

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



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

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention

Du Diplôme de Master en Electronique
Option : Réseaux et télécommunications

Thème :

**Etude de la Solution en commutation pour la
cohabitation 2G-3G**

Proposé par :

M. LAHDIRI Toufik

Dirigé par :

M. TAHANOUT

Réalisé par :

M. BELKESSA Chabane

M. HAROUN Said

Année universitaire 2012/2013

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements à notre promoteur M. TAHANOUT, qui nous a encadré et aidé tout au long du travail.

Un grand merci à notre encadreur M.LAHDIRI (chef de service au sein de Mobilis Tizi-Ouzou) pour ses encouragements et ses orientations qui nous ont beaucoup aidés au cours de notre projet.

Nous sommes aussi reconnaissants à M.HAMED (Mobilis) qui nous a aussi soutenus.

Nous tenons à remercier également nos amis (es) et nos familles pour leurs aides considérables.

Merci.



DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents qui m'ont soutenu tout au long de mes études et qui ont contribué à ma réussite, que dieu les garde et leur donne une longue vie.

A Mes frères Merzouk, Ali, Karim et à mes sœurs Nouara, Farida, Dalila avec qui j'ai passé les meilleurs moments de mon existence ;

A Mes cousins et cousines pour leurs soutien et leurs prières ;

A Mon binôme Chabane pour toute l'affection et tout le soutien qu'il m'a apporté ;

A Tous mes ami (es) : Sofiane, Said.B, Mehdi, Yacine, Djamel.H, Djamel.A, Katia.H, Naima.B, Naima.A, Nouara, Sihem, Dalila, Imane et ceux qui m'ont encouragé et m'ont aidé d'une façon ou d'une autre,

J'E leur dédie ce mémoire en espérant conserver à jamais les liens qui nous unissent.

« Said. H »





DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents qui m'ont soutenu tout au long de mes études et qui ont contribué à ma réussite, que dieu les garde et leur donne une longue vie.

A mes sœurs avec qui j'ai passé les meilleurs moments de mon existence ;

A Mes cousins et cousines en particulier mon oncle Ferhat pour leurs soutien et leurs prières ;

A Mon binôme Said pour toute l'affection et tout le soutien qu'il m'a apporté ;

A Tous mes ami (es) : Sofiane, Said.B, Mehdi, Yacine, Djamel.H, Djamel.A, Naima.B, Naima.A, Nouara, Sihem, Dalila, et ceux qui m'ont encouragé et m'ont aidé d'une façon ou d'une autre,

J'E dédie ce mémoire en espérant conserver à jamais les liens qui nous unissent.

« Chabane.B »



Sommaire

Chapitre I : Etude de la partie commutation des systèmes de communications radio mobile (2G, 2,5G, 2,75G)

| | |
|--|----|
| Introduction Générale..... | 1 |
| I.1 Introduction :..... | 2 |
| I.2 Le standard GSM..... | 3 |
| I.2.1 Le Sous Système Radio (BSS : Base Station Sub-system)..... | 4 |
| I.2.1.1 Le Mobile MS : | 4 |
| I.2.1.2 La Station De Base (BTS) : | 5 |
| I.2.1.3 Le Contrôleur De Station De Base (BSC) :..... | 6 |
| I.2.1.4 TRAU (Transcoder Rate Adaptator Unit) :..... | 6 |
| I.2.1.5 Interface radio : | 6 |
| I.2.2 Le Sous Système Réseau (NSS : Network Sub System) : | 7 |
| I.2.2.1 Mobile Service Switching Center (MSC) | 7 |
| I.2.2.2 HLR (Home Location Register) | 8 |
| I.2.2.3 VLR (Visitor Location Register)..... | 8 |
| I.2.2.4 AuC (Authentication Center)..... | 9 |
| I.2.2.5 EIR (Equipment Identity Register)..... | 9 |
| I.2.2.6 Représentation des interfaces du NSS..... | 10 |
| I.2.3 Le Sous-système d'exploitation et maintenance (OSS)..... | 11 |
| I.2.3.1 Présentation de l'OMC et du NMC | 12 |
| I.2.4 Les bande de fréquences allouées dans le GSM | 12 |
| I.2.5 La structure géographique du réseau GSM..... | 13 |
| I.2.5.1 La zone de service MSC/ VLR..... | 13 |
| I.2.5.2.La zone de localisation : (LA : Location Area)..... | 14 |
| I.2.5.3.La cellule (Cell)..... | 15 |

| | |
|--|----|
| I.2.6 Architecture protocolaire | 16 |
| I.2.6.1 La pile de protocole SS7 | 16 |
| I.2.6.2 Protocole MTP (Message transfert part) | 17 |
| I.2.6.3 Protocole ISUP | 18 |
| I.2.6.4 Protocole SCCP | 18 |
| I.2.6.5 Protocole MAP | 18 |
| I.2.6.6 Protocole TCAP | 18 |
| I.2.6.7 Protocole BSSAP | 19 |
| I.2.7 Gestion de la mobilité et Contrôle d'appel | 19 |
| I.2.7.1 Les protocoles applications | 19 |
| I.2.7.2 Gestion de l'itinérance | 21 |
| I.2.7.3 Attachement au Réseau GSM..... | 21 |
| I.3 Le standard GPRS..... | 23 |
| I.3.1. Architecture du GPRS | 24 |
| I.3.1.1 MS | 24 |
| I.3.1.2 PCU | 25 |
| I.3.1.3 SGSN..... | 25 |
| I.3.1.4 GGSN | 25 |
| I.3.1.5 Backbones GPRS | 26 |
| I.3.1.6 CGF | 26 |
| I.3.3. Interfaces GPRS | 26 |
| I.3.4. Structure géographique du réseau GPRS | 27 |
| I.3.5 Les protocoles du GPRS | 28 |
| I.3.5.1 Contexte de mobilité | 28 |
| I.3.5.2 Contexte de PDP (Packet Data Protocol) et qualité de service (QOS) | 29 |
| I.3.5.3 Le protocole SNDCP (Subnetwork Dépendent Convergence Protocol)... | 29 |
| I.3.5.4 Le protocole BSSGP (Base Station Subsystem GPRS Protocol)..... | 29 |

| | |
|--|----|
| I.3.5.5 Le protocole GTP (GPRS Tunneling Protocol) | 29 |
| I.3.5.7 Le protocole TCP | 30 |
| I.4 Le standard EDGE | 30 |
| I.5 Le service transport de données sur la téléphonie mobile service | 30 |
| I.5.1 Les services en mode circuit sur le réseau GSM..... | 30 |
| I.5.2 Les services en mode paquets sur le réseau GPRS | 31 |
| I.6 Conclusion | 31 |

Chapitre II : Etude de la partie commutation d'un réseau UMTS (3G)

| | |
|--|----|
| II.1 Introduction : | 32 |
| II.2 Présentation générale du réseau UMTS :..... | 32 |
| II.2.1 Objectifs :..... | 32 |
| II.2.2 Caractéristiques :..... | 35 |
| II.3 Organisation fréquentielle: | 35 |
| II.4 Couverture globale de l'UMTS: | 36 |
| II.5 Architecture de l'UMTS : | 37 |
| II.5.1 Domaine de l'équipement de l'utilisateur : | 37 |
| II.5.2 Domaine du réseau d'accès UTRAN :..... | 40 |
| II.5.3 Domaine du réseau cœur : | 44 |
| II.5.3.1 Architecture du réseau cœur UMTS (Release 99) : | 45 |
| II.5.3.2 Évolution de l'architecture du réseau cœur UMTS vers la Release 4 : ... | 46 |
| II.6 Les familles de protocoles d'un réseau NGN:..... | 50 |
| II.6.1 Les protocoles de contrôle d'appel: | 50 |
| II.6.1.1 Le protocole historique : H.323: | 50 |
| II.6.1.2 Le protocole SIP-T : Session Initiation Protocol for Telephone:..... | 51 |
| II.6.1.3 Le protocole BICC : Bearer Independant Call control: | 51 |

| | |
|---|----|
| II.6.2 Les protocoles de commande de Media Gateway: | 52 |
| II.6.2.1 Le protocole historique : MGCP | 52 |
| II.6.2.2 Le protocole alternatif : MEGACO/H.248 | 52 |
| II.6.3 Le Protocole de signalisation sur IP: | 53 |
| II.7 Le Handover dans l'UMTS: | 54 |
| II.8 Conclusion : | 56 |

Chapitre III : Equipements et politique de sécurisation d'un réseau 3G R4

| | |
|--|----|
| III.1 Introduction : | 57 |
| III.2 Présentation des équipements 3G de MOBILIS : | 57 |
| III.2.1 La commutation NGN HUAWEI : | 57 |
| III.2.1.1 Le MSOFT X3000 : | 57 |
| III.2.1.2 L'UMG 8900 : | 61 |
| III.3 Les techniques de sécurisation dans les réseaux NGN: | 62 |
| III.3.1 Le MGW Load sharing: | 62 |
| III.3.1.1 Description du mode : | 62 |
| III.3.1.2 Avantages et inconvénients : | 63 |
| III.3.2 Le Dual Homing: | 63 |
| III.3.2.1 Le mode 1+1 backup (master/slave) : | 63 |
| III.3.2.2 Le mode 1+1 backup avec assistance mutuelle (Load sharing) : | 64 |
| III.3.2.3 Le mode N+1 backup (master/slave) : | 65 |
| III.3.2.4 Le mode N+1 backup avec assistance mutuelle (Load sharing) : | 66 |
| III.3.2.5 Le Virtual Server : | 67 |
| III.3.3 Le MSC Pool : | 68 |
| III.3.3.1 Concept du Roaming intra Pool : | 69 |
| III.3.3.2 Le Virtual Media Gateway: | 72 |
| III.3.3.3 Les caractéristiques de planification du MSC Pool : | 73 |

| | |
|---|----|
| III.3.3.4 Avantages et Inconvénient : | 74 |
| III.4 Conclusion :..... | 75 |
| | |
| Chapitre IV : Etude du réseau 3G envisagé par MOBILIS | |
| IV.1 Introduction:..... | 76 |
| IV.2 Structure du réseau CS existant : | 76 |
| IV.2 Architecture du réseau 3G envisagé par MOBILIS | 77 |
| IV.3 La signalisation dans le réseau Mobilis 3G release 4 | 78 |
| IV.4 Le trafic dans le réseau MOBILIS | 80 |
| IV.4.2 Trafic entre MS dans le MSC pool Huawei et MS dans le MSC Pool Ericsson... | 82 |
| IV.4.3 Trafic d'une MS vers le réseau PLMN\PSTN | 82 |
| IV.4.4 Trafic d'une MS située dans la partie sud-est vers PSTN\WATA\OTA | 83 |
| IV.4.5 Trafic d'une MS située dans la partie sud-West vers PSTN\WATA\OTA..... | 84 |
| IV.5 Conclusion | 86 |
| Conclusion Générale | 87 |

Introduction Générale

Aujourd'hui, tout le monde parle de la téléphonie de 3^e génération. Néanmoins, avant d'arriver à la 3G, il y a eu de grandes évolutions de la téléphonie mobile.

Tout a commencé avec la téléphonie 0G, ou 'téléphone radio-mobile'. Cette technologie était surtout présente dans les voitures avec des systèmes embarqués. L'exemple principal est le système ARP (Autoradiopuhelin), lancé en Finlande en 1971. Ce sont des téléphones analogiques assez conséquents, très gourmands en énergie et nécessitant une antenne de près de 1 mètre de long (d'où l'intégration dans les voitures) : ils n'auraient jamais pu être portatifs comme à l'heure actuelle.

Puis, est apparue la téléphonie 1G. C'était en quelque sorte une évolution de la 0G puisque maintenant le « hand-over » est possible grâce à une signalisation numérique (identification sur le réseau). Néanmoins, la transmission de la voix reste analogique et le système reste avant tout embarqué dans les voitures. Il faudra attendre 1991, date de lancement de Poctel, premier téléphone 1G (21 000 Fr à l'achat en 1991).

En 1987, la norme GSM voit le jour, mais ce n'est que bien plus tard, à la fin du XX^e siècle, que la technologie GSM va être exploitée. Son principal atout, qui aura fait le succès, c'est sa « numérisation ». En effet, la voix est convertie numériquement et compressée afin de créer un réseau « tout numérique ». L'ère de la téléphonie 2G ne fait que commencer.

Ensuite, vinrent se greffer à cette technologie, des améliorations qui ont été exploitées au maximum la 2G, tant au point de vue équipement, qu'au point de vue débits. Seul bémol : les droits de licence qui ont coûté cher. Le premier exemple est le GPRS (General Packet Radio System), qui permet d'obtenir des débits théoriques de l'ordre de 114 kbit/s, plus proche de 40 kbit/s dans la réalité (2,5G). Le deuxième exemple est la norme EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution, présentée comme 2.75G, qui quadruple les améliorations du débit de la norme GPRS en annonçant un débit théorique de 384 Kbps, ouvrant ainsi la porte aux applications multimédias (en réalité la norme EDGE permet d'atteindre des débits maximum théoriques de 473 kbit/s, mais elle a été limitée afin de se conformer aux spécifications (IMT-2000 et de l'ITU).

Enfin, cela nous amène à introduire sur la technologie 3G, à savoir l'UMTS. Sa bande de fréquence attribuée est plus large que celle du GSM et même si la version actuelle est encore limitée à 384 Kbps en réception et à 64 kbps en émission dans des conditions optimales (en mouvement, le débit tombe à 144 kbps), le débit théorique maximal pourra atteindre 2 Mbps (en situation fixe).

Nous allons développer le fonctionnement de cette nouvelle technologie et mettre en avant ses atouts. En première partie, nous verrons ce qu'elle apporte de nouveau pour l'utilisateur. Puis, nous chercherons à connaître les changements des équipements. Tout cela nous conduira à parler de l'architecture réseau en troisième et quatrième partie. Enfin, en guise de syntaxe, nous illustrerons nos propos par un exemple réel de la 3G.

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

1.1 Introduction :

Le réseau GSM (*Global System for Mobile communications*) constitue au début du 21^{ème} siècle le standard de téléphonie mobile le plus utilisé. Il s'agit d'un standard de téléphonie dit « de seconde génération » (2G), il autorise un débit maximal de 9,6 kbps, ce qui permet de transmettre la voix ainsi que des données numériques de faible volume, par exemple des messages textes (SMS, pour *Short Message Service*) ou des messages multimédias (MMS, pour *Multimédia Message Service*).

En Europe, le standard GSM utilise les bandes de fréquences 900 MHz et 1800 MHz. Aux Etats-Unis par contre, la bande de fréquence utilisée est la bande 1900 MHz. Ainsi, on qualifie de tri-bande (parfois noté *tribande*), les téléphones portables pouvant fonctionner en Europe et aux Etats-Unis et de bi-bande ceux fonctionnant uniquement en Europe.

Le standard GPRS (*General Packet Radio Service*) appelé aussi la génération 2.5, permet d'étendre l'architecture du standard GSM. Il dispose d'un débit théorique de 170 kbit/s. Cependant, dans la pratique, les débits disponibles sont de 30 à 70 kbps. 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) utilisant le protocole IP ou le protocole X.25.

Le standard EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution.*) est une évolution de la norme GSM, modifiant le type de modulation. Le standard EDGE est utilisé comme transition vers la troisième génération de téléphonie mobile (3G). On parle ainsi de 2.75G pour désigner le standard EDGE. Dans la théorie EDGE permet d'atteindre des débits allant jusqu'à 384 kbit/s pour les stations fixes (piétons et véhicules lents) et jusqu'à 100 kbit/s pour les stations mobiles (véhicules rapides).

Dans ce présent chapitre, nous étudierons l'architecture de base de ces standards ainsi que les différentes entités et interfaces qui les composent, aussi nous étudierons les différents protocoles qui sont utilisés dans la partie commutation et enfin les services offerts par chaque mode de communication.

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

I.2 Le standard GSM

Un réseau GSM a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles et abonnés du réseau téléphonique commuté (RTC). IL peut être divisé en trois sous-systèmes:

- **Le sous-système radio** contenant la station mobile, la station de base et son contrôleur qui assure la transmission radioélectrique et la gestion de la ressource radio (BTS et BSC)
- **Le sous-système réseau ou d'acheminement** : Etablissement des appels et mobilité
- **Le sous-système opérationnel ou d'exploitation et de maintenance** : Admission sur Réseau.

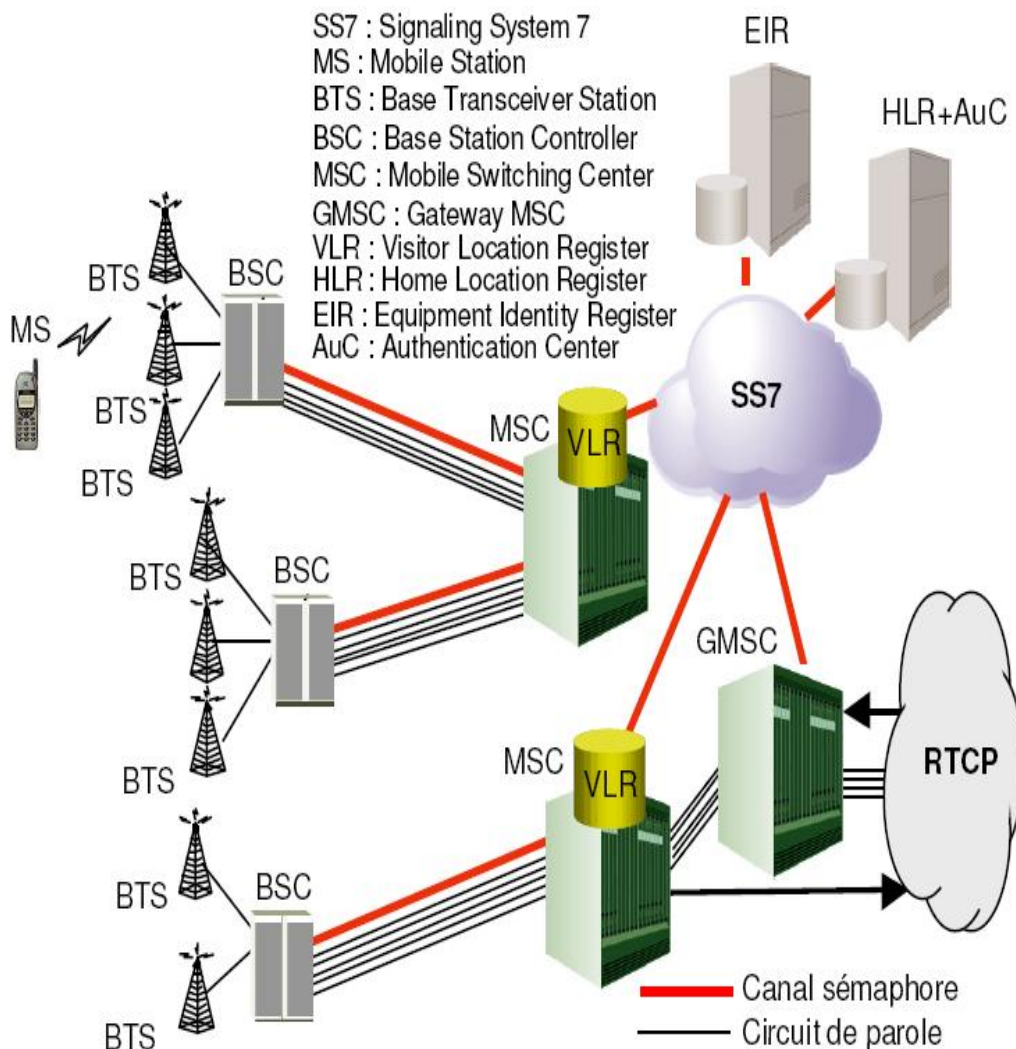


Figure I.1 : Architecture du réseau GSM

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

I.2.1 Le Sous Système Radio (BSS : Base Station Sub-system)

Le sous-système radio gère la transmission radio. Il est constitué de plusieurs entités dont les mobile, les station de base (BTS, Base Transceiver Station) qui sont des émetteurs-récepteurs ayant un minimum d'intelligence et les contrôleur de station de base (BSC, Base Station Controller) qui contrôlent un ensemble de BTS et permettent une première concentration des circuits.

I.2.1.1 Le Mobile MS :

Le téléphone et la carte SIM (Subscriber Identity Module) sont les deux seuls éléments auxquels un utilisateur a directement accès. 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. Elle se comporte donc comme une mini-base de données dont les principaux champs sont fournis dans le tableau I.1.

| Paramètres | Commentaires |
|---|--|
| Données administratives | |
| Pin/Pin2 | Mot de passe demandé à chaque connexion |
| Puk/Puk2 | Code pour débloquer une carte |
| Langue | Langue choisie par l'utilisateur |
| Données liées à la sécurité | |
| Clé K_i | Valeur connue uniquement de la carte SIM et du HLR |
| CKSN | Séquence de chiffrement |
| Données liées à l'utilisateur | |
| IMSI | Numéro international de l'abonné |
| MSISDN | Numéro d'appel d'un téléphone GSM |
| Données liées au roaming | |
| TMSI | Numéro attribué temporairement par le réseau à l'abonné |
| Location updating statut | Indique si une mise à jour de la localisation est nécessaire |
| Données liées au réseau | |
| Mobile country code (MCC), Mobile Network Code (MNC) | Identifiant du réseau mobile de l'abonné |
| Numéro de fréquence | Fréquence utilisées par le PLMN |

Tableau I.1 : Liste partielle des informations contenues dans une carte SIM.

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

L'identification d'un mobile s'effectue exclusivement au moyen de la carte SIM. 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), tous deux étant incrustés dans la carte SIM.

I.2.1.2 La Station De Base (BTS) :

La station de base est l'élément central, que l'on pourrait définir comme un ensemble émetteur/récepteur pilotant une ou plusieurs cellules. Dans le réseau GSM, chaque cellule principale au centre de laquelle se situe une station base peut-être divisée, grâce à des antennes directionnelles, en plus petites cellules qui sont des portions de celle de départ et qui utilisent des fréquences porteuses différentes. Le rayon d'une cellule varie entre 200m en milieu urbain et 30 km en milieu rural. Une cellule est au minimum couverte par la triangulation de trois BTS. L'exploitation de la BTS se fait soit en local soit par télécommande au travers de son contrôleur de station (BSC).



Figure I.2 : Exemple d'antennes GSM.

C'est la station de base qui fait le relais entre le mobile et le sous-système réseau. Comme le multiplexage temporel est limité à 8 intervalles de temps, une station de base peut gérer tout

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

au plus huit connections simultanées par cellule. Elle réalise les fonctions de la couche physique et de la couche liaison de données.

I.2.1.3 Le 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 de la communication qu'au niveau de l'exploitation.

Pour les fonctions de communication des signaux en provenance des stations de base, le BSC agit comme un concentrateur puisqu'il transfère les communications provenant des différentes stations de base vers une sortie unique. Dans l'autre sens, le contrôleur commute les données en les dirigeant vers la bonne station de base.

Dans le même temps, le BSC remplit le rôle de relais pour les différents signaux d'alarme destinés au centre d'exploitation et de maintenance. Il alimente aussi la base de données des stations de base. Enfin, une dernière 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 inter-cellulaires 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 communiquer les informations nécessaires tout en avertissant la base de données locale VLR (Visitor Location Register) de la nouvelle localisation de l'abonné.

C'est donc un maillon très important de la chaîne de communication et il est, de plus, le seul équipement de ce sous système à être directement gérable (via l'interface X25 qui le relie au sous-système d'exploitation et de maintenance).

I.2.1.4 TRAU (Transcoder Rate Adaptator Unit) :

Le TRC a pour but principal le transcodage (codage et décodage) de la parole et l'adaptation du débit. Sur l'interface radio, la voix est codée sur 13 Kbits/s. Or, le réseau fixe gère des circuits de parole de 64 Kbits/s. Il faut donc réaliser dans le réseau un transcodage 13-64 Kbits/s. La norme n'impose pas d'implanter les transcodeurs en un endroit précis, mais les place forcément dans le BSS. Or, pour économiser des circuits de parole, il est logique de transcoder le plus tard possible, c'est à dire le plus près possible du MSC. Aussi, les transcodeurs sont généralement placés physiquement à côté du MSC, mais font fonctionnellement partie du BSC. Cela permet de transporter 4 communications codées à 16 Kbits/s (on complète les 13 Kbits/s par des bits de signalisations et de bourrages) sur une voie MIC à 64 Kbits/s.

I.2.1.5 Interface radio :

- **Interface radio Um :**

Elle est localisée entre la station mobile (MS) et la station de base (BTS) c'est l'interface la plus importante du réseau. Au niveau physique l'interface U_m est la seule qui n'utilise pas la transmission de données à 64 Kbit/s, que le canal radio ne peut véhiculer.

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

Au deuxième niveau (liaison), il se singularise également par l'emploi d'un protocole adapté au traitement d'un canal à fort taux d'erreurs: le LAPDm.

- **Interface Abis :**

Cette interface relie la station de base à son contrôleur, la couche physique est définie par une liaison MIC à 2Mbit/s, la couche liaison de données est le protocole LAPD.

Dans une station de base, sur l'interface radio, un canal de phonie possède un débit de 13 Kbit/s, mais le débit d'un canal d'une liaison MIC est de 64 Kbit/s. Pour régler cette différence de débit on utilise le multiplexage de quatre canaux de phonie dans un canal MIC. Cette différence offre l'avantage de réduire les besoins et les coûts des supports de transmission entre les stations de bases et la station contrôleur.

1.2.2 Le Sous Système Réseau (NSS : Network Sub System) :

Le sous-système réseau, appelé Network Switching 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)

1.2.2.1 Mobile Service Switching Center (MSC)

Les MSC sont des commutateurs de mobiles généralement associés aux bases de données VLR. Le MSC assure une interconnexion entre le réseau mobile et le réseau fixe public et gère l'établissement des communications entre un mobile et un autre MSC, la transmission des messages courts et l'exécution du handover si le MSC concerné est impliqué. (Le handover est un mécanisme grâce auquel un mobile peut transférer sa connexion d'une BTS vers une autre (handover inter BTS) ou, sur la même BTS d'un canal radio vers un autre (handover intra BTS). On parle de transfert automatique inter/intra cellule.

Le commutateur est un nœud important du réseau, il donne un accès vers les bases de données du réseau et vers le centre d'authentification qui vérifie les droits des abonnés. En connexion avec le VLR le MSC contribue à la gestion de la mobilité des abonnés (à la localisation des abonnés sur le réseau) mais aussi à la fourniture de tous les téléservices offerts par le réseau : voix, données, messageries ... Le MSC peut également posséder une fonction de passerelle, GMSC (Gateway MSC) qui est activée au début de chaque appel d'un abonné fixe vers un abonné mobile. Un couple MSC / VLR gère généralement une centaine de milliers d'abonnés..

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

I.2.2.2 HLR (Home Location Register)

Il existe au moins un enregistreur de localisation (HLR) par réseau (PLMN). Il s'agit d'une base de données avec des informations essentielles pour les services de téléphonie mobile et avec un accès rapide de manière à garantir un temps d'établissement de connexion aussi court que possible.

Le HLR contient:

- toutes les informations relatives aux abonnés: le type d'abonnement, la clé d'authentification K_i -cette clé est connue d'un seul HLR et d'une seule carte SIM-, les services souscrits, le numéro de l'abonné (IMSI), etc.
- 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, libre, ...).
- Les données dynamiques sont mises à jour par le MSC.

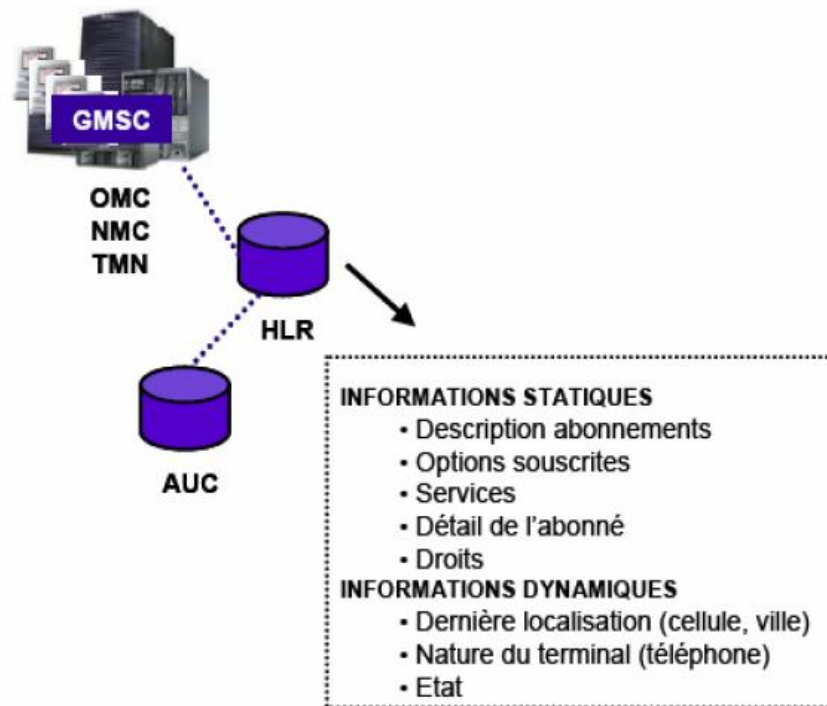


Figure I.3 : les informations gérées par le HLR.

I.2.2.3 VLR (Visitor Location Register)

Cette base de données ne contient que des informations dynamiques et est liée à un MSC. 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 communique lorsqu'un abonné entre dans la zone de couverture du centre de commutation mobile auquel elle est rattachée (telles que l'identité temporaire du mobile IMSI et la zone de localisation (LA) courante de l'abonné,....).

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

Lorsque l'abonné quitte cette zone de couverture, ses données sont transmises à un autre VLR; les données suivent l'abonné en quelque sorte.

1.2.2.4 AuC (Authentication Center)

Lorsqu'un abonné passe une communication, l'opérateur doit pouvoir s'assurer qu'il ne s'agit pas d'un usurpateur. Le centre d'authentification remplit cette fonction de protection des communications. Pour ce faire, les normes GSM prévoient deux mécanismes:

1. Le chiffrement des transmissions radio. Remarquons qu'il s'agit d'un chiffrement faible, qui ne résiste pas longtemps à la crypto-analyse!
2. L'authentification des utilisateurs du réseau au moyen d'une clé K_i , qui est à la fois présente dans la station mobile et dans le centre d'authentification. L'authentification s'effectue par résolution d'un défi sur base d'un nombre M généré aléatoirement et envoyé au mobile. À partir de ce nombre, un algorithme identique (algorithme A_3) qui se trouve à la fois dans la carte SIM et dans l'AuC produit un résultat sur base de la clé K_i et du nombre M . Dès lors, lorsqu'un VLR obtient l'identifiant d'un abonné, il demande, au HLR du réseau de l'abonné, le nombre M servant à la clé et le résultat du calcul afin de le comparer à celui qui sera produit et envoyé par le mobile. Si les résultats concordent, l'utilisateur est reconnu et accepté par le réseau. Grâce à ce mécanisme d'authentification, un VLR peut accueillir un mobile appartenant à un autre réseau (moyennant un accord préalable entre opérateurs de réseau!) sans qu'il ne soit nécessaire de divulguer la clé de chiffrement du mobile.

On peut dès lors distinguer trois niveaux de protection :

1. La carte SIM qui interdit à un utilisateur non enregistré d'avoir accès au réseau.
2. Le chiffrement des communications destiné à empêcher l'écoute de celles-ci.
3. La protection de l'identité de l'abonné.

1.2.2.5 EIR (Equipment Identity Register)

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 combattre ce risque, chaque terminal reçoit un identifiant unique (International Mobile station Equipment Identity, $IMEI$) 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.

