



Mémoire de fin d'étude

Préparé par

Adama Adeline NDONG

Pour l'obtention du diplôme

Ingénieur d'Etat en

SYSTEMES ELECTRONIQUES & TELECOMMUNICATIONS

Intitulé

**Etude de la solution RU10 de Nokia
Siemens Network et Mise en place d'une
procédure d'audit du réseau d'Access
UTRAN 3G**

Encadré par :

Mr Jamal Elouafi (NSN)

Mr M. Lahbabi (FST)

Mme F. Mrabti (FST)

Soutenu le **Vendredi 2 Juillet 2010, devant le jury composé de :**

Pr M. Lahbabi : Encadreur

Pr F. Mrabti : Encadreur

Pr Z. Kartit : Examineur

M S. Najah..... : Examineur



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents pour leur soutien et la confiance qu'ils ont toujours portée en moi.

Que Dieu vous bénisse et vous accorde longue vie ,

Mon adorable sœur et mes grands frères que j'aime tant,

Mes amis qui m'ont tant encouragé,

Mention spéciale à Marie Bassène qui a garanti mon séjour à

Rabat. Merci de tout cœur.

Et à toute les personnes qui ont veillé à ce que ce travail soit à la hauteur.

Adama Adeline NDONG



Remerciements

Au terme de ce projet de fin d'étude, nous tenons à remercier en particulier Mme Mrabti et M. Lahbabi, Professeurs à la FST de Fès pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre projet de fin d'études et pour leur disponibilité, leurs conseils judicieux et pour la patience dont ils ont fait preuve à notre égard.

Nous tenons à remercier aussi nos encadreurs externes : M. Diallo Alpha Amadou et M. El OUAFI Jamal, Radio Access Network Engineer à NSN pour leurs directives et aides précieuses tout au long de ce travail.

Nous tenons également à remercier toute l'équipe de Nokia Siemens Networks et de DEVOTEAM IT, pour leur accueil chaleureux et leur aide précieuse afin de mener notre travail dans les meilleures conditions. Il nous a été particulièrement agréable de travailler à leur côté.

Spécial remerciement à nos familles, amis et camarades de classe et à tous le corps professoral responsable de la formation Systèmes Electroniques et Télécommunications de la FST de Fès pour la qualité de l'enseignement qu'ils nous ont offerte.

Enfin, nous voudrions rendre hommage à toutes les personnes qui n'ont pas hésité à nous aider d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce projet.



Sommaire

Introduction générale.....	8
Chapitre I : Présentation de Nokia Siemens Network et problématique.....	11
I. Présentation.....	11
II. Secteurs d'activités.....	12
III. Organisation.....	12
IV. Problématique.....	13
Chapitre II : Etude du réseau UMTS et ses évolutions de Releases R99 vers Rel7.....	15
I. Etude du réseau UMTS.....	16
I.1 Architecture générale du réseau UMTS.....	16
I.1.1 L'équipement utilisateur (UE).....	17
I.1.2 Le réseau d'accès.....	17
I.1.3 Le réseau cœur (CN).....	19
I.2 Les interfaces radio.....	21
I.2.1 L'interface Uu.....	21
I.2.2 L'interface lub.....	21
I.2.3 L'interface lur.....	22
I.2.4 L'interface lu.....	23
I.3 Les modes d'accès.....	23
I.4 Les classes de qualité de services.....	27
I.5 Handover dans le réseau UMTS.....	29
I.6 Le Contrôle de puissance.....	30
I.7 Le transport des données.....	31
I.8 L'architecture en couche.....	32
I.8.1 La couche physique.....	32
I.8.2 La couche liaison de données.....	33
I.8.3 La couche 3 : RRC.....	34
I.9 Les canaux.....	35



I.9.1 Les canaux logiques.....	35
I.9.2 Les canaux de transport	36
I.9.3 Les canaux physiques	37
II. Evolution de l'UMTS	38
II.1 Release 99 : UMTS classique	38
II.2 Release 4.....	39
II.3 Release 5 : introduction au HSDPA	39
II.3.1 Principe du HSDPA	39
II.3.2 Les canaux HSDPA.....	40
II.4 Release 6 : Introduction au HSUPA/HSPA.....	42
II.4.1 Les services offerts par le HSUPA.....	42
II.4.2 Le modèle protocolaire.....	43
II.4.3 Les canaux physiques et de transport en HSUPA	43
Chapitre III : Présentation de la solution RU10 de NSN	46
I. Etude de la solution RU10 de NSN	47
I.1 Le tout IP dans l'UTRAN : Release 7	47
I.1.1 La technique MIMO (Multiple Input/Multiple Output)	47
I.1.2 Modulation d'ordre supérieure(HOM)	49
I.1.3 Continuous Packet Connectivity : CPC.....	49
I.1.4 Architecture horizontale (Flat architecture)	50
I.2 Nouvelles fonctionnalités de RU10 de NSN	50
I.2.1 QoS Aware HSPA Scheduling	50
I.2.2 Reconfiguration du PS RAB.....	51
I.2.3 La cellule duale HSDPA.....	52
I.2.4 Multi NRT RABs en HSPA.....	52
II. La transmission dans l'UTRAN	53
II.1 L'interface Iub	53
II.2 La Qualité de service (QoS)	57
II.3 L'Ordonnancement	57
III. Architecture et description des différents N.E (Network Elements) du réseau UTRAN.....	60
III.1 Description et architecture du RNC	60
III.1.1 Description du RNC.....	60
III.1.2 les types du RNC NSN	66
III.2 L'architecture du WBTS	67
III.2.1 Flexi WCDMA BTS	67



