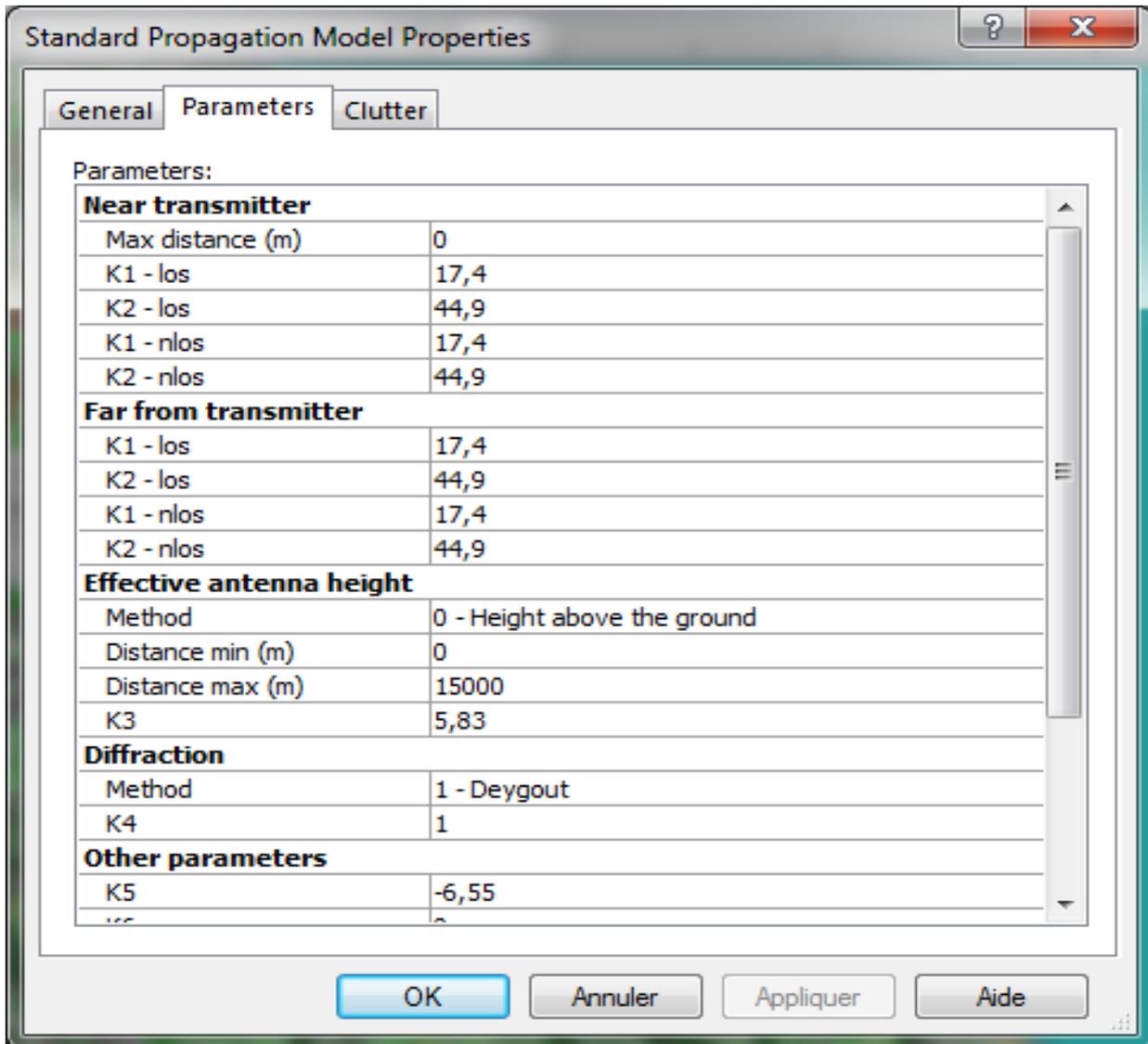


Figure IV.6 : Facteur de calibrage d'un modèle de propagation

Nous pouvons ajuster le modèle de propagation selon l'exigence :

Valeur du paramètre constante K1, K2...K7, calibré par le module de réglage du réseau.

Le modèle de propagation standard est un modèle de propagation basé sur la formule HATA elle est adapté pour les prédictions dans la bande de 150 à 3500 MHz de longues distances (de 1 à 20 Km).

IV.3.4. Répartition des environnements

Le facteur principal qui distingue les environnements est la densité en bâtiments. Le type de carte ‘classe de sursol’ est celui qui donne le plus d’informations sur la densité urbaine.

Ainsi, sur la carte des types de sursol, la ville de Bejaia est scindée en trois régions indiquées sur la figure suivante :

Le secteur rouge bordeaux : c’est la zone ‘milieu urbain dense’ « urban height dense »

Le secteur rouge : c’est la zone ‘milieu urbain peu dense’ « urban low dense »

Le secteur violet : c’est la zone ‘milieu régional’ « suburban »

IV.3.5. paramètres et configurations

Les paramètres et les configurations mises en jeu lors de la réalisation de notre projet sont définis dans le tableau ci-dessous :

Paramètre	Valeur
Modèle de propagation	Cost-hata
Résolution	50 m
Modèle de la station	Dense urbain (3 secteurs)
Type d’antenne	Horizontal et vertical (Gain = 16 dbi , largeur de faisceau : 65°)
Bande de fréquence	2100 MHz
La fréquence attribuée	1920 MHz – 2170 MHz
Facteur du bruit du node B	4 dB
Le MNT (modèle numérique de terrain)	3 cartes : reliefs, lignes (vecteurs) et classes (commercial, industriel, ...)

Tableau IV.3 : paramètres et configurations

Le réglage de l’antenne se fait de la manière suivante :

Plan horizontal :

- Possible faiblesse de la couverture entre les secteurs.
- Réduction de l’interférence.
- Répartition de charge de trafic.

Plan vertical :

- Réduction de l'interférence.
- Possible faiblesse de couverture a court ou moyen distance.
- Répartition de charge de trafic.

Remarque : dans notre simulation nous avons utilisés une résolution de 50m pour avoir une couverture total sur notre .zone de calcul. Et cette résolution a été choisie en fonction du nombre de site qui existe. Plus ya des sites plus ya une diminution de la résolution et avoir une meilleurs qualité de couverture.

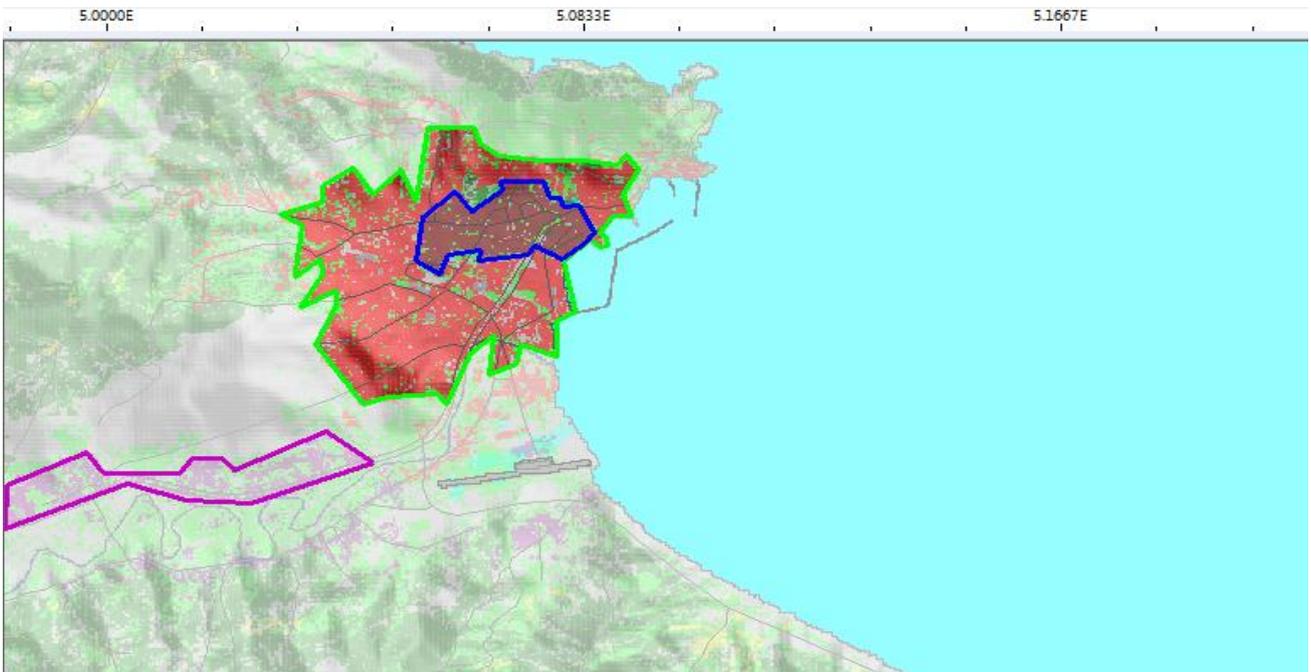


Figure IV.7 : Répartition des environnements Urbain dense, Urbain et Suburbain

IV.3.6. Distribution des sites

On prendra la distribution réelle des sites de l'opérateur MOBILIS sur la région de Bejaia, la majorité des sites sont positionné au niveau des zones urbaines et un site est mis sur chaque village comme la figure ci-dessous le montre :