Chaque poste mobile est enregistré dans l'EIR dans une liste :

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

- Liste "blanche" : poste utilisable sans restriction.
- Liste "grise" : poste sous surveillance (traçage d'appels).
- Liste "noire" : poste volé ou dont les caractéristiques techniques sont incompatibles, avec la qualité requise dans un réseau GSM (localisation non autorisée).

❖ **Remarque** : cette base de données n'est pas implémenter par tous les opérateurs.

I.2.2.6 Représentation des interfaces du NSS

L'**interface A** relie le sous-système radio au sous-système réseau, sa couche physique est définie par une ou plusieurs liaisons à 2 Mbit/s ainsi que sa couche liaison de données est le protocole CCITTn°7.

Les voies GSM sont restituées en voies MIC en utilisant des transcodeurs qui sont généralement installés entre le BSC et le sous-système réseau. Les transcodeurs de parole adaptent le format de codage bas débit de la parole GSM utilisé sur les canaux radio à celui de réseau fixe. Pour exploiter de façon optimum les possibilités offertes par le codage bat débit de la parole de GSM, les transcodeurs sont les plus souvent installés sur les sites de commutation, mais parfois ils peuvent être sur les sites de BSC.

Les interfaces B, C, D, E, F et G utilisent le protocole MAP (Mobile Application Part) qui s'appuie sur la pile de protocole SS7.

Lorsqu'un MSC nécessite des informations concernant une station mobile localisée dans sa zone de couverture radio, il interroge le VLR qui lui est dédié, par le biais de l'**interface B**. Lorsqu'un mobile démarre une procédure de mise à jour de sa localisation avec un MSC, le MSC en informe son VLR toujours à travers l'**interface B** qui sauvegarde les informations appropriées.

Le GMSC et le HLR disposent de l'**interface C** permettant au GMSC d'interroger le HLR contenant les caractéristiques d'abonnement d'un abonné mobile, afin d'établir un appel vers sa station mobile.

L'**interface D** est utilisée entre VLR et HLR pour échanger les données relatives à la localisation d'un mobile ainsi que pour la gestion des caractéristiques de l'abonné. Lorsqu'un mobile met à jour sa localisation auprès d'un nouveau MSC/VLR, le nouveau VLR envoie au HLR les données relatives à la dernière localisation du mobile; le HLR lui retourne toutes les informations afin de fournir le service à la station mobile. Le HLR demande ensuite au VLR ayant géré la précédente localisation d'effacer les informations de localisation qu'il possédait concernant ce mobile.

Lorsqu'une station mobile se déplace d'un MSC vers un autre pendant une communication, une procédure de transfert intercellulaire (handover) inter-MSC doit être exécutée afin de garantir la continuité de la communication. A cette fin, les MSCs doivent échanger des données afin d'initier puis de réaliser l'opération. L'**interface F** utilisée entre MSCs et supportée par le protocole MAP est utilisée à cet effet.

L'**interface F** est utilisée entre MSC et EIR afin d'échanger des données pour que l'EIR puisse vérifier l'état de l'identité de l'équipement mobile.

Lorsqu'un abonné mobile se déplace d'une zone contrôlée par un MSC/ VLR à une autre

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

sous la responsabilité d'un autre MSC/VLR, une procédure de mise à jour de localisation a lieu. Cette procédure peut comprendre l'échange de signalisation entre VLRs sur **l'interface G** afin que le nouveau VLR puisse obtenir de l'ancien VLR, l'IMSI et les triplets d'authentification concernant la station mobile.

Par ailleurs lors d'appels provenant du RTC, l'interface de signalisation entre un Class 5 Switch (Commutateur d'accès du RTC) et le GMSC est ISUP/SS7. La même interface est utilisée entre un MSC et le RTC pour des appels de la station mobile à destination d'un abonné du RTC.

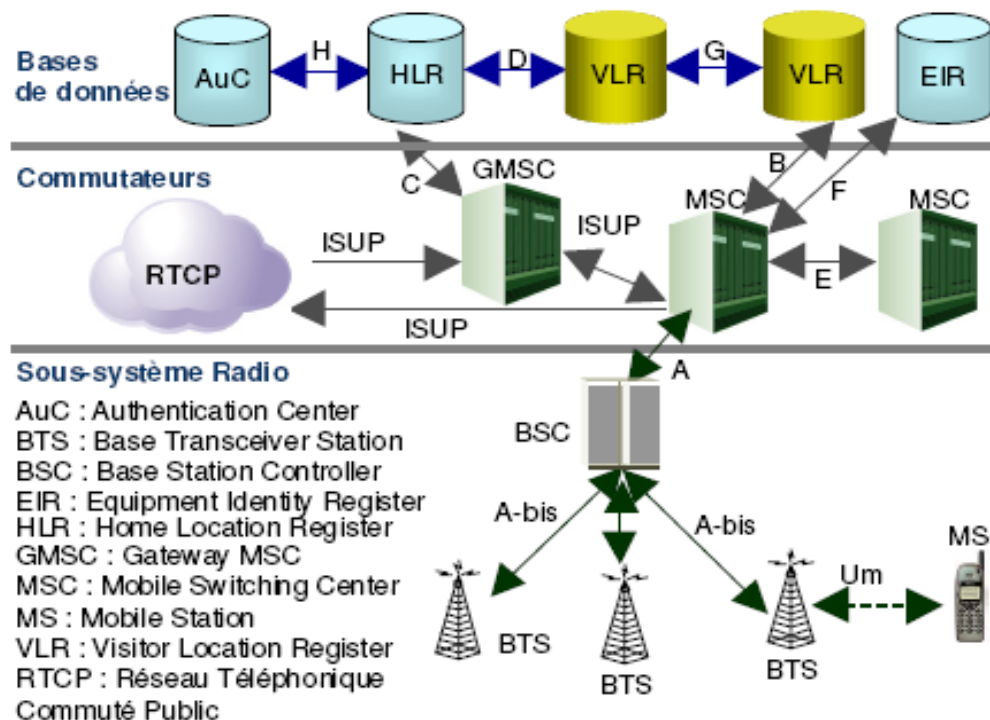


Figure I.4 : Interfaces GSM.

1.2.3 Le Sous système d'exploitation et maintenance (OSS)

Le réseau d'exploitation et maintenance comprend les centres d'exploitation maintenance (OMC : Operations and Maintenance Center) qui sont les entités fonctionnelles permettant à l'opérateur du réseau de contrôler son système. Un OMC-R (OMC-Radio) prend en charge la supervision et le contrôle d'un ensemble de BSC et BTS. Un OMC-S (OMC-Switching) permet de superviser et contrôler un ensemble de MSC/VLR. Au-delà des OMC-R et OMCS, on peut trouver, si l'importance du réseau le justifie, un NMC (Network Management Centre) qui assure l'administration généralisée du réseau. Les fonctions suivantes peuvent être spécifiquement identifiées :

- ✓ **La gestion commerciale ou administrative du réseau**

La déclaration des abonnés et des terminaux, la facturation, les statistiques.

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

✓ **La gestion de la sécurité**

La détection des intrusions, le niveau d'habilitation.

✓ **L'exploitation et la gestion des performances**

L'observation du trafic et de la qualité (performance), les changements de configuration pour s'adapter à la charge du réseau, la surveillance des mobiles de maintenance.

✓ **Gestion de la configuration du système**

Les mises à niveau de logiciels, les introductions de nouveaux équipements ou de nouvelles fonctionnalités.

✓ **La maintenance**

Les détections de défauts, les tests d'équipements.

I.2.3.1 Présentation de l'OMC et du NMC

Deux niveaux de hiérarchie sont définis dans la norme GSM. Les OMC (*Operations and Maintenance Center*) et le NMC (*Network and Management Centre*). Cette organisation a été définie afin de permettre aux opérateurs télécoms de gérer la multiplicité des équipements (émetteurs, récepteurs, bases de données, commutateurs ...) et des fournisseurs.

Le NMC permet l'administration générale de l'ensemble du réseau par un contrôle centralisé. Les OMC permettent une supervision locale des équipements (BSC /MSC / VLR) et transmettent au NMC les incidents majeurs survenus sur le réseau. Les différents OMC assurent une fonction de médiation.

I.2.4 Les bandes de fréquences allouées dans le GSM

Les systèmes de téléphonie mobile GSM 900 et DCS 1800 fonctionnent respectivement à des fréquences voisines de 900 et 1800 MHz. Dans le cas du réseau GSM 900, la bande de fréquences comprise entre 890 et 915 MHz est utilisée pour la transmission du téléphone mobile vers l'antenne-relais, tandis que la bande comprise entre 935 et 960 MHz est utilisée dans le sens inverse. Dans la terminologie GSM, la transmission du téléphone mobile vers l'antenne-relais est appelée « voie montante » ou « up-link »; la transmission de l'antenne-relais vers le téléphone mobile est, quant à elle, appelée « voie descendante » ou « down-link ». La communication entre le mobile et la BTS s'effectue toujours sur deux fréquences séparées de 45 MHz. Autrement dit, si la BTS envoie ses données à la fréquence f_1 , le mobile enverra ses données vers la BTS à la fréquence f_1-45 MHz. de plus, on décale de 3 slots la voie montante de la voie descendante d'une communication. Ainsi, l'émission et la réception pour le même mobile, se fait ni à la même fréquence, ni en même temps.

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

| | GSM | DCS |
|----------------------------|------------------|------------------|
| Bande Montante MS → BTS | 890 à 915 MHz | 1710 à 1785 MHz |
| Bande Descendante MS → BTS | 935 à 960 MHz | 1805 à 1880 MHz |
| TDMA | 8 slots | 8 slots |
| Ecart Duplex | 45MHz 3 slots | 95 MHz 3 slots |
| Rapidité de modulation | 271k bauds | 271k bauds |
| Débit parole / débit info | 13kb/s / 9,6kb/s | 13kb/s / 9,6kb/s |

Tableau I.2 : fréquences allouées pour le GSM 900 et DCS 1800.

Il est à noter que ce ne sont pas tous les pays qui peuvent utiliser toutes les bandes spectrales en raison d'applications militaires et d'une utilisation déjà réservée pour les systèmes cellulaires analogiques. De plus, si dans un pays donné, plusieurs compagnies exploitent un réseau numérique, alors chacun aura une bande de fréquences différentes afin de prévenir les chevauchements.

I.2.5 La structure géographique du réseau GSM

Chaque réseau téléphonique nécessite une certaine structure pour pouvoir acheminer les appels entrants au central adéquat puis à l'abonné appelé. Cette structure est particulièrement importante dans le cas d'un réseau mobile en raison de la mobilité de tous les abonnés.

I.2.5.1 La zone de service MSC/ VLR

Une zone MSC représente la partie du réseau couverte par un MSC. Pour acheminer un appel vers un abonné mobile; il est transmis au travers du réseau au MSC dans la zone duquel l'abonné se trouve à ce moment. Une zone de service est la partie du réseau définie comme une zone ou une station mobile peut être jointe. En raison du fait que la MS est enregistrée dans un registre de localisation des visiteurs (VLR).

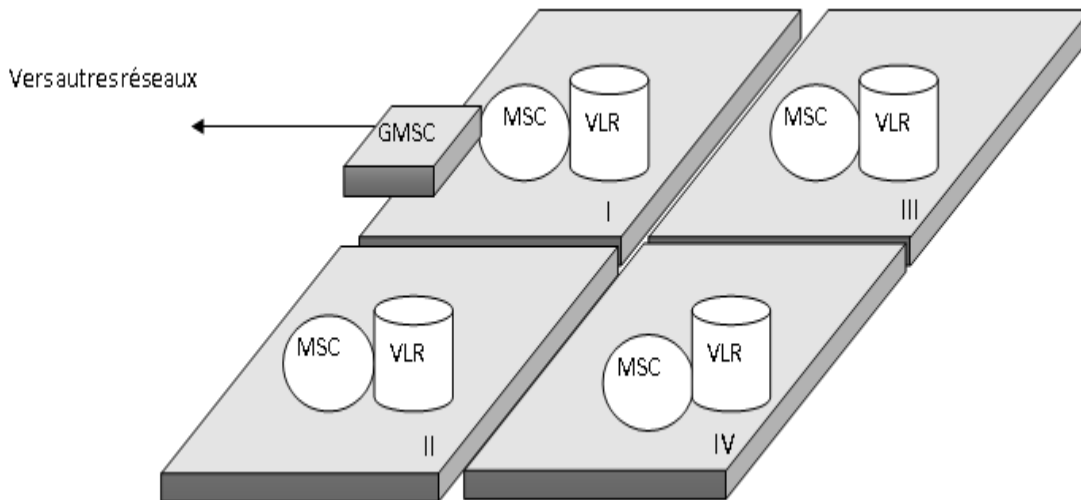


Figure I.5 : Zone de service MSC/ VLR I à IV.

I.2.5.2. La zone de localisation : (LA : Location Area)

Un réseau GSM est divisé en aires de service. Chaque MSC/VLR dans un réseau GSM contrôle une aire de service, composée d'un ensemble de zones de localisation (LAs, Location Areas), chaque LA représentant un ensemble de cellules. Une zone de localisation (LA) est une partie de la zone de service MSC/ VLR dans laquelle une station mobile peut se déplacer librement sans devoir remettre à jour ses informations de localisation dans le centre MSC/ VLR qui commande la zone de localisation. Une zone de localisation est la zone où un message de recherche est diffusé pour rechercher un abonné mobile appelé.

La figure I.4 décrit de manière simplifiée un exemple de réseau GSM avec deux aires de services, celles du MSC/VLR1 et du MSC/VLR2. Le réseau est divisé en cinq zones de localisation.

- Les zones de localisation LA1 et LA2 sont sous le contrôle du MSC/VLR1. Elles constituent l'aire de service 1.
- Les zones de localisation LA3, LA4 et LA5 sont sous la responsabilité du MSC/VLR2. Elles forment l'aire de service 2.

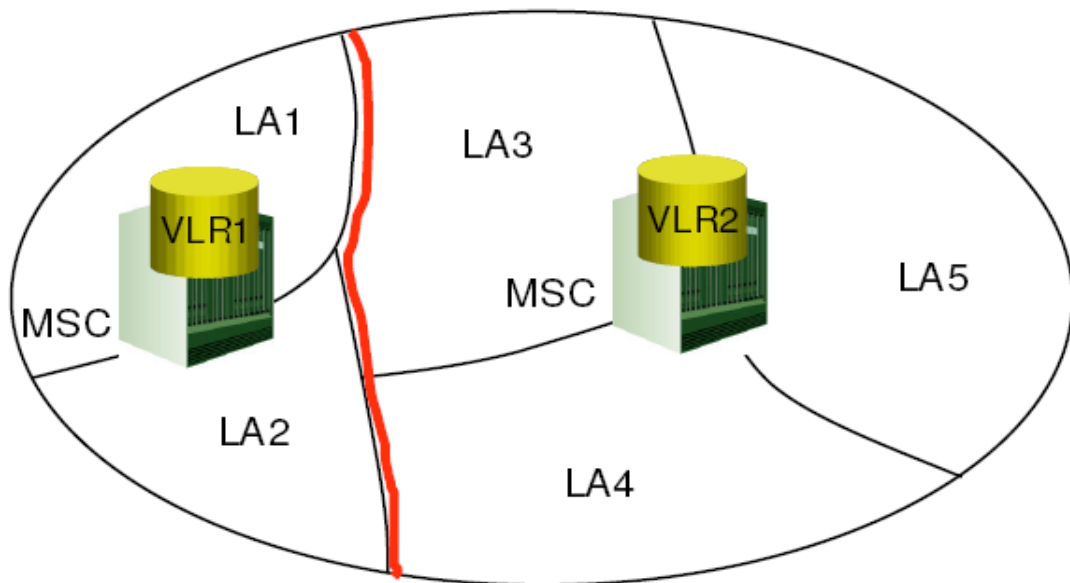


Figure I.6 : Aire de service et zone de localisation

I.2.5.3. La cellule (Cell)

Une zone de localisation est subdivisée en un certain nombre de cellules. Une cellule est une zone de couverture radio, identifiée par le réseau au moyen de l'identification globale de cellule. (CGI : Cell Global Identity). La station mobile distingue entre des cellules utilisant les mêmes fréquences porteuses en utilisant le code d'identification de station de base (BSIC : Base station Identity Code).

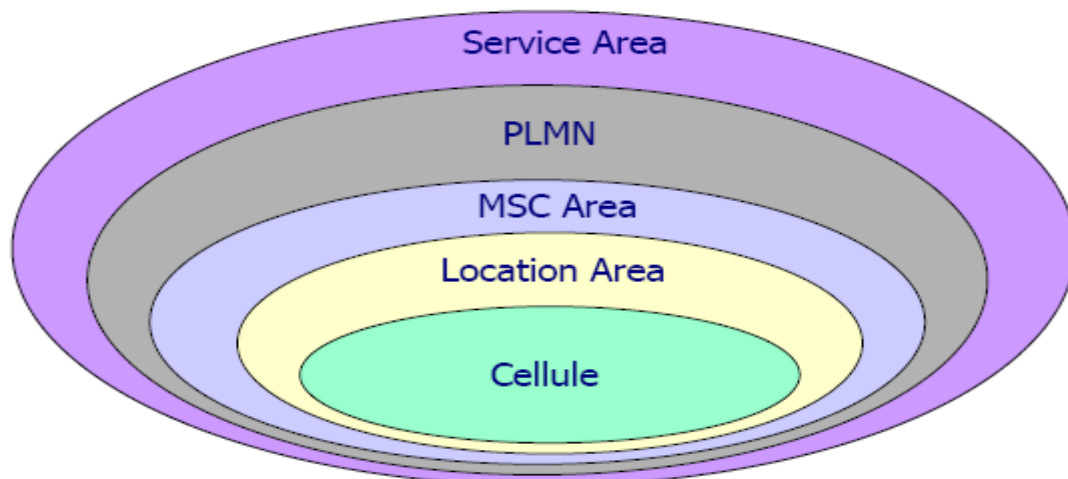


Figure I.7 : Les rapports entre les différentes zones du GSM.

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

I.2.6 Architecture protocolaire

Pour permettre aux abonnés GSM d'utiliser les différents services qu'offre le réseau (paroles, services de télécopies et de données,.....) ou qu'ils se trouvent à l'intérieur du réseau, des informations doivent être échangées entre la station mobile de l'abonné et les autres équipements qui constituent le réseau, ce processus est appelé Signalisation.

Pour être sûr que les informations qui circulent sur le réseau peuvent être comprises par les différents équipements du réseau, ces derniers doivent se mettre d'accord sur l'utilisation d'un protocole officiel commun à tous les équipements, ainsi le protocole qui est utilisé dans le sous-système réseau NSS est appelé Système de signalisation N°7 (SS7 : Signalling System N°7) qui est basé sur le modèle de référence OSI.

I.2.6.1 La pile de protocole SS7

La structuration du protocole SS7 en couches a été influencée par le modèle OSI (Open System Interconnection). SS7 est divisé en 4 niveaux représentés à la figure :

Niveau 1 : physique.

Niveau 2 : liaison de données.

Niveau 3 : réseaux.

Niveau 4 : partie utilisateur.

Les niveaux 1 à 3 prennent en charge le transfert de message de signalisation entre nœud du réseau SS7 de façon fiable. Ils fournissent par ailleurs l'ensemble des fonctions nécessaires afin de gérer le réseau. Les niveaux 1 à 3 sont appelés sous système de transfert de message (MTP : Message transfer part) de SS7.

Le niveau 4 concerne les services de signalisation. Plusieurs blocs fonctionnels au niveau 4 représentant des applications spécifiques utilisent les services de MTP. Puisque ces blocs fonctionnels sont des utilisateurs de MTP, ils sont référencés comme parties utilisateurs.

Plusieurs parties utilisateurs peuvent exister simultanément au niveau 4 comme :

- le protocole ISUP (ISDN User Part).
- le protocole TCAP (Transaction Capability Part).
- le protocole SCCP (Signaling Connection Control Part).
- le protocole BSSAP (Base Station Subsystem Application Part).

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

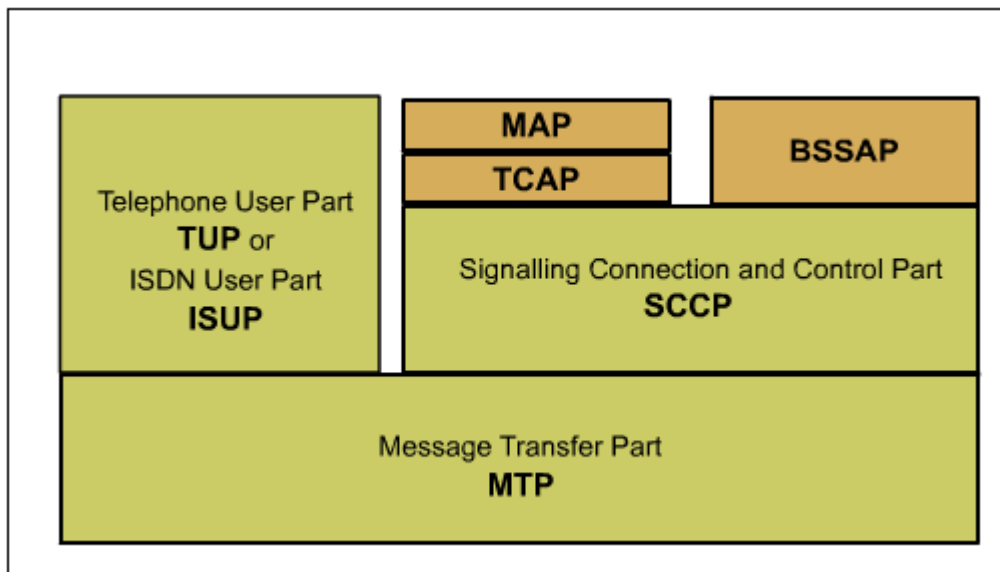


Figure I.8 : Pile de protocole SS7.

I.2.6.2 Protocole MTP (Message transfert part)

Le MTP est divisé en trois niveaux :

- **MTP Level 1 :**

Le niveau le plus bas, MTP Level 1, est équivalent à la Couche Physique du modèle OSI. MTP Level 1 définit les caractéristiques physiques, électriques et fonctionnelles des liens de signalisation numériques du réseau SS7. Les interfaces physiques définies supportent les liens de transmissions normalisés suivants : E-1 (2048 kb/s ; 32 canaux à 64 kb/s), DS-1 (1544 kb/s ; 24 canaux à 64 kb /s), V.35 (64 kb/s), DS-0 (64 kb/s) et DS-0A (56 kb/s).

- **MTP Level 2 :**

Le niveau 2 fournit les fonctionnalités de la Couche Liaison de Données. Il garantit que les deux extrémités d'un lien de signalisation peuvent échanger des messages de signalisation de manière fiable. Il introduit des fonctionnalités telles que :

- le contrôle d'erreur ;
- le contrôle de flux ;
- vérification du séquençement.

Lorsqu'une erreur survient sur un lien de signalisation, le message est retransmis.

- **MTP Level 3 :**

Le niveau 3 assure les fonctions de la Couche Réseau. Il garantit l'acheminement des messages entre les points de signalisation du réseau SS7, qu'ils soient ou non directement connectés. Il introduit des fonctionnalités telles que :

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

- l'adressage des nœuds de réseau.
- le routage.
- le routage de secours.
- le contrôle de congestion.

I.2.6.3 Protocole ISUP

ISUP (ISDN User Part) est un protocole de signalisation qui offre des fonctions de signalisation nécessaire à la prise en charge des connexions dans les réseaux à commutation de circuit (établissement, supervision et libération de circuits de paroles).

Il utilise les services de MTP level 3 et dans certains cas, ceux du protocole SCCP pour certains services complémentaire

I.2.6.4 Protocole SCCP

Assure des fonctions supplémentaires à MTP3 pour transférer des informations de signalisation en mode avec ou sans connexion. Tandis que le niveau 3 de MTP fournit des codes de point pour permettre à des messages d'être adressés aux points de signalisation spécifiques, SCCP fournit des nombres de sous-ensemble pour permettre à des messages d'être adressés aux applications spécifiques à ces points de signalisation.

I.2.6.5 Protocole MAP

Le protocole MAP (Mobile Application Part) régit l'ensemble des échanges entre équipements du réseau mobile (NSS, Network Sub system). Il offre les fonctions de signalisation nécessaires à un service de communication voix ou données dans un réseau mobile. Il a principalement trait à toutes les fonctions qui permettent à un mobile d'être itinérant. Il s'appuie sur la pile de protocole SS7 qui garantit un transport fiable. Le protocole MAP concerne les dialogues entre différentes entités du réseau mobile comme le, MSC/VLR, SGSN, HLR, EIR, SMSC, etc.

Le protocole MAP est utilisé dans les procédures suivantes :

- ✓ service de mobilité,
- ✓ la gestion des services complémentaires
- ✓ handover inter-MSC
- ✓ traitement d'appel,
- ✓ l'échange de SMS,
- ✓ service de localisation,

I.2.6.6 Protocole TCAP

TCAP assure l'échange d'informations qui ne sont pas relatives aux circuits à travers le réseau SS7, en utilisant les services SSCP en mode non connecté. Les requêtes et les réponses échangées entre les points de signalisation et les points de contrôle du réseau sont transportés dans les messages TCAP. Dans les réseaux mobiles (GSM), TCAP transporte les messages de la Couche Application envoyés entre les commutateurs du réseau mobile et les

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

bases de données assurant l'authentification des abonnés, l'identification du terminal et le roaming.

1.2.6.7 Protocole BSSAP

Le BSSAP (Base Station Sub-system Application Part) est un protocole qui est responsable de l'ensemble de la gestion et du contrôle des ressources radio dans le BSS il est aussi chargé de la communication entre le MSC et le BSS.

1.2.7 Gestion de la mobilité et Contrôle d'appel

1.2.7.1 Les protocoles applications

▪ **Protocole 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 dont le but est d'empêcher un pirate qui écouterait l'interface radio de suivre les mouvements d'un abonné mobile.

La procédure d'attachement appelée "IMSI attach" est initiée par la station mobile afin d'indiquer qu'elle est mise sous tension et qu'elle est retournée dans un état actif.

La procédure de détachement appelée "IMSI detach" est initiée par la station mobile afin d'indiquer au réseau qu'elle va être mise hors tension et qu'elle entre dans un état inactif.

Les procédures d'attachement et détachement sont obligatoires pour la station mobile.

La station mobile initie une mise à jour de localisation lorsqu'elle détecte qu'elle est entrée dans une nouvelle aire de localisation, i.e., la station mobile a reçu un numéro de LAI différent de celui qui est stocké sur la carte SIM. Le dernier numéro de LAI est stocké sur la carte SIM afin qu'il ne soit pas effacé lorsque la station mobile est mise hors tension.

Notons que dans chaque cellule, une voix radio dite balise émet en permanence des informations d'identification et de signalisation. Ainsi, chaque station mobile peut entretenir en permanence une liste des cellules couvrant sa zone de localisation et passer de l'une à l'autre aussi souvent qu'il le faut pour maintenir la meilleure qualité possible de communication.

▪ **Protocole CC**

Le protocole CC (Call Control) est le protocole de signalisation utilisé entre la station mobile et le MSC pour l'établissement et la libération d'appels, avec des principes voisins de ceux de la signalisation RNIS (Figure 6).

Le message SETUP est envoyé par une station mobile appelante pour indiquer qu'elle souhaite établir un appel. S'il s'agit d'un appel urgent, un message EMERGENCY SETUP est alors envoyé.

Le message ALERTING peut être envoyé par l'utilisateur appelé pour indiquer que l'alerte de l'utilisateur appelé a été déclenchée.

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

Le message CONNECT est envoyé par le MSC au demandeur pour signaler que le demandé accepte l'appel. Un message CONNECT est acquitté par un message CONNECT ACKNOWLEDGE.

Si l'appel ne peut aboutir, l'appelant reçoit un message RELEASE COMPLETE.

Après l'établissement de l'appel, l'appelant ou l'appelé peut le libérer à tout moment. Pour ce faire, il émet un message DISCONNECT et reçoit une réponse RELEASE qu'il acquitte par un message RELEASE COMPLETE.

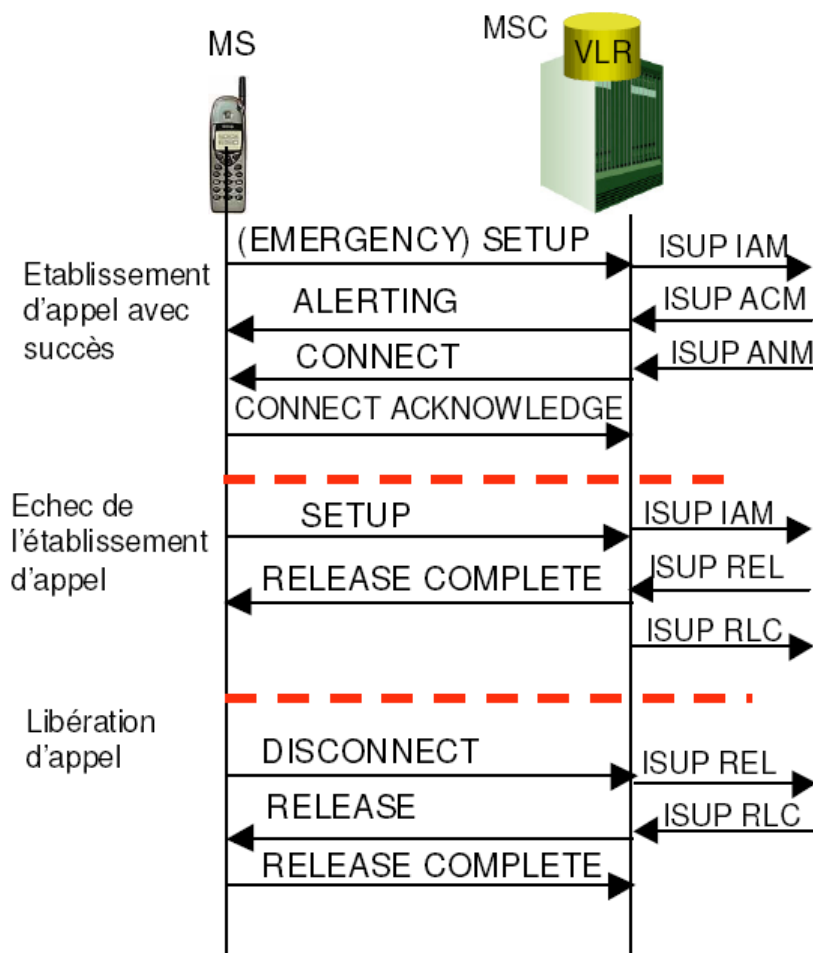


Figure I.9 : Protocole CC

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

1.2.7.2 Gestion de l'itinérance

La gestion de l'itinérance (roaming management) permet au réseau de connaître à tout instant la position d'un mobile. Cette fonction est nécessaire pour que le réseau puisse joindre une station mobile.

Deux mécanismes de base interviennent dans la gestion de l'itinérance :

- L'enregistrement (registration) ou mise à jour de la localisation (location update) qui est un mécanisme de la station mobile qui informe le réseau de sa localisation.
- La recherche de localisation (location tracking) qui 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.

La gestion de l'itinérance utilise les bases de données HLR et VLR.

Dans le réseau GSM, l'enregistrement intervient lorsqu'un mobile est mis sous tension. Le mobile doit annuler son enregistrement lorsqu'il est mis hors tension. La mise à jour de la localisation se produit lorsque la station mobile se déplace d'une aire de localisation à l'autre. Toutes les BTS diffusent en permanence l'identification de l'aire de localisation qu'elles couvrent.

1.2.7.3 Attachement au Réseau GSM

Lorsque la station mobile est mise sous tension, elle reçoit un LAI (Location Area Identifier) de la BTS de sa zone de couverture.

1. Un message d'attachement MM ATTACH REQUEST est envoyé de la station mobile au MSC/VLR. Ce message contient le LAI et l'IMSI (en considérant que la SM est déjà attachée au réseau). Le MSC transfère cette information au VLR via une requête MAP_UPDATE_LOCATION_AREA (Figure).