III.2.2 Ultrasite BTS	68
Chapitre IV : Travail effectué, Audit du réseau d'accès UTRAN	71
Généralités.....	71
I. La notion des KPI dans l'UTRAN.....	72
I.1 Les KPI de l'UTRAN	72
I.2 Les indicateurs de clé de performance disponible pour le WCDMA et les données cibles.....	74
I.3 Définition de quelques indicateurs de clé de performance	75
I.3.1 Durée d'établissement de la communication MOC.....	75
I.3.2 Call Setup Time MMC	76
I.3.3 Call setup Success Rate	76
I.3.4 Call Successful Termination Rate	76
I.4 Analyse des KPI.....	77
II. La Maintenance Préventive du réseau d'accès	78
II.1 Analyse de la configuration du réseau.....	80
II.2 Analyse des paramètres Radio pour le réseau	81
II.2.1 Étapes de détection de problèmes	82
III. Eléments de la procédure d'audit de l'UTRAN.....	84
III.1 Vérification de l'environnement du RNC.....	85
III.2 Test des unités fonctionnelles du RNC.....	86
III.3 Vérification des supports de stockages associés à quelques unités fonctionnelles (OMU & NEMU) :.....	87
III.4 Les options installées dans le RNC.....	87
III.5 Les paramètres Multivendor	88
III.6 Les états des différentes sauvegardes packages SW.....	88
III.7 La synchronisation et les signaux de timing	89
III.8 Les mesures effectuées au sein du RNC	90
III.9 Autres tests et vérifications	91
IV. Validation de l'audit	92
Conclusion.....	92
Bibliographie.....	93
Annexes.....	94
Abréviations	99



Listes des figures

Figure 1 : Architecture du réseau UMTS	16
Figure 2 : Equipement Usager	17
Figure 3 : Les différents types de RNC	18
Figure 4 : Architecture du Réseau d'accès UTRAN	19
Figure 5 : Cœur du Réseau	20
Figure 6 : La pile protocolaire de l'interface Iub	22
Figure 7 : La pile protocolaire de l'interface Iur	22
Figure 8 : La pile protocolaire de l'interface Iu-PS	23
Figure 9: Principe de l'étalement de spectre	25
Figure 10: Besoin en débit des services UMTS	29
Figure 11: Soft handover	30
Figure 12 : Hard handover	30
Figure 13: Encapsulation des paquets TCP/IP à l'arrivée au réseau cœur	32
Figure 14 : Vue en couches de l'interface radio UTRAN	32
Figure 15 : L'architecture du réseau UMTS RAS99	39
Figure 16 : Architecture de l'UMTS Release 4	39
Figure 17 : Structure de la trame HS-PDSCH	40
Figure 18 : Structure d'une trame HS-SCCH	41
Figure 19 : Architecture protocolaire HSUPA	43
Figure 20 : Les canaux physiques HSUPA	44
Figure 21 : La technique MIMO	48
Figure 22 : Modulation d'ordre supérieure	49
Figure 23 : L'architecture horizontale (flat architecture)	50
Figure 24 : Le plan de contrôle de l'interface Iub	54
Figure 25 : Exemple de configuration pour la signalisation de réseau à Iu-PS	55
Figure 26 : Le plan usager de l'interface Iub	56
Figure 27 : L'architecture logique de l'ordonnancement	58
Figure 28 : La structure logique de l'ordonnanceur de la route basée sur l'IP au niveau du RNC	59
Figure 29 : Le bloc de diagramme fonctionnel de RNC	60
Figure 30 : Unité pour le multiplexage et la commutation ATM	62
Figure 31 : L'Unité SFU	63
Figure 32 : L'unité MXU	63



Figure 33 : Le multiplexage inverse pour l' ATM	64
Figure 34 : Macro Diversity Combining	66
Figure 35 : Les modules du NodeB de type Flexi WCDMA	67
Figure 36 : Architecture D'Ultrasite BTS	69
Figure 37 : Les principaux domaines de surveillance du système	79
Figure 38 : Organigramme du processus d'analyse et d'optimisation	81
Figure 39 : Organigramme de détection de problèmes sur le lien descendant	83
Figure 40 : Organigramme de détections des problèmes sur le lien montant.....	84
Figure 41 : Vérifications des packages (au niveau backup)	89

Liste des tableaux

Tableau 1: Format d'un slot HS-PDSCH	41
Tableau 2: Les bits d'informations de HS-SCCH	42
Tableau 3: Capacité WSP.....	70
Tableau 4 : Indicateurs du volume de trafic	73
Tableau 5 : Indicateurs de l'accès au réseau	73
Tableau 6 : Indicateurs du maintien de l'appel	73
Tableau 7 : Indicateurs de la gestion des ressources	74
Tableau 8 : les KPI disponible dans WCDMA RAN	75
Tableau 9 : Seuils KPI.....	78
Tableau 10: Vérification de l'environnement RNC	86
Tableau 11: Test des unités	86
Tableau 12: Vérification des supports de stockages.....	87
Tableau 13 : Prototype de vérification de la procédure d'audit	91

Introduction générale



Les technologies évoluent ainsi que les besoins des consommateurs, ce qui pousse toujours la recherche en matière d'innovation, notamment dans le domaine des technologies de l'information et de la communication. Ainsi, les organismes de normalisation des télécommunications ne cessent de développer des standards offrant de plus en plus de capacité, de débit et de qualité de service jamais inégalés.

Le fonctionnement d'un réseau 3G repose essentiellement sur la mise en place d'un ensemble d'équipements fournis par les constructeurs aux opérateurs afin de commercialiser ces services. Pour un bon suivi du fonctionnement et afin d'offrir une qualité de service optimale aux usagers une opération de supervision et de maintenance de l'infrastructure réseau de l'opérateur fournisseur de ces services est indispensable.

A cet effet le standard UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) a apporté de nouveaux services par rapport aux systèmes déjà déployés permettant à l'abonné d'être joignable à tout moment où qu'il soit tout en bénéficiant des services multimédia. Au départ, l'UMTS dans sa première version, la Release 99, a été conçue pour offrir un débit de l'ordre de 2Mbps par utilisateur. Pour dépasser cette limitation de débit, les techniques d'accès sur la partie radio ont été améliorées pour atteindre des débits de 14Mbps. Pour cela, les technologies HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) et HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) ont été introduites afin d'augmenter le débit à la fois dans la voie montante et dans la voie descendante. Cependant, vu les exigences des opérateurs qui envisagent toujours d'offrir plus de services ayant une meilleure qualité avec un coût minimal, l'introduction d'une nouvelle solution proposée par NSN appelée RU10 (équivalent 3GPP : la release 7) s'avère une nécessité pour améliorer les performances des deux technologies HSDPA et HSUPA tout en visant la convergence vers le tout IP pour permettre aux abonnés d'accéder aux services multimédia avec des débits très important.

Notre projet s'inscrit ainsi dans une approche de l'étude de la solution RU10 de NSN (Nokia Siemens Network) et de l'élaboration d'une procédure d'audit du réseau d'accès UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) 3G de NSN.



