

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIC ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان-
Université AboubakrBelkaïd-Tlemcen-
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de Master

En : Télécommunications

Spécialité : Réseaux et Télécommunications

Par

M^{lle} MEDIANI HADJER

M^{lle} KHOUANE NOUR ELHOUDA

Sujet

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

Soutenu publiquement, le 08/07/2021, devant le jury composé de :

Mr. MERZOUGUI R.	Pr. à L'Université de Tlemcen	Président
Mr. BAHRI S.M.	M.C. à L'Université de Tlemcen	Examineur
Mr. DJEMAI A.	M.C. à L'Université de Tlemcen	Encadreur

Année Universitaire : 2020-2021

Dédicaces

Je dédie également ce modeste travail à :

Mes très chère mère et père que j'ai tout aimée et pour leurs sacrifices et leurs réconforts moral et psychologiques.

A mes frère ' Islem' , ' Nouh' , 'Ayoubé ' , 'Amina 'Et toute ma famille

Merci pour m'avoir toujours supporté dans mes décisions.

Merci pour tout votre amour et votre confiance, pour m'avoir aidée à ranger mon éternel désordre et pour votre énorme support pendant la rédaction de mon projet.

A toutes la famille Khouane et berrezoug.

A tous les étudiants et les étudiantes de la promotion M2RT

Et tous mes enseignants.

A tous l'équipe radio planning Mobilis Tlemcen et Oran

KHOUANE NOUR EL HOUDA

Dédicaces

A l'aide d'allah tout puissant, on a pu réaliser ce modeste travail que je dédie :

A ma très chère et douce mère : A mon très cher père

Aucun mot, aucune dédicace ne peut exprimer mon respect, ma considération et l'amour éternel pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être.

Je t'aime papa ; je t'aime maman

A mes très chères sœurs << **Asma et Aicha** >>

A mon très cher frère << **Mohamed** >>

A toutes la famille << **MEDIANI et SETTAF** >>

A mes chères amies,

A tous ceux qui m'aiment,

A tous ceux que j'aime,

A mes professeurs,

A tous l'équipe radio planning Mobilis Tlemcen et Oran

MEDIANI HADJER

Remerciement

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 **DJEMAI Abderrezak**, notre promoteur, pour son aide précieuse et pour le temps qu'il nous a consacré ainsi qu'à Messieurs les Membres du Jury **Mr. MERZOUGUI.R** et **Mr. BAHRI S.M** 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 **MOBILIS**.

Monsieur **BENATEK.F**, pour ses directives et son soutien tout au long de ce travail.

Monsieur **TALEB.A**, 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, on tient à remercier également toute personne ayant contribué de près ou de loin afin de mener ce projet à terme.

Résumé

Le déploiement d'un réseau **UMTS** constitue un investissement colossal lié essentiellement au coût des infrastructures. La mise en place du réseau d'accès radio représente une partie majoritaire du total des investissements en infrastructures. Dans ce contexte, l'optimisation des réseaux d'accès radio devient, pour un opérateur, un enjeu fondamental permettant d'économiser ses investissements, de réduire le nombre de sites à déployer, et de garantir une bonne qualité de service aux utilisateurs.

L'objectif de ce projet est d'optimiser l'emplacement des sites **UMTS** en se basant sur les clés de performance (KPI). Nous entamons ce projet par une présentation générale du réseau **UMTS** et une étude des méthodologies de planification d'un réseau radio **WCDMA**.

Ensuite, une planification détaillée de la couverture du réseau **UMTS** en fonction du trafic, couverture, capacité, et qualité de transmission, on utilise l'outil ATOLL.

Mot clefs : UMTS, WCDMA, Contrôle de puissance, Optimisation, Planification

Abstract

The deployment of a **UMTS** network constitutes a colossal investment linked mainly to the cost of infrastructure. The establishment of the radio access network represents a majority of the total infrastructure investments. In this context, the optimization of radio access networks becomes, for an operator, a fundamental stake allowing to save investments, to reduce the number of sites to be deployed, and to guarantee a good quality of service to the users.

The goal of this project is to optimize the location of **UMTS** sites based on performance keys (KPI). We begin this project with a general presentation of the **UMTS** network and a study of planning methodologies for a **WCDMA** radio network.

Then, a detailed planning of the coverage of the **UMTS** network according to the traffic, coverage, capacity, and quality of transmission, we use the tool ATOLL.

Keywords: UMTS, WCDMA, Power control, Optimization, Planning

المخلص

يشكل نشر شبكة **UMTS** استثمارا ضخما مرتبطا بشكل أساسي بتكلفة البنية التحتية. يمثل انشاء شبكة النفاذ الراديوي غالبية استثمارات البنية التحتية الاجمالية. في هذا السياق، يصبح تحسين شبكات النفاذ الراديوي بالنسبة للمشغل، حصة أساسية تسمح بحفض استثمارات، وتقليل عدد المواقع التي سيتم نشرها وضمان جودة خدمة جيدة للمستخدمين.

الهدف من هذا المشروع هو تحسين مواقع **UMTS** استنادا للمفاتيح الأداء (KPI). نبدأ هذا المشروع بعرض عام لشبكة **UMTS** ودراسة لمنهجيات التخطيط لشبكة راديو **WCDMA** بعد ذلك، نقوم بتخطيط تفصيلي لتغطية شبكة **UMTS** وفقا لحركة المرور والتغطية والسعة وجودة الارسال، نستخدم الأداء **ATOLL**.

الكلمات الأساسية: **UMTS**, **WCDMA**, التحكم في الطاقة، التحسين، التخطيط.

Liste des Matières

Table des Figures	VII
Liste des Tableaux	IX
Glossaire	X
Introduction générale sur les réseaux mobiles	1
Chapitre I. Introduction au réseau UMTS.....	5
1. Introduction.....	5
2. Présentation du réseau UMTS	5
2.1 Les Objectifs de l'UMTS.....	5
2.2 Architecture	6
2.2.1 Station Mobile(UE)	6
2.2.2 Réseau d'accès UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network).....	7
2.2.3 Le réseau cœur (CN)	9
2.2.4 Les interfaces	11
3. Etude de l'interface radio UMTS	11
3.1 Hiérarchie des cellules de l'UMTS	11
3.2 Spécification de l'accès radio de l'UMTS	12
3.3 Interface radio du système UMTS.....	14
3.4 L'organisation en fréquence et en temps	14
3.5 Le WCDMA (Wide bandCDMA)	16
3.6 Les codes utilisés dans l'UTRAN	18
3.7 Les canaux.....	20
3.8 Le contrôle de puissance	21
3.9 Le handover.....	22
4. Conclusion	24
Chapitre II. Méthodologies de la Planification WCDMA	27
<i>Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS</i>	

1. Introduction.....	27
2. Etude de la planification WCDMA	27
2.1 Concepts généraux	28
2.1.1 Evaluation des interférences.....	28
2.1.2 Couverture et capacité	28
2.2 Processus de planification WCDMA	32
2.2.1 Dimensionnement	33
2.2.2 Planification détaillée	35
2.2.3 Optimisation & Maintenance.....	36
3. La propagation radioélectrique	37
3.1 Caractéristiques du canal de propagation.....	37
3.2 Modèles de propagation	38
3.2.1 Modèles macro cellulaire	38
3.2.2 Modèles micro cellulaires	43
3.2.3 Modèles indoor (pico cellulaires).....	43
3.2.4 Modèles retenu pour l'étude	44
4. Conclusion	44
Chapitre III : Optimisation Radio	45
1. Introduction :.....	45
2. Objectif de l'optimisation radio.....	45
3. Schéma général du processus de l'optimisation	45
4. Les classes de services dans le réseau WCDMA.....	46
5. Les principaux indicateurs clés de performance (KPI)	48
6. Drive Test.....	50
7. Le contrôle des performances du réseau	51
8. Conclusion	58

Chapitre IV : Planification d'un réseau d'accès WCDMA	59
1. Introduction.....	59
2. Installation du site radio (Node B)	59
2.1 Sélection du site.....	59
2.2 Teste de la plate-forme.....	60
2.3 Chemin de test	61
3. Les antennes pour node B	61
3.1 Types d'antennes	63
4. Définition de l'logiciel Atoll.....	64
5. Planification de la région d'ORAN	64
5.1 Calibrage d'un modèle de propagation :	67
5.2 Distribution des sites :.....	68
5.3 Choix de zone de calcul	69
5.4 Etude des prédictions.....	70
5.5 Distribution des abonnées	74
6. Conclusion	76
Conclusion Générale.....	77
Bibliographie	79

Table des Figures

Figure 1.1: Architecture du réseau UMTS	6
Figure 1.2: Types de Node B	7
Figure 1.3: Interface entre l'UTRAN et le réseau de base	8
Figure 1.4: SNRC et DRNC	9
Figure 1.5: Hiérarchie des cellules de l'UMTS	12
Figure 1.6: Mode TDD et Mode FDD	13
Figure 1.7: Spectre de fréquence (GHZ)	15
Figure 1.8: Structure de trame en l'UMTS	16
Figure 1.9: Méthode d'accès multiple a répartition de codes (CDMA)	17
Figure 1.10: Représentation spectral de l'opération d'étalement de spectre	18
Figure 1.11: Arbre des codes OVSF	19
Figure 1.12: Effet Near-Far	21
Figure 1.13 : Procédure d'exécution du handover	23
Figure 1.14: Hard handover	23
Figure 1.15: Soft handover	24
Figure 1.16: Softer handover	24
Figure 2.1: dégradation du cellule en fonction du nombre d'utilisateurs	30
Figure 2.2: Effet de respiration de cellule	30
Figure 2.3: Handover et macro-diversité dans l'UMTS	31
Figure 2.4: Les étapes du processus de planification	32
Figure 2.5: Dimensionnement UL	34
Figure 2.6: Dimensionnement DL	35
Figure 2.7: Planification détaillée	36
Figure 2.8: Différents phénomènes de la propagation radioélectrique	38
Figure 3.1: Schéma général du processus d'optimisation	46
Figure 3.2: Les classes de service en UMTS	48
Figure 3.3: schéma d'une Chaîne de mesure classique	50
Figure 3.4: Drive test	51
Figure 4.1: Sélection du site	60

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

Figure 4.2: Teste de plate-forme	60
Figure 4.3: Chemin de test	61
Figure 4.4: Antenne Node B	62
Figure 4.5: Antenne avec Ultra site BTS	62
Figure 4.6: Tilt électrique et Tilt Mécanique	64
Figure 4.7: Création d'un nouveau projet UMTS	65
Figure 4.8: Importation de la carte	65
Figure 4.9: Carte d'ORAN importée	66
Figure 4.10: Input data for Atoll	66
Figure 4.11: Les facteurs K	67
Figure 4.12: Facteur de calibrage d'un modèle de propagation	68
Figure 4.13: Les sites donnés par logiciel Atoll	68
Figure 4.14: Distribution des sites sur Oran	69
Figure 4.15: Zone de calcul	69
Figure 4.16: Les différentes prédictions	70
Figure 4.17: Simulation de la couverture par émetteur	71
Figure 4.18: Propriétés des secteurs	71
Figure 4.19: Simulation de la couverture (coverage by signal level (DL)	72
Figure 4.20: Histogramme de couverture par niveau de champ	73
Figure 4.21: Prédiction des zones de chevauchements	74
Figure 4.22: Distribution des abonnés	75
Figure 4.23: L'état d'un abonné	75

Liste des Tableaux

Tableau 1.1 : Paramètres de l'UTRA (UMTS Radio Access).	13
Tableau 1.2: Code de channelization et de scrambling	20
Tableau 3.1: Quelques valeurs de KPI	49
Tableau 3.2: Les différentes phases d'analyse du réseau mobile	52
Tableau 3.3: Les différentes phases d'analyse de l'accessibilité	53
Tableau 3.4: Les différentes phases d'analyse de la maintenabilité	55
Tableau 3.5:Les différentes phases d'analyse de l'IRAT Handover	57

Glossaire

A

AUC **Authentication Center**

AFR **Access Failure Rate**

B

BCCH **Broadcast Control Channel**

BSIC **Base Station Identity Code**

BTS **Base Station Transmitter**

BER **Bit Error Rate**

C

CDMA **Code Division Multiple Access**

CE **Channel Element**

CN **Core Network**

CRNC **Controlling Radio Network Controller**

CS **Circuit Switched**

CPICH **Common Pilot Indicator Channel**

CSSR **Call Setup Success Rate**

CST **Call Setup Time**

D

DCR **Drop Call Rate**

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

DL	Down Link
DRNC	Drift Radio Network Controlling
DS-CDMA	Direct Sequence Code Division Multiple Access

E

ETSI	European Telecommunication Standard Institute
EIR	Equipment Identity Register

F

FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access

G

GPS	Global System for mobil
GSM	Global System for Mobile Communication
GMSC	Gateway Mobile Switching Center
GGSN	Gateway GPRS Support Node

H

HO	Handover
HHO	Hard Handover
HLR	Home Local Register
HSPA	High Speed Packet Access

I

ID	IDentifier
IFHO	Inter-Frequency Handover

IMT2000	I nternational M obile T elephone 2000
IRAT	I ntra- R adio A ccess T echnology
ITU	I nternational T elecommunication U nit
IP	I nternet P rotocol
IUB	U MTS I nterface B etween RNC and RNC

K

KPI	K ey P erformance I ndicator
------------	---

L

LAC	L ocation A rea C ode
LTE	L ong T erm E volution

M

MMS	M ultimedia M essage S ervice
ME	M obile E quipment
MSC	M obile S witching C enter

N

Network UL	U p L ink
-------------------	-------------------------

O

OVSF	O rthogonal V ariable S preading F actor
-------------	--

P

PLR	P acket L ost R ate
PS	P acket S witched
PNL	P rogramme N on L inéaire

Q

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

QoS **Quality of Service**

R

RAB **Radio Access Bearer**

RAN **Radio Access Network**

RNS **Radio Network System**

RNC **Radio Network Controller**

RRC **Radio Resource Controller**

RTCP **Réseau Téléphonique Commuté Publique**

S

SMS **Short Message Service**

SRNC **Serving Radio Network Controlling**

SGSN **Serving GPRS Support Node**

SPM **Standard Propagation Model**

SIR **Signal-to-Interference-Ratio**

T

TCH **Traffic Channel**

TEB **Taux d'Erreur Binaire**

TDD **Time Division Duplex**

TD-CDMA **Time Division - Code Division Multiple Access**

TDMA **Time Division Multiple Access**

TPC **Transmit Power Contrôle**

U

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

UL	UpLink
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
UE	User Equipment
UETR	User Equipement and cell TrafficRecording
USIM	UMTS Subscriber IdentityModule
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access

V

VLR	Visitor Local Register
VPN	Virtual Private Network

W

WCDMA	Wide band Code Division Multiple Access
--------------	--

Introduction générale sur les réseaux mobiles

1- Le réseau 1G, basé sur une technologie analogique :

Apparue dans les années 70, la 1G, qui est la première génération de réseaux mobiles est uniquement dédiée aux appels vocaux. Elle repose sur une technologie dite « analogique ».

Ceci à la différence des générations suivantes de téléphonie mobile (2G, 3G, 4G, 5G) qui, elles, exploitent la technologie « numérique ».

De nombreux standards du réseau 1G ont eu cours à travers le monde depuis son apparition en 1976, parmi lesquels :

- **La norme AMPS** (Advanced mobile phone system) utilisée aux États-Unis (à partir de 1976), en Russie, en Australie et dans plusieurs pays asiatiques.
- **La norme NMT** (Nordic Mobile téléphone), exploitée au début des années 80 dans les pays nordiques et dans de nombreux pays européens, en Russie, au Moyen-Orient et en Asie.
- **La norme TACS** (Total Access communication system), qui la version européenne de la technologie AMPS, largement utilisée au Royaume-Uni, à Hong-Kong et au Japon.
- **Les normes TZ-801, TZ-802, TZ-803 et JTACS** (Japan Total Access Communications System) utilisées au Japon à partir de 1979.
- **La norme Radiocom 2000** déployée en France par France Telecom à partir de 1986, ainsi que **la NMT-F** (Nordic Mobile Telephone « Français ») lancée en 1988.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

La 1G présente toutefois de nombreux défauts : service de communication mobile médiocre, non sécuritaire (appels non cryptés) et coûteux.

Le réseau 1G a commencé à céder la place à la 2G dans de nombreux pays vers la fin des années 80. Il est désormais obsolète [1].

2- Le réseau 2G ou le GSM :

Déployée dans l'Hexagone dans les années 1990, la **2G** (deuxième génération de réseaux mobiles) C'est le premier réseau de téléphonie mobile à utiliser la technologie numérique, il est plus fiable (grâce au cryptage des données transmises) et plus performant que le 1G.

Le taux de transmission maximal de la 2G est de 9,6 kbps (GSM), ce qui peut :

- Passer des appels vocaux.
- Envoyer des **SMS** (Short Message Service), voire des **MMS** (Multimedia Message Service).

Par rapport à la 1G, la 2G a l'avantage d'être moins coûteuse pour l'utilisateur.

Ce réseau, qui couvre aujourd'hui plus de 99 % du territoire français, exploite essentiellement les standards :

- **GSM** (Global System for Mobile Communication), norme apparue et très utilisée aux États-Unis (bande de fréquence 850 MHz et 1900 MHz). C'est le système le plus répandu en Europe (bandes de fréquences 900 MHz et 1800 MHz) et aussi en Afrique. Son débit maximal est de 9,6 kbps.[1]

3- Le réseau 3G ou UMTS :

La 3G (troisième génération de réseaux mobiles), qui en Europe utilise la norme **UMTS** (Universal Mobile Télécommunications System), offre un accès à l'Internet haut débit, entre 144 kbit/s et 2 Mbit/s, avec un **débit moyen de quelques centaines de Kbit/s**.

Ce qui vous permet notamment de :

- Télécharger plus rapidement des données, des applications ou bien des jeux.
- Envoyer des vidéos.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

- Regarder des vidéos en streaming sur YouTube, Dailymotion, etc.
- Faire de la visio-conférence.
- Accéder à la TV mobile.
- Bénéficier du GPS.

En France, le réseau 3G fonctionne sur les bandes de fréquences **900 MHz** et **2100 MHz**.

Notons que la 3G a connu trois évolutions successives avec :

- **La 3G+** aussi appelée « H » pour HSPA (High Speed Packet Access), avec un débit compris entre 300 kbit/s et 14,4 Mbit/s, pour une moyenne de 3,6 Mbit/s. Bref, la 3G+ est 7 fois plus rapide que la 3G.
- **Le H+** (ou HSPA+), avec un débit moyen de 5 Mbit/s, pour un débit théorique maximal de 21 Mbit/s.
- **Le H+ Dual Carrier** (ou DC-HSPA+), doté d'un débit moyen de 10 Mbit/s, et un débit plafond de 42 Mbit/s [1].

Il est recommandé d'utiliser le modèle de propagation et le modèle de prévision empirique du trafic pour optimiser l'emplacement de la station de base à partir d'un ensemble de sites potentiels afin de répondre aux besoins de couverture et de trafic.

Dans ce rapport, nous donnerons un aperçu du réseau UMTS au chapitre 1. Nous étudierons d'abord l'architecture et les fonctions du réseau. Ensuite, nous réaliserons une étude détaillée sur l'interface radio UMTS.

Le deuxième chapitre étudiera spécifiquement les méthodes de planification WCDMA. En fait, nous commencerons par présenter quelques concepts généraux. Ensuite, nous présenterons le processus de planification en détaillant ses différentes étapes. Enfin, nous étudierons la propagation dans l'environnement radio mobile et analyserons quelques modèles prédictifs pour enfin définir un modèle adapté à nos recherches.

Dans le chapitre 3, nous étudierons l'optimisation de l'emplacement des stations de base dans le cadre UMTS. Dans ce fait, nous choisirons l'optimisation basée sur les clés de performance (KPI).

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

Dans le chapitre 4, nos recherches porteront sur l'analyse de certains modèles prédictifs, particulièrement adapté aux zones urbains densément peuplées sous la fréquence correspondante.

Chapitre I. Introduction au réseau UMTS

1. Introduction

L'Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) est l'une des technologies de téléphonie mobile de troisième génération (3G) européenne. Elle est elle-même basée sur la technologie W-CDMA, standardisée par le 3GPP et constitue l'implémentation européenne des spécifications IMT-2000 de l'UIT pour les systèmes radio cellulaires 3G. L'UMTS est parfois aussi appelé 3G, soulignant l'interopérabilité qui a été assurée entre l'UMTS et le standard GSM auquel il succède. L'UMTS permet théoriquement des débits de transfert de 1,920 Mbit/s, mais les débits offerts par les opérateurs dépassent rarement 384 kbit/s.

Dans ce chapitre, nous présenterons tout d'abord le but et l'architecture du réseau UMTS. Ensuite, nous expliquerons en détail l'interface sans fil WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access).

2. Présentation du réseau UMTS

2.1 Les Objectifs de l'UMTS

- Assurer la continuité avec les services actuels de téléphonie mobile, mais aussi de supporter de nouveaux services de transmission de données en paquet, à haut débit, avec différentes qualités de services(QOS) pour des systèmes mobiles d'accès à internet.
- Créer un système cellulaire de 3G utilisant la technologie CDMA large bande (W- CDMA) et permettant l'interopérabilité avec le GSM et ses évolution (GRPS et EDGE).
- Offrir une itinérance globale aux utilisateurs et accroître la capacité du système pour le service voix mais surtout d'améliorer le support des

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

services de données.[2]

2.2 Architecture

L'architecture UMTS est constituée d'une partie radio appelée RNS (Radio Network Subsystem) et d'une partie réseau de base appelée CN (Core Network). La Release 99 (la version initiale) des spécifications de l'UMTS élaborée Dans le cadre du projet Le partenariat de troisième génération (3GPP) définit deux domaines pour la partie CN :

- Le domaine de commutation de circuits (CS, Circuit Switched),
- Le domaine de commutation de paquets (PS, PacketSwitched).

L'architecture de référence du réseau de base UMTS (UMTS Core Network) est divisé en trois groupes. le premier est Le domaine CS comprend les entités MSC, GMSC, etVLR. Le second est celui du domaine PS regroupant les entités SGSN et GGSN. Le dernier comprend les entités du réseau communes aux domaines PS et CS, à savoir, HLR, et AUC.

