



Mémoire de Projet de fin d'étude

Préparé par

Idrissi Kaitouni Hajar

Pour l'obtention du diplôme

Ingénieur d'Etat en

SYSTEMES ELECTRONIQUES & TELECOMMUNICATIONS

Intitulé

Planification et optimisation des réseaux 3G/4G pour INWI

Encadré par :

Pr El Amrani El Idrissi Najiba

Mr Sekkou brahim (Huawei)

Mr Jawa Ankit (Huawei)

Soutenu le **29 Juin 2015**, devant le jury composé de :

Pr El Amrani El Idrissi Najiba.....: Encadrante

Pr M. Jorio.....: Examineur

Pr H. Ghennioui.....: Examineur

Remerciements

Au nom d'Allah le tout miséricordieux, le très miséricordieux.

Ce travail, ainsi accomplie, n'aurait point pu arriver à terme, sans l'aide et le soutien et tout le guidage d'Allah, louange au tout miséricordieux ; le Seigneur de l'univers.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sinceres remerciements à **Monsieur Lahbabi mhammed** pour tout le temps qu'il nous a consacré, ses directives précieuses, et pour la qualité de son suivi durant toutes ces trois années . Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa riche personnalité.

Je tiens également à remercier infiniment mon encadrante interne **Madame Najiba El Amrani El Idrissi** pour son encadrement, pour l'orientation, la confiance qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être amené à bon port.

Je ne manquerai pas d'adresser mes remerciements et gratitude à mes encadrants externes **Monsieur Brahim Sekkouet Monsieur Ankit Jawa** .Sa disponibilité et ses precieuses directives tout au long de la réalisation de ce travail m'ont été d'une aide inestimable.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à nos chers professeurs qui font partie de notre jury.

Je remercie également toute l'équipe **RNO/RNP** de Huawei pour l'aide et les conseils judicieux qu'ils n'ont cessés de nous prodiguer durant ce **projet**.

Merci



IDRISSI KAITOUNI Hajar

Dédicaces

A MES TRÈS CHERS PARENTS

Aucune dédicace ne serait exprimer assez profondément ce que je ressens envers vous ,
Je vous dois ce que je suis aujourd'hui grâce a votre amour , a votre patience et vos
innombrables sacrifices .

Que ce modeste travail , soit pour vous une petite compensation et reconnaissance
envers ce que vous avez fait d'incroyable pour moi .

Ma raison de vivre , que dieu le tout puissant , vous préserve et vous procure santé et
longue vie afin que je puisse a mon tour vous combler .

A MES SOEURS

Qu'elles trouvent ici une modeste preuve de mon amour et mon affection, je vous
souhaite une vie pleine de bonheur et de réussite.

A MES CHERS AMIS

En temoignage de l'amitié sincere qui nous a liés et de bons moments passés ensemble , je
vous dedie ce travail en vous souhaitant un avenir radieux et plein de bonnes promesses .

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre I : Contexte général et positionnement du projet	2
I. Présentation de l'organisme d'accueil	3
1. Huawei Technologies.....	3
2. Valeurs fondamentales.....	3
3. Secteur d'activités	4
4. HUAWEI au Maroc.....	4
II. Contexte Générale du projet	4
1. Présentation du département RNP/RNO de HUAWEI.....	4
2. Problématique	4
3. Cahier des charges.....	5
4. Diagramme de Gantt et PERT	5
Chapitre II : Généralités sur UMTS et LTE.....	7
I. Généralités sur la technologie UMTS :.....	8
1. Présentation sur la norme UMTS	8
2. Les objectifs de l'UMTS.....	9
3. Classes de service de l'UMTS.....	9
4. Organisation temporelle et fréquentielle de la norme UMTS.....	9
5. Architecture du réseau UMTS :	10
6. La Méthode d'accès radio : WCDMA.....	12
7. Hand-over :	15
8. HSDPA:.....	16
II. Le réseau LTE	17
1. Présentation du LTE :.....	17
2. Architecture LTE	17
3. Le Principe de l'OFDM	19
4. L'OFDMA.....	20
5. SC-FDMA.....	21
6. Structure des trames	22
7. Blocs de ressources	23
8. Configurations MIMO supportées	24
9. Handover en LTE :.....	24
Chapitre III : Processus de Planification et d'optimisation.....	26
I. Planification du réseau 3G/4G:.....	27
1. Définition et catégorie :.....	27

2.	Objectif de la planification :	27
3.	Processus de planification :	27
4.	Type de planification :	28
5.	Outil de planification	30
II.	Optimisation du réseau 3G/4G :	30
1.	Objectif de l'optimisation radio :	30
2.	Processus de l'optimisation	31
3.	Statistiques et indicateurs clés de performance	31
4.	Drive-Test	33
5.	Analyse des problèmes RF	36
6.	Caractéristiques d'une antenne	39
	Chapitre IV : Etude de cas 3G de la ville Meknès	40
I.	Optimisation de la région.....	41
1.	Analyse SSV (Single site Verification) :.....	41
2.	Analyse du cluster :.....	44
II.	Planification d'un nouveau site 3G de la ville Meknes:	59
1.	Zone géographique de Meknes à planifier	59
2.	Planification sous Unet :	60
III.	Etat du cluster après le processus d'optimisation et de planification.....	66
1.	optimisation.....	66
2.	Planification	68
	Chapitre V : Etude de cas 4G de la ville Taghazout	69
I.	Planification du réseau LTE de la région de Taghazout.....	70
1.	Création de projet	70
2.	Importation des sites et paramétrage :	70
3.	Planification des PCI	72
4.	Planification des voisinages.....	74
II.	Optimisation du réseau LTE de la région de Taghazout.....	76
1.	Analyse de RSRP :	76
2.	Analyse du SINR :	78
3.	Analyse des coupures d'appels :.....	79
4.	Analyse du handover :	80
	Conclusion Générale	82
	Annexe A :Handover en UMTS	i
	Bibliographies	v

Résumé

Ce travail vise à mener une planification puis des actions d'optimisation au profit du client, l'opérateur INWI, dans un but de maintenir une qualité de service acceptable et suivre l'évolution de son réseau.

Dans le cadre de ce projet, une étude approfondie a été conduite et a touché les aspects radio des réseaux 3G/4G, ainsi que des procédures de planification et d'optimisation au sein de la société. Elles ont été focalisées sur les solutions proposées aux problèmes détectés par l'entreprise prestataire HUAWEI Technologies sollicitée pour le suivi des performances du réseau 3G/4G, et aussi en s'adaptant aux différents logiciels nécessaires pour cette démarche. Et pour compléter les connaissances théoriques il a été mené une étude de cas appliquée à une zone de Meknes pour la 3G et la zone de Taghazout pour la 4G. Cette étude de cas a permis de découvrir les différentes complications et obstacles qu'un ingénieur d'optimisation se doit de surmonter, tout en respectant la procédure établie par la société.

Les plans d'action relatifs à chaque type de problème détecté ont été conçus et offerts au client opérateur. La validation des mesures correctives soumises par le client ; l'opérateur INWI ; a abouti à leur mise en œuvre et le suivi de leur impact sur la performance de la cluster.

Abstract

This work aims to conduct a planning and optimization measures in favor of the customer, the operator INWI, in order to maintain an acceptable quality of service and monitor its network.

As part of this project, a comprehensive study was conducted and touched the radio aspects of 3G / 4G networks, planning procedures and optimization within the company. They were focused on solutions to problems detected by the provider company HUAWEI Technologies sought for monitoring network performance 3G / 4G, and also by adapting to the different software required for this process. And to complete the theoretical knowledge it was conducted a case study applied to Meknes zone for 3G and Taghazout for 4G. This case study has uncovered various complications and obstacles that an optimization engineer must overcome while respecting the procedures established by the company.

Action plans for each type of problem detected were designed and offered to the customer operator. The validation of corrective actions submitted by the client; INWI the operator; resulted in their implementation and monitoring their impact on the performance of the cluster.

Glossaire

2G: second Generation

3G: 3rd Generation

3GPP: 3rd Generation Partnership Project

4G : Long Term Evolution

A

AMR: Adaptive Multi Rate

AMC: Adaptive Modulation and Coding

B

BMC: Broadcast/Multicast Control

C

CN: Core Network

CS: Circuit-switched

CP: Cyclic Prefix

CQI: Channel Quality Indicator

D

DT: Drive Test

DL : Downlink

E

Ec/Io: Chip energy over noise power spectral density

EPS :Evolved Packet System

EPC :Evolved Packet Core

eNB: Evolved Node B

E-UTRAN: Evolved UMTS Terrestrial

F

FDD: Frequency Division

FDMA: Frequency Division Multiple Access

FTP: File Transfer Protocol

G

GSM: Global System for Mobile Communications

GPRS: General Packet Radio Service

GPS: Geographical Position System

H

HLR: Home Location Register

HO: Handover

HARQ: Hybrid Automatic Repetition Request

HSDPA :High Speed Downlink Packet Access

HSUPA: High-Speed Uplink Packet Access Channel

HSS:Home Subscriber Server

K

KPI: Key Performance Indicator

M

MAC: Medium Access Control

MSC: Mobile Switching Center

MME: Mobility Management Entity

MIMO: Multiple Input Multiple Output

P

PLMN: Public Land Mobile Network

PS: Packet Switched

PSC: Primary Scrambling Codes

PCI : Physical cell identities

O

OMC: Operation and Maintenance Center

OSI: Open Systems Interconnection

OVSF: Orthogonal Variable Spreading Factor

OFDM Orthogonal Frequency Division

Multiplexing

OFDMA: Orthogonal Frequency Division

Multiple Access

Q

QAM: Quadrature Amplitude Modulation

QPSK: Quadrature Phase Shift Keying

R

RAB: Radio Access Bearer

RF: Radio Frequency

RLC: Radio Link Control

RNC: Radio Network Controller

RNP: Radio Network Planning

RNO: Radio Network Optimisation

RRC: Radio Resource Control

RSCP: Received Signal Code Power RTWP: Received Total Wideband Power.

S

SGSN: Serving GPRS Support Node

SMS: Short Message Service

SSV: Single Site Verification

T

TDD: Time Division Duplexing

TDMA: Time Division Multiple Access

U

UE: User Equipment

UMTS: Universal Mobile

Telecommunication Services

USIM: Universal Subscriber Identity Module

UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network

UL : Upload

V

VLR: Visitor Location Register

W

WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access.

Liste des figures

Figure 1:Présence Mondiale de HUAWEI.....	3
Figure 2 : valeurs fondamentales de HUAWEI.....	3
Figure 3 : diagramme de GANTT du stage.....	5
Figure 4 : diagramme de PERT du stage.....	6
Figure 5 : UTRA/FDD « bandes appairées »	10
Figure 6 : UTRA/TDD « bandes non appairées »	10
Figure 7 : Structure de trame UMTS.....	10
Figure 8 : Architecture globale du réseau UMTS	11
Figure 9 :NodeB avec antennes sectorielles	Figure 10 : Node B avec antenne omnidirectionnelle... 12
Figure 11 : Schémas représentant les différentes étapes utilisées pour le W-CDMA	12
Figure 12 : Principe de l'étalement de spectre	13
Figure 13 : Arbre des codes OVSF	14
Figure 14 : Utilisation des codes OSVF.....	14
Figure 15 : Comparaison entre L'UMTS et LTE	17
Figure 16 : Architecture générale de LTE.....	18
Figure 17 : Signal OFDM	19
Figure 18 : Interférences entre symboles	20
Figure 19 : L'ajout du CP.....	20
Figure 20 : OFDM vs OFDMA.....	21
Figure 21 : OFDMA vs SC-FDMA.....	21
Figure 22 : Structure de la Trame FDD.....	22
Figure 23 : Structure de la Trame TDD	22
Figure 24 : La structure d'un Bloc de Ressource	23
Figure 25 : Configurations MIMO supportés par LTE	24
Figure 26 : CSFB a l'utran.....	25
Figure 27 : Le processus de planification du réseau 3G/4G.....	28
Figure 28 Schéma du processus de l'optimisation	31
Figure 29 : Mécanisme d'extraction des KPIs	32
Figure 30 : chaîne de mesure	34
Figure 31 : Capture des PSC	42
Figure 32 : Problème de cross feeder	43
Figure 33 : Illustration des P-SC après intervention	43
Figure 34 : Capture des PSCs.....	44
Figure 35 : PSC du parcours	45
Figure 36 : PSC de la zone 1	45
Figure 37 : PSC de la zone 2	46
Figure 38 : PSC de la zone 3	46
Figure 39 : RSCP du parcours.....	47
Figure 40 : RSCP de la zone 1	47
Figure 41 : Capture détaillée de cette zone	48
Figure 42 : illustration de la zone 1.1 dans Google earth.....	48
Figure 43 : illustration du profil d'élévation de la zone 1.2 dans Google Earth.....	49
Figure 44 : capture du RSCP dans la zone 2	49
Figure 45 : Capture du PSC et PSC de la zone 3	50
Figure 46 : Capture du RSCP et PSC de la zone 3	50
Figure 47 : Qualité de signal Ec/I0 du parcours.....	51
Figure 48 : qualité de signal EC/I0 de la zone 1	51
Figure 49 : qualité de signal Ec/I0 de la zone 2	52
Figure 50 : débit de la voie descendante du parcours.....	52

Figure 51 : capture de Pilot pollution.....	53
Figure 52 : capture détaillée du Pilot Pollution de la zone 1	54
Figure 53 : capture détaillée du Pilot Pollution de la zone 2.....	55
Figure 54 : : capture des échecs durant le parcours.....	56
Figure 55 : capture détaillée de cet échec.....	56
Figure 56 : capture des coupures d'appels durant le parcours.....	57
Figure 57 : capture détaillée du Drop1	57
Figure 58 : capture détaillée du Drop2.....	58
Figure 59 : Emplacement du nouveau site 3G dans la ville de Meknès	60
Figure 60 : l'interface du logiciel U-net de Huawei.....	61
Figure 61 : Création d'un projet sous Unet	61
Figure 62 : Importation de la carte digitale du maroc	61
Figure 63 : Importation des paramètres radio GSM et UMTS	62
Figure 64 : Activation des transmetteurs des sites de Meknes	62
Figure 65 : paramétrage du PSC	63
Figure 66 : paramétrage de réutilisation du PSC.....	63
Figure 67 : exécution et allocation automatique des codes PSC	64
Figure 68 : Les PSC pour le nouveau site	64
Figure 69 : Choix des types de voisinage.....	65
Figure 70 : planification de voisinage intra-Fréquence	65
Figure 71 : planification de voisinage inter-Fréquence	66
Figure 72 : planification de voisinage inter-RAT 3G-2G.....	66
Figure 73 : RSCP du parcours avant et après l'optimisation.....	67
Figure 74 : EC/I0 du parcours avant et après l'optimisation	67
Figure 75 : RSCP avant et après le cycle de planification	68
Figure 76 : Création d'un nouveau projet.....	70
Figure 77 : Importation de la carte sur U-Net	70
Figure 78 : Importation des sites	71
Figure 79 : Création d'une nouvelle antenne	71
Figure 80 : Ajout de la bande : 1800MHz -FDD	72
Figure 81 : Planification des PCIs.....	72
Figure 82 : : liste des PCIs suggérés	73
Figure 83 : Vérification des PCIs.....	73
Figure 84 : Importation des Sites 2G/3G/4G dans la région étudiée.....	74
Figure 85 : Planification des voisinages.....	74
Figure 86 : Planification du voisinage du secteur TGH-1004_L-2	75
Figure 87 : Liste des voisinages Inter-RAT pour TGH-1004_L-2	75
Figure 88 : Distribution du RSCP dans la ville TAGHAZOUT.....	76
Figure 89 : Distribution des PCIs dans la zone1	77
Figure 90 : Distribution du RSRP de la zone 2 et son illustration sous Google Earth	77
Figure 91 : Distribution du RSRP de la zone 3 et son illustration sous Google Earth	78
Figure 92 : Distribution des SINRs dans la ville.....	79
Figure 93 : L'emplacement des coupures d'appels	79
Figure 94 : Détail sur la coupure PA2.....	80
Figure 95 : Détail sur la coupure PA3.....	80
Figure 96 : Détail sur la coupure PA4.....	80
Figure 97 : Emplacement des echecs du handover.....	81
Figure 98 : Détail sur l'échec	81
Figure 99 : Mécanisme du softer/soft Handover dans l'UMTS	ii
Figure 100 : Le Hard Handover	ii
Figure 101 : Handover Inter-système.....	iii

Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau statique des KPIs	41
Tableau 2 : Tableau dynamique des KPIs	42
Tableau 3 : Les paramètres radio du nouveau site	60
Tableau 4 : suite des paramètres radio	60
Tableau 5 : la base de données 3G pour INWI.....	62
Tableau 6 : la base de données 2G pour INWI.....	62

Liste des Equations

Équation 1 : Calcul du débit Chip	13
Équation 2 : Calcul du facteur d'étalement	14
Équation 3 : Calcul du PCI.....	29

Introduction générale

Le secteur des télécommunications a joué un rôle dynamique dans le développement de toutes les activités économiques des pays. Il a de ce fait connu une évolution remarquable ces dernières années.

Toutefois la saturation des réseaux 2G et leurs limites en matière de débit et services, a amené les acteurs du domaine de télécommunication à penser à une troisième génération représenté par la norme **UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) « 3G »** en profitant du progrès qu'a connu la technologie du traitement de signal. Ceci a apporté une amélioration du débit permettant de supporter les nouveaux services avec une bonne qualité de transmission de la voix et des données. Cependant, avec la demande croissante et l'augmentation du nombre d'abonnés, cette technologie ne permet plus de répondre aux besoins. Il fallait donc pousser le développement vers d'autres améliorations pour augmenter la capacité des réseaux, ce qui a donné naissance à la quatrième génération **LTE (Long Term Evolution) « 4G »** apportant une amélioration du débit.

En tant que fournisseur des équipements de télécommunication, le prestataire HUAWEI a été choisi par l'opérateur client INWI pour mener les opérations de planification et d'optimisation de ses réseaux. C'est dans cette perspective que s'inscrit ce projet effectué au sein du département **RNP/RNO « Radio Network Planning/Optimization »**. L'objectif étant de maîtriser les concepts de planification et d'optimisation Radio des réseaux 3G/4G et les mettre en pratique.

L'optimisation des réseaux d'accès radio devient, pour un opérateur, un enjeu fondamental lui permettant de minimiser les investissements, réduire le nombre de sites à déployer, et de garantir une bonne qualité de service aux utilisateurs. Une fois le réseau est opérationnel, l'opérateur doit veiller à son bon fonctionnement.

Le rapport d'un tel projet est structuré en cinq chapitres :

Le premier est dédié à la présentation de l'entreprise d'accueil ainsi que le cahier des charges et les problématiques.

Le deuxième comprend une étude théorique sur les technologies 3G/4G qui constitue le noyau de notre sujet.

Le troisième est consacré à l'étude des processus de planification et d'optimisation radio.

Le quatrième porte sur l'illustration d'une étude de cas de la ville Meknès pour le réseau 3G.

Le dernier chapitre consiste en l'étude de cas de la ville Taghazout pour le réseau 4G.

Chapitre I : Contexte général et positionnement du projet

Dans ce chapitre on s'intéresse au contexte du projet qui consiste à présenter l'organisme d'accueil Huawei technologie ainsi que le projet objet de notre stage de fin d'étude.

Pour celui-ci nous allons nous baser sur le cahier des charges et utiliser les outils de gestion de projet. Les problématiques seront également présentées avant de passer à un découpage du projet en lots pour faciliter les tâches.

I. Présentation de l'organisme d'accueil

1. Huawei Technologies

Huawei Technologies Co. Ltd. est une entreprise privée fondée en 1988. Son siège social se trouve à Shenzhen en Chine. Cet organisme dispose d'un réseau mondial de clients couvrant plus de 140 pays représentant plus d'un tiers de la population mondiale.

En 2014, selon ses dirigeants, HUAWEI a réalisé un chiffre d'affaires de 28 milliards d'euros, en hausse de 40% par rapport à 2013, ce qui la situerait tous segments confondus parmi les premiers équipementiers à l'échelle mondiale. La figure 1 illustre les zones de présence des sites de la société à travers le monde :



Figure 1:Présence Mondiale de HUAWEI

2. Valeurs fondamentales

Les valeurs fondamentales de HUAWEI sont profondément enracinées dans chaque aspect de son activité. Elles représentent la force motrice qui permettent à l'entreprise de fournir des services efficaces à leurs clients et à concrétiser sa vision « Enrichir notre vie par la communication ». La figure 2 représente les valeurs fondamentales autour desquelles Huawei s'articulent.



Figure 2 : valeurs fondamentales de HUAWEI

3. Secteur d'activités

Le premier secteur d'activité de HUAWEI a longtemps été la fourniture des équipements et des services aux opérateurs de télécommunications. Depuis quelques années, l'entreprise s'est également lancée dans la vente de téléphones portables avec la technologie Android.

HUAWEI est l'un des premiers fournisseurs mondiaux de réseaux de nouvelle génération pour les opérateurs télécoms. Elle fournit des produits, services et solutions innovants sur-mesure qui assurent une croissance à long terme pour ses clients. Ses produits et solutions sont déployés dans plus de 150 pays et fournissent 45 des 50 premiers opérateurs mondiaux.

Le catalogue de ses produits comprend :

- Les produits sans fil (UMTS, CDMA2000, GSM/ GPRS/ EDGE et WiMAX et LTE).
- Les produits réseau (NGN, xDSL, réseau optique et communication de données)
- Les terminaux mobiles et fixes.

4. HUAWEI au Maroc

HUAWEI technologies MOROCCO SARL a été créée en 2004. Actuellement elle emploie plus de 400 personnes dont 70 % de marocains. La firme compte dans son portefeuille clients les grands opérateurs nationaux dont MAROC TELECOM, WANA CORPORATE, et MEDITEL. Elle a réalisé plus de 200 projets en télécommunications au Maroc. En 2010, la filiale marocaine a réalisé 200 millions de dollars en termes de revenu des ventes, dont 80 % grâce aux télécoms. En 2014 HUAWEI a réalisé un chiffre d'affaires de 28 milliards de dollars.

II. Contexte Générale du projet

1. Présentation du département RNP/RNO de HUAWEI

Le département RNPO (Radio Network Planning and Optimization) fait partie du département technique « Wired and Wireless Broadband Access ». Il a pour mission de faire le suivi du réseau radio ainsi que la planification et l'optimisation du réseau afin d'améliorer et de maintenir une bonne qualité de service.

2. Problématique

Ce travail rentre dans le cadre du projet Rollout de l'opérateur INWI qui a pour but d'améliorer la performance des réseaux 3G/4G. La problématique à résoudre consiste à respecter les seuils des principaux indicateurs de performances (KPI) du réseau selon les délais fixés par l'opérateur client. Les KPI (Key Performance Indicators) reflètent l'état du réseau. Ainsi, l'optimisation doit être plus rigoureuse et le suivi du réseau plus récurrent et d'une manière régulière pour détecter rapidement les anomalies (seuils KPIs non conformes, couverture, qualité...). Il sera par ailleurs procédé aux analyses des statistiques pour proposer des plans de solutions. Le but est de palier aux situations, proposer des Drive-Tests (DTs) dans les régions les plus affectées.

Les données collectées par les DTs seront analysées et serviront de base pour proposer des solutions pertinentes et ainsi l'amélioration de la performance du réseau qui sera reportée sous forme de rapport d'optimisation.

3. Cahier des charges

Afin de répondre à la problématique ci-dessus, des objectifs ont été fixés. L'objectif principal est de faire la planification et l'optimisation d'une zone géographique pour améliorer la qualité de service selon les exigences imposées par INWI. Ainsi notre contribution au projet consiste à mener les actions suivantes :

- Planification d'une zone géographique.
- Suivi des DT (Drive Test).
- L'analyse des sites 3G/4G d'INWI et l'analyse des clusters.
- Proposition des solutions.
- Rédaction de rapport quotidien d'optimisation.

L'objectif global est d'améliorer la qualité de service. Ainsi une comparaison sera faite entre l'état du réseau avant et après l'optimisation.

4. Diagramme de Gantt et PERT

Pour la planification de projet, nous avons utilisé le diagramme de GANTT et PERT. C'est un outil qui permet de planifier le projet et de rendre plus simple le suivi de son avancement en visualisant l'enchaînement et la durée des différentes tâches.

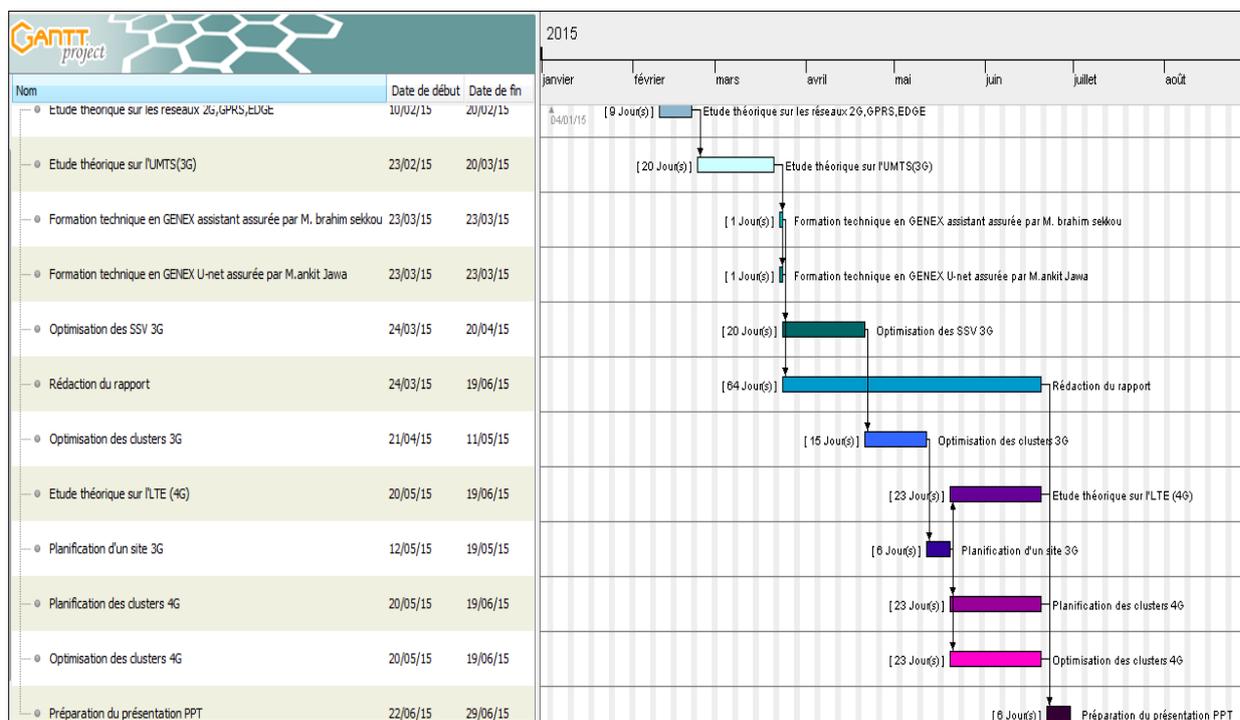


Figure 3 : diagramme de GANTT du stage

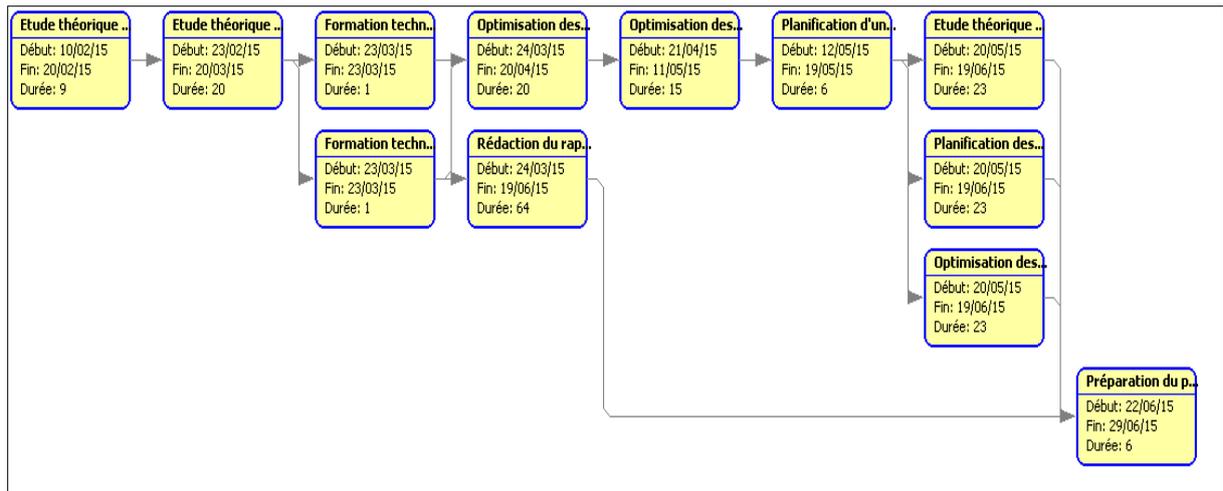


Figure 4 : diagramme de PERT du stage

Conclusion

Au travers de ce chapitre, On a fait un bref tour d’horizon de l’environnement dans lequel ce projet a été effectué, en présentant essentiellement l’organisme d’accueil. On a présenté brièvement le sujet ainsi que des diverses étapes projetées de façon chronologique afin de mener à bien le projet.

Chapitre II : Généralités sur UMTS et LTE

Ce second chapitre vise à cerner l'environnement global du projet. Les aspects généraux de l'UMTS seront présentés. Nous commencerons par détailler l'architecture globale de l'UMTS puis les méthodes d'accès radio WCDMA, nous aborderons aussi le concept du Handover en 3G pour terminer par l'évolution HSDPA.

Dans une seconde partie nous allons présenter l'architecture du réseau 4G, la méthode d'accès OFDMA et SC-FDMA et nous finirons par élaborer le handover en LTE et le CS Fallback.

I. Généralités sur la technologie UMTS :

1. Présentation sur la norme UMTS

1.1. Introduction

Il existe plusieurs technologies 3G dans le monde. Chacune d'elles suivent les recommandations IMT2000. Suivant les continents. Ainsi pour:

- Europe : UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)
- Amérique : CDMA-2000 (Code Division Multiple Access)
- Japon et Corée : W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access)
- Chine : TD-SCDMA (Time Division Synchronous Code Division Multiple Access)

Ces normes permettent de transporter les données sans-fil à haut débit sur la même connexion. La particularité des technologies 3G est d'avoir un réseau coeur IP. L'UMTS est ainsi la norme de télécommunication de troisième génération utilisée en Europe. Elle est basée sur la technologie W-CDMA et a été développée à partir de 2004 avec la Release 99 (R99). Sa bande de fréquence de fonctionnement est 1900 MHz-2000 MHz. Les spécifications techniques de cette norme sont développées au sein de l'organisme 3GPP. L'UMTS est compatible avec tous les réseaux du monde du fait de la possibilité de roaming au niveau mondial. Le réseau UMTS ne remplace pas le réseau GSM existant puisque la coexistence entre ces deux réseaux est possible.[0]

1.2. L'évolution de la téléphonie mobile :

La téléphonie mobile a progressivement évolué depuis les réseaux 1G analogiques et non cellulaires vers les réseaux 2G numériques et cellulaires, dont la mise en place s'est accélérée dans les années 90 grâce à des décisions communes établies par le groupe GSM.

De réseau de transmission de services voix, un cadre technique s'est mis en place pour proposer aussi le transfert de données à des débits plus importants grâce à une gestion différente, par paquets, des informations échangées.

Cela a permis de voir émerger la technologie 2,5 G avec le GPRS, puis 2,75 G grâce à la technologie EDGE. Ces deux dernières ont profités de l'infrastructure existante 2G du GSM. Le débit proposé reste faible (200 Kbit/s) par rapport aux offres filaires (512 Kbit/s et au-delà pour l'ADSL).

Pour améliorer davantage et proposer d'autres, il a fallu changer d'architecture. Distincte des modes de transmission antérieurs, elle est qualifiée de 3G, ou réseau de troisième génération. Presque en même temps, la Chine, dont l'activité économique connaît un développement sans précédent depuis les années 2000, préfère se distinguer et construire entièrement son propre standard 3G : c'est le TD-SCDMA.

Au-delà de ces technologies différentes, la 3G ne suffit pas à elle-même et des évolutions permettent d'améliorer ses performances. En Europe, l'UMTS peut être mis à jour en HSDPA, puis en HSUPA, augmentant sensiblement les débits et ouvrant la voie vers de nouveaux usages.

2. Les objectifs de l'UMTS

Agréés par l'UIT, les réseaux d'accès 3G doivent satisfaire les caractéristiques techniques suivantes:

- **Services à haut débit** : Le minimum est de 64 Kbits/s dans tout type d'environnement, et le maximum est de 2 Mbits/s dans les environnements indoor avec une mobilité restreinte.
- **Transmission de données de manière symétrique et asymétrique** : Dans une transmission symétrique, le débit de la voie montante (du terminal vers le réseau fixe) est égale à celui de la voie descendante (du réseau fixe vers le terminal mobile). Au contraire, dans une communication asymétrique, le débit dans les deux voies est différent.
- **Type de commutations** : Services à commutation de paquets pour la transmission de données, et à commutation de circuits pour la transmission de la voix.
- **Possibilité d'offrir des services multimédia** lors d'une même connexion et avec des qualités de services différentes (débits, taux d'erreurs, délais de transfert...) pour les différents types de médias (voix, audio, données...).
- **Itinérance (roaming)** entre les différents systèmes de troisième génération.

3. Classes de service de l'UMTS

Les classes de service sont définies selon deux contraintes : le délai de transfert et la tolérance aux erreurs de transmission. Suivant ces contraintes, quatre classes de service sont offertes :

- **Classe conversationnelle** (Phonie, Visio, jeux interactifs). Ce sont des applications à contrainte temps réel.
- **Classe streaming** (écoute de programmes vidéo, audio, transferts FTP ou images). Elle concerne les données sensibles aux erreurs de transmission.
- **Classe interactive** (navigation web, e-commerce..)
- **Classe background** (e-mails, SMS, FAX).

4. Organisation temporelle et fréquentielle de la norme UMTS

Les bandes de fréquences allouées pour l'IMT 2000 sont 1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz. Les figures 5 et 6 présentent l'allocation de spectre pour l'UMTS :

La division duplex dans les bandes dites "appairées", c'est à dire 2 x 60 MHz, est fréquentielle. L'écart duplex vaut 190 MHz. On utilise dans ces bandes un accès W-CDMA. La division duplex dans les bandes dites "non appairées", c'est à dire 20 MHz et 15 MHz, est temporelle. Nous utilisons dans ces bandes un accès TD-CDMA.