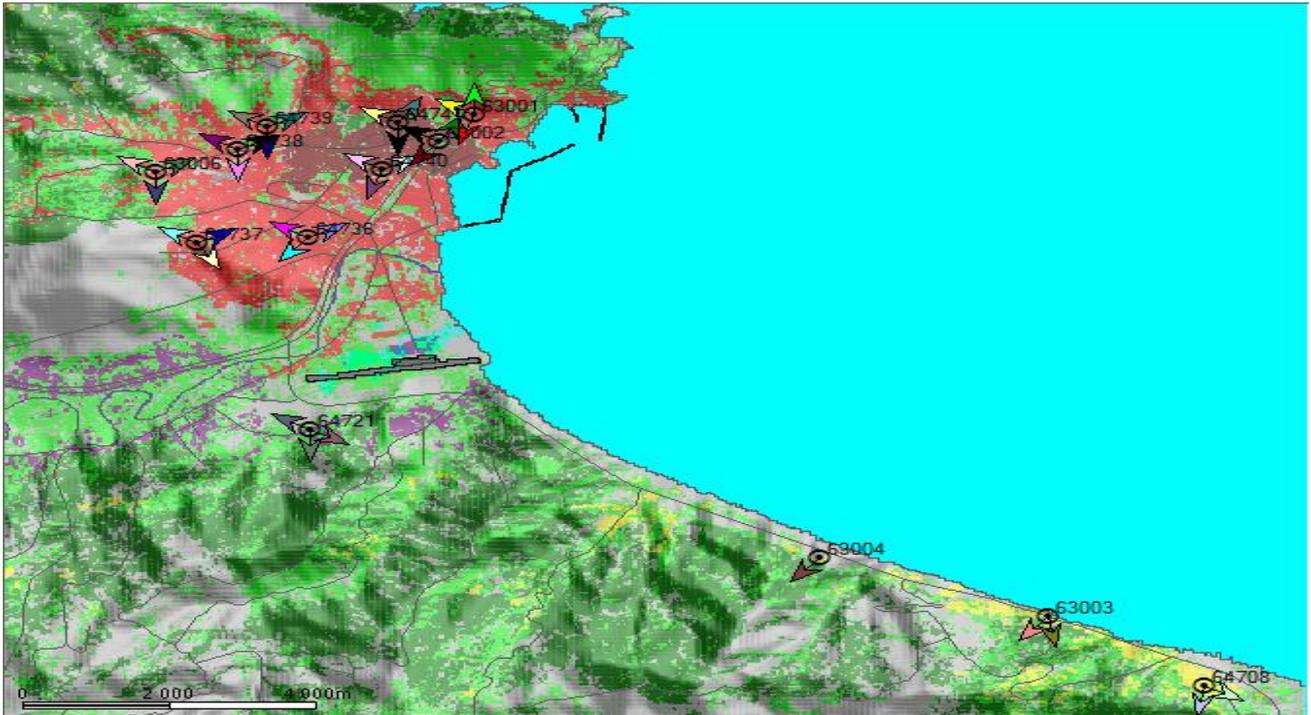


Figure IV.8 : Distribution des sites sur Bejaia

IV.3.7. Choix de zone de calcul

La zone de calcul est un polygone dessiné sur la carte définissant les émetteurs concernés par le calcul demandé. Ceci permet de réduire le temps de calcul et d'obtenir des résultats plus précis. Les émetteurs utilisés pour le calcul seront ceux dont le rayon atteint la zone de calcul.

Remarque : pour les captures d'écran des différents calculs et prédictions qui vont suivre, seule la zone urbaine dense sera représenté pour une meilleure illustration des résultats. Les mêmes étapes citées pour cette zone sont répétées pour les zones urbaine et suburbaine.

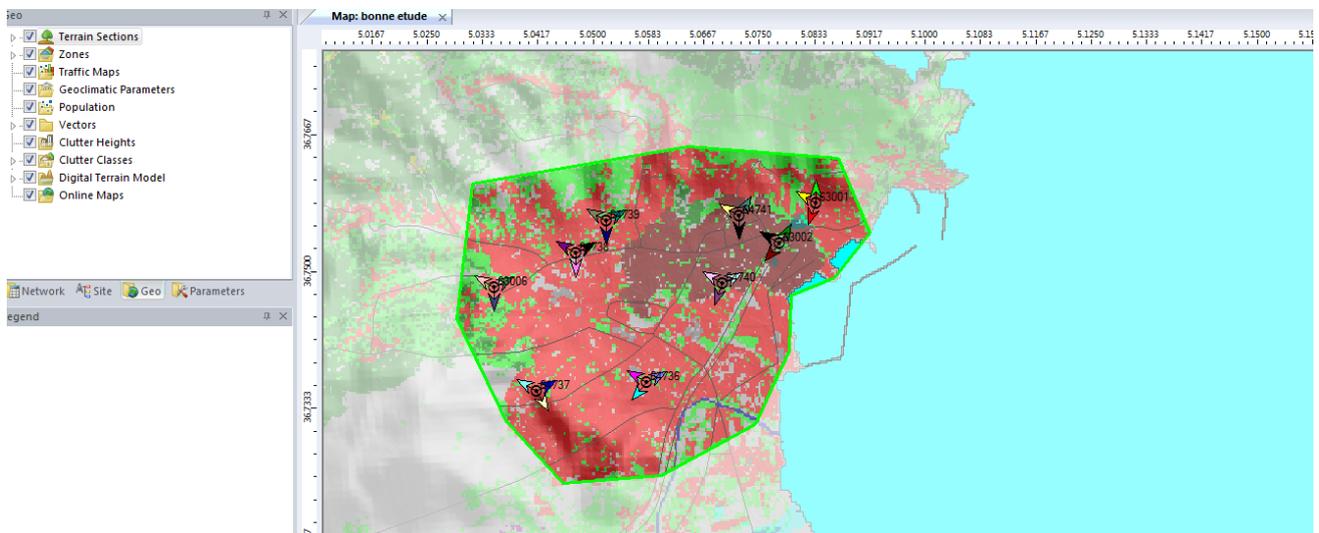


Figure IV.9 : Zone de calcul

IV.4. Etude des prédictions

Après avoir déployé un réseau, l'outil Atoll permet de réaliser de multiples prédictions :

- ✓ Couverture par niveau de champ.
- ✓ Couverture par émetteur et étude du trafic.
- ✓ Zone de recouvrement et couverture par niveau de C/I.
- ✓ Prédiction de l'état de handover.

