

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE A.MIRA-BEJAIA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT GENIE ELECTRIQUE



MEMOIRE
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER

Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Télécommunications
Spécialité : Réseaux et Télécommunications

Présenté par

M^{elle} AOUCHICHE Nassima
M^{elle} BRIKH Bahdja

Thème

***Optimisation Des Paramètres D'Accessibilité 4G LTE
(RACH et RRC)***

Soutenu en juillet 2019 devant le jury :

M ^{me} MEZHOUD.N	Président
M ^{me} GHENAM	Examineur
M ^f BERRAH.S	Encadreur
M ^f AOUDIA.H	Encadreur
M ^f BRIKH.M	Co-Encadreur

Année Universitaire : 2018-2019

Dédicace

Je dédie ce travail

À ma famille, elle qui ma doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

Particulièrement à ma maman qui ma soutenue et encouragée durant ces années d'études.

À mon père pour son amour et sa tendresse sans limites pour moi.

À mes frères et sœurs pour leurs soutiens et leurs aides.

À ma belle-sœur et mon beau-frère pour leurs aides et leurs encouragements.

À mes nièces Nesrine, Ines, Sirine et la prochaine qui est en route.

À ma binôme Bahdja et ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail.

À ma famille, mes proches, mes amis et à ce qui me donnent de l'amour.

À tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

Pour réussir dans le monde, retenez bien ces trois maximes :

Voir, c'est savoir ; vouloir, c'est pouvoir ; oser, c'est avoir.

AOUCHICHE Nassima

Dédicace

Je dédie ce travail

A mon dieu

A mes très chers parents pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon bien être. Je vous remercie pour votre soutien et votre amour.

À mon frère Farid pour son soutien et son aide.

À mes chères tantes et mes oncles pour leurs aides et leurs encouragements.

A toute ma famille et surtout je remercie mes deux cousins Massi et Mohand Laid.

A mes copines et mon binôme Nassima pour leurs aides et leurs encouragements.

A tous ceux qui m'aime et qui ma aider de prêt ou de loin.

Brikh Bahdja

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier le bon Dieu le tout puissant de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail, également nous remercions nos parents, pour leurs encouragements toute au long de ce travail.

Nous tenons à remercier tous ceux et celle qui ont contribué à finaliser ce modeste travail.

Nos remerciements vont à notre encadreur Mr AOUDIA et Mr BERRAH pour nous avoir guidés dans la réalisation de ce travail.

Nous adressons nos remerciements à notre Co-Encadreur Monsieur Brikh Massinissa ingénieur de l'entreprise Algérie Telecom pour son aide, ses conseils et ses remarques.

Nous tenons à remercier toute l'équipe de l'entreprise Algérie Telecom.

Nous remercions les membres du jury d'avoir l'amabilité d'accepter d'examiner notre travail.

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Table des matières..... I

Liste des figures IV

Liste des tableaux..... VII

Liste Des Acronymes..... VIII

Introduction Générale 1

Chapitre I

I.1. Introduction..... 3

I.2. Évolution de la 1G à la 4G..... 3

 I.2.1. La première génération..... 3

 I.2.2. La deuxième génération 4

 I.2.3. La troisième génération 5

 I.2.4. La quatrième génération 9

I.3. Conclusion 10

Chapitre II

II.1. Introduction 11

II.2. Définition de LTE 11

II.3. Architecture de LTE 11

 II.3.1. E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network) 12

 II.3.2. EPC (Evolved Packet Core)..... 12

 II.3.2.1. MME (Mobility Management Entity) 12

 II.3.2.2. S-GW (Serving Gateway) 12

 II.3.2.3. PDN-GW (Packet Data Network Gateway) 13

 II.3.2.4. PCRF (Policy and Charging Rules Function)..... 13

 II.3.2.5. HSS (Home Subscription Server)..... 13

II.4. Interfaces réseau LTE 13



Table des matières

II.5. Signalisation sur le chemin radio	14
II.5.1. Plan d'utilisateur.....	14
II.5.1. Plan de contrôle	15
II.5.1.1. La couche physique	15
II.5.1.2. La couche MAC (Medium Access Layer).....	15
II.5.1.3. La couche RLC (Radio Link Control)	15
II.5.1.4. La couche RRC (Radio Ressource Contrôle)	16
II.5.1.5. La couche PDCP (Packet Data Compression Protocol)	16
II.5.1.6. La couche NAS (Non-Access Stratum)	16
II.6. Les canaux radio.....	16
II.6.1. Les canaux physiques.....	16
II.6.2. Les canaux logiques	17
II.6.3. Les canaux de transport.....	18
II.7. Bases de l'interface radio.....	18
II.7.1. OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)	18
II.7.2. SC-FDMA (Single Carrier-Frequency Division Multiple Access).....	19
II.7.3. Structure de la trame LTE.....	19
II.7.4. Blocks de ressources	21
II.8. La technologie MIMO (Multiple Input Multiple Output)	21
II.9. Conclusion	22

Chapitre III

III.1. Introduction	23
III.2. Call flow	23
III.3. RACH (Random Access Channel)	25
III.4. les paramètres basiques de RACH.....	27
III.5. RRC Connection Reestablishment.....	28
III.6. Les indicateurs de performance KPI	30
III.6.1. Compteurs des KPI	30
III.6.2. Formule de calcul	30
III.6.3. Accessibilité réseau.....	31
III.6.4. Continuité KPI	32
III.6.5. Mobilité KPI.....	32
III.6.6. Service intégrité KPI.....	33



Table des matières

III.6.7. Disponibilité KPI	33
III.7. Outils utilisés.....	33
III.7.1. L'U2000.....	33
III.7.2. NetAct.....	34
III.7.3. Excel	35
III.7.4. MapInfo	35
III.7.5. MapBasic.....	35
III.7.6. Google Earth	35
III.8. Processus d'optimisation.....	35
III.8. Conclusion.....	37

Chapitre IV

IV.1. Introduction.....	38
IV.2. Problématique	38
IV.3. Analyse de KPI et optimisation d'un réseau.....	39
IV.3.1. Optimisation du RACH.....	39
IV.3.1.1 Optimisation du RACH du Cluster Alger	39
IV.3.1.2. Optimisation du RACH de la Cellule 1 de Sidi Boukhris.....	41
IV.3.1.2.1. Problème d'overshooting et de TAC Border	41
IV.3.1.2.2 Implémentation des solutions.....	43
IV.3.1.2.2.1 Control de puissance.....	43
IV.3.1.2.2.2 Electrecal Downtilt (inclinaison du tilt électrique).....	45
IV.3.1.3. Optimisation de RACH sur cluster de Bechar	48
IV.3.1.3.1 Collecte et analyse de KPI.....	49
IV.3.2. Optimisation de RRC de cluster de Saida.....	62
IV.3.2.1. Optimisation de RRC Rétablissement de site Ain Oulemane.....	67
IV.4. Conclusion	73
Conclusion générale.....	74



Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 : Evolution de la téléphonie mobile à travers les années3
Figure I.2 : Architecture réseau GSM, GPRS et UMTS5

Chapitre II

Figure II.1 : Architecture d'un réseau LTE 11
Figure II.2 : Plan d'utilisateur 14
Figure II.3 : Plan de contrôle 15
Figure II.4 : Différence entre OFDMA et SC-FDMA 19
Figure II.5 : La structure de la trame LTE 20
Figure II.6 : Les modes FDD et TDD 20
Figure II.7 : Grille de ressource temps fréquence 21

Chapitre III

Figure III.1 : Étapes d'enregistrement d'un UE sur un Call flow simplifié 23
Figure III.2 : Format du préambule PRACH 25
Figure III.3 : La procédure de RACH en LTE 27
Figure III.4 : Procédure de rétablissement d'une connexion RRC..... 29
Figure III.5 : Interface d'accueil de l'U2000 34
Figure III.6 : Interface d'accueil de NetAct 34
Figure III.7 : Processus d'optimisation 36
Figure III.8 : Rapport des clusters d'Alger 36

Chapitre IV

Figure IV.1 : Le taux d'établissement de réussite RACH 39
Figure IV.2 : Le taux d'établissement de réussite RACH amélioré 40
Figure IV.3 : Dégradation de RACH de la cellule 1-site Baba Ali 40

Figure IV.4 : Dégradation de RACH de la cellule 1-site Sidi Boukhris	41
Figure IV.5 : Index du Timing Advanced	42
Figure IV.6 : TA mapping	42
Figure IV.7 : Illustration des TA de la cellule 1 de Sidi Boukhris sur Google Earth	43
Figure IV.8 : Configuration du power des 3 cellules de Sidi Boukhris	44
Figure IV.9 : Exécution de la commande MOD PDSCHCFG	44
Figure IV.10 : Résultat de la commande LST PDSCHCFG	45
Figure IV.11 : Illustration du profil d'élévation dans Google Earth	46
Figure IV.12 : Configuration des tilts avant l'optimisation	46
Figure IV.13 : Le tilt de la Cell1 après modification	47
Figure IV.14 : Le KPI RACH_SR après l'optimisation.....	48
Figure IV.15 : Le taux de réussite de RACH de la cellule 1 du Sidi Boukhris	48
Figure IV.16 : Les alarmes signalent un conflit de RSI	49
Figure IV.17 : Le taux d'établissement de réussite de RACH	50
Figure IV.18 : Le taux d'établissement de réussite de RACH	50
Figure IV.19 : L'ouverture de fichier texte sur MapInfo	52
Figure IV.20 : Une table MapInfo	52
Figure IV.21 : Création de points	53
Figure IV.22 : Distribution des sites de Bechar sous forme de points	53
Figure IV.23 : Les sites de Bechar et leurs RSI	54
Figure IV.24 : Compiler le programme sous MapBasic	55
Figure IV.25 : Ouverture du programme sous MapInfo	55
Figure IV.26 : Un conflit RSI dans les sites de Bechar	56
Figure IV.27 : Les positions des sites adjacents de Bechar.....	57
Figure IV.28 : La région de Bechar avec les nouveau RSI	58
Figure IV.29 : Choix de task management	59
Figure IV.30 : Choix de région	60

Figure IV.31 : La date de changement des RSI	61
Figure IV.32 : Le taux de réussite RACH avant et après modification des RSI	61
Figure IV.33 : Le RACH dans la cellule 2 après l'optimisation	62
Figure IV.34 : RRC_SR de l'ensemble des sites d'AT	63
Figure IV.35 : La moyenne quotidienne du RRC_SR	64
Figure IV.36 : Les causes de fail de RRC	65
Figure IV.37 : Résultat de la commande LST UETIMERCONST	66
Figure IV.38 : Modification des deux temporisateurs	66
Figure IV.39 : Le RRC Success Rate et RRC_Fail après l'optimisation	67
Figure IV.40 : Les RRC de rétablissement et les tentatives	68
Figure IV.41 : Les causes de fail du RRC rétablissement	69
Figure IV.42 : Adjacence ain oulmene bir haddada	70
Figure IV.43 : Reconfiguration de l'adresse IP et réactivation du lien X2	71
Figure IV.44 : Activation du RLF	71
Figure IV.45 : Conn SR et Tot att de Ain Oulmene extension	72
Figure IV.46 : Les causes d'échec du RRC_REest avant et après l'optimisation	72

Liste des tableaux

Tableau I.1 : La bande de fréquence et le débit des différentes générations

Tableau III.1 : Format de préambule pour le PRACH

Tableau IV.1 : Paramétrage des Root Sequence Index

Tableau IV.2: Les nouveaux RSI

Liste Des Acronymes

1G : 1^{ère} génération

2G : 2^{ème} génération

3G : 3^{ème} génération

4G : 4^{ème} génération

5G : 5^{ème} génération

3GPP: 3rd Generation Partnership Project

A

AIA: Authentication Information Answer

AIR: Authentication Information Request

AM: Acknowledged Mode

AMPS: Advanced Mobile Phone System

ARQ: Automatic Repeat request

AS: Access Stratum

AUC: Authentication Centre

AUTN: Authentication Token

B

BG: Border Gateway

BSC: Base Station Controller

BSS: Base station Sub-System

BTS: Base Transceiver Station

C

CDMA: Code Division Multiple Access

CN: Cœur/code Network

CP: Cyclic Prefix

CS: Cyclic Shift

D

DCCH: Dedicated Control Channel

DL: Down Link

DRB: Data Radio Bearer

DTCH: Dedicated Traffic Channel

E

E-RAB: E-utran Radio Access Bearer

E-UTRAN: Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network

EDGE: Enhanced Data Rates for GSM Evolution

EIR: Equipment Identity Register

EDGE: Enhanced Data rates for GSM Evolution

EMM: EPS Mobility Management

eNodeB: evolved NodeB

EPC: Evolved Packet Core

EPS: Evolved Packet System

F

FDD: Frequency Division Duplex

FDMA: Frequency Division Multiple Access

G

GGSN: Gateway GPRS Support Node

GPRS: General Packet Radio Service

GSM: Global System for Mobile

H

HARQ: Hybrid Automatic Repeat Request

HLR: Home Location Register

HSS: Home Subscription Server

I

IMEI: EMM identity requête

IMSI: International Mobile Subscriber Identity

IP: Internet Protocol

IS-95: Interim Standard-95

K

KPI: Key Performance Indicateur

L

LTE: Long Term Evolution

M

MAC: Medium Access Layer

MIB: Master Information Block

MIMO: Multiple Input Multiple Output

MME: Mobility Management Entity

MS: Mobile Station

MSC: Mobile-services Switching Centre

N

NAS: Non-Access Stratum

NSS: Network Sub-System

NMT: Nordic Mobile Telephone

O

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing

OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access

OSI: Open System Interconnection

OSS: Operations Support System

P

PCEF: Policy and Charging Enforcement Function

PCI: Physical-layer Cell Identity

PCRF: Policy and Charging Rules Function

PDC: Personnel Digital Communication

PDCP: Packet Data Compression Protocol

PDN-GW: Packet Data Network Gateway

PDU: Protocol Data Unit

PI: Performance Indicators

PLMN: Public Land Mobile Network

PRACH: Physical Random Access Channel

PRB: Physical Ressource Block

PSS: Primary Synchronization Signal

R

RAA: Random Access Attempt

RACH: Random Access Channel

RACH_SR : RACH Success Rate

RAN: Radio Access Network

RAND: RAND

RAR: Random Access Reponse

RLC: Radio Link Control

RLF: Radio Link Failure

RNC: Radio Network Controller

RNIS: Réseau Numérique à Intégration de Services

RNTI: Radio Network Temporary Identifier

RRC: Radio Ressource Contrôle

RRC_SR : RRC Success Rate

RRC_REest : RRC Reestablishment

RSI: Root Sequence Index

RTCP: Real-time Transport Control Protocol

S

S-GW: Serving Gateway

SAE: System Architecture Evolution

SC-FDMA: Single Carrier-Frequency Division Multiple Access

SDU RLC:

SGSN: Serving GPRS Support Node

SIB: System Information Block

SIM: Subscriber Identity Module

SIMO: Single Input Multiple Output

SRB: Signalling Radio Bearer

SSS: Secondary Synchronization Signal

T

TACS: Total Access Communication System

TDD: Time Division Duplex

TDMA: Time Division Multiple Access

TG: Time Gard

TM: Transport Mode

TMN: Télécommunications Management Network

TTI: Transmission Time Interval

U

UE: User Equipement

UL: Up Link

UM: Unacknowledged Mode

UMTS: Universal Mobile Télécommunication System

UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Acces Network

UP: Uplink

V

VLR: Visitor Location Register

W

WCDMA: Wideband Code Division Multiple
Access

WIFI: Wireless Fidelity

WIMAX: Worldwide Interoperability for
Microwave Access

X

XDSL : X Digital Subscribre Line

Introduction Générale

L'évolution à long terme LTE du service de télécommunications mobiles universelles UMTS est l'une des dernières étapes d'une nouvelle série du système de télécommunications mobiles. LTE (3GPP) est créée et adoptée dans le monde entier, et il s'appuie sur un réseau d'accès radio de nouvelle génération EUTRAN, et sur le noyau évolué de paquets EPC, qui permet une utilisation flexible du spectre et des largeurs de bande.

En tant que fournisseur des équipements de télécommunication, Huawei a été choisi par l'opérateur client Algérie Télécom pour mener les opérations d'optimisation de ses réseaux. C'est dans cette perspective que s'inscrit ce projet effectué au sein de l'entreprise Algérie Télécom. L'objectif étant d'étudier l'optimisation des indicateurs de performance d'accessibilité. L'optimisation du réseau est un travail quotidien continu, vise à améliorer l'efficacité du réseau et la qualité du service large bande mobile, et elle est nécessaire pour que la performance du réseau satisfasse à certains seuils ou objectifs. Une bonne optimisation du réseau peut totalement réduire le niveau d'interférence de l'ensemble du réseau et les interruptions de service, et améliorer le taux de succès.

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

Le premier chapitre donnera un aperçu général des différentes normes de téléphone mobile tel que la première génération (1G), le GSM (2G), le GPRS (2,5G), l'EDGE (2,75), l'UMTS (3G) et enfin la quatrième génération (4G) qui permet le transfert simultané de voix et de données numériques à haut débit.

Le deuxième chapitre est une étude lointaine sur le réseau LTE, son architecture, ses caractéristiques, ses techniques d'accès et nous avons introduit une petite définition sur la technologie MIMO.

Le troisième chapitre sera consacré à présenter les différentes étapes de call flow et décrire les procédures de Random Access Channel RACH et Radio Ressource Control RRC et les indicateurs de performances KPI.

Dans le quatrième chapitre nous élaborons les différents cas d'études que nous avons effectués au sein de l'entreprise Algérie Télécom. Nous apporterons des propositions des solutions afin de régler les problèmes trouvés.

Pour effectuer ce travail nous avons choisis d'utiliser Excel et MapInfo à fin de pouvoir faire une bonne simulation et d'obtenir de bons résultats.

Enfin, nous terminons notre mémoire par une conclusion général.

I.1. Introduction

Dès les années 80, l'évolution technologique voit l'apparition sur le marché des systèmes de téléphonie mobile, qui permettent à leurs abonnés d'appeler et être appelés sans dépendre d'une ligne fixe.

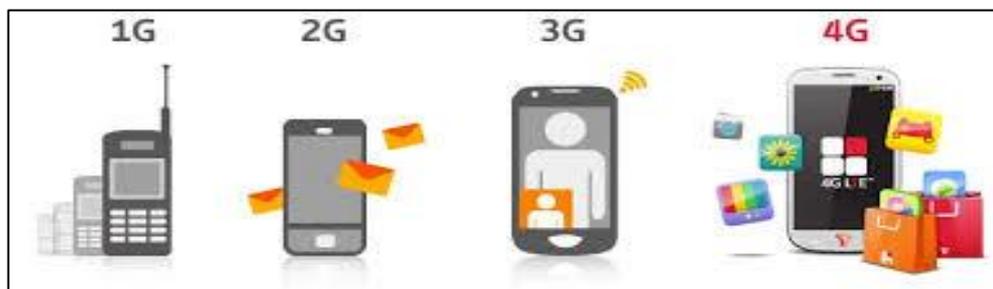
Le développement des réseaux mobiles n'a pas cessé d'accroître, plusieurs générations ont vues le jour (1G, 2G, 3G, 4G et prochainement la 5G) et ont connu une évolution remarquable, en apportant un débit exceptionnel qui ne cesse d'augmenter, une bande passante de plus en plus large ce qui permet un nombre d'utilisateur important qui peuvent être supportés.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différentes générations de téléphone mobile.

I.2. Évolution de la 1G à la 4G

Plusieurs générations de réseaux mobiles ont apparus à travers le temps. On parle de la première, deuxième, troisième et quatrième génération de réseaux mobiles. Ces quatre générations diffèrent principalement par les techniques mises en œuvre pour accéder aux ressources radio.

L'évolution de ces techniques est guidée par la volonté d'accroître la capacité ainsi que les débits.



Figures I.1 : Evolution de la téléphonie mobile à travers les années

I.2.1. La première génération

La première génération (1G) des téléphones mobiles a débuté dans les années 80 en offrant un service médiocre de communication mobile, médiocre mais très coûteux. La 1G avait beaucoup de défaut tel que les normes incompatibles d'une région à une autre, une transmission analogique non sécurisée [1].

Cette génération est caractérisée par une multitude de technologies introduites en parallèle à travers le mode telles que [2] :

- AMPS (Advanced Mobile Phone System) aux États-Unis.
- TACS (Total Access Communication System) au Japon et au Royaume-Uni.
- NMT (Nordic Mobile Telephone) dans les pays scandinaves.

I.2.2. La deuxième génération

La deuxième génération (2G) repose sur une technologie numérique qui a été développée à la fin des années 1980 [3].

Elle est caractérisée par une multitude de technologies introduites en parallèle à travers le monde telles que :

- Le GSM (Global System for Mobile communications) en Europe.
- Le PDC (Personal Digital Communications) au Japon.
- L'IS-95 aux États-Unis.

Ces systèmes sont basés sur des codages et des modulations de type numérique, ainsi que des techniques d'accès multiple différentes.

GSM et PDC sont basés sur une répartition en fréquence FDMA entre les cellules, combinée à une répartition en temps sur la cellule appelée TDMA (Time Division Multiple Access). D'autre part, les voies montantes et descendantes sont séparées en fréquence (mode FDD).

L'IS-95 utilise une répartition par code appelée CDMA (Code Division Multiple Access).

À ses débuts, le GSM utilisait un réseau cœur à commutation de circuit par lequel l'accès aux services de données était particulièrement lent. Afin d'accroître les débits fournis, le réseau d'accès GSM fut connecté à un réseau cœur appelé GPRS (General Packet Radio Service). Cette évolution améliora la prise en charge des services de données. En complément de ce développement, la technologie d'accès radio EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) rendit possible des débits de l'ordre de 240 Kbit/s par cellule grâce à l'amélioration des techniques d'accès au canal radio [2].

La limitation du débit fournis par les réseaux 2G fut à l'origine de la définition des technologies 3G.

I.2.3. La troisième génération

La troisième génération (3G) représente la norme UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) apparue dans le but principal d'accroître le débit fournis par la 2G ainsi que la création d'un système compatible mondialement et technologiquement [2].

Cette technologie a permis une nette amélioration de débit qui varie de l'ordre de:

- 2 Mbits/s lors d'un déplacement de l'ordre de 10 km/h (marche à pied, déplacement en intérieur).
- 384 Kbits/s lors d'un déplacement de l'ordre de 120 km/h (véhicule, transports en commun).
- 144 Kbits/s lors d'un déplacement de l'ordre de 500 km/h (Train à Grande Vitesse).

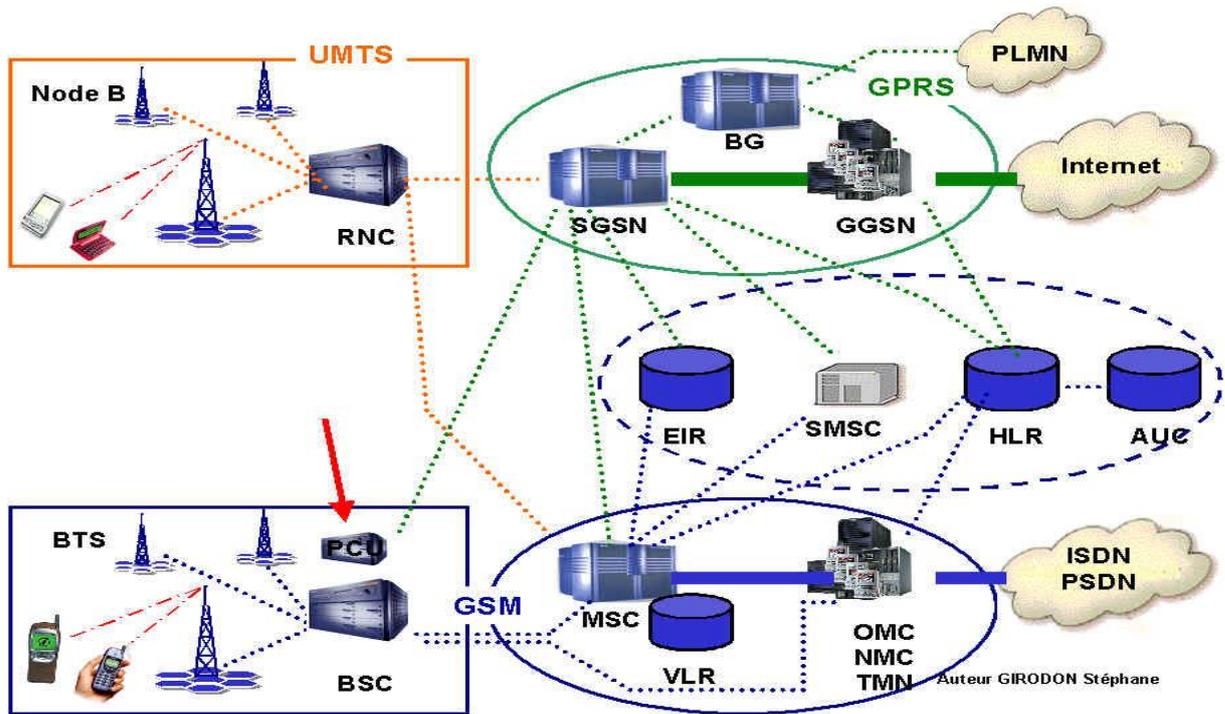


Figure I.2 : Architecture réseau GSM, GPRS et UMTS [4]

➤ **Le réseau GSM (Global System for Mobile)**

Le réseau GSM a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles (GSM) et abonnés du réseau téléphonique commuté. Il se distingue par un accès spécifique appelé la liaison radio [5].

Le réseau GSM peut être divisé en trois sous-ensembles :

✓ **Le sous-système radio –BSS**

Le BSS (Base station Sub-System), il assure la transmission radioélectrique avec le mobile, gère la ressource radio et permet la mobilité du mobile. Il est composé des équipements suivants :

a. MS (Mobile Station)

C'est l'équipement terminal muni d'une carte SIM permettant d'accéder au PLMN (Public Land Mobile Network), le PLMN étant un réseau GSM exploité par un opérateur sur un territoire.

b. BTS (Base Tranceiver Station)

C'est un ensemble d'émetteurs-récepteurs, il s'occupe de la transmission radio, il gère la couche physique et il effectue des mesures radio pour vérifier qu'une communication en cours se déroule correctement.

c. BSC (Base Station Controller)

C'est l'organe " intelligent " du BSS, qui gère la ressource radio.

C'est également un commutateur qui réalise une concentration des circuits vers le MSC.

✓ Le sous-système d'acheminement –NSS

Le NSS (Network Sub-System), c'est un réseau fixe qui permet le traitement de l'appel pour l'établissement de la communication, la gestion de l'itinérance et de la mobilité. Il comprend des commutateurs, des passerelles vers le RTCP et le RNIS ainsi que des bases de données. Il comporte les équipements suivants :

a. MSC (Mobile-services Switching Centre)

MSC est un commutateur qui assure l'interface avec le réseau cœur pour un mobile accédant aux services à commutation de circuit. Le MSC gère dans un domaine de commutation de circuit, la procédure d'attachement des abonnés, leur authentification, et la mise à jour de leurs positions dans le réseau et la sécurisation de l'accès au système.

b. VLR (Visitor Location Register)

Le VLR constitue une base de données dans laquelle sont enregistrées des informations sur la position de l'abonné et son déplacement dans la zone de localisation reliée à un ou plusieurs MSC.

c. HLR (Home Location Register)

C'est la base de données qui gère les caractéristiques de chaque abonné :

- L'identité internationale de l'abonné utilisée par le réseau (IMSI) ;
- Le numéro d'annuaire de l'abonné (MSISDN) ;
- Le profil de l'abonnement.

✓ Le sous-système d'exploitation et de maintenance –OSS

L'administration du réseau GSM consiste à évaluer ses performances et optimiser l'utilisation des ressources de façon à offrir un niveau de qualité aux usagers. L'OSS permet à l'opérateur d'administrer le réseau. L'administration du réseau s'effectue par le biais des équipements décrits dans les paragraphes suivants.

a. TMN (Télécommunications Management Network)

C'est l'ensemble formé par les équipements de médiation, le système d'exploitation et les réseaux de transport.

b. EIR (Equipment Identity Register)

EIR est une base de données contenant les identités des terminaux (IMEI).

c. AUC (Authentication Centre)

Il contient des paramètres utilisés pour la gestion de la sécurité de l'accès au system, il contient pour chaque abonné une clef d'identification pour lui permettre d'assurer les fonctions d'authentification et de chiffrement.

✓ GPRS

Le standard GPRS (General Packet Radio Service) est une évolution de la norme GSM. GPRS est un réseau 2.5G qui prend en charge les paquets de données [6].

Grâce au mode de transfert par paquets, les transmissions de données n'utilisent le réseau que lorsque c'est nécessaire.

Le standard GPRS permet donc de facturer l'utilisateur au volume échangé plutôt qu'à la durée de connexion, ce qui signifie notamment qu'il peut rester connecté sans surcoût. Le GPRS a permis d'initier l'Internet mobile [7].

L'introduction de la mobilité nécessite par ailleurs la précision de deux nouvelles entités :

a. Le nœud de service SGSN (Serving GPRS Support Node)

Le nœud de service dénommé SGSN est relié au BSS du réseau GSM. Le SGSN est en connexion avec l'ensemble des éléments qui assurent et gèrent les transmissions radio : BTS, BSC, HLR...

Le SGSN joue un rôle de routeur, il gère les terminaux GPRS présents dans une zone donnée. Le SGSN est le contrôleur des terminaux GPRS présents dans sa zone de surveillance.

b. Le nœud de passerelle GGSN (Gateway GPRS Support Node)

Le nœud de passerelle dans le GPRS dénommé GGSN (Gateway GPRS Support Node) est relié à un ou plusieurs réseaux de données (Internet, autre réseau GPRS...). Le GGSN est au routeur qui permet de gérer les transmissions de paquets de données :

- Paquets entrants d'un réseau externe, acheminés vers le SGSN du destinataire.
- Paquets sortants vers un réseau externe, émanant d'un destinataire interne au réseau.

c. Le module BG pour la sécurité

Les recommandations introduisent le concept de BG (Border Gateway) qui permettent de connecter les réseaux GPRS via un réseau fédérateur et qui assurent les fonctions de sécurité pour la connexion entre ces réseaux.

Ces BG ne sont néanmoins par les recommandations mais elles jouent le rôle d'interface avec les autres PLMN (Public Land Mobile Network) permettant ainsi de gérer les niveaux de sécurité entre les réseaux.

d. Le type de transmission dans le réseau GPRS

Ce standard utilise un mode de transmission par paquet. Lorsque le mobile transmet des données vers un terminal fixe, les données sont transmises via le BSS (BTS + BSC) au SGSN qui envoie ensuite les données vers le GGSN qui les route vers le destinataire.

➤ **EDGE**

Le passage de la 2G à la 3G est coûteux car il faut déployer un nouveau réseau physique. Les opérateurs ont donc cherché des alternatives. L'une d'entre elles est l'EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution), technologie présentée comme la génération 2,75.

L'EDGE vise à optimiser la partie radio d'un réseau mobile sur la partie « données » afin d'augmenter les débits de téléchargement. En théorie, EDGE permet d'atteindre des débits allant jusqu'à 384 kb/s ; en pratique, 100 kb/s [7].

➤ **UMTS**

Le réseau UMTS est classé dans la famille des réseaux de 3^{ème} génération. Il est caractérisé par une interface radio basée sur la technique WCDMA (Wide bande CDMA) en tant que technique d'accès multiple.

Par ailleurs, il ne présente aucune similitude avec les réseaux GSM dont l'interface radio est basée sur la technique d'accès multiple TDMA. Cette différence change radicalement les techniques de dimensionnement et méthodes d'ingénierie de planification du sous-système radio classiquement mises en œuvre dans les réseaux GSM [8].

Le réseau UMTS comporte deux sous-systèmes fonctionnels de base indispensables pour le fonctionnement du réseau UMTS, qui sont :

a. Le sous-système radio UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)

Ce système radio est équivalent du BSS en GSM. Il est formé par des stations de bases appelées Node B et des contrôleurs du sous-système radio appelés RNC [8].

• **Le nœud B**

Il effectue des fonctions semblables à celle de la BTS (Base Transceiver Station) des réseaux GSM et GPRS. Il gère principalement la couche physique de l'interface air (le codage du canal, l'entrelacement, l'adaptation du débit et l'étalement).

• **Le RNC (Radio Network Controller)**

Le rôle principal de RNC est de router les communications entre le nœud B et le réseau cœur de l'UMTS. Il travaille au niveau des couches 2 et 3 du modèle OSI (contrôle de puissance, allocation de codes). C'est le point d'accès pour l'ensemble des services vis-à-vis du réseau cœur.

a. Le sous-système réseau CN (Cœur Network)

Le réseau cœur de l'UMTS version R99 est le même de celui du GSM/GPRS/EDGE moyennant des mises à jour des MSCs, des SGSNs, des GGSNs et des bases de données communes (VLR, HLR) [8].

I.2.4. La quatrième génération

La 4G est la quatrième génération du réseau mobile. Elle est la norme succédant à la 3G, on étudiera cette génération plus en détail dans le prochain chapitre.

Pour résumer, la 4G c'est la norme des standards de téléphonie mobile permettant des débits jusqu'à 50 fois plus importants que la première norme.

Standard	Génération	Bande de fréquence	Débit
GSM	2G	Permet le transfert de voix ou de données numériques de faible volume.	9.6 Kbps
GPRS	2.5G	Permet le transfert de voix ou de données numériques de volume modéré.	21.4-171.2 Kbps
EDGE	2.75G	Permet le transfert simultané de voix et de données numériques.	43.2-345.6 Kbps
UMTS	3G	Permet le transfert simultané de voix et de données numériques à haut débit.	0.144-2 Mbps
LTE	4G	Permet le transfert simultané de voix et de données numériques à haut débit.	10-300 Mbps

Tableau I.1 : La bande de fréquence et le débit des différentes générations

I.3. Conclusion

Dans ce chapitre préliminaire, nous avons présenté d'une façon générale les différentes générations de téléphones mobiles.

Par suite, l'évolution du GSM vers GPRS prépare à l'introduction des réseaux de troisième génération l'UMTS. Le GPRS constitue une évolution majeure vers la troisième génération (UMTS). Il est conçu pour la transmission de données en mode paquet pour assurer l'accès simple au réseau Internet.

Dans le chapitre suivant, nous allons donner un aperçu sur le réseau 4G, son architecture ainsi que les techniques d'accès utilisées.

II.1. Introduction

Dans le début des années 2000, plusieurs opérateurs mobiles et équipements télécoms sont apparus dans le but de développer la technologie des réseaux mobiles, dit nouvelle génération, basée sur la 3G LTE (Long Term Evolution). Le principal avantage de ce nouveau standard est de permettre des débits pouvant y aller jusqu'à 1 Gigabit/s.

Dans ce chapitre, nous allons présenter un aperçu général sur le réseau 4G, son architecture, ses spécifications techniques, plus précisément la couche physique et principalement l'interface air.

II.2. Définition de LTE

L'évolution à long terme (LTE) est l'interface air qui prend en charge les communications cellulaires de la quatrième génération.

Le LTE est spécialement conçu pour les communications de données par paquets, dans lesquelles la technologie met l'accent sur une efficacité spectrale élevée, des débits de données de pointe élevé, une faible latence et une flexibilité de fréquence.

Les spécifications LTE ont été élaborées par le projet de partenariat de troisième génération (3GPP).

II.3. Architecture de LTE

Le LTE est principalement associé au réseau d'accès radio (RAN). Il est composé de l'e-NodeB (eNB) qu'est la partie radio et le centre de paquet évolué (EPC), c'est la partie cœur comme le montre la figure suivante.