Les deux modes d'accès doivent être harmonisés pour favoriser la réalisation des terminaux bi-modes TDD / FDD à bas coût.[1]

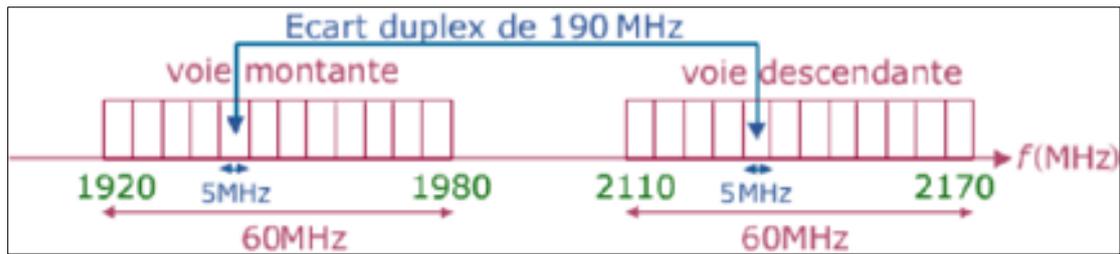


Figure 5 : UTRA/FDD « bandes appairées »

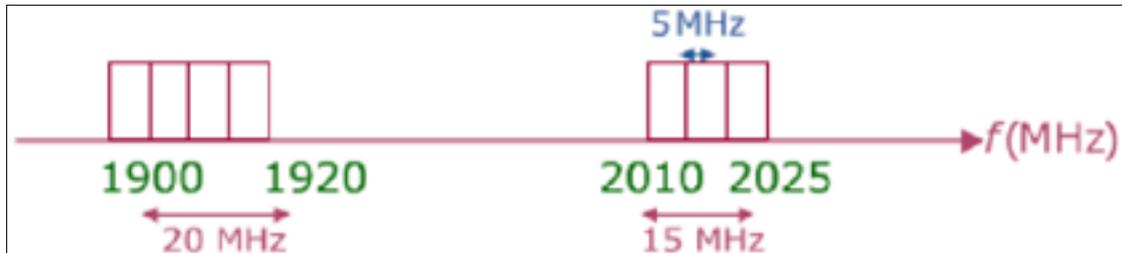


Figure 6 : UTRA/TDD « bandes non appairées »

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 667 μ s. Cette organisation est illustrée par la figure suivante :

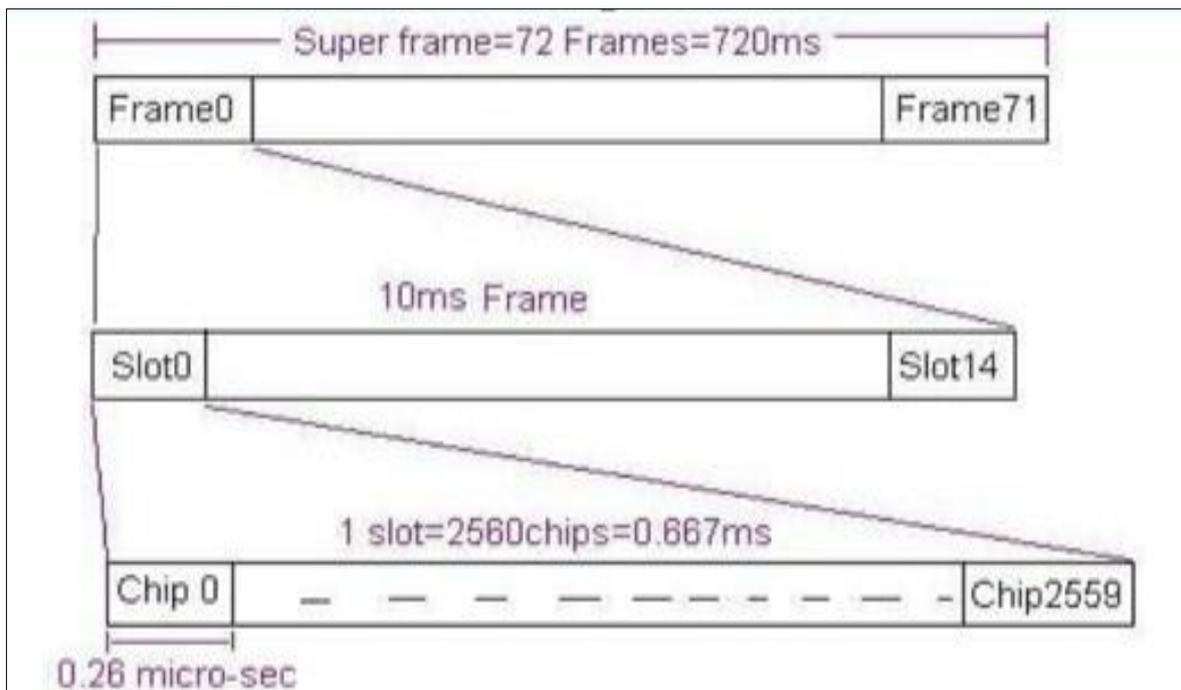


Figure 7 : Structure de trame UMTS

5. Architecture du réseau UMTS :

Cette architecture se compose de deux domaines principaux, le domaine de l'équipement usager et le domaine de l'infrastructure. Ce dernier est subdivisé en deux sous-domaines, le domaine du réseau d'accès et le domaine du réseau coeur. La figure 8 schématise cette architecture :

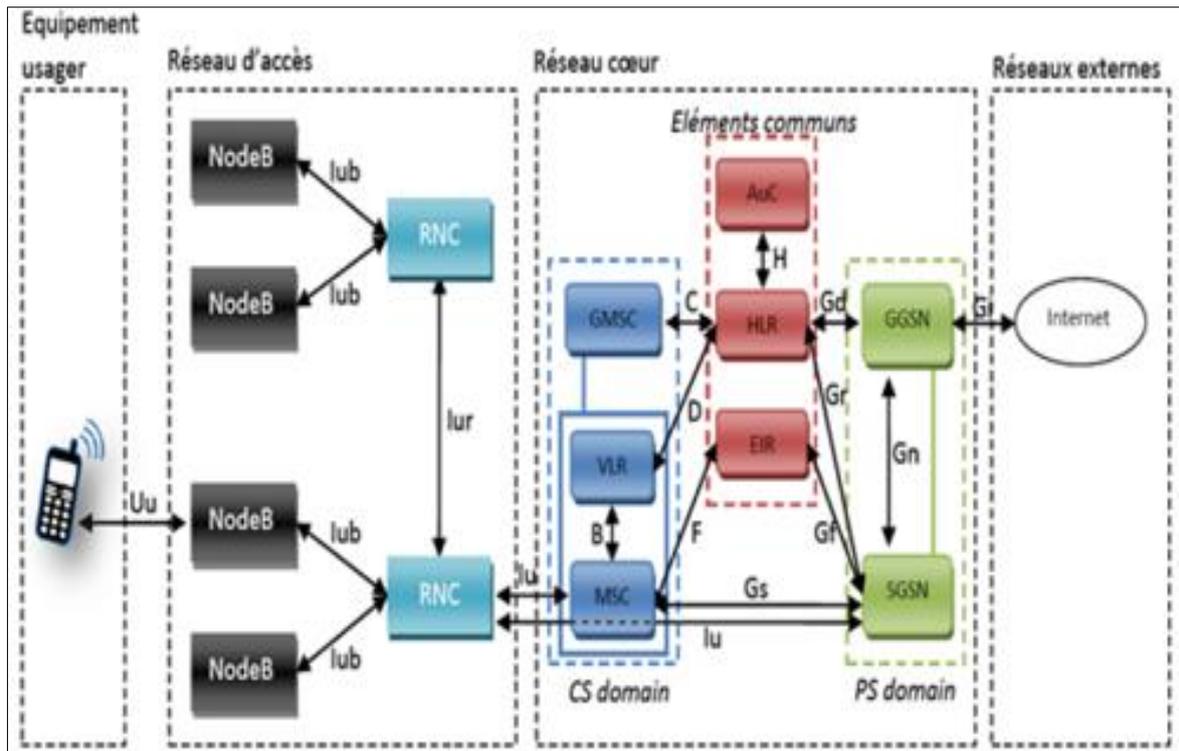


Figure 8 : Architecture globale du réseau UMTS

Puisque mon projet porte sur l'optimisation de l'interface air Uu entre le mobile et le NodeB, on ne va pas détailler toute l'architecture.

5.1. Le domaine de l'équipement usager (UE) :

Le domaine de l'équipement usager comprend tous les équipements terminaux, il peut être également divisé en deux sous-domaines, l'équipement mobile (ME) et le module d'identité des services de l'utilisateur USIM.

5.2. Réseau d'accès UTRAN :

Le réseau d'accès UTRAN est doté de plusieurs fonctionnalités. Sa fonction principale est de transférer les données générées par l'utilisateur au réseau cœur en utilisant les interfaces **Uu** et **Iu**. Cependant, il est chargé d'autres fonctions :

- **Sécurité** : Il permet la confidentialité et la protection des informations échangées par l'interface radio en utilisant des algorithmes de chiffrement et d'intégrité.
- **Mobilité** : Une estimation de la position géographique est possible.
- **Gestion des ressources radio** : Le réseau d'accès est chargé d'allouer et de maintenir des ressources radio nécessaires à la communication.
- **Synchronisation** : Il est aussi en charge du maintien de la base temps de référence des mobiles pour transmettre et recevoir des informations.

Le réseau d'accès UTRAN est composé de plusieurs éléments : une ou plusieurs stations de base (appelées NodeB), des contrôleurs radio RNC (Radio Network Controller) et des interfaces de communication entre les différents éléments du réseau UMTS.[9]

NodeB :

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. Le NodeB travaille au niveau de la couche physique du modèle OSI (codage et décodage). Nous pouvons trouver deux types de NodeB :

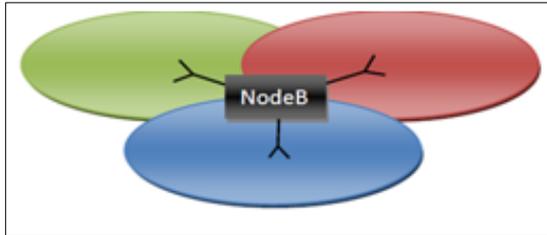


Figure 9 : NodeB avec antennes sectorielles

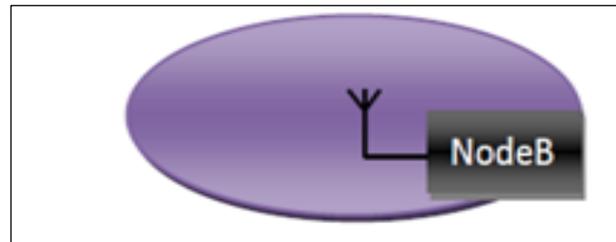


Figure 10 : Node B avec antenne omnidirectionnelle

RNC :

Le rôle principal du RNC est de router les communications entre le NodeB et le réseau coeur de l'UMTS, il effectue le contrôle de puissance et de charge, l'allocation de codes, le séquençement de la transmission de données, la combinaison/distribution des signaux provenant ou allant vers différents nœuds B dans une situation de macro diversité.

5.3. Réseau coeur :

Le réseau coeur de l'UMTS a comme fonction principale : la gestion des appels, l'itinérance, la sécurité et la communication avec les réseaux externes, il est composé de deux domaines :

- Le domaine CS (Circuit Switched) utilisé pour la téléphonie
- Le domaine PS (Packet Switched) qui permet la commutation de paquets.

Ces deux domaines permettent aux équipements usagers de pouvoir gérer simultanément une communication paquets et circuits.

6. La Méthode d'accès radio : WCDMA

W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access Evaluation, Multiplexage par code large bande*) est une technique utilisée pour la téléphonie mobile de troisième génération (UMTS) et qui est une évolution de la technique CDMA.

Ainsi cette dernière permet une efficacité du point de vue spectral, la sécurité de transmission et la gestion du plan de fréquence et cela en se basant sur les étapes représentées par le schéma suivant :



Figure 11 : Schémas représentant les différentes étapes utilisées pour le W-CDMA

Le signal d'émission subit un codage source qui permet de Transformer la séquence issue de la source en une séquence normalisée ne présentant quasiment plus la redondance de sorte à réduire la durée de transmission pour un même débit, puis un codage canal qui permet de son tour de Lutter efficacement contre les erreurs de transmission qui affectent les symboles individuels.

6.1. Principe de l'étalement du spectre

Le W-CDMA réalise un étalement de spectre selon la méthode de répartition par séquence directe (Direct Sequence). Pour cela, chaque bit de l'utilisateur à transmettre est multiplié (OU exclusif) par un code pseudo aléatoire PN (Pseudo random Noise code) propre à cet utilisateur. La séquence du code (constituée de N éléments appelés "chips") est unique pour cet utilisateur en question, et constitue la clé de codage. La longueur L du code est appelée facteur d'étalement SF (Spreading Factor). Si chacun des symboles a une durée T_b , on a 1 chip toutes les T_b/N secondes. Le nouveau signal modulé a un débit N fois plus grand que le signal initialement envoyé par l'usager et utilisera donc une bande de fréquences N fois plus étendue. Nous avons donc une relation entre le débit initial et le débit final du type :

$$\text{Débit Chip} = \text{Débit Bit} \times SF$$

Équation 1 : Calcul du débit Chip

Remarque :

La relation ci-dessus nous permet de dire que plus le facteur d'étalement SF est élevé, plus le Débit Chip sera élevé. Cela implique que le débit de données du canal sera élevé. Les canaux à débits variables peuvent être libérés en fonction des besoins de l'utilisateur.

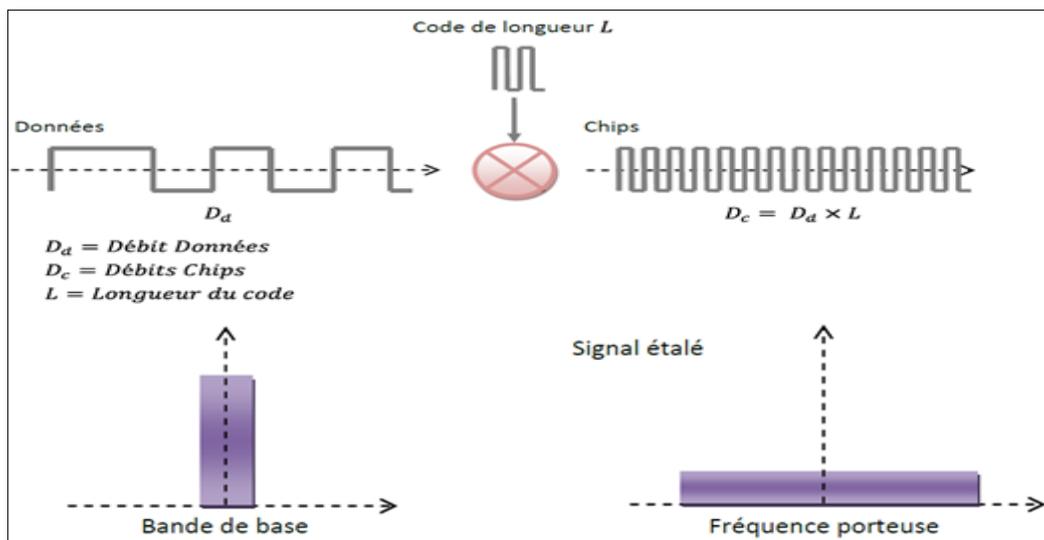


Figure 12 : Principe de l'étalement de spectre

Afin de pouvoir lire le message codé envoyé, le récepteur doit réaliser la même opération. En effet, ce dernier génère la même séquence d'étalement qu'il multiplie au signal reçu afin d'obtenir les données. Les données des autres utilisateurs (pas de multiplication avec la séquence d'étalement) restent étalées.

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 :

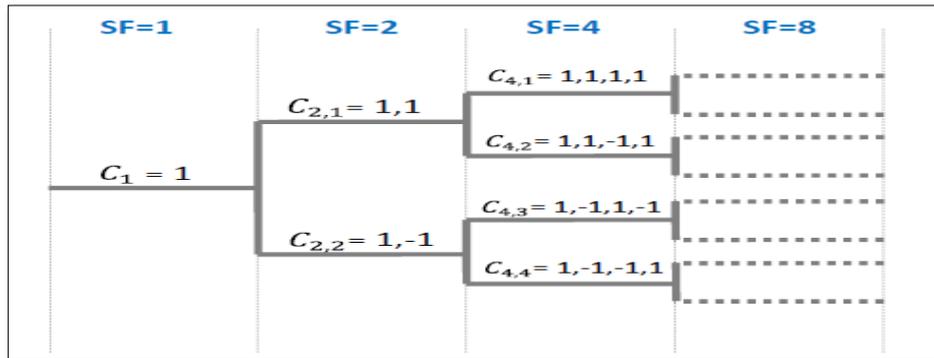


Figure 13 : Arbre des codes OVSF

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 est obtenu par l'intermédiaire de la relation suivante :

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

Équation 2 : Calcul du facteur d'étalement

Dans un tel arbre, il n'est pas possible d'utiliser tous les codes OVSF simultanément. Comme vu précédemment, 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.

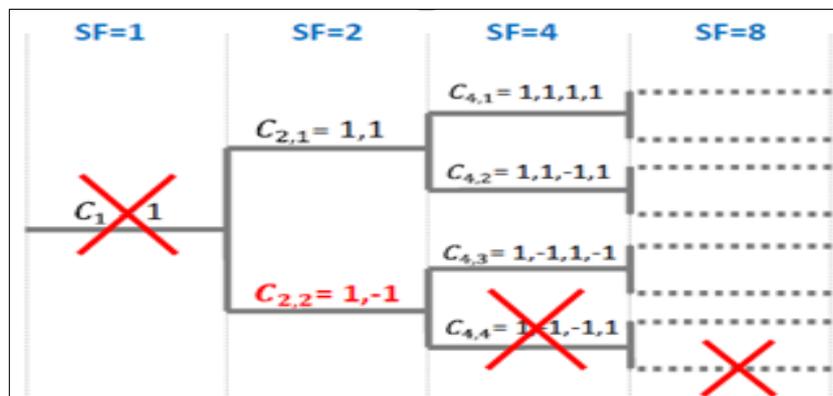


Figure 14 : Utilisation des codes OSVF

La figure 14 indique que le code C2,2 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.

6.2. Codes d'embrouillage (Scrambling Codes) :

L'embrouillage, réalisé par l'émetteur, permet de séparer les différents signaux d'une même station de base ou d'un même terminal sans modifier ni le débit, ni la bande passante. Cela permet d'étaler un signal par plusieurs émetteurs avec le même code d'étalement sans compromettre la détection des signaux par le récepteur. Il existe un arbre de codes d'étalement pour chaque code d'embrouillage, ce qui permet aux émetteurs d'utiliser leurs arbres de codes indépendamment.

Pour la voie descendante

Les signaux venant du NodeB vers les mobiles présents dans sa cellule, sont des signaux synchronisés venant de la même source (NodeB). Donc chaque mobile se doit attribuer un code d'étalement OVFSF. Le réseau utilise tous les codes d'étalement possibles (512), et chaque cellule utilise un code d'embrouillage particulier, ce qui permet de différencier les cellules entre elles. Au total il y a 8192 codes de brouillage pour séparer les cellules.

Pour la voie montante

Les différents signaux venant des UE vers le NodeB sont des signaux non synchronisés (des sources différentes) peuvent être séparés par des codes d'embrouillage. Chaque mobile se voit allouer un code d'embrouillage différent parmi les 224 codes disponibles. Par ailleurs, il peut utiliser tous les codes d'étalement possibles.

7. Hand-over :

Le handover ou transfert intercellulaire est un mécanisme fondamental dans les communications mobiles cellulaires (GSM, UMTS ou LTE par exemple).

Le handover désigne l'ensemble des opérations mises en œuvre pour permettre qu'un téléphone mobile ou un smartphone (dénommés station mobile - MS en GSM, ou user equipment dans les réseaux 3G et 4G) change de cellule radio sans interruption de la conversation ou du transfert des données.

Contrairement aux systèmes 2G GSM où le passage d'une cellule vers une autre occasionne une coupure brutale de la communication entre le mobile et le réseau connu sous le nom «drop before- make», les systèmes 3G UMTS permettent à un mobile de maintenir le lien radio avec au moins une cellule avant de rompre la connexion courante «make-before-drop».

Davantage de détail sur ce paragraphe est donné dans l'Annexe A.

8. HSDPA:

Le HSDPA (High Speed Download Packet Access) est doté d'un ensemble de propriétés dont la combinaison permet d'améliorer la capacité du réseau ainsi que le débit de données jusqu'à plus de 10 Mbps pour le trafic sur le lien descendant.[2]

Parmi ces propriétés, nous retrouvons des techniques connues et utilisées dans des standards d'évolution tel que le GSM/EDGE et que l'on résume par les points suivants :

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

AMC : Modulation et codage adaptatif

Connu sous le nom d'adaptation au lien radio, AMC permet d'adapter la combinaison modulation-codage aux conditions moyennes du canal radio pour chaque utilisateur d'une façon dynamique.

La décision d'une transmission en 16QAM ou QPSK est faite dans le réseau en utilisant la qualité du canal d'information provenant du mobile via un canal de control montant.

Cette combinaison, appelée schéma de modulation et de codage MCS (Modulation and Coding Scheme), a été proposée par le 3GPP dans la Release 5.

HARQ : Mécanisme de retransmission hybride

La technologie HSDPA s'appuie sur un mécanisme HARQ asynchrone et adaptatif et peut fonctionner avec les deux variantes Soft combining et IR.

- La propriété "asynchrone" vient du fait que la retransmission des paquets ne se fait pas directement après avoir reçu les acquittements (programmé à n'importe quel instant).
- la propriété "adaptatif" : des retransmissions sont réalisées en utilisant un autre type de modulation (16QAM) autre que celui qui a été utilisé pour la transmission originale (QPSK).

On distingue deux variantes de l'HARQ :

- ✓ **HARQ de type 1** : (appelée aussi chase combining ou soft combining) fait appel à la retransmission par l'émetteur du même paquet de données codées. Le décodeur au niveau du récepteur combine ces copies multiples du paquet envoyé.
- ✓ **HARQ de type 2** : (connue aussi sous le nom de IR (Incremental Redundancy)) contrairement à la précédente qui envoie des répétitions simples de tout le paquet encodé, celle-ci envoie une information redondante additionnelle d'une manière incrémentale si le décodage échoue à la première tentative.

🚦 Ordonnement rapide :

L'ordonnement est l'un des mécanismes de gestion de ressources les plus importants dans les réseaux HSDPA. Il permet de déterminer à quel utilisateur il convient de transmettre dans un intervalle de temps donné. C'est un élément déterminant dans la conception puisqu'il répartit l'allocation du canal entre les utilisateurs et détermine ainsi, d'une manière générale, le comportement global du système.[3]

II. Le réseau LTE

1. Présentation du LTE :

Le Long Term Evolution ou LTE est la 4^{ème} génération des normes pour mobile, Elle vient répondre aux besoins croissants en terme de services et qualités, Le projet fut développé par l'organisme 3GPP (Third generation Partnership Project), un organisme regroupant plusieurs pays, Le LTE fut standardisé dans la release 8, Dans le sens réel cette norme n'est considéré que la 3.9G, la véritable 4G étant le LTE Advanced qui fut standardisé dans la release 9 et 10.

Les réseaux mobiles LTE sont commercialisés sous l'appellation « 4G » par les opérateurs et ont apporté de nombreuses modifications et améliorations:

- Un débit plus important et une efficacité spectrale améliorée.
- Une réduction du délai d'accès et une compatibilité avec les réseaux 3G/2G
- Une mobilité plus rapide : la performance de LTE est optimisée dans le cas où la vitesse est inférieure à 15km/h.
- Une Flexibilité du spectre radio : LTE peut-être déployé dans des bandes de fréquences de différentes tailles : 1.4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 20 MHz. Cela permet à l'opérateur de déployer LTE sur la bande déjà disponible pour lui.
- Une architecture tout IP simplifiant l'interfonctionnement avec les réseaux filaires et les réseaux sans fils non-3GPP.[4]

2. Architecture LTE

2.1. Par rapport à l'UMTS

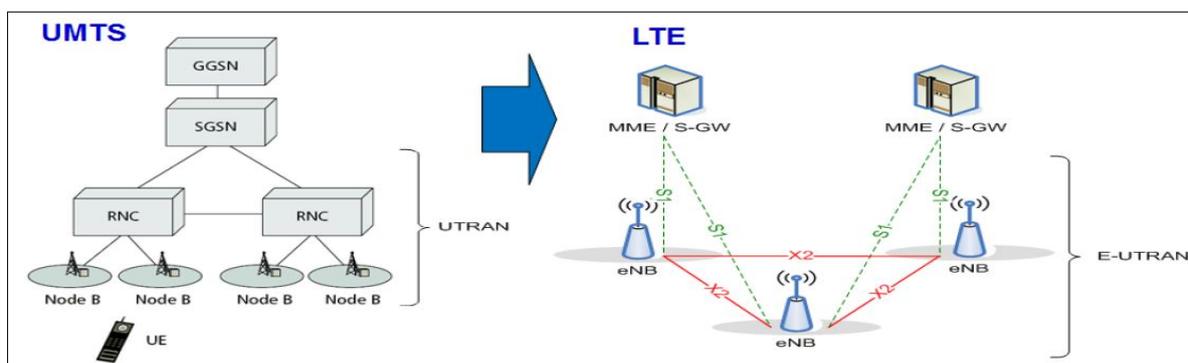


Figure 15 : Comparaison entre L'UMTS et LTE

la figure ci-dessus montre que LTE adopte une architecture simplifiée au niveau de la partie radio par rapport à l'UMTS, on remarque la disparition du RNC, dont une partie des fonctions sont désormais gérées par des Evolved NodeB, la nomination donnée à l'évolution des NodeB, ce changement architectural permet de grandement diminuer la latence, et donc va dans le sens du respect des caractéristiques annoncées mais simplifie également la maintenance. Les fonctions supportées par le RNC ont été réparties entre l'eNodeB et les entités du réseau cœur MME/SGW.

L'interface liant les ENodeB entre eux s'appelle X2, son rôle est de minimiser la perte de paquets lors de la mobilité de l'utilisateur. Celle qui fait le lien avec le réseau cœur s'appelle S1, cette interface consiste en S1-C (S1-Contrôle) entre l'eNodeB et le MME et S1-U (S1-Usager) entre l'eNodeB et le SGW.[5]

2.2. Architecture de LTE :

Le réseau de quatrième génération, appelé EPS (Evolved Packet System), est constitué d'une partie cœur EPC (Evolved Packet Core) et d'une partie radio E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network).

L'architecture générale est décrite dans la figure ci-dessous :

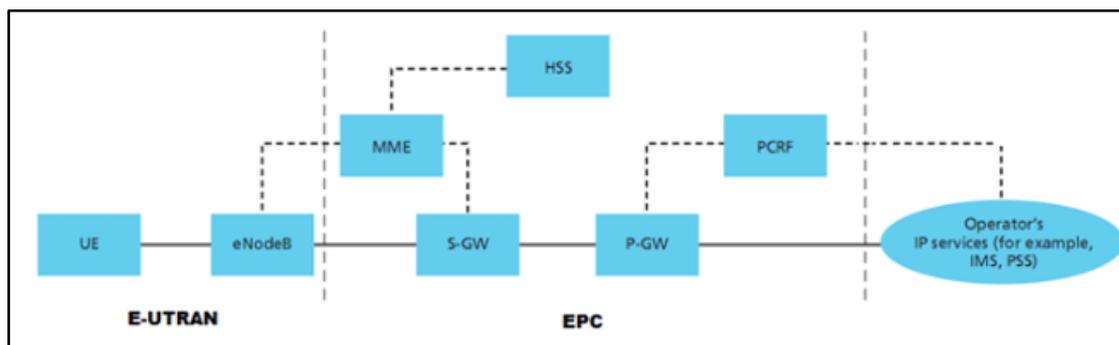


Figure 16 : Architecture générale de LTE

Le réseau cœur EPC est basé sur le protocole TCP/IP. En comparaison avec le cœur 3G divisé en deux domaines, ce réseau cœur ne possède que le domaine paquet qui doit supporter tous les services y compris ceux qui étaient auparavant offerts par le domaine circuit tels que la voix et la visiophonie. Les entités du réseau EPC sont les suivantes :

- **L'entité MME (Mobility Management Entity) :** Le MME est le nœud responsable du contrôle dans le réseau EPC.
- **L'entité S-GW (Serving Gateway) :** La passerelle S-GW est le nœud de gestion du plan utilisateur assurant la liaison entre l'EPC et le réseau d'accès. Son rôle principal est le routage des paquets en UL et en DL.
- **L'entité PDN-GW (Packet Data Network Gateway) :** La passerelle PDN-GW relie l'EPC aux réseaux de données extérieurs tels que Internet et Intranets.
- **L'entité HSS (Home Subscriber Server) :** Le HSS est une base de données qui est utilisée simultanément par les réseaux 2G, 3G, EPS et IMS appartenant au même opérateur.

- **L'entité PCRF (Policy and Charging Rules Function)** : Cette entité détecte les flux deservice et fournit les règles de taxation au PDN-GW afin que ce dernier puisse appliquer lataxation sur ces flux dans les sens montant et descendant.[6]

3. Le Principe de l'OFDM

Avant d'entamer les explications sur la technique, il serait bon de revenir un peu sur la problématique posé, elle est en relation avec l'élément le plus nuisible à toute transmission radio : le phénomène du fading, La théorie de la communication numérique nous indique qu'il y a deux types de Fading : plat quand la bande de cohérence est incluse dans la bande de signal ($BS < BC$), il est sélective en fréquence si ($BC < BS$), dans ce cas le canal ne traite pas toutes les composantes fréquentielles du signal de la même manière , l'approche la plus évidente qui permet de remédier à ce problème serait de décomposer le signal qui est large bande en plusieurs parties à bande étroite ,et d'envoyer chaque partie sur un « sous-canal » de telle façon qu'au niveau de chaque sous-canal le fading y est plat, il s'agit du principe de L'OFDM, En effet le canal est décomposé en plusieurs sous-porteuses, et chaque symbole du signal est modulé sur une sous-porteuse, puis l'ensemble est sommé constituant ainsi un symbole OFDM, par conséquent si on a décomposé la bande du canal en M sous porteuses ,la somme qui est le symbole OFDM sera constitué de M Symboles modulés par les M sous-porteuses. Il faut noter que les fréquences des porteuses sont choisies de manière à ce qu'elles soient orthogonales entre elles et séparés d'un écart Δf , par conséquent quand une composante est maximale le reste est forcément minimal, éliminant ainsi les interférences entre les fréquences adjacentes. La figure suivante montre le signal d'origine :

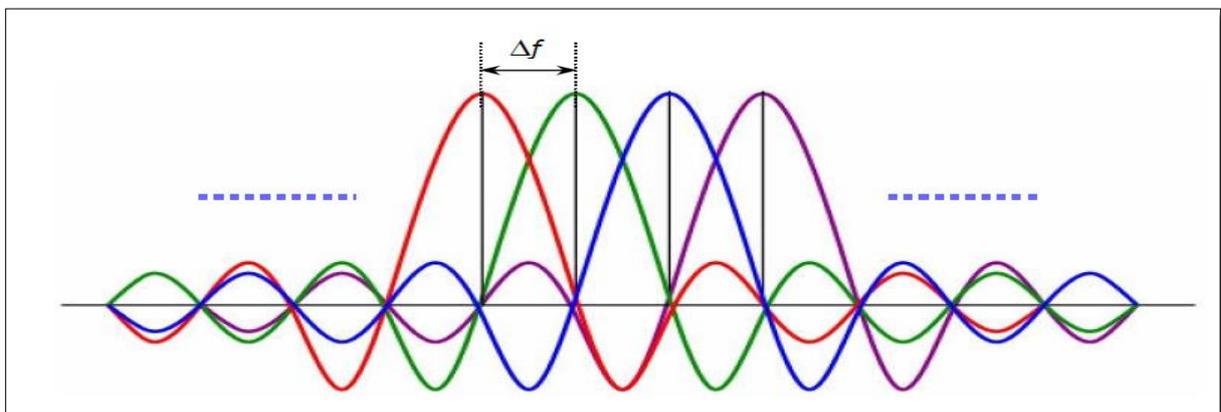


Figure 17 : Signal OFDM

Le premier problème de cette technique est que le signal émis est aléatoire, d'où la nature aléatoire des symboles modulés, par conséquent si la somme est constructive (symboles de même phase), résultant une puissance crête élevée qui s'accompagne avec une consommation énergétique importante vu les contraintes de linéarité que l'amplificateur RF peut ne pas supporter dans ce cas. [7]

Quant au deuxième il est lié au phénomène du fading multi-trajet qui résulte l'arrivée de plusieurs copies retardées du symbole OFDM envoyé causant des interférences avec le signal suivant comme le montre la figure 18 :

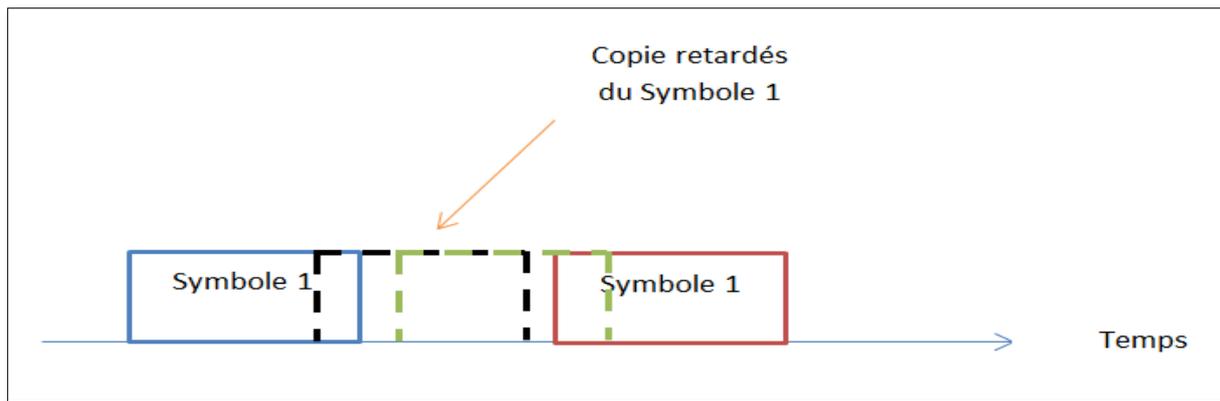


Figure 18 : Interférences entre symboles

Afin de résoudre ce problème il est évident qu'il faut attendre un certain temps avant d'envoyer le signal suivant comme ça l'ensemble des copies seraient arrivées entre temps, cependant dans le domaine du traitement de signal il n'existe pas de « vide », la meilleure idée trouvée pour le remplir serait de tout simplement « copier » une partie de la fin du symbole courant au début, cette partie sera tout simplement ignorée lors de la démodulation, cette technique s'appelle le Cyclic Prefix (CP), illustrée dans la figure 19 :

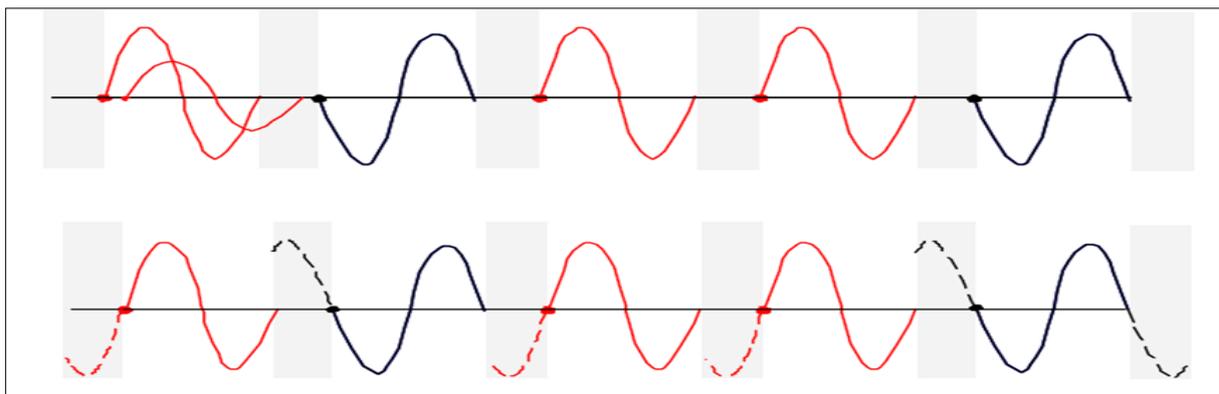


Figure 19 : L'ajout du CP

Pratiquement l'OFDM peut être implémenté de deux manières : Analogique en transformant le signal en un flux parallèle et utilisant des oscillateurs (un par porteuse) :

Cette technique a le défaut de nécessiter un synchronisme parfait entre les oscillateurs, raison pour laquelle on préfère l'implémentation Numérique qui utilise la transformée de Fourier discrète Inverse sur un signal numérisé au préalable

Pour revenir à notre contexte, LTE utilise des variantes de l'OFDM que nous allons détailler.

4. L'OFDMA

L'abréviation pour Orthogonal Frequency Division Multiple Access est une technique d'accès basée sur la division en fréquence, elle se base sur l'OFDM, la différence entre ces deux techniques est montrée sur la figure 20 :

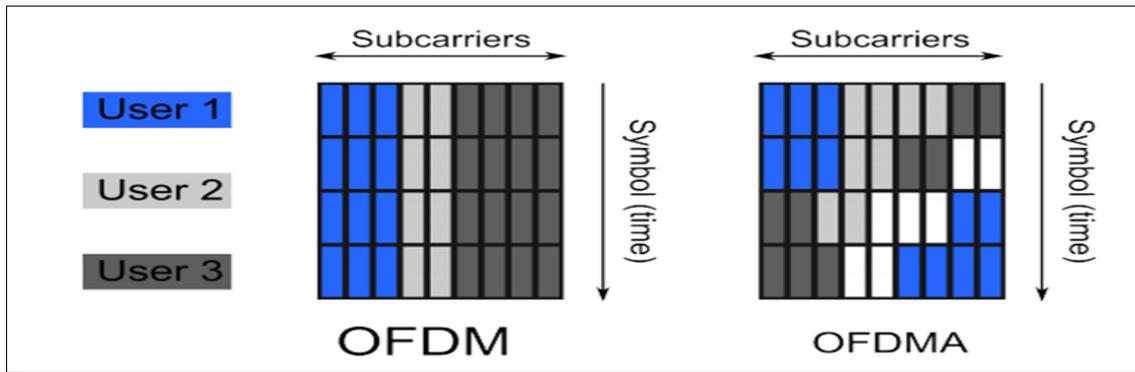


Figure 20 : OFDM vs OFDMA

Si l'OFDM alloue à chaque user une porteuse et permet donc la transmission des données de plusieurs usagers à la fois, l'OFDMA permet de changer de porteuse pour un usager après une durée de temps, un concept emprunté de la TDMA, ainsi en LTE la porteuse de 15Khz, ce qui fait qu'un symbole OFDMA dure $71.35\mu s$ ($1/150000+CP$), cette technique permet une meilleure protection contre le fading, car si ce dernier touche une fréquence l'ensemble des données relative à l'usager seront perdu si l'OFDM utilisé, par contre avec l'OFDMA seule une petite partie qui sera affecté. Cependant le problème du PAPR de l'OFDM reste toujours présent raison pour laquelle l'OFDMA n'est utilisé qu'en lien descendant car l'eNodeB a suffisamment de puissance d'émission alors que le terminal d'usager (UE) a une autonomie limitée poussant ainsi 3GPP à utiliser une méthode d'accès différente pour le lien montant : SC-FDMA.