2. Le VLR crée un enregistrement dans sa base de données avec les champs (IMSI, LAI) et affecte un TMSI (Temporary IMSI) à la station mobile. Le VLR émet une requête MAP-UPDATE-LOCATION de mise à jour de localisation au HLR. Ce message contient l'IMSI de la station mobile enregistrée et les identificateurs du VLR (ex : VLR1) et du MSC de rattachement (ex : MSC1).

3. Le HLR met à jour l'enregistrement de l'utilisateur (champ VLR) à partir de l'IMSI qui sert de clé, et retourne au VLR via une requête MAP-INSERT-SUBSCRIBER-DATA des informations concernant le profil de l'utilisateur. Le VLR1 complète l'enregistrement de l'utilisateur et envoie au MSC le TMSI affecté à cet utilisateur mobile via une réponse MAP_UPDATE_LOCATION_AREA_ack.

4. Le MSC envoie le TMSI à la station mobile dans un message MM ATTACH ACCEPT. La station mobile stocke cette information sur sa carte SIM et retourne un message MM TMSI REALLOCATION COMPLETE au MSC/VLR.

L'IMSI ne sera plus utilisé pour les enregistrements futurs ou pour la mise à jour de la localisation pour éviter qu'il soit écouté sur l'interface radio. La station mobile devra s'enregistrer dans le futur avec son TMSI qui est modifié à chaque changement d'aire de localisation ou lors de la mise sous tension.

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

A- 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 identifiant de LA (LA1), le nouveau identifiant de LA (LA2) 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. Vu que la station mobile est toujours sous le contrôle du même MSC/VLR alors le VLR n'a pas besoin d'émettre une requête de mise à jours de localisation au HLR
- 3.** Le VLR envoie 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.

B- 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 (Figure 4). Ce message inclut l'ancien LAI (LA2), le nouveau LAI (LA3) et le TMSI (alloué par le MSC/VLR2). Le nouveau MSC relaye cette information au VLR3 via une requête MAP_UPDATE_LOCATION_AREA.
- 2.** Le VLR3 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 VLR3 identifie le VLR prenant en charge cette localisation (VLR2) 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 VLR2 contient l'IMSI. Ainsi le VLR3 crée un enregistrement correspondant et affecte un nouveau TMSI à la station mobile.
- 4.** Le VLR3 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 (le 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

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

VLR2 de supprimer l'ancienne zone de localisation correspondant à cette station mobile.

7. Une réponse MAP_CANCEL_LOCATION_Ack est retournée du VLR2 au HLR.

8. Le VLR3 retourne au MSC le TMSI affecté à la station mobile via une réponse MAP_UPDATE_LOCATION_AREA_ack. Le MSC transfère 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.

1.3 Le standard GPRS

Aujourd'hui, le transport des données sur le réseau GSM n'autorise qu'au mieux des débits de 9,6 kbit/s. Si ces débits permettent d'utiliser des services WAP basiques, peu consommateurs en bande passante, ils ne permettent pas d'offrir un véritable service d'accès à Internet. D'autre part, le mode de connexion à Internet doit être de type permanent avec une facturation forfaitaire. Le mode actuel supporté par la norme GSM est une facturation à la durée, relativement élevée, incompatible avec le mode de consultation d'Internet qui le plus souvent s'effectue en mode non connecté.

Le mode de connexion du standard GSM est un mode connecté en utilisant la commutation de circuit. Une fois la communication établie, le canal de données dans la cellule du réseau GSM est monopolisé pour cette connexion, y compris pendant les temps d'inactivité de l'utilisateur. Le canal est donc rendu indisponible à d'autres utilisateurs, alors qu'aucun trafic ne transite par ce canal. La monopolisation d'un canal a outre le problème de l'indisponibilité pour les autres utilisateurs, l'inconvénient de générer un coût de connexion élevé, dû d'ailleurs principalement à cette monopolisation.

C'est pourquoi la technologie GPRS (General Packet Radio Service) a été définie, permettant de contourner le problème de monopolisation de canal, et par la même de résoudre le problème de la facturation à la durée, ainsi que de permettre des débits résolument plus importants.

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

I.3.1. Architecture du GPRS

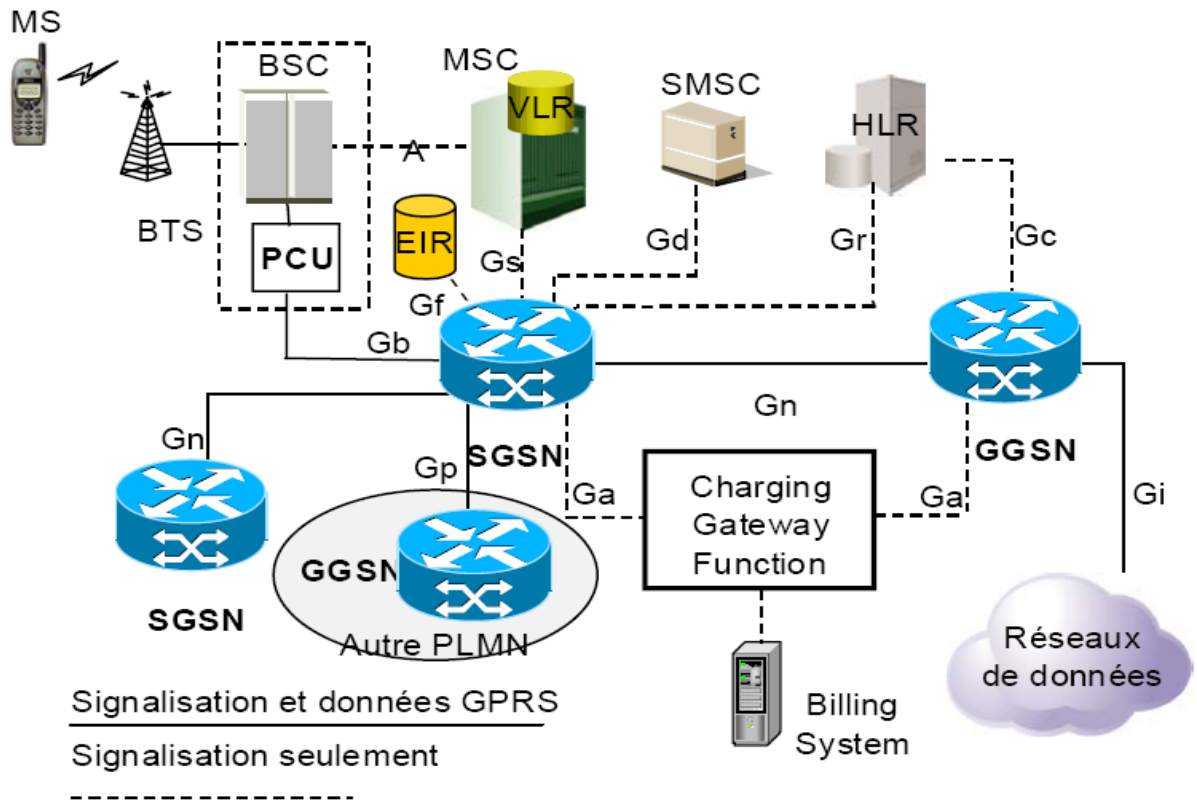


Figure I.10: Architecture GPRS.

I.3.1.1 MS

Une station mobile GPRS (MS, Mobile Station) peut fonctionner dans l'une des classes suivantes :

Classe A : Un mobile GPRS classe A peut se rattacher simultanément aux réseaux GSM (IMSI-Attach) et GPRS (GPRS-Attach). L'utilisateur mobile peut alors disposer simultanément d'un service GPRS et d'une communication téléphonique. Le service GPRS est pris en charge par le SGSN alors que la communication téléphonique est supportée par le MSC. Un mobile classe A GPRS doit disposer au minimum de deux ITs dans le sens montant et de deux ITs dans le sens descendant. Des ITs supplémentaires peuvent lui être alloués pour le trafic GPRS afin d'améliorer la vitesse de transfert.

Classe B : Un mobile GPRS classe B peut s'enregistrer auprès d'un MSC/VLR et d'un SGSN simultanément afin de pouvoir disposer des services GSM et GPRS. Il dispose d'un mode de veille double qui scrute les appels classiques et les demandes de service GPRS mais qui ne peut activer qu'un seul type de service. Si l'utilisateur est actif dans une session GPRS et qu'il reçoit un appel téléphonique entrant, il peut soit continuer sa session auquel cas l'appel téléphonique est redirigé vers sa boîte vocale, soit accepter l'appel téléphonique et dans ce cas, la session GPRS est suspendue; elle sera reprise à la fin de l'appel téléphonique.

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

Un mobile GPRS classe B requiert au minimum un IT dans le sens montant et un IT dans le sens descendant. Des ITs supplémentaires peuvent lui être alloués pour le trafic GPRS afin d'améliorer la vitesse de transfert.

Classe C : Ne peut avoir simultanément une connexion circuit et une connexion paquet. L'utilisateur doit positionner son terminal dans le mode souhaité.

I.3.1.2 PCU

Cette équipement gère les fonctions de couches basses, c'est-à-dire les protocoles RLC, MAC, contrôle de puissance, adaptation des débits pour envoyer sur le réseau « GPRS ». Il gère aussi les fonctions de transmissions et d'acquittements.

I.3.1.3 SGSN

L'entité SGSN (Service GPRS Support Node) se charge dans son aire de service des transmissions de données entre les stations mobiles et le réseau mobile. Le SGSN est relié par des liens Frame Relay au sous-système radio GSM.

Le SGSN est connecté à plusieurs BSC et présent dans le site d'un MSC.

Le SGSN :

- Authentifie les stations mobiles GPRS.
- Prend en charge l'enregistrement des stations mobile au réseau GPRS (attachement).
- Prend 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.
- Etablit, maintient et libère les contextes PDP, qui correspondent à des sessions de données permettant à la station mobile d'émettre et de recevoir des données.
- Relais les paquets de données de la station mobile au réseau externe ou du réseau à la station mobile.
- Collecte les données de taxation de l'interface air.
- S'interface à d'autres noeuds (HLR, MSC, BSC, SMSC, GGSN, Charging Gateway).

I.3.1.4 GGSN

L'entité GGSN (Gateway GPRS Support Node) joue le rôle d'interface à des réseaux de données externes (e.g., X.25, IP). Elle décapsule des paquets GPRS provenant du SGSN, les paquets de données émis par le mobile et les envoie au réseau externe correspondant. Egalement, le GGSN permet d'acheminer les paquets provenant des réseaux de données externes vers le SGSN du mobile destinataire. Le GGSN est généralement présent dans le site d'un MSC. Il existe un GGSN ou un nombre faible de GGSN par opérateur

Le GGSN :

- Joue le rôle d'interface aux réseaux externes de type IP ou X.25 même si en pratique seule l'interface vers des réseaux IP est mise en oeuvre.
- Ressemble à un routeur. D'ailleurs dans de nombreuses implantations, il s'agit d'un routeur IP avec des fonctionnalités supplémentaires.
- Relais les paquets aux stations mobiles à travers un SGSN; Il faut noter que les paquets ne sont pas délivrés à la station mobile si cette dernière n'a pas activé un contexte PDP.
- Route les paquets émis par la station mobile à la destination appropriée.

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

- Filtre le trafic usager.
- Collecte les données de taxation associées à l'usage des ressources entre SGSN et GGSN.
- S'interface à d'autres noeuds (SGSN, HLR, Charging Gateway).

Les termes SGSN et GGSN identifient des entités fonctionnelles qui peuvent être implantées dans un même équipement ou dans des équipements distincts (comme pour les entités fonctionnelles MSC et GMSC).

1.3.1.5 Backbones GPRS

L'ensemble des entités SGSN, GGSN, des routeurs IP éventuels reliant les SGSN et GGSN et les liaisons entre équipements est appelé réseau fédérateur GPRS (GPRS backbone). On peut distinguer deux types de backbones GPRS :

1. **Backbone intra-PLMN** : il s'agit d'un réseau IP appartenant à l'opérateur de réseau GPRS permettant de relier les GSNs de ce réseau GPRS.
2. **Backbone inter-PLMN** : Il s'agit d'un réseau qui connecte les GSNs de différents opérateurs de réseau GPRS. Il est mis en oeuvre s'il existe un accord de roaming entre deux opérateurs de réseau GPRS.

Deux backbones Intra-PLMN peuvent être connectés en utilisant des Border Gateways (BGs). Les fonctions du BG ne sont pas spécifiées par les recommandations GPRS. Au minimum, il doit mettre en oeuvre des procédures de sécurité afin de protéger le réseau intra-PLMN contre des attaques extérieures. La fonctionnalité de sécurité est déterminée sur la base d'accords de roaming entre les deux opérateurs.

1.3.1.6 CGF

La passerelle de taxation (CGF, Charging Gateway Function) permet le transfert des informations de taxation du SGSN et du GGSN au système de facturation (BS, Billing System). L'entité CGF peut être implantée de façon centralisée ou de manière distribuée en étant intégrée aux noeuds SGSN et GGSN. L'interface entre les GSNs et l'entité CGF est supportée par le protocole GTP.

1.3.3. Interfaces GPRS

Ces différents sous-systèmes sont connectés entre eux via différentes interfaces que nous allons décrire maintenant afin de mieux comprendre le rôle de chacune.

• **interface Gb** : L'interface Gs connecte le SGSN et le BSS(Base Station Subsystem). Il s'agit d'un service de transport Frame Relay sur lequel s'appuient les protocoles de signalisation radio GPRS.

• **interface Gr** : L'interface Gr est une interface MAP / SS7 entre le SGSN et le HLR. Elle est utilisée lorsque le SGSN contacte le HLR afin d'obtenir des données liés aux profils des abonnés et à la gestion de la mobilité.

• **interface Gd** : cette interface est définie entre les entités fonctionnelles qui permettent respectivement d'acheminer des SMS à destination d'un terminal mobile et de

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

relayer des SMS émis par un terminal mobile (appelés SMS-GMSC et SMS-IWMSC), et le SGSN pour offrir à un terminal mobile GPRS la possibilité d'émettre et de recevoir des SMS via des canaux radio GPRS.

- **interface Gs** : cette interface, définie entre le SGSN et le MSC/VLR, est optionnelle. Elle permet au SGSN d'envoyer par exemple des informations de localisation au MSC/VLR et d'éviter des échanges redondants de signalisation liés à la gestion de la mobilité entre le terminal mobile et le SGSN, puis entre le terminal mobile et le MSC. Le SGSN peut aussi recevoir des requêtes de paging émises par le MSC/VLR pour le service GSM.

- **interface Gf** : L'interface Gf existe entre le SGSN et l'EIR. Elle permet de vérifier l'authenticité de l'équipement mobile auprès de l'EIR. Elle est supportée par le protocole MAP/SS7.

- **interface Gn** : L'interface Gn est l'interface de base dans le backbone GPRS et est utilisée entre le SGSN et le GGSN. Le protocole utilisé sur cette interface est GTP (GPRS Tunneling Protocol) qui s'appuie sur un transport TCP/IP (transport des données avec acquittements) ou UDP/IP (transport de données sans acquittements). Il s'agit d'un protocole de contrôle (pour l'établissement, le maintien et la libération de tunnels entre GSNs), et de transfert des données d'usage.

- **interface Gc** : L'interface Gc est une interface MAP / SS7 entre le GGSN et le HLR dans le cas d'une activation d'un contexte PDP initié par le GGSN. Le GGSN utilise cette interface pour interroger le HLR et identifier ainsi l'adresse IP du SGSN auquel est rattachée la station mobile.

- **interface Gp** : L'interface Gp connecte un GSN à d'autres GSNs de différents PLMNs. Elle sert notamment pour le transfert des données concernant un usager GPRS en roaming international. Le protocole utilisé sur cette interface est le protocole GTP.

- **interface Gi** : cette interface, définie entre le GGSN et les réseaux de données par paquets externes, permet les échanges entre le réseau GPRS et le monde extérieur.

- **interface Ga** : L'interface Ga connecte un SGSN ou un GGSN à une entité CGF. Elle sert pour le transfert de tickets de taxation des nœuds GSN à l'entité CGF. Le protocole utilisé sur cette interface est GTP' en utilisant un transport TCP/IP ou UDP/IP.

1.3.4. Structure géographique du réseau GPRS

Afin de pouvoir recevoir les appels entrants, le système doit déterminer la " zone cellulaire " dans laquelle se trouve le MS, c'est la localisation.

Au niveau du Standard GSM, le concept de " Location Area " a été adopté tandis qu'au niveau du standard GPRS, une nouvelle notion a été utilisée c'est la notion de " Routing Area ".

- **RA :(Routing Area)**

Une zone de routage représente un ensemble de cellules dans un réseau GPRS (Figure). Un SGSN contrôle une aire de service contenant un ensemble de RAs. Il n'y a pas de relation entre aire de service d'un MSC/VLR et aire de service d'un SGSN. Une RA est un sous-ensemble d'une seule LA et ne peut être servie que par un seul SGSN (Figure 2).

Le découpage choisi dans un réseau GPRS est plus fin que celui du réseau GSM afin de minimiser l'usage des ressources radio pour des procédures de signalisation telles que

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

paging (recherche).

L'exemple simplifié à la figure montre trois aires de service GPRS chacune prise en charge par un SGSN.

- Les zones de routage RA1, RA2, RA3, RA4 et RA5 sont sous le contrôle du SGSN1.
- Les zones de routage RA6, R7 et R8 sont sous la responsabilité du SGSN2.
- Les zones de routage RA9, RA10 et RA11 sont prises en charge par le SGSN3.

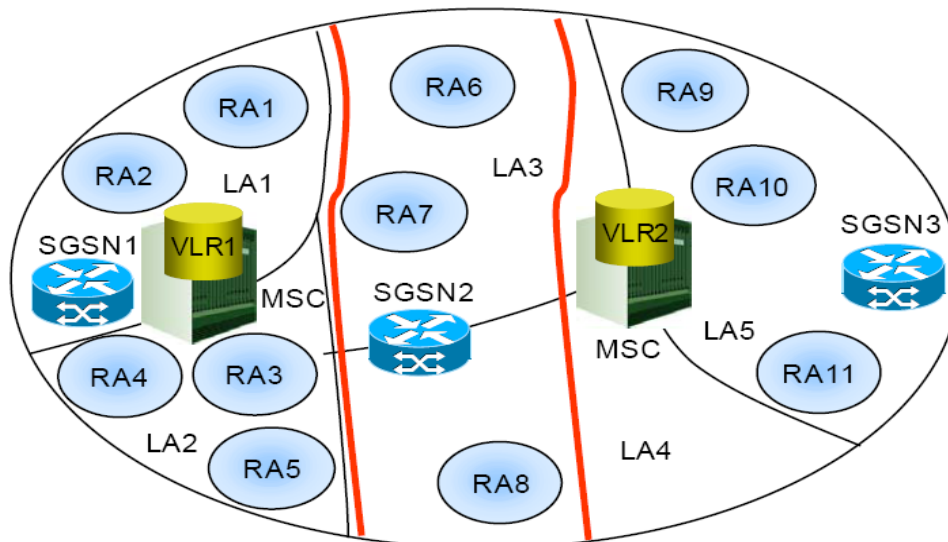


Figure I.11 : Zones de routage GPRS

❖ **Remarque :** De nos jours dans les réseaux GSM/GPRS, un RA correspond à un LA.

I.3.5 Les protocoles du GPRS

Pour acheminer efficacement les paquets des mobiles vers les réseaux paquet publics, tels que X.25 ou IP, le GPRS met en place un réseau fixe à commutation de paquets constitué de routeurs. Aux frontières de ce réseau paquet, on distingue deux types de routeurs, dotés de fonctions particulières : le SGSN, côté sous-système radio, et le GGSN, côté réseau de données public.

Entre le GGSN et le SGSN, les données utilisateur sont simplement encapsulées par le protocole GTP (GPRS Tunnelling Protocol). Le réseau de transport est un simple réseau IP. Le SGSN est responsable de l'acheminement des paquets entre le réseau fixe et le mobile. Il gère en conséquence les contextes de mobilité et de sécurité du mobile, ainsi qu'un contexte caractéristique du réseau de données avec lequel le mobile est connecté, le contexte PDP (Packet Data Protocol).

I.3.5.1 Contexte de mobilité

Le contexte MM concerne tous les paramètres liés à la gestion de la mobilité, au terminal mobile et à la sécurité :

- l'IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*) et le P-TMSI (*Packet Temporary Mobile Station Identity*), qui permettent d'identifier l'abonné.

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

- l'état de la mobilité de l'abonné : IDLE, STANDBY, READY.
- l'identifiant du SGSN, qui est l'adresse du SGSN servant le terminal mobile

I.3.5.2 Contexte de PDP (Packet Data Protocol) et qualité de service (QoS)

Une session est établie après attachement au réseau par l'activation d'un contexte PDP. Ce contexte permet de rendre le mobile visible à l'extérieur du réseau de l'opérateur mobile, en lui associant, par exemple, une adresse reconnue du réseau extérieur. Par ailleurs, le contexte contient toutes les informations de qualité de service (QoS), requise par l'utilisateur pour cette session. Quel que soit le réseau de données auquel se connecte l'utilisateur, le contexte PDP permet de caractériser cette connexion. Un utilisateur peut d'ailleurs avoir plusieurs contextes PDP en parallèle, s'il veut ouvrir plusieurs sessions avec des réseaux différents ou avec des QoS différentes.

Pour exprimer la qualité de service, le mobile dispose d'un ensemble de classes de paramètres : la priorité du service, sa fiabilité, les délais tolérés, le débit moyen et enfin le débit pic des informations transmises. Tous ces paramètres sont négociés entre le GGSN et le mobile lors de l'activation du contexte PDP.

I.3.5.3 Le protocole SNDCP (Subnetwork Dependent Convergence Protocol)

S'étend entre le mobile et le SGSN. Il permet d'adapter les protocoles des couches supérieures aux protocoles spécifiques du GPRS. Il permet d'adapter n'importe quel protocole réseau existant, tel qu'IP, X.25, etc., à l'accès mobile du GPRS. Il peut, de surcroît, appliquer des méthodes de compression pour diminuer la taille des paquets à transmettre sur l'interface air et économiser ainsi les ressources radio.

I.3.5.4 Le protocole BSSGP (Base Station Subsystem GPRS Protocol)

Transporte les informations de routage et de QoS entre le BSS et le SGSN. Il ne fournit pas de contrôle ni de détection d'erreur. La connexion entre le BSS et le SGSN en GPRS est fondée sur le relais de trames. Du côté du réseau fixe, le réseau reliant les différents SGSN et GGSN de l'opérateur est un réseau IP.

I.3.5.5 Le protocole GTP (GPRS Tunneling Protocol)

Encapsule les flux utilisateur entre le GGSN et le SGSN de manière transparente. Il utilise soit TCP, soit UDP, en fonction de la QoS définie dans les contextes PDP.

- ❖ **Remarque :** Les protocoles qu'on a cités dans le GSM à savoir le MTP, MAP, SCCP et TCAP sont aussi implémentés dans le GGSN et le SGSN.

I.3.5.6 Le protocole UDP

Le protocole UDP (User Datagram Protocol) est un protocole simple qui permet aux applications d'échanger des datagrammes sans accusé de réception ni remise garantie, le traitement des erreurs et la retransmission doivent être effectués par d'autres protocoles. UDP est un protocole particulièrement simple conçu pour des applications qui n'ont pas à

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

assembler des séquences de segments. Son avantage est un temps d'exécution court qui permet de tenir compte des contraintes de temps réel.

1.3.5.7 Le protocole TCP

Le protocole TCP est un protocole de contrôle de transmission, il fait partie de la couche transport du modèle OSI. Il est orienté connexion, c'est à dire, il assure un circuit virtuel entre les applications utilisateurs. Le protocole TCP établit un mécanisme d'acquittement et de réémission de paquets manquants. Ainsi, lorsqu'un paquet se perd et ne parvient pas au destinataire, TCP permet de prévenir l'expéditeur et lui réclame de renvoyer les informations non parvenues. Il assure d'autre part un contrôle de flux en gérant une fenêtre de congestion qui module le débit d'émission des paquets. Il permet donc de garantir une certaine fiabilité des transmissions. L'inconvénient du protocole TCP est qu'il ne convient pas à des applications temps réel à cause des longs délais engendrés par le mécanisme d'acquittement et de retransmission

1.4 Le standard EDGE

Le passage de la 2G à la 3G est coûteux car il faut déployer un nouveau réseau physique. Les opérateurs ont donc cherché des alternatives. L'une d'entre elles est l'EDGE, technologie présentée comme la génération 2,75. L'EDGE vise à optimiser la partie radio d'un réseau mobile sur la partie « données » afin d'augmenter les débits de téléchargement. En théorie, EDGE permet d'atteindre des débits allant jusqu'à 384 kb/s ; en pratique, 100 kb/s.

1.5 Le service transport de données sur la téléphonie mobile service

1.5.1 Les services en mode circuit sur le réseau GSM

Le GSM offre à ses abonnés trois catégories de services qui sont :

➤ **Les services supports.**

Ils permettent les transferts de données de bout en bout à travers le réseau.

➤ **Les téléservices.**

Les téléservices sont les applications opérationnelles offertes par le réseau à ses abonnés, ces derniers utilisent les possibilités offertes par les services supports.

Essentiellement les principaux services offerts par GSM sont :

- la téléphonie (entre deux postes mobiles ou un poste mobile et un poste fixe).
- les messages courts.
- le fax.

➤ **Les services supplémentaires.**

Les services supplémentaires améliorent les autres services, ils sont nombreux : identification de l'appelant, double appel, information de taxation, restrictions d'appels, messagerie vocale, conférence,...

Etude de la partie commutation des systèmes de radios communications mobiles (2G, 2.5G, 2.75G).

1.5.2 Les services en mode paquets sur le réseau GPRS

La mise en place d'un réseau GPRS permet à un opérateur de proposer de nouveaux services de type DATA à ses clients et lui permet aussi d'interconnecter le réseau GPRS avec un autre réseau de données paquets externes tel qu'un réseau IP ou X25.

Et l'une des nouveautés du réseau GPRS est la tarification au volume. Cela permet à un utilisateur de ne pas se soucier du temps de téléchargement des données, il payera seulement la taille de ce téléchargement et non pas sa durée.

Le réseau GPRS offre aussi 2 catégories de services :

- les services **Point à Point (PTP)** : ils fournissent une transmission d'un ou plusieurs paquets entre deux utilisateurs (l'expéditeur et le destinataire).
- les services **Point à Multipoints (PTM)** : ils fournissent une transmission de paquets entre un demandeur de service et un groupe d'abonnés receveurs se trouvant dans une zone définie par le demandeur de service. Un abonné peut ainsi envoyer des données à de multiples destinations avec une seule demande de service.

1.6 Conclusion

Comme le réseau GSM ne convenait pas pour la transmission de données, les évolutions récentes ont visé à accroître la capacité des réseaux en termes de débit et à élargir les fonctionnalités en permettant par exemple l'établissement de communications ne nécessitant pas l'établissement préalable d'un circuit. Pour dépasser la borne des 14,4 kb/s, l'ETSI (European Telecommunication Standard Institute) a défini un nouveau service de données en mode paquet : le General Packet Radio Service (GPRS) qui permet l'envoi de données à un débit de 115 kb/s par mise en commun de plusieurs canaux.

Ainsi le passage de la deuxième génération GSM, à la troisième génération UMTS, ne se fera pas en une seule fois, à partir du GSM. Avant de laisser définitivement la place à un système résolument nouveau, le GSM aura connu quelques évolutions majeures. La plus significative de ces évolutions est sans doute l'introduction de services en mode paquet. La transmission en mode paquet sur la voie radio GPRS puis son extension EDGE (Enhanced Data Rate for GSM Evolution) est la réponse du GSM au défi de la transmission de données à haut débit avant d'entamer la migration vers la 3G.

Après avoir présenté le standard GSM, il devient nécessaire d'étudier de plus près le standard UMTS afin de bien pouvoir répondre aux exigences de notre projet.

II.1 Introduction :

L'UIT, dont l'un des rôles est d'établir des normes mondiales dans le domaine des télécommunications, n'a pas publié de recommandations techniques concernant les systèmes mobiles de première génération ou de deuxième génération, mais de nombreuses recommandations traitent de la manière dont ces techniques interagissent avec d'autres techniques. Il en résulte l'exploitation de divers réseaux cellulaires mobiles incompatibles. Cela tient principalement au fait que ces systèmes cellulaires mobiles étaient conçus pour rester des réseaux nationaux en matière d'itinérance. A la fin des années 80, l'UIT a commencé à élaborer des systèmes de troisième génération (3G) en portant son attention sur la nécessité d'harmoniser, sur le plan mondial, les normes relatives au spectre des fréquences radioélectriques et aux interfaces radioélectriques. Compte tenu de la croissance impressionnante du cellulaire mobile, les Membres de l'Union ont dû entreprendre d'élaborer des normes en ce qui concerne les systèmes 3G. L'UMTS est le successeur du GSM de la troisième génération qui est retro-compatible avec le GSM.

II.2 Présentation générale du réseau UMTS :

L'UMTS est le système de réseau mobile de 3^{ème} génération, après le GSM qualifié de réseau mobile de 2^{ème} génération. Les techniques utilisées vont permettre d'atteindre des débits de 384 kbit/s et même 2 Mbit/s. Les réseaux UMTS seront utilisés pour le transfert de données, pour le multimédia, pour la voix. Il est prévu deux types d'accès radio. Un accès par réseau terrestre (comme le GSM) et un accès direct par liaison satellite.

L'accès par réseau terrestre, en particulier, utilise :

- Des fréquences de l'ordre de 2 GHz;
- Les cellules UMTS doivent être plus petites que les cellules GSM;
- Le débit maximal est fonction de la dimension de la cellule et de la vitesse de déplacement du terminal, par exemple le débit de 2 Mbit/s nécessite une très petite cellule (< 100 m environ) et que le mobile soit presque immobile durant la transmission.

L'UMTS est d'avantage un produit complémentaire du GSM qu'un produit concurrent.

II.2.1 Objectifs :

Les principaux objectifs de L'UMTS sont entre autres :

1. Compatibilité de l'UMTS avec le GSM : qui comprend deux aspects :

- La compatibilité en termes de services offerts à l'utilisateur (les services support, les télé-services et les services supplémentaire) ;
- La transparence du réseau vis-à-vis de l'utilisateur ;

2. **Support du multimédia:** (voix, visiophonie, transfert de fichiers ou navigation sur le Web).

3. **Débits supportés:** En tant que successeur du GSM, l'UMTS se devait de proposer une gamme de débits allant au-delà de l'offre de 2^{ème} génération. Il a été décidé que l'UMTS serait conçu de manière à assurer les débits suivants :

- 144 kbit/s en environnement rural extérieur ;
- 384 kbit/s en environnement urbain extérieur ;
- 2 Mbit/s pour des faibles distances à l'intérieur d'un bâtiment couvert (i.e. mobilité réduite) ;

4. **Les services proposés avec L'UMTS :** afin de couvrir l'ensemble des besoins présents et futurs des services envisagés pour l'UMTS, quatre classes ont été définies afin de regrouper les services en fonction de leur contraintes respectives. Les principales contraintes retenues pour la définition des classes de services de l'UMTS sont les suivantes :

- Le délai de transfert de l'information ;
- La variation du délai de transfert des informations ;
- La tolérance aux erreurs de transmission ;

L'UMTS offre différents services en fonction des quatre catégories de qualité de service (*QoS*) :

- Classe A : Catégorie conversationnelle (voix, visiophonie) ;
- Classe B : Catégorie de flux continu ou streaming (multimédia, vidéo à la demande, webcast) ;
- Classe C : Catégorie interactive (WEB/WAP, jeux vidéo en ligne, accès aux bases de données);
- Classe D : Catégorie d'arrière-plan (email, SMS, téléchargement).

