

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane Mira –BEJAIA



Département

Automatique, Télécommunication et Electronique

MÉMOIRE



De fin d'étude pour l'obtention du diplôme de MASTER

Filière

Génie Electrique

Option

Télécommunication

Thème

Optimisation de la migration du réseau

GSM vers le réseau UMTS

Présenté par :

Mr OUCHIHA Youcef

Encadré par :

**Mme MEZHOUD Naima
Mme BOUZERA Naima**

Soutenu devant le jury :

Mr AZNI Mohamed

Président

Mr TOUNSI Mohamed

Examineur

Année universitaire : 2014/2015

Remerciements

Il est rare qu'un travail soit le fruit d'une seule personne ; celui-ci ne fait pas partie des exceptions, aussi qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde reconnaissance et mes sincères remerciements à :

Ma promotrice Mme MEZHOUD N.d'avoir accepté de m'orienter et de me conseiller durant la conception et la rédaction de ce mémoire.

Monsieur OULEBSIR Mouhand Tayeb (Senior Manager) à la direction Opération et Maintenance de *Djezzy* à Dely Brahim, M^r GRIBI M'hamed et son manager M^r EKBAL qui m'ont encadré et dirigé durant mon stage à la direction centrale de *Djezzy* à Dar El Beida, je les remercie également pour leur disponibilité et leur attention à mon égard.

J'adresse mes sincères remerciements à Mr AZNI et Mr TOUNSI pour l'intérêt porté à ce travail en tant que membres du jury de la soutenance.

Je souhaite également remercier tout le personnel de *Djezzy Telecom* et tout le corps professionnel du département radio et l'équipe opération maintenance qui ont mis à ma disposition toutes les ressources nécessaires pour le bon déroulement de ce travail et qui n'ont pas hésité un instant à m'orienter avec leurs précieuses directives et leurs judicieux conseils.

Mes remerciements vont aussi vers tous les enseignants et les intervenants du master Télécommunication de l'université Abderrahmane MIRA pour l'ensemble de leurs enseignements.

Enfin, je remercie toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et au déroulement de mon parcours universitaire dans les meilleures conditions.

Merci

Dédicaces

A mes très chers parents,

Qui ont consenti tant de sacrifices pour que je puisse achever mon parcours en beauté.

Que ce mémoire, fruit de longues années de travail, d'efforts et de patience, vous soit un faible témoignage de mon profond amour, de ma très grande affection et de ma gratitude.

A ma très chère sœur qui a toujours été présente quand j'ai eu besoin d'elle.

Trouve dans ce travail l'expression d'une fraternité sincère et d'un amour profond.

A toute ma famille et à tous mes amis.

A tous ceux dont l'oubli du nom n'est pas celui du cœur.

Youcef

Table des matières

Listes des figures

Listes des tableaux

Listes des acronymes

Introduction générale 1

Chapitre 1 : Généralités sur les réseaux cellulaires et leur évolution..... 2

1.1 Introduction 3

1.2 Les réseaux cellulaires 3

1.2.1 Concept cellulaire..... 3

1.2.2 Classification des cellules : 4

1.3 Évolution des réseaux cellulaires 4

1.3.1 Anciennes générations des réseaux mobiles 5

1.3.1.1 La première génération (1G)..... 5

1.3.1.2 La deuxième génération 2G (GSM)..... 5

1.3.1.3 Evolution vers l’GPRS 6

1.3.1.4 Evolution vers l’EDGE 6

1.3.1.5 Scénario de l’évolution du réseau GSM vers le réseau UMTS..... 6

1.3.2 Nouvelle générations des réseaux mobiles..... 7

1.4 Présentation du système UMTS 7

1.4.1 Les objectifs de l’UMTS..... 7

1.4.2 Classes des services de l’UMTS 8

1.4.3 Couverture globale de l’UMTS 9

1.4.4 L’organisation fréquentielle et temporelle 10

1.4.4.1 Organisation fréquentielle 10

1.4.4.2 Organisation temporelle 10

1.5 Architecture du réseau UMTS	11
1.5.1 L'équipement utilisateur (UE)	12
1.5.1.1 L'équipement mobile (ME).....	13
1.5.1.2 Le module d'identité « Universel » de l'abonné (USIM)	13
1.5.2 Le réseau d'accès radio UTRAN	13
1.5.2.1 Le NodeB (Station de Base).....	14
1.5.2.2 Le RNC	15
1.5.3 Le réseau cœur CN.....	16
1.5.3.1 Le domaine CS	17
1.5.3.2 Le domaine PS	17
1.5.3.3 Le groupe des éléments communs	18
1.5.4 Les interfaces.....	18
1.6 Interface radio UMTS.....	19
1.6.1 Méthodes de multiplexage	19
1.6.1.1 Le multiplexage TDD.....	20
1.6.1.2 Le multiplexage FDD	20
1.6.2 La technique d'accès multiple WCDMA	21
1.6.3 Les codes utilisés dans l'UMTS	22
1.6.3.1 Code de canalisation (Codes d'étalement)	22
1.6.3.2 Code d'embrouillage (Codes de désétalement)	23
1.7 Le concept de la mobilité en UMTS.....	24
1.7.1 Softer Handover	24
1.7.2 Soft Handover	25
1.7.3 Hard Handover	25
1.8 Contrôle de puissance de l'UMTS	26
1.8.1 Contrôle de puissance en boucle ouverte	26
1.8.2 Contrôle de puissance en boucle fermée	26
1.9 Evolution de l'UMTS (HSPA).....	27
1.9.1 HSDPA.....	27
1.9.2 HSUPA.....	27
1.10 Conclusion.....	28

Chapitre 2 : Dimensionnement du réseau UMTS.....29

2.1 Introduction	30
2.2 Etude de dimensionnement	30
2.3 Dimensionnement de la couverture	30
2.3.1 Bilan de liaison.....	31
2.3.1.1 Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente	32
2.3.1.2 La sensibilité du récepteur.....	33
2.3.1.3 Gain de l'antenne GA.....	35
2.3.1.4 Evanouissement.....	36
2.3.2 Modèle de propagation.....	39
2.3.3 Estimation du rayon de la cellule	40
2.3.4 Estimation du nombre de NodeB	41
2.4 Dimensionnement de la capacité	43
2.5 Conclusion	44

Chapitre 3 : Planification et optimisation du réseau UMTS.....45

3.1 Introduction	46
3.2 Organisation de la procédure du dimensionnement	46
3.2.1 Description d'Atoll.....	47
3.2.2 Etude d'un cas général	47
3.2.3 Test d'application	47
3.3 Création d'un projet	47
3.4 Définition de la zone de service (service area)	48
3.4.1 Calibration d'un modèle de propagation sur Atoll.....	49
3.4.2 Classification du cluster	50
3.4.3 Installation des sites	51
3.5 Prédiction de la couverture	52
3.5.1 Déploiement de la 3G sur les sites 2G (cas réel de Djezzy).....	52
3.5.2 Résultats de prédiction	53
3.5.2.1 Prédiction par Niveau de signal (RSCP).....	54
3.5.2.2 Prédiction de Qualité Ec/Io	54

3.5.2.3 Prédiction de Zone de recouvrement (overlapping zone)	55
3.5.2.4 Prédiction de débit fourni en DL (HSDPA Throughput).....	55
3.5.2.5 Prédiction de débit fournie en UL (HSUPA Throughput)	56
3.6 L'optimisation du réseau l'UMTS	56
3.6.1 Optimisation par l'ajout des sites	56
3.6.2 Optimisation automatique des cellules (ACP)	57
3.7 Résultat d'Optimisation des sites UMTS	58
3.7.1 Optimisation de niveau de signal RSCP	59
3.7.2 Optimisation de la Qualité Ec/Io	60
3.7.3 Optimisation de la Zone de recouvrement	61
3.7.4 Optimisation de débit fourni en DL (HSDPA Throughput).....	62
3.7.5 Optimisation du débit fourni en UL (HSUPA Throughput)	63
3.8 Dimensionnement de la capacité	64
3.8.1 Description de la simulation.....	64
3.8.2 Résultats de la simulatio.....	65
3.9 Conclusion.....	67
<i>Conclusion générale</i>	68
<i>Bibliographie</i>	70
<i>Annexe</i>	

Liste des figures

Figure 1.1 : La couverture cellulaire	4
Figure 1.2 : Les types des cellules.....	4
Figure 1.3 : Diagramme d'évolution des réseaux mobiles.....	6
Figure 1.4 : Les classes de service UMTS	9
Figure 1.5 : Hiérarchie des cellules de l'UMTS.....	9
Figure 1.6 : Utilisation de la Bande de Fréquences pour l'UMTS.....	10
Figure 1.7 Structure de la trame de l'UMTS.....	10
Figure 1.8 : Architecture du réseau UMTS	11
Figure 1.9 : Architecture de l'équipement utilisateur	12
Figure 1.10 : Architecture du réseau d'accès(UTRAN).....	13
Figure 1.11: Les types de NodeB	14
Figure 1.12 : rôle du SRNC et du DRNC.....	15
Figure 1.13 : Architecture détaillée du réseau cœur de l'UMTS	16
Figure 1.14 : Principe du CDMA	19
Figure 1.15 : Le multiplexage TDD	20
Figure 1.16 : Le multiplexage FDD	20
Figure 1.17 : Arbre des codes OVSF	21
Figure 1.18 : Utilisation des codes OSVF.....	22
Figure 1.19 : Le mécanisme d'embrouillage.....	23
Figure 1.20 : Softer Hand-Over.....	23
Figure 1.21 : Exemple de soft handover	24
Figure 1.22 : Exemple de hard handover.....	25
Figure 2.1 : Organigramme de dimensionnement de la couverture	29
Figure 2.2 : Les paramètres du bilan de liaison.....	30
Figure 2.3 : Connexion du système d'alimentation.....	30
Figure 2.4 : Phénomène de multi-trajet.....	34
Figure 2.5 : Démonstration des types de fading dans un signal reçu	35
Figure 2.6 : Evaluation de l'affaiblissement de parcours.....	37
Figure 2.7 : Différents types de cellules.....	38

Figure 3.1 : Organigramme de simulation	42
Figure 3.2 : Carte de la ville de BB-BK (Alger) via Google Earth.....	44
Figure 3.3 : Zone géographique de la ville de BB-BK (Alger) dans Atoll et sa composition..	44
Figure 3.4 : Paramètres calibrés de la formule de COST-HATA pour l'environnement DU..	45
Figure 3.5 : L'emplacement des « sites, secteurs et cellules » dans le polygone.....	47
Figure 3.6 : Positionnement des sites dans la ville de BB-BK (Alger) via Google Earth.....	47
Figure 3.7 : Prédiction du niveau de signal (RSCP)	49
Figure 3.8 : Prédiction de qualité Ec/Io.....	49
Figure 3.9 : Prédiction de la zone de recouvrement	50
Figure 3.10 : Prédiction de débit fourni en DL (HSDPA Throughput).....	50
Figure 3.11 : Prédiction de débit fournie en UL (HSUPA Throughput).....	51
Figure 3.12 : Les prédictions par niveau de signal sur la carte géographique du Google.....	52
Figure 3.13 : L'installation de tous les sites de bilan de liaison.....	52
Figure 3.14 Une reconfiguration d'azimut ainsi tilts, et la puissance CPICH	53
Figure 3.15 : Le niveau de signal RSCP avant et après l'ACP	54
Figure 3.16 : La qualité Ec/Io avant et après l'ACP	55
Figure 3.17 : La zone de recouvrement avant et après l'ACP.....	56
Figure 3.18 : Le débit fourni en DL (HSDPA Throughput) avant et après l'ACP	57
Figure 3.19 : Le débit fourni en UL (HSUPA Throughput) avant et après l'ACP	58
Figure 3.20 : L'amélioration au niveau des RSCP, Ec/Io	59
Figure 3.21 : La carte de la simulation de trafic « Monté Carlo ».....	60
Figure 3.22 : La carte de la simulation de trafic« Monté Carlo ».....	60

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Principaux paramètres WCDMA.....	21
Tableau 2.1 : Le gain d'étalement	32
Tableau 2.2 : Les gains d'antennes des différents types de secteurs.....	33
Tableau 2.3 : Les paramètres d'évanouissement.....	34
Tableau 2.4 : Les paramètres de bilan de liaison	35
Tableau 2.5 : Estimation du rayon de la cellule	37
Tableau 2.6 : Estimation de la surface couverte.....	38
Tableau 2.7 : Résultats obtenus pour le dimensionnement	39
Tableau 3.1 : Paramètres calibrés de COST 231 HATA.....	45
Tableau 3.2 : Classification du cluster selon Atoll.....	46
Tableau 3.3 : Installation des sites	46
Tableau 3.4 : Les variations de la puissance, azimuth et le title	53
Tableau 3.5 : Les résultats de la simulation de Monte Carlo.....	61

Liste des acronymes

1G First Generation

2G Second Generation

3G Third Generation

« A »

ACP Automatique Celles Planning

« B »

BB-BK Bordj El Bahri - Bordj El Kiffan

BS Base Station

« C »

CDMA Code Division Multiple Access

CE Channel Element

CN Core Network

COST Coopération Européenne dans le Domaine

CPICH Common Pilot CHannel

CRNC Controlling Radio Network Controller

CS Circuit Switched

« D »

dB Rapport de puissance en décibel

dBm Unité de puissance par-rapport à un milliwatt

DL Down Link

DRNC Drift Radio Network Controller

DU Danse Urbain

« E »

Eb/No	Signal Energy per bit to Noise power density
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution

« F »

FDD	Frequency Division Duplex
-----	---------------------------

« G »

GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet Radio Services
GSM	Global System for Mobile Communications

« H »

HLR	Home Location Register
HO	Handover
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSPA	High Speed Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access

« I »

IMT-2000	International Mobile Telecommunications 2000
IP	Internet Protocol
ITU-T	International Telecommunication Union
IMEI	International Mobile Subscriber Equipment Identity

« L »

LOS	Visibilité Directe
-----	--------------------

« M »

MAPL	Maximum Allowable Path Loss
MSC	Mobile Services Switching Centre
ME	Equipement Mobile

« N »

NSS	Network Switching Subsystem
NLOS	Non Visibility

« O »

OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor
OTA	Optimum Telecom Algeria

« P »

PG	Process Gain
PIRE	Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente
PN	Pseudo Noise PS Packet Switched
PS	Packet Switched

« Q »

QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying

« R »

RA	Routing Area
RAB	Radio Access Bearer
RF	Radio Frequency
RNC	Radio Network Controller

RNS	Radio Network Subsystem
RRC	Radio Resource Control
RSCP	Received Signal Code Power
RU	Rural Urbain

« S »

SF	Spreading Factor
SGSN	Serving
GPRS	Support Node
SHO	Soft Hand-Over
SMS	Short Message Service
SNR	Rapport Signal à Bruit
SRNC	Serving Radio Network Controller
SU	Sab Urbain

« T »

TD-CDMA	Time Division Code Division Multiple Access
TDD	Time Division Duplex

« U »

U	Urbain
UE	User Equipment
USIM	Universel Système Identité Module

Introduction générale

L'industrie radio-mobile a connu des développements considérables en termes de technologies et en nombre d'abonnés. C'est dans cette dynamique que l'UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) a fait son apparition en succédant au GSM (*Global System for Mobile Communications*). Cette technologie est vue comme une convergence entre les communications mobiles, fixes et internet. De plus, elle offre des services de plus en plus rapides grâce à des débits très élevés et des accès aux visio-téléphonie, vidéo conférences et téléconférences.

Avant la mise en place d'un réseau UMTS, les opérateurs s'engagent à faire un dimensionnement et une planification détaillée en vue de garantir une couverture optimale du réseau. De ce fait, l'utilisation d'un outil de simulation de la couverture radio s'avère d'une extrême importance.

Ainsi, dans le cadre de notre projet de fin d'études, notre travail consiste à optimiser l'installation d'un réseau UMTS avec la contrainte de l'existence du réseau réel (2G) de l'opérateur des télécommunications mobiles OTA (Optimum Telecom Algérie) à la Wilaya d'Alger et plus précisément au niveau de la ville Bordj El Bahri et Bordj El Kiffan (BB-BK), pour aboutir à un réseau de meilleure qualité, couverture et capacité.

Pour ce faire, nous avons réparti le mémoire en trois chapitres comme suit :

Nous avons commencé par une présentation des systèmes de communications radio mobiles et leurs évolutions avec une présentation générale du réseau UMTS en détaillant l'interface radio. Nous avons présenté et défini également des notions de technologies telles que « Handover », « HSDPA » et « HSUPA ».

Le deuxième chapitre concerne l'étude du processus de dimensionnement de la couverture radio qui nous permettra d'établir à partir du bilan de liaison, le rayon des cellules et le nombre des sites à déployer.

Le troisième chapitre abordera la partie de planification et d'optimisation du réseau UMTS à travers l'outil Atoll avec une analyse de plusieurs problèmes qu'on peut rencontrer durant une planification radio d'un réseau de troisième génération (couverture, qualité de signal,...).

Enfin, nous terminerons par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre 1

*Généralités sur les réseaux cellulaires et
leur évolution*

1.1 Introduction :

Les progrès de la technologie et les évolutions rapides des systèmes de télécommunications ont facilité la forte croissance des systèmes radio-mobiles dans le domaine public. La croissance exponentielle de la demande en services mobiles, ainsi que la nécessité d'assurer un support haut débit pour l'implémentation des applications multimédias nécessitent une utilisation efficace de l'étroite bande passante affectée au lien de transmission radio.

Dans ce chapitre, nous allons décrire en premier lieu le concept cellulaire des systèmes radio mobile et l'évolution de ce dernier conduisant ainsi à la définition du réseau mobile de la troisième génération.

1.2 Les réseaux cellulaires :

Le marché des services de communication mobiles s'est développé au-delà de toutes les attentes. Ces services mobiles sont offerts grâce à différents types de systèmes : systèmes cellulaires, systèmes sans cordon, radiomessagerie, radiocommunication professionnelle et systèmes par satellites. Parmi ces systèmes, les systèmes cellulaires constituent le principal marché et leurs croissances sont les plus importantes.

1.2.1 Concept cellulaire :

Un réseau cellulaire divise la zone à couvrir en petites zones appelées cellules. Chacune des cellules est desservie par une station de base (*BS : Base Station*), comme illustré dans la figure 1.1.

La cellule est la couverture d'un seul secteur (antenne) dans une direction ou multi-direction (tous dépend des antennes : Omnidirectionnelle ou directionnelle) [5].

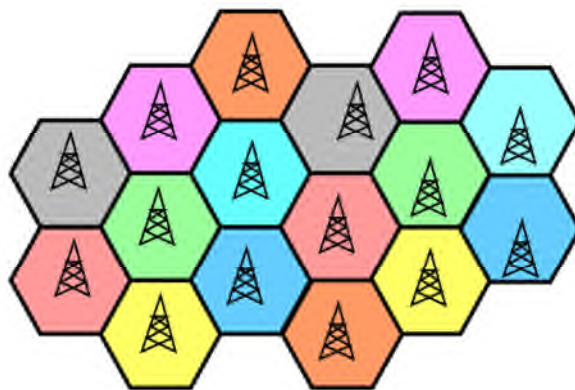


Figure 1.1 : La couverture cellulaire.

1.2.2 Classification des cellules :

La topologie du terrain, la densité du trafic et la nature de l'environnement (urbain, suburbain ou rural) sont les principales contraintes qui prédéterminent le choix de la taille ou de la zone de couverture d'une cellule.

C'est ainsi qu'on définit :

- Les macro-cellules (de 1 à 35 Km) en zone rurale,
- Les micro-cellules (de rayon inférieur à 1 Km) en zone suburbain,
- Les pico-cellules (de rayon inférieur à 100m) en zone urbain.

La figure 1.2 illustre cette classification de cellules [2].

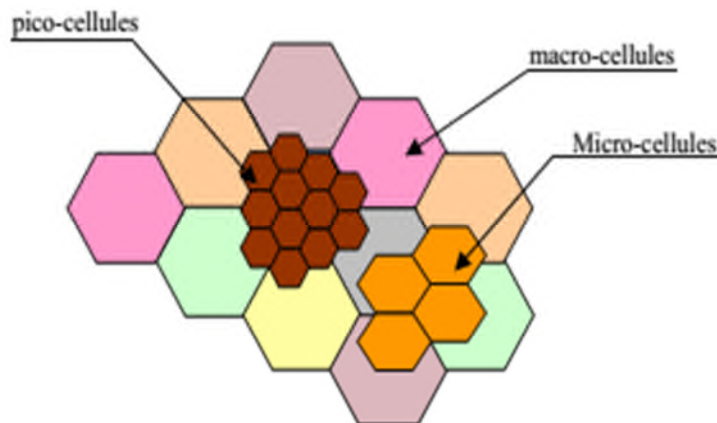


Figure 1.2 : Les types des cellules.

Le passage d'une cellule à l'autre (transfert intercellulaire ou "Handover") devra se faire de façon transparente pour l'utilisateur, c'est-à-dire sans coupure perceptible ni perte de données.

1.3 Évolution des réseaux cellulaires :

L'industrie radio mobile ne cesse d'évoluer. Elle a connu un développement considérable en termes de technologie et de nombre d'abonnés. Avec l'apparition de nouvelles technologies en télécommunications, les normes modernes deviennent de plus en plus strictes en termes de qualité de service rendue aux clients. Mais sur le plan technologique en particulier, les

réseaux de transmission ont vu leur capacité s'accroître, notamment concernant le débit supporté et le nombre d'utilisateurs.

De plus, l'intégration des services et la diversité des données échangées (voix, vidéo haute définition, consultation interactive de base de données, Internet haut débit...) exigent des systèmes de plus en plus rapides pour traiter des volumes d'informations en augmentation constante.

1.3.1 Anciennes générations des réseaux mobiles :

Avant d'expliquer l'état actuel des technologies utilisées aujourd'hui, il nous semble intéressant de rappeler l'évolution de ces techniques, cela a pour avantage de savoir de quoi nous sommes partis pour mieux se positionner à l'heure actuelle.

1.3.1.1 La première génération (1G) :

La première génération des téléphones mobiles est apparue dans le début des années 80 en offrant un service médiocre et très coûteux de communication mobile. La 1G avait beaucoup de défauts, comme les normes incompatibles d'une région à une autre, une transmission analogique non sécurisée (écouter les appels), pas de roaming vers l'international (roaming est la possibilité de conserver son numéro sur un réseau d'un autre opérateur).

1.3.1.2 La deuxième génération 2G (GSM) :

Le GSM (*Global System for Mobile Communications*) est apparu dans les années 90. Il s'agit de la norme 2G. Son principe, est de passer des appels téléphoniques, s'appuyant sur les transmissions numériques permettant une sécurisation des données (avec cryptage), il a connu un succès et a permis de susciter le besoin de téléphoner en tout lieu avec la possibilité d'émettre des messages (SMS, limités à 160 caractères). Ainsi qu'il autorise le roaming entre pays exploitant le réseau GSM.

Devant le succès, il a fallu proposer des nouvelles fréquences aux opérateurs pour acheminer toutes les communications et des nouveaux services sont aussi apparus, comme le MMS. Le débit de 9.6 kbps proposé par le GSM est insuffisant, dans ce sens, des nouvelles techniques de modulations et de codages ont été développées. Elles ont permis d'accroître le débit pour la nouvelle génération.

1.3.1.3 Evolution vers l’GPRS :

Le GPRS (*General Packet Radio Service*) est l’initiative européenne au sein de l’ETSI (1991) pour l’introduction de services multimédia sur un réseau mobile. La technologie GPRS est communément appelée 2.5 G car elle est vue comme une transition de la transmission de données bas débit en mode circuit du GSM, vers la transmission de données en mode paquet à très haut débit de l’UMTS (système mobile de troisième génération).

1.3.1.4 Evolution vers l’EDGE :

La norme EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) est une norme de téléphonie mobile, une évolution du GSM. Cette technologie adopte une nouvelle modulation permettant d’atteindre des débits plus élevés tout en utilisant le spectre radio GSM existant des opérateurs.

Bien qu’avec des débits limités par rapport aux technologies UMTS qui le suivent, l’EDGE a la capacité d’offrir presque tous les services 3G. Il constitue donc une solution intéressante pour un opérateur qui désire offrir des services 3G à partir des ressources spectrales déjà existantes du 2G.

