

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI, TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de fin d'études

Présenté en vue de l'obtention

Du Diplôme Master académique en
Télécommunication et Réseaux

Option : Electronique

Thème :

*Optimisation des index de performances
Du réseau Mobilis Algérie*

Promoteur :

Mr. Lahdir
Mr. Ait Mammour

Présenté par :

Salmi Dyhia
Lourek Ibtissem

Année universitaire 2012/2013

Remerciements

Nous tenons à adresser nos vifs remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin ont participé à l'élaboration de ce modeste travail et nous ont présenté volontairement leur soutien.

Nous tenons à remercier et exprimer notre profonde gratitude plus particulièrement à *Mr.LAHDIR* pour son encadrement et ses conseils fructueux qu'il nous a prodigué le long de notre projet.

Nous exprimons notre reconnaissance à *Mme.LAHDIR*, pour nous avoir suivi et d'avoir été très patiente avec nous.

Ainsi, nous remercions les membres de jury qui nous ont fait l'honneur de juger notre travail.

Que *Mr.AJOUNI*, *Mr. AIT MAMMEUR* et *Mr LAHDIRI* soient remerciés pour l'aide précieuse qu'ils nous ont apporté afin de mener à bien ce travail Ainsi de nous avoir pris en charge au sein de MOBILIS .

Enfin, nous adressons nos remerciements aussi à nos enseignants de l'UMMTO pour la qualité de l'enseignement qu'ils nous ont bien voulu prodiguer durant nos études.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	01
----------------------------	----

CHAPITRE I

Introduction.....	03
I.1 Présentation du GSM.....	04
I.2 Caractéristiques du GSM.....	04
I.2.1 Le concept cellulaire.....	04
I.2.2 Le concept de mobilité.....	05
I.2.3 Régions géographiques d'un réseau GSM.....	06
1) Une cellule.....	06
2) Une zone de localisation LA.....	06
3) Une zone de service MSC/VLR.....	07
4) Réseau PLMN.....	07
5) Une zone de service GSM.....	08
I.3 Architecture du réseau GSM.....	08
I.3.1 Le sous système radio BSS.....	09
I.3.1.1 Station mobile.....	09
I.3.1.2 Station de base.....	10
I.3.1.2.a Les principaux rôles de station de base	11
I.3.1.2.b la capacité d'une BTS.....	11
I.3.1.3 Contrôleur de station de base.....	12
I.3.2 Le sous système réseau.....	12
I.3.2.1 Centre de commutation mobile.....	13
I.3.2.2 Enregistreur de localisation HLR.....	13
I.3.2.3 Centre d'authentification AUC.....	13
I.3.2.4 Enregistreur de localisation VLR.....	14
I.3.2.5 Enregistreur des entités EIR.....	14

I .3.3 Le sous système d'exploitation de maintenance.....	14
I.4 Interface entre les entités du réseau.....	15
I.5 Interface radio.....	16
I.5.1 Les fréquences de travail.....	16
I.5.2 Partage en fréquence.....	17
I.5.3 Partage en temps.....	18
I.6 Les différents canaux logiques.....	18
I.6.1 Canaux dédiés.....	18
I.6.2 Canaux de diffusion.....	19
I .6.3 Canaux de control commun.....	20
I.7 Extension vers le GPRS.....	20
I .7.1 Architecture du GPRS.....	21
I.7.2.1 Entités du réseau GPRS	21
1) SGSN.....	21
2) GGSN.....	21
3) GB.....	22
I.8 Extension vers l'EDGE.....	22
I.9 Extension vers l'UMTS.....	22
I.9.1. Architecture de l'UMTS.....	23
I.9.1.1 Réseau d'accès UTRAN.....	23
a-Node B.....	24
b-RNC.....	24
I.9.1.2 Réseau cœur.....	24
I.9.2 Le principe du W-CDMA.....	26
I.9.3 Les interface de communication.....	27
Conclusion.....	27

CHAPITRE II

Introduction.....	28.
II.1 Gestion de mobilité	28
II.1.1 Protocole de gestion de mobilité.....	28
II.1.2 Procédure IMSI Attach et IMSI detach.....	28
II.2 Types de localisation	29
1) Mise à jour de localisation.....	29
1).1 Mise à jour manuelle	29
1).2 Mise à jour périodique	29
1).3 Mise à jour sur changement de zone de localisation	29
.2) La recherche de localisation (paging).....	30
II.3 Identification de la zone de localisation	30
II.4 Type de localisation	31
II.4.1 Mise à jour de localisation intra - VLR	31
II.4.2 Mise à jour de localisation inter – VLR.....	31
II.5 Etablissement d’appel	33
I I.6 Paramètres influant sur la capacité	34
I I.6.1 Saut de fréquence	34
I I.6.2 Contrôle de puissance.....	34
I I.6.3 Transmission discontinue	35
II.7 Performances de l’interface radio	35
I I.8 Procédure de gestion de ressources radio.....	35
a) Niveau de champ reçu RXLev.....	35
b) Qualité de signal reçu RxQual.....	36
II.8 Procédures de gestion de la ressource radio	37
II.8.1 Etat veille	37
II.8.1.1 Sélection et reselection de cellule	37

II.8.1.2 Description des critères de sélection	38
a) Critère d'affaiblissement C1.....	38
b) Critère de re-sélection C2.....	39
II.8.2 Etat connecté du mobile	40
II.8.2.1 Définition du handover.....	40
I I.8.2.2 handover inter cellulaire	40
II.8.2.3 handover intra cellulaire.....	41
II.8.3 Principales phases du déclenchement du handover	41
I I.8.3.1 Phase préliminaire	41
II.8.3.2 Phase de déclenchement.....	42
II.8.3.3 Exécution du handover.....	44
Conclusion	45

CHAPITRE III

Introduction	46
III.1 Concept de qualité de service	46
III.1.1 Définition des indicateurs de performances.....	46
III.2 Supervision de qualité de service	46
III.2.1 Mesures terrain	47
III.2.2 Evaluation des critères de la qualité de service.....	48
a) Couverture	48
b) Disponibilité du réseau	49
c) Qualité de voix.....	50
d) Qualité des SMS.....	51
e) Coupure d'appel	51
f) Fonctionnement des équipements	52
III. 3. Indicateurs de performances	52
III.3.1 Définitions et formules des taux des index de performance	52
a) Taux de succès	52
b) Taux d'échec.....	53
c) Taux de coupure.....	54
d) Taux de congestion.....	54

III.4 La notion d'Erlang.....	55
III.4.1 Exemple de calcul de trafic en utilisant la table d'Erlang.....	56
III.5 Seuils des indicateurs de performance.....	57
Conclusion.....	58

Chapitre IV

Introduction.....	59.
IV .1 Cas de la BTS 13676.....	60
IV .1.1 Diagnostique	67
IV .1.2 Définition de l'outil d'optimisation	67
IV .1.3 Etapes de l'intervention.....	67
IV .1.4 Argumentation du choix des paramètres	76
IV .1.5 Interprétation des résultats	79
IV .1.6 Evaluation des résultats.....	86
IV.2 Cas de la BTS 22697(Tlemcen).....	86
IV.2.1 Diagnostique.....	89
IV.2.2 Solution.....	89
IV.2.3 Interprétation des résultats.....	90
Conclusion	92
Conclusion générale	93

Résumé

La démonopolisation du secteur de télécommunication en Algérie, a fait naître plusieurs opérateurs GSM favorisant une concurrence à la fois ouverte et serrée ; dans le souci d'attirer le maximum de consommateurs. Cette concurrence est telle que le client recherche les meilleurs services aux meilleurs prix. Qui dit meilleur service, dit aussi "qualité de service" et cette dernière fortement défendue dans les recommandations de l'UIT (Union Internationale des Télécommunications) qui détermine la satisfaction et le choix réel du client vis-à-vis d'un opérateur.

Dans le processus de réalisation de notre mémoire, notre cadre d'étude et de recherche a été l'opérateur MOBILIS. Cet opérateur est une filiale d'Algérie télécom qui propose à ses clients différents services. L'infrastructure de MOBILIS s'étend sur tout le territoire national sous différents sites contrôlés et surveillés par le centre de maintenance OMC. Ce dernier est constitué de plusieurs services techniques tels que l'NPOC (Network Plane Optimisation Center)- Radio qui se focalise sur l'optimisation de l'interface radio. Ce service nous a permis de participer à régler un problème de congestion et de surcharge au niveau des BTS ZTE situées dans les régions de Tlemcen et de Sidi Bel Abbés. L'analyse et le traitement de ce phénomène se fait à l'aide des indicateurs de performances (KPI).

Notre solution se résume à procurer des modifications logicielles et matérielles dans le but d'augmenter la capacité du site et de diminuer la surcharge et par conséquent améliorer la qualité de service.

Mots clés

GSM ,GPRS, EDGE ,UMTS, Qualité de service QOS, Optimisation ,Index de performances KPI

Introduction générale

La nécessité de rester joignable en tout lieu, de pouvoir communiquer même en se déplaçant, s'impose de plus en plus. En réponse favorable à ce besoin, le secteur de télécommunication s'est développé en parallèle.

La démonopolisation du secteur de télécommunication en Algérie, a fait naître plusieurs opérateurs GSM favorisant une concurrence à la fois ouverte et serrée ; dans le souci d'attirer le maximum de consommateurs. Cette concurrence est telle que le client recherche les meilleurs services aux meilleurs prix. Qui dit meilleur service, dit aussi "qualité de service" et cette dernière fortement défendue dans les recommandations de l'UIT (Union Internationale des Télécommunications) qui détermine la satisfaction et le choix réel du client vis-à-vis d'un opérateur.

Dans le processus de réalisation de notre mémoire, notre cadre d'étude et de recherche a été l'opérateur MOBILIS. Cet opérateur est une filiale d'Algérie télécom qui propose à ses clients différents services. L'infrastructure de MOBILIS s'étend sur tout le territoire national sous différents sites contrôlés et surveillés par le centre de maintenance OMC. Ce dernier est constitué de plusieurs services techniques tels que l'NPOC (Network Plane Optimisation Center)- Radio qui se focalise sur l'optimisation de l'interface radio. Ce service nous a permis de participer à régler un problème de congestion et de surcharge au niveau des BTS ZTE situées dans les régions de Tlemcen et de Sidi Bel Abbés. L'analyse et le traitement de ce phénomène se fait à l'aide des indicateurs de performances (KPI).

Notre solution se résume à procurer des modifications logicielles et matérielles dans le but d'augmenter la capacité du site et de diminuer la surcharge et par conséquent améliorer la qualité de service.

Afin de suivre un enchaînement logique jusqu'aux résultats, nous avons organisé ce mémoire comme suit :

Le premier chapitre est consacré à la présentation de l'évolution des réseaux mobiles cellulaires.

Dans le deuxième chapitre nous aborderons la gestion de mobilité dans les deux modes du mobile veille et connecté.

Le troisième chapitre introduit la relation directe entre le concept de qualité de service et les indicateurs de performance du réseau GSM (KPI).

Le dernier chapitre nous évoquerons la problématique qui dégage de notre étude, en faisant un état des lieux chez l'opérateur en termes de qualité de service.

En fin nous terminerons par nos propositions de solutions en vue d'une optimisation des index de performance du réseau soigneusement étudié.

Introduction

Les systèmes publics de téléphonie mobile sont classés en générations, le réseau GSM (Global System for Mobile communications) est un standard de seconde génération car, contrairement à la première génération, les communications fonctionnent selon un mode entièrement numérique. Le standard GSM utilise les bandes de fréquences 900 MHz et 1800 MHz appelé bi-bande, cette norme autorise un débit maximal de 9,6 kbps, ce qui permet de transmettre la voix ainsi que des données numériques à bas débit tel que des messages textes (SMS, pour Short Message Service) ou des messages multimédias (MMS, pour MultiMedia Message Service). Le GSM a évolué pour donner naissance au GPRS (General Packet Radio Service), qui permet d'étendre l'architecture du standard GSM, afin d'autoriser le transfert de données par paquets, avec des débits théoriques maximums de l'ordre de 171,2 kbit/s (en pratique jusqu'à 114 kbit/s). Ainsi, le standard GPRS utilise l'architecture du réseau GSM pour le transport de la voix, et propose d'accéder à des réseaux de données (notamment internet) la suivante évolution est le standard EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution), modifiant le type de modulation du GSM, permettant ainsi d'atteindre des débits allant jusqu'à 384 kbit/s pour les stations fixes (piétons et véhicules lents) et jusqu'à 144 kbit/s pour les stations mobiles (véhicules rapides). Tout comme la norme GPRS, le standard EDGE est utilisé comme transition vers la troisième génération de téléphonie mobile (3G).

La norme 3G tel que l'UMTS (Universal Mobile Télécommunication System) repose sur un autre système qui a mis en œuvre de nouvelles infrastructures. En effet, alors que l'EDGE offre un débit de 120 Kbps en pratique, la 3G promet un débit de 2Mbit/s. C'est pourquoi elle est considérée comme la technologie de la visioconférence et de l'accès à la télévision.

I.1 présentation du GSM

Le réseau GSM est un système de radiotéléphonie numérique flexible et évolutif. Il s'agit d'un standard de téléphonie dit « de seconde génération ». Cette norme autorise un débit maximal de 9,6 kbps, ce qui permet de transmettre la voix ainsi que des données numériques a bas débit, tel que des messages textes SMS (Short Message Service) ou des messages multimédias MMS (Multimédia Message Service).

I.2 Caractéristiques du GSM

I.2.1 Le concept cellulaire

Un système de radiotéléphonie utilise une liaison radioélectrique entre le terminal portatif (mobile station MS) et le réseau téléphonique. La liaison radio entre le téléphone mobile et le réseau doit être de qualité suffisante, ce qui nécessite la mise en place d'un ensemble de stations de base (BTS) sur l'ensemble du territoire que l'on souhaite couvrir, de telle sorte que le terminal soit toujours à moins de quelques kilomètres de l'une d'entre elles.

Ce que l'on appelle une cellule, c'est la surface sur laquelle le téléphone mobile peut établir une liaison avec une station de base déterminée. Le principe consiste à diviser une région en un certain nombre de cellules desservies par un relais radioélectrique (la BTS) de faible puissance, émettant à des fréquences différentes de celles utilisées sur les cellules voisines. Ces cellules doivent être adjacentes sur la surface couverte. Evidemment, le nombre de fréquences accordées au système GSM étant restreint, l'opérateur est obligé de réutiliser les mêmes fréquences sur des cellules suffisamment éloignées de telle sorte que deux communications utilisant la même fréquence ne se brouillent pas.

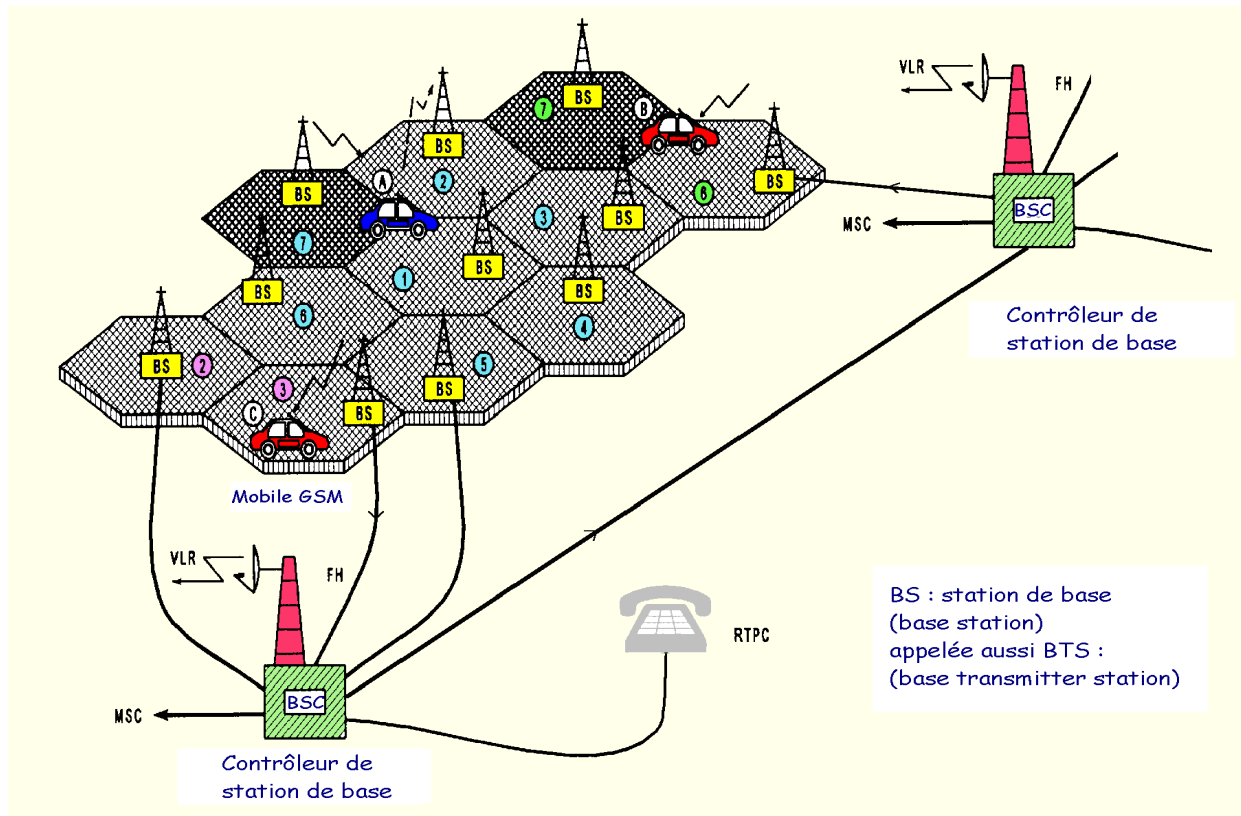


Figure I.1 : le concept cellulaire

Afin de permettre à un utilisateur passant d'une cellule à une autre de garder sa communication, il est nécessaire que les zones de couvertures se recouvrent de 10 à 15%, ce qui renforce la contrainte de ne pas avoir une même bande de fréquences dans deux cellules voisines.

Afin d'éviter les interférences à plus grande distance entre cellules utilisant les mêmes fréquences, il est également possible d'asservir la puissance d'émission de la station de base en fonction de la distance qui la sépare de l'utilisateur. Le même processus de contrôle de puissance d'émission est également appliqué en sens inverse. En effet, pour diminuer la consommation d'énergie des mobiles et ainsi augmenter leur autonomie, leur puissance d'émission est calculée en fonction de leur distance de la station de base. Grâce à des mesures permanentes entre le téléphone et une station de base, les puissances d'émission sont régulées en permanence pour garantir une qualité adéquate pour une puissance minimale. Par la fréquence de porteuse utilisée pour l'émission radioélectrique.

I.2.2 Concept de mobilité

La mobilité des abonnés dans un réseau cellulaire a deux conséquences :

- Pour établir une communication, il faut savoir dans quelle cellule l'abonné se trouve. C'est la fonction de gestion de localisation.
- Il doit y avoir continuité de la communication lorsque l'abonné passe d'une cellule à une autre (transfert intercellulaire, communément appelé handover).

Si la mobilité d'un abonné s'étend à plusieurs pays, des accords de roaming doivent alors être passés entre les différents opérateurs pour que les communications d'un abonné étranger soient traitées et aboutissent.

I.2.3 Régions géographiques d'un réseau GSM :

On peut distinguer cinq régions distinctes qui sont :

1) Une cellule

Une cellule correspond à la région couverte par une station de base (BTS) elle est généralement de forme hexagonale et est identifiée dans un réseau par un numéro unique CI (Cell Identity).

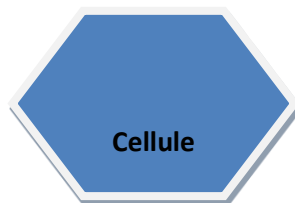


Figure I.2 : Une cellule

2) Une zone de localisation (LA - Location Area)

Est un groupe de cellules, c'est la région par laquelle on localise un abonné. Chaque LA (Location Area) est servie par un ou plusieurs contrôleurs de station de base (BSC), mais par un seul MSC.



Figure I.3 : Zone de localisation

3) Une zone de service MSC/VLR

Une zone de service MSC/VLR est un groupe de LA sous le contrôle d'un seul MSC

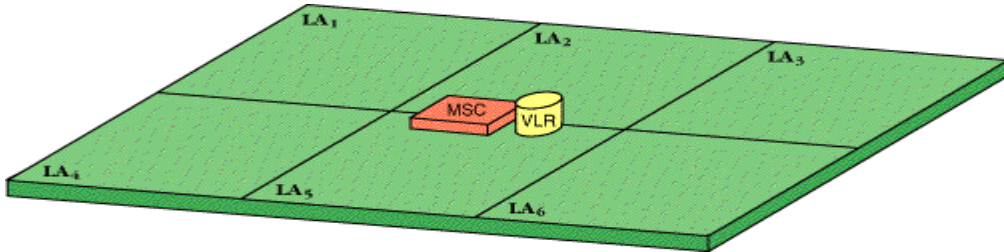


Figure I.4 : Régions de services MSC/VLR.

Ainsi si on veut acheminer un appel vers un terminal le réseau doit connecter la communication au MSC de la zone de service MSC/VLR où le terminal est localisé.

4) Un réseau mobile d'une région public (PLMN)

Est la région desservie par un opérateur de réseau elle est composée de plusieurs zones de services MSC/VLR.

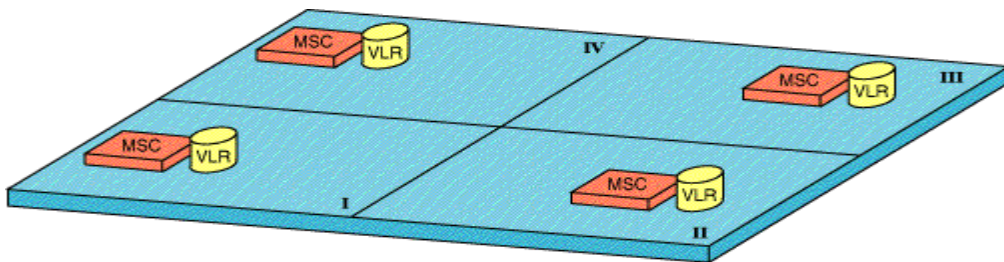


Figure I.5 : zone PLMN

Dans un pays on peut distinguer plusieurs PLMN chacune appartenant à un réseau mobile d'un opérateur. Comme l'Algérie qui dispose de trois PLMN (Mobilis, Nedjma, Djezzy).

5) Une zone de service GSM

La zone de service GSM est la zone géographique où un abonné peut accéder à un réseau GSM. Cette zone va en s'agrandissant quand les différents opérateurs signent un contrat agréé pour travailler ensemble.

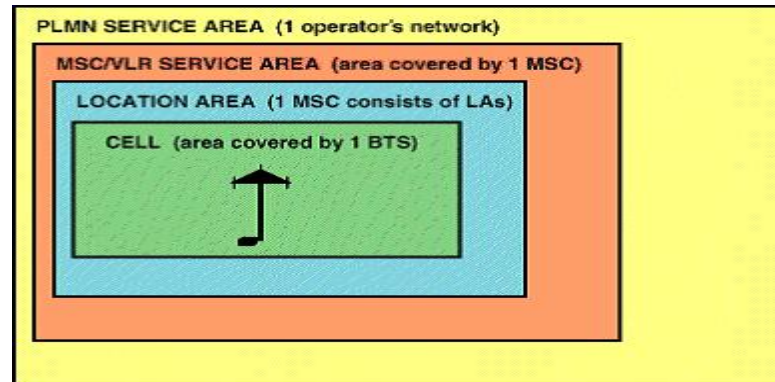


Figure I.6 : Zone géographique d'un réseau GSM

I.3 Architecture du réseau GSM

Le réseau GSM est composé d'entités fonctionnelles définies sous forme d'une structure fonctionnelle qui doit être conçue de façon à assurer la comptabilité entre les différents sous-systèmes, leur élément constitutif et les interfaces de communication. Cette définition s'appuie sur les recommandations GSM. Un réseau de radio téléphonie se décompose en trois sous-ensembles :

- ✚ Le **BSS** (Base Sub-System) est le sous-système radio. Il comprend les émetteurs-récepteurs et leur supervision (BTS et BSC).
- ✚ Le **NSS** (Network Sub-System) est le sous système réseau. Il comprend des commutateurs et des bases de données (MSC, VLR, HLR) et est destiné à gérer la commutation, l'interconnexion, et les données d'abonnés.
- ✚ L'**OSS** (Opération Sub-System) est le sous-système d'exploitation et de maintenance qui permet à l'exploitant d'administrer son réseau.

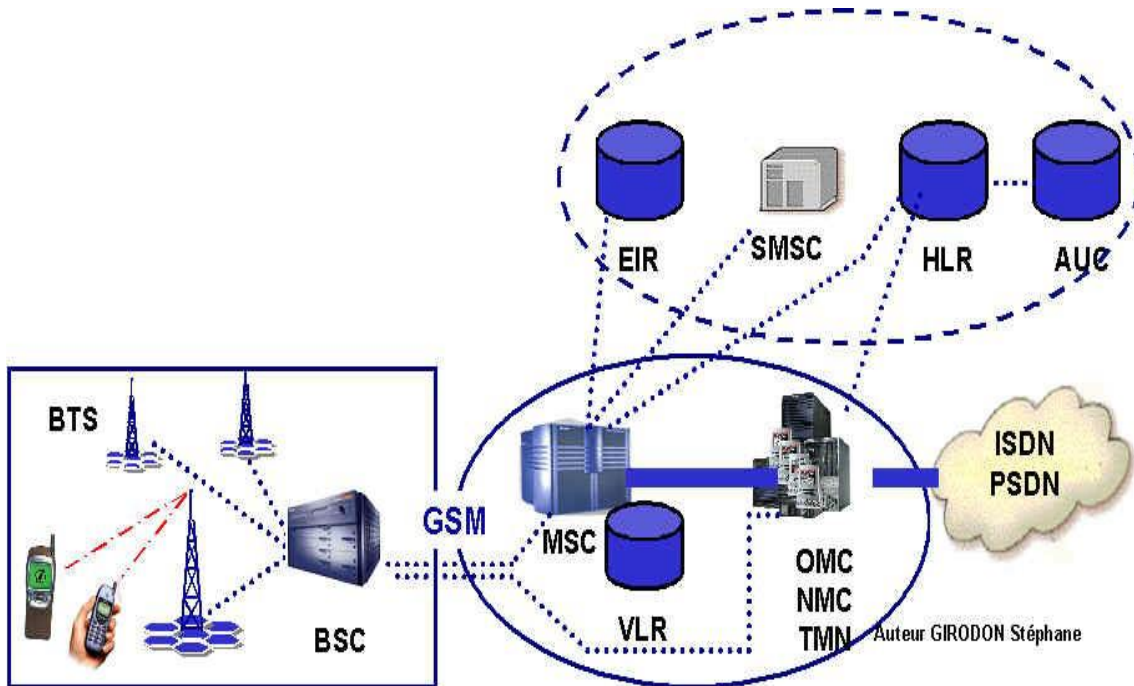


Figure I.7 : Architecture du GSM

I.3.1 Le sous-système radio BSS

Il assure les transmissions radioélectriques et gère la ressource radio. Il est constitué de :

- ✚ Stations mobiles MS permettant aux abonnés d'accéder aux services de télécommunication.
- ✚ Stations de bases BTS assurant le lien radioélectrique avec les MS.
- ✚ Contrôleurs de stations de bases BSC qui gèrent les BTS et assurent la fonction de concentration du trafic.
- ✚ Transcodeurs 13-64 kbits/s TRAU pour adapter le codage de la voix sur l'interface radio (13 kbits/s) aux circuits de parole (64 kbits/s) du réseau fixe.

I.3.1.1 Station mobile

Le terme station mobile désigne un équipement terminal muni d'une carte SIM (Subscriber Identity Module), qui permet d'accéder aux services de télécommunication d'un PLMN GSM. Ces deux éléments suffisent à réaliser l'ensemble des fonctionnalités nécessaires à la transmission et à la gestion des déplacements. La principale fonction de la carte SIM est de contenir et de gérer une série d'informations. En effet, elle contient des données spécifiques comme le code PIN (Personal Identification Number) et d'autres caractéristiques de l'abonné,

de l'environnement radio et de l'environnement de l'utilisateur. L'identification d'un utilisateur est réalisée par un numéro unique IMSI(International Mobile Subscriber Identity) différent du numéro de téléphone connu de l'utilisateur MSISDN(Mobile Station ISDN Number).

I.3.1.2 Station de base (BTS)

La BTS est un ensemble d'émetteurs-récepteurs, elle gère les problèmes liés à la transmission radio (modulation, démodulation, égalisation, codage correcteur d'erreur). Le placement et le type des BTS déterminent la forme des cellules. Elle réalise aussi des mesures radio pour vérifier qu'une communication en cours se déroule correctement (évaluation de la distance et de la puissance du signal émis par le terminal de l'abonné) : Ces mesures sont directement transmises à la BSC.

La répartition géographique et le type de BTS utilisés jouent un rôle primordial pour évaluer la qualité d'un réseau. La capacité maximale d'une BTS est de 16 porteuses, c'est à dire qu'elle peut supporter au plus une centaine de communications simultanées. Une configuration en zone urbaine est constituée d'une BTS à 4 porteuses pouvant écouler environ 28 communications. C'est pourquoi il faut réduire au minimum la puissance de ses BTS en ville de manière à ce qu'elles couvrent une zone la plus restreinte possible. Mais cela entraîne évidemment une multiplication importante des coûts.



Figure I.8 : Station de Base BTS

I.3.1.2.1 Les principaux rôles d'une BTS

- ✚ Activation et désactivation d'un canal radio.
- ✚ Multiplexage temporel (TDMA) et saut de fréquence .
- ✚ Chiffrement du contenu à transmettre (pour la confidentialité de la communication sans fil).
- ✚ Codage canal, chiffrement des trames, modulation, démodulation et décodage du signal radio (protection contre les erreurs de transmission, interférences, bruits....).
- ✚ Contrôle de la liaison.
- ✚ Surveillance des niveaux de champ reçus et de la qualité des signaux (nécessaire pour le handover).
- ✚ Contrôle de la puissance d'émission (limiter la puissance à ce qui est suffisant pour ne pas trop perturber les cellules voisines).

I.3.1.2.2 Capacité d'une BTS

Un TRX (Transmission/Reception Unit) est un émetteur récepteur qui gère une paire de fréquences porteuses (une en voie montante, une en voie descendante). On peut multiplexer jusqu'à 8 communications simultanées sur un TRX grâce à la technique d'accès

multiple TDMA. En théorie, la capacité maximale d'une BTS est de 16 TRX. Ainsi, elle peut gérer jusqu'à 128 communications simultanées. Mais cette limite n'est jamais atteinte en pratique. Dans les zones rurales, le rôle de la BTS est d'assurer une couverture, elle est donc généralement limitée à 1 seul TRX ou 2 si l'opérateur prévoit un TRX de secours. Dans les zones urbaines, la BTS doit assurer une couverture mais également écouler un trafic conséquent. Elle peut donc être équipée de 2 à 9 TRX (6 TRX pour la BTS ZTEOB06 par exemple).

Afin d'écouler plus de trafic, les opérateurs préfèrent augmenter le nombre de BTS plutôt que d'augmenter le nombre de TRX par BTS. Ainsi, les interférences entre canaux utilisant les mêmes fréquences sont limitées.