Remarque : Nous allons détailler l'ensemble de ces services pour les quatre catégories décrites ci-dessus.

a. Catégorie conversationnelle :

La voix: ce type de communication est le fondement de la téléphonie. Sans voix, il n'y aurait pas de téléphone. Inutile de décrire davantage son utilité.

La visiophonie : ce type de communication permet de voir le correspondant à travers son combiné tout en discutant. La visiophonie nécessite néanmoins un débit assez important comparé au débit de la voix.

b. *Catégorie de flux continu ou streaming :*

Multimédia: ce service permet d'accéder à des contenus de types audio, vidéo en streaming. Cela permet de regarder la TV, des films sans avoir à les télécharger sur le mobile puis à les regarder (Remarque : possible avec le EDGE aussi); le flux est mis en mémoire tampon et est lu directement. On notera d'ailleurs pour la 3G, une modification de la connexion au WAP/WEB sur un temps et non plus une quantité et un service de TV HD (écran QVGA).

VoD (Vidéo à la Demande): ce service permet à l'utilisateur, à n'importe quel moment, de pouvoir regarder le film de son choix. Ce service existe sur les connections internet de type Home, et, grâce à l'augmentation des débits, sur le portable avec l'UMTS.

Webcast : ce service n'est autre que l'envoi des services multimédia en *streaming*. Il est difficilement gérable de son mobile. Le flux provient de serveurs WEB. Ce service n'est autre que du monitoring.

c. *Catégorie interactive :*

WEB/WAP : ce service permet d'accéder à l'internet mobile et l'internet pc.

Jeux vidéo en ligne : ce service permet de jouer contre ou avec d'autres adversaires en ligne. Ce service est similaire aux services développés pour les salles de jeux en réseaux et les jeux du type Warcraft TM.

Accès aux bases de données: ce service permet d'accéder aux bases de données du monde entier depuis son mobile.

d. *Catégorie d'arrière-plan :*

Email : ce service permet d'envoyer et de recevoir ses emails depuis votre mobile. Il est nécessaire de disposer d'un compte messagerie internet pour pouvoir y avoir accès.

SMS : pour Short Message Service, ce service permet d'envoyer des mini messages à n'importe quel numéro mobile, et, depuis quelque temps, à n'importe quel numéro fixe aussi.

Téléchargement: ce service permet d'obtenir n'importe quel fichier depuis le WEB ou le WAP pour l'enregistrer sur votre mobile.

II.2.2 Caractéristiques :

Les caractéristiques minimales requises pour assurer le démarrage de l'UMTS portent sur trois domaines : Les services, le réseau d'accès radio et le réseau de transport.

1. Concernant les services on a :

- Possibilité de multimédia avec mobilité complète ;
- Accès efficace à l'Internet, aux Intranet et autres services supportés par le protocole Internet (IP) ;
- Haute qualité de parole, comparable à celle des réseaux fixes;
- Portabilité des services entre différents environnements UMTS ;
- Exploitation à l'intérieur, à l'extérieur et à grande distance des services GSM/UMTS un environnement sans coupure, y compris une itinérance complète entre réseaux GSM et UMTS ainsi qu'entre la composante de terre et la composante par satellite des réseaux UMTS.

2. Pour le réseau d'accès radio il doit y avoir:

- Une nouvelle interface radio différente de celle utilisée en GSM permettant l'accès à tous les services (technologie UTRA) ;
- Une bonne efficacité spectrale globale.

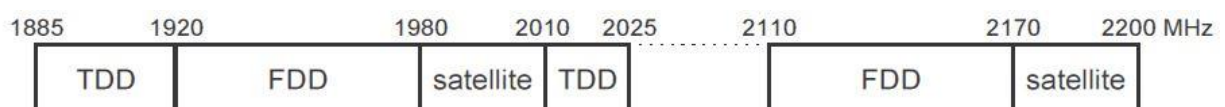
3. Pour le réseau de transport il doit y avoir :

- Evolution de la famille GSM, gestion de mobilité pour le contrôle d'appel incluant une fonctionnalité d'itinérance complète basée sur les spécifications GSM;
- Eléments de la convergence fixe/mobile.

II.3 Organisation fréquentielle:

Les bandes de fréquences allouées pour l'IMT 2000 sont 1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz.

L'UMTS propose la répartition suivante :



TDD : Time Division Duplex

FDD : Frequency Division Duplex

Figure II.1: Utilisation de la bande de fréquences pour l'UMTS

Chapitre II : Etude de la partie commutation d'un réseau UMTS (3G)

La division duplex dans les bandes dites "appariées", c'est à dire 2×60 MHz, est fréquentielle. L'écart duplex vaut 190 MHz. On utilise dans ces bandes un accès W-CDMA (Wideband CDMA).

La division duplex dans les bandes dites "non appariées", c'est à dire 35 MHz et 15 MHz, est temporelle. On utilise dans ces bandes un accès TD-CDMA (Time Division CDMA).

Les deux modes d'accès sont harmonisés pour favoriser la réalisation de terminaux bi-modes TDD / FDD à bas coûts.

D'une manière générale, le mode FDD est bien adapté à tous les types de cellules, y compris aux grandes cellules, mais n'est pas très souple pour gérer des trafics asymétriques. Quant au mode TDD, il permet d'adapter le rapport de transmission montante/descendante en fonction de l'asymétrie du trafic, mais exige une synchronisation des stations de base et n'est pas bien adapté aux grandes cellules à cause des temps de garde trop importants.

Les deux bandes restantes sont réservées à la composante satellitaire de l'UMTS, encore peu déployée

II.4 Couverture globale de l'UMTS:

La couverture globale de la planète s'organise en une structure cellulaire hiérarchisée qui assurera l'itinérance (roaming) mondiale. Au sommet de la hiérarchie se trouvent les satellites qui assurent une couverture sur l'ensemble de la planète. Le réseau terrestre radio lui s'occupe de la couverture terrestre suivant une répartition en macro, micro et pico-cellules. Les macro-cellules couvrent les zones suburbaines et rurales, les microcellules les zones urbaines (forte densité d'utilisateurs) et les pico-cellules les zones bien définies telles les immeubles, les environnements intérieurs (indoor).

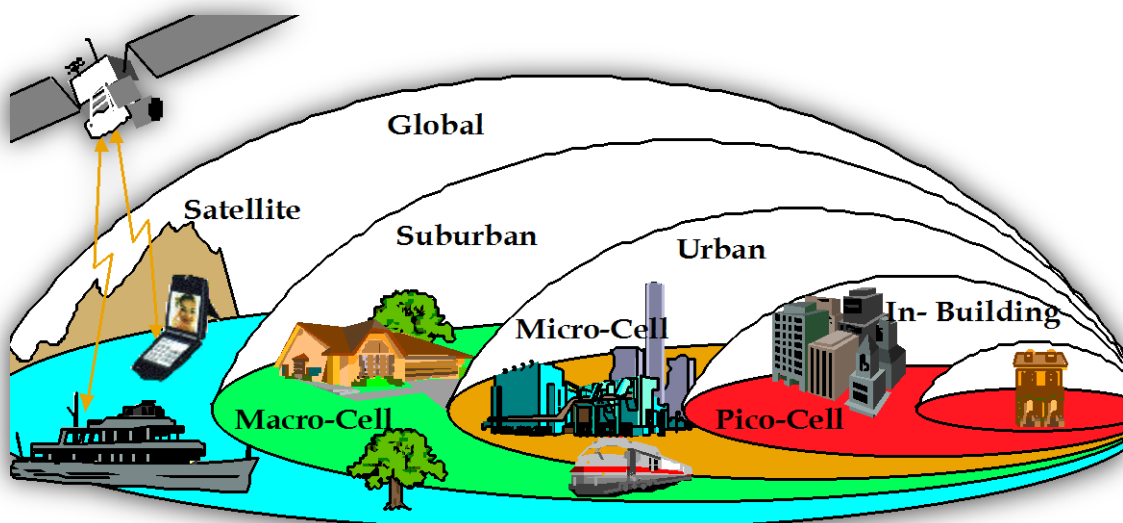


Figure II.2: Couverture globale de l'UMTS suivant une structure hiérarchique de cellule

II.5 Architecture de l'UMTS :

L'architecture du système UMTS est similaire à celle de la plupart des réseaux de deuxième génération.

Le système UMTS est composé de différents éléments logiques qui possèdent chacun leurs propres fonctionnalités. Il est possible de regrouper ces éléments de réseau en fonction de leurs fonctionnalités ou en fonction du sous réseau auquel ils appartiennent.

Les éléments du réseau du système UMTS sont répartis en deux groupes. Le premier groupe correspond au réseau d'accès radio (RAN, Radio Access Network ou UTRAN, UMTS Terrestrial RAN) qui supporte toutes les fonctionnalités radio. Quant au deuxième groupe, il correspond au réseau cœur (CN, Core Network) qui est responsable de la commutation et du routage des communications (voix et données) vers les réseaux externes. Pour compléter le système, on définit également le terminal utilisateur UE (User Equipment) qui se trouve entre l'utilisateur proprement dit et le réseau d'accès radio. La figure (II.3) présente l'architecture globale du système UMTS.

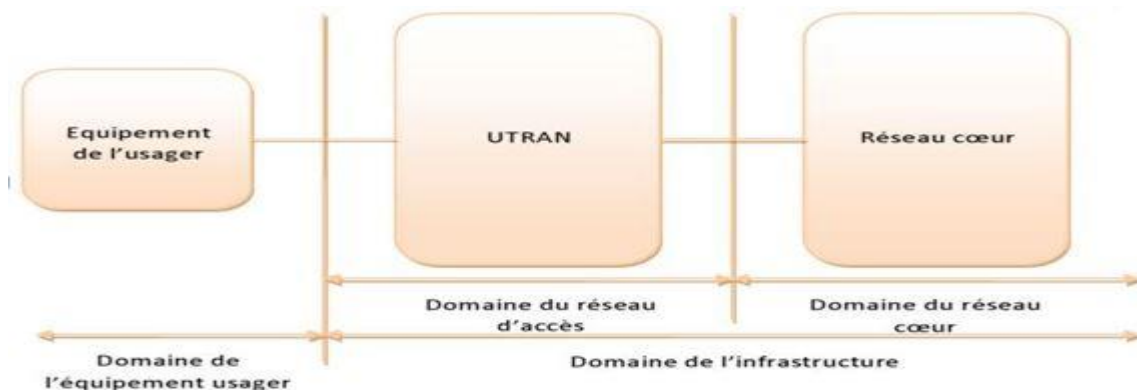


Figure II.3: Architecture générale de l'UMTS

II.5.1 Domaine de l'équipement de l'utilisateur :

L'équipement usager est utilisé pour désigner la station mobile dans un réseau UMTS. Il représente le vecteur qui permet à l'abonné d'accéder au réseau et également à ses services.

On distingue deux différentes parties au point de vue fonctionnel : l'équipement mobile (ME: Mobile Equipment) et le module d'identité universel de l'abonné (USIM : Universal Subscriber Identity Module).

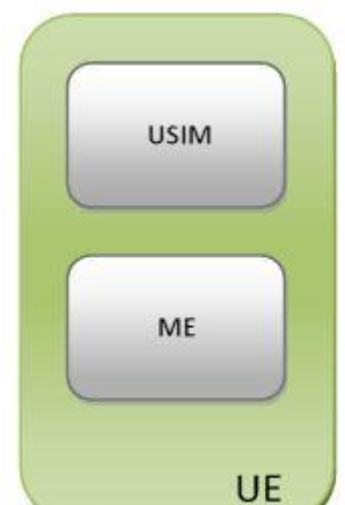


Figure II.4: Architecture de l'équipement de l'utilisateur

1. ME (Mobile Equipment) :

L'équipement mobile est chargé de la transmission radio et des procédures associées. Il est encore divisé en deux parties: la terminaison mobile (MT : Mobile Termination) et l'équipement terminal (TE : Terminal Equipment).

La terminaison mobile assure la transmission de l'information vers le réseau UMTS (ou autre) à travers l'interface radio et applique les fonctions de modulation, de correction d'erreurs, d'étalement de spectre et d'autre encore qui lui sont l'intermédiaire d'un adaptateur, est la partie de l'UE où les données d'information sont générées en émission ou traitées en réception.

Le MT et le TE peuvent faire partie d'un équipement unique ou être séparés en deux équipements. Le TE peut être par exemple, un ordinateur portable et le MT un terminal mobile utilisé comme modem.

2. USIM (UMTS Subscriber Identity Module):

L'USIM est une application qui permet à l'abonné d'accéder aux services souscrits. Elle gère également les informations associées à la souscription de l'abonné et les procédures d'authentification et de chiffrement. L'USIM réside dans une carte à puce (smart card) appelée UICC (UMTS Integrated Circuit Card).

Comme la carte SIM (Subscriber Identity Module) utilisée en GSM, l'USIM conserve les informations liées à l'abonné et bien d'autres propres à un environnement où plusieurs opérateurs et plusieurs fournisseurs de services peuvent intervenir. L'USIM peut être utilisée sur un terminal UMTS indépendamment du fabricant et en général de l'opérateur du réseau : la carte associe un abonné à un ou plusieurs fournisseurs de service et pas nécessairement à l'opérateur du réseau courant.

Au niveau de l'infrastructure, c'est dans le réseau nominal que les informations concernant les services souscrits par l'abonné sont enregistrées. L'USIM est la clef d'accès à ces services. Lors d'une demande de service (un appel téléphonique par exemple), le réseau de service dans lequel l'abonné est itinérant doit dialoguer avec le réseau d'accès (radio ou câblés) nécessaire suivant les conditions et les caractéristiques des services souscrits.

L'UICC peut contenir une application USIM et SIM, ce qui peut permettre son utilisateur aussi bien dans un réseau UMTS que GSM. D'ailleurs, les mécanismes permettant l'accès à un réseau GSM peuvent être directement imbriqués dans l'USIM. Enfin, plusieurs applications USIM peuvent résider dans une même UICC, chacune pouvant être associée à différents fournisseurs de service. Toutes ces possibles configurations pour l'UICC sont schématisées ci-dessous.

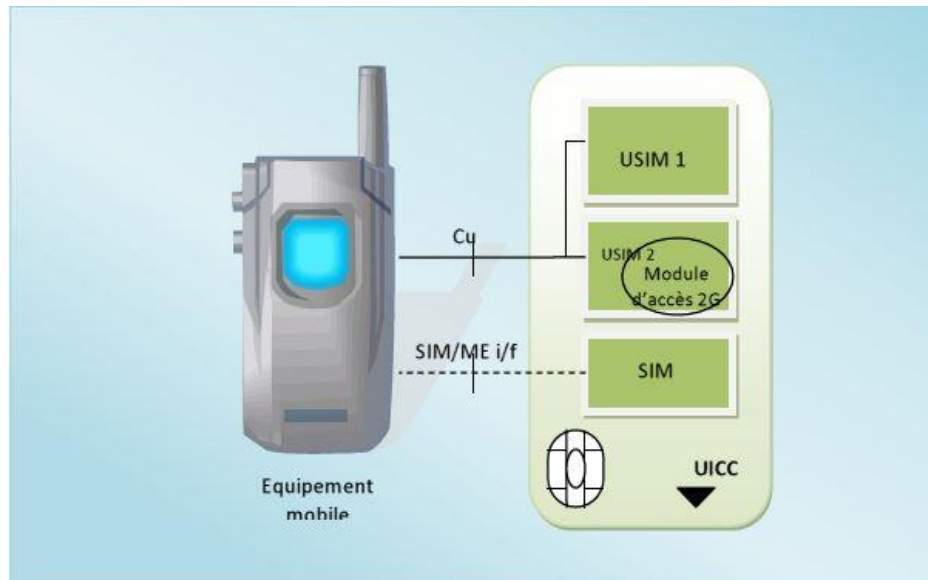


Figure II.5: Architecture de L'USIM

Les informations contenues dans l'USIM comprennent :

- Des informations permettant l'identification de l'UICC : un numéro unique associé à la carte et à son utilisateur;
- La langue ou les langues à utiliser ;
- Le répertoire des applications;
- L'IMSI et le(s) MSISDN(s) ;
- Les clefs de chiffrage;
- Les codes pour les appels d'urgence;
- Les messages courts et les paramètres associés;
- La liste des services et le nom de ses fournisseurs;
- La liste des porteuses à utiliser pour la sélection d'une cellule.

Comme en GSM, en UMTS, le numéro IMSI (International Mobile Subscriber Identity) permet au réseau d'identifier l'abonné de manière unique. Ce numéro n'est pas connu de l'utilisateur. Pour être appelé, l'abonné peut se voir attribuer un ou plusieurs numéros MSISDN (Mobile Station ISDN Number) ; chacun d'entre eux peut être associé aux services, éventuellement personnalisés, auxquels il a souscrit.

Toujours pour préserver la compatibilité du système avec le GSM, le terminal UMTS doit communiquer l'IMEI (International Mobile Equipment Identity) au réseau. Ce paramètre identifie le terminal et peut, le cas échéant, empêcher son utilisation si le terminal s'avère être un terminal volé ou non homologué.

II.5.2 Domaine du réseau d'accès UTRAN :

Comme le GSM, le réseau UMTS est composé d'un réseau cœur (CN : Core Network) et d'un réseau d'accès (AN : Access Network).



Figure II.6 : Interface entre l'UTRAN et le CN

L'interface entre le réseau de cœur de l'UMTS et le réseau d'accès, est appelé Iu. Cette interface a été définie d'une manière aussi polyvalente que possible, afin de pouvoir connecter n'importe quel type de réseau d'accès de technologies différentes (BRAN, SRAN, etc.), au réseau cœur de l'UMTS.

Cette notion est très importante car elle signifie, que l'UTRAN, bien qu'étant le réseau d'accès de l'UMTS, n'est qu'une des alternatives d'accès à la voie radio. L'UMTS est donc un système polyvalent et très modulable.

Si l'on regarde de plus près le fonctionnement interne du réseau d'accès UTRAN, on remarque qu'il est constitué de plusieurs éléments, ou modules, qui permettent, d'une part, à l'utilisateur de se connecter au réseau, et d'autre part d'acheminer les informations vers le cœur du réseau de l'UMTS.

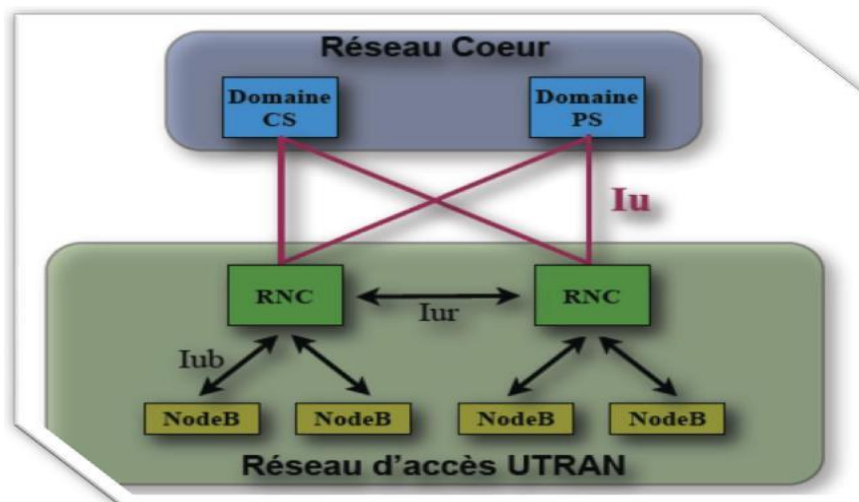


Figure II.7 : Architecture de l'UTRAN

1. Le Node B:

La Node B est une antenne. Réparties géographiquement sur l'ensemble du territoire, les Nodes B sont au réseau UMTS ce que les BTS sont au réseau GSM. Les Node B gèrent la couche physique de l'interface radio. Le Node B régit le codage du canal, l'entrelacement, l'adaptation du débit et l'étalement.

Les Node B communiquent directement avec le mobile sous l'interface dénommée Uu.

2. Le RNC (Radio Network Controller) :

A une fonction équivalente au BSC des réseaux GSM, c'est à dire principalement le routage des communications entre le NodeB et le réseau cœur d'une part, et le contrôle et la supervision du NodeB d'autre part.

Lorsqu'un mobile est en communication, une connexion RRC est établie entre le mobile et un RNC de l'UTRAN. Le RNC en charge de cette connexion est appelé S-RNC (*Serving - Radio Network Controller*).

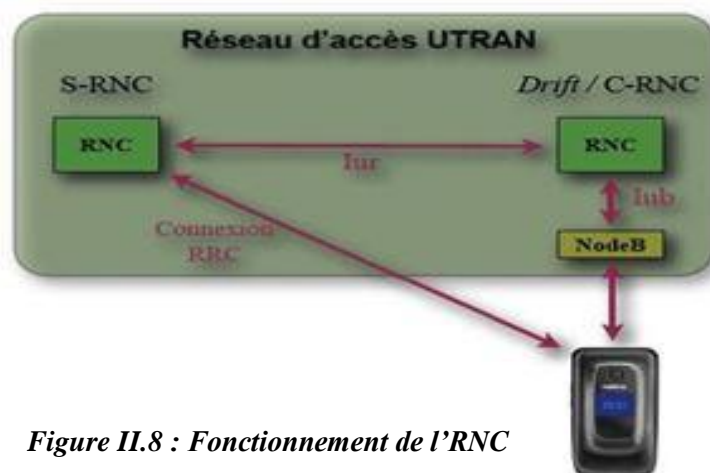


Figure II.8 : Fonctionnement de l'RNC

Lorsque l'utilisateur se déplace dans le réseau, il peut être conduit à changer de cellule (zone active d'une antenne NodeB) en cours de communication et peut même se retrouver dans la cellule d'un NodeB ne dépendant plus de son S-RNC. On appelle alors C-RNC (*Controlling - RNC*), le RNC en charge de ces cellules distantes. D'un point de vue RNC, le RNC distant est appelé *Drift RNC*.

Dans ce cas de figure, les données échangées entre le *Serving RNC* et le mobile transitent par les interfaces Iur et Iub. Le *Controlling RNC* joue donc le rôle d'un simple routeur vis-à-vis de ces données.

Si chaque RNC a un rôle bien établi de *Controlling RNC* vis-à-vis des équipements NodeB qui lui sont rattachés, il n'en va pas de même des rôles *Serving* et *Drift*. Ainsi, chaque RNC peut être à la fois *Serving* et *Drift pour des mobiles différents*, suivant la manière dont les connexions RRC sont établies.

3. Interfaces radio UTRAN:

La norme GSM prévoyait un certain nombre d'interfaces ouvertes entre les éléments de réseau afin de permettre une plus grande concurrence entre les fournisseurs et l'accès au marché de fournisseurs très spécialisés, par exemple en radiocommunications ou en commutation. En fait, en dehors de l'interface air, naturellement ouverte, seule l'interface A entre sous-système réseau et sous-système radio a vraiment fait l'objet d'une normalisation suffisamment précise pour permettre une interconnexion facile entre équipements de constructeurs différents. L'interface Abis, entre BSC et BTS, est restée propre à chaque fournisseur de sous-systèmes radio.

La même problématique se pose avec l'UMTS et même si le nombre d'interfaces ouvertes est important, même si le 3GPP a sans doute prêté plus d'attention à l'implantation des différentes fonctions, il est trop tôt pour prédire l'avenir de toutes les interfaces. Il y en a au moins deux qui seront ouvertes, ce sont l'interface air (Uu) et l'interface entre le réseau cœur et le réseau d'accès (Iu).

On trouve dans un réseau UMTS, en plus des interfaces équivalentes aux interfaces A et Abis qui sont Iu et Iub, une interface interne au réseau d'accès radio, entre RNC, qui est l'interface Iur. Chacune de ces interfaces supporte des protocoles d'application (AP Application Protocol) pour les échanges de signalisation et des protocoles de trame (FP Frame Protocol) pour les échanges de données de l'utilisateur.

a. L'interface Uu:

C'est l'interface radio entre un équipement de l'utilisateur UE (*User Equipment*) et le nœud B. En effet, Uu est une interface logique qui sert à connecter le terminal mobile à la station de base par l'intermédiaire d'une liaison radio.

b. L'interface Iu:

Qui relie le réseau d'accès radio au réseau cœur, peut-être de deux types, IuCS pour le domaine circuit ou IuPS pour le domaine paquet, ce qui permet de choisir des technologies de transport différentes en fonction du domaine. La couche physique est identique entre les deux types d'interface peut être tout lien de transmission capable de supporter un transport ATM, telle qu'un lien STM1 ou E1 porté par un câble ou un faisceau hertzien. Le support de signalisation s'appuie pour les deux types d'interfaces sur des couches protocolaires Sémaphore n° 7 ou, pour le seul domaine paquet, sur des couches IP. Le protocole de contrôle de signalisation de l'interface Iu qui contient les informations de contrôle de couche radio est le protocole RANAP (Radio Access Network Application Part). Les différentes fonctions RANAP sont les suivantes :

- ✓ relocalisation : gère le déplacement des fonctions SRNS d'un RNS à un autre ou le hard handover inter-RNS ;
- ✓ gestion des supports d'accès radio (RAB : Radio Access Bearer): initialisation, modification ou suppression d'un support d'accès radio existant
- ✓ libération de l'interface Iu, pour toutes les ressources, trafic et signalisation, pour un utilisateur donné ;

- ✓ remontée d'événements pour informer le réseau cœur de l'échec de transmission de données ;
- ✓ gestion d'un identifiant commun de l'utilisateur aux fins de paging ;
- ✓ paging, c'est-à-dire recherche d'un mobile sur appel entrant ;
- ✓ localisation, enregistrement de l'activité d'un mobile donné aux fins de maintenance ;
- ✓ transfert de signalisation, de manière transparente entre le réseau cœur et le mobile ;
- ✓ contrôle d'intégrité et de chiffrement ;
- ✓ contrôle de charge ;
- ✓ reset, ou réinitialisation de la connexion du côté réseau cœur ou du côté UTRAN ;
- ✓ rapport sur la localisation du mobile.

c. L'interface Iub:

Un node B est composé d'un port commun de contrôle et d'un ensemble de points de terminaison de trafic, chacun de ces points étant contrôlé par un port dédié de contrôle. Il n'y a aucune relation entre les points de terminaison de trafic et les cellules. La signalisation sur l'interface Iub, appelée NBAP (Node B Application Part) est composée de deux parties, Common NBAP et Dedicated NBAP. La composante Common NBAP (C-NBAP) correspond à la signalisation qui n'est pas relative à une session d'un terminal donné, comme par exemple l'établissement du premier lien d'un terminal, la configuration d'une cellule, l'initialisation et la remontée des mesures spécifiques à une cellule.

Une fois établi le premier lien entre un terminal et le réseau, le node B assigne un point de terminaison de trafic à ce terminal pour la durée de la connexion. Les échanges suivants se font alors grâce aux procédures de la composante Dedicated NBAP (D-NBAP). Il s'agit en particulier de la reconfiguration des liens radio relatifs à ce terminal, du support des canaux dédiés, de la combinaison des données pendant un soft handover, de la remontée des mesures ou de la gestion des alarmes.

d. L'interface Iur:

Cette interface, créée pour supporter le mécanisme de soft handover inter-RNC, supporte également :

- ✓ la gestion de la mobilité inter-RNC ;
- ✓ le canal dédié de trafic ;
- ✓ le canal commun de trafic ;
- ✓ la gestion globale des ressources;

Le protocole RNSAP (Radio Network System Application Part) de l'interface Iur est découpé en quatre modules correspondant à ces quatre fonctions et qui peuvent être implantés séparément au gré de la volonté de l'opérateur.

4. Méthode d'accès radio : UTRA/FDD UTRA/TDD :

La norme UMTS propose deux techniques de multiplexage pour son interface radio:

- ✓ Le TDD (*Time Division Duplex*, figure a.) ;
- ✓ Le FDD (*Frequency Division Duplex*, figure b.).

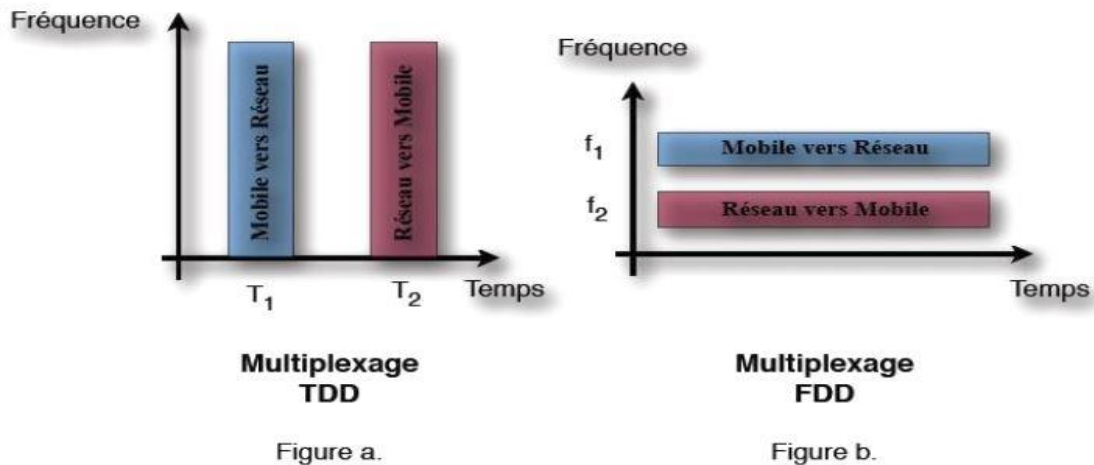


Figure II.9: Méthode d'accès radio : UTRA/FDD UTRA/TDD

En TDD, une seule et unique fréquence est utilisée alternativement par les deux voies de communications. Cette technique est la plus flexible lorsque le spectre n'est disponible qu'en quantité limitée.

En revanche, en FDD, chaque sens de communication (Mobile vers Réseau et Réseau vers Mobile) utilise une fréquence particulière. Le mobile et le réseau peuvent donc transmettre simultanément. L'un des inconvénients de cette technique réside dans l'écart duplex, entre les deux voies de communication, utilisé pour séparer les étages de transmission et de réception radio. La nécessité de maintenir cet écart, également appelé "*Bande de Garde*", entraîne une sous-utilisation du spectre radio.

En FDD, on attribue en général la même quantité de spectre aux deux voies de communication, ce qui est tout à fait adapté aux applications présentant un débit symétrique, comme la téléphonie. En revanche, lorsque les débits ne sont pas équilibrés (comme la navigation sur internet), cette technique n'est pas optimale.

II.5.3 Domaine du réseau cœur :

Le réseau Cœur (Core Network) est la partie du système chargée de la gestion des appels. Il permet aux abonnés de communiquer à l'intérieur d'un même réseau de téléphonie mobile et assure l'interconnexion de ce dernier avec des réseaux externes, fixes ou mobiles. Il fournit enfin les logiciels d'application qui permettent, tout en garantissant la sécurité des échanges, de maintenir la communication, même lorsque l'utilisateur est itinérant.

II.5.3.1 Architecture du réseau cœur UMTS (Release 99) :

Le réseau cœur de l'UMTS (Release 99) s'appuie sur les éléments de base du réseau GSM et GPRS. Il est en charge de la commutation et du routage des communications (voix et données) vers les réseaux externes. Dans un premier temps le réseau UMTS devrait s'appuyer sur le réseau GPRS.

Le réseau cœur se décompose en deux parties : le domaine circuit dans un premier temps et le domaine paquet.