1.3.1.5 Scénario de l’évolution du réseau GSM vers le réseau UMTS :

L’évolution du GSM vers l’UMTS se traduira par une augmentation sensible du débit, comme illustre la figure 1.3 :

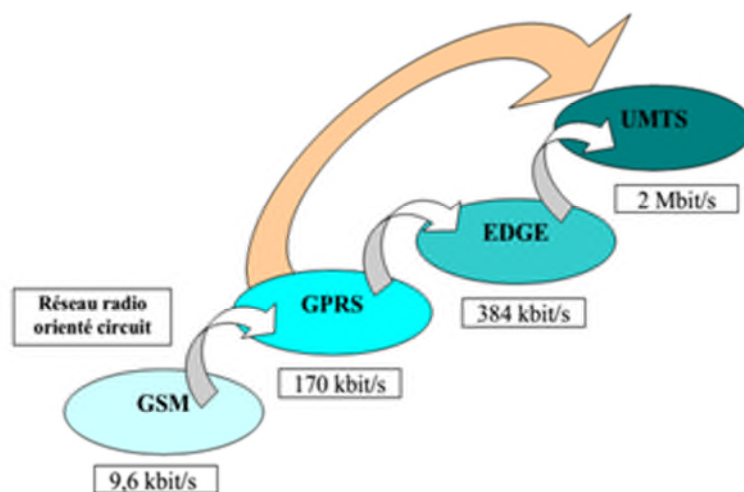


Figure 1.3 : Diagramme d’évolution des réseaux mobiles.

A la différence du système GSM qui a été optimisé pour la voix et sur lequel il a été possible de transporter des données par paquet, l'UMTS lui est optimisée pour le transport des données par paquet et sur lequel il est possible de véhiculer la voix.

1.3.2 Nouvelle générations des réseaux mobiles :

Les standards utilisés pour développer les réseaux de communications ont été différents pour les différentes parties du monde. Alors, il a été décidé de réaliser un réseau qui fournit des services indépendants de la technologie ou des standards utilisés. Comme ça, la 3G (La troisième génération du mobile) est née en Europe, elle est appelée UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). IMT-2000 est le nom de l'ITU-T (International Telecommunication Union) du système de la troisième génération.

1.4 Présentation du système UMTS :

L'UMTS est la nouvelle norme de téléphonie mobile, appelée aussi plus généralement téléphonie de troisième génération ou 3G. Plusieurs préfèrent utiliser le terme W-CDMA (Wide-band Code Division Multiple Access) qui assure 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 [6].

1.4.1 Les objectifs de l'UMTS :

L'UMTS a plusieurs objectifs :

- a. L'unification de l'ensemble des systèmes qui existent à travers le monde en la définition d'une norme internationale,
- b. La compatibilité avec les systèmes 2^{ème} génération de part les services offerts à l'utilisateur (télé services et services supplémentaires), transparence du réseau pour l'utilisateur (l'utilisateur ne doit pas se rendre compte qu'il passe d'un réseau à un autre),

- c. Supporter le multimédia : les terminaux auront la capacité d'accepter simultanément des services des natures différentes (voix, visiophonie, navigation web, transfert de fichier),
- d. Augmenter les débits supportés par le réseau par rapport au réseau de 2^{ème} génération,
- e. Proposer quatre classes de services en prenant en compte 3 contraintes (le délai de transfert de l'information, la variation du délai de transfert des informations et la tolérance aux erreurs de transmission).

1.4.2 Classes des services de l'UMTS :

- **La classe A (Conversational)** : Représente entre autres la téléphonie, la visiophonie et jeux interactifs (classe qui regroupe tous les services bidirectionnels impliquant deux interlocuteurs, voire plus).
- **La classe B (Streaming)** : Représente entre autres les services de vidéo à la demande, la diffusion radiophonique et applications de transfert d'image (classe impliquant un utilisateur et un serveur de données, les données sont majoritairement distribuées dans le sens serveur vers utilisateur).
- **La classe C (Interactive)** : Représente entre autres la navigation sur Internet, le transfert de fichiers par FTP, le transfert de messages électroniques ou toutes les applications de commerce électronique (classe qui ne requiert aucune performance en temps réel particulière).
- **La classe D (Background)** : Représente entre autres le transfert de fax, la notification de messages électroniques et la messagerie de type SMS et E-mail (différence avec la classe C : les informations transmises sont de priorités inférieures à celles de la classe C).

La figure 1.4 illustre ces classes des services :

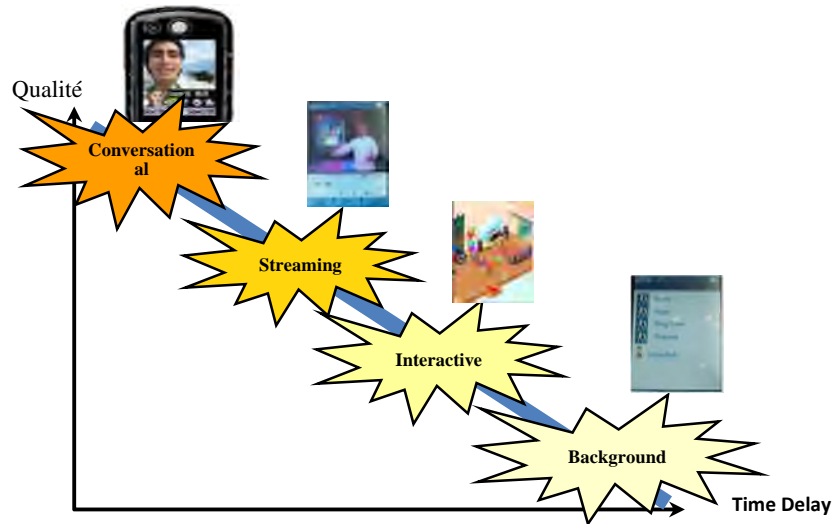


Figure 1.4 : Les classes de service UMTS [7].

1.4.3 Couverture globale de l'UMTS :

La couverture globale de la planète s'organise en une structure cellulaire hiérarchisée qui assurera l'itinérance mondiale. Au sommet de la hiérarchie se trouvent les satellites qui assurent une couverture sur l'ensemble de la planète.

La figure 1.5 illustre la couverture de l'UMTS :

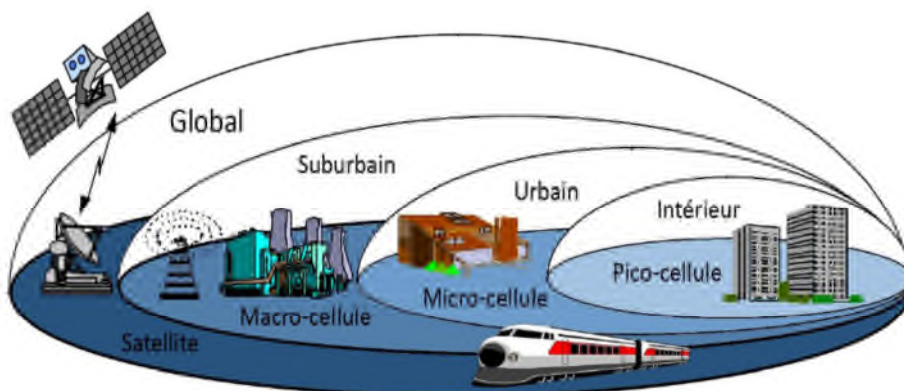


Figure 1.5 : Hiérarchie des cellules de l'UMTS.

1.4.4 L'organisation fréquentielle et temporelle :

1.4.4.1 Organisation fréquentielle :

Les bandes de fréquences allouées pour l'UMTS sont 1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz.

L'UMTS propose la répartition illustrée dans la figure 1.6 :

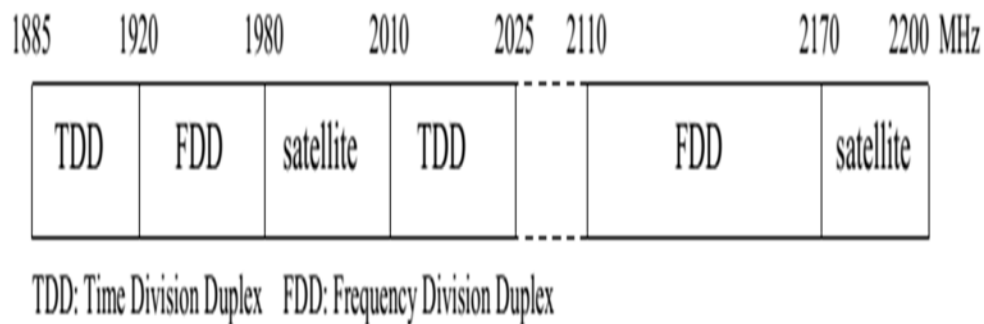


Figure 1.6 : Utilisation de la Bande de Fréquences pour l'UMTS.

La division duplex dans les bandes dites « appariées », c'est à dire 2×60 MHz, est fréquentielle. L'écart duplex vaut 190 MHz. On utilise dans ces bandes un accès WCDMA « Wide-band CDMA ».

La division duplex dans les bandes dites « non appariées », c'est à dire 35 MHz et 15 MHz, est temporelle. On utilise dans ces bandes un accès TD-CDMA « Time Division CDMA ». Les deux bandes restantes sont réservées à la composante satellitaire de l'UMTS qui est encore peu déployée.

1.4.4.2 Organisation temporelle :

L'organisation temporelle de l'UMTS est basée sur une super trame de 720 ms, comportant elle-même 72 trames de 10 ms. Chaque trame de 10 ms est divisée en 15 slots de 667µs [8].

Cette organisation est représentée par la figure 1.7 :

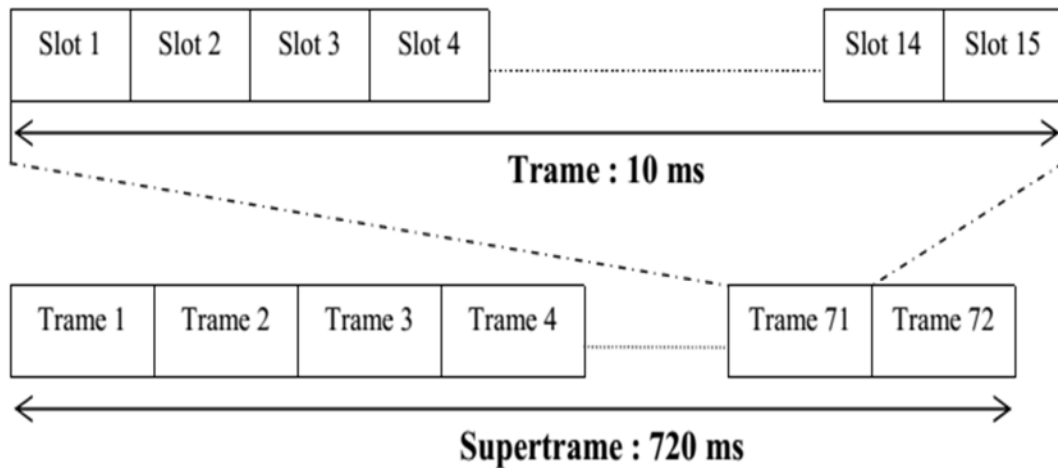


Figure 1.7 Structure de la trame de l'UMTS.

1.5 Architecture du réseau UMTS :

Le réseau UMTS se divise en deux domaines : le domaine équipement utilisateur **UE** (*User Equipment*) et le domaine infrastructure.

Le domaine infrastructure se partage en deux parties :

- Le réseau d'accès **UTRAN** (*Access Network*).
- Le réseau cœur **CN** (*Core Network*).

La figure 1.8 présente l'architecture d'un réseau UMTS :

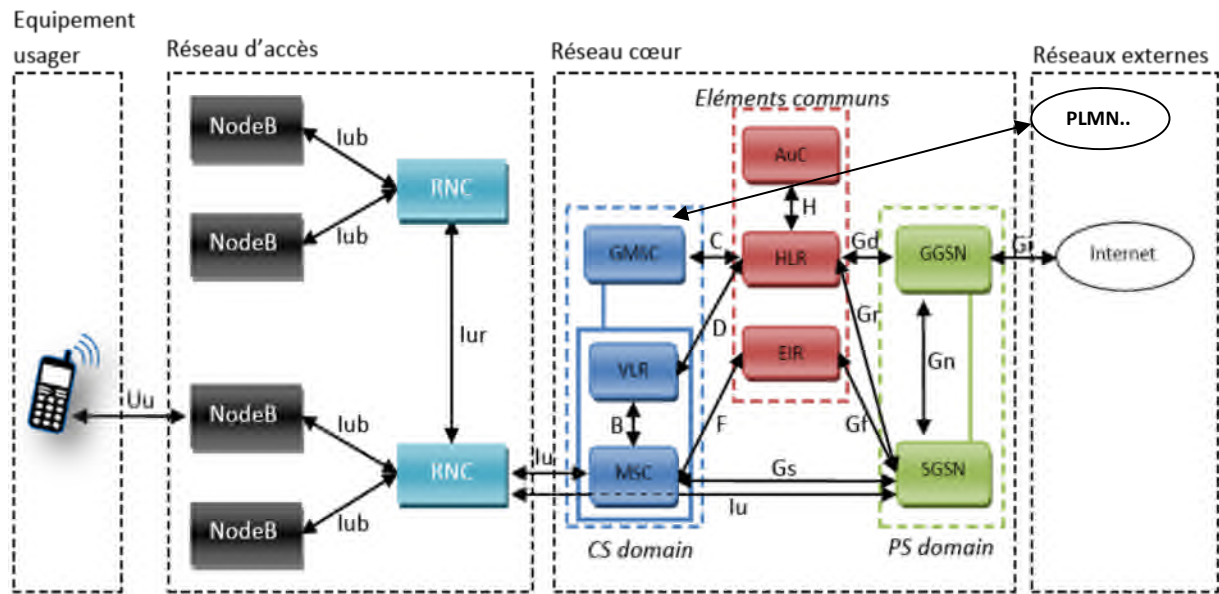


Figure 1.8 : Architecture du réseau UMTS.

Les éléments illustrés au niveau de cette figure seront détaillés dans ce qui suit :

1.5.1 L'équipement utilisateur (UE) :

Le terme « équipement usager » (UE pour User Equipment) est utilisé pour désigner la station mobile dans un réseau UMTS. Il représente le vecteur qui permet à l'abonné d'accéder au réseau et donc, à ses services, en utilisant le canal de propagation radio comme interface. Il est composé, du point de vue fonctionnel, de deux parties comme illustre la figure 1.9 :



Figure 1.9 : Architecture de l'équipement utilisateur.

1.5.1.1 L'équipement mobile (ME) :

L'équipement mobile "Mobile Equipment (ME)": L'équipement mobile est chargé de la transmission radio et des procédures associées.

1.5.1.2 Le module d'identité « Universel » de l'abonné (USIM) :

C'est une application qui permet à l'abonné d'accéder aux services souscrits. Cette application réside dans une carte à puce (smart-card) appelé UICC.

1.5.2 Le réseau d'accès radio UTRAN :

L'UMTS Radio Access Network (UTRAN) est complètement distinct du BSS du GSM. Il est constitué d'un ou plusieurs RNC « Radio Network Controllers », dont dépendent des NodeB, et qui jouent un rôle proche respectivement des BSC et des BTS en GSM. Un UTRAN peut donc être relié au réseau cœur par plusieurs liens (un par RNC). Le RNC et le NodeB peuvent supporter les deux modes de duplexage FDD et/ou TDD.

La figure 1.10 présente le réseau d'accès radio :

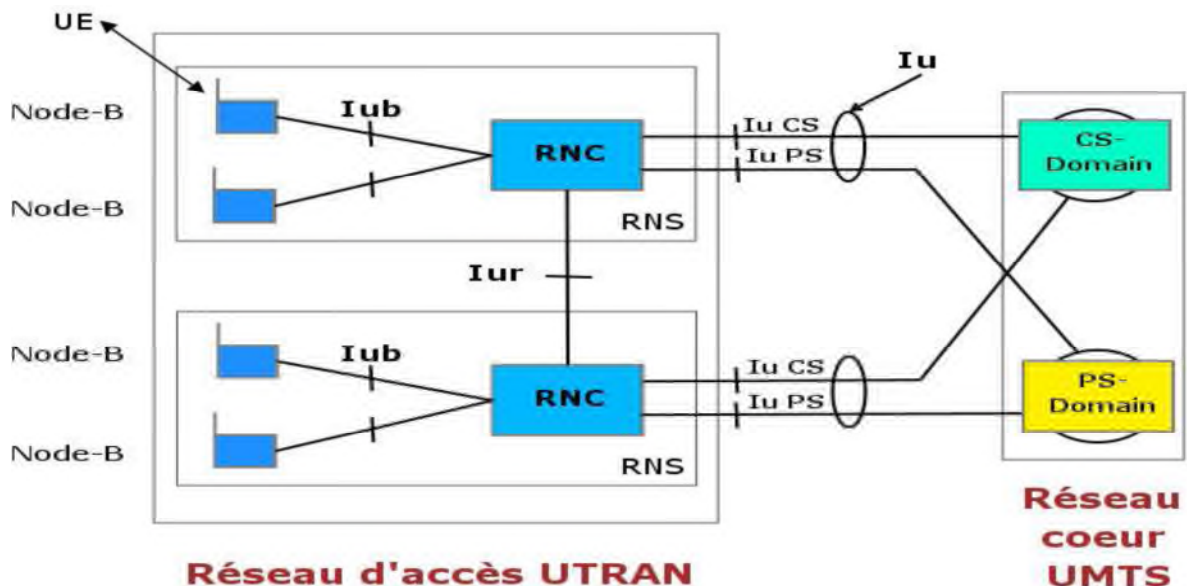


Figure 1.10 : Architecture du réseau d'accès(UTRAN).

Le réseau d'accès UTRAN est composé de plusieurs éléments :

1.5.2.1 Le NodeB (Station de Base) :

Le rôle principal du NodeB est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules du réseau d'accès de l'UMTS avec un équipement usager.

Celui-ci peut en effet être sectorisé, c'est-à-dire qu'il comporte des antennes directionnelles éclairant une portion de l'espace dit secteur. Chaque secteur représente une cellule entière à part. L'effet directif des antennes a un effet sur la capacité du système.

Nous pouvons trouver deux types de NodeB [10], sont illustrés dans la figure 1.11:

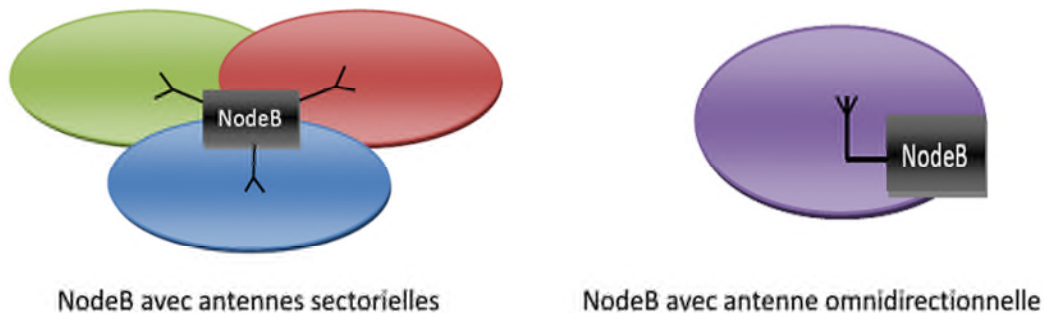


Figure 1.11: Les types de NodeB.

Le NodeB peut en principe cohabiter avec une station de base GSM pour minimiser les coûts d'infrastructure.

A ce titre, le NodeB assure les fonctions suivantes :

- Le codage du canal
- L'adaptation des messages à transmettre à l'interface radio
- Etalement et désétalement du spectre
- Les modulation/démodulation (QPSK ou QAM)
- Combinaison des signaux issus de plusieurs secteurs du même NodeB.

1.5.2.2 Le RNC :

Le RNC contrôle les ressources radio de l'UTRAN et gère le protocole RRC (*Radio Resource Control*) définissant les procédures et les messages entre le mobile et l'UTRAN. Il est en liaison avec le réseau cœur pour les transmissions en mode paquet à travers l'interface Iu-PS et en mode circuit à travers l'interface Iu-CS.

Le RNC directement relié à un NodeB par l'interface Iub est un CRNC (*Controlling RNC*), il gère :

- Le contrôle de la charge des différents NodeB.
- Le contrôle d'admission et d'allocation des codes pour les nouveaux liens radio qui s'établissent dans les cellules gérées.

Lorsqu'un mobile est lié à des NodesB contrôlés par différents RNC, deux types de RNC se distinguent : le SRNC (*Serving RNC*) et le DRNC (*Drift RNC*). Le S-RNC est le RNC qui fournit la connexion Iu pour le mobile vers le réseau cœur. Lorsque le mobile est en situation de Soft Handover, plus qu'une liaison Iub et une liaison Iur sont établies. Seul le S-RNC fournit l'interface Iu vers le CN. Les autres ont pour fonction principale de router les données de façon transparente. Ces RNC sont appelés alors D-RNC.

La figure 1.12 illustre le SRNC et le DRNC :

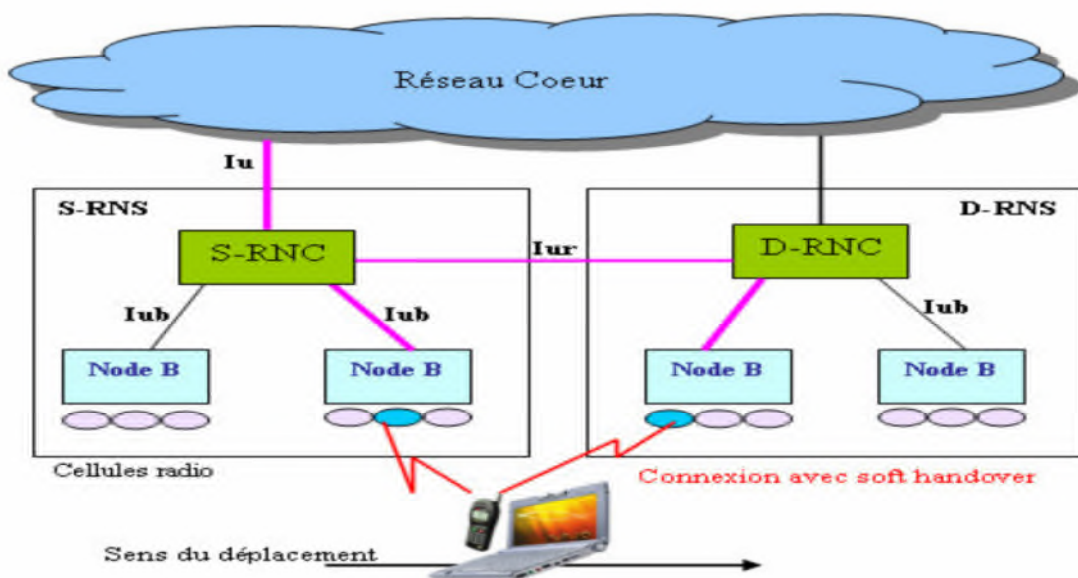


Figure 1.12 : rôle du SRNC et du DRNC [11].

1.5.3 Le réseau cœur CN :

Le réseau UMTS est assez semblable au réseau GSM actuellement répandu : L'ensemble des constituants et des interfaces du réseau cœur GSM a été repris dans l'architecture du réseau cœur UMTS.

Les éléments du réseau cœur sont répartis en trois groupes :

- Le domaine CS (Circuit Switched) utilisé pour la téléphonie.
- Le domaine PS (Packet Switched) qui permet la commutation de paquets.
- Les éléments communs aux domaines CS et PS.

Ces deux domaines permettent aux équipements usagers de pouvoir gérer simultanément une communication paquets et circuits. Ces domaines peuvent être considérés comme des domaines de service.