5. SC-FDMA

L'abréviation pour Single Carrier Frequency Division Multiple Access, est une technique également dérivée de l'OFDM, la figure suivante montre la différence conceptuelle avec l'OFDMA expliquée dans le paragraphe précédent :

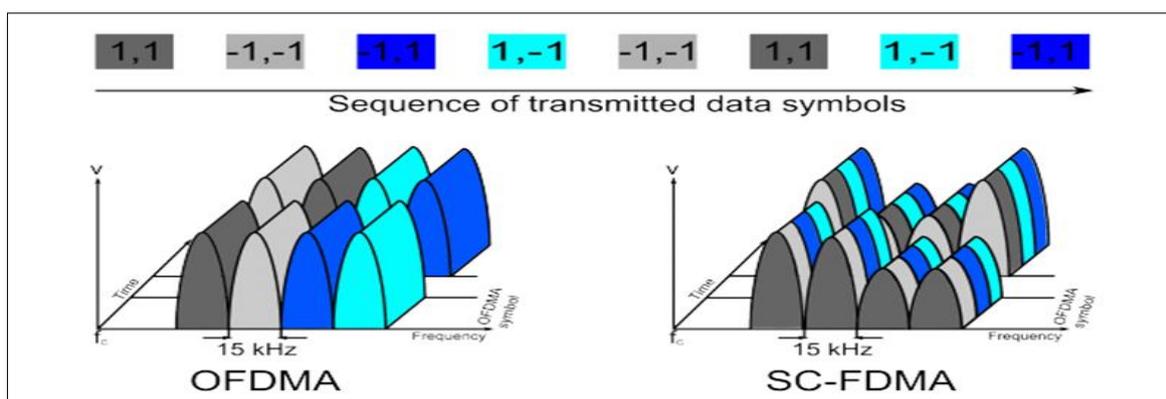


Figure 21 : OFDMA vs SC-FDMA

Alors que l'OFDMA transmet plusieurs symboles en parallèle sur plusieurs sous porteuses espacées de 15Khz résultant un symbole OFDMA d'une durée de $66.7\mu s$, SC-FDMA transmet un seul symbole à la fois (série) mais qui est réparti sur l'ensemble des porteuses résultant ainsi un symbole de largeur $M \times 15Khz$ mais toujours d'une durée $66.7\mu s$, réellement chaque sous

porteuse porte « un sous-symbole » mais visuellement c'est comme si il n'y a qu'une seule porteuse qui est utilisé d'où la nomination. L'avantage c'est que le problème relatif au PAPR élevé disparaît car c'est la transmission en parallèle de plusieurs symboles qui le cause, tandis qu'avec la SC-FDMA la transmission est série qui est certes plus lente mais assure un faible PAPR qui permet à l'amplificateur RF du mobile de consommer un minimum d'énergie, raison pour laquelle elle a été adoptée pour le lien montant.

6. Structure des trames

LTE utilise deux types de structure de trames : le « type 1 » pour le mode FDD et FDD Half duplex, et le « type 2 » pour le mode TDD, la figure qui suit montre le « type 1 » :

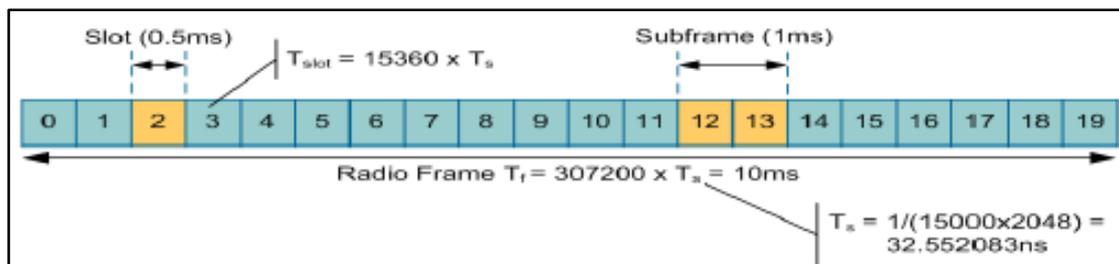


Figure 22 : Structure de la Trame FDD

une trame LTE FDD dure 10ms et se compose de 10 sous-trames de 1ms chacun, une sous-trame se compose de 2 intervalles de temps (time slot) d'une durée de 0.5ms chacun. La même structure est utilisée que ça soit en lien montant ou descendant.

Le « type 2 » utilisé pour le Mode TDD :

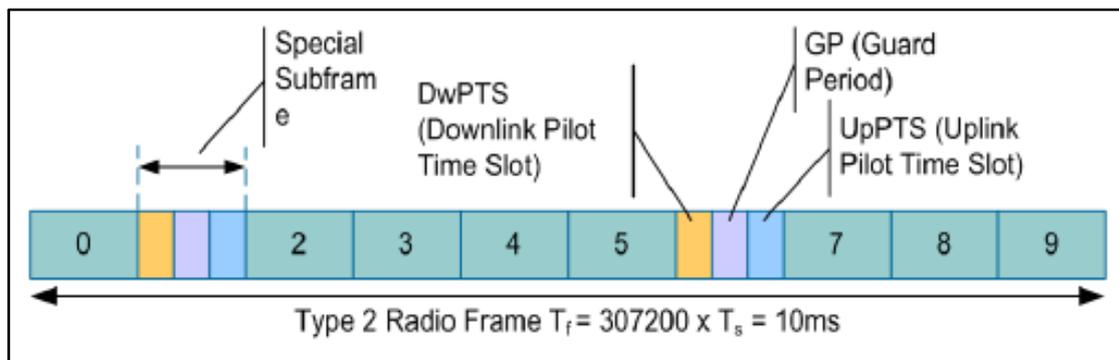


Figure 23 : Structure de la Trame TDD

On retrouve également une trame d'une durée de 10ms et se compose 10 sous-trames de 1ms chacun, une sous-trame se compose de 2 intervalles de temps d'une durée de 0.5ms chacune, ce qui change c'est qu'un intervalle de temps peut être utilisé soit en lien montant ou descendant en fonction des besoins, et à chaque changement d'un intervalle de temps du lien descendant vers le lien montant (pas l'inverse), un intervalle de temps spécial est inséré qui contient une période de sécurité (GP) et des symboles pilotes, l'un de ses rôles est de laisser le temps pour que la partie électronique des équipements passe du mode descendant vers le mode montant.

7. Blocs de ressources

Au niveau de la partie précédente nous avons vu la structure des trames en LTE, nous allons maintenant zoomer sur un intervalle de temps afin de voir ce qui est transmis réellement au niveau de la couche physique :

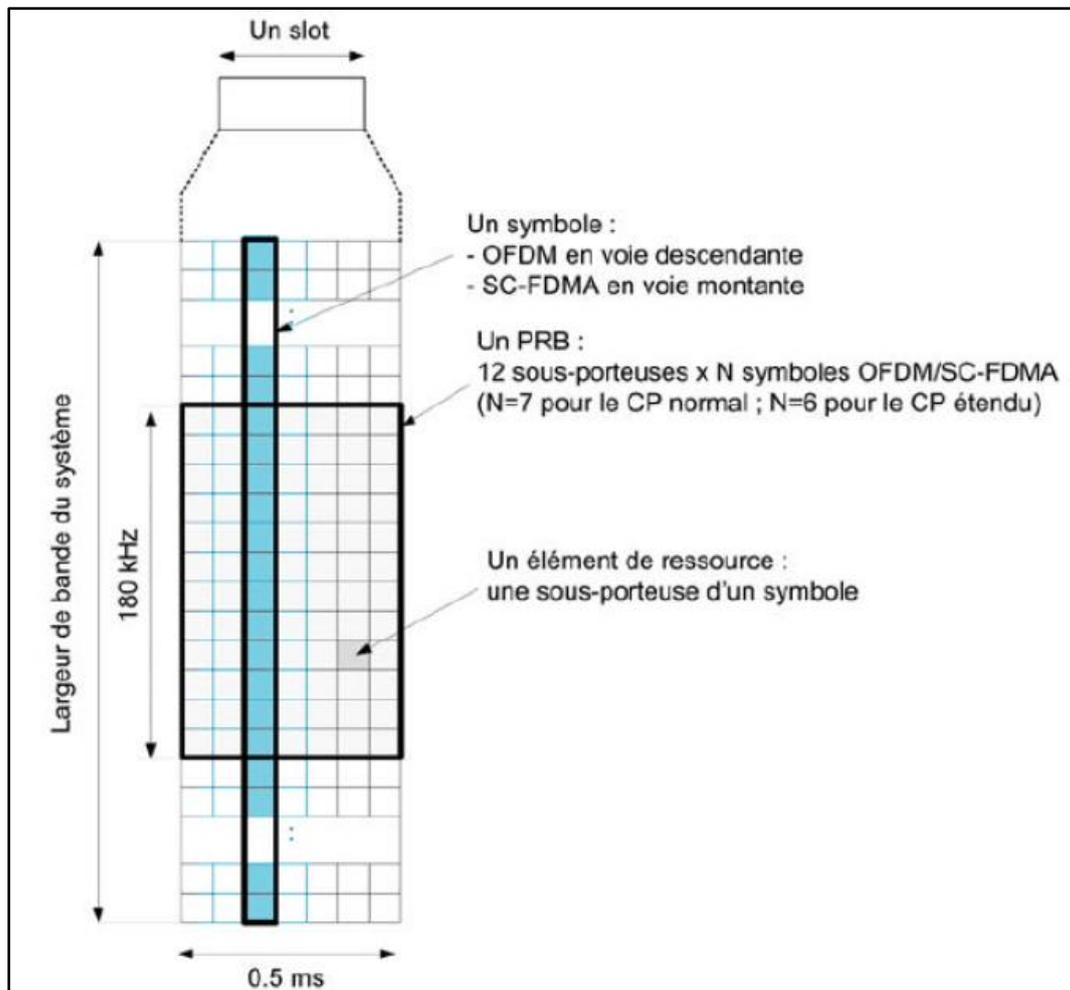


Figure 24 : La structure d'un Bloc de Ressource

L'unité de transmission en LTE s'appelle un Bloc de ressource, elle occupe un intervalle de temps dans le domaine temporel (0.5ms), et 12 sous porteuses dans le domaine fréquentiel, chacune occupe 15Khz, ce qui fait qu'un bloc de ressource occupe 180Khz au total, chaque colonne d'un bloc de ressources représente un symbole OFDMA quand il s'agit d'une trame /intervalle de temps pour le lien descendant où un symbole SC-FDMA lorsqu'il s'agit d'une trame/intervalle de temps réservé(e) pour le lien montant, un bloc de ressource contient 7 symboles si le préfixe cyclique normal est utilisé, 6 symboles si le préfixe cyclique étendu est utilisé, chaque symbole dure environ $71.35\mu\text{s}$, l'intersection entre les symboles temporelles et les sous-porteuses donne naissance à ce qui est appelé des éléments de ressources, il s'agit de la plus petite unité de transmission, un élément de ressource contient un symbole modulé en BPSK/QPSK/16-QAM où 64-QAM dépendant de la nature de cette donnée.

8. Configurations MIMO supportées

La technologie multi-antennes permet entre autres d'augmenter le gain et la directivité d'antenne en utilisant la diversité spatiale. Le MIMO s'appuie sur cette technologie pour transmettre des informations différentes sur chaque antenne.

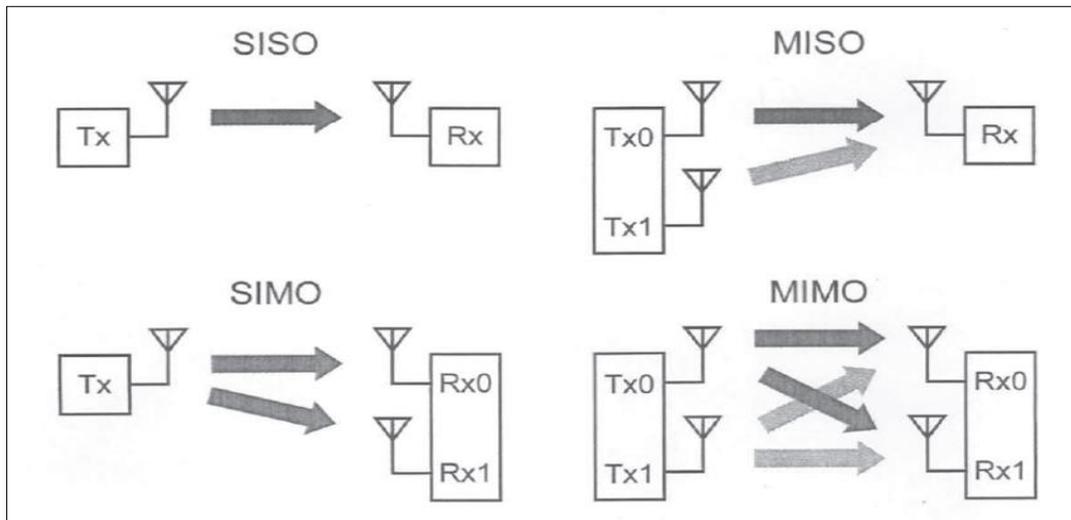


Figure 25 : Configurations MIMO supportées par LTE

La technologie MIMO (Multiple Input Multiple Output) – à savoir l'emploi simultané de plusieurs antennes d'émission et de réception – améliore la vitesse et la qualité de transmission. Cette technique tire parti de la propagation par trajets multiples dans des canaux radio, laquelle se manifeste par des interférences perturbatrices dans des standards de radio classiques. Dans les systèmes MIMO, chaque trajet supplémentaire entre l'émetteur et le récepteur améliore le rapport signal/bruit.

Dans les systèmes MIMO, on fait la distinction entre diversité en émission et multiplexage spatial. En ce qui concerne la diversité en émission, un flux de données binaire est transmis simultanément via deux antennes mais avec un codage différent pour chacune d'entre elles. Cela améliore le rapport signal/bruit et donc la capacité en bordure de cellules. Le taux de transmission n'est toute fois qu'indirectement augmenté du fait d'une meilleure qualité de signal. Du côté du multiplexage spatial, deux flux de données binaires différents sont simultanément transmis à deux antennes de réception. Cela augmente le débit de données et améliore l'utilisation de la bande passante.

9. Handover en LTE :

La procédure de handover au sein du LTE (handover intra-LTE) est la seule procédure définie pour la mobilité en mode connecté au sein du système LTE. Il est de type hard handover, c'est à dire que l'UE coupe le lien avec l'EnodeB source avant d'établir le lien avec l'EnodeB cible et ceci contrairement au soft Handover adopté par l'UMTS où le l'UE peut maintenir plusieurs Liens avec plusieurs NodeB .[8]

Les événements du handover :

LTE définit des événements intervenant lors d'exécution d'un handover :

Event A1 : UE envoie son rapport de mesure quand la qualité de signal de la cellule serveuse est supérieur a un seuil prédéfini

Event A2 : UE envoie son rapport de mesure quand la qualité de signal de la cellule serveuse est inférieur a un seuil prédéfini.

Event A3 : UE envoie son rapport de mesure quand la qualité de signal de la cellule voisine devient meilleure que celui de la cellule serveuse.

Event A4 : UE envoie son rapport de mesure quand la qualité de signal de la cellule voisine est supérieure d'un seuil prédéfini.

Event B1 : UE envoie son rapport de mesure quand les cellules de l'inter-RAT deviennent supérieur à une valeur prédéfini.

CSFB à l' UTRAN :

Plusieurs opérateurs souhaitent pouvoir fournir un service voix via les terminaux mobiles LTE dès l'ouverture de leur réseau LTE, sans avoir à déployer dans le même temps une architecture IMS, complexe et coûteuse. Pour cette raison, un mécanisme a été défini pour basculer l'UE, dès qu'un appel voix est lancé, vers une technologie d'accès traitant la voix en commutation de circuits (appelée aussi voix CS par opposition à la VoIP). Ce mécanisme, appelé CS Fallback, permet de renvoyer un appel voix lancé par l'UE ou à destination de celui-ci vers le domaine CS du GSM ou de l'UMTS.

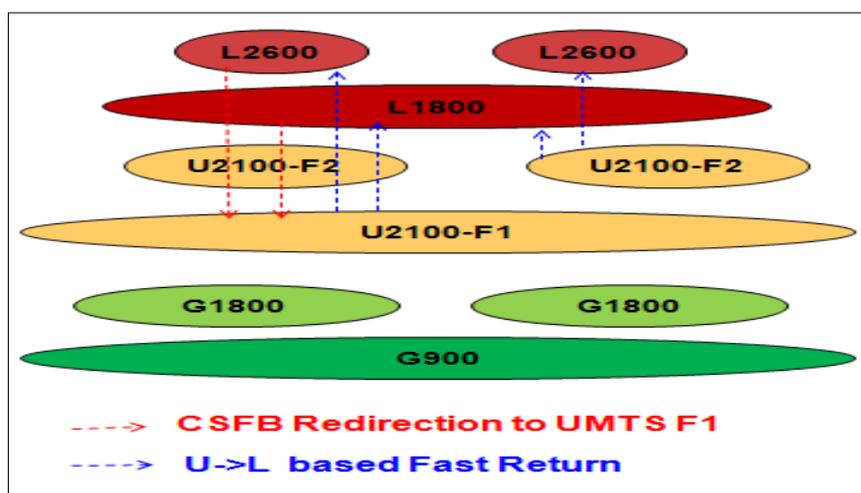


Figure 26 : CSFB a l'utran

Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre présent les différentes notions fondamentales des technologies 3G/4G qui représentent les mots clés servant à bien comprendre les méthodes de planification et d'optimisation de ces réseaux, qui sera présenté dans le prochain chapitre.

Chapitre III : Processus de Planification et d'optimisation

Dans ce chapitre, nous présenterons les différentes étapes suivies pour planifier et optimiser un réseau 3G. En premier lieu le concept de la planification sera explicité. Ensuite nous détaillerons la méthodologie utilisée dans les opérations d'optimisation notamment l'étape d'acquisition de données à travers les différents drive test réalisés. Nous terminons par une présentation des problèmes rencontrés et les solutions préconisées.

Introduction :

La Radio Network Planning /Optimization (RNP / RNO) fournit des services d'ingénierie de réseau dans les domaines de la planification de la radio, les « drive test », et l'optimisation du réseau radio. Ces services peuvent être utilisés pour réaliser notamment la vérification de chaque site du réseau « Single Site verification » et de l'ensemble des sites « clusters », l'évaluation de la couverture indoor et outdoor, l'analyse comparative de l'opérateur et d'autres services d'évaluation au besoin. En outre, il effectue une analyse de réseau pour évaluer l'équilibrage du trafic, optimiser les paramètres de réseau et gérer la capacité.

I. Planification du réseau 3G/4G:

1. Définition et catégorie :

L'exigence de l'évolution du réseau, le coût, la qualité et la configuration sont déterminés pour faciliter la mise en oeuvre de l'ingénierie. Plusieurs catégories de planification sont rencontrées. On trouve la planification:

- Du réseau coeur.
- Du réseau radio
- Du réseau de transport

On ne s'intéressera dans ce rapport qu'à la « Planification du réseau radio » puisque le département d'accueil est chargé uniquement de la partie air. [10]

2. Objectif de la planification :

L'objectif de la planification est de déterminer le nombre minimal de sites requis pour assurer la couverture d'une zone bien déterminée en fonction des services offerts et du nombre d'abonnés en tenant compte des contraintes de qualité de service. Il faudrait donc atteindre le maximum de couverture avec une capacité optimale tout en maintenant le coût de déploiement le plus faible possible.

A ce propos, il y a quelques opérateurs qui préfèrent ; pour des raisons de budget ; réduire le nombre de stations de base au lieu de réduire la puissance de transmission. Par contre, d'autres préfèrent couvrir la zone de manière à réduire la puissance nécessaire dans le sens montant et offrir ainsi aux utilisateurs des services plus consommateurs d'énergie mais avec une meilleure QoS.

En effet, la couverture est limitée par le lien montant en raison de la limitation en puissance d'émission des mobiles. Par contre, le sens descendant entraîne des limitations sur la capacité, dû au fait que la station de base ne dispose que d'une puissance limitée et qu'elle doit réserver son potentiel de puissance (en DL) à plusieurs mobiles à la fois.

3. Processus de planification :

Le processus de planification du réseau 3G est composé de trois phases comme présenté par le schéma suivant :

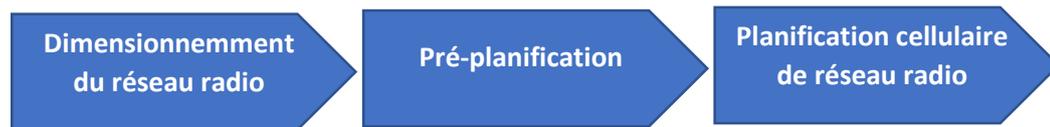


Figure 27 : Le processus de planification du réseau 3G/4G

▪ **Dimensionnement du réseau radio :**

C'est une analyse simplifiée du futur réseau. Le futur réseau est préalablement conçu. La configuration et le nombre des éléments réseaux de la partie radio sont les éléments de sortie pour la négociation et pour l'estimation des coûts.

▪ **Pré-planification :**

Sur la base de la sortie de dimensionnement, le futur réseau est défini en détail. L'échelle du réseau et l'emplacement précis théorique du site sont déterminés. Un rapport pré-planification sera émis pour le projet.

▪ **Planification cellulaire de réseau radio :**

Sur la base de la sortie pré-planification, chaque site sélectionné est interrogé, et les paramètres de cellule sont déterminés. Si le résultat est différent de la planification, les paramètres cellulaires et la planification font l'objet de vérification par simulation. Le rapport de sortie serait le système de planification « **Engineering Paramètre** » ou les paramètres radio du réseau final qui peut guider la mise en oeuvre du projet.

4. Type de planification :

Pour mettre en pratique la planification du réseau UMTS/LTE, différents types sont proposés durant ce processus, on en cite :

▪ **Planification des emplacements des cellules :**

A ce niveau, on profite de l'existant puisque l'opérateur Inwi dispose déjà d'un réseau 2G installé.

▪ **Planification des *azimuts* et des *tilts* :**

Le choix des azimuts des différents secteurs prend en considération les points suivants :

- La planification des sites voisins pour ne pas avoir beaucoup d'interférences.
- Les zones que nous cherchons couvrir par ce site.
- Les obstacles qui peuvent entraver la propagation du signal.

Il faut noter que les valeurs par défauts sont $0^\circ/120^\circ/240^\circ$. Afin de limiter ou d'augmenter la zone de couverture d'une antenne, on tilt l'antenne vers le sol ou vers le ciel. On parle alors de : DOWNTILT et UPTILT.

▪ Planification des PSC en UMTS (3G) :

L'attribution des fréquences aux cellules (planification des fréquences) qui doit se faire en GSM n'a plus lieu en 3G, du fait de l'utilisation des codes. En revanche il faut effectuer une planification des codes : attribuer à chaque cellule un code d'embrouillage (SC).

Cependant ces codes sont suffisamment nombreux pour que le problème de la planification soit moins complexe que celui du GSM.

Le nombre total est de: **8192 codes**. Toutefois seuls les PSC « primary scrambling code » sont utilisés soit 512 codes.

Dans la phase de planification des PSC ; il faut rappeler que la distance de réutilisation d'un code est de 3000 m.

Dans le cas où le PSC est mal planifié, un échec de la connexion avec le UE peut survenir dans le cas d'un chevauchement de couverture de deux cellules partageant le même PSC. Ceci peut engendrer des problèmes d'interférence.

Ainsi une bonne distribution de PSC permet de :

- garantir une distance minimale de réutilisation des PSC.
- corriger les temps de synchronisation.
- améliorer l'utilisation des PSC « *primary scrambling code* ».
- réserver PSC pour les nouveaux sites prévus.

▪ Planification de PCI en LTE (4G)

Les identifiants de cellules physiques (ICP) dans le système LTE sont utilisés pour différencier les signaux radio des cellules pour s'assurer que les codes PCIs sont uniques dans la couverture de cellule concernée. Le PCI dans le système LTE est similaire au code d'embrouillage (PSC) dans le WCDMA. Comme spécifié dans le protocole, l'ID d'une cellule de la couche physique se compose de l'ID de groupe de cellules et l'identifiant à l'intérieur du groupe de cellules. il ya 168 groupes de cellules de la couche physique et chaque groupe de cellules se compose de trois identifiants. Par conséquent, il existe un total de 504 (0-503) ID de cellule.

La formule pour calculer le PCI est la suivante:

$$N_{ID}^{cell} = 3N_{ID}^1 + N_{ID}^2$$

Équation 3 : Calcul du PCI

où: N_{ID}^1 indique un ID de groupe de cellules, allant de 0 à 167.

N_{ID}^2 indique un identifiant au sein du groupe de cellules, allant de 0 à 2.

▪ Planification des voisinages :

Cette planification décrit les connaissances de base des cellules voisines. Son objectif est d'assurer le handover, d'améliorer la qualité de service du réseau, et d'assurer la performance du réseau stable.

5. Outil de planification

Parmi les logiciels de planification des réseaux cellulaires, on trouve: GENEX U-Net, MAP INFO, Atoll... etc. on a opté pour GENEX U-Net puisque c'est l'outil adopté par l'équipe. De tels outils peuvent faire le dimensionnement et la planification du réseau cellulaire qui peut être utilisé sur tout le cycle de vie des réseaux (du design à l'expansion et l'optimisation). Ces logiciels exploitent différentes données en entrée car ils permettent de choisir le type de projet à réaliser (GSM ,UMTS ou alors LTE) qui paramètre différemment le logiciel en fonction de la technologie. On peut ainsi définir le modèle de propagation, le type d'antenne, les caractéristiques du site. Le logiciel GENEX U-net , utilisé par plusieurs opérateurs et sociétés de services, est un outil très complet et indispensable pour la planification radio.[12]

Conclusion :

Dans cette deuxième partie, il a été montré que le processus de planification radio permet d'assurer une meilleure couverture avec un minimum de ressources. La prochaine étape porte sur l'optimisation radio qui a pour rôle de rationaliser le réseau et assurer une continuité de services avec une bonne qualité.

II. Optimisation du réseau 3G/4G :

Introduction

Afin d'atteindre l'objectif de ce travail qui consiste à optimiser les réseaux 3G/4G dans le but d'assurer une couverture radio globale, on commencera par la définition du concept d'optimisation. S'agissant de l'une des principales étapes d'amélioration des performances des réseaux de télécommunications, l'optimisation consiste en plusieurs types d'analyse et actions à entreprendre afin de maintenir et améliorer la qualité et la capacité du réseau.

Une telle amélioration peut concerner la couverture, la qualité du lien radio ou d'autres paramètres. Nous allons voir dans ce qui suit les objectifs et les processus d'optimisation qui permettent grâce à leur cycle périodique d'automatiser les actions à entreprendre suite aux différentes analyses effectuées. Nous préciserons aussi toutes les parties prenantes des processus d'optimisation, que ce soit les statistiques (KPIs) ou les données des Drive Tests. Nous terminerons par une analyse de quelques problèmes RF.

1. Objectif de l'optimisation radio :

Pour satisfaire au mieux leurs clients, les opérateurs œuvrent pour assurer la continuité de la délivrance des services avec une qualité optimale. Une fois le réseau actif, l'opérateur doit veiller sur son bon fonctionnement. Il est nécessaire de réaliser un suivi de la qualité de service et d'adapter le réseau aux différentes fluctuations en vue de son amélioration et de son expansion. Ainsi l'optimisation d'un réseau cellulaire est motivée par deux objectifs principaux : améliorer la qualité de service offerte aux utilisateurs et augmenter le volume de trafic écoulé par le réseau avec les équipements existants.

2. Processus de l'optimisation

Le processus d'optimisation est un cycle périodique à qui on peut faire appel plusieurs fois dans un même réseau de communication mobile, soit juste après le déploiement du réseau et c'est ce que nous appelons la pré-optimisation, ou après le lancement du réseau. Les opérations d'optimisation respectent ce cycle qui se répète tant que ces opérations apportent toujours des améliorations au réseau. Ce cycle fait appel à plusieurs outils afin de réaliser une étude global sur le réseau et d'en sortir les différents problèmes et ensuite essayer de trouver pour chaque problème la solution la plus adéquate.[13]

La figure 28 schématise les étapes d'optimisation d'un réseau :

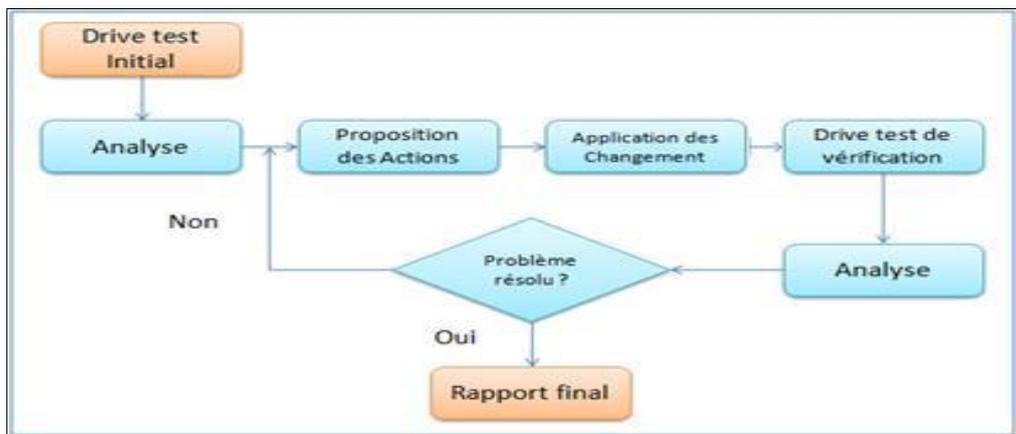


Figure 28 Schéma du processus de l'optimisation

3. Statistiques et indicateurs clés de performance

3.1. Statistiques

La qualité de service dans les réseaux des télécommunications reflète le niveau de la rentabilité et la fiabilité d'un réseau et de ses services. Ainsi les statistiques sont la manière la plus efficace pour surveiller les performances du réseau. La surveillance du réseau est un élément clé pour améliorer la qualité du service. La surveillance de QoS comporte divers aspects : l'observation, la qualification et l'ajustement permanent de divers paramètres du réseau. L'objet de cette partie est de présenter et détailler tous les aspects liés à l'extraction, à la manipulation et à l'exploitation des statistiques.

Utilisation des statistiques

La notion des statistiques dans les réseaux mobiles se rapporte à un ensemble général de métrique qui aide l'opérateur dans trois directions principales :

- D'abord, évaluer les performances du réseau.
- Ensuite, analyser les défauts et vérifier les améliorations.
- Enfin, dimensionner l'extension du réseau

La métrique est directement produite par le trafic réel des abonnés. Chaque événement qui se produit dans le réseau (initiation/termination d'appel, l'échec de Handover, etc.) est rapporté à l'ingénieur radio.

Dans l'utilisation des statistiques, deux éléments devraient être distingués :

- Les compteurs purs (indicateurs élémentaires de performance, ou PIs), qui sont des valeurs incrémentales des événements, généralement sans pertinence significative si elles sont manipulées d'une manière isolée.

Ils fournissent des données sur un aspect spécifique (nombre d'appels, par exemple) qu'il est pratiquement difficile d'en interpréter les valeurs.

- Les indicateurs de performance (KPI's), consistant en des formules calculées en se basant sur les PI's, sont des critères qui traduisent mieux l'expérience de l'abonné.

3.2. Compteur et indicateurs clés de performance

+ Compteurs :

Un compteur peut être défini comme une valeur incrémental d'un événement spécifique répétitif. Dans la norme UMTS, un événement peut correspondre à un message de signalisation. Par exemple lors d'un appel téléphonique, des milliers de messages de signalisations sont échangés entre le UE et le MSC.

La mise à jour des compteurs à un certain point se fait via les messages échangés. Il est appelé le « point de déclenchement ». Comme des milliers de messages de signalisation existent, de nombreux compteurs peuvent exister. Cependant, le nombre de compteurs utilisables dépend de la stratégie des fournisseurs des équipements.

+ Indicateurs Clés de Performance :

Les indicateurs clés de performance (Key Performance Indicators, KPIs) peuvent être définis comme l'ensemble de résultats qui mesurent ; sur le réseau entier ; les performances durant les heures chargées ou les heures normales. Un KPI est le résultat d'une formule qui est appliquée aux compteurs (appelés les indicateurs de performance). En utilisant un outil spécifique, les KPIs sont extraits dans des rapports de format prédéfinis. Ces rapports sont adressés aux groupes cibles spécifiques qui peuvent les employer pour différentes finalités. Ce mécanisme est illustré sur la figure ci-dessous.

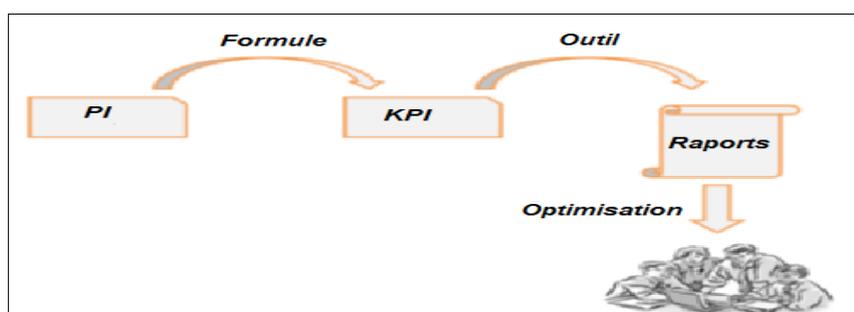


Figure 29 : Mécanisme d'extraction des KPIs

✚ Les principaux KPI :

Ces indicateurs concernent les domaines suivant: Call Setup, Call Drop, Congestion, Handover.

Le Call Setup sert pour évaluer les problèmes relatifs à l'établissement d'appel. On trouve le CSSR (Call Setup Success Rate) qui mesure le taux de succès d'établissement d'un appel.

Sa formule générale est la suivante:

$$\text{CSSR} = \left(\frac{\text{RRCSetupSuccRATE}}{\text{RABSetupSuccRate}} \right) \times 100$$

Le Call Drop sert à mesurer le taux de perte de connexion et les problèmes de coupure. Le cadre de mesure de ce KPI est au niveau du RNC à l'aide de la formule suivante qui représente le CDR (ou Call Drop Rate) :

$$\text{CDR} = \left(\frac{\text{ServiceRABAbnormalRelease}}{\text{ServiceRABSetupSuccess}} \right) \times 100$$

Les KPI relatifs à la congestion servent à détecter les problèmes de congestion du réseau et leurs causes. Le plus important SCR (Signaling Congestion Rate) a pour formule:

$$\text{SCR} = \left(\frac{\text{RRC Connection Reject (cause:congestion)}}{\text{RRC Connection Request}} \right) \times 100$$

La réussite de l'opération du handover est déterminée à l'aide du KPI SHOSR (Soft/Softer Handover Success Rate) ayant la formule générale suivante :

$$\text{SHOSR} = \left(\frac{\text{Soft(Soter)Handover Success}}{\text{Soft(Soter)Handover Request}} \right) \times 100$$

La formule concernant le Hard Handover quant à elle s'écrit :

$$\text{HHOSR} = \left(\frac{\text{Hard Handover Success}}{\text{Hard Handover Request}} \right) \times 100$$

4. Drive-Test

Le Drive-Test est une partie essentielle du processus d'optimisation. C'est la meilleure manière pour localiser et analyser un problème géographiquement, Il consiste à effectuer des tests sur les performances, en parcourant les rues avec un véhicule, pour effectuer des mesures.

4.1. Outils utilisés

Il est nécessaire de disposer d'outils logiciels et matériels pour réaliser un drive test. Parmi les logiciels du marché il y a le Genex Probe qui appartient à la famille des logiciels GENEX de HUAWAI servant à l'acquisition des mesures. Les autres logiciels de la même famille servent quant à eux à la partie analyse et notamment, Genex Assistant et Genex Nastar.