I.3.1.3 Contrôleur de station de base (BSC)

Le contrôleur de station de base gère une ou plusieurs stations de base et communique avec elles par le biais de l'interface A-bis. Ce contrôleur remplit différentes fonctions tant au niveau communication qu'au niveau exploitation. Pour les fonctions de communication, le BSC agit vis-à-vis du trafic venant des stations de base comme un concentrateur. Dans l'autre sens, le contrôleur commute les données en les dirigeant vers la bonne station de base. Il remplit à la fois le rôle de relais pour les différents signaux d'alarmes destinées au centre d'exploitation et de maintenance. Une autre fonctionnalité importante est la gestion des ressources radio pour la zone couverte par les différentes stations de base qui y sont connectées. En effet, le contrôleur gère les transferts intercellulaires des utilisateurs dans sa zone de couverture, c'est-à-dire quand une station mobile passe d'une cellule à une autre, il doit alors communiquer avec la station de base qui va prendre en charge l'abonné et lui transmettre les informations nécessaires tout en avertissant la base de données locale VLR (Visitor Location Register) de la nouvelle localisation de l'abonné.

I.3.2 Le sous-système réseau

Le sous-système réseau, appelé Network Switching subsystem Center (NSS), joue un rôle essentiel dans un réseau mobile. Alors que le sous-réseau radio gère l'accès radio, les éléments du NSS prennent en charge toutes les fonctions de contrôle et d'analyse d'informations contenues dans des bases de données nécessaires à l'établissement de connexions utilisant une ou plusieurs des fonctions suivantes : chiffrement, authentification ou roaming. Le NSS est constitué de :

- ✚ Mobile Switching Center (MSC).
- ✚ Home Location Register (HLR) / Authentication Center (AuC).
- ✚ Visitor Location Register (VLR).
- ✚ Equipment Identity Register (EIR).

I.3.2.1 Centre de commutation mobile (MSC)

Le centre de commutation mobile est relié au sous-système radio via l'interface A. Son rôle principal est d'assurer la commutation entre les abonnés du réseau mobile et ceux du réseau commuté public (RTC). De plus, il participe à la fourniture des différents services aux abonnés telle que la téléphonie, les services supplémentaires et les services de messagerie. Il permet encore de mettre à jour les différentes bases de données (HLR, VLR et AuC) qui donnent toutes les informations concernant les abonnés et leur localisation dans le réseau. Les commutateurs MSC d'un opérateur sont reliés entre eux pour la commutation interne des informations. Des MSC servant de passerelle GMSC (Gateway Mobile Switching Center) sont placées en périphérie du réseau d'un opérateur de manière à assurer une interopérabilité entre réseaux d'opérateurs.

I.3.2.2 Enregistreur de localisation nominale (HLR)

Il existe au moins un enregistreur de localisation (HLR) par réseau (PLMN). Il faut le voir comme une base de données avec des informations essentielles avec un temps d'accès qui doit être réduit au stricte minimum. Plus la réponse du HLR est rapide plus le temps d'établissement de la connexion sera petit. Il contient à la fois toutes les informations relatives aux abonnés : le type d'abonnement, la clé d'authentification (KI), les services souscrits, le numéro de l'abonné (IMSI) , ainsi qu'un certain nombre de données dynamiques telles que la position de l'abonné dans le réseau et l'état de son terminal (allumé, éteint, en communication).

I.3.2.3 Centre d'authentification (AUC)

Lorsqu'un abonné passe une communication, l'opérateur doit pouvoir s'assurer qu'il ne s'agit pas d'un pirate. Le centre d'authentifications remplit cette fonction de protection des communications. Pour ce faire, la norme GSM prévoit deux mécanismes :

- ✚ Le chiffrement des transmissions radio.
- ✚ L'authentification des utilisateurs du réseau au moyen d'une clé Ki qui est à la fois présente dans la station mobile et dans le centre d'authentification.

On peut dès lors distinguer trois niveaux de protection :

- ✚ La carte SIM qui empêche un utilisateur non enregistré d'avoir accès au réseau.
- ✚ Le codage des communications destiné à empêcher l'écoute de celles-ci.
- ✚ La protection de l'identité de l'abonné.

I.3.2.4 Enregistreur de localisation des visiteurs (VLR)

Cette base de données est liée à un MSC et ne contient que des informations dynamiques, il y en a donc plusieurs dans un réseau GSM. Elle contient des données dynamiques qui lui sont transmises par le HLR avec lequel elle rentre en communication lorsqu'un abonné entre dans la zone de couverture du centre de commutation mobile auquel elle est rattachée. Lorsque l'abonné quitte cette zone de couverture, ses données sont transmises à un autre VLR et suivent l'abonné.

I.3.2.5 Enregistreur des identités des équipements (EIR)

Malgré les mécanismes introduits pour sécuriser l'accès au réseau et le contenu des communications, le téléphone mobile doit potentiellement pouvoir accueillir n'importe quelle carte SIM de n'importe quel réseau, il est donc imaginable qu'un terminal puisse être utilisé par un voleur sans qu'il ne puisse être repéré. Pour éviter ce la, chaque terminal reçoit un identifiant unique (IMEI) qui ne peut pas être modifié sans altérer le terminal. En fonction de données au sujet d'un terminal, un opérateur peut décider de refuser l'accès au réseau.

I.3.3 Le Sous - Système d'Exploitation et de Maintenance (OSS)

L'OSS (Operating Sub-system) permet à l'exploitant d'administrer son réseau ou encore l'administration du réseau consiste à évaluer ses performances et optimiser l'utilisation des ressources de façon à offrir un niveau de qualité aux usagers. Cette administration se fait à plusieurs niveaux :

- ✚ Administration commerciale (déclaration des abonnées, terminaux, facturations) ;
- ✚ Gestion de sécurité ;

- ✚ Exploitation et gestion de performance ;
- ✚ Contrôle de la configuration du système ;
- ✚ Maintenance.

Le Centre d'administration et de maintenance OMC (Operation and Maintenance Center) est décomposé en deux centres, qui sont :

➤ **L'OMC – N**

Le Centre d'exploitation et de Maintenance du sous-système réseau (OMC-N : Operation and Maintenance Center - Network) supervise, détecte et corrige les anomalies du NSS) ;

➤ **L'OMC – R**

Le Centre d'exploitation et de Maintenance OMC-R (Operation and Maintenance Center - Radio) exploite et maintient le sous - système radio.

I.4 Interfaces entre les entités du réseau

1) L'interface Um

C'est l'interface entre les deux sous systèmes MS (Mobile Station) et BSS (Base Station subsystem) on le nome couramment l'interface radio ou l'interface air.

2) L'interface A-BIS

C'est l'interface entre deux composants du sous système BSS et BTS (Base Station Tranceiver) et le BSC (Base Station Controller).

3) L'interface A

C'est l'interface entre les deux sous systèmes BSS et NSS (Network Subsystem)

Nom	Localisation	Utilisation
Um	MS – BTS	Interface Radio
A bis	BTS – BSC	Divers
A	BSC – MSC	Divers
B	MSC – VLR	Divers
C	GMSC – HLR	Interrogation HLR pour appel entrant
	SM-GMSC – HLR	Interrogation HLR pour message court entrant
D	VLR – HLR	Gestion des informations d'abonnés et de localisation
	VLR – HLR	Services supplémentaires
E	MSC – MSC	Exécution des handover
	MSC – SM-GMSC	Transport des messages courts
F	MSC – EIR	Vérification de l'identité du terminal
G	VLR – VLR	Gestion des informations d'abonnés
H	HLR – AUC	Échange des données d'authentification

Tableau I.1: Tableau récapitulatif des interfaces du réseau GSM

I.5 Interface radio

L'interface radio représente le maillon faible de la connexion reliant deux MS à travers le réseau GSM. Ainsi, un certain nombre de fonctions et de mécanismes ont été prévus pour rendre fiable cette interface. Ces fonctions utilisent des canaux logiques pour assurer les objectifs de fiabilité recherchés.

I.5.1 Les fréquences de travail du GSM

La norme GSM prévoit que la téléphonie mobile par GSM occupe deux bandes de fréquences au voisinage des 900 [MHz] :

- ✚ La bande de fréquence 890 - 915 [MHz] pour les communications montantes (du mobile vers la station de base).
- ✚ La bande de fréquence 935 - 960 [MHz] pour les communications descendantes (de la station de base vers le mobile).

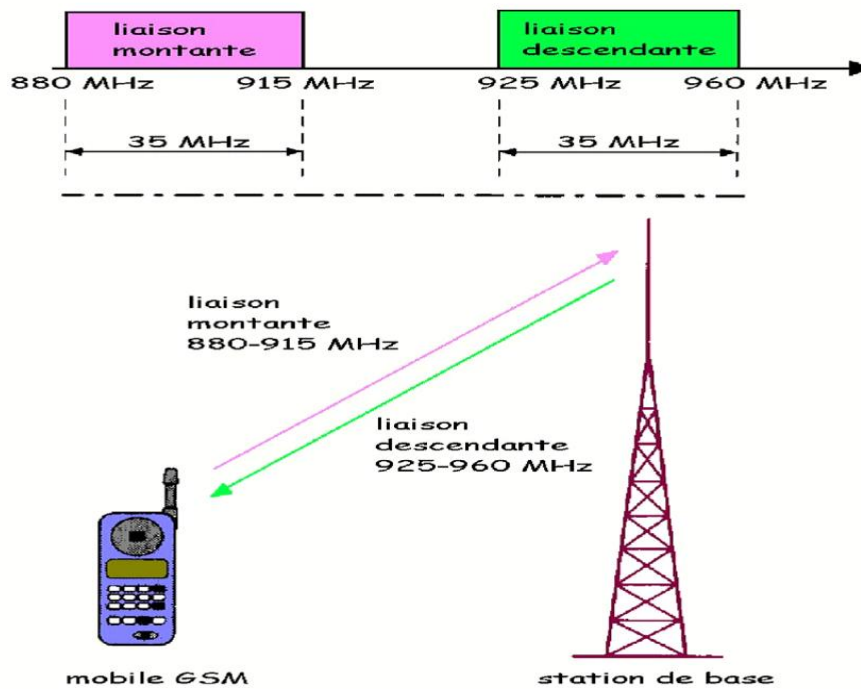


Figure I.9 : liaison entre mobile et station de base pour GSM900

On a donc porté la technologie GSM 900 [MHz] vers une bande ouverte à plus haute fréquence. C'est le système DCS-1800 (Digital Communication System) dont les caractéristiques sont quasi identiques au GSM en termes de protocoles et de service. Les communications montantes se faisant alors entre 1710 et 1785 [MHz] et les communications descendantes entre 1805 et 1880 [MHz]. Connaissant les différents canaux disponibles, il est alors possible d'effectuer un multiplexage fréquentiel, appelé Frequency Division Multiple Access (FDMA).

I.5.2 Partage en fréquence (FDMA)

Chacune des bandes dédiées au système GSM est divisée en 124 canaux fréquentiels d'une largeur de 200 kHz. Sur une bande de fréquence sont émis des signaux modulés autour d'une fréquence porteuse qui siège au centre de la bande. Les fréquences sont allouées d'une manière fixe aux différentes BTS et sont désignées souvent par le terme de "porteuses", de plus, il faut veiller à ce que deux BTS voisines n'utilisent pas des porteuses identiques ou proches.

I.5.3 partage en temps (TDMA)

Chaque porteuse est divisée en intervalles de temps appelés slots. La durée élémentaire d'un slot a été fixée pour la norme GSM sur une horloge à 13 MHz et vaut:

$$T_{\text{slot}} = (75/130) \times 10^{-3} \text{ s soit environ } 0.5769 \text{ ms} \dots \dots \dots (I.1)$$

Un slot accueille un élément de signal radioélectrique appelé burst. L'accès TDMA permet à différents utilisateurs de partager une bande de fréquence donnée. Sur une même porteuse, les slots sont regroupés par paquets de 8. La durée d'une trame TDMA est donc:

$$T_{\text{TDMA}} = 8 \times T_{\text{slot}} = 4.6152 \text{ ms} \dots \dots \dots (I.2)$$

Chaque usager utilise un slot par trame TDMA. Les slots sont numérotés par un indice TN qui varie de 0 à 7. Un " canal physique " est donc constitué par la répétition périodique d'un slot dans la trame TDMA sur une fréquence particulière. Les concepteurs de GSM ont prévus la possibilité de n'allouer à un utilisateur qu'un slot toutes les 2 trames TDMA. Cette allocation constitue un canal physique demi-débit.

I.6 Les différents canaux logiques

Pour supporter les différentes fonctions spécifiées par la norme, il faut prévoir plusieurs fonctions de contrôle de nature et de niveau variés sur l'interface radio. On peut distinguer ces canaux en 3 types :

I.6.1. Les canaux dédiés

Ils fournissent une ressource réservée à un MS. Le mobile se voit attribuer une paire de slots dans laquelle il est seul à émettre et à recevoir.

a) Canal de trafic TCH

Il permet de transmettre la parole (à 13 kbps) ou des données jusqu'à 12 kbps.

b) Canal de contrôle dédié autonome SDCCH

Il est alloué aux phases d'établissement de communications et à la transmission de courts messages alphanumériques.

c) Canal de contrôle lent associé SACCH

Il est associé aux canaux TCH et SDCCH afin de les contrôler car la liaison radio est fluctuante. Il supporte les informations suivantes :

- ✚ Compensation du délai de propagation TA.
- ✚ Contrôle de la puissance d'émission du mobile.
- ✚ Rapatriement des mesures effectuées par le MS sur les BTS voisines.

Le SACCH permet d'écouler différents types de contrôle ou de signalisation. Cependant, son débit est faible (380 bits/s). Il ne convient donc pas aux actions qui doivent être faites rapidement (ex : Hand Over).

d) Canal de contrôle rapide associé FACCH

Lorsque le canal alloué est un TCH, on suspend en cas d'urgence la transmission des informations usagers et on récupère la capacité libérée afin d'écouler la signalisation. On obtient ainsi un nouveau canal de signalisation.

I.6.2. Les canaux de diffusion:

Ils permettent à chaque mobile d'accrocher au système local en acquérant les paramètres nécessaires baptisés aussi voie balise.

a) Canal de correction de fréquence FCCH

Il permet de transmettre des informations au MS afin de synchroniser son synthétiseur aux fréquences de travail de la BTS dont il dépend. Il est présent uniquement sur le slot 0 d'une trame TDMA

b) Canal de synchronisation SCH

Il permet au mobile d'identifier la BTS, et de se synchroniser sur la BTS. Il est présent uniquement sur le slot 0 d'une trame TDMA.

c) Canal de contrôle de diffusion BCCH

Il permet la diffusion de données caractéristiques de la cellule. Suivant la nécessité pour le mobile d'acquérir avec rapidité ces informations, elles sont diffusées plus ou moins fréquemment. Le BCCH contient des informations déterminant les règles d'accès à la cellule :

- ✚ Niveau minimal de signal exigé.
- ✚ Numéro de zone de localisation de cellule (LA) ; 2 diffusions/s.
- ✚ Paramètres RACH qui donnent les règles d'accès aléatoire ; 4 diffusions/s.
- ✚ Fréquences des BCCH voisins.
- ✚ Contrôle des puissances d'émission des mobiles.

I.6.3 Les canaux de contrôle communs CCCH

Ils sont réservés pour les opérations de gestion des communications (établissement, allocation de canaux de trafic) .

a) Canal d'accès aléatoire RACH

Il permet au mobile de signaler au BTS qu'il désire effectuer une opération sur le réseau.

b) Canal de paging PCH

Il permet de diffuser l'identité d'un mobile. En effet, lorsque l'infrastructure veut communiquer avec un MS (appel, message court, authentification), elle diffuse l'identité du mobile sur un ensemble de cellules.

c) Canal d'allocation de ressource AGCH

Il est utilisé pour l'allocation d'un canal dédié à un mobile. Le message d'allocation contient la description complète du canal de signalisation utilisé : Numéro de porteuse et numéro de slot utilisé ; il contient également le paramètre TA.

d) Canal de transmission radio à partir d'une cellule CBCH

Il permet aux usagers présents dans la cellule des informations spécifiques (informations routières et météo).

I.7 Extension vers le GPRS

Le mode de connexion du standard GSM est un mode connecté en utilisant la commutation de circuit. Le canal est donc rendu indisponible à d'autres utilisateurs. La monopolisation d'un canal favorise le problème de l'indisponibilité pour les autres utilisateurs. C'est pourquoi la technologie GPRS (General Packet Radio Service) a été définie, permettant de contourner ce problème, ainsi résoudre le problème de la facturation à la durée, et permettre des débits résolument plus importants. Le débit de chaque TS (Time Slot) est déterminé par le mode de codage, qui caractérise la qualité de la transmission radio qui peut atteindre un débit maximal de 171kbit/s.

I.7.1 Architecture GPRS

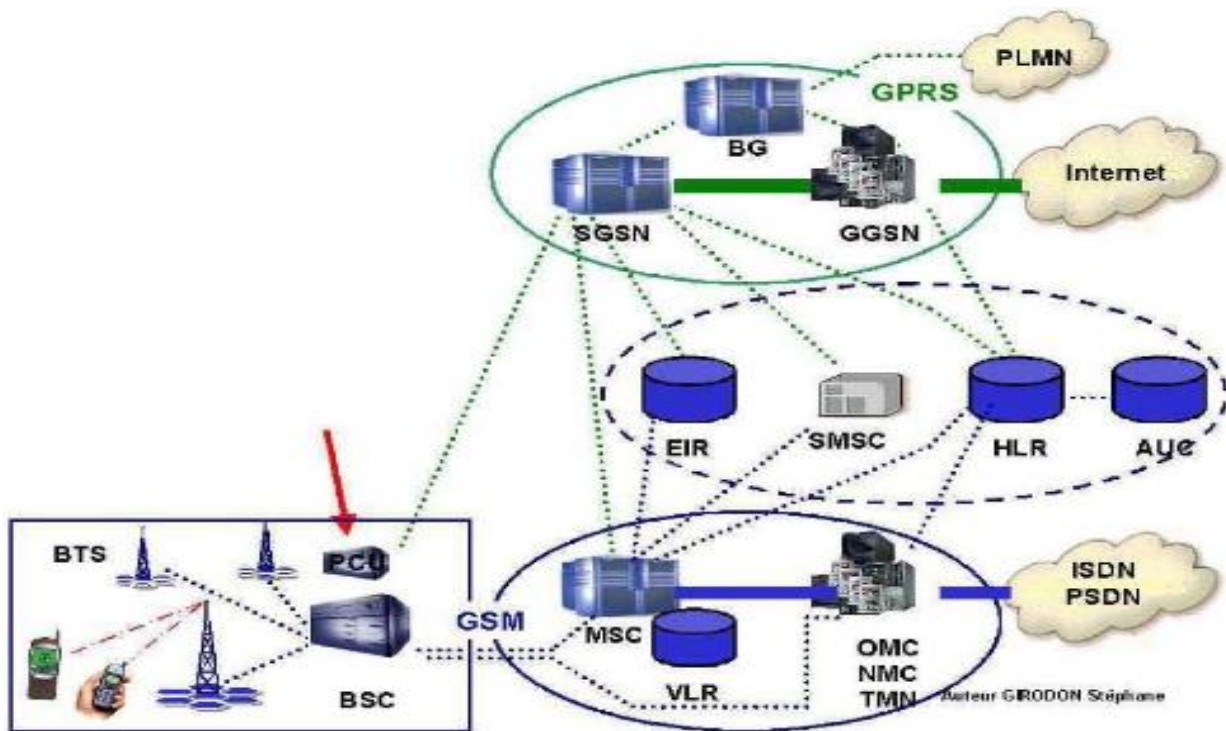


Figure I.10 : architecture du GPRS

I.7.2.1 Entités du réseau GPRS

1- SGSN (Service GPRS Support Node)

L'entité SGSN se charge des transmissions de données entre le terminal et le réseau mobile. Il est relié par des liens au sous-système radio GSM. Le SGSN peut être connecté à plusieurs BSC. Son rôle est :

- ✚ Authentifier les stations mobiles GPRS.
- ✚ Prendre en charge l'enregistrement des stations mobiles au réseau GPRS.
- ✚ Prendre en charge la gestion de la mobilité des stations mobiles. En effet, une station mobile doit mettre à jour sa localisation à chaque changement de zone de routage.
- ✚ Envoyer des paquets de données de la station mobile au réseau externe ou du réseau à la station mobile.

2- GGSN (Gateway GPRS Support Node)

L'entité GGSN joue le rôle d'interface à des réseaux de données externes. Elle décapsule des paquets GPRS provenant du SGSN émis par le mobile et les envoie au réseau externe correspondant. Également, le GGSN permet d'acheminer les paquets provenant des réseaux de données externes vers le SGSN du mobile destinataire, il ressemble à un routeur.

D'ailleurs dans de nombreuses implantations, il s'agit d'un routeur IP avec des fonctionnalités supplémentaires.

4-GB (Border Gateway)

Les recommandations introduisent le concept de BG (Border Gateway) qui permet de connecter le réseau GPRS via un réseau fédérateur et qui assure les fonctions de sécurité. Ces BG jouent le rôle d'interface avec les autres PLMN permettant ainsi de gérer les niveaux de sécurité entre les réseaux.

I.8 Extension vers l'EDGE

Le standard EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution.) est une évolution de la norme GSM, elle a l'avantage de pouvoir rapidement s'intégrer au réseau GSM existant.

En émission, un mobile EDGE à l'instar d'un GSM émettra donc dans une bande qui s'étend de 880 à 915 MHz (Uplink). En réception, la bande sera 925 à 960 MHz (Downlink). Ainsi, pour une communication, il y aura 45 MHz de séparation entre le canal d'émission et le canal de réception (Duplex separation). Ces bandes de fréquences sont divisées en portions de 200 kHz chacune; ce sont les canaux de transmission. Il y en a donc au total 175 qui sont répartis entre les opérateurs. Chaque canal peut accueillir jusqu'à 8 transmissions simultanées en temps partagé.

La modulation en EDGE est différente : c'est une modulation en phase, ajoutée à la modulation de fréquence du GSM classique. (EDGE utilise la modulation 8-PSK), Elle permet de multiplier par trois le volume de données transporté. Par conséquent, les antennes et les stations de bases (BTS) doivent être modifiées, ainsi que les terminaux.

En théorie EDGE permet d'atteindre des débits allant jusqu'à 384 kbit/s pour les stations fixes (piétons et véhicules lents) et jusqu'à 144 kbit/s pour les stations mobiles (véhicules rapides).

I.9 Extension vers l'UMTS

L'expression "Universal Mobile Telecommunications System"(UMTS) désigne une norme cellulaire numérique de troisième génération en cours d'élaboration. Les vitesses de transmissions offertes par les réseaux UMTS seront nettement plus élevées que celles des réseaux GSM. L'UMTS est une évolution de la norme GSM. Mais contrairement au GPRS il

n'est pas possible d'utiliser les mêmes fréquences que le GSM. Il est donc nécessaire d'attribuer de nouvelles fréquences. L'UMTS est un système de communication mobile capable d'être le support, en particulier, de services multimédias, et de combiner d'éléments terrestres et satellitaire. L'UMTS permet de faire aussi bien de la téléphonie mobile classique (commutation de circuits) que du transport de données Internet (commutation de paquets). Le débit théorique maximal pour les données est de 2 Mbits/s.

I.9.1. Architecture du réseau UMTS

Le réseau UMTS est composé d'un réseau d'accès UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) et d'un réseau cœur.

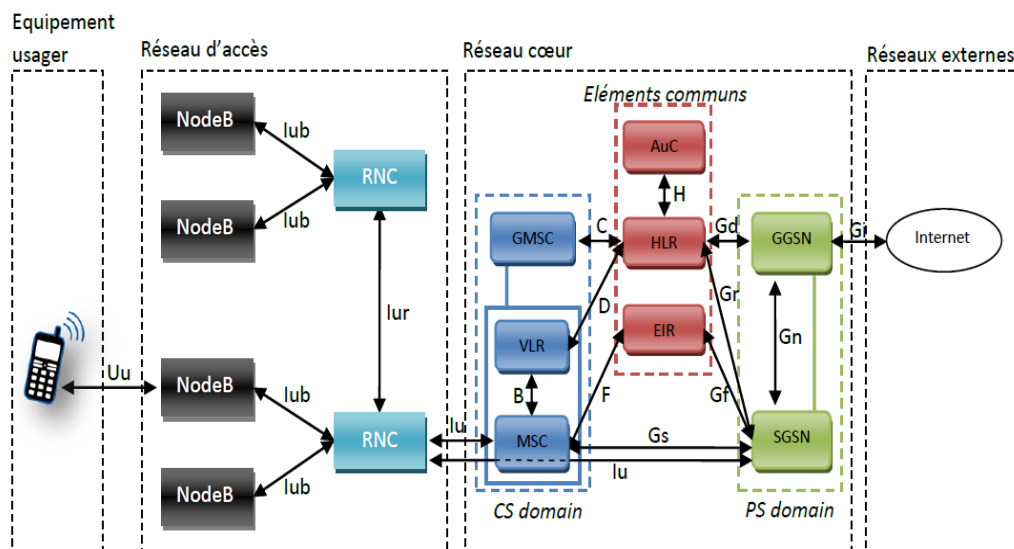


Figure I.11 : Architecture de l'UMTS.

I.9.1.1 Réseau d'accès UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)

Le réseau d'accès UTRAN est doté de plusieurs fonctionnalités. Sa fonction principale est de transférer les données générées par l'utilisateur. Il est une passerelle entre l'équipement usager et le réseau cœur via les interfaces *Uu* et *Iu*. Cependant, il est chargé d'autres fonctions :

- ✚ Sécurité : Il permet la confidentialité et la protection des informations échangées par l'interface radio en utilisant des algorithmes de chiffrement et d'intégrité.
- ✚ Mobilité : Une estimation de la position géographique est possible à l'aide du réseau d'accès UTRAN.

- ✚ Gestion des ressources radio : Le réseau d'accès est chargé d'allouer et de maintenir des ressources radio nécessaires à la communication.
- ✚ Synchronisation : Il est aussi en charge du maintien de la base temps de référence des mobiles pour transmettre et recevoir des informations. ,

Le réseau d'accès UTRAN est composé de plusieurs éléments : une ou plusieurs stations de base (appelées Node B), des contrôleurs radio RNC (Radio Network Controller) et des interfaces de communication entre les différents éléments du réseau UMTS ; nous citerons :

a) Node B

Le rôle principal du Node B est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules du réseau d'accès de l'UMTS avec un équipement usager. Le Node B travaille au niveau de la couche physique du modèle OSI (codage et décodage).

b) RNC

Le rôle principal du RNC est de router les communications entre le NodeB 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) Le RNC constitue le point d'accès pour l'ensemble des services vis-à-vis du réseau cœur.

I.9.1.2 Réseau cœur

Le réseau cœur de l'UMTS est composé de trois parties dont deux domaines :

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

Ces deux domaines permettent aux équipements usagers de pouvoir gérer simultanément une communication paquets et circuits. Ces domaines peuvent être considérés comme des domaines de service. Ce type d'architecture permet de pouvoir créer ultérieurement d'autres domaines de service.

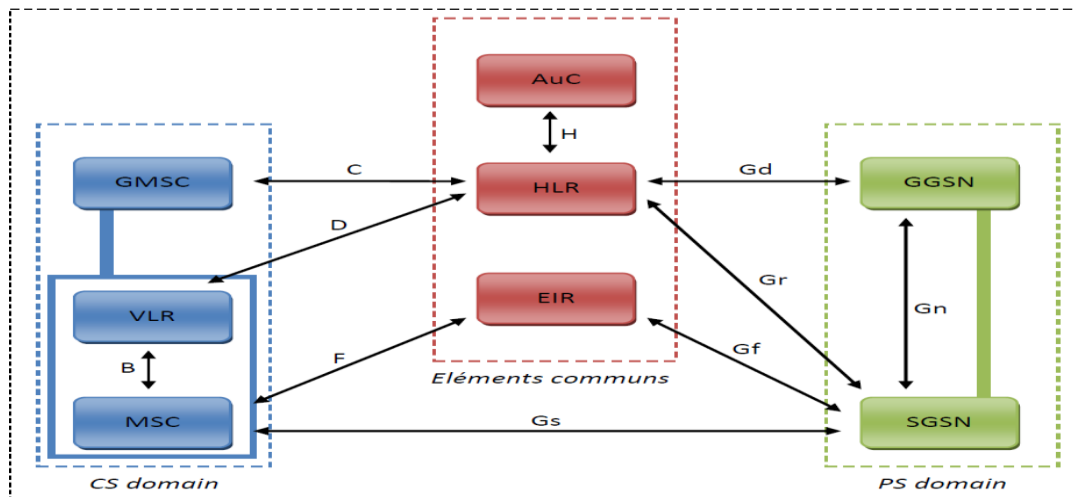


Figure I.12 : Architecture réseau cœur.

a) Le domaine CS

Le domaine CS est composé de plusieurs modules :

- Le MSC (Mobile-services Switching Center) est en charge d'établir la communication avec l'équipement usager. Il a pour rôle de commuter les données.
- Le GMSC (Gateway MSC) est une passerelle entre le réseau UMTS et le réseau téléphonique commuté PSTN (Public Switched Telephone Network). Si un équipement usager contacte un autre équipement depuis un réseau extérieur au réseau UMTS, la communication passe par le GMSC qui interroge le HLR pour récupérer les informations de l'utilisateur. Ensuite, il route la communication vers le MSC dont dépend l'utilisateur destinataire.
- Le VLR (Visitor Location Register) est une base de données, assez similaire à celle du HLR, attachée à un ou plusieurs MSC. Le VLR garde en mémoire l'identité temporaire de l'équipement usager dans le but d'empêcher l'interception de l'identité d'un usager. Le VLR est en charge d'enregistrer les usagers dans une zone géographique LA (Location Area).

b) Le domaine PS

Le domaine PS est composé de plusieurs modules :

- Le SGSN (Serving GPRS Support Node) est en charge d'enregistrer les usagers dans une zone géographique dans une zone de routage RA (Routing Area).

- Le GGSN (Gateway GPRS Support Node) est une passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs tels que l'Internet.

c) **Éléments communs aux domaines PS et CS**

Le groupe des éléments communs est composé de plusieurs modules :

- ✚ Le HLR (Home Location Register) représente une base de données des informations de l'utilisateur suivantes :
 - ✚ L'identité de l'équipement usager.
 - ✚ Le numéro d'appel de l'utilisateur.
 - ✚ Les informations relatives aux possibilités de l'abonnement souscrit par l'utilisateur .
- ✚ L'AuC (Authentication Center) est en charge de l'authentification de l'abonné, ainsi que du chiffrement de la communication. Si une de ces deux fonctions n'est pas respectée, la communication est rejetée. L'AuC se base sur le HLR afin de récupérer les informations relatives à l'utilisateur et pour ainsi créer une clé d'identification.
- ✚ L'EIR (Equipment Identity Register) est en charge de la gestion des vols des équipements usagers. Il est en possession d'une liste des mobiles identifiés par un numéro unique propre à chaque équipement usager, le numéro IMEI (International Mobile station Equipment Identity).

I.9.2 Les principes du W-CDMA

L'interface radio de l'UMTS se base sur le W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Cependant, le W-CDMA se base sur une technique plus ancienne qui est le CDMA (Code Division Multiple Access). Afin de comprendre les concepts du W-CDMA, il est important de comprendre la technique du CDMA (Code Division Multiple Access) qui est utilisé dans de nombreux systèmes de communication. Il permet d'avoir plusieurs utilisateurs sur une même onde porteuse. Les transmissions sont numérisées, dites à étalement de spectre. L'étalement du spectre rend le signal moins sensible aux fluctuations sélectives en fréquence.