La Figure 1.13 représente l'architecture du réseau cœur de l'UMTS :

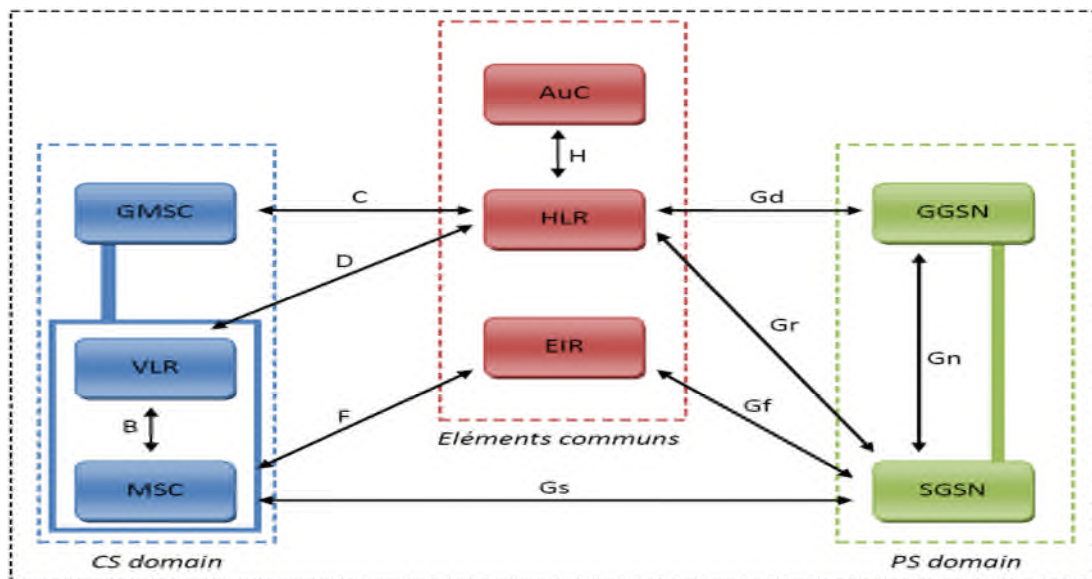


Figure 1.13 : Architecture détaillée du réseau cœur de l'UMTS.

1.5.3.1 Le domaine CS (Circuit Switched) :

Il est principalement utilisé pour la voix téléphonique. Il se compose entre autres des éléments qui suivent :

- **Le MSC** « Mobile-services Switching Center » est un commutateur de données et de signalisations. Il est chargé de gérer l'établissement de la communication avec le mobile.
- **Le GMSC** « Gateway MSC » est un MSC un peu particulier servant de passerelle entre le réseau UMTS et le RTCP « Réseau Téléphonique Commuté Public ». Lorsqu'on cherche à joindre un mobile depuis un réseau extérieur à l'UMTS, l'appel passe par le GMSC, qui effectue une interrogation du HLR avant de router l'appel vers le MSC dont dépend l'abonné.
- **Le VLR** « Visitor Location Register » est une base de données attachée à un ou plusieurs MSC. Le VLR est utilisé pour enregistrer les abonnés dans une zone géographique appelée LA « Location Area ». Le VLR contient des données assez similaires à celles du HLR.

1.5.3.2 Le domaine PS (Packet Switched) :

Il comprend :

- **Le SGSN** « Serving GPRS Support Node » qui joue le même rôle que le VLR, c'est à dire la localisation de l'abonné mais cette fois sur une RA « Routing Area ».
- **Le GGSN** « Gateway GPRS Support Node » a une fonction identique au GMSC pour la partie paquet du réseau, en jouant le rôle de passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs (Internet public, un intranet privé, etc...).

1.5.3.3 Le groupe des éléments communs :

Il comprend :

- **Le HLR** « Home Location Register » est la base de données contenant les informations relatives à l'abonné gérées par l'opérateur. Pour chaque abonné, le HLR mémorise les informations suivantes :
 - Les informations de souscription (abonnement, souscription à tel service, débit maximal autorisé, etc.)
 - L'identité du mobile, ou IMSI «International Mobile Subscriber Identity»
 - Le numéro d'appel de l'abonné.

- **L'AUC**« Authentication Center » est un élément permettant au réseau d'assurer certaines fonctions de sécurité, telles que l'authentification de l'abonné, le chiffrement de la communication. Ces deux fonctions de sécurité sont activées au début de l'établissement de l'appel avec l'abonné. En cas d'échec d'une d'entre elles, l'appel est rejeté. L'AUC est couplé au HLR et contient pour chaque abonné une clé d'identification lui permettant d'assurer les fonctions d'authentification et de chiffrement.

- **L'EIR** « Equipment Identity Register » est un équipement optionnel destiné à lutter contre le vol des terminaux mobiles. L'EIR est en fait une base de données contenant la liste des mobiles interdits « black list ». L'identification du mobile se fait grâce à son IMEI « International Mobile Subscriber Equipment Identity ».

1.5.4 Les interfaces :

La chose la plus importante à signaler est que les interfaces UMTS sont des interfaces ouvertes c'est-à-dire que les équipements de différents fournisseurs peuvent être interconnectés s'ils suivent la norme.

Ces interfaces sont :

- **Interface *Uu***: c'est l'interface radio de l'UMTS. A travers cette interface, l'UE peut accéder au réseau UTRAN.
- **Interface *Iub***: c'est l'interface entre le NodeB et le RNC, c'est l'équivalent de l'interface Abis en GSM.
- **Interface *Iur***: c'est l'interface RNC/RNC. Sa mission principale est de gérer l'inter-RNC Soft Handover.
- **Interface *Iu***: elle connecte l'UTRAN au réseau cœur. Elle se divise en deux parties l'*Iu-CS* entre le RNC et le domaine circuit du CN et l'*Iu-PS* entre le RNC et le domaine paquet du CN.

1.6 Interface radio UMTS

1.6.1 Méthodes de multiplexage :

W-CDMA (Wide Band CDMA) et TD-CDMA (Time Division CDMA) sont les deux modes de fonctionnement possibles, ils utilisent l'accès CDMA à 3,84 Mchips/s dans une largeur fréquentielle de 5 MHz.

L'objectif d'une telle largeur de bande est qu'elle est compatible avec la fourniture de débits à 384 Kbits/s, comme requis dans les spécifications de l'IMT 2000, voire même 2 Mbits/s sous certaines conditions.

Pour ce qui concerne la modulation utilisée, il s'agit de la modulation QPSK, et pour les modes de transmission qui sont définis par l'UMTS on a le mode FDD et le mode TDD [13].

1.6.1.1 Le multiplexage TDD :

Ce mode est différent du mode FDD. La différence réside dans le fait que pour le mode TDD les transmissions UL et DL utilisent la même bande de fréquences de 5 Mhz offrant ainsi un service qui ne nécessite pas une paire de porteuse radio. En plus dans ce mode les liaisons sont séparées en utilisant un domaine temporel car UL et DL partagent la même fréquence.

On peut conclure que le TDD est plus convenable pour les services asymétriques (Figure 1.15) [13].

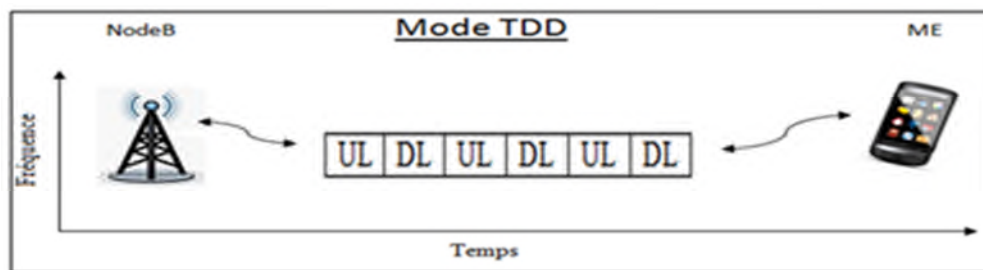


Figure 1.15: Le multiplexage TDD.

1.6.1.2 Le multiplexage FDD :

Avec la division duplex par fréquence FDD, la liaison montante (UL) ainsi que celle descendante (DL) utilise chacune une bande de fréquence différente. L'espace entre les deux bandes de fréquence pour le Uplink et le Downlink est appelé distance duplex. Elle est constante pour toutes les stations mobiles dans une même norme. La sous bande fréquentielle basse est allouée à la liaison Uplink et la sous bande haute est allouée à la liaison Downlink (Figure 1.16)

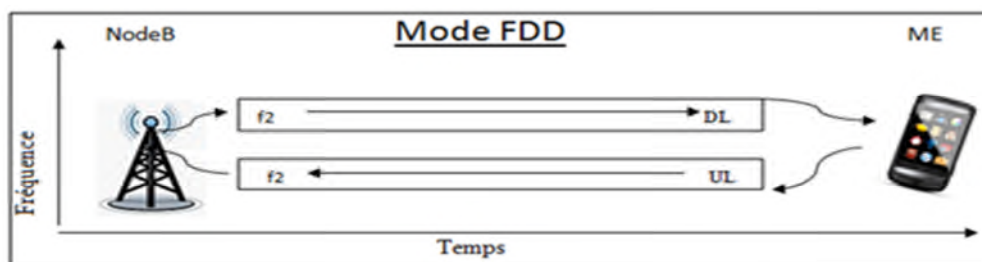


Figure 1.16 : Le multiplexage FDD.

I.6.2 La technique d'accès multiple WCDMA

La technique d'accès multiple adoptée par l'UMTS est appelée le WCDMA (*Wide band Code Division Multiple Access*). Dans cette technique les bits correspondants aux données d'utilisateurs sont étalés, en les multipliant par une séquence de bits (appelé *chips*) ayant des caractéristiques bien particulières, sur une large bande passante. Par ailleurs et afin de pouvoir offrir

différents débits, le WCDMA met en œuvre des transmissions à facteur d'étalement variable et à multiples codes.

➤ Avantage du W-CDMA

Par rapport aux systèmes de la deuxième génération, l'UMTS vient d'apporter quelques avantages, le plus important est d'offrir une plus grande bande passante pour l'utilisateur, ainsi qu'une grande souplesse dans l'allocation des ressources nécessaires déployées dans le réseau.

L'orientation du WCDMA vers la transmission de données en mode paquet a permis à l'utilisateur d'établir des communications de bande passante variable, même en cours d'appel, ce qui économise la bande passante.

Une autre contrainte qui est grandement simplifiée est la planification cellulaire, c'est-à-dire le choix des fréquences à mettre en œuvre dans une cellule en tenant compte des cellules voisines est remplacé par les séquences de codage qui différencient les communications, et non pas les fréquences porteuses comme dans les générations précédentes [5].

Les caractéristiques de l'interface radio UMTS sont illustrées dans le tableau suivant :

Mode	FDD	TDD
Accès multiple	DS-CDMA	TD-CDMA
Débit Chip	3.84 Mchip/s	3.84 Mchip/s
Espacement entre porteuses	5 Mhz	5 Mhz
Durée d'une trame radio	10 ms	10 ms
Structure de trame	15 time slots par trame radio	15 time slots par trame radio
Modulation	QPSK	QPSK
Facteur d'étalement	4-356 (UL) et 4-512 (DL)	1 à 16

Tableau 1.1 : Principaux paramètres WCDMA

1.6.3 Les codes utilisés dans l'UMTS :

1.6.3.1 Code de canalisation (Codes d'étalement) :

Chaque utilisateur possède un code, il est donc nécessaire de n'avoir aucune interférence entre ceux-ci. Pour cela, nous utilisons des codes orthogonaux dits codes OVSF (*Orthogonal Variable Spreading Factor Code*) afin de modifier le facteur d'étalement et de conserver l'orthogonalité des différents codes d'étalement.

Ces codes sont définis par un arbre OVSF où chaque nœud possède 2 fils. Les codes des 2 fils sont issus du code de leur père commun, c'est-à-dire que leur code est composé par le code du père et de son complémentaire. L'arbre des codes OVSF ainsi créé peut être représenté sous la forme de la matrice de Hadamard, comme illustre la figure 1.17 :

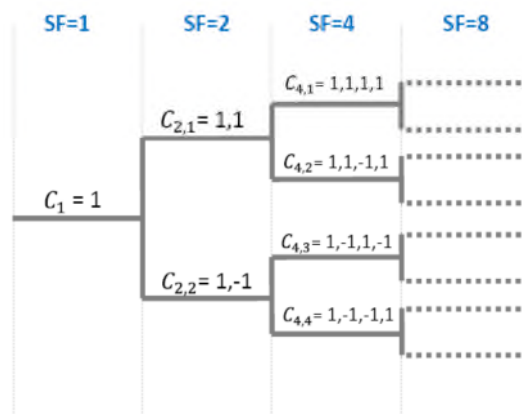


Figure 1.17 : Arbre des codes OVSF [15].

L'arbre ci-dessus, nous montre la relation entre le facteur d'étalement et le nombre de codes disponibles pour un étalement donné. Il est important de savoir que le facteur d'étalement (SF) détermine la longueur du code.

Le nombre de bits dans les trames des canaux dédiés pour le transfert des données se trouve par l'intermédiaire de la relation suivante :

$$SF = \frac{256}{2^k} \quad \text{avec } 0 \leq k \leq 6 \quad (1.1)$$

Comme k est compris entre 0 et 6, la valeur du facteur d'étalement SF peut être égal à 7 valeurs.

K	0	1	2	3	4	5	6
SF	256	128	64	32	16	8	4

Dans un tel arbre, il n'est possible d'utiliser tous les codes OVSF simultanément. Comme nous l'avons vu, le code de chaque nœud est déterminé en fonction du code du nœud père.

Cela implique donc que pour une branche, les codes ont une relation entre eux, ce qui empêche l'utilisation d'autres codes lorsque l'un d'entre eux est utilisé (Figure 1.18).

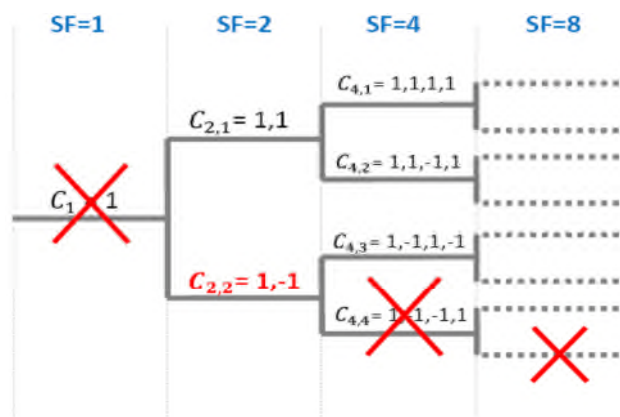


Figure 1.18 Utilisation des codes OSVF.

La figure ci-dessus nous indique que le code $C_{2,2}$ est utilisé, ce qui empêche tous les autres codes de la même branche d'être utilisés. Cette règle impose une contrainte forte sur les disponibilités des canaux pour le haut-débit, ce qui implique que le nombre d'utilisateurs simultanés en téléchargement de données est limité.

1.6.3.2 Code d'embrouillage (Codes de désétalement) :

Les codes OVSF de l'UTRAN ne peuvent pas être utilisés tels quels car il ne s'agit pas de séquences pseudo-aléatoires [16]. Il est donc nécessaire d'avoir recours à un deuxième niveau de codage, les codes utilisés dans ce dernier sont appelés scrambling codes, ou code d'embrouillage. Pour le scrambling Uplink, on notera essentiellement qu'il existe 224 codes dans ce sens Uplink. Ces "codes" ou "séquences", vont donc séparer les mobiles entre eux.

Pour le scrambling Downlink, il existe 512 x 512 codes, qui vont séparer les cellules entre elles (figure 1.19).

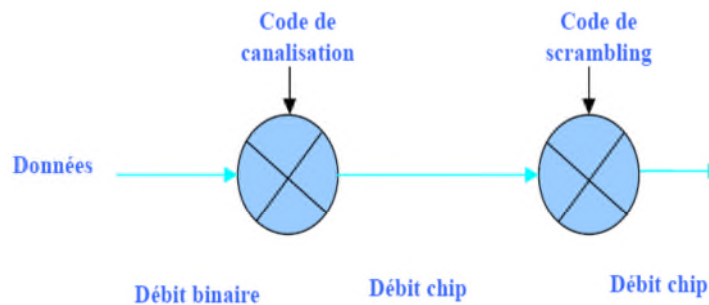


Figure 1.19 Le mécanisme d'embrouillage.

1.7 Le concept de la mobilité en UMTS :

Les appareils mobiles permettent de communiquer en mouvement. Cela implique qu'il arrive que ceux-ci se retrouvent dans une zone de chevauchement de deux cellules. Il ne faut en aucun cas couper une communication. Il existe plusieurs sortes de Handover :

1.7.1 Softer Handover :

Le softer Handover se produit quand les stations de base sont sectorisées. Ainsi, quand le terminal mobile se trouve dans une zone de couverture à deux secteurs adjacents d'une station de base, les communications avec la station de base empruntent simultanément deux canaux radio, un pour chaque secteur, comme illustre figure 1.20 :

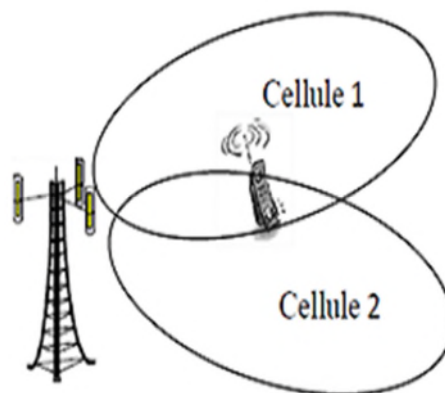


Figure 1.20 : Softer Hand-Over.

1.7.2 Soft Handover:

Lorsqu'un appareil mobile se trouve dans une zone de couverture commune à deux stations de base. Les communications du mobile empruntent simultanément deux canaux différents pour atteindre les deux stations de base. Du côté du mobile, il n'y a pas de différence entre un Soft Hand-Over et un Softer Hand-Over. Dans le sens montant, par contre, les données sont combinées au niveau du contrôleur de réseau radio (RNC) et non pas au niveau de la station de base. Cela permet de sélectionner la meilleure trame parmi celles qui sont reçues, après chaque période d'entrelacement, toutes les 10 à 80 ms.

Le même signal est envoyé des deux stations de base vers le mobile (excepté les commandes de contrôle de puissance).

La figure 1.21 présente le Soft Handover :

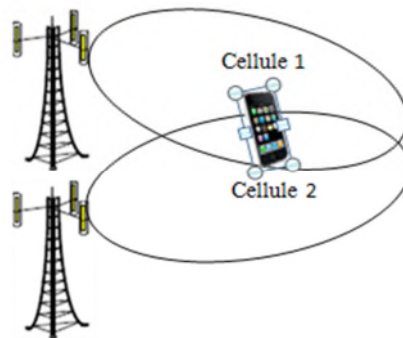


Figure 1.21 : Exemple de soft handover.

On considère que 20 à 40% des mobiles sont en situation de soft Handover. Il est indispensable de prendre en compte ces connexions supplémentaires dues au soft Handover lors de la phase de dimensionnement du réseau.

1.7.3 Hard Handover :

Le Hard Hand-Over est utilisé dans deux cas :

- Hard handover inter-fréquences : permet à un appareil mobile de passer d'une fréquence WCDMA à une autre.
- Hard handover inter-systèmes : permet à un appareil mobile de passer d'un système à un autre, comme du WCDMA en mode FDD au TD-CDMA en mode TDD ou au GSM.

La figure 1.22 présente le Hard Handover :



Figure 1.22 : Exemple de hard handover.

1.8 Contrôle de puissance de l'UMTS

Deux types de contrôle de puissance sont mises en œuvre dans le système : la boucle ouverte et la boucle fermée [10].

1.8.1 Contrôle de puissance en boucle ouverte :

Ce type concerne uniquement le mobile (sens montant) et son but est de déterminer le niveau de puissance du signal à transmettre avant de rentrer en communication avec la station de base. Ce niveau de puissance est calculé en fonction de l'affaiblissement de parcours mesuré dans la voie descendante sur des canaux définis dans ce but par le réseau.

1.8.2 Contrôle de puissance en boucle fermée :

Il est appelé boucle fermée puisque, à la différence du contrôle de puissance en boucle ouverte, le récepteur concerné calcule des commandes de contrôle et les envoie à la source émettrice pour que celle-ci règle sa puissance d'émission. Une fois que le mobile a établi un lien de communication avec la station de base, le contrôle de puissance en boucle fermée est activé. Dans la voie montante, la station de base mesure de manière permanente la qualité du signal en termes du rapport Eb/No.

1.9 Evolution de l'UMTS (HSPA)

1.9.1 HSDPA:

La technologie HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) représente la première étape d'évolution de la méthode d'accès du réseau mobile de troisième génération UMTS. Cette technologie permet d'obtenir des débits théoriques supérieurs à 10 Mbps sur le lien descendant et de supporter des services à valeur ajoutée, tels que l'accès Internet à haute vitesse, le téléchargement de fichiers audio et vidéo, la réception de programmes télévisés et la visiophonie. Ces améliorations sont rendues possibles grâce à une combinaison de propriétés qui sont à la base du HSDPA et qui consistent à adapter le codage et la modulation en fonction des conditions du canal radio (AMC : *Adaptive Modulation and Coding*) [17].

1.9.2 HSUPA:

High Speed Uplink Packet Access (*HSUPA*) est un protocole de téléphonie mobile de troisième génération (3G), de la famille UMTS, dont les spécifications ont été publiées par le 3GPP dans la « *release 6* » du standard UMTS.

HSUPA est un complément de HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) pour la voie montante. HSUPA, présenté comme le successeur de HSDPA, porte le débit montant (*Uplink*) à 5,8 Mbit/s théorique, le flux descendant (*Downlink*) étant de 14 Mbit/s comme en HSDPA.

L'intérêt d'HSUPA est d'offrir la possibilité d'émettre facilement des contenus volumineux (photos, audio, vidéo) vers d'autres mobiles mais également vers les plates-formes de partage sur Internet. Cette technologie est un pas significatif vers l'accès aux applications *Web 2.0* sur l'Internet mobile.

1.10 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons eu un aperçu sur les différentes générations de réseaux cellulaires à savoir la première génération puis la deuxième génération et finissant avec une évolution vers la 3G. Ensuite nous avons présenté d'une manière générale les principales caractéristiques d'un réseau UMTS, son architecture, les fonctionnalités du réseau UMTS ainsi que son interface radio UTRAN qui est basé sur la technique d'accès multiple WCDMA tout en détaillant ses caractéristiques.

Nous allons voir dans le chapitre qui suit les éléments nécessaires et les étapes à suivre pour procéder au dimensionnement et la planification radio du système UMTS.

Chapitre 2

Dimensionnement du réseau

UMTS

2.1 Introduction :

Le dimensionnement des réseaux cellulaires est une étape très importante dans le cycle de vie des réseaux mobiles. En effet, l'opérateur doit se focaliser sur la planification, avant la mise en œuvre de son réseau, dans le but d'optimiser le coût de déploiement et devenir plus concurrent sur le marché. L'objectif de ce chapitre est d'introduire les outils de base permettant le dimensionnement des NodeB qui représentent l'équipement d'accès pour le réseau.

2.2 Etude de 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 et la configuration des différents éléments du réseau nécessaires. Le dimensionnement fournit des informations pour la planification, le déploiement et l'optimisation du réseau [1].

Nous allons débiter notre travail par le dimensionnement de la couverture.

2.3 Dimensionnement de la couverture

Le dimensionnement de la couverture d'un réseau UMTS permet essentiellement de calculer la taille de la cellule. Le rayon de la cellule est obtenu suite à la réalisation d'un bilan de liaison qui permet de déterminer l'affaiblissement maximal alloué MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*). Cette valeur servira pour le modèle de propagation afin de déterminer le rayon de la cellule. Connaissant la taille de celle-ci, il est possible de déterminer pour la zone à planifier le nombre de stations de base nécessaires.

Les étapes de dimensionnement de couverture sont :

- Bilan de liaison RLB.
- Choix du modèle de propagation.
- Obtenir le rayon cellulaire pour Morphologie différente.
- Estimer du nombre NodeB (sites) dans la vue de couverture.

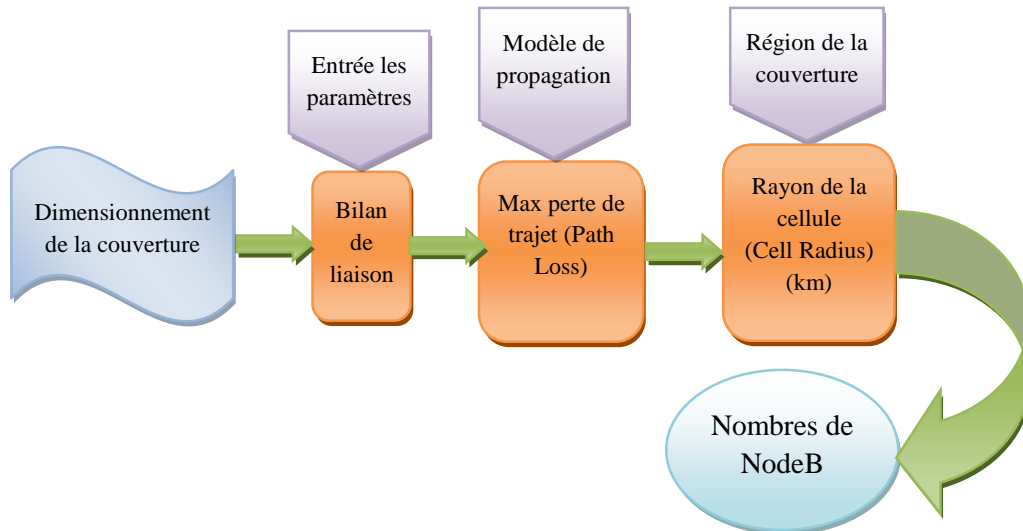


Figure 2.1 : Organigramme de dimensionnement de la couverture.