Pour les équipements matériels nécessaires on trouve :

Un mobile à trace ou plusieurs. Chacun est utilisé pour faire les mesures pour un test spécifique afin de ne faire le parcours qu'une seule fois.

Un récepteur GPS : pour déterminer la position géographique pour chaque point de mesure.

Un ordinateur portable : qui est doté d'un outil spécial (GENEX Probe), il sert pour l'acquisition et le traitement des données récupérées.

Les données sont alors enregistrées par le software avec un format précis sur un fichier appelé «Log File» et transmet à l'ingénieur radio pour faire l'analyse sur un autre GENEX Assistant.

La figure 30 illustre la chaîne de mesure :

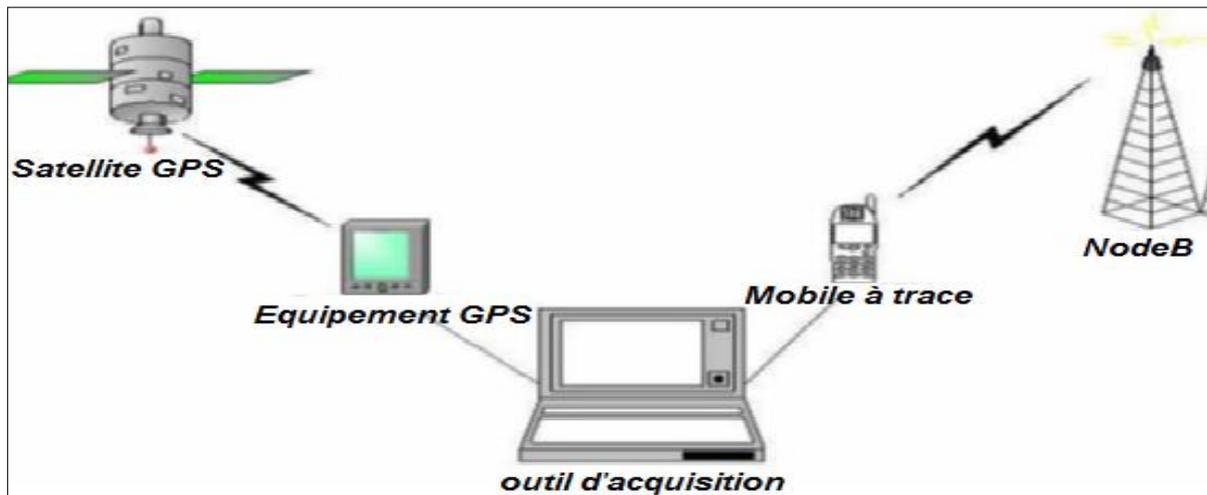


Figure 30 : chaîne de mesure

Les tests que l'on peut en général effectuer portent sur:

Appel short call : il s'agit des appels courts programmés à l'aide de script. Le but est de tester les problèmes liés à l'établissement des appels.

Appel long call : Ces appels longs vérifient les problèmes liés au handover.

Donwload : permet de tester le débit en lien descendant.

Upload : permet de tester le débit en lien ascendant.

Ping : permet vérifier le temps de réponse d'un site.

Access : permet vérifier l'accessibilité du site en 3G , on le nomme ATTACH en 4G

CS FB : permet de tester leCS Fallback en 4G (le déroulement du passaged'un appel voix lancé par l'UE ou à destination de celui-ci vers le domaine CS du GSM ou de l'UMTS)

4.2. Types de Drive-Test

Selon l'information qu'on souhaite exploiter lors de l'optimisation on distingue entre deux types de drive test à effectuer. Le Single Site Verification (SSV) et le Cluster drive test.

4.2.1. Single Site Verification

Le test SSV est une partie de l'optimisation qui vise à s'assurer que les fonctions de base d'un site sont normales, comme l'établissement et la qualité des appels, le handover... etc.

Cette démarche consiste à exécuter un certain nombre de tests pouvant montrer des défaillances au niveau de l'installation.

a. Test statique :

Pour atteindre les objectifs, ces tests sont réalisés dans un premier temps pour chaque secteur de la station de base. Pour cela on se positionne devant chaque secteur à une distance qui ne doit pas dépasser les 100 mètres.

les métriques de performances relevés au cours d'un test statique en 3G :

RSCP : Le RSCP (The received signal code power) c'est le niveau de puissance du canal pilot de la cellule reçu. C'est le premier paramètre qui doit être analysé lors de l'optimisation RF 3G est le RSCP. Il permet de connaître les zones qui souffrent de mauvaise couverture.

UE Tx power : La puissance totale du UE transmise sur un support mesurée dans un intervalle de temps.

Ec/I0 : toute technologie utilise le rapport signal-interférence. Par exemple, dans le GSM, on utilise C/I.

CQI : Channel quality information (CQI), informe le scheduler de la BTS sur le débit de donnée que le terminal est capable de recevoir à un moment donné. Comme son nom l'indique, il s'agit d'un indicateur portant l'information sur la façon avec laquelle le canal de communication est de bon/mauvais qualité. C'est pour HSDPA.

DL User throughput : c'est le débit du téléchargement en voix descendant .

UL User throughput : c'est le débit du téléchargement en voix montante .

les métriques de performances relevés au cours d'un test statique en 4G:

RSRP : Le Signal de référence de la puissance (RSRP) .est la mesure la plus basique réalisée par la couche physique du l'UE, permettant d'obtenir une valeur moyenne de la puissance reçue du signal de référence (RS) émise par la station de base par RE (Resource Element). La mesure s'exprime en Watt ou en dBm.

SINR :est le quotient entre la puissance reçu de la porteuse du signal et les interférences plus le bruit dues aux autres signaux utilisant la même porteuse.

RSRQ : Bien que le RSRP soit une mesure importante, il ne donne aucune information sur la qualité de la transmission. Le LTE s'appuie alors sur l'indicateur RSRQ (Reference Signal Receive Quality), défini comme le rapport entre le RSRP et le RSSI (Received Signal Strength Indicator). Il fournit des informations supplémentaires quand le RSRP n'est pas suffisant pour faire le choix d'un handover ou d'une re-sélection de cellules.

Le RSRQ pour la 4G peut être comparé à l'indicateur CPICH Ec/No réalisé en 3G.

RSSI : RSSI est la Puissance du signal sur la bande de 5 MHz, il s'agit donc de la puissance mesurée en provenance de toutes les stations de base.[14]

b. Test dynamique :

Il est réalisé dans un deuxième temps ; en effectuant des tours autour du site dans un rayon de 100 mètres approximativement pour évaluer l'opération de handover et la sélection/re-sélection entre tous les secteurs. Ces tours sont au nombre de deux : un pour les appels voix (AMR) et un pour tester le téléchargement FTP.

4.2.2. Cluster drive test

A la différence du test SSV qui cherche à évaluer les performances relatives à chaque site indépendamment des autres, le cluster drive test sert à optimiser les performances d'un cluster donné afin d'atteindre les seuils d'acceptation déjà fixés. La zone concernée par l'optimisation est subdivisée en domaines séparés appelés clusters. Le drive test consiste à parcourir les rues de chacun de ces clusters en enregistrant les informations requises. Cela inclut :

- Optimisation de couverture et de capacité.
- Interférence et Pilot-Pollution entre les cellules.
- Les problèmes de mobilité.

Il faut noter que les outils utilisés lors de ces drives tests sont les mêmes que pour les tests SSV. Cependant le cluster drive test concerne les tests suivants : LC, SC, DL, UL et MOS (reflétant la qualité de la voix)

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

- Les chemins de test doivent être à l'intérieur de la couverture,
- Éviter la répétition du même trajet,
- Circuler le plus possible à travers les routes présentant des obstacles,
- Sillonner toute la région spécifiée,
- Parcourir la région dans la même journée,
- Essayer de tester avec la même vitesse (30 à 50 km/h).

5. Analyse des problèmes RF

L'analyse des problèmes RF (Radio Frequency) repose sur les mesures faites du canal pilote CPICH. Ces mesures sont importantes pour évaluer les caractéristiques de la propagation radio et dont l'analyse sert à révéler les problèmes auxquels il faut trouver une solution. Les principaux problèmes qui peuvent causer une mauvaise qualité de service sont ceux relatifs à la couverture du réseau ; au phénomène de «pilot pollution» ou de mobilité.

5.1. Les problèmes de la couverture du réseau :

Une mauvaise couverture est indiquée par une valeur du RSCP inférieure à -95 dBm en 3G et un RSRP moins de -110dBm en 4G. Ceci conduit à une détérioration de la qualité de service et des problèmes d'accessibilité au réseau. Une très faible couverture pourrait être due à la présence d'obstacles proches de l'antenne. Afin de résoudre ce problème, l'opérateur doit augmenter la puissance des cellules voisines de la zone mal couverte ou ajuster les tilts et azimuts des antennes. Si le problème persiste une intégration d'un nouveau site peut s'avérer nécessaire pour améliorer la couverture.

Absence de pilote primaire

Un tel problème existe lorsque dans une zone donnée il n'y a pas de pilote principale. Dans ce cas la cellule dominante change fréquemment et le mobile a tendance à faire beaucoup de handover, de sorte que le rendement du système est réduit et la probabilité de coupure d'appels augmente. Dans ce cas, on peut améliorer la couverture par des signaux forts dans les cellules les plus proches en agissant sur le tilt et azimut des antennes.

Couverture débordante (couverture Cross-cell ou over-shoot)

Ce phénomène se produit lorsque la zone de couverture de certains NodeB se trouve au-delà de la fourchette prévue. C'est le cas par exemple, si les NodeB sont à une hauteur beaucoup plus élevée que la hauteur moyenne des bâtiments adjacents dans ce cas leurs portées vont atteindre des zones plus lointaines. Pour résoudre ce problème, on peut diminuer le tilt des antennes pour rétrécir la zone couverte par la cellule débordante. On peut aussi diminuer la puissance de transmission à condition que cela ne provoque pas une faible couverture dans une autre zone.

5.2. Les problèmes relatifs au phénomène de « pilot pollution » :

Ceci apparaît lorsqu'en un point donné le mobile détecte plusieurs pilotes mais aucun d'entre eux n'est dominant sur les autres. Ce problème arrive dans les conditions suivantes :

- Le nombre de pilotes concernés est de 5 ou plus.
- Les valeurs de (CPICH_RSCP1st - CPICH_RSCP 5th) sont < 5dB.

Parmi les causes on trouve :

- **Mauvaise hauteur de l'antenne** : Si une NodeB est construite dans une position plus élevée par rapport aux bâtiments voisins, la plupart des régions voisines seront en visibilité directe avec la NodeB. Par conséquent, ses signaux seront largement transmis et atteindront ces régions. Ceci cause le pilot pollution.
- **Mauvaise configuration de tilt et d'azimut** : Si les tilts et l'azimut des antennes sont mal ajustés, alors il y aura plus d'interférence entraînant le pilot pollution.
- **Mauvais réglage de puissance CPICH** : lorsque les NodeB sont distribuées avec une densité élevée dans une région étroite, une augmentation de la puissance de CPICH va élargir la zone de couverture plus que celle planifiée, causant ainsi le phénomène du pilot pollution.

- **Conflit MODULO 3 en 4G** : Si PCI MODULO 3 de la cellule serveuse et ses cellules voisines est le même , Il causera les conflits MOD3 et un mauvais SINR. Dans ce cas pour remédier a ce problème on doit changer la configuration des PCI .

Le pilot pollution a un impact sur les performances du réseau. Il provoque l'augmentation de l'interférence, ce qui diminue le rapport signal sur bruit . Ainsi le taux d'erreur augmente ce qui influe sur la qualité du réseau.

Il peut entrainer également une Coupure d'appel puisque l'absence du pilote primaire provoque une suite d'opération du handover dans une courte durée . Cela peut causer des coupures d'appel.

Pour résoudre le problème du pilot pollution on peut procéder par diverses approches:

- **Ajustement de l'antenne** : pour renforcer un pilote d'une antenne par rapport aux autres pour qu'il devienne dominant sur une zone, il suffit d'ajuster son tilt et azimuth vers cette zone et ceux des autres antennes vers d'autres directions.
- **Réglage de la puissance du CPICH** : une méthode directe pour résoudre le problème de pilot pollution consiste à former un pilote primaire en augmentant sa puissance d'une part et en diminuant la puissance des autres cellules d'autre part.
- **Utilisation de microcellule** : si l'ajustement de l'antenne et la puissance ne résolvent pas le problème on peut recourir à l'implémentation de microcellule.

5.3. Les problèmes de mobilité :

Durant l'opération de l'optimisation RF, les problèmes du handover concernent principalement l'optimisation des cellules voisines.

Les problèmes pouvant être rencontrés sont :

- **Manque de relation de voisinage** : ce problème arrive dans le cas où un mobile détecte, en se déplaçant, une cellule avec un niveau de puissance meilleur que celui des cellules qui figurent dans ses listes « active list en 3G » ou « serving en 4G », dans ce cas aucune opération de handover ne sera initiée, ce qui pourrait conduire à des coupures d'appels.
- **Retard du handover** : le processus du handover doit être déclenché lorsque la qualité de la cellule servante commence à se dégrader. Le retard dans cette opération pourrait engendrer une coupure de service. Pour résoudre ce problème, on doit accélérer le handover vers une cellule voisine qui présente une bonne qualité en augmentant son CIO.
- **Échec d'exécution** : Dans le cas du Hard Handover ou le Handover inter-RAT, l'échec peut provenir d'une anomalie au niveau du réseau coeur CN .Pour détecter la source du problème on doit suivre les messages de signalisation échangés entre l'UE et le réseau par un traçage d'appel.

6. Caractéristiques d'une antenne

L'antenne est un dispositif d'émission/réception d'ondes électromagnétiques, caractérisé par son gain, son diagramme de rayonnement, ses ouvertures et sa bande passante. Cet équipement influence directement les performances et la portée du système.

Il y a quelques paramètres qui participent au bon ou mauvais fonctionnement de cette antenne. Ce sont ces paramètres que peuvent manipuler les ingénieurs radio afin d'optimiser le rayonnement de l'antenne, on trouve par exemple :

- ✓ **L'azimut** : c'est la direction dans laquelle l'antenne émet la partie majeure de sa puissance. Dans ce cadre, 0° correspond au nord, 90° à l'est, 180° au sud, etc.
- ✓ **Le tilt** : est une inclinaison verticale du lobe principale d'une antenne, il en existe deux types :

Le Tilt mécanique : est appliqué par une simple inclinaison physique de l'antenne dans la direction souhaitée, mais en effet l'inclinaison n'est appliquée que sur le lobe principal tandis que les lobes secondaires restent constants, Ce phénomène n'est pas pris en considération durant la planification du système et peut engendrer des effets indésirables comme le problème d'interférences.

Le Tilt électrique : est appliqué en jouant sur une petite partie mécanique au dessous de l'antenne, en appliquant un tilt électrique de 0° à 10° , on joue sur le déphasage des signaux dans les différents dipôles et ainsi le changement de ce paramètre est appliqué pour tous les lobes et sur tout le rayon de l'azimut sans toucher à l'inclinaison de l'antenne.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous sommes focalisés sur les différentes étapes du cycle de planification et d'optimisation utilisées à Huawei. Nous avons expliqué le processus de planification ainsi que ces étapes. Nous avons aussi relaté la notion des clés de performances et comment ils sont définis en introduisant les différentes classes des KPIs et la définition de chacune d'eux dans le processus d'optimisation. Nous signalons que les ingénieurs radio de Huawei sont confrontés à différents types de problèmes tels que ceux de couverture, le pilot pollution ou encore les problèmes de Handover. Il a été exploré les solutions proposées pour les résoudre et surtout insisté sur leurs efficacités.

Chapitre IV : Etude de cas 3G de la ville Meknès

L'ultime objectif de mon projet de fin d'étude est de réaliser l'optimisation et l'amélioration du réseau 3G de l'opérateur national INWI. Le travail consiste à étudier l'état actuel du réseau, identifier les problèmes existants, proposer des solutions d'optimisation, puis les tester.

La deuxième partie consiste à planifier un nouveau site afin d'améliorer la couverture. Des études de cas ont été faites dans plusieurs villes (Casablanca, Tanger, Fès...) nous avons choisi de ne présenter que celui de la ville de Meknès vu la pertinence du cas d'étude qui se manifeste par la grande dégradation du réseau et la complexité de son analyse.

I. Optimisation de la région

Après l'installation matérielle et logicielle de la majorité des sites contenus dans la ville Meknes, on a examiné chaque site séparément en effectuant le Drive Test de type « SSV ». Le but étant de s'assurer que tous les services voix et données fonctionnent correctement dans chaque site et faire aussi la vérification des paramètres radio (Tilt, Azimut, coordonnées GPS...). Une fois réalisés, la partie d'optimisation RF est entamée (qui se répète continuellement). Elle commence par un premier Drive Test de type cluster qui donne une vision générale sur la couverture et les performances radio de tous les sites fonctionnant en collaboration pour assurer la couverture des régions concernées. En analysant les résultats de ce premier Drive Test, les problèmes sont identifiés et en fonctions de ceux rencontrés ; des mesures de correction adéquates sont prises. Après les modifications et les changements effectués, un deuxième Drive Test est mené pour tester de nouveau les performances.

1. Analyse SSV (Single site Verification) :

L'analyse SSV est privilégiée lorsque le but est de s'assurer que la station de base est opérationnelle d'un point de vue RF et que chaque secteur fonctionne correctement.

Le tableau statique ci-dessous est établi au niveau de la société Huawei. Il est réalisé à l'aide de l'outil GENEX ASSISTANT ainsi que les valeurs cibles fixées par l'opérateur INWI.

	Metric Name	Threshold of Requirement	Sector 1	Sector 2	Sector 3
CS	RSCP : Mobile Rx Power	> -60dBm			
	CS Call attempt				
	CS Drop Number				
	CS Drop Call Rate	< 0,6%			
	UE Tx Power	< -30dBm			
	Ec/Io	> -4 dB			
	Voice Access Failure Rate	< 1%			
	Call Setup Time	< 3 seconds			
HSPA+	RSCP : Mobile Rx Power	> -60dBm			
	PS Call attempt				
	PS Drop Number				
	PS Drop Call Rate	< 0,6%			
	Ping Test: Round Trip Time	< 50 milisecond			
	Connection Failure Rate	< 1%			
	Connection Setup Time (PDP activate)	< 2 seconds			
	CQI	>= 25			
	DL User Throughput Near the Site	> 16 Mbps			
UL User Throughput Near the Site	> 4,5 Mbps				
OSS	Uplink RSSI Measurements	-102 dBm > RSSI > -112dBm			
	Main Diversity	<3dB			

Tableau 1 : Tableau statique des KPIs

Metric Name	Threshold of Requirement	Value
RSCP : Mobile Rx Power	> -67 dBm	
UE Tx Power	< -23 dBm	
Ec/Io	> -5 dB	
Voice Access Failure Rate	< 1%	
Connection Failure Rate	< 1%	
CS Call attempt		
CS Drop Number		
CS Drop Call Rate	< 0,6%	
PS Call attempt		
PS Drop Number		
PS Drop Call Rate	< 0,6%	
Call Setup Time	< 3 seconds	
Connection Setup Time (PDP activae)	< 2 seconds	
CQI	>= 22	
DL User Throughput at ~30 km/hr	> 9 Mbps	
UL User Throughput at ~30 km/hr	> 3.8Mbps	
Soft Handoff Success Rate	> 99%	

Tableau 2 : Tableau dynamique des KPIs

✚ Vérification du handover :

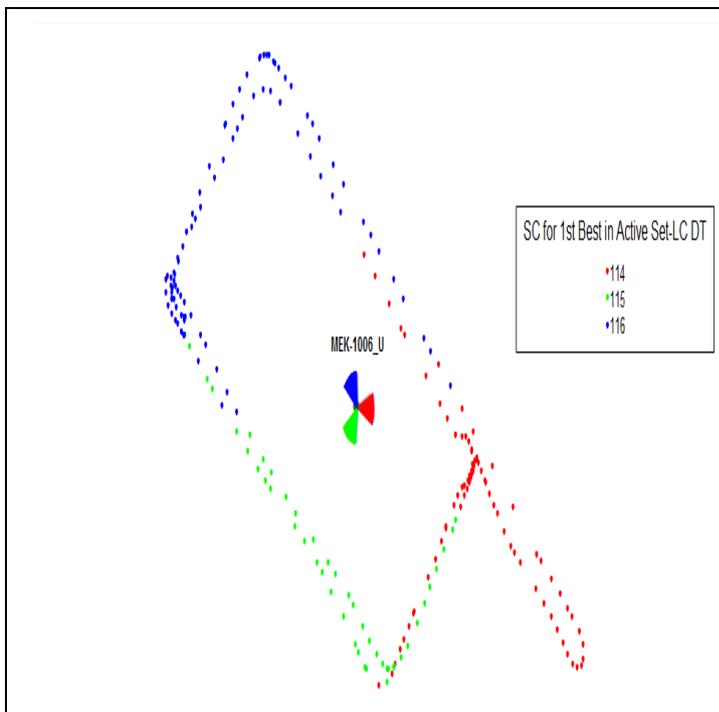


Figure 31 : Capture des PSC

Parmi les objectifs principaux du SSV est la vérification du handover entre les trois secteurs du même site. C'est pourquoi le client INWI insiste que le tour soit complet. cette figure montre qu'il y a le handover entre les trois secteurs du site MEK-1006.

✚ Problème de cross feeder :

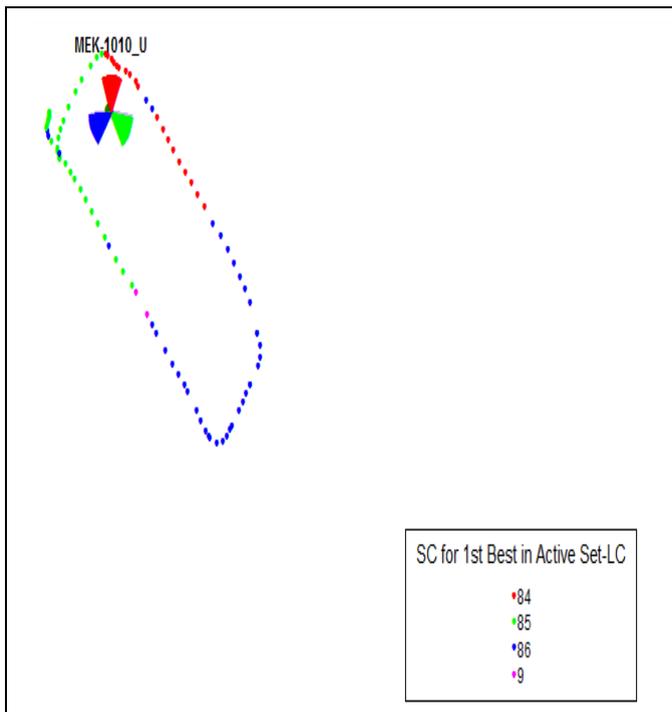


Figure 32 : Problème de cross feeder

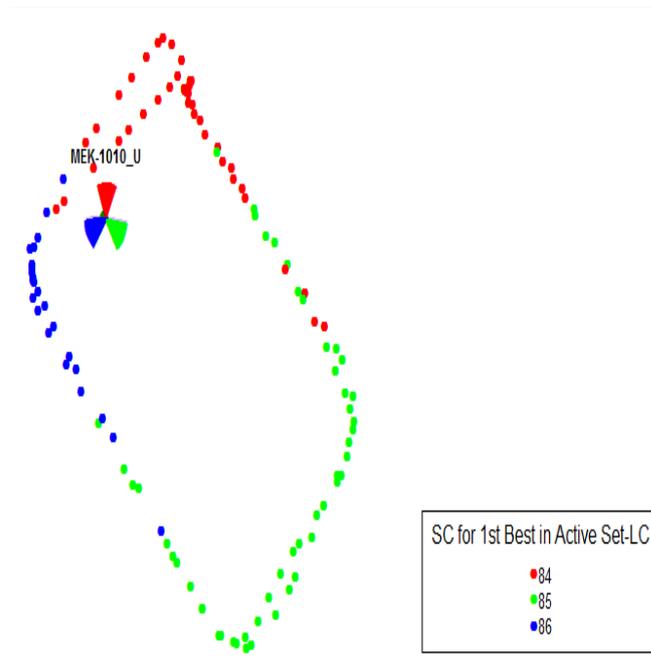


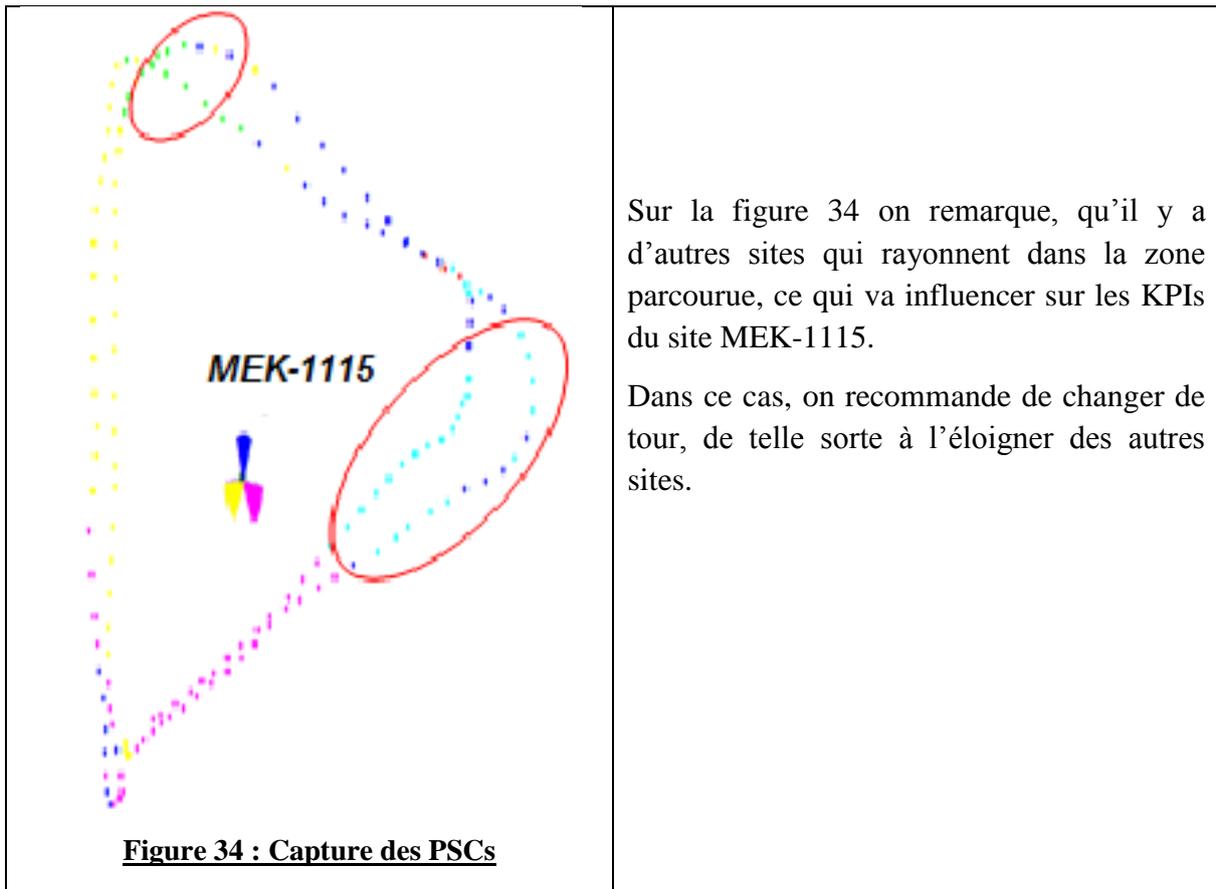
Figure 33 : Illustration des P-SC après intervention

Lors du SSV test du site MEK-1010, on a pu détecter un cross feeder. Ce problème survient lorsqu'il y a une différence entre le P-SC planifié et le P-SC transmis dans une zone donnée. Le feeder d'un secteur X d'une NodeB peut être connecté à un autre secteur Y de la même NodeB. Les informations collectées lors du Drive Test montrent la répartition des PSC et sont rapportées dans la figure 32:

Actions : inversion des feeders.

Une intervention était nécessaire au niveau du site MEK-1010, pour remédier à ce problème. Une fois réalisée, l'analyse effectuée avec Genex Assistant montre que le problème de cross feeder est résolu comme illustré dans la figure 33.

✚ Problème d'overshooting :



2. Analyse du cluster :

Afin d'analyser la couverture du réseau dans la ville MEKNES, le technicien qui réalise le Drive test doit suivre une route préalablement tracée et qui parcourt tous les axes de la ville, y compris les routes principales et les routes VIP. Les chemins de ce parcours vont être confirmés par le client avant de lancer le drive test.

2.1. Analyse des scrambling codes :

Tirée du logiciel « Genex Assistant » ; la figure ci-après; nous permet de contrôler si l'installation est correcte. On ne peut le savoir que si chaque secteur d'un NodeB couvre bien sa zone équivalente et qu'il n'y a pas de rotation dans les zones de couverture.

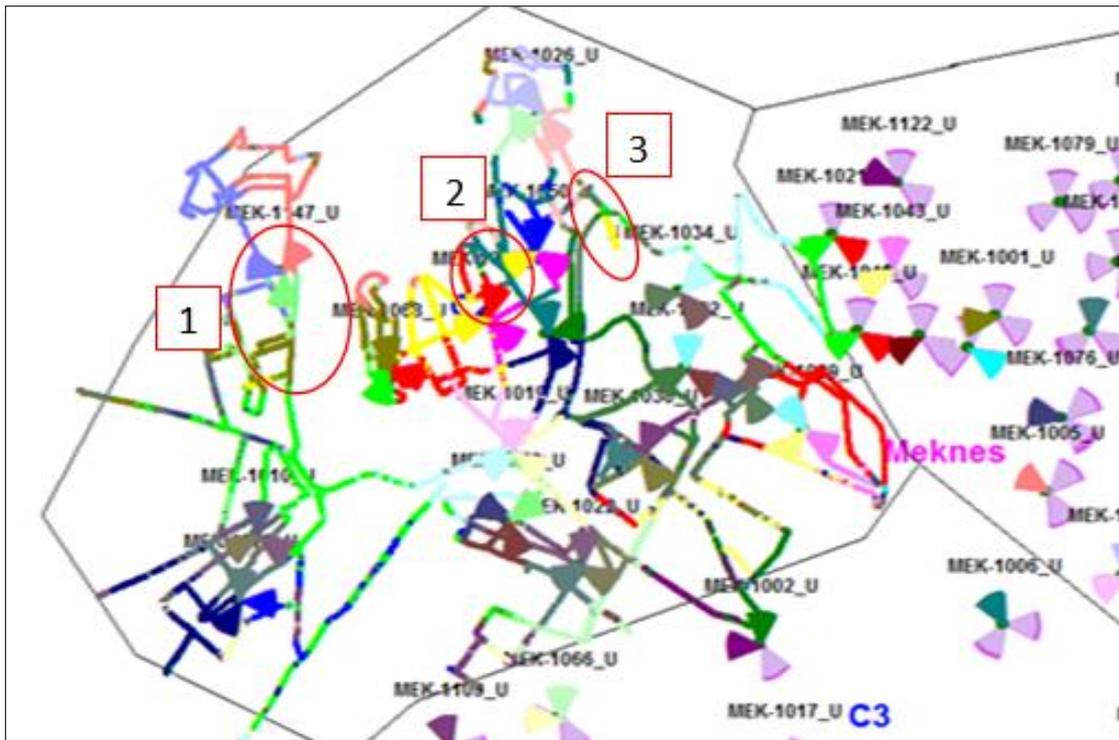


Figure 35 : PSC du parcours

On a remarqué qu'il ya des problèmes dans quelques zones, qu'on va les analyser par la suite.

Zone 1 :

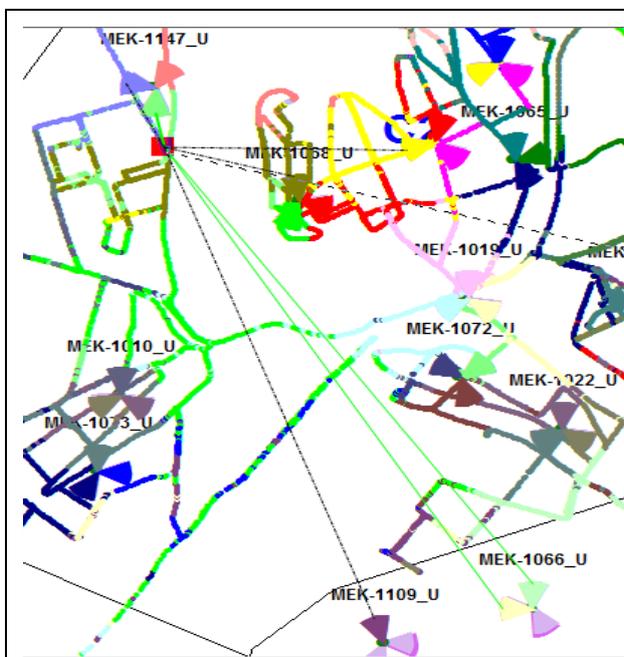


Figure 36 : PSC de la zone 1

Analyse :

On constate que dans cette zone il y a un "overshooting" des 1^{ère} et 3^{ème} cellule du MEK-1066 sur plus de 4KM. Ceci est causé par son tilt 0° dans ces deux cellules, qui est trop élevé.

Actions :

on conduit un down tilt des 1^{ère} et 3^{ème} cellule du MEK-1066 pour qu'il ne puisse couvrir que son entourage.

Zone 2 :

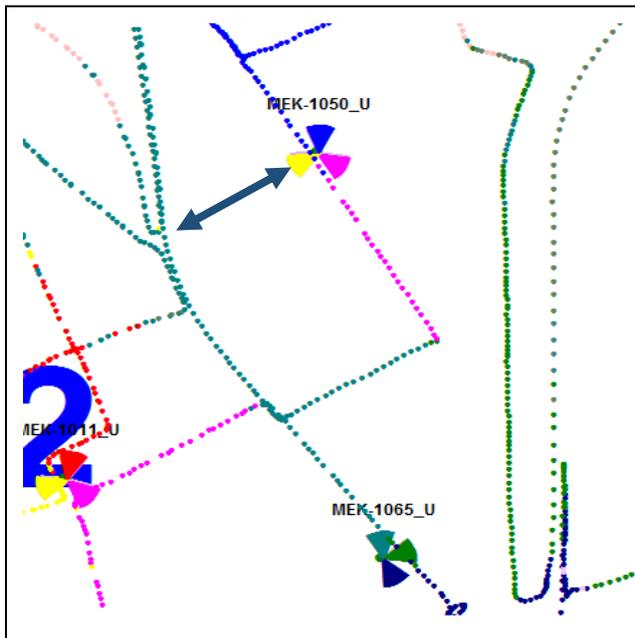


Figure 37 : PSC de la zone 2

Analyse :

Dans cette zone, on remarque que la 3^{ème} cellule de MEK-1050 ne couvre pas correctement, ce qui peut être causé par le fait que MEK-1065 a un tilt élevé, ou une puissance du CPICH élevée qui dépasse celle du MEK-1050.

Action :

Dans ce cas, on ne peut pas augmenter la puissance du CPICH du MEK-1050 pour ne pas influencer les autres sites, et causer d'autres problèmes. C'est pourquoi on opte pour la solution simple d'augmenter le tilt du MEK-105

Zone 3 :

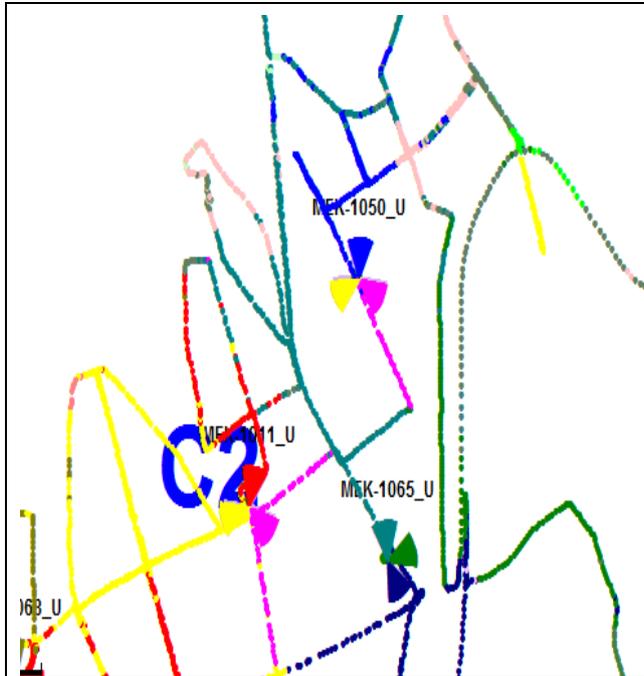


Figure 38 : PSC de la zone 3

Analyse :

Pour la zone en jaune, on voit bien que le 3^{ème} secteur du MEK-1050 couvre un secteur qui n'appartient pas à sa zone de couverture. Le problème peut être dû à des obstacles qui entraînent la réflexion..