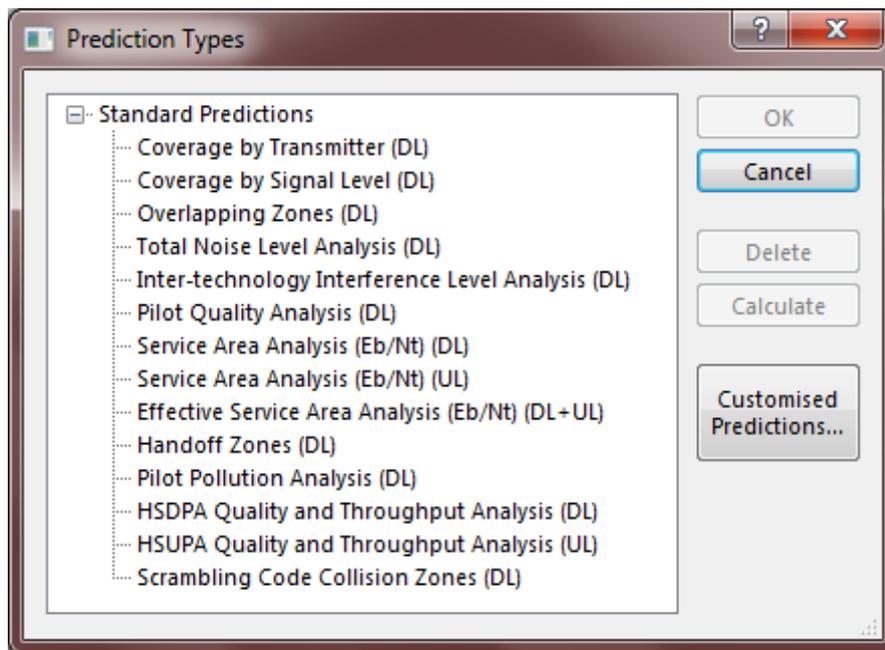


Figure IV.10 : Les différentes prédictions

IV.4.1. Prédiction de la couverture

Après avoir choisi l'étude on calcul.

Dans notre cas on a choisi d'étudier la couverture par secteur (coverage by transmitter) et la couverture par niveau de champ (coverage by signal level) :