2.3.1 Bilan de liaison

Le bilan de liaison RLB (*Radio Link Budget*) permet de déterminer l'affaiblissement maximal admissible MAPL (*Max path Loss*) qui donne comme résultat la valeur d'atténuation maximale que la cellule peut supporter en Up Link (UL) et en Dawn Link (DL) et qui pris comme entrée pour les modèles de propagation aboutit à la détermination du rayon maximal de la cellule et par suite le nombre de sites requis [3].

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

La figure 2.2 présente les paramètres considérés pour l'établissement d'un bilan de liaison:

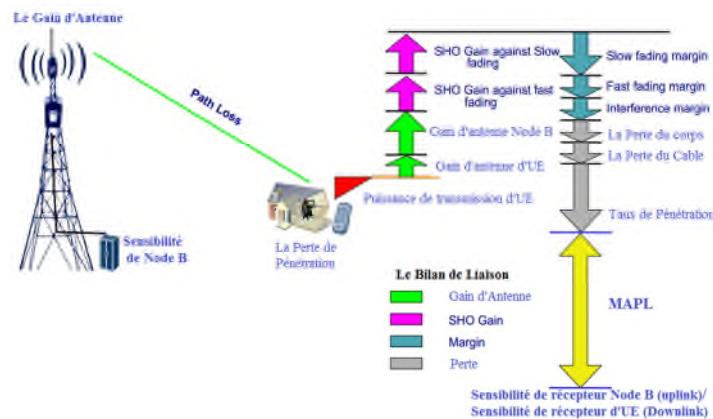


Figure 2.2 : Les paramètres du bilan de liaison.

Une approche générale pour calculer la perte de trajet (*MAPL*) en UL et DL est décrite ci-dessous :

$$PathLoss_{dB} = PIRE_{dB} - RX_{sensibilité} + Gain\ de\ l'antenne\ (G_A) - \sum Pertes - \sum Marge . \quad (2.1)$$

Nous allons définir quelques paramètres du bilan de liaison :

2.3.1.1 Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente (dBm) (PIRE) (EIRP) :

La puissance isotrope rayonnée est la puissance de sortie résultante de l'émetteur prêt à transmettre.

$$PIRE_{dBm} = puissance\ d'émission\ TX - (pertes : câbles, connecteurs...etc) - perte\ du\ corps\ (dB) + Gain\ d'antenne\ (dBi). \quad (2.2)$$

A) Puissance de transmission d'UE (Tx power) :

C'est la puissance d'émission maximale par canal de trafic à la sortie de l'émetteur pour un seul canal de trafic. Un canal de trafic est défini comme étant le trajet de communication entre une station mobile et une station de base utilisée pour le trafic utilisateur et la signalisation.

B) Pertes (câbles, connecteurs...) (Feeder loss) (dB):

C'est l'atténuation du câble coaxial, connecteurs, diplexeur ou triplexeur qui se trouvent entre NodeB et l'antenne (figure 2.3). La perte est symétrique pour l'UL et DL [4].

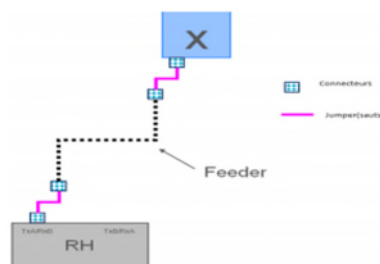


Figure 2.3 : Connexion du système d'alimentation.

C) Pertes du corps (Body Loss) (dB):

La perte du corps est la perte du signal par le corps de l'utilisateur. La perte se produit lorsque le corps de l'utilisateur réside dans le chemin du signal entre la station de base et la station mobile. Autrement dit, la valeur typique de la perte de corps est supposée de l'ordre 3 dB [9].

2.3.1.2 La sensibilité du récepteur (dBm) (The Receiver Sensitivity):

La sensibilité d'un récepteur est par définition le niveau minimal (en μV , dB μV ou dBm) que doit présenter le signal appliqué à l'entrée du récepteur pour pouvoir être démodulé et écouté en sortie [12].

La sensibilité dépend des éléments suivants :

- Le rapport signal sur bruit (E_c/N_o).
- Facteur de bruit (NF).
- Largeur de la bande.
- Température.

Est donnée par :

$$RX_{sensibilité} = E_c/N_o + \text{Facteur de bruit (NF)} + \text{Bruit thermique } (N_{th}). \quad (2.3)$$

Avec:

$$E_c/N_o = E_b/N_o \text{ requis (dB)} - \text{Gain d'étalement } P_G(\text{dB}) \quad (2.4)$$

A) E_b / N_o requis :

C'est le rapport signal sur bruit minimal après le désétalement pour un service donné (12.2Kbps, 64Kbps, 128Kbps, 384Kbps) a pouvoir decoder un tel signal.

- E_b est l'énergie bit du signal d'information (utilisateur).
- N_o est la densité spectrale du bruit en (Watt/Hz).

B) Gain d'étalement P_G (dB) (Processing Gain):

Le gain d'étalement (ou le gain de traitement) est le rapport entre la largeur de bande de propagation (ou RF) et la bande d'utilisateur (bande de base).

Il est donné par la relation suivante :

$$P_G = 10 \log_{10}(W/R) \quad (2.5)$$

Avec :

- W : est le débit de chip, égale à 3.84 MChips.
- R : est le débit binaire de l'utilisateur donné par différentes valeurs selon le tableau 2.1

Débit binaire (kbps)	Gain d'étalement (dB)
12.2	25
64	18
128	15
384	10

Tableau 2.1 : Le gain d'étalement.

C) Facteur de bruit (Noise figure NF):

Le facteur de bruit d'un dispositif électronique, quantifie la dégradation relative du rapport signal sur bruit entre sa sortie et son entrée.

$$\text{Noise figure(NF)} = 10 \log(F) \quad (2.6)$$

Avec :

$$F = \frac{\left(\frac{S}{B}\right)_{\text{entrée}}}{\left(\frac{S}{B}\right)_{\text{sortie}}} \quad (2.7)$$

D) Bruit thermique (Thermal Noise) (N_{th}) :

Le bruit thermique, également nommé bruit JOHNSON, est dû à l'agitation des électrons dans un conducteur.

- Le bruit thermique est défini comme :

$$N_{th} = 10 \log_{10}(KTB) \tag{2.8}$$

Avec :

- K: la constante de Boltzmann égale à $1.38.10^{-23}$ J/K.
- T : la température normale égale à 290K.
- B : bande de fréquence de signal, en WCDMA égale à 3.84 MHz.

2.3.1.3 Gain de l'antenne G_A (dBi) :

Gain de l'antenne G_A est le gain d'une antenne par rapport à une antenne isotropique (une antenne qui rayonne dans toutes les directions).

- Ce gain a une relation avec le type d'antenne utilisé par DJEZZY, il est de 17dBi [14].

Type d'antenne	Ouverture horizontale (°)	Gain d'antenne [dBi]
Omnidirectionnel	360°	11
2-secteurs	90°	18
3-secteurs	65°	18
6-secteurs	33°	20

Tableau 2.2 : Les gains d'antennes des différents types de secteurs[19].

2.3.1.4 Evanouissement :

A) Multi-trajet (fast fading) :

L'onde se compose d'un grand nombre d'ondes diffusées à partir d'irrégularités se déplaçant en mode aléatoire (phénomène de multi-trajet voir Figure 2.4). L'amplitude résultante du signal à un instant quelconque est la somme vectorielle des ondes diffusées, qu'ont chacune une phase aléatoire (la phase suit la *loi uniforme*).

La densité de probabilité de l'amplitude résultante de l'enveloppe est alors représentée par une distribution de *Rayleigh* (en cas de NLOS : non visibilité) et suit une loi de *Rice* (en cas de LOS : visibilité directe) [24].

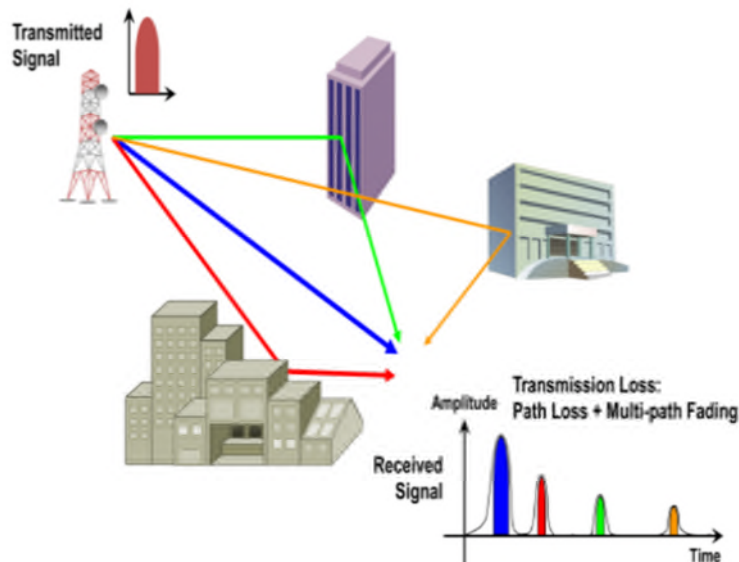


Figure 2.4 : Phénomène de multi-trajet.

B) L'évanouissement lent (slow fading) :

L'évanouissement lent (slow fading) se produit lorsque le temps de cohérence du canal est grand par rapport à la contrainte du retard. Dans ce régime, le changement de l'amplitude et la phase imposé par le canal peut être considéré comme à peu près constant au cours de la période d'utilisation.

L'évanouissement lent peut être causé par des événements tels que les ombres, où une grande obstruction comme une colline, grand bâtiment, arbre ...obscurcit la principale voie de signal entre l'émetteur et le récepteur. Le changement de puissance reçue causé par l'ombrage est souvent modélisé à l'aide d'une distribution *log-normal* avec un écart-type qui dépend du type de clutter (DU, U, SU, RU). Dans les calculs, on considère une marge due à cet évanouissement liée à la probabilité de couverture voulue [20].

Morphology	Dense Urban		Urban		Sub Urban		Rural	
	UL	DL	UL	DL	UL	DL	UL	DL
Area Coverage Probability	95%		95%		95%		90%	
Slow Fading Standard Deviation (dB)	8		8		8		7	
SFM(dB)	7.80	7.80	7.80	7.80	7.80	7.80	4.10	4.10

Tableau 2.3 : Les paramètres d'évanouissement.

La figure 2.5 montre les deux phénomènes (multi-trajet et l'évanouissement lent) :

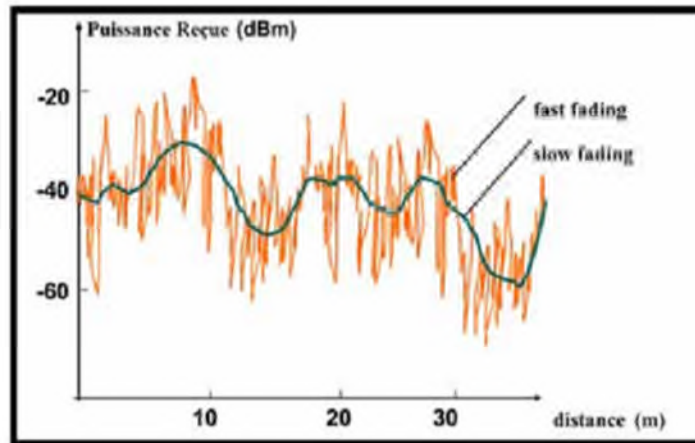


Figure 2.5 : Démonstration des types de fading dans un signal reçu [21].

➤ Etablissement du bilan de liaison

Après avoir détaillé les différents termes du bilan, nous présentons dans le tableau 2.4 un calcul de l'affaiblissement de propagation pour différents environnements (DU, U, SU, RU) :

Morphology	Dense Urban		Urban		SubUrban		Rural	
UL/DL	UL	DL	UL	DL	UL	DL	UL	DL
Sector Type	3 Sector		3 Sector		3 Sector		2 Sector	
Diversity Mode	2 Rx Diversity	No Diversity	2 Rx Diversity	No Diversity	2 Rx Diversity	No Diversity	2 Rx Diversity	No Diversity
User Environment	Indoor		Indoor		Indoor		Indoor	
Cell Edge Channel Model	TU3		TU3		TU3		RA3	
Cell Edge Continuous Coverage Service	PS 128	PS 384	PS 128	PS 384	PS 128	PS 384	PS 128	PS 384
Cell Edge Service Rate(kbps)	128	384	128	384	128	384	128	384
SHO Gain	3	3	3	3	3	3	3	3
TX								
Max UE Power UL/Pilot Channel TX Power (dBm) DL	21	33	21	33	21	33	21	33
Feeder Loss (dB)	0	3	0	3	0	3	0	3
Body Loss (dB)	0	0	0	0	0	0	0	0
Antenna Gain (dBi)	0	17	0	17	0	17	0	17
EIRP (dBm)	21	47	21	47	21	47	21	47
RX								
Antenna Gain (dBi)	17	0	17	0	17	0	17	0
Feeder Loss (dB)	3	0	3	0	3	0	3	0
Body Loss (dB)	0	0	0	0	0	0	0	0
NodeB/UE Noise Figure (dB)	2,6	7	2,6	7	2,6	7	2,6	7
thermal noise density (dBw)	-203,98	-203,98	-203,98	-203,98	-203,98	-203,98	-203,98	-203,98
thermal noise density (dBm/hz)	-173,98	-173,98	-173,98	-173,98	-173,98	-173,98	-173,98	-173,98
thermal noise (dBm)	-108,13	-108,13	-108,13	-108,13	-108,13	-108,13	-108,13	-108,13
Receiver noise (dBm)	-105,53	-101,13	-105,53	-101,13	-105,53	-101,13	-105,53	-101,13
Required Eb/No(Ec/No) (dB)	1,18	3,8	1,18	3,8	1,18	3,8	0,15	5,3
process gain (dB)	14,77	10	14,77	10	14,77	10	14,77	10
Receiver Sensitivity (dBm)	-119,13	-107,33	-119,13	-107,33	-119,13	-107,33	-120,16	-105,83
Target Load	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Interference Margin (dB)	3,01	4,63	3,01	4,63	3,01	4,63	3,01	4,63
FFM (dB)	0,36	0	0,36	0	0,36	0	1,65	0
Min. Received Signal Strength (dBm)	-132,75	-102,7	-132,75	-102,7	-132,75	-102,7	-132,49	-101,2
Path Loss								
Penetration Loss (dB)	20		18		15		8	
Area Coverage Probability	0,95		0,95		0,95		0,9	
Slow Fading Standard Deviation (dB)	8		8		8		7	
SFM (dB)	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	4,1	4,1
SFM(dB) (SHO gain =3 included)	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	1,1	1,1
Path Loss (dB)	128,95	124,9	130,95	126,9	133,95	129,9	144,39	139,1

Tableau 2.4 : Les paramètres de bilan de liaison.

2.3.2 Modèle de propagation :

Les modèles de propagation décrivent la propagation moyenne des signaux dans un environnement donné. Celle-ci peut être utilisée pour convertir l'atténuation maximale permise issue du bilan de liaison en une distance correspondant au rayon maximal de la cellule. Il n'existe pas un modèle de canal unique, mais plusieurs modèles de canaux radio-mobiles. Parmi ces modèles, citons le modèle COST231- HATA [19].

Ce modèle peut être utilisé dans tous les types d'environnement, il est basé sur la supposition que l'onde transmise se propage au-dessus des toits des bâtiments avec une diffraction multiple, et les bâtiments sont supposés à hauteurs égales et uniformément espacés.

Le modèle COST231-Hâta s'applique aux fréquences comprises entre 1500 et 2000 MHz. Le modèle s'exprime en dB est donné par [18].

$$Total (PL)_{(dB)} = A1 + A2 \log (f) + A3 \log (Hb) + [B1 + B2 \log (Hb)] \log (d) - a (Hr) + C_{clutter} \quad (2.9)$$

Avec:

- $a (Hr) = [1.1 \log (f) - 0.7] Hr - [1.56 \log (f) - 0.8]$
- f : fréquence comprise en MHz.
- Hb : Hauteur de la station de base (30~200m).
- Hr : Hauteur de la station mobile (1~10m).
- d : Diamètre de la cellule en km (1~20km).
- Lu : perte de propagation dans l'espace.

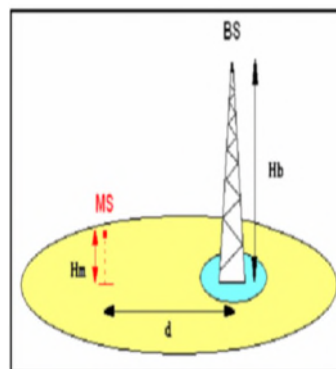


Figure 2.6 : Evaluation de l'affaiblissement de parcours.

➤ **Remarque :**

Le modèle de propagation doit être calibré pour correspondre à la réalité, une étape préliminaire et importante avant de débiter un projet de planification sur un outil radio. En effet les résultats de propagation doivent être en corrélation avec les mesures faites sur le terrain. Ceci devra être obtenu en introduisant les bons paramètres au niveau du modèle de propagation.

2.3.3 Estimation du rayon de la cellule :

En exploitant le bilan de liaison, le rayon de la cellule peut être facilement déterminé en adoptant un modèle de propagation, dans notre travail, nous avons utilisés le modèle COST 231 HATA calibré avec les paramètres **A1** et **B1** ci-dessus et avec une hauteur d'antenne de la station de base de 25 m (Rural 30m) et une hauteur d'antenne du terminal de 1.5 m ainsi qu'une fréquence de 2 140 MHz.

En effet, le modèle de propagation permet de déterminer la portée maximale d'un site à partir de la perte maximale permise dans ce milieu. Et avec un affaiblissement calculé, on peut tirer le rayon des cellules de la zone à planifier.

- L'équation pour calculer la distance de Rayon cellulaire (d) (Cell Radius) en kilomètres est la suivante [22] :

$$d = R = 10^\alpha \quad (2.10)$$

- Avec la formule COST231-HATA calibré ($Total(PL)$) on obtient :

$$\alpha = \frac{Total(PL) - (A1 + 33.82 \log(f) - 13.82 \log(Hb) + a(Hr))}{(B1 - 6.55 \log(Hb))} \quad (2.11)$$

➤ **Application :**

On utilise le modèle de propagation de COST231-HATA, pour les différents services présentés dans le bilan de liaison, on cherche à estimer le rayon des cellules pour chaque environnement.

➤ On utilise la formule suivante de :

$$d=10^{((Total(PL) - (A1 + 33.82 \log(f) - 13.82 \log(Hb) + a(Hr)))/(B1 - 6.55 \log(Hb)))} \quad (2.12)$$

	Dense Urban		Urban		Sub Urban		Rural	
	UL	DL	UL	DL	UL	DL	UL	DL
Path Loss (dB)	128,95	124,9	130,95	126,9	133,95	129,9	144,39	139,1
UE Antenna Height (m)	1,5		1,5		1,5		1,5	
NodeB Antenna Height (m)	25		25		25		30	
Frequency (MHz)	1950	2140	1950	2140	1950	2140	1950	2140
Propagation Model	Cost231-Hata		Cost231-Hata		Cost231-Hata		Cost231-Hata	
Cell Radius R_{ul}/R_{dl} (km)	0,44	0,31	0,64	0,45	0,87	0,61	5,66	3,6
Cell Radius_(km)(d)	0,31		0,45		0,61		3,6	

Tableau 2.5 : Estimation du rayon de la cellule.

2.3.4 Estimation du nombre de NodeB:

Le calcul des rayons permet d'estimer la surface couverte par chaque site. Cette surface est donnée dans la figure 2.7 :

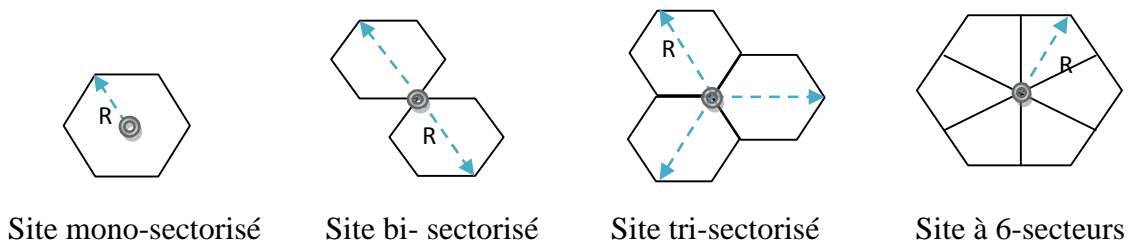


Figure 2.7 : Différents types de cellules.

Le tableau 2.6 donne un aperçu sur les surfaces de couverture pour différents types des antennes selon le rayon R :

Configuration de site	Surface de couverture (S_c)
Omnidirectionnel	$2,6.R^2$
2-secteurs	$1,3.R^2$
3-secteurs	$1,95.R^2$
6-secteurs	$2,6.R^2$

Tableau 2.6 : Estimation de la surface couverte.

En connaissant la surface totale de la zone à couvrir (Clutter) (Tableau 2.7), le nombre de site est obtenu par une simple division de cette surface par la surface de couverture d'un site [23].

- Comme on peut calculer cette surface par la formule suivante [7].

$$N_s = S_z / S_c \quad (2.13)$$

Avec :

- N_s : Nombre de site (Node B).
- S_z : la surface totale de la zone à couvrir (clutter) (DU/U/SU/RU).
- S_c : surface d'une cellule.

Avec :

$$S_c = k.R \quad (3.15)$$

- R : est la distance du rayon de la cellule ($R = \text{Min}(R_{UL}; R_{DL})$).
- k : est une constante, donnée suivant le nombre de secteur (Tableau 2.6).

Pour notre cas on est positionné à travailler sur une configuration des sites **bi-sectorisation** et **tri-sectorisation**.

➤ **Application :**

Le tableau 2.7 illustre les résultats obtenus pour le rayon de couverture par site et le nombre de sites pour les différents services à déployer pour les différents types d'environnement :

Environnement	Surfaces (S _z) (Km ²)	Rayon de couverture (km)			
		UL/DL 12,2 Kbps	UL/DL 64 Kbps	UL/DL 128 Kbps	UL 128 Kbps/DL 384 Kbps
DU	3,5732	0,66	0,51	0,42	0,31
U	7,2992	0,96	0,74	0,61	0,45
SU	2,9436	1,09	1,01	0,83	0,61
RU	12,44	6,63	6,11	4,98	3,6
Nombres des sites		13	17	22	45

Tableau 2.7 : Résultats obtenus pour le dimensionnement.

2.4 Dimensionnement de la capacité :

La vérification de la taille des cellules et le nombre des sites obtenue par l'analyse de couverture, sera effectué par la capacité. On va vérifier si le système peut supporter la charge demandé sinon de nouveaux sites doivent être ajoutés.

La rentabilité du réseau est étroitement liée à sa capacité, c'est-à-dire à la quantité d'information pouvant être échangée simultanément. Dans un contexte mono service, le nombre d'utilisateurs définit la capacité. Dans le système UMTS, où plusieurs services seront offerts et où la consommation en ressources radio diffère d'un service à un autre, plutôt que de raisonner sur le nombre de mobiles, la capacité peut être définie par l'un ou plusieurs des paramètres suivants : le débit global écoulé dans le réseau, le nombre maximal de communications à savoir le nombre de codes disponibles, mais aussi des interférences.

Donc la capacité dépend de la distribution de trafic dans le réseau et de ses caractéristiques. Et ceci peut être fait par une simulation aléatoires de scénarios (simulation de Monté Carlo).

2.5 Conclusion :

Le dimensionnement est une étape fondamentale dans la planification d'un réseau, elle constitue la liaison entre le réseau vue en termes d'équipement et l'environnement à desservir.

C'est pour cette raison qu'il est indispensable d'intégrer le maximum d'informations relatives au terrain.