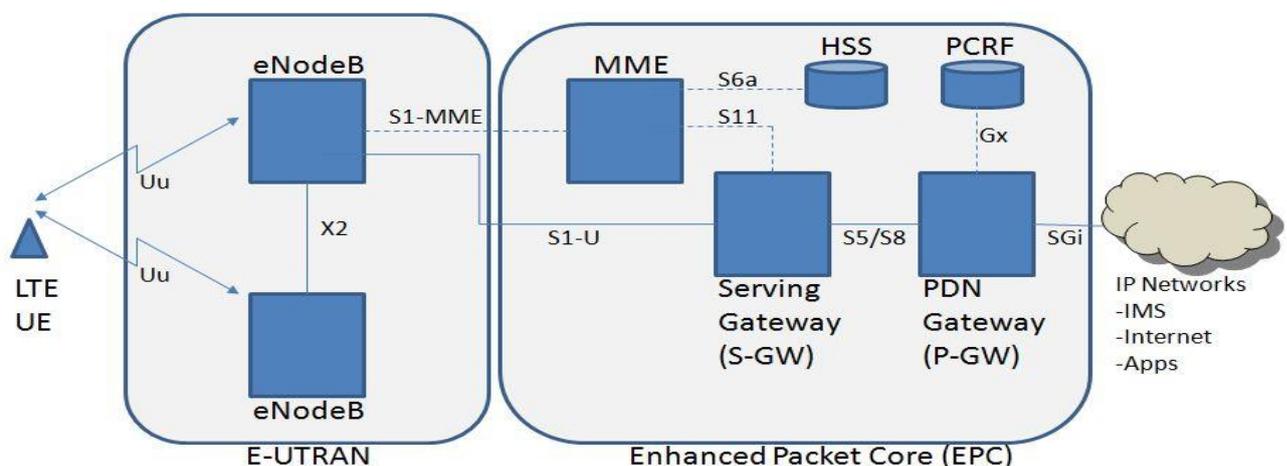


Figure II.1 : Architecture d'un réseau LTE

II.3.1. E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network)

E-UTRAN est constitué de l'eNB qui est généralement composé de trois cellules. L'interconnexion entre les eNodeB se fait via l'interface X2, ce dernier utilise des fonctions pour l'information sur la mobilité et l'échange de charge.

L'eNB se connecte à l'UE (User Equipment) sur l'interface LTE Uu, cette interface appelée air interface, est basée sur OFDMA. E-UTRAN fournit à l'UE des plans de contrôle (RRC) et utilisateur (PDCP, RLC, MAC, Physique). Chacun est responsable des fonctions liées à l'établissement d'appel ou au transfert de données.

L'échange de ces informations a lieu sur une pile de protocoles définie dans UE et eNB. La pile de protocoles est divisée en strate d'accès (AS) et en strate de non-accès (NAS) entre l'UE et l'EPS.

II.3.2. EPC (Evolved Packet Core)

L'architecture du système évolution SAE (System Architecture Evolution) définit un nouveau réseau central, désigné comme noyau évolué de paquet (EPC).

EPC comprend une entité de gestion de la mobilité MME, une station de service S-GW (serving gateway) et une entité P-GW (passerelle de paquet). Ils sont responsables de différentes fonctionnalités au cours de l'appel ou processus d'inscription.

II.3.2.1. MME (Mobility Management Entity)

MME est le nœud du plan de signalisation et contrôle de sécurité. Sa fonction principale est de gérer la mobilité, les identités d'UE et les paramètres de sécurité. Il est responsable de l'authentification, de l'utilisateur en interagissant avec le HSS.

MME est impliquée dans le processus d'activation, de modification et de désactivation de support EPS et il est également responsable du choix de S-GW pour un UE lors de l'attachement initial et au moment de transfert intra-LTE impliquant le déplacement du nœud de réseau principal. La sélection P-GW est également effectuée par le MME.

II.3.2.2. S-GW (Serving Gateway)

Elle permet le routage et la transmission de paquets, niveau de transport, et la qualité de service cartographique. Elle est considérée comme un nœud qui route et transmet les paquets IP, tout en agissant également comme l'ancre de mobilité pour le flux du plan utilisateur.

II.3.2.3. PDN-GW (Packet Data Network Gateway)

Elle fournit une connectivité de l'UE aux réseaux de données par paquets externes en étant le point de sortie et l'entrée du trafic pour les UE. La P-GW effectue, entre autres, l'application des règles, le filtrage de paquets pour chaque utilisateur et l'attribution d'adresse IP.

II.3.2.4. PCRF (Policy and Charging Rules Function)

La fonction PCRF prend en charge les décisions principales du contrôle et les fonctionnalités de contrôle de facturation basées sur le flux. Le PCRF indique au PCEF (dans la P-GW) comment contrôler le support EPS, et il fournit une qualité de service d'autorisation pour décider le traitement des données en respectant l'abonnement des utilisateurs.

II.3.2.5. HSS (Home Subscription Server)

Le serveur HSS est la base de données maître qui contient les informations sur l'utilisateur LTE et héberge la base de données des utilisateurs LTE.

II.4. Interfaces réseau LTE

Les différentes entités résident entièrement dans les nœuds UE et eNB. L'EPC inclut des entités de base, des protocoles et des interfaces réseau.

- **Uu** : est l'interface air reliant l'eNB aux UE ;
- **S1** : l'interface S1 permet de connecter le MME/ S-GW et l'eNB. Le S1 est utilisé à la fois pour le plan de contrôle et le plan utilisateur ;
La partie du plan de commande est appelée S1-MME et le plan utilisateur S1-U.
- **X2** : est un nouveau type d'interface entre les eNB introduits par le LTE pour effectuer les fonctions suivantes : transfert, gestion de la charge et gérer le Handover d'un mobile d'une cellule radio vers une autre ;
- **S6a** : l'interface S6a permet le transfert de données d'abonnement et d'authentification entre le MME et le serveur HSS pour authentifier et autoriser l'accès de l'utilisateur à l'E-UTRAN ;
- **S11** : point de référence entre MME et S-GW, il s'agit d'une interface de plan de contrôle permettant de négocier les ressources du plan support avec le serveur S-GW [9] ;
- **S5/S8** : ce point de référence assure un tunnel (canal support) et la gestion (canal de signalisation) entre le S-GW et le P-GW.
- **SGi** : c'est le point de référence entre la P-GW et le réseau externe public ou privé (Internet, IMS et Apps) ;

Les fonctions de l'interface SGi incluent un accès à internet, à intranet ou à un fournisseur de services internet. Elles impliquent des fonctions telles que l'attribution d'adresse IPv6 et peuvent également faire intervenir des fonctions spécifiques telles que l'authentification, l'autorisation et la sécurité ;

- **Gx** : c'est une interface de signalisation qui prend en charge le transfert d'information de règles de contrôle et de règles de taxation (QoS) entre le P-GW et un serveur PCRF [10].

II.5. Signalisation sur le chemin radio

L'architecture de protocole radio pour LTE peut être séparée en architecture du plan de contrôle et architecture du plan utilisateur comme indiqué ci-dessous :

II.5.1. Plan d'utilisateur

La pile de protocoles du plan utilisateur entre l'e-NodeB et l'UE se compose des sous-couches suivantes :

- protocoles de convergence de données par paquets (PDCP) ;
- contrôle de liaison radio (RLC) ;
- contrôle d'accès au support (MAC).

Sur le plan utilisateur, les paquets du réseau central (EPC) sont encapsulés dans un protocole EPC spécifique et un tunnel entre le P-GW et l'e-NodeB. Différents protocoles de tunneling sont utilisés en fonction de l'interface. Le protocole de tunneling GPRS (GTP) est utilisé sur l'interface S1 entre e-NodeB et S-GW et sur l'interface S5/S8 entre le S-GW et le P-GW [11].

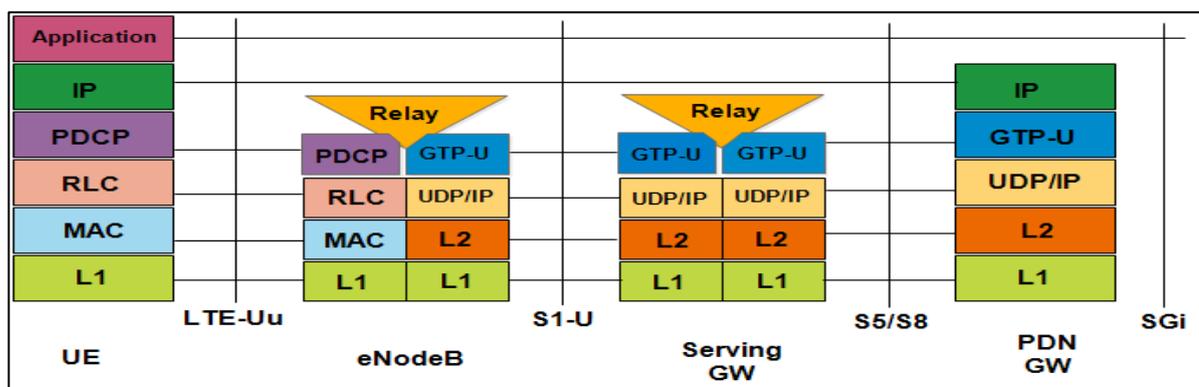


Figure II.2 : Plan d'utilisateur

II.5.1. Plan de contrôle

Le plan de commande est responsable de la signalisation des échanges de messages entre l'UE et l'EPC ou L'ETRAN.

Lorsque l'UE est couverture LTE, deux plans de contrôle sont configurés pour acheminer les messages de signalisation entre le système EPS et l'UE. Le premier est fourni par RRC et achemine la signalisation entre l'UE et l'eNB. Le second achemine des messages de signalisation NAS entre l'UE et le MME [11].

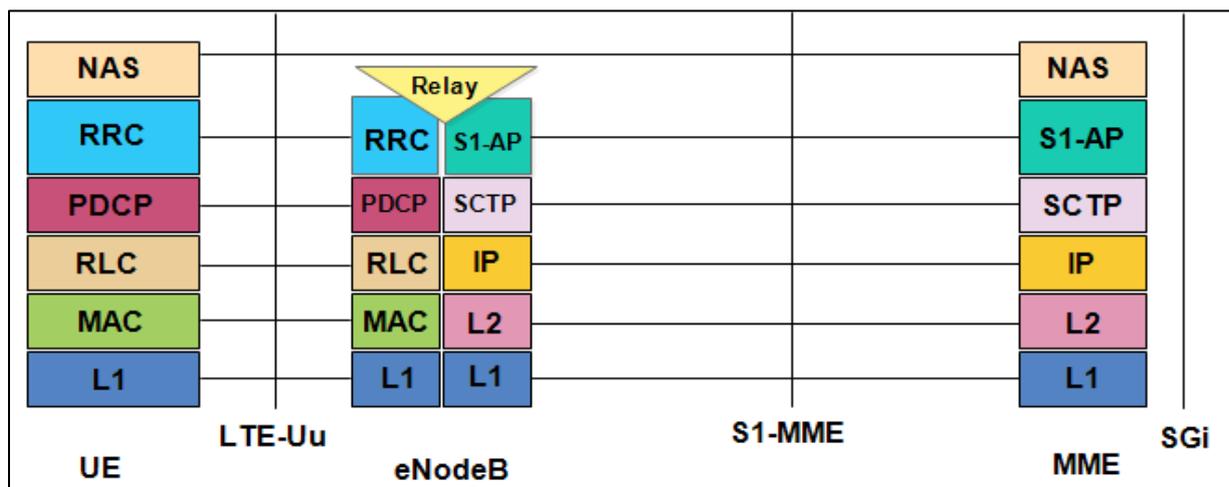


Figure II.3 : Plan de contrôle

II.5.1.1. La couche physique

C'est la première couche, appelé aussi L1 (layer 1). Elle achemine toutes les informations, provenant des canaux de transport MAC via l'interface air. Son rôle est de fournir des services de transport de données sur les canaux physique pour les couches RLC et MAC.

II.5.1.2. La couche MAC (Medium Access Layer)

C'est une autre partie des couches de protocole de l'UE et de l'eNB. Elle fournit l'interface entre la couche RLC et la couche Physique. MAC remplit les fonctions suivantes : mappage des canaux, multiplexage, et planification des rapports d'information. L'opération de la couche MAC est étroitement liée à l'opération de la couche physique.

II.5.1.3. La couche RLC (Radio Link Control)

La couche RLC est responsable du transport des unités PDU de la couche supérieure, de la correction des erreurs, de la concaténation, de la segmentation. RLC fonctionne selon trois modes de fonctionnement :

- Mode transparent TM (Transport Mode) ;
- Mode non acquitté UM (Unacknowledged Mode) ;
- Mode acquitté AM (Acknowledged Mode).

II.5.1.4. La couche RRC (Radio Ressource Contrôle)

Les principaux services et fonctions de la sous-couche RRC comprennent la diffusion d'informations système relatives à la strate de non-accès (NAS) et la strate d'accès (AS), la pagination, l'établissement, la maintenance et la libération d'une connexion RRC entre UE et E-UTRAN. RRC est une fonction de sécurité qui comprend la gestion des clés, l'établissement, la configuration, la maintenance et la libération des supports radio point à point.

II.5.1.5. La couche PDCP (Packet Data Compression Protocol)

La couche PDCP est responsable de la compression et de la décompression des en-têtes des données IP, le chiffrement et le déchiffrement des données du plan utilisateur et de contrôle, du transfert des données (plan utilisateur ou de contrôle), de la maintenance des numéros de séquence PDCP, protection et vérification de l'intégrité des données du plan de contrôle. PDCP est utilisé pour les SRB et les DRB mappés sur les canaux logiques de type DCCH et DTCH.

II.5.1.6. La couche NAS (Non-Access Stratum)

Les protocoles NAS constituent la strate la plus élevée du plan de contrôle entre l'UE et la MME, et prennent en charge la mobilité de l'UE et les procédures de gestion de session afin d'établir et de maintenir la connectivité IP entre l'UE et P-GW.

II.6. Les canaux radio

Dans le but d'être flexible et permettre différents schémas pour la transmission de données, les spécifications de l'ETRAN ont introduit plusieurs types de canaux :

II.6.1. Les canaux physiques

Les canaux physiques sont l'implémentation des canaux transport sur l'interface radio. Les canaux physiques en liaison descendante :

- **PCFICH (canal indicateur de format de contrôle physique)** : informe l'UE du numéro des symboles OFDM utilisés pour le PDCCH.
- **PDCCH (canal de contrôle de liaison descendante physique)** : informe l'UE de l'allocation des ressources des données de liaison descendante LTE.
- **PDSCH (canal partagé de liaison descendante physique)** : transporte les informations relatives aux données de liaison descendante des plans contrôle et utilisateur.
- **PBCH (canal de diffusion physique)** : est utilisé pour la transmission de MIB (partie de BCH) et il diffuse les paramètres essentiels pour l'accès initial à la cellule.

Les canaux physiques en liaison montante :

- **PUCCH** : informe les eNB de plusieurs fonctions, notamment des informations de contrôle pour la transmission de données sur la liaison montante.
- **PUSCH** : comporte les données de contrôle et de trafic dédiées pour les plans de contrôle et utilisateurs.
- **PRACH** : qui transporte le préambule de l'accès aléatoire envoyé par les terminaux.

II.6.2. Les canaux logiques

Ils sont caractérisés par les informations transférées. Les canaux logiques sont divisés en canaux de contrôle et canaux de trafic, les canaux de contrôle acheminent des informations du plan de contrôle et les canaux de trafic véhiculent des informations du plan utilisateur.

Les canaux logiques de contrôle

- **BCCH (canal de commande de radiodiffusion)** : canal de liaison descendante utilisé pour envoyer un message SI (Système Information) des messages de la part d'eNB. Ceux-ci sont définis par RRC.
- **PCCH (canal de radiomessagerie)** : canal descendant utilisé par l'eNB pour envoyer une radiomessagerie information.
- **CCCH (canal de contrôle commun)** : utilisé pour établir une connexion RRC, SRB qu'est également utilisé pour une procédure de rétablissement après une interruption d'appel.
- **DCCH (canal de contrôle dédié)** : fournit un canal bidirectionnel pour la signalisation.
- **MCCH (canal de contrôle de multidiffusion)** : il s'agit d'un canal point à multipoint pour la transmission d'information de contrôle MBMS et utilisé par les UE recevant MBMS.

Les canaux logiques de trafic

- **DTCH (canal de trafic dédié)** : est utilisé pour acheminer les adresses IP. Le DTCH est configuré pour les liaisons montantes et descendantes.
- **MTCH (canal de trafic multicast)** : il s'agit d'un canal point à multipoint utilisé pour la transmission des données utilisateur MBMS.

II.6.3. Les canaux de transport

Caractérisés par la manière dont les données sont transférées sur l'interface radio.

- **BCH (canal de diffusion)** : canal de format fixe qui apparaît une fois par image et porte la MIB.
- **PCH (canal de recherche)** : utilisé pour acheminer le PCCH, c'est-à-dire des messages de radiomessagerie.
- **MCH (canal de multidiffusion)** : utilise pour le contrôle des informations de transport.
- **DL-SCH (canal partagé de liaison descendante)** : il s'agit du canal principal de liaison descendante pour les données et la signalisation.
- **RACH** : transporte des informations limitées et il est utilisé conjointement avec les canaux physiques pour fournir des procédures de résolution des conflits.
- **UL-SCH** : semblable au DL-SCH, ce canal prend en charge la planification dynamique (eNB contrôlée) et l'adaptation dynamique des liens en faisant varier la modulation et le codage.

II.7. Bases de l'interface radio

LTE utilise la technique OFDMA en voie descendante car elle nécessite une alimentation importante de l'amplificateur. Ceci ne pose pas problème pour une station de base fixe, mais cela n'est pas adapté à un émetteur alimenté par une batterie (cas d'un terminal mobile). Pour cela, LTE utilise la technique SC-FDMA qui est très similaire à OFDMA, mais plus efficace en consommation d'énergie.

II.7.1. OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)

C'est une technique hybride de l'OFDM, TDMA et FDMA. L'OFDMA appelée également multi-carrier, utilisée en WiFi, en Wimax et en xDSL. Elle offre une meilleure efficacité spectrale, un faible temps de latence et résiste mieux aux interférences. L'OFDMA est principalement utilisée dans le sens de transmission downlink (antenne-relais vers terminal) des réseaux mobiles car elle permet pour une même largeur spectrale, d'augmenter le débit vu à la diversité fréquentielle et la robustesse multi trajet.

Le principe de l'OFDMA est de répartir sur un grand nombre de sous-porteuses le signal numérique que l'on veut transmettre ce qui permet, pour un même débit global, d'avoir sur chaque canal un débit plus faible et donc un temps d'émission de chaque symbole plus long.

II.7.2. SC-FDMA (Single Carrier-Frequency Division Multiple Access)

Le SC-FDMA est une forme modifiée d'OFDM avec des performances de débit et une complexité globale similaire. Ce mode contrairement au mode OFDMA, a l'avantage d'avoir une puissance de crête constante pour les mobiles. Cela permet d'optimiser la conception de l'amplificateur d'émission du mobile. La figure II.4 montre la différence entre l'OFDMA et SC-FDMA.

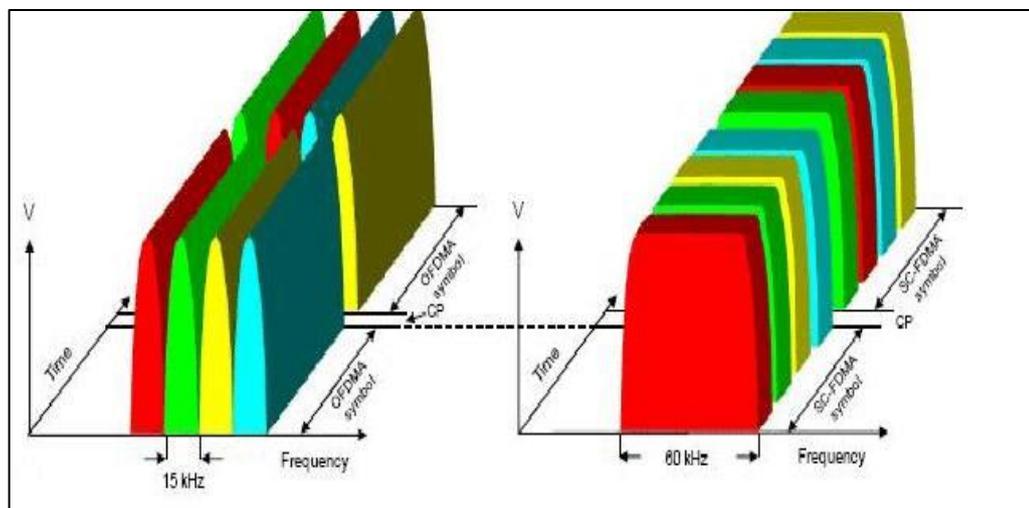


Figure II.4 : Différence entre OFDMA et SC-FDMA

La différence majeure entre ces deux techniques, réside dans le fait que l'OFDMA est une technique de transmission multi-porteuse tandis que la SC-FDMA est une technique de transmission mono-porteuse [12].

II.7.3. Structure de la trame LTE

Les trames LTE sont de 10ms. Elles sont divisées en 10 sous-trames, chaque sous-trame de longueur 1ms. Chaque sous-cadre est divisé en deux slots, chacun de 0.5ms. Comme le présente la figure II.5.

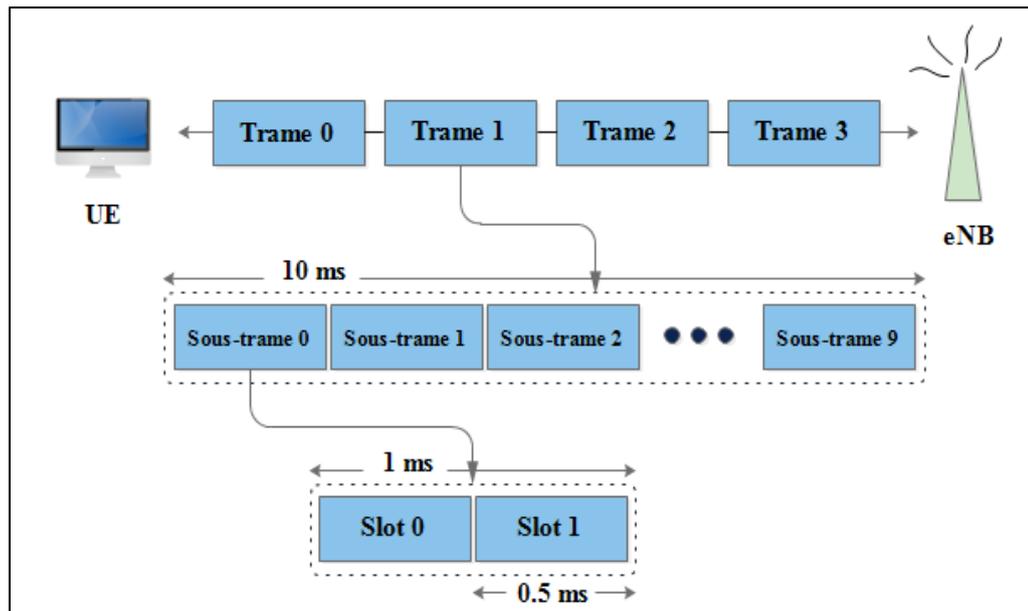


Figure II.5 : La structure de la trame LTE

Un duplexage est nécessaire afin d'attribuer les slots d'émission et de réception. Il existe deux principaux modes de duplexage qui sont :

FDD (Frequency Division Duplex) : le duplexage en fréquence, dans ce mode un canal est utilisé pour séparer les liaisons montantes et descendantes, permettant à un dispositif de transmettre et de recevoir des données simultanément. L'espaceur entre le canal de liaison montante et la liaison descendante est appelé l'espaceur duplex.

TDD (Time Division Duplex) : le duplexe en temps, ce mode permet un fonctionnement en duplex intégral en multiplexant une seule bande de fréquence et par division temporelle des signaux de liaison montante et de liaison descendante.

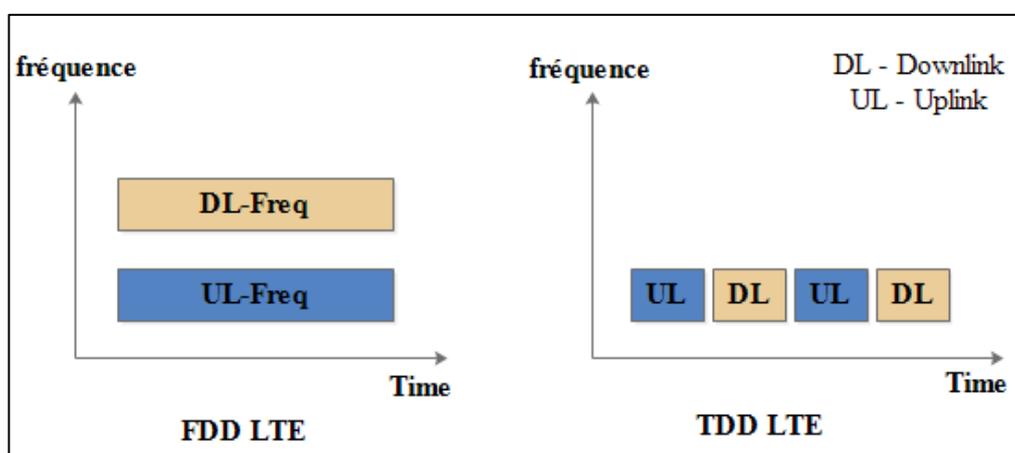


Figure II.6 : Les modes FDD et TDD

II.7.4. Blocks de ressources

Les ressources radio, en voie montante et descendante, se présentent sous la forme d'une grille temps-fréquence (figure II.7) : dans le domaine temporel, le temps est divisé en trames radio consécutives de 10ms. Chaque trame radio est répartie en dix sous-trames de 1ms chacune. Une sous-trame constitue un TTI (Transmission Time Interval) qui est la durée minimale à allouer à un utilisateur. Dans le domaine fréquentiel, la plus petite unité de ressource fréquentielle pouvant être allouée est appelée PRB (Physical Resource Block) qui correspond à 12 porteuses, soit 180 KHz. Un nœud dans le réseau peut utiliser un certain nombre de blocs de ressource. La figure II.7 présente le bloc de ressource :

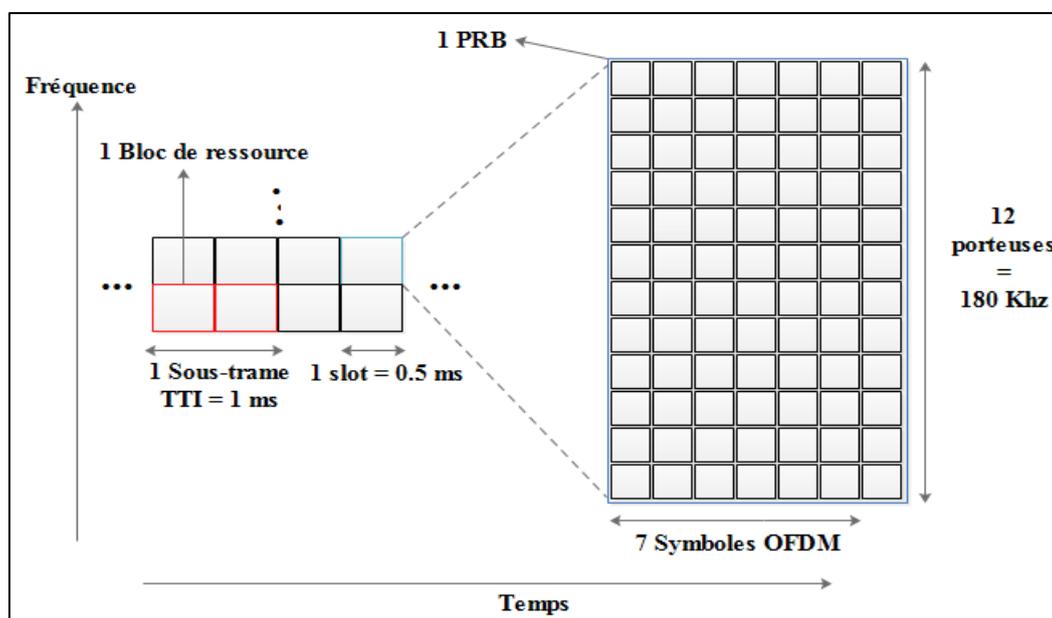


Figure II.7 : Grille de ressource temps fréquence

II.8. La technologie MIMO (Multiple Input Multiple Output)

La technologie MIMO est une fonctionnalité standard des réseaux LTE et c'est un élément majeur qui permet d'améliorer considérablement les débits de données et la capacité.

Les systèmes MIMO utilisent plusieurs antennes d'émission (Tx) pour envoyer un signal sur la même fréquence à plus d'une antenne de réception (Rx). Les signaux provenant de différents Tx empruntent plusieurs chemins pour atteindre l'UE à des moments différents.

MIMO s'appuie sur SIMO, également appelé diversité de réception qui ont depuis des décennies, ainsi que plusieurs entrées à sortie unique MISO (diversité de transmission). SIMO et MISO sont les deux techniques cherchant à augmenter le rapport signal sur bruit (SNR) afin de compenser la dégradation du signal.

II.9. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié les caractéristiques de la technologie LTE qui répond à des nouveaux besoins (délai court, débit élevé, nouveaux services à l'aide souvent par l'interconnexion...). Nous avons aussi vu la différence entre les deux technologies d'accès, l'OFDMA et le SC-FDMA.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter les différentes étapes pour le call flow et nous décrivons aussi les différents points clés pour les mesures de performances pour la technologie LTE.

III.1. Introduction

L'optimisation du réseau se compose de deux parties principales. L'optimisation initiale, se produit lors de l'installation du réseau, afin de préparer le lancement du réseau. L'optimisation continue, elle fait partie du fonctionnement du réseau, en particulier à l'heure actuelle où les réseaux évoluent en permanence.

Ce chapitre a pour objectif de décrire les principes de l'optimisation d'un réseau LTE, il explique les différentes étapes de call flow ainsi que le calcul des indicateurs clés de performance. Ces derniers sont formulés sur la base de mesures assez précises, connues sous le nom de compteurs.

Avant d'entamer les considérations des KPIs, un bref rappel sur les compteurs et leurs relations avec les KPIs.

III.2. Call flow

Nous allons représenter un call flow simplifié permettant à un utilisateur (UE) en s'enregistrant sur le réseau de son opérateur. Basons sur l'architecture du réseau afin de présenter les différentes interfaces existantes entre les équipements [13].

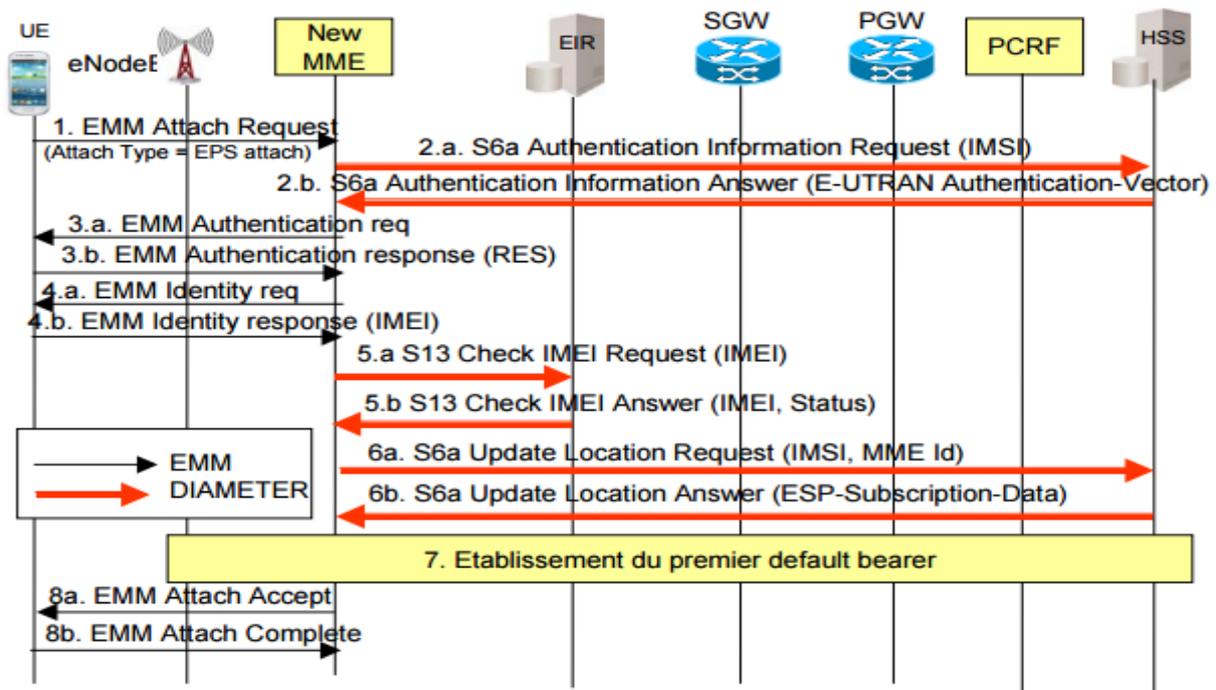


Figure III.1 : étapes d'enregistrement d'un UE sur un Call flow simplifié

La figure III.1 illustre les différentes étapes d'enregistrement d'un UE, et nous allons expliquer ci-dessous les différentes interfaces existantes entre les équipements.

1. L'UE fait une demande d'enregistrement en diffusant la requête **Attach** vers la destination du MME. Le protocole de signalisation appelé EMM (EPS Mobility Management).
2.
 - a. Le MME envoie un message AIR (Authentication Information Request) au HSS sur l'interface S6a où il va demander au HSS de fournir un vecteur d'authentification de l'UE (l'UE est défini par son identifiant IMSI).
 - b. Le HSS fait une requête dans sa base de données afin de trouver la clé K correspondant à l'IMSI. Il tire ensuite un numéro aléatoire RAND et calcule le sceau du mobile RES, le sceau du réseau AUTN et la clé K_{asme} à partir de laquelle le MME va construire une clé de chiffrement CK_{nas}, une clé d'intégrité IK_{nas} et une clé de chiffrement pour l'eNB (KeNB). Enfin le HSS renvoie au MME par le message AIA (Authentication Information Answer) les paramètres suivants : RAND, RES, AUTN et K_{asme}.
3.
 - a. Le MME envoie à l'UE une requête d'authentification (EMM Authentication Request). Il transmet le nombre aléatoire RAND et le sceau d'authentification du réseau AUTN à l'UE. Ces deux paramètres sont transférées vers la carte USIM, laquelle calcule le résultat XRES (obtenu à partir du rand et de sa clé privée), vérifie le sceau d'authentification et calcule la clé K_{asme}.
L'UE considère le réseau comme le réseau de confiance, si la valeur calculée par l'UE est identique au sceau AUTN.
 - b. L'UE envoie lui-même une réponse XRES au MME afin de vérifier le résultat d'authentification RES obtenu par le HSS avec le résultat XRES calculé par l'UE.
Les clés privées sont les mêmes, si les résultats sont identiques et par conséquent la double authentification est validée (AKA).
4.
 - a. L'abonné est authentifié mais le terminal non, donc la MME demande à l'UE de lui fournir son IMEI (EMM identity request).
 - b. Le MME reçoit une réponse de la part d'UE (EMM identity response).
5.
 - a. Le MME interroge l'EIR pour savoir si le terminal fait partie de la liste des équipements interdits ou pas. L'interface S13 est utilisée entre le MME et l'EIR.

6.
 - a. Le MME délivre une requête Update Location Request au HSS via l'interface S6, si l'UE et l'USIM sont authentifiés.
 - b. Sur la même interface, le HSS acquitte la mise à jour de localisation par une réponse Update Answer au MME. Si le HSS rejette la procédure de la mise à jour de localisation, alors le MME rejette la demande d'attachement de l'UE.
7. Le MME établit le premier default bearer pour l'UE.
8.
 - a. Le MME envoie une réponse (EMM Attach accept) à l'UE qu'il est accepté par le réseau.
 - b. Cette réponse permet à l'UE de connaître l'adresse IP du PGW assignée à l'UE.