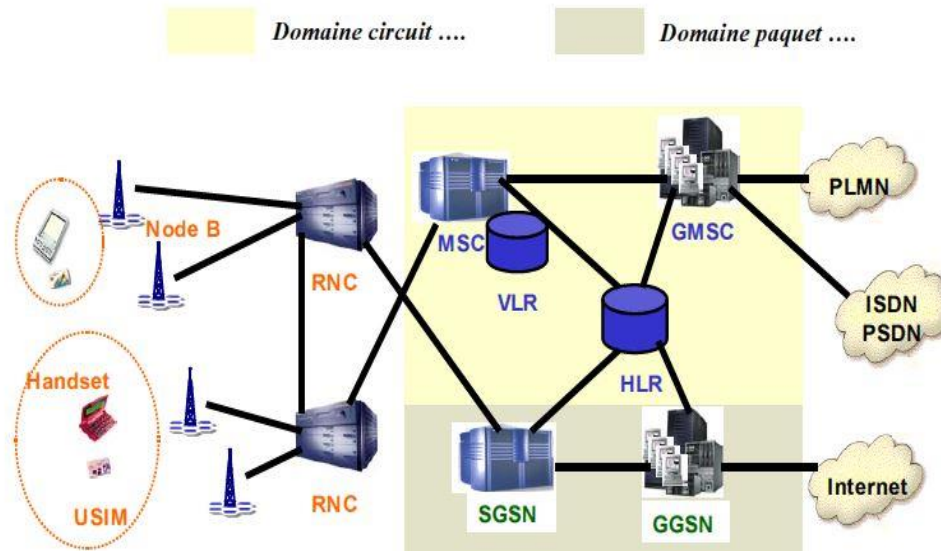


Figure II.10: Architecture du réseau UMTS Release 99

1. Le domaine circuit:

Le domaine circuit permettra de gérer les services temps réels dédiés aux conversations téléphoniques (vidéo-téléphonie, jeux vidéo, streaming, applications multimédia). Ces applications nécessitent un temps de transfert rapide. Lors de l'introduction de l'UMTS le débit du mode domaine circuit sera de 384 Kbits/s. L'infrastructure s'appuiera alors sur les principaux éléments du réseau GSM : MSC/VLR (bases données existantes) et le GMSC afin d'avoir une connexion directe vers le réseau externe.

NB : Définition de streaming : envoi de flux continu d'informations qui seront traitées instantanément avec la possibilité d'afficher les données avant que l'intégralité du fichier ne soit téléchargé, l'objectif étant de gagner en rapidité.

2. Le domaine paquet:

Le domaine paquet permettra de gérer les services non temps réels. Il s'agit principalement de la navigation sur l'Internet, de la gestion de jeux en réseaux et de l'accès/utilisation des e-mails. Ces applications sont moins sensibles au temps de transfert, c'est la raison pour laquelle les données transiteront en mode paquet. Le débit du domaine paquet sera sept fois plus rapide que le mode circuit, environ 2Mbits/s. L'infrastructure s'appuiera alors sur les principaux éléments du réseau GPRS : SGSN (bases de données existantes en mode paquet GPRS, équivalent des MSC / VLR en réseau GSM) et le GGSN (équivalent du GMSC en réseau GSM) qui jouera le rôle de commutateur vers le réseau Internet et les autres réseaux publics ou privés de transmission de données.

II.5.3.2 Évolution de l'architecture du réseau cœur UMTS vers la Release 4 :

A l'heure actuelle, l'UMTS est phasé en différentes versions ou "releases" dénommées R3 (ou R99), R4, ...etc.

L'UMTS R4 concerne l'évolution du domaine CS sur la base du NGN (Next Generation Network). La R4 présente des avantages pour le réseau de base en termes de flexibilité et d'évolution. En effet, la R4 peut réutiliser le backbone IP du domaine PS pour le transport de la voix. Par ailleurs, la R4 dissocie les plans de contrôle et de transport, leur permettant d'évoluer séparément à la différence des commutateurs voix qui sont des structures monolithiques. Enfin, la R4 permet l'évolution vers un réseau tout IP où la voix est directement paquetée sur la station mobile de l'utilisateur et transportée de bout en bout sur IP. Avec la R4, la voix est transportée sur IP dans le réseau de base uniquement. Le tout IP est l'objectif des releases R5 et R6.

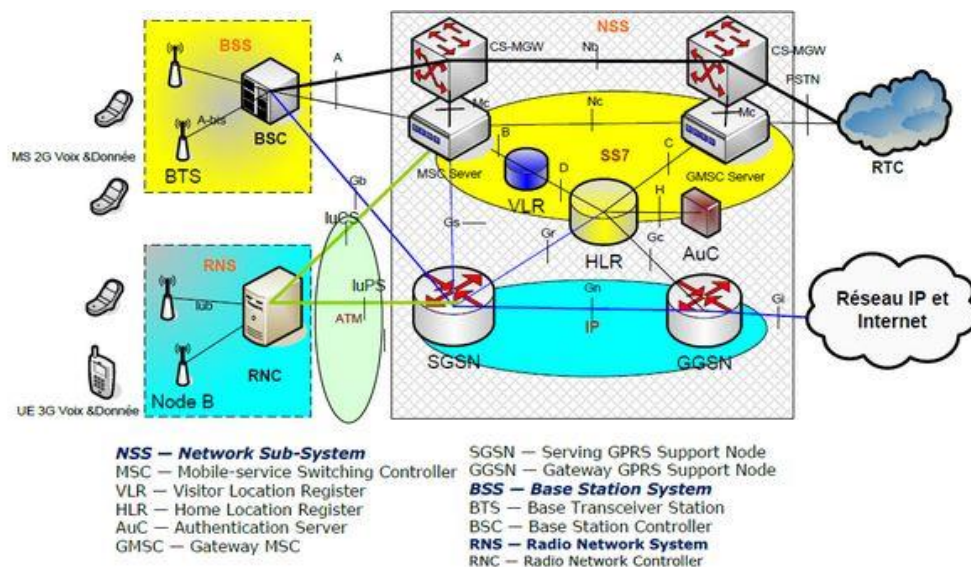


Figure II.11: Architecture du réseau UMTS Release 4

1. MSC Server:

Le MSC Server prend en charge les fonctions de contrôle d'appel et de contrôle de la mobilité du MSC (Figure 1). Le MSC Server est associé à un VLR afin de prendre en compte les données des usagers mobiles. Le MSC Server termine la signalisation usager-réseau (BSSAP ou RANAP) et la convertit en signalisation réseau-réseau correspondante. Par contre, il ne réside pas sur le chemin du média.

Par ailleurs il contrôle le CS-MGW afin d'établir, maintenir et libérer des connexions dans le CS-MGW. Une connexion représente une association entre une terminaison en entrée et une terminaison en sortie du CS-MGW. Par exemple, la terminaison en entrée peut correspondre à une terminaison d'un circuit de parole (Interface A) alors que la terminaison en sortie peut être assimilée à un port de communication RTP/UDP/IP ou AAL2/ATM.

2. CS-MGW:

Le CS-MGW reçoit un trafic de parole du BSC ou du RNC et le route sur un réseau IP ou ATM. L'interface Iu-CS (Interface entre RNC et MSC) ou l'interface A (Interface entre BSC et MSC) se connecte dorénavant sur l'entité CS-MGW afin que le trafic audio puisse être transporté sur RTP/UDP/IP ou AAL2/ATM. Le transport sera typiquement assuré par RTP/UDP/IP afin de réutiliser le backbone IP du réseau GPRS et ainsi minimiser les coûts.

3. GMSC Server:

Pour les appels téléphoniques entrants provenant du RTC, une entité GMSC est nécessaire, mise en œuvre dans la R4 par un GMSC Server et un CS-MGW.

Le GMSC Server prend en charge les fonctions de contrôle d'appel et de contrôle de la mobilité du GMSC. Le GMSC Server termine la signalisation du RTC, i.e., ISUP.

Le GMSC Server interroge le HLR afin d'obtenir un numéro de MSRN et de pouvoir ainsi acheminer l'appel. Par ailleurs, le GMSC-Server contrôle le CS-MGW afin d'établir, maintenir et libérer des connexions dans le CS-MGW. Une connexion correspond à une association entre une terminaison TDM (terminaison du côté RTC) et une terminaison RTP/UDP/IP ou AAL2/ATM. Un transcodage de la parole doit aussi avoir lieu au niveau du CS-MGW pour convertir la parole reçue et qui est encodée à l'aide du codec G.711 en parole encodée en utilisant le codec AMR (UMTS) ou à l'aide du codec GSM, avant de router le trafic audio à l'autre CS-MGW qui interface les nœuds BSC et RNC.

Le protocole de contrôle (contrôle du média) entre le MSC-Server ou le GMSC-Server et le CS-MGW est MEGACO/H.248 (Media Gateway Control Protocol) défini conjointement par l'ITU-T et l'IETF.

Le protocole de signalisation (contrôle d'appel) entre le MSC Server et le GMSC-Server peut être n'importe quel protocole de contrôle d'appel. Le 3GPP suggère l'utilisation du protocole BICC (Bearer Independent Call Control) défini par l'ITU-T. Le protocole BICC est une extension du protocole ISUP pour permettre la commande d'appel et de services téléphoniques sur un réseau de transport IP ou ATM. L'autre protocole de signalisation possible est SIP-T (Session Initiation Protocol for Telephones) proposé par l'IETF.

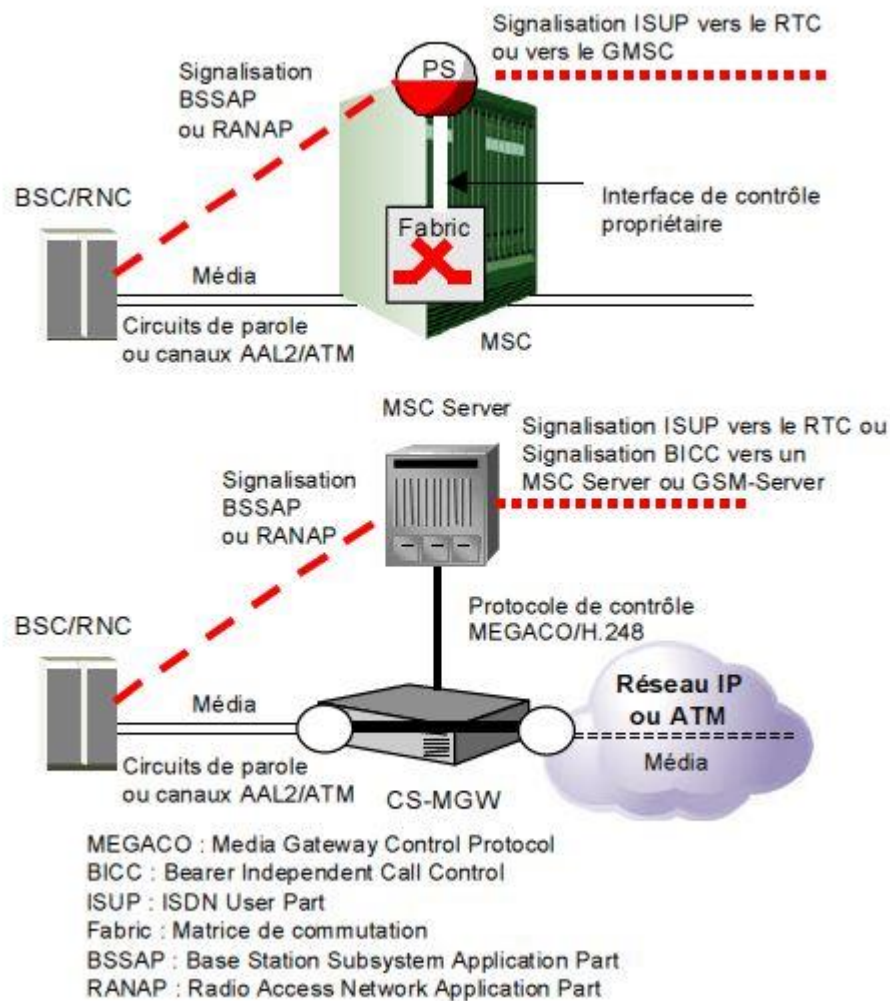


Figure II.12: Domaine CS dans l'UMTS R3 et l'UMTS R4

Une autre fonction doit être introduite afin de permettre au MSC Server de recevoir la signalisation BSSAP/RANAP sur SIGTRAN. Il s'agit de la fonction Signaling Gateway (SG) (Figure II.13). SIGTRAN fournit des adaptations et un transport fiable de la signalisation SS7 sur IP.

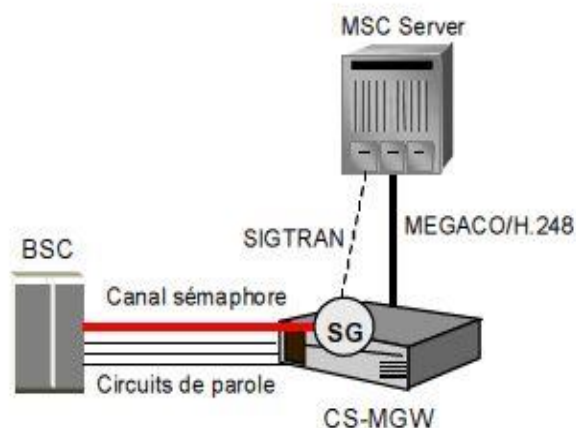


Figure II.13: Signaling Gateway entre l'accès radio et le domaine CS de l'UMTS R4

Un BSC dispose de liens 2 Mbit/s avec le CS-MGW. Sur ce lien sont multiplexés des circuits de parole et un canal sémaphore (SS7) pour le transport des messages de signalisation BSSAP. Ces messages sont reçus par le Signaling Gateway (SG) alors que la parole est reçue et traitée directement par le CS-MGW. Le SG convertit le transport pour l'acheminement de la signalisation BSSAP entre le BSC et le MSC Server. La signalisation BSSAP est échangée sur SS7 entre le BSC et le SG et sur SIGTRAN entre le SGW et le MSC Server. Par contre, le SG n'analyse pas les messages BSSAP.

Par ailleurs, le MSC Server/GMSC Server doit échanger la signalisation ISUP avec le RTC.

Un autre Signaling Gateway est donc présent entre le Class 5/Class4 Switch et le MSC Server/GMSC Server comme le montre la figure 3. Ce SG peut être intégré dans le CS-MGW si le mode SS7 est associé, ou être indépendant si le mode SS7 est quasi-associé.

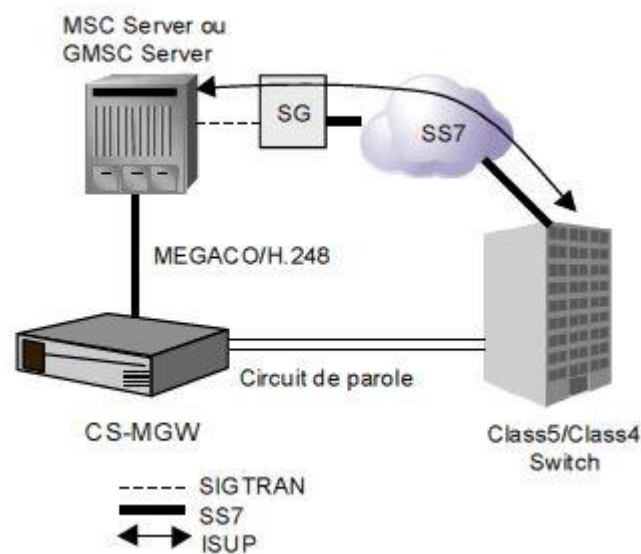


Figure II.14: Signaling Gateway entre RTC et domaine CS UMTS R4

4. Le TMSC server:

Dans les applications, une structure en couche est utilisée dans les réseaux de grande étendue. Étant un office de liaison, le TMSC server assure les fonctions suivantes :

- Analyse du routage
- Acheminement des appels intra réseau

5. Interfaces CN de la R4:

- **Interface Mc (GMSC Server-MGW) :** adoption du H.248, pour traitement flexible de la connexion pour le mode multi appel, multi media.
- **Interface Nc (MSC Server- GMSC Server) :** pour le contrôle des appels entre offices. Elle adopte le protocole BICC.

- **Interface Nb (entre MGWs):** pour le transfert de la signalisation et des informations utilisateur (voix, données, photos, media) dans la couche transport, et assure le transfert des différents formats de trames de media. Adoption des protocoles RTP/UDP/IP et AAL2/ATM.

II.6 Les familles de protocoles d'un réseau NGN:

La convergence des réseaux voix/données ainsi que le fait d'utiliser un réseau en mode paquet pour transporter des flux multimédia, ayant des contraintes de « temps réel », a nécessité l'adaptation de la couche contrôle. En effet ces réseaux en mode paquet étaient généralement utilisés comme réseau de transport mais n'offraient pas de services permettant la gestion des appels et des communications multimédia. Cette évolution a conduit à l'apparition de nouveaux protocoles, principalement concernant la gestion des flux multimédia, au sein de la couche Contrôle.

II.6.1 Les protocoles de contrôle d'appel:

Les protocoles de contrôle d'appel permettant l'établissement, généralement à l'initiative d'un utilisateur, d'une communication entre deux terminaux ou entre un terminal et un serveur. Les principaux sont :

II.6.1.1 Le protocole historique : H.323:

Développé par l'Union Internationale des Télécommunications (UIT-T), le protocole H.323 est le protocole de contrôle d'appel sur IP le plus ancien. Nous observons une mutation de la norme H.323 vers les NGN. La version 4 de H.323 permet une dissociation des couches Transport et Contrôle : c'est une mutation de la norme H.323 vers les NGN. Cela apporte au protocole H.323 la capacité d'être utilisable sur des réseaux opérateurs, alors qu'il avait été conçu à l'origine pour des réseaux locaux. Il assure la gestion de la qualité de service de bout en bout grâce à l'utilisation des protocoles RTP et RTCP. Les protocoles RTP et RTCP garantissent la qualité des communications multimédia en mode paquets (gestion et contrôle des flux temps réel). Pouvant être mis en œuvre au-dessus d'IP ou d'ATM. En outre il apporte des services supplémentaires qui ont été normalisés :

- les appels en attente (H.450.4)
- le « parquage d'appels » (H.450.5)
- le signal d'appel (H.450.6)
- le service d'identification (H.450.8)
- le renvoi d'appel (H.450.9)
- la tarification d'appel (H.450.10)
- le service d'intrusion (H.450.11)

Il est établi que la signalisation des appels et la synchronisation (H.225) se passent entre MSC-Server; par contre le protocole utilisé pour l'échange des capacités entre les terminaux, la négociation de canal et le contrôle de flux média entre les terminaux H.323 (H.245) peut s'effectuer entre MGW ou MSC-Server. Il établit la correspondance entre les messages ISUP et H.323 pour les appels IP-RTC et RTCIP.

II.6.1.2 Le protocole SIP-T : Session Initiation Protocol for Telephone:

Défini par le RFC 3261, l'Internet Draft SIP-T (SIP pour la téléphonie) de l'IETF définit la gestion de la téléphonie par le protocole SIP ainsi que l'interconnexion avec le RTC. Cependant uniquement avec le protocole SS7/ISUP. SIP-T préconise :

- L'encapsulation des messages ISUP à l'intérieur de messages SIP, permettant la transmission de façon transparente de la signalisation ISUP dans le cas de transit par un réseau IP.
- Le renseignement de l'en-tête du message SIP par les informations contenues dans le message ISUP, permettant d'acheminer le message correctement à travers le réseau IP et de terminer les appels sur un terminal SIP.

C'est un protocole de signalisation pour l'établissement d'appel et de conférences temps réel sur des réseaux IP. Il utilise aussi les protocoles RTP et RTCP pour gérer la qualité de service de bout en bout.

II.6.1.3 Le protocole BICC : Bearer Independant Call control:

Le 3GPP suggère l'utilisation du protocole BICC défini par l'ITU-T. Le protocole BICC est une extension du protocole ISUP pour permettre la commande d'appel et de services téléphoniques sur un réseau de transport IP ou ATM. Le protocole BICC a pour objectif la gestion de la communication entre serveurs d'appel, indépendamment du type de support, permettant aux opérateurs de réaliser une migration de leurs réseaux RTC/RNIS/GSM vers des réseaux en mode paquet. Il encapsule les messages ISUP à l'intérieur de messages IP.

Le protocole BICC est donc (ou sera à court terme) compatible aussi bien avec les protocoles de contrôle d'appel SIP et H.323 qu'avec un transport en mode IP ou ATM.

Cependant au vu des tendances à moyen/long terme concernant le choix du protocole de contrôle d'appel (plutôt SIP au détriment de H.323) et au vu du support important de BICC dans le domaine télécoms, le choix du protocole de signalisation entre serveurs d'appel NGN se fera vraisemblablement entre BICC et SIP-T.

II.6.2 Les protocoles de commande de Media Gateway:

Les protocoles de commande de Media Gateway sont issus de la séparation entre les couches Transport et Contrôle et permettent au Softswitch ou Media Gateway Controller de gérer les passerelles de transport ou Media Gateway. MGCP (Media Gateway Control Protocol) de l'IETF et H.248/MEGACO, développé conjointement par l'UIT et l'IETF, sont actuellement les protocoles prédominants.

II.6.2.1 Le protocole historique : MGCP

Le Media Gateway Control Protocol (MGCP, RFC 2705), protocole défini par l'IETF, a été conçu pour des réseaux de téléphonie IP utilisant des passerelles VoIP. Il gère la communication entre les Media Gateway et les Media Gateway Controller. Ce protocole traite la signalisation et le contrôle des appels, d'une part, et les flux média d'autre part.

Les différents éléments qui utilisent MGCP sont :

- La Signalling Gateway qui réalise l'interface entre le réseau de téléphonie (Signalisation SS7) et le réseau IP. Elle termine les connexions des couches basses de SS7 et transmet les messages ISUP à la MGC.
- Le Media Gateway Controller (MGC) ou Call Agent qui opère l'enregistrement, la gestion et les contrôles des ressources des Media Gateway. Elle coordonne l'établissement, le contrôle et la fin des flux média qui transitent par la Media Gateway.
- La Media Gateway (MG) qui est le point d'entrée ou de sortie des flux média à l'interface avec les réseaux IP et téléphoniques. Elle effectue la conversion des médias entre le mode circuit (téléphonique) en le mode paquet (IP).

II.6.2.2 Le protocole alternatif : MEGACO/H.248

Le groupe de travail MEGACO (Media Gateway Control) a été constitué en 1998 pour compléter les travaux sur le protocole MGCP au sein de l'IETF.

Depuis 1999, l'UIT et l'IETF travaillent conjointement sur le développement du protocole MEGACO/H.248 ; c'est un standard permettant la communication entre les Media Gateway Controller (MGC) et les Media Gateway (MG). Il est dérivé de MGCP et possède des améliorations par rapport à celui-ci :

- Support de services multimédia et de vidéoconférence.
- Possibilité d'utiliser UDP ou TCP.
- Utilise le codage en mode texte ou binaire.

II.6.3 Le Protocole de signalisation sur IP:

La signalisation SIGTRAN permet l'adaptation et le transport de la signalisation SS7 sur les réseaux IP. Il est aussi appelé SCTP par abus de langage. Il définit le protocole de contrôle entre :

- Les Signalling Gateways (SG), qui reçoivent la signalisation SS7 sur TDM, et la convertissent en SS7 sur IP.
- Les MSC-Servers, qui interprètent la signalisation SS7 sur IP.
- Et les « signalling points » du réseau IP (serveurs de contrôle d'appel). Les couches d'adaptation définies par SIGTRAN ont toutes des objectifs communs :
- Le transport des protocoles de signalisation des couches supérieures, basé sur un protocole de transport fiable sur IP qui est le protocole SCTP.
- La garantie d'une offre de services équivalente à celle proposée par les interfaces des réseaux TDM.
- La transparence du transport de la signalisation² sur un réseau IP : l'utilisateur final ne se rend pas compte de la nature du réseau de transport.
- La possibilité de pouvoir supprimer dès que possible les couches basses du protocole SS7.

La figure(II.15) montre la pile de protocoles de la signalisation SIGTRAN telle que définie par le RFC 2719.

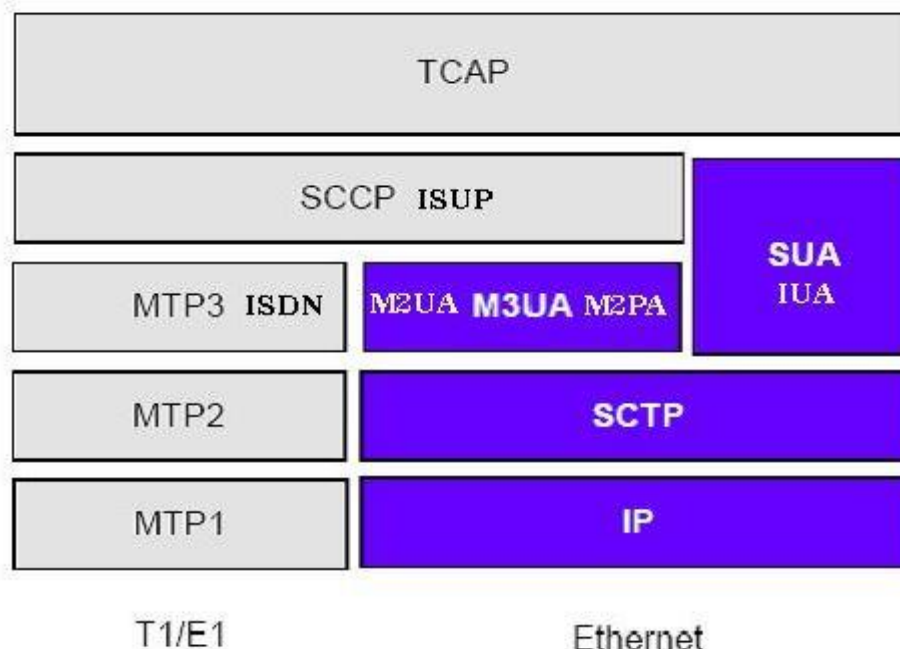


Figure II.15: Pile de protocole SIGTRAN

II.7 Le Handover dans l'UMTS:

L'UMTS supporte deux catégories de handovers : soft handover et hard handover.

Un **soft handover** survient entre deux cellules ou deux secteurs qui sont supportés par différents Node B. L'UE transmet ses données vers différents Node B simultanément et reçoit des données de ces différents Node B simultanément. Dans le sens descendant, les données utilisateur délivrées à l'UE sont émises par chaque Node B simultanément et sont combinées dans l'UE. Dans le sens montant, les données utilisateur émises par l'UE sont transmises à chaque Node B qui les achemine au RNC où les données sont combinées.

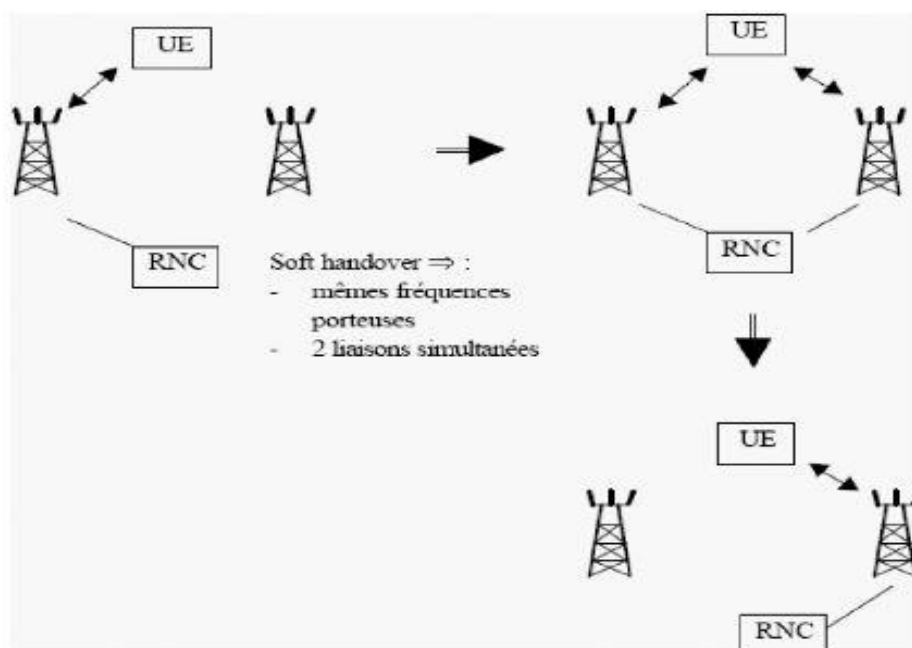


Figure II.16: Soft Handover

Un **hard handover** survient dans différentes situations, telles que entre cellules utilisant des fréquences différentes (handover inter-fréquences) ou entre cellules rattachées à des RNCs différents sans que ceux-ci disposent d'une interface Iur entre eux ou lors d'un handover FDD/TDD puisque l'UE ne peut utiliser qu'une technologie d'accès à un instant donné. Le hard handover est aussi réalisé dans le cas d'un handover entre une cellule UMTS et une cellule GSM/GPRS (handover inter-système). Au début du déploiement des réseaux UMTS, les handovers vers le GSM seront nécessaires pour assurer une couverture continue.

Dans tous les cas, la décision de handover est prise par le Serving RNC, sur la base des mesures radio qui lui sont rapportées par l'UE.

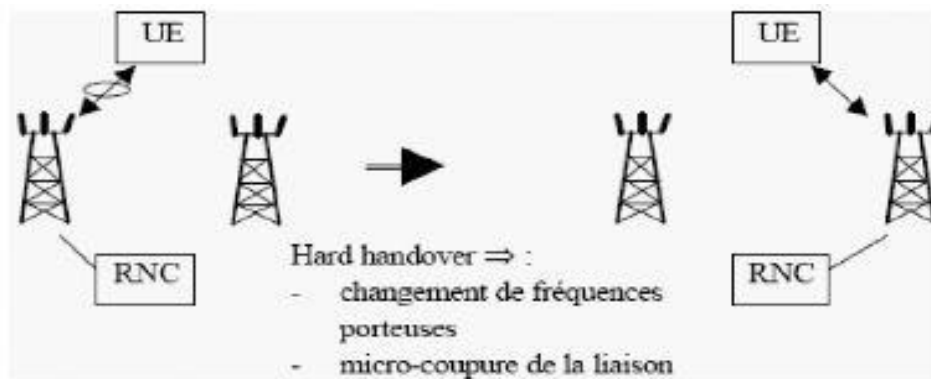


Figure II.17: Hard Handover

Comme pour le GSM, il existe différents types de handover en UMTS

- Handover Intra-Cellulaire (intra-cell handover) : Il s'agit du cas où le mobile ne change pas de cellule, mais change de fréquence/code.
- Handover inter-cellulaire, intra-Node B : La session radio est transférée d'une cellule à une autre, les deux étant sous la responsabilité du même Node B. Dans le cas, d'un Node B fonctionnant en dual mode, le handover intra Node B inclut le changement de mode (TDD↔FDD). Ce type de handover peut être un soft ou hard handover.
- Handover inter-Node B, intra-RNC : Ce type concerne un changement de Node B. Ce type de handover peut être soft ou hard.
- Handover inter-Node B, inter-RNC avec interface Iur : Il s'agit d'un changement de cellules sous le contrôle de différents RNC. Ce scénario nécessite deux procédures, celle de handover et celle de "SRNS Relocation". Ce type de handover peut être soft ou hard.
- Handover inter-Node B, inter-RNC sans interface Iur : Il ne peut être réalisé qu'à travers un hard handover.
- Handover Inter-CN : Il s'agit d'un changement de cellules appartenant à des réseaux de base différents (e.g., inter-PLMN handover). Il ne peut être réalisé qu'à travers un hard handover.
- Handover Intra-CN (UTRAN-GSM/GPRS) : Il s'agit d'un handover entre l'UTRAN et une BSS GSM/GPRS. Il ne peut être mis en oeuvre que par un hard handover. Comme, il n'existe pas d'interface entre l'UTRAN et la BSS, ce type de handover est donc pris en charge par le réseau de base comme un handover inter-BSC dans le réseau GSM.

II.8 Conclusion :

L'UMTS (Universal Mobile for Telecommunication System) fait partie des tout derniers systèmes de télécommunication, il est encore dans sa phase de développement.