La figure suivante présente l'architecture d'un réseau UMTS[3]

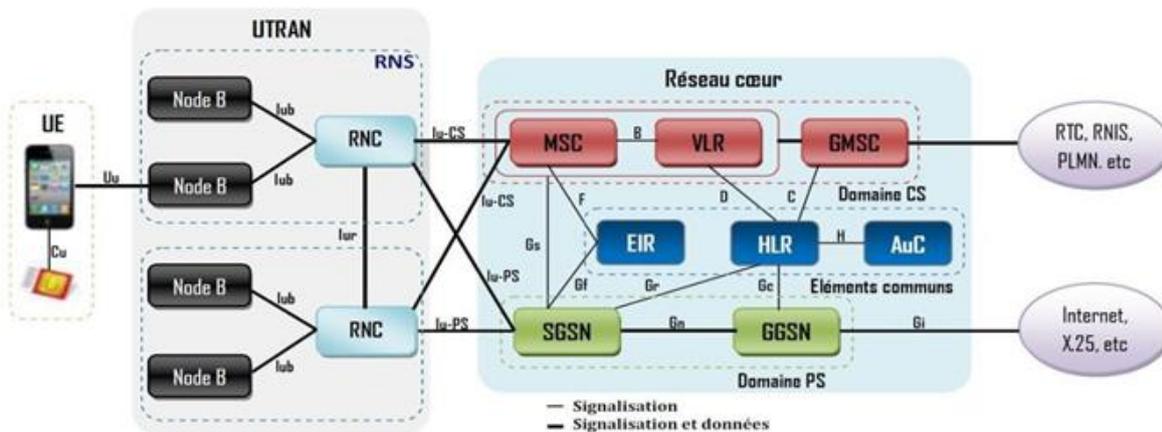


Figure 1.1:Architecture du réseau UMTS

2.2.1 Station Mobile(UE)

L'utilisateur UMTS est équipé d'un UE (User Equipment) qui se composé du Mobile Equipment (ME) correspondant au combiné téléphonique (terminal mobile) et la carte USIM (UMTS Subscriber Identity Module). Le rôle de l'USIM est semblable à celui de la carte SIM en GSM. Elle enregistre les identités de l'abonné telles que IMSI, TMSI, P-TMSI, les données de souscription, la clé de sécurité (Ki) et les algorithmes d'authentification et de génération de clé de chiffrement. L'UE peut se rattacher simultanément aux domaines circuit

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

(MSC) et paquet (SGSN) et peut alors disposer simultanément d'un service GPRS et d'une communication téléphonique [3].

2.2.2 Réseau d'accès UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network)

Le réseau d'accès UTRAN est doté de plusieurs fonctionnalités. Sa fonction principale est de transférer les données générées par l'utilisateur. Il est une passerelle entre l'équipement usager et le réseau cœur via les interfaces Uu et Lu. Un UTRAN est constitué d'un ou plusieurs RNS (Radio Network System). Chaque RNS est formé d'un RNC (Radio Network Controller) et d'un ou plusieurs Nœuds.

- **Node B**

Le Node B est équivalent à la BTS du réseau GSM. Il peut gérer une ou plusieurs cellules.

Il comprend un récepteur CDMA, qui convertit le signal de l'interface Uu (interface air) en un flux de données envoyé au RNC via l'interface Iub. Dans l'autre sens, l'émetteur CDMA convertit le flux de données reçu du RNC pour une transmission sur l'interface radio. Le Node B correspondant aux deux modes UTRA est divisé en trois types : Node B UTRA-FDD, Node B UTRA-TDD et Node B dual mode, ce dernier peut utiliser les deux modes en même temps [3].

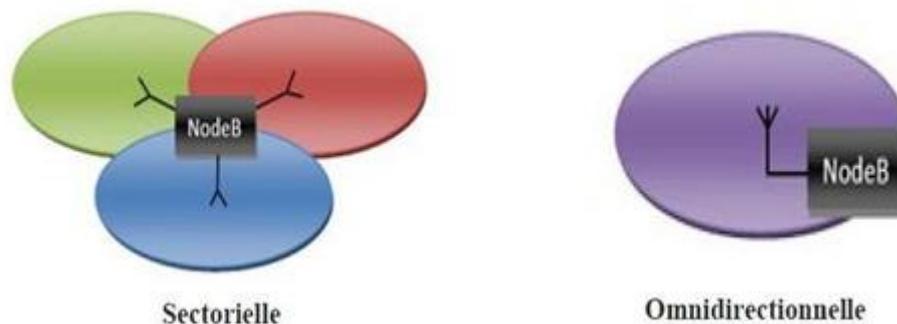


Figure 1.2: Types de Node B

- **RNC**

Le RNC possède et contrôle les ressources radio des Nodes B auxquels il est connecté. Le RNC est le point d'accès au service pour tous les services que l'UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) fournit au réseau de base. Le RNC et les Nodes B sont

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

connectés entre eux et au réseau de base par trois interfaces comme montré à la figure 2.

L'interface Iu connecte chaque RNC au réseau de base (similaire aux interfaces A et Gb entre le BSC et le réseau de base) : il s'agit d'une interface ouverte qui sépare donc l'UTRAN, domaine spécifique à la radio, du réseau de base, domaine chargé de la commutation, du routage et du contrôle des services.

L'interface Iu peut être de deux types (Figure 1.2) : Iu Cs (Iu Circuit Switched) pour le domaine circuit, et Iu Ps (Iu Packet Switched) pour le domaine paquet.

Le RNC assure les mécanismes de handover et de macro-diversité. Le handover est la capacité du réseau à maintenir une communication lorsqu'un mobile change de cellule. La macro-diversité est la phase pendant laquelle la station mobile maintient plusieurs liens radio avec des cellules différentes. Le CDMA utilise la macro-diversité pour obtenir un signal de meilleure qualité. Ainsi, lorsque la station mobile se situe à la limite des cellules, elle va sélectionner le signal de meilleure qualité parmi ceux reçus comme si elle n'avait qu'une seule connexion au réseau. L'avantage de la macro-diversité est que la transmission n'est pas interrompue lors du changement de cellule de l'utilisateur à la différence du handover. Le RNC gère le handover et la macro-diversité à travers l'interface Iub (lorsqu'il s'agit d'un déplacement entre cellules de différents Nodes B sous le contrôle du même RNC), à travers l'interface Iur (lorsque les deux cellules sont contrôlés par des RNCs différents) ou à travers l'interface Iu (lorsque par exemple l'interface Iur est absente). [3]

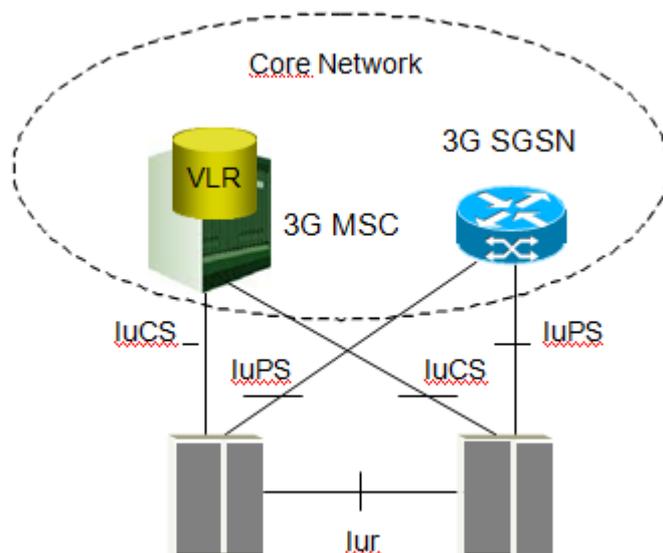


Figure 1.3: Interface entre l'UTRAN et le réseau de base

Deux rôles de RNC ont été introduits afin de gérer la macro-diversité et le handover inter-
Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

RNC : le Serving RNC et le Drift RNC (un RNC joue l'un ou l'autre des deux rôles pour une communication). Chaque communication met en œuvre un Serving RNC, et passe par 0, 1 ou plusieurs Drift RNC :

- Le Serving RNC gère les connexions radios avec le mobile et sert de point de rattachement au réseau de base via l'interface Iu. Il contrôle et exécute le handover.
- Le Drift RNC, sur ordre du Serving RNC, gère les ressources radios des Node B qui dépendent de lui. Il effectue la recombinaison des liens lorsque du fait de la macro- diversité plusieurs liens radios sont établis avec des Nodes B qui lui sont attachés. Il "route" les données utilisateur vers le Serving RNC dans le sens montant et vers les Nodes B dans le sens descendant.

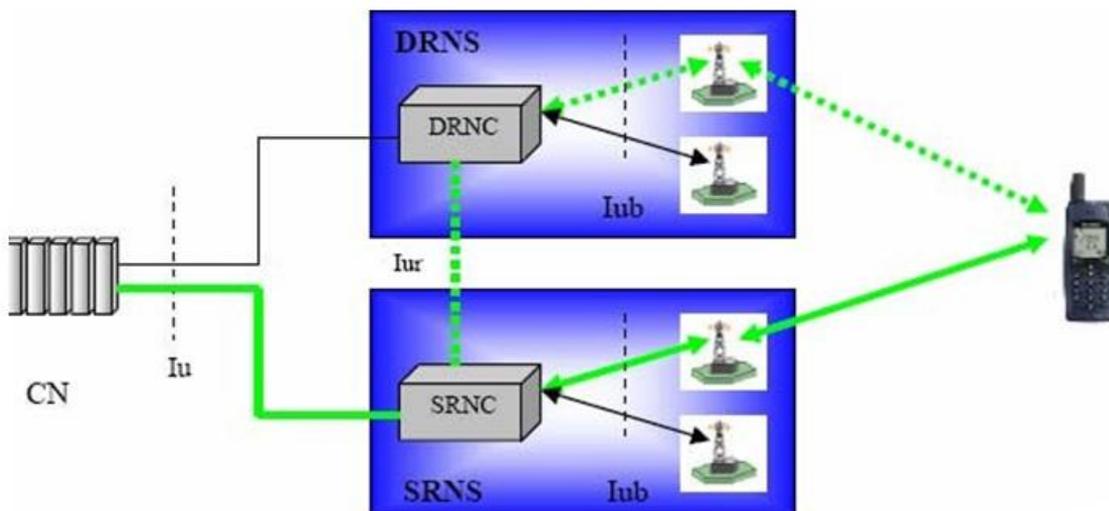


Figure 1.4: SRNC et DRNC

2.2.3 Le réseau cœur (CN)

Le réseau cœur de l'UMTS a pour rôle la commutation des appels (Circuit Switching) et le routage des paquets (Packet Switching) à l'intérieur du réseau et l'interconnexion avec les autres réseaux en vue de gérer les services souscrits par un abonné.

Le réseau cœur de l'UMTS est composé de deux modes de fonctionnement :

- **Le mode CS (mode connecté) [4]**

Le mode à commutation de circuit CS est composé de plusieurs modules :

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

- **Le MSC (Mobile Switching Center):** est en charge d'établir la communication avec l'équipement usager. Il a pour rôle de commuter les communications. Il gère l'authentification et la mise à jour de localisation.
- **Le GMSC (Gateway MSC) :** il assure l'interface entre le réseau UMTS et le réseau téléphonique commuté PSTN(Public Switched Téléphone Network).
- **Le VLR (Visitor Location Register):** c'est une base de données contenant les informations sur la position de l'abonné et ses identificateurs temporaires.

- **Le mode PS (mode non connecté)[4]**

Le mode à commutation de paquet PS assure la connexion aux réseaux supportant le protocole IP et supporte des services de type interactif, streaming, background et même conversationnel. Il est 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 X25...etc.

- **Eléments communs entre le CS et le PS [4].**

Le groupe des éléments communs est composé de plusieurs modules :

- **Le HLR (Home Location Register):** il représente une base de données contenant les éléments définissant l'abonnement de l'utilisateur et permettant l'identification et l'authentification de l'abonné.
- **L'AuC (Authentication Center):** il est en charge de l'authentification de l'abonné, ainsi que du chiffrement de la communication. L'AuC se base sur le HLR afin de récupérer les informations relatives à l'usager et pour ainsi créer une clé d'identification.
- **L'EIR (Equipment Identity Register):** il 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 nommé l'IMEI (International Mobile station Equipment Identity).

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

2.2.4 Les interfaces

▪ L'interface Iub

Relie les Nodes B et RNC. L'UMTS c'est le premier système à proposer une interface ouverte à ce niveau.

▪ L'interface Iu

L'interface Iu relie le réseau d'accès radio UTRAN au réseau cœur. On distingue l'interface Iu-CS, entre RNC / domaine circuit et l'interface Iu-PS reliant le RNC avec le SGSN.

▪ L'interface Iur

Permet le soft handover entre les RNCs.

▪ L'interface Uu

Il s'agit de l'interface radio entre l'UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) et l'UE (User Equipment) utilisent le CDMA [2].

3. Etude de l'interface radio UMTS

3.1 Hiérarchie des cellules de l'UMTS

Tout comme le réseau GSM, l'UMTS est divisé en plusieurs cellules de tailles variables (figure 5). Chacune d'entre elles est présente en fonction de la densité de population à servir et de la vitesse de mobilité [5].

– **Une pico-cellule** : permet des débits de l'ordre de 2Mbits/s lors d'un déplacement de l'ordre de 10km/h (marche à pied, déplacement en intérieur, etc.)

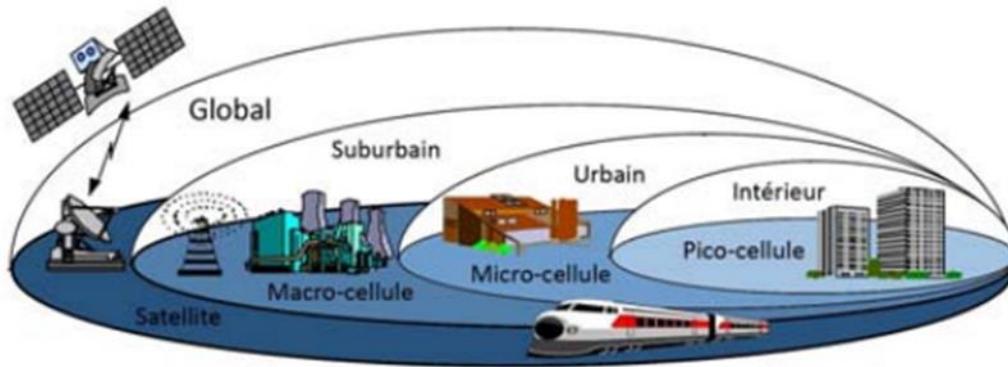


Figure 1.5: Hiérarchie des cellules de l'UMTS

- **Une micro-cellule** : Permet des débits de l'ordre de 384 Kbits/s lors d'un déplacement de l'ordre de 120 km/h (véhicule, transports en commun, etc.)
- **Une macro-cellule**: Permet des débits de l'ordre de 14 Kbits /s lors d'un déplacement de l'ordre de 500km/h (train à grande vitesse).

3.2 Spécification de l'accès radio de l'UMTS

L'accès radio de l'UMTS (UTRA) est basé sur deux fronts de transmission, l'un descendant de la BS vers la MS, l'autre ascendant de la MS vers la BS. Pour transmettre sur ces deux fronts, deux modes de duplex sont possibles : FDD (Frequency Division Duplex) et TDD (Time Division Duplex). Avec le FDD, le front montant et celui descendant utilisent séparément deux bandes de fréquences distinctes. À chaque connexion est associée une paire de bande de fréquence séparée. Tandis que avec la TDD, le front montant et celui descendant emploient en commun la même bande de fréquences tout en utilisant des intervalles de temps de synchronisation. Ces intervalles sont divisés en des temps de réception et en d'autres temps de transmission. La figure 1.6 illustre ces deux modes de duplex. [6]

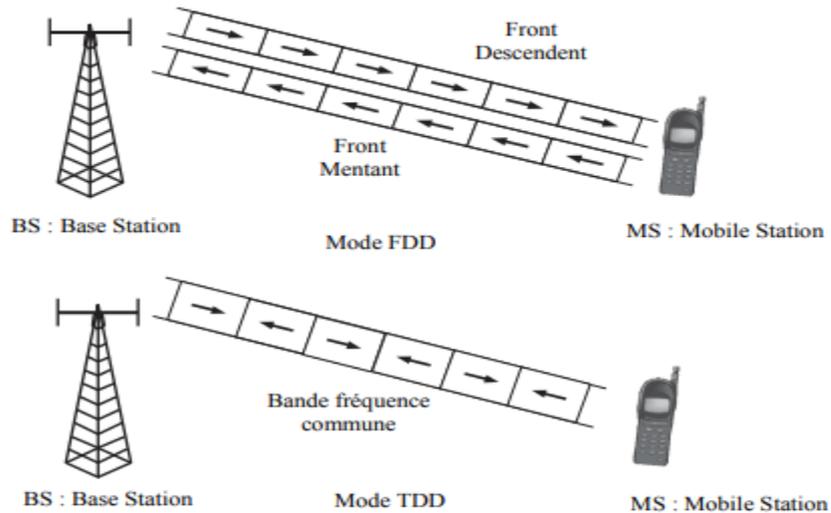


Figure 1.6: Mode TDD et Mode FDD

Mode	FDD	TDD
Accès multiple	DS-CDMA	TDMA-CDMA
Débit Chip	3.84 MChip/s	
Séparation	4.4 à 5 MHz	
Inter porteuse	10 ms	
Modulation DL/UL	QPSK/BPSK	QPSK/QPSK
Facteur d'étalement	liaison montante 4 à 256 liaison descendante 4 à 512	1 à 16 1 à 16
Codage Canal	Convolutionnel (1/2 - 1/3) Turbo Code BER moins de 10 ⁻³	

Tableau 1.1 : Paramètres de l'UTRA (UMTS Radio Access).

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

En mode FDD, le débit maximum par utilisateur est 384k/s. Plus les débits offerts sont élevés et moins la capacité, en nombre d'utilisateurs, est importante. En particulier pour un débit de 384kb/s, donc 5 utilisateurs au maximum sont tolérés dans une même station de base. En mode TDD, le débit maximum théorique pourrait atteindre 2Mb/s.

3.3 Interface radio du système UMTS

Le système UMTS utilise le W-CDMA (Wide band CDMA) comme technique d'accès multiple par répartition de code à large bande. L'information est ainsi étalée sur une bande de fréquence de 5 MHz, d'où la désignation de large bande. Les paramètres de l'UMTS sont illustrés dans le tableau 1.1. Le WCDMA permet également de tenir compte des différents trajets empruntés par les signaux (dus à des obstacles naturels) et de corrélérer les signaux reçus par plusieurs antennes pour reconstituer un signal de meilleure qualité. Ce traitement permet d'améliorer les performances du réseau. Le paramètre rapport signal sur bruit en CDMA va fixer le nombre maximum théorique d'utilisateurs par site que pourra supporter le réseau. Ce rapport va également fixer la distance minimale entre les sites en fonction de l'environnement (urbain, rural...) et du service. [5]

3.4 L'organisation en fréquence et en temps

❖ L'organisation fréquentielle

La définition de la troisième génération est placée sous la responsabilité de l'ITU . Cette dernière a défini le concept d'IMT-2000 (International Mobile Télécommunications), qui vise à définir une norme internationale. Les bandes de fréquences allouées à l'EUT-2000 sont 1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz. Les applications terrestres occupent les bandes 1885-1980 MHz et 2110- 2170MHz. La largeur de la bande de fréquence occupée par chaque porteuse est de 5MHz.[7]

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

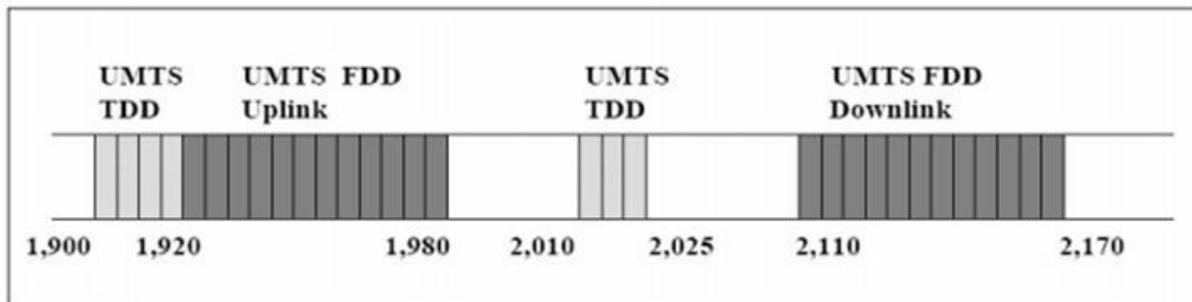


Figure 1.7: Spectre de fréquence (GHZ)

La norme UMTS présente deux techniques de multiplexage sur l'interface radio : le TDD (Time Division Duplex) et le FDD (Frequency Division Duplex). D'une manière générale, le mode FDD est bien adapté à tous les types de cellules, y compris les grandes cellules, mais n'est pas très souple pour gérer des trafics asymétriques. Par contre le mode TDD, il permet d'adapter le rapport de transmission montante/descendante en fonction de l'asymétrie du trafic, mais exige une synchronisation des stations de base et n'est pas bien adapté aux grandes cellules à cause du temps de garde trop important [7].

- **Mode TDD (Time Division Duplex)**

En TDD, une seule fréquence est utilisée pour les deux sens de communication.

Donc nécessairement, les émissions et les réceptions sont séparées dans le temps. Cette technique est efficace en cas de limitation du spectre. Le mode TDD possède des adeptes, notamment en Chine ou un certain nombre de développements le concerne. De plus, des propositions techniques concernant le mode TDD 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 15MHz), un bout de bande de 5MHz supplémentaire supposé servir le TDD. La division duplex dans les bandes dites "non appairées", c'est à dire 20 MHz et 15 MHz, est temporelle. Nous utilisons dans ces bandes un accès TD-CDMA.