- **Prédiction de couverture par émetteur**

Planification radio à Bejaia

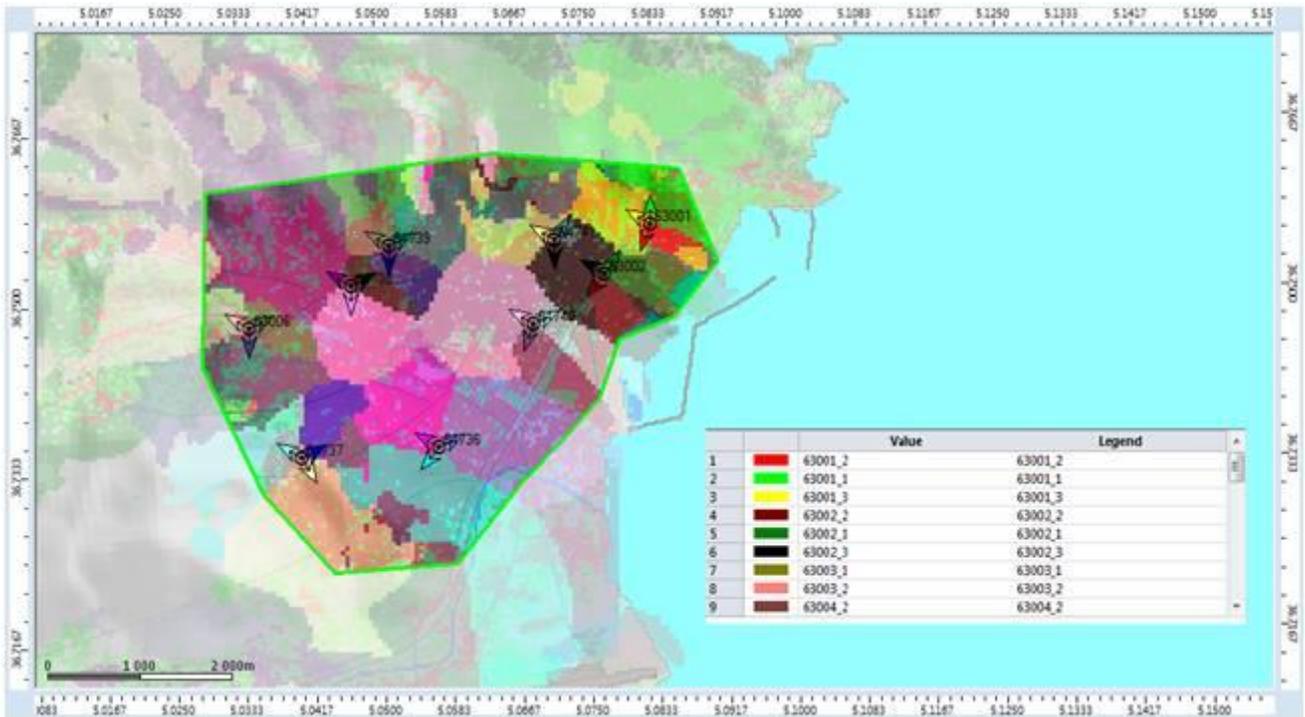


Figure IV.11 (a) : Simulation de la couverture par émetteur

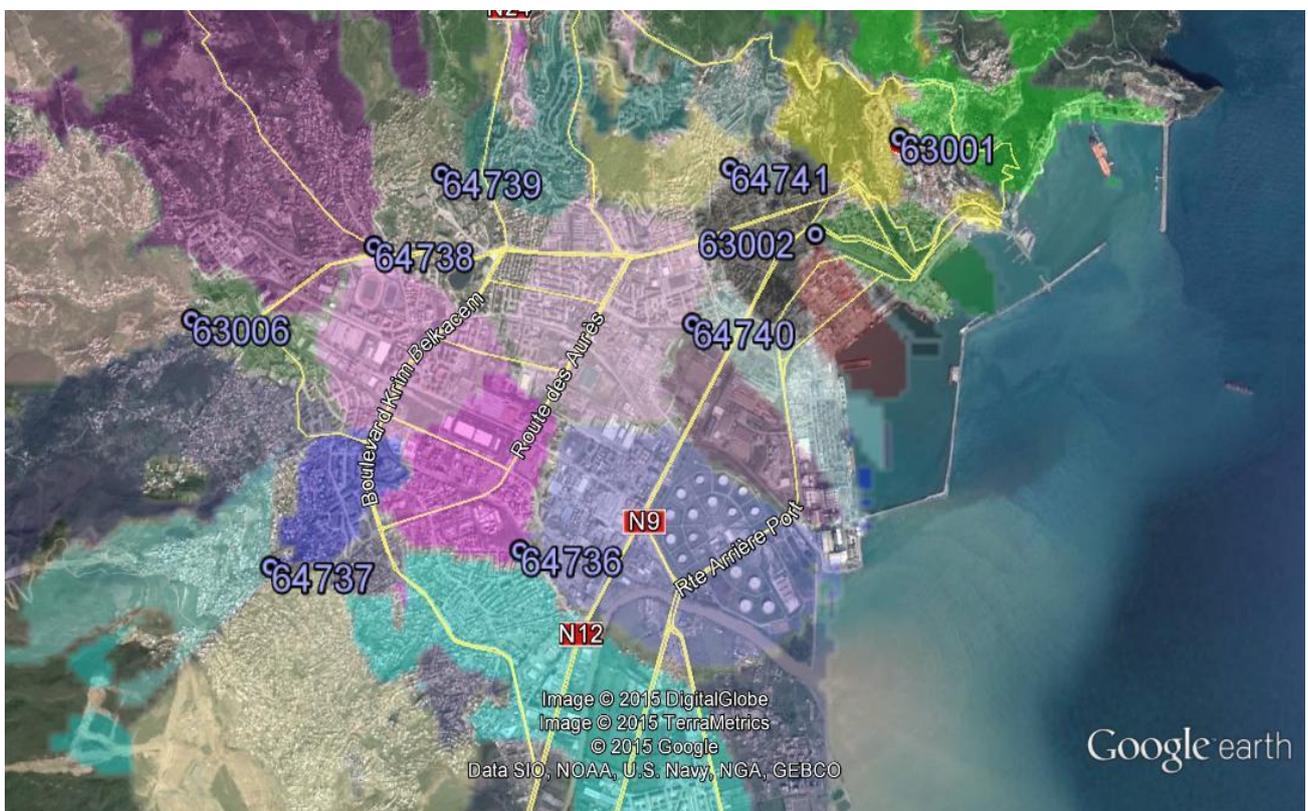


Figure IV.11 (b) : Simulation de la couverture par secteur avec Google Earth

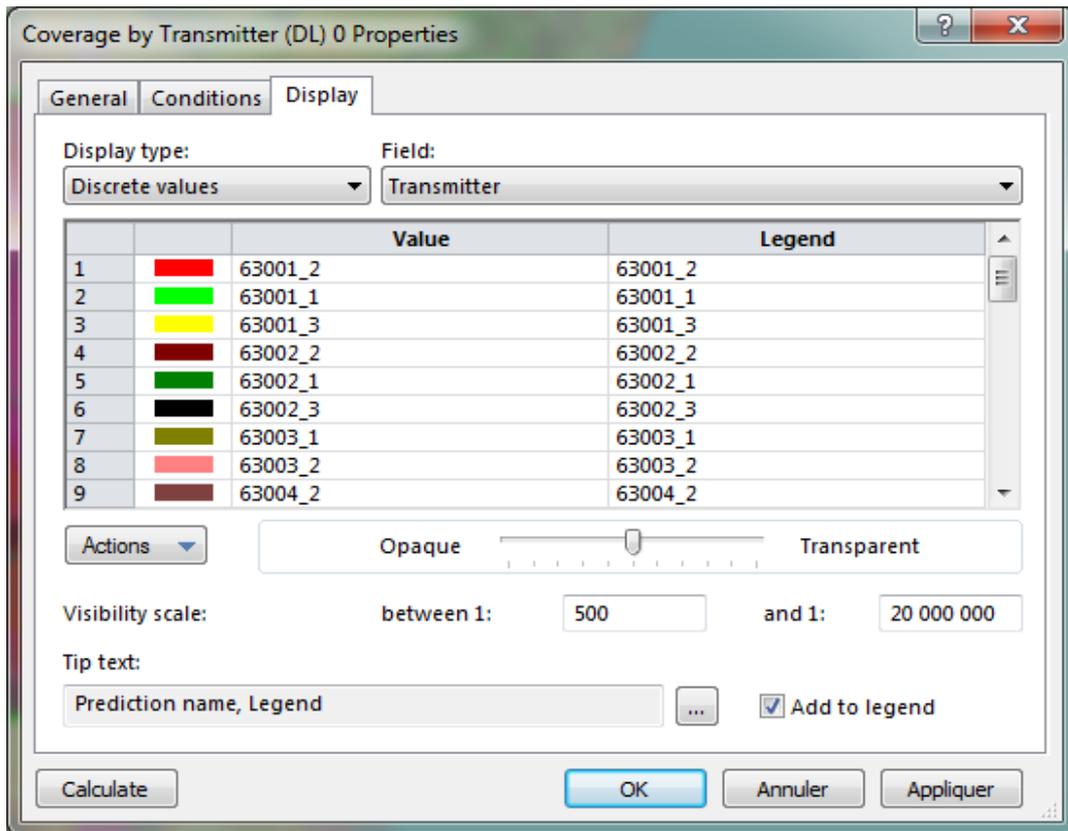


Figure IV.11(c) : Propriétés des secteurs

La figure nous montre les différentes zones couvertes. Chaque émetteur est occupé d'une couleur différente pour nous permettre de visualiser sa couverture du signal et sa trajectoire. Pour un émetteur avec plus de cellules, la couverture est calculée pour les cellules avec la puissance de signal la plus élevée.

- **Prédiction de couverture par niveau de champs (coverage by signal level)**

Cette prédiction permet d'estimer la puissance reçue par un mobile en chaque point de la zone de calcul. L'objectif de cette étude est de détecter d'éventuelles zones aveugles et essayer de les éliminer en procédant à des modifications de la configuration des sites et des émetteurs comme un déplacement de site, un changement de l'azimut d'un émetteur, un réglage de puissance ou une inclinaison (tilt) d'une antenne.

Planification radio à Bejaia

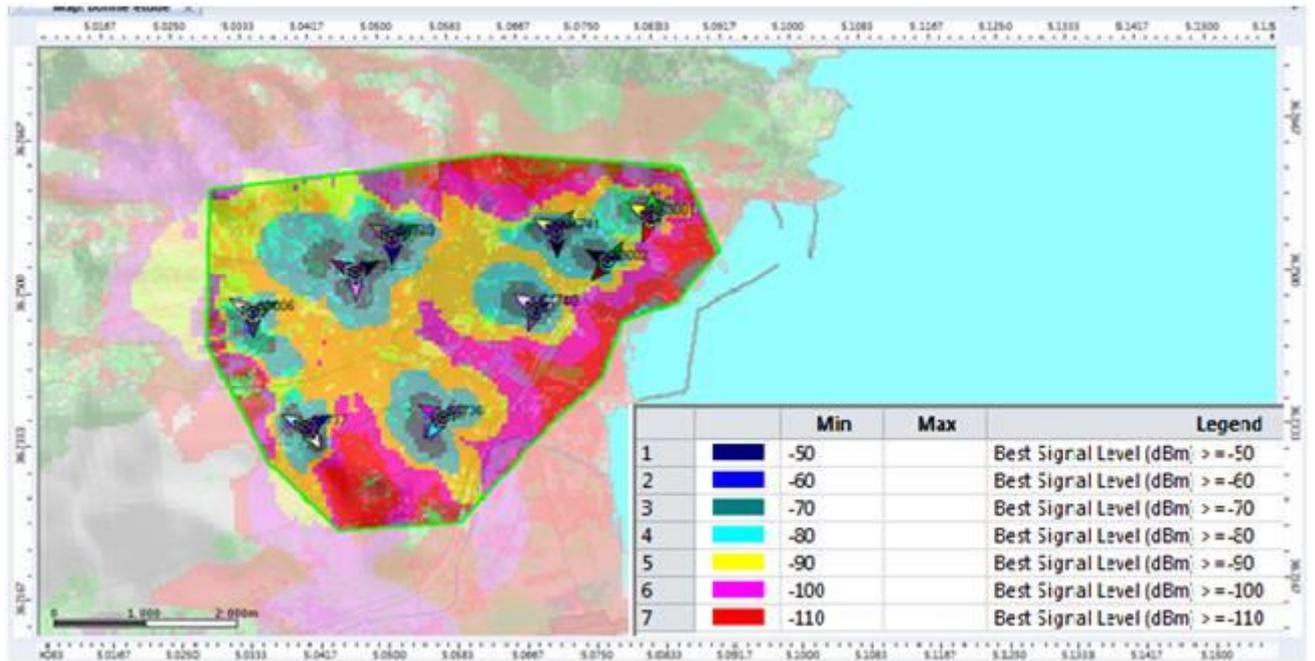


Figure IV.12 (a): Simulation de la couverture (coverage by signal level (DL))

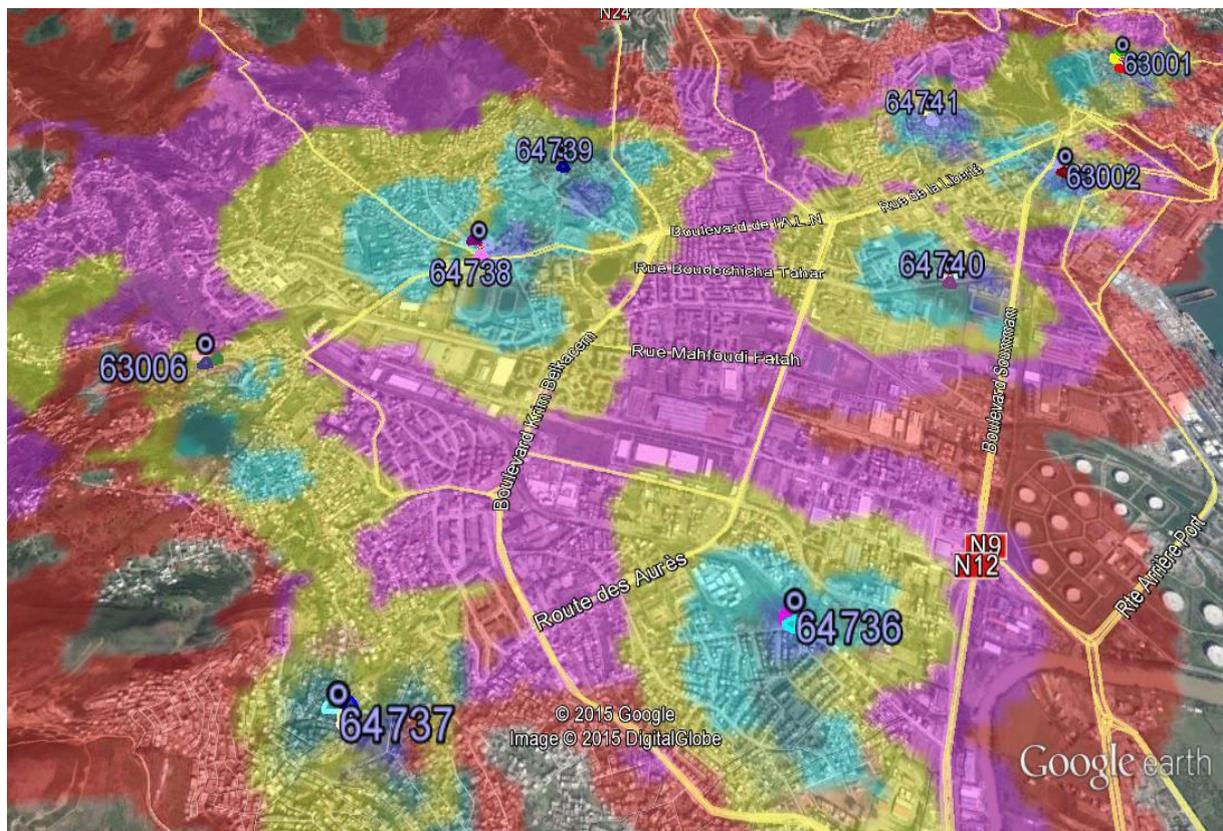


Figure IV.12 (b) : Simulation de la couverture avec Google Earth (coverage by signal level (DL))