III.3. RACH (Random Access Channel)

Le RACH est un canal partagé utilisé par les terminaux sans fil pour accéder au réseau mobile (réseaux basés sur TDMA/ FDMA et CDMA) pour l'établissement de la communication et la transmission de données [14]. RACH est le premier message de l'UE à l'eNB lorsqu'on allume le modem. Le but principal de RACH est :

- Assurer la synchronisation de liaison UP entre l'UE et l'eNB.
- Obtenir la ressource pour le message 3 (demande de connexion RRC).

PRACH (Physical Radom Access Channel)

Ce canal est utilisé pour transporter les préambules d'accès aléatoire utilisés pour l'initiation de la procédure d'accès aléatoire. PRACH inclut les préambules RA (Radom Access) consiste en un préfixe cyclique suivi de la séquence PRACH comme montre la figure III.2.



Figure III.2 : Format du préambule PRACH

PRACH est le canal UL utilisé par l'utilisateur pour les requêtes de cellule et de planification initiales. Dans une trame radio (10 ms), il existe une ou plusieurs ressources PRACH contrôlées par les couches supérieures. Une seule ressource PRACH consomme six ressources blocs. 64 préambules sont transmis dans la trame PRACH [10]. Les 64 séquences de préambule sont générées à partir d'une séquence racine (Root Sequence Index). Les séquences racines doivent être différentes pour les mêmes cellules et les cellules voisines du réseau pour qu'elles n'utilisent pas les mêmes séquences de préambules.

Format de PRACH

Quatre formats de préambules ont été définis (plus un réservé au TDD), chacun étant associé à une gamme de rayons de cellule. En effet, nous verrons que la longueur du préambule, du CP (Cyclic Prefix) et du TG (Guard Time) déterminent la couverture de PRACH, ainsi que son occupation de ressources temps-fréquence. Ainsi, une couverture élevée du PRACH réduit l'efficacité spectrale du système. Il est donc nécessaire de choisir un format de PRACH adapté à la taille de la cellule. Le tableau suivant décrit les caractéristiques des formats de PRACH [15].

Format de préambule	Numéro des sous-frames	Durée du CP (μ s)	Durée des séquences (μ s)	Durée du temps de garde (μ s)	Rayon maximal de cellule
0	1	103	800	97	~14 km
1	2	684	800	516	~77 km
2	2	203	2 x 800	197	~29 km
3	3	684	2 x 800	716	~100 km
4 (TDD uniquement)	<1	14.6	133	9.4	~1.4 km

Tableau III.1 : Format de préambule pour le PRACH

Procédure d'accès aléatoire (transmission RACH)

Après la synchronisation initiale avec le réseau, l'UE est synchronisée dans le temps avec eNB mais ne peut pas être synchronisé dans l'UL. La procédure d'accès aléatoire RACH est utilisée pour l'acquisition de la synchronisation d'UL.

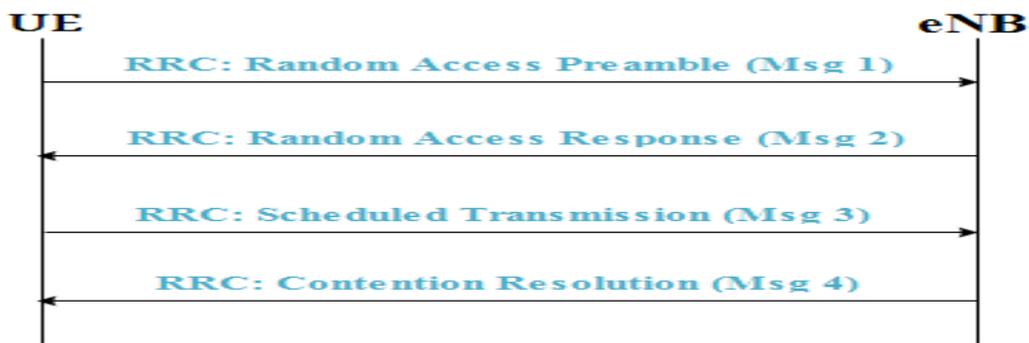


Figure III.3 : La procédure de RACH en LTE

Msg 1 : pour obtenir la synchronisation de transmission, l'UE écoute un signal de diffusion DL (SIB2). Il a 64 préambules dans la cellule qui sont regroupés pour indiquer la longueur de la ressource nécessaire. L'UE sélectionne l'un des 64 préambules RACH disponibles et l'envoie avec l'identité de l'UE.

Msg 2 : l'eNB envoie une réponse d'accès aléatoire à l'UE. La réponse d'accès aléatoire contient :

- l'identité temporaire du réseau de radiocommunication cellulaire (C-RNTI)
- valeur d'avance temporelle
- ressource de subvention en liaison montante

Msg 3 : l'UE envoie un message de demande de connexion RRC à l'eNB. Ce message contient : l'identité UE et une cause d'établissement de connexion. L'UE est identifiée par un C-RNTI temporaire.

Msg 4 : L'eNB répond par un message de résolution des conflits, une fois que celui-ci a reçu le message de l'UE. Lors de transfert, un préambule valide temporaire sera émis, dédié à l'UE.

III.4. les paramètres basiques de RACH

MIB : il s'agit du premier message de signalisation que l'UE doit décoder. Il transporte les informations de couche physique de la cellule LTE qui, à leur tour, aident à recevoir d'autres SI (système information), c'est-à-dire la bande passante du système [16].

SIB 1 : contient des informations indiquant si l'UE est autorisé ou non à accéder à la cellule LTE. Il définit également la planification des autres modules SIB [16].

SIB 2 : transporte le canal commun ainsi que les informations sur le canal partagé. Il comporte également des fonctions RRC, contrôle de la puissance de la liaison montante, montée en puissance du préambule, longueur du préfixe cyclique de la liaison montante, saut de trame [16].

RSI (Root Sequence Index) : l'index de séquence racine est diffusé dans le cadre de la configuration de PRACH dans SIB2 de la cellule LTE. Cela permet à l'utilisateur de calculer le préambule PRACH qu'il peut utiliser pour s'attacher à la cellule.

CS (Cyclic Shift) : signifie de retarder les flux spatio-temporels avec une référence temporelle différente.

Préambule : est un signal utilisé dans les communications réseau qui sera envoyé par l'utilisateur mais il ne porte pas d'information. Les préambules de PRACH sont des séquences de 838 de Zadoff-chow.

Zadoff-Chu séquence: est une valeur complexe mathématique séquence qui lorsqu'elle est appliquée à la radio signaux, donne lieu à un signal électromagnétique d'amplitude constante, les versions décalées de manière cyclique de la séquence imposée à un signal entraînant une corrélation nulle entre elles au niveau du récepteur. Une séquence Zadoff-Chu générée qui n'a pas été décalée est appelée « séquence racine » [17].

C-RNTI : un des autres chiffres que vous rencontrez très souvent est RNTI (Radio Network Temporary Identifier). Comme son nom l'indique, il s'agit d'une sorte de numéro d'identification.

PCI: est utilisé pour l'identité de cellule pendant la procédure de sélection de cellule. La valeur PCI est créée à partir de deux composants PSS et SSS. Le signal de synchronisation primaire PSS a une valeur 0,1 ou 2. Le signal de synchronisation SSS peut avoir une valeur entre 0 et 167. La valeur PCI est calculée comme suit : $[(3 * SSS) + PSS]$. Ce qui entraîne une valeur comprise entre 0 et 503.

III.5. RRC Connection Reestablishment

C'est une sorte de mécanisme permettant à l'utilisateur la possibilité d'essayer de se reconnecter si une défaillance de la liaison radio est détectée entre le terminal et le réseau entier pour une raison quelconque. Il fonctionne en trois étapes, comme indiqué ci-dessous.

Procédure de RRC Connection Rétablissement

La procédure RRCConnectionReestablishment est nécessaire pour rétablir la connexion RRC. De plus, il est utile de rétablir l'opération SRB 1 et de réactiver les algorithmes de sécurité qui ne changent pas. Cette procédure ne réussit que lorsque l'eNB à un contexte de l'UE, l'UE passe à l'état RRC_IDLE. Cette procédure est déclenchée lorsque l'une des conditions suivantes est remplie :

- Lors de la détection d'une défaillance de liaison radio

- En cas d'échec de la passation
- Lors d'un échec de reconfiguration de connexion RRC
- Lorsque la sécurité AS a été activée

Une fois que l'UE entre dans l'un des états mentionnés, il lancera la procédure RRCConnectionReestablishment.

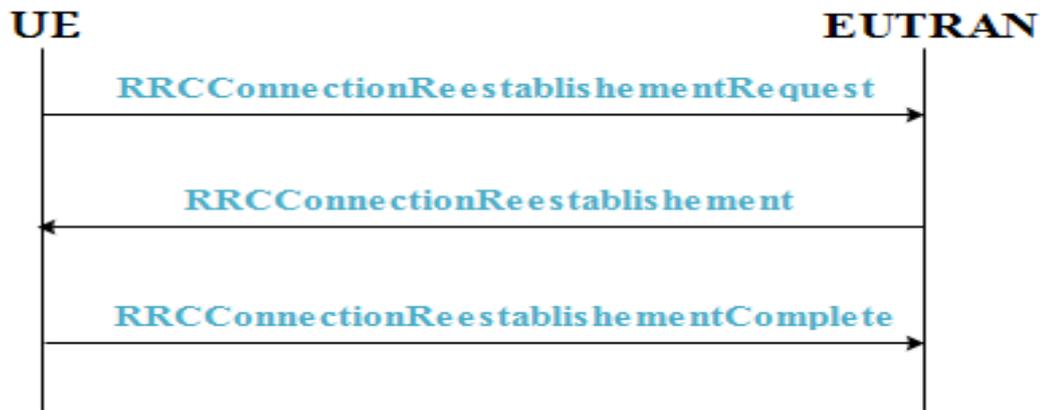


Figure III.4 : Procédure de rétablissement d'une connexion RRC

Msg 1 : la requête RRCConnectionRequest est transmise de l'UE vers l'eNB sur un canal aléatoire.

Msg 2 : L'eNB contrôle les liens radios Uplink et Downlink de l'UE, en lui allouant un SRB 1 qui correspond au lien radio dédié à l'UE. Il porte connaissance à l'UE du lien radio dédié en envoyant cette information dans le message RRCConnectionSetup, lequel est délivré sur SRB 0 et le CCCH.

Msg 3 : l'UE acquitte l'eNB par le message RRCConnectionSetupComplete via le lien radio dédié SRB 1 et le canal logique DCCH (Dedicated Control Channel). Pour plus d'efficacité, le message Attach Request est transmis aux eNB dans le message RRC Connection Setup Complete.

À partir de l'acquiescement, l'UE est dans l'état RRC-Connected.

Timers

L'optimisation des timers est un élément important de tout le travail d'optimisation. Nous allons définir les différents timers :

T300 : est un temporisateur UE, qui est démarré lors de l'envoi d'une demande de connexion RRC et arrêté à la réception du message d'établissement de connexion RRC ou de rejet de connexion RRC [9].

T301 : est utilisé lorsque l'UE n'est pas en mesure de réussir RACH lors de la tentative d'envoi du rétablissement de la connexion RRC. T301 est Commencé après le message de demande de rétablissement de connexion RRC, et a arrêté à la réception du message de rétablissement de connexion RRC ou du message rejet de rétablissement de connexion RRC. Lorsque T301 est à expiration, il passe en mode RRC_IDLE [9].

T311 : démarré lors du lancement de la procédure RRC Connection Reestablishment et arrêté lors de la sélection d'une cellule appropriée. À l'expiration, il entre dans l'état repos RRC.

III.6. Les indicateurs de performance KPI

La définition d'origine des indicateurs de performance clés provient des expériences de gestion de réseau commercial et d'optimisation de réseau radio. Et la définition de KPI doit être mise à jour en fonction des besoins des clients.

Un indicateur de performance KPI est une mesure ou un ensemble de résultats qui mesurent les performances durant les heures chargées ou les heures normales sur le réseau entier. Les KPIs emploient des compteurs d'une ou plusieurs mesures et peuvent être calculés à partir d'un compteur ou d'une formule de plusieurs compteurs. La période de l'observation se rapporte à la durée des échantillons rassemblés : heure, jour, semaine, mois.

Le but de KPI est de vérifier les performances du réseau. Nous devons vérifier la valeur du KPI afin de surveiller et d'optimiser les performances du réseau radio afin de fournir une meilleure qualité d'abonnés ou de mieux utiliser les ressources réseau installées.

III.6.1. Compteurs des KPI

Un compteur peut être défini comme une valeur incrémental d'un événement spécifique répétitif. Dans la norme LTE, un événement peut correspondre à un message de signalisation (lors d'une communication téléphonique des milliers de messages sont échangés entre l'UE et le SGW MME respectivement). La mise à jour des compteurs à un certain point se fait via les messages échangés. De nombreux compteurs peuvent exister puisque des milliers de messages de signalisation existent. Cependant, le nombre de compteurs utilisables dépend de la stratégie des fournisseurs des équipements.

III.6.2. Formule de calcul

Une formule signifie une combinaison mathématique des compteurs. Définir une formule en utilisant plusieurs PIs aide pour identifier un KPI, le KPI donne plus de flexibilité et de clarté à

l'opérateur. Les formules, une fois choisis, devraient rester sans changement afin d'observer l'évolution des performances du réseau dans le temps. Dans un environnement à plusieurs fournisseurs, l'opérateur place une stratégie de performance et définit des formules pour chaque KPI. Alors chaque équipement déclenche ses propres compteurs, des limites entre les formules sont tracées pour chaque fournisseur.

Ainsi, on distingue principalement classes de mesure des KPIs : Accessibilité, Retenabilité (continuité), Mobilité, Disponibilité (latence), et Intégrité [18].

III.6.3. Accessibilité réseau

L'accessibilité représente la capacité d'un utilisateur à obtenir un service demandé du système. Il s'agit d'une mesure combinée incluant les taux de réussite des établissements RRC, RACH. En cas de faible accessibilité, chaque taux de réussite doit être analysé individuellement. Cette mesure aide l'opérateur de réseau à fournir des informations sur l'accessibilité fournie aux clients. Les principaux KPIs d'accessibilité sont : RACH, RRC.

a. RACH Success Rate

Ce KPI est utilisé pour évaluer le taux de réussite d'établissement de procédure d'accès aléatoire d'UE au réseau pour l'accès initial, le transfert ou le rétablissement. Sa formule est la suivante :

$$Random\ Access_{SR(\%)} = \frac{Random\ Access\ Reponse}{Random\ Access\ Attempt} * 100 \dots \dots \dots (III.1)$$

Avec:

- **Random Access Reponse** = L.RA.Dedicate.HO.Msg3Rcv + L.RA.GrpA.ContResolution + L.RA.GrpB.ContResolution
- **Random Access Attempt** = L.RA.Dedicate.HO.Att + L.RA.GrpA.Att + L.RA.GrpB.Att

L.RA.Dedicate.HO.Msg3Rcv: nombre de fois que le message de réponse UE Msg3 est reçu dans la procédure RA non basée sur le conflit contenue.

L.RA.GrpA.ContResolution: nombre de fois que le message de résolution de conflit est envoyé après la réception du préambule de conflit du groupe A.

L.RA.GrpB.ContResolution: nombre de fois que le message de résolution de conflit est envoyé après la réception du préambule de conflit du groupe B.

L.RA.Dedicate.HO.Att: nombre de fois que le préambule non conflictuel est reçu (utilisé dans le transfert).

L.RA.GrpA.Att: nombre de fois où le préambule de conflit du groupe A est reçu.

L.RA.GrpB.Att: nombre de fois où le préambule de conflit du groupe B est reçu.

b. RRC Success Rate

Le KPI taux de réussite d'une connexion RRC est calculé sur la base des compteurs mesurés sur le nœud eNB lorsque ce dernier reçoit un message de demande de connexion RRC de l'utilisateur. Ce KPI est utilisé pour calculer le taux de réussite de la configuration RRC. Sa formule est la suivante :

$$RRC_SR(\%) = \frac{L.RRC.ConnReq.Success}{L.RRC.ConnReq.Attempt} * 100 \dots \dots \dots (III.2)$$

Avec :

L.RRC.ConnReq.Success : nombre de messages complets d'établissement de connexion RRC en provenance des utilisateurs dans une cellule.

L.RRC.ConnReq.Attempt : nombre de tentatives d'établissement de connexion RRC effectuées par des utilisateurs dans une cellule.

III.6.4. Continuité KPI

Les indicateurs de performance clés de continuité indiquent la capacité du réseau à conserver les services demandés par un utilisateur pendant une durée souhaitée une fois que l'utilisateur est connecté aux services. Ces KPIs sont importants pour évaluer si le système peut maintenir un certain de qualité de service.

III.6.5. Mobilité KPI

Les indicateurs de performance clés de mobilité sont utilisés pour évaluer les performances de mobilités E-UTRAN, essentielles à l'expérience client. Trois catégories de KPI de mobilité sont définies en fonction des types de handover suivants : technologie intra-fréquence, inter-fréquence et inter-Radio Access (RAT).

III.6.6. Service intégrité KPI

Le KPI d'intégrité représente la qualité de service de l'utilisateur lors de l'utilisation d'un service. Pour le service de données, ceci est généralement représenté par les débits et la latence des utilisateurs. Pour le service vocal, il peut également être mesuré par la gigue. Ce KPI peut être calculé pour chaque cellule ou réseau radio et aide l'opérateur de réseau à fournir des informations sur l'intégrité fournie aux clients.

III.6.7. Disponibilité KPI

La disponibilité représente la robustesse et la fiabilité du réseau. Cette mesure aide l'opérateur avec des informations sur la disponibilité du réseau radio. Ce KPI est mesuré en pourcentage du temps pendant lequel la cellule est considérée disponible. Une cellule est disponible lorsque l'eNB peut fournir des services supports. La disponibilité dans une cellule peut être mesurée lorsqu'une variété d'erreurs matérielles/logicielles surviennent dans la cellule.

III.7. Outils utilisés

Afin de mieux optimiser un quelconque réseau l'utilisation de plateformes, tool's et logiciels est plus que primordial. Parmi ces derniers et dans le cadre de notre projet, nous utiliserons l'U2000 qui est la plateforme de Huawei, NetAct la plateforme de Nokia ainsi que Excel, Google Earth, MapInfo et MapBasic.

III.7.1. L'U2000

L'U2000 est un système de gestion de réseau, il intègre de nombreuses fonctions d'exploitation et de maintenance de la plateforme de gestion LTE éprouvée de classe opérateur de HUAWEI. C'est également une solution majeure de gestion de réseau orientée vers l'avenir qui fournit de puissantes fonctions de gestion d'éléments et de gestion de réseau. L'U2000 gère de manière unifiée les équipements de transport, les équipements d'accès et les équipements IP. Pour plus de détails sur l'U2000 (voir l'Annexe A).

La figure ci-dessous illustre l'interface d'accueil de l'U2000.

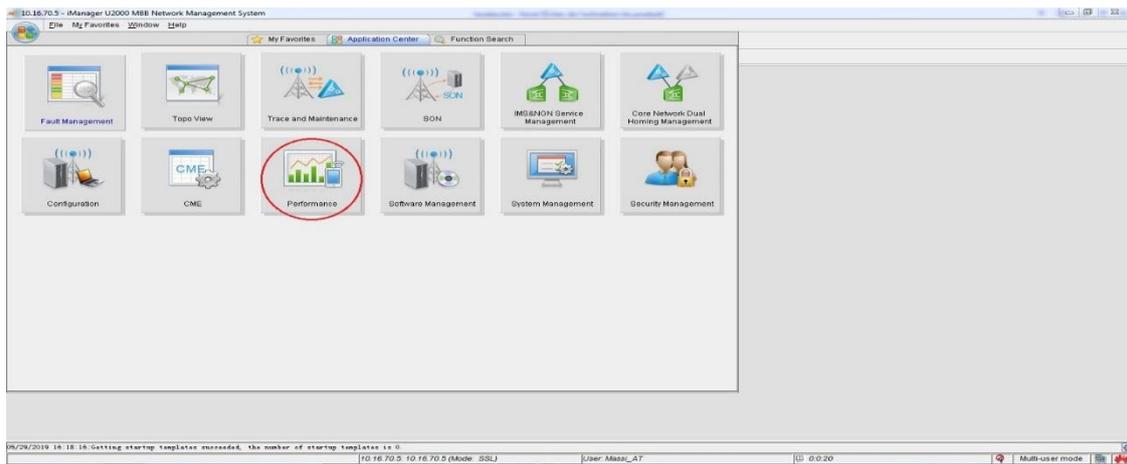


Figure III.5 : Interface d'accueil de l'U2000

III.7.2. NetAct

Nokia NetAct propose un ensemble uniforme d'outils pour la gestion de la radio, du cœur et des normes industrielles et une architecture ouverte, NetAct permet à l'opérateur de gérer des réseaux multi-technologies et multifournisseurs avec un seul système. Nokia propose les meilleurs outils en matière d'assurance réseau, de dépannage, d'administration système, de gestion de logiciels et de gestion de la configuration. Pour plus de détails sur NetAct (voir l'Annexe A). La figure III.6 illustre l'interface d'accueil de NetAct.

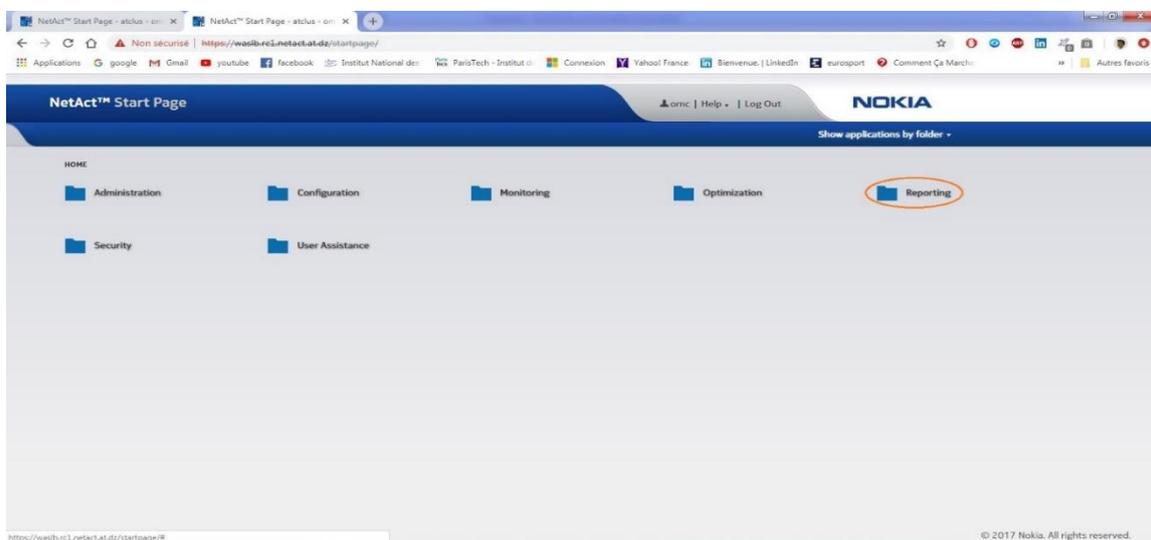


Figure III.6 : Interface d'accueil de NetAct

III.7.3. Excel

Microsoft Excel est un tableur développé par Microsoft pour Windows, Android et iOS. Il comporte des outils de calcul, des outils graphiques, des tableaux croisés dynamiques et un langage de

programmation de macros appelé Visual Basic pour applications. Il s'agit d'un tableur très largement utilisé pour ces plates-formes en particulier depuis la version 5 de 1993. Excel fait partie de la suite logicielle Microsoft Office.

III.7.4. MapInfo

MapInfo pro est un logiciel de système d'information géographique de bureau produit par pitney Bowes Software et utilisé pour la cartographie et l'analyse de localisation. MapInfo pro permet aux utilisateurs de visualiser, d'analyser, d'éditer, d'interpréter, de comprendre et d'exporter des données afin de révéler les relations, les modèles et les tendances. MapInfo pro permet aux utilisateurs d'exporter des données spatiales dans un jeu de données, de symboliser des entités et de créer des cartes.

III.7.5. MapBasic

MapBasic est un langage de programmation permettant de créer des outils et des fonctionnalités supplémentaires pour le système d'information géographique MapInfo professionnel.

III.7.6. Google Earth

Qui est un logiciel gratuit permettant d'observer la plupart des régions du monde. Il est aussi utilisé pour la planification et dimensionnement des réseaux mobiles.

III.8. Processus d'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.

La figure ci-dessous schématise les étapes d'optimisation d'un réseau.

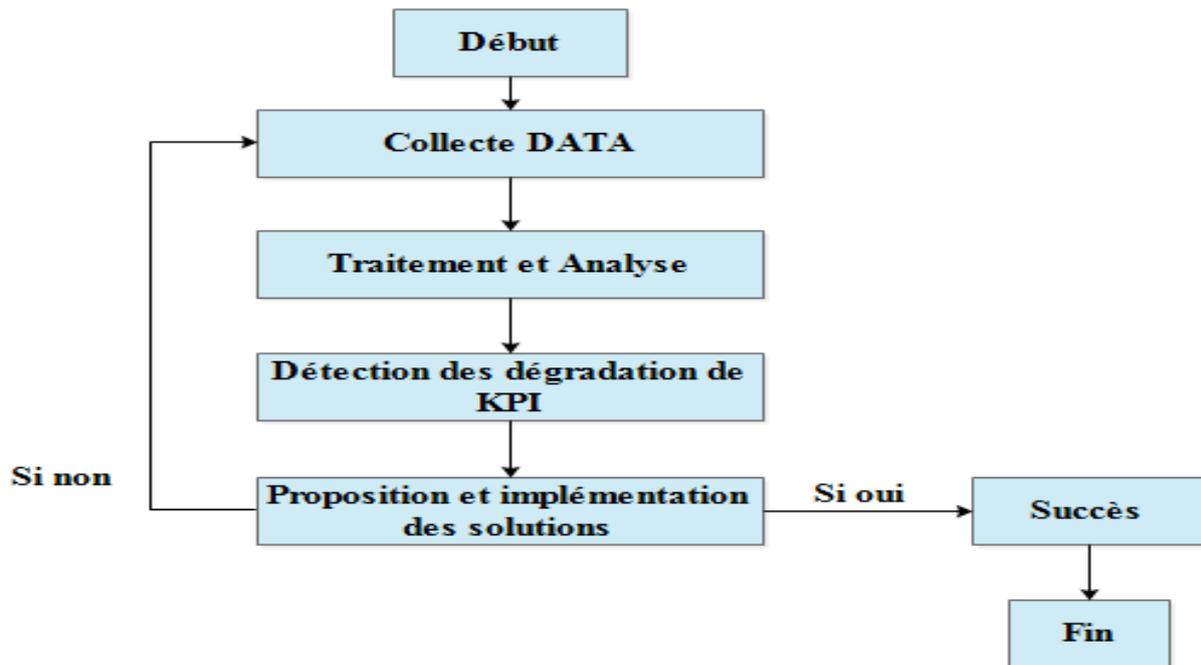


Figure III.7 : Processus d’optimisation

Comme chaque entreprise propose un processus d’optimisation, voici le processus d’optimisation d’Algérie Télécom.

- ✚ Collecte DATA : les données sont collectées à partir de plusieurs plateformes telles que l’U2000, NetAct, NetNumen, OSS_RC (dans notre cas on utilisera l’U2000), la figure ci-dessous représente un rapport extrait de l’U2000 qui contient les dates, les noms des sites et les cellules avec leurs identifiants et l’ensemble des compteurs pour le calcul des KPIs.

Start Time	NE Name	Cell	L.RA.GrpA.Att (None)	L.RA.GrpA.ContResolu	L.RA.GrpB.Att (Non)	L.RA.GrpB.ContResolut	L.RA.Dedicat	L.RA.Dedicat	L.Traffic.User	L.Traffic.User
05/01/2019 00:00	Zeralda_1610	eNodeB Func	801	762	0	0	0	0	20,184	26
05/01/2019 00:00	EL BIAR DIRI	eNodeB Func	301	295	0	0	1	1	6,594	9
05/01/2019 00:00	Zeralda_1610	eNodeB Func	402	401	0	0	0	0	12,043	15
05/01/2019 00:00	EL BIAR DIRI	eNodeB Func	4854	926	29	1	66	43	19,528	28
05/01/2019 00:00	APC Sidi ELK	eNodeB Func	381	337	8	8	0	0	20,259	23
05/01/2019 00:00	Zeralda_1610	eNodeB Func	363	363	0	0	0	0	6,69	9
05/01/2019 00:00	REGHAIA_AI	eNodeB Func	412	307	0	0	222	222	7,007	10
05/01/2019 00:00	EL BIAR DIRI	eNodeB Func	292	292	1	1	0	0	13,297	16

Figure III.8 : Rapport des clusters d’Alger

- ✚ Traitement et Analyse : nous allons traiter les data à l’aide de l’outil Excel en utilisant les tableaux croisés dynamiques et les graphes en courbe (voir l’annexe A).
- ✚ Détection des dégradations de KPI : détection des sites ou des cellules ayant un KPI dégradé comme le RACH_SR, RRC_SR et le RRC Rest_SR.

- ✚ Propositions et implémentation des solutions : elles dépendent de la nature du problème qui a fait dégrader le KPI.

III.8. Conclusion

Dans ce chapitre nous sommes attachés à deux paramètres essentiels, RACH et RRC nous avons bien présenté leur procédure.

Nous sommes basés aussi sur les différents KPIs utilisés en LTE, l'étude de ces indicateurs de performance nous permis de mesuré les performances sur un réseau entier. Pour cela nous avons défini les KPIs de l'accessibilité ainsi que leurs formules et leurs compteurs utilisés.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter le processus d'optimisation d'un réseau LTE. Comme il comporte une série de propositions et de solutions d'optimisation effectués pour les différentes régions.

IV.1. Introduction

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.

Le processus courant consiste à diviser le réseau en groupes de sites (clusters) et à optimiser ces clusters afin d'atteindre les seuils de KPIs fixés.

Nous avons vu dans le chapitre trois, le processus d'optimisation qui permet grâce à son cycle périodique d'automatiser les actions à entreprendre suite aux différentes analyses effectuées. Nous avons précisé aussi toutes les parties prenantes du processus d'optimisation, que soit les KPIs ou les données extraites des différents OSS (U2000 & NetAct), dans ce chapitre, nous étudierons plusieurs cas de figures de KPI's dégradés que nous optimiserons en proposant différentes techniques et solutions.

IV.2. Problématique

Ce travail rentre dans le cadre du projet de l'opérateur Algérie Telecom qui a pour but d'améliorer la performance des réseaux 4G. La problématique à résoudre consiste à respecter les seuils des principaux indicateurs de performances (KPI) de réseau selon les détails fixés par l'opérateur client. Les KPIs reflètent l'état de 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, couverture, qualité...). Il sera par ailleurs procédé aux analyses des statistiques pour proposer des solutions. Le but de ce travail est de palier aux situations et proposer des solutions pour les régions les plus affectées.

Comment peut-on optimiser ces paramètres d'accessibilité dans un réseau 4G/LTE?

IV.3. Analyse de KPI et optimisation d'un réseau

En analysant l'ensemble des KPIs d'accessibilité de réseau 4G d'Algérie Télécom, nous avons constaté que le RACH, le RRC et le RRC ReEst sont dégradés dans plusieurs régions telles que : Alger, Bechar et Saida ...etc.

Durant cette partie pratique, nous allons étudier et analyser plusieurs cas proposant des KPIs d'accessibilité dégradés pour finir par une proposition de différentes solutions d'optimisation.

IV.3.1. Optimisation du RACH

IV.3.1.1 Optimisation du RACH du Cluster Alger

À partir de la plateforme U2000, on a généré un rapport contenant les compteurs liés au RACH et à l'aide de la formule (III.1), nous avons calculé le RACH_SR du cluster d'Alger (146 eNodeB's) durant la période allant du 1 avril au 14 avril.

L'analyse du RACH_SR du cluster Alger nous a donné le graphe ci-dessous :

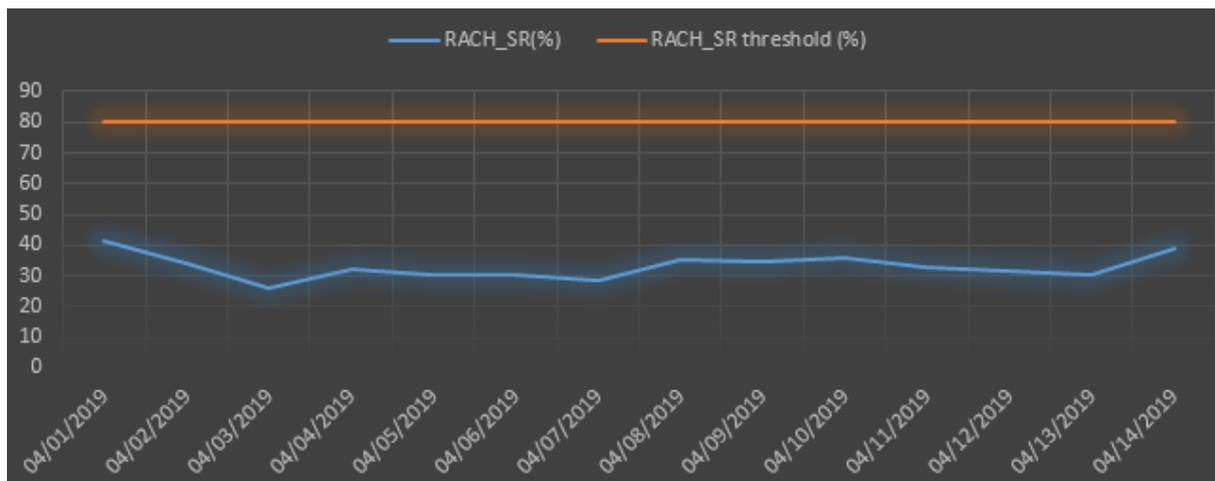


Figure IV.1 : Le taux d'établissement de réussite RACH

Le graphe de la figure (IV.1) nous montre que le RACH_SR varie entre 20 et 40 % qui est une valeur au-dessous du seuil fixé par AT qui est de 80%.

Afin d'améliorer le RACH_SR du cluster Alger, nous proposons d'appliquer la technique PRACH False Alarm (PFA) en ouvrant les switches suivants (RootSeqConflictDetSwitch, PRACHFalseAlarmDetSwitch) ainsi que l'ajustement de la distance de detection de la fausse alarme (de 1000m à 500m) avec le MML Command.

PFA (PRACH False Alarm) : est définie comme une probabilité totale conditionnelle de détection erronée du préambule (c'est-à-dire une détection erronée d'un détecteur) lorsque l'entrée est uniquement du bruit.

Une fois le script du PFA exécuté sur l’U2000, on a traité à nouveau le rapport lié au RACH_SR. Le résultat d’analyse de ce dernier nous a donné la figure suivante :

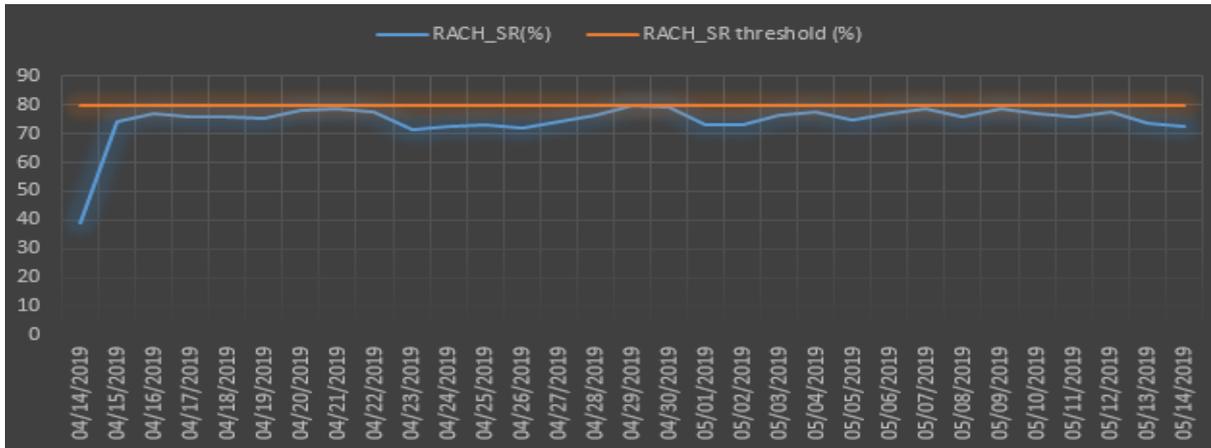


Figure IV.2 : Le taux d’établissement de réussite RACH amélioré

L’implémentation du PFA sur le cluster d’Alger a donné des résultats satisfaisants où nous remarquons que le RACH_SR est passé de 40% à presque 80%.