2.2. Optimisation de la couverture RSCP :

En plus de la vérification de l'installation et pour tester la qualité de service des sites on se basera sur un autre paramètre indispensable: le **RSCP** (*The received signal code power*).

Le RSCP détermine le niveau de puissance du canal pilote de la cellule reçu, généralement exprimé en dBm. Avec ce paramètre, différentes cellules utilisant la même porteuse peuvent être comparées et des décisions sur le Handover et la re-sélection des cellules peuvent être prises.

L'outil Genex assistant va permettre de tracer la valeur de ce paramètre tout au long du parcours du Drive-Test. On pourra ainsi tirer des conclusions sur la qualité de service de cette zone. Il est également possible d'extraire les zones dont le RSCP est dégradé et les traiter, comme illustré dans la figure 39.

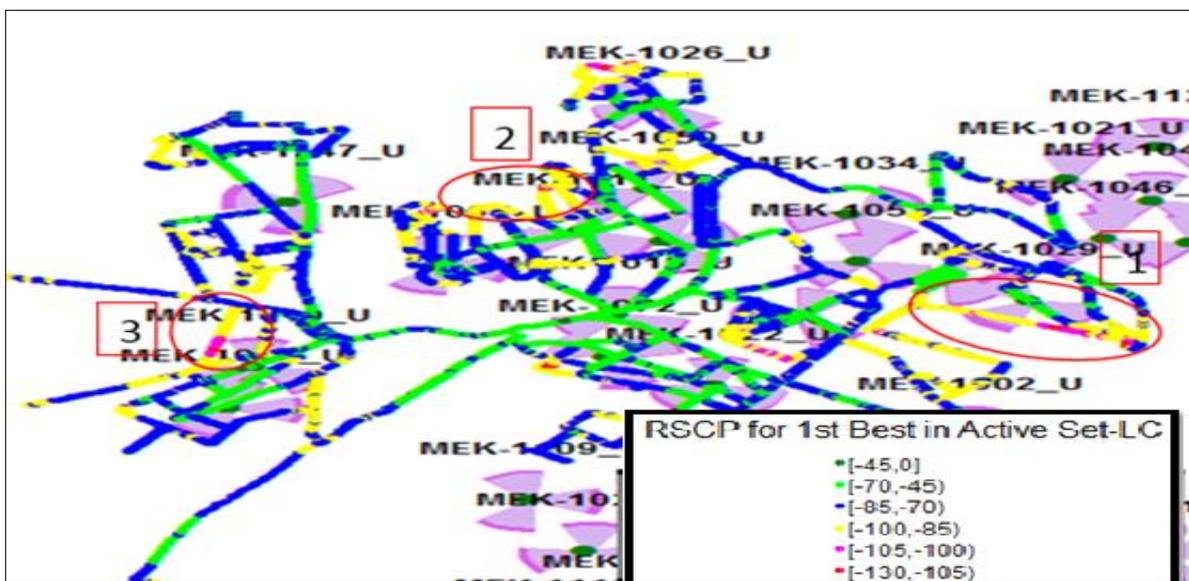


Figure 39 : RSCP du parcours

➤ Zone 1 :

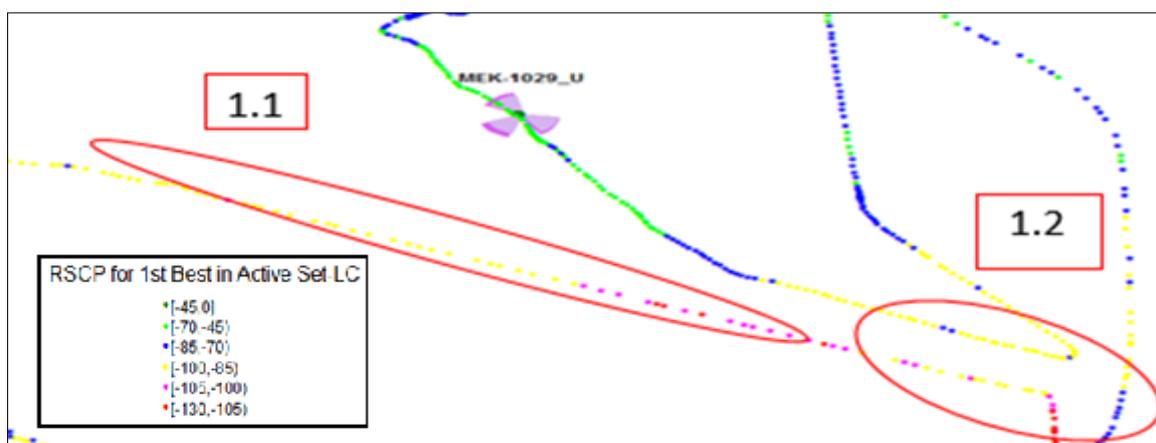
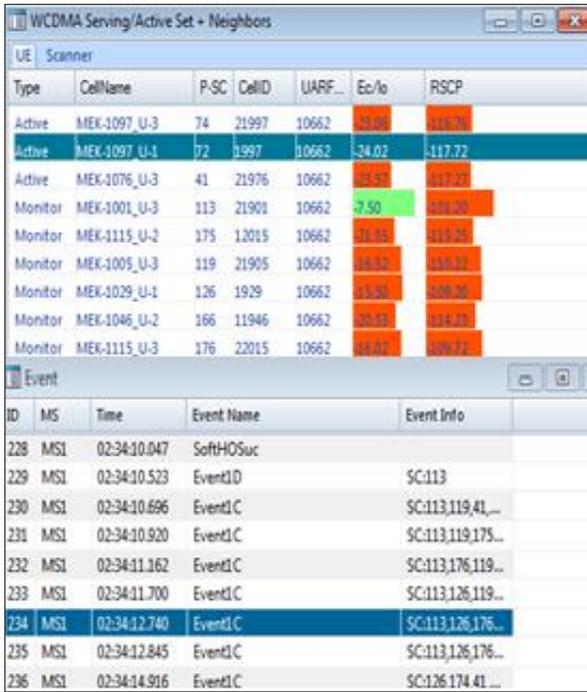


Figure 40 : RSCP de la zone 1

Dans cette zone on remarque que les cellules 1 et 2 du site MEK-1029 n'assurent pas correctement le service. Il est nécessaire d'essayer de remonter la cause.

Zone 1.1 :



Type	CellName	P-SC	CellID	UARF...	Ec/Io	RSCP
Active	MEK-1097_U-3	74	21997	10662	-13.08	-116.76
Active	MEK-1097_U-1	72	1997	10662	-24.02	-117.72
Active	MEK-1076_U-3	41	21976	10662	-13.57	-117.27
Monitor	MEK-1001_U-3	113	21901	10662	-7.50	-109.20
Monitor	MEK-1115_U-2	175	12015	10662	-11.03	-113.29
Monitor	MEK-1005_U-3	119	21905	10662	-18.12	-119.27
Monitor	MEK-1029_U-1	126	1929	10662	-15.36	-109.26
Monitor	MEK-1046_U-2	166	11946	10662	-20.43	-114.27
Monitor	MEK-1115_U-3	176	22015	10662	-14.02	-109.72

ID	MS	Time	Event Name	Event Info
228	MS1	02:34:10.047	SoftHOSuc	
229	MS1	02:34:10.523	Event1D	SC:113
230	MS1	02:34:10.696	Event1C	SC:113,119,41...
231	MS1	02:34:10.920	Event1C	SC:113,119,175...
232	MS1	02:34:11.162	Event1C	SC:113,176,119...
233	MS1	02:34:11.700	Event1C	SC:113,126,119...
234	MS1	02:34:12.740	Event1C	SC:113,126,176...
235	MS1	02:34:12.845	Event1C	SC:113,126,176...
236	MS1	02:34:14.916	Event1C	SC:126,174,41...

Figure 41 : Capture détaillée de cette zone

Analyse :

De ces données on peut relever qu'il y a absence d'un site dominant avec un bon niveau de signal RSCP.

On remarque qu'il essaie de faire le soft handover à chaque fois afin de trouver le meilleur servant à travers les événements event1C et event1D détaillés dans l'annexe handover.

Le premier secteur du site MEK-1029 a comme scrambling code 126. On remarque que même s'il est demandé en handover, il ne peut rien changer puisqu'il possède aussi un niveau de signal dégradé.

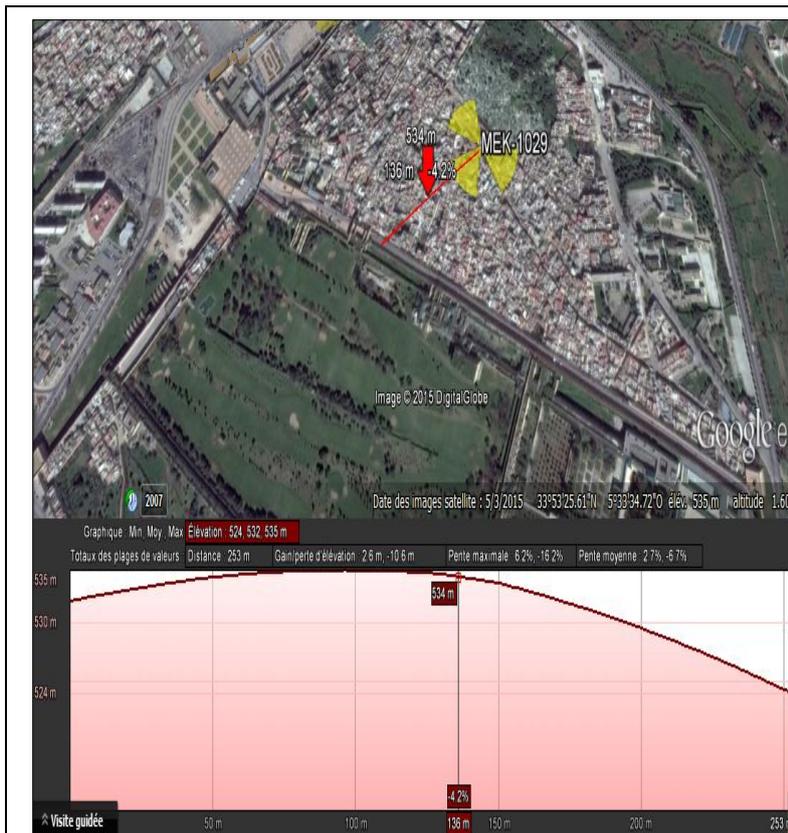


Figure 42 : illustration de la zone 1.1 dans Google earth

Actions :

Pour la cellule MEK-1029_U-1 et tant qu'il reste le plus proche secteur de cette région, on peut proposer d'augmenter sa puissance du CPICH pour qu'il puisse bien couvrir cette zone.

Zone 1.2 :



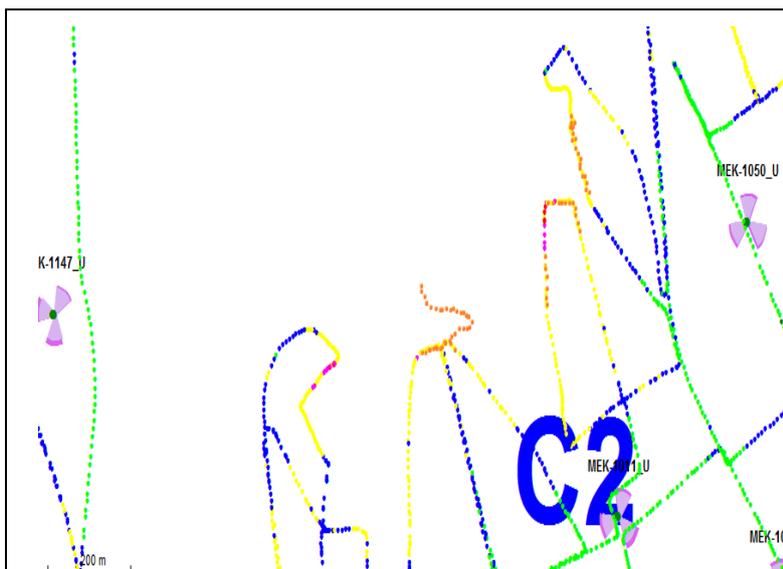
Analyse :

Après avoir affiché le profil d'élévation dans Google Earth, on remarque que la topologie de la terre est plus élevée du côté du site. De ce fait; avec un tilt mécanique de 0°; il ne peut pas être en visibilité directe avec cette région.

Action :

On propose de faire un down tilt mécanique .

Zone 2 :



Analyse :

Ici aucun site n'est dirigé dans cette zone.

Action :

On propose d'ajouter un nouveau site. Il fera l'objet de planification dans le chapitre suivant.

Zone 3 :

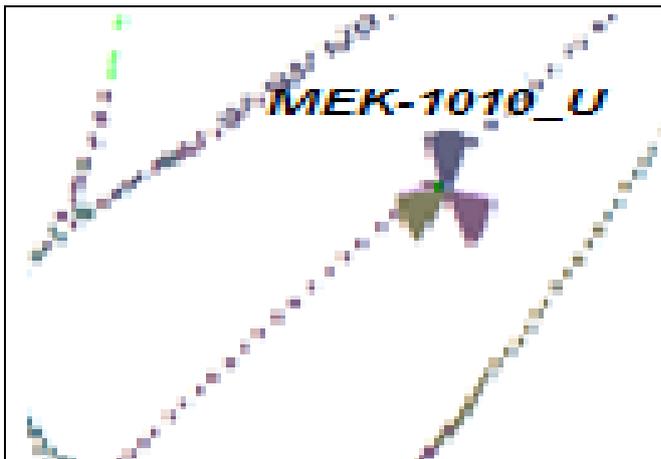


Figure 45 : Capture du PSC et PSC de la zone 3

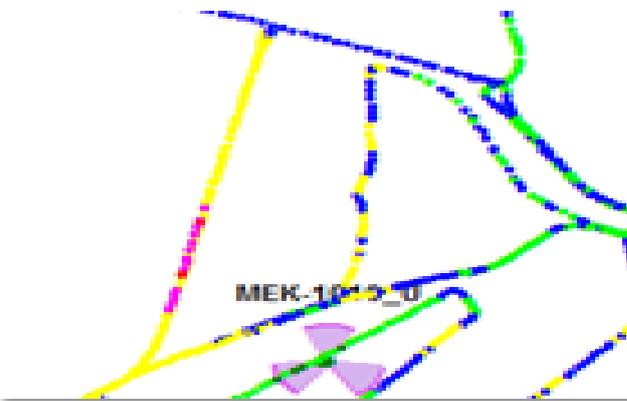


Figure 46 : Capture du RSCP et PSC de la zone 3

Analyse :

Ce problème est très critique. Il exige une intervention sur site par l'équipe d'installation pour changer les feeders entre le 2^{ème} et 3^{ème} secteurs du site MEK-1010

Ce défaut de couverture survient lorsqu'il y a une différence entre le PSC (Primary Scrambling code) planifié et le PSC transmis dans une zone donnée. Le feeder d'un secteur X d'une NodeB peut être connecté à un autre secteur Y de la même NodeB.

Actions :

- On peut légèrement changer l'azimut du 1er secteur de 0° à 340°.
- Résoudre le cross feeder.

2.3. Optimisation de la qualité (Long call : Ec/Io)

La figure 47 présente la qualité du signal. D'après le drive test on peut considérer que la qualité de signal est généralement bonne à l'exception de quelques zones qui seront traitées par la suite.

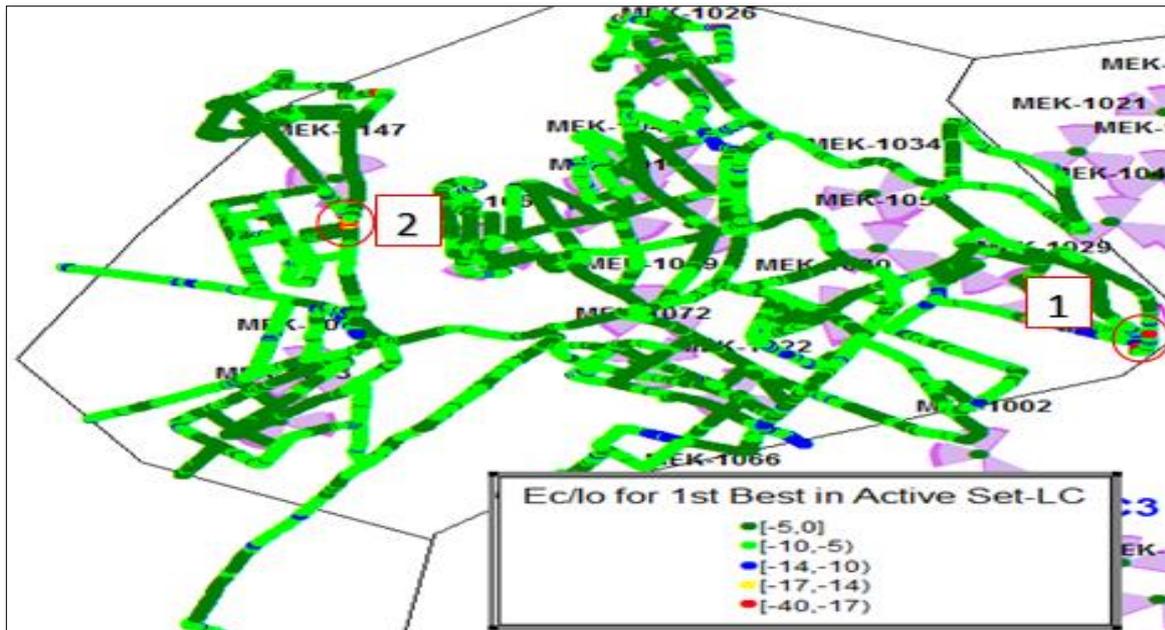


Figure 47 : Qualité de signal Ec/I0 du parcours

Zone 1 :

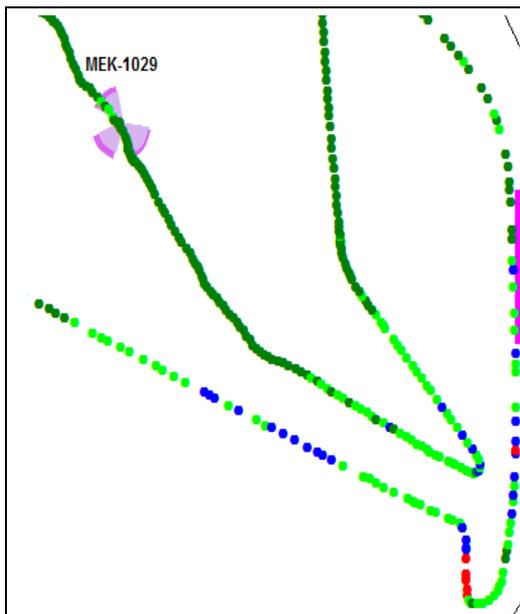


Figure 48 : qualité de signal EC/I0 de la zone 1

Ici on remarque que c'est la même zone avec niveau de signal dégradé. Donc si on arrive à résoudre le problème du rscp, celui de ECIO le sera résolu aussi puisqu'ils sont reliés par la relation suivante :

$$\text{RSCP} = \text{RSSI} + \text{EcNo}$$

RSCP : Received Signal Code Power (UMTS) représente le niveau de la puissance reçue de la fréquence pilote d'une station de base.

RSSI : est la puissance du signal sur la bande de 5 MHz. Il s'agit donc de la puissance mesurée en provenance de toutes les stations de base.

EcNo: Ec est l'énergie reçue par chip (terme réservé à la 3G) du canal pilote divisé par le bruit total.

Le débit du téléchargement peut être amélioré après l'application des actions proposées pour améliorer la couverture et la qualité de signal.

D'autres solutions peuvent aider à augmenter le débit parmi lesquelles :

- L'activation de la carte HSPA+ qui a un débit théorique de 14.4Mbit/s ou bien ajouter à la capacité de chaque site le nombre des « channels elements » dans chaque NodeB qui en sont responsables.

Channel Element : est la bande basique au sein du nodeB nécessaire pour fournir la capacité pour un seul canal de voix. A titre d'exemple, le nodeB Huawei BBU3390 peut supporter 1536 CEs en UL et 1536 CEs en DL. Toutefois, l'inconvénient est la limitation des CE. Par conséquent, il est important d'être en mesure d'insérer des CE de manière efficace, pour l'extension de capacité et empêcher le blocage .

- INWI opte ces derniers temps à ajouter une troisième fréquence qui va augmenter la capacité du réseau 3G et par suite augmenter le débit.

2.5. OPTIMISATION DU PILOT POLLUTION :

Le pilot pollution a un impact sur les performances du réseau. Il provoque l'augmentation de l'interférence, la figure 51 l'illustre dans la zone de MEKNES.

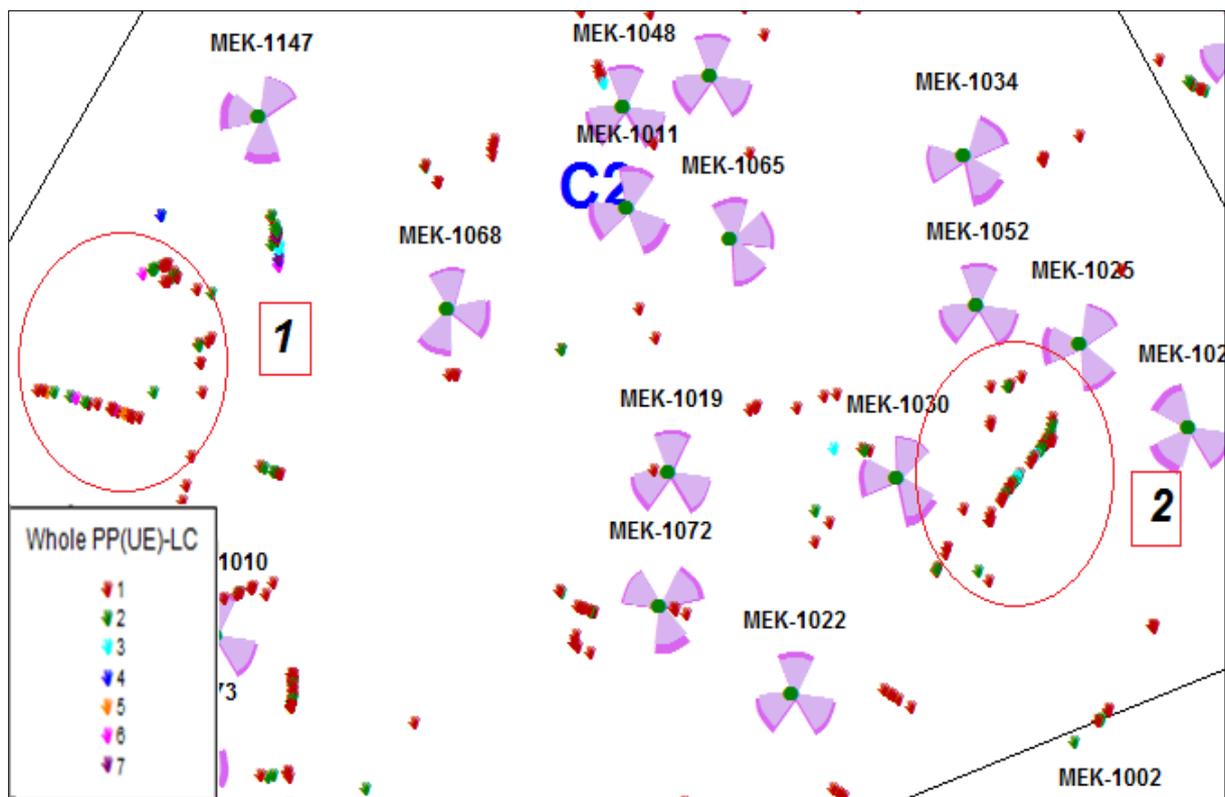


Figure 51 : capture de Pilot pollution

Zone 1 :

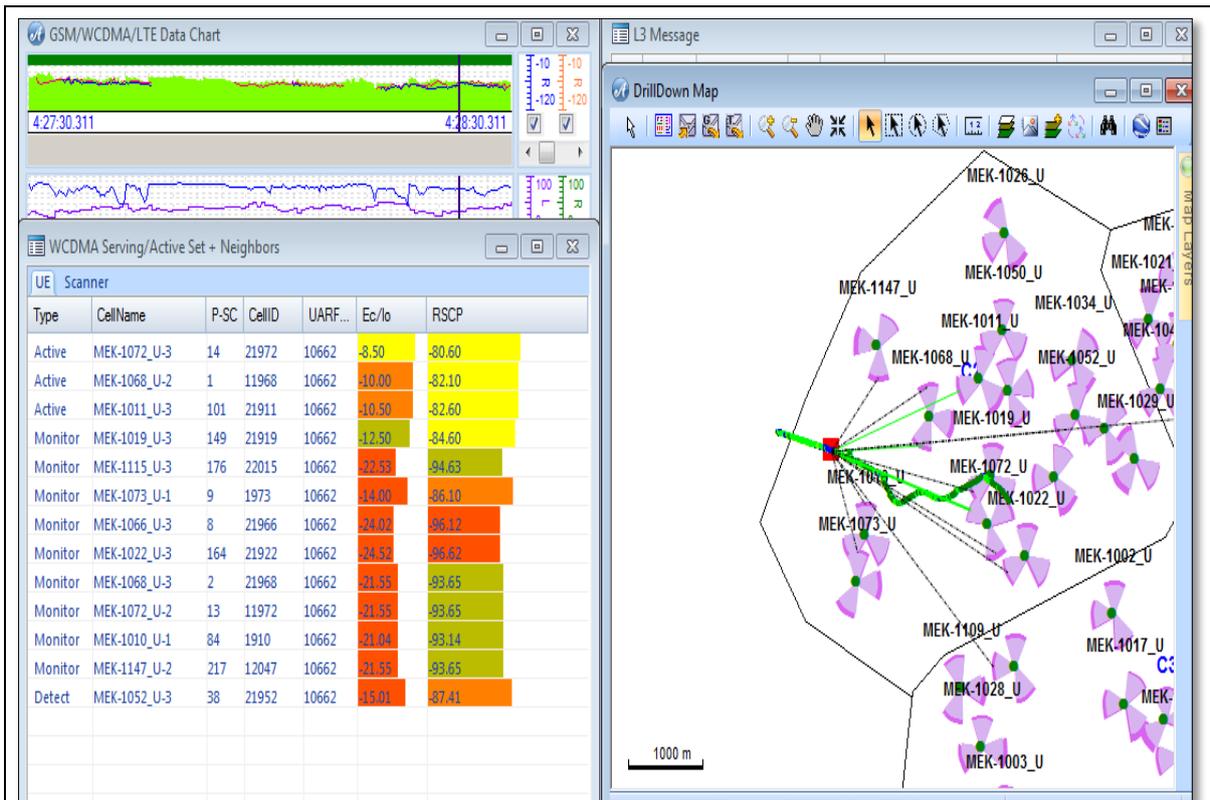


Figure 52 : capture détaillée du Pilot Pollution de la zone 1

Analyse :

On remarque dans cette zone, qu'il y a absence d'une bonne cellule dominante. Ceci est causé par la mauvaise configuration du tilt de MEK-1010, le plus proche site en visibilité avec cette région. Ceci engendre plus d'interférence ce qui cause le pilot pollution.

Actions :

Il y a lieu d'augmenter le tilt du site MEK-1010 pour qu'il soit le plus dominant par rapport aux autres sites.

Zone 2 :

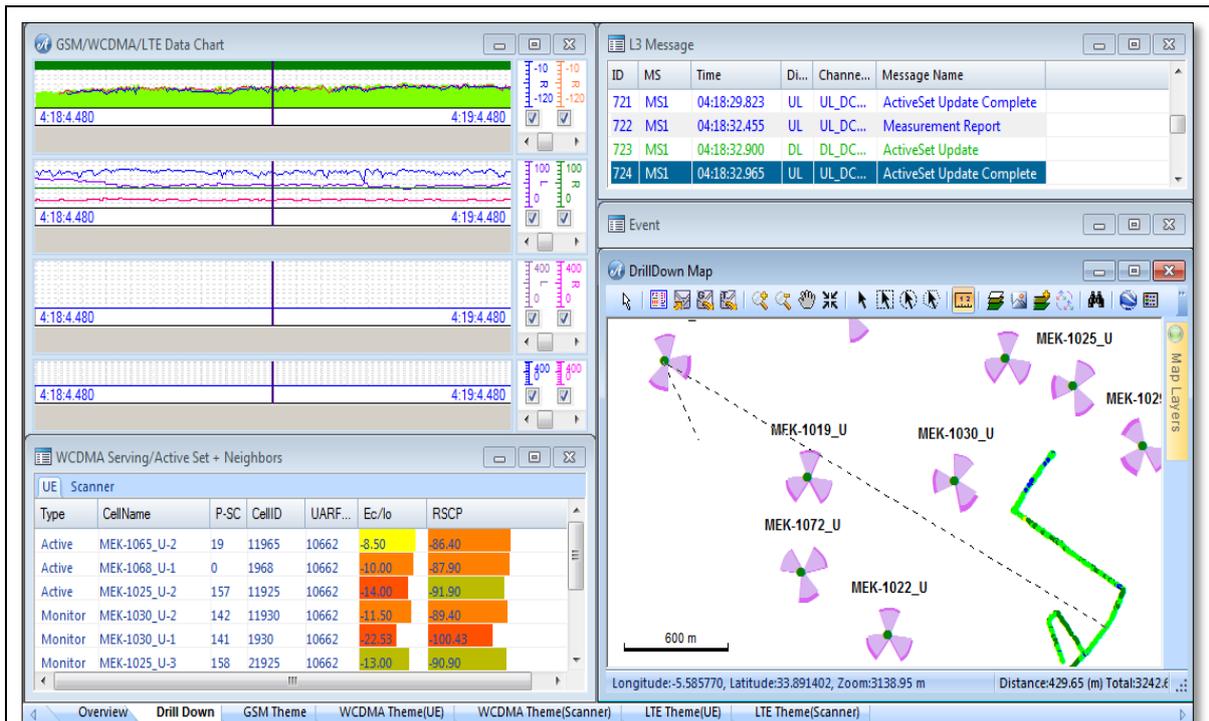


Figure 53 : capture détaillée du Pilot Pollution de la zone 2

analyse :

Le site MEK-1068 est construit dans endroit plus élevé par rapport aux bâtiments voisins « R+2 ». Les régions voisines seront donc en visibilité directe avec la NodeB. Par conséquent, ses signaux seront largement transmis et atteindront ces régions, causant ainsi le pilote pollution

Actions :

On doit diminuer la puissance du CPICH du site MEK-1068.

2.6. Problèmes d'échec de l'établissement d'appel (CSSR)

L'échec du CSSR est dû principalement à une mauvaise couverture, une qualité dégradée ou un échec du Handover. Dans la figure suivante, nous avons identifié un seul échec.

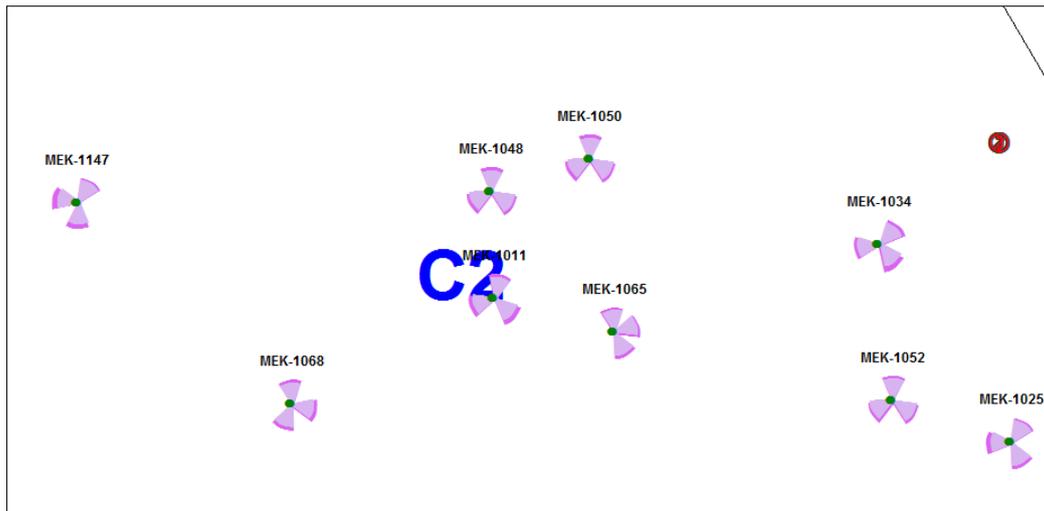


Figure 54 : : capture des échecs durant le parcours

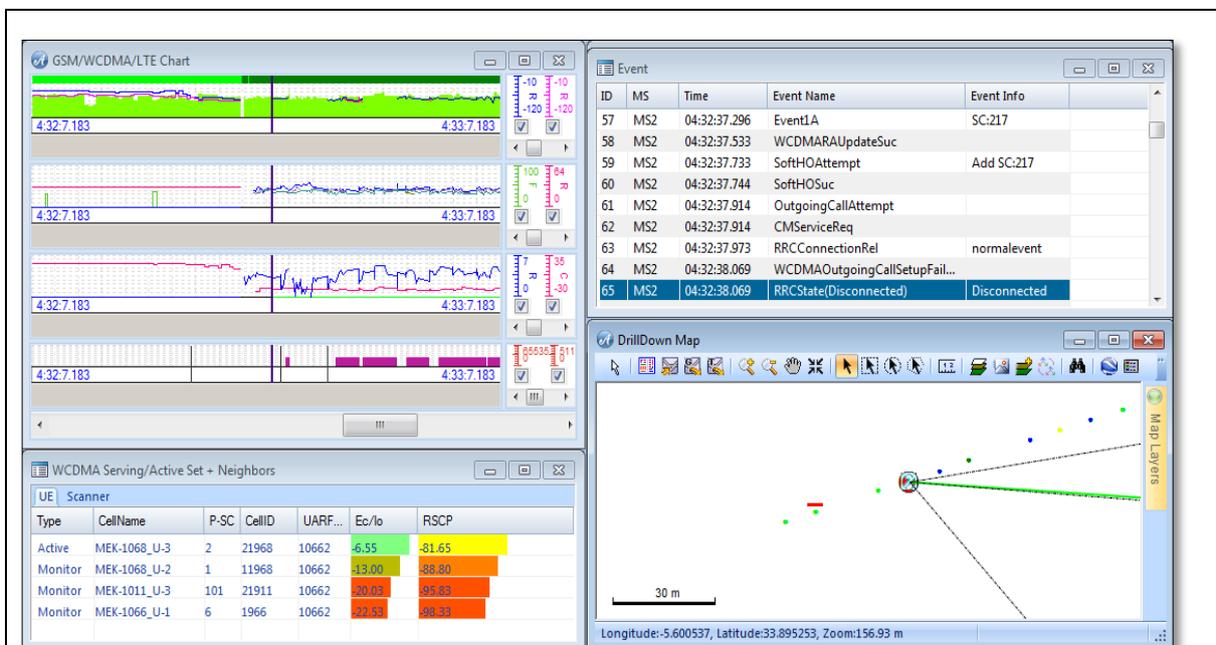


Figure 55 : capture détaillée de cet échec

analyse :

Un tel échec est causé parce que l'appel a été lancé avant l'allocation des ressources pour exécuter le handover de 2G à 3G.

actions :

accélérer le paramètre idleQoffset1sd (qui permet d'accélérer la re-sélection 2G 3G en mode non connecté)

2.7. Analyse du CS Drop

Dans ce paragraphe nous allons présenter l'analyse du CS Drop dans le cluster. Le graphe suivant nous affiche la situation et les emplacements du CS Drop.