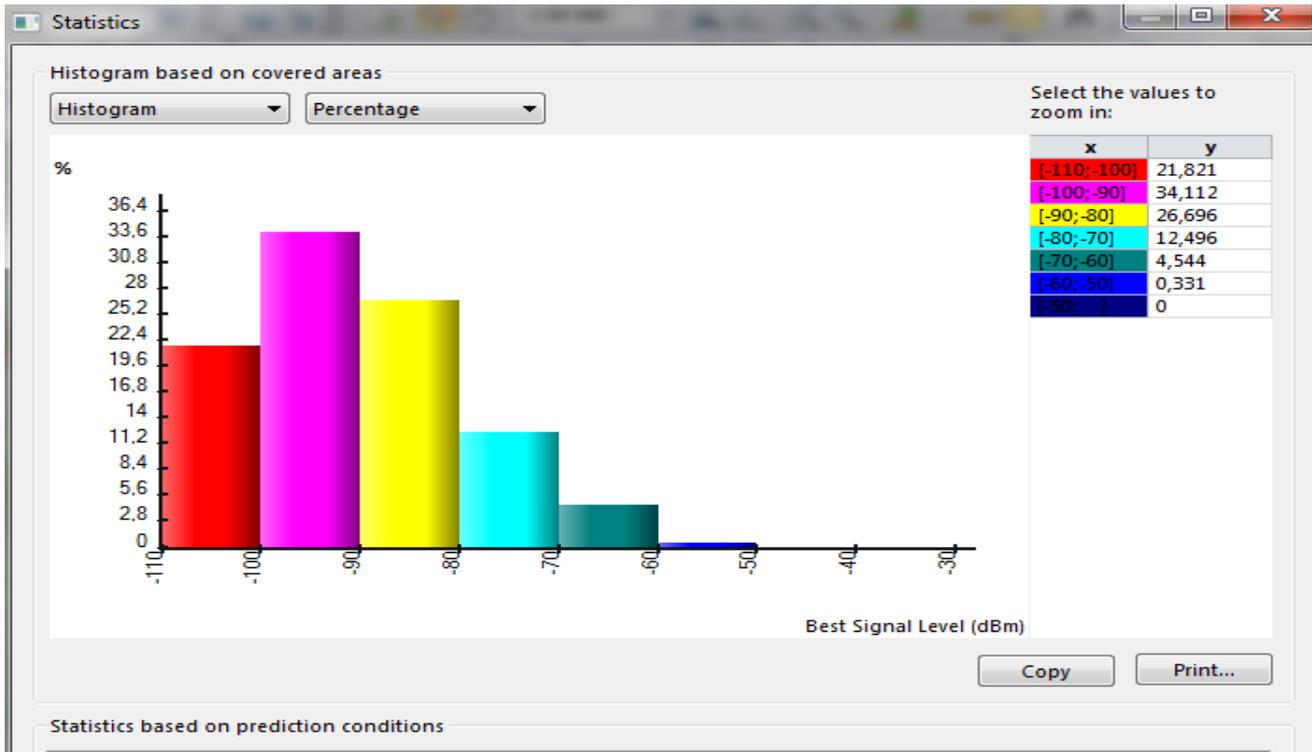


Figure IV.13 : Histogramme de couverture par niveau de champ

On voit bien que le pourcentage du signal est limité entre (-50 dbm et -110dbm) et au dessous de -50dbm ,le signal est presque nul ;plus le débit est grand plus la qualité de signal est meilleure. On remarque que le niveau du signal est assez bon, mais quelque zones de couverture ont un signal assez faible peuvent etre couvert en ajoutant des sites, biensur en modifiant le gain des antenne.

IV.4.2.Prédiction du rapport E_c/I_o du canal pilote CPICH (pilote Quality Analysis)

Le mobile utilise le rapport E_c/I_o du canal pilote CPICH pour décider lesquelles des cellules qui l'entourent offrent une meilleure qualité de signal. Pour remédier aux défauts éventuels rencontrés, des changements similaires à ceux cités ci-dessus sont utiles.

Planification radio à Bejaia

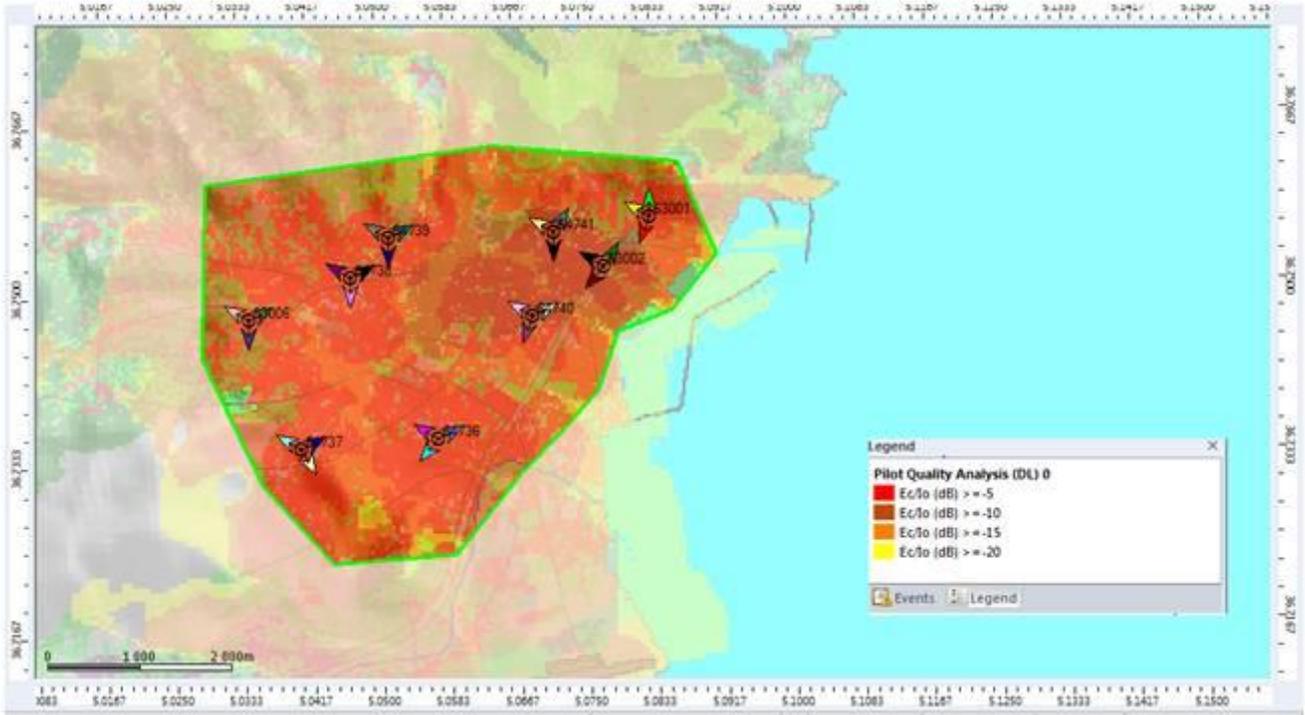


Figure IV.14 (a) : Prédiction du rapport E_c/I_o du canal pilote CPICH



Figure IV.14(b) : Prédiction du rapport E_c/I_o du canal pilote CPICH avec Google Earth

Sur cette figure on voit bien que la meilleure qualité E_c/I_o est entre -5db et -15db se qui permet de conclure qu'une qualité de communication est assurée.