Une fois le PFA appliquée, on a vérifié le RACH_SR par site et par cell et nous avons constaté que le RACH est dégradé dans certaines cellules telles que Baba Ali_1 et Sidi Boukhris_1 comme montré sur les figures IV.3 et IV.4.

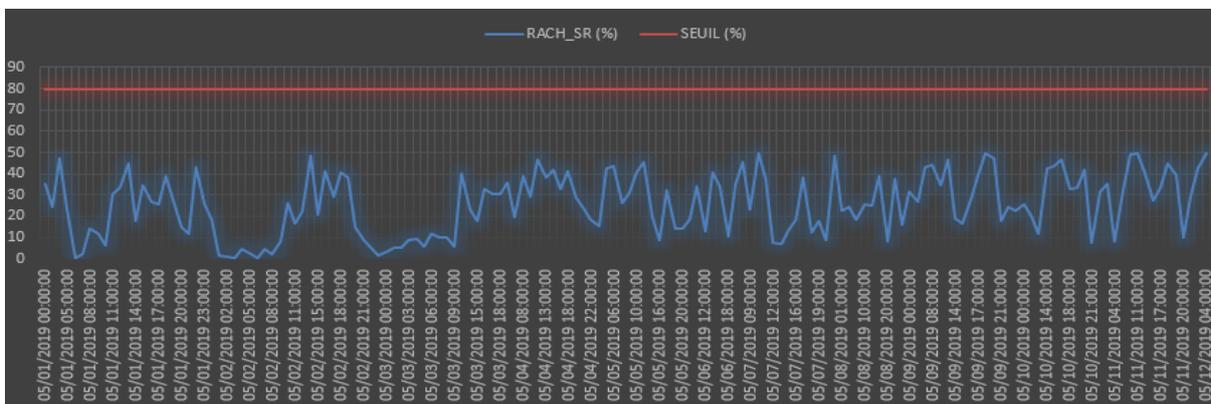


Figure IV.3 : Dégradation de RACH de la cellule 1-site Baba Ali

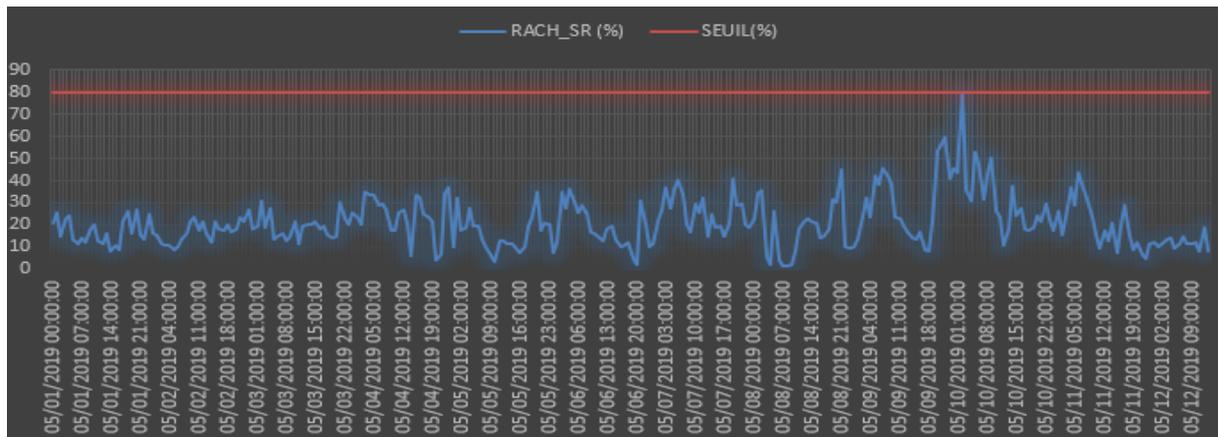


Figure IV.4 : Dégradation de RACH de la cellule 1-site Sidi Boukhriss

Dans ce qui suit, nous allons essayer d'étudier le cas de Sidi Boukhriss pour définir les causes de cette dégradation du RACH_SR.

IV.3.1.2. Optimisation du RACH de la Cellule 1 de Sidi Boukhriss

IV.3.1.2.1. Problème d'overshooting et de TAC Border

La configuration du RACH des cellules de Sidi Boukhriss_16582 est faite avec un format de préambule 0 qui implique un rayon maximal de 15km. Toute fois sur le site il a été paramétré à 10km pour offrir de meilleures conditions d'accessibilité et une meilleure qualité de service.

Vu la position haute du site de Sidi Boukhriss_16582, on a soupçonné le phénomène d'overshooting qui touche considérablement le RACH_SR, où certains users se trouvant à plus de 6.5km essayent d'accéder tout en ayant de mauvaises conditions radio.

Afin de prouver cette hypothèse d'overshooting de la cellule 1 de Sidi Boukhriss, on a généré un rapport contenant les index du TA¹(Timing Advanced) (voir l'Annexe B). Afin de voir la distribution des users. L'analyse du rapport des TA nous a donné le résultat illustré sur la figure IV.5.

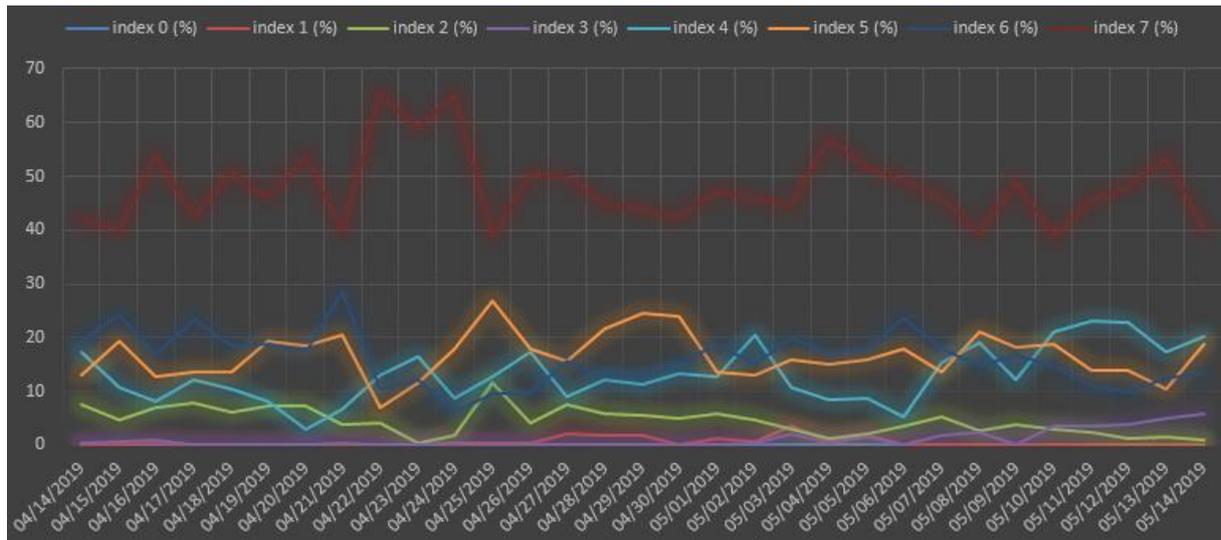


Figure IV.5: Index du Timing Advanced

En corrélant la figure du mapping des index de TA (figure IV.6) et le graphe (figure IV.5) qui illustre les KPIs des index de TA de la cellule 1 avec la projection de ces derniers sur Google Earth (figure IV.7), nous avons constaté que plus de la moitié des d'utilisateurs de la cellule 1 (approximativement 60%) se connectent à une distance supérieure ou égale à 6.5km ainsi qu'avec un TAC différent.

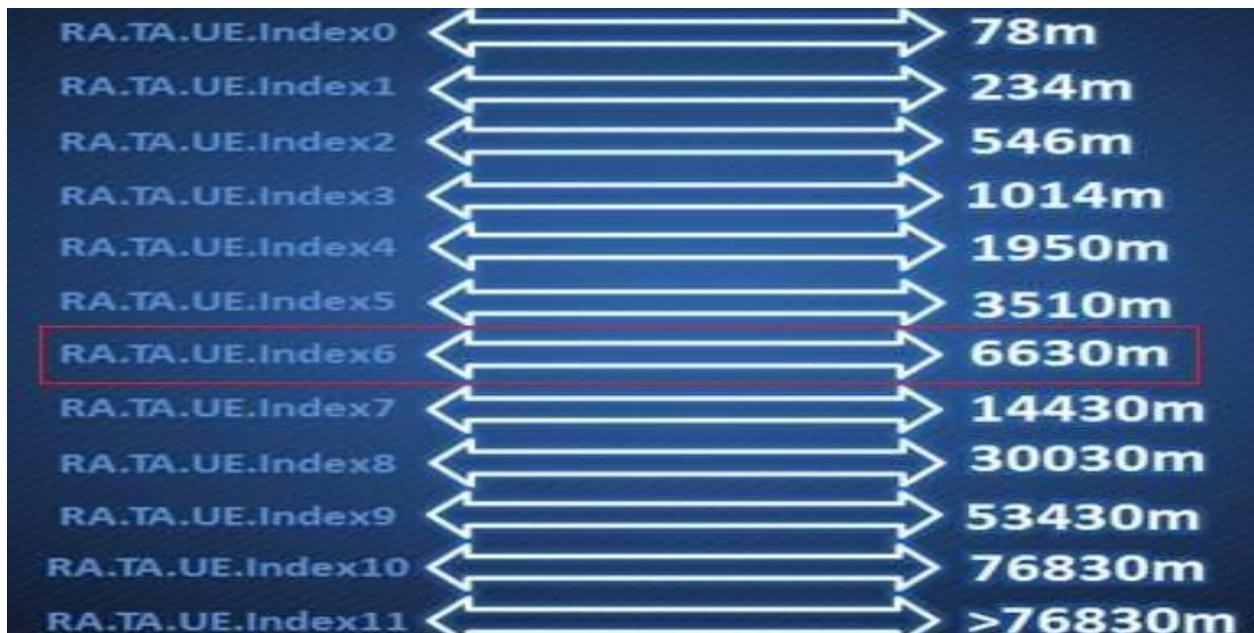


Figure IV.6 : TA mapping

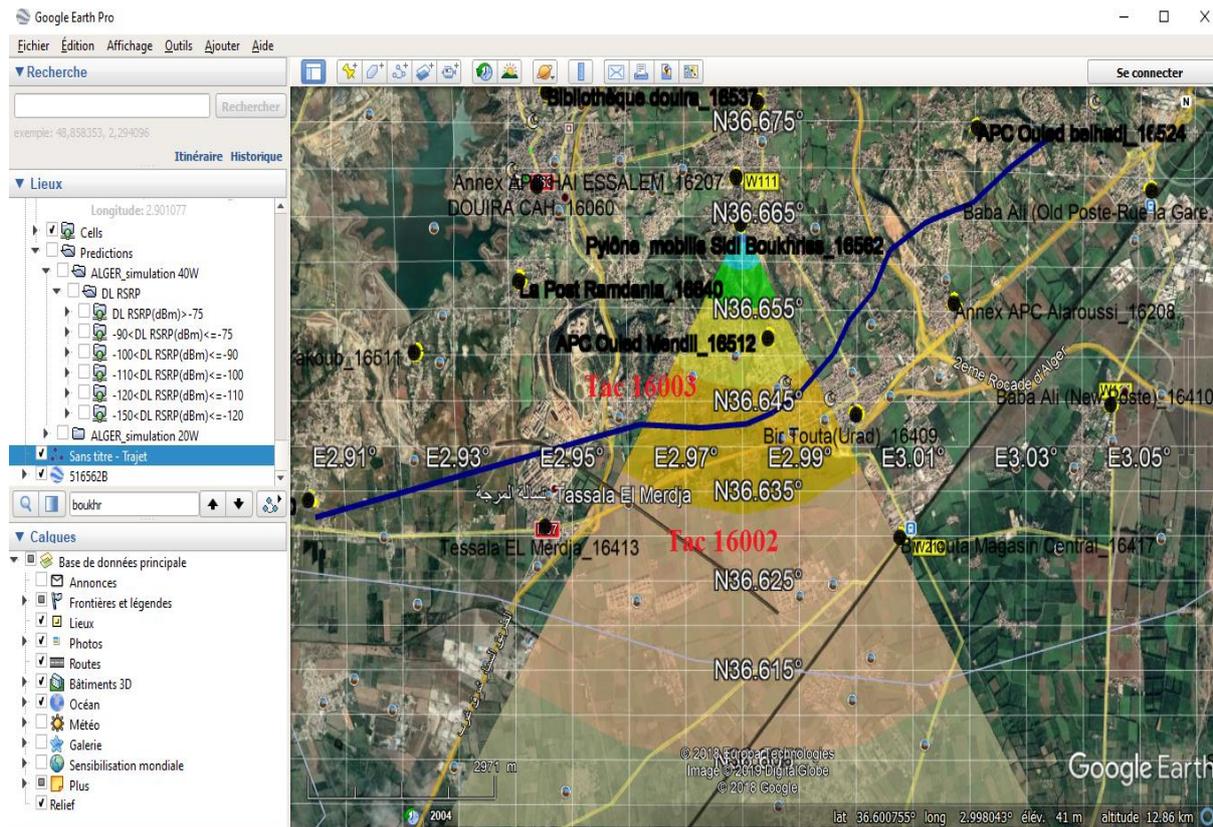


Figure IV.7 : Illustration des TA de la cellule 1 de Sidi Boukhris sur Google Earth

La figure IV.7 illustre réellement que la cellule 1 de l'e_NB de Sidi Boukhris située à l'Ouest d'Alger avec un TAC 16003 overshoots sur d'autres e_NBs situés dans le centre d'Alger qui possèdent un TAC 16002 ; donc les UEs avec un TAC 16002 tentent toujours de s'attacher à Sidi Boukhris puisque vu que c'est un site dominant sans pouvoir y'arriver et vont être rejetés ce qui décroît le RACH_SR.

Pour ce cas d'optimisation, nous proposons de jouer sur les paramètres de la puissance (Power), et l'inclinaison des tilts électriques.

IV.3.1.2.2 Implémentation des solutions

Pour réduire cet overshooting, nous allons implémenter les deux actions que nous avons citées auparavant.

IV.3.1.2.2.1 Control de puissance

La première étape de notre optimisation consiste à réduire la puissance d'émission des antennes de l'eNB de 40 watts à 20 watts en utilisant l'interface linux de l'U2000 (MML Command)

Nous commençons par lister en premier lieu en utilisant la commande 'LST PDSCHCFG'. L'exécution de cette commande nous a donné le résultat suivant :

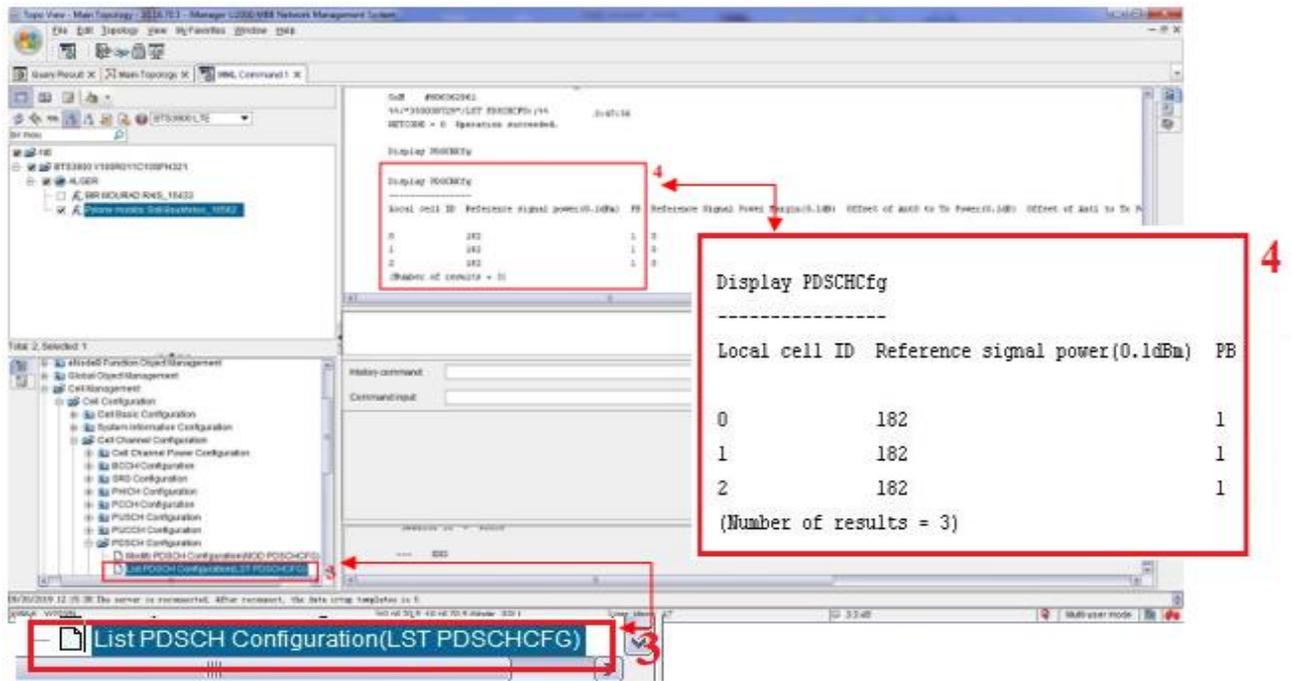


Figure IV.8 : Configuration du power des 3 cellules de Sidi Boukhris

Nous remarquons que la configuration initiale du power du site de Sidi Boukhris est de 18.2 dbm qui représente une puissance totale de 40 watts (18.2 dbm est le RS power ; la puissance d’une sous porteuse).

Afin de réduire la puissance de la cellule 1 qui est sujet de notre optimisation, on utilisera la commande ‘MOD PDSCHCFG ‘ pour réduire la puissance de 40 watts (18.2 dbm) à 20 watts (15.2dbm).

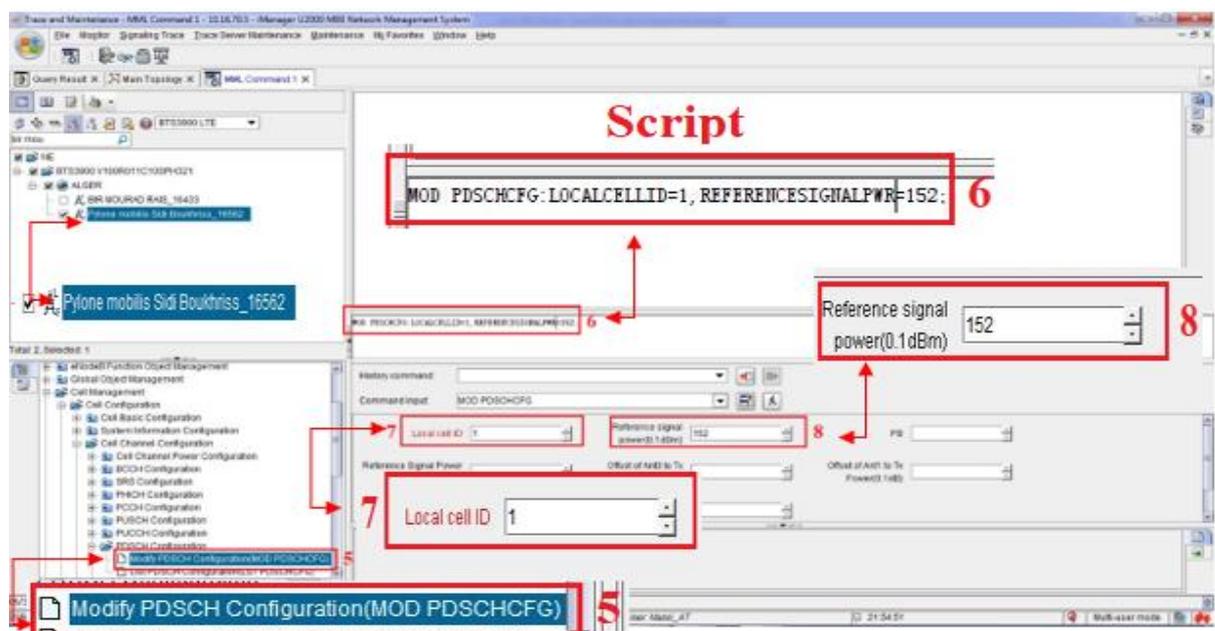


Figure IV.9 : Exécution de la commande MOD PDSCHCFG

Afin de voir le résultat de la modification, on va lister encore et une fois et le résultat est illustré sur la figure IV.10.

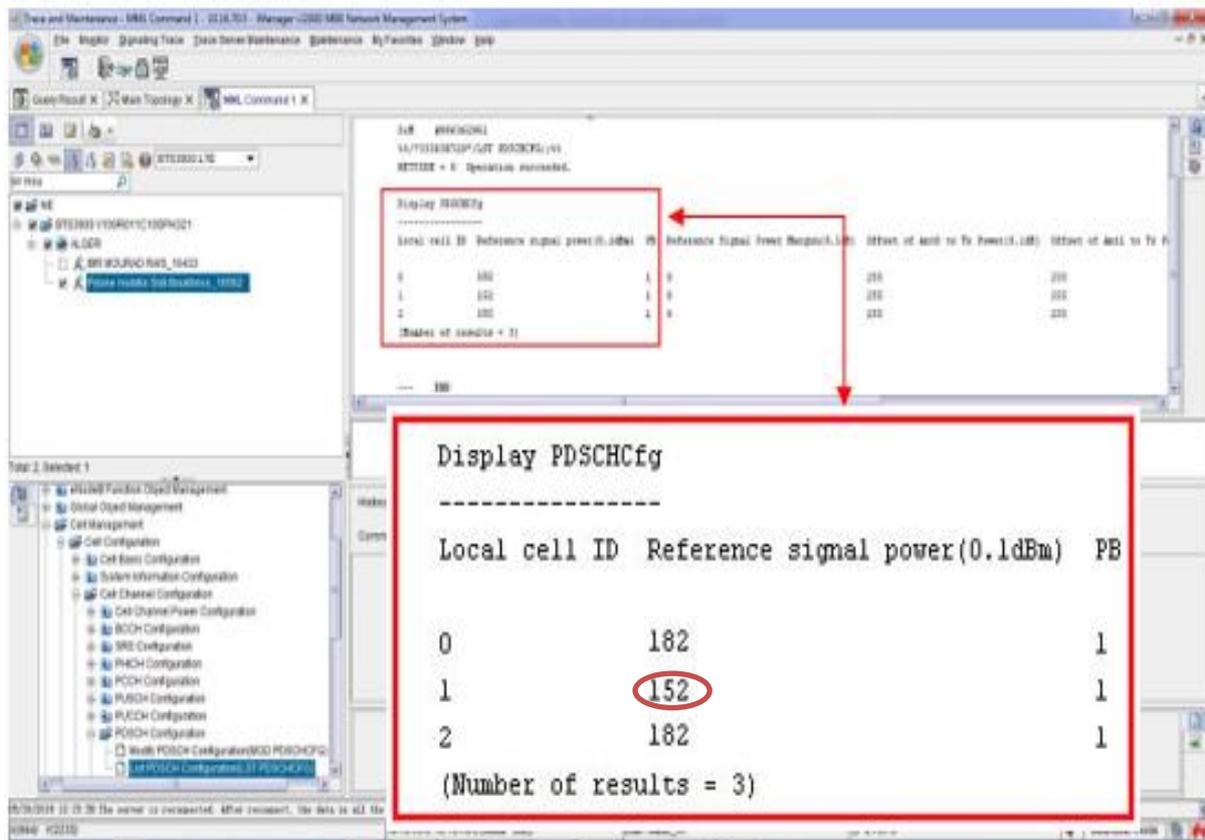


Figure IV.10 : Résultat de la commande LST PDSCHCFG

Nous pouvons remarquer que la puissance de la Cell1 est désormais 20 watts (15.2dbm)

Une fois le contrôle de puissance fini, on passera à la 2eme action qui est le downtilt électrique.

IV.3.1.2.2.2 Electrecal Downtilt (inclinaison du tilt électrique)

Avant de calculer l’angle d’inclinaison nécessaire, voici quelques définitions :

- **Le tilt :** est une inclinaison verticale du lobe principale d’une antenne.
- **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.

Après avoir affiché le profil d’élévation dans Google Earth (voir la figure IV.11), nous remarquons que la position du site de Sidi Boukhris est très haute et dominante ce qui a causé l’overshooting.

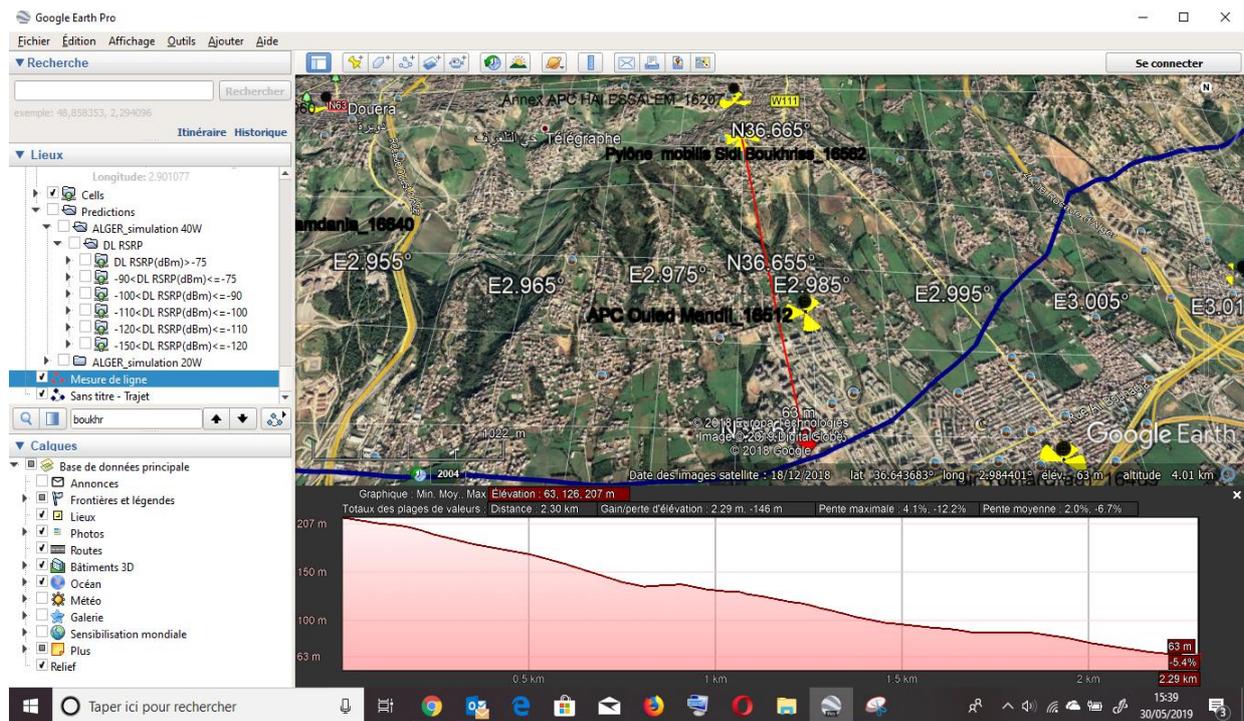


Figure IV.11 : Illustration du profil d’élévation dans Google Earth

Pour réduire la portée du signal du la Cell 1 de Sidi Boukhris ; nous calculerons l’angle d’inclinaison ‘ α ’ nécessaire pour éviter le TAC border avec les sites d’Alger centre.

En exécutant la commande ‘LST RETSUBUNIT’, nous pourrons voir la configuration des tilts du site de Sidi Boukhris.



Figure IV.12 : Configuration des tilts avant l’optimisation

Nous pouvons voir sur la figure IV.12 que le tilt de la Cell1 est de 5°.

Pour calculer α , on utilise la formule ci-dessous :

$$\text{tg } \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

À l'aide de profil d'élévation (voir la figure IV.11), nous pouvons calculer α qui sera le nouveau tilt de la cell1 où :

$\text{tg } \alpha = \frac{(207+20)-63}{2290} = 0.07$ Où 20 est la hauteur où se trouve l'antenne et 207 est l'altitude où se trouve le site par rapport au niveau de la mer.

$$\alpha = \text{tg}^{-1}(0.07) = 4^\circ$$

$$\alpha = 4^\circ + 3^\circ = 7^\circ$$

Remarque :

3° est l'angle d'ouverture maximale

Une fois α calculé, on fera les changements en utilisant la commande 'MOD RETSUBUNIT' comme montré ci-dessous :

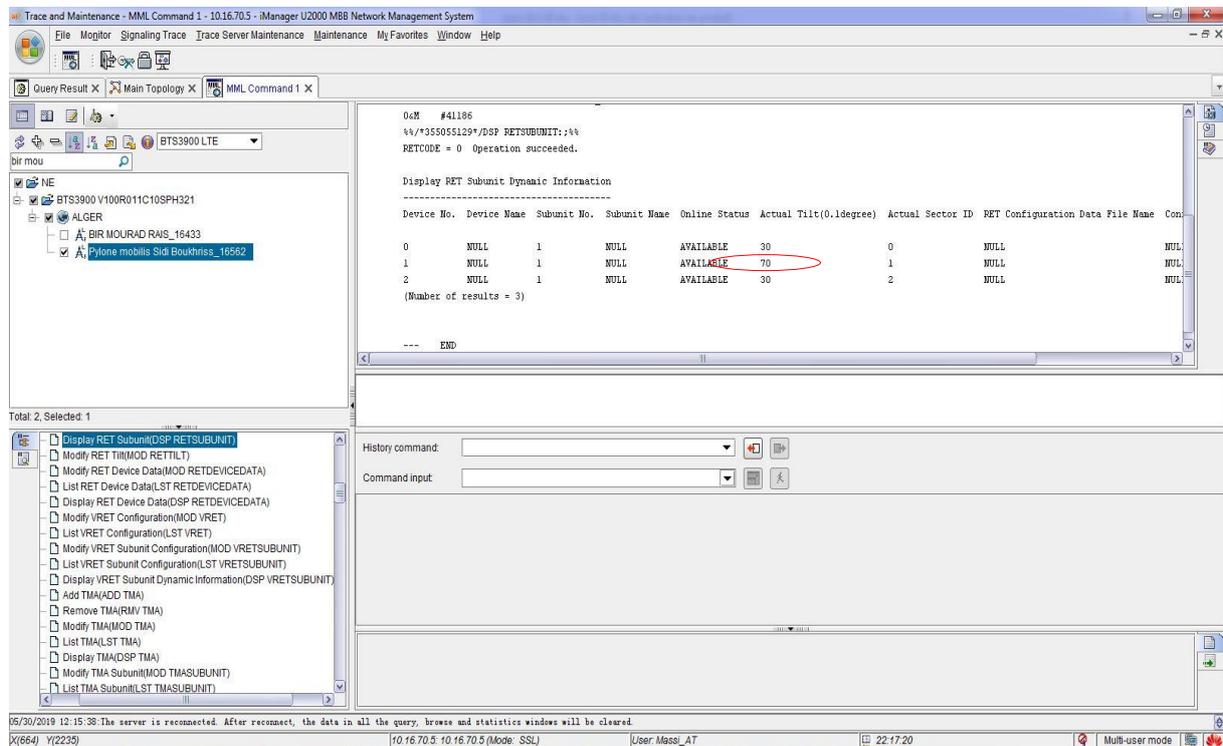


Figure IV.13 : Le tilt de la Cell1 après modification

Problème de Tac Border

Dans notre cas le tac border de Sidi boukheris est différent de tac des autres sites (comme le montre la figure IV.7). Le tac n'est pas compatible, donc l'antenne va le rejeter. C'est pour ça le RACH est toujours dégrader.

Après l'implémentation des solutions proposées en haut, nous allons passer à la vérification du RACH_SR par jour et par heure.

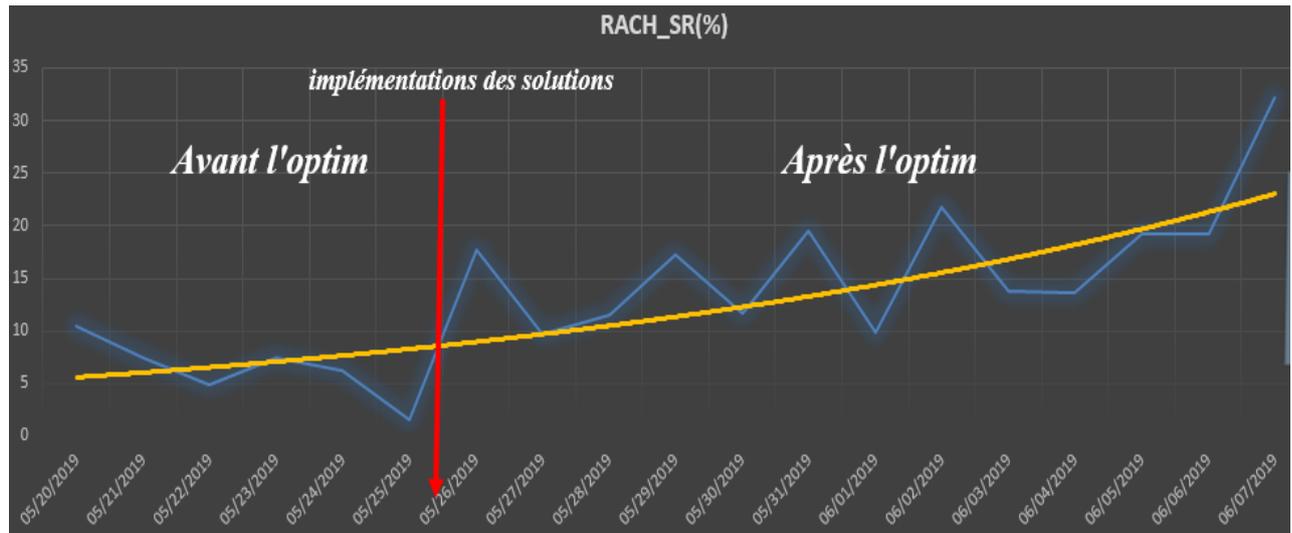


Figure IV.14: Le KPI RACH_SR après l'optimisation

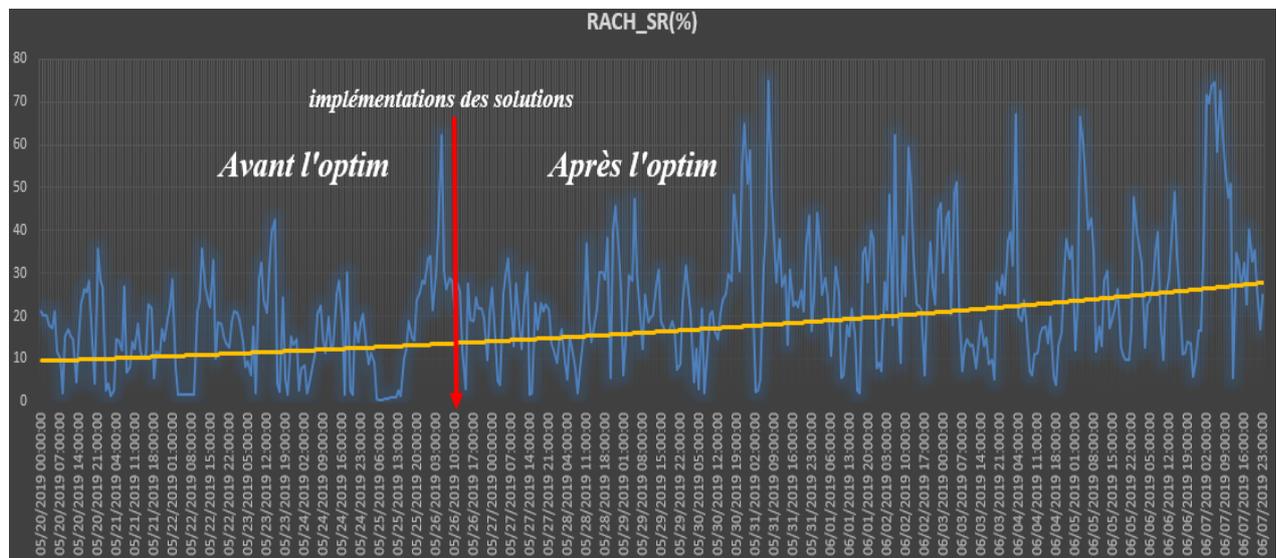


Figure IV.15 : Le taux de réussite de RACH de la cellule 1 du Sidi Boukhris

Nous pouvons remarquer sur les deux graphes ci-dessus que le RACH_SR de la cellule 1 de Sidi Boukhris s'est amélioré considérablement où la moyenne du RACH_SR par jour est passée de moins de 10% à plus de 30%.