I.9.3 interfaces de communication

Plusieurs types d'interfaces de communication coexistent au sein du réseau UMTS :

- ✚ Uu : Interface entre un équipement usager et le réseau d'accès UTRAN. Elle permet la communication avec l'UTRAN via la technologie CDMA.
- ✚ Lu : Interface entre le réseau d'accès UTRAN et le réseau cœur de l'UMTS. Elle permet au contrôleur radio RNC de communiquer avec le SGSN.
- ✚ Lur : Interface qui permet à deux contrôleurs radio RNC de communiquer.
- ✚ Lub : Interface qui permet la communication entre un Node B et un contrôleur radio RNC.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté une brève introduction aux réseaux mobiles cellulaires (GSM, GPRS, EDGE, et l'UMTS) en décrivant les caractéristiques de chaque réseau. Ces évolutions permettent aux utilisateurs l'accès à ses différents services même en se déplaçant. Cette mobilité doit être gérée et contrôlée par le réseau de façon que l'utilisateur profite de ses services à tout instant et à tout moment.

Introduction

L'interface radio représente la partie délicate de la chaîne de transmission et le système doit faire face aux différents problèmes au niveau de la propagation, mais aussi au niveau de la gestion du réseau, il est nécessaire d'avoir des fonctions de contrôle pour que le mobile se rattache à la station de base la plus favorable pour établir et surveiller le déroulement d'une communication ou encore assurer sa continuité.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons dans une première partie à définir les différents concepts et procédures de gestion de mobilité et à citer les techniques appliquées sur l'interface radio et dans une seconde partie à définir les critères du déroulement d'un Handover, la sélection et la re sélection de cellule

II.1 Gestion de mobilité

La procédure de gestion de la mobilité permet au réseau de localiser le mobile, afin acheminer vers lui d'éventuels appels, le mobile à son tour procède à mettre à jour sa localisation pour informer le réseau, dans un environnement mobile, une station mobile (MS, Mobile Station) n'est pas toujours rattachée au même MSC. C'est la raison pour laquelle le mobile doit régulièrement informer le réseau de sa localisation courante. Lorsqu'une station mobile est mise sous tension par l'utilisateur, elle se rattache au réseau ; elle informe le MSC qui contrôle l'aire dans laquelle elle est présente, de sa localisation courante. Ce dernier met alors à jour sa VLR. Afin de réaliser cette action d'enregistrement, un mobile utilise un protocole de gestion de la mobilité (mobility management protocol, MM)

II.1.1 Protocole de gestion de mobilité (protocol mobility management MM)

Le protocole MM (Mobility Management) assure la localisation continue de la station mobile. Il comprend également deux fonctions de sécurité : L'authentification de l'utilisateur qui permet au réseau de vérifier l'exactitude de l'identité de la MS, et la confidentialité de l'identité.

II.1.2 Procédure IMSI Attach et IMSI detach

Afin d'éviter les recherches inutiles d'abonnés ayant mis leur mobile hors tension, la norme GSM, a défini les procédures IMSI Attach et IMSI Detach. A cet effet, les données d'abonnement stockées dans le MSC/VLR contiennent un paramètre indiquant si le mobile est joignable (sous tension) ou pas (hors tension). Le recours à l'une ou l'autre de ces procédures permet de positionner la valeur de ce paramètre. Pour exécuter la procédure IMSI Detach, le mobile reste sous tension quelques instants après la mise hors tension par l'utilisateur et envoie un message « IMSI DETACH » au MSC/VLR. La remise sous tension du terminal mobile

enclenche la procédure IMSI Attach qui permet de rattacher ce mobile à sa zone de localisation et signaler que le terminal est à nouveau apte à recevoir.

Lorsque le est mis hors tension mobile pendant une certaine période (fixée par une temporisation), le réseau peut prendre l'initiative de le « détacher » Cette procédure est appelée (IMSI Detach implicite).

II.2 Types de localisation

La station mobile adopte la mise à jour de localisation pour informer le réseau de sa localisation , ce mécanisme se produit lorsque la station mobile change d' aire de localisation , la mise à jour intervient aussi lorsqu' un mobile est mis sous tension(il doit alors l' annuler l'enregistrement lorsqu'il est mis hors tension). Cette gestion de l'itinérance utilise les bases de données HLR et VLR, un VLR peut garder plusieurs zones de localisation. En revanche. Une zone de localisation ne peut pas comprendre des cellules dépendant de VLR différents.

Pour éviter les transferts inutiles de signalisation, seul le VLR mémorise la zone de localisation courante de l'ensemble des mobiles qu'il gère. Le HLR mémorise l'identité du VLR courant de chaque abonné et non pas sa zone de localisation. Le réseau peut localiser le mobile grâce à deux mécanismes de base :

1) La mise à jour de localisation La mise à jour peut se faire de trois façons :

1).1 La mise à jour manuelle

Nécessite que l'utilisateur informe manuellement le réseau de sa position. Ce type de méthode est particulièrement adaptée aux réseaux comportant des cellules isolées et simplifie la tâche du réseau.

1).2 La mise à jour périodique

Consiste à envoyer suivant une période définie, la localisation de l'abonné. Cette opération est automatiquement effectuée par le terminal. Elle a l'avantage de la simplicité mais peut conduire à une dépense inutile d'énergie, de spectre radio et de message de signalisation. La mise à jour de localisation périodique nécessite de la part du mobile en mode veille un contact régulier avec le réseau. Les valeurs possibles de la période sont comprises entre 6 minutes et 24 heures et l'infini pour permettre d'annuler la procédure.

1).3 La mise à jour sur changement de zone de localisation

Consiste en la diffusion périodique par les BTS du numéro de la zone à laquelle elle appartient. Ainsi les terminaux écoutent périodiquement cette voix de balise (BCCH dans

le GSM) et stocke en permanence le numéro de la zone de localisation à laquelle elle appartient. Ainsi dès que le mobile s'aperçoit que le dernier numéro stocké est différent du numéro reçu, il signale sa nouvelle position au réseau.

2) La recherche de localisation (paging).

C'est le mécanisme de localisation de la station mobile par le réseau. La recherche de localisation est requise lorsque le réseau tente de délivrer un appel à la station mobile consiste à émettre des messages d'avis de recherche (contenant l'IMSI ou le TMSI du MS recherché) dans les cellules de la zone de localisation

II.3 Identification de la zone de localisation

Une zone de localisation est identifiée par l'adresse LAI (Location Area Identification) composé des éléments suivants :

- MCC : indicatif du pays - champ également présent dans l'IMSI,
- MNC : indicatif du PLMN - champ également présent dans l'IMSI.
- LAC : Location Area Code : code de la zone de localisation

Ces codes sont librement affectés par l'opérateur (jusqu'à 2 octets). Cette identité est définie pour chaque abonné de façon unique dans tous les PLMN GSM du monde entier.

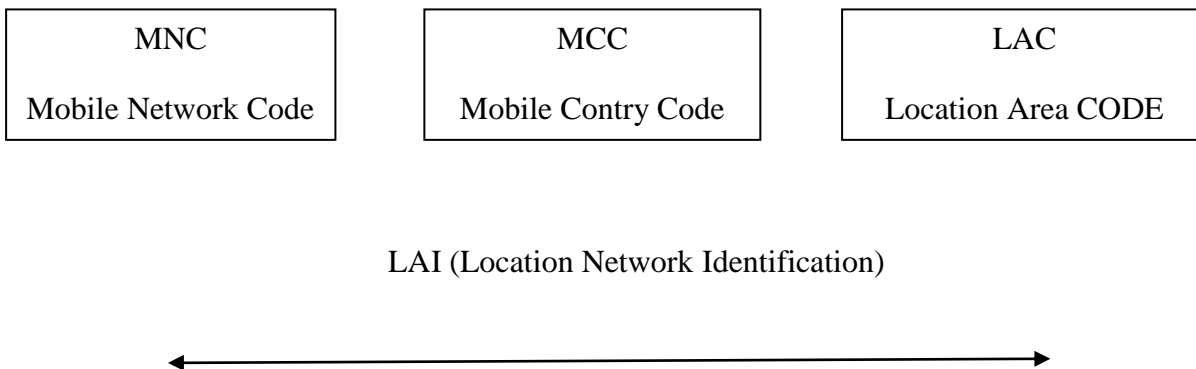


Figure II.1 : Structure de la LAI

II.4 Type de mise à jour

II.4.1 Mise à jour de localisation Intra-VLR

La station mobile se déplace de l'aire de localisation LA1 à LA2. Ces deux aires sont sous le contrôle du même MSC/VLR.

1. Un message de mise à jour de localisation MM LOCATION UPDATING REQUEST est envoyé de la station mobile au MSC/VLR. Ce message inclut l'ancien LAI, le nouveau LAI et le TMSI (fourni par le MSC/VLR au moment de l'attachement au réseau). Le MSC relaye cette information au VLR via une requête MAP_UPDATE_LOCATION_AREA.
2. Le VLR met à jour l'enregistrement correspondant et affecte un nouveau TMSI (Temporary IMSI) à la station mobile. Le VLR n'émet pas de requête MAP-UPDATE-LOCATION de mise à jour de localisation au HLR puisque la station mobile est toujours sous le contrôle du même MSC/VLR.
3. Le VLR retourne au MSC le TMSI affecté à cet usager mobile via une réponse MAP_UPDATE_LOCATION_AREA_ack.
4. Le MSC relaye ce TMSI à la station mobile dans un message MM LOCATION UPDATING ACCEPT. La station mobile stocke cette information sur sa carte SIM et retourne un message MM TMSI REALLOCATION COMPLETE au MSC/VLR.

II.4.2 Mise à jour de localisation Inter-VLR

La station mobile se déplace de l'aire de localisation LA2 à LA3. Ces deux aires sont sous le contrôle de MSC/VLRs différents.

1. Un message de mise à jour de localisation MM LOCATION UPDATING REQUEST est envoyé de la station mobile au nouveau MSC/VLR . Ce message inclut l'ancien LAI (LA2), le nouveau LAI (LA3) et le TMSI (alloué par le MSC/VLR1). Le nouveau MSC relaye cette information au VLR2 via une requête MAP_UPDATE_LOCATION_AREA.
2. Le VLR2 ne dispose pas d'enregistrement pour cette station mobile et l'IMSI correspondant n'est pas connu. A partir de l'ancien LAI (LA2), le VLR2 identifie le VLR prenant en charge cette localisation (VLR1) et lui envoie un message MAP_SEND_IDENTIFICATION. Ce message contient le paramètre TMSI de la station mobile.

3. La réponse MAP_SEND_IDENTIFICATION_Ack retournée par le VLR1 contient l'IMSI. Le VLR2 crée un enregistrement correspondant et affecte un nouveau TMSI à la station mobile.
4. Le VLR2 émet une requête MAP-UPDATE-LOCATION de mise à jour de localisation au HLR puisque la station mobile est sous le contrôle d'un nouveau MSC/VLR
5. Le HLR met à jour l'enregistrement de la station mobile (champ VLR) et retourne au VLR le profil correspondant via une requête MAP-INSERT-SUBSCRIBER-DATA.
6. Par ailleurs le HLR émet un message MAP_CANCEL_LOCATION afin de demander au VLR1 de supprimer l'enregistrement correspondant à cette station mobile.
7. Une réponse MAP_CANCEL_LOCATION_Ack est retournée du VLR1 au HLR.
8. Le VLR2 retourne au MSC le TMSI affecté à la station mobile via une réponse MAP_UPDATE_LOCATION_AREA_ack. Le MSC relaye ce TMSI à la station mobile dans un message MM LOCATION UPDATING ACCEPT. La station mobile stocke cette information sur sa carte SIM et retourne un message MM TMSI REALLOCATION COMPLETE au MSC/VLR.

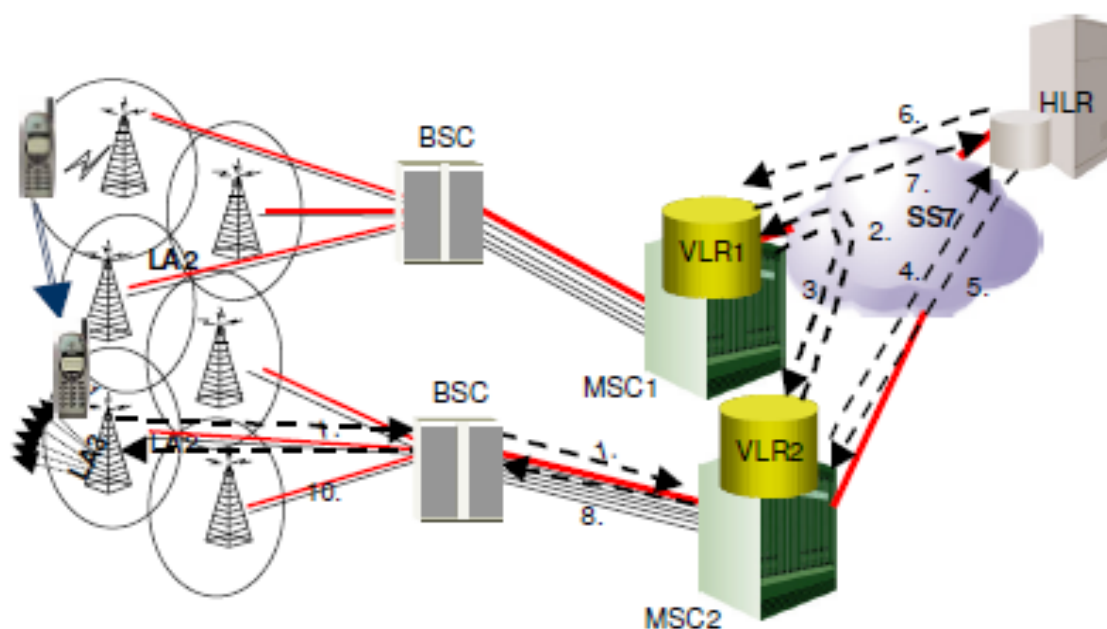


Figure II. 2 : Mise à jour inter-VLR

II.5 Etablissement d'appel

✚ Appel en provenance de MS (Call from MS)

1. Le MS utilise RACH (Random Access Channel) pour demander un canal de signalisation SDCCH (stand alone Dedicated control channel) pour établir un appel.
2. Le BSC attribue un canal de signalisation en utilisant AGCH (Access grant channel).
3. Le MS envoie une demande d'établissement d'appel au MSC/VLR par l'intermédiaire du canal SDCCH, sur lequel a lieu toute la signalisation qui précède un appel. Le MSC/VLR déclenche la procédure d'authentification et la vérification de l'activation éventuelle du service « interdiction des appels sortants » (barring of outgoing calls) par l'abonné.
4. Le MSC/ VLR demande au BSC d'attribuer un TCH libre (Traffic Channel). Ceci est transmis au BTS et au MS, qui reçoivent l'ordre d'activer le TCH.
5. Le MSC/ VLR transmet le numéro de l'abonné voulu vers le central du RTPC, qui établit la liaison avec l'abonné B. Ce dernier répond et la communication est établie.

✚ Appel à destination de MS (Call to MS)

La différence principale entre un appel à destination d'un abonné mobile et fixe est que nous ne connaissons pas la localisation d'un abonné mobile. Il faut donc effectuer une recherche du MS pour pouvoir établir la liaison. Etudions la procédure d'établissement d'un appel d'un abonné fixe du RTPC vers un abonné mobile.

1. L'abonné du RTPC compose le numéro MSISDN (numéro d'appel du MS). Le MSISDN est analysé dans le central local du RTPC, qui détermine qu'il s'agit d'un appel à destination d'un abonné du réseau GSM. Une liaison est établie avec GMSC (Gateway MSC).
2. Le GMSC analyse le MSISDN pour déterminer le HLR dans lequel le MS est enregistré, puis interroge le HLR pour obtenir des informations sur l'acheminement de l'appel au MSC/ VLR desservant.
3. Le HLR transpose le MSISDN en IMSI et peut alors déterminer le MSC/VLR qui dessert actuellement le MS. Le HLR dispose également d'informations relatives aux services (comme le transfert d'appel). Si ce service est activé, l'appel est réacheminé à ce numéro par GMSC et ensuite par l'intermédiaire du RTPC.
4. Le HLR demande un numéro de roaming, MSRN (Mobile Subscriber Roaming Number) au MSC/VLR desservant . Le MSRN contient l'adresse du MSC/VLR.
5. Le MSC/VLR renvoie le MSRN au GMSC par l'intermédiaire du HLR.

6. Le GMSC ré achemine l'appel au MSC/VLR directement ou par l'intermédiaire du RTPC, en y ajoutant les informations provenant du RTPC.
7. Le MSC sait dans quelle zone de localisation LA le MS se trouve. Un message 'paging' est envoyé au BSC.
8. Le BSC envoie le message 'paging' aux BTS situées dans la LA voulue et les BTS diffusent ce message sur l'interface hertzienne sur le canal PCH (Paging channel). La recherche du MS s'effectue en utilisant le numéro IMSI (International Mobile Subscriber Identity) ou TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity).
9. Lorsque le MS détecte le message de recherche, il envoie une demande de canal de signalisation SDCCH.
10. SDCCH est utilisé pour les procédures d'établissement d'appel comme dans le cas d'un appel en provenance de MS, après l'allocation du TCH le SDCCH est libéré. Le poste mobile sonne et la communication est établie lorsque l'abonné mobile répond.

II.6 Paramètres influençant la capacité du réseau

II.6.1 Saut de fréquence

L'option de saut de fréquence lent (SHF) semble être intéressante pour augmenter la capacité du système GSM. Le saut de fréquence permet de lutter contre les évanouissements sélectifs, c'est-à-dire une diminution momentanée de la puissance de l'onde radioélectrique, lors de la réception grâce à la diversité en fréquence. Habituellement, le saut est activé lorsque la charge du réseau devient importante, et il doit apporter un accroissement notable des performances. Lorsque le saut de fréquence lent est activé, un canal physique ne siège pas sur une seule fréquence mais utilise un ensemble des porteuses.

II.6.2 Contrôle de puissance

Dans un réseau couvrant des environnements différents (ruraux, urbains), les cellules sont de taille variée. La puissance d'émission des stations de bases est donc paramétrable. Afin de ne pas entraîner un déséquilibre entre la voie montante et la voie descendante, chaque station de base indique aux mobiles de la cellule la puissance nominale à utiliser. On parle quelquefois de contrôle de puissance statique. Le mécanisme de contrôle de puissance dynamique consiste à ajuster la puissance d'un émetteur radio de façon à minimiser la puissance requise par cet émetteur tout en conservant la qualité de la communication. La conséquence principale du recours à cette technique est la diminution du niveau d'interférence. L'autre conséquence est l'augmentation de l'autonomie des mobiles, due à la

diminution de la quantité d'énergie nécessaire aux émissions. Le contrôle est effectué soit uniquement pour les stations mobiles, soit pour les stations mobiles et les stations de bases.

Les principales causes conduisant à l'augmentation ou la diminution de la puissance émise sont d'une part l'éloignement ou le rapprochement d'une MS de sa station de base, et d'autre part, l'augmentation ou la diminution du niveau d'interférence sur le canal radio utilisé.

II.6.3 Transmission discontinue

Dans les communications de parole, il est rare que les deux intervenants parlent en même temps. De plus, les caractéristiques de la parole font apparaître des silences très courts entre les mots. Le taux d'utilisation du canal de transmission usager est en moyenne de 40 %. C'est-à-dire que chaque canal (dans un sens comme dans l'autre) est inutilisé pendant 60 % du temps. La « transmission discontinue » ou DTX consiste à interrompre l'émission pendant les silences de parole pour diminuer le niveau moyen d'interférence généré. Lorsque le saut de fréquence est mis en œuvre, la planification se fait en prenant en compte ce niveau moyen. Il est donc possible de réutiliser plus efficacement les fréquences.

Le recours à la transmission discontinue présente donc un double intérêt : du point de vue de l'opérateur, il permet d'augmenter la capacité du système et donc le nombre d'abonnés potentiels, et du point de vue de l'abonné, il permet d'allonger la période d'autonomie du mobile.

II.7 Performance de l'interface radio

Pour juger la qualité de la liaison radio nous avons deux paramètres à notre disposition : le RxQual et le RxLev. Ces derniers sont mesurés au niveau de la BTS pour juger la qualité de la liaison montante et au niveau du mobile pour juger la qualité de la liaison descendante. Ces paramètres sont rapportés au BSC via le SACCH, ces mesures sont utilisées pour la procédure du control de puissance et de qualité.

a) Niveau de champ reçu RxLev

Le niveau de champ provenant de la BTS mesuré au niveau du mobile s'appelle le RxLev. Il est mesuré sur 64 niveaux, de 0 à 63 représentant respectivement les puissances de -110 à -47 dBm par pas de 1 dB.

b) Qualité du signal RxQual

Chapitre II : Gestion de mobilité

La qualité du signal est évaluée via le paramètre RxQual. Il est obtenu en quantifiant le taux d'erreurs binaires BER(Bit Error Ratio), sur 8 niveaux (3 bits) suivant la correspondance définie dans le tableau ci-dessous. Une valeur représentative permet de représenter chaque niveau de RxQual, elle peut être utilisée pour moyenner diverses mesures du RxQual. Elle correspond à la moyenne géométrique des bornes de la plage ; ainsi la valeur représentative du niveau RxQual i est :

$$\text{BER}(i) = \sqrt{2} \times 2^i \times 0.1\% \dots \dots \dots (\text{II.1})$$

Avec :

i : la valeur représentative de RxQual. La mesure de RxQual se fait, sur les deux liaisons.

BER : le taux d'erreur binaire se calcule sur ½ seconde environ.

Le tableau ci-dessous illustre les correspondances entre le niveau de qualité RxQual et le taux d'erreur binaire.

RxQual	BER, plage de valeurs	Valeur représentative	Interprétation
0	BER = 0.2%	0,4%	Très bonne qualité
1	0.2% > BER > 0.4%	0,28%	Bonne qualité
2	0.4% > BER > 0.8%	0,57%	Bonne qualité
3	0.8% > BER > 1.6%	1,13%	Qualité médiocre
4	1.6% > BER > 3.2%	2,26%	Qualité médiocre
5	3.2% > BER > 6.4%	4,53%	Médiocre
6	6.4% > BER > 12.8%	9,05%	Mauvaise
7	12.8% = BER	18,10%	Très mauvaise

Tableau II.1 : interprétation de RxQual en fonction de BER

II.8 Procédures de gestion de la ressource radio

II.8.1 Etat de veille d'un mobile

L'état veille d'une station mobile correspond à une activité certaine. Elle doit se caler sur une cellule c'est-à-dire écouter régulièrement une voie balise et surveiller constamment son environnement pour détecter une éventuelle sortie de la cellule. Le choix de la voie balise se fait en fonction des critères radio pour assurer à l'utilisateur que le terminal est capable de communiquer avec une qualité de service acceptable et de critères administratifs (authentification, identification...) pour orienter le terminal sur le PLMN autorisé de l'abonné. Ce choix comporte donc un processus de (sélection de cellule) et un processus de (sélection de PLMN). Ces processus sont activés lorsque la station mobile est mise sous tension et lorsqu'elle sort d'une cellule on parle alors du processus de re-sélection.

II.8.1.1 La sélection/re-sélection de cellules

La sélection/re-sélection de cellules permet au mobile même en veille de pouvoir communiquer avec le réseau afin d'être apte en tout temps à émettre ou recevoir d'éventuels appels. La MS sélectionne en effet une cellule et se cale sur sa voie balise, et surveille son environnement en écoutant les voies balise de ses voisines. Elle mesure le champ reçu en réalisant une moyenne sur plusieurs mesures, elle sélectionne en plus sur liste en mémoire six des voies balises du réseau sélectionné (parmi les BCCH des cellules voisines). Lorsque le signal reçu en veille s'affaiblit et dépasse un certain seuil le mobile doit re-sélectionner une cellule meilleure, le mobile se cale sur la voie balise la plus forte puis :

- ✚ Vérifie le réseau,
- ✚ Regarde si la cellule est autorisée (Pas de surcharge),
- ✚ Mesure l'affaiblissement entre MS et BTS.

Si la cellule est convenable, la MS lit l'identité de la zone de localisation LAC et s'inscrit si nécessaire. Une fois l'inscription acceptée, elle se cale sur la voie balise en attente d'un appel éventuel et en surveillance constante pour détecter une cellule meilleur. Si la mobilité d'un abonné s'étend à plusieurs pays, des accords de roaming doivent alors être passés entre les différents opérateurs pour que les communications d'un abonné étranger soient traitées et aboutissent avec les ressources d'un autre PLMN.

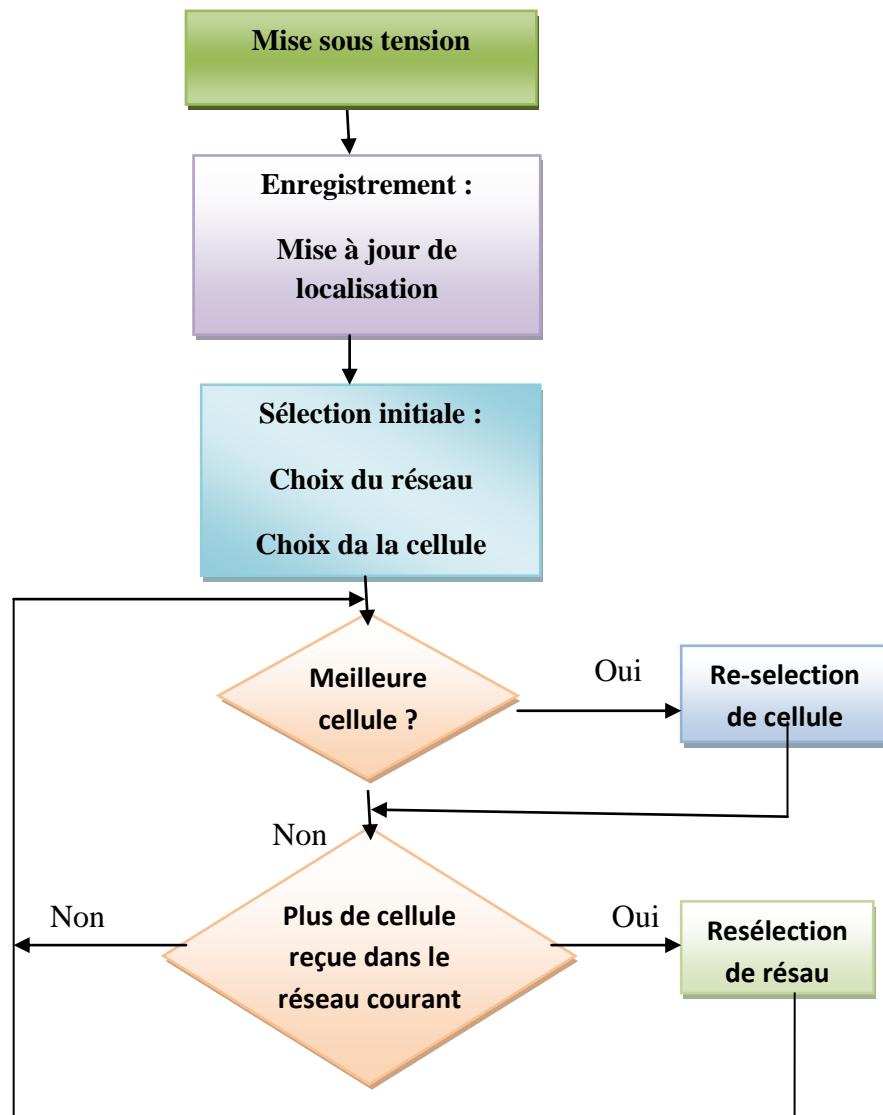


Figure II.3 : Déroulement général du processus de sélection /re-sélection

II.8.1.2 Description des critères de sélection /re-sélection

a- Critère d'affaiblissement C1

Le critère d'affaiblissement C1 a pour objet de s'assurer qu'une communication entre la station mobile et le réseau serait de bonne qualité, en absence d'interférences, sur la cellule considérée tant sur la liaison descendante que sur la liaison montante. Pour la sélection de cellule, le mobile mesure pour la cellule courante et la cellule voisine, le niveau du signal reçu sur le canal de diffusion. Il recueille également, par écoute du canal BCCH, le niveau minimum de réception requis dans la cellule RXLEV_ACCESS_MIN

Pour que la liaison descendante soit de bonne qualité, il est nécessaire que le niveau du signal

RXLEV reçu par le mobile soit supérieur au minimum exigé. Cette exigence peut être mise sous la formule :

$$C1 = \text{RXLEV} - \text{RXLEVL_ACCESS_MIN} \dots \dots \dots (\text{II.2})$$

Avec :

RXLEV : Niveau de champ reçu par la BTS serveuse exprimé en dBm.

RXLEVL_ACCESS_MIN : Niveau minimale requis du champ RXLEV exprimé en dBm.

b-Critère de re-sélection C2

Le critère C2, appelé critère de re-sélection est implémenté en phase 2. Il a pour fonction de favoriser ou de défavoriser une cellule candidate à la re-sélection pendant un temps donné. Lorsqu'il est présent, le critère C2 remplace le critère C1 pour la re-sélection de cellule (le critère C1 fait partie de l'équation du critère C2), ce critère peut comporter ou non une composante temporelle suivant le choix de l'opérateur. Le critère C2 s'écrit sous la forme :

Si $T < \text{PENALTY_TIME}$,

$$C2 = C1 + \text{CELL_RESELECT_OFFSET} - \text{TEMPORARY_OFFSET} \dots \dots \dots (\text{II.3})$$

Si $T > \text{PENALTY_TIME}$,

$$C2 = C1 + \text{CELL_RESELECT_OFFSET} \dots \dots \dots (\text{II.4})$$

Avec:

CELL_RESELECT_OFFSET : Valeur de l'offset permanent ajouté à C1 permet de défavoriser

PENALTY_TIME : Durée pendant laquelle le Temporary_Offset va être appliqué plus ou moins à une cellule par rapport à ses voisines..

TEMPORARY_OFFSET : Offset temporaire servant à défavoriser une cellule le temps du Penalty_Time.

Lorsqu'il n'y pas de composante temporelle, le critère C2 s'écrit sous la forme

$$C2 = C1 - \text{CELL_RESELECT_OFFSET} \dots \dots \dots (\text{II.5}).$$

II.8.2 Etat connecté du mobile

En cours de communication, le mobile va être amené à changer de canal et /ou de cellule pour des raisons essentiellement radio, afin principalement, de maintenir le lien avec une qualité acceptable. la procédure exacte (en terme d'algorithme de choix de cellule cible et de critère de déclenchement d'un handover) est laissé à la discrétion de l'opérateur. Ce processus est implanté dans la MS, le BSS et le MSC.

II.8.2.1 Définition du handover

Le Handover est un processus qui assure les transferts de communications encours tout en maintenant une qualité de communication suffisante entre le mobile et le réseau à travers un changement de fréquences et de cellules. Le Handover a pour fonctions :

- ✚ De permettre aux usagers de se déplacer en cours d'appel.
- ✚ D'éviter la rupture du lien radio.
- ✚ De minimiser les interférences.
- ✚ D'optimiser l'utilisation des ressources radio.
- ✚ D'équilibrer la charge de trafic entre les cellules.
- ✚ De baisser la consommation en énergie des mobiles.

Selon les équipements BTS, BSC gérant les différentes cellules entre lesquelles s'effectue le handover , on défini le handover intra BTS, intra BSC ou inter BSC ; Ce dernier fait intervenir le MSC. Le but du handover, appelé également « transfert automatique inter ou intra cellulaire », est d'allouer un autre canal dédié à un mobile déjà en mode connecté. On distingue généralement deux types de handover.

II.8.2.2 Handover intercellulaire

Un handover entre deux cellules différentes se produit normalement quand les mesures effectuées montrent un niveau de champ et /ou une qualité de signal reçu faible dans la cellule courante et un niveau de signal meilleur sur une cellule voisine. Ce type de handover peut aussi se produire quand une cellule voisine permet la communication avec un niveau de puissance de signal plus faible. Ceci indique typiquement que la MS est sur le bord de la cellule.