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques Fès
Département Génie Electrique



Ce rapport comporte quatre chapitres. On commencera tout d'abords par le premier chapitre qui consiste à la présentation de l'entreprise d'accueil qui est Nokia Siemens Network. Nous poserons par la suite la problématique de notre projet.

Le second chapitre traite de la technologie UMTS dans sa première version afin d'avoir une idée générale sur son architecture, ses aspects, ses classes de services et ses canaux, ainsi que les spécifications des systèmes HSDPA et HSUPA adoptés par NSN dans le cadre de la solution RAS06; L'introduction de la nouvelle solution RU10, ses fonctionnalités et ses caractéristiques constituera le troisième chapitre. Enfin dans le dernier chapitre, nous allons présenter la procédure d'audit de l'UTRAN 3G de Nokia.



Chapitre I : Présentation de Nokia Siemens Network et problématique

I. Présentation

Depuis le milieu des années 90, Nokia a largement contribué à la croissance de son pays, la Finlande. Premier employeur privé du pays, Nokia a réussi à dynamiser le marché du travail au niveau international en s'engageant dans un grand nombre de contrats de sous-traitance. Le groupe est une locomotive pour les petites et moyennes entreprises de haute technologie.

En avril 2007, la finlandaise NOKIA et l'allemande Siemens AG ont annoncé la fusion de leurs activités de télécommunications, donnant ainsi naissance à un géant mondial : Nokia Siemens Network (NSN). Cette nouvelle société, NSN, est leader en fourniture de solutions de communications et d'intégration de services pour la téléphonie mobile et fixe. Elle fournit un portefeuille complet et équilibré de produits pour les solutions d'infrastructures fixes et mobiles et s'adresse à la demande croissante des services avec 20000 professionnels à travers le monde. Les revenus pro-forma combinés de €17.1 milliards durant l'exercice 2006 font de NSN l'une des plus grandes sociétés d'infrastructures de télécommunication. NSN compte 600 clients et opère dans 150 pays. Son siège social est situé à Espoo, en Finlande. Elle combine Networks Business Group et l'expertise de Siemens Communications.



Au Maroc, le groupe NSN s'est fait une place prépondérante dans le marché national par la réalisation de nombreux projets pour le compte des opérateurs marocains, notamment Maroc Télécom. Un an après sa création, le groupe Nokia Siemens a réussi à réaliser une croissance remarquable aussi bien à l'échelle internationale qu'au niveau du marché marocain.

II. Secteurs d'activités

L'infrastructure de télécommunication continuera à avoir un rôle majeur à jouer dans la capacité de NSN et son aptitude de créer, fournir et livrer les meilleures solutions de bout en bout dans le monde pour les clients. Elle a ainsi cinq unités de travail :

- Accès sans fil
- Accès à large bande
- Noyau technique et application
- IP/transport
- Systèmes de soutien des opérations

Ces unités pourvoient une large gamme de produits et d'applications pour les réseaux fixes, mobiles et convergents. NSN Maroc collabore étroitement avec IAM (Maroc Télécom), premier opérateur mobile au Maroc. Elle fournit, principalement à son client IAM, les équipements du réseau radio GSM et UMTS ainsi que les prestations de services associés qui sont :

- La recherche et la négociation des sites ;
- La construction des sites et l'implémentation d'infrastructure GSM/UMTS pour les projets clés en main totale ;
- Le redéploiement d'équipements ;
- Le Drive-test et l'entretien de la qualité de service du réseau pour le contrat d'optimisation radio.

III. Organisation

L'architecture organisationnelle de NSN Maroc est concentrée autour de quatre pôles principaux.



➤ **Le pôle de planification et d'optimisation réseau**

Ce pôle représente le cœur du travail de NSN Maroc. Il s'occupe de la partie technique (planification du réseau, dimensionnement, optimisation et maintenance du réseau d'accès d'IAM). Le groupe de Network Planning est divisé en zones géographiques, c'est-à-dire, une équipe s'occupant du projet de Casablanca, une autre de celui de Rabat et une troisième pour la zone Nord Est. Ces différentes équipes sont supervisées par un manager.

➤ **Le pôle commerciale et marketing**

Ce pôle se charge de toutes les procédures financières, de l'établissement des comptes de NSN et de la planification du budget établi tous les six mois.

➤ **Le pôle de déploiement et d'intégration**

Ce pôle se charge de négocier l'installation de nouveaux sites avec les propriétaires dans le cas de certains types de contrats, de la supervision de la construction de ces sites et de la fourniture du matériel. Elle se charge aussi de la mise en place et l'implémentation des services à valeurs ajoutées pour les clients selon les marchés conclus.

➤ **Le pôle support et maintenance**

C'est un pôle qui est chargée des opérations de maintenance, de suivi et d'exploitation du réseau des différents clients (opérateurs) de NSN. Elle est structurée selon les axes suivants : Accès 3G, Accès 2G, Réseau intelligent, réseau cœur (domaine paquet et circuit), et les services à valeurs ajoutées.

IV. Problématique

Le présent travail a été élaboré dans le cadre de notre projet de fin d'études d'Ingénieur en Systèmes Electroniques et Télécommunications, et au sein du service Radio Access Network 3G de NSN.

Il consiste à l'élaboration d'une procédure d'audit du réseau d'accès UTRAN de NSN. En effet ce dernier, n'ayant pas encore de procédure pour la release 7 de l'UMTS (solution RU10), nous a proposé d'en élaborer une. Elle est réalisée par l'inspection systématique, la détection et la correction des erreurs.

Cette opération d'audit inclue des tests, des mesures afin de superviser le bon fonctionnement des éléments du réseau d'accès. Elle permet dès lors à un équipementier de vérifier la performance du réseau de son client. Pour notre cas cette opération va être



effectuée dans les éléments du réseau d'accès et consiste surtout à la maintenance (préventive et curative) et aux mesures des performances.

Durant ce stage, nous avons manipulé les données de configuration du RNC via l'exécution de commandes MML spécifiques afin de pouvoir déterminer les éléments qui vont figurer dans le rapport d'audit. Les résultats de la procédure d'audit seront examinés afin de proposer des solutions correctives qui seront validées par la suite.



Chapitre II : Etude du réseau UMTS et ses évolutions de Releases R99 vers Rel7

Introduction

Avant de débiter l'étude de la solution RU10 de NSN, nous allons d'une part commencer par voir d'une manière générale, le réseau UMTS, et d'autre part nous exposerons les évolutions de ce dernier qui sont le HSDPA et le HSUPA. En effet cela

s'avère nécessaire vu que le réseau d'accès radio de cette solution est une évolution du HSPA (HSDPA plus HSUPA), comme ce dernier l'est pour l'UMTS.