- **Mode FDD (Frequency Division Duplex)**

Pour ce mode, on sépare les fréquences d'émission et de réception. Ainsi le mobile et le réseau peuvent émettre simultanément et de façon indépendante. Un inconvénient majeur de cette technique consiste à réserver un écart duplex entre les bandes montantes et descendantes pour séparer les étages de transmission et de réception radio et éviter les brouillages.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

En FDD, on alloue la même bande pour les deux sens de communications. Cette technique d'allocation est mieux adaptée pour les applications symétriques. En revanche, lorsque les débits sont asymétriques, ce mode d'attribution n'est pas du tout optimal car elle engendre du gaspillage en terme de spectre.

La division duplex dans les bandes dites "appairées", c'est à dire 2x60MHz, est fréquentielle.

L'écart duplex vaut 190MHz. Nous utilisons dans ces bandes un accès WCDMA.

❖ **L'organisation temporelle**

L'organisation temporelle de l'UMTS est basée sur une super trame de 720ms, comportant elle-même 72 trames de 10 ms. Chaque trame de 10 ms est divisée en 15 slots de 667µs. Cette organisation est présentée par la figure suivante :

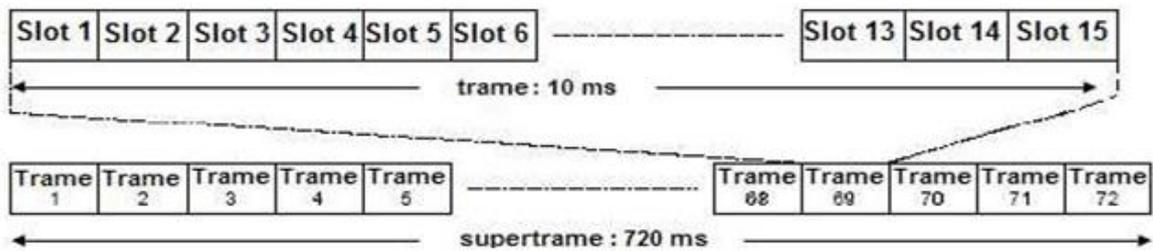


Figure 1.8: Structure de trame en l'UMTS

3.5 Le WCDMA (Wide bandCDMA)

➤ **La technique d'accès multiple CDMA**

Elle constitue une méthode d'accès où tous les utilisateurs partagent la même bande de fréquences comme illustré à la figure 1.9. La technique d'étalement de spectre est utilisée pour affecter à chaque utilisateur un code, ou séquence, unique qui détermine les fréquences et la puissance utilisées. Le signal contenant l'information de l'émetteur est modulé avec la séquence qui lui est attribuée, ensuite le récepteur recherche la séquence en question. En isolant toutes les séquences provenant des autres utilisateurs (qui apparaissent comme du bruit), le signal original de l'utilisateur peut alors être extrait.

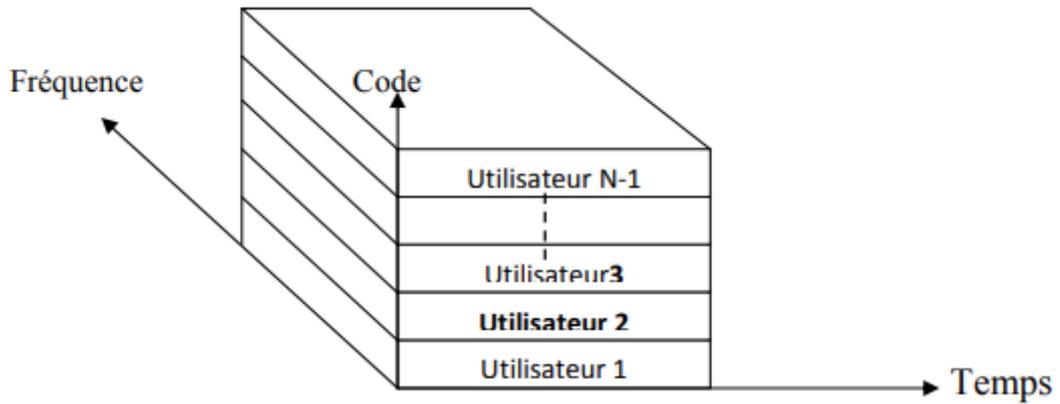


Figure 1.9: Méthode d'accès multiple à répartition de codes (CDMA)

Le CDMA à large bande (W-CDMA) est une extension de concept de CDMA à bande étroite.

L'évolution du CDMA vers le W-CDMA a été faite pour tenir compte des nouvelles exigences introduites par les systèmes de la communication 3 G. ces exigences sont principalement dictées par les nouveaux services haut débit tels que le multimédia, la vidéoconférence, l'internet, etc.

➤ **Technique d'étalement de spectre**

Dans un système à étalement de spectre, le signal transmis est étalé à partir d'un code indépendant du message d'information. Après s'être synchronisé avec l'émetteur, le récepteur doit utiliser ce même code pour retrouver le signal et pouvoir par la suite récupérer le message d'information. Le DS-SS-CDMA ou CDMA à séquences directes est la technique d'étalement la plus répandue, elle est basée sur le fait que le signal de données est multiplié par un code dont la fréquence des codes (appelés chips) est beaucoup plus élevée que la fréquence des symboles du signal cela a donc pour effet d'étaler la largeur de bande du signal. De même la puissance du signal se retrouve répartie sur toute la nouvelle largeur de bande, le signal se retrouve alors noyé dans le bruit (voir la figure 1.10). Le signal arrive au récepteur noyé dans le bruit, et la multiplication par la séquence du code permet d'extraire le signal car seul le signal qui avait été multiplié au départ par cette séquence verra sa largeur de bande réduite, tandis que le bruit restera étalé sur la largeur de bande totale. Le rapport entre le débit du signal étalé et le débit du signal non étalé est appelé facteur d'étalement SF (Spreading Factor).[8]

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

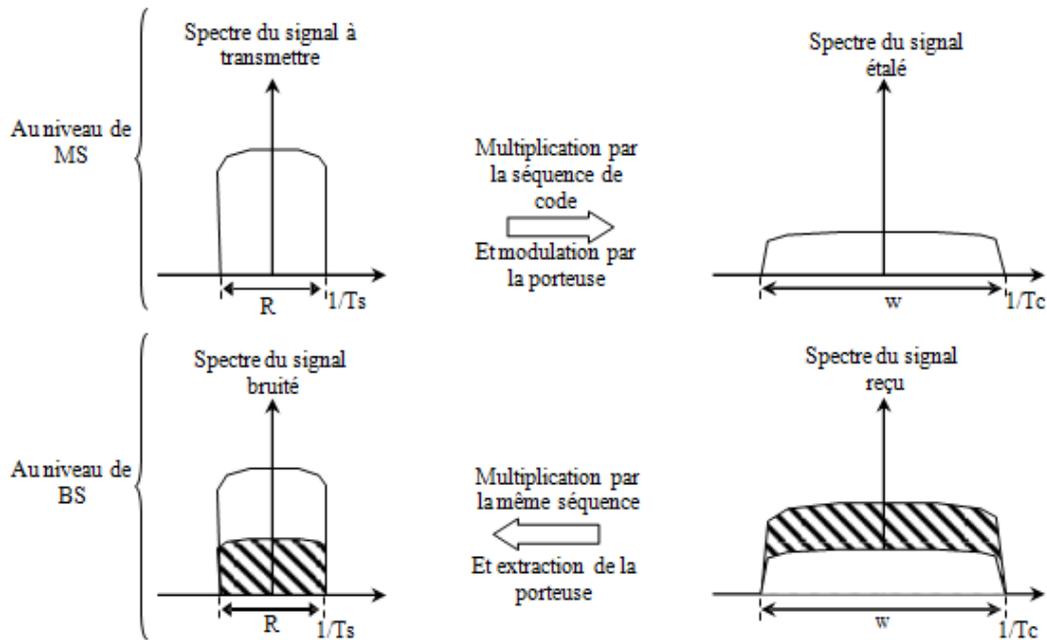


Figure 1.10: Représentation spectrale de l'opération d'étalement de spectre

Le système W-CDMA apporte les avantages d'une plus grande bande passante disponible pour l'utilisateur. Cette norme possède les avantages suivants :

- Rejet d'interférence.
- Capacité d'accès multiple : tous les utilisateurs utilisent simultanément toute la bande de fréquence grâce aux codes de faibles corrélations.
- Meilleure efficacité spectrale : réutilisation totale des fréquences dans les cellules.

3.6 Les codes utilisés dans l'UTRAN

Il existe deux codes en UMTS :

- Codes de canalisation ou OVSF.
- Codes d'embrouillages ou codes de Gold.

➤ Codes de canalisation : (*Channelisation Codes*)

OVSF (*Orthogonal Variable Spreading Factor*) sont utilisés pour identifier les utilisateurs dans une cellule.

- Dans la voie montante :

Chaque utilisateur possède un code de canalisation et un code d'embrouillage.

- Dans la voie descendante :

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

Les émissions issues d'une même source sont séparés grâce aux codes de canalisation .Ces codes sont les codes d'étalement sont basés sur la technique OVSF, cette technique permet de maintenir l'orthogonalité des différents codes d'étalement SF .Ces derniers sont choisis parmi ceux de l'arbre des codes qui est dans la figure 1.11.

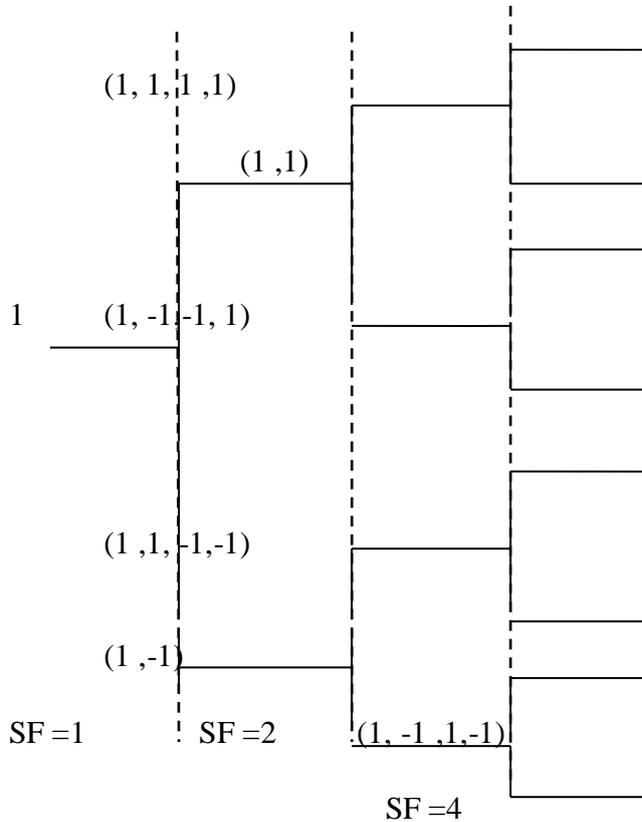


Figure 1.11: Arbre des codes OVSF

➤ Codes d'embrouillage (*Scrambling Codes*)

L'embrouillage est appliqué sur le signal étalé sans affecter sa largeur de bande. Le code utilise (appelé code d'embrouillage) permet aune station de base de différencier sur la voie montante les utilisateurs sous son contrôle, et aux utilisateurs d'identifier les stations de base [9].

	Channelization code	Scrambling code
Usage	<p>UL : -Séparation des canaux (data /contrôle) pour1MS; -Séparation des services.</p> <p>DL : -Séparation des connexions avec différents users</p>	<p>UL: -Séparation des MS</p> <p>DL : -Séparation des secteurs1^{er}code: identifier la cellule2^{eme}code:augmentéla</p>

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

	dans la cellule -Séparation des services	Capacité de la cellule
Longueur	UL: 4-256chips DL: 512 chips	UL: 10ms=38400chips 66,7ms=256chips DL: 38400chips
Nombre de code	Nombre de codes sous un scrambling code=Spreading Factor	UL : plusieurs millions. DL:512(64 groupede8code)

Tableau 1.2: Code de channelization et de scrambling

3.7 Les canaux

Les canaux de transports sont le point d'accès aux services de la couche physique tandis que les canaux logiques sont le point d'accès aux services de la couche MAC. Un troisième type de canal existe, ce sont les canaux physiques qui sont les ressources utilisées sur l'interface radio pour la transmission des informations.[9]

- **Les canaux logiques :**

Les canaux logiques se divisent en deux :

- les canaux logiques de contrôle utilisés pour le transfert des informations dans le plan de signalisation ;
- les canaux logiques de trafic utilisés pour le transfert des informations dans le plan usager [9].

- **Les 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 qui sont des canaux point à point dédiés à un seul UE et qui transportent des données de contrôle ou de trafic [9].

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

3.8 Le contrôle de puissance

On parle d'effet near-far lorsqu'un appareil mobile émet à une puissance trop élevée qui empêche tous les autres appareils mobiles du voisinage. L'appareil mobile à forte puissance éblouit son entourage. Prenons par exemple un appareil mobile émetteur se trouvant au pied de la station de base et d'autres appareils mobiles en périphérie dont leur puissance qui arrive au pied de la station de base est affaiblie par la distance. Ces dernières seront masquées par le signal de l'émetteur puissant.

Pour remédier à ce problème, il est possible de mettre en place un système de contrôle de puissance. Le système de contrôle rapide en boucle fermée (Closed-loop Power Control) a été retenu pour le W-CDMA. Ce système permet à la station de base de réaliser des estimations régulières (1500 fois par seconde pour chaque mobile) du rapport signal à interférence (Signal to Interference Ratio) en les comparant avec sa valeur du rapport signal à interférence du destinataire. Si l'estimation de cette valeur est supérieure à la valeur du destinataire, la station de base demande à l'appareil mobile concerné de réduire sa puissance d'émission ou de l'augmenter. Le contrôle de puissance permet à la station de base de recevoir les signaux de même puissance. Ce mécanisme permet de prendre en compte tout type de variation d'affaiblissement.

Le schéma ci-dessous illustre le phénomène de near-far. En effet, nous avons 3 équipements mobiles qui sont connectés à la même station de base. Cependant, du fait de leur distance à celle-ci, leur puissance est différente pendant l'arrivée du signal à la station de base. [9].

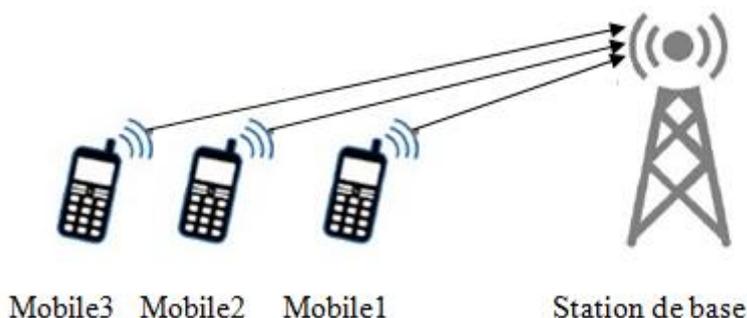


Figure 1.12: Effet Near-Far

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

3.9 Le handover

Le handover est le processus par lequel une communication est maintenue lors du déplacement du mobile dans le réseau cellulaire. Ce maintien est possible grâce à un changement du canal radio utilisé. Le nouveau canal peut être dans la même cellule, on parle alors d'un handover intracellulaire, ou vers une nouvelle cellule, c'est le handover intercellulaire.

L'objectif du handover est de maintenir une qualité de communication suffisante entre le mobile et le réseau à travers un changement de fréquence ou de cellule. Le handover permet entre autre de:

- Permettre aux usagers de se déplacer en cours d'appel;
- Minimiser les interruptions;
- Optimiser l'utilisation des ressources radio;
- Equilibrer la charge de trafic entre les cellules;
- Baisser la consommation d'énergie des mobiles.

Le déclenchement du handover est lié à certains critères qu'on appelle indicateurs de déclenchement. Parmi eux:

- La puissance du signal reçu. La station de base mesure en permanence la force du signal reçu par la station de base de rattachement, mais écoute également les stations de bases des cellules voisines; c'est ce qu'on appelle le handover assisté par le réseau.
- La distance (mobile, SB). Lorsque le mobile s'aperçoit qu'il est loin de sa station de base, et en recevant un signal plus fort d'une autre cellule, il en informe sa station de base actuelle; c'est le handover assisté par le mobile.
- La station de base courante décide, alors, de passer le relais à la station de base voisine et met en œuvre la procédure du handover [9].

Zone de handover

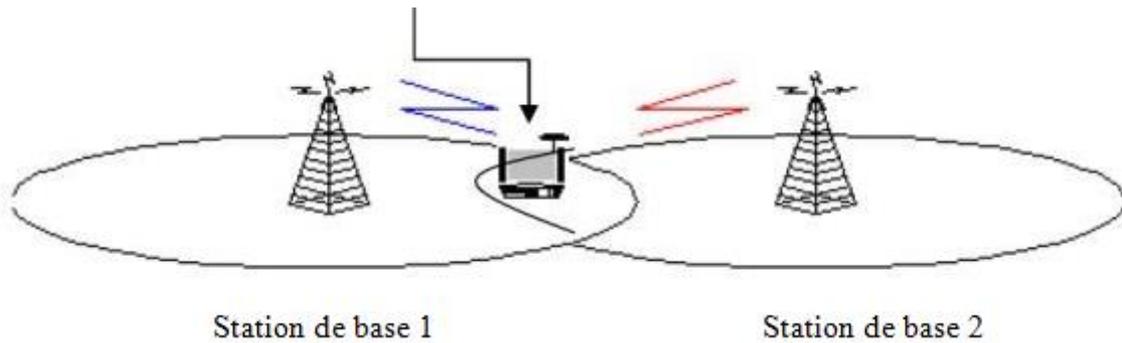


Figure 1.13 : Procédure d'exécution du handover

Type de handover :

La procédure d'exécution du handover est liée principalement au moment de libération et l'établissement du nouveau lien. Ce qui amène à observer trois types de handover (Hard, Seam-less, Soft).

- **Le Hard handover:** Le Hard handover a lieu quand l'ancien lien est libéré avant l'établissement du nouveau lien avec la station de base cible, il est caractérisé par:

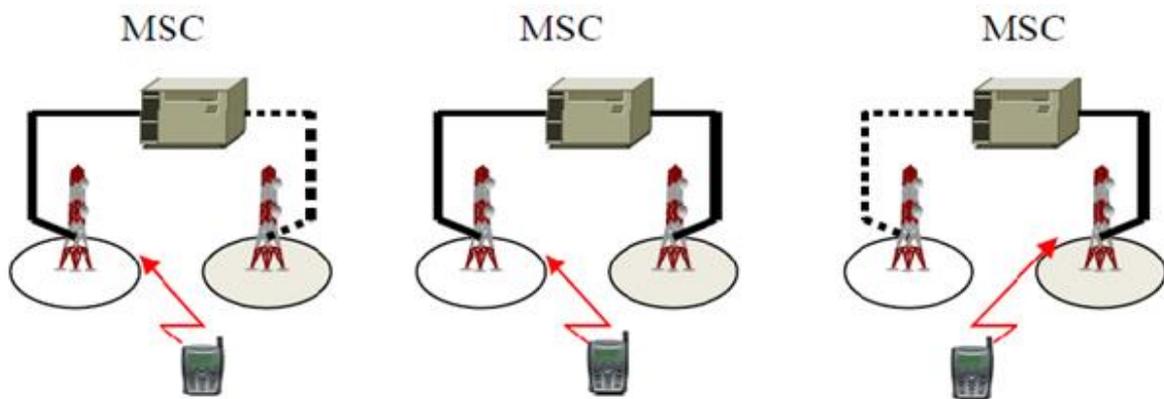


Figure 1.14: Hard handover

- Une communication et un routage des informations vers le nouveau lien simultanément.
- Un seul canal radio à la fois.
- Une légère interruption de la communication.
- **Soft handover :** L'ancien lien est libéré pendant l'établissement du nouveau lien avec la nouvelle station de base. Il est caractérisé par:

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

- Une meilleure qualité de service offerte à l'utilisateur.
- Charge élevée au niveau du réseau.
- Charge élevée sur l'interface radio.

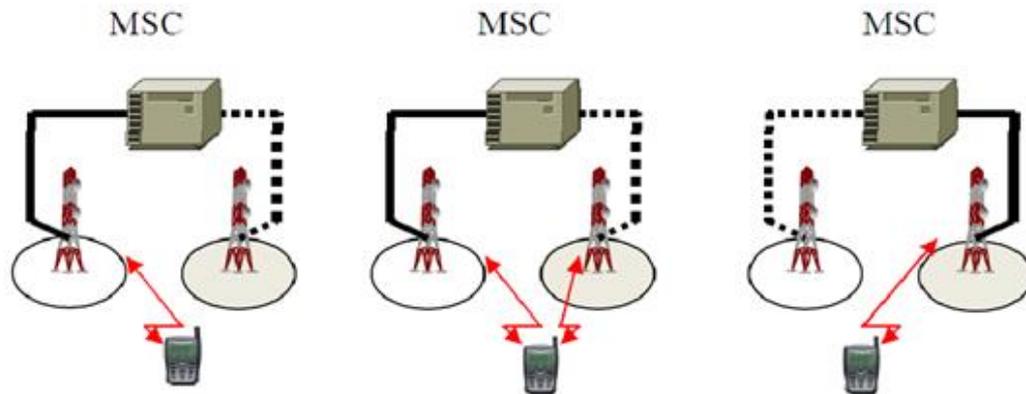


Figure 1.15: Soft handover

- **Softer handover** : L'ancien lien est libéré près l'établissement du nouveau lien avec la station de base cible. Il est caractérisé par:
 - Une meilleure qualité de service offerte à l'utilisateur.
 - Charge élevée au niveau du réseau.
 - Charge élevée sur l'interface radio.