Si un grand nombre d'appel est généré sur une cellule donnée, il peut être intéressant pour équilibrer le trafic, de transférer certaines communications sur des cellules voisines. Un handover intercellulaire peut être justifié pour des questions de trafic. Dans ce cas, il peut se produire pendant la phase d'établissement d'appel : d'un canal de signalisation de la cellule courante vers un canal de trafic d'une autre cellule. On parle alors de « re-direction d'appel » (directed retry).

II.8.2.3 Handover intracellulaire

Lorsque les mesures montrent une qualité du signal reçu faible avec un niveau de champ de signal élevé dans la cellule de service, il est probable que la dégradation de la qualité de service due aux interférences sur le canal et non à l'éloignement de la MS. Il peut être intéressant de commuter le mobile sur un autre canal. On peut enfin considérer que le passage d'un canal dédié à un canal de trafic est un handover

II.8.3 Principales phases de déroulement d'un handover

II.8.3.1 phase préliminaire d'observation

Pendant cette phase, la MS et la BTS effectuent des mesures sur les canaux radio. Les mesures effectuées sur le canal descendant (DL) par le MS sont envoyées à la BTS en utilisant le message « Measurement Report ». De son côté la BTS effectue des mesures sur le canal montant (UL) pour tous les mobiles en trafic dans la cellule et consolide ces mesures (UL et DL) et les envoie au BSC en utilisant le message « Measurement Results ». Les grandeurs mesurées par la BTS et le MS sont :

- ✚ Niveau de la cellule serveuse, RXLev DL & RXLev UL (plage de mesure niveau: -110 dBm -47 dBm).
- ✚ Niveau des 6 meilleures voisines, RXLev DL N1, ..., RXLev DL N6.
- ✚ Qualité de la cellule serveuse, RXQual DL & RXQual UL.
- ✚ Timing Advance TA (plage de TA (distance MS-BTS): 0 (mobile à - de 500m) C 63
Une unité de TA correspond à peu près à 500 m (ex. TA = 2 C mobile entre 1km et 1.5 km).

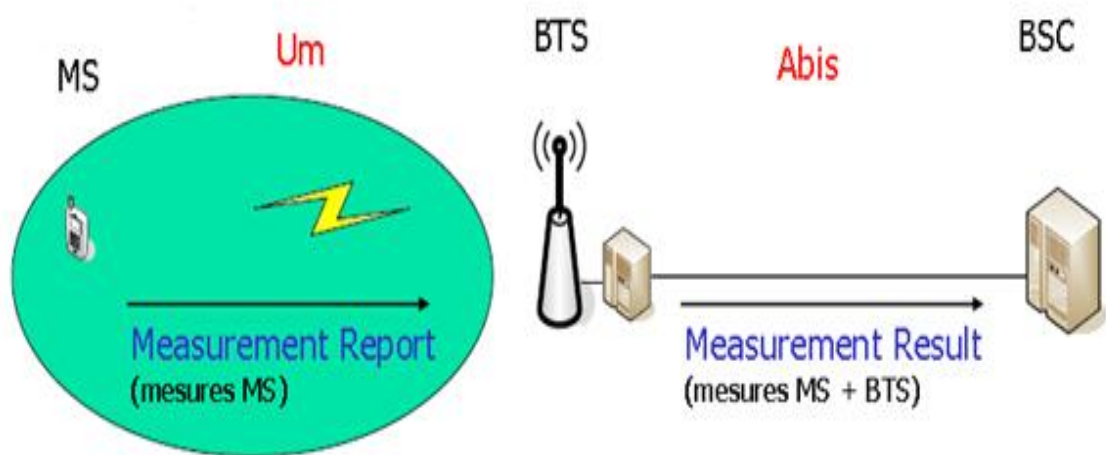


Figure II.4 : Mesures effectuées par MS/BTS

II.8.3.2 Phase de déclenchement

La décision de déclenchement d'un handover utilise les mesures reportées par le MS et la BTS et des paramètres prédéfinis lors de l'ingénierie du système et optimisés de façon à obtenir des performances pour une procédure de handover acceptable. Le handover peut être déclenché pour d'autres causes qu'uniquement radio, par exemple, le trafic à l'intérieur d'une cellule peut influencer sur la possibilité d'accepter des handovers.

Parmi ces paramètres nous pouvons citer : HO_MARGIN, RXLEV_MIN.

Pour le déclenchement du handover, le BSC étudie la validité des inéquations suivantes :

$$RXLEV_NCELL(n) > RXLEV_MIN \dots\dots\dots (II.6).$$

$$PBGT(n) > HO_MARGIN \dots\dots\dots (II.7).$$

Avec :

- (n) : désigne la cellule cible.
- RXLEV_MIN: Seuil de niveau de champ pour l'accès a la cellule voisine ; ce seuil est défini pour chaque cellule de façon séparée, permet ainsi de diriger le handover vers certaines cellule; plutôt que d'autres.
- RXLEV_NCELL(n): Niveau de champ reçu de la cellule voisine n.
- PBGT (n) : (power budget) Bilan de puissance mobile que la BTS.

Le bilan de puissance se calcule en utilisant la formule suivante :

$$\text{PBG T (n)} = \text{RXLEVEL_DL} - \text{RXLEV_NCELL(n)} \dots \dots \dots \text{(II.8)}.$$

Avec :

- **RXLEVEL_DL**: Niveau de champ reçu de la cellule serveuse à travers la voie balise (DownLink).
- **HO_MARGIN** : seuil d'exécution du Handover prédéfini par l'opérateur sa valeur varie entre -24 et -24 dBm.

Lors de l'évaluation d'une procédure de handover certaines contraintes générales peuvent être identifiées :

- ✚ le nombre de handover par distance parcourue doit être le plus faible possible.
- ✚ le handover doit être déclenché le plus près possible de la frontière de la cellule.
- ✚ la cellule cible (c'est-à-dire celle avec laquelle le mobile va effectuer son transfert de communication) doit être choisie correctement (selon des critères de choix pré-établis par l'opérateur).

Pour satisfaire ces contraintes, il faut minimiser les effets suivants :

- ✚ Le nombre de tentatives de handover .
- ✚ La probabilité d'échec de handover ou de coupure de la communication.
- ✚ L'effet pin-pong (il se produit lorsqu' une MS connectée par exemple a la BTS A effectue un handover vers une BTS B , revient ensuite vers la BTS A par handover, puis retourne vers la BTS B ect...).
- ✚ La durée d'exécution du handover (durée entre la décision d'effectuer le handover et le moment où la liaison est effectivement établie avec la BS cible).
- ✚ La quantité des ressources consommées par la procédure du handover .

II.9.3.3 Exécution du handover

Il y a 4 types de handover, qui se distinguent suivant les composants qu'ils mettent en jeu. Ainsi les changements peuvent se faire entre :

- Canaux d'une même cellule.
- Cellules différentes sous le contrôle d'un même BSC.
- Cellules sous le contrôle de différents BSC, mais qui appartiennent au même MSC.
- Cellules sous le contrôle de différents MSC.

Les 2 premiers types sont appelés handover internes (intracellulaire), car ils n'impliquent qu'un BSC. Ainsi, dans le but de gagner de la bande passante, ils sont mis en place uniquement par le BSC concerné sans impliquer le MSC, sauf pour lui annoncer la réussite du handover. Le BSC établit une voie de signalisation vers la cellule cible à fin de préparer la ressource de trafic nécessaire, puis il ordonne le mobile de se porter sur la ressource activée dans la cellule cible et commute la communication dès que le mobile est signalé sur cette nouvelle cellule, le transfert étant réalisé le BSC commande la libération des ressources utilisées sur la cellule cédante.

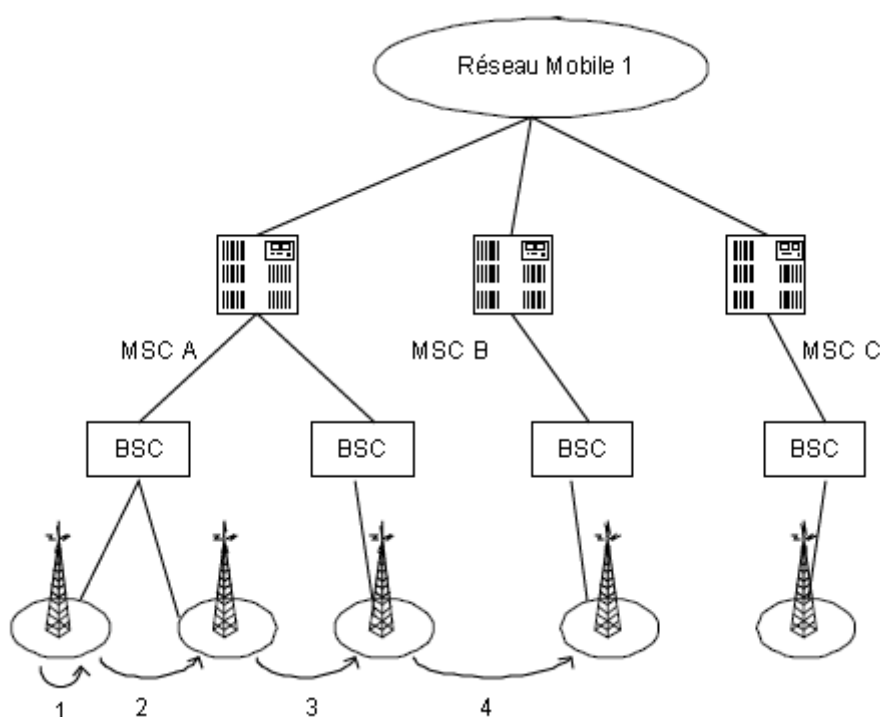


Figure II.5 : Différents types de handover(1 : handover intra-cellulaire ; 2 : handover intra BSC ; 3 : handover intra MSC ; 4 :handover inter MSC)

Les 2 derniers types de handovers, appelés handover intercellulaire, sont dirigés par le MSC. Dans le cas de changements de cellules sous le contrôle de différents BSC qui appartiennent au même MSC, il s'agit d'une cellule cible inconnue du BSC courant(BSCA), elle dépend en effet du BSC cible(BSC2).Le BSC1 communique a son MSC de rattachement les données relatives a la cellule cible .Par action conjuguée du BSC1 et du MSC un lien de signalisation est établi vers le nouveau BSC2 qui contrôle la cellule cible ce dernier gère alors la mise en place d'une ressource du trafic et commute au mobile la communication sur la cellule cible .

Dans le cas ou les MSC sont différents on définit le handover inter-MSC. Le MSC A établit a travers le MSC B une voie de signalisation vers le BSC B qui gère la cellule cible afin de mettre en place la future ressource de trafic. le MSC B informe le MSCA de l'accord de BSC B pour le handover et le MSC A invite le mobile à se porter sur la cellule cible.

Conclusion

Le service de la mobilité dans les réseaux GSM a nécessité la création de nouvelles fonctions afin de contrôler le déplacement du mobile en permanence. Ces fonctions sont réalisées par les différentes entités du réseau, elle localise l'abonné à l'aide d'un mécanisme de gestion de localisation, elle traite essentiellement la sélection, la re-sélection dans le mode veille du mobile et le handover dans le mode connecté. Le déclenchement de ces procédures utilise des mesures réalisées par la BTS et la MS et des critères prédéfinis par l'opérateur.ces critères doivent être ajustés à fin de minimiser l'utilisation des ressources radio et maintenir une bonne qualité de service indiquée par les KPI (Key performance indicator).

Introduction

Afin de permettre aux opérateurs de disposer d'informations exhaustives sur la qualité de service offerte QoS (Qualité of Service) par leur réseau et de l'améliorer, des indicateurs de performance KPI(key performance index) qui caractérisent le fonctionnement radio des cellules, ils sont des indicateurs mesurables d'aide décisionnelle dont le but est de représenter un aperçu d'évolution des facteurs clés de succès des processus de l'entreprise, afin d'évaluer sa performance globale en fonction des objectifs à atteindre. Ainsi dans le suivi QoS radio du réseau, les KPI sont des indicateurs qui permettent vraiment d'avoir une vue à la fois critique et globale de la situation du réseau. Ces indicateurs se rapportent aux problèmes que l'on rencontre le plus souvent sur le réseau d'accès et sont utilisés à ce titre afin de résoudre la problématique de l'interface Radio.

III.1 Concept de qualité de service

III.1.1 Définition de qualité de service

Généralement, la qualité de service (QoS) est la capacité de transférer dans les bonnes conditions un type de trafic donné, en termes de disponibilité, débit, et délai de transition. La qualité de service pour le réseau détermine le degré de satisfaction de l'utilisateur aux services offerts.

III.1.2 définition des indicateurs de performances

Un KPI est une valeur représentative permettant d'évaluer la performance de système. Cette valeur est obtenue à partir d'une ou de plusieurs mesures brutes bien définis sur un aspect critique de performance globale d'une situation. Ces indicateurs permettent la localisation des anomalies du réseau, le diagnostic des causes de ces problèmes et alertent l'ingénieur d'optimisation afin de réagir avec des actions correctives adéquates.

III.2 Supervision de la qualité de service dans le réseau cellulaire

La supervision de la qualité de service dans un réseau cellulaire nécessite certaines mesures effectuées à différents niveaux du réseau pour dégager les valeurs des indicateurs pratiques. La comparaison de ces indicateurs avec les paramètres seuils permettant d'analyser et de détecter les problèmes de qualité de service au niveau de ce réseau. Trois types d'informations sont pris en compte dans la phase de mesure, d'analyse et d'optimisation et qui sont les mesures terrain.

III.2.1 Mesures terrain

Les mesures terrain sont réalisées sur trois interfaces particulières qui sont : l'interface radio, l'interface station de base et l'interface contrôleur de station de base. Les mesures sur l'interface radio permettent de recueillir des informations sur le lien descendant ainsi que sur le déroulement des opérations de différents protocoles. Le principal outil utilisé pour identifier et résoudre les problèmes radio et réseau sur l'interface air est la chaîne de mesure "drive test system". Cette chaîne de mesure comprend classiquement un mobile de test ou mobile de trace, un logiciel de contrôle du mobile et pour l'enregistrement des données, un récepteur GPS pour la localisation, un ordinateur portable (pour la visualisation en temps réel des données et leur stockage dans les fichiers qui pourront être analysés en off-line, un logiciel de cartographie permettant de visualiser la position et le trajet du mobile sur une carte ainsi que l'évolution des valeurs des différents paramètres collectés et mesures réalisées. Tout le long du trajet, la MS effectue des mesures instantanées. Les données sont présentées en temps réel et seront stockées dans des fichiers.

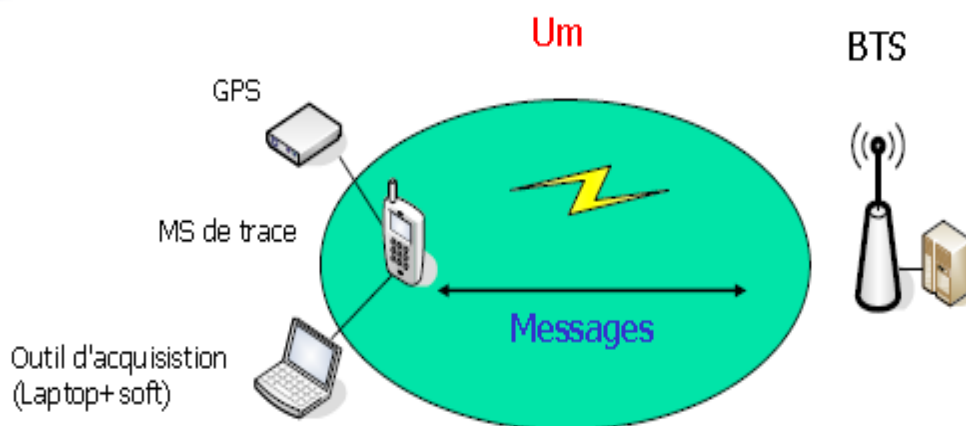


Figure III.1 : Outils du drive test

La figure III.1 représente les outils qu'un ingénieur de drive test doit avoir sur lui pour effectuer les mesures terrain, il s'agit de :

- ✚ **MS de trace:** mobile fournissant sur une de ses interfaces une copie des messages envoyés / reçus.
- ✚ **Outil d'acquisition:** PC portable + logiciel d'acquisition (Ex. Ericsson TEMS).L'un des messages intéressant qui est enregistré est le message "Measurement Report" contenant les mesures effectuées par le mobile (mesures DL): en particulier le niveau RxLev DL et la qualité RXQual DL.

III.2.3 Evaluation des critères de la qualité de service

Pour assurer un suivi régulier de l'évolution de la qualité radio du réseau, des rapports QoS journalier et hebdomadaire sont rédigés et envoyés aux acteurs du réseau tels que le management et les techniciens avec des recommandations.

Le rapport journalier encore appelé "Daily Warning" permet de suivre quotidiennement la qualité de service. Les observations des statistiques KPI sont faites sur toutes les cellules du réseau, et seulement un nombre déterminé de cellules dont les statistiques sont les plus mauvaises sont retenues pour être analysées. Ainsi, ce rapport contiendra une analyse approfondie des problèmes principalement liés à :

a) La couverture

La présence du réseau peut être évaluée par l'abonné directement sur son terminal qui affiche le nombre de barrettes indiquant la puissance du signal reçu. Un faible niveau de champ ou l'absence du champ se traduit par la présence d'une ou deux barrettes sur l'écran du terminal ou par l'indication d'absence du signal. L'indicateur de présence du réseau ou RxLEV renseigne en tout point de couverture, la probabilité d'établir une communication. Ce problème ne peut pas être détecté par le système mais évalué par les plaintes des abonnés et par les mesures radio. Les causes probables de ce problème sont les suivants :

- Mauvaise configuration du réseau c'est-à-dire problème lié à la position des sites, ou les types d'antennes.
- Problème d'installation qui peut être due à la perte des puissances dans les câbles.
- Problème de maintenance ou mauvais paramétrage physique et logique des BTS.

- nombre insuffisant de BTS.

Plaintes	Indicateurs
Un manque de barres de niveau	Fort taux de HO sur niveau
Communication à sens unique	Forts taux de coupures TCH

Tableau III.1: Symptômes des problèmes de couverture

b) La disponibilité du réseau

Elle se traduit par la possibilité pour l'utilisateur d'accéder avec succès à un service du réseau en occurrence toutes les fois où l'abonné désire émettre un appel. L'indicateur appelé Random Access Success Rate exprime le pourcentage d'accès établis avec succès. Elle Est considérée comme une demande d'accès au réseau, toute demande d'établissement d'une communication ou envoi de SMS, et qui aboutit soit à un signal d'appel, soit à une annonce parlée ou à une tonalité d'occupation. Le niveau d'accès à la cellule peut être minimum si

- L'interférence et la mauvaise couverture radio.
- La congestion.
- dysfonctionnement d'équipements.

Plaintes	Indicateurs
Message « Appel échoué »	Fort taux de coupures TCH ou SDCCH
Communications avec silences périodiques	Forts taux d'échec d'allocation de canal SDCCH.
Message « Busy Network »	Congestion des canaux TCH ou SDCCH

Tableau III.2 : Symptômes des problèmes de trafic

c) La qualité de voix

La qualité vocale désigne l'audibilité et la netteté observées dans une communication. C'est un indicateur très important pour l'abonné. Il est souvent indiqué par le taux d'erreurs binaires BER (Bits Errors Rate) et le taux de trames erronées FER (Frames Erasures Rate) chez l'opérateur.

Le BER est le taux de bits erronés reçus sur le total des bits transmis sur l'interface air. Si ce taux est inférieur à un seuil déterminé pendant toute la communication, l'utilisateur perçoit une communication de bonne qualité.

$$\text{BER} = \frac{\sum \text{bits erronés reçus}}{\text{total des bits transmis}} \dots \dots \dots (\text{III.1})$$

Les trames erronées peuvent se traduire par des microcoupures pendant l'appel provoquant une mauvaise qualité de communication. L'indicateur principal de qualité vocale est le QSI (qualité speech index), il se mesure toujours lorsque le mobile est en mode connecté et sa valeur est fonction de BER.

L'opérateur agit contre le problème de la mauvaise qualité de communication, par les mesures système et par les analyseurs de la qualité vocale. Les causes de dégradation de la qualité de la voix sont :

- La hors couverture.
- La mauvaise installation des équipements radio.
- La qualité des terminaux.
- Niveau d'interférences externes trop élevées (interférences dues à des émissions par des équipements autres que ceux du réseau).
- Interférence co-canal ou sur canal adjacent trop élevée (mauvais plan de fréquences), mauvaise couverture radio.
- Paramétrage inadéquat du handover.

Plaintes	Indicateurs
Communications brouillée	Fort taux de HO sur qualité et de HO sur interférence
Communication métallique	Forts taux d'échec de HO
Communications avec silences périodiques	Forts taux de coupures TCH

Tableau III.3: Symptômes des problèmes de qualité

c) La qualité du service SMS

Un des services à valeurs ajoutées très appréciés des usagers est la messagerie courte communément appelée SMS (Short Message Service). Le SMS comme l'indique son nom est un message court de format 160 caractères, échangé entre des terminaux mobiles. L'analyse de la qualité des SMS, s'effectue souvent en nombre de SMS émis ou MO (Mobile Originating) et en nombre de SMS reçus ou MT (Mobile Terminating). Des problèmes peuvent survenir et peuvent empêcher l'émission / réception correcte d'un SMS. Il s'agit de :

- L'indisponibilité de ressources radio notamment les canaux SDCCH.
- La congestion du serveur SMSC.
- Un numéro erroné du centre de messagerie au niveau du terminal mobile.
- Une mauvaise couverture radio.

d) Les coupures d'appel

La coupure d'une communication ou "call drop" est la rupture d'une communication par le réseau avant qu'elle ne soit arrivée à son terme. Les calls drops sont particulièrement désagréables pour l'abonné. La norme GSM définit que tout appel établi dont la durée de communication est inférieure à 2min (< 2min) et rompu avant son terme, est considéré comme un call drop. De plus le taux de coupure des communications ne doit pas excéder 2%. Les principales raisons qui pourraient engendrer des calls drops sont :

- Trous de couverture ou insuffisance de couverture.
- Les interférences élevées ayant entraîné l'impossibilité de maintenir les liens de signalisation et/ou de trafic.
- La congestion.
- Problème de handover (mauvais paramétrage ou congestion dans la cellule cible).
- Insuffisance ou mauvaise déclaration de cellules voisines.

f) Le fonctionnement des équipements

Les équipements jouent un rôle très important voire indispensable dans le réseau GSM. Ils sont au premier et dernier rang dans l'approche d'une qualité de service optimale. Toutes les configurations du réseau se font à travers eux et chacun a un rôle bien défini. Cependant ils ont une durée de vie limitée même si elle est souvent très longue. Leur mauvais fonctionnement suite à un défaut de maintenance préventive et/ou curative, peut non seulement réduire considérablement leur durée de vie mais aussi et surtout impacter négativement la qualité des services fournis. Les dysfonctionnements qui surgissent au niveau des équipements peuvent être engendrés par les raisons suivantes :

- Un milieu humide.
- Le non-respect ou variation brusque de la température.
- La variation brusque de l'énergie.
- Un défaut de maintenance préventive.
- La manipulation erronée.

III.3 Indicateur de performance

III.3.1 Définition et formule des taux des index de performance

La qualité de service sur l'interface radio dans un réseau GSM se mesure grâce au taux de congestion, de coupure des appels et le taux de succès. Mais avant d'énumérer les formules de ces taux on va d'abord définir chaque aspect.

a) Le taux du succès

Cet indicateur reflète la disponibilité des ressources, il donne la probabilité que toutes les ressources soient libres lors d'une demande de canal. Au niveau d'abonné, une bonne qualité de service. Cet indicateur, se traduit par la réussite d'établir des appels, il est

présenté sous la forme XCH_Seizure Success Rate ; il calcule la probabilité de l'assignation réussite d'un canal radio (TCH ,SDCCH ou un handover réussi)

$$1) \quad \text{TCH seizure success rate} = \sum \text{ASSIG_SUC_TCH} / \text{ASSIG_REQ_TCH} \dots \text{(III.2)}$$

Avec:

- ASSIG_REQ_TCH: (TCH assignment request) c'est le nombre de tentative de prise de canal TCH.
- ASS_SUC_TCH: (successful TCH assignment) c'est l'assignation réussie d'un canal TCH.

SDCCH seizure success rate=

$$\sum \text{SUC_IMM_ASS_SDCCH_cause} / \text{SDCCH_SEIZ_ATT} \dots \text{(III.3)}$$

Avec:

- SDCCH_SEIZ_ATT:(SDCCH seizure attempts) c'est le nombre de tentative de prise de canal SDCCH.
- SUC_IMM_ASS_SDCCH_Cause:(successful SDCCH immediate assignment) c'est l'assignation réussie d'un canal SDCCH (cause = answer to paging, emergency call, originating call, location update, etc.)

$$3) \text{ Handover success rate} = \sum \text{handover_successful_cause} / \sum \text{handover_required_cause} \dots \text{(III.4)}$$

Sachant que :

$$\text{Handover_successful_cause: } \text{outing_handover_success_rate} + \text{incoming_handover_succes_rate} \dots \text{(III.5)}$$

Avec:

- outing_handover_success_rate:taux de réussite de handover sortant.
- incoming-handover-success-rate : taux de réussite de handover entrant.

b-Taux d'échec

Cet indicateur donne la probabilité que toutes les ressources soient occupées lors d'une demande de canal. Au niveau d'abonné, se traduit par la difficulté d'établir des appels ; l'abonné doit tenter plusieurs fois son appel avant d'obtenir une ressource, il est présenté sous la forme XCH_seizure failure rate ;il calcule la probabilité de la non-attribution d'un canal radio (TCH ,SDCCH ou un handover non effectué) .

1) TCH seizure failure rate= $1 - \text{ASSIG_SUC_TCH} / \text{ASSIG_REQ_TCH} \dots (\text{III.6})$

Avec:

- ASSIG_REQ_TCH : les demandes d'allocation de TCH.

2) SDCCH seizure failure rate=

$$1 - \sum \text{SUC_IMM_ASS_SDCCH_cause} / \sum \text{SDCCH_SEIZ_ATT} \dots (\text{III.7})$$

Avec:

- ASSIG_FAIL_TCH_NRR(TCH assignment failure, no radio resource) C'est la non attribution de canal SDCCH pour cause de manque de ressource.

3) Handover failure rate= $1 - \sum \text{handover_successful_cause} / \sum \text{handover_required_cause} \dots (\text{III.7})$

c) Taux de coupure

La coupure d'une communication (call drop en anglais) a plusieurs origines. Elle est particulièrement désagréable pour l'abonné qui considère cet événement plus négatif que la difficulté d'obtenir une ressource (cas du blocage d'appel). Les principales raisons qui conduisent à la perception d'une mauvaise qualité de service par l'abonné et pour l'indicateur d'interruption, il est présenté sous la forme XCH_drop rate ; il calcule la probabilité de la non-attribution d'un canal radio (TCH, SDCCH)

1) TCH drop call rate= $\text{TCH_LOSS_cause} / \text{ASSIG_SUC_TCH_LOSS_Cause} \dots (\text{III.8})$

Avec:

- TCH_LOSS_Cause : les causes de coupure sur canal TCH tel que les pannes radio ou échec de liaison par exemple.

2) SDCCH drop rate= $\text{SDCCH_LOSS} / \sum \text{SUC_IMM_ASS_SDCCH} \dots (\text{III.9})$

Avec:

- SDCCH_LOSS: coupure sur canal SDCCH.

d-Taux de congestion

Lorsque le trafic entrant dans un réseau augmente, nous constatons généralement qu'au-delà d'une charge limite, les performances du réseau s'écroulent, le débit utile diminue quand le trafic entrant augmente. On est en présence d'un phénomène de

congestion du réseau qui est en rapport avec la saturation des ressources qui ne peut être évitée qu'en diminuant le débit des sources. Le réseau doit disposer de mécanisme de prévention, en vue de résorber les surcharges temporaires. La fonction du contrôle de flux est de réguler le trafic entrant, à savoir le ralentir dès l'apparition de la surcharge puis permettre l'écoulement total dès le retour au fonctionnement normal. Il est présenté sous la forme XCH_CONG_RATE ; il calcule la probabilité de la non-attribution d'un canal radio (TCH, SDCCH) comme montre les formules suivantes :

$$1) \text{ TCH congestion rate} = \text{ASSIG_FAIL_TCH_NRR} / \text{ASSIG_REQ_TCH} \dots \dots \dots (\text{III.10})$$

Avec:

- TCH_CONG_RATE : non attribution de canal SDCCH pour cause de manque de ressource

$$2) \text{ SDCCH congestion rate} = \text{SDCCH_BLOCK} / \text{SDCCH_SEIZ_ATT} \dots \dots \dots (\text{III.11})$$

Avec:

- $SDCCH_CONG_RATE$: non attribution de canal SDCCH pour cause de manque de ressource.

III.4 La notion d'Erlang

Si on parle de QoS on aborde la notion d'Erlang et d'heure chargée ou "busy hour". L'Erlang est une unité de mesure d'intensité du trafic téléphonique mis au point par Agner Krarup Erlang. Théoriquement, un Erlang représente l'utilisation continue d'un chemin de voix pendant une durée d'observation. Dans la pratique, il est utilisé pour décrire le volume de trafic total écoulé en une heure (1h).

En dehors de la capacité de trafic exprimée en Erlang des équipements tels que les BSC, les MSC, l'on utilise aussi des modèles de trafic surtout dans la partie radio appelés "Tables d'Erlang". Ces tables sont utilisées spécialement dans des phases de dimensionnement du réseau et d'optimisation. Il s'agit des tables Erlang-B et Erlang-C.

La première et la plus généralement utilisée, renseigne sur le volume de trafic écoulé en fonction du nombre de canaux TCH nécessaires et par rapport à une probabilité de blocage des appels à l'heure chargée (busy hour). Ce modèle suppose que tous les appels bloqués sont immédiatement rejetés.

Chapitre III : qualité de service et index de performance

La seconde quant à elle est identique à la première à la seule différence que les appels bloqués ne sont pas immédiatement rejetés mais plutôt mis en attente (file d'attente) jusqu'à ce qu'ils soient traités. C'est la notion de probabilité de mise en attente. Quelques valeurs de la table Erlang B sont présentées dans l'exemple ci-dessous. Le taux de probabilité de blocage couramment utilisé est de 2%. N représente le nombre de canaux TCH et B le taux de blocage.

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15
21	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65	20.77	22.85	27.33	32.81
22	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69	21.90	24.06	28.74	34.46
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.15	36.12
24	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30	16.63	19.03	21.78	24.16	26.50	31.56	37.78
25	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13	17.51	19.99	22.83	25.30	27.72	32.97	39.44
26	11.54	12.97	13.70	15.80	16.96	18.38	20.94	23.89	26.43	28.94	34.39	41.10
27	12.21	13.69	14.44	16.60	17.80	19.27	21.90	24.94	27.57	30.16	35.80	42.76
28	12.88	14.41	15.18	17.41	18.64	20.15	22.87	26.00	28.71	31.39	37.21	44.41
29	13.56	15.13	15.93	18.22	19.49	21.04	23.83	27.05	29.85	32.61	38.63	46.07
30	14.25	15.86	16.68	19.03	20.34	21.93	24.80	28.11	31.00	33.84	40.05	47.74

Tableau III .4 : Exemple de quelques valeurs de la table d'Erlang B

III.4.1 Exemple de calcul d'intensité de trafic en utilisant la table d'Erlang

Une BTS avec 1 TRX : 8 TN (Time slot Number)

TN 0 : pour la voie balise (FCCH, SCH, BCCH)

TN 1 à 7 : pour le TCH et son SACCH . On aura 7communications (TCH) ce qui correspond à la valeur de 2.935% sur la table d'Erlang.