I. Etude du réseau UMTS

Standardisé par le 3GPP, l'UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) désigne une technologie retenue dans la famille dite IMT2000 comme norme pour les systèmes de télécommunications dits de troisième génération. Il permet de faire aussi bien de la téléphonie mobile classique (commutation de circuits) que du transport de données Internet (commutation de paquets). L'UMTS fonctionne sur la bande de fréquences 1900-2000 MHz et permet un débit réel de l'ordre de 384 Kbits/s (8 fois plus rapide que le GPRS). Le débit théorique maximal pour les données est de 2Mbps. Il devient possible en théorie de faire passer de la voix et même de la vidéo.

I.1 Architecture générale du réseau UMTS

Comme nous pouvons le voir sur la figure1, le réseau de l'UMTS propose un découpage fonctionnel qui vise à rendre indépendant la technologie et le mode d'accès.

Il utilise non seulement un réseau de base comme le GPRS, mais aussi entièrement une nouvelle interface radio. Le nouveau réseau radio de l'UMTS est appelé UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) et est relié au réseau cœur (Core Network) du GPRS via l'interface Iu. La figure1 montre l'architecture UMTS.

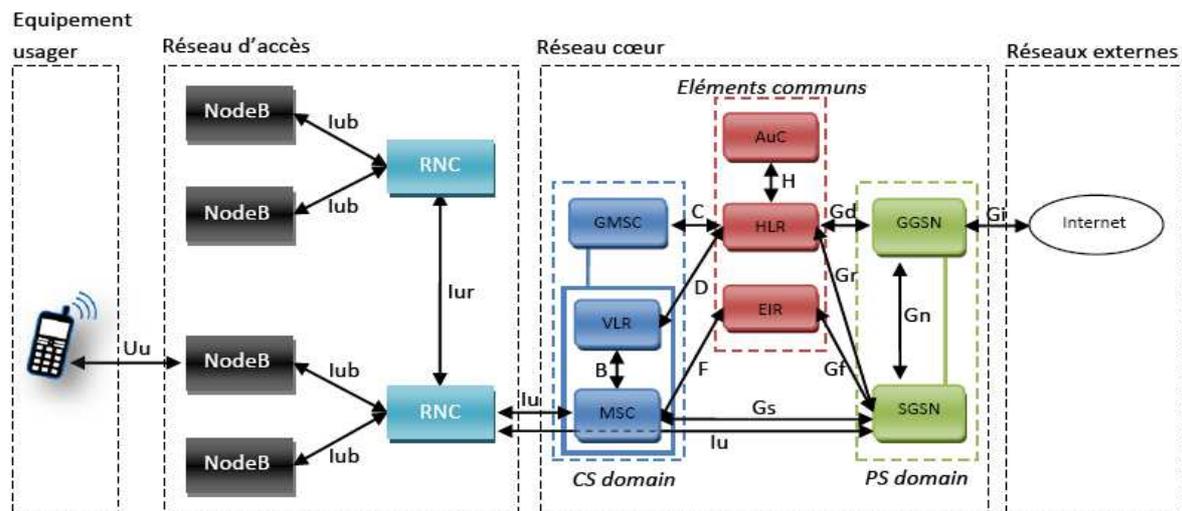


Figure 1 : Architecture du réseau UMTS

Le terminal mobile de l'UMTS est appelé équipement usager (UE). L'UE est reliée au NodeB. Ce dernier est l'équivalent de la BTS GSM et sert généralement d'un site cellulaire. Plusieurs NodeB sont commandés par un seul RNC sur l'interface Iub. Les RNC

sont reliés au CN (Core Network) par l'interface Iu. La commutation de paquets de données est transmise à travers l'interface Iu-PS et le circuit de commutation de données est transféré sur l'interface Iu-CS.

L'une des nouvelles interfaces dans UTRAN est l'interface Iur qui relie deux RNC et n'a pas d'équivalent dans le système GSM.

I.1.1 L'équipement utilisateur (UE)

L'UE contient deux parties comme nous pouvons le voir sur la figure ci-dessous:

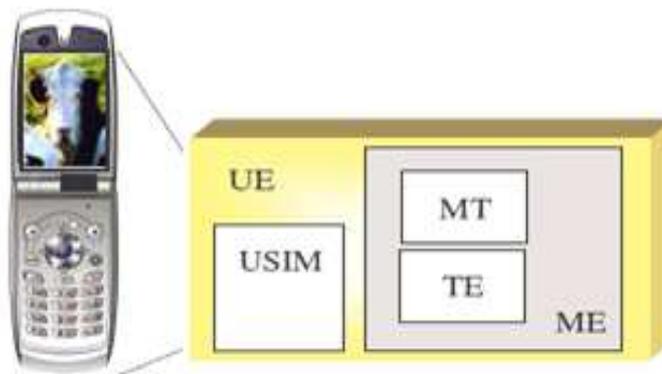


Figure 2 : Equipement Usager

- L'équipement Mobile ME (Mobile Equipment): il correspond au combiné téléphonique utilisé pour les communications à travers l'interface Uu.
- L'USIM (UMTS Subscriber Identity Module) : Elle enregistre les identités de l'abonné telles que l'IMSI, TMSI, P-TMSI, les données de souscription, la clé de sécurité (Ki) et les algorithmes d'authentification et de génération de clé de chiffrement.

I.1.2 Le réseau d'accès

Ce réseau est constitué d'un ou plusieurs RNS (Radio Network Subsystems). Chaque RNS est composé de deux éléments distincts à savoir le RNC (Radio Network Controller) et le NodeB (Nœud B).

Nodes B : les Nodes B permettent la réception et la transmission des ondes radios pour une ou plusieurs cellules de L'UTRAN. Ils gèrent la couche physique de l'interface radio, administrent le codage canal, l'entrelacement, l'adaptation du débit, l'étalement...

Ils assurent les mécanismes de Handover et de macro-diversité (c'est un état d'opération du mobile où celui-ci reçoit le même signal transmis par des stations de bases différentes). On distingue deux types de NodeB:

- NodeB avec antennes sectorielles
- NodeB avec antennes omnidirectionnelles

Le RNC (Radio Network Controller) : son rôle principal est le routage des communications entre le NodeB et le réseau cœur. Il gère le protocole RRC (Radio Ressource Control) définissant les procédures et les messages entre le mobile et l'UTRAN.