Conclusion : notre optimisation du site de Sidi Boukhris a donné plus que satisfaction où nous avons réussi à réduire les phénomènes d’overshooting ainsi que celui du TAC border qui causent d’énormes problèmes a Algérie Télécom.

IV.3.1.3. Optimisation de RACH sur cluster de Bechar

Dans l’application Fault Management de l’U2000, des alarmes sont apparues signalant un conflit de RSI des sites de Bechar comme montré sur la figure ci-dessous :

Severity	Alarm ID	MO Name	Name	NE Type	Alarm Source	Location Information
Minor	26247	Ouakda_08218	Configuration Failure	BTS3900 LTE	Ouakda_08218	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	CDC_08203	Configuration Failure	BTS3900 LTE	CDC_08203	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	CROIX ROUGE_08	Configuration Failure	BTS3900 LTE	CROIX ROUGE_08229	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	RECETTE PRINCIP	Configuration Failure	BTS3900 LTE	RECETTE PRINCIPAL_08231	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	Erg Ferradj_08202	Configuration Failure	BTS3900 LTE	Erg Ferradj_08202	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	Gherrassa_08210	Configuration Failure	BTS3900 LTE	Gherrassa_08210	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	PC Bechar_08222	Configuration Failure	BTS3900 LTE	PC Bechar_08222	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	Ex CMRR_08100	Configuration Failure	BTS3900 LTE	Ex CMRR_08100	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	Protection civile Ro	Configuration Failure	BTS3900 LTE	Protection civile Rond point_08234	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	Annexe APC Kenar	Configuration Failure	BTS3900 LTE	Annexe APC Kenadsa_08253	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	Universite_08256	Configuration Failure	BTS3900 LTE	Universite_08256	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	URAD BECHAR Dji	Configuration Failure	BTS3900 LTE	URAD BECHAR Djidid_08103	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	Annexe APC Hay E	Configuration Failure	BTS3900 LTE	Annexe APC Hay El djorf ABADLA_08255	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	CA Bechar_08102	Configuration Failure	BTS3900 LTE	CA Bechar_08102	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	ABADLA_08201	Configuration Failure	BTS3900 LTE	ABADLA_08201	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	Hay Djorf 511 Lotis	Configuration Failure	BTS3900 LTE	Hay Djorf 511 Lotissement route bechar dje	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	Kenadsa_08211	Configuration Failure	BTS3900 LTE	Kenadsa_08211	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	Barga_08209	Configuration Failure	BTS3900 LTE	Barga_08209	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	El Ouata_08206	Configuration Failure	BTS3900 LTE	El Ouata_08206	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	LAHMAR_08217	Configuration Failure	BTS3900 LTE	LAHMAR_08217	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	Sfisifa_08269	Configuration Failure	BTS3900 LTE	Sfisifa_08269	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	Universite route Lah	Configuration Failure	BTS3900 LTE	Universite route Lahmar_08235	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict
Minor	26247	LOUZA_22267	Configuration Failure	BTS3900 LTE	LOUZA_22267	Specific Problem=PRACH Root Sequence Conflict

Figure IV.16 : Les alarmes signalent un conflit de RSI

Ces alarmes de conflit de RSI par définition causent une dégradation du RACH_SR. Pour confirmer cette hypothèse, nous appliquerons le processus d’optimisation qu’on a conçu.

IV.3.1.3.1 Collecte et analyse de KPI

Nous commençons par collecter les différents compteurs liés au RACH de l’ensemble des sites de la wilaya de Bechar sur le réseau LTE 4G avec la plateforme U2000 durant la période de 05 avril au 01 mai. Nous calculons le RACH_SR de l’ensemble des sites de Bechar en utilisant la formule III.1.

Une fois le calcul du RACH effectué, nous analyserons les données et nous tracerons l’allure du RACH durant la période allant du 11 Avril au 30 Avril avec un échantillonnage daily comme illustré sur la figure ci-dessous.

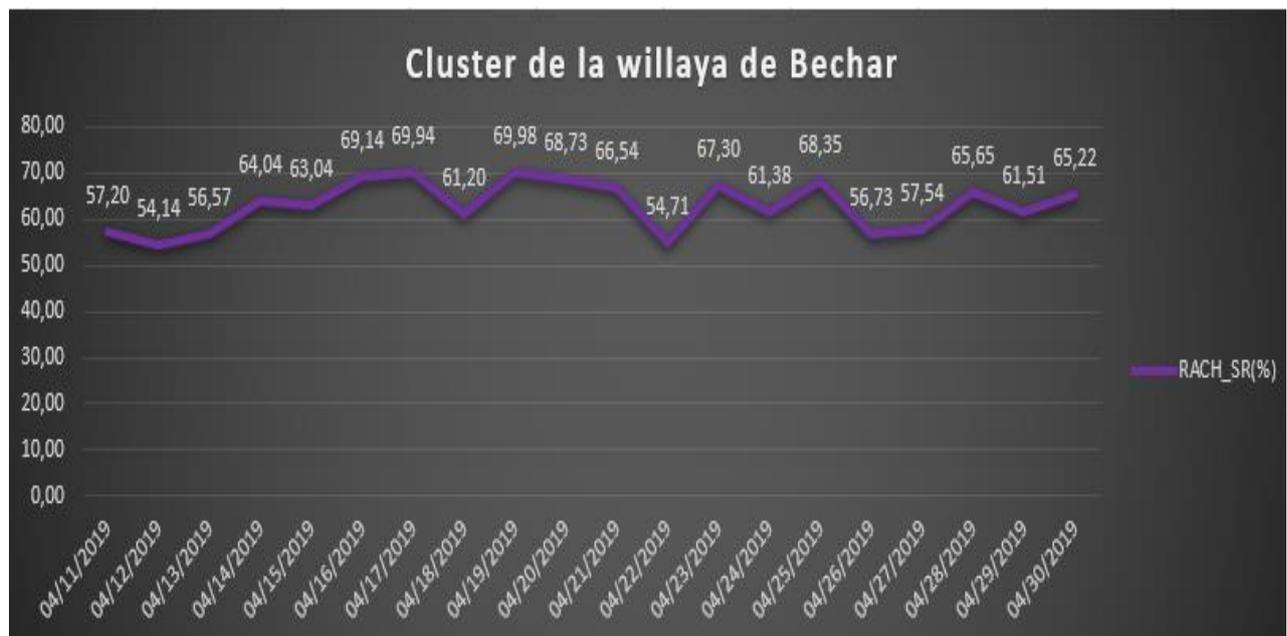


Figure IV.17 : Le taux d’établissement de réussite de RACH

Nous remarquons que la moyenne quotidienne du RACH_SR du cluster Bechar ne dépasse pas les 70% qui est une valeur dégradée par rapport au seuil fixé qui est de 80%.

Action

Donc afin d’améliorer le RACH, nous allons proposer d’appliquer la technique PFA. L’analyse nous a donné ces résultats.

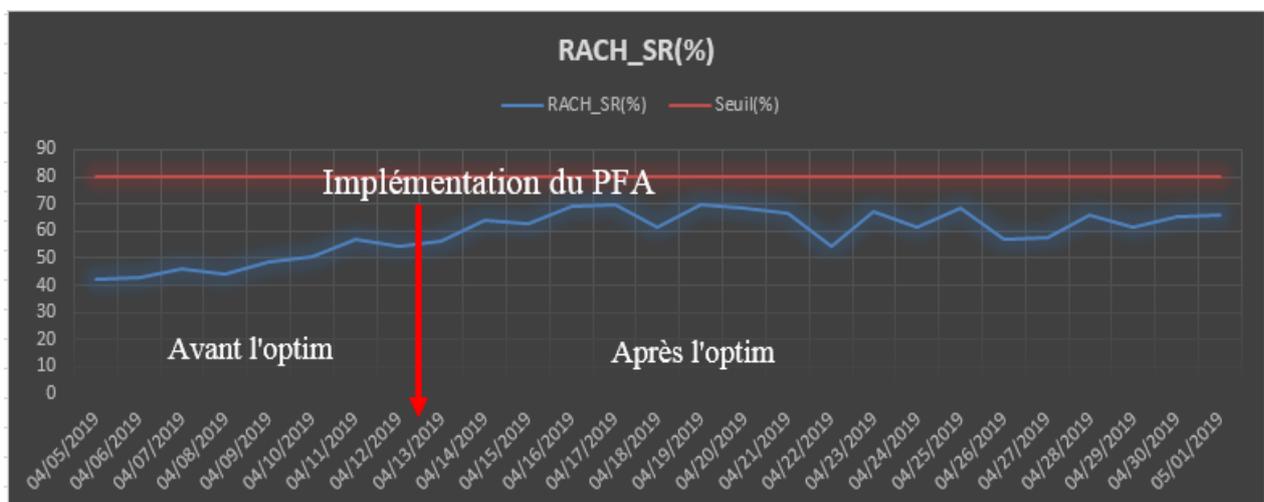


Figure IV.18 : Le taux d’établissement de réussite de RACH

Après l'application de PFA, nous voyons l'augmentation de KPI RACH Succes Rate à partir le 14 mai, mais nous n'avons pas atteint le seuil (80%). Pour cela, nous sommes obligés de trouver une autre solution afin d'améliorer le RACH.

Nous avons généré un paramétrage des RSI des sites de Bechar sous format d'Excel afin de confirmer s'il y a un conflit de RSI comme le montre le tableau ci-dessous.

Site	Cell NAME	LOCAL CELL ID	Root Sequence Index
Ex CMRR_08100	508100A	0	48
Ex CMRR_08100	508100B	1	51
Ex CMRR_08100	508100C	2	50
A Bechar_0810	508102A	0	47
A Bechar_0810	508102B	1	44
A Bechar_0810	508102C	2	49
BECHAR Djidid	508103A	0	11
BECHAR Djidid	508103B	1	46
BECHAR Djidid	508103C	2	45
ABADLA_08201	508201A	0	61
ABADLA_08201	508201C	2	63
rg Ferradj_0820	508202A	0	62
rg Ferradj_0820	508202B	1	58
rg Ferradj_0820	508202C	2	57
CDC_08203	508203A	0	42
CDC_08203	508203B	1	41
CDC_08203	508203C	2	43
El Ouata_08206	508206A	0	5
Taghit_08208	508208A	0	0
Taghit_08208	508208B	1	5
Barga_08209	508209C	2	20

Tableau IV.1 : Paramétrage des Root Sequence Index

Nous remarquons que les valeurs de RSI n'ont pas respectés la condition de l'écart de 8 se qui a rend la configuration des RSI influe sur le RACH.

Afin de confirmé qu'il y a le conflit de RSI, nous allons utiliser le MapInfo ainsi que le MapBasic avec le programme que nous allons conçue avec le Visual Basic.

Ouverture d'une table sur MapInfo

Il est possible d'ouvrir beaucoup d'autres fichiers que le fichier .xsl, mais ils seront en lecture seule, donc non modifiables. Pour avoir ces fichiers à l'affichage, il faut choisir la visualisation adaptée dans la fenêtre ouvrir. Par exemple, pour un fichier .txt (pour transformer ce fichier en table mapinfo, voir la fenêtre ci-dessous). Dans l'icône Home, nous ouvrons une table (open → table).

Après le double clic sur table, nous avons obtenu cette fenêtre.

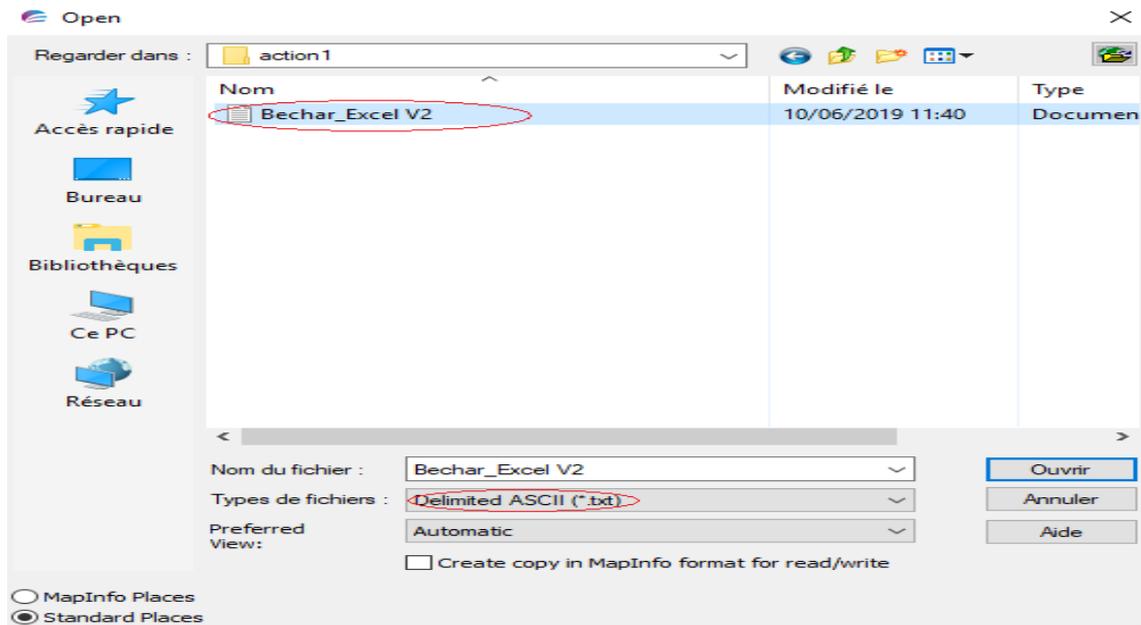


Figure IV.19 : L'ouverture de fichier texte sur MapInfo

Nous allons sélectionner le fichier que nous souhaitons ouvrir, et en cliquant sur le bouton ouvrir, nous avons transformé le fichier texte en table MapInfo en couchant Tab et Use First Line for Column Titles. En cliquant sur le bouton ok, nous avons y avoir notre table MapInfo (voir la figure IV.20).

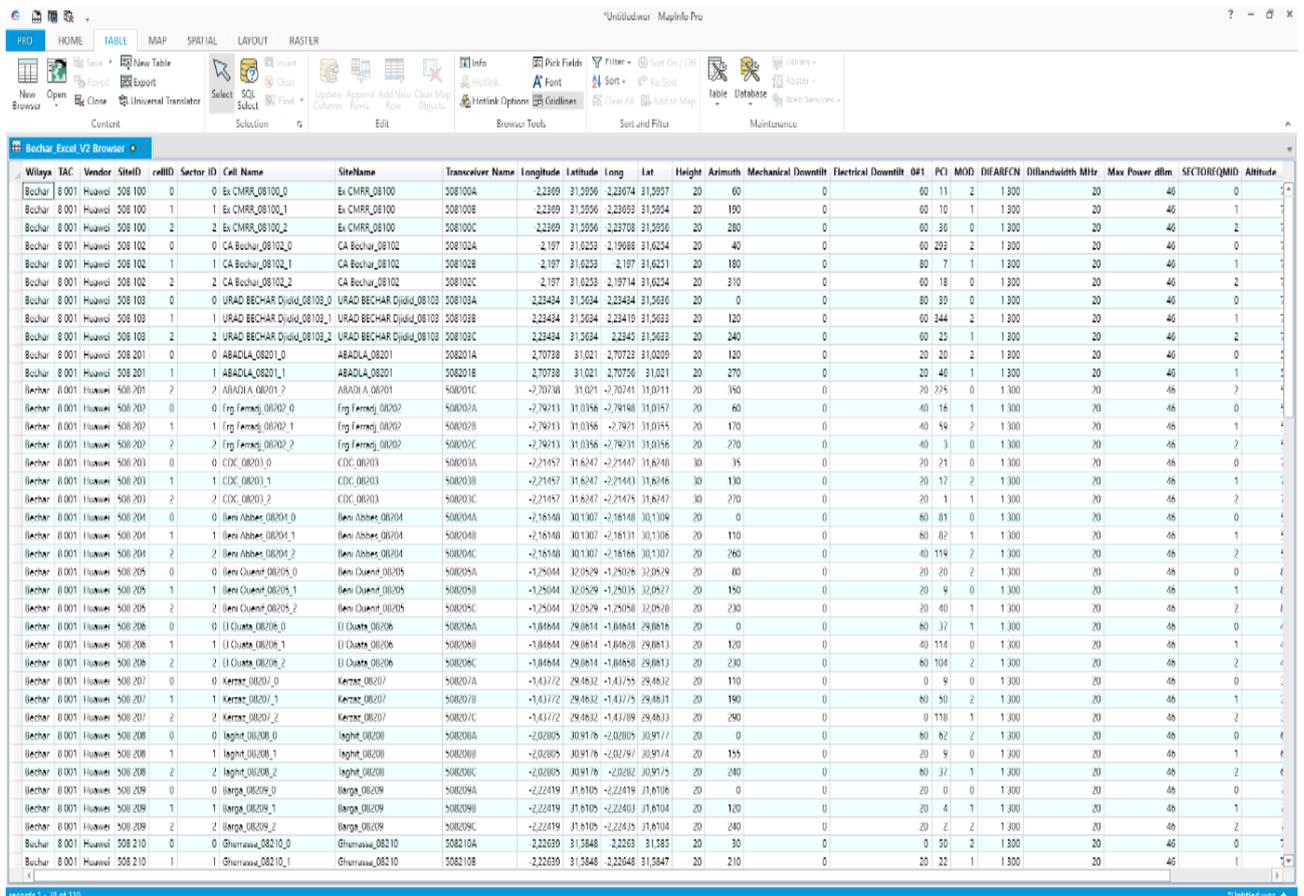


Figure IV.20 : Une table MapInfo

Nous allons passer à la création des points qui présente les sites de Bechar. En cliquant sur spatial, une icône apparaitre (create point). Après avoir cliqué sur create point, nous obtenons cette fenêtre où nous allons choisir un symbole et modifier longitude par long ainsi que l'altitude par lat.

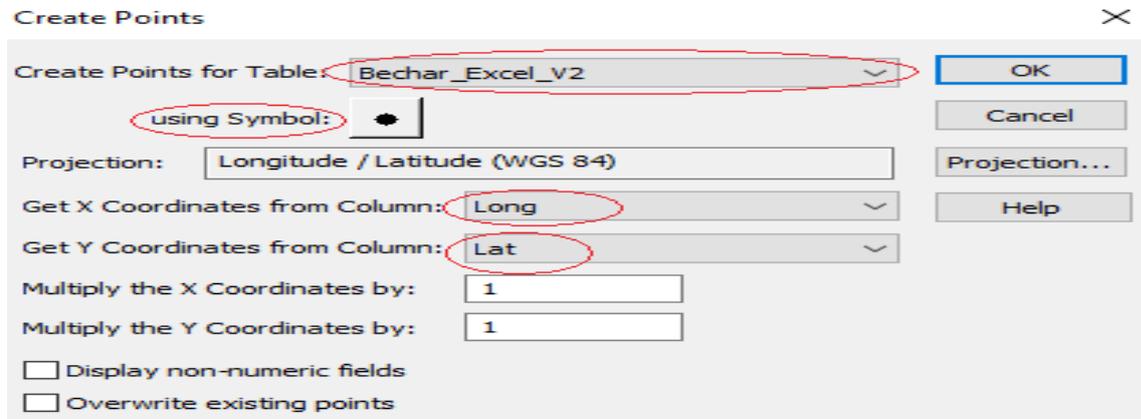


Figure IV.21 : Création de points

Nous cliquons sur le bouton ok après Map, nous avons obtenu les sites de Bechar sous forme de point.

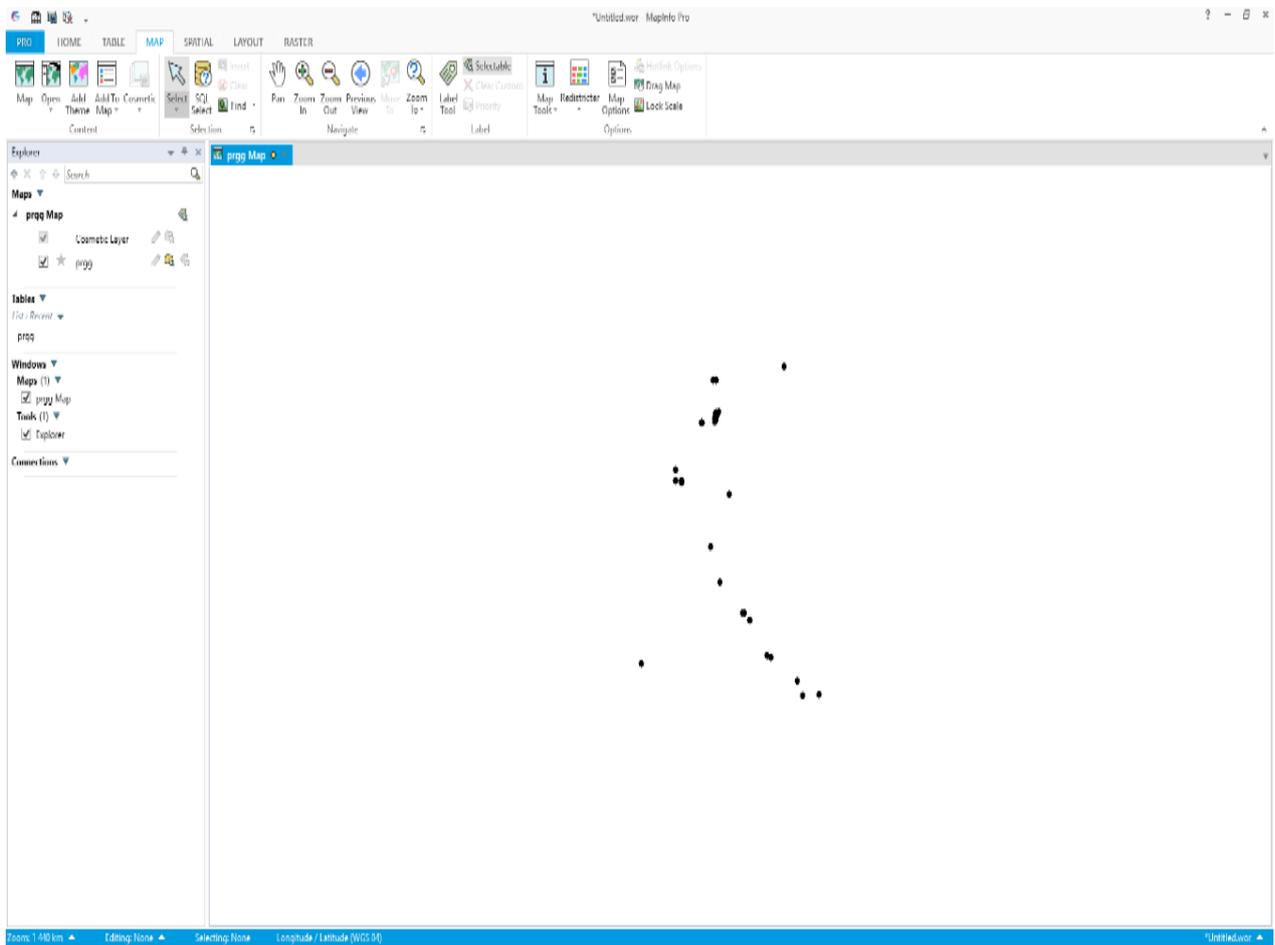


Figure IV.22 : Distribution des sites de Bechar sous forme de points

Après cette étape nous allons créer une région en cliquant sur régions après voronoi (table). Nous allons avoir les deux fenêtres, où nous sélectionns dans la première fenêtre, notre fichier après next et dans la deuxième create.

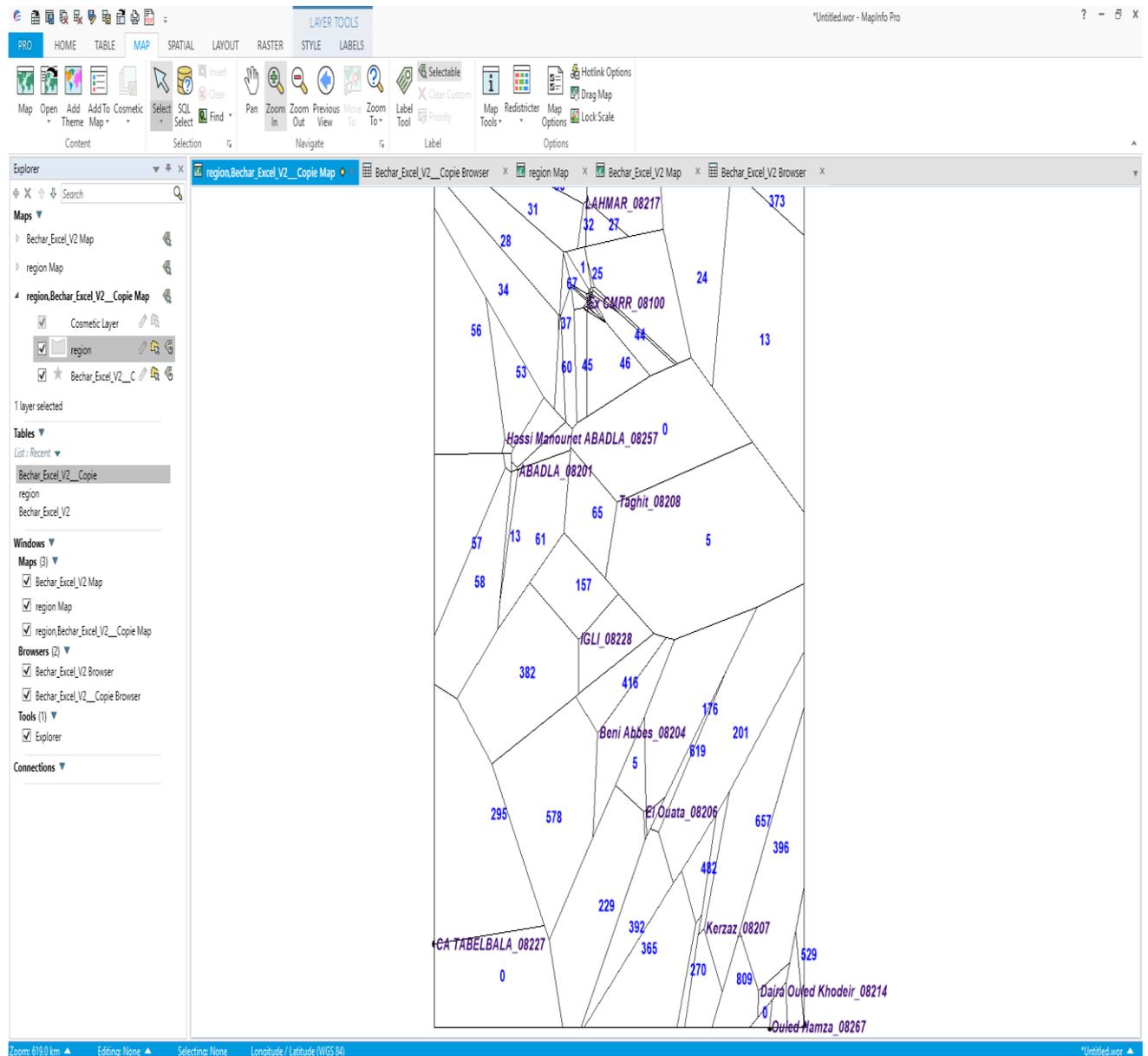


Figure IV.23 : Les sites de Bechar et leurs RSI

Sur MapBasic, nous allons compiler le programme sur la fenêtre suivante.

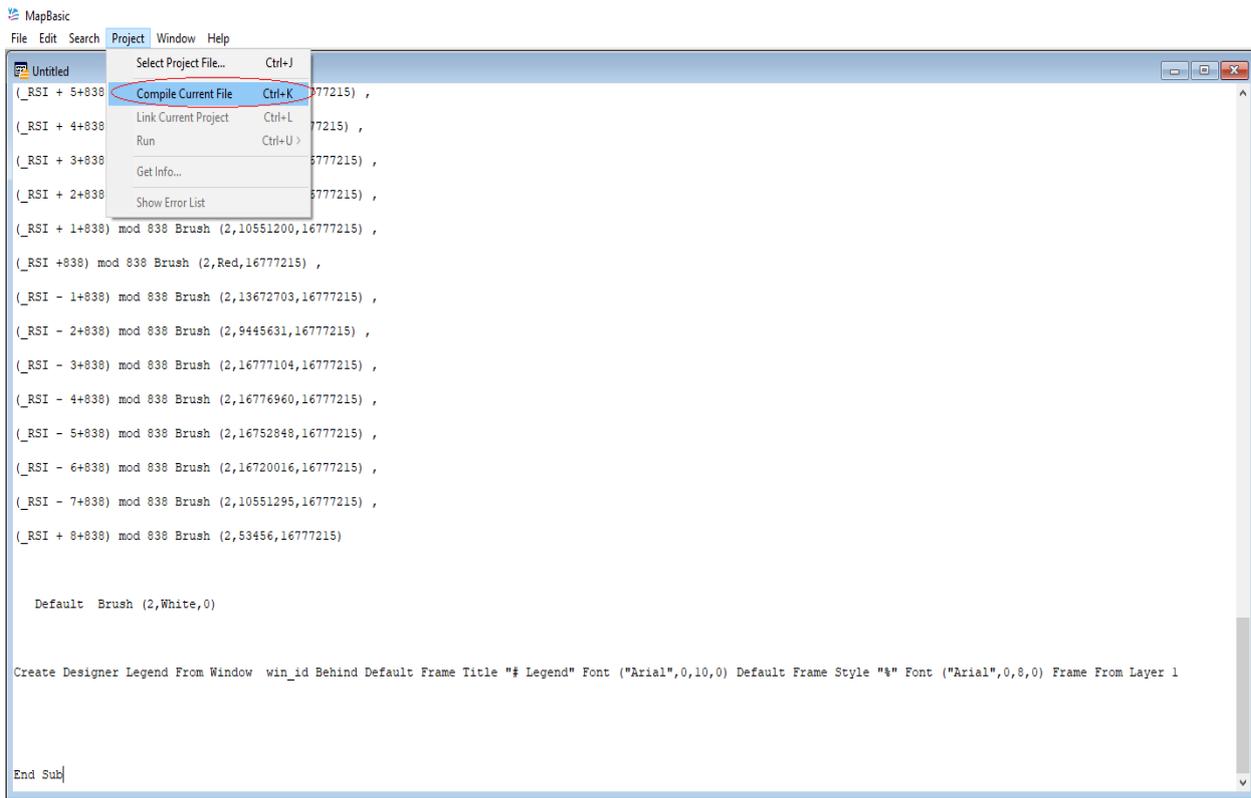


Figure IV.24 : Compiler le programme sous MapBasic

Et nous allons l’ouvrir sur MapInfo open → program

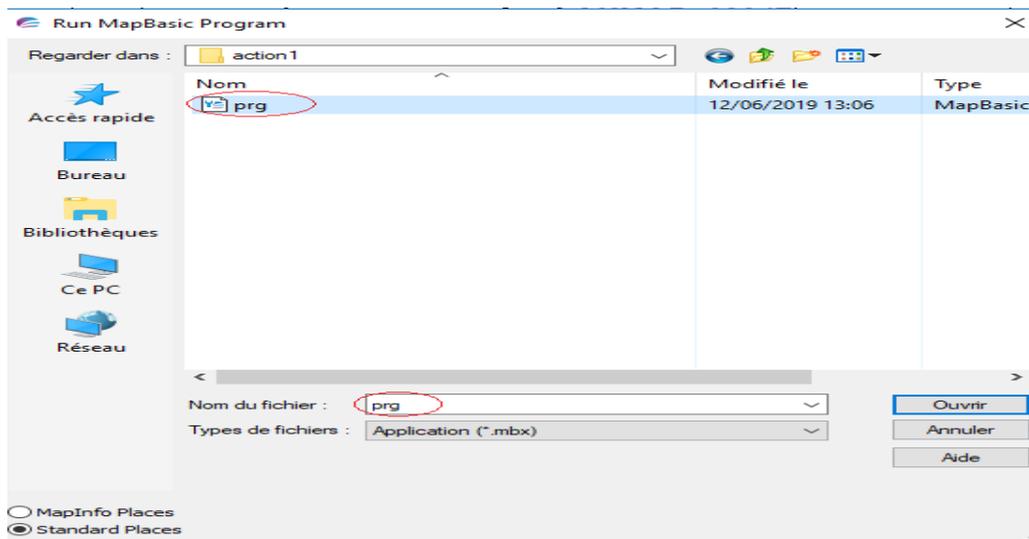


Figure IV.25 : Ouverture du programme sous MapInfo

Ce programme nous a criés une icône sur le MapInfo (Legacy). Il nous a aidés aussi à confirmer que le conflit de RSI existe. Et afin de régler ce problème de dégradation de RACH_SR, avec le programme l’ingénieur d’Algérie Télécom va re-planifier ces RSI.