Grâce à son haut débit et la largeur de sa bande de fréquence, il est arrivé à exploiter d'une façon très prometteuse les avantages de la technologie de la 3^{ème} génération ; ainsi en plus des services traditionnellement connus dans la seconde génération ; d'autres services imposés par les besoins de l'utilisateur ont vus le jour en l'occurrence la transmission des images de vidéo et la consultation sur Internet à haut débit et autres.

Mais aussi d'autres applications qui nécessitent un haut débit ont un travail en temps réel à l'image de la télémédecine.

Sans doute, d'autres applications vont profiter des services offerts par l'UMTS. Ces dernier sont très nombreux on a cité quelques-uns mais sûrement on a oublié d'autres, c'est pour cela que nous proposons aux autres étudiant de bien vouloir approfondir dans ce sujet.

III.1 Introduction :

Les opérateurs de télécommunication sont confrontés au quotidien à l'alignement d'un compromis mettant à l'épreuve les cadres décideurs qui adressent et mesure le risque de saturation de leurs réseau face au coût requis pour la mise en œuvre d'un réseau fortement performant. Il est donc essentiel d'éviter aux abonnés d'un opérateur qui affiche l'ambition de déployer la 3G une dégradation de la qualité en raison des nombreuses ressources en termes de bande passante et de puissance de traitement des nœuds prévus pour la mise en œuvre du nouveau service. Par conséquent, il est utile de fournir un model pragmatique pour un juste dimensionnement du réseau et une méthodologie stricte menant à la mesure des risques de dégradation ou d'indisponibilité des nouveaux services.

Le présent chapitre synthétise les méthodes de sécurisation et met l'accent sur les seuils recommandés évitant une surcharge des ressources matériel ou des connectivités réseaux et de prédire un nombre optimal de différentes entités du réseau Rel 4.

III.2 Présentation des équipements 3G de MOBILIS :

Depuis la migration de son réseau cœur vers la plateforme NGN, l'opérateur MOBILIS s'est doté d'équipements NGN issus du constructeur Chinois HUAWEI.

Dans la solution NGN de HUAWEI, la fonction de commutation du MSC est assurée par deux équipements distincts : le MSOFT X3000 qui joue le rôle de MSC server et l'UMG 8900 qui représente la MGW et qui est pilotée par le MSOFT X3000. Le MSOFT X3000 et l'UMG 8900 sont essentiellement les équipements de la commutation NGN dans le réseau cœur de MOBILIS

III.2.1 La commutation NGN HUAWEI :

III.2.1.1 Le MSOFT X3000 :

Le MSOFT X3000 (Mobile Softswitch X3000) fonctionne comme MSC-Server au niveau de la couche contrôle du réseau cœur dans les NGN. Il est compatible TDM, c'est-à-dire peut fournir la fonction MSC des réseaux TDM. Il supporte les protocoles CAP, CAMEL 1, 2, 3 et 4 et également à la fois les réseaux 2G et 3G ; et fait la signalisation SIGTRAN et SS7. Il est chargé de :

- La gestion de la Mobilité
- La gestion de la Sécurité
- La contrôle des Handovers Intra-MSC et Inter-MSC
- Le traitement des Appels : gestion de la mobilité, établissement, libération d'appel.
- Taxation : gestion des CDR et redirection vers le BC pour la taxation, communication avec l'IN ou l'IMS pour la taxation des services.
- La fonction de Point de Commutation de Service (SSP7) dans le cas des réseaux TDM : allocation, ordre de connexion et libération de canaux RTP ou de circuits de communication en cas d'utilisation TDM.

Il contient aussi un VLR pour le contrôle des données relatives aux abonnés et les données relatives au CAMEL. Lors de la connexion avec la MGW, le MSOFTX3000 fonctionne comme contrôleur du MGW (MGCF). Il assure l'interconnexion entre l'IP multimedia subsystem (IMS) et le domaine CS.

NB : *Le SSP assure toutes les fonctions de base de la commutation pour le réseau mobile. Dans la solution Alcatel, la fonction de commutation du MSC est assurée par deux équipements distincts : le SSP (SSP : Service Switching Point) et le RCP (Radio Command Point). Le SSP est piloté par le RCP qui joue aussi le rôle de VLR. La solution Alcatel permet d'avoir un seul SSP et plusieurs RCP, ce qui permet à l'opérateur d'augmenter la capacité d'abonnés sans devoir ajouter de SSP.*

Le MSOFT X3000 est composé de bâtis à l'intérieur desquels on trouve des châssis contenant des slots pour l'emplacement de cartes. Il peut être configuré avec un maximum de trois bâtis numérotés de 0 à 2. Le bâti avec le châssis de base est le bâti à configuration intégrale, ayant le numéro 0, et incluant deux châssis, le BAM et l'IGWB. Le bâti de service peut contenir 4 châssis de services. Le numéro du bâti doit correspondre avec la position du bâti lors de la configuration, pour que le système puisse générer des informations d'alarmes correctes si un problème a eu lieu lors de l'opération. Ainsi la configuration maximale contient-elle un châssis de base et 9 châssis d'extension. Le châssis de base a le numéro 0 et les autres sont numérotés de 1 à 9 du bas vers le haut suivant les numéros des bâtis. Un châssis contenant 21 slots peut donc accueillir 21 cartes numérotées de 0 à 20. Les cartes de face sont numérotées de gauche à droite et les cartes dorsales sont numérotées de droite à gauche. Les cartes sont rangées dans les slots selon leur type :

Chapitre III : Equipements et politique de sécurisation d'un Réseau 3G R4

- Les WSMUs (et les cartes dorsales WSIUs) sont insérées dans les slots 6 et 8.
- La carte WALU est insérée dans le slot de face numéro 16.
- La carte WHSC est insérée dans les slots dorsales numéros 7 et 9, et pas de cartes présentes dans les slots de face correspondants.
- Chaque UPWR occupe deux slots, et il y a deux cartes UPWR de face et deux cartes UPWR dorsales. Les numéros des slots désignés sont 17 et 19.
- Les autres slots (0–5, 10–15) correspondent aux cartes de traitement des services (incluant le WCCU, WCSU, WBSG, WIFM, WAFM, WCDB, WVDB, et WMGC).

Les caractéristiques du MSOFT X3000 et ses capacités sont présentées respectivement dans les tableaux III.1 et III.2.

| Paramètres | Spécification |
|---|--|
| Disponibilité du système (A) | $\geq 99.99953\%$ |
| Temps moyen de réparation (MTTR: Mean Time To Repair) | ≤ 1 h (seulement temps de réparation) |
| Durée du basculement entre cartes | < 6 secondes |
| Durée pour le démarrage d'un système à un seul Châssis | < 6 minutes |
| Durée pour le démarrage d'un système à configuration maximale | < 30 minutes |
| Durée du basculement en cas du mode Dual-homing | < 3 minutes |

Tableau III.1: Caractéristiques du MSOFT X3000

| Paramètres | Spécification |
|--|-----------------------|
| Nombre maximal de MGW contrôlées | 300 |
| Nombre maximal de RNC accessibles | 128 |
| Nombre maximal de BSC accessibles | 128 |
| Bande maximal pour la signalisation SIGTRAN sur IP | 4×100 Mbit/s |
| Nombre maximal de liens TDM à 64-kbit/s | 1728 |
| Nombre maximal de liens TDM à 2-Mbit/s | 108 |
| Nombre Maximal de liens SCTP | 2304 |

Tableau III.2: Capacités du MSOFT X3000

Chapitre III : Equipements et politique de sécurisation d'un Réseau 3G R4

La figure III.1 ci-dessous montre un exemple de configuration matérielle du bâti principal du MSOFT X3000.

| MSOFTX3000 Integrated Configuration Cabinet | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|--------|-----|--------|-----|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| Power distribution box | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| WEM | WEM | WEM | WEM | | | W S/U | WEC | W S/U | WEC | | | | | | | | UPWR | | UPWR | |
| WESU | WESU | WESU | WESU | WESU | WESU | W S/MU | | W S/MU | | WESU | WESU | WEDB | WEDB | WESG | WESBG | WALLU | UPWR | | UPWR | |
| Fan sub-ra | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| WEM | WEM | WEM | WEM | | | W S/U | WEC | W S/U | WEC | WBF1 | WBF1 | | | WCK1 | | WCK1 | | UPWR | | UPWR |
| WESU | WESU | WESU | WESU | WEDB | WEDB | W S/MU | | W S/MU | | WTFM | WTFM | WMEG | WMEG | WEDB | WEDB | WALLU | UPWR | | UPWR | |
| Fan sub-rack | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dummy pannel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| KVMS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lanswitch 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lanswitch 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dummy pannel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BAM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| iGWB1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| iGWB0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| XPTU | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LSW1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LSW0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dummy pannel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figure III.1: Exemple de configuration matérielle du MSOFT X3000

III.2.1.2 L'UMG 8900 :

L'UMG 8900 (Universal Media Gateway 8900) joue le rôle de MGW. Il fonctionne avec le MSOFT X3000. Son fonctionnement supporte tous les services voix et données de faible débit que peut fournir un réseau GSM. Il permet aussi la transmission en mode IP donc une transition progressive du réseau TDM vers le 'tout IP'. En effet le hardware de l'UMG 8900 a été conçu pour supporter à la fois les services à commutation de circuit et de paquet : Une plateforme de commutation Paquet/TDM intégrée qui peut facilement évoluer vers le tout IP par mise à jour logicielle.

Il fonctionne comme une entité de transport pour la voix et données au niveau du réseau cœur. Il assure la transmission des flux de services et transforme les flux de média dans un même réseau et entre réseau mobile et réseau fixe. Il peut aussi jouer le rôle de passerelle de signalisation (Signaling Gateway SG).

Ainsi, Son architecture fonctionnelle est composée de plusieurs sous-systèmes qui sont :

- Le sous-système de Contrôle du Gateway
- Le sous Système de Traitement Paquet
- Le sous Système de Traitement TDM
- Le sous Système de Ressources des Services
- Le sous Système de Transfert de la Signalisation

Les capacités de l'UMG 8900 sont présentées dans le tableau III.3 ci-dessous

| Type d'interface | Nombre Maximum |
|----------------------------------|----------------|
| E1/T1 | 7168 |
| E3/T3 | 504 |
| STM-1 SDH / OC-3 SONET | 112 |
| Fast Ethernet (trafic) | 112 |
| Fast Ethernet (H.248 : contrôle) | 10 |
| Fast Ethernet (SIGTRAN) | 2 |
| Gigabit Ethernet (trafic) | 14 |
| STM-1 POS | 54 |
| Fast Ethernet (OSS) | 2 |

Tableau III.3: Capacités de l'UMG 8900

III.3 Les techniques de sécurisation dans les réseaux NGN:

La sécurité dans un réseau NGN consiste à garantir l'accès aux services et aux ressources afin de permettre la disponibilité totale du réseau. Dans cette partie, nous décrivons les mécanismes de sécurité habituels, utilisés pour assurer la redondance en cas de problème. L'ensemble de ces mécanismes représente ce que l'on est en droit d'attendre d'une architecture de réseau NGN sécurisée.

III.3.1 Le MGW Load sharing:

III.3.1.1 Description du mode :

Dans ce mode, un BSC/RNC peut être connecté à plusieurs MGW afin de sécuriser l'accès aux services à travers les MGW. Les MGW s'échangent des ressources de telle sorte que lorsqu'une MGW est défaillante, la charge du trafic du BSC/RNC est gérée automatiquement par un autre sans interruption du trafic. Le schéma ci-dessous montre le principe :

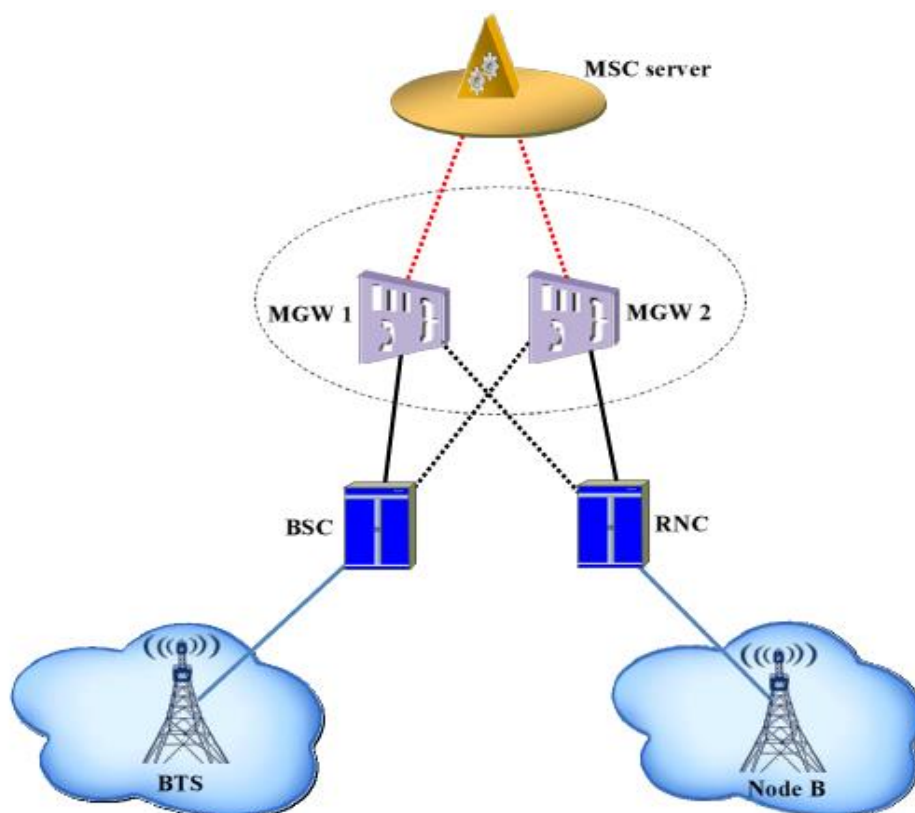


Figure III.2: Architecture mode MGW Load sharing

III.3.1.2 Avantages et inconvénients :

Cette technique est moins coûteuse et assure une redondance des MGW. Par contre elle se limite à la sécurité des MGW et donc évite la congestion partielle. Le risque de congestion globale est important car les MSC servers ne sont pas redondants.

III.3.2 Le Dual Homing:

Cette technique basée sur **la réplication** permet de mettre en place une politique de gestion de la sécurité des MGW. Dans cette technique, le MSC server fonctionnant dans le réseau (appelé MSC server actif) peut être configuré avec un second MSC server backup (appelé MSC server standby). Dans les conditions normales le MSC server actif opère la signalisation et offre les autres services. Quand celui-ci est défaillant, le MSC server standby utilise des liens de relai de charges existants entre les deux MSC server pour détecter les failles sur le MSC server actif afin de prendre le contrôle des MGW. Cette technique comprend quatre modes de connexion des MSC Servers

III.3.2.1 Le mode 1+1 backup (master/slave) :

III.3.2.1.1 Description du mode :

Dans ce mode un MSC server est configuré en actif ou master et l'autre s'interconnecte en backup aux MGW du master. Seul le master est actif et en cas de surcharge ou de chute du master, le second appelé slave prend immédiatement le contrôle de toutes les MGW. Le schéma suivant est une illustration de ce mode ;

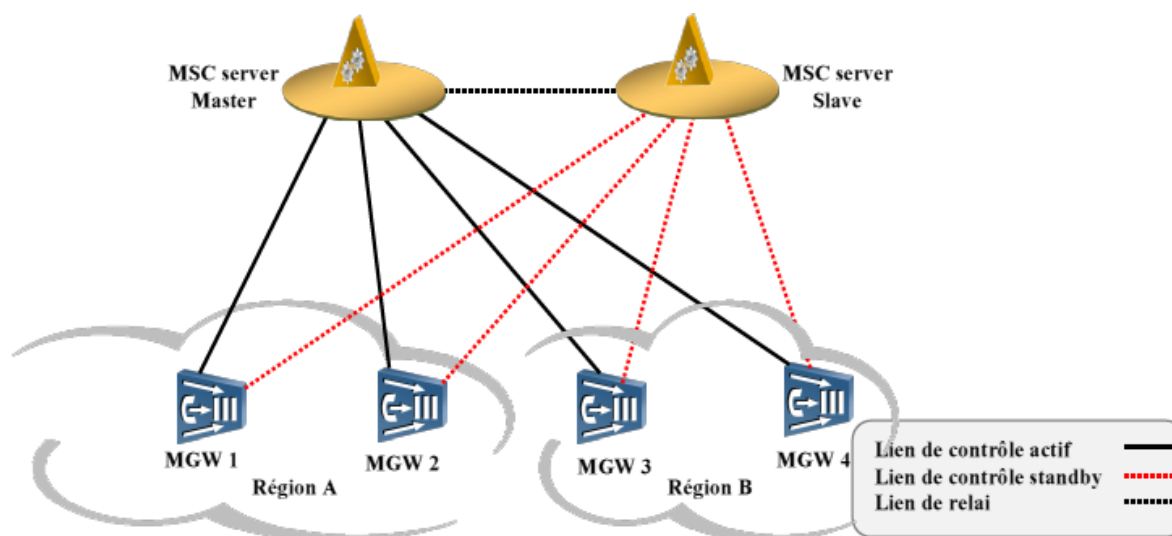


Figure III.3: Architecture mode 1+1 backup (master/slave)

III.3.2.1.2 Avantages et inconvénients :

Cette technique est très facile à déployer. Elle permet un fonctionnement du réseau en mode dégradé. Elle peut être efficace si le trafic est moins dense. Néanmoins, en cas de dysfonctionnement d'un MSC-Server, il faut que le second soit capable de supporter toutes les charges du réseau ; ce qui ne résout pas forcément le problème car les charges sont sur un autre MSC server qui risque de se congestionner à son tour.

III.3.2.2 Le mode 1+1 backup avec assistance mutuelle (Load sharing) :

III.3.2.2.1 Description du mode :

Dans ce mode chaque MSC server est configuré en actif et en standby. Chacun des MSC servers contrôle ses MGW, mais en cas de congestion ou de chute de l'un, les MGW sont automatiquement gérés par l'autre en plus de ses MGW. La figure III.4 nous montre ce mode.

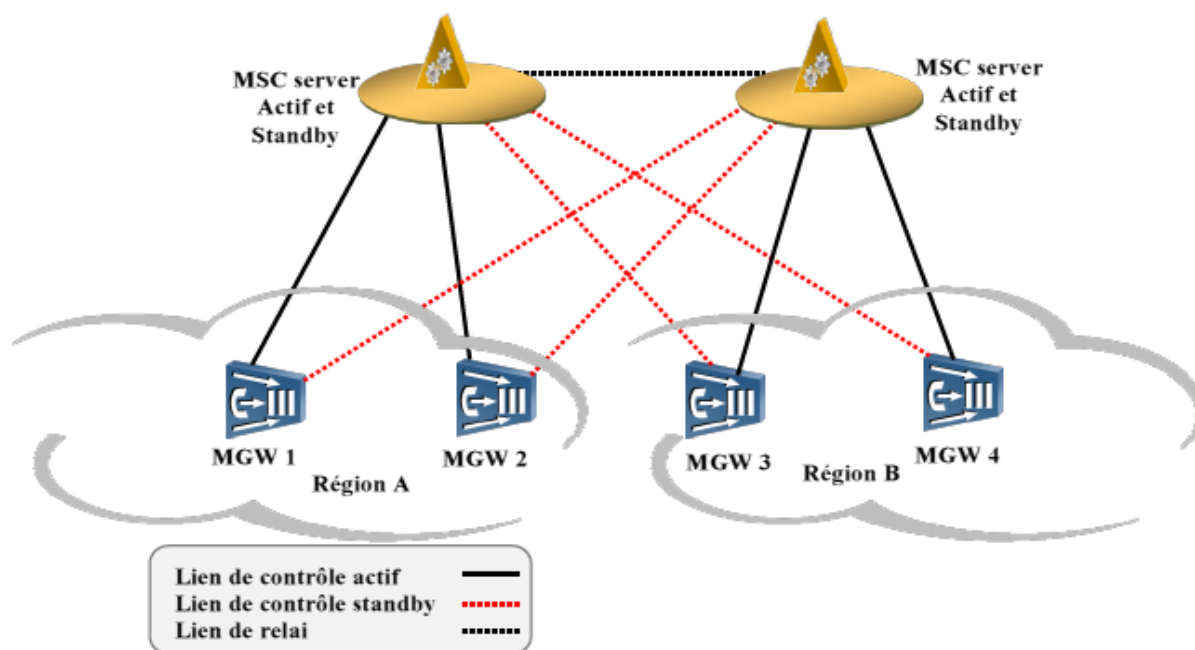


Figure III.4: Architecture mode 1+1 avec assistance mutuelle (Load sharing)

III.3.2.2.2 Avantages et inconvénients :

Cette technique assure une mutualisation des charges du réseau donc présente une bonne tolérance aux pannes. Elle permet ainsi de réduire les risques de congestion globale du réseau. En revanche, elle ne prend en compte que la défaillance d'un MSC-Server. Donc si une MGW chute les trafics gérés par celle-ci sont interrompus ; ce qui n'évite pas la congestion partielle du réseau.

III.3.2.3 Le mode N+1 backup (master/slave) :

III.3.2.3.1 Description du mode :

Ce mode présente un système avec N MSC server actifs et un MSC Server supplémentaire configuré en standby pour la sécurité de contrôle des MGW. En cas de surcharge ou de chute d'un MSC server actif, le standby prend immédiatement le contrôle de ses MGW. L'architecture montre un mode backup avec N=2.

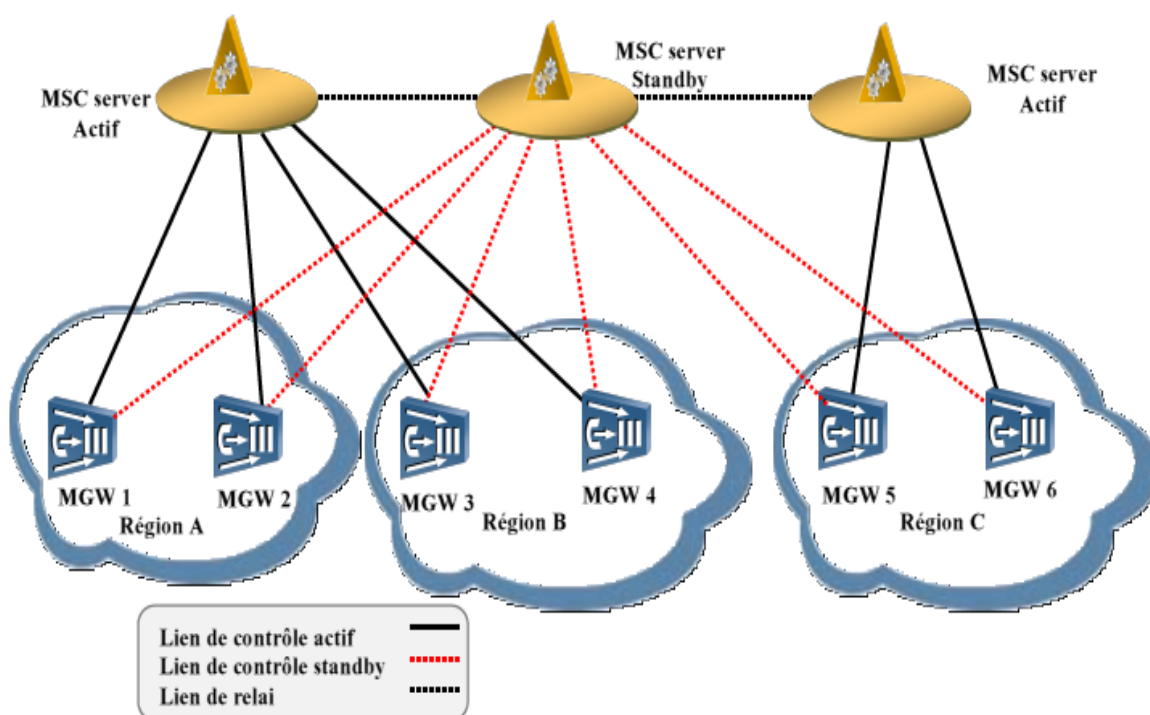


Figure III.5: Architecture mode N+1 backup (master/slave)

III.3.2.3.2 Avantages et inconvénients :

Cette technique permet de sécuriser les MSC serveurs par l'ajout d'un serveur backup dans le réseau. Elle peut être efficace si tous les MSC serveurs ne chutent pas au même moment. Néanmoins sa mise en place nécessite qu'en cas de fonctionnement normal du réseau, un MSC server soit inutilisé dans le réseau, ce qui présente un coût considérable. Aussi, un inconvénient majeur réside dans la limite de gestion des charges du réseau en cas de congestion globale.

III.3.2.4 Le mode N+1 backup avec assistance mutuelle (Load sharing) :

III.3.2.4.1 Description du mode :

Dans ce mode, $N + 1$ MSC server sont actifs et parmi eux un MSC Server est configuré en standby pour les autres. En cas de surcharge ou de chute d'un MSC server actif, le standby prend immédiatement le contrôle de ses MGW. Le standby permet le contrôle du trafic d'un MSC server à un instant donné mais ne peut gérer deux MSC servers au même instant.

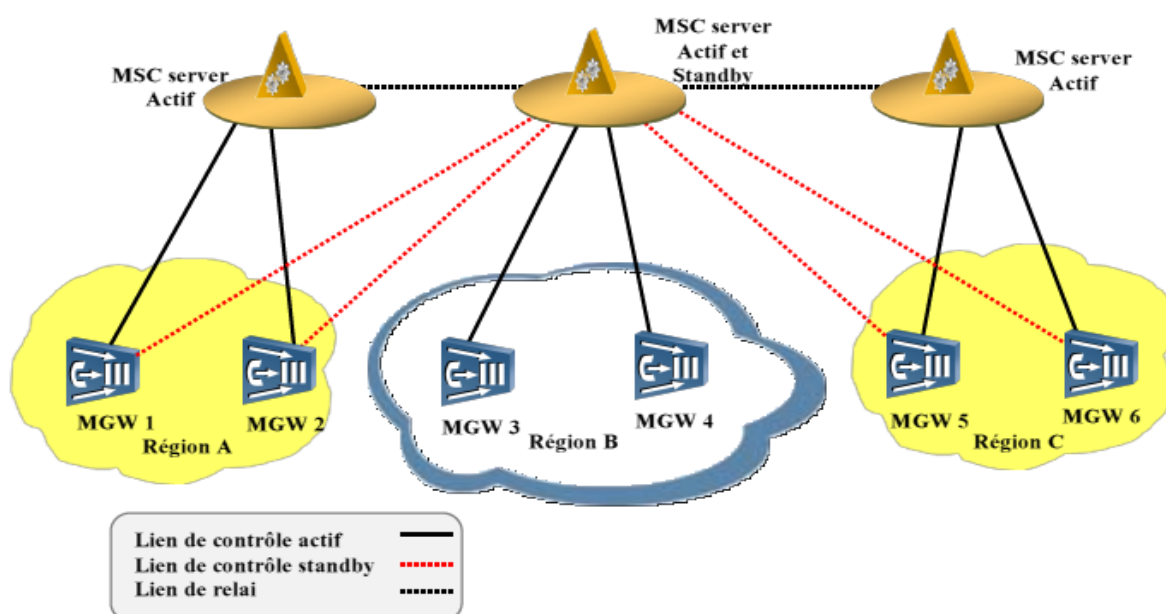


Figure III.6: Architecture mode N+1 avec assistance mutuelle (Load sharing)

III.3.2.4.2 Avantages et inconvénients :

Cette technique permet d'avoir des ressources disponibles en cas de chute d'un MSC server. Le risque de surcharge du MSC server est minime, ce qui est bénéfique pour l'opérateur. Elle présente des avantages intéressants pour les réseaux en perpétuelle évolution car si chaque composant, à son tour, peut continuer à fonctionner lorsque l'un de ses sous-composants est en panne, alors le système entier pourra continuer à fonctionner.

Mais comme dans les autres situations les MGW ne sont pas hors de danger. En effet la centralisation de la redondance au niveau des MSC servers reste l'inconvénient majeur.

III.3.2.5 Le Virtual Server :

Cette technique appelée également Virtual Server Node, permet la gestion de tous les MSC servers actifs par le standby MSC server configuré sur le même MSC server. C'est un partitionnement logique du MSC server afin qu'il soit actif et standby au même instant. Chaque Virtual Server est identifié par un numéro et le Virtual Server 0 est utilisé par le MSC server en actif et les autres sont configurés en actifs ou en standby. Les Virtual MSC servers permettent au MSC server de s'interconnecter à plusieurs MGW par des liens de contrôle standby et à plusieurs MSC servers par des liens de relais.

Ils ont deux états :

- **DESACTIVE** : Le lien de contrôle standby est inactif et en cas de problème sur la MGW, le MSC server standby n'est pas sollicité.
- **ACTIVE** : Le lien de contrôle standby est actif et en cas de problème sur la MGW, le MSC server standby peut être sollicité pour éviter l'indisponibilité du réseau. La figure 11 est une illustration du Virtual Server

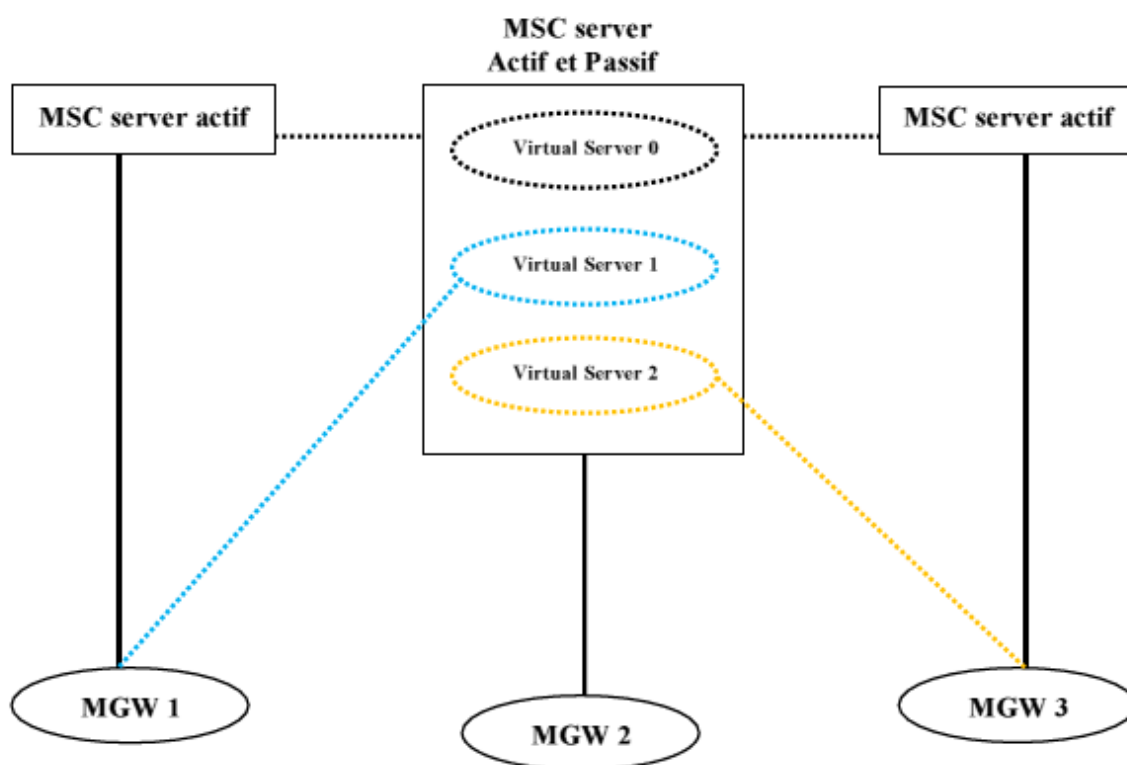


Figure III.7: Le principe du Virtual Server dans le Dual Homing

III.3.3 Le MSC Pool :

Les méthodes de sécurisation dans les réseaux sont orientées aujourd'hui vers les applications distribuées d'autocorrection basée sur un modèle de partage de ressource. Cette structure distribuée protège le réseau entier d'un incident éventuel si toutefois le mécanisme de partage de ressource permet une distribution équitable des charges du réseau entier. Ainsi l'efficacité de réseau est maximisée. Considéré comme une technique de sécurisation évoluée du réseau cœur, le MSC Pool est basée sur le principe de réseau distribué. En effet il permet de relier plusieurs MSC pour former un ensemble de MSC appelé MSC pool, dans lequel les équipements partagent des ressources. Le MSC pool est fondé sur deux principes essentiels :

- La commutation en temps réel (**Load Sharing**): en cas de problème, la correction doit se faire automatiquement pour assurer la communication. La technique du MSC Pool s'assure que les services sur le MSC endommagé ou surchargé soient commutés immédiatement sur d'autres MSC.
- La distribution équitable des charges (**Load Balancing**): Etant donné que la capacité totale du réseau est équivalente à la capacité de tous les commutateurs dans le pool, la fonction de sécurisation du MSC Pool permet un partage équitable de toutes les charges dans le Pool. Ainsi toutes les MSC sont redondantes et la capacité du trafic est améliorée.