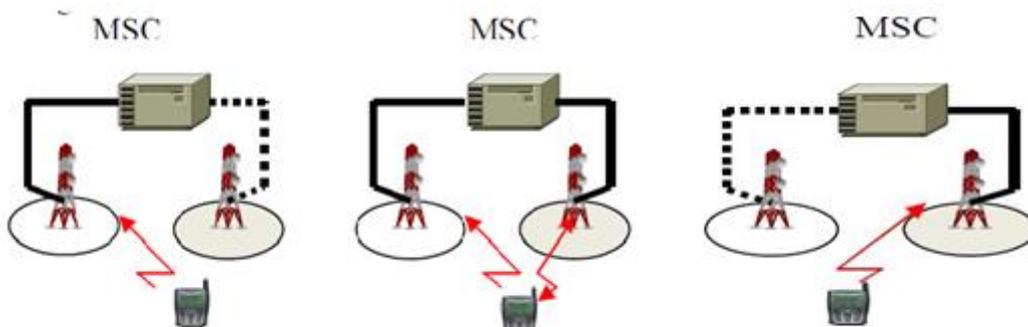


Figure 1.16: Softer handover

4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié l'architecture et les fonctionnalités du réseau UMTS. Dans une deuxième étape, nous avons fait un aperçu général sur l'interface radio WCDMA tout en détaillant ses caractéristiques, la technique d'accès multiple CDMA et les deux notions principales de l'UMTS, à savoir le contrôle de puissance et *Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS*

le Soft-Handover. Ces deux éléments ont un rôle critique dans le processus de planification vu qu'ils influent la qualité et la capacité du système tout entier. Dans le chapitre suivant, on va analyser le processus de planification WCDMA et étudier la propagation radioélectrique.

Chapitre II. Méthodologies de la Planification WCDMA

1. Introduction

Le besoin croissant en débit et la saturation en termes de nombre des utilisateurs des réseaux de deuxième génération, ont poussés les opérateurs de télécommunication de passer au système radio-mobiles cellulaires de troisième génération nommé UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Ce système qui est standardisé par le groupe 3GPP (3th Group Partnership Project) dans la spécification technique "release 99", a été adopté au niveau mondial en Janvier 1999. L'UMTS offre un débit théorique maximal de 2 Mbits/s. Il est donc possible de transmettre en plus de la voix, les données en mode paquet. De plus, avec L'UMTS, l'accès aux plusieurs services tels que l'Internet mobile et la visiophonie, sont devenus possible. L'UMTS introduit une nouvelle interface radio qui repose sur la technique d'accès multiple à répartition par code à large bande W-CDMA (Wide band Code Division Multiple Access) dans laquelle les utilisateurs peuvent accéder simultanément à la même bande de fréquence.

Dans ce chapitre, nous présenterons dans une première partie les méthodologies de planification WCDMA. En effet, nous détaillerons quelques concepts généraux ainsi que les différentes phases du processus de planification. Ensuite, nous étudierons le phénomène de propagation radio et nous présenterons quelques modèles de prédiction.

2. Etude de la planification WCDMA

Le WCDMA est une technique d'accès dérivée de CDMA (*Code division multiple Access*). Tous les utilisateurs émettent sur un même canal radioélectrique à large bande, mais ils sont distingués par une séquence d'étalement pseudo-aléatoire. Le signal utile est étalé sur une largeur de bande de 3.84 MHz avant mise sur porteuse (d'où le nom large bande), une porteuse occupe un canal de 5MHz.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

2.1 Concepts généraux

Avant d'entamer cette partie, nous commençons par introduire quelques notions générales fortement liées à la planification dans le cadre de l'UMTS. La compréhension de ces notions est nécessaire lors du déploiement d'un réseau radio mobile WCDMA.

2.1.1 Evaluation des interférences

Des interférences se produisent en raison d'autres connexions de téléphones portables où chaque direction est une connexion. On peut distinguer l'interférence causée par les communications à l'intérieur d'une même cellule, qui est appelée «intra cellulaires», et l'interférence causée par les communications provenant de l'extérieur des téléphones portables, qui est appelée «interférence». "inter cellulaires".

Interférences intra cellulaires

Dans le sens descendant, le mobile reçoit un signal utile provenant de la station de base sauf que ce n'est pas le seul qu'il capte car il reçoit également la somme d'autres signaux destinés aux autres mobiles de la cellule. A l'émission les signaux sont orthogonaux mais à la réception l'orthogonalité n'est pas parfaite à cause des trajets multiples que ceux-ci empruntent. Concernant le sens montant, le signal émis par un mobile est interféré par ceux qui proviennent de tous les mobiles de la même cellule. Ils ne sont pas synchronisés et ont l'effet de bruit blanc.

Interférences extra cellulaires

Puisque c'est la même bande de fréquence qui est utilisée par toutes les stations de base, l'interférence extra cellulaire compte beaucoup lors de l'évaluation de la qualité de communication. Dans le sens montant, un mobile est gêné par les communications de ceux qui se trouvent dans les autres cellules. Concernant le sens descendant, en plus du signal utile, le mobile reçoit une somme de signaux émis par les autres stations de bases présentes dans le système.

2.1.2 Couverture et capacité

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

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

nombre d'utilisateurs définit la capacité. Dans le système UMTS, 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, et la distribution de trafic dans le réseau et de ses caractéristiques. On parle alors de "soft capacité".

La capacité réelle d'une cellule CDMA dépend de nombreux facteurs différents, tels que la démodulation du récepteur, la précision de contrôle de puissance, et la puissance des interférences réelles introduites par d'autres utilisateurs dans la même cellule et dans les cellules voisines.

Dans la communication numérique, l'énergie du bit par rapport à la densité de puissance de bruit (E_c/N_0) il influe directement sur le BER (bit error rate) qui a un impact direct sur la qualité de service.[10]

Couverture

Les systèmes de troisième génération sont caractérisés par le phénomène de respiration de cellules. Qui met en œuvre une interdépendance entre la capacité et la couverture de la cellule : plus le nombre d'utilisateurs est important, plus le rayon de la cellule diminue, et donc plus la couverture diminue. Cela est dû principalement au fait que le système UMTS basé sur le WCDMA utilise une seule porteuse pour toutes les cellules induisant de l'interférence extracellulaire, ce qui influe sur la Couverture de la cellule.

Au cours du dimensionnement initial, l'impact du trafic sur la portée de la cellule se situe au niveau du paramètre marge d'interférence (Noise rise) qui limite l'atténuation maximale(MAPL) dans le bilan de liaison. Ce paramètre traduit l'interférence maximale supportée par le réseau (supplémentaire au bruit du récepteur).

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

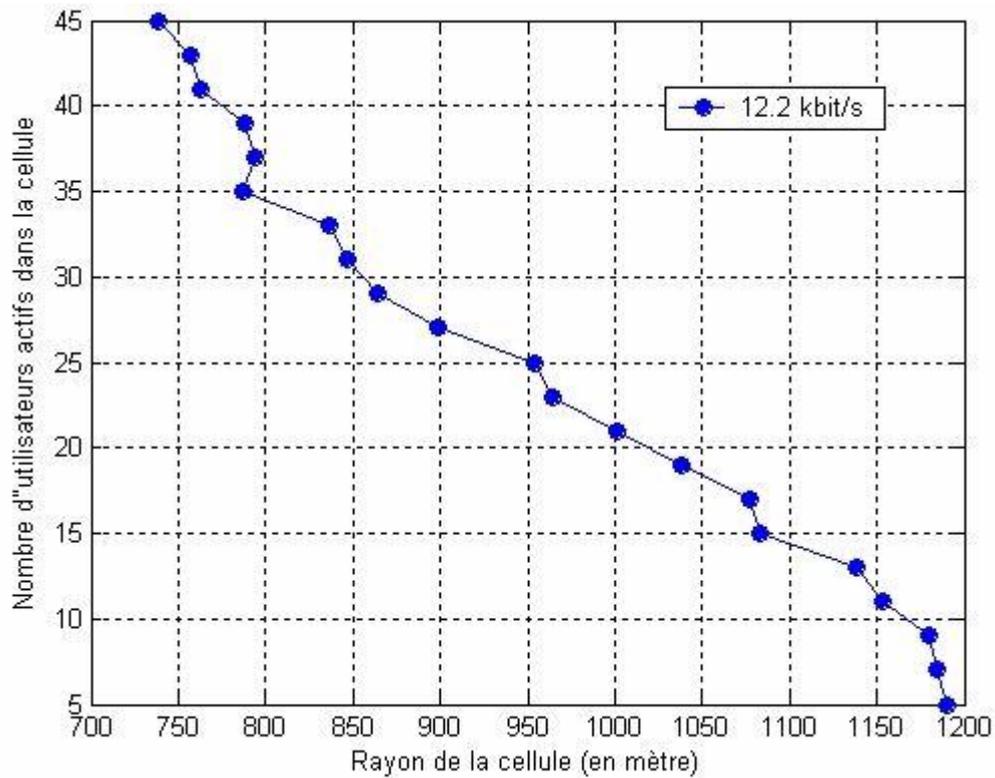


Figure 2.1: dégradation du cellule en fonction du nombre d'utilisateurs

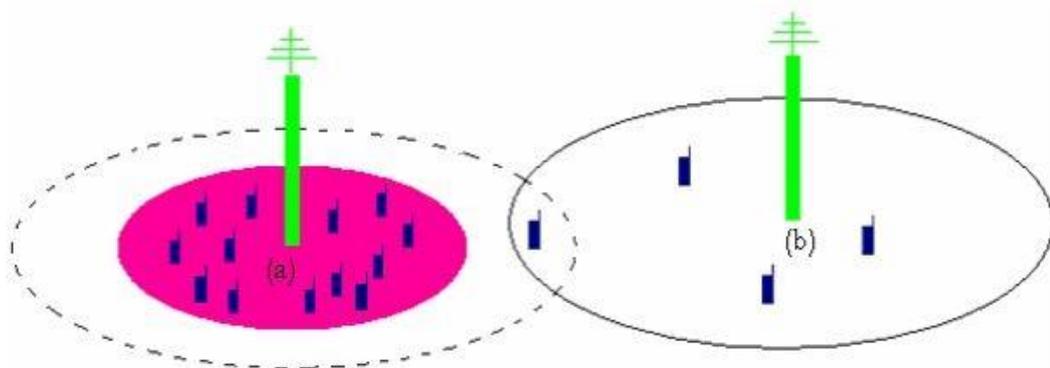


Figure 2.2: Effet de respiration de cellule

Cette figure montre un cas où les charges ne sont pas réparties uniformément sur les différentes cellules (a) est beaucoup plus chargée que sa voisine (b) et sa couverture est donc inférieure... Si le recouvrement avec les voisines est insuffisant, des trous de couverture apparaissent, et des appels sont rejetés. Afin d'éviter ces phénomènes de trous de couverture liés à l'augmentation du trafic, des algorithmes de contrôle d'admission sont mis en œuvre. La couverture et la capacité sont donc deux grandeurs fortement liées dans les réseaux WCDMA.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

Macro-diversité :

Quand un mobile est en soft handover, il possède plusieurs connexions avec différentes cellules radio. Ainsi dans le sens montant, le terminal envoie les mêmes informations sur les différentes connexions. Inversement, dans le sens descendant, le flux entrant dans le RNC est divisé en plusieurs flux identiques qui sont envoyés sur les différentes connexions. Ce mécanisme est appelé la macro-diversité (macro-diversity). Si le mobile a des connexions avec des cellules appartenant à un même RNC, la macro-diversité est établie dans ce RNC. Cependant, dans le cas où le mobile est connecté à des cellules appartenant à deux RNC différents, un seul RNC (le Serving RNC) garde le point d'interconnexion avec le réseau cœur et l'autre RNC joue le rôle du Drift-RNC. Le RNC gère le handover et la macro-diversité à travers l'interface Iub lorsqu'il s'agit d'un déplacement entre cellules de différents Node B sous le contrôle du même RNC. Le handover et la macro-diversité peuvent aussi être effectués via l'interface Iur lorsque les deux cellules sont contrôlées par des RNC différents ou par l'interface Iu dans le cas où l'interface Iur serait absente.[11]

Pour une meilleure perception, la figure qui suit illustre le principe de handover et de macro-diversité.

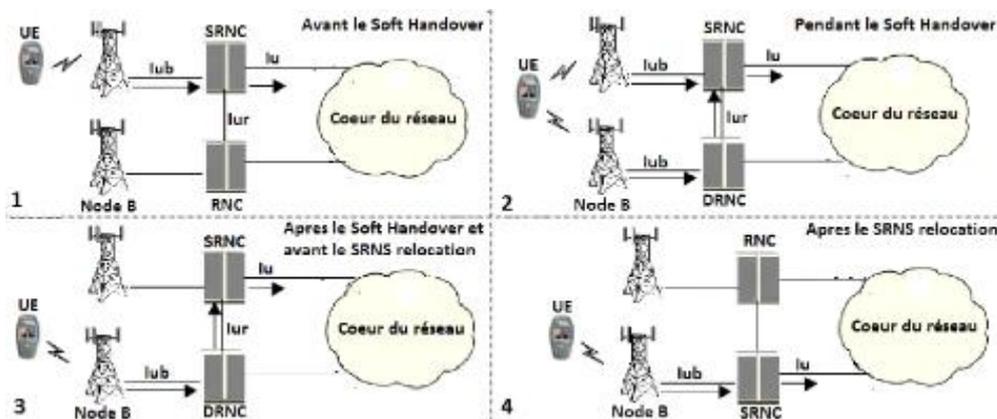


Figure 2.3 : Handover et macro-diversité dans l'UMTS

A la figure (2.3) lorsque l'UE est dans une zone de couverture commune à deux Node B, les communications du mobile empruntent simultanément deux canaux différents pour atteindre les deux Node B (Soft handover). Pendant et après le soft handover, l'UE communique avec un Node B qui est sous le contrôle d'un autre RNC (Drift RNC). Le DRNC ne réalise aucun traitement sur les données utilisateur. Les données transmises à l'UE et émises par l'UE sont contrôlées par le SRNC et sont passées de manière transparente par le DRNC.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

2.2 Processus de planification WCDMA

La planification d'un réseau radio WCDMA, à savoir le dimensionnement, la planification détaillée de la capacité et de la couverture ainsi que l'optimisation sont nécessaires pour le bon fonctionnement du réseau UMTS.

Le but de la phase de dimensionnement est d'estimer le nombre de sites, le nombre de stations de base et leur configuration en fonction des besoins et exigences de l'opérateur et du type de propagation radio propre à l'environnement. Cet ajustement de taille doit tenir compte des exigences de couverture, de capacité et de qualité de service de l'opérateur. La capacité et la couverture sont deux aspects étroitement liés dans les réseaux WCDMA et doivent par conséquent être considérés simultanément dans le dimensionnement.

Les phénomènes les plus importants remarquables dans la technique WCDMA de l'UMTS par opposition au réseau GSM sont : la respiration des cellules et le dynamisme de capacité.

Dans cette technique l'interférence est très importante à considérer car elle est inversement proportionnelle à la capacité et la couverture ; d'où une rigueur sur la gestion de la puissance.[12]

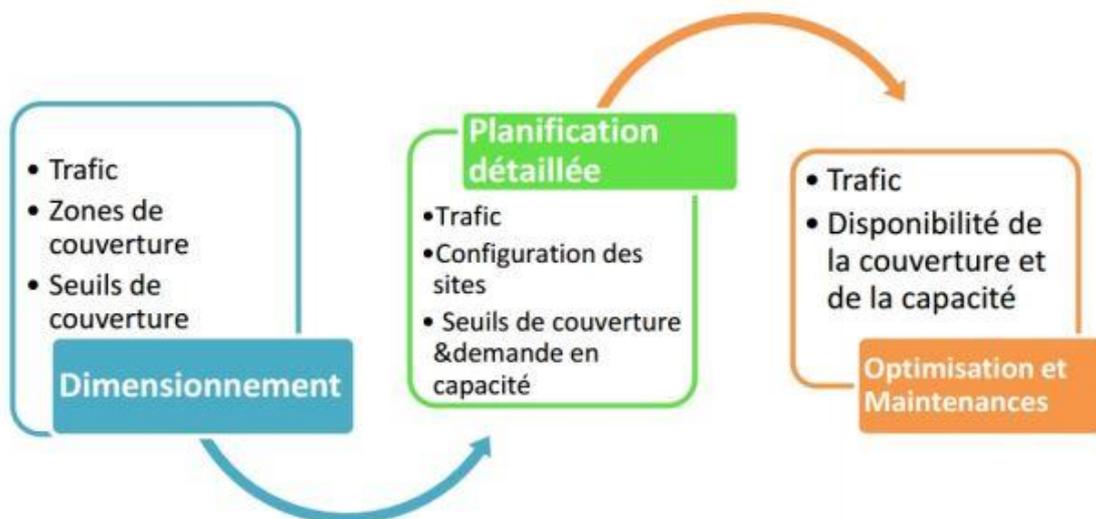


Figure 2.4: Les étapes du processus de planification

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

Objectifs de la planification de réseau radio

Les opérateurs et les constructeurs du système WCDMA doivent beaucoup tenir compte du rapport qualité-prix des équipements. Les objectifs de la planification de réseau sont de faire l'équilibre entre la capacité, la couverture, la qualité et le coût, et atteindre une conception optimale.[12]

2.2.1 Dimensionnement

Le dimensionnement d'un réseau radio WCDMA est un processus qui permet d'estimer, à partir des besoins et des exigences de l'opérateur, le nombre d'équipements nécessaires ainsi que leur Configuration. Il est courant de distinguer les trois catégories suivantes d'exigences définies chacune par différents paramètres,

· Couverture

- Zones de couverture,
- Types d'environnement,
- Propriétés de propagation.

· Capacité

- Spectre disponible.
- Prévisions d'abonnés,
- Densité de trafic.

· Qualité de service

- Probabilité de couverture,
- Probabilité de blocage (taux de congestion),
- Débits utilisateur.

· Coût

- Minimiser le coût global de l'infrastructure du réseau [12].

Les principaux objectifs du dimensionnement sont de définir les bilans de puissance, la couverture, la capacité et d'estimer le nombre de sites, de stations de base, de RNC ainsi que

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

le nombre d'équipements du réseau cœur nécessaires que ce soit dans le domaine circuit ou dans le domaine paquet ; et ceci avec un meilleur coût.

L'interférence intra et extracellulaire reçue sur le lien descendant dépend de la position du mobile dans la cellule. Par conséquent, le paramètre d'interférence (rapport des interférences extra et intracellulaire) dépend de l'utilisateur et son emplacement par rapport au node B. Ce paramètre d'interférence est le même dans toute la cellule pour le lien montant puisque les puissances de tous les mobiles sont reçues toutes par le node B qui est un point fixe et unique. Le fait d'avoir un seul paramètre d'interférence défini pour toute la cellule simplifie le dimensionnement dans le sens UL par rapport au DL.

Par conséquent, l'analyse du lien descendant est plus complexe et délicate que celle du lien montant. Par ailleurs, une estimation précise du paramètre d'interférence en DL permet aux planificateurs de l'UMTS d'implémenter leurs stratégies de design en évitant de moyenner sa valeur ou de surestimer la marge d'interférence considérée dans les calculs du bilan de liaison. La spécification précise et exacte de ce paramètre passe par la détermination analytique de sa distribution globale et non seulement sa moyenne et écart-type.

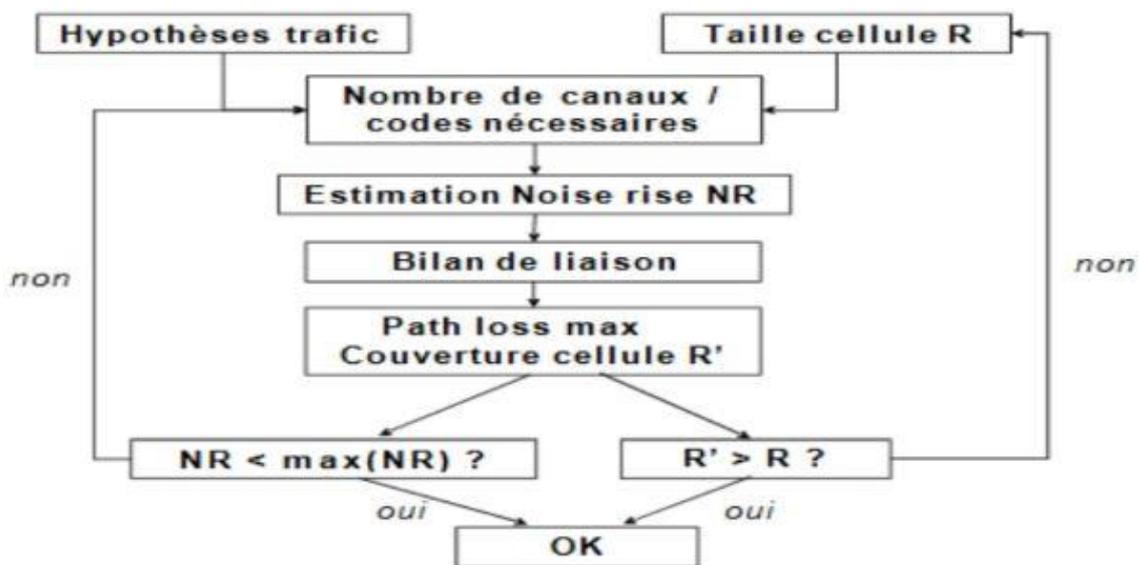


Figure 2.5: Dimensionnement UL

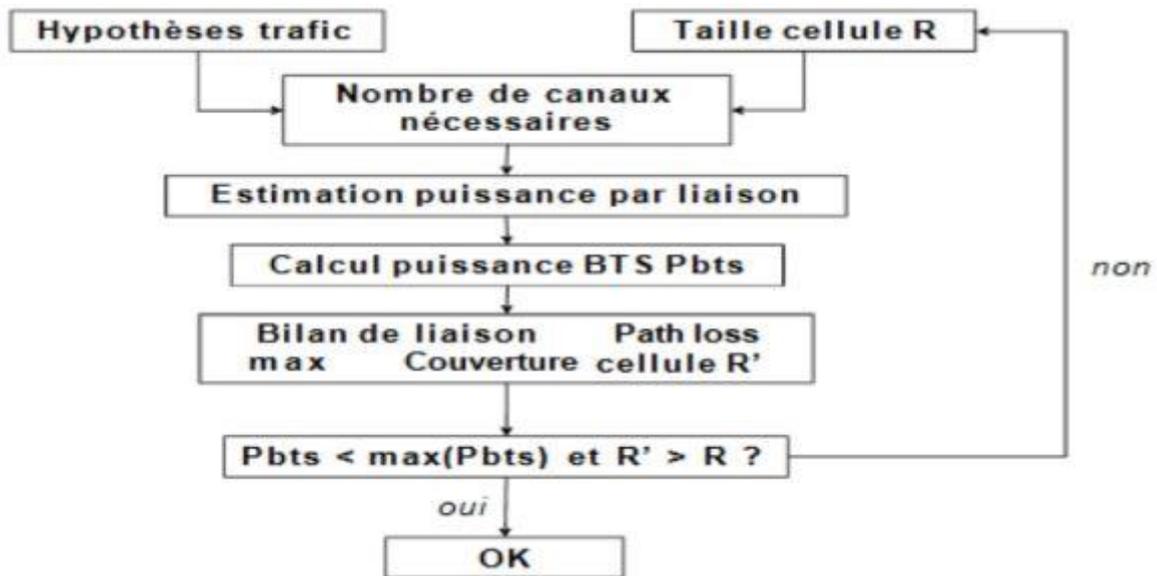


Figure 2.6 : Dimensionnement DL

2.2.2 Planification détaillée

La planification détaillée comprend trois phases. Après l'initialisation, le sens montant et le sens descendant des toutes les stations mobiles sont analysés répétitivement. Dans la phase finale, après que les itérations aient pu satisfaire certains critères de convergence, les résultats des analyses des voies montante et descendante sont post traités pour des résultats numériques et graphiques différents.