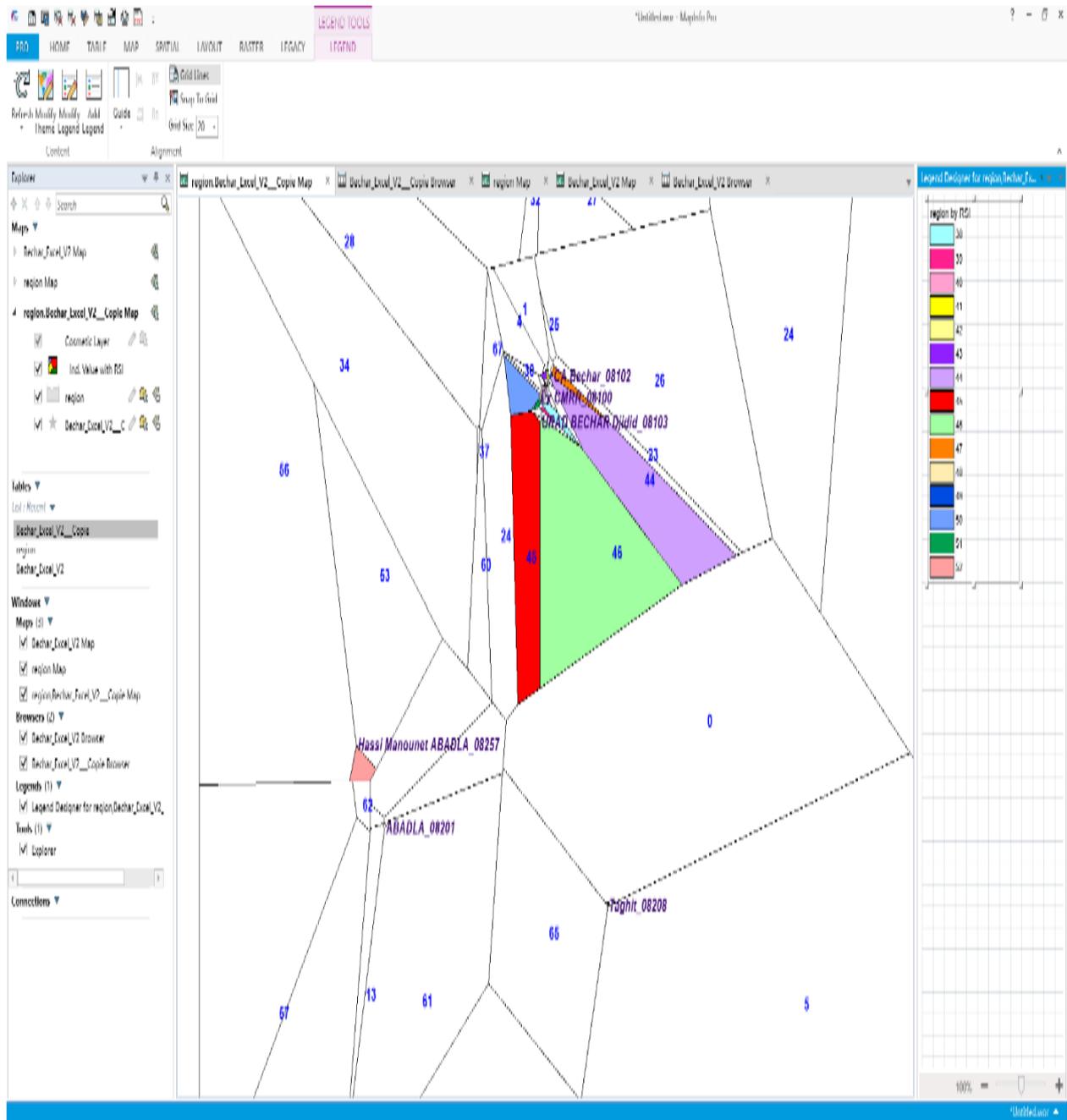


Figure IV.26 : Un conflit RSI dans les sites de Bechar

Avec le bouton legacy, nous pouvons introduire une ancienne valeur de RSI, dans notre cas nous avons choisi la valeur 45 de la cellule 2 d’Urad bechar djedid et d’après la figure IV.26, nous remarquons bien qu’il y a un conflit RSI avec d’autres sites.

Nous constatons la dégradation de RACH_SR dans le cluster de Bechar à cause de la mauvaise configuration des RSI et le chevauchement entre les sites (voir la figure IV.27).

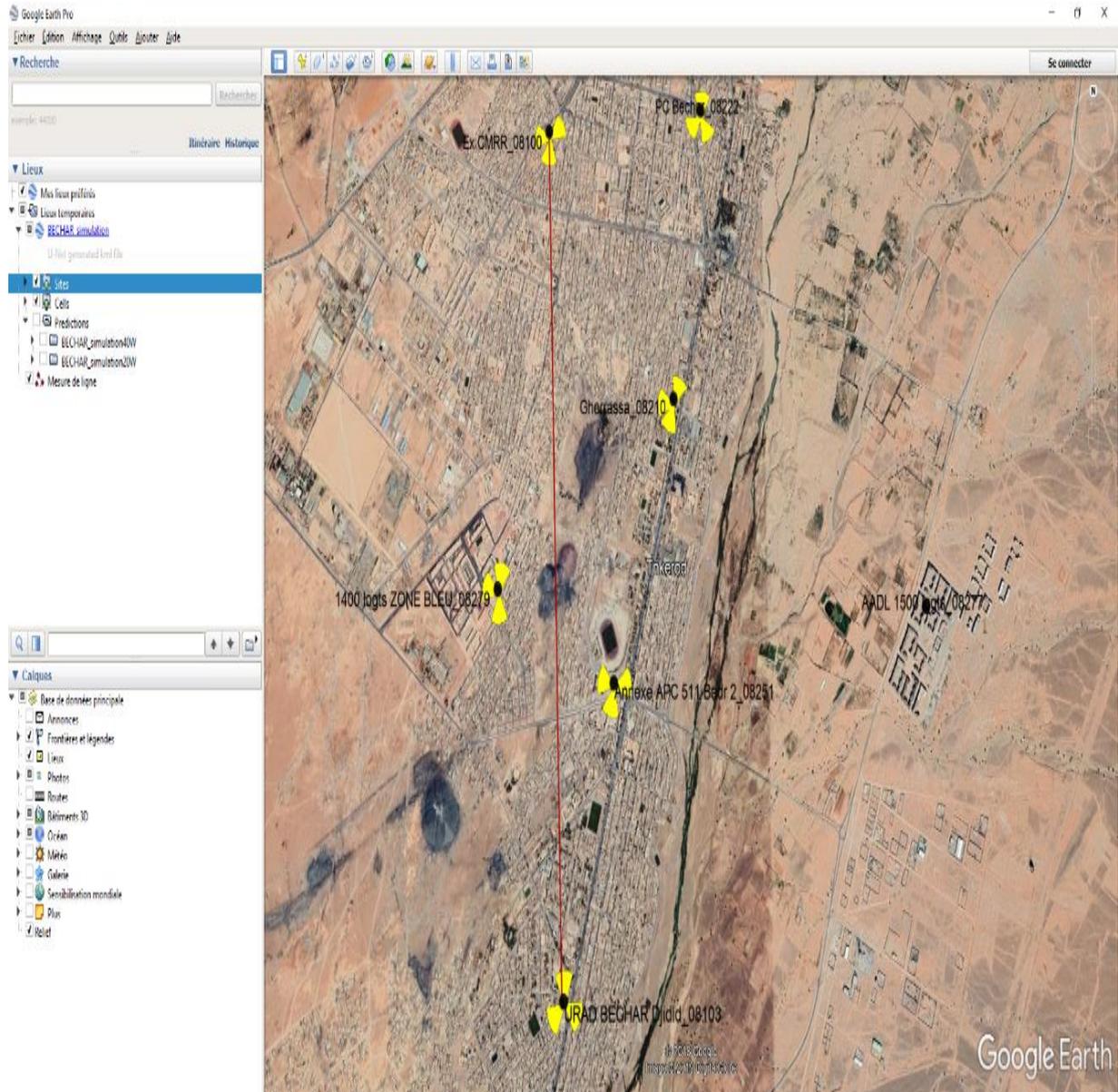


Figure IV.27 : Les positions des sites adjacents de Bechar

Proposition des solutions

Donc afin de régler le problème de conflit des RSI, L'ingénieur d'Algérie Télécom a fait un redésigne, c'est-à-dire, il va changer les valeurs de RSI afin d'avoir une meilleure configuration et de refaire la planification des RSI dont l'ingénieur va recalculer les nouvelles valeurs de RSI pour trouver un meilleur paramétrage.

Les nouveaux RSI qui vont régler le problème de conflit sont :

Site	Cell NAME	LOCAL CELL ID	New RSI
Ex CMRR_08100	508100A	0	270
Ex CMRR_08100	508100B	1	278
Ex CMRR_08100	508100C	2	557
A Bechar_0810	508102A	0	112
A Bechar_0810	508102B	1	669
A Bechar_0810	508102C	2	594
BECHAR Djidid.	508103A	0	90
BECHAR Djidid.	508103B	1	746
BECHAR Djidid.	508103C	2	240
ABADLA_08201	508201A	0	762
ABADLA_08201	508201C	2	754
rg Ferradj_0820	508202A	0	348
rg Ferradj_0820	508202B	1	702
rg Ferradj_0820	508202C	2	424
CDC_08203	508203A	0	730
CDC_08203	508203B	1	400
CDC_08203	508203C	2	630
El Ouata_08206	508206A	0	404
Taghit_08208	508208A	0	167
Taghit_08208	508208B	1	339
Barga_08209	508209C	2	222
iherrassa_0821	508210A	0	722

Tableau IV.2: Les nouveaux RSI

Maintenant nous allons importer le nouveau rapport Excel dans MapInfo pour vérifier qu’il n’y a pas un conflit RSI. La valeur RSI que nous allons remplacer l’ancienne valeur RSI est 240.

Dans l’icône legacy, nous allons introduire la nouvelle valeur RSI, et nous avons obtenu cette capture.

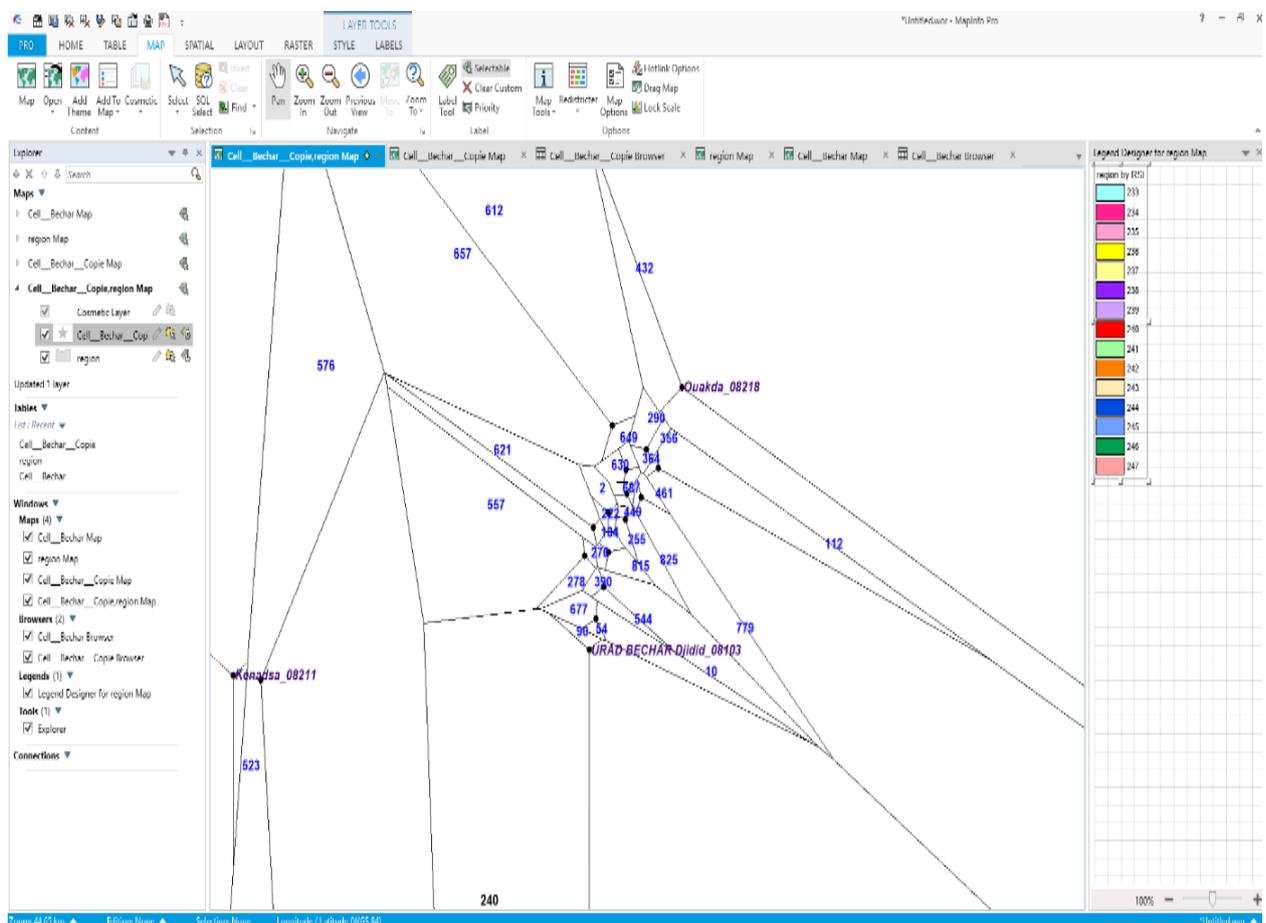


Figure IV.28 : La région de Bechar avec les nouveau RSI

Nous constatons sur la figure IV.28 que la nouvelle valeur de RSI n'a aucun conflit avec les autres RSI des sites de Bechar vu le non apparition d'aucune couleur.

Après vérification que les nouveaux RSI sont les meilleures pour refaire la planification, donc nous allons l'introduire dans la plateforme U2000.

Dans l'U2000, nous allons à l'application system management, et avec un clic droit, nous choisissons Task Management comme montre la figure suivante.

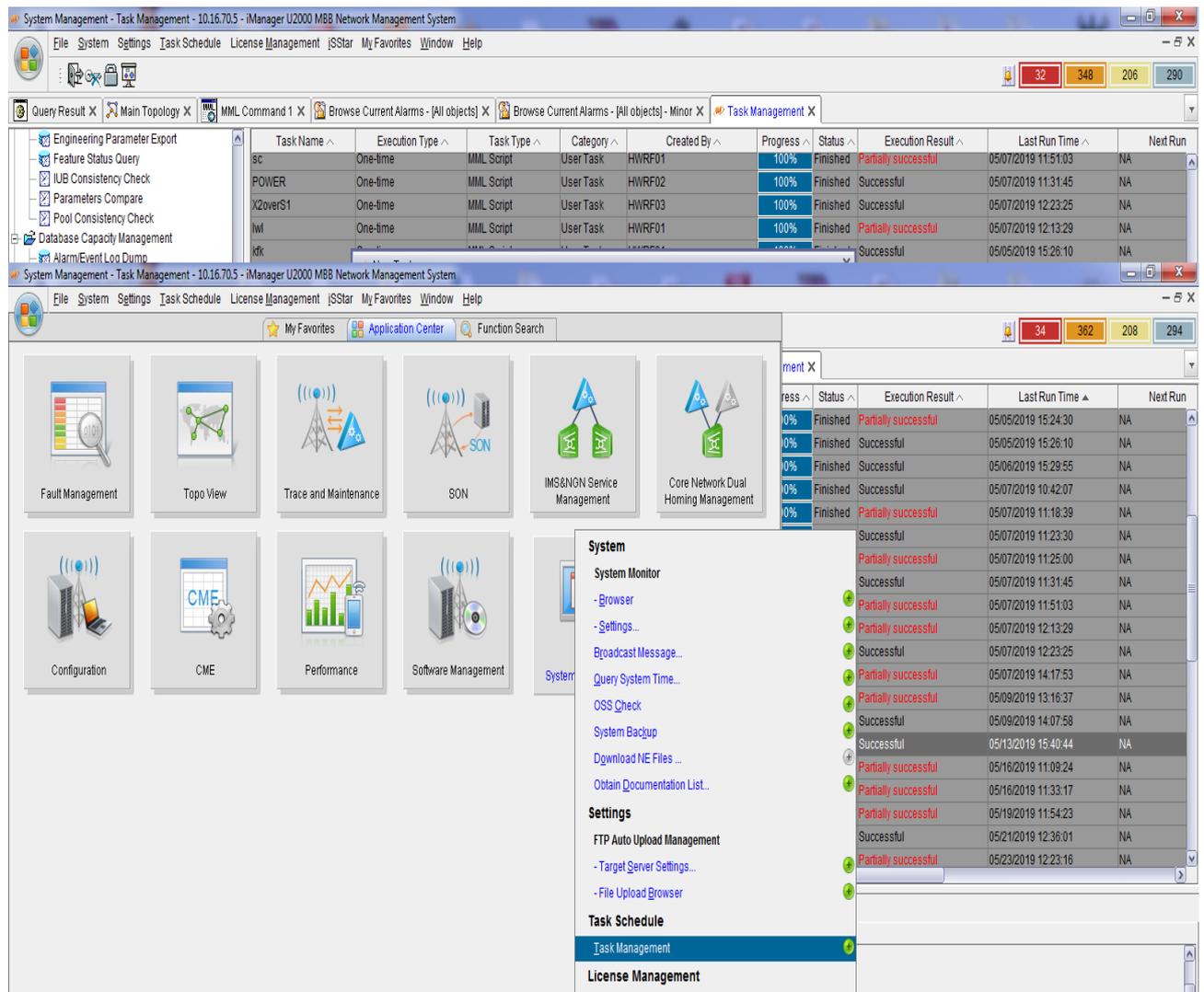


Figure IV.29 : Choix de task management

Nous allons avoir la figure IV.29, dont nous allons choisir MML script et une fenêtre qui apparut, nous allons sélectionner Bechar.

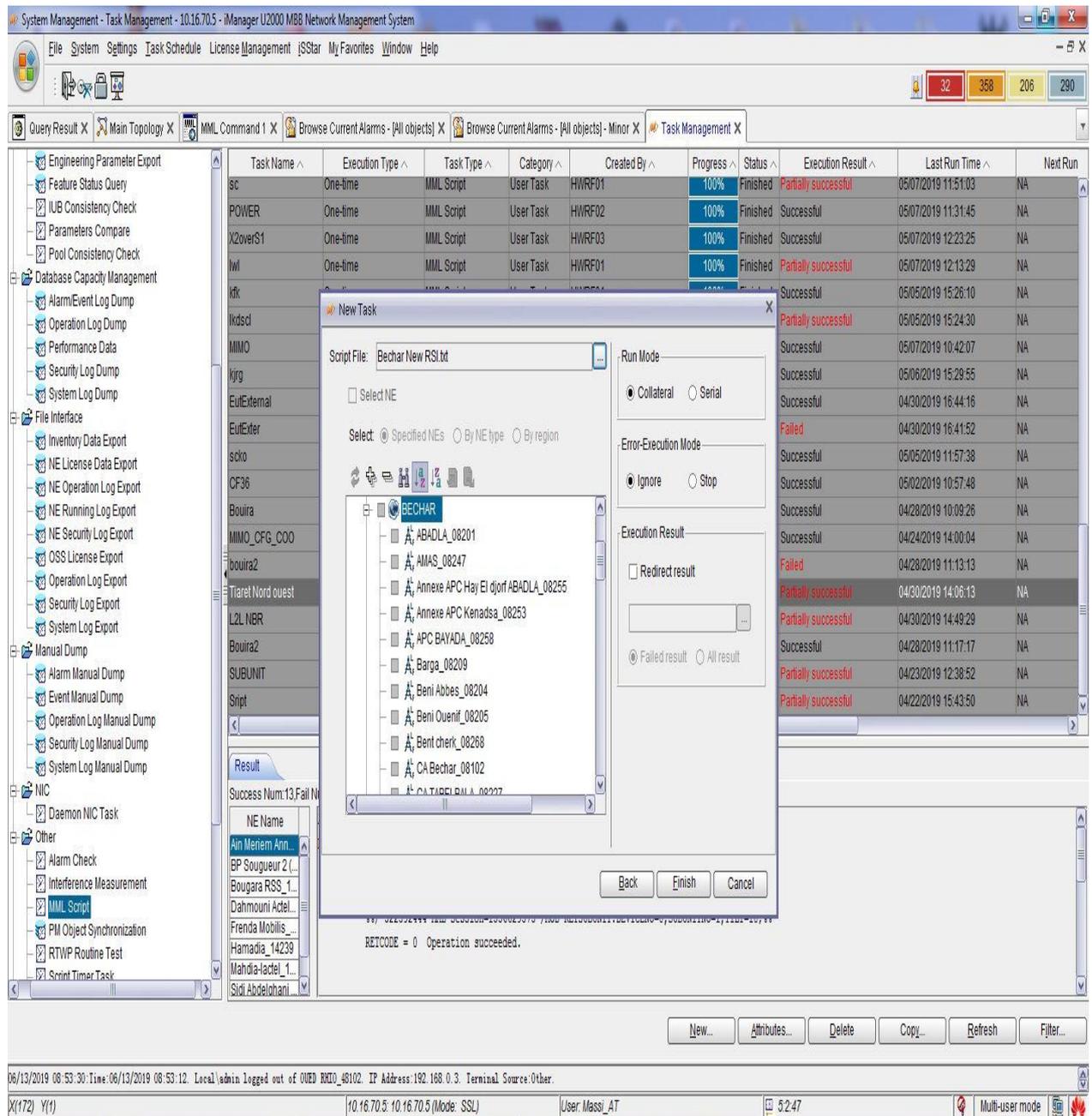


Figure IV.30 : Choix de région

Après un clic sur finish, nous aurons une nouvelle fenêtre pour mettre la date et l’heure de changement des RSI comme montre la figure IV.31.

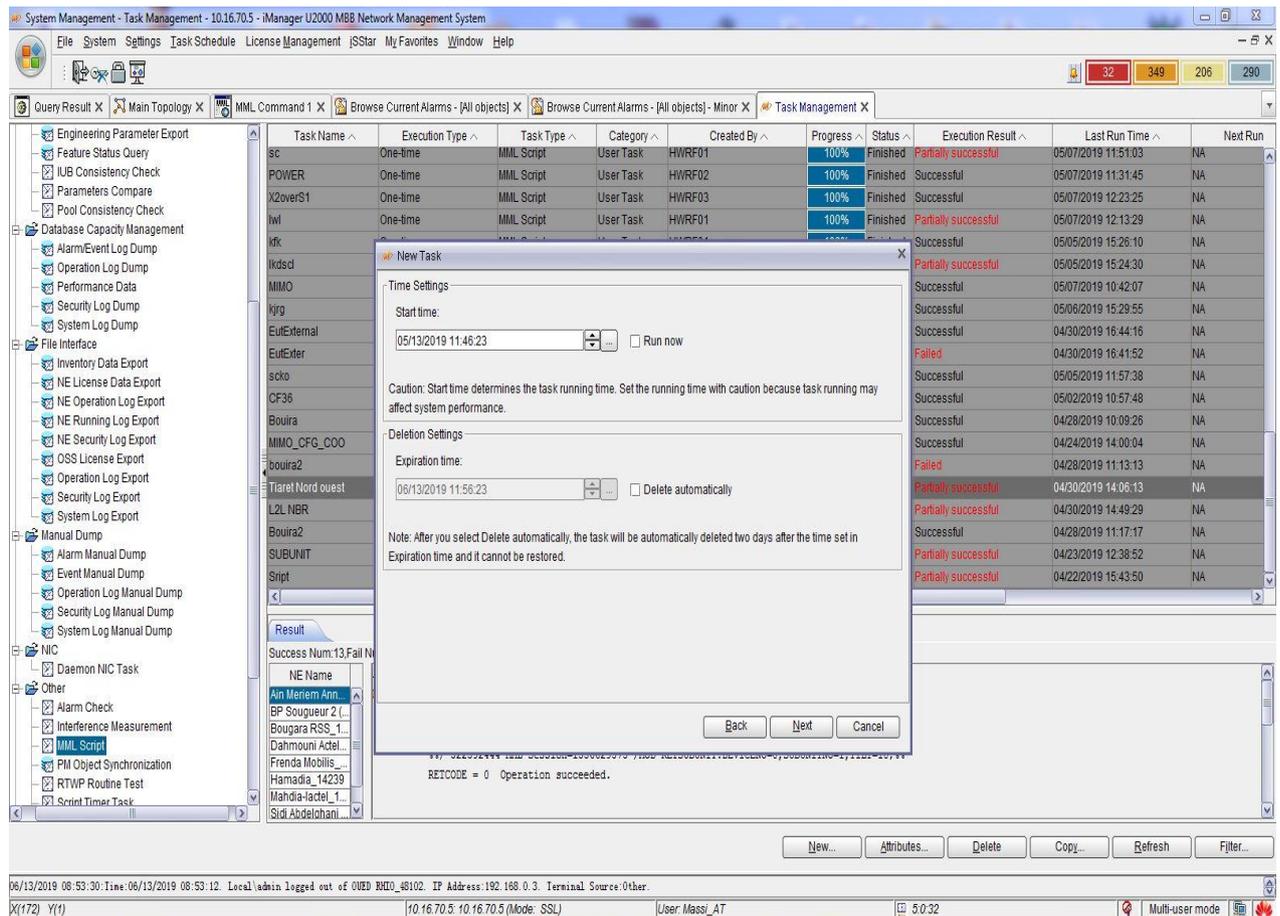


Figure IV.31 : La date de changement des RSI

Une fois la date insérée, nous téléchargeons le script contenant les nouveaux RSI's et on l'exécutera.

Vérification

Une fois l'implémentation des nouveaux RSI's, on a généré un rapport contenant les données d'avant et après optimisation, nous l'avons analysé et nous avons eu le résultat suivant :

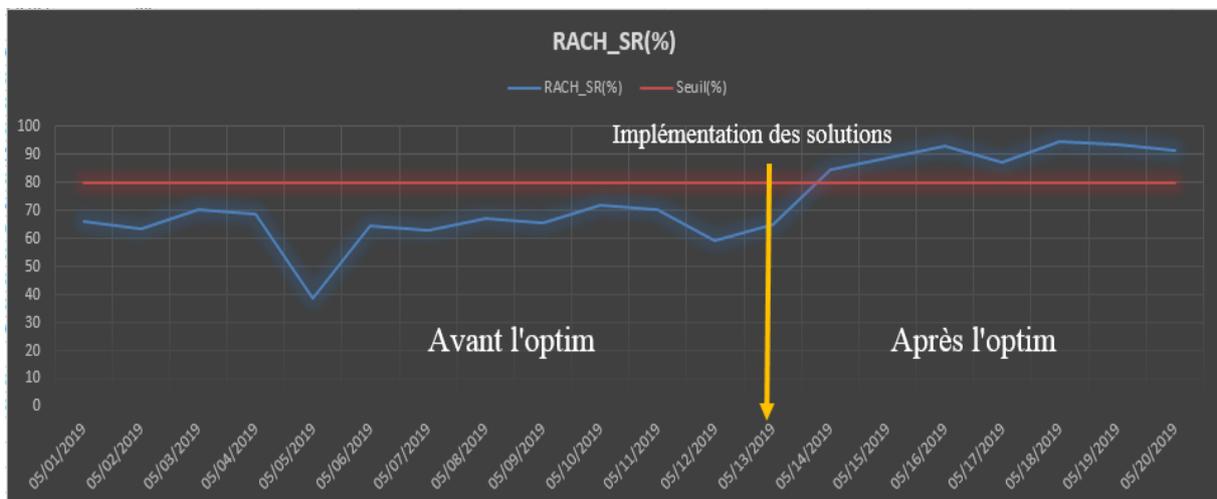


Figure IV.32 : Le taux de réussite RACH avant et après modification des RSI

Nous remarquons sur la figure ci-dessus qu'avant de modifier les valeurs des RSI, la valeur du RACH durant la période du 1 mai au 13 mai variait entre 50% et 60%. Après l'implémentation et la re-planification des nouveaux RSI le 13 mai, nous constatons une amélioration plus que considérable du RACH_SR en atteignant les 93%.

Afin de prouver que notre optimisation a eu d'excellents résultats, nous allons vérifier le RACH_SR des cellules qui se chevauchaient entre elles.

RACH_SR de cellule 2 d'Urad Bechar Djidid

Comme montre la figure ci-dessous le RACH_SR au niveau de la cellule 2 d'Urad Bechar Djidid a atteint presque les 100% après le changement des RSI

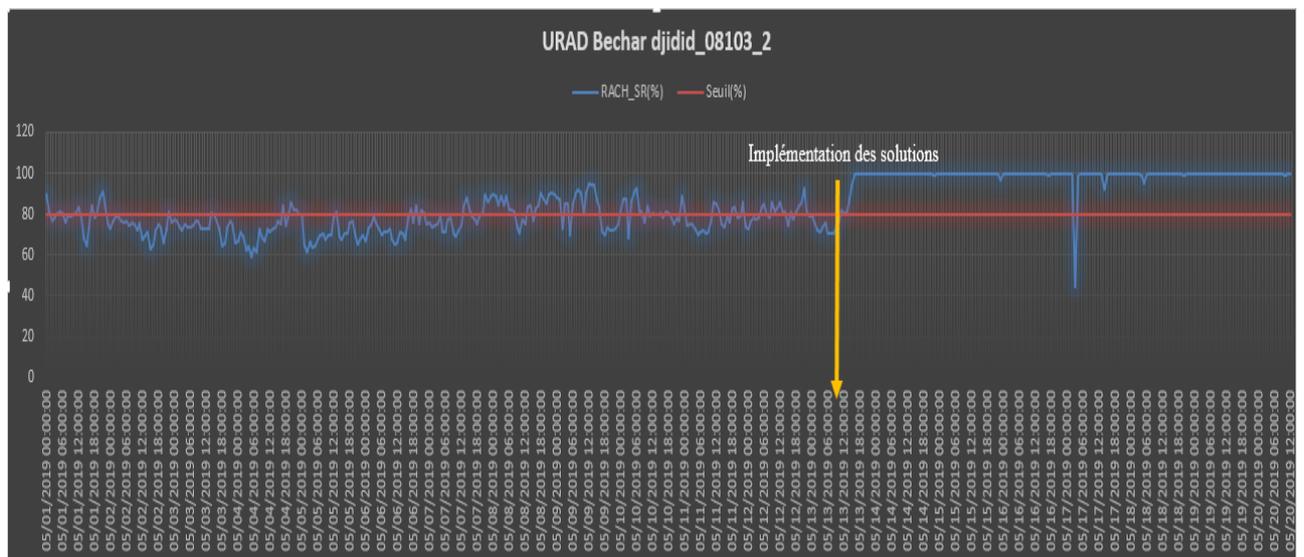


Figure IV.33 : Le RACH dans la cellule 2 après l'optimisation

D'après le graphe, nous remarquons une nette amélioration de RACH_SR qui a atteint les 99%. Donc nous concluons que l'accessibilité a été optimisée et le problème a été résolu.

Nous concluons que l'optimisation que nous avons faite sur le cluster Béchar a eu d'excellents résultats en dépassant largement le seuil des 80%.

IV.3.2. Optimisation de RRC de cluster de Saida

Comme décrit auparavant, parmi les plus importantes étapes du call flow (accès au réseau) après l'accès aléatoire c'est le RRC connexion Request. En traitant un rapport des performances sur une semaine (du 1 au 6 mai) de l'ensemble des eNBs du réseau LTE d'AT, et en calculant la moyenne du RRC_SR avec la formule III.2 durant cette période (voir figure IV.34) nous avons constaté que seul le site d'Oum Doud sis à Saida qui propose un RRC_SR dégradé (RRC_SR <98%)

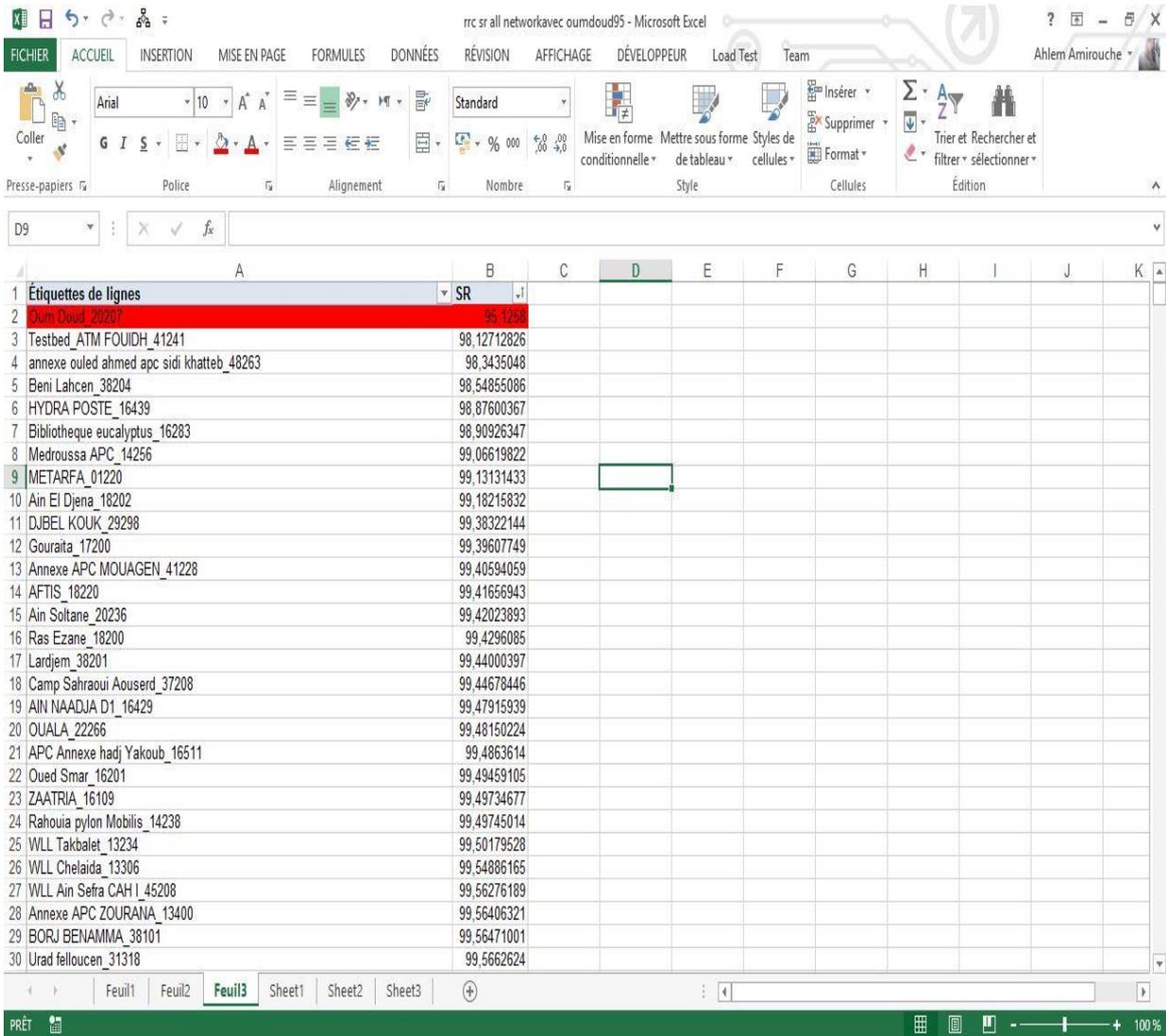


Figure IV.34 : RRC_SR de l'ensemble des sites d'AT

Analyse et détection des problèmes

Afin de voir l'allure du RRC_SR du site d'Oum Doud ; on va générer un rapport d'une semaine allant du 06 Mai au 13 contenant les compteurs qui nous permettent de calculer ce KPI. Une fois le calcul fait, nous avons fait un échantillonnage daily et nous avons eu le graphe suivant :

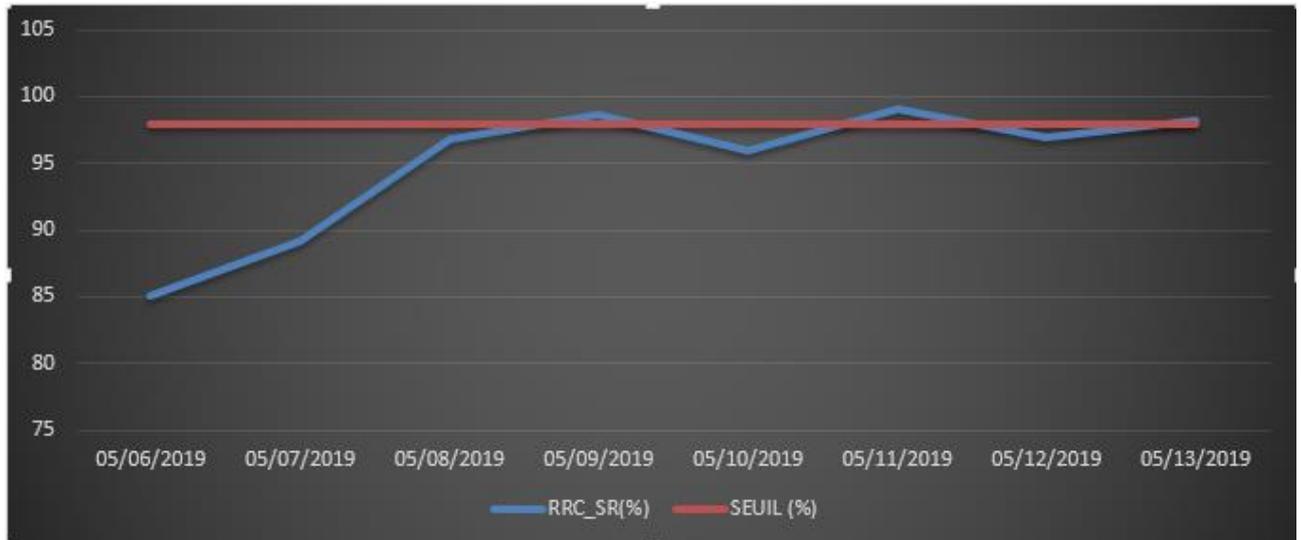


Figure IV.35 : La moyenne quotidienne du RRC_SR

Nous remarquons que la moyenne quotidienne du RRC n'a presque jamais dépassé le seuil des 98%.