Au cours de ce chapitre nous avons évoqué toutes les étapes en relation avec la réalisation de l'application. Une autre étape constitue d'une planification détaillée. Ils permettent de donner une idée initiale importante sur le nombre de sites radio à déployer et les coûts de l'infrastructure engendrés. Cette étape est désignée dans le prochain chapitre pour la ville Bordj El Bahri et Bordj El Kiffan (BB-BK) à Alger.

Chapitre 3

Planification et optimisation

du réseau UMTS

3.1 Introduction :

Les résultats de simulation décrits dans ce chapitre sont le fruit des outils de dimensionnement Atoll. On va entamer alors la phase de conception, réalisation et validation des outils, qui visent essentiellement à assurer le dimensionnement des NodesB selon la couverture et la capacité en (UL) et (DL). Notre proposition est inspirée suite à un stage au centre national d'Alger (Djezzy), pour un réseau qui comporte quatre environnements (urbain dense ; urbain ; suburbain ; rural), ce qui correspond à l'élaboration des données nécessaires pour la planification (rayon de cellule, calibration d'un modèle de propagation, emplacement des Nodes B,...).

3.2 Organisation de la procédure du dimensionnement :

Dans ce paragraphe, nous montrons l'organigramme de simulation mis en œuvre dans le logiciel Atoll pour réaliser une planification réseau UMTS de façon générale (figure 3.1). Dans les paragraphes qui suivent dans ce rapport, nous expliquons en détails les réflexions, et manipulations effectuées.

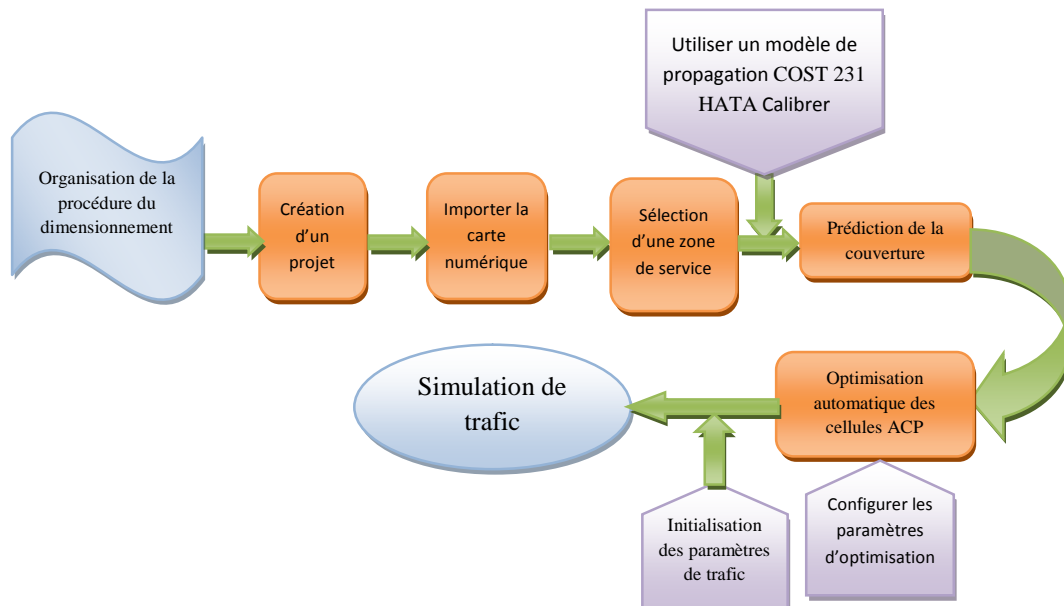


Figure 3.1 : Organigramme de simulation.

3.2.1 Description d'Atoll :

Atoll est un logiciel de dimensionnement, planification, prédiction et simulation pour les systèmes de la radio diffusion.

- Il permet de simuler la couverture radio de chaque cellule à l'aide d'algorithmes de prédiction.
- Il prend en compte la géographie des sites, type d'émetteur, environnement, modèle de propagation radio et caractéristiques du NodeB (Titl, Azimuth...).

3.2.2 Etude d'un cas général :

Dans cette partie, nous nous sommes intéressés au cas général qui concerne la partie Est de la ville d'Alger.

Les fichiers permettant cela sont les documents cartographiques fournis par *Djezzy Telecom*. Nous les détaillerons plus avant lors du chargement de ces fichiers et dans les annexes.

3.2.3 Test d'application :

Nous avons effectué la simulation de la couverture radio de la ville de Bordj El Bahri et Bordj El Kiffan (BB-BK) à Alger. L'objectif est de proposer une solution optimale pour assurer une couverture totale de cette région et de maintenir une bonne qualité de service.

3.3 Création d'un projet :

Tout d'abord il est utile de créer un nouveau dossier où l'on enregistrera tous les fichiers créés lors des différentes étapes du projet de la création de la zone de service, à l'analyse de couverture et jusqu'aux calculs de performance.

Pour une création d'un projet voir Annexe C.

Présentation de la région à planifié à l'intérieur d'un polygone :

La figure 3.2 présente la carte de la zone géographique à dimensionner, il s'agit de Bordj El Bahri Bordj El Kiffan situées dans ville d'Alger, qui couvre une superficie de plus de 26.50 km², dont la population avoisine les 238 000 habitants.

Pour importer la carte voir Annexe C.



Figure 3.2 : Carte de la ville de BB-BK (Alger) via Google Earth.

3.4 Définition de la zone de service (service area) :

Il convient de définir la zone à couvrir. Dans notre cas, nous avons choisi de délimiter seulement BB-BK dans un premier temps puis d'étendre sur toute la carte. Les résultats détaillés ici sont ceux issus de la deuxième couverture, la zone la plus étendue.

La zone d'intérêt doit être choisie en fonction des objectifs de déploiement et des futurs résultats escomptés.

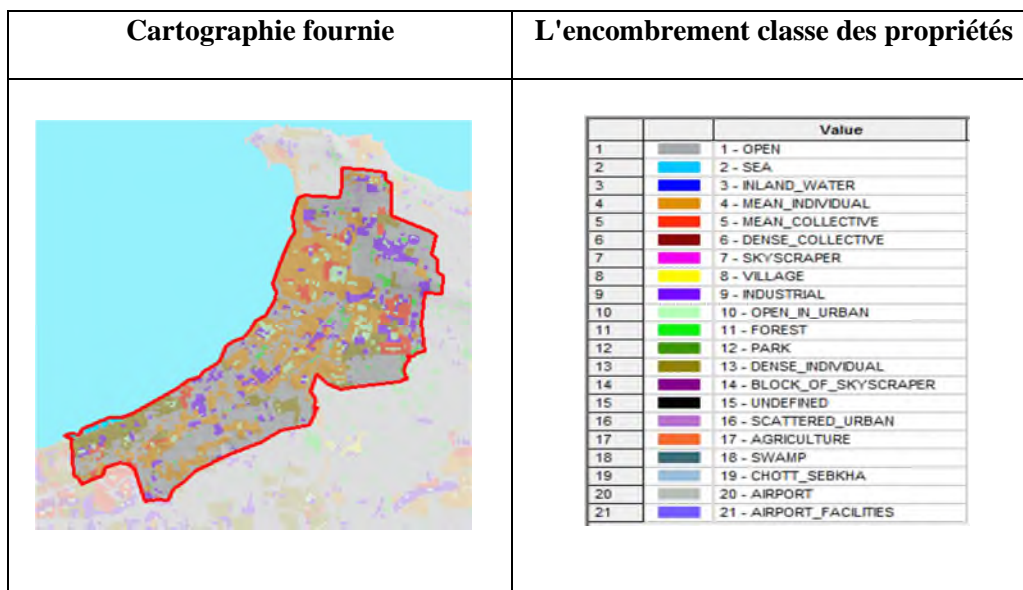


Figure 3.3 : Zone géographique de la ville de BB-BK (Alger) dans Atoll et sa composition.

3.4.1 Calibration d'un modèle de propagation sur Atoll :

La calibration du modèle de propagation est l'étape préliminaire la plus importante avant de débiter un projet de planification sur l'outil. En effet les résultats de propagation doivent être en corrélation avec les mesures faites sur le terrain. Ceci devra être obtenu en introduisant les bons paramètres au niveau du modèle de propagation.

Le tableau 3.1 montre les paramètres trouvés après calibration du modèle de propagation effectuée par l'équipe radio de *Djezzy*, pour différents environnements :

Environnements	A1	B1
DU	49	46,15
U	46	45,96
SU	44	45
RU	27,81	43,57

Tableau 3.1 : Paramètres calibrés de COST 231 HATA.

On applique les paramètres calibrés (A1, B1) pour différents environnements dans le bilan de liaison (pour estimer le rayon de la cellule) et même dans l'outil de prédiction Atoll.

Nous prenons comme exemple un environnement Dense Urbain (DU) (qui est présenter dans la figure 3.4)

La formule de COST231 HATA :

$$L_u = A1 + 33,9 \log f - 13,82 \log H_b + (B1 - 6,55 \log H_b) \log d$$

Avec :

$$A1 = 49$$

$$B1 = 46,15$$

La formule de COST231 HATA calibré :

$$L_u = 49 + 33,9 \log f - 13,82 \log H_b + (46,15 - 6,55 \log H_b) \log d$$

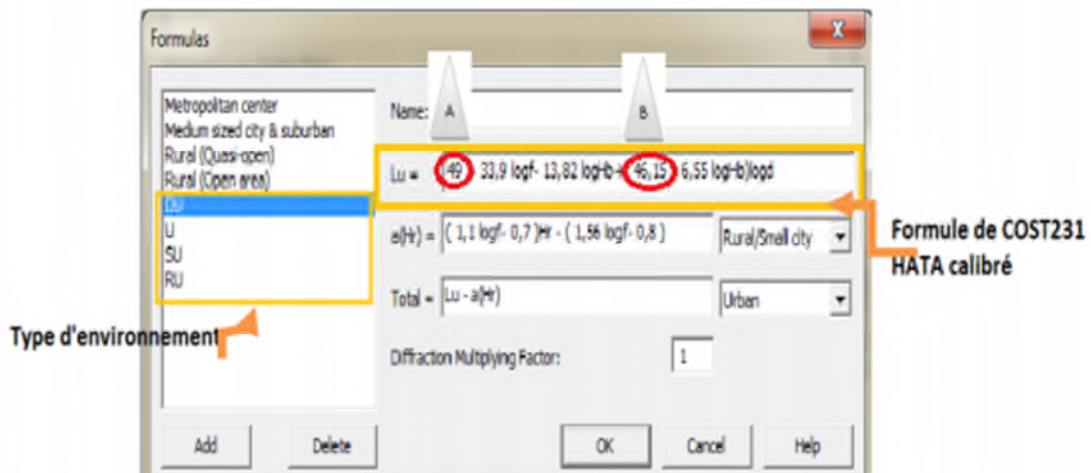


Figure 3.4 : Paramètres calibrés de la formule de COST-HATA pour l'environnement DU sur Atoll.

3.4.2 Classification du cluster :

Après avoir entré tous les paramètres calibrés du modèle dans différents environnements sur Atoll, nous avons dans ce qui suit une classification du cluster de la ville BB-BK selon le DU, U, SU et RU, comme illustre la tableau 3.5 :

Clutter Class	Formule
Default formula	Medium sized city & suburban
1 - OPEN	RU
2 - SEA	RU
3 - INLAND_WATER	RU
4 - MEAN_INDIVIDUAL	U
5 - MEAN_COLLECTIVE	DU
6 - DENSE_COLLECTIVE	DU
7 - SKYSCRAPER	DU
8 - VILLAGE	SU
9 - INDUSTRIAL	SU
10 - OPEN_IN_URBAN	RU
11 - FOREST	SU
12 - PARK	SU
13 - DENSE_INDIVIDUAL	DU
14 - BLOCK_OF_SKYSCRAPER	DU
15 - UNDEFINED	RU
16 - SCATTERED_URBAN	U
17 - AGRICULTURE	SU
18 - SWAMP	RU
19 - CHOTT_SEBKHA	RU
20 - AIRPORT	RU
21 - AIRPORT_FACILITIES	U

Tableau 3.2 : Classification du cluster selon Atoll.

3.4.3 Installation des sites :

Ainsi, pour toute la région, nous avons atteint le nombre total de 40 sites. Dans la fenêtre d'Atoll (Tableau 3.3), on clique doublement sur le dossier « Sites » (ou on clique avec le bouton droit sur le dossier « Sites » et on sélectionne « open table ») afin d'importer les 40 sites choisis par l'opérateur à partir d'un fichier Excel qui contient toutes les informations essentielles.

Name	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Max No. of UL CEs	Max lub UL Backhaul Throughput (kbps)	Max No. of DL CEs	Max lub DL Backhaul Throughput (kbps)	Equipment	Con
A18X109	3,25026E	38,7917N	[17]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X119	3,21981E	38,7493N	[11]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X130	3,23882E	38,7638N	[18]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X144	3,2585E	38,7892N	[12]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X177	3,24808E	38,7805N	[18]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X178	3,23112E	38,7785N	[1]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X182	3,18916E	38,7463N	[12]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X305	3,17851E	38,7437N	[11]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X393	3,23484E	38,7589N	[12]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X395	3,26336E	38,7674N	[12]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X396	3,2493E	38,7642N	[16]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X397	3,25882E	38,778N	[23]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X478	3,23779E	38,7863N	[2]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X479	3,24148E	38,77N	[8]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X483	3,20182E	38,7445N	[11]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X486	3,20186E	38,7514N	[4]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X523	3,23709E	38,7823N	[2]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	
A18X519	3,24855E	38,7839N	[11]	256	12 288	256	12 288	Default Equipment	

Tableau 3.3 : Installation des sites.

De la même manière, on peut importer les secteurs « Transmitters » et les cellules « Cells » dans le polygone, pour obtenir la carte décrite dans la figure 3.5 :

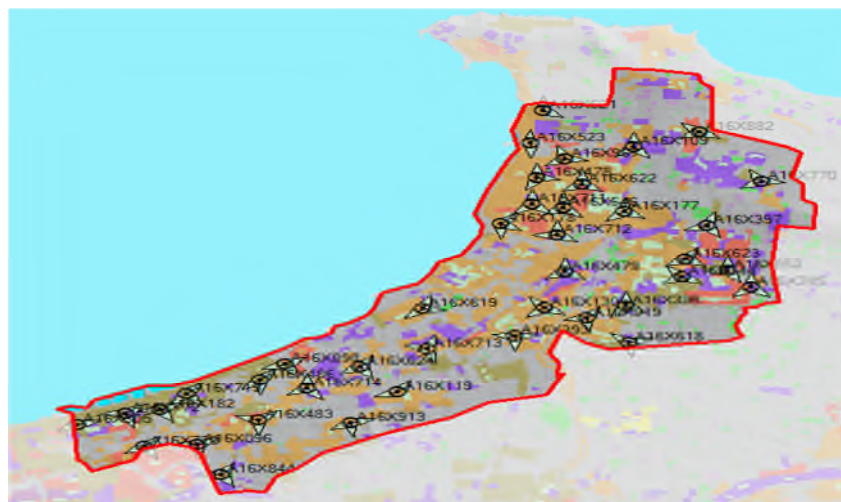


Figure 3.5 : L'emplacement des « sites, secteurs et cellules » dans le polygone.

On exporte les coordonnées GPS des sites positionnés sur la carte d'interface d'Atoll, ce qui nous permet à l'aide d'un logiciel MAP Info de voir le positionnement des sites réellement sur Google Earth, comme illustre la figure 3.6 :



Figure 3.6 : Positionnement des sites dans la ville de BB-BK (Alger) via Google Earth.

3.5 Prédiction de la couverture :

Le but de cette phase est d'assurer un fonctionnement optimal du réseau. Une méthode d'essai pour vérifier la fonctionnalité du réseau soit en couverture débit ou exigences de qualité.

Après avoir déployé le réseau, on utilise l'outil Atoll pour réaliser plusieurs prédictions afin de mieux connaître la propagation des signaux émis par les émetteurs et de détecter les endroits où le niveau de signal (RSCP) ou la qualité (E_c/N_0) sont dégradés. Pour le HSPA, ce sont des services tels que vidéo conférence, l'accès à l'internet...

Tous ces types de services seront configurés de manière à ce que tous les utilisateurs puissent y accéder même en mobilité. Nous configurons ces services de manière à leurs associer des débits et des priorités.

3.5.1 Déploiement de la 3G sur les sites 2G (cas réel de Djazzy) :

Un réseau UMTS a été déployé en conservant l'emplacement des sites 2G. Cette méthode présente **40 sites** 3G qui seront installés sur des emplacements déjà fixés dans la deuxième génération, sachant que le nombre de sites 3G calculés par le bilan de liaison est d'environ **45 sites**.

On effectue des prédictions en terme de : RSCP (Niveau reçue du pilot CPICH), E_c/N_0 (Qualité Energie chip par Bruit); Zones de Recouvrement; Débit fournie en UL (HSUPA) et DL (HSDPA) afin de positionner les nouveaux sites.

3.5.2 Résultats de prédiction :

Les prédictions sont effectuées sur la zone de calcul (computation zone), sachant qu'on a utilisé comme donnée, pour :

La prédiction RSCP, E_c/I_0 et Zone de Recouvrement :

- Puissance maximale = 43 dBm.
- Saturation de la cellule (en UL 50% et DL 50%).
- Puissance CPICH = 33 dBm.

La prédiction HSDPA, HSUPA :

- Une seule porteuse (One carrier)
- Puissance Allouée HSDPA = 40 dBm.
- Saturation de la cellule (en UL 50% et DL 50%).
- Nombre de code Min =5 et Max =15.
- Puissance Max du mobile HSUPA =24 dBm.
- Catégorie du mobile : en DL (HSDPA) est 14, et en UL (HSUPA) est 6.

Les résultats de prédiction sont illustrés dans les cinq figures ci-dessous :

3.5.2.1 Prédiction par Niveau de signal (RSCP) :

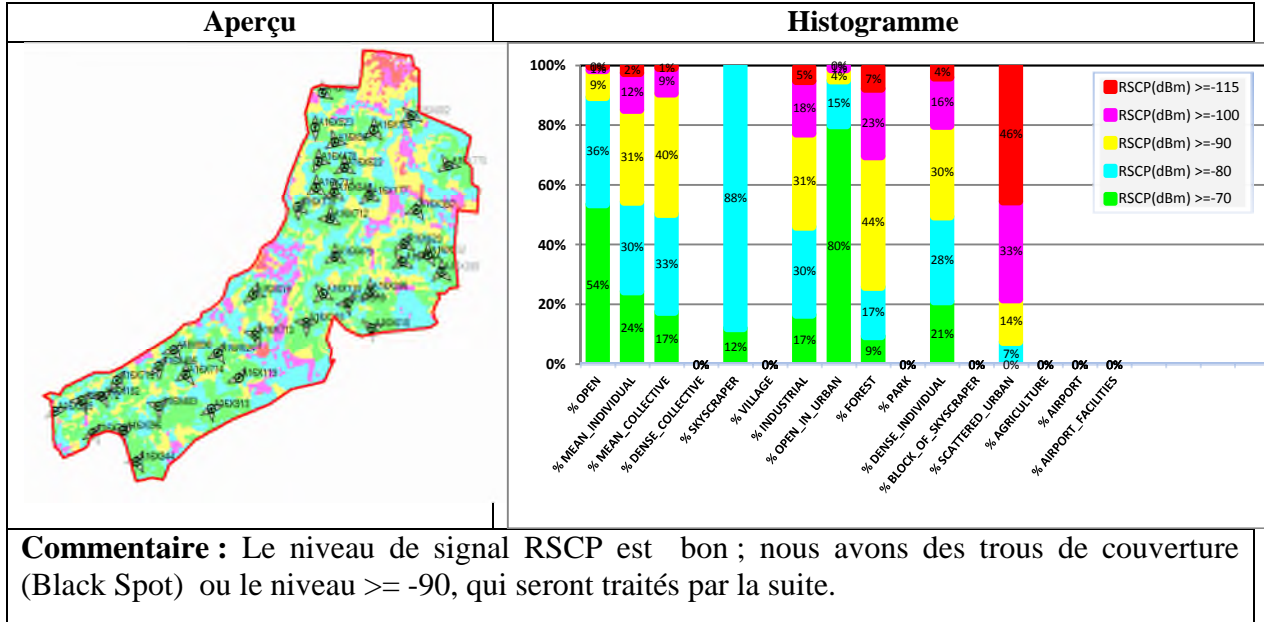


Figure 3.7 : Prédiction du niveau de signal (RSCP).

3.5.2.2 Prédiction de Qualité E_c/I_0 :

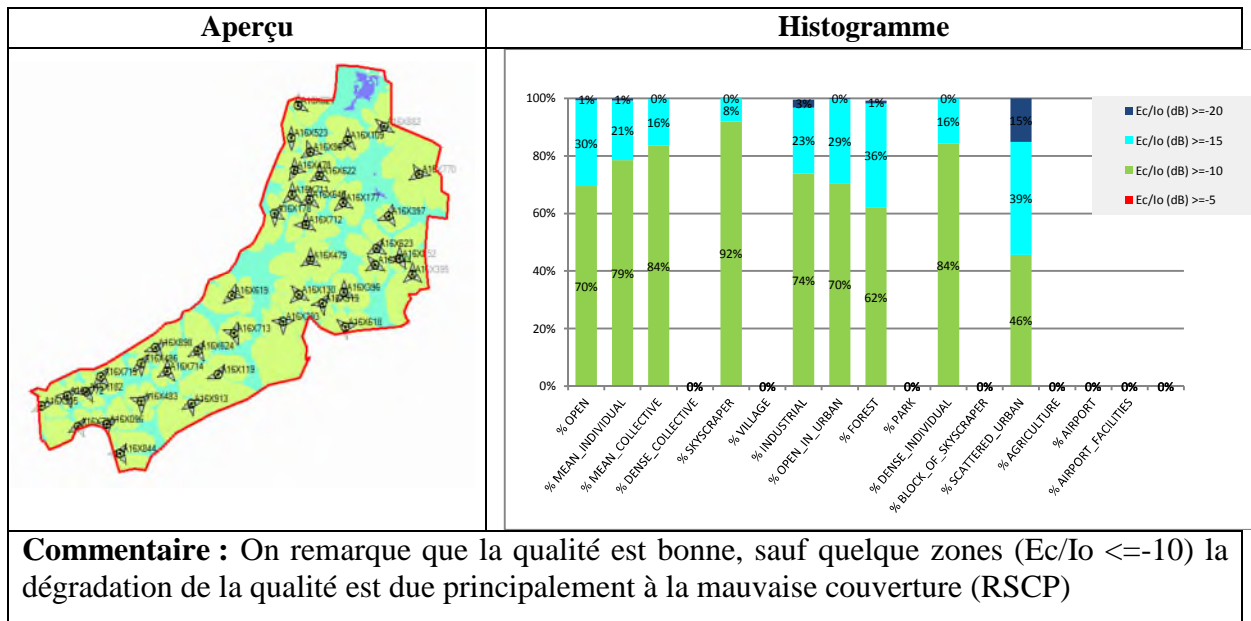


Figure 3.8 : Prédiction de qualité E_c/I_0 .