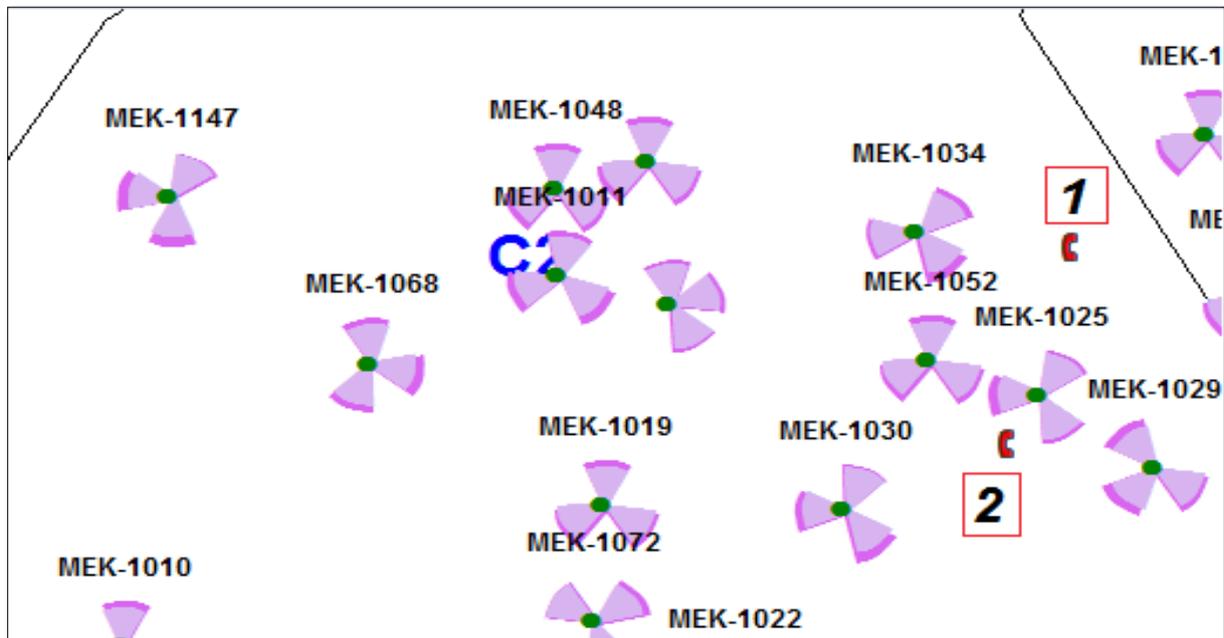


Figure 56 : capture des coupures d'appels durant le parcours

Drop 1 :

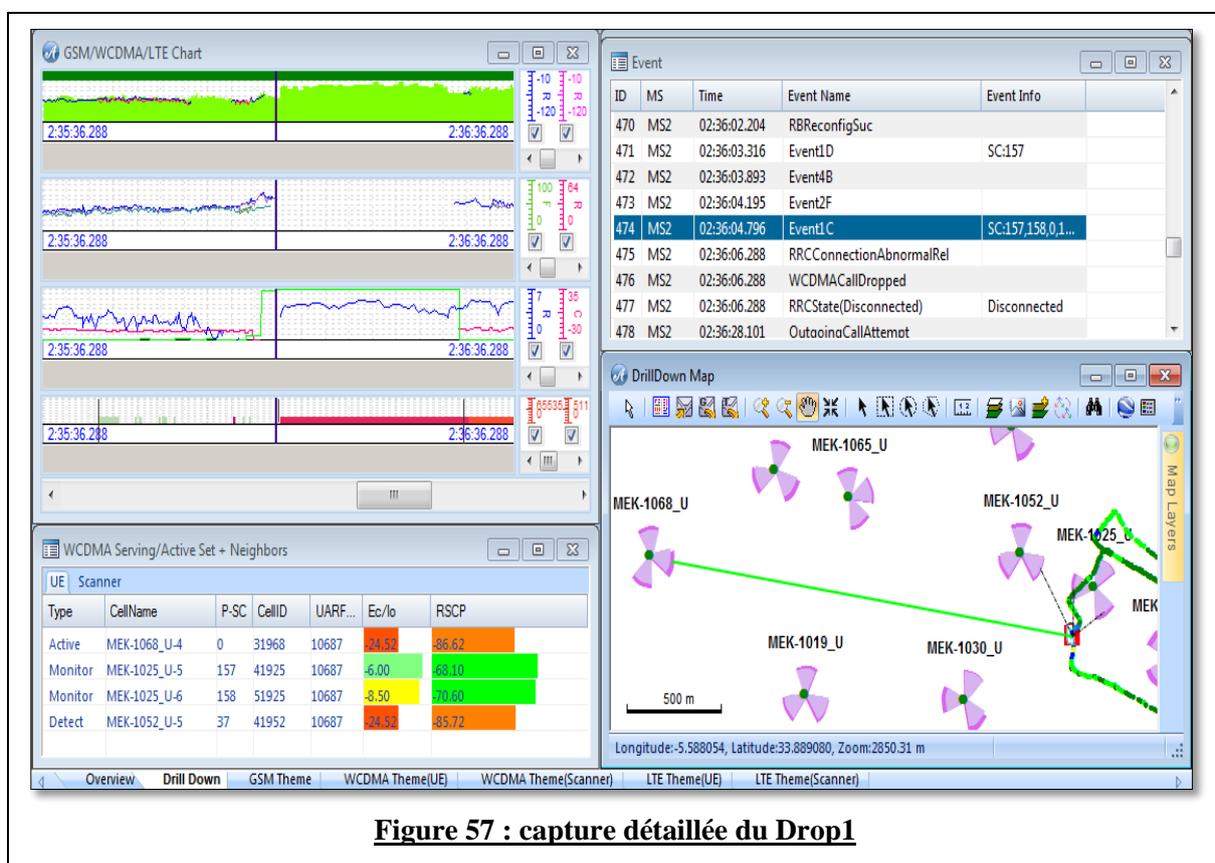


Figure 57 : capture détaillée du Drop1

Analyse :

Ce Drop est dû à une baisse brusque du niveau de signal et au retard de l'exécution du handover entre MEK-1068_U-1 et MEK-1025_U-2.

actions :

Accélérer le temps du handover entre ces deux sites.

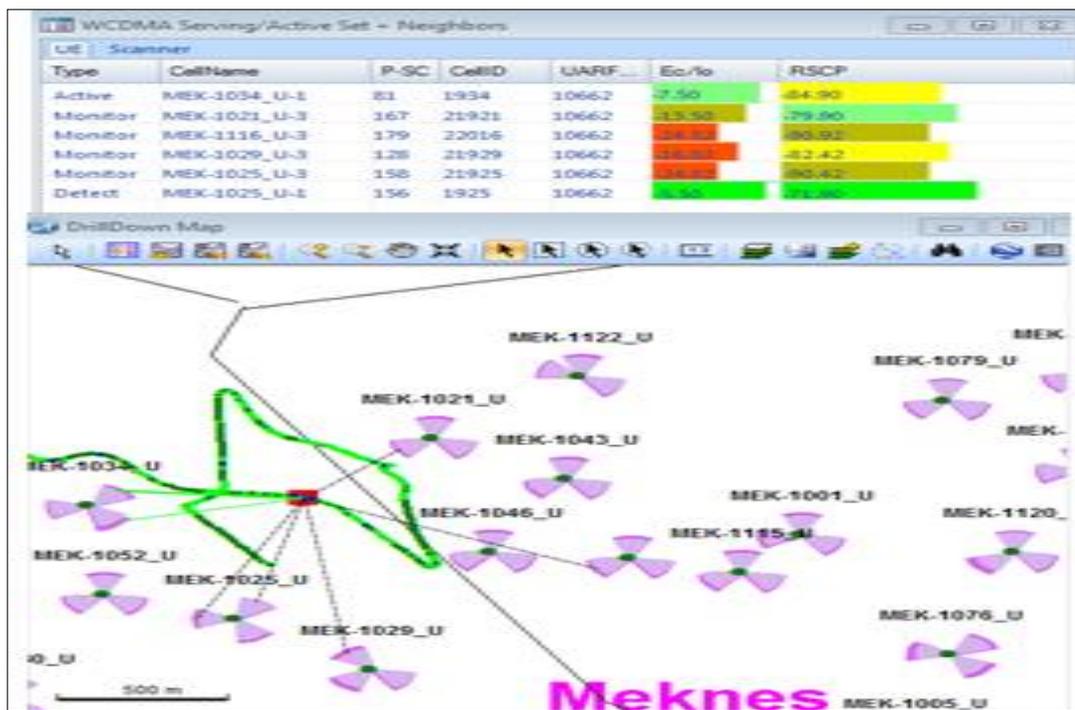
Drop 2 :

Figure 58 : capture détaillée du Drop2

analyse :

Ce problème de coupure d'appel est due à la mauvaise déclaration de voisinage qui ne prend pas en considération les nouveaux sites ajoutés ou les sites qui ne sont pas adjacents, on remarque que le premier secteur du site MEK-1025 a un niveau de RSCP et EC/I0 meilleur que les autres, et pourtant il apparait que dans la liste détectée, c'est-à-dire qu'il n'est pas définis dans le voisinage de MEK-1034.

actions :

Ajouter MEK-1025 dans la liste de voisinage.

II. Planification d'un nouveau site 3G de la ville Meknes:

Dans cette partie, il sera présenté la méthode d'ajout d'un nouveau site. Ceci s'applique sur les zones où le WCDMA est déjà déployé dont on cherche l'amélioration de la couverture, de la capacité ou des deux. Les étapes d'ajout d'un nouveau site pour la ville Meknes seront exposées.

1. Zone géographique de Meknes à planifier

Après l'optimisation de la zone de Meknès et malgré l'application des différentes actions proposées par le département RNO, la zone souffre encore des problèmes des trous de couverture. C'est pourquoi il a été décidé en concertation avec l'équipe d'ingénieur RNP d'ajouter un nouveau site afin de remédier aux problèmes et satisfaire les clients d'INWI.

Lors de l'ajout d'un nouveau site, plusieurs paramètres sont à définir : sa position géographique (longitude et latitude), sa hauteur ainsi que la configuration de ses secteurs (Azimut, tilt électrique, tilt mécanique).

L'équipe de déploiement prend en charge la détermination de longitude, l'altitude et la hauteur du site en fonction de :

- La topologie de la région.
- La distance entre les sites.
- Les types des batiments qui entourent le site.

Après on détermine l'azimuth pour chaque secteur, ce paramètre est choisi de telle façon que les antennes du site couvrent bien la zone où la population est importante et le niveau de signal est dégradé tant qu'on étudie une zone de type urbaine dense .Il faut mentionner que les secteurs du site ne doivent pas être en visibilité directe avec ceux des sites qui sont proche de lui pour éviter les interférences.

C'est en prenant en considération la nature de la topologie et le type de la zone qu'on étudie,qu'on a décidé d'agir sur le tilt électrique et non le tilt mécanique pour que les antennes rassemblent leurs lobes principaux vers la zone voulue afin d'éviter la provocation des interférences avec les sites proches du site planifié tant que la distance entre eux est environ 400m.

Le LAC (location area code), RAC (routing area code) et RNC sont déterminés suivant une bordure fixée par l'opérateur INWI qui rassemble plusieurs sites. La figure suivante montre l'emplacement exacte du nouveau site sur google Earth :



Figure 59 : Emplacement du nouveau site 3G dans la ville de Meknès

Les résultats de cette étude et analyse sont résumés dans le tableau suivant :

RNC Name	RNC ID	Cell Name	Cell - ID	Tilt électrique	Tilt mécanique	azimuth
MEK_RNC1	305	MEK-1048-1	100	4	0	0
MEK_RNC1	305	MEK-1048-2	101	4	0	120
MEK_RNC1	305	MEK-1048-3	102	4	0	240
MEK_RNC1	305	MEK-1048-4	103	4	0	0
MEK_RNC1	305	MEK-1048-5	104	4	0	120
MEK_RNC1	305	MEK-1048-6	105	4	0	240

Tableau 3 : Les paramètres radio du nouveau site

Longitude	-5.58082
latitude	33.90101
Hauteur	19

Tableau 4 : suite des paramètres radio

2. Planification sous Unet :

L'outil de planification que nous avons utilisé pour la planification est l'outil U-Net .Il est un outil de simulation professionnel développé par Huawei qui a les caractéristiques suivantes :

- ✓ prévision précise
- ✓ Facilité d'utilisation et interface conviviale
- ✓ Réduction des coûts des ressources humaines en raison de l'efficacité de la planification ultérieure.
- ✓ Exigence de niveau technique inférieur de fonctions professionnelles

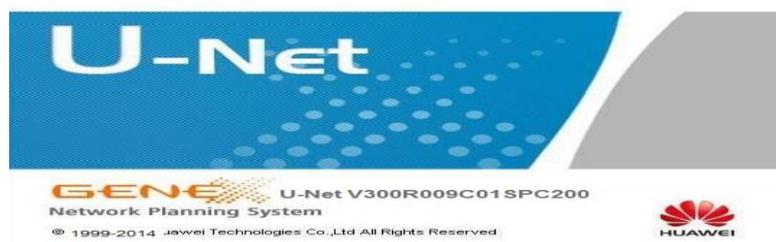


Figure 60 : l'interface du logiciel U-net de Huawei

2.1. Importation et activation des sites de Meknes sur la carte

Pour commencer cette opération de planification, il faut tout d'abord créer un projet, et sélectionner les deux options : GSM et l'UMTS pour pouvoir planifier le voisinage (2G-3G, 3G-2G et 3G-3G) et les scrambling code (PSC).

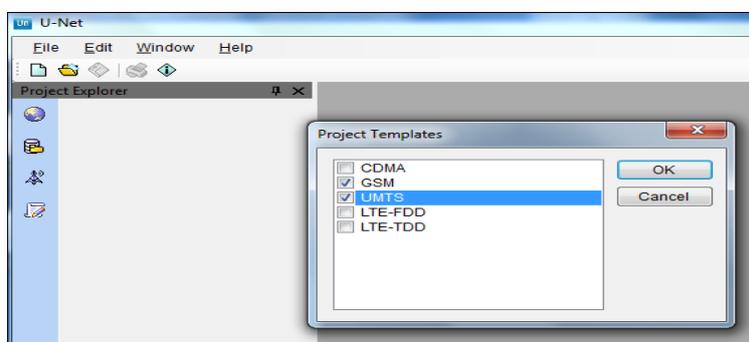


Figure 61 : Création d'un projet sous Unet

2.2. Préparation d'environnement Unet

Pour débiter un projet sous Unet, il est nécessaire au préalable de passer par certaines étapes d'importation de cartes afin de simuler sur la zone voulue :

(à souligner que le sahara Marocain ne relève pas de la région régie par Huawei c'est pourquoi elle n'apparaît pas sur la carte ci après)

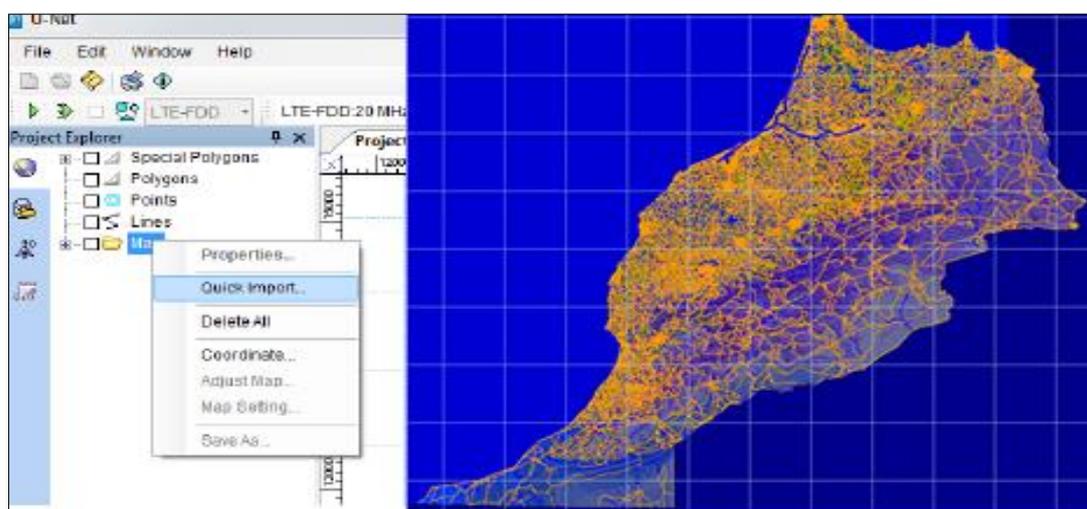


Figure 62 : Importation de la carte digitale du maroc

2.3. Importation des sites de la zone Meknes sur la carte

L'étape suivante consiste à importer les paramètres radio contenant les informations sur les sites de la zone de Meknès. Cette base de données reste confidentielle pour Huawei et INWI:

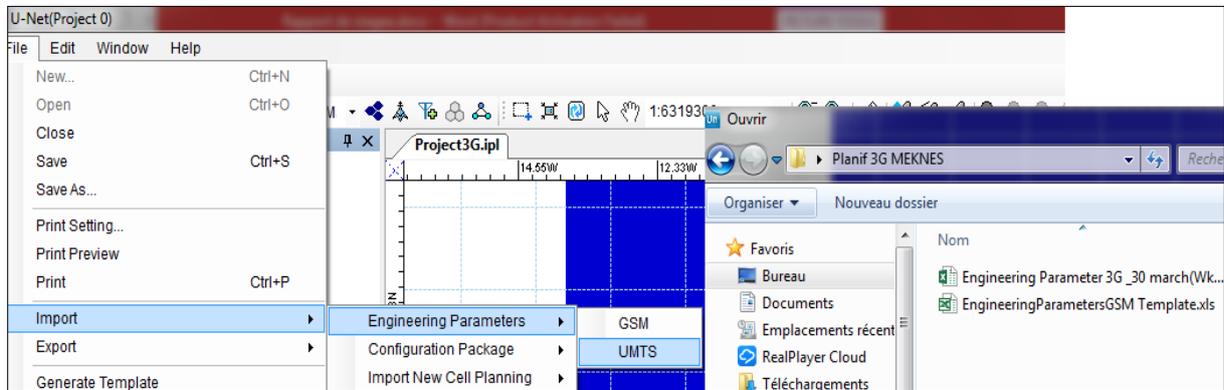


Figure 63 : Importation des paramètres radio GSM et UMTS

Les tableaux suivants, présentent les informations sur la base de données propre à l'opérateur INWI et qui sont nécessaires pour le déploiement des sites de la zone voulue.

RNC Name	RNC ID	Site Name	Transciever Name	Cell Name	LAC	CI	ARFCN	PSC	RAC	longitude	azimuth
----------	--------	-----------	------------------	-----------	-----	----	-------	-----	-----	-----------	---------

Tableau 5 : la base de données 3G pour INWI

BSC Name	BSC ID	Site Name	Transciever Name	Cell Name	LAC	CI	TRX number	Frequency band	RAC	longitude	azimuth
----------	--------	-----------	------------------	-----------	-----	----	------------	----------------	-----	-----------	---------

Tableau 6 : la base de données 2G pour INWI

2.4. Activer les secteur des sites de la région étudiée de Meknes

La dernière étape dans la préparation de l'environnement Unet consiste à activer les secteurs des sites :

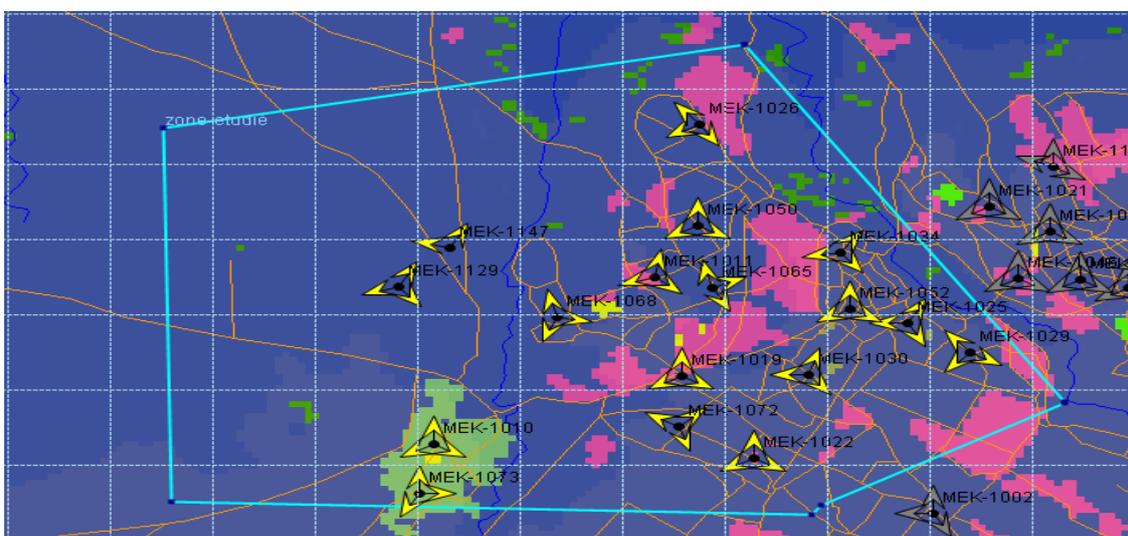


Figure 64 : Activation des transmetteurs des sites de Meknes

La zone encadrée dans la figure ci-dessus spécifie l'ensemble des sites éligibles pour notre étude de cas.

2.5. Planification des codes d'embrouillage (PSC)

La planification du PSC en U-net se fait d'une façon automatique, le nombre des PSCs est 512 dont 32 sont réservés pour des sites INDOOR.

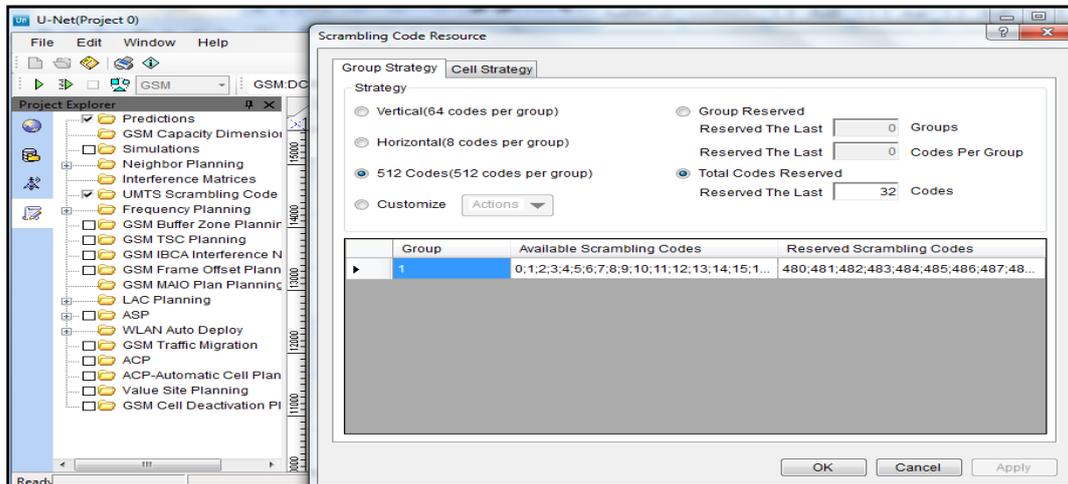


Figure 65 : paramétrage du PSC

Il faut par ailleurs mentionner, que la distance de réutilisation d'un même PSC doit, en général ; être supérieure à 30 Km pour une zone rurale et de 9 Km pour une zone de grande densité. Ainsi, si on a, par exemple ; des sites condensés dans une zone et un site isolé et loin d'eux, il faut ; dans ce cas ; augmenter la distance de la réutilisation des PSC pour que le voisin de ce dernier site n'ait pas deux voisins ayant même PSC car ceci provoquera des interférences. La figure suivante illustre la configuration de la réutilisation du PSC sur U-NET :

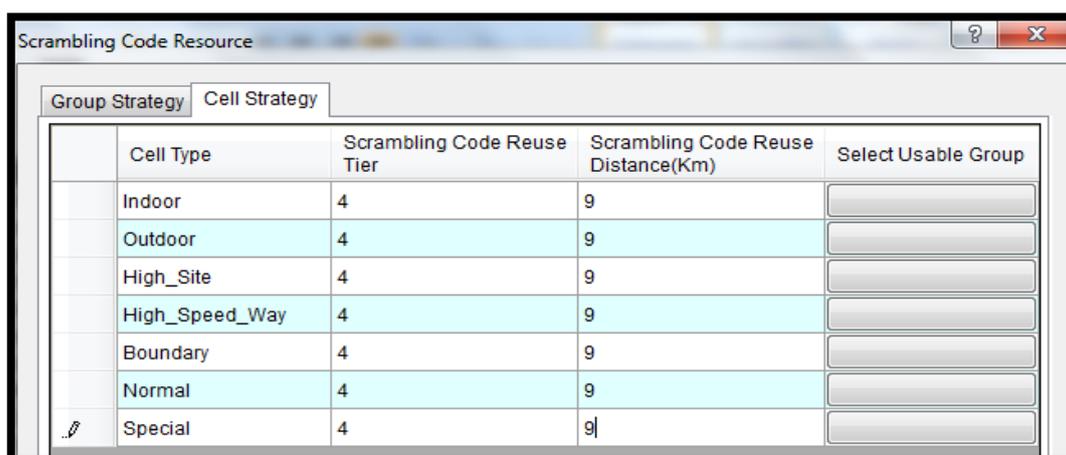


Figure 66 : paramétrage de réutilisation du PSC

Les trois secteurs du site doivent avoir chacun un PSC différent, le pas d'affectation de ce PSC pour chaque secteur est 1, la réutilisation des PSC est basée sur la distance et le maximum d'usage comme le montre la figure suivante :

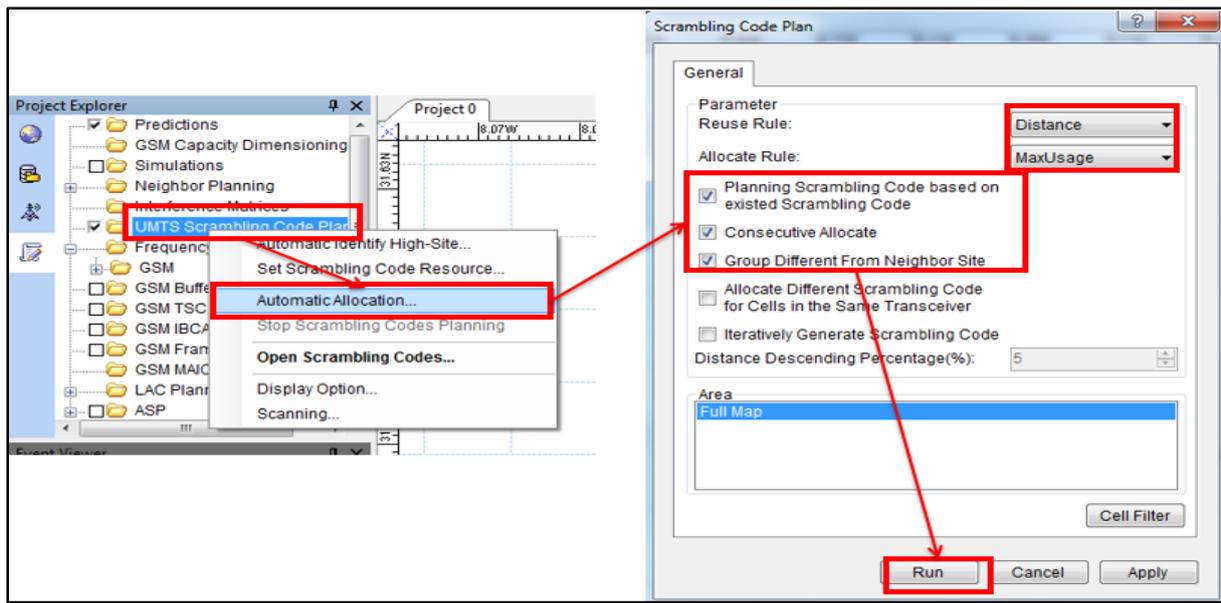


Figure 67 : exécution et allocation automatique des codes PSC

Après avoir choisi les conditions d'affectation des codes PSC pour les sites de la zone étudiée, leur exécution nous a permis l'allocation automatique des PSC pour le nouveau site choisi.

	Cell Name	RNC ID	CI	Existing Code	Suggest Code	Confirm Code	Use times	Min reuse distance(km)	Min reuse tier
461	MEK-1053_U-3	305	21953		14	14	32	1.094	Unreachable
462	MEK-1053_U-6	305	51953		14	14	32	1.094	Unreachable
463	MEK-1048_U-1	305	100		12	12	32	1.08	Unreachable
464	MEK-1048_U-4	305	103		12	12	32	1.08	Unreachable
465	MEK-1048_U-2	305	101		13	13	32	1.08	Unreachable
466	MEK-1048_U-5	305	104		13	13	32	1.08	Unreachable
467	MEK-1048_U-3	305	102		14	14	32	1.08	Unreachable
468	MEK-1048_U-6	305	105		14	14	32	1.08	Unreachable

Figure 68 : Les PSC pour le nouveau site

2.6. Planification de voisinage

La planification de voisinage est une étape primordiale pour assurer le bon fonctionnement du Handover et assurer la mobilité des abonnés dans le réseau sans coupure de leurs appels.

Une liste de voisinage doit être définie afin de permettre aux secteurs de connaître les cellules des autres secteurs. Le nombre maximal de voisins qu'une cellule peut avoir peut être 32.

Pour la liste de voisinage, on trouve trois types :

- Intra-frequency neighbours (définir une liste des cellules voisines de la même fréquence utilisée, ex : 10662-10662 ou 10687-10687) ;
- Inter-frequency neighbours (des listes de voisinage de fréquences différentes ex : 10662-10687 ou 10687-10662) et
- Inter-RAT neighbours(3G-2G ou 2G-3G).



Figure 69 : Choix des types de voisinage

✚ Définition de cellules voisines intra-fréquence:

Le voisinage intra-fréquence est réalisé entre la première fréquence f_1 du site et la première fréquence f_1 des sites voisins, puis entre la deuxième fréquence f_2 du site et la deuxième fréquence f_2 des sites voisins. Les relations de voisinage étant bidirectionnelles, elles doivent être déclarées dans les deux sens.

La figure ci-dessous illustre les conditions exigées par INWI pour la planification de voisinage intra-fréquence.

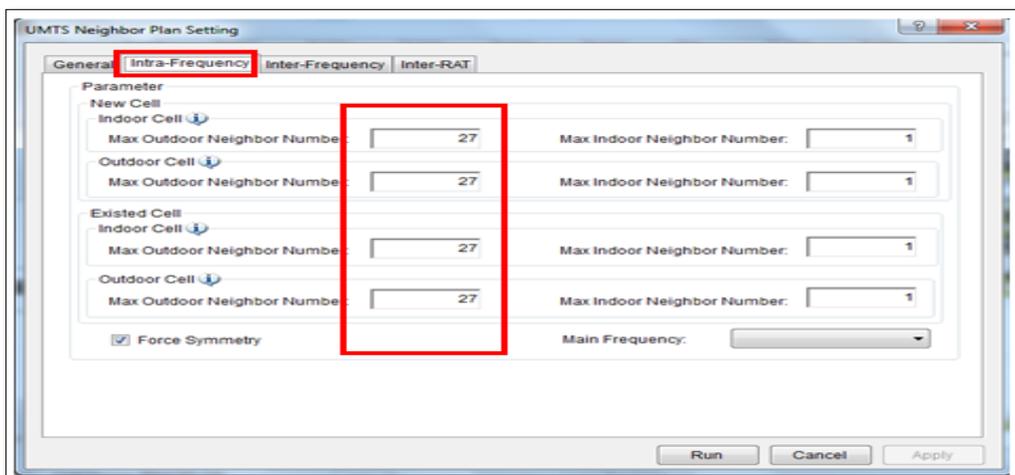


Figure 70 : planification de voisinage intra-Fréquence

✚ Définition de cellules voisines inter-fréquence

Le voisinage inter-fréquence est réalisé entre les cellules de la première fréquence et les cellules de la deuxième fréquence du même site, et ceci dans les deux sens.

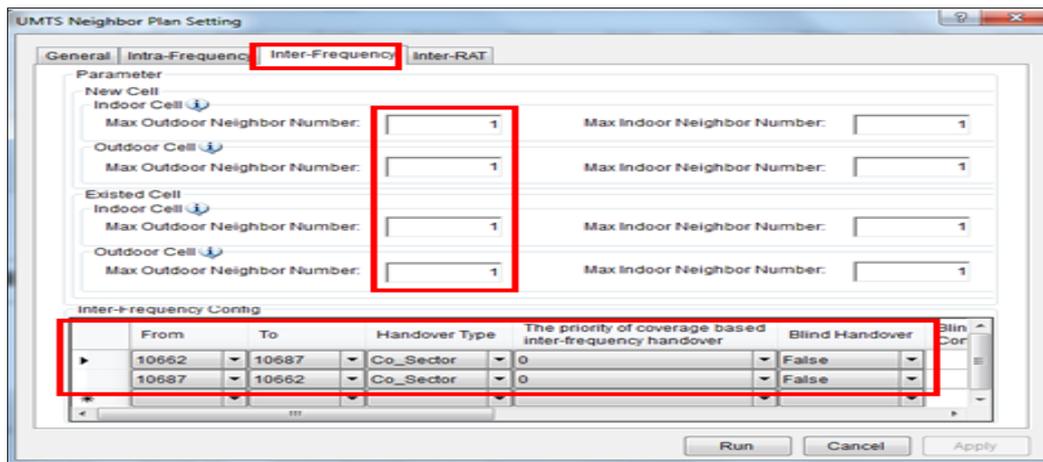


Figure 71 : planification de voisinage inter-Fréquence

✚ Définition de cellules voisines inter-RAT

Le voisinage inter-RAT est la création de relation de voisinage entre des sites de deux technologies différentes dans les deux sens (2G-3G et 3G-2G) comme illustré dans les figures ci-dessous :

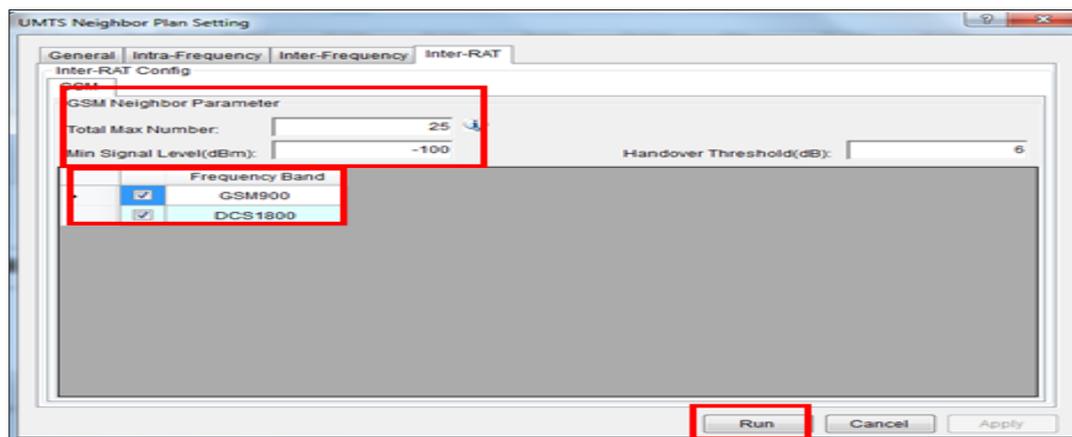


Figure 72 : planification de voisinage inter-RAT 3G-2G

Des scripts sont ensuite générés à l'aide des informations récoltées et organisées sous forme de tableaux, puis ils sont exécutés au niveau de l'OMC (centre de maintenance de d'opérations). Le voisinage est ainsi déclaré.

III. Etat du cluster après le processus d'optimisation et de planification

1. optimisation

Après la réalisation des actions mentionnées précédemment, on a mené un deuxième Drive Test dont on constate une grande amélioration au niveau du RSCP, EC/I0 et PILOT PILOTION, ainsi la disparition des événements de coupure et d'echec d'appel.