IV.4.3. Prédiction des zones de chevauchements (Overlapping zones) (DL)

Les zones qui se chevauchent ont pour une condition définie, une couverture de signal de deux émetteurs au minimum et nous pouvons faire la prédiction des zones de chevauchements sur le signal (perte du trajet) ou perte total.

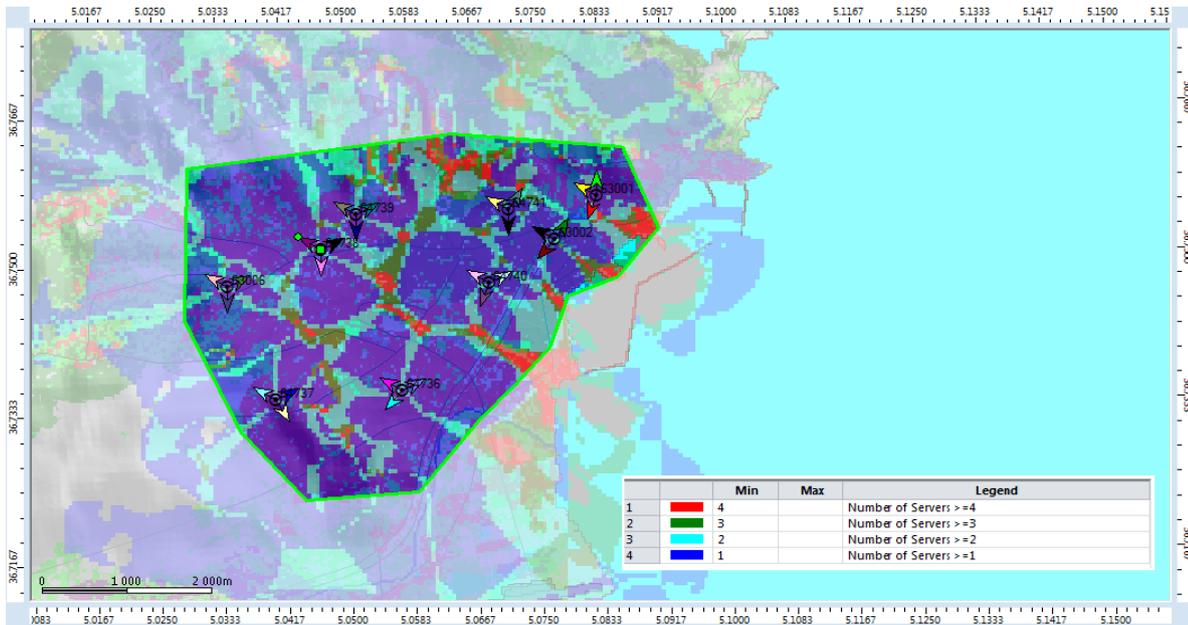


Figure IV.15 : Prédiction des zones de chevauchements

- Zone rouge : est couverte par 4 émetteurs
- Zone verte : est couverte par 3 émetteurs
- Zone bleu claire : est couverte par 2 émetteurs
- Zone bleu foncé : est couverte par un seul émetteur

Remarque :

Les zones couvertes par 4 émetteurs ou plus provoques des interférences dans le signal.

IV.4.5. Prédiction de l'état du Handover

La compréhension des états du Handover est très importante puisqu'elle facilite le choix des cellules voisines de chaque cellule pour ensuite les définir dans le RNC. Les voisines d'une cellule donnée sont les cellules qui peuvent prendre un mobile en situation de Handover avec elle.

En outre, en utilisant les résultats de cette prédiction on peut favoriser le handover dans les endroits qui n'en profitaient pas en diminuant la valeur du seuil de handover ou en amenant d'autres cellules à les couvrir.

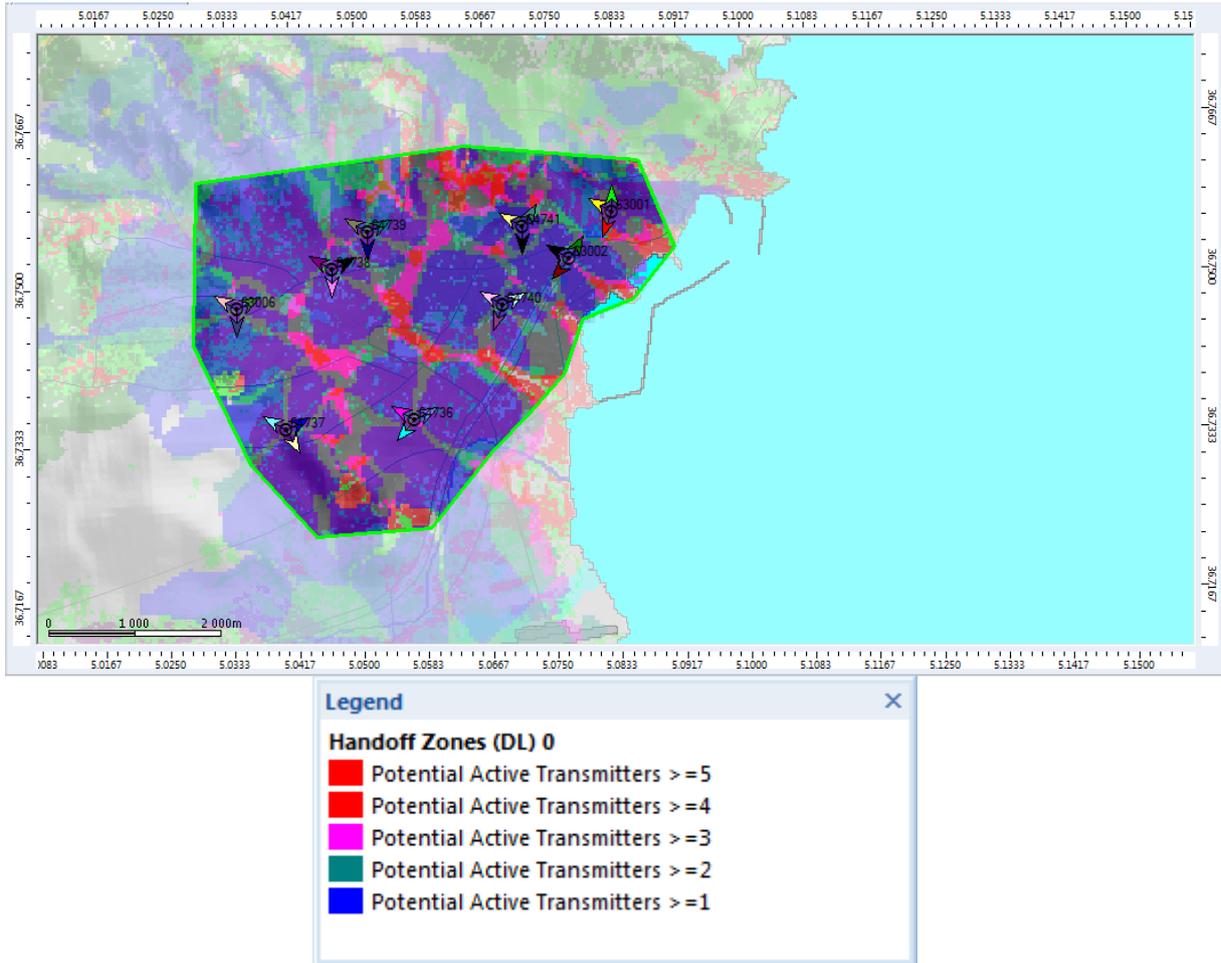


Figure IV.16 : Prédiction de l'état du Handover

Les zones colorées en rose et en rouge représentent des surfaces couvertes par plus d'un secteur, ce qui peut provoquer l'échec du handover entre les cellules et des interférences.

▪ Configuration des services

Cette configuration offre des services tels que la Téléphonie, Vidéo Conférence, et l'accès à internet. Tous ces types de services seront configurés de manière à ce que tous les utilisateurs puissent en accéder même en mobilité. Nous configurant ces services de manière à leurs associer des débits et des priorités.

IV.5. Analyse ponctuelle

Le logiciel Atoll donne l'avantage de connaître les différents paramètres radio en un point de la carte. En choisissant le type d'étude d'analyse ponctuelle, dans un projet UMTS, on peut utiliser les onglets : 'Profil', 'Réception' et 'Résultats' pour estimer le niveau de signal du pilote CPICH reçu

tandis que l'onglet 'Analyse AS' donne une prédiction sur la qualité (E_c/I_o) du pilote CPICH et l'état de la connexion pour le mobile.