Dans cette technique toutes les BSC/RNC sont connectés aux MSC de sorte à former une zone entièrement sécurisée appelée MSC pool area3 . Tous les MSC dans un pool sont informés en temps réel de la charge de trafic supportée par leur voisin, ce qui favorise la distribution de charge. Les figures III.8 et III.9 montrent respectivement le principe général du MSC pool et un pool area constitué de cinq(5) LA (Location Area).

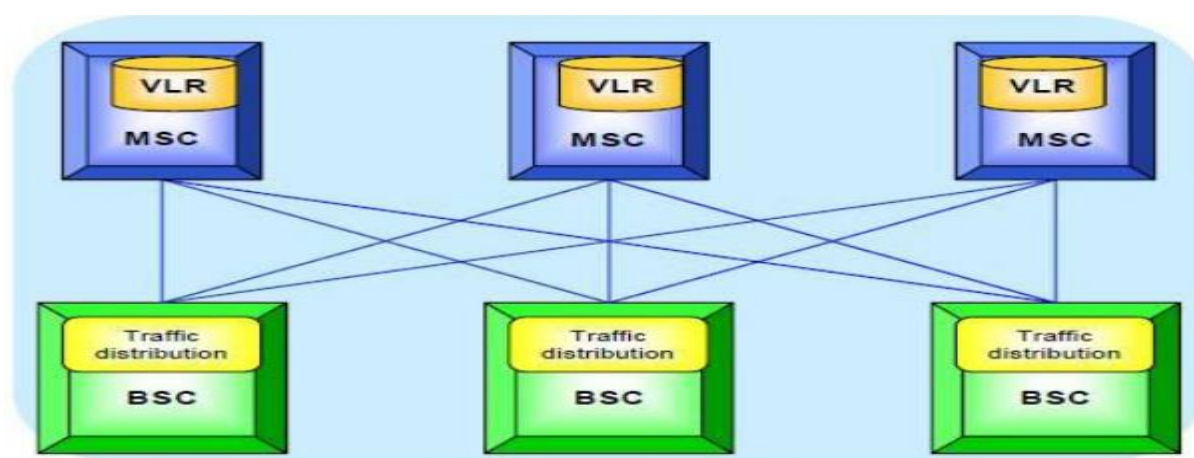


Figure III.8 : Principe général du MSC pool

III.3.3.1 Concept du Roaming intra Pool :

Dans le MSC pool les MSC s'échangent les informations des abonnés en activité les uns des autres. Afin de réduire les messages de signalisation concernant les mises à jour de localisation des MS/UE d'un MSC à un autre, le NRI (Network Identifier Ressource) est introduit dans le TMSI. En effet ce paramètre permet d'identifier un MSC qui gère un MS/UE. Quand un MS/UE s'enregistre dans le VLR d'un MSC qui se trouve dans un MSC pool pour une première fois, un TMSI 4 contenant un NRI lui est alloué pour identifier un unique MSC. Lorsque le MS/UE initie une demande de service, le NRI est contenue dans la requête et le BSC/RNC l'utilise pour router la requête vers le même MSC.

Avec le NRI toutes les requêtes du MS/UE dans un MSC pool area peuvent être routées vers le même MSC correspondant. Ce qui permet de conserver le MSC de départ même en cas de changement de paramètres de localisation du MS/UE. Le Roaming intra pool permet de réduire considérablement la charge de signalisation sur l'interface C/D.

Un MSC dans un MSC pool est identifié par un seul NRI. La capacité en termes d'abonné augmente lorsque le MSC reçoit un nouveau NRI.

Tous les NRI utilisés par les MSC dans le pool doivent être différents. Le NRI a une longueur configurable par l'opérateur entre 0 et 10 bits.

Dans la structure du TMSI le NRI commence à partir du 23ème octet et une valeur 0 pour le NRI signifie que le NRI n'est pas utilisé et le « MSC pool » n'est pas configuré dans le réseau.

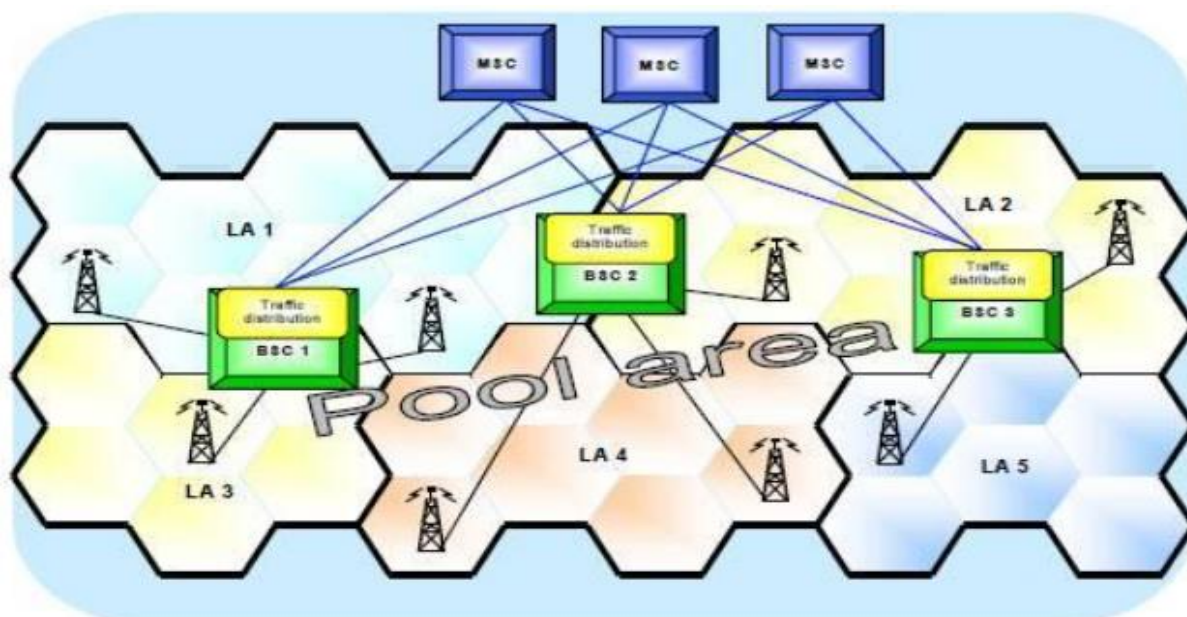


Figure III.9 : Pool Area avec cinq(5) Location Areas

La figure III.10 montre la structure du TMSI dans un MSC pool et NRI de longueur 10 bits.

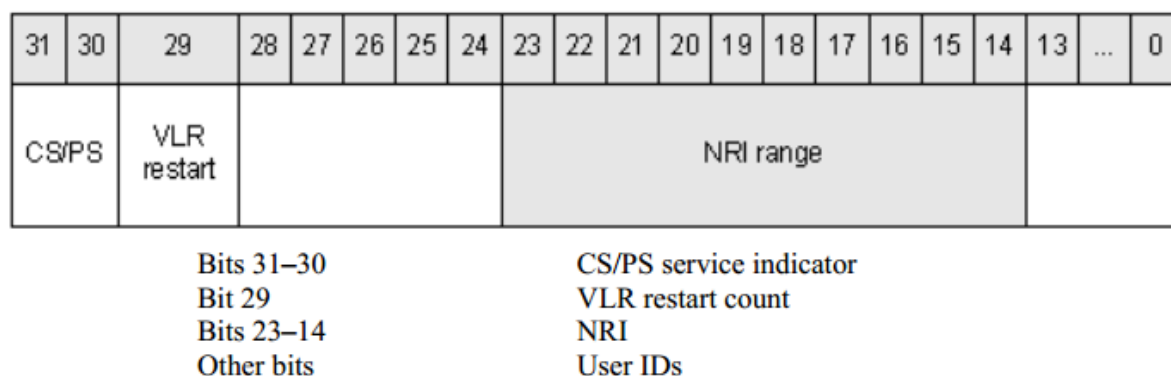


Figure III.10 : Structure du TMSI avec NRI

III.3.3.1.1 La Fonction NNSF :

La fonction NNSF (NAS Node Selection Function) définie dans le 3GPP Intra Domain Connexion of RAN Nodes to Multiple CN Nodes (TS 23.236) [10] est utilisée pour effectuer le roaming intra pool. En effet le BSC/RNC utilisé pour router la requête de mise à jour de localisation vers le MSC sélectionné utilise cette fonction. La fonction NNSF peut être configurée sur une MGW. Dans ce cas, la MGW est utilisée pour sélectionner le MSC server disponible pour effectuer le Load Balancing entre les MSC servers. Le principe de la fonction NNSF est décrit comme suit :

- Le MS/UE envoie une demande de mise à jour de localisation (Location Update Request) au NNSF node
- Le NNSF Node sélectionne un MSC disponible par un algorithme de routage prenant en compte la charge du trafic.
- Le MSC alloue un TMSI au MS/UE contenant le NRI.
- Le MSC choisi envoie une confirmation de mise à jour de localisation (Location Update Complete) au MS/UE avec le TMSI
- Le NNSF Node route effectuée le routage vers le CN Node correspondant.

La figure III.11 suivante illustre l'utilisation du mécanisme de la fonction NNSF .

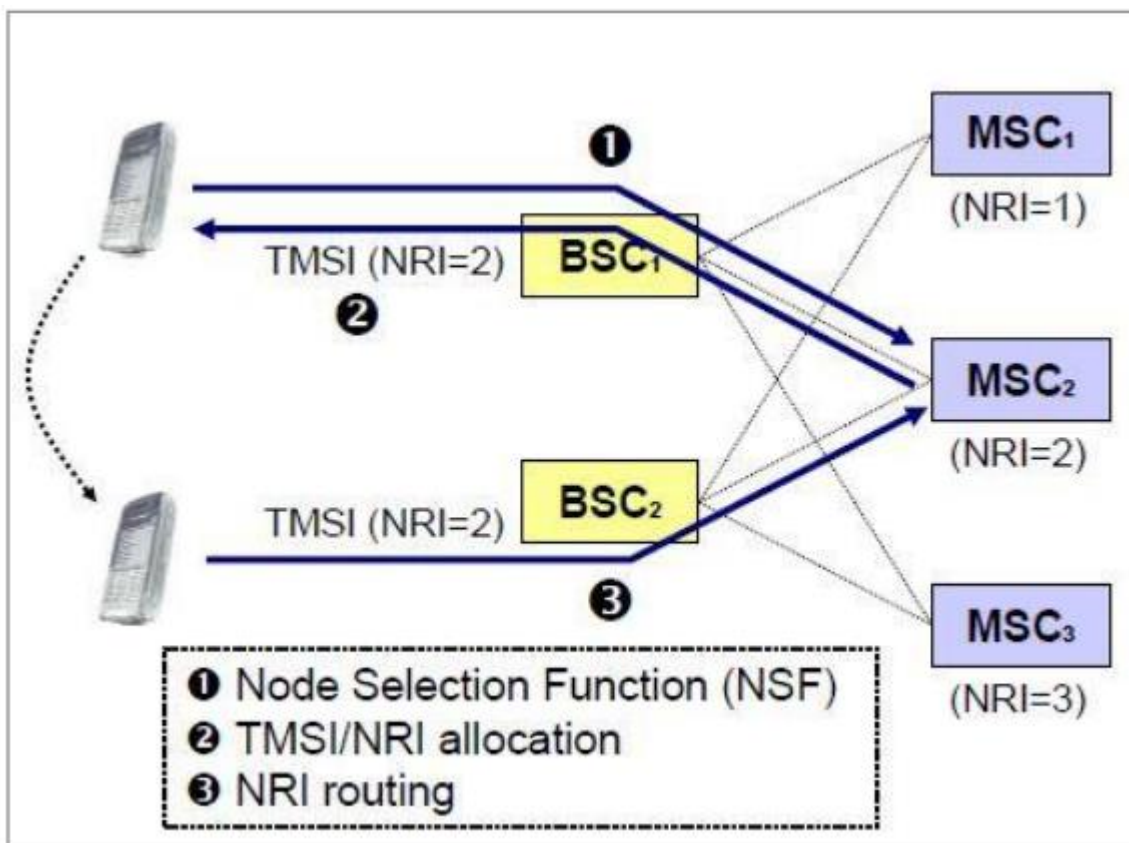


Figure III.11 : Mécanisme d'activation du NRI par le NNSF

Le Pool area n'a aucune influence sur le routage, donc un BSC/RNC hors d'un Pool area peut utiliser le NNSF si toutefois le MSC qui le gère est dans un pool. Dans le MSC Pool, la fonction NNSF peut être implémentée sur le BSC/RNC ou la MGW mais pas les deux à la fois. Cela évite les upgrades lourds des nœuds réseaux (BSC/RNC, MGW).

III.3.3.1.2 La fonction A-Flex :

Cette fonction permet aux BSC/RNC d'être connectés à plusieurs CN Node. Elle permet une sécurisation physique de la partie accès du réseau. Le principe de la fonction A-Flex est décrit comme suit :

- Un BSC/RNC peut être connecté à plusieurs MGW. Le MSC server sélectionne le circuit de la MGW correspondant basé sur des critères.
- Les BSC/RNC sont connectés à plusieurs MGW qui supportent la fonction A-Flex pour former un Pool Area. Ceci permet de former un MSC Pool sans mise à jour des BSC/RNC si toutefois la fonction NNSF est implémentée dans les MGW.

III.3.3.1.3 Le Load Balancing :

Quand un MS/UE demande un service en utilisant un TMSI, le BSC/RNC sélectionne le MSC server disponible pour le MS/UE selon sa table de correspondance entre NRI et MSC server dans le MSC Pool.

Lorsque le MSC server sélectionné n'est pas disponible ou il n'existe pas de correspondance avec le NRI, le BSC/RNC suit le principe de l'équilibrage de charge ou Load Balancing. Il choisit un MSC server disponible pour servir le MS/UE en fonction de la capacité d'abonnés qu'il peut supporter dans le MSC Pool.

Le MSC server sélectionné alloue un TMSI contenant son NRI au MS/UE pour pallier d'éventuels changements de MSC server.

III.3.3.2 Le Virtual Media Gateway:

Une MGW est normalement connectée à un seul MSC server. Une MGW peut être scindée logiquement en plusieurs MGW appelés Virtual MGW (VMGW), qui sont reliés à plusieurs MSC servers. Chaque VMGW est identifié par un identifiant unique appelé VMGW ID. Le Virtual MGW permet également le partage de ressources dans le pool et réduit les liens multiples entre MSC server et MGW.

La figure III.12 illustre de façon simple le concept de Virtual Media Gateway.

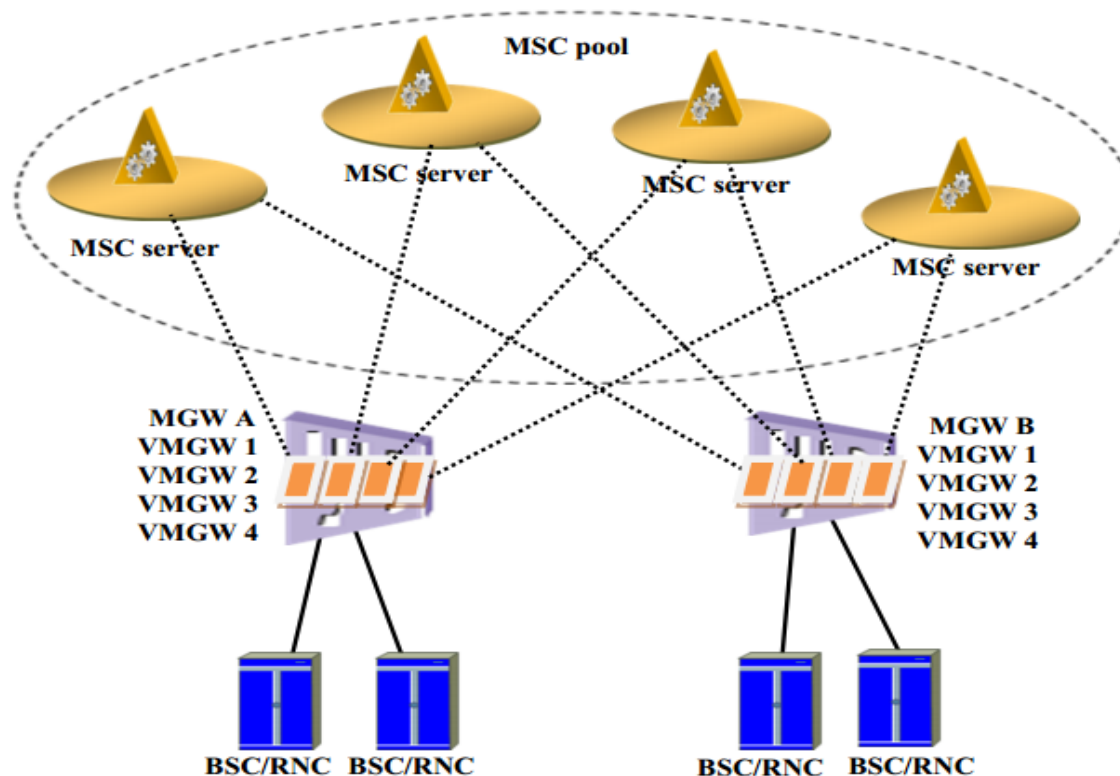


Figure III.12 : Concept du Virtual Media Gateway

III.3.3.3 Les caractéristiques de planification du MSC Pool :

Les tableaux III.4 et III.5 montrent les caractéristiques pour la mise en place du MSC pool ;

| Capacité supportée | Connexion | Valeur |
|--|--------------------------------------|---|
| Capacité maximum supportée par un MSC Pool | Nombre de MSC servers | 32 |
| | Nombre de MGW | 300 |
| | Nombre de RNC/BSC | 128 |
| | Nombre de LA/cellules | 30,000 |
| Capacité maximum supportée par une MGW | Nombre de virtual MGW | 32 (Une MGW peut être connectée simultanément à 32 MSC servers) |
| | Nombre de RNC connecté (mode IP/ATM) | 50 |
| | Nombre de BSC connectée (mode TDM) | 50 |
| Capacité maximum supportée par un RNC | Nombre de MSC servers connecté | 32 |
| | Nombre de MGW connecté (mode IP/ATM) | 5 |
| Capacité maximum supportée par une BSC | Nombre de MSC servers connecté | 32 |
| | Nombre de MGW connectée (mode TDM) | 5 |

Tableau III.4: les caractéristiques du MSC pool

| Longueur NRI | Nombre de NRIs | Nombre maximum d'abonnés |
|---------------|----------------|-----------------------------|
| ≤ 6 bits | 1 | 3,200,000 |
| 7 bits | 1 | 1,600,000 |
| 7 bits | 2 | 3,200,000 |
| 8 bits | 1 | 800,000 |
| 8 bits | 2 | 1,600,000 |
| 8 bits | 3 | 2,400,000 |
| 8 bits | 4 | 3,200,000 |
| 9 bits | 1 | 400,000 |
| 9 bits | 2 | 800,000 |
| 9 bits | 3 | 1,200,000 |
| 9 bits | 4 | 1,600,000 |
| 9 bits | 5 | 2,000,000 |
| 9 bits | 6 | 2,400,000 |
| 9 bits | 7 | 2,800,000 |
| 9 bits | 8 | 3,200,000 |
| 10 bits | N | $20 \times N \times 10,000$ |

Tableau III.5: Planification des NRI

III.3.3.4 Avantages et Inconvénient :

Le MSC pool présente de nombreux avantages dont :

- L'amélioration de la technique du Load Sharing
- L'augmentation de la disponibilité du réseau car lorsqu'un MSC est en défaut, tous le trafic qu'il gère est routé sur plusieurs MSC par un puissant algorithme de routage (NNSF ou A-Flex/Iu-Flex)
- La réduction de la signalisation dans le réseau cœur grâce au NRI.
- L'utilisation efficace des ressources du réseau
- Déploiement sans mise à jour des BSC/RAN
- La distribution de charge par la partie radio (BSS/RAN)

Néanmoins le MSC pool est limité par :

- Tous les MSC servers et les MGW sont interconnectés, ce qui nécessite un maillage important au niveau du cœur réseau NGN.

III.4 Conclusion :

La plus fiable sécurisation d'un réseau 3G est le MSC Pool. Considéré comme une technique de sécurisation évoluée du réseau cœur, le MSC Pool est basée sur le principe de réseau distribué. En effet il permet de relier plusieurs MSC pour former un ensemble de MSC appelé MSC pool, dans lequel les équipements partagent des ressources. Cette technique permet une sécurisation totale du réseau 3G allant du réseau cœur à la partie radio.

C'est de cette façon qu'un opérateur téléphonique pourra atteindre une architecture réseau sécurisée, et de fournir une qualité de service optimale.

IV.1 Introduction:

Dans ce présent chapitre Nous présenterons l'architecture du réseau 2G MOBILIS, et nous prendrons connaissance des changements que l'opérateur doit accomplir pour pouvoir faire une migration de son réseau 2G vers la 3G release 4.

IV.2 Structure du réseau CS existant :

Topologie du réseau existant :

Huawei va procéder au changement de la partie sud du réseau Mobilis. La figure suivante montre l'architecture de la partie sud du réseau Mobilis.

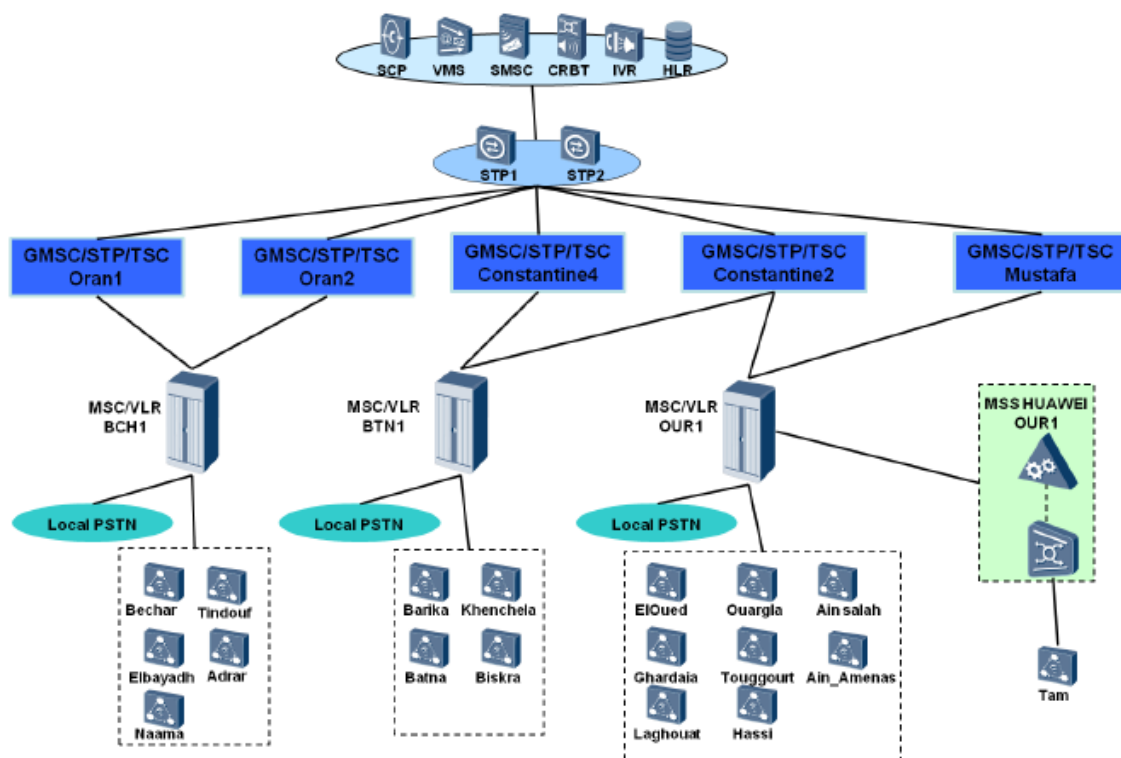


Figure IV.1 : Architecture existante du réseau Mobilis côté sud.

Voici une description sommaire du réseau Mobilis existant :

- L'opérateur Mobilis utilise actuellement la technologie 2G, il est composé de 3 MSC/VLR Ericsson et 1 MSS Huawei.
- Le trafic vers le PSTN est transféré directement par chaque un des MSC/VLR Ericsson vers le PSTN local tandis que le trafic vers le PLMN et l'international est transféré à travers les GMSCs, quant aux messages de signalisation et le trafic provenant du MSS Huawei, ils sont tout d'abord envoyés vers le MSC/VLR OUR1 avant d'être acheminés vers leur destination.

- La communication avec le HLR s'effectue à travers une paire de STP (Ericsson).

IV.2 Architecture du réseau 3G envisagé par MOBILIS

La figure suivante montre l'architecture de la topologie 3G envisagée du réseau Mobilis :

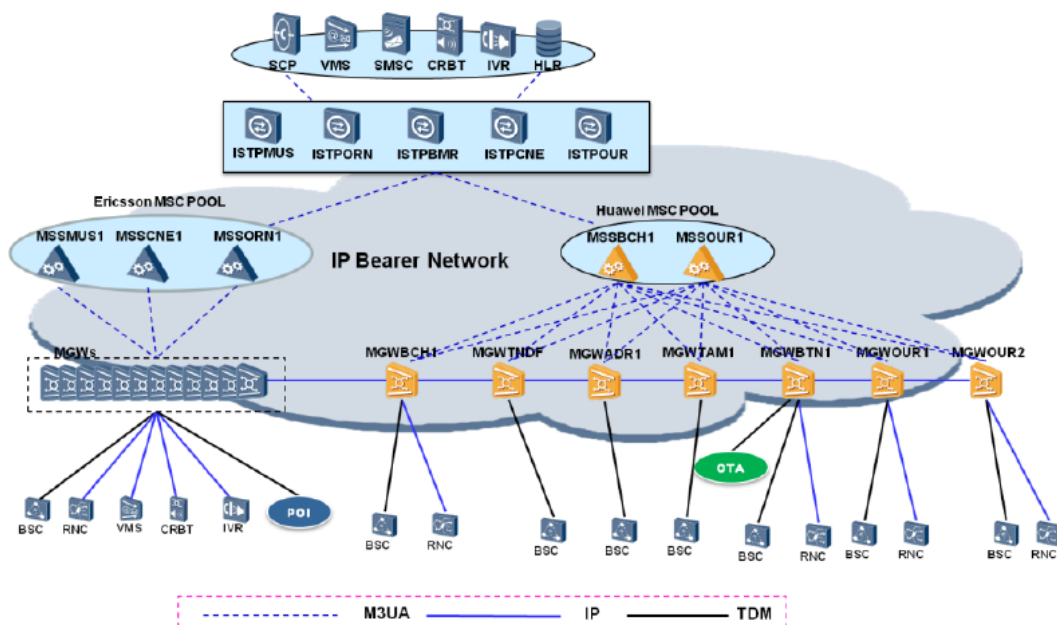


Figure IV.2 : Architecture de la nouvelle topologie du réseau Mobilis.

Voici une description de l'architecture de la nouvelle topologie envisagées par l'opérateur Mobilis :

- Le réseau sud est divisé en 2 MSC pool (1 pool Ericsson et 1 pool Huawei), le MSC pool de Huawei contient 2 MSC server (MSOFT X3000) et 7 MGW's (UMG8900), ce dernier peut supporter jusqu'à 4000 K abonnés, cette capacité sera répartie selon la localisation des abonnés avec 2850K pour MSSOUR1 et 1150K pour MSSBCH1.
- Chaque MGW est divisé logiquement en 2 MGW's qu'on appelle Virtual MGW (VMGW) et chaque Virtual MGW est connecté à 1 MSC serveur de l'MSC pool.
- Les MSC serveur et les MGW's sont interconnectés en IP, tandis que la signalisation entre BSC\RNC et MSS transite d'abord par le MGW qui sera ensuite acheminé vers le MSS à l'aide du protocole M3UA.
- L'opérateur MOBILIS mettra au point un autre MSC pool Ericsson au nord qui va contenir 3 MSC servers et 12 MGW's qui seront interconnectés par un support IP, ainsi les MSC servers et MGW's Huawei seront reliés avec les MSC servers et MGW's Ericsson à l'aide d'un support IP.
- L'interconnexion du réseau Mobilis avec le réseau OTA s'effectue à travers le MGWBTN1, quant à l'interconnexion avec d'autres PLM\PSTN ou vers l'international, elle se réalise via les MGW's ERICSSON.

IV.3 La signalisation dans le réseau Mobilis 3G release 4

La figure suivante montre les différents protocoles de signalisation qui sont utilisés dans le réseau 3G de MOBILIS.

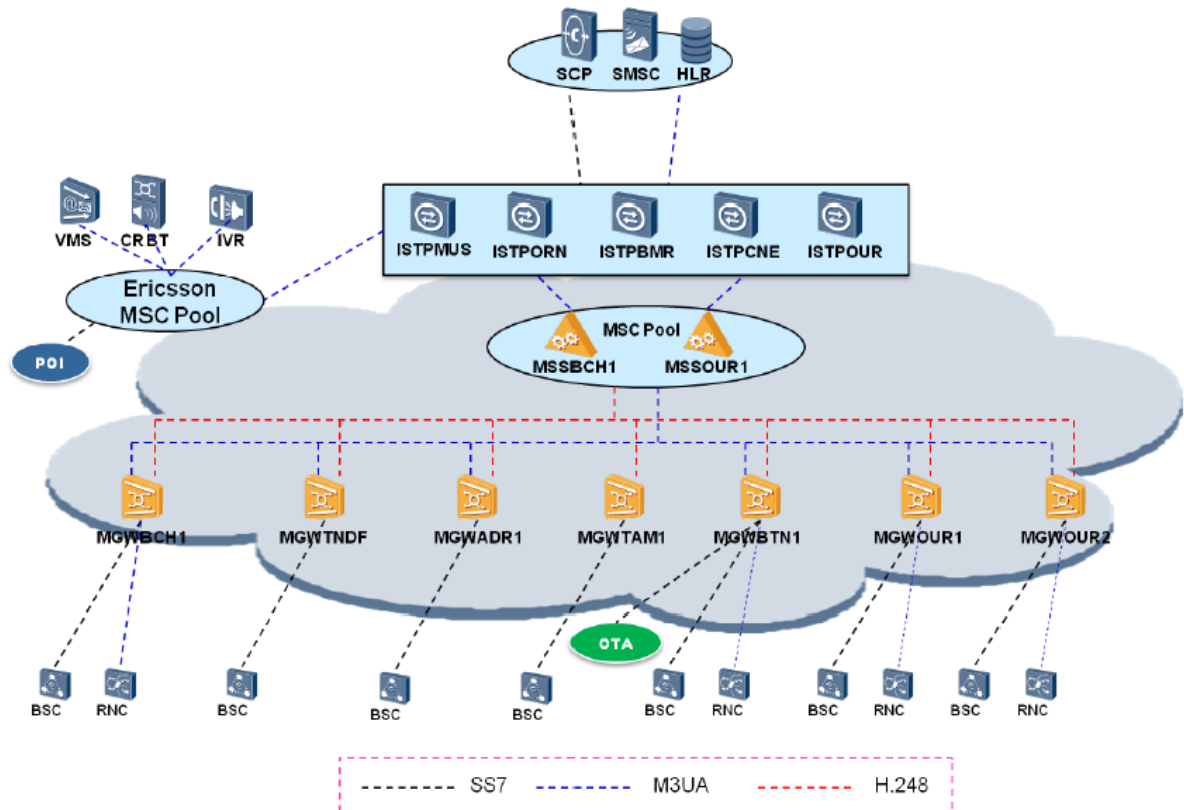


Figure IV.3: Topologie de signalisation.