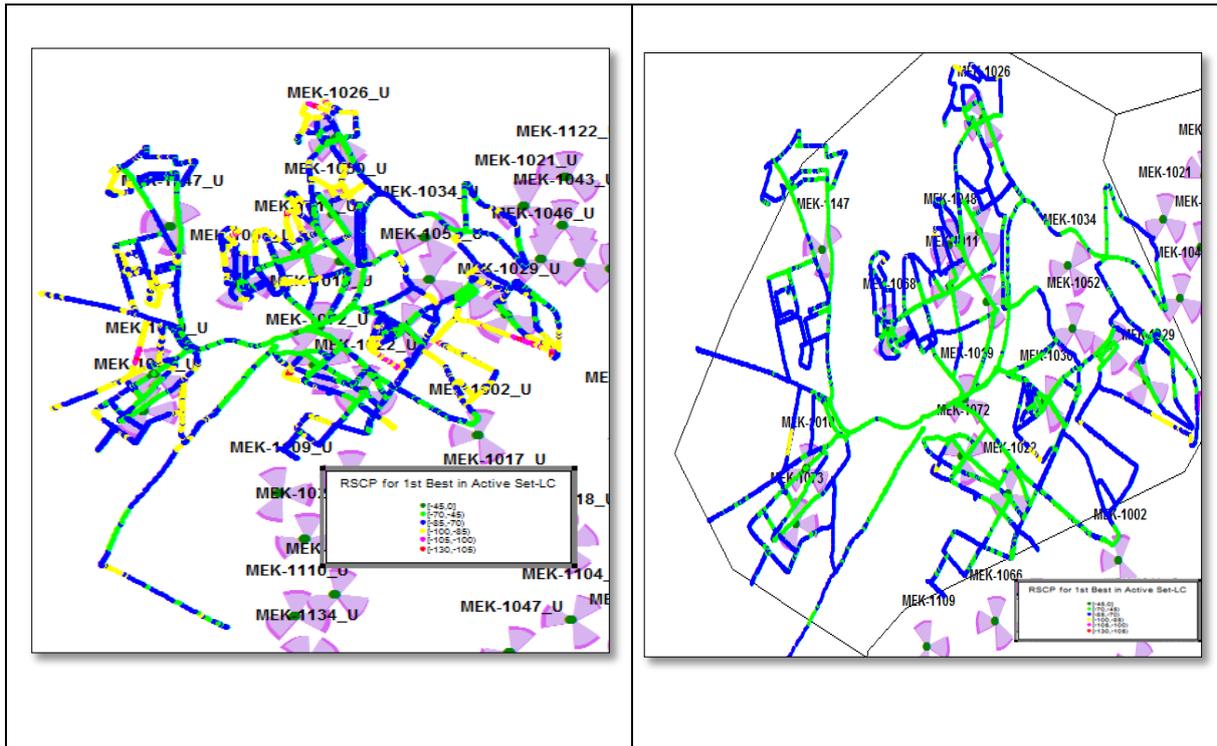


Figure 73 : RSCP du parcours avant et après l'optimisation

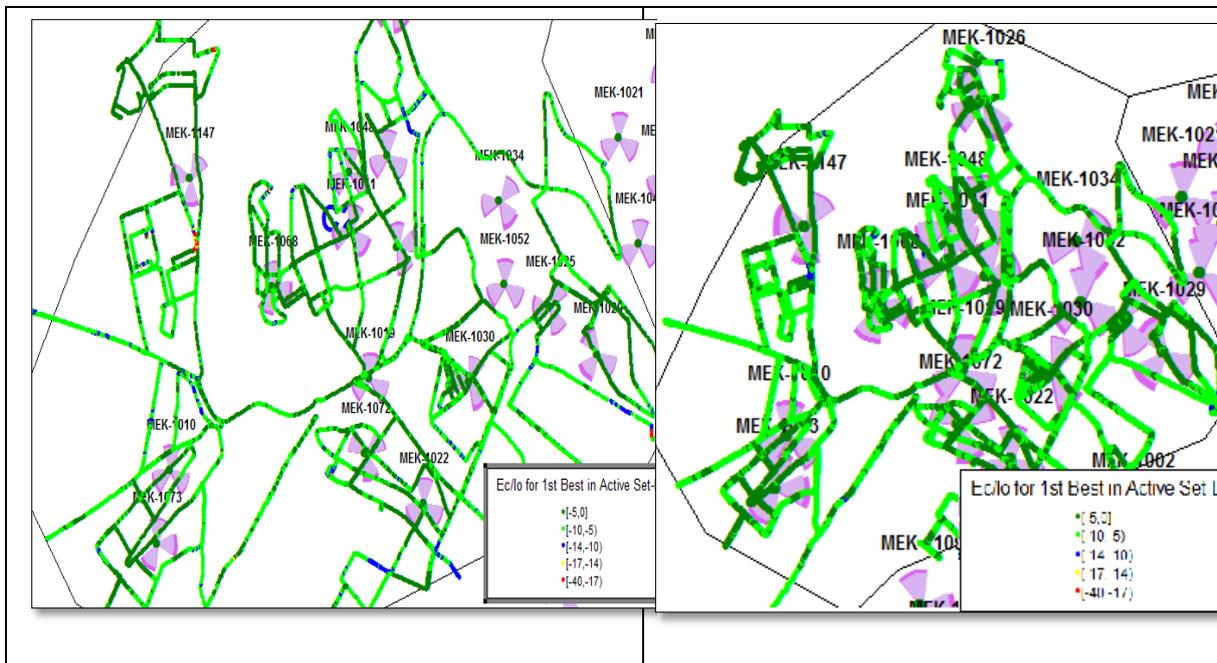


Figure 74 : EC/IO du parcours avant et après l'optimisation

2. Planification

Après la planification du nouveau site, on remarque qu'il y a une grande amélioration dans la couverture comme le montre les figurent suivantes :

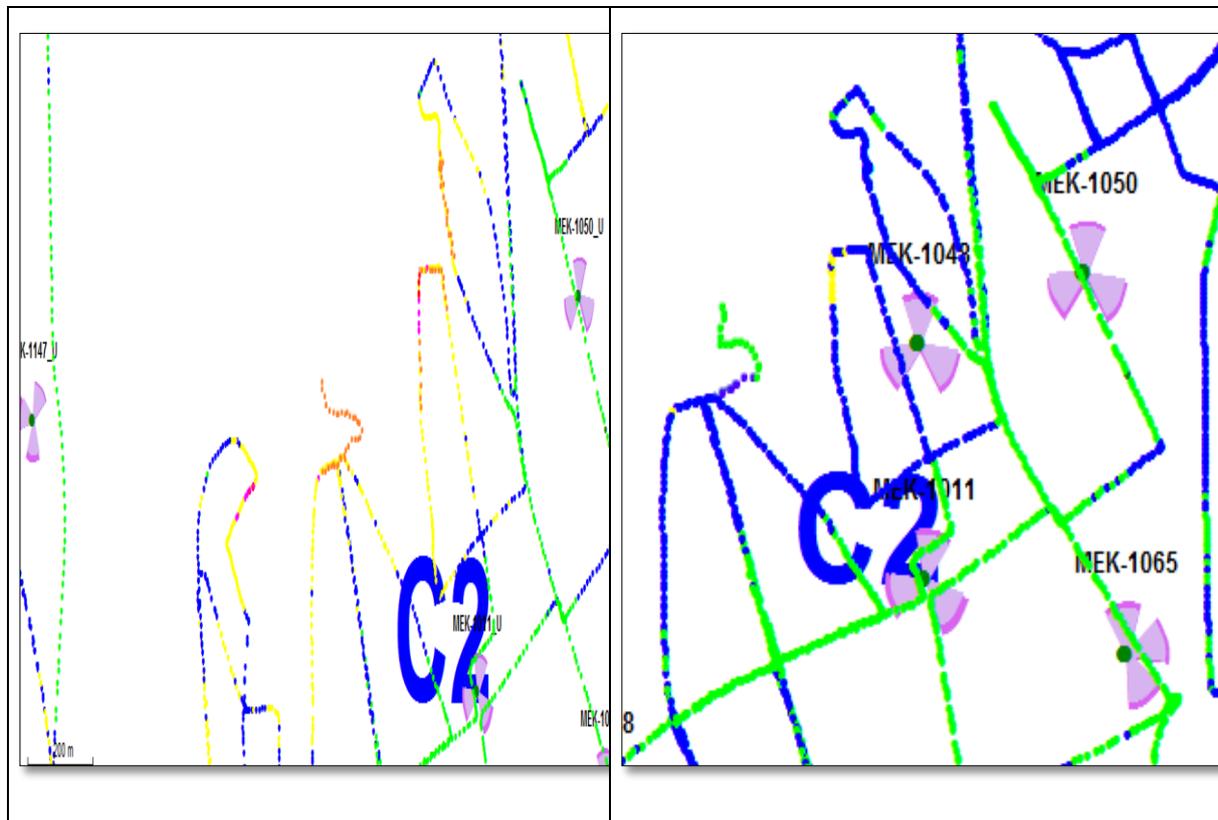


Figure 75 : RSCP avant et après le cycle de planification

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un cas pratique de planification et d'optimisation de la ville Meknes, on a pu analyser le drive test au niveau de la couverture (mesurée par RSCP), la qualité (mesurée par E_c/I_0), le débit, Call Drop ... après proposer des solutions (Actions) afin de résoudre les problèmes et comme nous avons mentionné précédemment ces solutions ont pu optimiser le réseau 3G.

En effet, un suivi journalier du réseau est mis en place à l'aide de l'analyse des drives tests récents qui sont mis au service de l'ingénieur de Huawei. Ils peuvent aboutir à des solutions qui apporteront une amélioration aux performances du réseau.

Chapitre V : Etude de cas 4G de la ville Taghazout

Le projet INWI a pour objectif d'assurer une couverture du réseau 4G en ajoutant plus de 2000 sites d'ici le mois juillet. Ceci en veillant à la réutilisation des sites 2G/3G, étant donnée que l'installation de nouveaux sites engendrera des coûts additionnels.

Des études de cas ont été faite dans plusieurs villes (Rabat, Agadir, Kenitra...) nous avons choisi de ne présenter que celui de la ville de Taghazout vu la pertinence du cas d'étude qui se manifeste par sa complexité topologique, de ce fait, on commencera par planifier le réseau LTE dans la ville de TAGHAZOUT, puis nous essaierons de l'optimiser et proposer des solutions pour les problèmes détectés.

I. Planification du réseau LTE de la région de Taghazout

1. Création de projet

Pour commencer la planification sous U-Net, il faut tout d'abord créer un projet, Ce logiciel est compatible pour toutes les générations des réseaux mobiles, dans notre cas on choisit: LTE-FDD.

Le maroc utilise ce mode de duplexage pour pouvoir réutiliser les même bandes de fréquence que celles du réseau 2G.

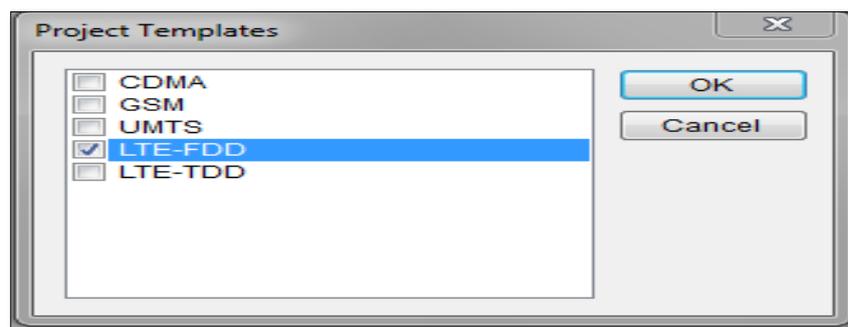


Figure 76 : Création d'un nouveau projet

Avant de débiter notre projet il est nécessaire de passer par certaines étapes d'importation des cartes afin de simuler sur la zone voulue :

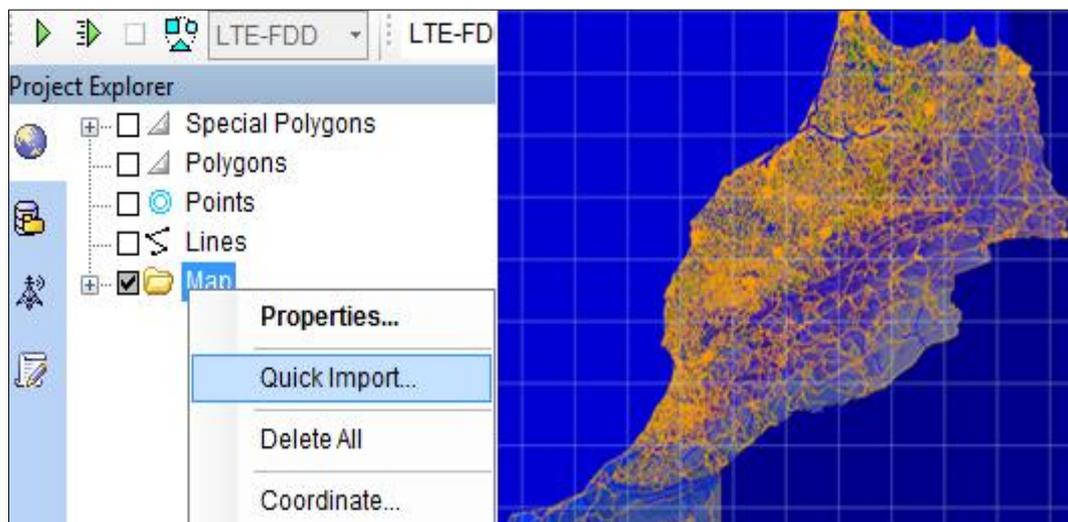


Figure 77 : Importation de la carte sur U-Net

2. Importation des sites et paramétrage :

L'étape suivante est la recherche des sites candidats qui constitue la première phase du design. Dans notre cas on importe les informations sur les sites existant déjà dans les réseaux 2G/3G et on essaiera de planifier les codes PCIs ainsi que le voisinage.

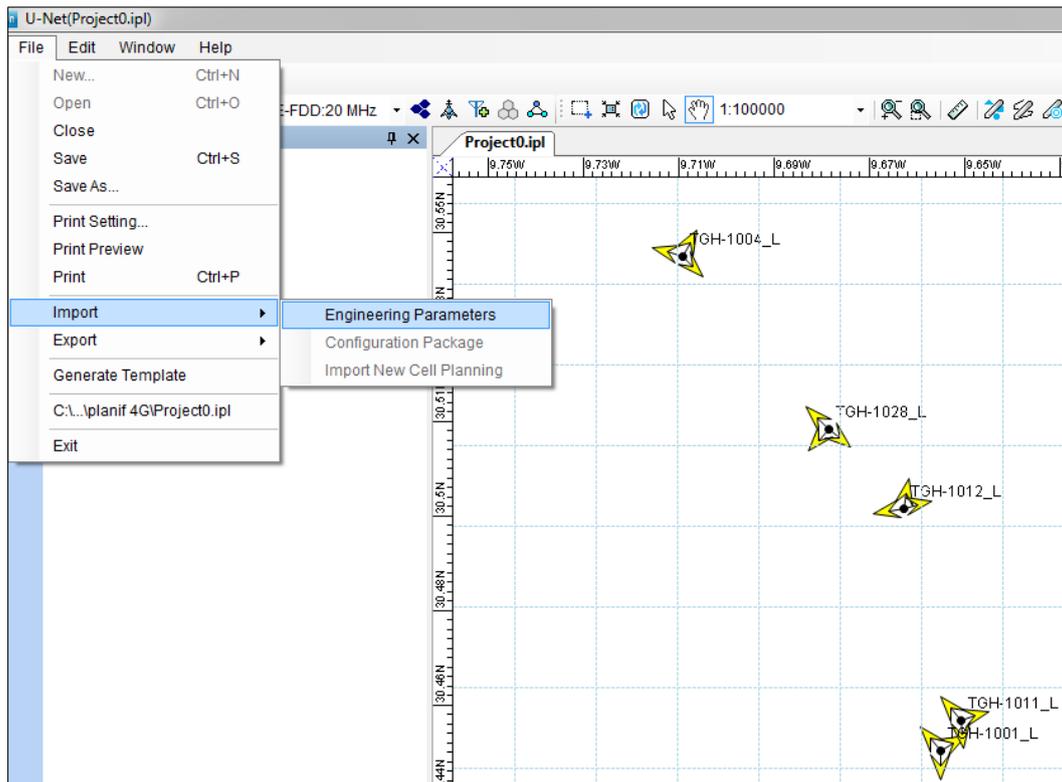


Figure 78 : Importation des sites

On crée une nouvelle antenne qui supporte la bande passante 1800 MHz de l’LTE :

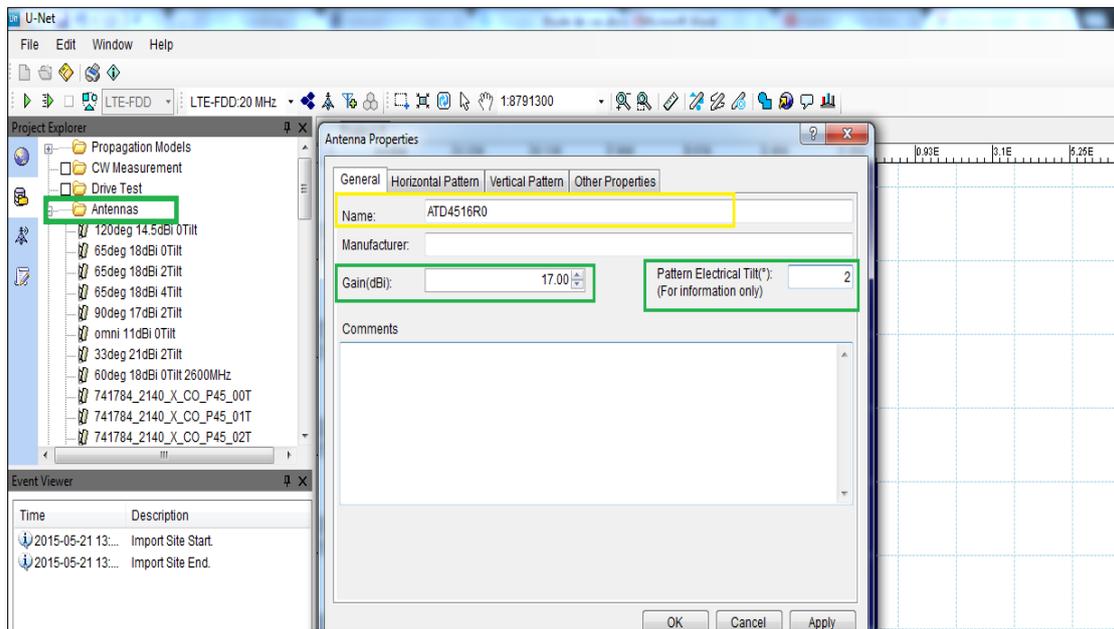


Figure 79 : Création d’une nouvelle antenne

On définit la bande de fréquence sur la quelle on travaille dans le projet LTE : pour la bande passante de 10MHz on utilise une fréquence de 1805 MHz pour la liaison descendante et 1710 MHz pour la liaison montante :

Name	Bandwidth(MHz)	Actual Bandwidth(MHz)	Start Channel Index	End Channel Index	Excluded Channels	Frequency(DL)(MHz)	Frequency(Uplink)(MHz)
1 2110 FDD - 1.4 MHz	1.4	1.4	0	41		2110	1920
2 2110 FDD - 10 MHz	10	10	0	5		2110	1920
3 2110 FDD - 15 MHz	15	15	0	3		2110	1920
4 2110 FDD - 20 MHz	20	20	0	2		2110	1920
5 2110 FDD - 3 MHz	3	3	0	19		2110	1920
6 2110 FDD - 5 MHz	5	5	0	11		2110	1920
7 2600 FDD -20 MHz	20	20	0	0		2620	2500
8 925 FDD - 1.4 MHz	1.4	1.4	0	24		925	880
9 925 FDD - 10 MHz	10	10	0	2		925	880
10 925 FDD - 3 MHz	3	3	0	10		925	880
11 925 FDD - 5 MHz	5	5	0	6		925	880
12 1800 FDD - 10 MHz	10	10	0	6		1805	1710
* 13							

Figure 80 : Ajout de la bande : 1800MHz -FDD

3. Planification des PCI

Sous U-Net la planification des PCIs se fait automatiquement.

Pour ce faire il faut cliquer droit sur LTE PCI planning puis Allocation automatique :

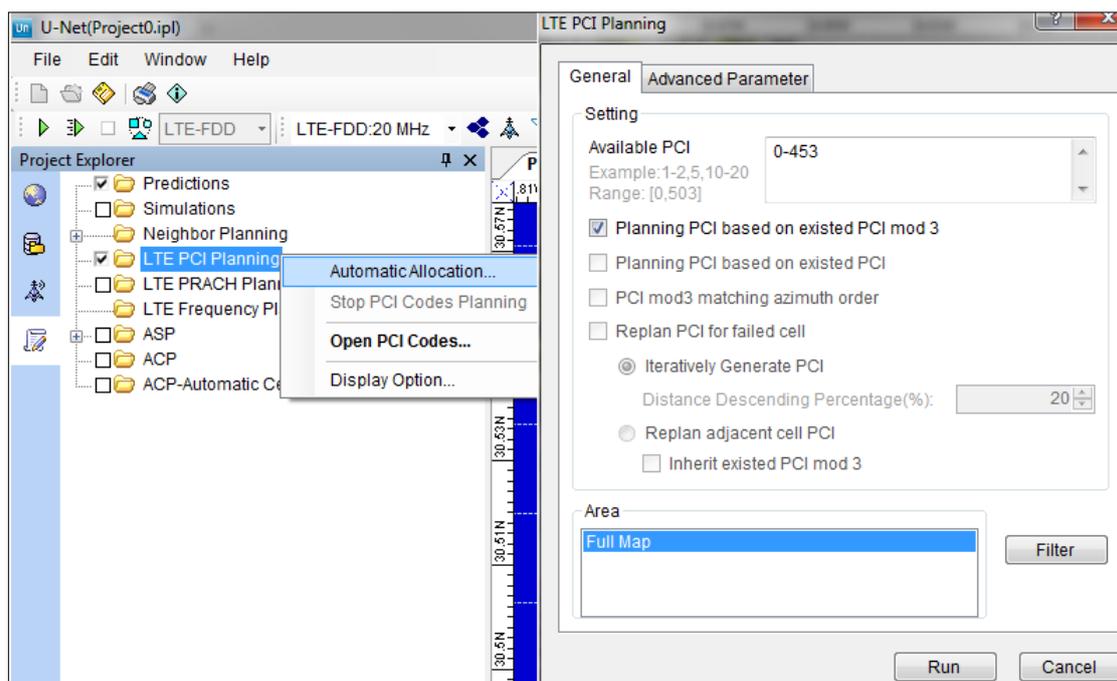


Figure 81 : Planification des PCIs

La planification des codes PCIs en LTE se base sur le concept modulo3 , de tel sorte que deux sites en visibilité directe ayant le même PCI modulo 3 vont s'interférer.

Le nombre de code PCI est 503 dont 50 sont réservé pour des sites INDOOR.

Après avoir executer l'allocation , U-net nous propose des codes PCIs pour les sites de TAGHAZOUT comme illustré dans la figure 82 :

PCI Planning Display				
	Cell Name	Existing Code	Suggest Code	Confirm Code
409	TGH-1001_L-1		409	409
410	TGH-1001_L-2		408	408
411	TGH-1001_L-3		410	410
412	TGH-1004_L-1		420	420
413	TGH-1004_L-2		421	421
414	TGH-1004_L-3		422	422
415	TGH-1011_L-1		413	413
416	TGH-1011_L-2		411	411
417	TGH-1011_L-3		412	412
418	TGH-1012_L-1		414	414
419	TGH-1012_L-2		415	415
420	TGH-1012_L-3		416	416
421	TGH-1028_L-1		418	418
422	TGH-1028_L-2		417	417
423	TGH-1028_L-3		419	419

Figure 82 : : liste des PCIs suggérés

On sauvegarde ces codes dans la base de donnée et on essaie de vérifier s'il n'y a pas de conflit modulo 3, pour cela on clique sur Display option, puis on essaie de vérifier cellule par cellule :

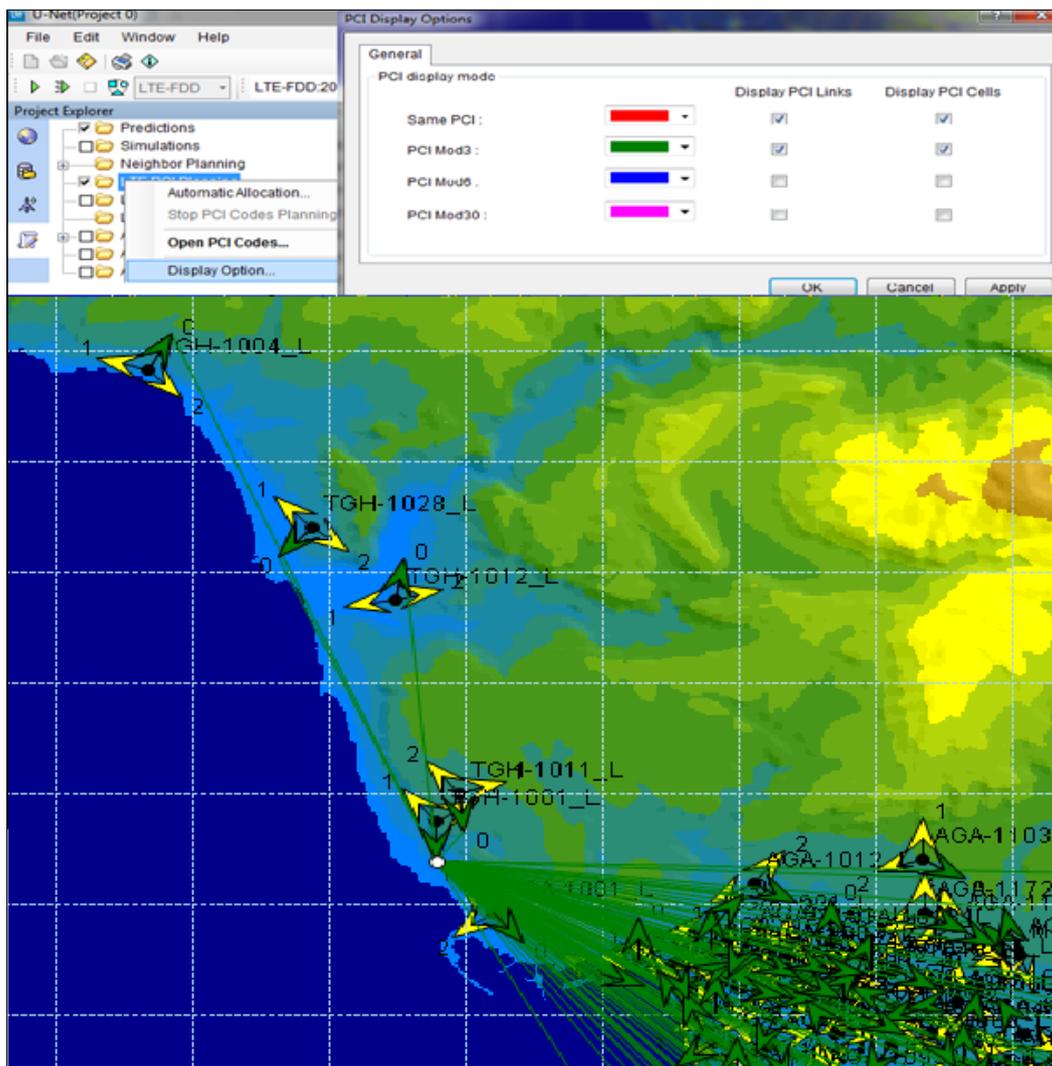


Figure 83 : Vérification des PCIs

4. Planification des voisinages

La planification des voisinages se fait de la même manière que L'UMTS, Par l'ajout de la base des données des réseaux 2G/3G afin de définir le voisinage entre les technologies.

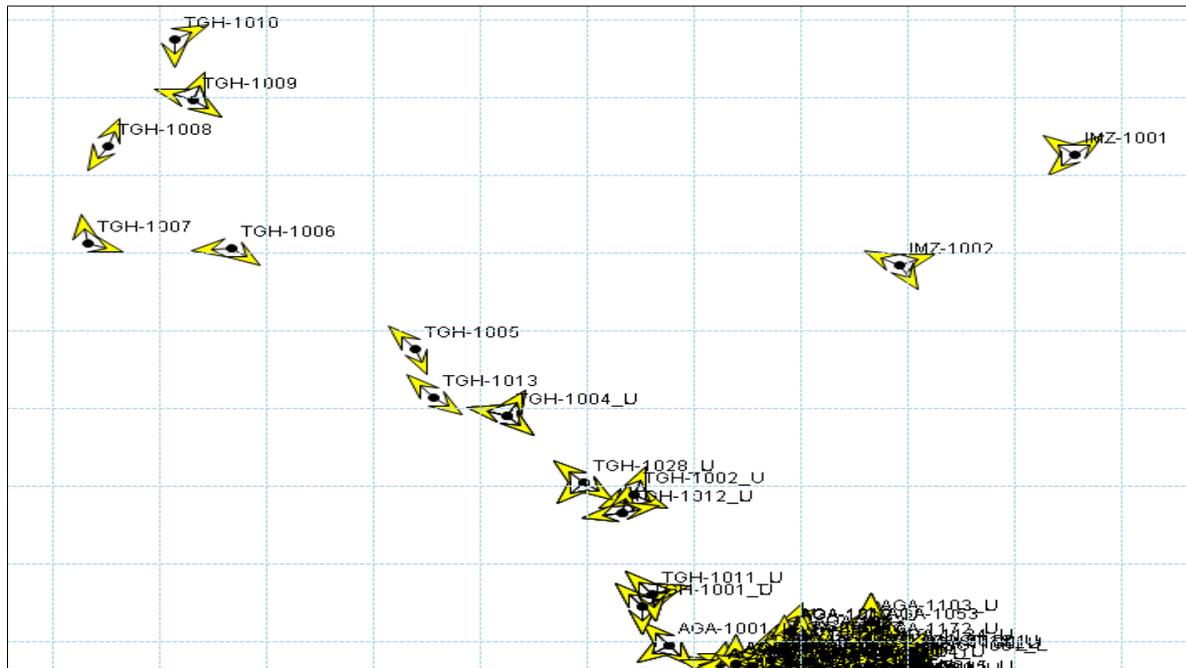


Figure 84 : Importation des Sites 2G/3G/4G dans la région étudiée

Actuellement INWI réserve une seule fréquence pour la 4G celle de 1850MHz, donc on a pas intérêt à définir les voisinages inter-fréquences.

Sous Unet la planification des voisinages peut se faire de deux manières : Manuellement ou automatiquement. J'ai choisi d'utiliser la planification manuelle vue sa haute précision.

Pour ce faire il faut cliquer droit sur Neighbor planning, puis LTE ensuite import Open Neighbor relations :

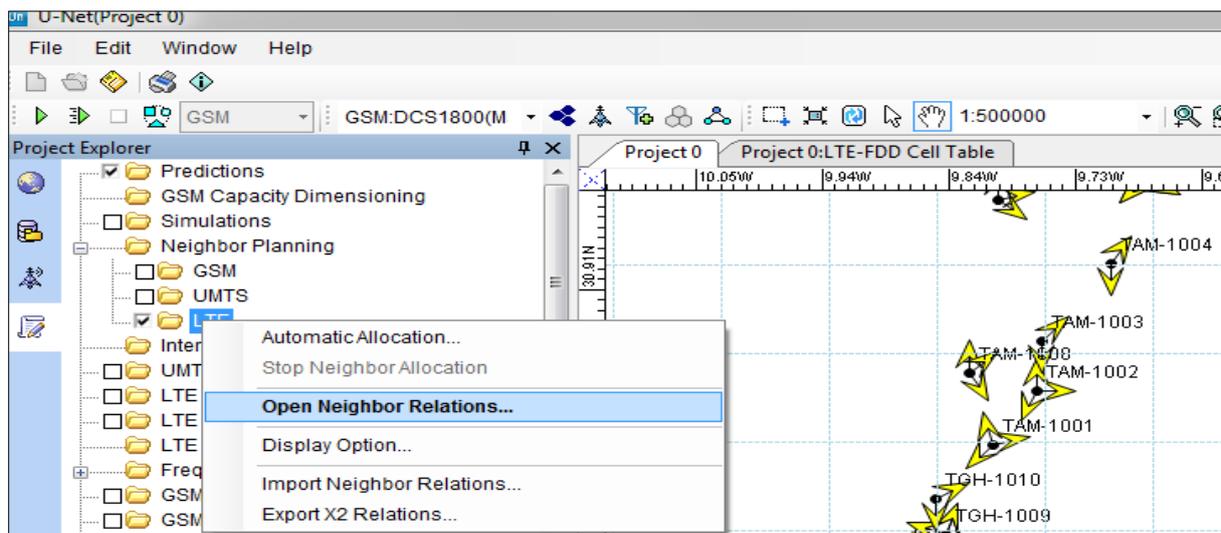


Figure 85 : Planification des voisinages

Puis on définit les voisinages ; manuellement ; de chaque secteur des sites de la ville.

Comme exemple, pour le secteur TGH-1004_L-2, on définit les voisinages entre technologies qui figure dans le même site, puis les sites voisins.

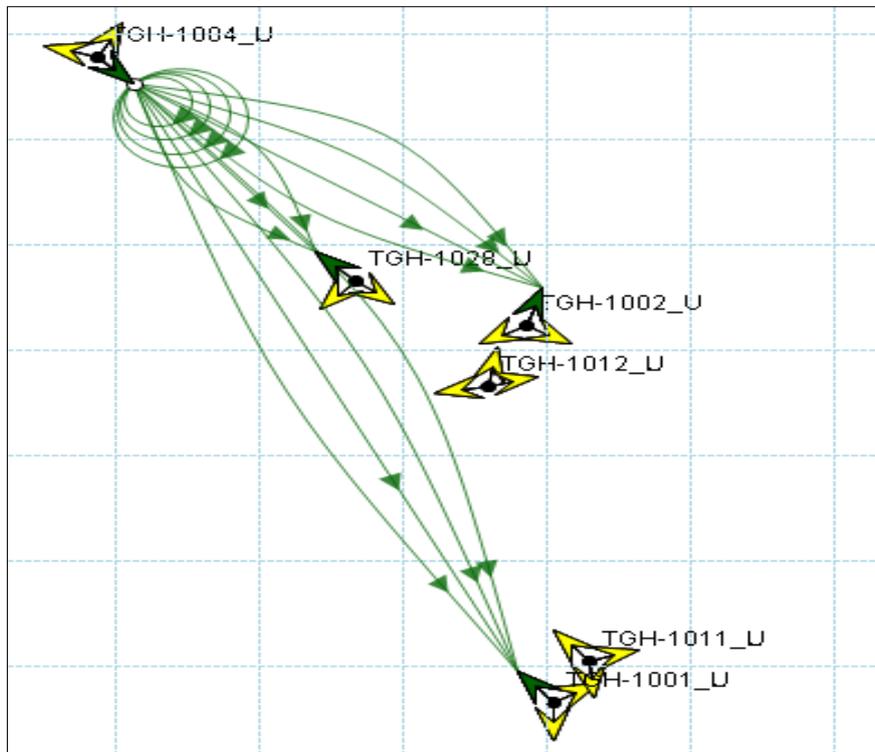


Figure 86 : Planification du voisinage du secteur TGH-1004 L-2

La figure ci-dessous montre la liste des voisinages par priorité de ce secteur.

Priority	Neighbor Name	Blind Handover	Cause	Confirm
1	TGH-1004_U-2 [302:15704]	False	manual	<input checked="" type="checkbox"/>
2	TGH-1004_U-5 [302:45704]	False	manual	<input checked="" type="checkbox"/>
3	TGH-1004-2 [88:15704]	False	manual	<input checked="" type="checkbox"/>
4	TGH-1004-5 [88:45704]	False	manual	<input checked="" type="checkbox"/>
5	TGH-1028_U-3 [302:25728]	False	manual	<input checked="" type="checkbox"/>
6	TGH-1028_U-6 [302:55728]	False	manual	<input checked="" type="checkbox"/>
7	TGH-1028-3 [88:25728]	False	manual	<input checked="" type="checkbox"/>
8	TGH-1002_U-1 [302:5702]	False	manual	<input checked="" type="checkbox"/>
9	TGH-1002_U-4 [302:35702]	False	manual	<input checked="" type="checkbox"/>
10	TGH-1002-1 [88:5702]	False	manual	<input checked="" type="checkbox"/>
11	TGH-1002-4 [88:35702]	False	manual	<input checked="" type="checkbox"/>
12	TGH-1001_U-3 [302:25701]	False	manual	<input checked="" type="checkbox"/>

Figure 87 : Liste des voisinages Inter-RAT pour TGH-1004 L-2

Par la suite nous procédons de la même manière pour les autres secteurs, ainsi que pour le voisinage inter-fréquences.

Des scripts sont ensuite générés et exécutés au niveau de l'OMC, le voisinage est ainsi déclaré.

II. Optimisation du réseau LTE de la région de Taghazout

Après l'implémentation de la 4G dans la zone de Taghazout, quelques problèmes RF ont été détectés, d'où la nécessité d'optimisation et résolution de ces problèmes

L'optimisation LTE ne diffère pas beaucoup à celle de l'UMTS, les problèmes détectés au cours de l'analyse des clusters sont moins nombreux puisque la 4G vise à améliorer les performances de la 3G.

1. Analyse de RSRP :

L'analyse du KPI RSRP reste primordiale dans le processus d'optimisation, puisqu'il nous donne une idée sur la couverture dans chaque point de la ville.