II.4. Les seuils des indicateurs de performance

Pour chaque indicateur, une méthodologie de résolution du problème est fournie. Si un des KPI excède les seuils récapitulés dans tableau(III.5), une alarme doit signaler un problème détecté au niveau de la fonctionnalité qu'assure cet indicateur. Généralement, ce problème est engendré par l'insuffisance de capacité, d'interférence, ou d'un problème mauvais paramétrage du réseau. Les seuils de quelques indicateurs sont mentionnés sur le tableau si dessous :

NETWORK KPI	Définition	Seuils ZTE
TCH SUCCESS RATE	Le taux d'appels réussis par rapport aux tentatives d'appels.	> 95%
TCH DROP RATE	Le taux d'appels coupés par rapport aux appels réussis.	Bon si <2%
SDCCH CONG RATE	Le taux de canaux SDCCH non alloués dus à une congestion radio durant une procédure normale d'établissement du lien radio.	Bon si <1%
SDCCH DROP RATE	Le taux de coupure de SDCCH après une phase d'assignation normale.	Bon si <2%
TCH CONG RATE	Le taux de canaux TCH non alloués dus à une congestion radio durant une phase d'assignation normale.	Bon si <2%

Tableau III.5 : des seuils des indicateurs de performance

Chaque indicateur est lié à un ou plusieurs paramètres susceptibles de dégrader la qualité de service. Soit X la valeur limite d'un seuil donné.

- Les seuils < X, signifient qu'en dessous de X, l'indicateur est dégradé, donc le taux doit être supérieur ou égale à X pour une bonne qualité.
- Les seuils > X, signifient qu'au-dessus de X, l'indicateur est dégradé, donc le taux doit être inférieur à X pour une bonne qualité.

Conclusion

L'opérateur de téléphonie mobile a l'obligation de garantir à ses abonnés une qualité de service (QoS) optimale. Ainsi, il se doit de leur assurer une accessibilité aisée aux services offerts, sans perturbations et ceci pendant toute la durée de la communication pour ce la, une surveillance permanente du réseau est exigée afin de détecter la moindre défaillance et l'optimiser par la suite

Introduction

L'optimisation est un concept d'analyse fondamental à laquelle les exploitants des réseaux de télécommunication accordent un intérêt particulier. La détection et l'analyse des incidents sur l'interface radio se font aux moyens de l'étude des indicateurs, laquelle débouche sur la recherche des alerteurs et la déduction des cellules impactées. Des outils et algorithmes appropriés, sont développés afin d'améliorer de manière automatique les performances et les adapter localement à un environnement approprié.

Actuellement, la mesure et la surveillance des performances d'un réseau de téléphonie mobile se font via les enregistrements de multiples indicateurs collectés sur différents nœuds du réseau, ce qui nous a informé sur l'aspect aléatoire du trafic, qui dépasse par fois la capacité du système engendrant un taux élevé de congestion, qui influence sur la qualité de la communication induisant aussi une saturation remarquable du site, problème rencontré par plusieurs opérateurs notamment Mobilis.

Le mauvais dimensionnement ou configuration d'un réseau peut contribuer aux problèmes de saturation. Notre étude traitera le cas de congestion de la BTS ZTE 13676 qui couvre une région à Sidi Bel Abbès dite (Sidi El Djilali), ainsi le cas de surcharge et insuffisance de ressources radio de la BTS ZTE 22697 qui couvre une région de Tlemcen.

Dans le but d'apporter une solution à ces problèmes, nous avons opté pour une reconfiguration de paramétrage de la BTS ZTE 13676 à l'aide de l'outil d'optimisation NetNumen et un ajout de ressources radio dans la BTS ZTE 22697.

IV.1 .Cas de la BTS13676

La BTS13676 couvre une région de Sidi Bel Abbés montré par la figure suivante :



Figure IV.1 : Map de position géographique de la BTS 13676(Sidi El Djilali)

Les caractéristiques de la BTS ZTE 13676 fonctionnant initialement avec 06 TRXs, est caractérisée par les indicateurs de performances récoltés du 20/01/2013 jusqu'au 25/02/2013 représentés par les graphes (récupérés BSC contrôleur de ce site vers le centre d'optimisation), interprétés ci après

La BTS ZTE 13676 se compose de deux secteurs :

- **Secteur 13676A :** supporte 02 TRX et couvre une route peu fréquentée.
- **Secteur 13676B :** supporte 04 TRX et couvre une région peuplée.

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

Les index de performances de ces secteurs sont interprétés par les graphes suivants :

La figure IV.2 et la figure IV.3 représentent l'intensité de trafic en Erlang (TCH traffic) et le taux de congestion du canal de trafic en % (TCH congestion rate) durant l'heure de pointe BH (busy hour).

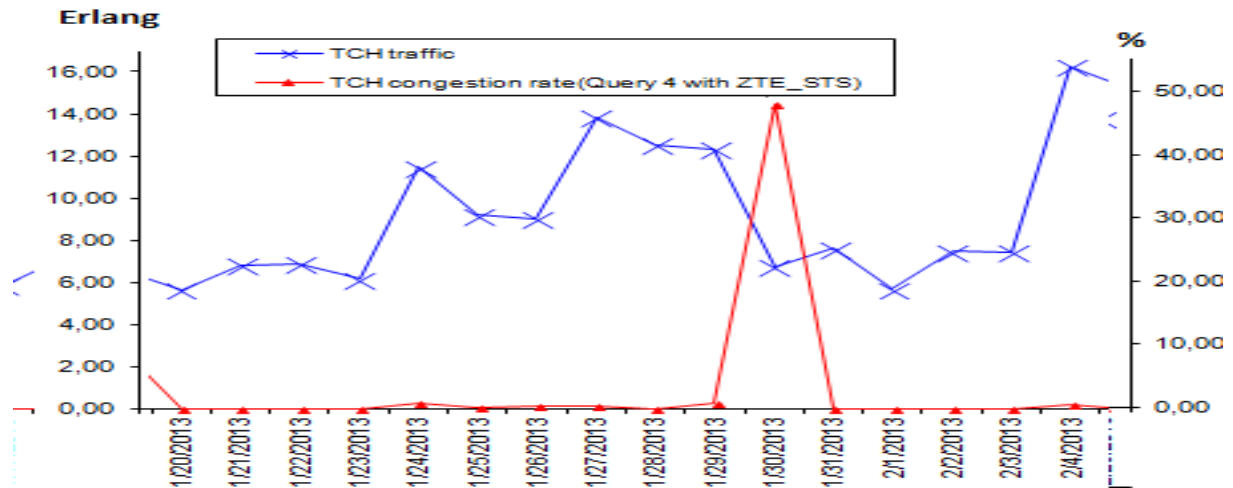


Figure IV.2 : le taux de la congestion du TCH et le volume du trafic en BH secteur A

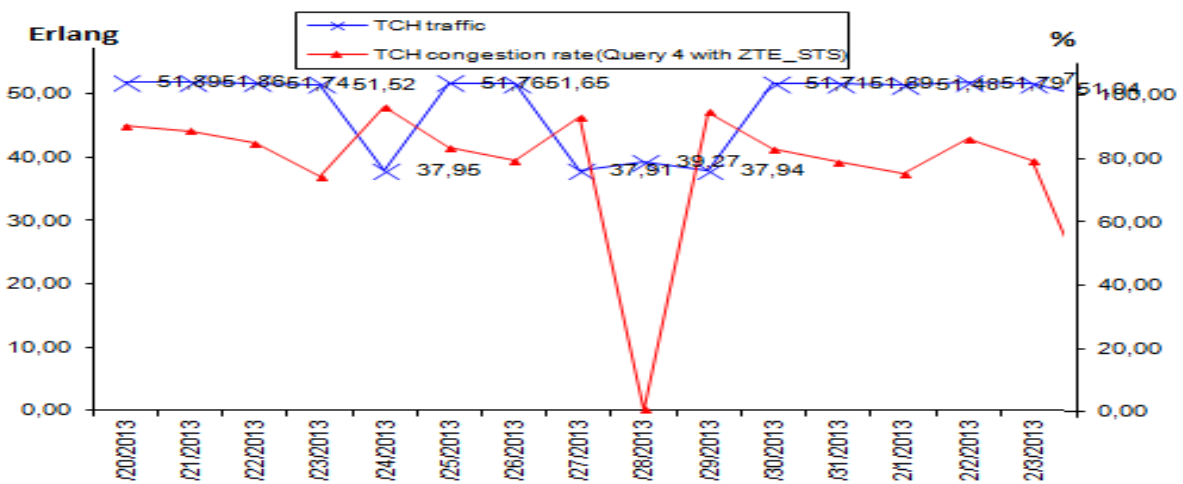


Figure IV.3 : le taux de la congestion du TCH et le volume du trafic en BH secteur B

D'après la figure IV.2, on constate que l'intensité du trafic varie entre 7 Erlang et 14 Erlang, et un faible taux de congestion sur le canal TCH qui varie entre 0% et 48% (correspond à une indisponibilité des canaux de trafic causée des panne radio), ce pic ne désigne pas la congestion de la cellule.

D'après la figure IV.3, on observe un taux de congestion très élevé qui atteint 95%, et une intensité de trafic de 51.89 Erlang qui est comparé au seuil calculé comme suit, tout en

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

utilisant la table d'Erlang B avec une probabilité de blocage de 2 % ,4TRX offre en moyenne 29 canaux TCH ce qui donne un seuil d'intensité de trafic de 21.04Erlang alors qu'on a 51.89Erlang, ce qui confirme le dépassement de la capacité.

La figure IV.4 et la figure IV.5 représente l'intensité de trafic de la signalisation (SDCCH trafic en Erlang), le taux de congestion de canal de signalisation (SDCCH congestion rate en %), et le taux de disponibilité de canal de trafic TCH (TCH availability rate) à l'heure de pointe ;

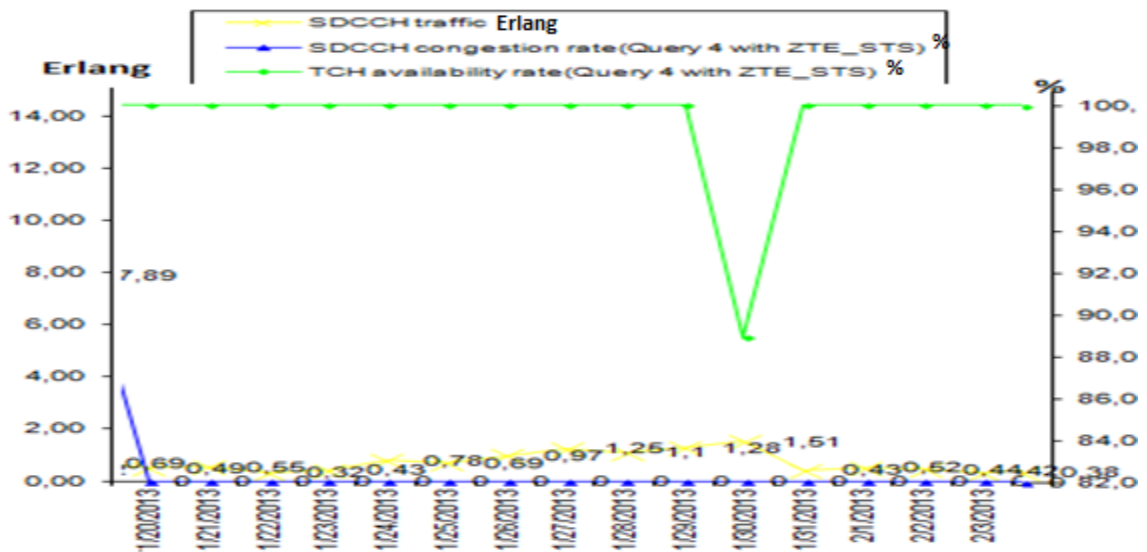


Figure IV.4 : le taux de congestion et de trafic de SDCCH, le taux de disponibilité TCH en BH secteur A

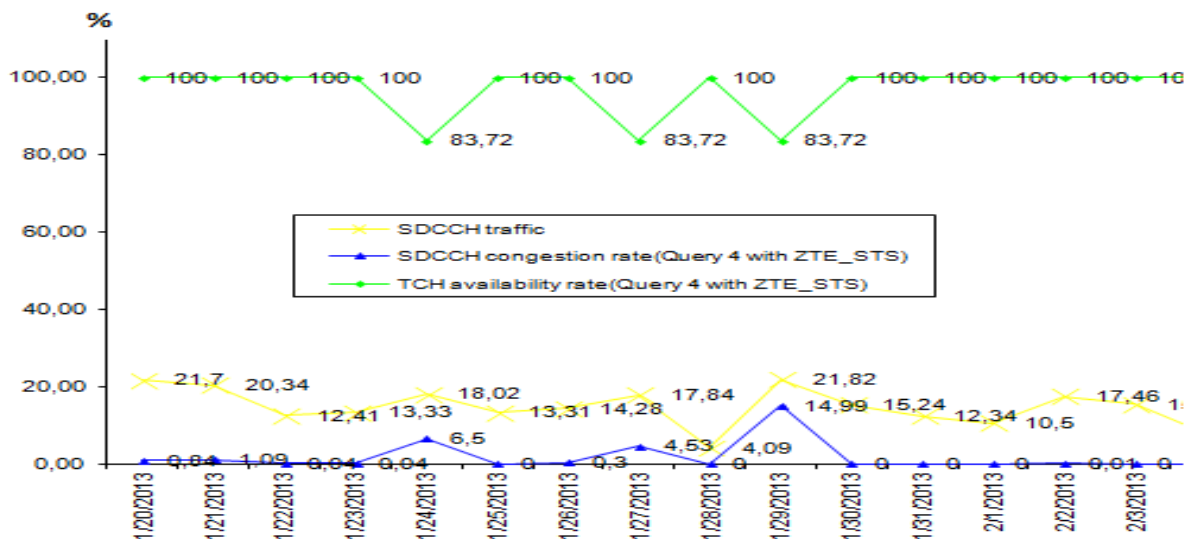


Figure IV.5: le taux de congestion et de trafic de SDCCH, le taux de disponibilité TCH en BH secteur B

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

Les figures respectives (Figure IV.4 et Figure IV.5) montrent que le taux de disponibilité du canal TCH, dans le secteur A est beaucoup plus élevé que dans le secteur B selon le graphe TCH availability dans le secteur A. la cogestion sur le canal de signalisation ne dépasse pas les 15% dans les secteurs dans les deux secteurs.

La figure IV.6 et la figure IV.7 représentent le taux de congestion (TCH congestion rate) et le taux de d'allocation réussie du canal de trafic (TCH assignment success rate).

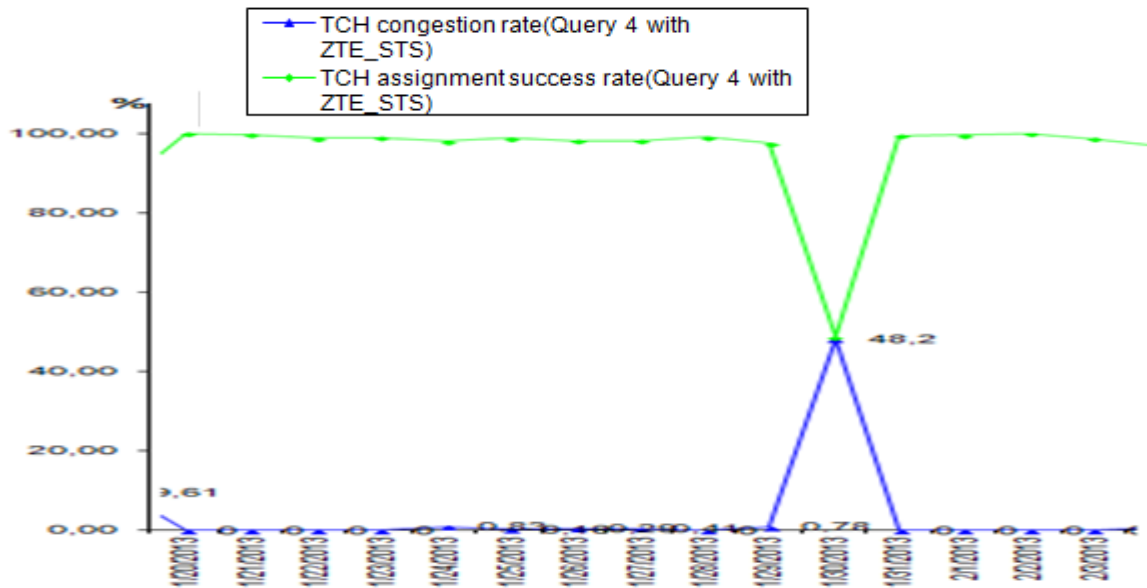


Figure IV.6 : Taux de congestion et d'allocation réussite de canal TCH en BH secteur A

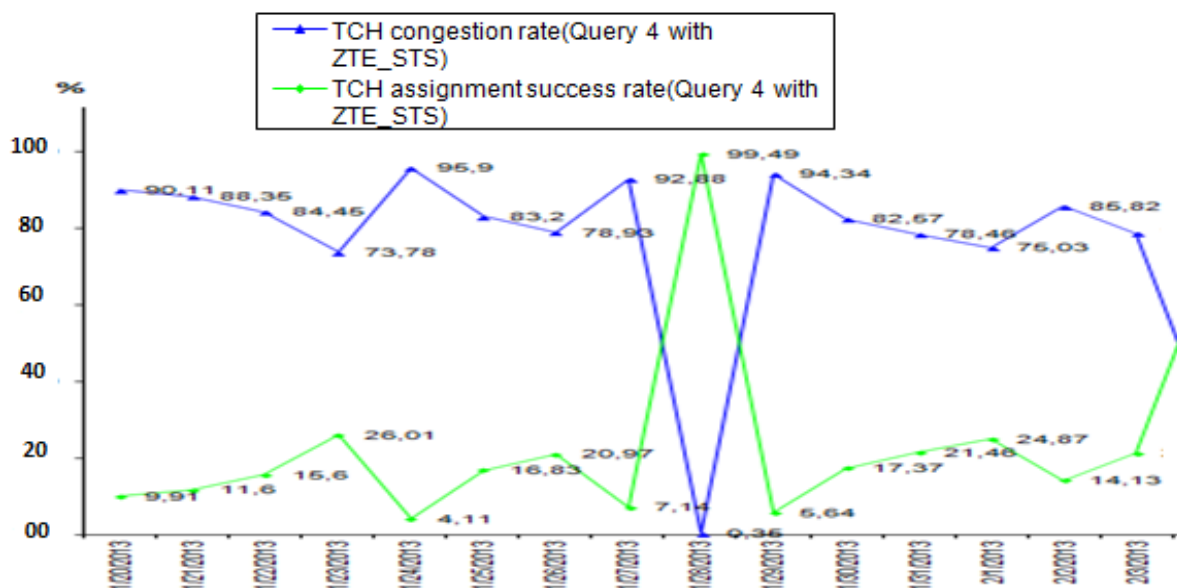


Figure IV.7: Taux de congestion et d'allocation réussite de canal TCH en BH secteur B

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

Les figures IV.6 et IV.7 montrent la relation disproportionnée entre le taux de réussite d'allocation du canal TCH et le taux de congestion sur ce dernier dans les deux secteurs. Le taux de réussite d'allocation de canal de trafic dans le secteur A est meilleur que celui du secteur B car le taux de congestion de le secteur B a atteint 99.49%

Les figures respectives (Figure IV.8 et Figure IV.9) représentent les graphes définissant les taux de cause de coupure dans le canal TCH (Tch drop rate).

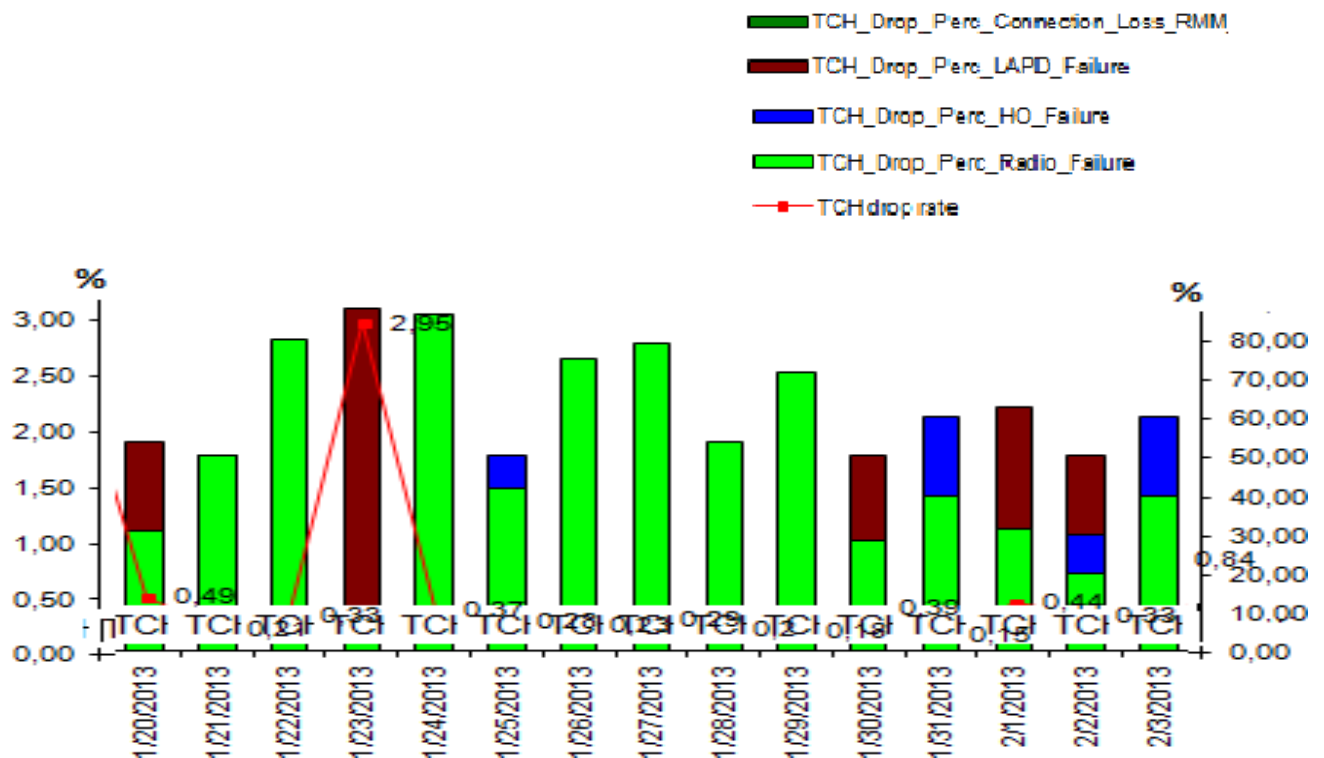


Figure IV.8 : Cause de coupure du canal TCH, Taux de coupure TCH secteur A

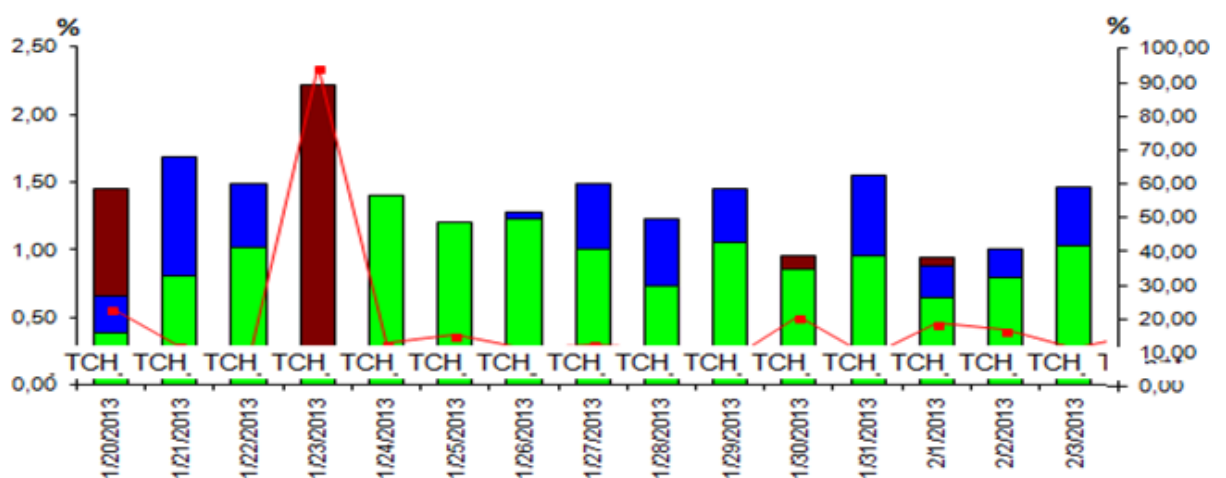


Figure IV.9: Cause de coupure du canal TCH, Taux de coupure TCH secteur B

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

D'après Les figures (IV.8 et IV.9) nous remarquons clairement que la principale cause de coupure de la communication sur la canal TCH des deux secteurs se traduit par le taux le plus élevé, à savoir 88% définit par les pannes de transmission (TCH_drop_perc_LAPD_failure), ainsi que les coupures dus aux échecs des handover (TCH_Drop_Perc_HO_failure) avec un taux de 86% dans le secteur B. Le taux de coupure du canal TCH est plus élevé dans le secteur B que dans le secteur A.

Les figures respectives IV.10 et IV.11 représentent les taux de de hanover entrants (Incoming HO seccess rate) et sortants (outing HO seccess rate) réussies dans les deux secteurs.

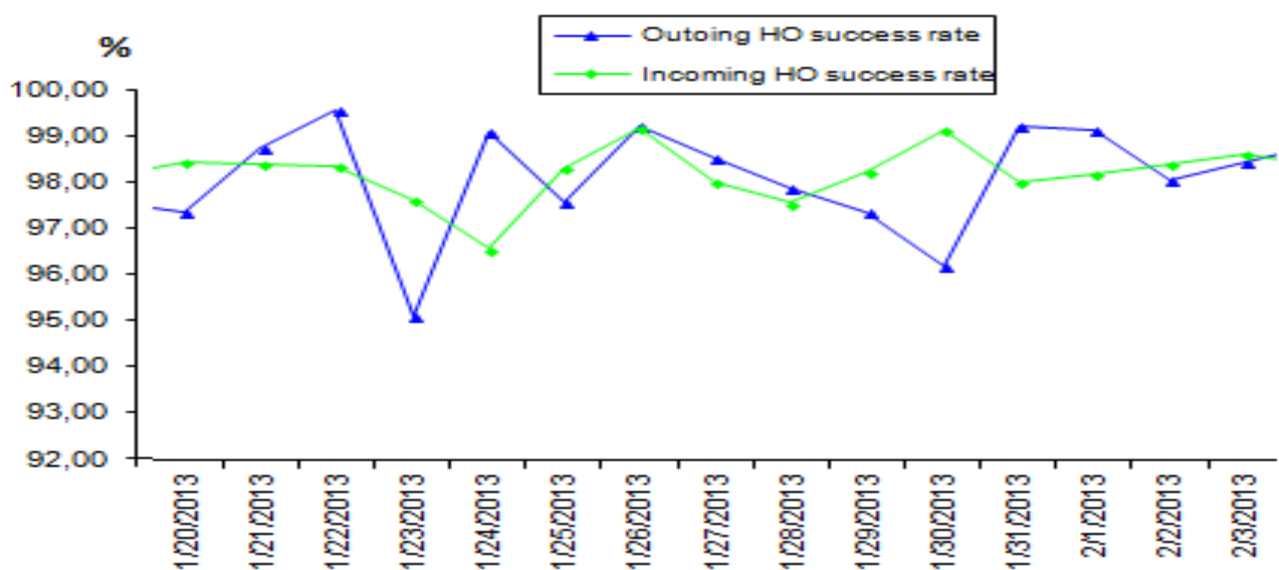


Figure IV .10 : le taux de handover entrant et sortant secteur A

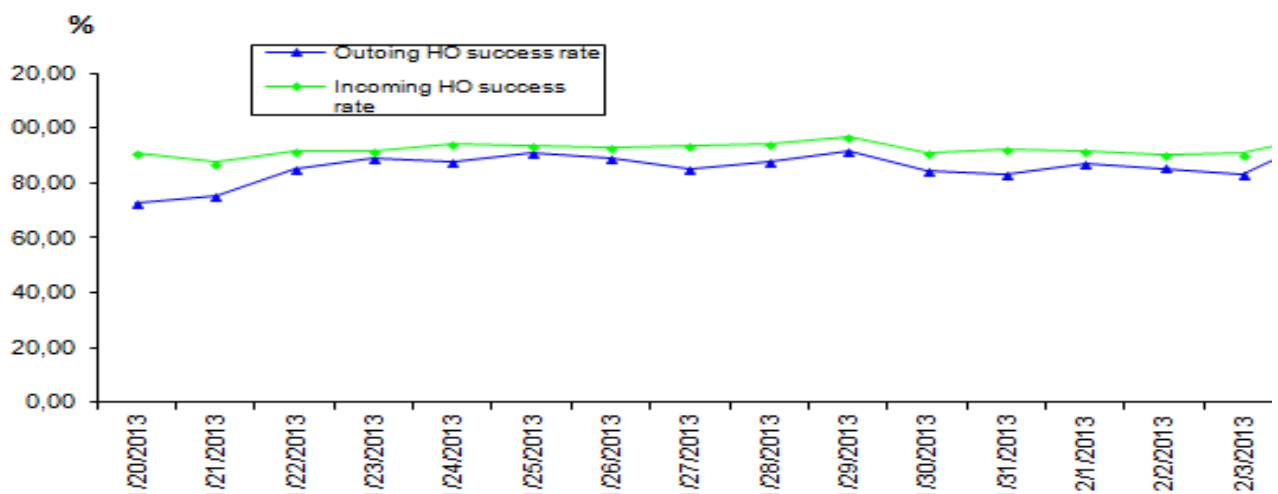


Figure IV .11 : le taux de handover entrant et sortant secteur B

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

La figure IV.10 montre un taux de handover sortant élevé jusqu'à 99.63%, alors que dans la figure IV.11 ce taux n'a pas dépassé les 91.08%. Sachant que le seuil du taux de réussite de handover est de 98% ce qui nous confirme la dégradation de handover dans le secteur B sans le secteur A.

Les figures respectives IV.12 et IV.13 représentent le nombre de SMS envoyés par jour.