Il est en liaison avec le réseau cœur pour les transmissions en mode paquet à travers l'interface Iu-PS et en mode circuit à travers l'interface Iu-CS. Le RNC directement relié à un NodeB par l'interface Iub est un CRNC (Controlling RNC) qui est responsable de la charge et du contrôle de gestion de ses propres cellules et exécute le contrôle d'admission et d'attribution des codes pour les liaisons radios.

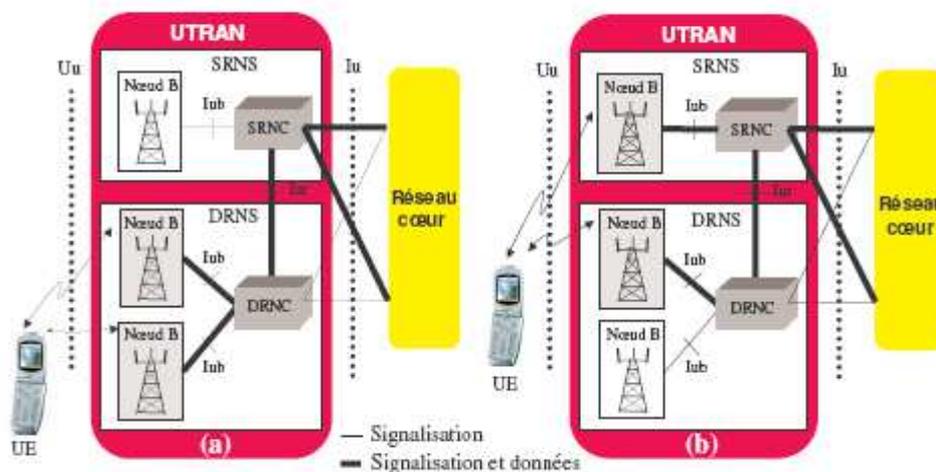


Figure 3 : Les différents types de RNC

Deux rôles de RNC ont été introduits afin de gérer la macro-diversité et le Handover inter- RNC: le Serving RNC (SRNC) et le Drift RNC (DRNC). Chaque communication met en œuvre un Serving RNC, et passe par zéro, un ou plusieurs Drift RNC.

- Le SRNC gère les connexions radios avec le mobile et sert de point de rattachement au réseau de base via l'interface Iu. Il contrôle et exécute le Handover.

➤ Le DRNC, sur ordre du SRNC, gère les ressources radios des NodeB qui dépendent de lui. Il effectue la recombinaison des liens lorsque du fait de la macro-diversité plusieurs liens radios sont établis avec des NodeB qui lui sont attachés. Il “route” les données utilisateurs vers le SRNC dans le sens montant et vers les NodeB dans le sens descendant.

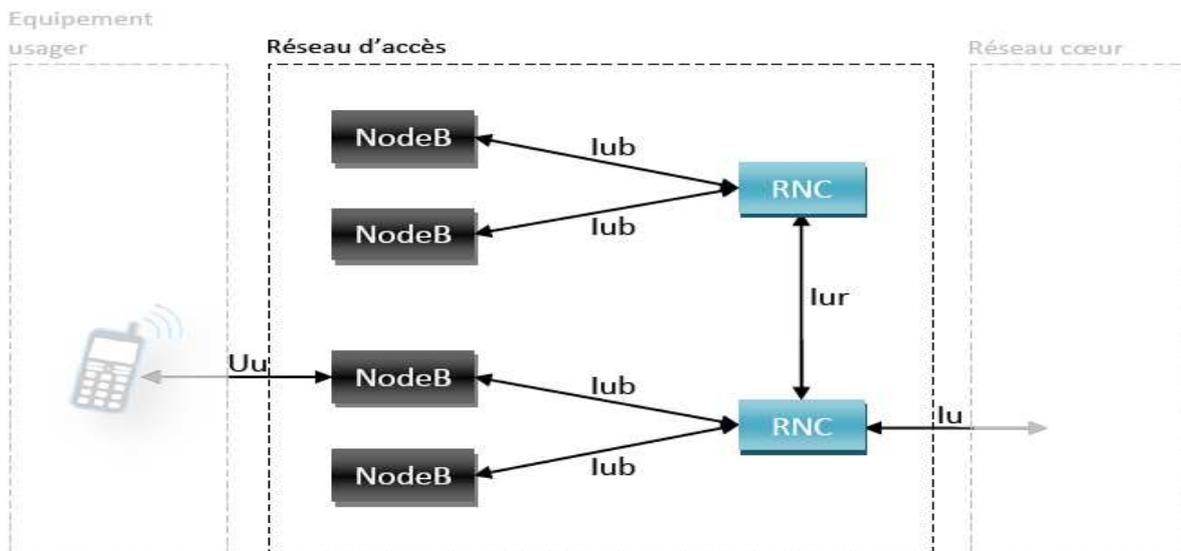


Figure 4 : Architecture du Réseau d'accès UTRAN

I.1.3 Le réseau cœur (CN)

Le réseau cœur de L'UMTS est séparé en trois domaines:

Le domaine CS (Circuit Switched)

Le domaine PS (Packet Switched)

Les éléments communs aux domaines CS et PS.

Le CS permet principalement l'utilisation de la téléphonie alors que le PS s'occupe de la commutation des paquets lors de connections internet. Cette notion de domaine permet de modéliser la notion de service dans le réseau cœur.