La ville de TAGHAZOUT bénéficie en général d'une bonne couverture sauf dans quelques zones :

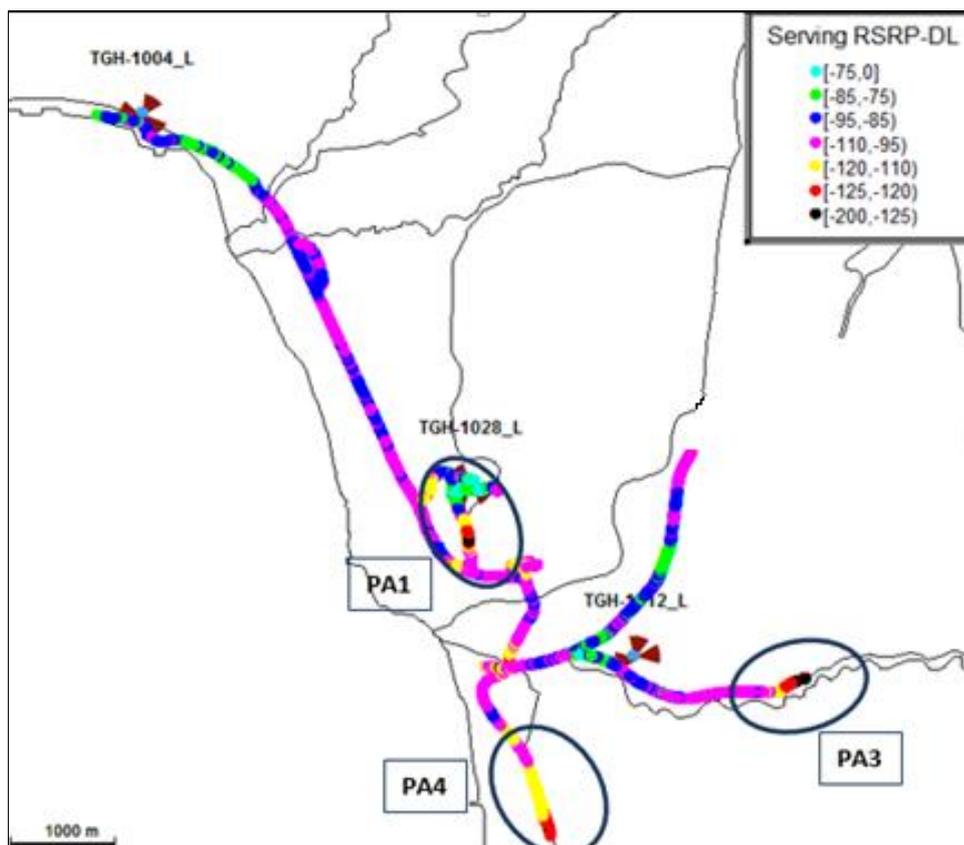
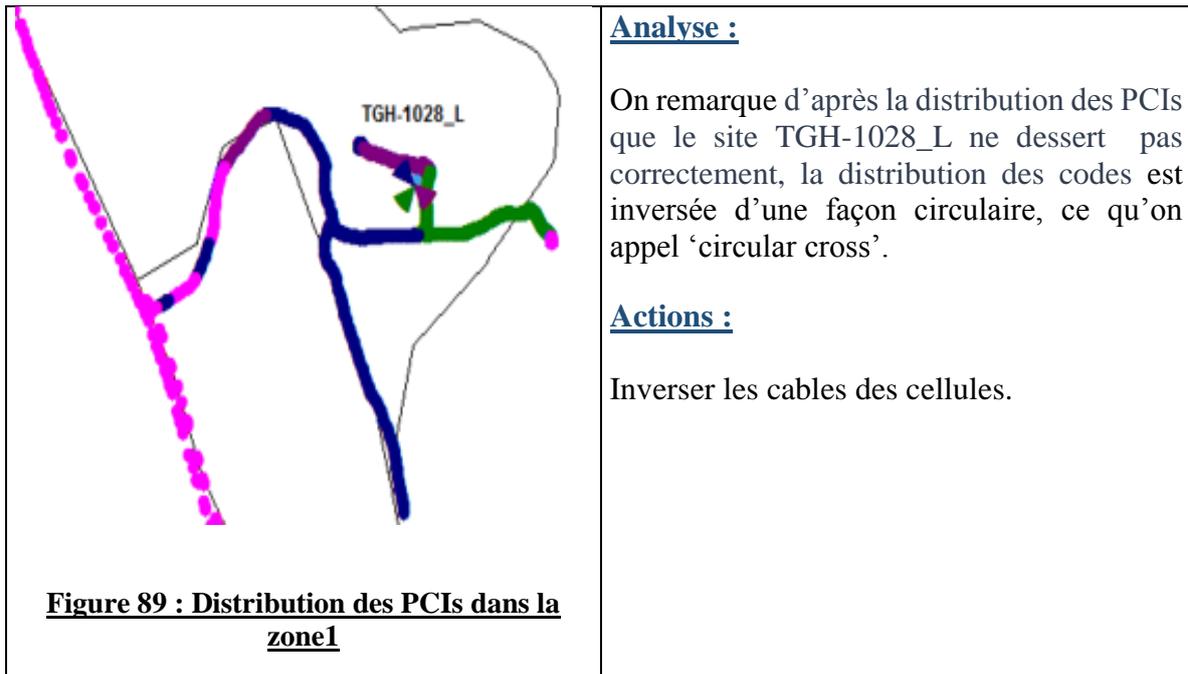
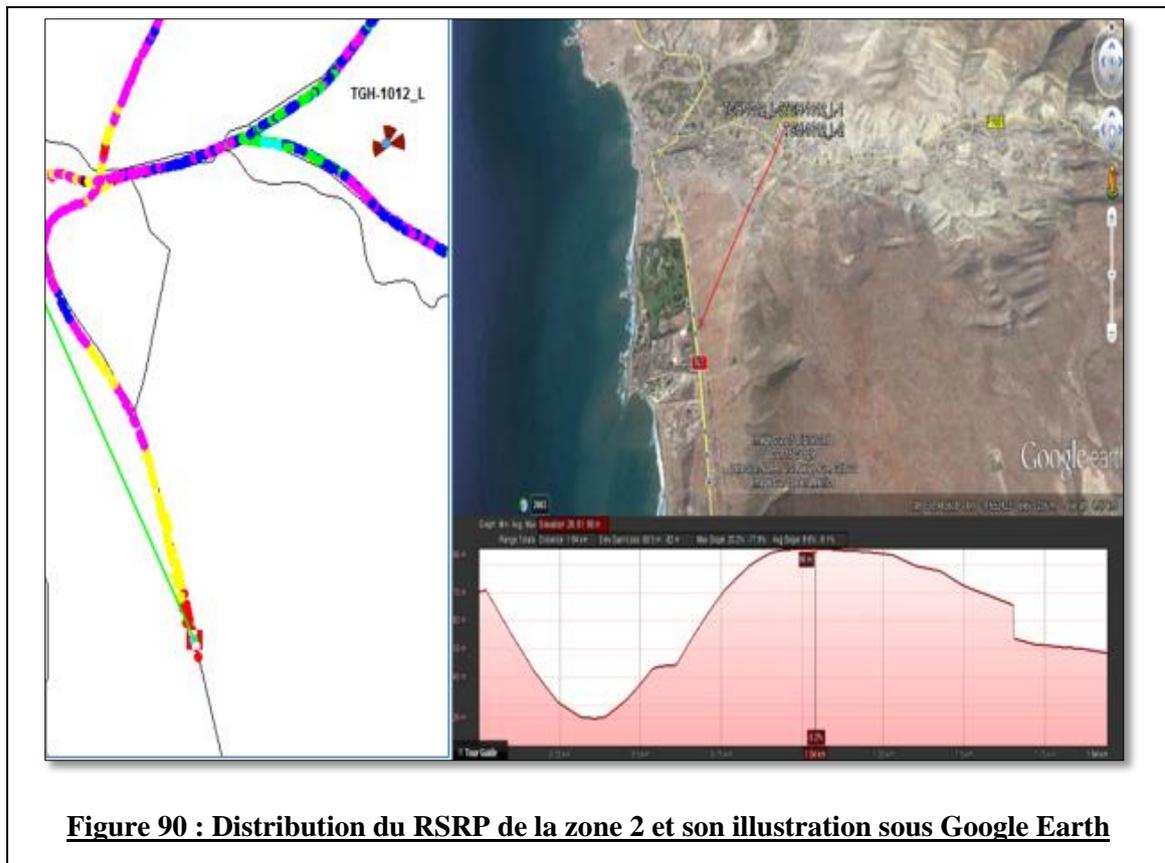


Figure 88 : Distribution du RSCP dans la ville TAGHAZOUT

✚ PA 1 :



✚ PA 2/3 :



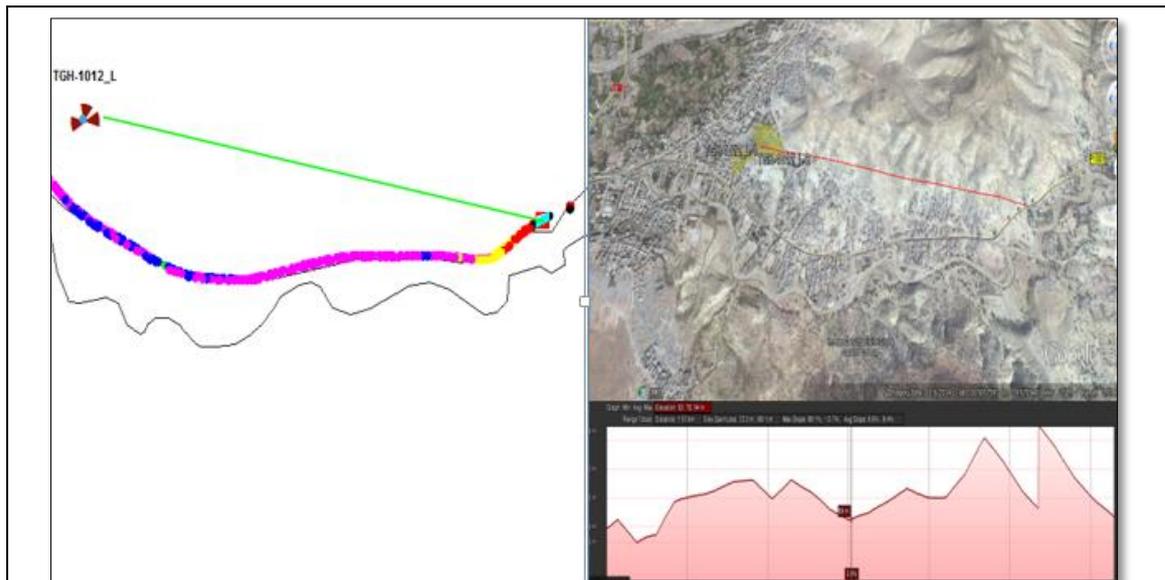


Figure 91 : Distribution du RSRP de la zone 3 et son illustration sous Google Earth

Analyse :

Ces deux zones connaissent une dégradation au niveau de la couverture puisqu'elles sont situées dans les montagnes tel qu'on remarque la complexité de la topologie sous google earth..

Actions :

Pour ces zones, difficile de faire actions sur les sites , c'est pour cela on propose de déposer des répéteurs dans un point élevé afin de récupérer le signal reçu du site et le retransmettre.

- Pour la zone 1: déposer le répéteur dans les coordonnées (Lat: 30.48985 & Long: -9.66453)
- Pour la zone 2: déposer le répéteur dans les coordonnées (Lat: 30.51783 & Long: -9.65284)

2. Analyse du SINR :

L'indicateur de mesure SINR nous permet de connaître les interférences influençant les cellules, la figure suivante montre la distribution de cet indicateur dans la région étudiée.

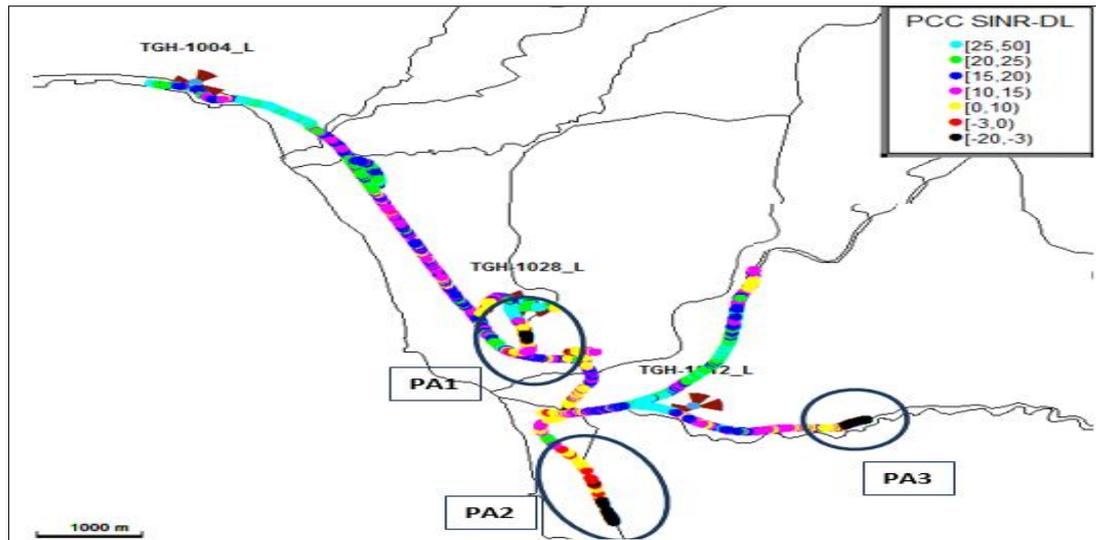


Figure 92 : Distribution des SINRs dans la ville

Les zones se situent dans le même endroit où le RSRP est dégradé, donc les mêmes actions déjà proposés vont améliorer le SINR également.

3. Analyse des coupures d'appels :

Le réseau LTE traite la partie donnée uniquement, pour cette raison le paramètre CS fallback a pour rôle de basculer l'UE vers les réseaux 2G/3G dès qu'un appel voix est lancé.

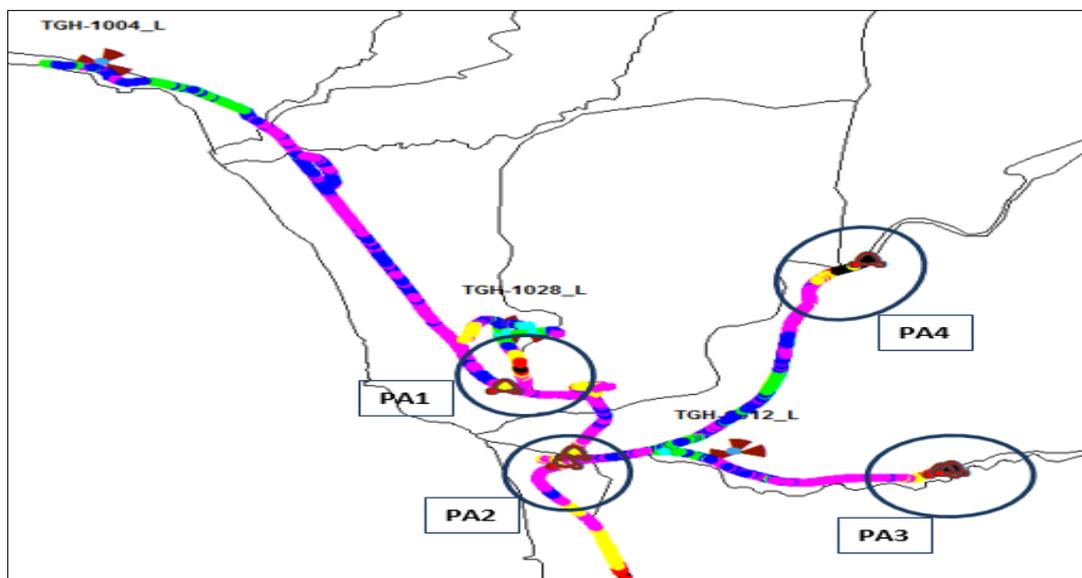


Figure 93 : L'emplacement des coupures d'appels

PA1 :

Pour cette zone, le site le plus proche TGH-1028 a le problème de cross circulaire déjà cité précédemment donc la même action proposée par avant va éviter cette coupure.

 PA2 :

LTE Serving + Neighboring Cells								
UE Scanner								
Type	EA...	CellID	CellName	PCI	RSRP	RS...	RSSI	PCC SINR
Serving	1650	1	TGH-1012_L-1	429	-125.25	-20.00	-87.00	-8
Detected	1650	2	TGH-1004_L-2	416	-119.38	-16.00	-86.38	
Detected	1650	3	TGH-1012_L-3	430	-124.00	-20.00	-86.50	
Detected	1650	2	TGH-1012_L-2	431	-127.63	-20.00	-86.50	

Figure 94 : Détail sur la coupure PA2

LTE Serving + Neighboring Cells								
UE Scanner								
Type	EA...	CellID	CellName	PCI	RSRP	RS...	RSSI	PCC SINR
Serving	1650	2	TGH-1012_L-2	431	-127.25	-20.00	-110.00	-11

Figure 95 : Détail sur la coupure PA3

LTE Serving + Neighboring Cells								
UE Scanner								
Type	EA...	CellID	CellName	PCI	RSRP	RS...	RSSI	PCC SINR
Serving	1650	1	TGH-1012_L-1	429	-127.00	-20.00	-88.00	-11

Figure 96 : Détail sur la coupure PA4

Analyse

Ces trois coupures sont due au manque d'une meilleure cellule servante avec un bon niveau de RSRP.

Actions

Augmenter le tilt des cellules

- TGH-1012_L-3 de 8 à 6 deg
- TGH-1012_L-2 de 5 à 3 deg
- TGH-1012_L-1 de 5 à 3 deg

4. Analyse du handover :

Le handover est un concept essentiel dans la mobilité afin d'assurer la continuité de l'appel.

Dans l'analyse de cette ville, nous avons détecté quelques echecs de handover comme l'illustre la figure ci-dessous :

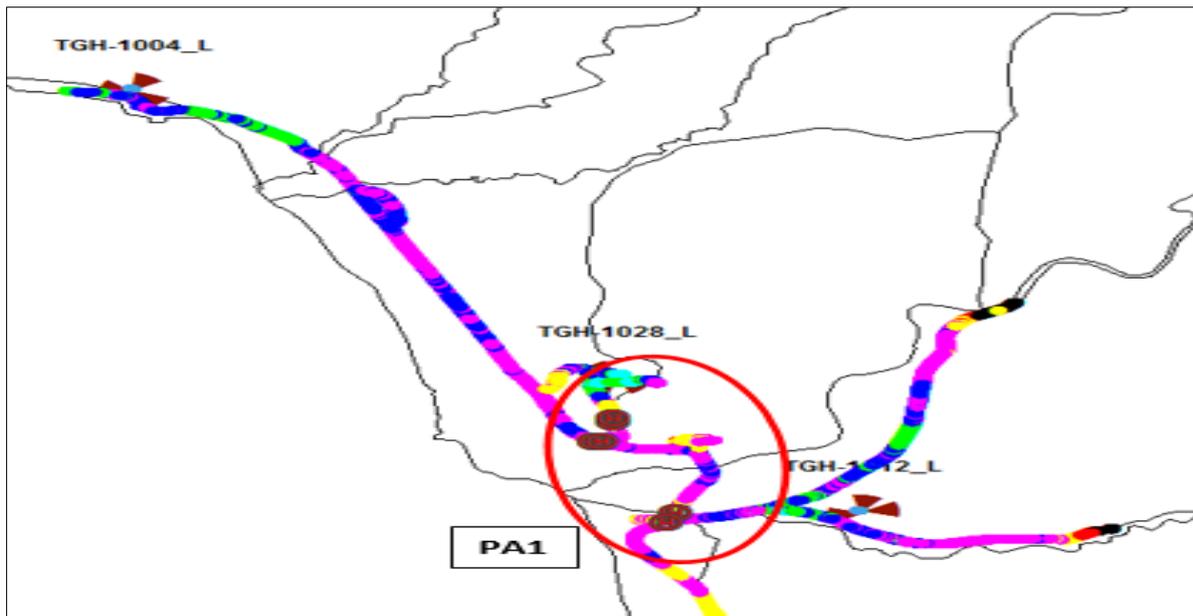


Figure 97 : Emplacement des echecs du handover

✚ PA1 :

LTE Serving + Neighboring Cells								
UE Scanner								
Type	EA...	CellID	CellName	PCI	RSRP	RS...	RSSI	PCC SINR
Serving	1650	2	TGH-1004_L-2	416	-124.88	-1000	-88.50	10
Detected	1650	1	TGH-1012_L-1	429	-127.25	-1000	-88.13	10
Detected	1650	2	TGH-1012_L-2	431	-134.25	-1000	-88.13	10

Figure 98 : Détail sur l'échec

Analyse :

Ces 6 échecs de handover sont due au manque de relation de voisinage pour le site TGH-1004.

Actions :

Ajouter les sites proches au voisinage du site TGH-1004.

Conclusion :

Ce cas pratique de planification et d'optimisation de la ville de Taghazout m'a permis d'appliquer les notions théoriques acquises et de savoir de près le métier d'ingénieur télécom. En effet, les solutions proposées pour les problèmes détectés apporteront une amélioration aux performances du réseau. Pour vérifier l'état du réseau, on se base sur les indicateurs de performance. Ainsi après l'implantation des nouvelles actions, ils peuvent aussi avoir un effet négatif sur le réseau. Dans ce cas, on est obligé de revenir à l'état initial et de refaire l'optimisation.

Conclusion Générale

L'objectif de ce mémoire a été de procéder à une optimisation et une planification des réseaux UMTS/LTE dans les villes Meknès et Taghazout pour l'opérateur INWI.

Dans ce cadre, j'ai essayé de m'initier avec les différents logiciels comme « GENEX Prob », «GENEX Assistant» ainsi que « U-net», qui sont présentés comme des outils nécessaires pour détecter les différents problèmes du réseau 3G/4G. Ils facilitent aussi l'analyse en donnant la possibilité aux ingénieurs d'optimisation et de planification de mettre en œuvre des propositions et puis de vérifier grâce aux indicateurs de performances s'ils ont eu un effet positif sur le réseau, dans le cas contraire il fallait revenir à l'état initial et proposer des actions correctives. De ce fait, après avoir cumulé les notions théoriques, il fallait les compléter par une étude pratique qui vise à garantir une bonne qualité de service 3G de la ville de Meknès et 4G de la ville de Taghazout grâce à une étude approfondie d'optimisation et de planification 3G/4G. Ceci nous a permis de prendre conscience de l'importance de l'optimisation pour maintenir une qualité de service acceptable du réseau et aussi de réaliser un gain en coût sur les différentes infrastructures à réaliser.

Au terme de mon stage, les objectifs ciblés ont largement été atteints. Ainsi pour le volet 3G, plusieurs villes (Rabat, Casablanca, Tanger, Meknès.....) ont fait l'objet d'analyses, des solutions ont été proposées, validées et acceptées par le client INWI. La seule exception concerne l'étude relative à la ville de Fès dont le réseau connaît une grande dégradation principalement pour l'ancienne médina, et pour laquelle il était très difficile de faire les tests dans plusieurs régions, en vue de valider la solution.

Concernant la 4G, il y a lieu de signaler que l'optimisation a eu lieu avant son lancement, et les tests ont été effectués avec un seul client connecté (technicien effectuant le test), c'est pourquoi nous pensons qu'il faudrait les refaire après l'abonnement de clients 4G, en vue de voir si les solutions apportées restent efficaces et qu'il n'y aura pas l'apparition d'autres problèmes notamment d'interférences.

En conclusion, les technologies UMTS et LTE continueront à se positionner comme un potentiel évolutif qui constitue la base des futurs réseaux mobiles comme 00 (Long Term Evolution Advanced) en vue de supporter les services voix puisque actuellement LTE traite que la partie donnée (packet switched). Et cela peut constituer une extension du travail effectué dans le cadre de ce projet et donner lieu à un nouveau sujet.

Annexe A : Handover en UMTS

Le concept du Handover :

Lorsqu'il est en communication, le mobile utilise les ressources radio qu'on lui a attribuées lors de l'initialisation de la communication. Ces ressources radio n'existent que dans la cellule où se trouve le mobile. Le mobile se déplace et peut en cours de communication arriver dans une zone où il serait préférable de changer de cellules sur laquelle d'autres ressources radio sont disponibles. Le réseau doit veiller à assurer le plus efficacement la passation de pouvoir entre l'ancienne cellule et la nouvelle cellule. Chacun des acteurs (mobile et réseau) devra faire sa part de travail.

Le Mobile :

- Etre capable ; en cours de communication ; de mesurer la qualité de la communication (lien DL).
- Etre capable de faire des mesures de puissance sur les cellules voisines.
- Remonter ces rapports de mesure au réseau (soit de manière périodique soit sur demande).

Le réseau :

- Connaître la qualité de la communication dans le sens UL (mesures enregistrées par la station de base gérant la communication).
- Connaître le niveau de puissance du lien UL.
- Analyser ces rapports de mesure et décider s'il est temps d'indiquer au mobile d'exécuter un handover.

Dans le système UMTS, différents types de handover sont introduits On distingue le soft/softer Handover, le Hard Handover.

1. Le soft/softer Handover :

Soft/softer Handover sont deux types de Handover implémentés dans le système UMTS et qui sont spécifiques à la technologie WCDMA.

Le soft handover intervient lorsque le mobile est dans la zone de chevauchement de deux cellules. Il permet à un mobile d'utiliser plus qu'un lien radio pour communiquer avec le réseau fixe. Cette procédure permet de diminuer le taux d'échec de handover aux bords des cellules et améliore significativement la qualité de signal. Le déclenchement de ce type de handover se fait en se basant sur les mesures effectuées par le mobile sur les canaux pilotes des différentes stations de base. Le soft Handover correspond au cas où les deux liens radio sont contrôlés par des stations de base différentes.

Le softer Handover est la situation dans laquelle une seule station de base reçoit les signaux d'un seul utilisateur à partir de deux secteurs qu'ils desservent.[15]

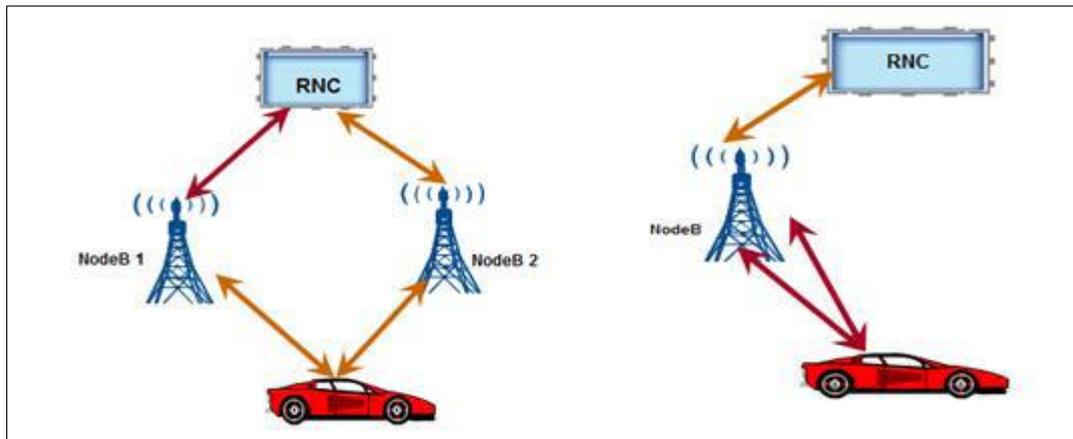


Figure 99 : Mécanisme du softer/soft Handover dans l'UMTS

2. Le Hard Handover :

Le hard handover consiste à libérer l'ancienne connexion avant qu'une nouvelle connexion radio entre le mobile et le réseau ne soit établie. Ce type de handover est utilisé dans les réseaux GSM, où dans chaque cellule on a des fréquences différentes. Un mobile qui passe dans une nouvelle cellule provoque la rupture de l'ancienne connexion avant qu'une nouvelle connexion utilisant une autre fréquence ne soit établie dans la cellule visitée. La figure suivante représente le Hard Handover en UMTS :

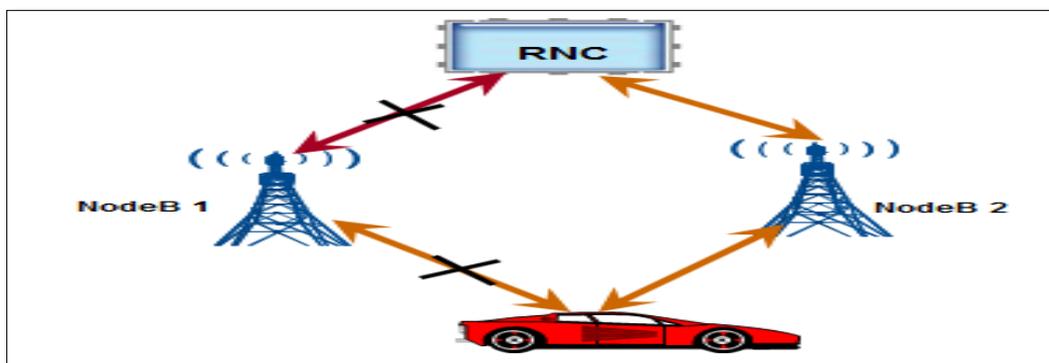


Figure 100 : Le Hard Handover

Le déroulement de la procédure de Hard handover se compose de trois phases:

La préparation :

En complément des ressources allouées sur l'interface Iu, le RNC cible doit allouer un circuit virtuel sur l'interface Iub avec la Node B cible. De plus un nouveau lien radio est activé dans la cellule cible, au moyen de la procédure de (Radio Link Setup) du protocole NBAP (NodeB Application Part).

L'exécution :

Durant cette phase, le SRNC doit commander au mobile de changer de cellule. La phase d'exécution est terminée lorsque le mobile a basculé avec succès sur la nouvelle cellule et qu'un nouveau lien radio a été alloué.

La libération des anciennes ressources inutilisées :

L'ancien lien radio et le circuit virtuel sont libérés par l'ancien SRNC.

2.1. Handover inter-système :

Le Handover inter-système consiste à changer le lien radio d'une technologie à une autre. Ce type de Handover nécessite une compatibilité entre les différentes architectures. Les deux réseaux doivent communiquer afin d'échanger les informations d'identités et les messages de Handover. La figure suivante illustre le cas entre le UMTS et WiMAX.

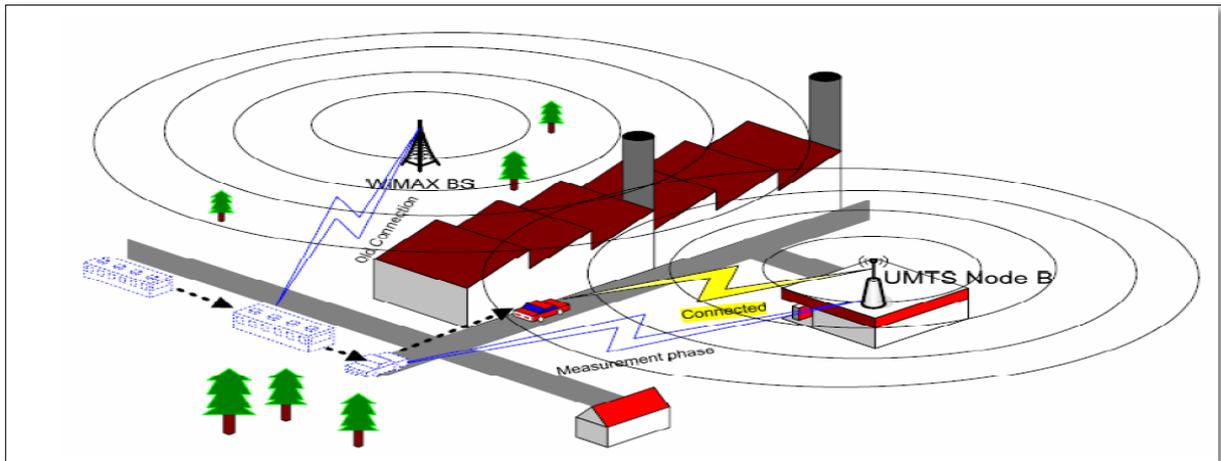


Figure 101 : Handover Inter-système

En somme, le hard handover peut être causé par:

- Le Manque de couverture dans une zone donnée.
- La dégradation de la qualité de communication.
- La charge de la cellule.
- Le Regroupement des services.
- L'Équilibrage des charges entre réseaux.

Dans les réseaux UMTS, le Hard Handover est employé lorsqu'un mobile passe entre deux cellules utilisant deux fréquences différentes ou employant des modes différents (TDD et FDD). Un autre type de Handover qui peut s'inscrire dans cette famille consiste à changer totalement du système.

2.2. Les mesures du handover:

Les mesures du handover sont spécifiques à la couche physique. Les cellules mesurées par l'UE sont classées dans trois catégories:

- Active Set: les cellules appartenant à l'active set dont le nombre maximal est trois. Ces cellules communiquent simultanément avec l'UE en mode FDD. Elles ne peuvent être qu'intra-fréquence d'où leur participation au Soft/Softer handover.
- Monitored Set: contient les cellules qui ne figurent pas au niveau de l'active set mais qui représentent de bonnes candidates à y être ajoutées. Elles sont au nombre maximal de 32.
- Detected set: ce sont les cellules détectées par le mobile mais qui ne figurent ni dans l'active set ni dans le monitored set.

2.3. Les événements en fonction des types de mesure :

L'UMTS définit des événements s'exécutant lors du handover :

Intra- fréquence:

- 1A : Utilisé pour indiquer à l'UTRAN lorsqu'une nouvelle cellule doit être ajoutée à l'Active set.
- 1B : Servant à indiquer à l'UTRAN quand une nouvelle cellule devrait être retirée de l'Active set
- 1C : Utilisé pour indiquer à l'UTRAN pour remplacer une cellule dans l'Active set avec une cellule différente (l'Active est plein)
- 1D : Changement de la meilleure cellule.
- 1E : La valeur de mesure de Primary Pilot Channel dépasse le seuil absolu.

Inter- fréquence:

- 2B : La valeur estimée de la qualité de la fréquence utilisée est inférieure à un certain seuil, et celle de la fréquence non utilisée est supérieure à un certain seuil.
- 2C : La valeur estimée de la qualité de la fréquence non utilisée est supérieure à un certain seuil.
- 2D : La valeur estimée de la qualité de la fréquence utilisée est inférieure à un certain seuil.
- 2F : La valeur estimée de la qualité de la fréquence utilisée est supérieure à un certain seuil.

Inter-RAT:

- 3A : La valeur estimée de la qualité de la fréquence de l'UTRAN utilisée est inférieure à un certain seuil, et celle de l'autre système est supérieure à un certain seuil.
- 3C : La valeur estimée de la qualité de l'autre système est supérieure à un certain seuil.

2.4. Compressed mode :

Lorsqu'un usager se déplace et qu'un Hard Handover est exécuté, cela se traduit par un passage en Compressed Mode et donc une interruption du trafic durant quelques secondes. Le Compressed Mode permet de réserver des ressources pour permettre au mobile de réaliser des mesures sur les cellules voisines avant de sélectionner celle ayant le meilleur champ.

Puisque dans les systèmes WCDMA l'UE émet en continu, il n'a pas la possibilité d'effectuer des mesures sur d'autres fréquences. Ainsi, il est nécessaire d'attribuer au UE un intervalle de temps afin de procéder à ces mesures. Le RNC réserve 7 slots de chaque trame au cours d'une période appelée période de mode compressé. Cette période de temps dépend du nombre de fréquences à mesurer. L'UE réalise des mesures sur une seule fréquence dans les trois slots, ce qui lui permet de mesurer deux fréquences au cours d'une trame compressé.

Bibliographies

Ouvrages numérique :

[0] : UMTS - Les origines, l'architecture, la norme (Universal Mobile) Telecommunication System - U.M.T.S.) Lescuyer (Pierre) - Philippe Rosé ed, [2015]

[1] : Spécifications Techniques de l'UMTS : 3GPP TS 25.401 version 3.4.0 Release 1999.

[2] : Spécifications Techniques de l'HSDPA : ETSI TS 125 308 Version 10.6.0, [2015]

[3] : Analyse, Implémentation Et Évaluation De Performance De La Future Méthode d'Accès HSDPA, Mémoire présenté à Faculté Des Sciences - Université Laval Québec. [2014]

[4]: [Martin Sauter],[FROM GSM TO LTE],[Wiley],[2012].

[5]:[Yannick Bouguen, ÉricHardouin, François - Xavier Wolff] ,[LTE et les réseau 4G], [Groupe Eyrolles,],[2012].

Sites web

[6] : <http://www.memoireonline.com>, visité en Mars 2015

[7] : <http://www.wikipedia.org/> , visité en Avril 2015

[8] : <http://Organization in LTE/links/0c96051feac0988ceb000000.pdf> , visité en Mai 2015

Autres

[9] : Documentation sur 3G, Huawei Confidential .[2015]

[10] : UMTS Radio Network Planning, Huawei Confidential.[2015]

[11] : LTE Radio Network Planning, Huawei Confidential.[2015]

[12] : Huawei U-net Planning Guide , Huawei Confidential .[2015]

[13] : UMTS Radio Network Otimisation , Huawei Confidential.[2015].

[14] : LTE Radio Network Otimisation , Huawei Confidential.[2015].

[15] : Handover, Huawei Confidential. [2015]