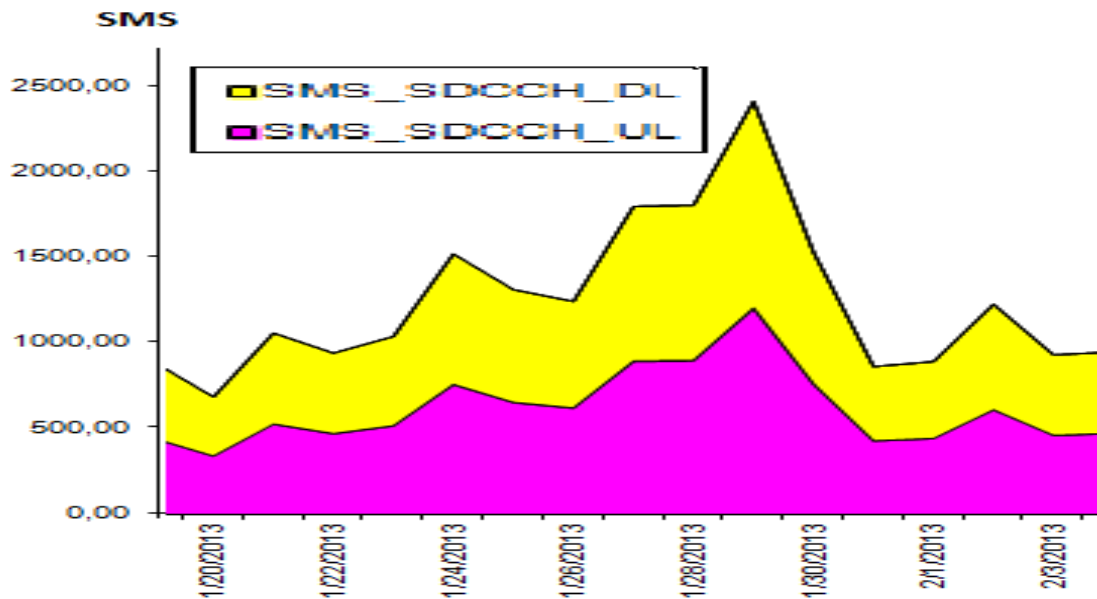


Figure IV.12 : volume de SMS envoyés secteur A

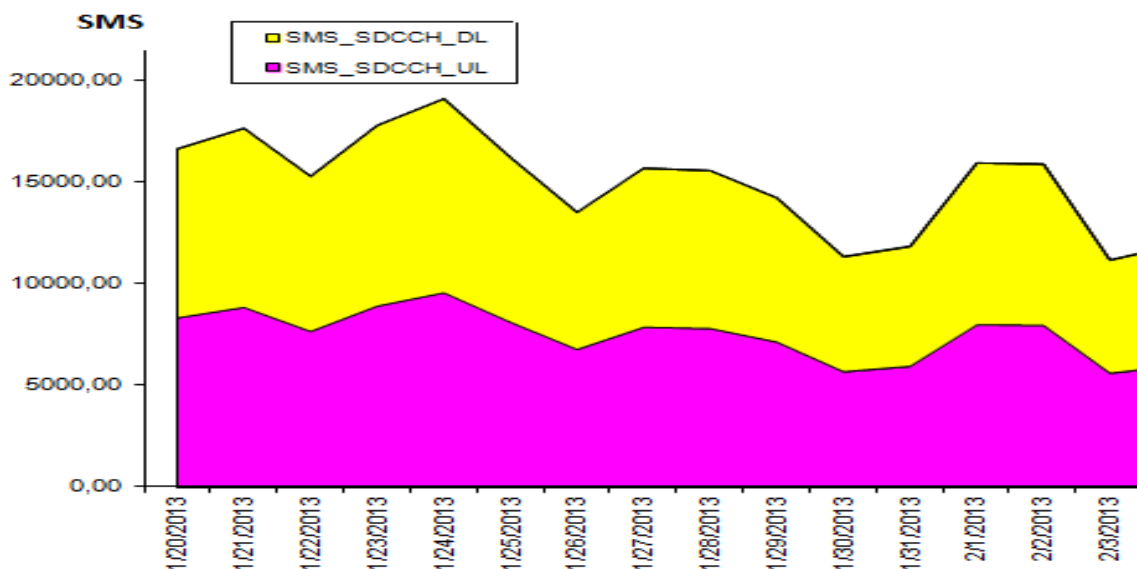


Figure IV.13 : volume de SMS envoyés secteur B

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

D'après les figures IV.12 et IV.13 qui représentent les graphes illustrant le nombre de SMS envoyés pendant la durée d'une journée. Dans le secteur A a atteint la valeur de 2500 SMS par jour tandis qu'il dépasse les 20000 SMS par jour dans le secteur B.

IV.1.1 Diagnostique

D'après la récolte des statistiques des index de performance des secteurs A et B constituant le site de 13676, on déduit que la charge dans les deux secteurs n'est pas uniformément réparti, et que secteur le B est soumis à un trafic qui dépasse sa capacité limitée à 4TRX, cause de la congestion de ce secteur B.

Ce problème de surcharge et de congestion est généralement réglé par l'augmentation de capacité comme l'activation de DTX, SFH, activation du half rate.

La solution proposée est une reconfiguration (modification Soft) au niveau du réseau en respectant les recommandations du constructeur (ZTE). Cette solution rentre dans le cadre de l'optimisation des index de performance se déroulant au niveau du sommet du service NPOC (Network Plane Optimization Centre) en utilisant un outil d'optimisation.

IV .1.2 Définition de l'outil d'optimisation

Le fait qu'un indicateur de qualité franchisse un seuil constitue une alerte de qualité à prendre en considération. Les indicateurs de qualité donnent une vue globale de l'état du réseau cellule par cellule. L'opérateur MOBILIS dispose du logiciel NetNumen qui permet de suivre les indicateurs et les paramètres du réseau. Ce logiciel installé sur un serveur connecté avec les différents nœuds du réseau, donc tout est centralisé grâce à NetNumen, on peut avoir accès de façon instantanée aux alarmes, aux statistiques, aux paramètres de chaque cellule et chaque site de notre réseau. On peut également, modifier les paramètres radio des cellules grâce à une interface graphique et puis les synchroniser avec celles du système afin que nos changements soient pris en compte, on peut également créer un nouveau site manuellement et le synchroniser avec le BSC pour que le site soit pris en compte.

IV.1.3 Etapes de l'intervention

La manipulation de NetNumen nous permet d'accéder aux différents sites et de modifier le paramétrage de ces derniers. Cette intervention consiste à changer les paramètres dans le mode connecté (call mode) et le mode veille (idle mode).

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

Les étapes qui suivent, illustrent la procédure d'intervention en mode connecté

1)- Afin de localiser le site concerné, on sélectionne d'abord la région (**SBA**) dans la liste **NE Management**, ensuite on choisit la BSC concernée dans la liste **Configuration Management** en cliquant sur **BSC Function** comme le montre la fenêtre suivante :

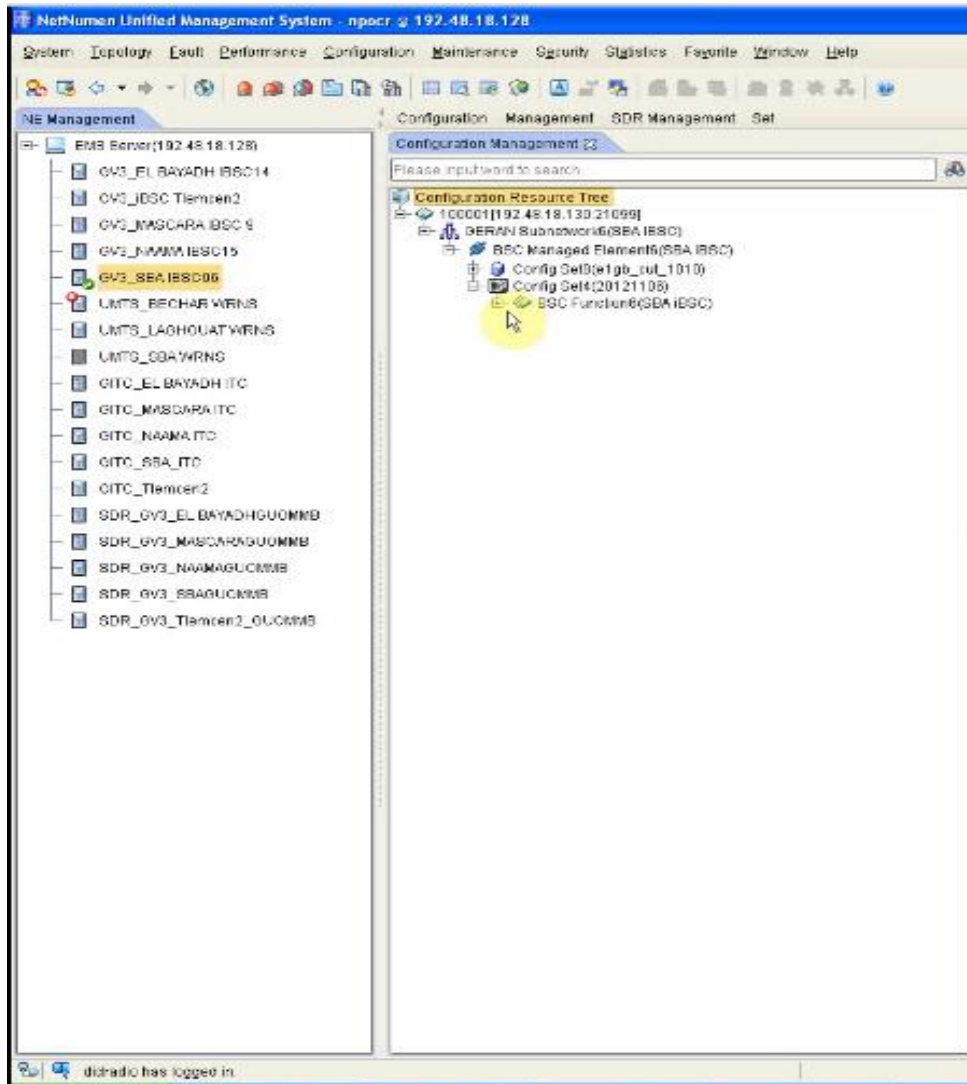


Figure IV. 14 : Sélection de la région et de la BSC concernée

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

2)- Après avoir choisi la BSC on sélectionne le **site 13676Tadjmount** pour pouvoir sélectionner le secteur cell(13676A) comme le montre la fenêtre suivante :

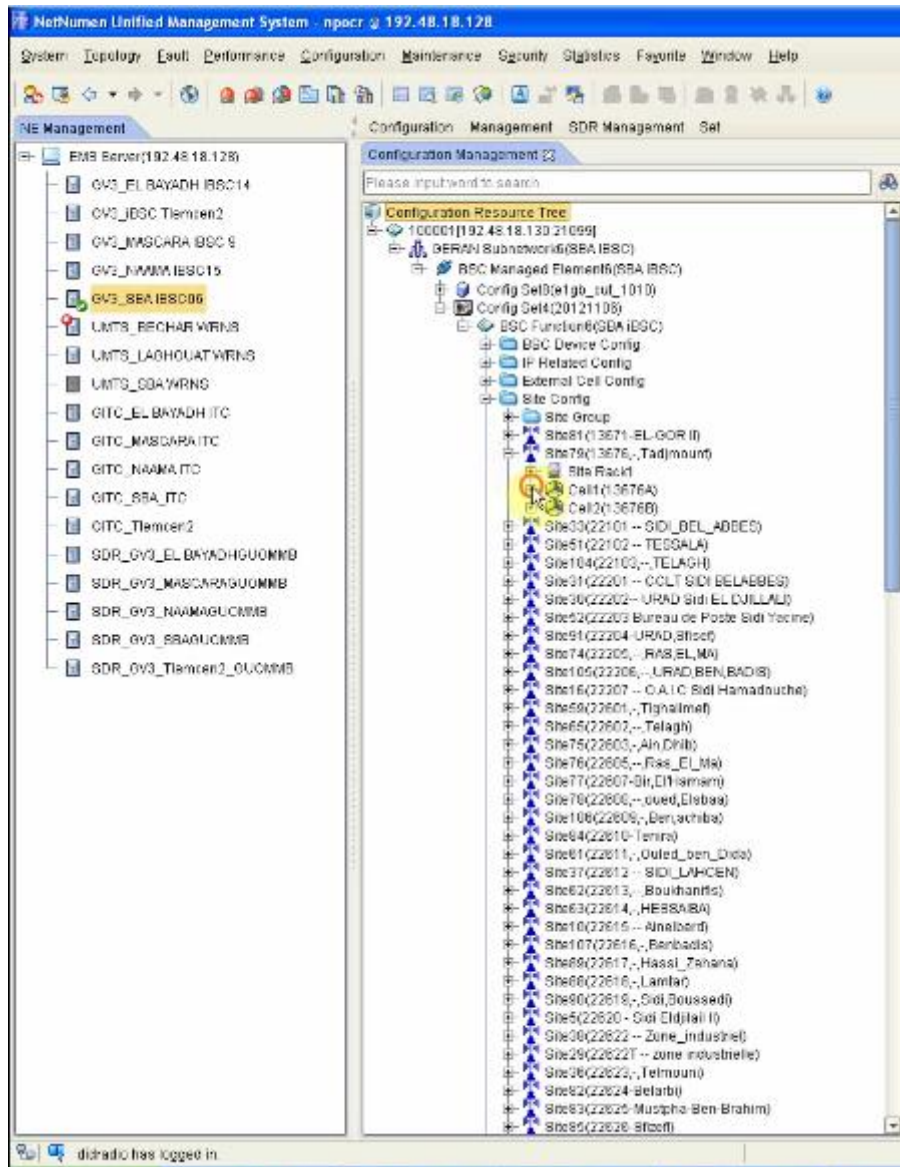


Figure IV.15: Sélection du secteur 13676A

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

3)- Dans le secteur A on click sur le fichier « **Adjacent Cell handover and reselection** » pour faire apparaître la liste des cellules adjacentes (candidates pour le handover ou reselection)

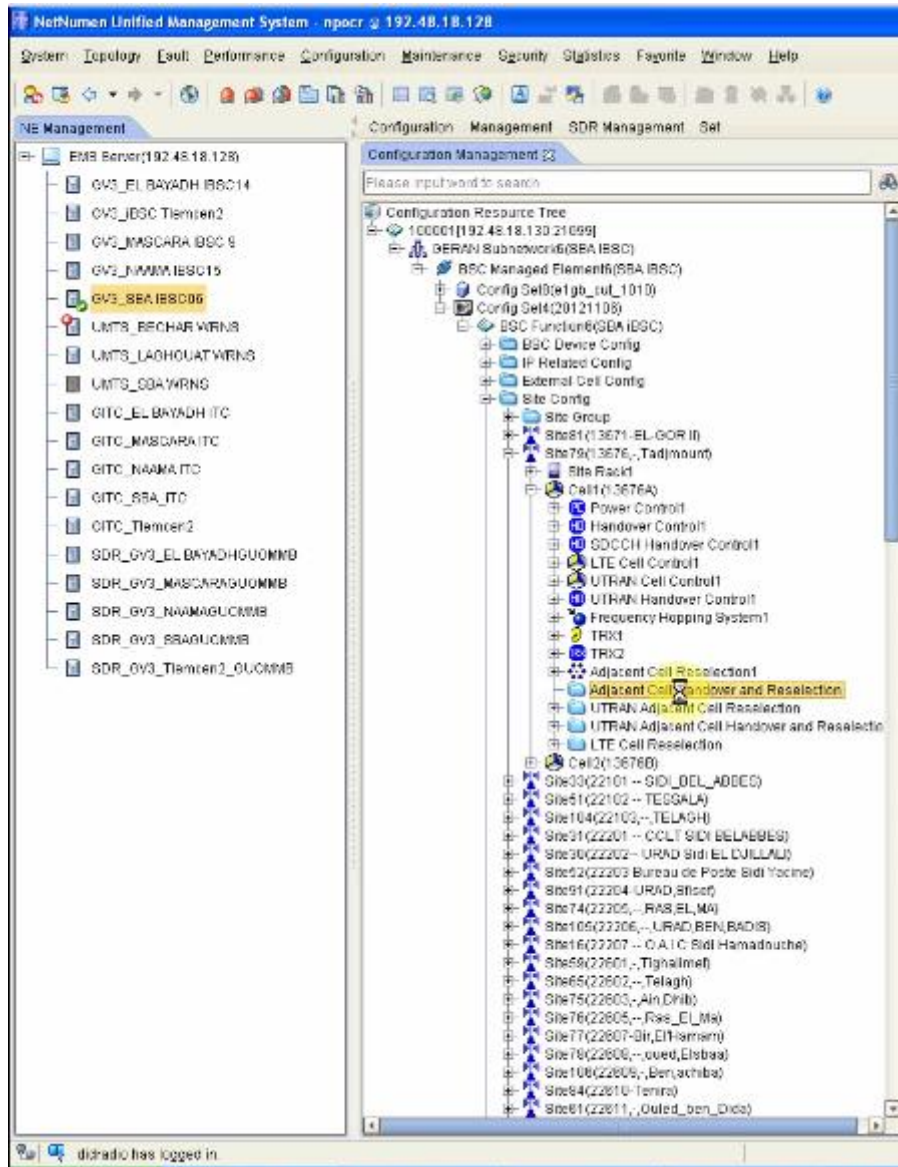


Figure IV.16 : Sélection des cellules adjacentes du secteur A

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

4)- Après l'apparition de la liste des cellules adjacentes au secteur A on sélectionne le secteur B du même site (13676B).

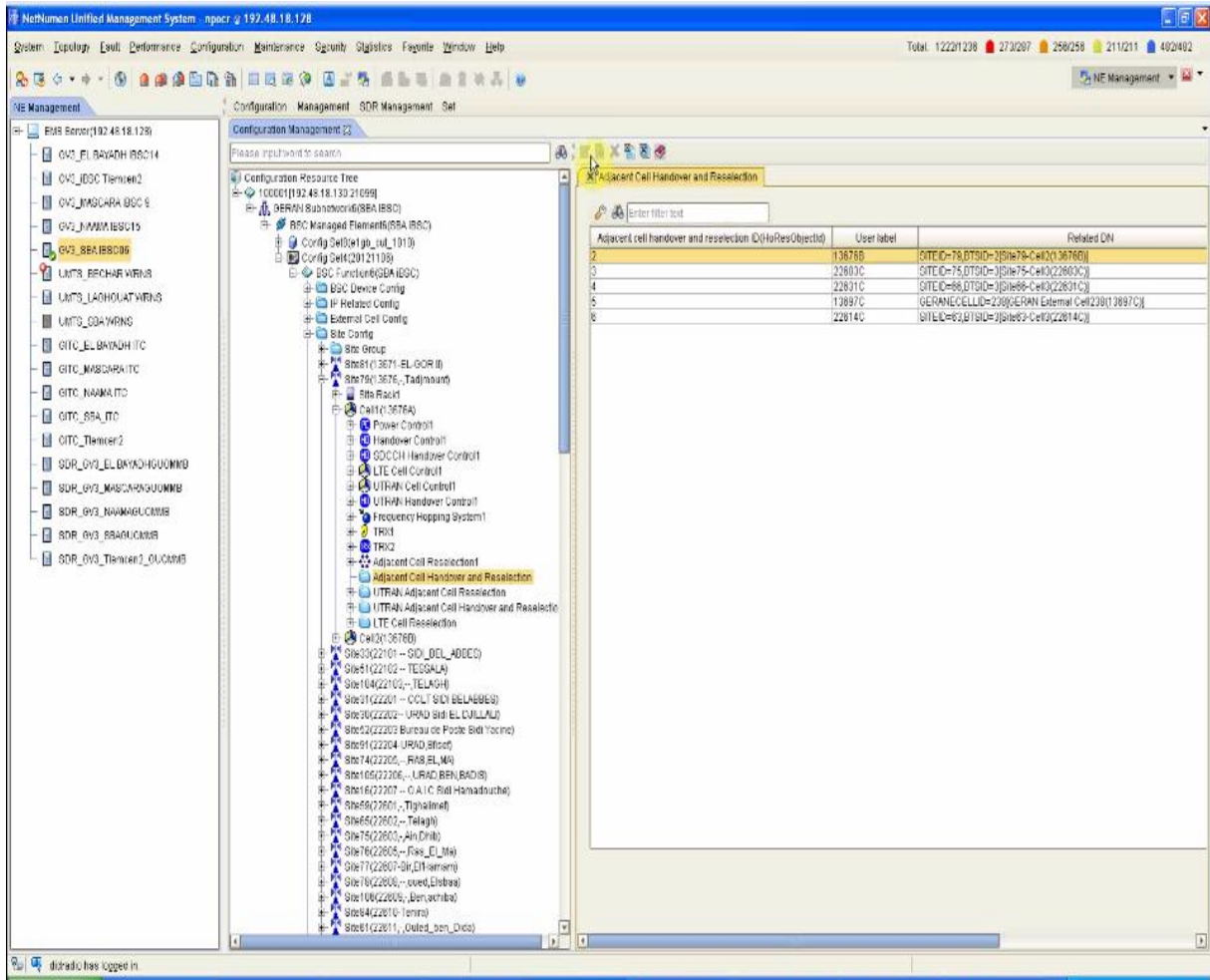


Figure IV.17 : Sélection du secteur 13676B

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

5)- On cliquant sur le secteur **13676B**, on obtient la fenêtre « **Basic propriety**», on sélectionne le (**MIN threshold of signal level for handover Access**) qui correspond au paramètre **RX_LEV_MIN** définit dans le chapitre précédent, pour pouvoir modifier sa valeur par défaut (**RX_LEV_MIN = 15** qui correspond a **-95dbm**) par la nouvelle valeur **RX_LEV_MIN = 20** qui correspond à **-90dbm** .

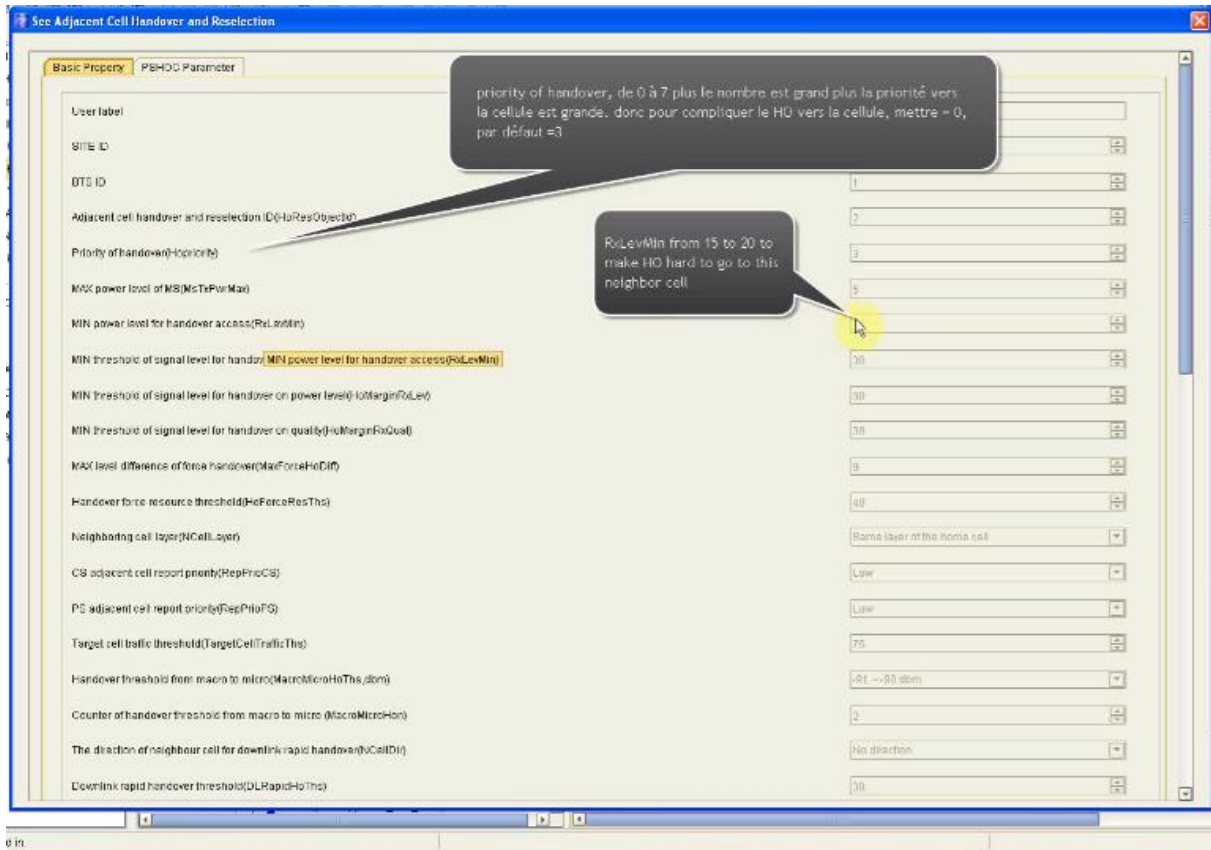


Figure IV.18 : Changement du paramètre RX_LEV_MIN

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

6)- Dans la même fenêtre on clique sur (**MIN Threshold of signal level for handover on PBGT HO margin pbgt**) afin de changer la valeur du paramètre du **BPGT** qui était à **30** (qui correspond a **6dbm**) par **40** (qui correspond à **16dbm**). Et ensuite on sors de la fenêtre

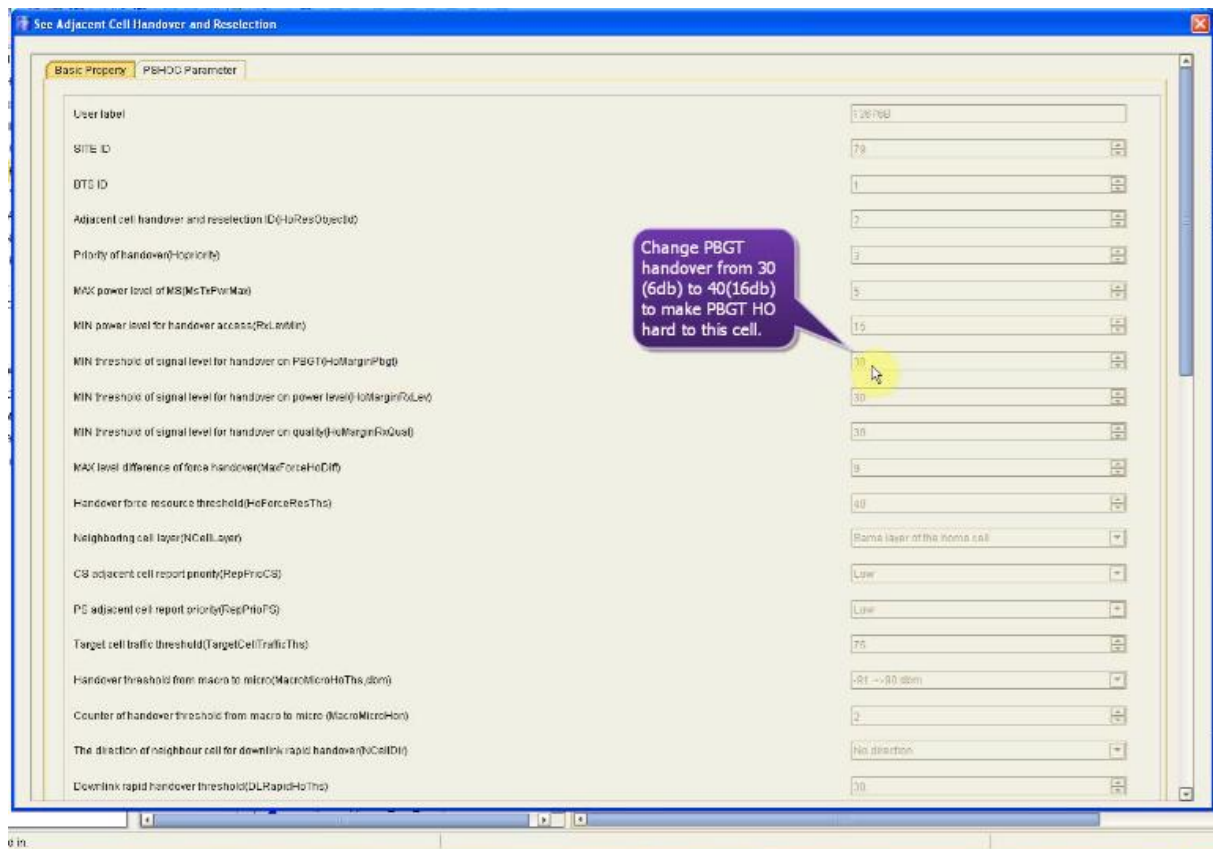


Figure IV.19 : Changement du paramètre BPGT

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

7) On revient à la fenêtre **Configuration Management** et on sélectionne cette fois ci « **Cell 13676 B** » ensuite on choisi le fichier « **Adjacent Cell handover and reselection** » pour faire apparaitre la liste des cellules adjacentes du secteur B.