Comme en WCDMA, tous les utilisateurs partagent les mêmes ressources sur l'interface radio, il n'est donc pas possible de les analyser individuellement. Un utilisateur a une influence sur la puissance d'émission des autres utilisateurs, et les modifications qui en résultent ont également un impact sur le premier utilisateur, etc. Par conséquent, le processus de prédiction doit se faire de façon itérative jusqu'à ce que les puissances d'émission se stabilisent.

Par ailleurs, les débits et les types de services jouent un rôle bien plus important en WCDMA que dans les systèmes TDMA et FDMA de deuxième génération. En outre, le WCDMA utilise le contrôle de puissance rapide dans les deux sens de transmission, les *softer* et *soft handover* ainsi que des canaux orthogonaux sur le lien descendant. Toutes ces caractéristiques ont un impact non négligeable sur les performances du système.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

La principale différence entre les prédictions de couverture pour le WCDMA par rapport à celles des systèmes TDMA et FDMA, est l'importance cruciale de l'estimation des interférences en WCDMA. Dans le processus de planification de la couverture en GSM, la sensibilité des stations de base est constante et les seuils de couverture sont les mêmes pour chaque station de base. Dans le cas du WCDMA, la sensibilité des stations de base dépend du nombre d'utilisateurs et des débits utilisés dans les cellules, en conséquence la sensibilité peut être différente pour chaque station de base. Notons également que dans les réseaux de troisième génération, les débits des sens montants et descendants peuvent être asymétriques.

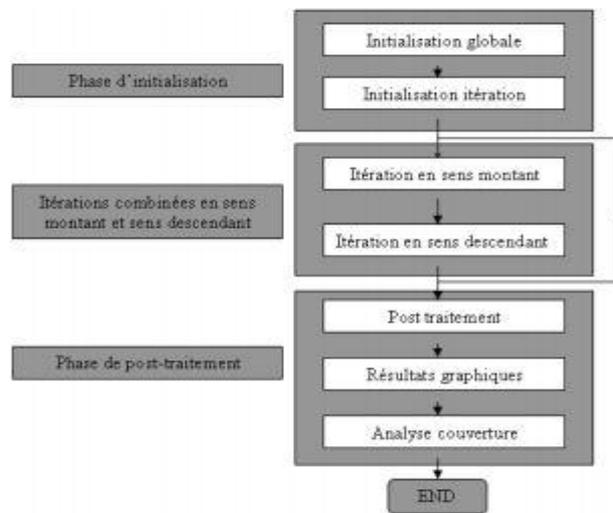


Figure 2.7 : Planification détaillée

2.2.3 Optimisation & Maintenance

L'optimisation continue fait partie intégrante du fonctionnement du réseau, en particulier à l'heure actuelle où les réseaux évoluent en permanence :

- La capacité du réseau doit augmenter en permanence du fait d'une demande de trafic toujours plus importante
- De nouveaux éléments du réseau sont régulièrement mis en service
- De nouveaux services sont introduits, et la couverture est élargie

L'optimisation continue peut être visualisée comme un processus cyclique en deux étapes, s'apparentant à la récupération et à l'analyse des données.

Étape 1, la collecte des données : la performance à la fois du réseau et des services de bout en bout est évaluée, puis les données requises sont collectées. Les ensembles de données sont

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

collectés à partir de plusieurs sources, allant des compteurs statistiques générés dans les éléments du réseau jusqu'aux données de mesure obtenues pendant les essais sur route et piétons.

Étape 2, l'analyse des données : ce processus nécessite de fournir un traitement automatique des données et une analyse précise, résultant sur des informations judicieuses au sein du réseau. Enfin, des corrections et des modifications du réseau sont proposées, décidées et mises en œuvre.[13]

3. La propagation radioélectrique

L'environnement dans lequel se propagent les ondes radio mobiles est très complexe, et il existe divers obstacles qui provoquent l'interruption de la liaison entre l'émetteur-récepteur mobile et l'émetteur-récepteur fixe (BTS).Les phénomènes rencontrés sont la réflexion, la diffraction et la diffusion d'obstacles plans. Par conséquent le récepteur reçoit en fait un ensemble d'ondes réfléchies et d'ondes diffractées.

En raison du mouvement des véhicules et des personnes, l'évolution instantanée de l'environnement entraîne des changements de temps dans le canal radio, ce qui rend plus difficile la prédiction de la puissance du récepteur à un endroit précis. Nous étudierons les phénomènes liés à la propagation dans cette section et analyserons les caractéristiques et les performances des modèles empiriques, en particulier ceux utilisés dans la planification radio mobile.

3.1Caractéristiques du canal de propagation

Le canal de propagation dans l'environnement radio mobile est en constante évolution. Ces changements brusques sont principalement liés au type d'environnement considéré (urbain, rural, intérieur, etc.) et aux phénomènes physiques subis par l'onde dans le processus de propagation, à savoir la réflexion, la diffraction et la diffusion.

La figure 2.8 illustre les différents phénomènes de propagation subits par l'onde radioélectrique :

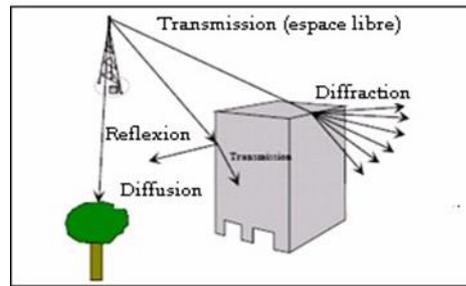


Figure 2.8 : Différents phénomènes de la propagation radioélectrique

3.2 Modèles de propagation

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

3.2.1 Modèles macro cellulaire

Les réseaux macro cellulaires sont constitués de BSs installées par un opérateur conventionnel, offrant un accès public et une couverture étendue, approximativement de l'ordre de quelques kilomètres. Généralement destinées à fournir un débit de données minimum garanti sous des contraintes de retard et d'interruption maximales tolérables, les macros cellules émettent généralement jusqu'à 46 dBm, desservant des milliers de clients et utilisant une liaison de raccordement dédiée.

Les conditions d'applications du modèle sont les suivantes :

- hauteur de l'antenne de la station de base H_b , (en mètres) comprise entre 30 et 200m,
- hauteur de l'antenne du mobile H_m , (en mètres) comprise entre 1 et 10m,
- distance entre le mobile et la station de base d (en kilomètres) entre 1 et 20km,
- fréquence exprimée en MHz

Modèle Hâta

Le modèle Hâta est un modèle de propagation radio permettant de prédire la perte de trajet des transmissions cellulaires dans les environnements extérieurs, valable pour les fréquences micro- ondes de 150 à 1500 MHz. Il s'agit d'une formulation empirique basée sur les données du modèle d'Okumura, et est donc aussi communément appelé le modèle d'Okumura – Hâta. Le modèle intègre les informations graphiques du modèle d'Okumura et les développe davantage pour réaliser les effets de diffraction, de réflexion et de diffusion

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

causés par les structures de la ville. De plus, le modèle Hâta applique des corrections pour les applications dans les environnements suburbains et ruraux.

Les conditions de validité de ce modèle sont récapitulées dans ce tableau :

Fréquences	150<F<1500 MHz
Hauteur de l'antenne d'émission	30<H _b <200 m
Hauteur de l'antenne du mobile	1<H _m <10 m
Distance entre le mobile et la station de base	1<d<20 km
Type d'environnement	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Urbain (grand ville) ❖ Suburbains (ville moyenne) ❖ Rural

Tableau 2.1: Condition de validité du modèle de hâta

- **Environnements urbains**

le modèle Hâta pour les environnements urbains est la formulation de base puisqu'il était basé sur les mesures d'Okumura effectuées dans les zones bâties de Tokyo.

$$L_u = 69.55 + 26.16 \log(F) - 13.82 \log(H_b) - a(H_m) + [44.9 - 6.55 \log(H_b)] \log(d) \quad (2.1)$$

Pour les villes petites ou moyennes :

$$a(H_m) = [(1.1 \log(F) - 0.7) H_m - (1.56 \log(F) - 0.8)] \quad (2.2)$$

Pour les grandes villes :

Si $150 \leq F \leq 200$ $a(H_m) = 8.29 \log_{10} (1.54 H_m)^2 - 1.1$ (2.3)

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

$$\text{Si } 200 < F \leq 1500 \quad a(H_m) = 3.2 \log_{10} (11.75 H_m)^2 - 4.97 \quad (2.4)$$

Ou

L_u = perte de chemin dans les zones urbains. Unité : **décibel (dB)**

H_b = Hauteur de l'antenne de la station de base. Unité : **mètre (m)**

H_m = Hauteur de l'antenne de la station mobile. Unité : **mètre (m)**

F = fréquence de transmission. Unité : **Mégahertz (MHz)**

$a(H_m)$ = Facteur de correction de la hauteur de l'antenne.

d = Distance entre la base et les stations mobiles. Unité : **kilomètre (km)**

- **Environnements suburbains**

Le modèle Hata pour les environnements suburbains est applicable aux transmissions juste à la sortie des villes et dans les zones rurales où les structures artificielles sont présentes mais pas aussi hautes et denses que dans les villes.

$$L_{su} = L_u - 2(\log_{10} F/28)^2 - 5.4 \quad (2.5)$$

Ou

L_{su} = Perte de chemin dans les zones suburbains. Unité : **décibel (dB)**

L_u = Perte de chemin de la version petite ville. Unité : **décibel (dB)**

- **Environnement rural**

Le modèle Hata pour les environnements ruraux est applicable aux transmissions dans des zones rurales où aucune obstruction ne bloque la liaison de transmission.

$$L_{ru} = L_u - 4.78 (\log_{10} F)^2 + 18.33 (\log_{10} F) - 40.94 \quad (2.6)$$

Ou

L_{ru} = Perte de chemin dans les zones rurales. Unité : **décibel (dB)**

Le Modèle de COST 231-Hata

Le modèle COST231 est applicable 1500-2000MHz et n'est pas précis dans un rayon de 1km. Le modèle COST231-hata est basé sur les résultats des tests d'Okumura et décrit la formule proposée en analysant la courbe de propagation des bandes supérieures.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

$$L_u = 46.33 + 33.9 \log(F) - 13.82 \log(H_b) - a(H_m) + [44.9 - 6.55 \log(H_b)] \log(d) + G \quad (2.7)$$

Le paramètre $a(H_m)$ prend les mêmes valeurs ci-dessus et C_m prend les valeurs suivantes :

- $C_m = 0$ dB pour les villes de taille moyenne et les banlieues,
- $C_m = 3$ dB pour les grands centres métropolitains

Portée de l'application :

- Fréquence f : 1505 ~ 2000 MHz
- Hauteur de l'antenne BTS H_b : 30 ~ 200 m
- Hauteur station mobile H_m : 1 ~ 10 m
- Distance d : 1 ~ 20 km

Caractéristiques :

- Modèle de macro-cellule.
- la hauteur de l'antenne NodeB est plus grande que la hauteur des bâtiments de la zone.
- La prédiction n'est pas applicable en 1 km.
- Ne s'applique pas à la circonstance où la fréquence est supérieure à 2000 MHz ou inférieure à 1500 MHz [14]

Le modèle propagation standard

Formule expérimentale

$$\text{PathLoss} = K_1 + k_2 \log(D) + K_3 \log(H_{T_{\text{eff}}}) + K_4 * \text{DiffractionLoss} + K_5 \log(d) * \log(H_{T_{\text{eff}}}) + K_6(H_{R_{\text{eff}}}) + K_{\text{clutter}}f(\text{clutter}) \quad (2.8)$$

Où

- K_1 : Valeur constante de perte de chemin de propagation.
- K_2 : $\log(d)$ facteur de correction.
- D : Distance entre le récepteur et l'émetteur (m).
- K_3 : facteur de correction $\log(H_{T_{\text{eff}}})$.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

- $H_{T_{\text{eff}}}$: Hauteur de l'antenne de l'émetteur (m).
- K_4 : facteur de correction de perte de diffraction.
- K_5 : journal $(H_{T_{\text{eff}}}) \log(D)$ facteur de correction.
- K_6 : facteur de correction.
- $H_{R_{\text{eff}}}$: Hauteur de l'antenne du récepteur (m).
- K_{clutter} : facteur de correction de l'encombrement.
- $F(\text{clutter})$: Poids moyen de la perte du clutter[14]

▪ **Calcul de $f(\text{clutter})$:**

L'utilisateur doit fixer le poids moyen de la perte du clutter $f(\text{clutter})$

$$f(\text{clutter}) = \sum L_i w_i \quad (2.9)$$

Ou

L_i : perte due au clutter

w_i : Le poids

n : nombre de point de mesures pris.

Généralement le poids moyen de la perte du clutter varie entre les valeurs suivantes :

Urban dense	De 4 à 5
Urban	0
Suburban	De -5 à -3
Industriel	De -5 à -3

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

Open Urban	De -6 à -4
Open	De -12 à -10
Water	De -14 à -12

Tableau 2.2 : Poids moyen de la perte du clutter

3.2.2 Modèles micro cellulaires

Ces modèles sont utilisés dans des environnements urbains denses. Ces zones géographiques couvrent un rayon inférieur à quelques kilomètres.

En zone urbaine, lorsque l'antenne de la station est placée sous le niveau du toit et que la puissance d'émission est faible, la zone couverte est appelée «Microcellule».

Si la mobilité interne de la station est visible, le trajet direct de l'onde est supérieur à la diffraction et à la réflexion.

L'affaiblissement est estimé par la formule (2.10), proposée par le comité COST 231 :

$$L_{los} = 42.6 + 20 \log (F) + 26 \log (d) \text{ pour } d > 0.02 \text{ km} \quad (2.10)$$

Elle est pertinente pour des fréquences de 800 à 2 000 MHz, une antenne mobile entre 1 et 3 m et une antenne de station de base entre 4 et 50 m.

Un modèle simple, lorsque le mobile n'est pas sur la même rue que la station de base, pour supposer que l'onde se propage le long de longues rues comme dans des ondes guidées d , et pour compter les distances derrière les lignes ville.. Il est possible d'utiliser alors la formule (2.10) et d'ajouter 20 dB de perte supplémentaire par coin de rue. De nombreux autres modèles micro cellulaires plus sophistiqués existent.[10]

3.2.3 Modèles indoor (pico cellulaires)

Les cellules Pico sont souvent déployées de manière centralisée, quelques dizaines d'UE dans la portée radio relient 300 ou moins et ont une plage de puissance des cellules pico

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

typique de 23 dBm à 30 dBm. Les pico cellules sont principalement utilisées pour la couverture à l'extérieur ou à l'intérieur, c'est-à-dire dans des environnements dont la pénétration de la macro cellule est insuffisante (par exemple, des immeubles de bureaux).

De plus, les pico cellules :

- peuvent être déployées au bord de la macro cellule afin d'étendre la couverture ou le débit
- sont accessibles à tous les UEs
- ont une couverture d'environ 200m
- peuvent servir entre 32 à 100 UEs.

3.2.4 Modèles retenu pour l'étude

Dans le cadre de notre projet, les zones que nous allons utiliser dans les simulations ne sont pas réelles. En effet, la définition d'un modèle topologique du terrain pour ces zones nécessite des outils informatiques plus sophistiqués. Pour cela, nous choisissons le modèle de Hâta comme modèle d'étude pour ses caractéristiques générale et son adaptabilité à des études purement théoriques.

4. Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la compréhension des méthodologies de la planification WCDMA. Pour cela deux parties ont été évoquées. Dans la première, on a commencé par introduire des concepts de base relatifs au contexte WCDMA. Après, on a étudié le processus de planification en présentant ses différentes phases. La deuxième partie a été consacrée à l'étude de la propagation radioélectrique. En effet, nous avons analysé certains modèles de propagation et nous avons fini par définir le modèle retenu pour nos travaux de simulation

Chapitre III : Optimisation Radio

1. Introduction :

L'optimisation est l'une des principales étapes de l'amélioration de la performance des réseaux de télécommunications, elle comprend plusieurs types d'analyses et d'actions menées pour apporter des améliorations au niveau du réseau, et c'est toujours le cas. Niveau de couverture, qualité de la liaison radio ou autres paramètres.

2. Objectif de l'optimisation radio

Afin d'obtenir la satisfaction des clients, les opérateurs s'efforcent d'assurer la continuité des services fournis avec la meilleure qualité. Par conséquent, l'optimisation avec cet objectif est un élément de service nécessaire et important pour maintenir et améliorer la qualité et la capacité du 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.

Par conséquent, l'optimisation des réseaux cellulaires est guidée par deux objectifs principaux : l'amélioration de la qualité de service fournie aux utilisateurs et l'augmentation du trafic transporté par le réseau en utilisant les équipements existants.

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

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

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 est illustré dans la figure suivante. Il commence par surveiller les performances par le biais de statistiques des indicateurs clés de performance KPI (Key Performance Indicator), puis analyse ces statistiques pour sélectionner les zones à problèmes et initie des itinéraires de test (Drive Tests) pour mieux comprendre les causes de ces problèmes. Ensuite, une analyse complète du KPI et des résultats du test peut lister une série d'actions à entreprendre. Après avoir vérifié et effectué ces opérations, nous parcourons les résultats depuis le début et ainsi de suite. [15]

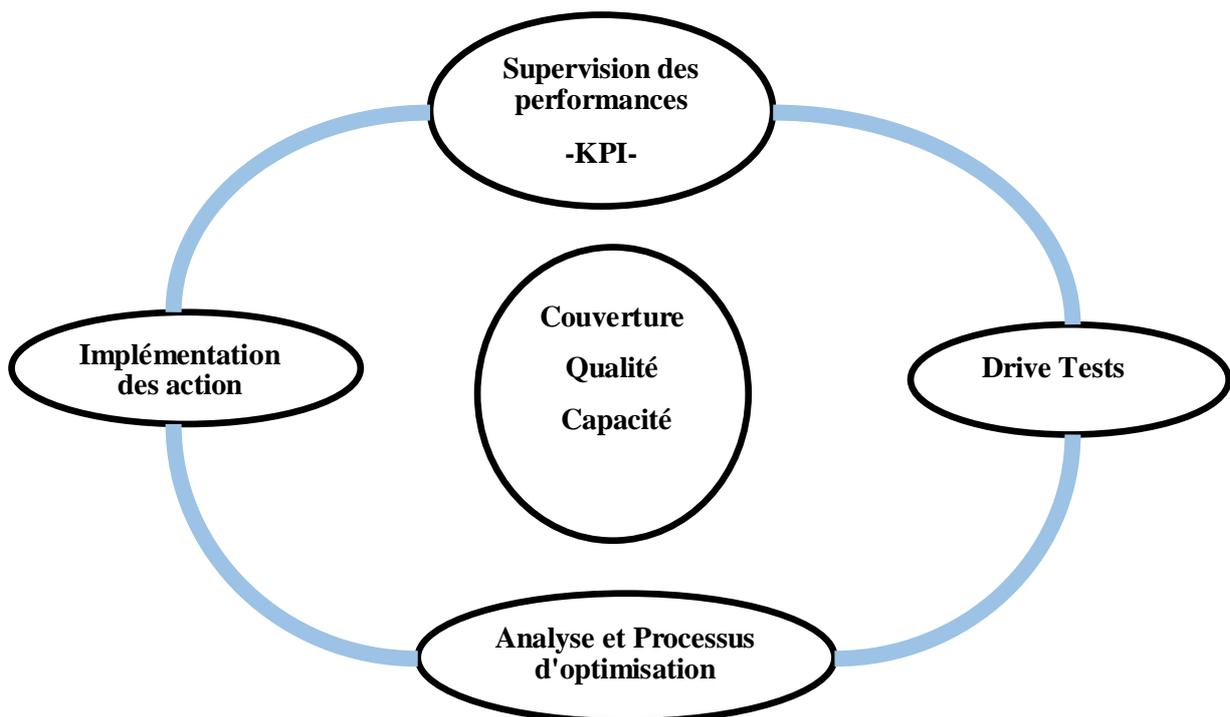


Figure 3.1 : Schéma général du processus d'optimisation

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.

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.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

La spécification 3GPP définit quatre niveaux de qualité de service pour la transmission d'applications multimédia dans les réseaux WCDMA. Les différences entre ces niveaux de qualité de service (QoS) sont principalement basées sur les exigences de délai, de taux d'erreur sur les bits (BER) et de priorité de trafic.

a) La classe A ou Conventionnelles

Cette classe est utilisée dans la téléphonie, elle peut être utilisée dans les nouvelles applications internet. Elle permet d'impliquer deux utilisateurs ou plus. Exemple la téléphonie et la visiophonie.

b) La classe B ou Streaming

Cette classe est utilisée pour le streaming unidirectionnel, comme les applications de streaming vidéo ou audio. Il n'y a pas de limite stricte sur le temps de transfert de l'application « flux multimédia ». Par contre, le changement de retard est un paramètre important car il peut être perçu par l'utilisateur. Cependant, étant donné que le tampon du récepteur peut supprimer la variation de retard, si elles sont toujours inférieures à la limite donnée, cette limite sur la variation de retard peut toujours être tolérée.

c) La classe C ou Interactive

Cette classe est utilisée quand l'utilisateur dialogue interactivement avec un serveur de données (application). Contrairement aux classes A et B, les performances temps réel ne sont pas nécessaire, ainsi les informations doivent pas être modifiées. Les délais sont de l'ordre de la seconde. Comme exemple d'application de cette classe, la navigation web.

d) 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.