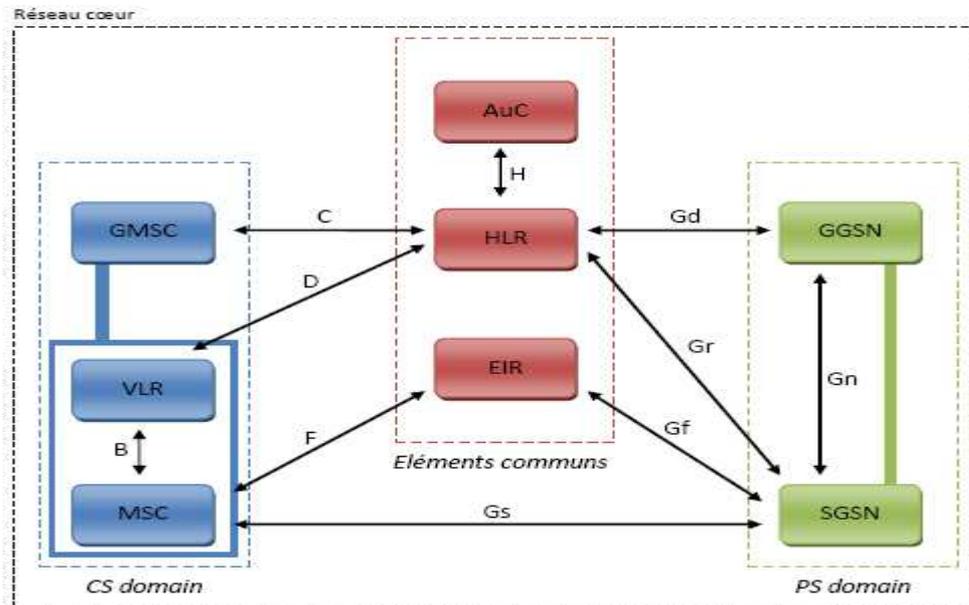


Figure 5 : Cœur du Réseau

➤ Les éléments communs

Le HLR (Home Location Register): c'est la base de données contenant les informations des abonnés. Elle contient: les informations de souscription (abonnement, souscription à tel service, débit maximal autorisé, etc.), l'identité du mobile, ou IMSI (International Mobile Station Identity), le numéro d'appel de l'abonné.

L'AuC (Authentication Center): Il permet d'assurer des fonctions de sécurité comme l'authentification de l'abonné ou le chiffrement de la communication.

L'EIR (Equipment Identity Register): C'est une base de données contenant la liste des mobiles interdits ou volés (« black liste ») Elle contient l'IMEI (International Mobile Station Equipment Identity).

➤ Le domaine CS

Le domaine circuit permet de gérer les services temps réels correspondant aux conversations téléphoniques, à la vidéo-téléphonie et aux applications multimédia. L'infrastructure s'appuie sur un MSC/VLR et sur un GMSC, commutateur connecté directement au réseau externe.



Le MSC (Mobile-services Switching Center): c'est un commutateur de données et de signalisation. Il gère la communication avec le mobile.

Le GMSC (Gateway MSC): C'est une passerelle entre le réseau UMTS et les réseaux de téléphonie mobile extérieurs.

Le VLR (Visitor Location Register): C'est une base de données qui enregistre des informations sur la position géographique et temporelle de l'abonné afin de limiter les fraudes d'utilisation de l'IMSI.

➤ **Le domaine PS**

Le domaine paquet permet de gérer les services non temps réel correspondant à la navigation sur Internet, aux jeux en réseau et aux E-mail. Ces applications sont moins sensibles au temps de transfert et ces données pourront transiter en mode paquet. Il commute les données vers le réseau Internet et autres réseaux publics ou privés de transmissions de données. Le débit supporté pourra atteindre 2 Mbit/s. Le réseau s'appuie sur un SGSN correspondant au MSC/VLR en mode paquet et sur un GGSN correspondant au GMSC en mode paquet.

Le SGSN (Serving GPRS Support Node) est l'interface logique entre l'abonné et un réseau de données externe. Ses missions principales sont, d'une part la gestion des abonnés mobiles actifs (mise à jour permanente des références d'un abonné et des services utilisés) et d'autre part le relais des paquets de données. Quand au GGSN (Gateway GPRS Support Node), il joue le rôle de passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs (Internet public, un intranet privé, etc.).

I.2 Les interfaces radio

I.2.1 L'interface Uu

C'est l'interface radio entre l'UE (User Equipment) et le NodeB. En effet, l'Uu est une interface logique qui sert à connecter le terminal mobile à la station de base par l'intermédiaire d'une liaison radio. La couche physique sur cette interface est basée sur la technique d'accès CDMA.

I.2.2 L'interface Iub

Au sein du réseau UTRAN, elle assure l'interconnexion entre le NodeB et le RNC. Sur cette interface, tous les flux du plan usager sont transportés par le protocole



AAL2/ATM, choisi par le 3GPP comme protocole de transport. Les flux du plan de contrôle sont acheminés via AAL5. La figure 6 représente la structure protocolaire de l'interface Iub. Les connexions AAL2 servent de support de transmission aux données des protocoles du niveau supérieur (DCH-FP, RACH-FP, FACH-FP, DSCH-FP). Le protocole de trame FP a été conçu pour le transfert fiable des données sur un support de transmission non fiable des mécanismes de détection d'erreurs basés sur les CRCs (Cyclic Random Checksum).

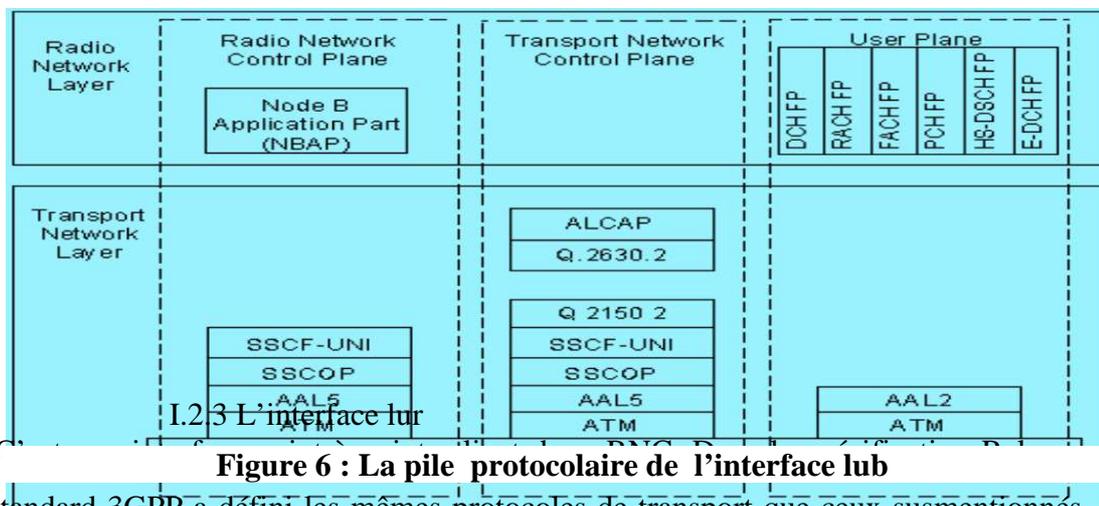


Figure 6 : La pile protocolaire de l'interface Iub

99, le standard 3GPP a défini les mêmes protocoles de transport que ceux susmentionnés pour l'interface Iur. Elle permet de gérer les connexions simultanées du terminal mobile entre deux RNC grâce à la procédure soft handover de cette interface. La figure 7 représente la pile protocolaire de cette interface.