3.5.2.3 Prédiction de Zone de recouvrement (overlapping zone) :

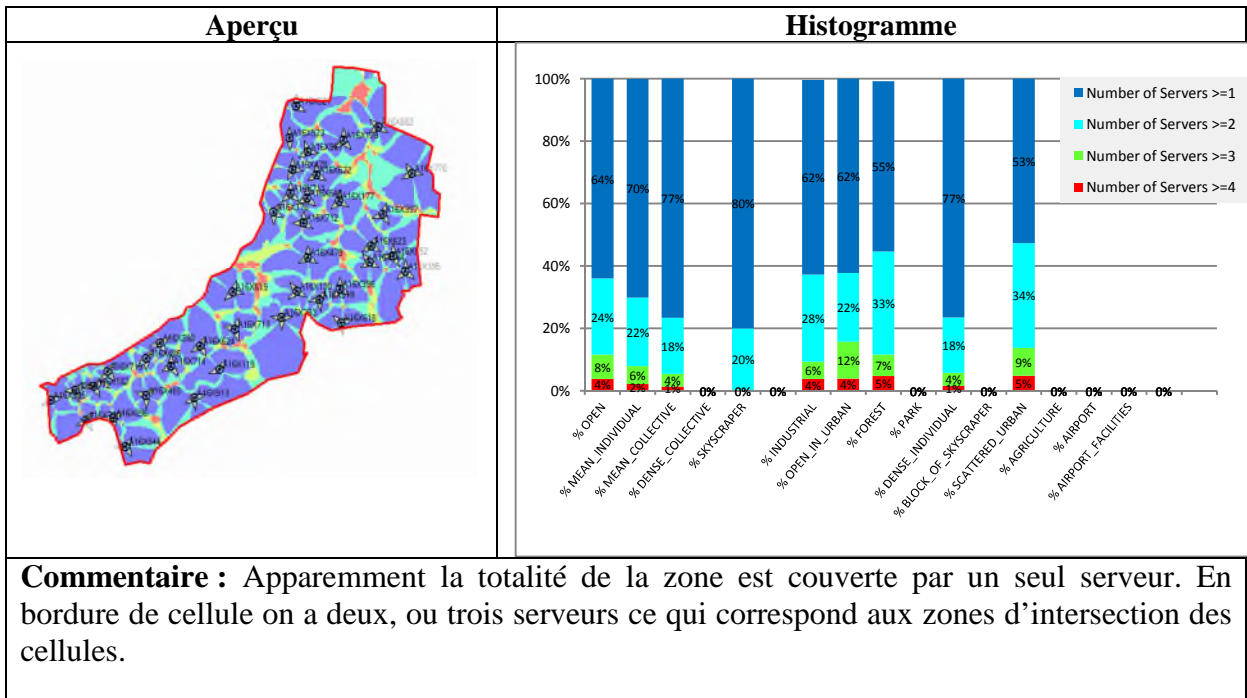


Figure 3.9 : Prédiction de la zone de recouvrement.

3.5.2.4 Prédications de débit fourni en DL (HSDPA Throughput) :

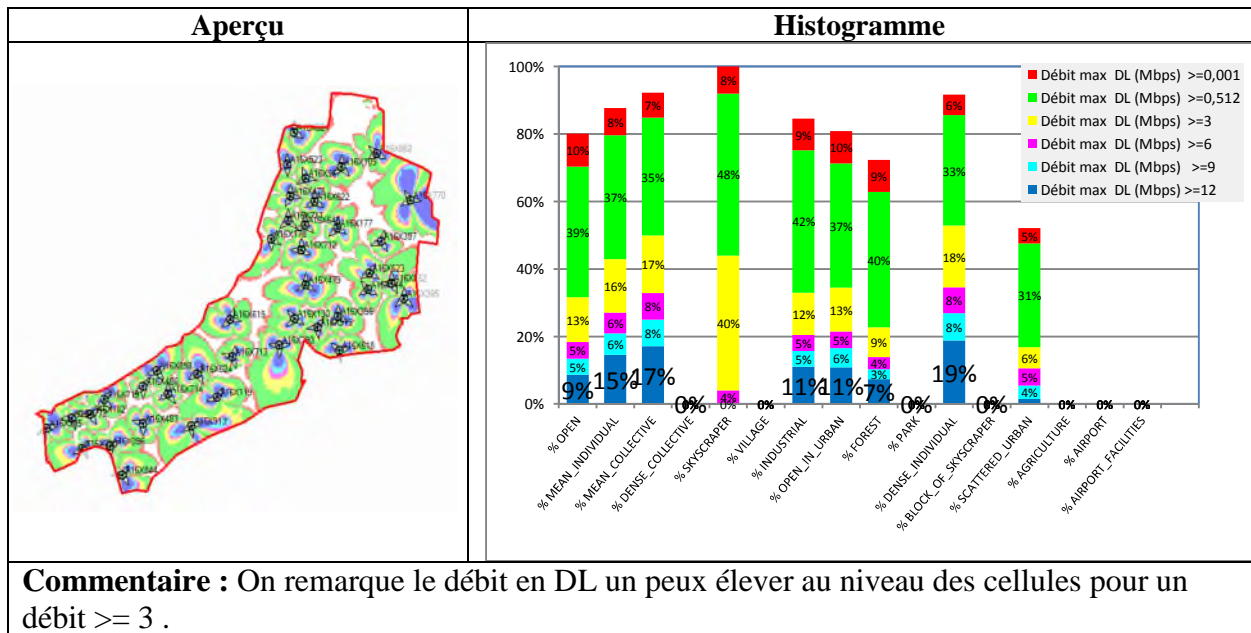


Figure 3.10 : Prédiction de débit fourni en DL (HSDPA Throughput).

3.5.2.5 Prédiction de débit fournie en UL (HSUPA Throughput) :

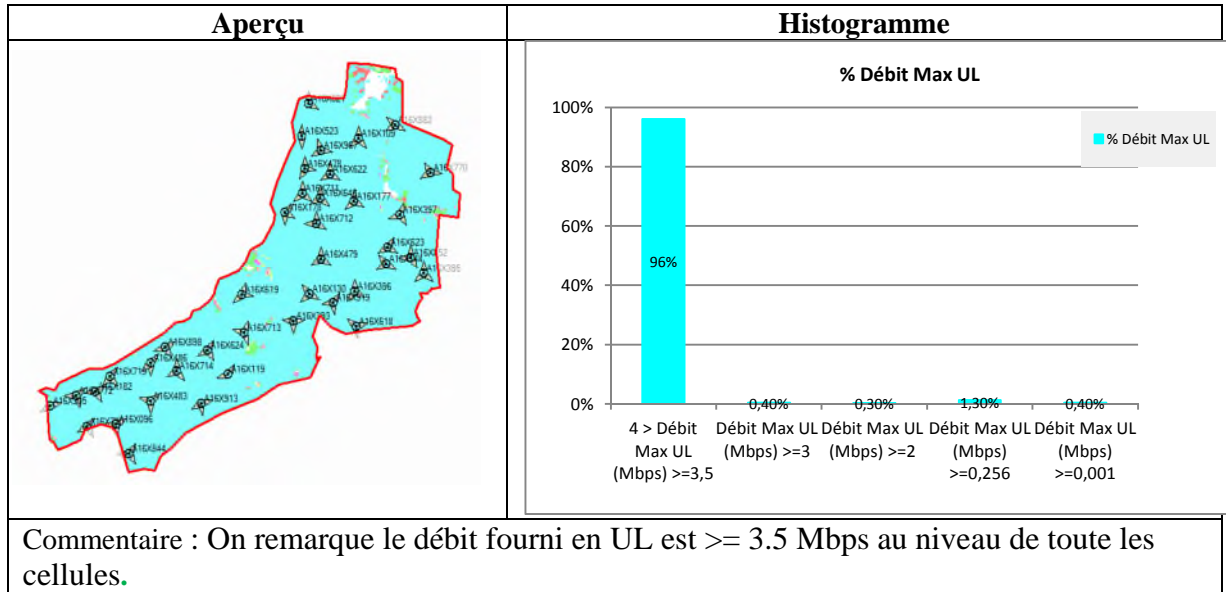


Figure 3.11 : Prédiction de débit fournie en UL (HSUPA Throughput).

3.6 L'optimisation du réseau l'UMTS :

L'optimisation en réseau UMTS est une stratégie pour améliorer la qualité, faciliter la gestion et réduire les coûts de l'infrastructure du réseau. Au cours du déploiement initial, l'objectif est souvent de fournir une couverture maximale au titre des contraintes budgétaires. Une fois le réseau initial est déployé ; l'amélioration du réseau :

- 1- vise à combler les trous de couverture et de fournir une capacité maximale par l'ajout de sites, pendant cette phase, le rôle d'optimisation est de sélectionner l'emplacement idéal des nouveaux sites.
- 2- Lancement de l'optimisation automatique des cellules(ACP)

3.6.1 Optimisation par l'ajout des sites :

Après la prédiction, les trous de couverture sont définis dans la figure 3.12, une installation des nouveaux sites est nécessaire afin d'obtenir une bonne couverture et la qualité requise.

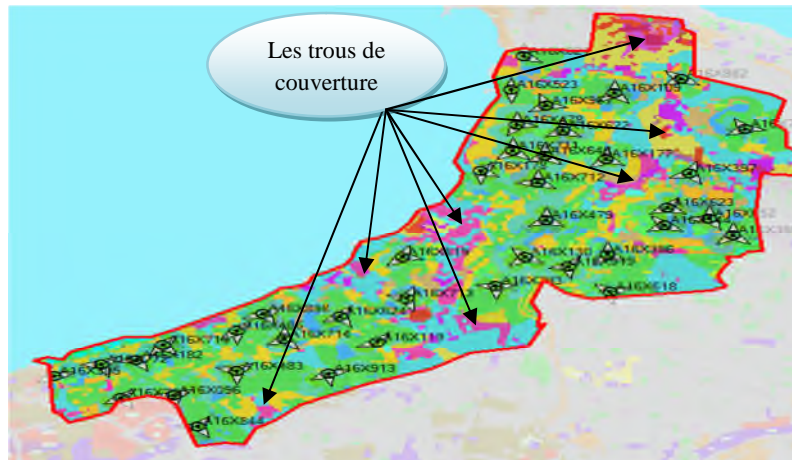


Figure 3. 12 : Les prédictions par niveau de signal sur la carte géographique du Google.

Dans cette planification, on utilise le logiciel *Map Info*, qu'est possible cette fois ci : Pour disposer les prédictions calculées (couverture et qualité à partir du logiciel *Atoll*), qui vont nous aider à positionner les sites dans les trous de couverture (Black Spot), ou dégradation de signal. Comme illustre la figure 3.13 :



Figure 3.13 : L'installation de tous les sites de bilan de liaison.

3.6.2 Optimisation automatique des cellules (ACP) :

Une fois l'interprétation des prédictions de base faite, et l'ajout des sites (régler les trous de couverture) réalisé, on passe à l'étape qui permet de relocaliser ou ajuster les paramètres des sites pour augmenter la couverture, afin d'optimiser les résultats. Cette relocalisation se fait grâce à la procédure ACP (Automatique celles planning), peut être utilisée soit avec les réseaux déjà existants ou avec des réseaux des phases initiales de planification.

L'ACP calcule l'amélioration qu'il peut apporter au réseau de la manière suivante :

- Lors de l'optimisation d'un réseau, en phase de planification sous Atoll est de détecter d'éventuelles zones aveugles et essayer de les éliminer en procédant à un déplacement de site,
- Sélection du type d'antenne pour chaque émetteur : L'ACP sélectionne la meilleure antenne à partir du groupe d'antennes attribué à cet émetteur.

Un changement :

- Azimuts (orientation des secteurs) pour les nouveaux sites.
- Puissance (Power CPICH).
- L'inclinaison de l'antenne (Tilt).

3.7 Résultat d'Optimisation des sites UMTS :

Tableau 3.4 montre les corrections automatiques d'optimisation faites sur les sites (Azimuts, tilts, Puissance CPICH) après l'application de l'ACP afin d'obtenir une meilleure couverture :

Cell Name	Use	PIL	Azi	Tilt	Quality RSCP (%)		Quality SCFO (%)		Pilot Power (dBm)		Azimuth		Mechanical Tilt	
					Initial	Final	Initial	Final	Initial	Final	Initial	Final	Initial	Final
A100000_0					91.11	100.00	91.11	100.00	35.99	35.99	150	150	0	0
A100000_1					100.00	100.00	92.96	100.00	43.99	43.99	270	270	0	0
A100000_2					73.71	88.88	78.39	89.07	35.99	35.99	0	0	0	0
A100000_3					100.00	100.00	88.96	89.45	43.99	43.99	180	180	0	0
A100000_4					100.00	100.00	84.11	88.98	35.99	35.99	270	270	0	0
A100000_5					81.24	82.78	86.47	89.03	35.99	35.99	150	150	0	0
A100000_6					81.72	89.10	89.62	89.79	35.99	35.99	240	240	0	0
A100000_7					81.08	81.81	73.53	100.00	35.99	35.99	210	210	0	0
A100000_8					81.45	81.11	82.91	89.72	35.99	35.99	60	60	0	0
A100000_9					100.00	100.00	79.29	88.08	35.99	35.99	150	150	0	0
A100000_10					81.98	81.98	88.05	89.72	35.99	35.99	250	250	0	0
A100000_11					88.83	85.84	82.32	89.00	35.99	35.99	70	70	0	0
A100000_12					89.69	88.68	86.43	100.00	35.99	35.99	170	170	0	0
A100000_13					86.47	86.94	81.57	88.53	35.99	35.99	240	240	0	0
A100000_14					96.57	100.00	82.14	86.51	35.99	35.99	30	30	0	0
A100000_15					100.00	100.00	84.59	89.84	35.99	35.99	170	170	0	0
A100000_16					86.50	100.00	85.90	100.00	35.99	35.99	260	260	0	0
A100000_17					86.28	86.95	77.83	88.84	35.99	35.99	180	180	0	0
A100000_18					100.00	100.00	80.41	100.00	35.99	35.99	240	240	0	0
A100000_19					84.85	100.00	84.36	88.89	35.99	35.99	340	340	0	0
A100000_20					73.51	80.99	81.36	100.00	35.99	35.99	0	0	0	0
A100000_21					79.63	74.75	83.27	100.00	35.99	35.99	120	120	0	0
A100000_22					88.44	81.84	89.22	100.00	35.99	35.99	240	240	0	0
A100000_23					86.86	89.31	73.79	100.00	35.99	35.99	0	0	0	0
A100000_24					71.34	86.46	87.65	89.85	35.99	35.99	150	150	0	0
A100000_25					74.79	100.00	85.70	89.21	35.99	35.99	240	240	0	0
A100000_26					88.88	83.63	84.98	100.00	35.99	35.99	0	0	0	0
A100000_27					77.70	100.00	76.06	88.08	35.99	35.99	120	120	0	0
A100000_28					88.87	88.83	86.11	100.00	35.99	35.99	240	240	0	0
A100000_29					88.81	100.00	88.47	100.00	35.99	35.99	0	0	0	0
A100000_30					88.78	86.93	89.99	100.00	35.99	35.99	120	120	0	0
A100000_31					85.85	88.79	79.73	100.00	35.99	35.99	240	240	0	0
A100000_32					83.53	88.79	78.80	100.00	35.99	35.99	0	0	0	0
A100000_33					88.75	100.00	73.83	85.25	35.99	35.99	120	120	0	0
A100000_34					83.84	100.00	84.89	89.58	35.99	35.99	240	240	0	0

Tableau 3.4 : Les variations de la puissance, azimut et le titre.

Dans la figure 3.14 on remarque bien que l'ACP a modifié l'azimut des émetteurs ainsi que les tilts, et la puissance.

Site Selection and Reconfiguration Statistics

Reconfiguration				
Antenna	Elec. Tilt	Azimuth	Mech. Tilt	Power
0	0	15	56	130

Figure 3.14 Une reconfiguration d'azimut ainsi tilts, et la puissance CPICH.

La prochaine étape consiste donc à refaire les différentes prédictions de couverture pour noter les éventuelles anomalies qui devront être corrigées par l'ACP. Les figures suivantes nous indiquent les différents changements et les améliorations qui nous donnent une meilleure couverture pour : RSCP, qualité Ec/Io et la zone de recouvrement.

Les résultats d'optimisation sont illustrés dans les cinq figures ci-dessous :

3.7.1 Optimisation de niveau de signal RSCP :

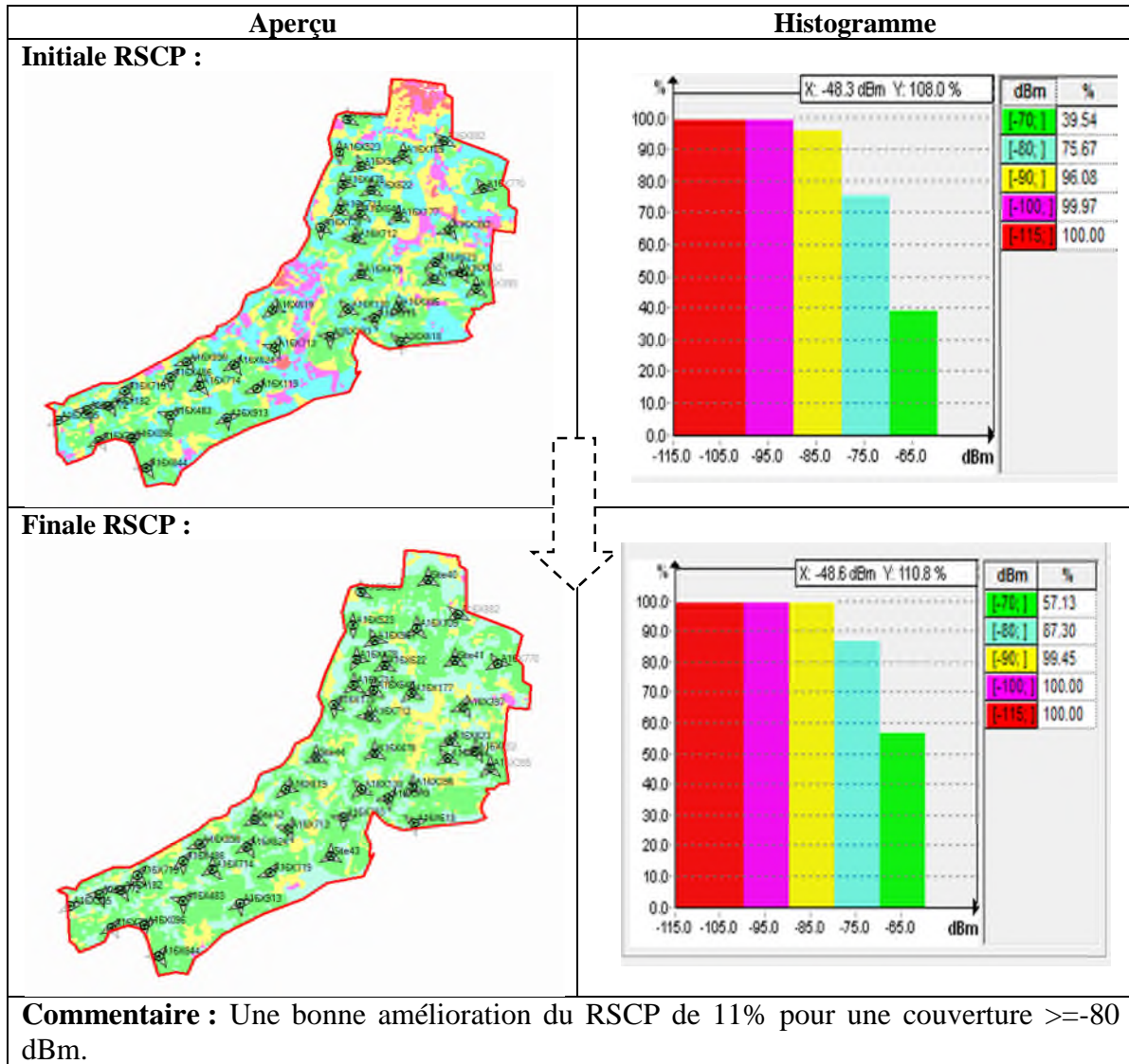


Figure 3.15 : Le niveau de signal RSCP avant et après l'ACP.

3.7.2 Optimisation de la Qualité Ec/No :

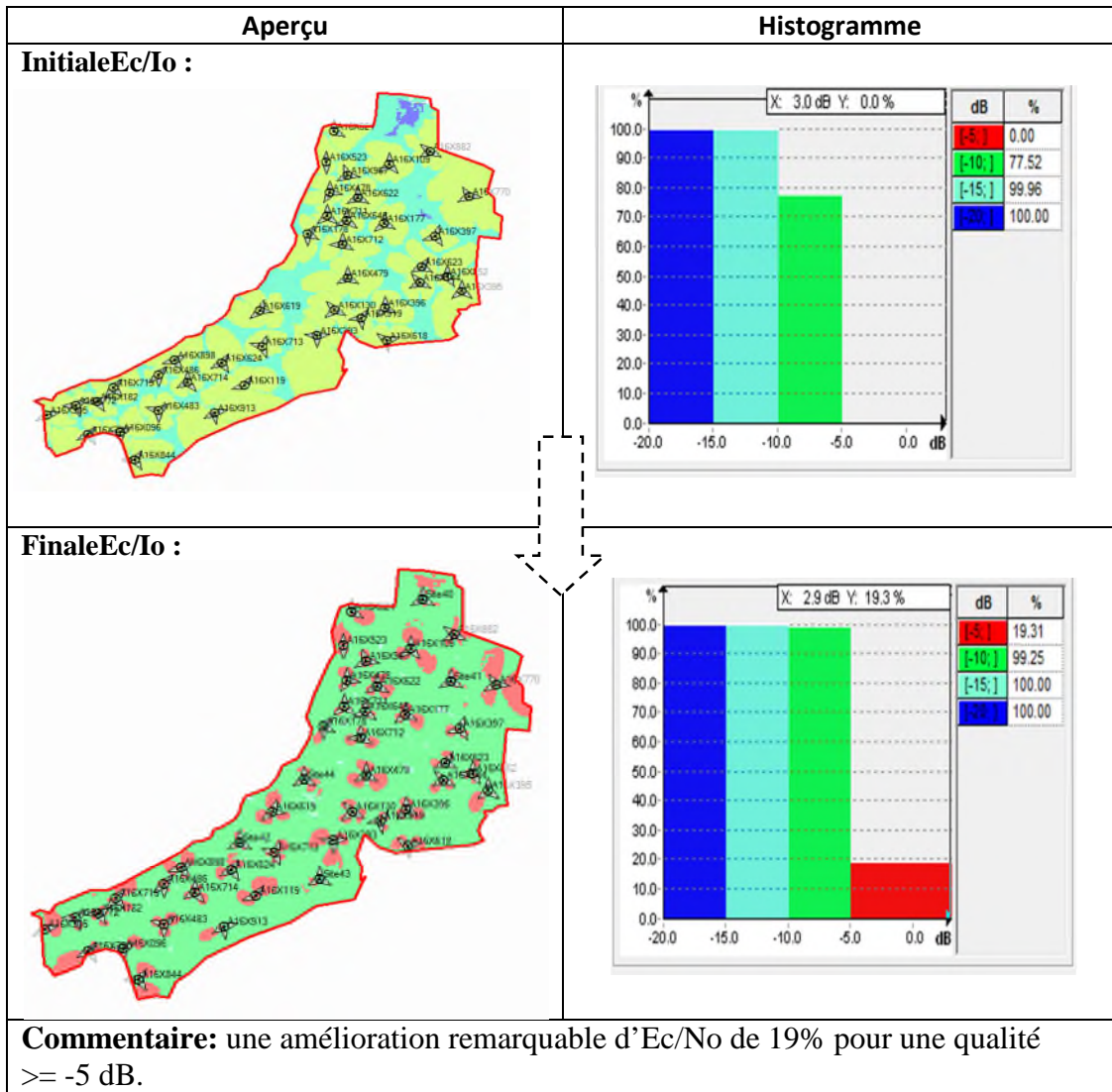


Figure 3.16 : La qualité Ec/No avant et après l'ACP.