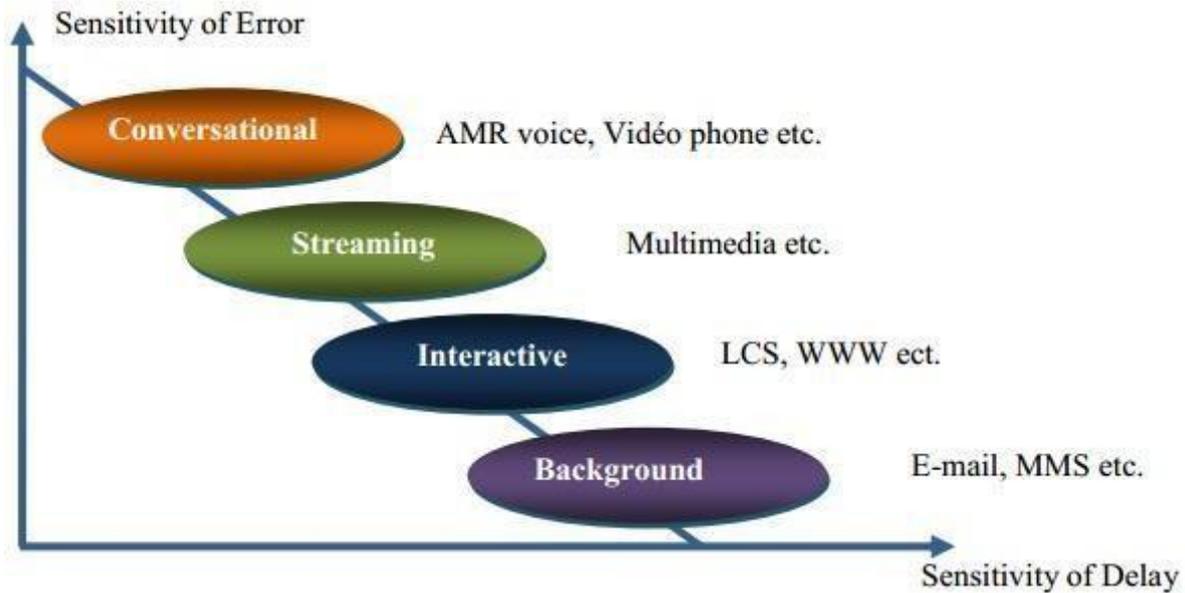


Figure 3.2 : Les classes de service en UMTS

5. Les principaux indicateurs clés de performance (KPI)

Il existe plusieurs KPI qui reflètent les performances du réseau, et nous mentionnerons ici les plus importants.

a. 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 :

$$\text{CSSR} = \frac{\sum \text{Nombre d'appels réussis}}{\sum \text{Nombre des tentatives d'appels}} * 100\% \quad (3.1)$$

b. 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 :

$$\text{AFR} = \frac{\sum \text{Nombre de tentative échoué}}{\sum \text{Nombre total des tentatives}} * 100\% \quad (3.2)$$

c. Baisse des taux d'appel (DCR)

Le DCR mesure le pourcentage de MS (systèmes mobiles) avec des interruptions d'appel anormales. La MS a réussi à établir l'appel, mais en raison de problèmes (radio, transmission...), l'appel a été interrompu.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

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

$$\text{DCR} = \frac{\sum \text{coupures des canaux de trafic}}{\sum \text{nombre d'appels effectivement terminés}} * 100\% \quad (3.3)$$

d. Temps de préparation d'appel (CST)

CST représente le temps nécessaire pour établir un appel.

e. 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 descendant (DL).

$$\text{PLR} = \frac{\sum \text{Nombre Paquets Perdus}}{\sum \text{Nombre Paquets Envoyés}} * 100\% \quad (3.4)$$

f. 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.

g. 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 3.1: Quelques valeurs de KPI

6. Drive Test

Le Drive Test est un test réalisé dans les réseaux cellulaires quelle que soit la technologie (GSM, CDMA, UMTS, LTE, etc...). Moyens de collecter des données sur le mouvement des véhicules. Sa déclinaison est également intuitive : Walk Test, c'est-à-dire collecter des données en parcourant les zones d'intérêt. L'analyse des essais de conduite est fondamentale pour le travail de tout professionnel dans le domaine de l'informatique et des télécoms comprenant deux phases : la collecte et l'analyse des données.

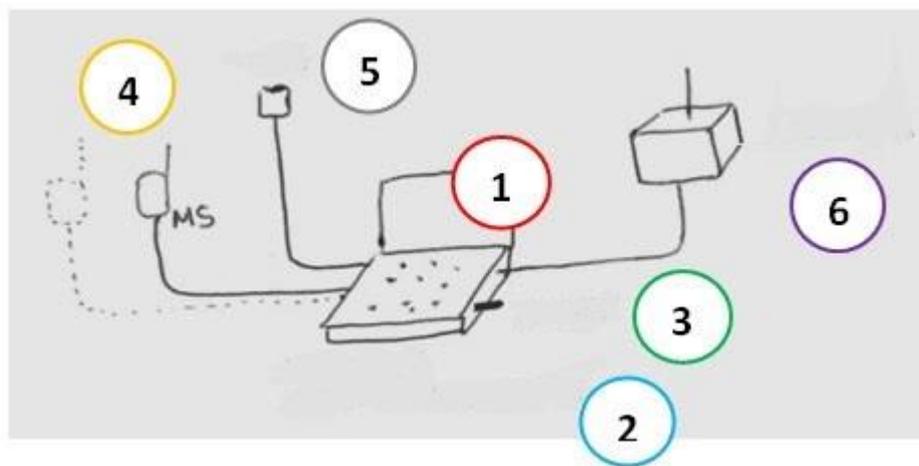


Figure 3.3 : schéma d'une Chaîne de mesure classique

Le matériel et les logiciels utilisés dans le test :

- Un ordinateur portable - ou un autre appareil similaire (1)
- avec le logiciel de collecte installé (2),
- une clé de sécurité - Dongle - commune à ces types de logiciels (3),
- au moins un téléphone portable (4),
- un GPS (5),
- et un scanner - en option (6).

Il est également courant d'utiliser des adaptateurs et / ou des concentrateurs qui permettent l'interconnexion correcte de tous les équipements.

Tout le long du trajet, la MS fait des mesures instantanées. Les données sont présentées en temps réel et seront stockées dans des fichiers.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

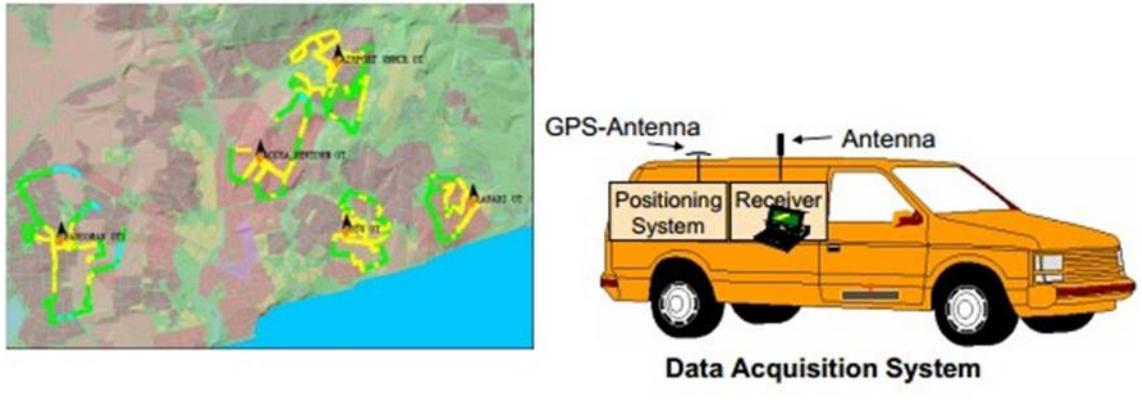


Figure 3.4 : Drive test

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.

7. Le contrôle des performances du réseau

Dans la phase de l'optimisation les ingénieurs 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. [15]

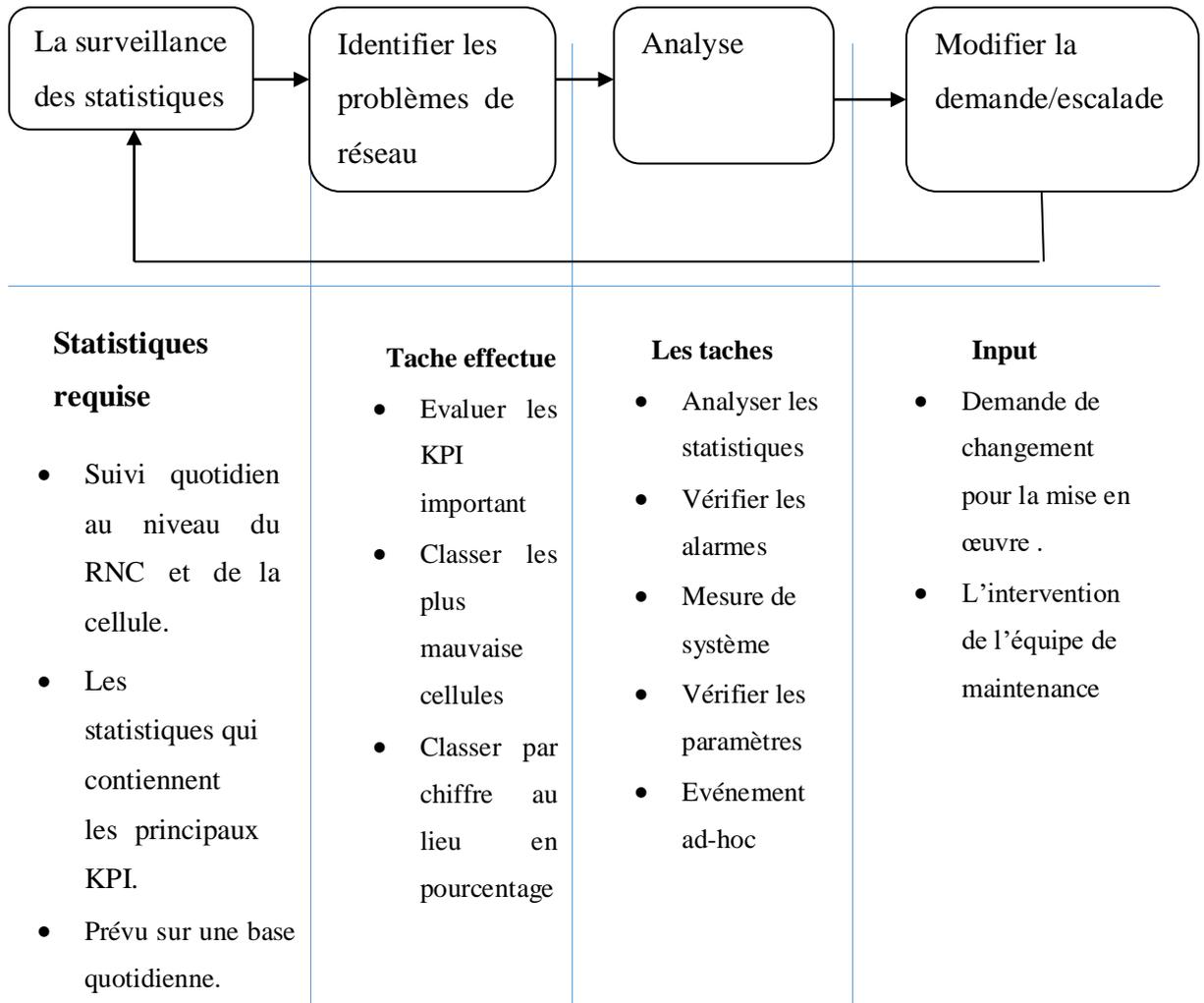


Tableau 3.2: Les différentes phases d'analyse du réseau mobile

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

a. L'analyse de l'accessibilité

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

<p>La disponibilité des cellules</p>	<p>L'analyse des statistiques</p>	<p>Les problèmes anormaux</p>	<p>Modifier la demande/escala</p>
<p>Les taches à vérifié</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vérifier la disponibilité De cellules. • Si ce n'est pas à 100% : demander l'assistance du RNC pour vérifier la raison de la faible disponibilité. 	<p>Statistiques avec des raisons</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manque de puissance de liaison descendante. • Manque de code. • Manque d'éléments Channel (CE). • Due à la capacité TN (IUB). 	<p>Les problèmes anormaux</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cellules dormantes. • Licence non activée. • Mesure de système <ul style="list-style-type: none"> ✓ Equipent utilisateur (UETR). ✓ UEH. 	<p>Input</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demande de changement pour la mise en œuvre. • L'intervention de l'équipe de maintenance (interne/client) pour un dépannage approfondi.

Tableau 3.3: Les différentes phases d'analyse de l'accessibilité

b. 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.

➤ **Problèmes anormaux**

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

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).

c. L'analyse de maintenabilité

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

La disponibilité des cellules	L'analyse des statistique	Les problèmes anormaux	Modifier la demande
<p>Les taches à vérifié</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vérifier la disponibilité des cellules. • Si ce n'est pas à 100% demander l'assistance du RNC pour vérifier la raison de la faible disponibilité. 	<p>Statistiques avec des raisons</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problème de voisinage. • La synchronisation de la liaison montante. 	<p>Les problèmes anormaux</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cluster basé sur la coupure d'appel. • Mesure de système/ UEH UETR 	<p>Input</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demander le changement pour la mise en œuvre. • L'intervention de L'équipe de maintenance (interne/client) pour un dépannage approfondi.

Tableau 3.4: Les différentes phases d'analyse de la maintenabilité

➤ **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...).

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

➤ **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.

➤ **L'analyse de la mobilité**

La mobilité liée aux coupures d'appels peut être attribuée 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 :

La disponibilité des cellules	L'analyse des statistiques	Vérification de la cohérence et de réglage	Modifier la demande/escalade
<p>Les tâches à vérifier</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vérifier la disponibilité de cellule. • Si ce n'est pas 100% : demander l'assistance du RNC pour vérifier la raison de la faible disponibilité. 	<p>Vérifier les compteurs par relation le retour à l'ancienne cellule due à l'échec dans le canal physique. Le retour à l'ancienne cellule n'est pas dû à l'échec dans le canal physique. Le retour à l'ancienne cellule due à l'UE.</p>	<p>Les tâches vérifiées</p> <ul style="list-style-type: none"> • les paramètres de la cellule. • Réglage des paramètres. 	<p>Input</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demande de changement pour la mise en œuvre. • L'intervention de L'équipe de maintenance pour un dépannage approfondi.

Tableau 3.5 : Les différentes phases d'analyse de l'IRAT Handover

Il est préférable pour le client (opérateur), de ce mettre 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.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

8. 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 d'un réseau d'accès WCDMA

1. Introduction

Avec la complexité des systèmes cellulaires, l'outil d'outillage Effectuer des simulations de dimensionnement et de planification très efficaces avant de déployer réellement le réseau a un problème. Dans ces plates-formes très complexes, le logiciel ATOLL nous fournit cette fonction Possibilité et gestion optimale des ressources radio, c'est L'énorme essor des nouvelles technologies sans fil. Dans cette partie, nous présentons en détail Utilisé avec ATOLL pour déployer les paramètres du réseau UMTS dans une zone donnée. dans Définir l'emplacement de la station de base avec les caractéristiques radio (telles que l'alimentation) La transmission, le gain d'antenne, l'azimut et la hauteur de l'antenne en tenant compte à la fois des critères de dimensionnement en terme de couverture d'un part et de capacité d'autre part.

Dans ce chapitre, on décrit les antennes utilisées en réseau UMTS, leurs caractéristiques et spécialement l'antenne Node B et sa configuration

Ensuite, nos recherches porteront sur l'analyse de certains modèles prédictifs, Particulièrement adapté aux zones urbaines densément peuplées sous la fréquence correspondante.

2. Installation du site radio (Node B)

2.1 Sélection du site

Critères de sélection d'un site :

- La hauteur de l'antenne est supérieure à 20 m.
- L'antenne est d'au moins 5 m plus grand que l'obstacle le plus proche.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

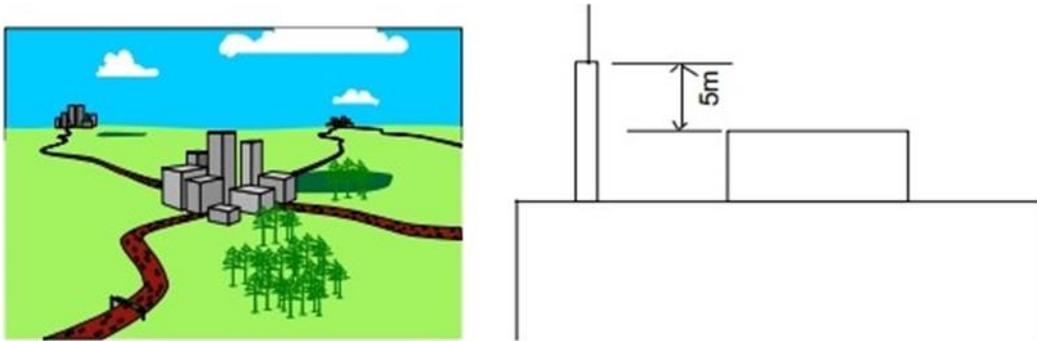


Figure 4.1 : Sélection du site

Si l'antenne est à 5 m ou plus au-dessus de l'obstacle le plus proche, les données seront héritage, défini selon la première zone de Fresnel. Cette condition est Conformez-vous entièrement aux exigences WCDMA.

L '«obstacle» se réfère ici au bâtiment le plus haut par rapport au toit de l'antenne. Le bâtiment portant le site doit être plus haut que la hauteur moyenne des bâtiments environnants.

2.2 Teste de la plate-forme

Une fois la plate-forme de test configurée, allumez la source du signal pour transmettre le signal RF et commencez le test du lecteur. Pour effectuer le test, il est nécessaire de sélectionner un site approprié pour transmettre le signal RF. Dans le cas de la gestion des données du test, il faut prendre connaissance de l'EIRP du test Node B et enregistrer les données de gain de signal attribuables à chaque partie, y compris la puissance de transmission de la source de signal, la perte de câble RF, le gain d'antenne d'émission et le gain de réception.

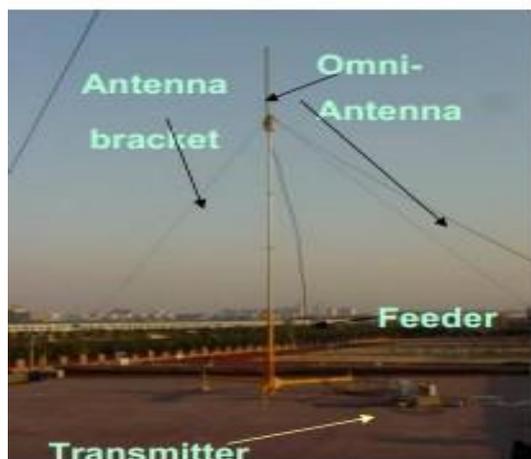


Figure 4.2 : Teste de plate-forme
Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

2.3 Chemin de test

Règles de choix du parcours d'essai :

Terrain : tous les terrains doivent être pris en compte dans le parcours d'essai La zone principale de la région.

Hauteur : Si le terrain est très accidenté, le parcours d'essai doit tenir compte de la forme de Reliefs de différentes hauteurs dans la région.

Distance : L'itinéraire de test doit considérer l'emplacement différent de la surface testée.

Sens : Le point de test sur le chemin de longueur doit être avec Chemin de largeur.

Longueur : La longueur totale de la distance dans le test d'onde continue doit être supérieure à 60 km.

Les points de test : plus il y a de points de test, mieux c'est (> 10 000 points,> 4 heures au moins)

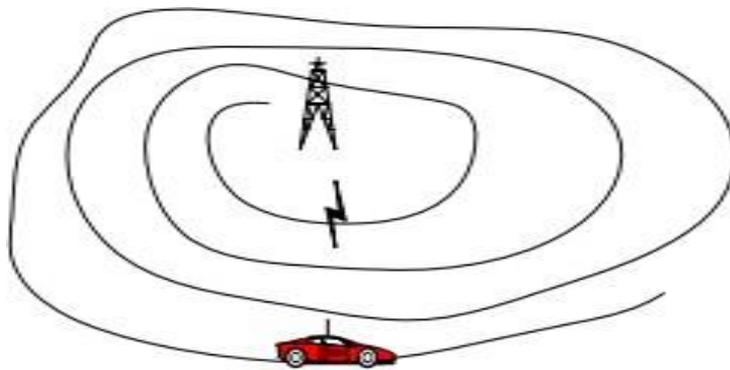


Figure 4.3: Chemin de test

3. Les antennes pour node B

L'antenne Node B est l'équipement responsable à couvrir une cellule et par définition c'est l'élément responsable de convertir l'énergie électrique d'un signal en énergie électromagnétique transportée par une onde électromagnétique.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS



Figure 4.4 : Antenne Node B

Pour mieux comprendre l'architecture d'une antenne Node B on a prie comme exemple l'antenne Ultra site BTS :

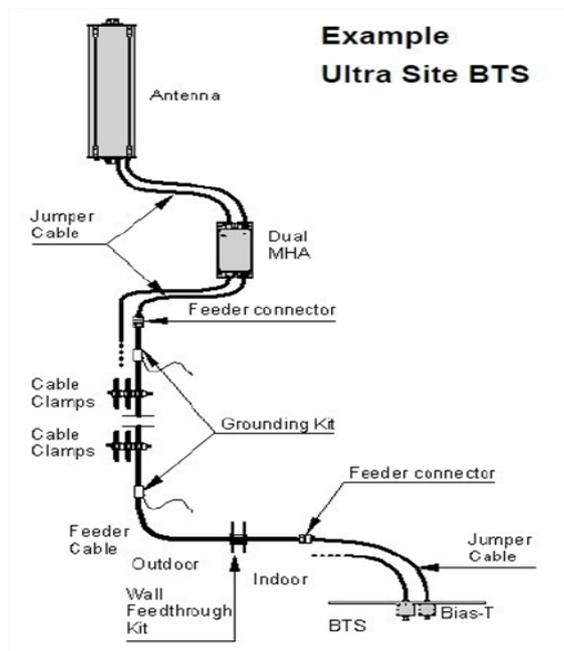


Figure 4.5 : Antenne avec Ultra site BTS

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

Chapitre VI :Planification d'un réseau d'accès WCDMA

Elle est constituée par :

- Antennes sectorielles : responsable pour couvrir certaine zone.
- Câblage : feeder câble, jumper cable avec ces connecteurs.
- Un amplificateur de signal doublé : dual MHA (masthead amplifier).
- Eléments de protection : Bias-T, mise à la terre (grounding kits)

Et peut contenir aussi :

- Diplexers : cet équipement permet à l'antenne de supporter une bande de fréquence de GSM et l'autre bande pour la WCDMA
- Triplexers : il permet à l'antenne de supporter 3 bandes de fréquences (GSM 900, GSM 1800 et WCDMA).