IV.5.1. Réception et profil en un point par rapport à un émetteur donné

Cette étude permet de dessiner l'ellipsoïde de Fresnel entre l'UE et l'émetteur sélectionné. L'utilité de cette information apparaît dans le cas où un obstacle cache totalement l'UE. La solution la plus évidente pour ce problème est de chercher un emplacement plus haut que celui choisi pour ce site. Une autre information est le niveau de signal provenant de cet émetteur avec un calcul basé sur le modèle de propagation utilisé.

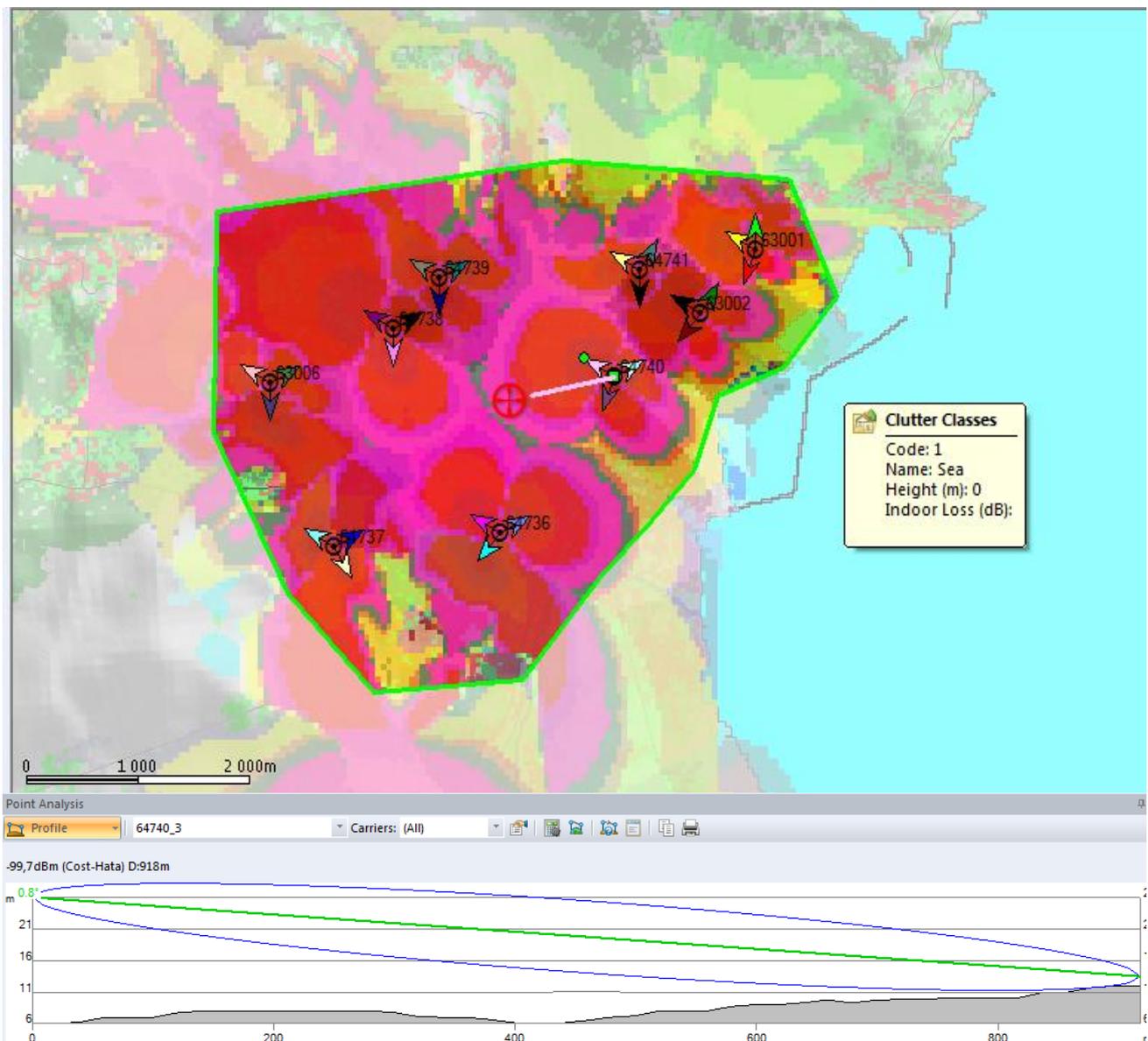


Figure IV.17 : Réception et profil en un point par rapport à un émetteur donné

Ce cas montre que la couverture du signal émis par l'émetteur ne rencontre aucun obstacle ce qui explique qu'elle est optimale.

IV.5.2. Meilleurs niveaux de réception

Avec Atoll, la visualisation du niveau de signal de chaque émetteur actif dans le réseau est possible. En sélectionnant une seule porteuse on peut choisir d'autres cellules candidates pour faire la partie de l'AS (Réception).

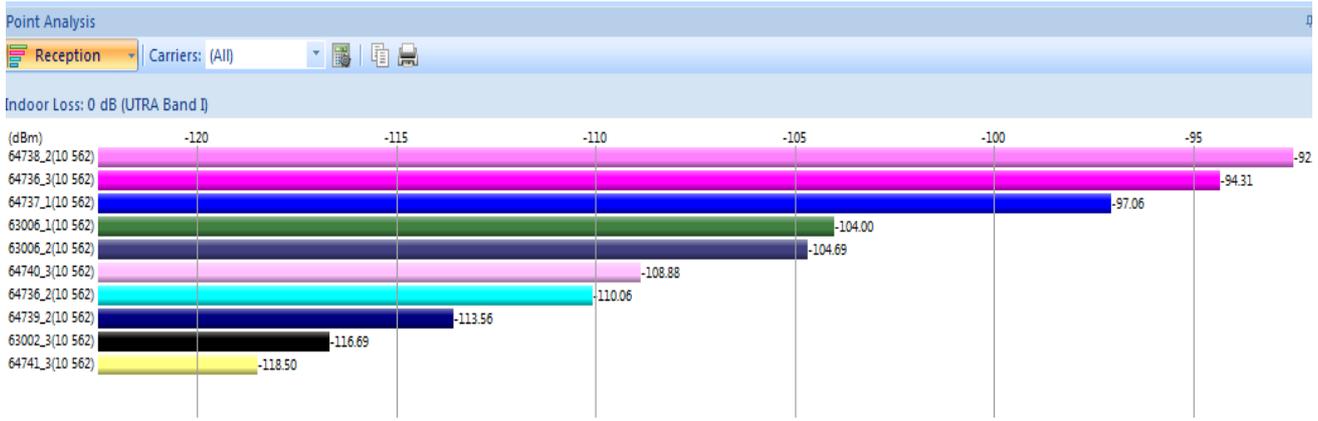


Figure IV.18 : Meilleurs niveaux de réception en un point

IV.5.3. Analyse de l'active set

Cet onglet affiche la réception du pilote CPICH en termes des éléments de l'AS. Une telle étude vérifie la disponibilité d'un service (caractérisé par un E_c/I_o requis) pour un type de mobile (caractérisé par sa puissance d'émission et la taille maximale de l'AS). Les cellules représentées par des bâtons gris sont les membres appartenant à l'AS tandis que les bâtons blancs représentent celles qui ne respectent pas les conditions de l'AS (Analyse).