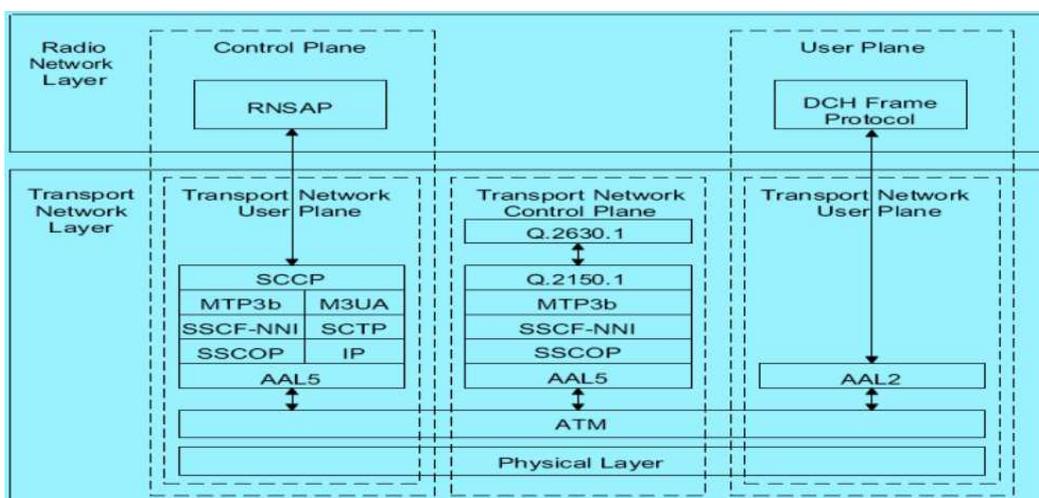


Figure 7 : La pile protocolaire de l'interface Iur



I.2.4 L'interface lu

C'est une interface logique ouverte utilisée pour connecter le réseau d'accès radio au réseau cœur. Le plan usager basé ATM utilise la technologie AAL2/ATM (CS) ou IP/AAL5/ATM (PS). Les actions assurées par l'interface lu sont:

- L'établissement, le maintien et la libération des RAB ;
- Effectuer les handover intra-systèmes et inter-système ainsi que la réallocation du SRNC ;
- L'accès simultané d'un équipement usager aux domaines CS et PS;
- Les services de localisation: l'interface lu transfère les requêtes du réseau cœur vers le réseau d'accès, et les informations de localisation dans l'autre sens ;
- Contrôle les traces de l'activité de l'équipement usager.

➤ L'interface lu-CS

Elle connecte l'UTRAN au domaine CS. Cette interface véhicule les communications entre le RNC et le MGW ainsi que les communications directes entre l'équipement usager et le MSC qui sont transparentes vis-à-vis du RNC.

➤ L'interface lu-PS

Elle raccorde l'UTRAN au domaine PS. Cette interface véhicule les communications entre le RNC et le MGW/MSS ainsi que les communications directes entre l'équipement usager et le MSC qui sont transparentes vis-à-vis du RNC.

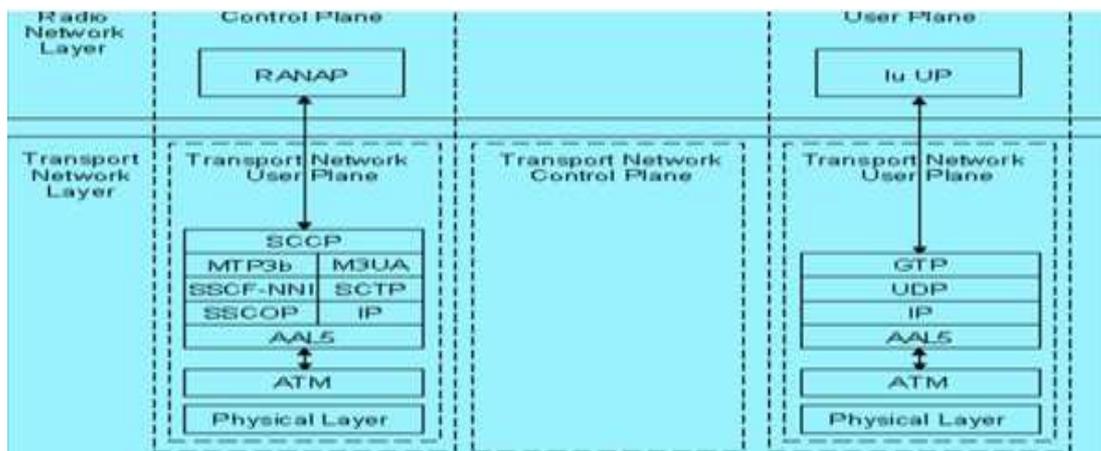


Figure 8 : La pile protocolaire de l'interface lu-PS

I.3 Les modes d'accès

Les deux modes d'accès définis pour l'interface radio sont :



- Mode W-CDMA : utilisé en FDD (Frequency Division Duplex) pour les bandes UMTS appariées (2'60 MHz). Il se base sur le CDMA mais utilise une bande passante plus large ce qui implique des débits supérieurs.
- Mode TD/CDMA : utilisé en TDD (Time Division Duplex) pour les bandes UMTS non appariées (35 MHz).

CDMA

Le CDMA (Code Division Multiple Access) est utilisé dans de nombreux systèmes de communication. Il permet d'avoir plusieurs utilisateurs sur une même onde porteuse. Les transmissions sont numérisées, dites à étalement de spectre. L'étalement du spectre rend le signal moins sensible aux fluctuations sélectives en fréquence. Le signal est ainsi transmis sur une bande de fréquences beaucoup plus large que la bande de fréquences nécessaire.

Les avantages :

- Efficacité spectrale
- Sécurité de la transmission : le signal codé est détectable comme étant du bruit.
- Handover
- Gestion du plan de fréquences
- Concentration de trafic

Principe de l'étalement de spectre

Le W-CDMA réalise un étalement de spectre selon la méthode de répartition par séquence directe (Direct Sequence).