3.1 Types d'antennes

On peut distinguer entre les antennes Node B à l'aide des paramètres suivants :

Faisceau de couverture d'une antenne :

Il existe deux types d'antennes :

- Antennes omnidirectionnelles : couvre une zone de 360°.
- Antennes sectorielles : couvre une zone de 33° ,65° ou 88° pour 6 ou 3 secteurs.

Le tilt électrique

C'est un système de fixation utilisé pour contrôler la position d'antenne dans la bonne position par rapport l'axe verticale il existe de type de tilt électrique :

- Tilt fixé.
- Tilt ajustable à distance (remote control).

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

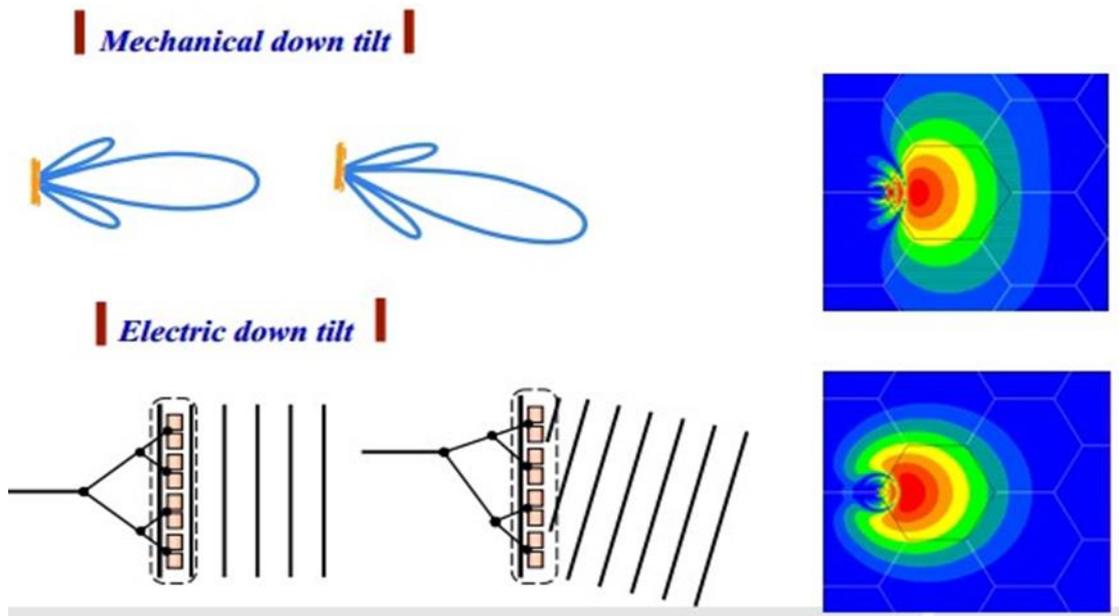


Figure 4.6 : Tilt électrique et Tilt Mécanique

4. Définition de l'logiciel Atoll

Atoll est un logiciel de dimensionnement et de planification des réseaux cellulaires qui peut être utilisé sur tout le cycle de vie des réseaux (GSM, GPRS, EDGE, UMTS, HSDPA, HSUPA, WiMAX) : du design à l'expansion et l'optimisation.

Le logiciel exploite différentes données en entrée :

- des données géographiques : modèle numérique 16 bits ISTAR (ist, tiff, bil, dis)
- un sursol : par le biais d'un fichier image 8 bits (ist, planet, tiff, bil)
- des données vectorielles représentant les infrastructures (dxf, planet)
- des données images issues de cartes civiles 2D : format raster (tiff, bil, ist, planet)
- des données de trafic : par le biais d'un fichier image 8 bits (bil, ist, tiff, bmp)

5. Planification de la région d'ORAN

La première étape consiste à créer un nouveau projet, on clique sur <<nouveau projet>> un tableau de liste des réseaux existés s'affiche, pour notre cas on choisit <<UMTS/HSPA>> comme le montre la figure suivante :

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

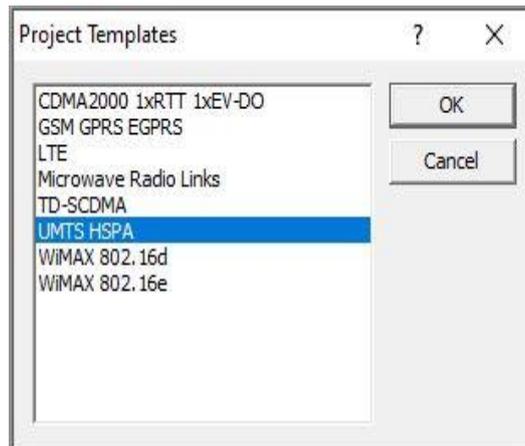


Figure 4.7 : Création d'un nouveau projet UMTS

Pour pouvoir travailler sur une carte réelle, l'utilisateur doit importer les données géographiques du terrain à planifier (clutter class, height class, etc.). 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.

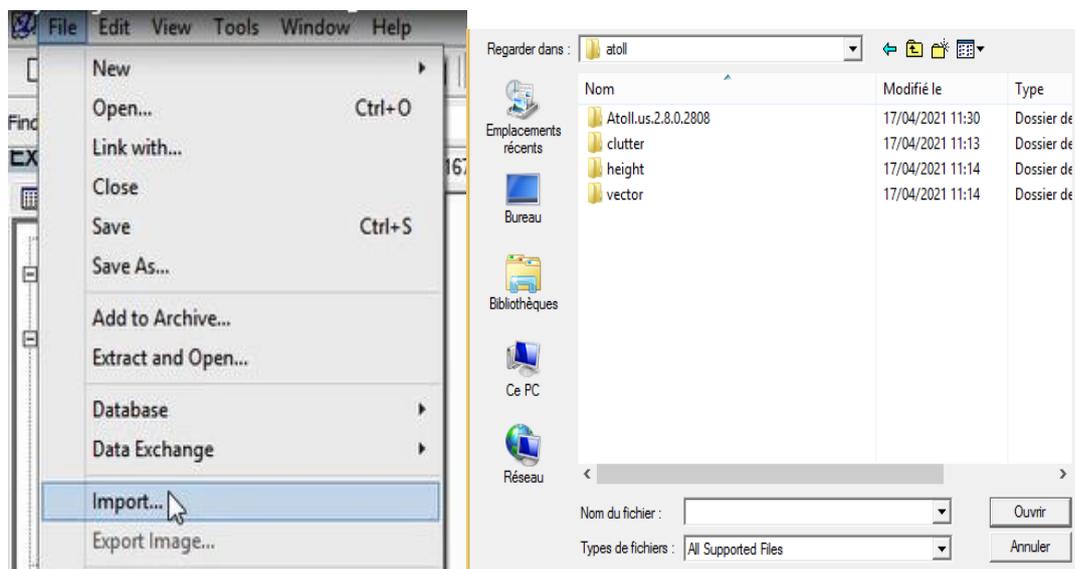


Figure 4.8: Importation de la carte

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

Chapitre VI :Planification d'un réseau d'accès WCDMA

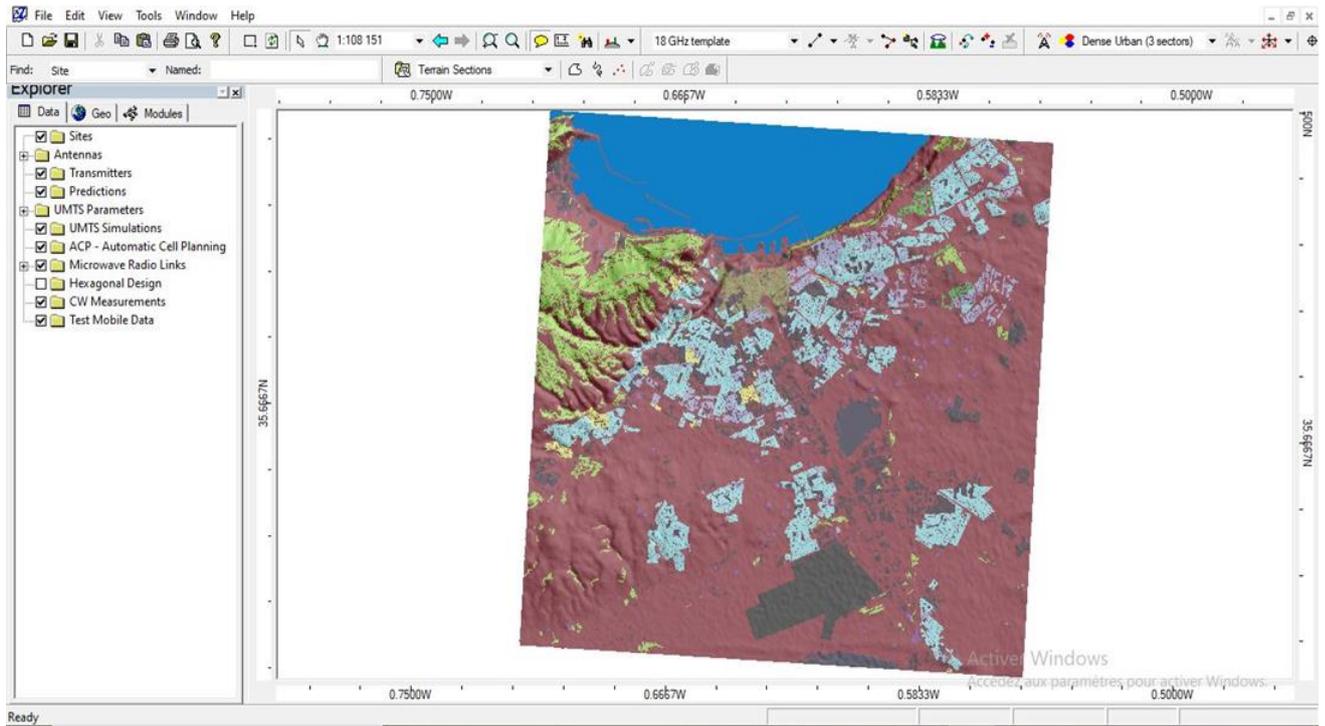


Figure 4.9 : Carte d'ORAN importée

Les données d'entrée :

Importation des données d'entrée :

- 1/ Model de propagation : pour prédire la valeur moyenne de perte.
- 2/ les antennes : c'est les types d'antennes utilisées.
- 3/Tilt : c'est l'inclinaison de chaque secteur.
- 4/Feeders : pour avoir le type des câbles utilisés et leurs pertes.
- 5/ sites : entrer les données de chaque sites.
- 6/Celles : entrer les données de chaque cellules.
- 7/Noise figure : sont des paramètres liés au bruit
- 8/Azumith : c'est l'orientation des secteurs.

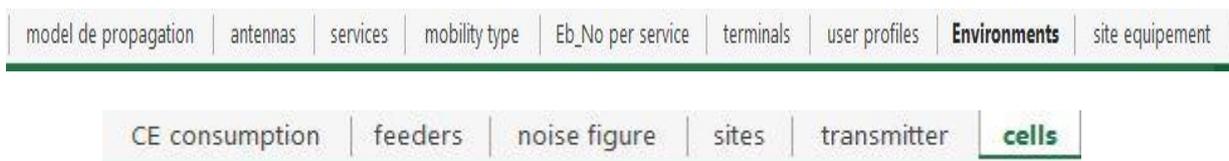


Figure 4.10: Input data for Atoll

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

5.1 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. 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.

Standard propagation model							
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Kclutter
DenseUrban	4,9	41,65	16,83	0,1	-3,27	0	3
Urban	13,46	49,19	0,15	5,83	-6,55	0	3
SubUrban	-5,4	49,43	5,83	0	-6,55	0	3

Figure 4.11 :Les facteurs K

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).

Chapitre VI :Planification d'un réseau d'accès WCDMA

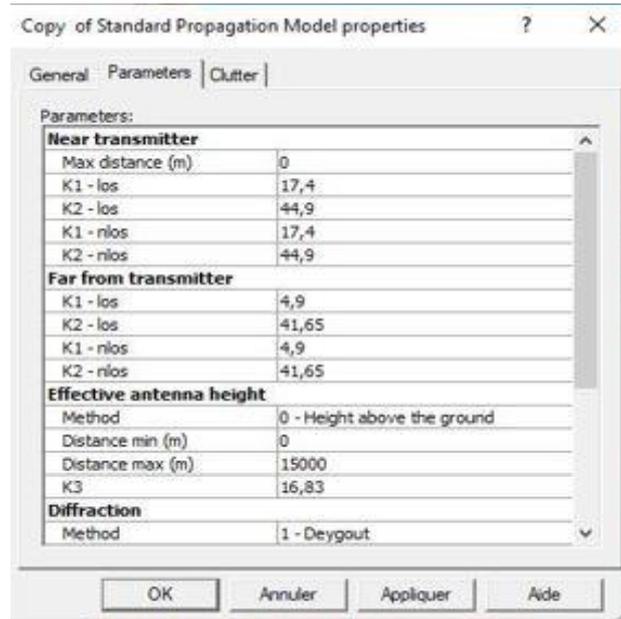


Figure 4.12: Facteur de calibrage d'un modèle de propagation

5.2 Distribution des sites :

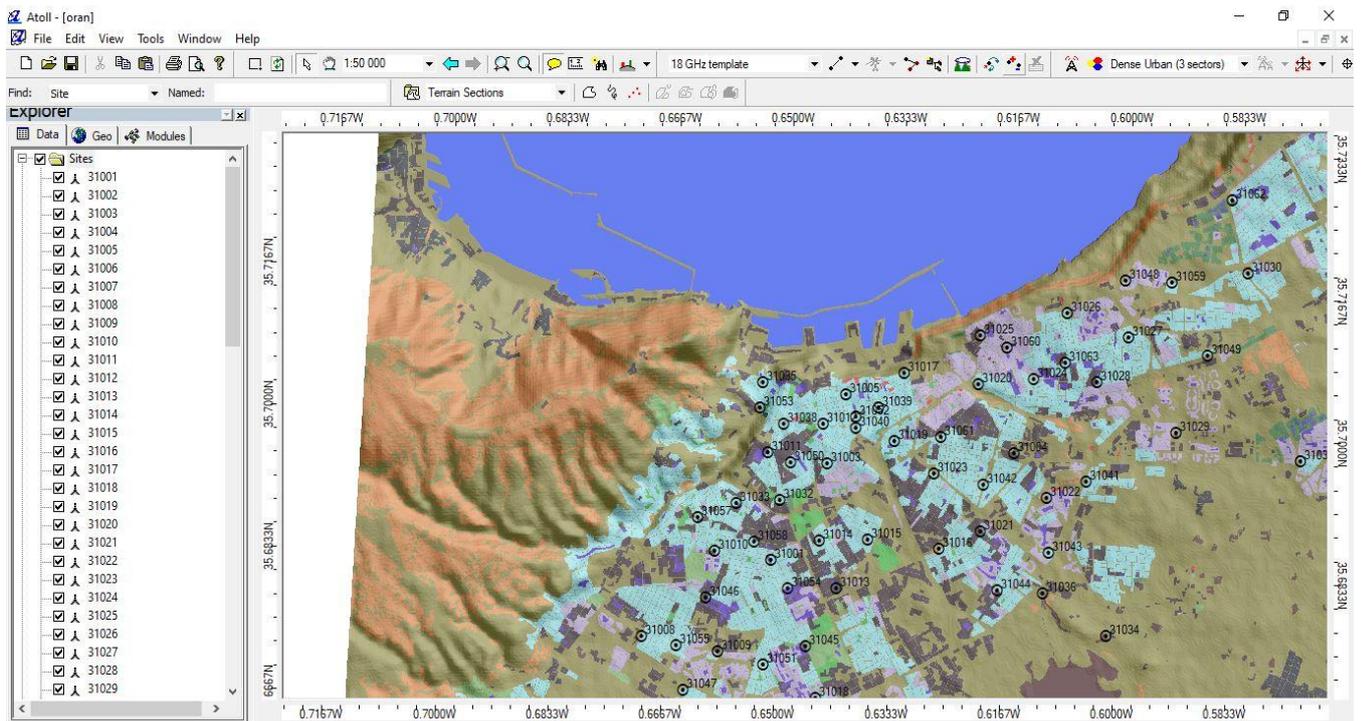


Figure 4.13: Les sites donnés par logiciel Atoll

On prendra la distribution réelle des sites de l'opérateur MOBILIS sur la région d'Oran la majorité des sites sont positionné au niveau des zones urbaines.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS



Figure 4.14: Distribution des sites sur Oran

5.3 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.

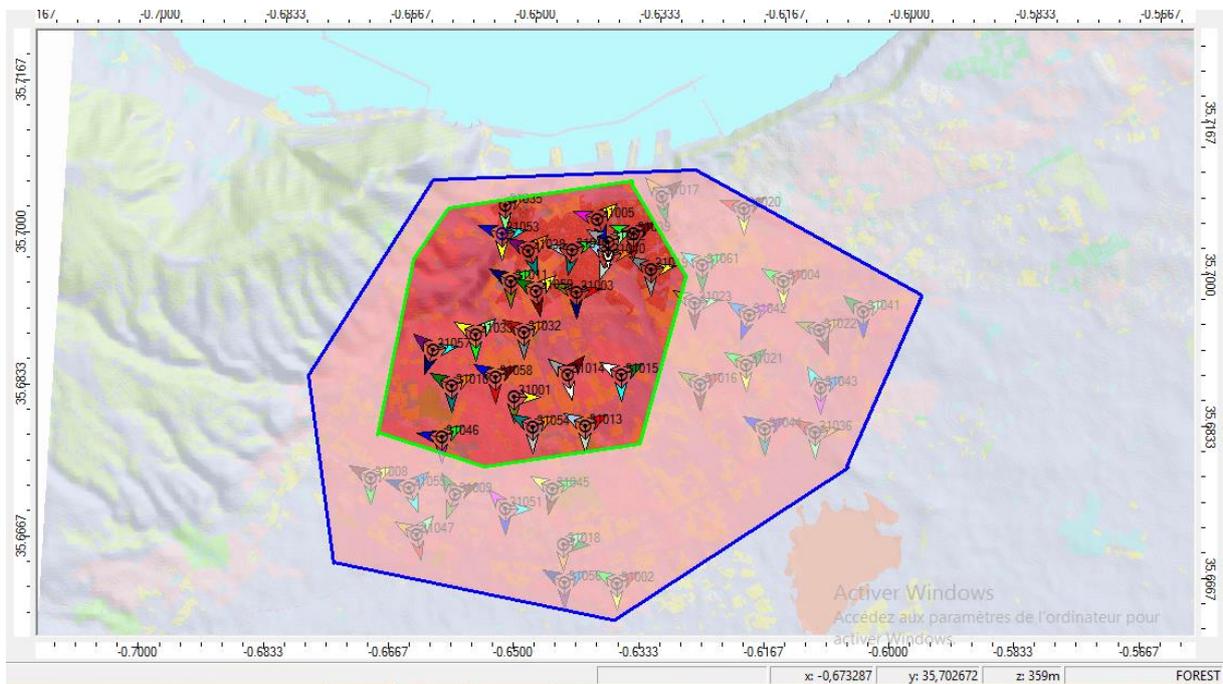


Figure 4.15: Zone de calcul

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

5.4 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

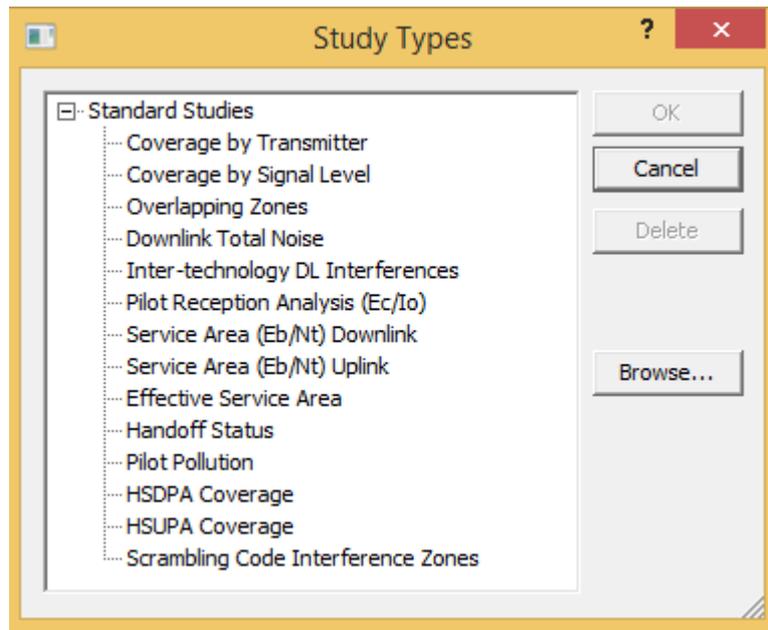


Figure4.16: Les différentes prédictions

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 :