- Le protocole de signalisation H248 entre le MSC server et le MGW passe à travers le backbone IP.
- Les BSC sont connectées directement avec des liens TDM avec les MGW's. La signalisation BSSAP entre le MSC et le BSC est transportée par le protocole M3UA en passant par la MGW. Quant au RNC elle est directement liée avec la MGW à l'aide du protocole IP, et la signalisation RANAP entre RNC et MSC va être transportée par le protocole M3UA par l'intermédiaire de la MGW.
- Les deux MSC serveur MSSBCH1 et MSSOUR1 fonctionnent comme des Gateway MSC (GMSC). La signalisation qui est basée sur IP à l'intérieur du MSC pool sera converti vers le TDM par l'intermédiaire de la MGW.

| Equipements interconnectés | Interfaces | Protocole |
|----------------------------|------------|-----------|
| MSC Serveur-MGW | Mc | H.248 |
| MSC Serveur- VLR /HLR | C&D | MAP |
| MSC Serveur-SMSC | E | MAP |
| MSC Serveur-EIR | F | MAP |
| MSC Serveur-MSC Serveur | Nc | BICC |
| MSC Serveur-SCP | - | CAP |
| MSC Serveur-SGSN | Gs | BSSAP+ |
| MSC Serveur-BSC | A | BSSAP |
| MSC Serveur-RNC | IU-cs | RANAP |
| MSC Serveur-PSTN | - | ISUP |
| MSC Serveur-PLMN | - | ISUP |

Tableau IV.1: Interfaces et Protocoles entre le MSC Serveur et les autres entités du réseau.

IV.4 Le trafic dans le réseau MOBILIS

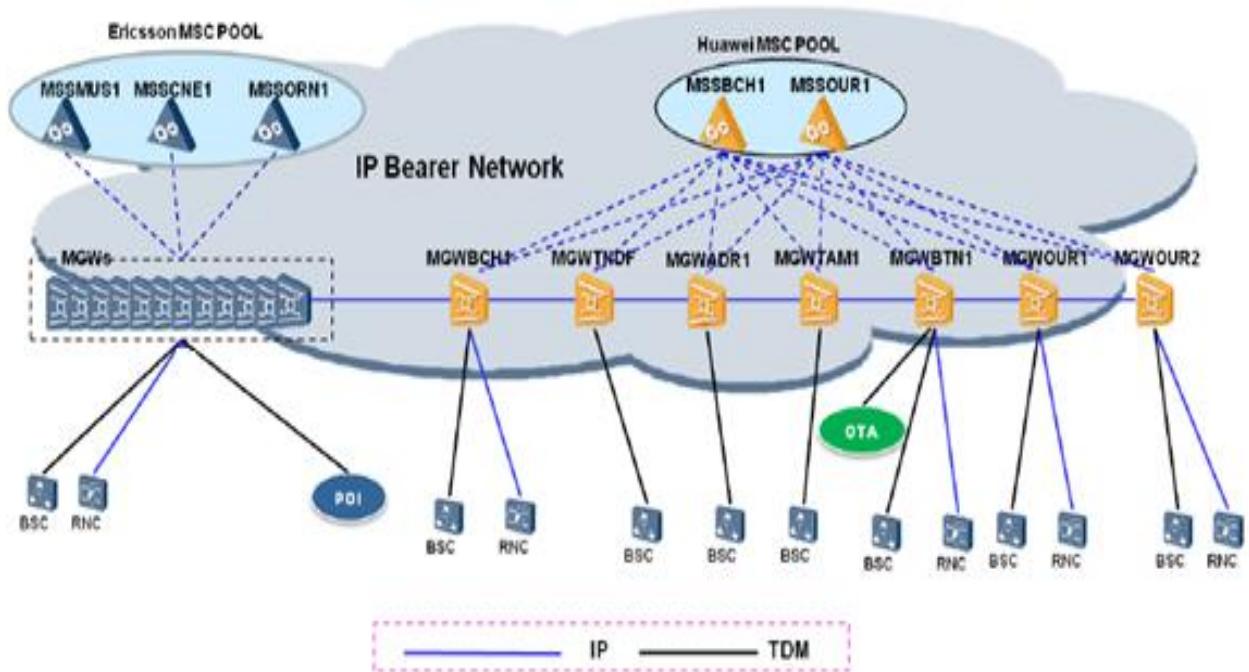


Figure IV.4: Le trafic dans le réseau envisagé par MOBILIS.

- Dans la partie sud du réseau Mobilis on trouve 18 BSC et 5 RNS qui sont connectés au pool Huawei et chaque BSC et RNC est connecté avec une MGW.
- Les MGW's sont connectées entre elle en utilisant le réseau IP.
- Les BSC sont connectées au MGW à travers les liens TDM tandis que les RNC Y sont connectées par des liens IP.
- La connexion avec PLMN/PSTN ou avec l'international est réalisée à travers le MSC Pool Ericsson.
- BTNMGW1 a une connexion directe avec le réseau OTA.

IV.4.1 Trafic MS-MS (Intra MSC Serveur)

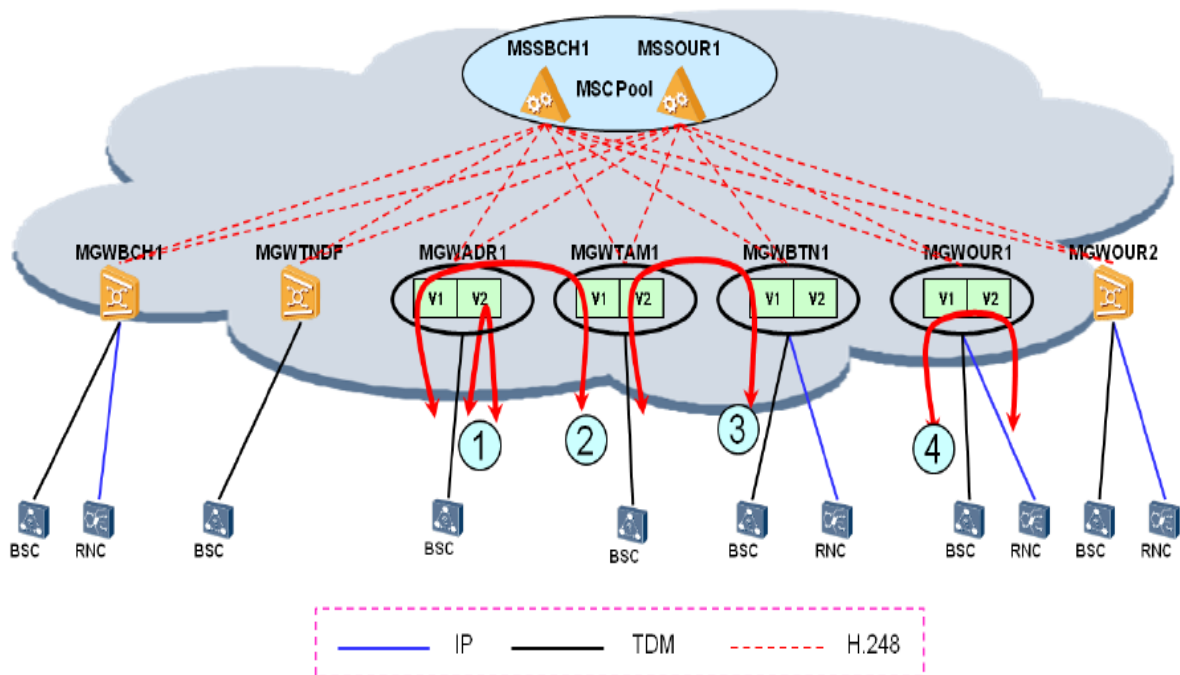


Figure IV.5 : Trafic dans le cas d'un appel intra MSC Serveur.

D'après la figure on peut distinguer 4 scenarios d'appel :

- 1- MS appel une autre MS qui sont situé dans le même MSC Serveur et dans la même MGW.
- 2- Les deux MS sont situées dans le même MSC Serveur et dans différente MGW.
- 3- Les deux MS sont situées dans différent MSC Serveur et dans différent MGW.
- 4- Les deux MS sont situées dans différent MSC Serveur et dans la même MGW.

IV.4.2 Trafic entre MS dans le MSC pool Huawei et MS dans le MSC Pool Ericsson

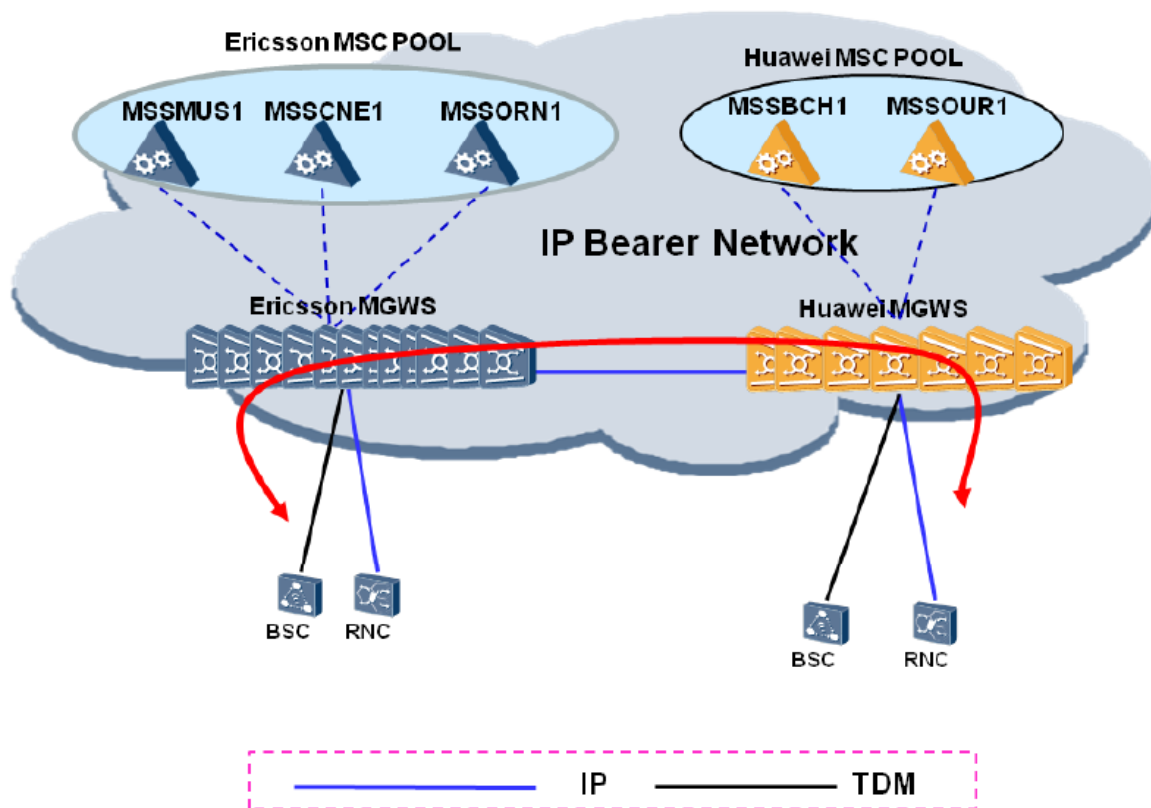


Figure IV.6 : Trafic dans le cas d'un appel entre MS situées dans différents MSC Pool.

Les pools Huawei et Ericsson sont interconnecté via le protocole IP, donc le trafic d'une MS située dans le pool Huawei vers une MS qu'est située dans le pool Ericsson va être directement routé vers la MGW concernée.

IV.4.3 Trafic d'une MS vers le réseau PLMN\PSTN

Les MGW's Huawei doivent être reliées aux MGW's Ericsson pour pouvoir transmettre le trafic destiné vers le PLMN\PSTN sauf pour MGWBTN1 qui peut communiquer directement avec le réseau OTA car elle est directement reliée à ce dernier.

La figure suivante montre les différents scénarios possibles dans le cas d'un appel d'une MS vers le PSTN ou le PLMN.

IV.4.4 Trafic d'une MS située dans la partie sud-est vers PSTN\WATA\OTA

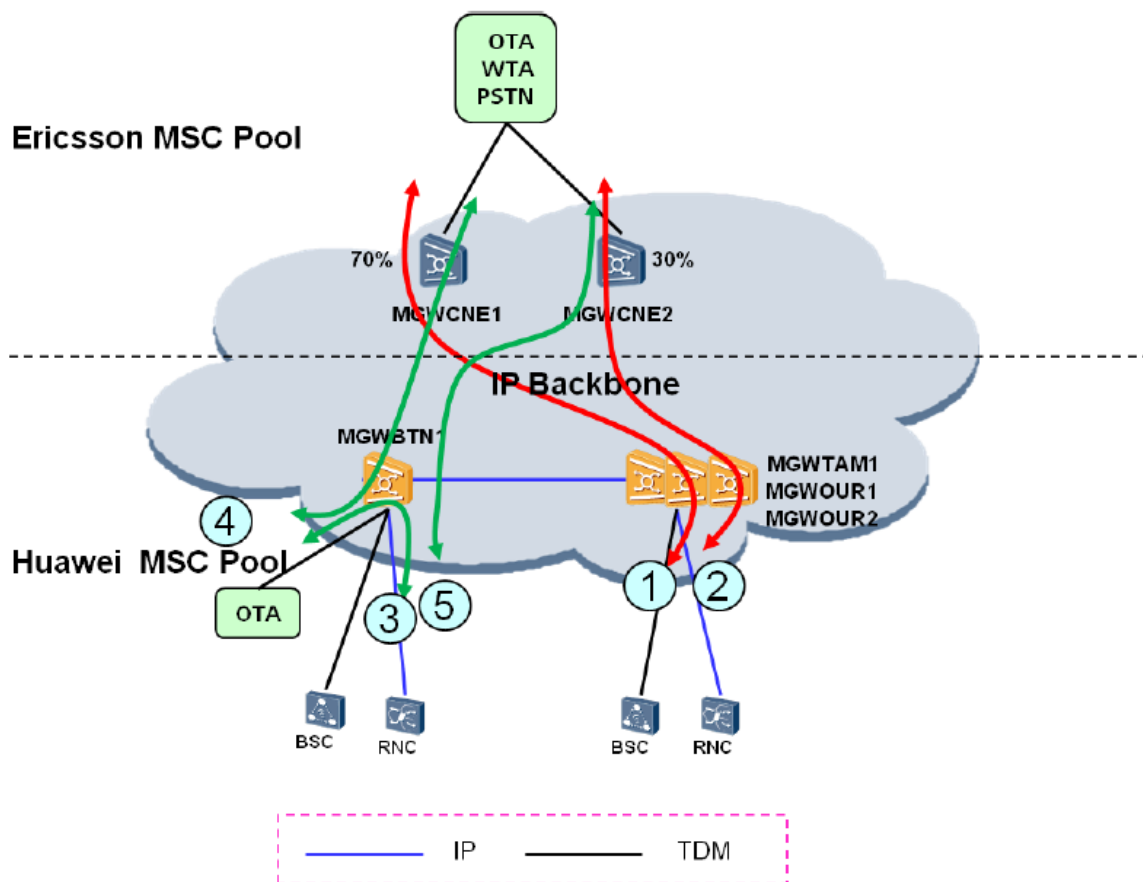


Figure IV.7 : Trafic dans le cas d'un appel d'une MS située dans la partie sud-est vers PSTN\WATA\OTA.

Description du trafic d'une MS dans le sud-est - OTA\WATA\PSTN

- Route 1: MS <-> MGWOUR1/MGWOUR2/MGWTAM1 <-> MGWCNE1 <-> OTA/WATA/PSTN
- Route 2: MS <-> MGWOUR1/MGWOUR2/MGWTAM1 <-> MGWCNE2 <-> OTA/WATA/PSTN
- Route 3: MS <-> MGWBTN1 <-> OTA
- Route 4: MS <-> MGWBTN1 <-> MGWCNE1 <-> WATA/PSTN
- Route 5: MS <-> MGWBTN1 <-> MGWCNE2 <-> WATA/PSTN

Pour les abonnés 2G et 3G sous le contrôle de MGWBTN1, les appels vers OTA vont être routés vers MSSOUR1 et MSSBCH1 avant d'être acheminés vers le réseau OTA, tandis que les appels vers WATA ou PSTN ils vont être routés par le protocole BICC vers les MSS\MGW Ericsson.

Quant aux appels vers WATA\OTA\PSTN des abonnés qui sont sous le contrôle des autres MGW du pool Huawei, ils vont être directement routés par le protocole BICC vers les MSS\MGW Ericsson.

Lorsque la région sud-est est en communication avec PLMN\PSTN, la route 1 et la route 2 sont considérées comme des subroutes. La subroute1 (MGWCNE1) prend en charge 70% des communications et la subroute2 (MGWCNE2) prend en charge 30% des communications, quand une des subroutes est défaillante l'autre subroute prend en charge tout le trafic.

IV.4.5 Trafic d'une MS située dans la partie sud-West vers PSTN\WATA\OTA

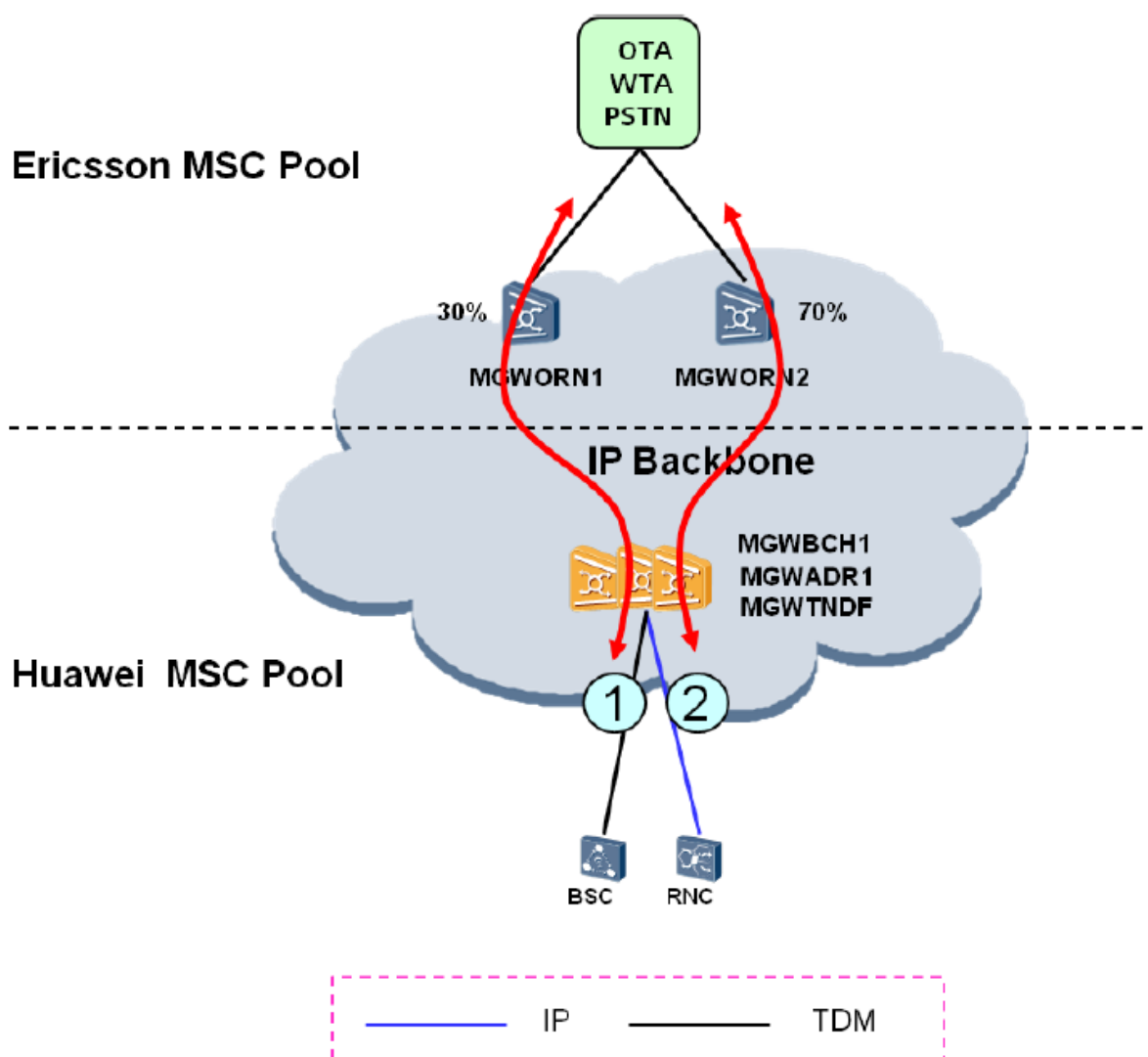


Figure IV.8 : Trafic dans le cas d'un appel d'une MS située dans la partie sud-West vers PSTN\WATA\OTA.

Description du trafic d'une MS dans le sud West-OTA\WATA\PSTN :

- Route 1: MS <-> MGWBCH1/MGWADR1/MGWTNDF <-> MGWORN1 <-> OTA/WATA/PSTN.

Chapitre IV : Etude du réseau 3G envisagé par Mobilis

- Route 2: MS <-> MGWBCH1/MGWADR1/MGWTNDF <-> MGWORN2 <-> OTA/WATA/PSTN.

Dans ce cas la subroute1 (MGWORN1) prend en charge 30% du trafic et la subroute2 (MGWORN2) prend en charge 70% du trafic.

Mobilis exige que 70% de la capacité des MGW soit consacré pour les abonnés 2G et la bande passante du trafic IP dans l'interface Iu-CS est estimé à 10% de la capacité maximum du RNC. Le tableau suivant montre la quantité des liens TDM dans l'interface A.

| Nom de la MGW | Nom de la BSC | Nombre de lien E1 |
|---------------|----------------|-------------------|
| MGWBCH1 | BSC bechar | 234 |
| | BSC Elbayadh | 96 |
| | BSC Naama | 75 |
| MGWTNDF | BSC Tindouf | 298 |
| MGWADR1 | BSC Adrar | 298 |
| MGWOUR1 | BSC Eloued | 240 |
| | BSC Ghardaia | 154 |
| | BSC Laghouat | 222 |
| | BSC Ouargla | 329 |
| | BSC Hassi | 180 |
| | BSC Touggourt | 167 |
| | BSC Ain amenas | 136 |
| BSC Ain Salah | 63 | |
| MGWTAM1 | BSC Taman | 248 |
| MGWBTN1 | BSC Batna | 429 |
| | BSC Barika | 177 |
| | BSC Biskra | 282 |
| | BSC Khenchela | 203 |

Tableau IV.2: Nombre de liens E1 (interface A).

IV.5 Conclusion

L'opérateur MOBILIS est actuellement en phase final d'installation du nouveau réseau cœur hybride constitué d'équipements NGN, son architecture est centralisée autour des commutateurs MSOFT X3000 et des passerelles UMG 8900 du constructeur HUAWEI.

La sécurisation qui est adoptée se concentre principalement sur la charge gérée par les équipements en termes de trafics ou de signalisation afin de proposer une qualité de service optimale et limiter les arrêts des équipements. Cette sécurisation est donc logique et adaptée au bon fonctionnement du réseau.

Conclusion Générale

La convergence des réseaux 2G existants vers un réseau de troisième génération (3G) nécessitera une stratégie de migration progressive et flexible visant à réduire au minimum les dépenses d'investissement. Cette étape de transition devra simplifier l'évolution du réseau vers une architecture NGN (New Génération Network).

Cette évolution est réalisée à l'aide des solutions adoptées par la majorité des constructeurs selon les recommandations des Releases 4 et 5 qui se fondent en premier lieu sur la modification de l'architecture du réseau cœur 2G en choisissant la solution mobile Soft Switch comme alternative du MSC traditionnel.

Avec le déploiement de la 3ème génération des réseaux mobiles et des constellations satellites d'une part et le développement important des réseaux fixes basés sur la technologie IP d'autre part, les problèmes de l'interconnexion de ces réseaux hétérogènes vont être au centre des préoccupations des constructeurs et des opérateurs de réseaux dans la conception de la prochaine génération. Ces problèmes se posent à deux niveaux assez distincts. Le premier se situe au niveau de l'interconnexion des infrastructures hétérogènes où il s'agit de réaliser un grand réseau de télécommunication dont les réseaux d'accès sont hétérogènes (filaire, sans fil) connectés à un réseau cœur basé sur une architecture IP multiservice à haut débit. Le second niveau d'interconnexion se situe dans le plan des services où il s'agit de réaliser un service universel qui sera offert à un utilisateur en masquant le côté hétérogène des infrastructures sous-jacentes. De plus, ce service doit être accessible à travers plusieurs interfaces (radio terrestre, filaire, radio satellite) et auprès de différents opérateurs ou fournisseurs de services.

En attendant d'avoir du « tout UMTS », les technologies GSM et UMTS vont cohabiter, mais sans perturbation pour l'utilisateur.

Ce Projet de Fin d'Etudes, réalisé au sein de l'opérateur MOBILIS, nous a été très enrichissant à tous les points de vue. Outre l'acquisition de connaissances approfondies sur ce domaine par l'étude des réseaux GSM, GPRS il nous a aussi permis de découvrir les concepts de la solution mobile Soft Switch ainsi que les possibilités de convergence du réseau cœur 2G et 3G.

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure I.1 : Architecture du réseau GSM | 4 |
| Figure I.2 : Exemple d'antennes GSM. | 6 |
| Figure I.3 : les informations gérées par le HLR. | 9 |
| Figure I.4 : Interfaces GSM..... | 13 |
| Figure I.5 : Zone de service MSC/ VLR I à IV. | 17 |
| Figure I.6 : Aire de service et zone de localisation | 18 |
| Figure I.7 : Les rapports entre les différentes zones du GSM..... | 19 |
| Figure I.8 : Pile de protocole SS7. | 20 |
| Figure I.9 : Protocole CC | 24 |
| Figure I.10: Architecture GPRS..... | 30 |
| Figure I.11 : Zones de routage GPRS | 36 |
| Figure II.1: Utilisation de la bande de fréquences pour l'UMTS..... | 35 |
| Figure II.2: Couverture globale de l'UMTS suivant une structure hiérarchique de cellule..... | 36 |
| Figure II.3: Architecture générale de l'UMTS..... | 37 |
| Figure II.4: Architecture de l'équipement de l'utilisateur | 37 |
| Figure II.5: Architecture de L'USIM | 39 |
| Figure II.6 : Interface entre l'UTRAN et le CN..... | 40 |
| Figure II.7 : Architecture de l'UTRAN..... | 40 |
| Figure II.8 : Fonctionnement de l'RNC | 41 |
| Figure II.9 : Méthode d'accès radio : UTRA/FDD UTRA/TDD..... | 44 |
| Figure II.10: Architecture du réseau UMTS Release 99..... | 45 |
| Figure II.11: Architecture du réseau UMTS Release 4..... | 46 |
| Figure II.12: Domaine CS dans l'UMTS R3 et l'UMTS R4..... | 48 |

| | |
|--|----|
| Figure II.13: Signaling Gateway entre l'accès radio et le domaine CS de l'UMTS R4..... | 48 |
| Figure II.14: Signaling Gateway entre RTC et domaine CS UMTS R4 | 49 |
| Figure II.15: Pile de protocole SIGTRAN | 53 |
| Figure II.16: Soft Handover | 54 |
| Figure II.17: Hard Handover..... | 55 |
| Figure III.1: Exemple de configuration matérielle du MSOFT X3000..... | 60 |
| Figure III.2: Architecture mode MGW Load sharing | 62 |
| Figure III.3: Architecture mode 1+1 backup (master/slave)..... | 63 |
| Figure III.4: Architecture mode 1+1 avec assistance mutuelle (Load sharing) | 64 |
| Figure III.5: Architecture mode N+1 backup (master/slave)..... | 65 |
| Figure III.6: Architecture mode N+1 avec assistance mutuelle (Load sharing) | 66 |
| Figure III.7: Le principe du Virtual Server dans le Dual Homing | 67 |
| Figure III.8 : Principe général du MSC pool..... | 68 |
| Figure III.9 : Pool Area avec cinq(5) Location Areas | 69 |
| Figure III.10 : Structure du TMSI avec NRI..... | 70 |
| Figure III.11 : Mécanisme d'activation du NRI par le NNSF..... | 71 |
| Figure III.12 : Concept du Virtual Media Gateway | 72 |
| Figure IV.1 : Architecture existante du réseau Mobilis côté sud. | 76 |
| Figure IV.2 : Architecture de la nouvelle topologie du réseau Mobilis. | 77 |
| Figure IV.3: Topologie de signalisation..... | 78 |
| Figure IV.4: Le trafic dans le réseau envisagé par MOBILIS..... | 80 |
| Figure IV.5 : Trafic dans le cas d'un appel intra MSC Serveur. | 82 |
| Figure IV.6 : Trafic dans le cas d'un appel entre MS situées dans différents MSC Pool. | 83 |
| Figure IV.7 : Trafic dans le cas d'un appel d'une MS située dans la partie sud-est vers PSTN\WATA\OTA..... | 84 |
| Figure IV.8 : Trafic dans le cas d'un appel d'une MS située dans la partie sud-West vers PSTN\WATA\OTA..... | 86 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau I.1 : Liste partielle des informations contenues dans une carte SIM..... | 6 |
| Tableau I.2 : fréquences allouées pour le GSM 900 et DCS 1800..... | 16 |
| Tableau III.1: Caractéristiques du MSOFT X3000 | 59 |
| Tableau III.2: Capacités du MSOFT X3000 | 59 |
| Tableau III.3: Capacités de l'UMG 8900 | 61 |
| Tableau III.4: les caractéristiques du MSC pool | 73 |
| Tableau III.5: Planification des NRI | 74 |
| Tableau IV.1: Interfaces et Protocoles entre le MSC Serveur et les autres entités du réseau..... | 80 |
| Tableau IV.2: Nombre de liens E1 (interface A). | 87 |

Bibliographie

LIVRES :

HARRI HOLMA et ANTTI TOSKALA « *UMTS les réseaux de troisième génération* »

PIERRE LESCUYER « *UMTS Les origines, L'architecture, La norme* »

Edition : "DUNOD"

Xavier Lagrange « *Réseaux : GSM-DSC des principes à la norme* »

Edition: "DUNOD"

Simon ZNATY ; « Next Generation Network (NGN) dans les réseaux mobiles,2005 »

Huawei Internal Document MSOFTX3000 Technical Manual-Signaling & Protocols (V100R005_02).

Huawei Internal Document 31400570-MSOFTX3000 Feature Description-V100R005_03).

Huawei Internal Document 31026755-HUAWEI UMG8900 Architecture and Principle-(V3.01).

Huawei Internal Document 31026755-HUAWEI UMG8900 Architecture and Principle-(V3.01).

Huawei Internal Document : ATM Moblis CS Swap Project - High Level Design V1.0.pdf.

Sites Internet :

<http://www.3gpp.org/>

<http://www.umts-forum.org/>

<http://telecomfunda.com/forum>

<http://www.bandwidthers.com>

web.ugm.ac.id/telecomm.com

<http://www.finetopix.com>

<http://www.EFORT.com>