Toute connexion échouent pour plusieurs raisons ; celle du RRC_SR est due à certaines causes qu'on va énumérer dans ce qui suit :

Les causes du fail du RRC

L.RRC.SetupFail.NoReplay : nombre d'échecs d'établissement de connexion RRC dus à l'absence de réponse de l'UE.

L.RRC.SetupFail.Rej : nombre de messages de rejet de connexion RRC envoyés à UE dans une cellule.

L.RRC.SetupFail.Rej.FlowCtrl : nombre de fois où l'eNB envoie un message de rejet de connexion RRC à l'UE en raison du contrôle de flux.

L.RRC.ConnReq.Msg.disc.FlowCtrl : nombre de fois que le message demande de connexion RRC est rejeté en raison du contrôle de flux.

L.RRC.SetupFail.RejResFail.PUCCH : nombre d'échecs d'établissement de connexion RRC dus à un échec d'allocation de ressources PUCCH.

L.RRC.SetupFail.ResFail.SRS : nombre d'échecs d'établissement de connexion RRC dus à un échec d'allocation de ressources SRS.

Afin de voir les causes des fail du RRC ; on a généré un rapport qui contient toutes les causes de fail de RRC et on a tracé le graphe ci-dessous :

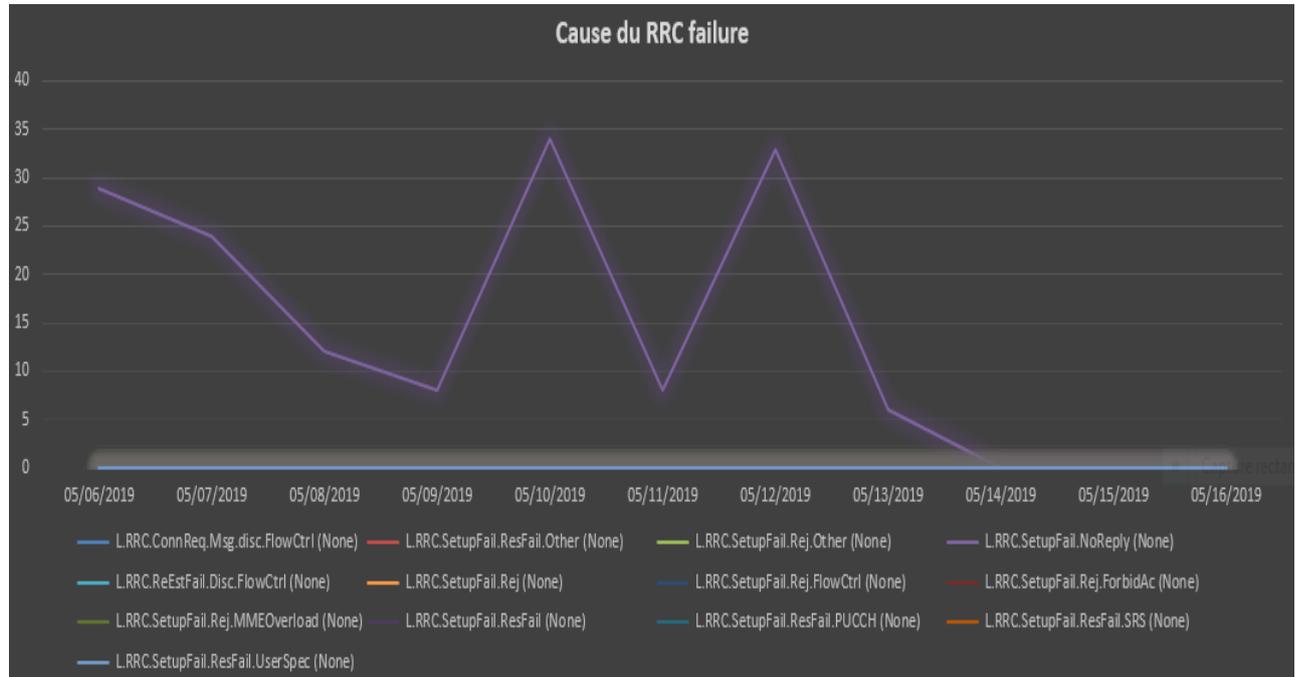


Figure IV.36 : Les causes de fail de RRC

En faisant une lecture sur le graphe des causes du fails du RRC, nous constatons que la cause principale du fail est L.RRC.Setupfail.NoReply c'est-à-dire, aucune réponse ne parvient à l’eNB de la part du UE.

Proposition des solutions

La cause principale de fail du RRC est due à l’absence de réponse de l’UE parce que les deux timers T300 et T301 sont trop petits (200ms). L’utilisateur cessera d’attendre le message de configuration de la connexion RRC et la procédure RRC échouera. Donc afin de régler cet échec, nous proposons d’augmenter les deux timers.

À noter que les valeurs des timers qu’on peut configurer sont : 200ms, 500ms, 1000ms, 1500ms ou 2000ms.

En utilisant la commande LST UETIMERCONST dans MML commande, nous remarquons que la valeur des deux timers est de : 200ms.

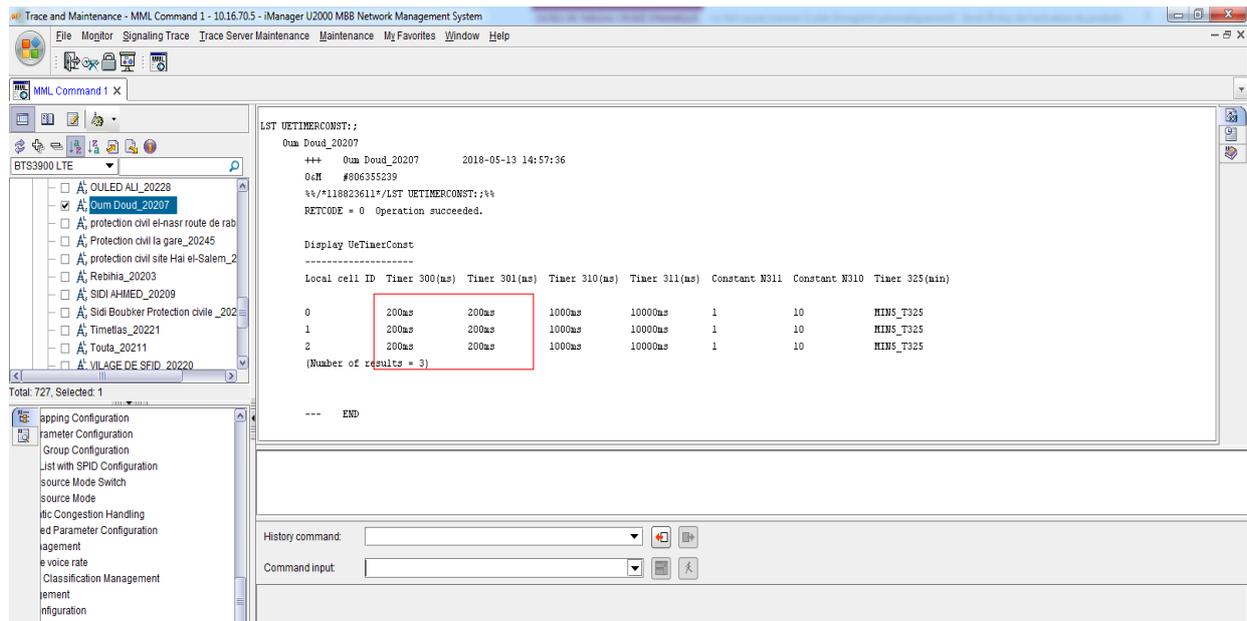


Figure IV.37 : Résultat de la commande LST UETIMERCONST

Afin de régler le problème du fail ; nous avons proposé d’augmenter le temps des deux timers à 1500ms.

Pour implémenter les deux nouvelles valeurs des timers, on va utiliser la commande ‘MOD UETIMERCONST’ comme illustré sur la figure suivante :

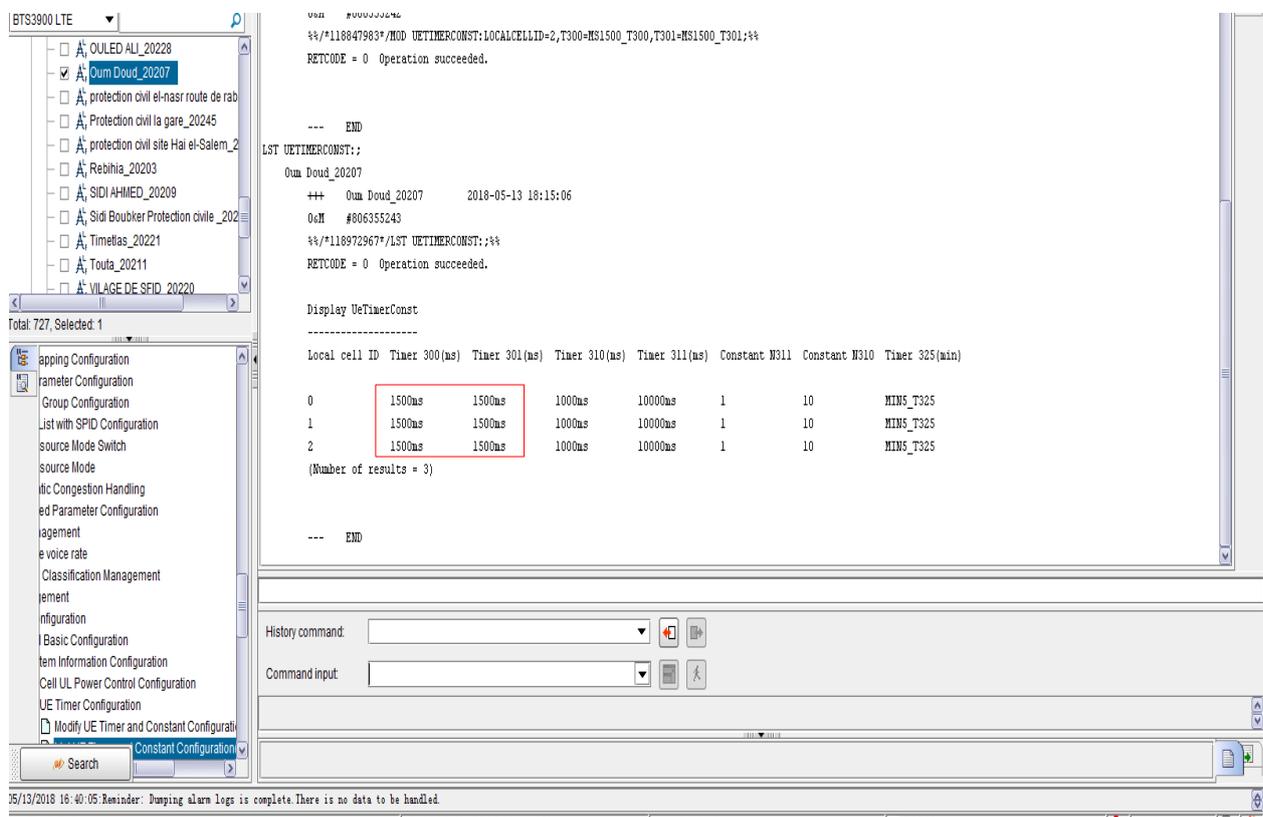


Figure IV.38 : Modification des deux temporisateurs

Vérification

Après modification des deux temporisateurs, nous recalculons le RRC_SR ainsi que le RRC_Failure ($RRC_Failure = 100 - RRC_SR$) et on a tracé le graphe combiné ci bas :

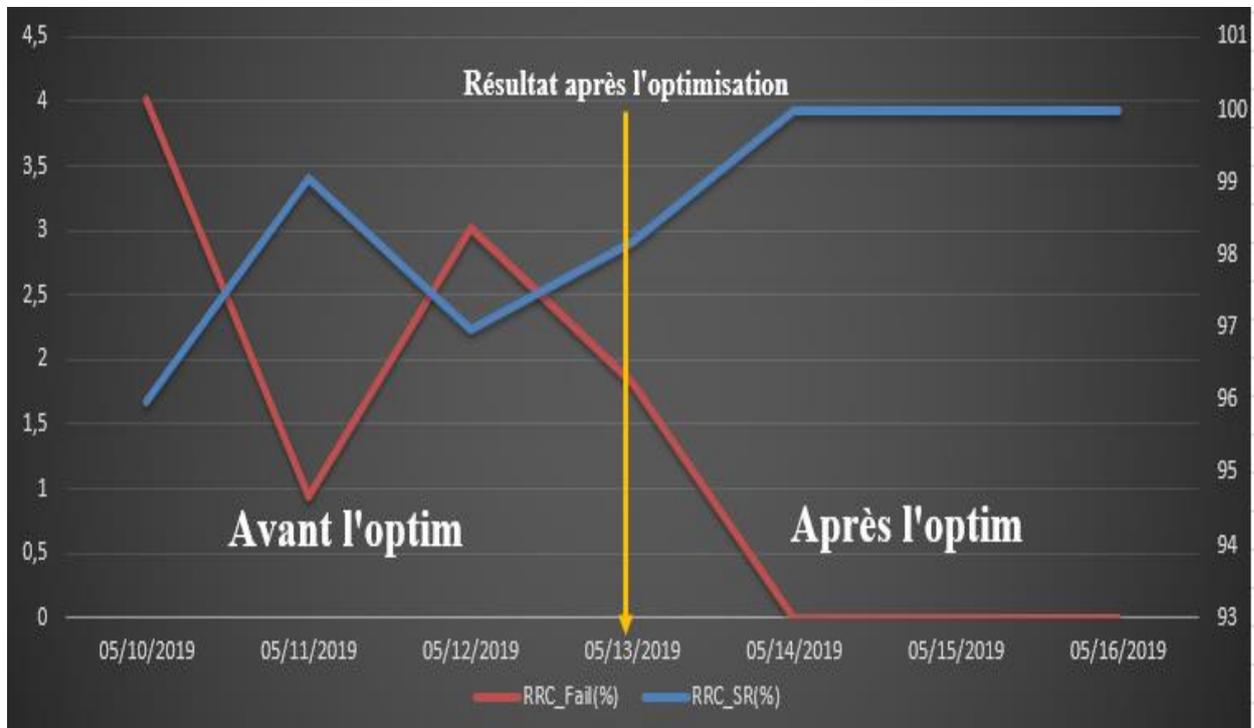


Figure IV.39 : Le RRC Success Rate et RRC_Fail après l'optimisation

On peut remarquer sur les deux graphes combinés qu'après l'optimisation le 13 Mai, le RRC_SR est passé de 95% à 100% et le RRC failure de presque 5% à 0%.

Nous concluons suite aux résultats précédents que le changement de timers est une excellente solution d'optimisation du RRC lorsque la cause du fail est liée au NoReplay.

IV.3.2.1. Optimisation de RRC Rétablissement de site Ain Oulemane

Le RRC Connection Re-establishment est une étape qui est établie à la perte de connexion avec l'eNB (out of Synchronisation), sur la plateforme NetAct du fournisseur Nokia on a fait l'analyse du réseau d'Algérie Télécom durant la période allant du 1 Mai au 14 Mai, on a remarqué une dégradation de RRC Re-establishment ainsi que le nombre élevé des tentatives de reconnexion RRC sur le site de Ain Oulmene extension _819007 situé à Setif comme le montre la figure IV.40:



Figure IV.40 : Les RRC de rétablissement et les tentatives

L'analyse de la figure ci-dessus nous montre que le RRC-REST_SR (Conn SR) varie entre 40 et 60% qui est au-dessous du seuil fixé par l'opérateur (80%).

Les causes du fail du RRC ReEstablishment

La connexion RRC ReEstablishment échouent pour plusieurs causes comme :

Fail,Other : les tentatives de rétablissement de connexion RRC, d'autre échouent.

Fail, HO : les tentatives de rétablissement de connexion, échec de Handover.

Conn Reject Ration : rapport total de rejet de rétablissement de connexion E-UTRAN RRC.

Conn SR : Ratio de connexion du rétablissement de la connexion E-UTRAN RRC.

Fails, reconffailure : Tentatives de rétablissement de la connexion RRC par type reconfigfailure.

Re-estab R per Ration : Ratio de rétablissement de la connexion RRC.

Afin de détecter les causes de la dégradation de RRC-REST_SR on a collecté un rapport contenant l'ensemble des causes. L'analyse de ce rapport nous a donné le résultat illustré sur la figure au-dessous.



Figure IV.41 : Les causes de fail du RRC rétablissement

D'après le graphe ci-dessus nous remarquons que la cause principale de la dégradation du RRC_REest est les UE synchronisation Fail lors des tentatives de Handover.

Proposition des solutions

Si les Ue's perdent la synchronisation lors du handover, donc ils essayent de se connecter à un site adjacent de celui de Ain Oulmene extension.

En projetant la position du site de Ain Oulmene extension sur Google Earth ainsi que l'ensemble des sites de Sétif, nous avons remarqué que le seul le site de Bir Haddada est adjacent (visibilité directe entre la Cell 2 de Ain Oulmene et la Cell3 de Bir Haddada) comme le montre la figure suivante :

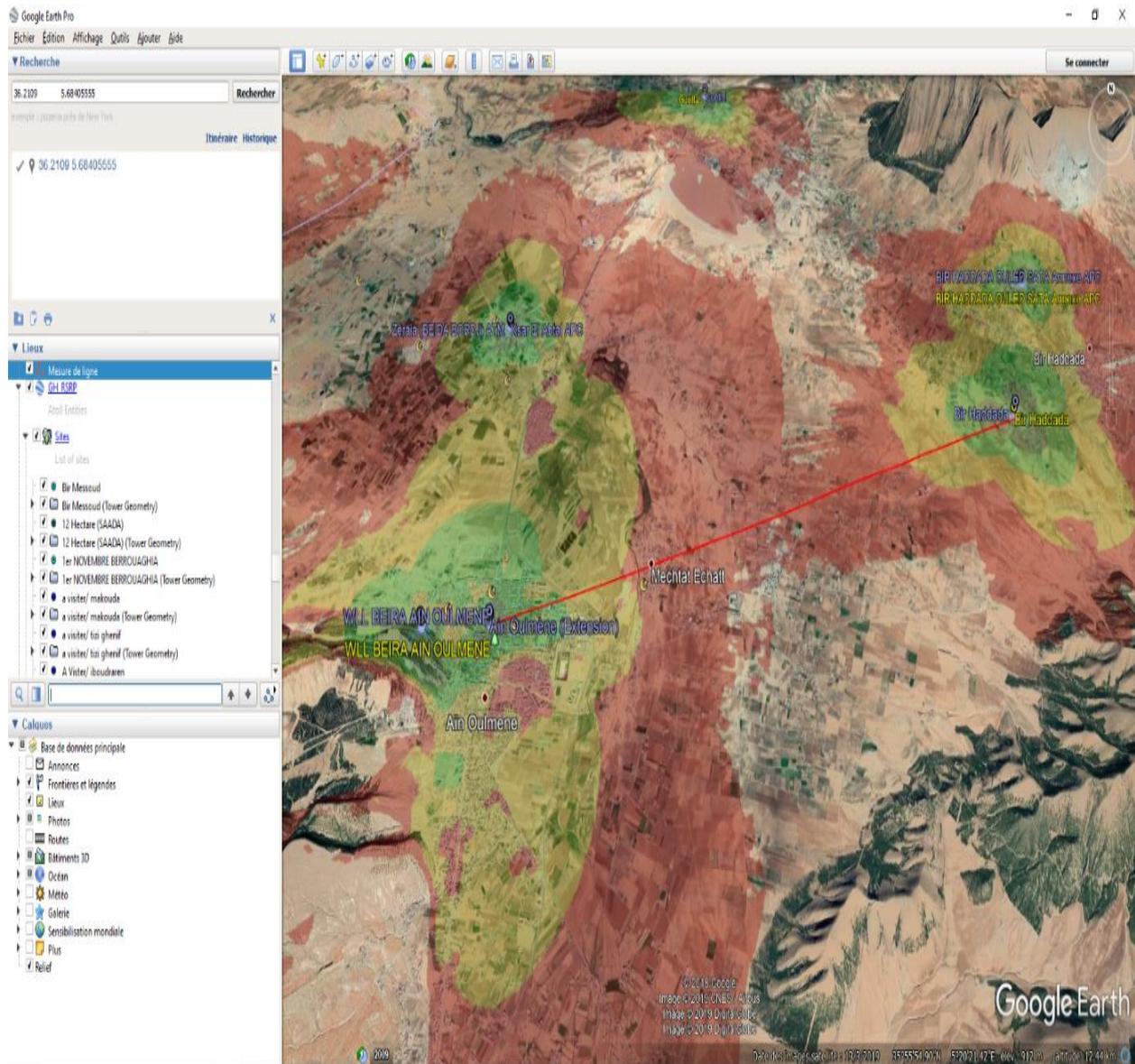


Figure IV.42 : Adjacence ain oulmane bir haddada

Afin qu'il y'est handover entre deux eNB's il faut que l'interface X2 soit activée, chose qui n'est pas le cas entre les deux sites (après vérification sur l'OSS NetAct).

Pour optimiser la cellule 2 de Ain Oulmane, essayer d'augmenter le RRC_REest_SR, et réduire le nombre de tentatives élevées ainsi que la cause principale d'échec on a procédé en deux étapes, la première consiste à activer le lien X2 avec Bir Hddada_819016 qui est l'eNB target en introduisant son adresse IP sur l'eNB concernée comme est montré dans la figure IV.43 :

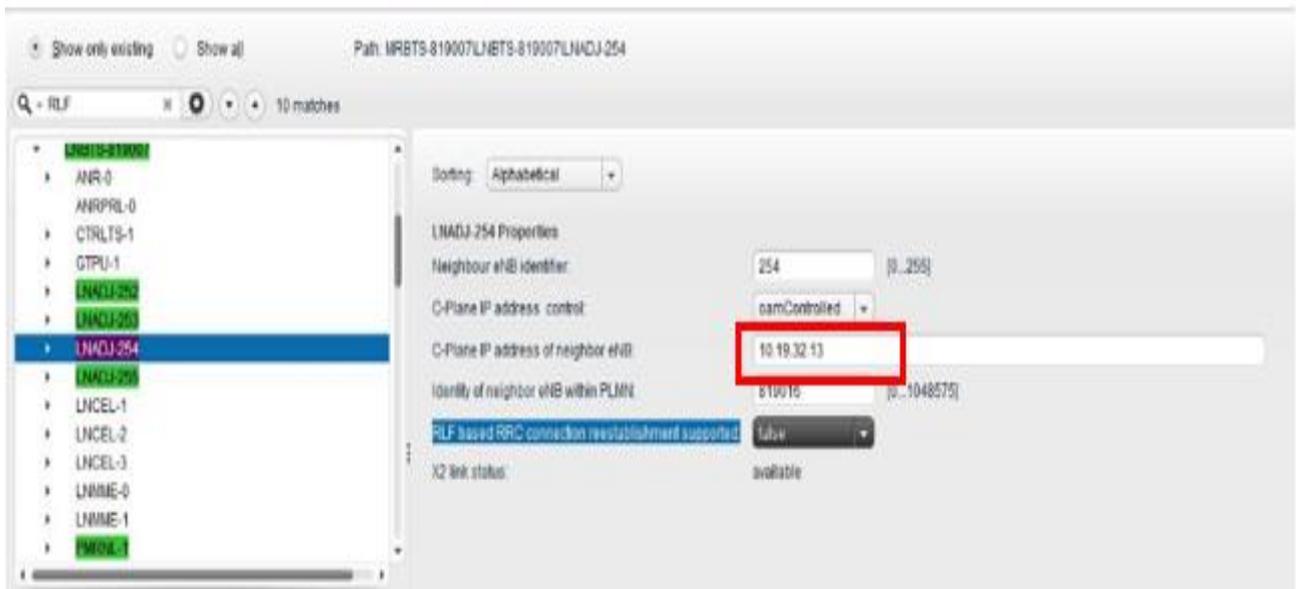


Figure IV.43 : Reconfiguration de l’adresse IP et réactivation du lien X2

La deuxième étape consiste à activer le RLF² en passant de l’état false à true (voir figure IV.44) pour que l’eNB target reçoive le contexte à travers le lien X2 de l’UE qui tente de faire le Re-establishement.

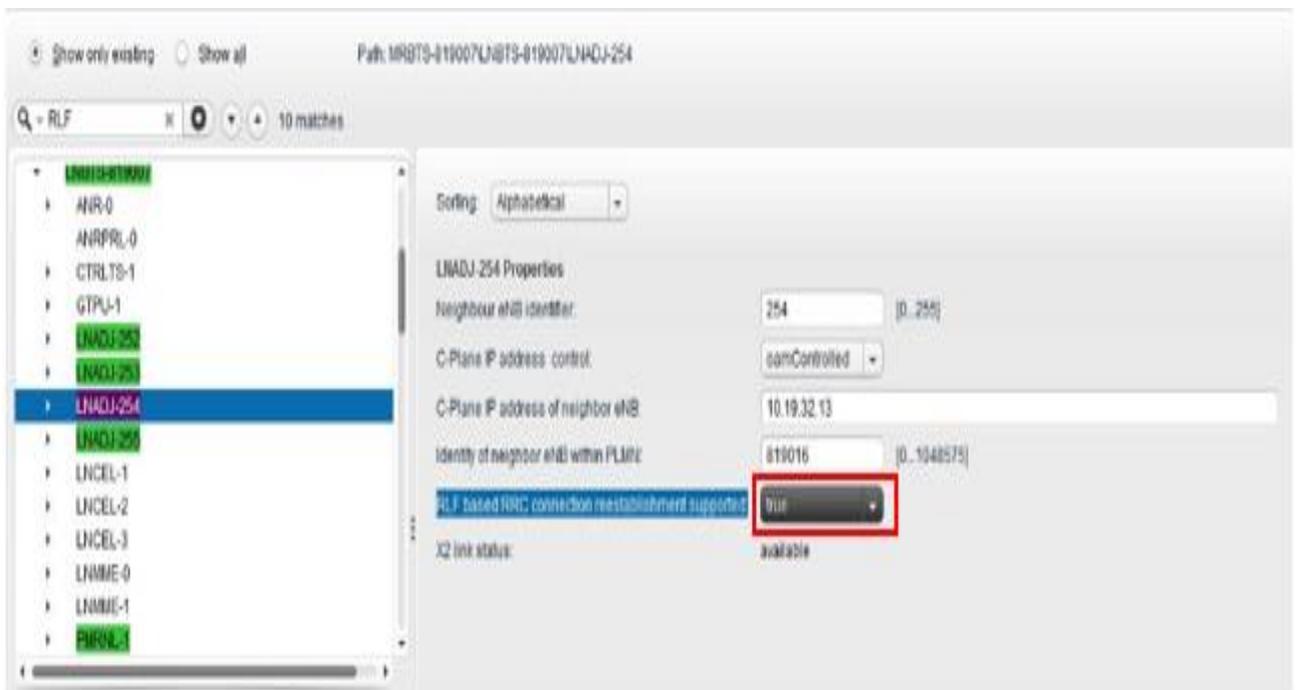


Figure IV.44 : Activation du RLF

² Radio Link Faillure (RLF) : c’est une feature qui gère les défaillances radio

Après les actions implémentées le 14 mai on a traité un rapport contenant les KPIs liés au RRC_SR RE_establishement. Les résultats de ce traitement sont illustrés sur le graphe de la figure IV.45.

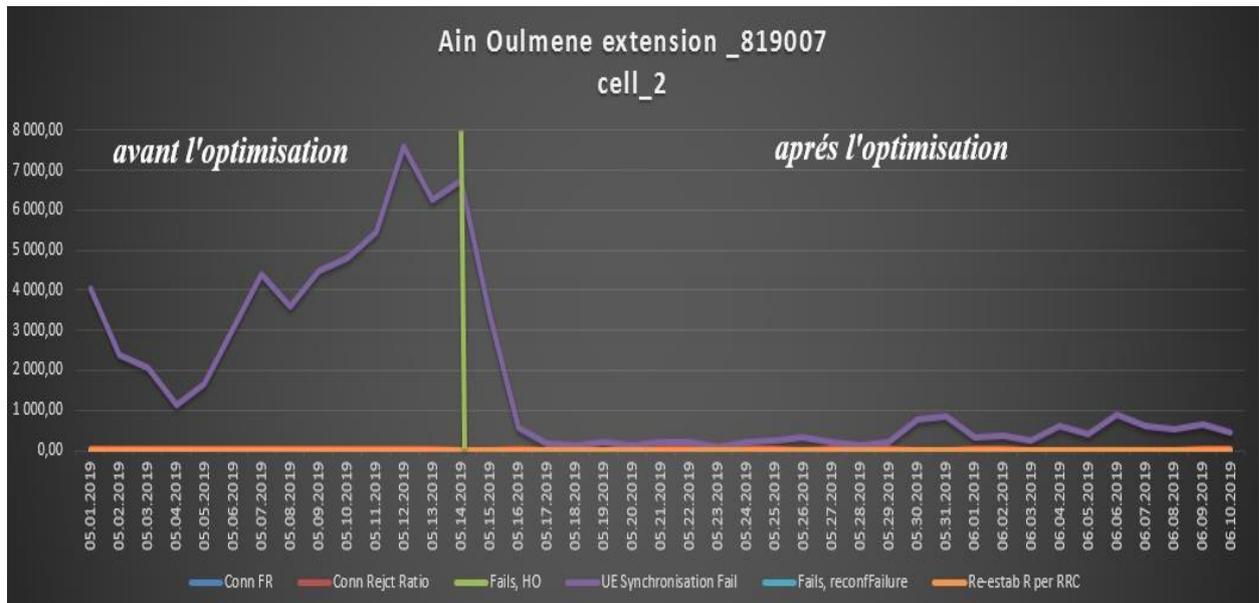


Figure IV.45 : Conn SR et Tot att de Ain Oulmene extension

D’après ce graphe nous constatons que le Conn SR (RRC_REST) s’est amélioré en atteignant un peak de 90% ainsi qu’une diminution du nombre de tentatives de Re_establishement ce qui confirme que l’optimisation de la cellule 2 de Ain Oulmane extension a apporté de bon résultats.

L’analyse du rapport contenant les causes de l’échec de RRC Re-establishment nous donne le résultat illustré sur la figure IV.46.

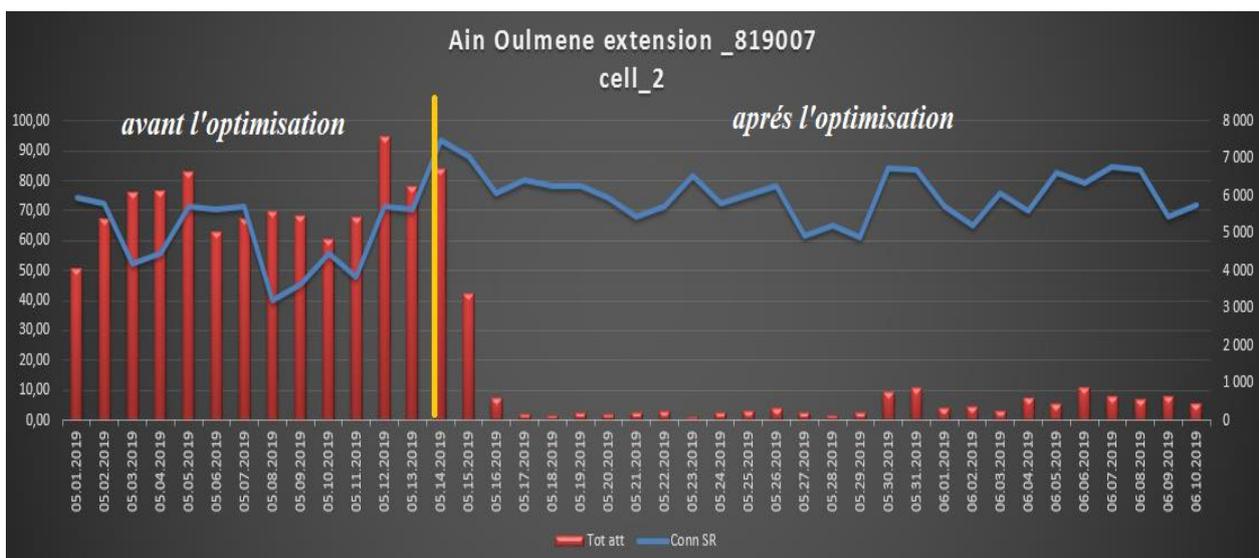


Figure IV.46 : Les causes d’échec du RRC_REest avant et après l’optimisation

La cause principale d'échec des tentatives est passée de plus de 7000 attemps a moins de 1000 attemps, ce qui confirme que notre optimisation a réussi.

IV.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons traité les quatre zones (Alger, Bechar, Saida et Setif) dont nous avons trouvé une dégradation de plusieurs KPI dans ces zones, nous avons proposé différentes solutions qu'on a implémenté avec l'aide des ingénieurs d'AT sur différentes plateformes ; ces solutions ont apporté des améliorations considérables. Du coup, on peut dire que notre optimisation a réussi.

Conclusion générale

Après avoir cumulé les notions théoriques, il fallait les compléter par une étude pratique qui vise à améliorer une bonne performance des KPIs d'accessibilité grâce à une étude d'optimisation. Ce travail effectué au sein de l'entreprise Algérie Télécom a eu pour objectif de procéder à une optimisation, des réseaux LTE dans les wilayas Alger, Bechar, Saida et Setif pour l'opérateur Algérie Télécom. Ceci nous a permis de prendre conscience de l'importance de l'optimisation pour améliorer les performances du réseau.

Dans ce cadre, nous avons essayé d'initier avec les différents logiciels comme Excel, MapInfo ainsi que MapBasic, qui sont présentés comme des outils nécessaires pour détecter les différents problèmes. Ils facilitent aussi l'analyse en donnant la possibilité aux ingénieurs d'optimisation et de mettre en œuvre des propositions et puis de vérifier grâce aux indicateurs de performances s'ils ont eu un effet sur le réseau.

Quelques problèmes sont apparus sur les sites que nous avons choisis, comme l'overshooting que nous avons solutionné par le changement d'inclinaison électrique « tilt électrique » et en réduisant la puissance de l'antenne. Ainsi que d'autres complications que nous avons traitées dans le but d'atteindre une meilleure couverture du réseau, régler les problèmes d'accessibilité.

Comme perspectives, nous exigerons de généraliser une solution qui détecte les conflits RSI sur l'ensemble d'AT, développement d'un programme qui détecte le conflit de PCI et l'utilisation d'autres techniques d'optimisation pour améliorer les KPIs d'accessibilité.