3.7.3 Optimisation de la Zone de recouvrement :

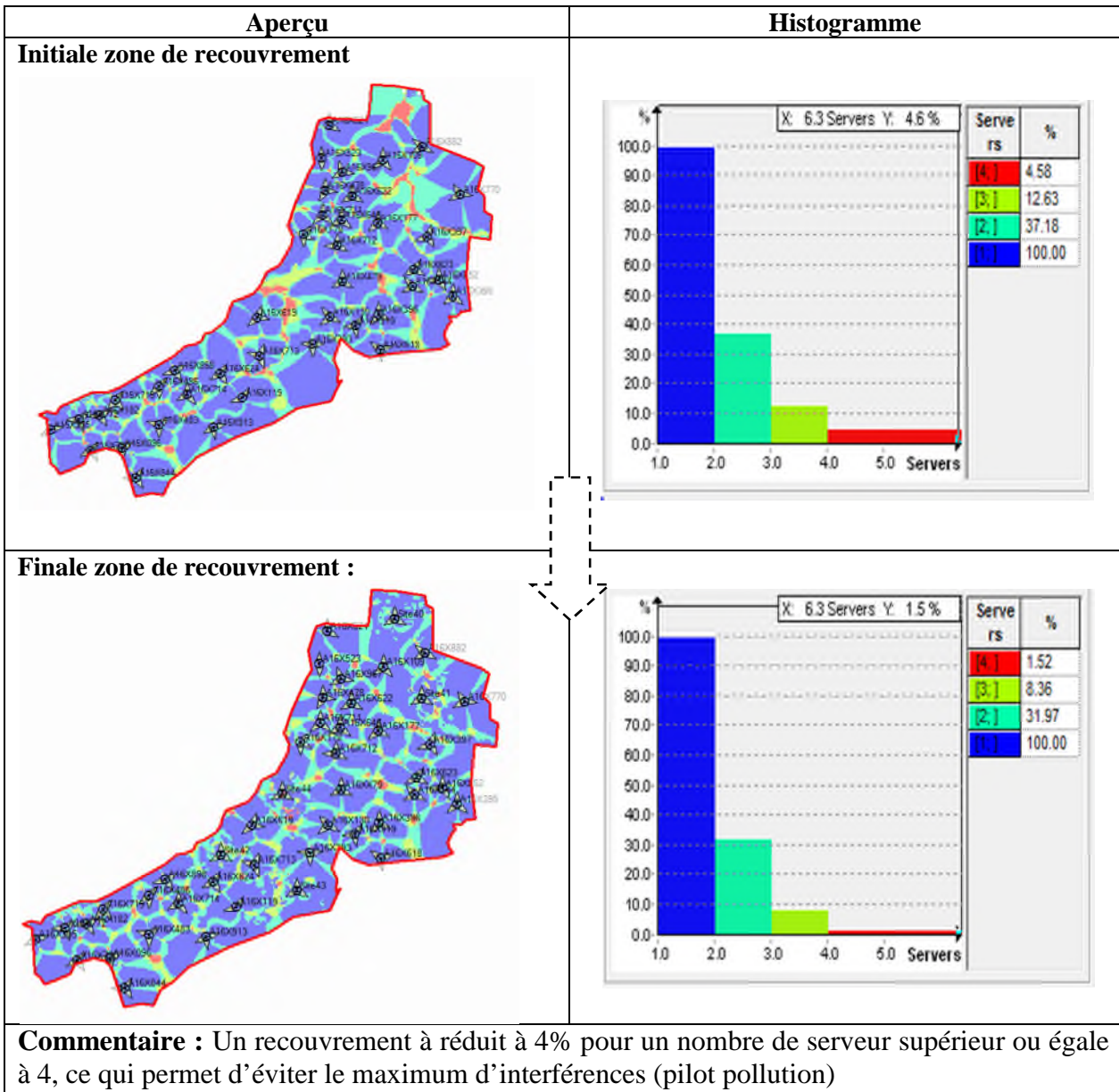


Figure 3.17 : La zone de recouvrement avant et après l'ACP.

3.7.4 Optimisation de débit fourni en DL (HSDPA Throughput) :

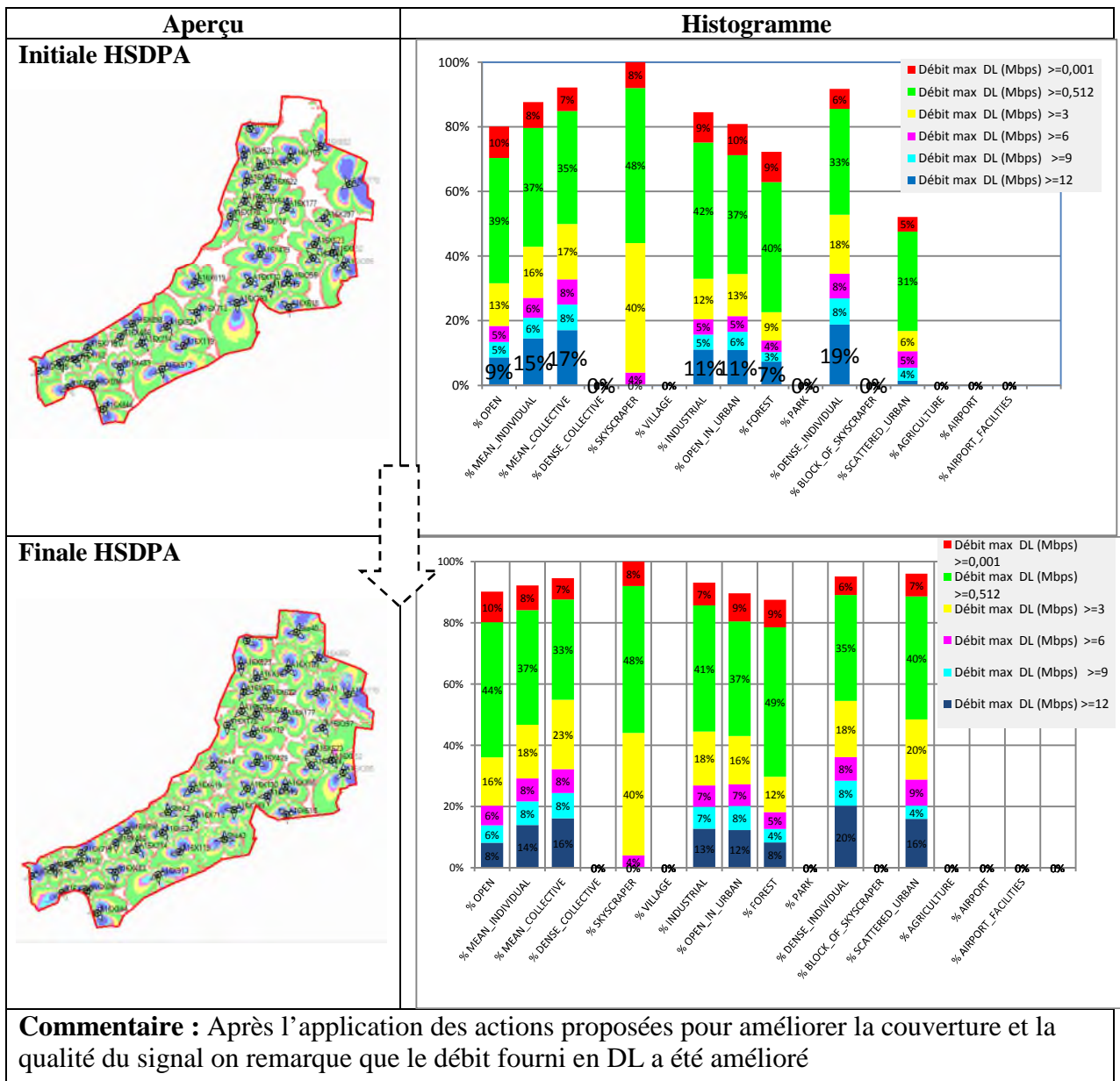


Figure 3.18 : Le débit fourni en DL (HSDPA Throughput) avant et après l'ACP.

3.7.5 Optimisation du débit fourni en UL (HSUPA Throughput) :

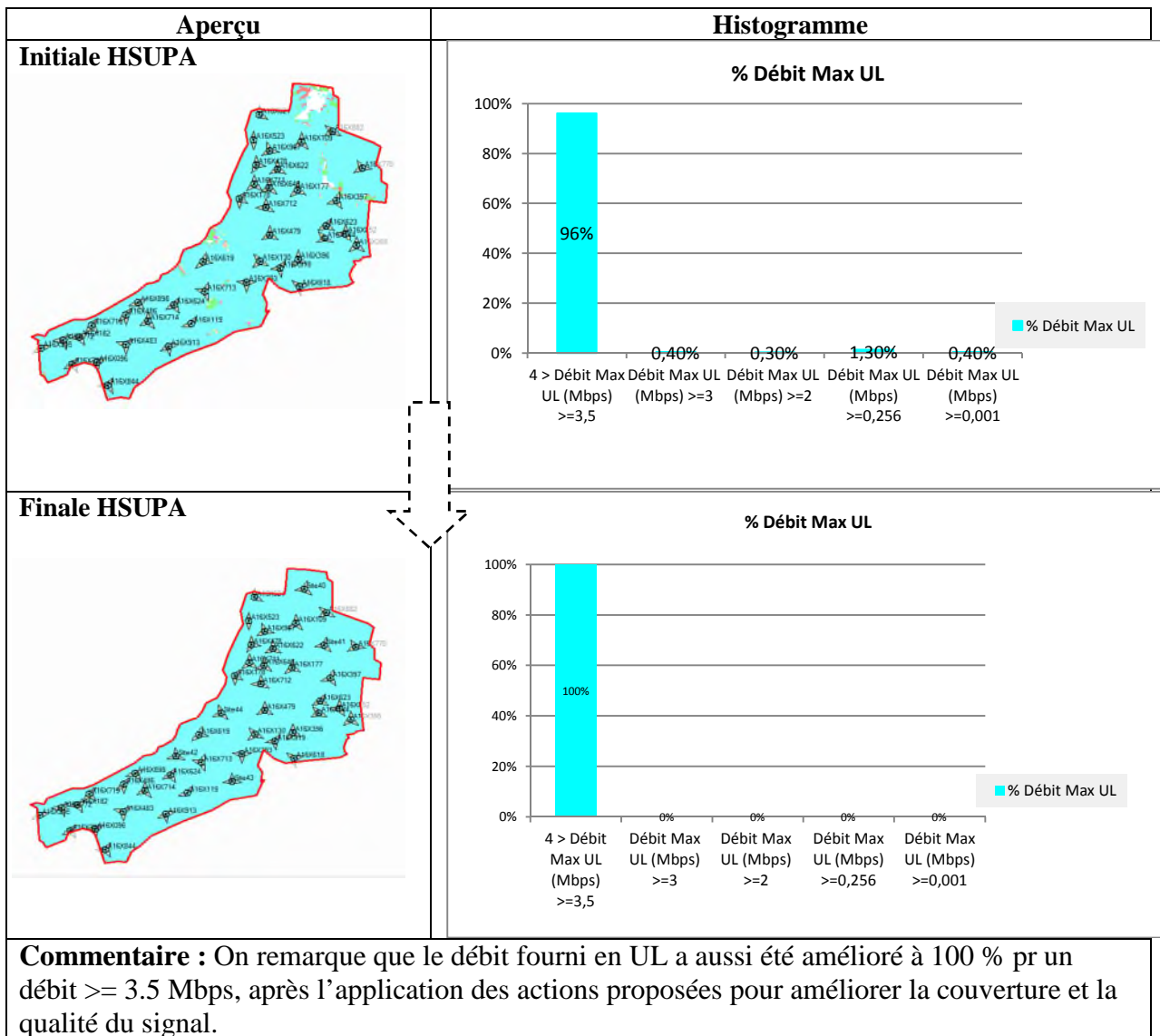


Figure 3.19 : Le débit fourni en UL (HSUPA Throughput) avant et après l'ACP.

D'après les résultats obtenus on remarque qu'il y'a une amélioration au niveau des RSCP, Ec/Io et les zones de recouvrement, comme illustre la figure 3.20 :

UMTS RSCP Quality (% RSCP > Threshold -85.0dBm + clutters with Objective=90.0%)	
	Computation Focus Zone
Initial	88.20%
Final	96.49%
Improvement	8.29%
Objective	ACHIEVED

UMTS EcIo Quality (% EcIo > Threshold -13.0dB + clutters)	
	Computation Focus Zone
Initial	78.17%
Final	99.31%
Improvement	21.14%

UMTS Network quality: Minimisation of interference	
Optim Improvement:	4.71%

Figure 3.20 : L'amélioration au niveau des RSCP, Ec/No.

Après l'optimisation, le niveau du signal a dépassé le seuil qui a été fixé au début (>95%), il est passé de 88.20% à 96.46%. même pour la qualité du signal qui est passée de 78.1% à 99.31% dépassant ainsi le seuil défini initialement (>95%).

Donc les actions qui ont été proposées pour optimiser la couverture, avaient un grand impact sur l'amélioration du réseau 3G.

L'ACP est parmi les meilleures solutions pour améliorer les performances de notre réseau 3G.

3.8 Dimensionnement de la capacité :

Le dimensionnement de capacité permet de trouver la capacité maximale qui peut être supportée par une cellule. Son objectif correspond au nombre d'utilisateurs que peut supporter un NodeB qui est un résultat déduit grâce à une simulation aléatoire (*Monté Carlo*).

3.8.1 Description de la simulation :

Pour faire une simulation de *Monté Carlo* il faut d'abord créer une carte de trafic qui sera identifiée par plusieurs paramètres tels que : l'environnement (SU, U, DU, RU), le service et le profil de l'utilisateur.

La création de la carte de trafic réside dans la distribution des utilisateurs sur la zone de planification.

La figure 3.21 présente le menu de configuration des paramètres d'une simulation :

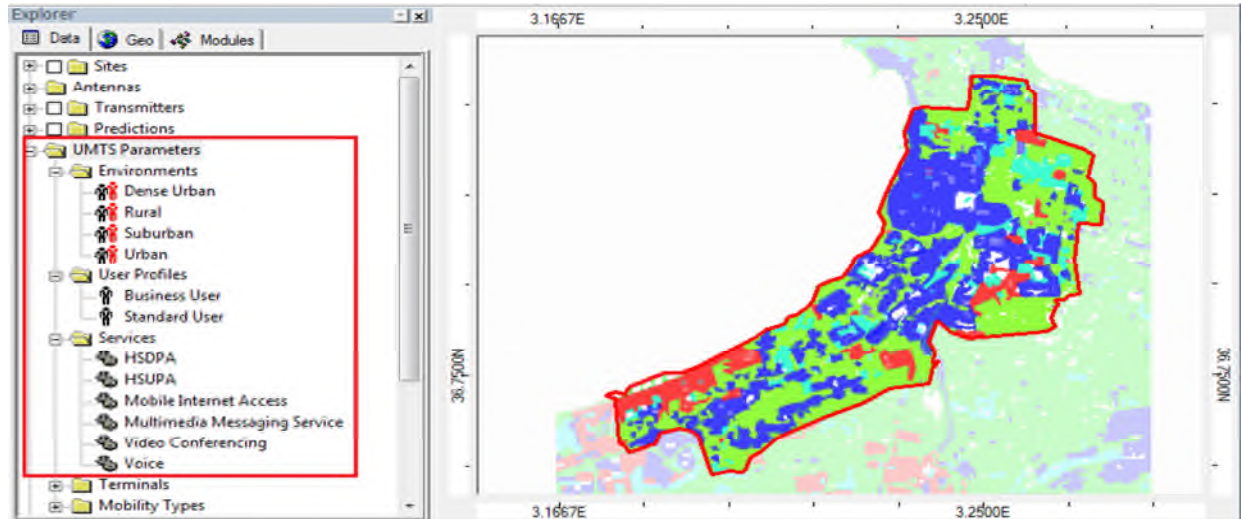


Figure 3.21 : La carte de trafic avec ses paramètres.

A) Les entrées de ce module

- Les caractéristiques d'abonnés : taux de pénétration de la technologie UMTS, catégorie des clients.
- La charge en UL et DL qui sont des valeurs fixées dans l'étude de la couverture.
- Le nombre d'essai est de 200.

B) Les sorties de ce module

- Le trafic total des abonnés en UL et DL.
- Le trafic pour différents services en UL et DL.

Après avoir créé la carte de trafic et définie les paramètres, on lance la simulation qui reflète l'état du réseau à un instant donné.

3.8.2 Résultat de simulation de la carte de trafic

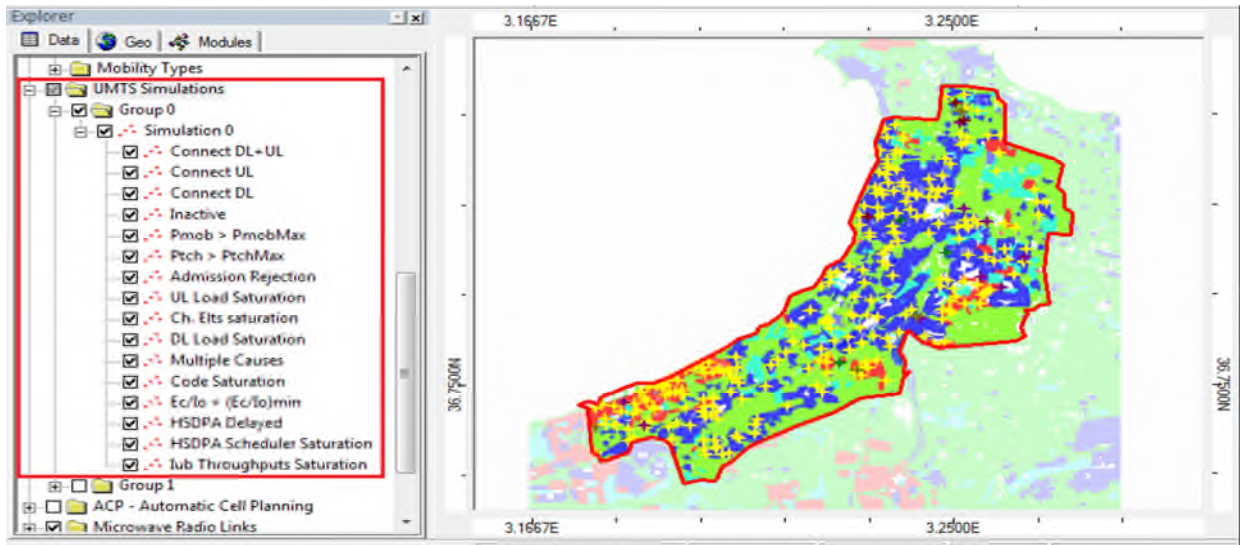


Figure 3.22 : La carte de la simulation de trafic « Monté Carlo ».

Cette simulation permet de connaître le nombre total d'utilisateurs connectés et non connectés à un instant donné et par site.

Les résultats obtenus de la simulation *Monte Carlo* sont représentés dans le tableau 3.5 :

Services	Nombre d'utilisateurs	Utilisateurs active			Utilisateur inactive	Débit (Mbps)	
		DL	UL	UL+DL		DL	UL
Voie	1 122	271	304	156	391	12,58	12,75
CS 64	90	0	0	90	0	8,52	8,60
PS 64/128	182	74	101	7	0	16,72	18,12
PS128/384	355	257	89	9	0	252,12	54,25

Tableau 3.5 : Les résultats de la simulation de Monte Carlo.

Le nombre total des utilisateurs connectés au moment du calcul est de **1 749** utilisateurs dont **391** sont inactifs.

Le débit total offert en DL : 290 Mbps

Le débit total offert en UL : 93Mbps

Cette simulation permet de fournir une distribution aléatoire des utilisateurs dans la zone d'étude. Elle permet aussi d'étudier le réseau du point de vue capacité c'est-à-dire la distribution des utilisateurs par service et le taux de rejet, le pourcentage d'utilisateurs servis

par service, la charge sur les différents liens, la situation de handover, les statistiques sur les sites et les cellules et les statistiques sur les mobiles.

3.9 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons exposé des captures d'écran qui témoignent des différentes étapes des applications réalisées. Nous avons aussi présenté l'amélioration des performances fournie par l'optimisation des paramètres, ensuite nous avons optimisé à partir d'une modification de certaines antennes (Tilts, Azimut, Puissance d'émission) pour atteindre une meilleure planification du réseau. Enfin, nous avons initialisé des paramètres de trafic afin que *Djezzy* puisse tenir compte de ces résultats pour mettre leurs services à la disposition des clients. Ceci est nécessaire pour une bonne compréhension de l'ensemble des processus du système de dimensionnement.

Conclusion générale

Nous rappelons que le but de notre mémoire est de procéder à une étude de dimensionnement et planification cellulaires d'un réseau UMTS, en cohabitation avec le réseau GSM déjà existant sur la ville Bordj El Bahri et Bordj El Kiffan (Alger) en particulier appartenant à l'opérateur *Djezzy*.

Nous nous sommes familiarisés avec les principes généraux des systèmes GSM et UMTS surtout dans la partie qui concerne l'architecture de l'UMTS. Puis, nous avons étudié en détails la technique d'accès WCDMA (*Wide Code Division Multiple Access*).

Notre étude s'est déroulée en dépoilement d'un réseau UMTS automatiquement où nous avons utilisé l'emplacement des sites du réseau 2G.

Cependant, le processus de dimensionnement et planification de la couverture radio à partir du bilan des liaisons est considéré comme le fleuron de tout ce que nous avons appris dans ce projet. En effet, les calculs effectués à partir du bilan des liaisons pour déterminer le nombre de sites, leurs rayons ainsi que leurs distributions selon les différents environnements du terrain nous ont été d'une grande utilité pour se familiariser avec le domaine pratique des technologies mobiles. Ainsi, nous avons appris les principes d'utilisation du logiciel de planification radio professionnel (*Atoll*) qui nous a aidé à planifier et simuler le fonctionnement de notre réseau UMTS.

Quelques prédictions ont été lancées telles que la couverture, prédiction du rapport signal bruit E_c/I_0 , de recouvrement, ainsi que celle de débit fourni en HADPA et HSUPA. Après, nous avons effectué des optimisations soit en déplaçant des sites, soit en modifiant la configuration radio de quelques transmetteurs, notamment l'ajout de sites comme solution.

Les résultats obtenus montrent une nette amélioration de la couverture et de la qualité de service sur la zone sélectionnée. Une vérification de la couverture c'est produite par la capacité grâce à une simulation aléatoire de scénarios (*Monté Carlo*).

En définitive, nous avons aidé l'opérateur via ce modeste travail à atteindre ses objectifs essentiels à savoir réaliser une bonne couverture, augmenter la capacité et réduire les interférences. La réalisation de ce compromis dépend étroitement des règles d'ingénierie utilisées et de la validation des résultats obtenus par des mesures réelles.

Par ailleurs, elle procurera aux étudiants une application pour leurs travaux de fin d'étude concernant les autres régions. De plus, il sera intéressant aux étudiants qui n'ont pas l'opportunité de faire le stage de suivre les étapes citées dans notre projet pour les développer sous un autre logiciel disponible comme le Matlab.

[1]

Harri Holma et Antti Toskala, « UMTS les réseaux mobiles de troisième génération », Edition OEM 2001.

[2]

S. Tabbane, X. Lagrange & P. Godlewski, « Réseaux GSM-DCS : des principes à la norme », Hermes Science Publications, 4^{ème} édition, Paris 1999.

[3]

Ahmed Triki, « Dimensionnement et Planification d'un Réseau d'Accès HSDPA », SUP'COM, 2007.

[4]

Morten Tolstrup. "Indoor Radio Planning A Practical Guide for GSM, DCS, UMTS and HSPA", John Wiley and Sons Ltd, edition 2008.

[5]

S. Ben Romdhane, « La couverture Indoor d'un réseau GSM, règles d'ingénierie et Etude de cas», projet de Fin d'études – Filière Ingénieurs en Télécommunications, promotion 2004.

[6]

Paul ROUAULT & Benjamin TABARIES,"UMTS", support de cours, Module architecture couches basses, DESS TNI Montpellier, 6 Décembre 2004.

[7]

Sami TABBANE et Mohammed Tahar MISSAOUI, « Pratique de l'ingénierie des réseaux cellulaires », Lavoisier, 2006.

[8]

Harri Holma and Antti Toskala "WCDMA FOR UMTS: Radio Access For Third Generation Mobile Communication", John Wiley and Sons Ltd, 3rd Edition, edition 2005.

[9]

Jukka Lempiainen Matti Manninen; “Radio interface system planning for *GSM/GPRS /UMTS*”.

[10]

“*Introduction to UMTS*”, Document ALCATEL.

[11]

“*UMTS_RNP_Guideline_ed02.doc*”, Document ALCATEL.

[12]

Recommendation UIT-R SM.1840 (12/2007).

[13]

[www.memoireonline.com//etude-de-dimensionnement-et-planification-dun-reseaudaccess WCDMA-3G.html](http://www.memoireonline.com//etude-de-dimensionnement-et-planification-dun-reseaudaccess-WCDMA-3G.html).

[14]

“WCDMA Radio Network Planning”, HUAWEI TECHNOLOGIES CO, LTD Huawei Industrial Base Bantian, Longgang Shenzhen 518129 People’s Republic of China.

[15]

Mohamed SIALA, "Introduction à l'interface Radio de l'UMTS", support de cours, Mastère SUPCOM, 2005.

[16]

Pierre Lescuyer, "UMTS, les origines, l'architecture, la norme", 2ème édition.

[17]

André Pérez, « Architecture des réseaux de mobiles (GSM/GPRS, UMTS/HSPA, EPS, NGN, IMS) », Lavoisier, 2007.

[18]

Simon Saunders and Alejandro Aragon-Zavala, “Antennas and propagation for wireless communication systems “John Wiley & Sons Ltd, Second Edition.

[19]

Sami Tabbane, « Ingénierie des réseaux cellulaires », Lavoisier, 2002.

[20]

« Planification radio d'un réseau 3G », JUIN 2008.