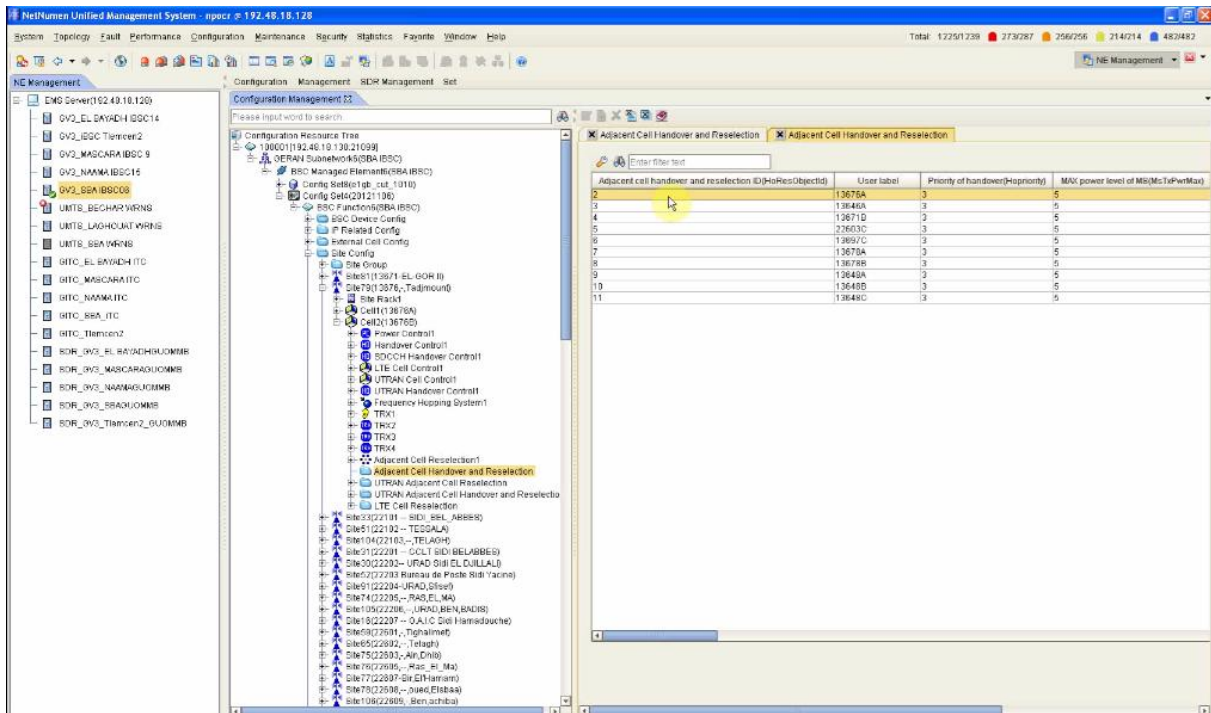


Figure IV.20 : Apparition des cellules adjacentes du secteur 13676B

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

8)- on clique sur la cellule **13676A** (parmi la liste des cellules voisines du secteur B) et on obtient la fenêtre » **Basic propriety** » on modifie le paramètre **RX_LEV_MIN** qui était à **15** par défaut par **10** qui correspond à **-100dbm**

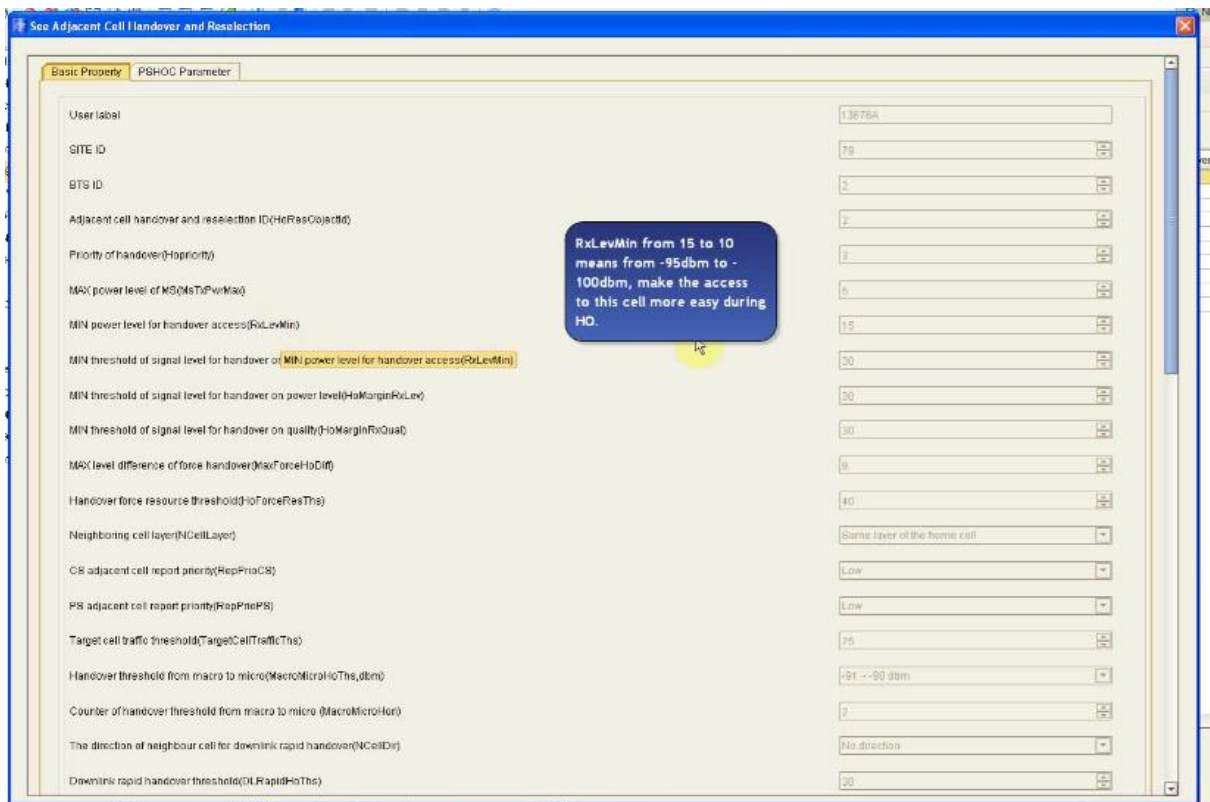


Figure IV.21 : Modification du paramètre RX_LEV_MIN

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

9)- On clique sur le paramètre **BPGT HO margin** pour modifier la valeur de **30** à **10** qui correspond à **-14dbm**

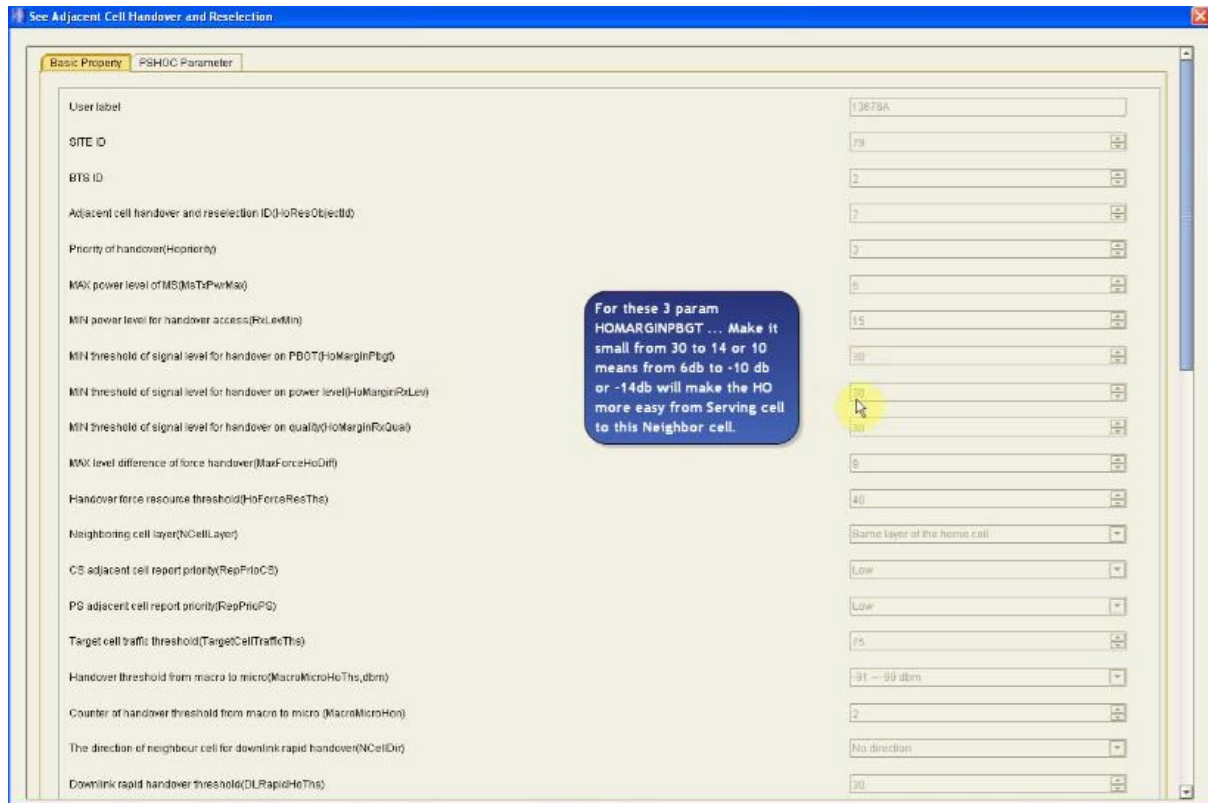


Figure IV.22 : Modification du paramètre PBGT

IV.1.4 Argumentation du choix des paramètres

HO_MARGIN(n) permet d'influer sur le taux de handover ping-pong ainsi que sur la qualité de service (c'est-à-dire le taux d'échec de handover ou de coupure de communication par exemple). Cette hystérésis permet donc d'obtenir un compromis entre deux indicateurs. L'augmentation de ce paramètre peut entraîner un retard dans la détermination de la cellule cible et donc retarder le déclenchement du handover. Dans ce cas, le taux de handover ping-pong est minimum mais la qualité de la liaison peut se dégrader forcément. La diminution de la valeur du HO_MARGIN peut entraîner la détermination d'une cellule qui n'est pas meilleur que la cellule courante et entraîner par conséquent des handover ping-pong. Dans ce

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

cas la qualité de liaison peut être maintenue à un niveau acceptable (malgré les risques de coupure inhérents à l'exécution de chaque handover).

Mais le taux de handover ping_pong croît de façon importante. Ce paramètre est sans aucun doute l'un des plus importants et les plus délicats à ajuster dans la procédure de Handover. L'ajustement de ce paramètre est directement lié à la variation du signal court terme d'où la difficulté d'optimiser la valeur de ce paramètre.

RXLEVEL_MIN détermine directement la surface de la cellule et donc sa zone de service. Ce paramètre permet notamment d'ajuster la charge de trafic à l'intérieur d'une cellule. Si celle-ci devient très chargée, la diminution de sa zone de service (par augmentation de la valeur de RXLEVEL_MIN) permettra de réduire le taux d'arrivée de nouveau mobile.

La diminution de la valeur de RXLEVEL_MIN va conduire à une augmentation de la zone de service de la cellule qui va permettre à plus de mobiles d'accéder à la cellule ce qui peut entraîner une dégradation de la qualité de service.

Sachant que les niveaux de champs émis par les deux secteurs sont :

- ✚ Dans le secteur A $RX_LEVEL = -78\text{dBm}$.
- ✚ Dans le secteur B $RX_LEVEL = -65\text{dBm}$.

Dans un premier temps on calcule le bilan de puissance PBGT du site en mesurant l'écart entre les deux niveaux de champs A et B :

$$PBGT = RX_LEVEL (A) - RX_LEVEL (B) \dots \dots \dots (IV.1)$$

$$PBGT = -78\text{dBm} - (-65\text{dBm})$$

$$PBGT = -13\text{dBm}.$$

En utilisant les inéquations :

$$PBGT(n) > HO_MARGING \dots \dots \dots (II.7).$$

$$RX_LEVEL (n) > RX_LEVEL_MIN \dots \dots \dots (II.6).$$

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

Avec :

- $HO_MARGING = -6$ dBm correspond à 30 (valeur par défaut dans les deux secteurs)
- $RX_LEVEL_MIN = 15$ qui correspond a la valeur de -95 dBm.

On déduit que le handover est irréalizable du fait que les deux conditions ne sont pas respectées.

A fin de faciliter le handover dans le but de diminuer la charge du secteur B et envoyer Certains abonnés vers le secteur A : on agit sur

- La valeur du seuil $HO_MARGING$:
 $HO_MARGING = -14$ dBm ce qui correspond a la valeur de 10.
- La valeur de RX_LEVEL_MIN :

$RX_LEVEL_MIN(B) = 10$ qui correspond a la valeur de -100dBm.

A fin de rendre le handover difficile et ne pas permettre aux abonnés de revenir vers la cellule (B) après avoir caller sur la (A) ; on agit sur

- $HO_MARGING = 16$ dBm ce qui correspond à la valeur de 40
- $RX_LEVEL_MIN(A) = 20$ se qui correspond à la valeur de - 90dBm.

La procédure d'optimisation ne se fait pas uniquement en mode connecté, autrement dit, on peut aussi agir sur le critère de re sélection de cellules en mode veille afin d'envoyer plus d'abonnés du secteur B vers le secteur A L'intervention se fait comme suite :

Sachant que la condition de resélection de cellule est :

$$C2(A) > C2(B) \dots \dots \dots (IV.2)$$

Sachant que la formule de C2 est :

$$C2 = C1 - CRO \dots \dots \dots (II.5)$$

L'opération se fait au niveau du secteur B :

Le CRO prend la valeur 1 par défaut qui correspond à 2dbm, On remplaçant la valeur du CRO par 2 qui correspond à 4 dbm .On obtient par conséquent un critère $C2(B)$ qui sera inferieur à $C2(A)$, ce qui convient à l'inéquation précédente afin de favoriser la cellule A.

IV .1.5 Interprétation des résultats

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

Après avoir agit sur le paramétrage en mode connecté et mode veille, les indicateurs de performances interprètent l'effet de cette intervention dans les graphes suivants :

Les figures IV.23 et IV.24 représentent les taux de congestion et l'intensité du trafic (Erlang) dans les deux secteurs :

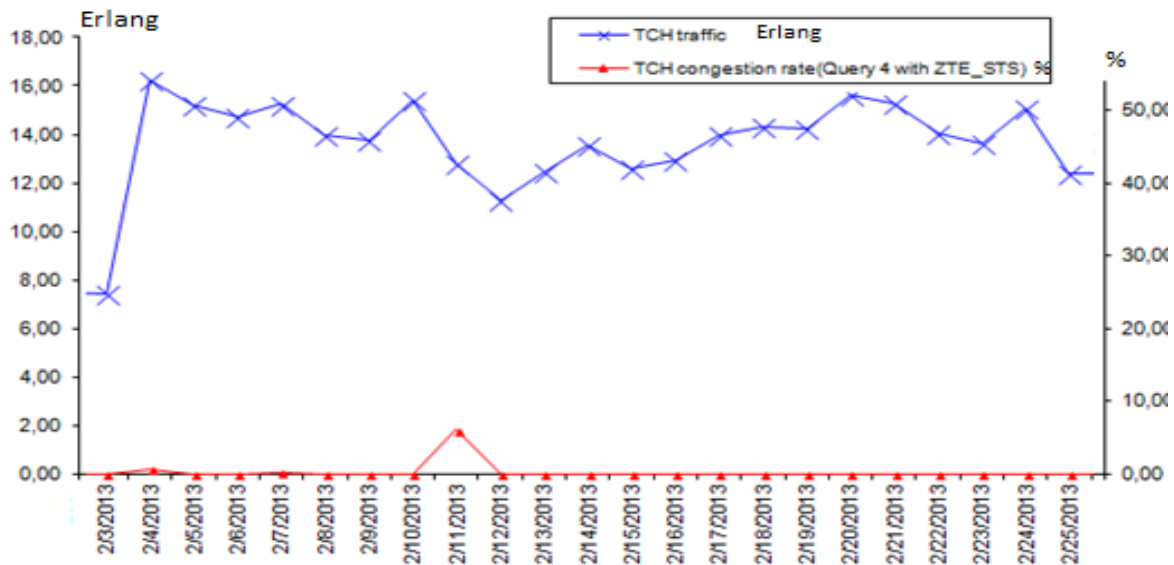


Figure IV.23 : taux de congestion et volume du trafic(Erlang) secteur A

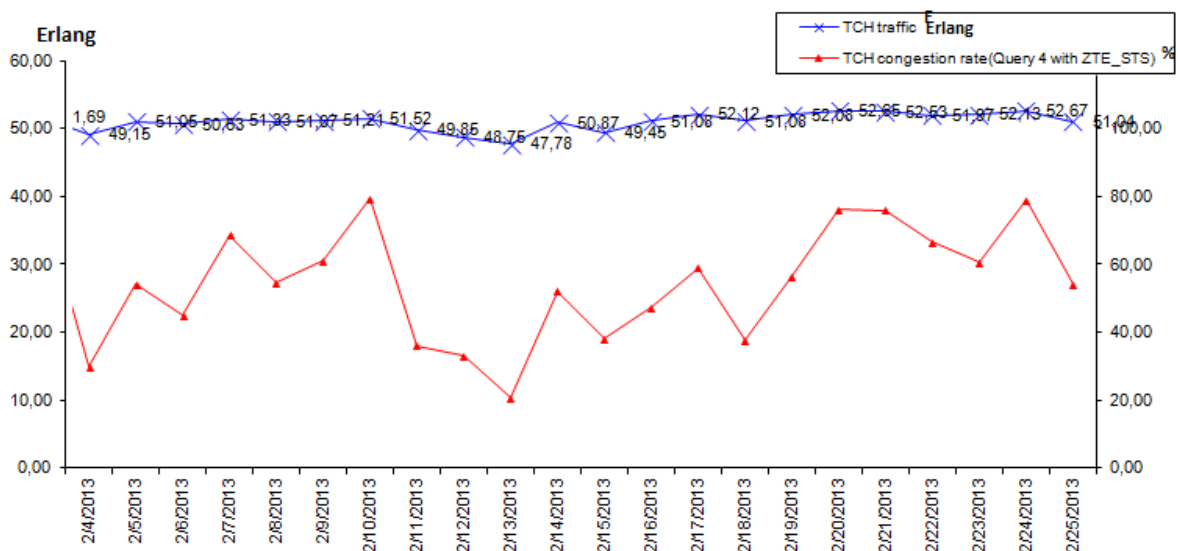


Figure IV.24 : taux de congestion et volume du trafic(Erlang) secteur B

La diminution du taux de congestion sur le canal de trafic TCH de la cellule (B) montrée sur la figure IV.23 est remarquable ; la valeur qui a été dans le voisinage de 100% a diminué jusqu'à 76% tout en préservant l'intensité du trafic (Erlang). D'après la figure IV.24,

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

on remarque une intensité de trafic élevée par rapport a son état précédent. Elle a fait un saut de 7.63 Erlang vers 16. Erlang sans aucune influence sur le taux de congestion de son TCH.

Les figures respectives IV.25 et IV.26 représentent le taux de congestion dans le canal de signalisation SDCCH, le trafic de signalisation (SDCCH traffic) et le taux de disponibilité du canal du trafic dans les deux secteurs.

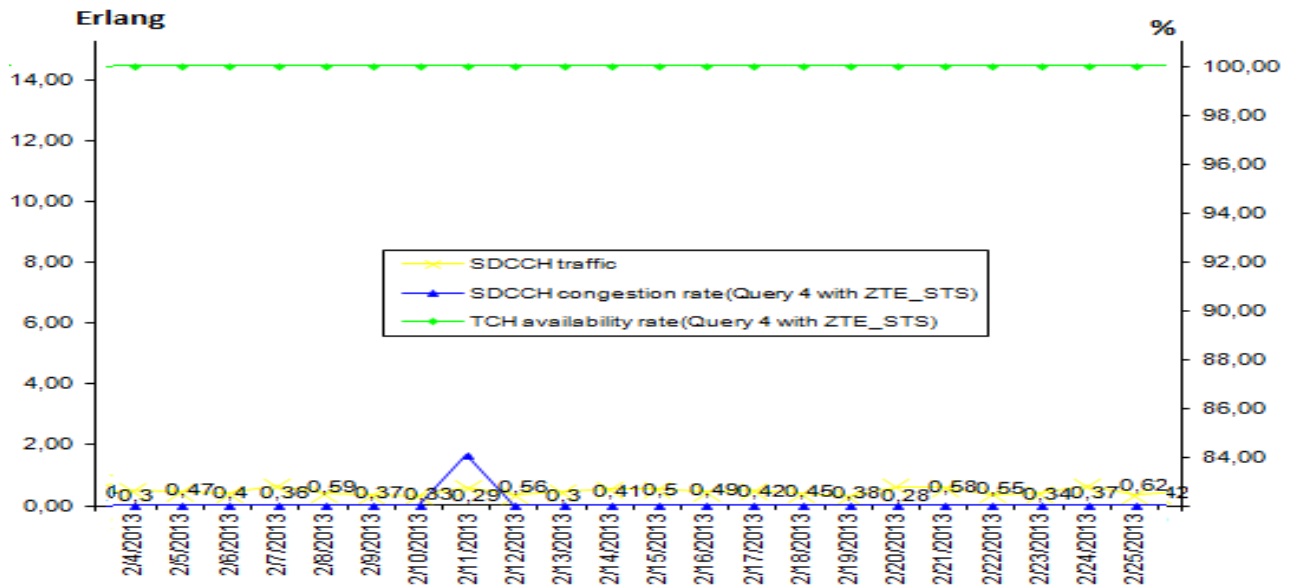


Figure IV.25: Taux de congestion et de trafic de signalisation, disponibilité du trafic secteur A

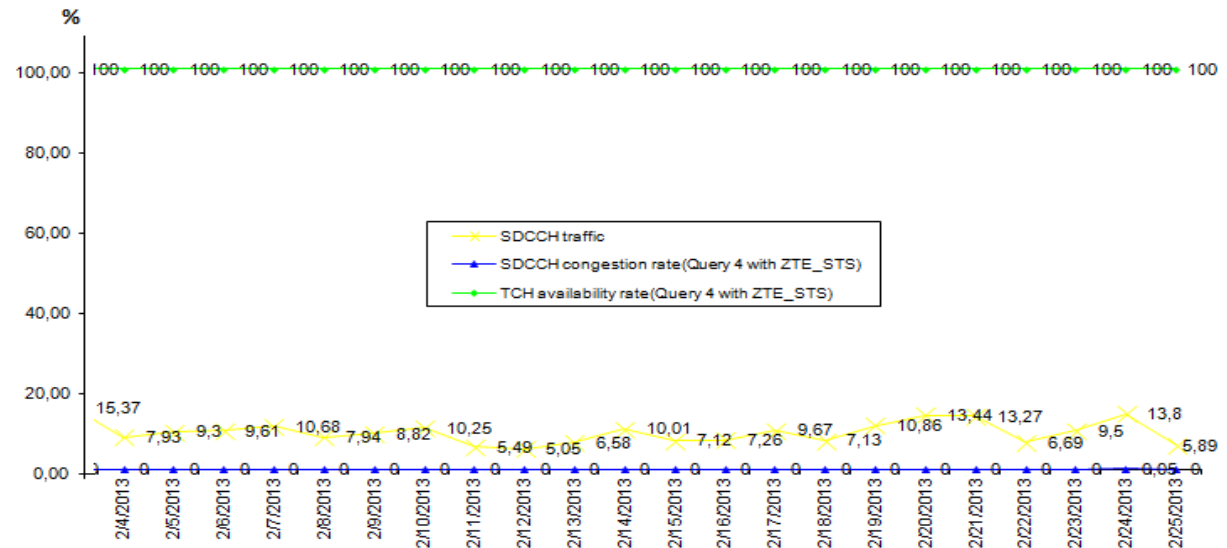


Figure IV.26 : Taux de congestion et de trafic de signalisation, disponibilité du trafic secteur B

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

Dans la figure IV.26 Le graphe représentant de trafic de signalisation dans la cellule (B) n'a pas atteint le maximum qui est 15.37 % et encore moins dans la cellule (A) qui ne dépasse pas 0.52% représentée par la figure IV.25

Le taux de disponibilité dans le canal de trafic dans la cellule (B) a pu atteindre les 100% la plus part des journées de statistique, et dans la cellule (A) n'a pas vraiment changer sa valeur varie entre 98.82%. Le taux de congestion de canal de signalisation SDCCH est nulle dans les deux cellules a part la journée du 11 /02/2013 a cause de la panne radio dans le secteur (A)

La figure IV.27 et La figure VI.28 représentent le taux de congestion sur le canal de trafic et le taux de sa disponibilité après intervention :

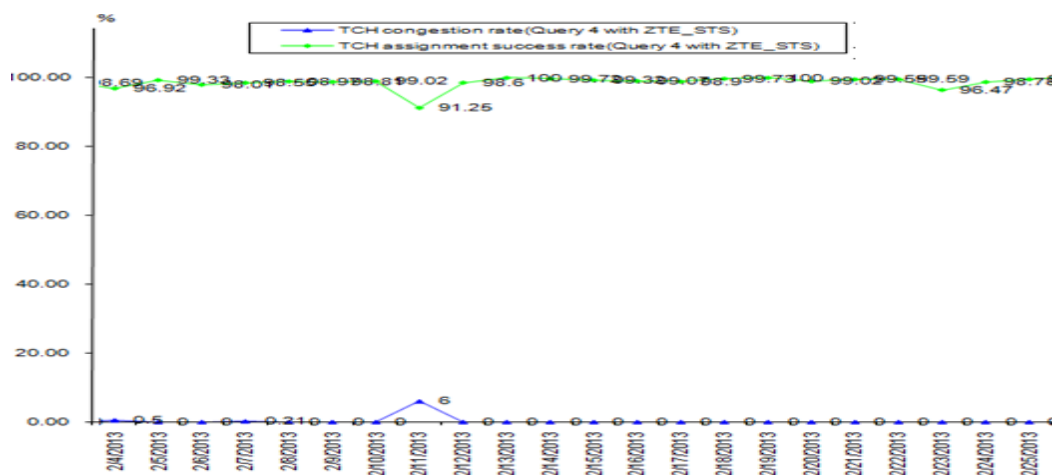


Figure IV.27 : Allocation et congestion du TCH secteur A

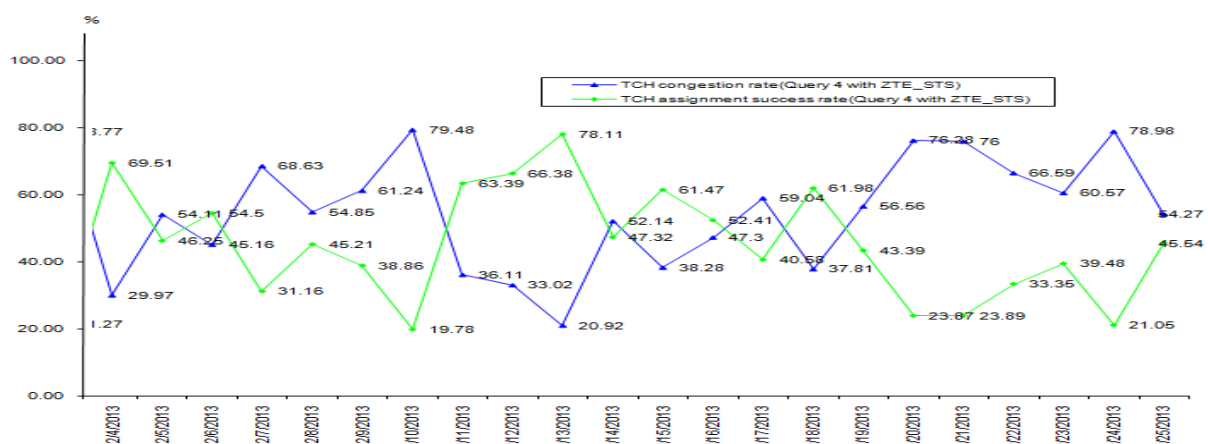


Figure IV.28 : Allocation et congestion du TCH secteur B

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

Le taux d'allocation réussite de TCH dans la cellule A (figure IV.27) a atteint 99.33% et dans la cellule B (figure IV.28) a atteint la valeur 78.98%. Ces deux graphes illustrent une bonne disponibilité de TCH dans les deux cellules.

Le taux de congestion du canal TCH dans la cellule A est nulle par contre dans la cellule B il varie entre 20.92% et 79.48% (comme valeur maximum) ce qui montre que la cellule n'est pas considérée congestionnée.

Les deux figures IV.29 et IV.30 représentent les taux de différentes causes de coupures du canal TCH dans les deux secteurs.

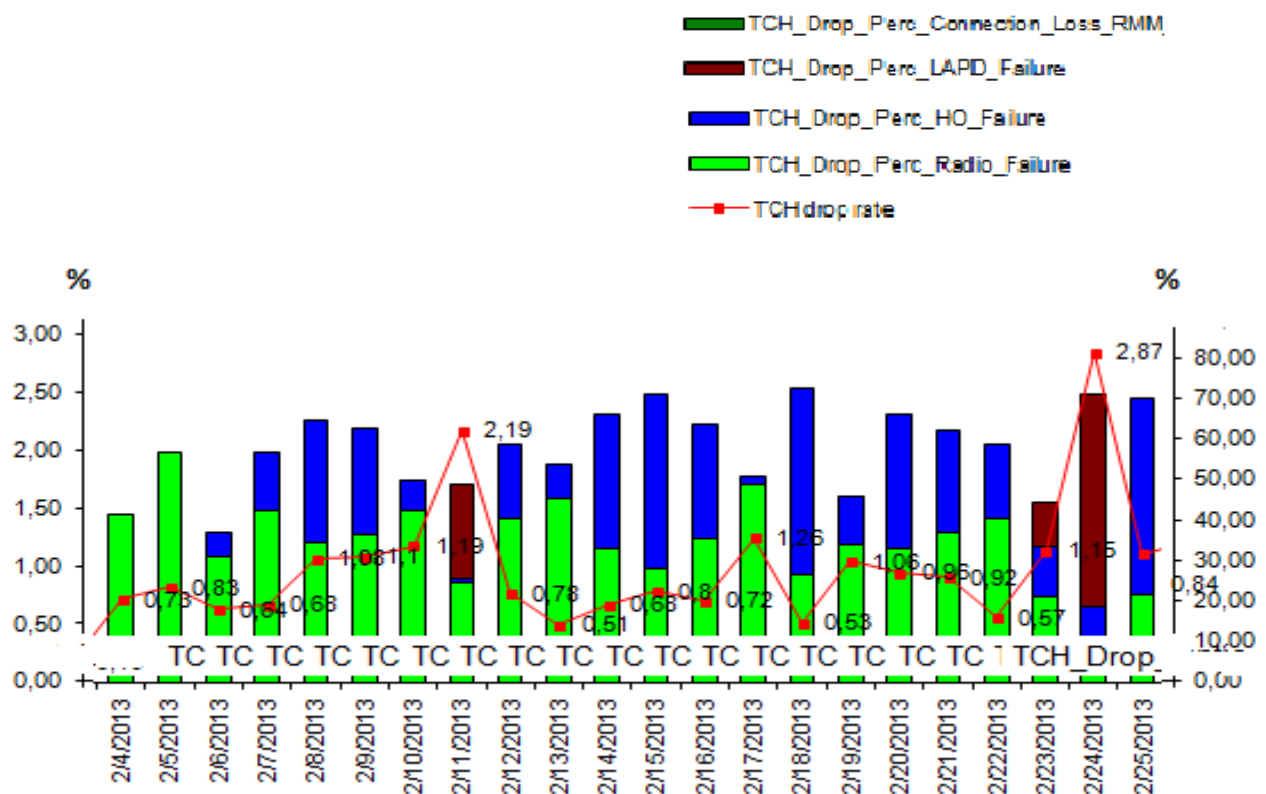


Figure IV.29 : Histogramme représentant les taux des différentes causes de coupure TCH secteur A

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

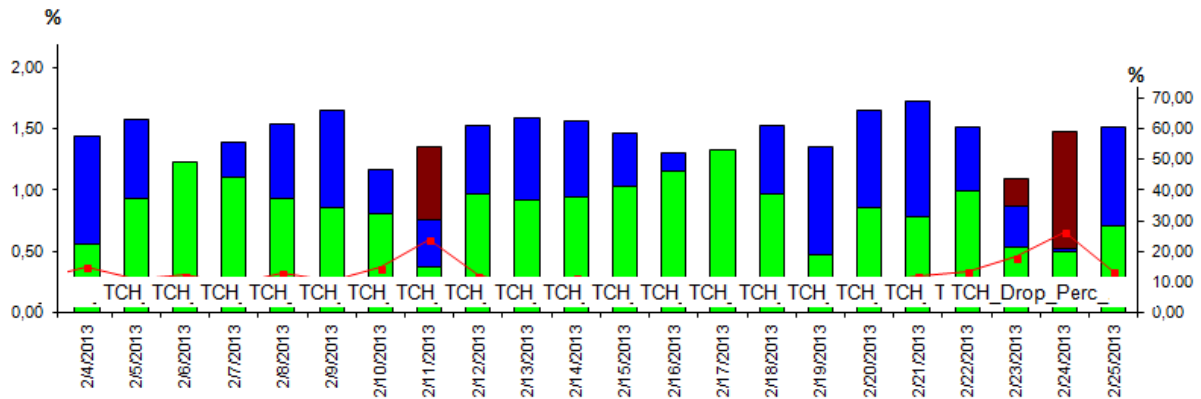


Figure IV.30 : Histogramme représentant les taux des différentes causes de coupure TCH secteur B

Les deux histogrammes représentés sur les figures IV.29 et IV.30 montrent les statistiques des causes des coupures du canal de trafic dans les deux secteurs A et B. On remarque l'existence des problèmes dans la cellule : les pannes radio, échec de handover varient entre 60 et 70%.

Les figures respectives IV.31 et IV.32 montrent le taux de réussite du handover entrant et sortant dans les secteurs A et B.