Bibliographie

- [2] TOUNSI.H. Optimisation de la couverture radio du réseau 4G de Tunisie Télécom. Mémoire de master professionnel. Tunisie : Université virtuelle de Tunis, 2016.
- [3] SEGHIRI.N et SIDHOUM.L. Étude, analyse et optimisation de la capacité et de la qualité de service de réseau 4G-LTE. Mémoire de master. Tlemcen : Université Aboubakr Belkaid-Tlemcen-Faculté de TECHNOLOGIE, 2018.
- [6] VASCO PEREIRA and TIAGO SOUSA. Evolution of Mobile Communication: from 1G to 4G.cité 59 fois. Departement of Informatics Engineering of the University of Coimbra, july 2014
- [8] MOUHAMED TAHER MISSAOUI. Pratique de l'ingénierie des réseaux cellulaires du GSM/GPRS à l'UMTS. LAVOISIER 11, rue Lavoisier 75008 Paris : hermes-science, 2006, collection réseaux et télécommunications dirigée par Guy Pujolle. ISBN 2-7462-1396-6.
- [9] ZHANG, XINCHING. LTE optimization engineering handbook. Hoboken, NJ, USA:Wiley, 2017, collection systèmes de communication sans fil. ISBN 9781119159001.
- [10] ELNASHAR, AYMAN. Design, Deployment and Performance of 4G LTE Networks: une approche pratique. M.MOHAMED A.EL-SAIDNY, le Dr MAHMOUD SHERIF. Inde : Wiley, 2014, collection systèmes de communication mobiles. ISBN 978-1-118-68321-7.
- [11] JEAN-GABRIEL REMY, CHARLOTTE LETAMENDIA. LTE Standards: Networks and Telecommunications Series. British library, ISTE Ltd John Wiley & Sons, Inc.27-37, chemin St George's 111, rue River Londres SW19 4EU Hoboken, NJ 07030 UK USA, 2014. ISBN 978-1-84821-588-7
- [12] BETAOUAF DJ et BOUMECHERA W. Développement d'un Outil de Dimensionnement et de Planification d'un Réseau 4G-LTE. Mémoire de master. Tlemcen : Université Aboubakr Belkaid-Tlemcen-Faculté de TECHNOLOGIE, 2015.
- [15] YANNIK BOUGUEN, ERIC HARDOUIN, FRANCOIS-XAVIER WOLFF. LTE et les réseaux 4G. EYROLLES, 61, bd Saint-Germain 75240 Paris Cedex 05: groupe Eyrolles, 2012. ISBN 978-2-212-12990-8
- [18] SCHEHRAZED.DJ, TOULMOUT CH. Contribution à l'optimisation d'un réseau LTE: Adaptation de HANDOVER. Mémoire de master. Boumerdes : Université M'Hamed Bougara-Boulerdes, 2017.

Webographie

- [1] <http://4gte.over-blog.com/article-evolution-de-la-1g-vers-4g-82164235.html>
- [4] <http://lewebdephilou.free.fr/RESEAUX-TELECOM/Cours-Telecom/Telephonie/GSM-GPRS-UMTS>
- [5] <https://www.memoireonline.com/10/17/10061/Etudes-des-performances-des-reseaux-4G.html>
- [7] <https://fr.scribd.com/document/93361033/Fiche-Difference-2g-3g>
- [13] <http://blogs.univ-poitiers.fr/f-launay/tag/call-flow/>
- [14] https://www.sharetechnote.com/html/RACH_LTE.html
- [16] <http://www.rfwireless-world.com/Terminology/LTE-MIB-SIB-system-information-blocks.html>
- [17] http://en.m.wikipedia.org/wiki/Zadoff%E2%80%93Chu_sequence

Annexe A

A.1. la plateforme U2000

Pour extraire un rapport de l'U2000 par exemple le cluster d'Alger, nous avons allé à l'interface d'accueil de la plateforme U2000 et nous avons cliqué sur performance comme le montre la figure A.1.

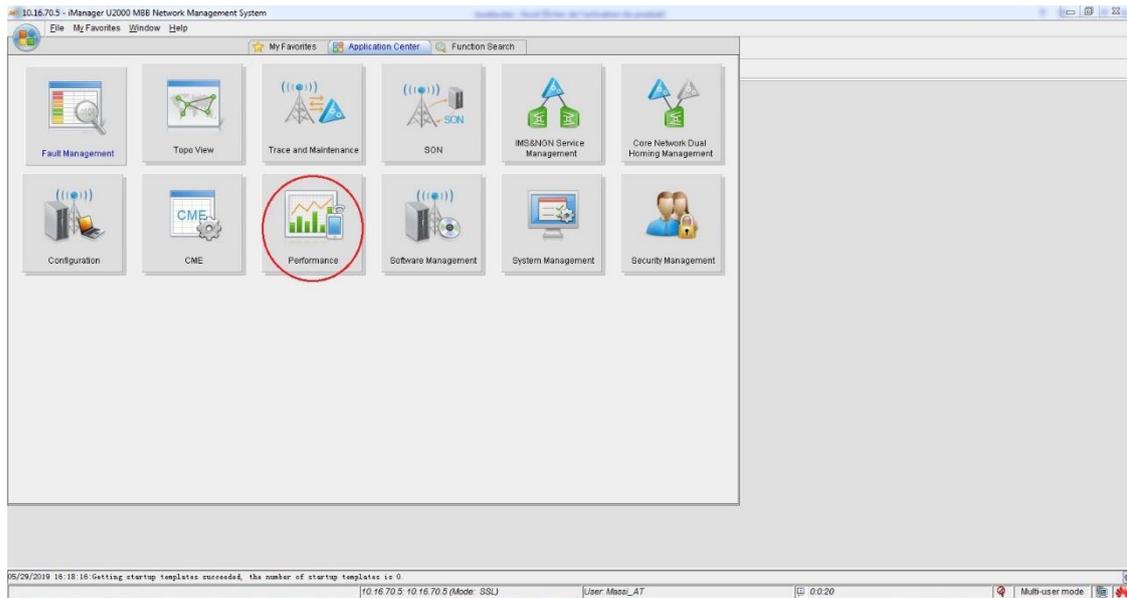


Figure A.1 : Interface d'accueil de la plateforme U2000

Après cette étape, nous avons eu une sorte de dossiers où nous avons sélectionné le dossier souhaité, la figure ci-dessous montre le dossier que nous avons choisi.

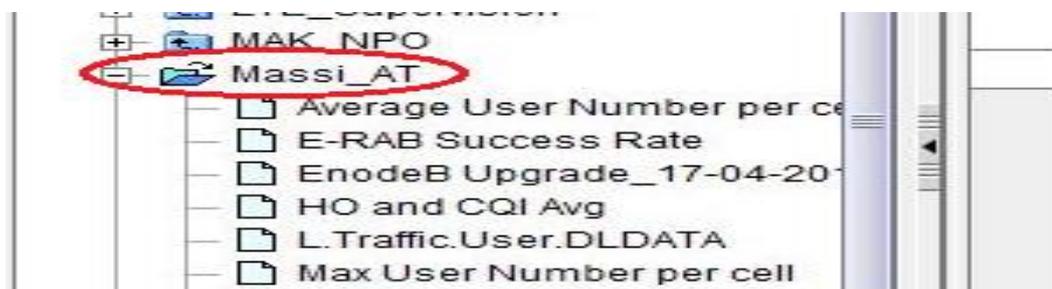


Figure A.2 : Choix de dossier

Nous avons cliqué sur RA_SR après Query result enfin custom, la figure A.3 nous montre les étapes à suivre :

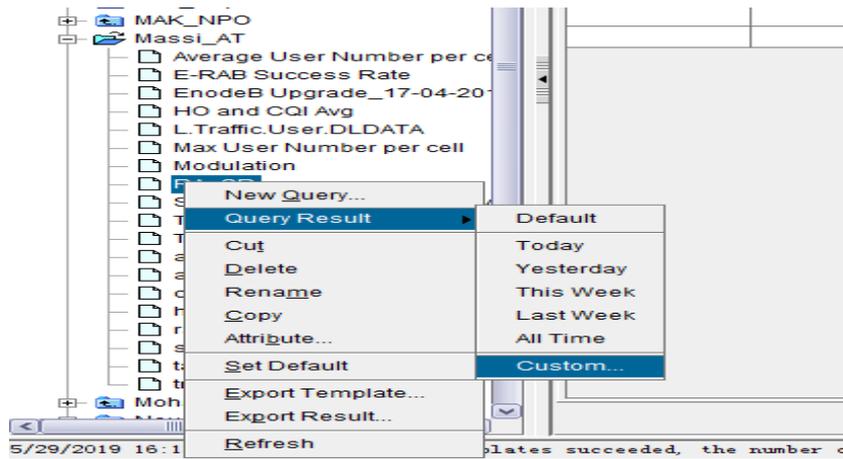


Figure A.3 : Les étapes

Nous avons passé au choix de la région, comme la montre la figure ci-dessous, nous avons choisi Alger comme Objet.

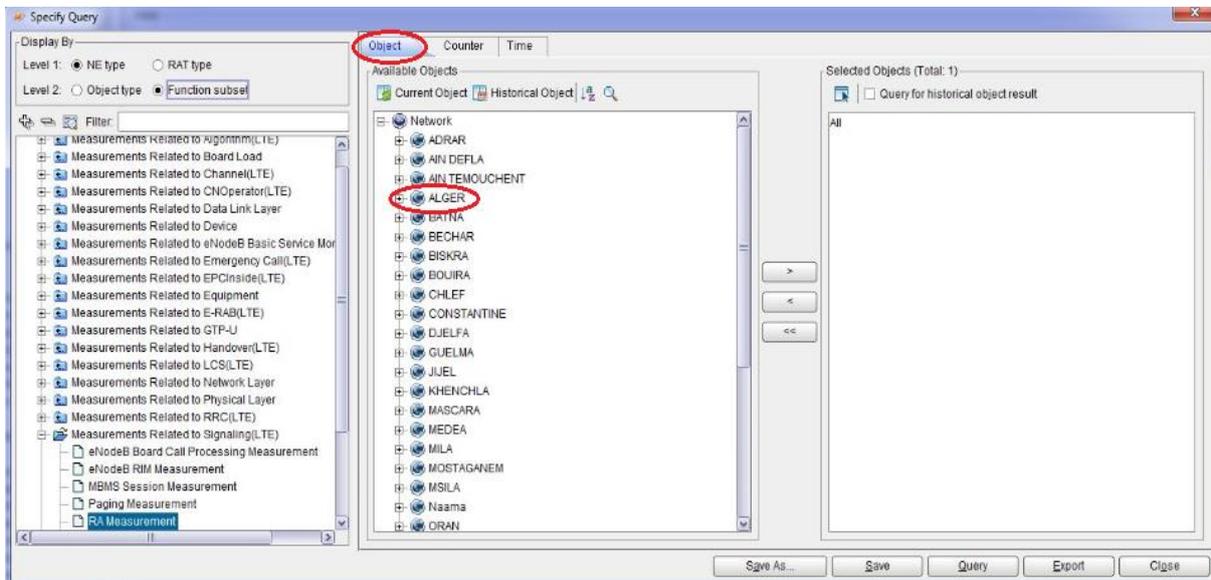


Figure A.4 : Choix d'Objet

Après avoir choisi la wilaya (Alger), nous avons passé aux compteurs que nous avons utilisés pour calculer le RACH_SR.

La fenêtre ci-dessous nous permet de voir les différents compteurs.

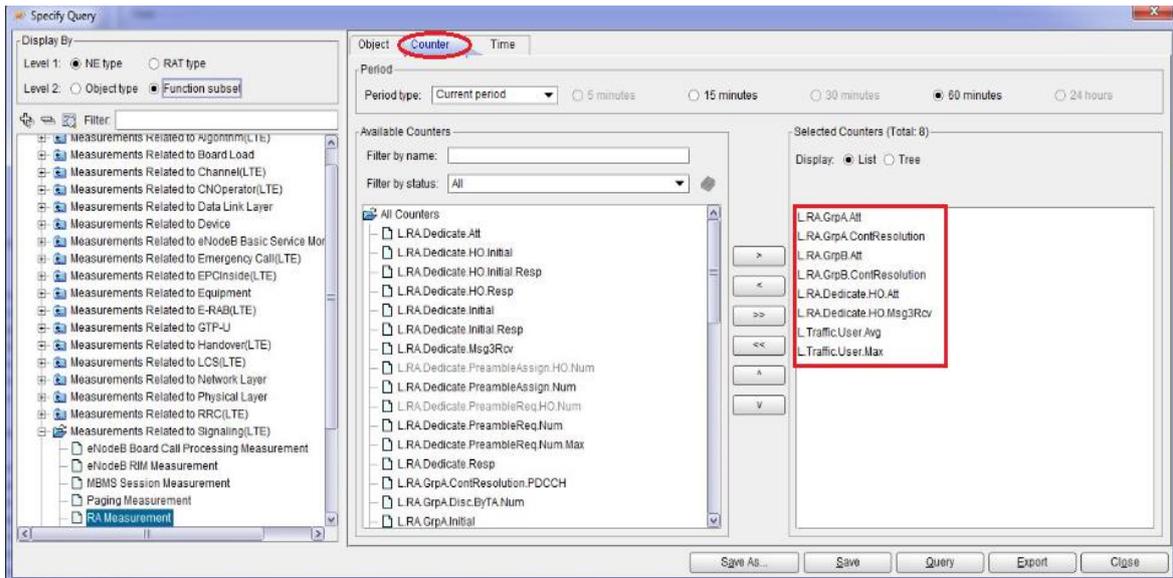


Figure A.5 : Les différents compteurs existé

Enfin, nous avons passé à choisir la durée de cluster, et nous cliquons sur Query comme le montre la fenêtre suivant :

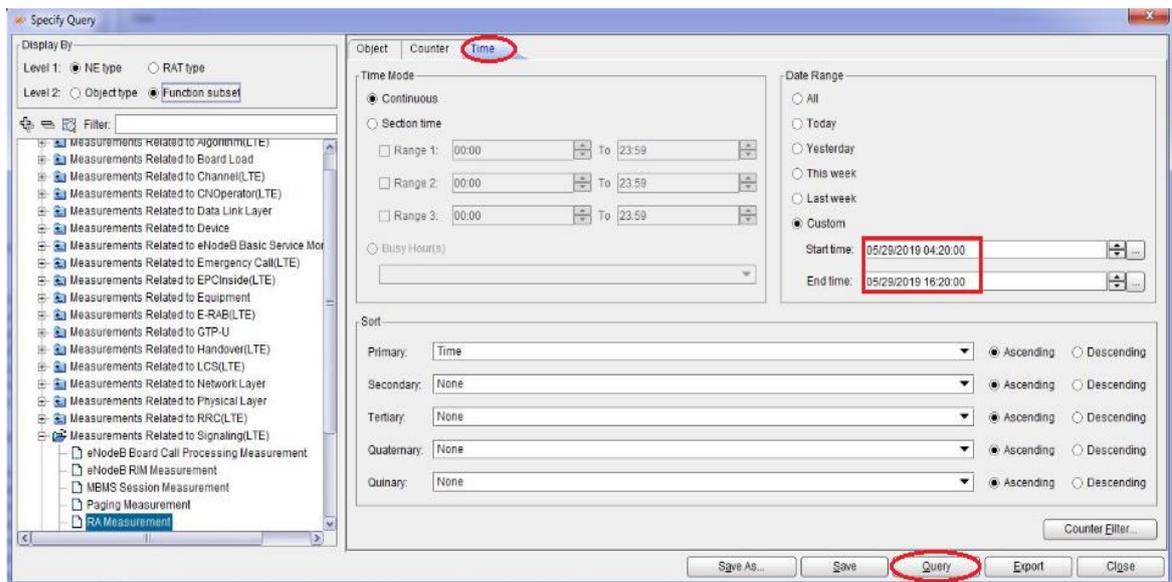


Figure A.6 : La durée de rapport

A.2. La plateforme NetAct

Pour extraire un rapport dans la plateforme NetAct, nous allons ouvrir l'interface d'accueil de la plateforme NetAct comme la montre la figure suivante :

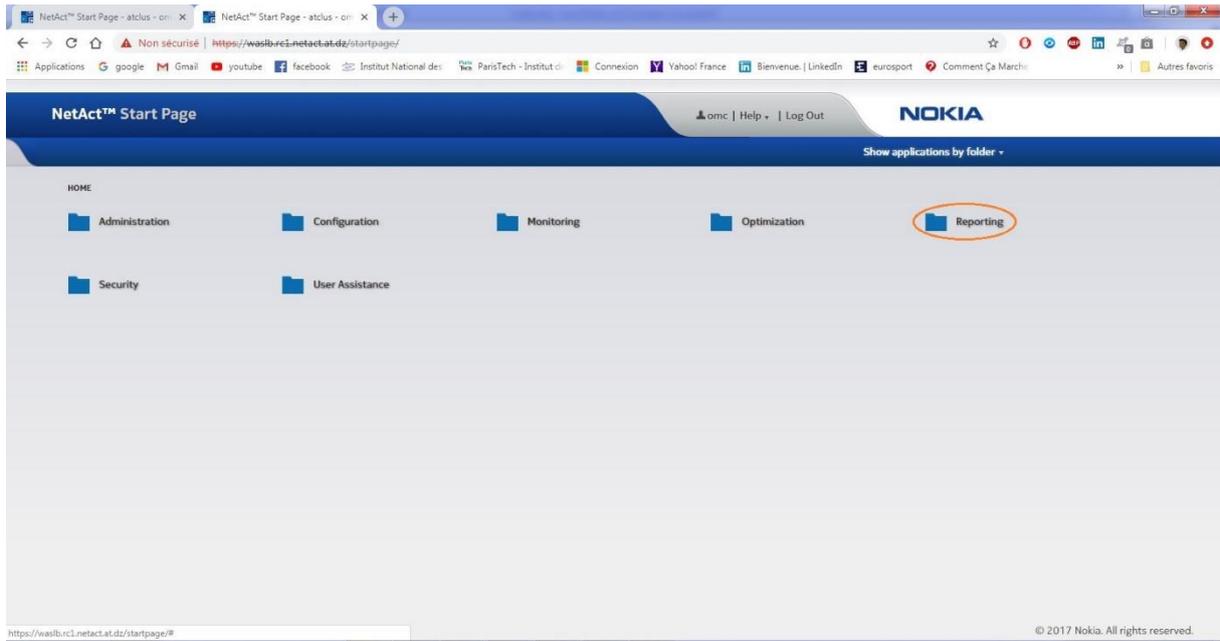


Figure A.7 : L'interface d'accueil de la plateforme NeTact

Après, nous cliquons sur l'application Reporting et nous aurons une fenêtre dont nous allons choisir Performance Management comme montre la figure A.8.

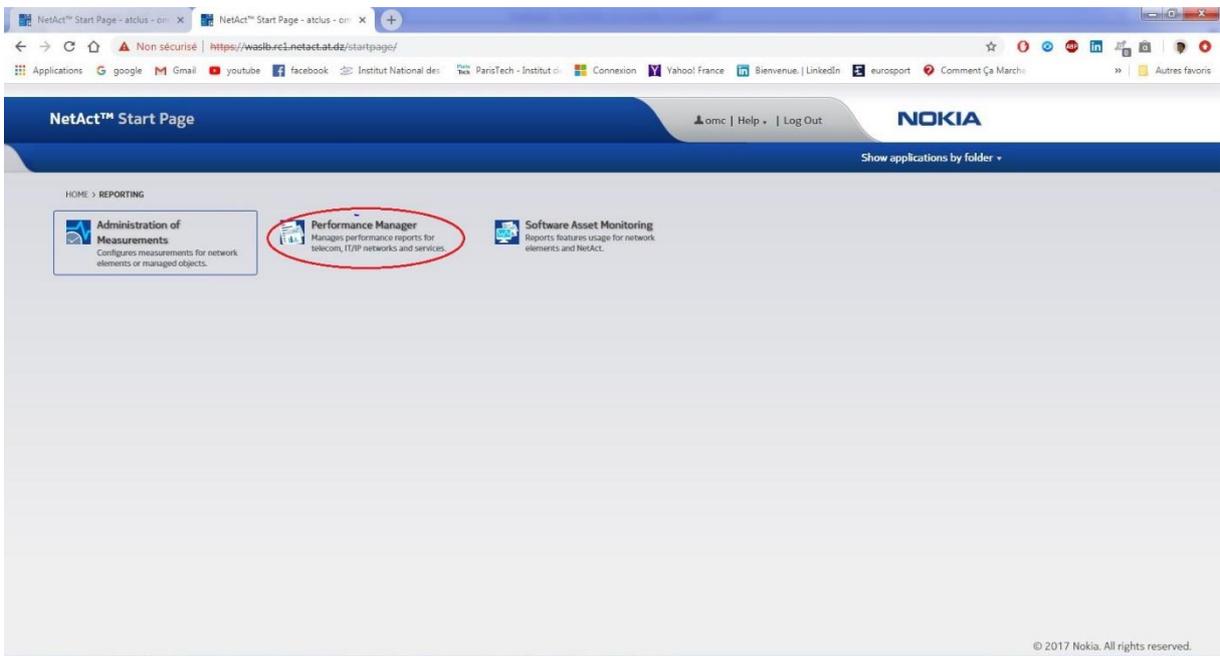


Figure A.8 : Choisir l'application Performance Manager

L'application Performance Management contient tous les indicateurs clés de performance et les KPIs.

Dans le type de recherche, nous sélectionnons Accessibility and Retainability et nous trouvons les KPIs et nous sélectionnons le KPI RSLTE038-Accessibility et Retainability.

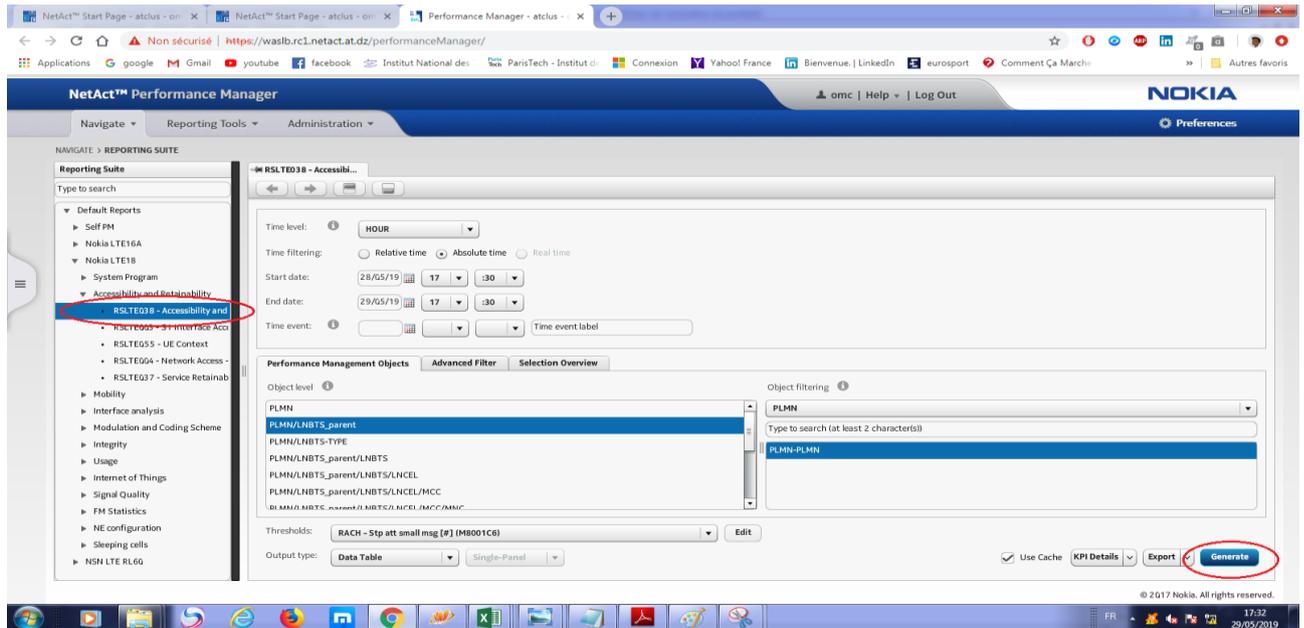


Figure A.9 : Le choix de KPI

Enfin, nous cliquons sur le bouton Genrate pour exporter le rapport sous format d'Excel.

A.3. Comment traiter un rapport sous Excel ?

Premièrement, nous exportons un rapport de l'U2000 comportant les compteurs (L.RA.Dedicate.HO.Msg3Rcv, L.RA.GrpA.ContResolution, L.RA.GrpB.ContResolution, L.RA.Dedicate.HO.Att, L.RA.GrpA.Att et L.RA.GrpB.Att), la figure ci-dessous représente le rapport que nous allons traiter sous Excel.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

Start Time	NE Name	Cell	L.RA.GrpA.A	L.RA.GrpA.C	L.RA.GrpB.A	L.RA.GrpB.C	L.RA.Dedicate	L.RA.Dedicate	L.Traffic.User	L.Traffic.User.Max (None)
05/01/2019 0i Zeralda_1610	eNodeB Func		801	762	0	0	0	0	20,184	26
05/01/2019 0i EL BIAR DIRI	eNodeB Func		3011	2295	0	0	1	1	6,594	9
05/01/2019 0i Zeralda_1610	eNodeB Func		402	401	0	0	0	0	12,043	15
05/01/2019 0i EL BIAR DIRI	eNodeB Func		4854	926	29	1	66	43	19,528	28
05/01/2019 0i APC Sidi EIK	eNodeB Func		381	337	8	8	0	0	20,259	23
05/01/2019 0i Zeralda_1610	eNodeB Func		363	363	0	0	0	0	6,69	9
05/01/2019 0i REGHAIA_Ai	eNodeB Func		412	307	0	0	222	222	7,007	10
05/01/2019 0i EL BIAR DIRI	eNodeB Func		292	292	1	1	0	0	13,297	16
05/01/2019 0i APC Sidi EIK	eNodeB Func		370	367	0	0	0	0	21,612	24
05/01/2019 0i REGHAIA_Ai	eNodeB Func		3016	2072	62	39	229	229	71,973	85
05/01/2019 0i APC Sidi EIK	eNodeB Func		637	128	18	0	0	0	5,814	7
05/01/2019 0i REGHAIA_Ai	eNodeB Func		1979	1937	22	9	1	1	62,038	75
05/01/2019 0i SORCAL_UR	eNodeB Func		1026	834	14	0	570	149	31,775	39
05/01/2019 0i SORCAL_UR	eNodeB Func		772	753	0	0	657	657	30,997	36
05/01/2019 0i SORCAL_UR	eNodeB Func		1182	1169	0	0	9	7	43,06	50
05/01/2019 0i HRAOUA_Ai	eNodeB Func		0	0	0	0	0	0	0	0
05/01/2019 0i EI Djamilia_16	eNodeB Func		0	0	0	0	0	0	2	2
05/01/2019 0i HRAOUA_Ai	eNodeB Func		0	0	0	0	0	0	0	0
05/01/2019 0i EI Djamilia_16	eNodeB Func		1265	1263	0	0	26	26	44,726	53

Figure A.10 : Le rapport initial

Ensuite, nous traitons par la suite avec l'outil Excel en utilisant un tableau dynamique croisé comme le montre la figure A.11.

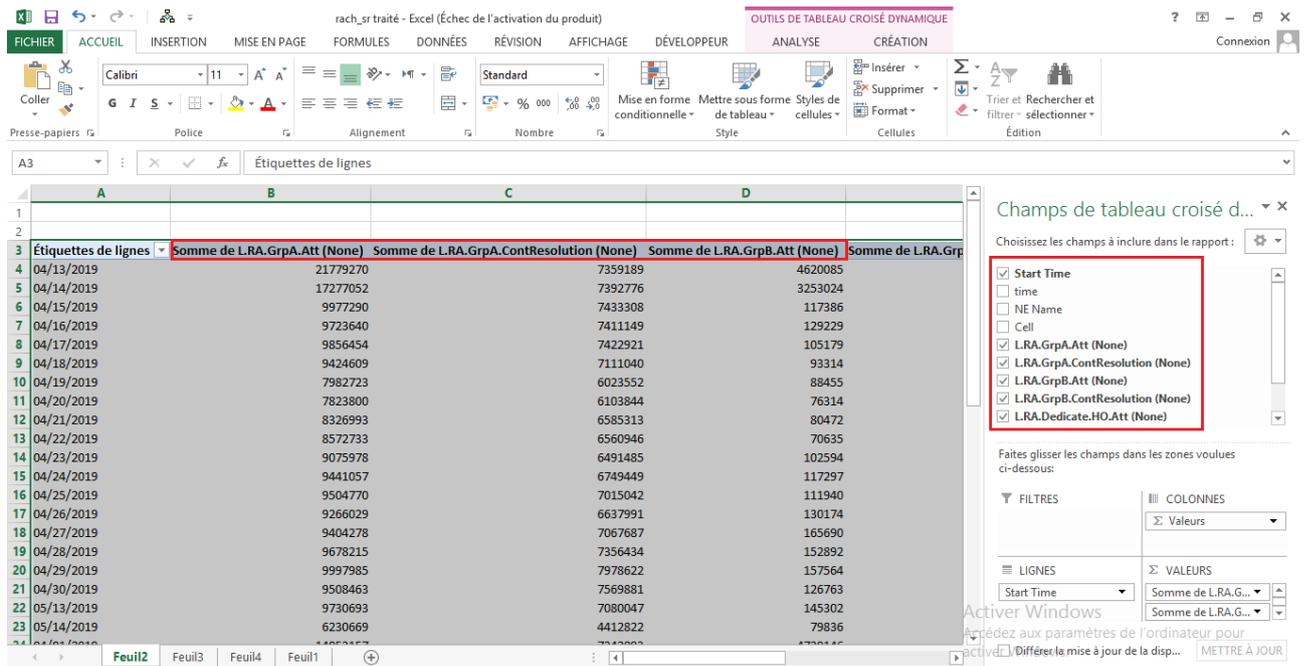


Figure A.11 : Rapport des compteurs traités en utilisant tableau dynamique

Ensuite, nous calculons le KPI (RACH_SR), comme montré ci-dessous :

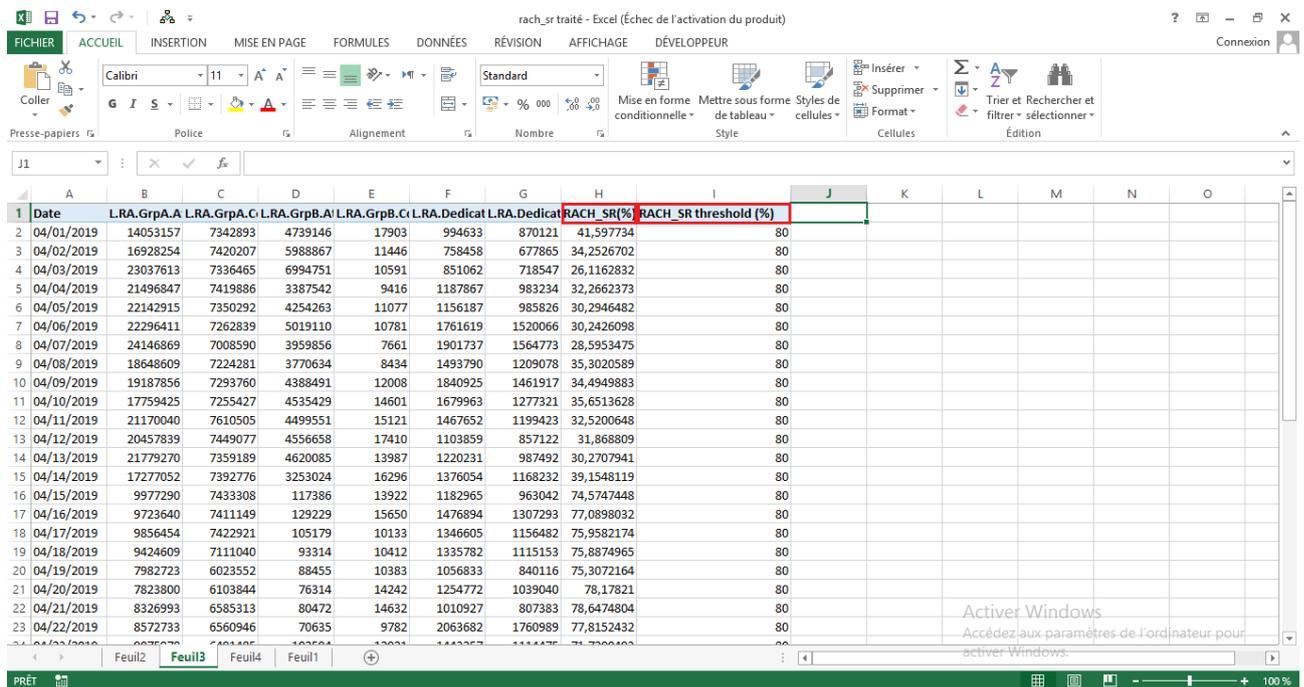


Figure A.12 : Calcul de KPI

B.1. description des Index

B.1.1. Index 0 : nombre de fois où la valeur du TA est 0 ou 1 dans une procédure d'accès aléatoire initiée par l'UE dans une cellule.

B.1.2. Index 1 : nombre de fois où la valeur du TA est 2 ou 3 dans une procédure d'accès aléatoire initiée par l'UE dans une cellule.

B.1.3. Index 2 : nombre de fois où la valeur du TA va de 4 à 7 dans un accès aléatoire initiée par l'UE dans une procédure dans une cellule.

B.1.4. Index 3 : nombre de fois où la valeur du TA va de 8 à 13 dans une procédure d'accès aléatoire initiée par l'UE dans une cellule

B.1.5. Index 4 : nombre de fois où la valeur du TA va de 14 à 25 dans une procédure d'accès aléatoire initiée par l'UE dans une cellule.

B.1.6. Index 5 : nombre de fois où la valeur du TA va de 26 à 45 dans une procédure d'accès aléatoire déclenchée par l'UE dans une cellule.

B.1.7. Index 6 : nombre de fois où la valeur du TA va de 46 à 85 dans une procédure d'accès aléatoire initiée par l'UE dans une cellule.

B.1.8. Index 7 : nombre de fois où la valeur du TA va de 86 à 185 dans une procédure d'accès aléatoire dans une cellule.

B.2. RLF (Radio Link Failure)

L'échec de la liaison radioélectrique est la coupure de la couche physique, dans la plupart des cas, cette défaillance est involontaire.

B.2.1. Points déclencheurs de RLF

- Dès que RLC indique que le nombre maximal de retransmissions a été atteint
- À l'expiration du temporisateur T310 (ce temporisateur est démarré lorsque des problèmes de couche physique sont détectés, c'est-à-dire lors de la réception d'indications N310 non synchronisées consécutives de la part des couches inférieures)
- Lors de l'indication du problème d'accès aléatoire par le MAC alors que ni T300, T301, T304 ni T311 ne sont en cours d'exécution

B.2.2. Actions lorsque RLF est détecté

- L'UE doit lancer la procédure de rétablissement de la connexion RRC.
- Si la sécurité de l'AS n'a pas été activée, informer les couches supérieures de la libération de la connexion RRC avec la cause de la libération.

Présentation de l'entreprise

Algérie Télécom est une entreprise publique algérienne de télécommunications.

Elle a été créée le 10 avril 2003 d'une séparation des activités postales et télécommunications des anciens services de PTT. EN 2003, Algérie Télécom comptait près de 130 000 abonnés GSM et 1,9 million de clients sur le réseau fixe.

Ses activités comprennent la téléphonie fixe, la téléphonie mobile, Internet et les télécommunications par satellites.

Le 06 juin 2018, son monopole sur la fourniture d'accès à internet a pris fin avec l'ouverture à la concurrence de la boucle locale.



Projet d'Algérie Télécom concernant la 4G

Algérie Télécom est le premier opérateur à commercialiser la LTE 4G en Afrique du nord et le deuxième au niveau africain, après l'Afrique du sud, la 4G LTE d'Algérie Télécom permet l'accès à internet haut débit sans fil. Elle est caractérisée par :

- L'accès à internet à très haut débit
- Les consommateurs peuvent utiliser différents supports (PC, Smartphone, Tablet)

Réseau LTE d'Algérie Télécom

L'opérateur a commencé à déployer plus de 2000 eNBs à travers le pays, ce sont les stations de base du réseau LTE. Avec son réseau actuel et en obtenant la licence nécessaire, AT pourrait proposer des offres de téléphonie mobile à condition de déployer beaucoup plus d'antenne pour couvrir plus de terrain.