[21]

Des documents sur l'architecture des réseaux GSM, GPRS, UMTS, planification de l'UMTS ainsi que l'outil Atoll « Forsk », Direction d'optimisation de Djezzy.

[22]

Eya JAMMAZI, « Optimisation d'un réseau pilote 4G pour Tunisie Télécom », Université de Gabès, édition 2013.

[23]

Pierre Brisson, Peter Kropf, « Global Système for Mobile communication (GSM) », IFT- 6275.

[24]

Rapport 304-3. « Caractéristiques des évanouissements en radiodiffusion sonore dans la zone tropicale ».

Annexe

A.1 Présentation d'un site dans UMTS

Un site UMTS comporte essentiellement : des antennes, des amplificateurs, feeders, et une ou plusieurs stations de base.

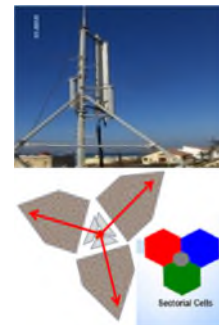


Figure A.1 : Site UMTS.

A.2 Antenne :

L'antenne permet d'établir une liaison radio depuis un émetteur vers un récepteur. En émission, elle permet de transformer le signal électrique en une onde électromagnétique. En réception, c'est l'inverse.

La propagation de l'onde radio sur une antenne se fait sur un lobe de 120°, d'où l'antenne sectorielle pour émettre dans chaque secteur sur les trois cellules



Paramètres antennaires

Trois paramètres caractérisent l'antenne d'un site tri-sectoriel : Hauteur, son Tilt et son Azimut.

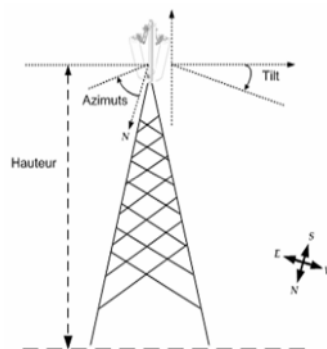


Figure A.2 : Les paramètres d'antenne.

a. Tilt :

Le tilt d'antenne correspond à son angle d'inclinaison dans un plan vertical. En « tiltant » l'antenne vers le bas (ce qui correspond à une augmentation de l'angle du tilt), la zone couverte par l'antenne diminue et l'intensité de la puissance moyenne reçue dans la cellule augmente. Tilter une antenne nécessite une intervention humaine sur site.

Deux cas de l'inclinaison :

L'inclinaison mécanique :

- L'inclinaison d'antenne grâce à des accessoires spécifiques.
- Sans changer la phase du signal d'entrée.

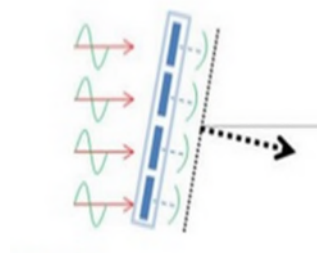


Figure A.3 : Cas d'inclinaison mécanique.

L'inclinaison électrique :

La modification du diagramme est obtenue à partir de la variation dans les caractéristiques de la phase du signal de chaque élément d'antenne. Comme indiqué ci-dessous.

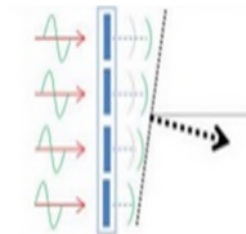
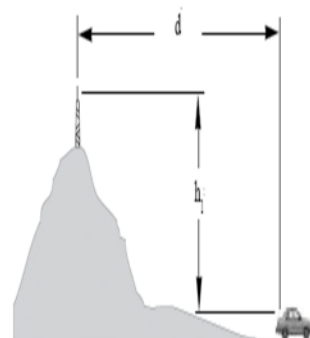


Figure A.4 : Cas d'inclinaison électrique.

Les paramètres nécessaires pour calculer le tilt de l'antenne nécessaire

$$\text{angle} = \tan^{-1} \left(\frac{(h_1 - h_2)}{d} \right)$$

- h_1 : la hauteur de l'antenne de la BS par rapport à la terre.
- h_2 : la hauteur de l'antenne du mobile par rapport à la terre.
- d : la distance entre le Mobile et la BS.



L'influence du tilt peut être modifiée de façon mécanique (l'angle de l'antenne change physiquement), ou de façon électrique, en modifiant le diagramme de rayonnement de l'antenne, sans toucher à son inclinaison physique.

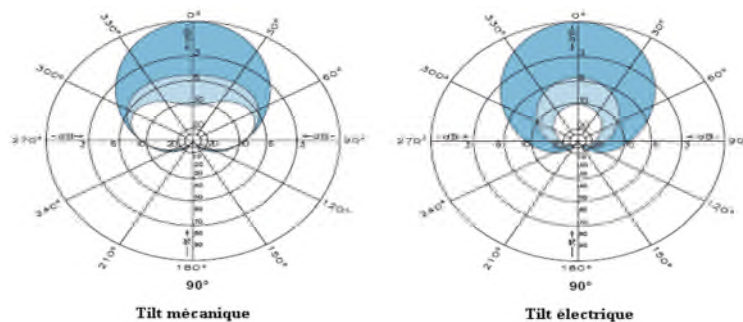


Figure A.5 : Modifications des lobes antennaires dans le tilt électrique et mécanique

b. L'Azimut :

L'angle d'azimut correspond à l'orientation du lobe principale de l'antenne dans le plan horizontal. Un changement d'azimut peut modifier totalement la couverture d'une région.

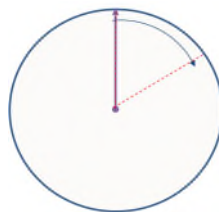


Figure A.6 : Rotation horizontale d'un secteur de l'antenne.

c. hauteur :

L'hauteur du site influe énormément sur la couverture ainsi que sur la surface de la région de recouvrement avec les cellules voisines, les sites de cellules pico/micro ont généralement des hauteurs moins importantes qu'aux sites de cellules macro. C'est ainsi qu'une hauteur importante du site couvre une surface supérieure à la couverture d'un site d'hauteur inférieure, de ce fait, de grande hauteur de site dont le tilt n'est pas optimisé peuvent causer de l'interférence intercellulaire ce qui réduit la capacité du système.

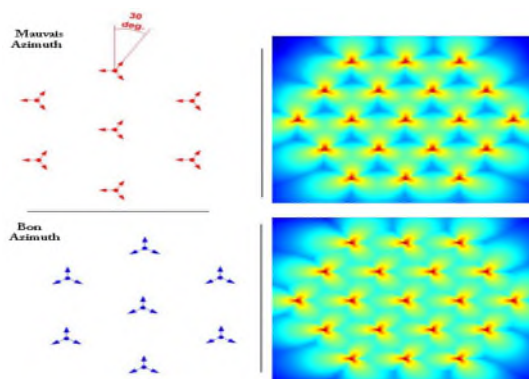


Figure A.7: L'effet de l'Azimut sur la couverture.

B.1 Présentation générale du logiciel de planification Atoll :

L'outil de planification multi technologies « ATOLL », supporte les différents types de planification radio (GSM, GPRS, UMTS, CDMA 2000, HSDPA, WIMAX...). On va présenter les différents modules en liaison avec cet outil qui interviennent dans notre application.

B.2 Création du projet sur atoll :

Pour créer un projet il faut d'abord créer un dossier vide et suivre les étapes suivantes :

B.2.1 Démarrer Atoll

Ouvrir un nouveau dossier, et choisir « UMTS HSPA »

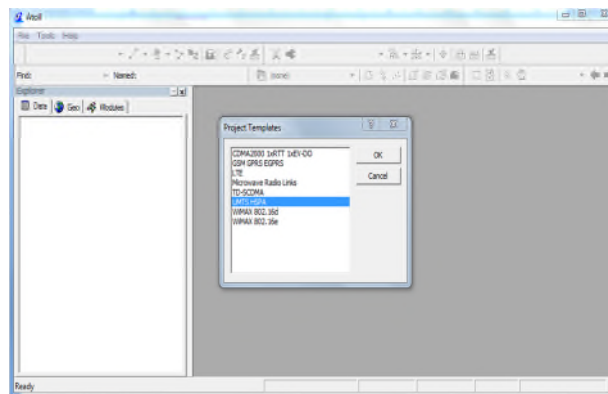


Figure B.1 : La création de projet sous Atoll.

1.3 Click sur « Tools » choisi « Option », une fenêtre va ouvrir on règle les paramètres,

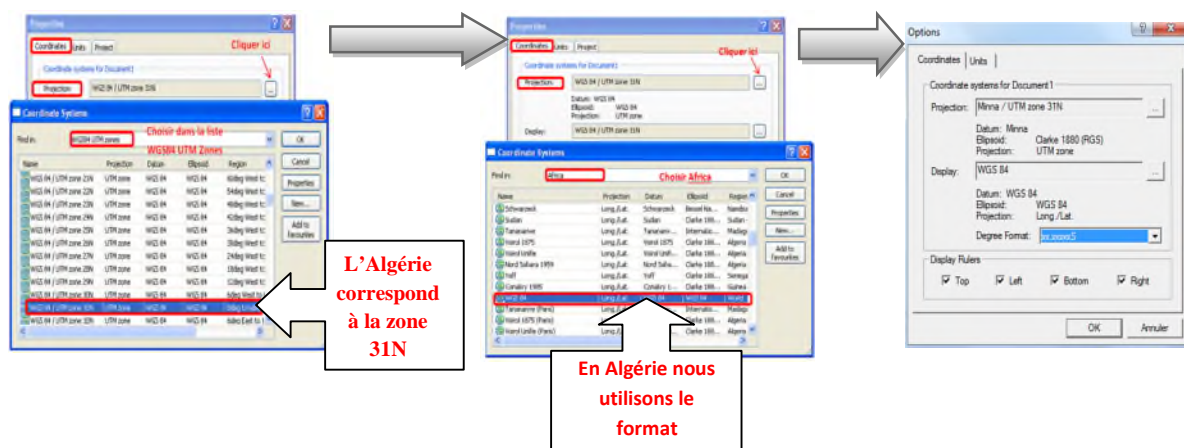


Figure B.2 : Le choix des options.

B.2.2 Import les cartes :

On importe la carte géographique de grand Alger avec une résolution de 20 m. Atoll nécessite l'introduction de plusieurs paramètres pour son bon fonctionnement, tel que la zone géographique à planifier, les cartes morphologiques et topographiques, des sites, des secteurs, des cellules, de l'antenne. Ces paramètres sont soit calculés soit fournis par l'opérateur DJEZZY.

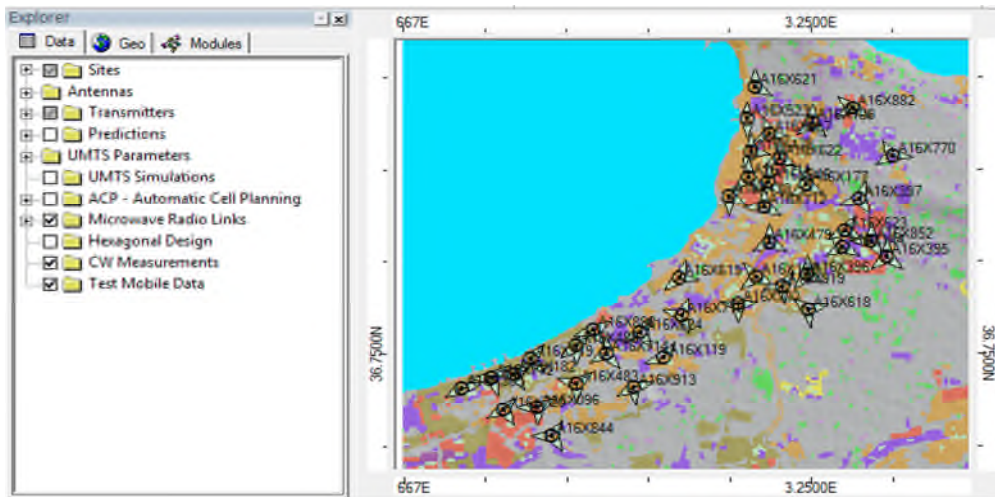


Figure B.3 : Carte d'Alger.

Après importation de la carte on importe le polygone dans lequel on place les sites :

Pour importer ce dernier aller à « File » choisi « Import » une fenêtre va ouvrir chercher ou on a enregistré le fichier du polygone sous forme « .tab » sélectionné le fichier et click sur « Open »

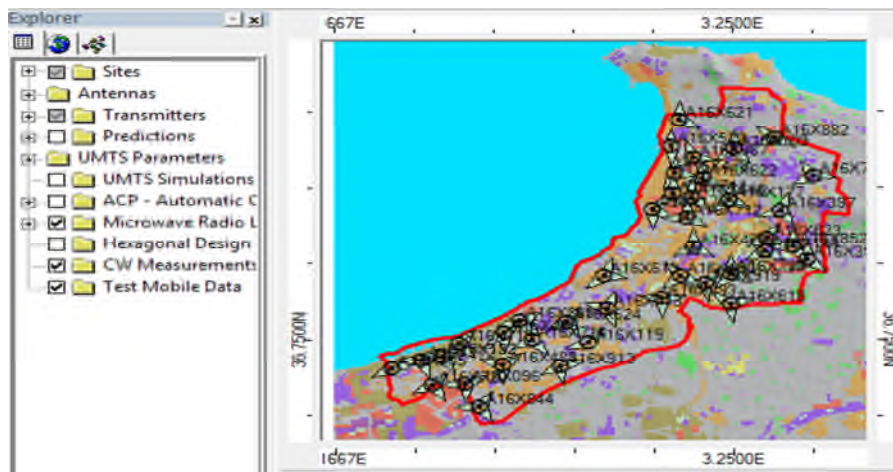


Figure B.4 : Importation du polygone dans le logiciel Atoll.

B.2.3 Délimitation de la zone de travail :

Click sur Géo puis Zones choisis Computation Zone, click droite prendre Draw polygone.

- Tracer un polygone fermé sur la map.

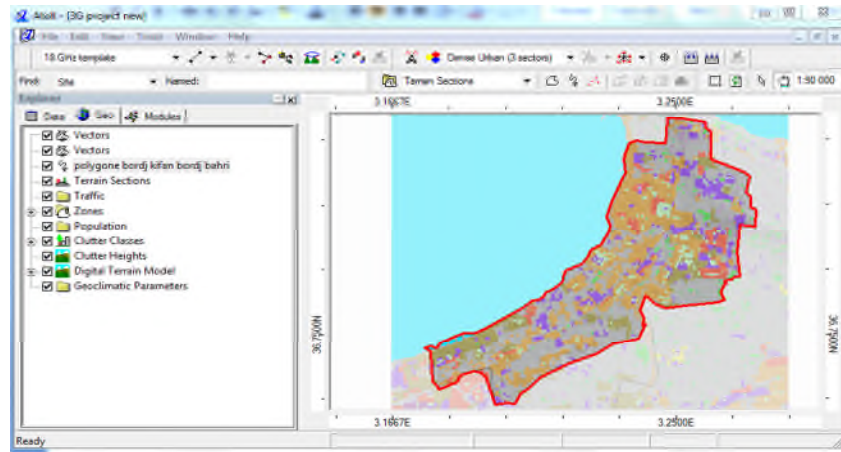


Figure B.5 – Zone de planification.

B.2.4 Création des sites

La création d'un site consiste à sélectionner la commande «New» dans la table site de la partie Data du menu explorer. Ou aussi importer l'emplacement des sites existant par la base de données.

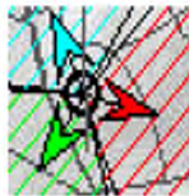


Figure B.6 : Présentation d'Atoll du site.

↪ *Caractéristique du site :*

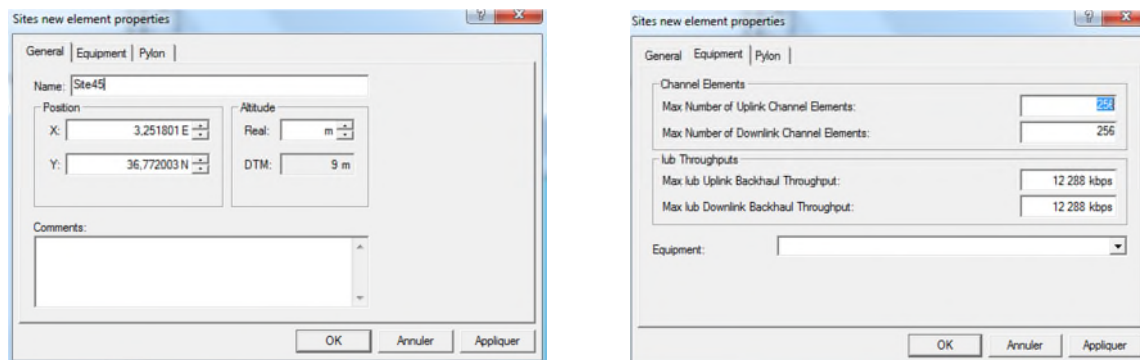


Figure B.7 – Menu de configuration des paramètres d'un nouveau site.

Au niveau de ces deux fenêtres, on précise le nom du site, sa position géographique (X, Y), son altitude par rapport au niveau de la mer, et longitude, sa hauteur, type de support utilisé et la hauteur de pylône, le nombre de canaux implémentés au sein de ce Node B pour le lien montant et le lien descendant et la version de l'équipement utilisé.

↳ *Choix des paramètres de l'antenne*

On peut définir pour une antenne son gain, son diagramme de rayonnement (vertical et horizontal) et sa bande de fréquence de travail.

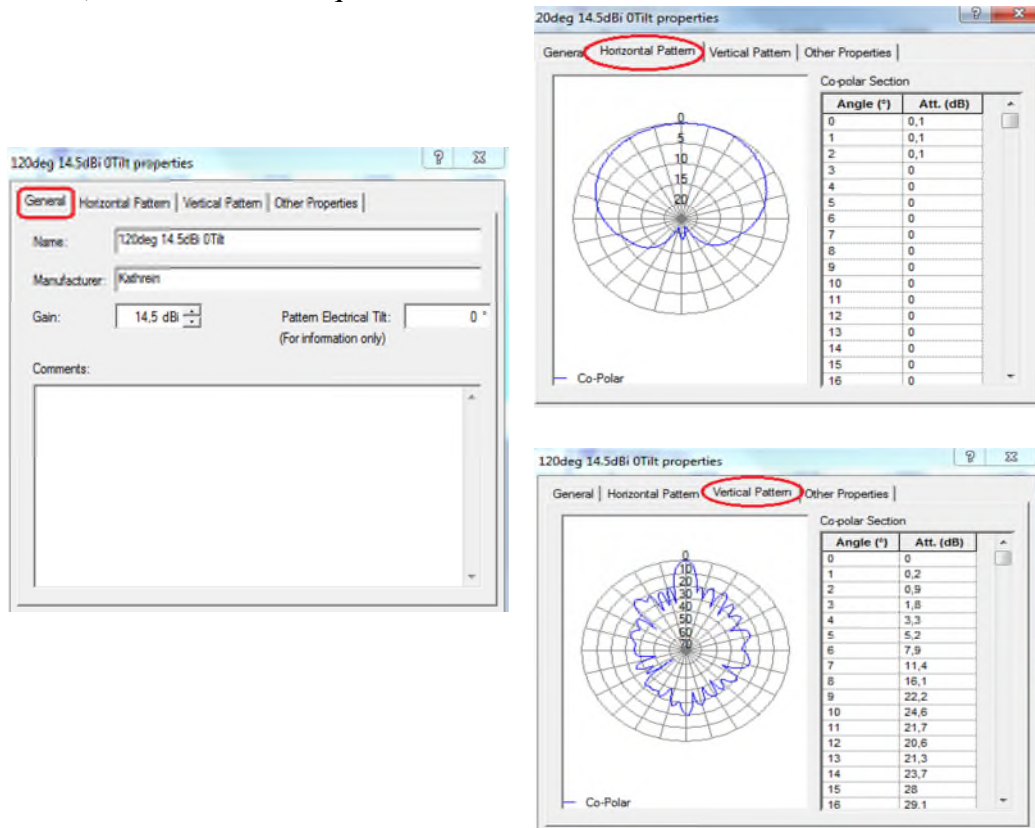


Figure B.8 : Paramètres d'antenne.

Dans la fenêtre d'Atoll, double click dans le dossier « Sites » (ou on click avec le bouton droit sur le dossier « Sites » et sélectionné « open table ») une fenêtre va ouvrir [5]:

Item	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Max No. of UL CEs	Max Int. DL Backhaul Throughput (Mbps)	Max No. of DL CEs	Max Int. DL Backhaul Throughput (Mbps)	Equipment
A16X523	3.23709E	36.7920N	[2]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X618	3.24882E	36.7578N	[11]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X619	3.2231E	36.7837N	[3]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X621	3.2368E	36.7881N	[7]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X622	3.2477E	36.7853N	[8]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X623	3.25895E	36.7722N	[12]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X624	3.215E	36.7527N	[5]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X645	3.21124E	36.7511N	[8]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X711	3.23728E	36.7818N	[4]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X712	3.24013E	36.7785N	[2]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X713	3.2237E	36.7958N	[7]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X714	3.238E	36.7498N	[8]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X719	3.1927E	36.7489N	[10]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X720	3.1971E	36.7399N	[21]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X770	3.2582E	36.7958N	[40]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X772	3.1846E	36.7499N	[7]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X844	3.1982E	36.7351N	[14]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment
A16X845	3.1877E	36.7351N	[21]	258	12 288	258	12 288	Default Equipment

Figure B.9 : Position des sites planifié (coordonnés GPS).

B.2.5 Les différentes prédictions :

Enfin après avoir déployé un réseau, ATOLL permet de réaliser de multiples prédictions :

- Couverture par niveau de signal RSCP.
- Couverture par qualité de signal E_c/I_o .
- Zone de recouvrement.
- Débit fournie en DL (HSDPA Throughput) et en UL (HSUPA Throughput).

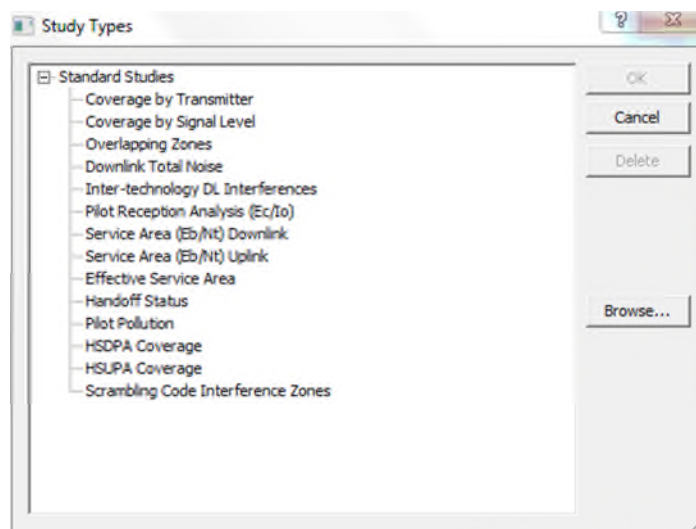


Figure B.10 : Les différentes prédictions.

Résumé

Ce projet traite le problème de l'optimisation d'un réseau 2G vers le réseau 3G. La solution adoptée est d'exploiter les sites déjà existants et d'effectuer le dimensionnement, la planification et enfin l'optimisation du nouveau réseau, afin de répondre à la demande gourmande des abonnés de nouveaux services (visioconférence, internet...).

Nous avons étudié ces processus à l'aide de l'outil ATOLL pour but d'améliorer le niveau de signal et d'éliminer le maximum d'interférence suivant des paramètres et des contraintes déjà fixés dans la région Bordj El Bahri et Bordj El Kiffan.

Afin d'effectuer des optimisations, les paramètres de configuration des antennes (Azimut, tilt, Puissance CPICH...) ont été modifiés pour avoir les meilleurs résultats en termes de qualité offerte aux utilisateurs.

Abstract

This project addresses the problem of optimizing a 2G network to the 3G network. The solution adopted is to operate the existing sites and to carry out the design, planning and finally optimize the new network to meet the demand for gourmet new subscribers (video conferencing, internet ...).

We investigated these processes with the ATOLL tool to improve the signal level and eliminate the maximum interference following parameters and constraints already established in the region and Bordj El Bahri Bordj El Kiffan.

In order to perform optimizations, antennas configuration parameters (azimuth, tilt, power CPICH ...) have been modified to have the best results in terms of quality offered to users.