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

Chapitre VI :Planification d'un réseau d'accès WCDMA

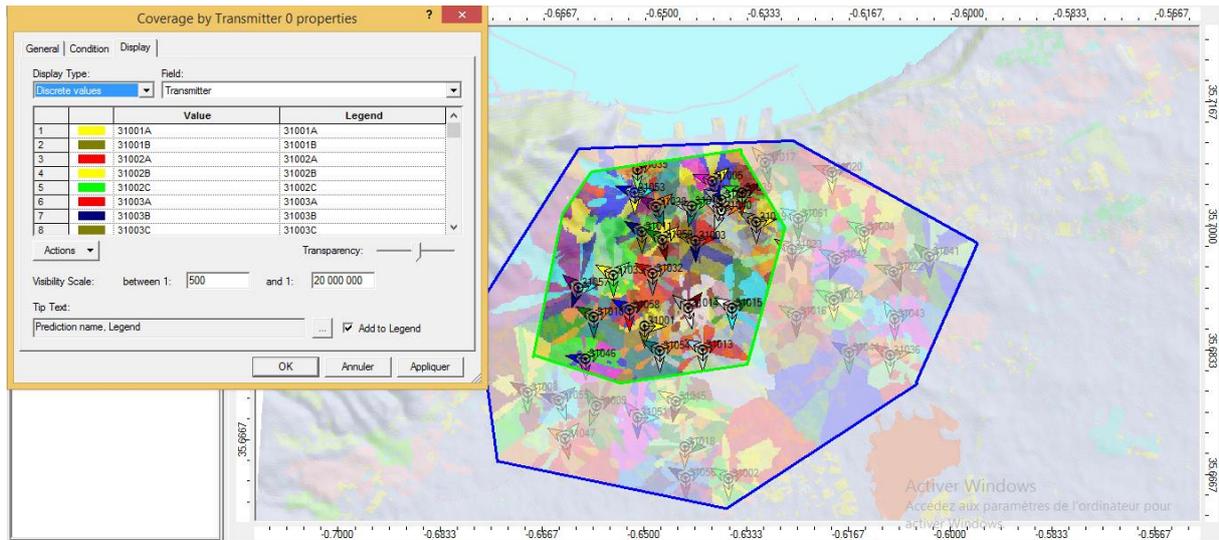


Figure 4.17: Simulation de la couverture par émetteur

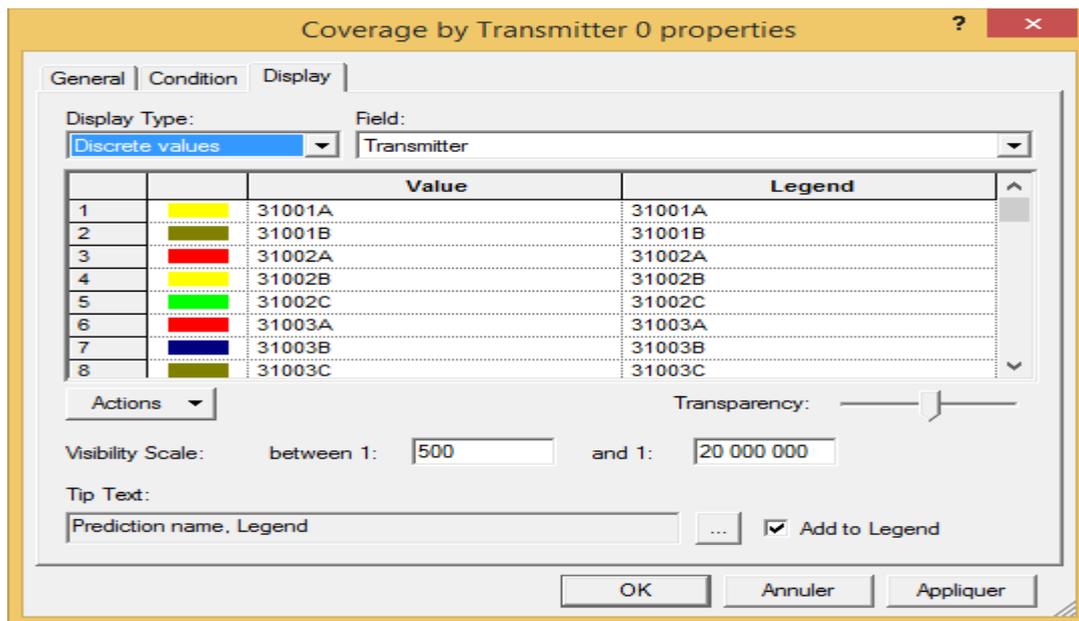


Figure 4.18: Propriétés des secteurs

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.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

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.

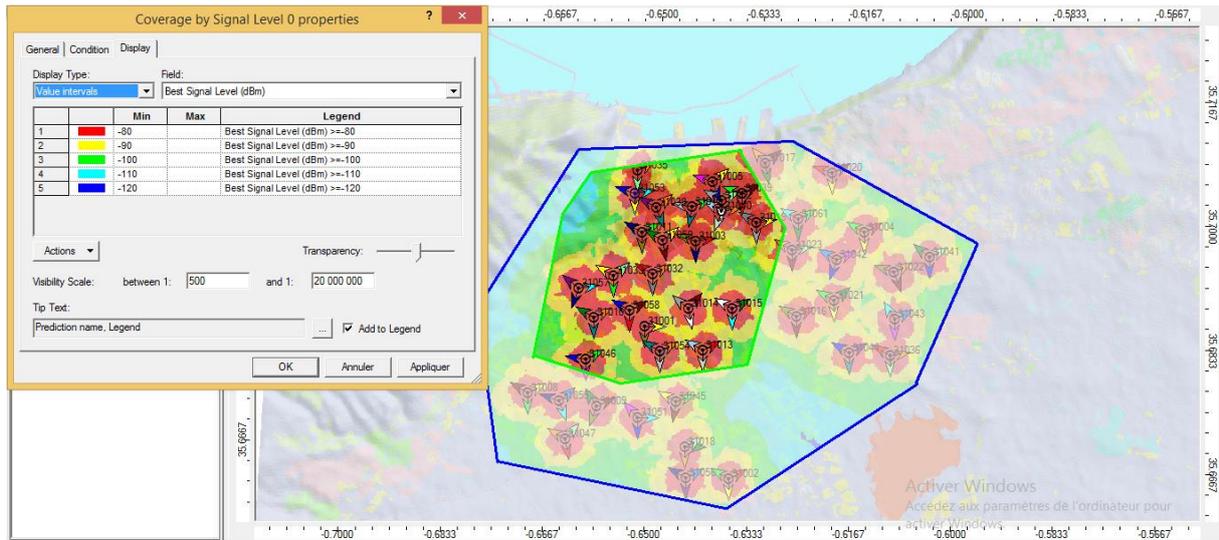


Figure 4.19: Simulation de la couverture (coverage by signal level (DL))

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

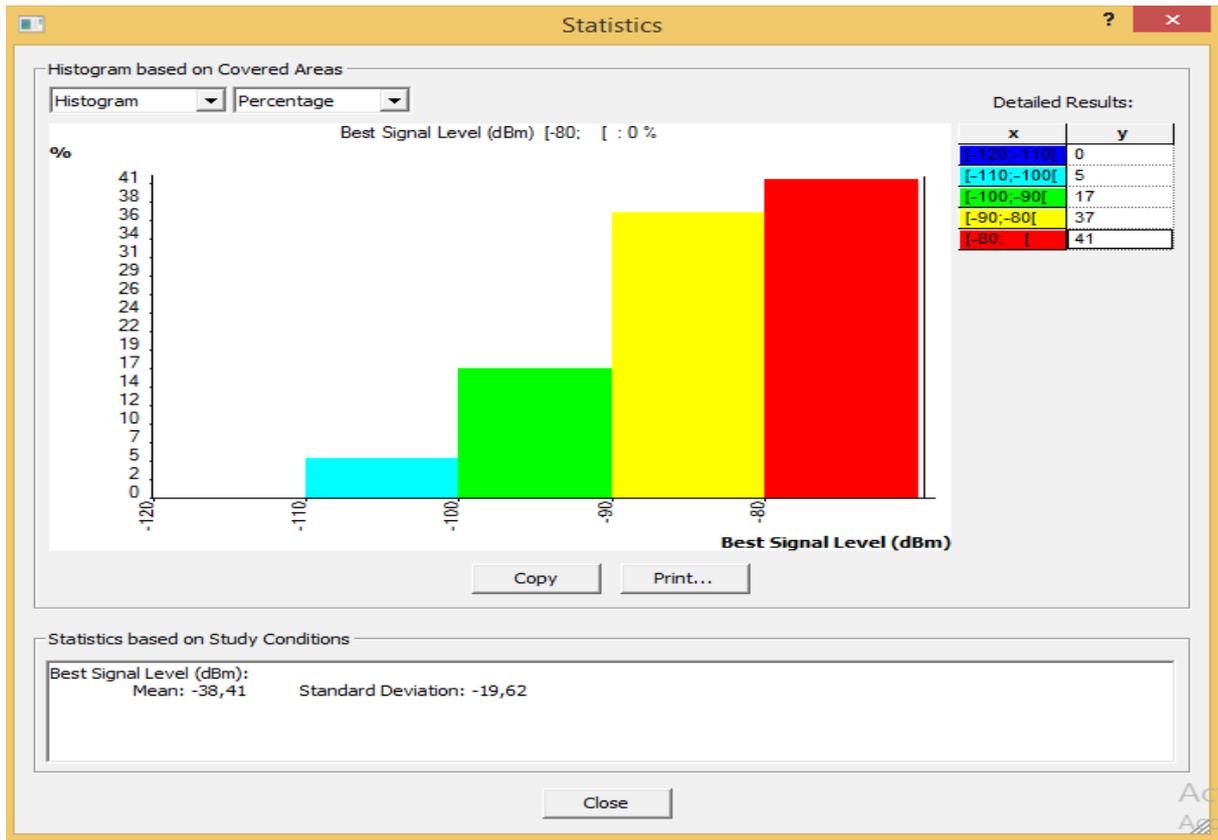


Figure 4.20: Histogramme de couverture par niveau de champ

On voit bien que le pourcentage du signal est limité entre (-50 dbm et -110dbm) et au-dessous de - 50dbm, le signal est 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 être couvert en ajoutant des sites, bien sûr en modifiant le gain des antennes.

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.

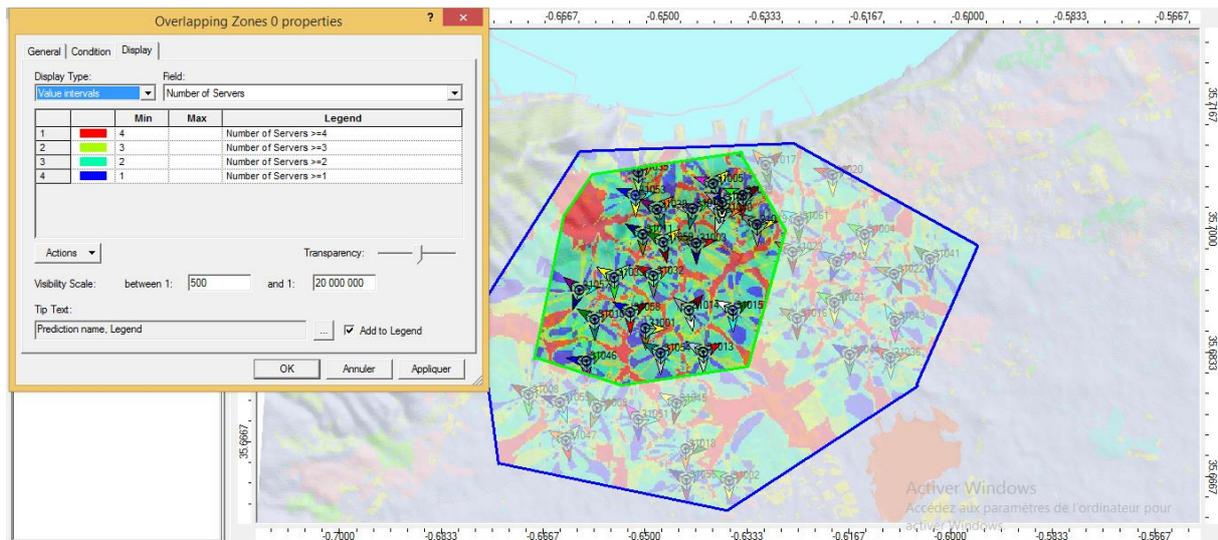


Figure 4.21: Prédiction des zones de chevauchements

- 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.

5.5 Distribution des abonnés

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

Chapitre VI : Planification d'un réseau d'accès WCDMA

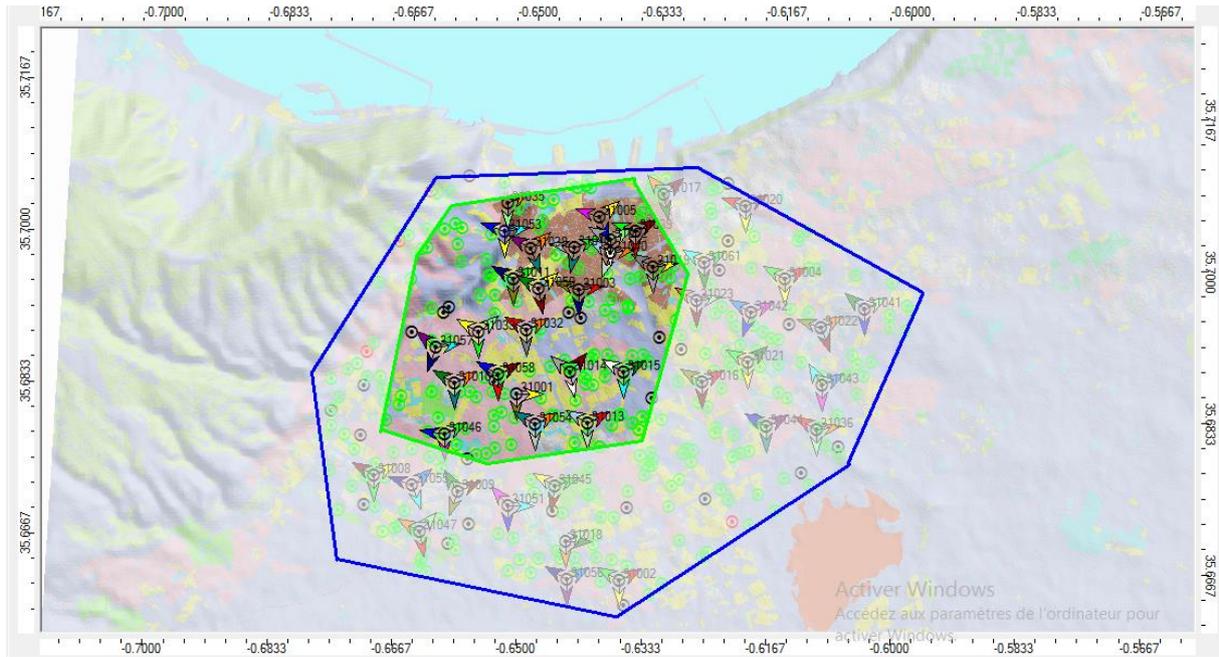


Figure 4.22 : Distribution des abonnés

Certains UE ou terminaux sont distribués en fonction d'une certaine règle (par exemple, une distribution aléatoire égale) à chaque "instant". Il est nécessaire d'envisager la possibilité d'une transmission maximale de la voie de trafic (liaison montante ou descendante) multiples, des canaux indisponibles, une faible émission E_c / N_0 et des interférences de liaison montante / descendante

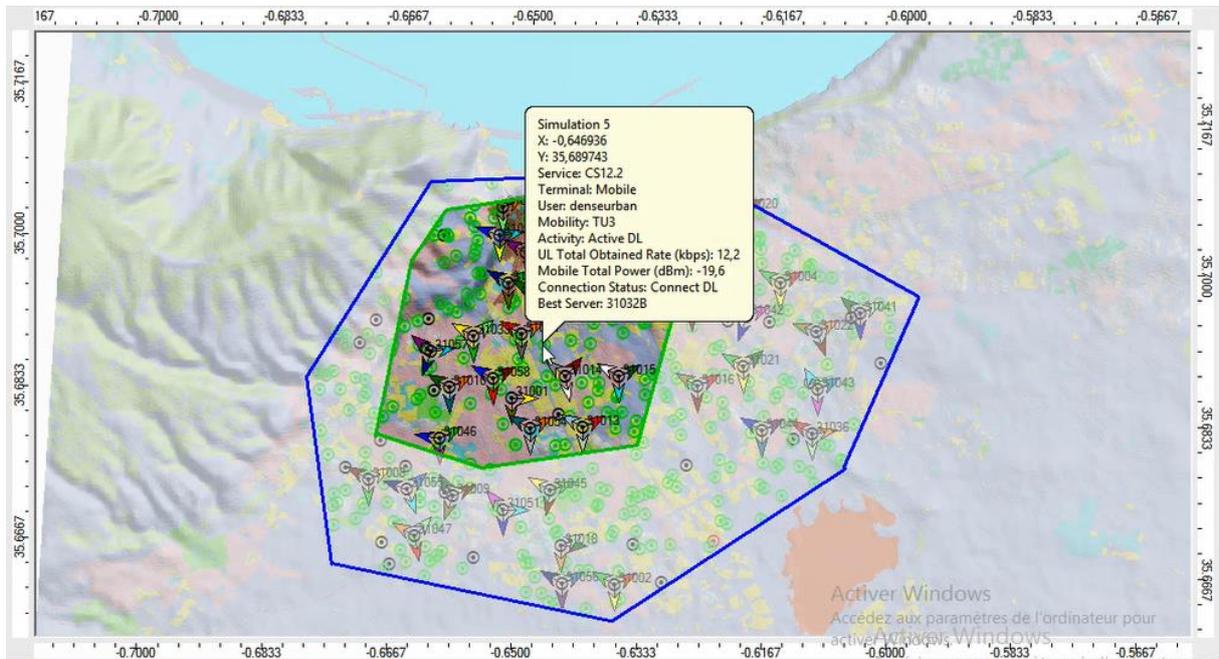


Figure 4.23: L'état d'un abonné

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

Cette figure montre diverses informations relatives à l'abonné.

6. 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'UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), est la technologie de téléphonie mobile de troisième génération succédant au GSM en Europe. Ce nouveau système d'Internet mobile représente une vraie révolution par rapport à ses prédécesseurs en assurant une bande de fréquences plus large pour transmettre plus de données et atteindre des débits plus importants, tout en réduisant les problèmes de saturation et permettant un roaming international. L'UMTS est vu comme la convergence des communications mobiles, fixes et Internet. Des services plus rapides et plus sophistiqués, des hauts débits, un accès aux services tels que la visio-téléphonie, vidéo conférence et même la téléconférence sont les points forts de cette génération de téléphonie mobile.

L'objectif de notre projet a été d'optimiser l'emplacement des stations de base de la norme UMTS. Pour ce faire, nous avons commencé par faire une description générale de la norme UMTS en détaillant l'interface radio. Ensuite, nous avons abordé l'étude des méthodologies de planification WCDMA, en présentant les différentes phases du processus de planification et quelques modèles de prédiction. Cette étude a été suivie par la définition du modèle de propagation le plus approprié à notre travail. Lors de l'étude de ces deux dernières sections, nous avons pu mettre en évidence l'interdépendance entre la couverture, le type de service demandé et la capacité du système WCDMA.

Le troisième chapitre a été consacré à l'optimisation radio. Dans une première étape, nous avons défini le processus d'optimisation. Dans une deuxième étape, nous avons analysé les statistiques des clés de performance pour sélectionner les zones à problèmes et initié des itinéraires de test (Drive Tests) pour mieux comprendre les causes de ces problèmes. Ensuite, une analyse complète du KPI et des résultats du test peut lister une série d'actions à entreprendre.

Enfin, on a réalisé une étude complète de la planification radio et comment déployer un réseau UMTS dans une zone avec un logiciel de planification Atoll. On a pris le cas de la wilaya (Oran) en précisant les données d'entrée, les résultats obtenues par la simulation afin d'obtenir une couverture 90% proche du cas réel.

Optimisation de l'emplacement des stations de base du réseau UMTS

Conclusion Générale

Ce projet nous a donc permis de mettre en pratique nos connaissances acquises lors de cette formation de Master Télécommunication et Réseaux, ce projet fait partie d'un travail d'un Master2 Telecom chez les opérateurs téléphonique, nous avons essayé de comprendre le fonctionnement de logiciel Atoll qui est utilisé chez notre organisme d'accueil Mobilis.

Bibliographie

- [1] <https://routeur-5g.fr/guide-dachat/comparatif-entre-3g-4g-et-5g/>. [En ligne]. [Accès le 13 03 2021].
- [2] O. N. e. S. Sara, «Etude et optimisation des paramètres de base d'un réseau LTE d'ATM,» Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou , 2017/2018.
- [3] <http://www.efort.com>. [En ligne].
- [4] K. M. H. Abdelhalim, «Analyse Et Dimensionnement De La Couverture Dans Le Réseau UMTS,» 2017.
- [5] H. H. a. A. Toskala, «WCDMA for UMTS : Radio Access for Third Generation Mobile Communications,» New York, NY, USA, 2004.
- [6] R. E. a. M. Nakagawa, «TDD-CDMA for Wireless Communications,» Nor- wood, MA, USA, 2003.
- [7] Y. Mouhemmed, «Etude des méthodes d'accès dans les réseaux mobiles,» université du BETNA.
- [8] B. BEKKAR, «Contrôle de puissance dans les systèmes de télécommunications mobiles».
- [9] B. B. e. D. Youcef, «ETUDE DE DIMENSIONNEMENT ET PLANIFICATION D'UN RESEAU WCDMA 3G D'ACCES,» 2012/2013.
- [10] <https://fr.scribd.com/document/51697895/Abdallah-MDEDA>. [En ligne].
- [11] https://www.memoireonline.com/11/13/8093/m_Gestion-des-instabilites-de-linterface-Iub-cas-dorange-Senegal5.html. [En ligne].
- [12] O. HASNAOUI, Université djilali LIABES, 2006.

- [13] https://www.rohde-schwarz.com/ch-fr/de-detection-superieures/test-and-measurement/mobile-network-testing/network-optimization/optimisation-du-reseau_231990.html. [En ligne].
- [14] P. G. e. S. T. Xavier LAGRANGE, «Réseaux GSM-DC,» 4ème édition, Paris, 1999.
- [15] WCDMA RAN W13 Performance Management and Optimization, 2013.