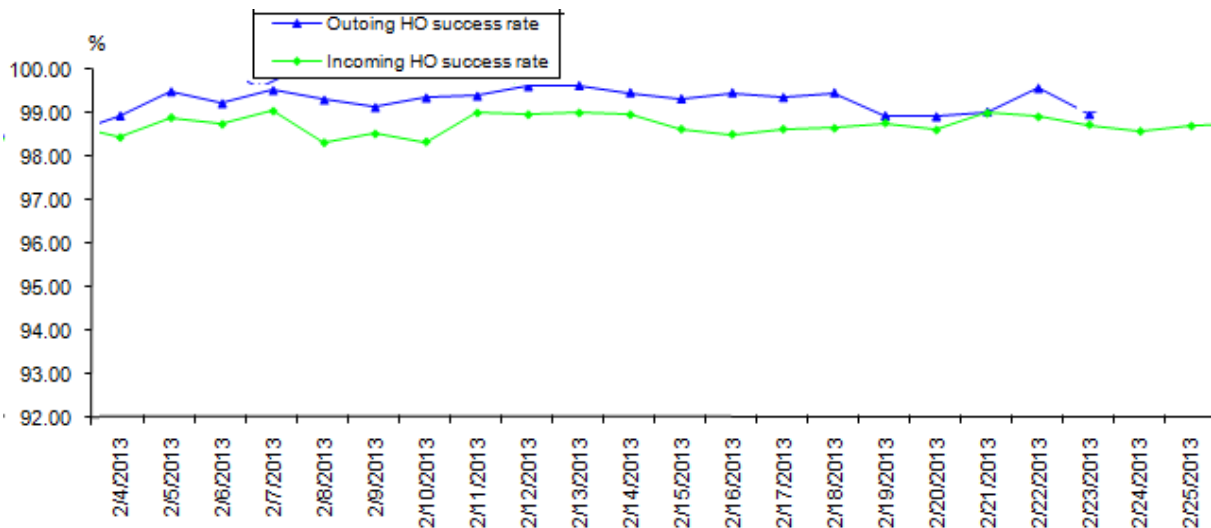


Figure IV.31 : Taux de réussite du handover entrant et sortant secteur A

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

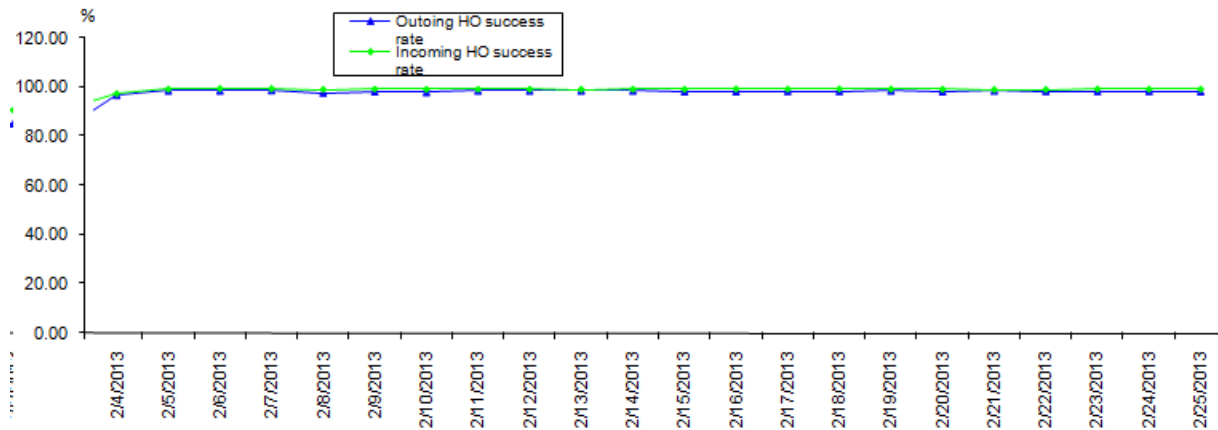


Figure IV.32 : Taux de réussite du handover entrant et sortant secteur B

Les graphes des figures montrent l'amélioration du taux du handover dans les deux secteurs car il dépasse 98%.

Les figures IV.33 et IV.34 représentent le volume des SMS de signalisation montants(SMS_SDCCH_UL) et descendants(SMS_SDCCH_DL).

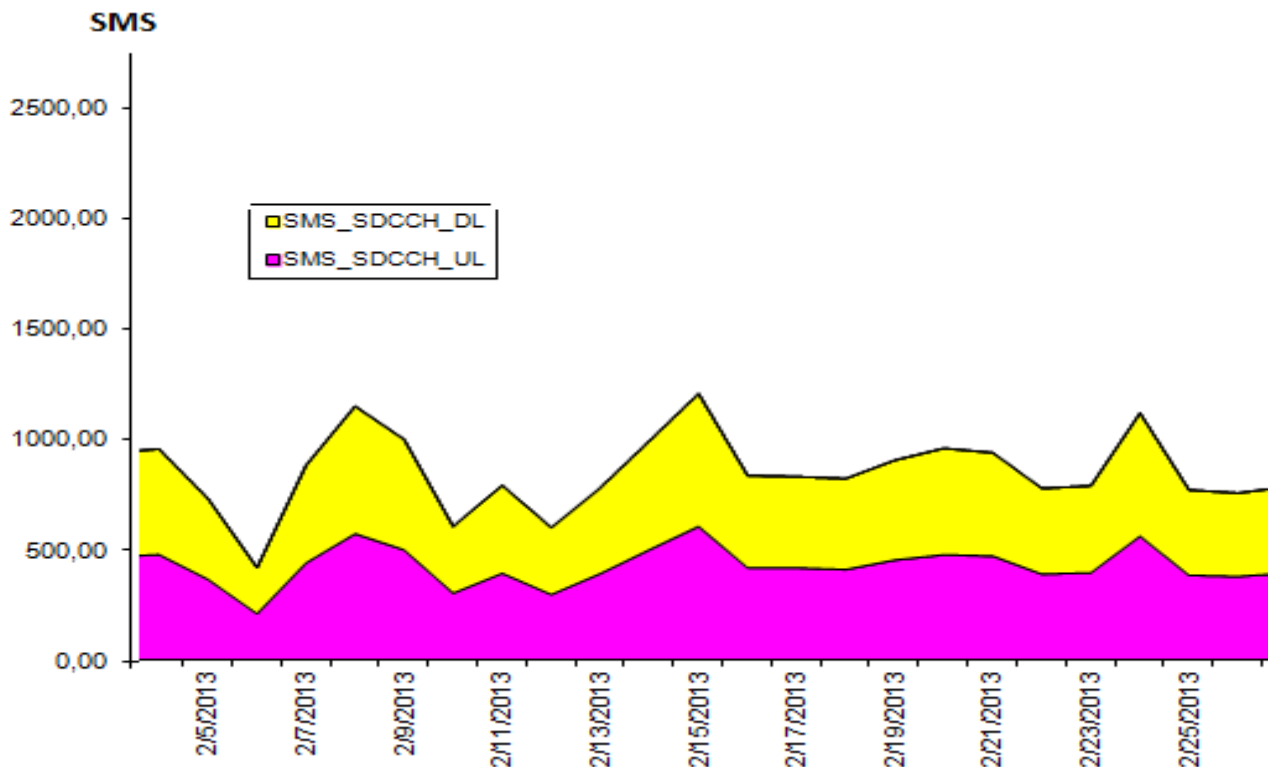


Figure IV.33 : Volume de SMS de signalisation montant et descendante secteur A

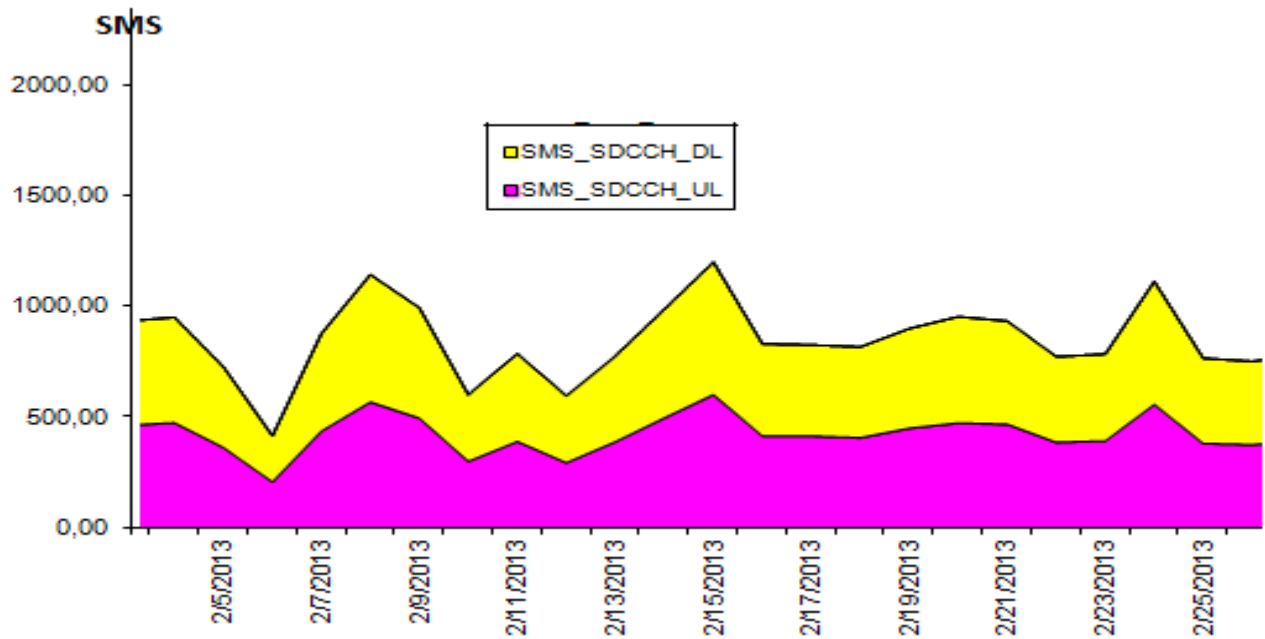


Figure IV.34: Volume de SMS de signalisation montant et descendante secteur B

Les figures IV.33 et IV.34 montrent que le nombre d'SMS a augmenté dans les deux cellules il a atteint 1250 SMS/jour et 17000 SMS/jour. Ce la soutient le faite qu'on a augmenté la capacité

IV.1.6 Evaluation des résultats

Les résultats suivants reflètent l'amélioration des services des deux secteurs, cela est représenté par la diminution du taux de congestion dans le secteur B et un partage de charge entre les deux secteurs, ces nouvelles caractéristiques ont permis d'augmenter le taux de réussite du handover au-delà de 98% et un taux de disponibilité du canal de trafic de 100% ,

IV .2 Cas de la BTS22697 :

La BTS22697 couvre une région de Tlemcen montré par la figure suivante :



Figure IV.35 : Map de position géographique de la BTS 22697(Tlemcen)

Les caractéristiques de la BTS ZTE 22679 fonctionnant initialement avec 06 TRXs, est illustrées par les indicateurs de performances récoltés du 10/03/2013 jusqu'au 27/03/2013 représentés par les graphes (récupérés dans BSC contrôleur de ce site par le centre d'optimisation), interprétés ci après

La BTS ZTE 22679 se compose de deux secteurs :

- **Secteur 22697A :** supporte 02 TRX .
- **Secteur 22697B :** supporte 02 TRX .
- **Secteur 22697C :** supporte 02 TRX .

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

La figure IV.36 représente le taux de congestion du canal TCH(TCH congestion rate) et l'intensité du trafic(TCH traffic).

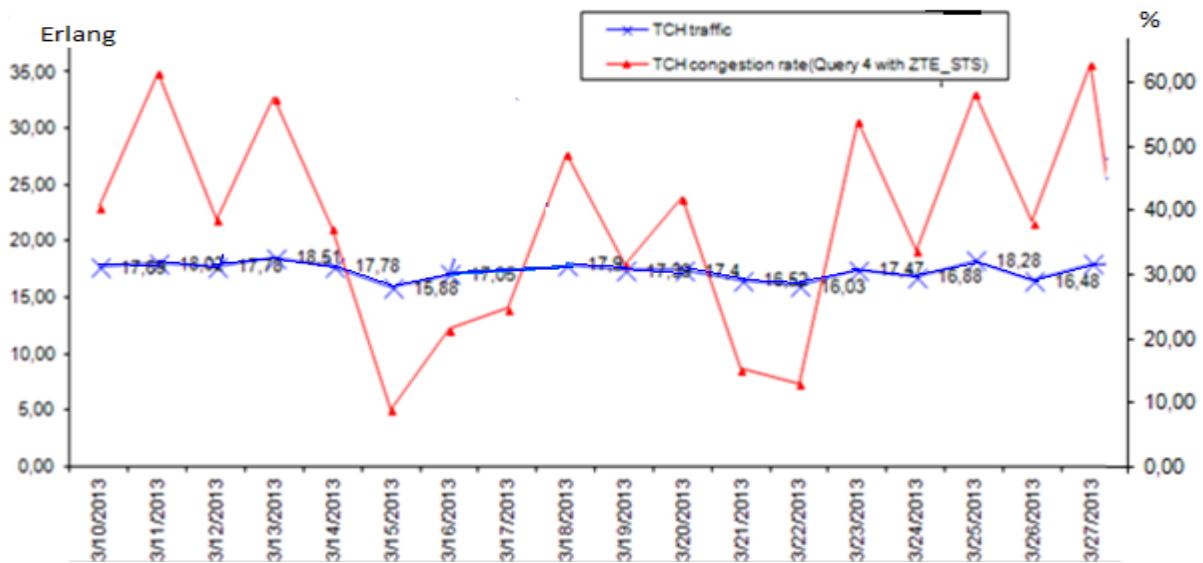


Figure IV .36 : Graphe d'indicateur de TCH

D'après l'analyse du graphe représenté sur la figure IV.36, on remarque que le taux de congestion de canal de trafic a atteint le pic 71.44% et son intensité de trafic qui est à 18.51 Erlang comme maximum dépassant le seuil déterminé par la table d'Erlang qui vaut 7.40 Erlang en mode full rate et 14.80 Erlang en half rate.

La figure IV.37 représente le taux de congestion et d'allocation réussis des canaux TCH

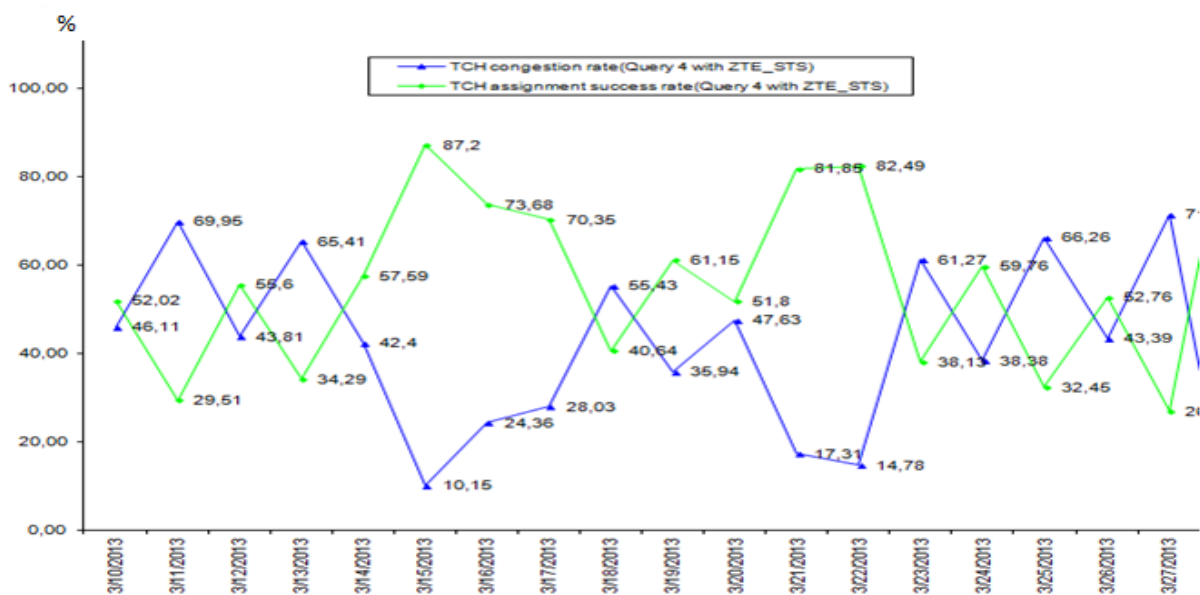


Figure IV.37 : Taux de congestion et d'allocation réussie des canaux TCH

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

La figure IV.37 illustre que le taux d'allocation réussie des canaux TCH est disproportionnel au taux de congestion de ces derniers. Ce qui nous montre que la congestion influe négativement sur l'allocation de canal TCH.

La figure IV.38 représente le taux de réussite du handover entrant et sortant .

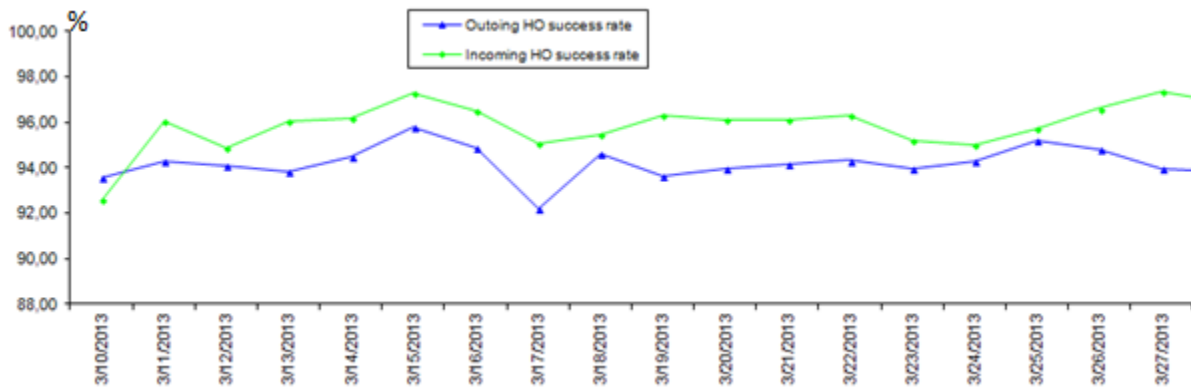


Figure IV.38 : Taux de réussite du handover entrant et sortant

La figure IV.38 montre les taux de réussite du handover entrant varie de 92% à 97%, et du handover sortant variant de 93% à 95%.

La figure IV.39 illustre le nombre d'SMS envoyés sur la voie montantes (SMS_SDCCH_UL) et sur la vois descendante(SMS_SDCCH_DL).

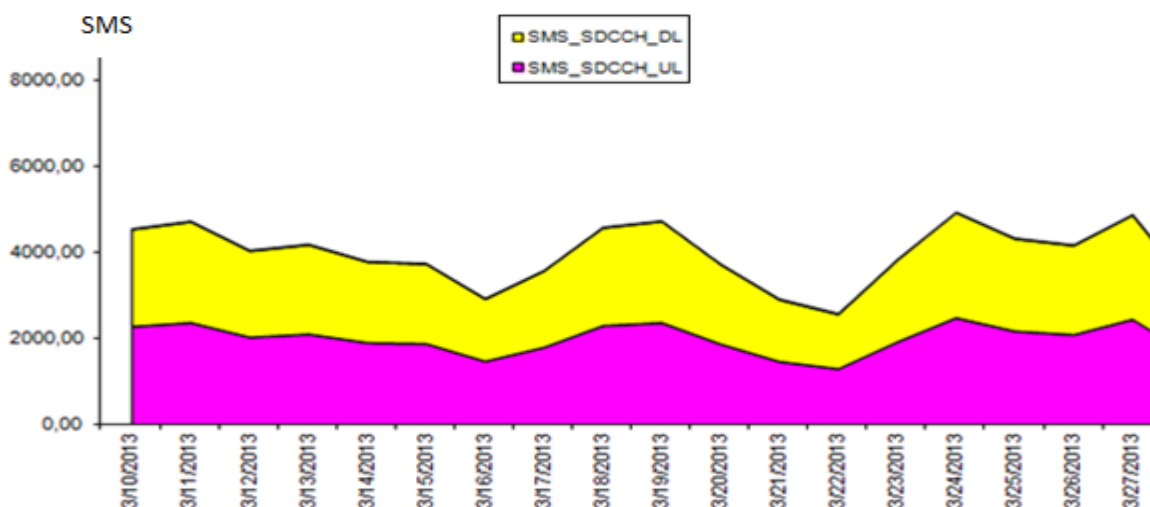


Figure IV.39 : volume d'utilisation du canal de signalisation en SMS sur la voix montante et descendante

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

La figure IV.39 donne le nombre réel d'SMS envoyés sur la voie montante(UL) atteignant 3000 SMS par jour et sur la voie descendante atteignant 5000SMS par jour .

IV.2.1 Diagnostique

D'après l'observation et l'analyse des graphes des indicateurs de performances (KPI), on déduit que la cellule est surchargée, traduisant la difficulté d'allocation du canal de trafic et de la procédure du handover entrant d'une part et une ,et une congestion avec un taux de 71.44% d'autre part ; ces résultats collectés permettent ainsi de juger la qualité de service du réseau dans le but de l'optimisation qui est un indice remarquable dans le diagnostique .

IV.2.2 Solution

Nous avons proposé un ajout de nouvelles TRX, afin d'augmenter la capacité du site.

Cet ajout de 2 TRX induit une augmentation de nombre de canaux à allouer par les usagers et favorise l'accueil de nouveaux abonnés (perfectionner le handover entrant). Le nouveau nombre de TRX conscrit un nombre plus élevé de communications simultanées qu'on peut calculer comme siut :

- Une BTS avec 4 TRX : 32 Time slots
TN 0 pour la voie balise.
2 TN : 8 SDCCH et leurs SACCH associés par slot
29 TN : 1 TCH et son SACCH par slot
=>29 communications simultanées.

Cela s'explique par l'obtention de 29 canaux de trafic, qui convient a un seuil de blocage de 21.04 Erlang.

IV .2.3 Interprétation des Résultats

La solution apportée améliore de façon remarquable les performances du réseau indiquées sur les graphes des figures suivants :

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

La figure IV.40 décrit le taux de trafic TCH et le taux de congestion sur le canal TCH après l'ajout des TRX.

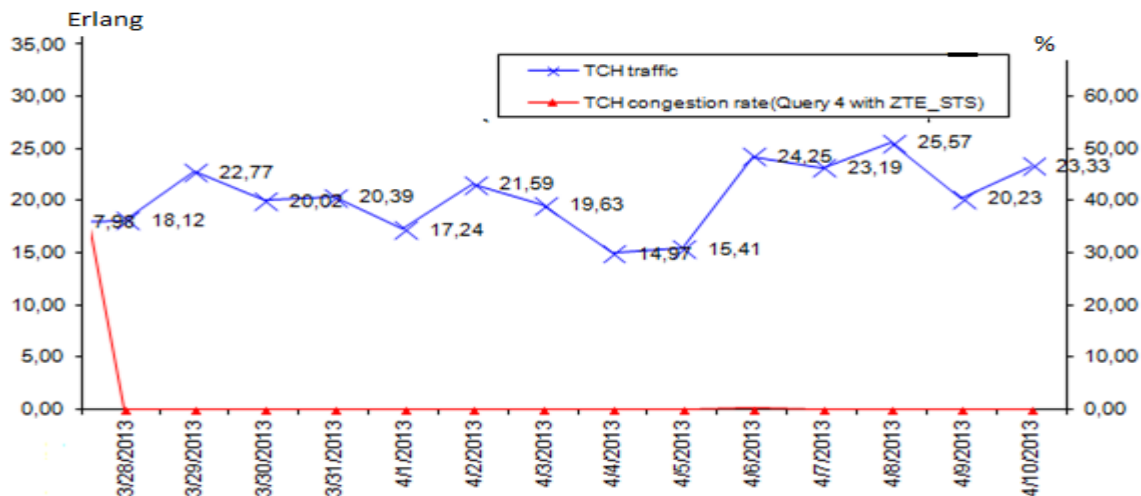


Figure IV.40 : Taux de trafic, taux de congestion TCH

D'après le graphique de la figure IV.40 représentant le taux de congestion du TCH on constate une réelle annulation de la congestion et une meilleure utilisation du canal TCH qui a pu atteindre 25.57Erlang (en half rate).

La figure IV.41 présente le taux de congestion du canal TCH et le taux d'allocation réussi du TCH.

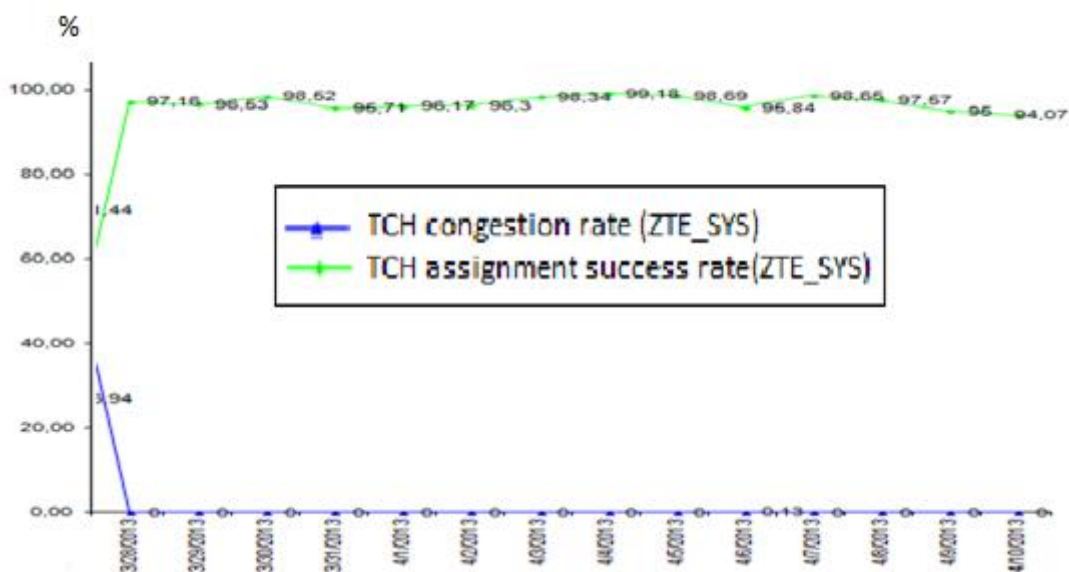


Figure IV.41 : Taux de congestion et d'allocation réussie des canaux TCH

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

Dans la figure IV.41 nous ne constatons clairement que le taux de congestion du canal de trafic c'est annulé tant dit le taux d'allocation réussie du TCH a atteint les 99.18% comme valeur maximal.

La figure IV.42 montre le taux de réussite du handover entrant et sortant

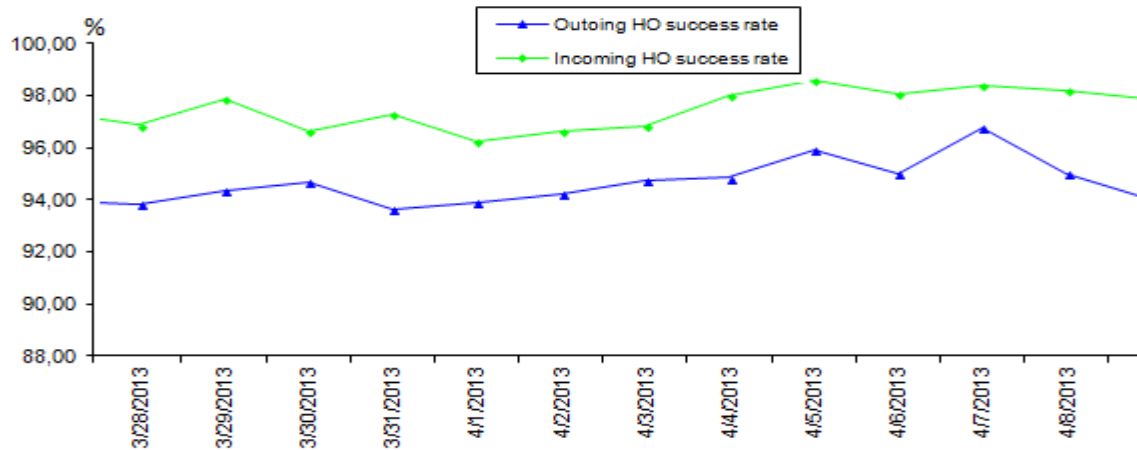


Figure IV.42 : Taux de réussite du handover entrant et sortant

La figure IV.42 illustre l'augmentation du taux de réussite du Handover entrant jusqu'au 98 % comme valeur max.

La figure IV.43 représente le volume d'utilisation du canal de signalisation en SMS sur la voie montante et descendante.

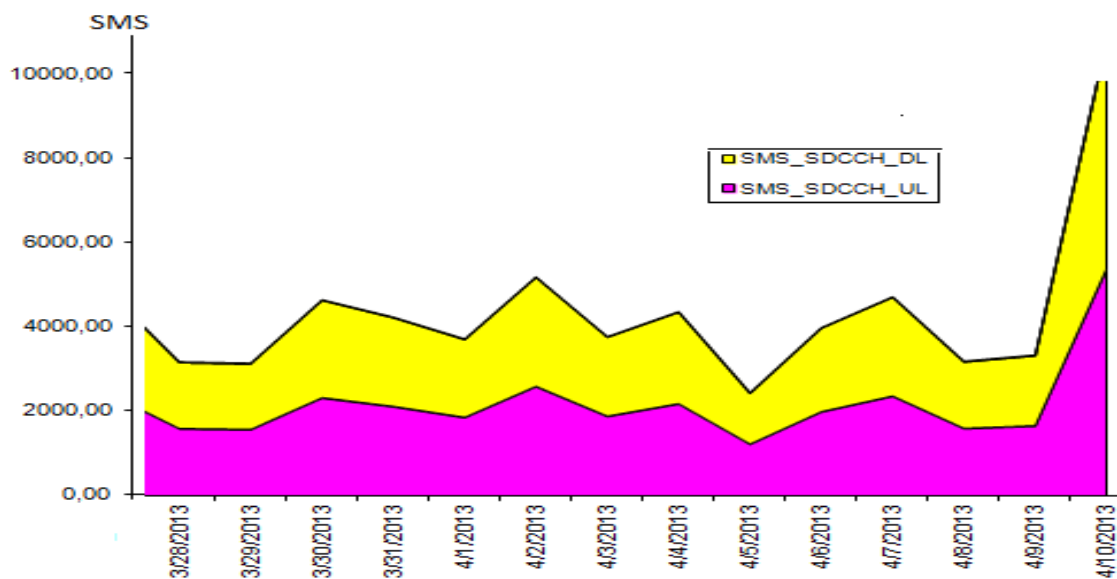


Figure VI.43 : Volume d'utilisation du canal de signalisation en SMS sur la voie montante et descendante .Le graphe de la figure IV.43 montre le volume des SMS qui a augmenté considérablement pour atteindre 10000SMS par jour.

Chapitre IV : Optimisation des index de performance du réseau

Conclusion :

Par cette procédure d'optimisation matérielle nous avons pu résoudre le problème de congestion par augmentation de capacité à Long terme ainsi cet investissement a conduit à une amélioration de qualité de service.

Conclusion générale

En se fondant sur notre étude nous avons tiré la conclusion que la capacité du réseau disponible est souvent dépassée dans les réseaux mobiles cellulaires. Ce phénomène est une conséquence de la nature aléatoire du trafic.

Ainsi, l'observation et l'analyse des statistiques des indicateurs de performance nous aident à détecter les problèmes, en suite prescrire des méthodes améliorer pour améliorer la qualité de service.

Notre intervention est la preuve réelle de l'optimisation qui nous a permet la réduction de la congestion, l'exploitation des ressources radio, partage de la charge entre les différents sites du réseau cellulaire.

Les méthodes d'optimisation peuvent être une extension matérielle (hard) ou plus tôt logiciel (soft) à l'aide des outils d'optimisation tel que le Net Numen utilisé dans notre projet.

Bibliographie

[1] Xavier Lagrange/ Philippe godlewski / Sami Tabbane ; Réseau GSM/DCS ;
2^{ème} édition : septembre 1996

[2] Joachim Tisal ; Le Réseau GSM L'évolution GPRS une étape vers UMTS 3^{ème}
édition : 1999

[3]Eric Meurisse ; L'UMTS et le haut débit mobile ; Février 2007.

[4]Extrait de cours de Communication mobile Mr : AIT BACHIR.

[5] Documentation ZTE ; ZXSDR BS 8800 GU360 ;
Indoor GSM & UMTS Dual Mode Macro Node B ;
ZXG 10-BSS Operation manual (Radio Parameters)

[6] <http://www.cellular-expert.com/go/>

[7] <http://www.cellular-expert/3338/en-us/>

[8] <http://www;wikipedia.fr>

[9] <http://www.commentça marche.fr>

[10] <http://www.effort.com>

[11] <http://www.techniques .ingénieur .fr>

[12] <http:// ensupport.zte.com.cn>.

[13] <http://www.telecom.gouv.fr/>

[14] <http://www.recherche.gouv.fr/>

[15]<http://www.memoireonline.com/>

[16] Somer GOKSEL; Optimisation and log file Analysis in GSM.

[17] Base de données NPOC Mobilis Algerie.