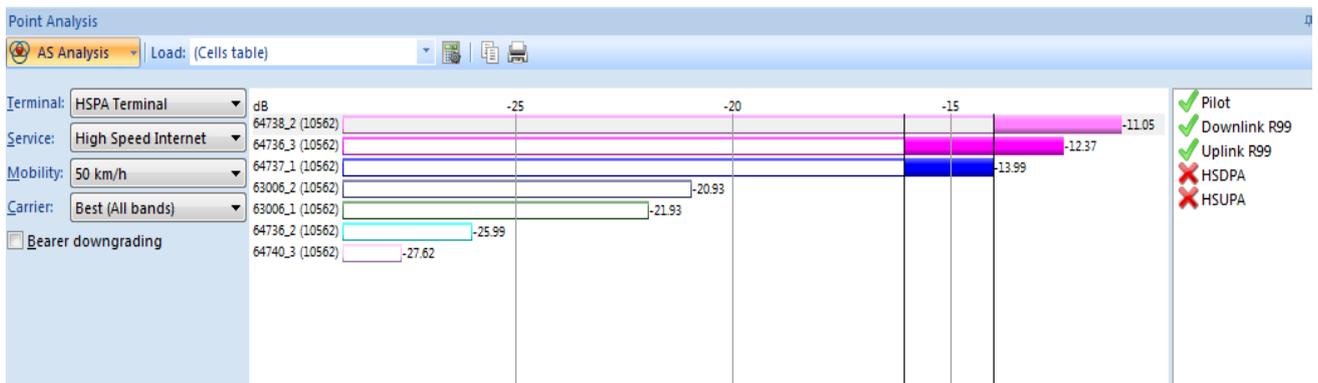


Figure IV.19 : Analyse ponctuelle de l'Active Set

Planification radio à Bejaia

Point Analysis

Details Load: (Cells table)

Terminal: HSPA Terminal x:5,048964613 y:36,742888422 z:31 Clutter:12 (Urban_mean_dense)

Service: High Speed Internet

Mobility: 50 km/h

Carrier: Best (All bands)

Bearer downgrading

Transmitter	Distance (m)	Path Loss (dB)	RSCP (dBm)	Ec/Io (dB)	Eb/NT DL (dB)	Eb/NT UL (dB)	Scrambling code
64738_2 (10562)	983	143,5	-92,5	-10,48	26,2	27,43	
64736_3 (10562)	1 077	145,31	-94,31	-12,3	23,53	25,62	
64737_1 (10562)	1 179	145,06	-97,06	-15,05	20,12	25,87	
63006_1 (10562)	1 406	155	-104	-21,98	12,67	15,93	
63006_2 (10562)	1 406	155,69	-104,69	-22,67	11,96	15,25	
64740_3 (10562)	1 842	159,88	-108,88	-26,86	7,71	11,06	
64736_2 (10562)	1 077	161,06	-110,06	-28,05	6,51	9,87	
64739_2 (10562)	1 409	164,56	-113,56	-31,55	2,99	6,37	
63002_3 (10562)	2 743	167,69	-116,69	-34,67	-0,14	3,25	
64741_3 (10562)	2 458	169,5	-118,5	-36,48	-1,95	1,43	

Figure IV.20 : Détail d'analyse

IV.6. Allocation Automatique des codes d'embrouillage

Primary Scrambling Codes

Constraints

Existing neighbours First Order

Additional overlapping conditions

Define... Min RSCP: by Cell
Ec/Io > -16 dB

Reuse distance Default: 2 000 m

Exceptional Pairs

Strategy: Distributed per Cell

Carrier: All Use a max of codes

Delete existing codes

No. of codes per cluster: 8 Allocate carriers identically

Results:

Site	Cell	Code	Cluster
63002	63002_1(10 562)	0	0
63002	63002_2(10 562)	8	1
63002	63002_3(10 562)	16	2
64741	64741_3(10 562)	24	3
64741	64741_1(10 562)	32	4
64741	64741_2(10 562)	40	5
63001	63001_2(10 562)	48	6
63001	63001_1(10 562)	56	7
63001	63001_3(10 562)	64	8
64740	64740_1(10 562)	72	9
64740	64740_2(10 562)	80	10
64740	64740_3(10 562)	88	11
64738	64738_2(10 562)	96	12
64738	64738_3(10 562)	104	13

Calculate Commit Close

Figure IV.21 : Allocation automatique des codes d'embrouillage

Pour assurer une séparation suffisante entre les cellules utilisant le même code d'embrouillage, une planification des codes est nécessaire.

L'utilisateur peut choisir les paramètres pris en compte par l'algorithme d'allocation

- ✓ Cellules voisines d'une cellule : si ce paramètre est choisi, ces cellules vont avoir des codes différents deux à deux. Les voisines de chaque cellule peuvent être définies manuellement ou automatiquement. Le handover ne peut se faire qu'entre une cellule et ses voisines.
- ✓ Secondes voisines (voisines des voisines) : on peut leur imposer, elles aussi, des codes différents.
- ✓ Critères sur E_c/I_0 : toutes les cellules ayant un rapport E_c/I_0 de leur pilote dans une marge (à définir) par rapport à celui d'une certaine cellule ne peuvent pas avoir le même code avec elle.
- ✓ Distance de réutilisation : c'est la distance minimale qui peut séparer deux cellules ayant le même code.

Si l'algorithme ne parvient pas à une allocation qui remplit tous les critères, il génère une erreur.

L'utilisateur doit redéfinir les critères avec plus de tolérance.

Conclusion

Un travail accompli sur l'outil de planification 'Atoll' est plus approfondi pour que ses étapes soient représentées en détails avec des captures d'écran.

Dans ce chapitre le principe, la procédure de raisonnement et d'action ont été représentés.

Les étapes décrites sont définies par des experts de la planification pour garantir une efficacité en termes de qualité, de coût et de temps pris pour aboutir à un plan complet du réseau.

L'interprétation des prédictions et des différentes analyses nécessite une bonne compréhension de l'ensemble des mécanismes naturels et des paramètres de configuration du système intervenant dans les résultats pour pouvoir ensuite appliquer les modifications adéquates.

Conclusion générale

L'objectif de ce mémoire était de procéder à une planification radio du réseau UMTS de la ville de Bejaia pour l'opérateur Mobilis. Cette étude nous a permis de nous familiariser avec le travail d'Ingénieur radio au sein de l'équipe, d'avoir un contact avec les équipements du réseau 3G, de profiter des outils logiciels disponibles ainsi que de l'expérience de l'équipe de planification et d'optimisation.

La planification est d'importance majeure dans le cycle de vie d'un réseau radio puisqu'elle est la base sur laquelle les étapes citées s'appuient. Cependant les tâches réalisées à travers ce projet de fin d'études ne représentent que les premiers pas de la planification : les résultats obtenus doivent être vérifiés sur le terrain car des facteurs imprévisibles peuvent intervenir (nouveaux immeubles, obstacles saisonniers, etc.).

Notre projet servira de base d'étude à une continuation future pour d'autres projets visant la validation des résultats de la planification en environnement réel et l'optimisation du réseau basée sur les tests appropriés. Ceci sera peut-être plus simple dans les années à venir lorsque les opérateurs de téléphonie mobile s'engagent dans l'exploitation réelle des réseaux UMTS et 4G ; en effet, les étudiants pourront avoir accès aux équipements et aux instruments de mesure spécifiques à la technologie WCDMA.

Le présent mémoire en servira de guide efficace décrivant la procédure à suivre et les solutions à entreprendre.

Bibliographie

- [1] HarriHolma, AnttiToshala « WCDMA for UMTS », 3^{ème} Edition, 481 pages, 2004.
- [2] Christophe Chevallier, Andrea Garavaglia “WCDMA (UMTS) Deployment Handbook”, John Wiley & Sons, Ltd,416 pages, 2006.
- [3] Scholle, Martin “WCDMA For UMTS”,Alcatel Lucent , 3^{ème} Edition,20/06/2007.
- [4] WCDMA Radio Network Design (STUDENT BOOK LZT 1237628 R7A, Ericsson 2013).
- [5]JaanaLaiho, AchimWacher, TomaNovosad “Radio Network Planning And Optimisation For UMTS”, 2^{ème} Edition, 664 pages, 2006.
- [6] WCDMA RAN Optimization (STUDENT BOOK LZT 123 8297 R1B, Ericsson 2013).
- [7] Scholle, Martin “UMTS System Description”,Alcatel Lucent, 3^{ème} Edition, 21/06/2007.
- [8] DELLYS Bilal, OUAMRI Mohamed –Amine « Aspects d’optimisation de l’interface radio UTRAN d’un Réseau UMTS », Mémoire de fin Cycle, Université de Bejaia ,2014.
- [9]WCDMA RAN W13 Performance Management and Optimization (STUDENT BOOK LZT1380621 R2A, Ericsson 2013).

Site Web

- [10] <https://fr.scribd.com/doc/127653900/Planification-Radio-Umts>
- [11] <http://fr.scribd.com/doc/151274048/PFE-Dimensionnement-Reseaux-Radio-3G-et-4G>
- [12] http://www.efort.com/r_tutoriels/ACCES_UMTS_EFORT.pdf
- [13]http://www.memoireonline.com/09/11/4826/m_Etude-portant-sur-la-transmission-des-signaux-multimedia-dans-un-reseau-de-telephonie-mobile-de-la4.html
- [14] <https://fr.scribd.com/doc/151781668/Memoire-Ingenierie-des-reseaux-3G-Gauthier-Guezewane>