Pour cela, chaque bit de l'utilisateur à transmettre est multiplié (OU exclusif) par un code pseudo aléatoire PN (Pseudo Random Noise code) propre à cet utilisateur.

La séquence du code (constituée de N éléments appelés "chips") est unique pour cet utilisateur en question, et constitue la clé de codage. Cette dernière est conservée si le symbole de donnée est égal à 1, sinon elle est inversée. La longueur L du code est appelée facteur d'étalement SF (Spreading Factor). Si chacun des symboles a une durée T_b , on a 1 chip toutes les T_b/N secondes. Le nouveau signal modulé a un débit N fois plus grand que le signal initialement envoyé par l'utilisateur et utilisera donc une bande de fréquences N fois plus étendue.

Nous avons donc une relation entre le débit initial et le débit final du type :

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

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

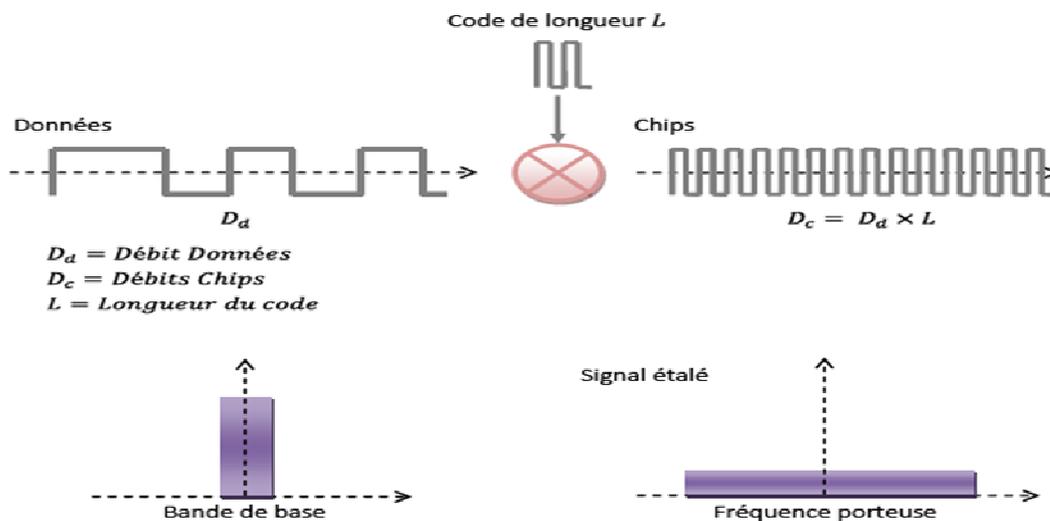


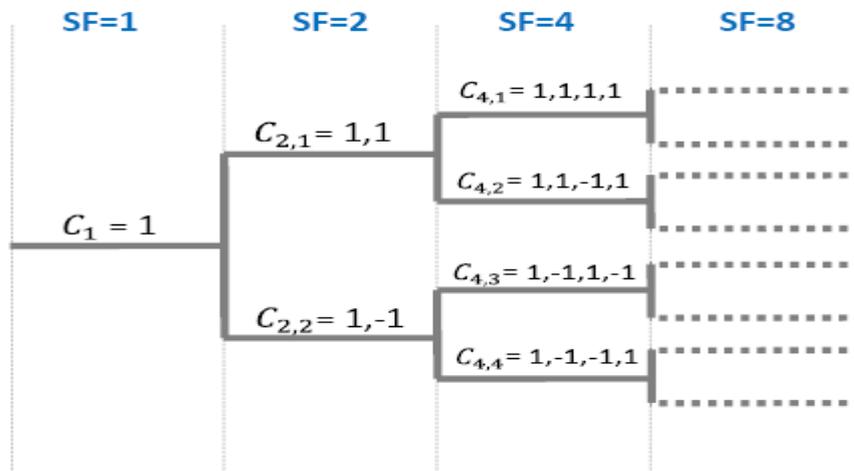
Figure 9: Principe de l'étalement de spectre

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

Codes d'étalement

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

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



Arbre des codes OVSF

L'arbre ci-dessus, nous montre la relation entre le facteur d'étalement et le nombre de codes disponibles pour un étalement donné. Il est important de savoir que le facteur d'étalement SF détermine la longueur du code. Le nombre de bits dans les trames des canaux dédiés pour le transfert des données se trouve par l'intermédiaire de la relation suivante :

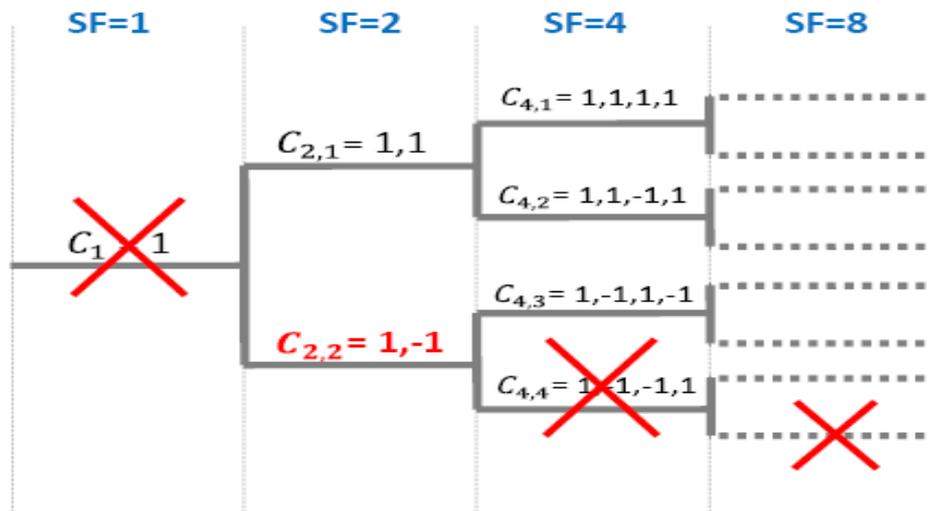
$$SF = \frac{256}{2^k} \quad \text{avec } 0 \leq k \leq 6$$

Comme k est compris entre 0 et 6, les valeurs du facteur d'étalement SF peuvent être au nombre de 7 comme indiqué dans le tableau ci après.

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

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

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



Utilisation des codes OSVF

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

I.4 Les classes de qualité de services

Quatre classes de qualité de service ont été définies en fonction du délai acceptable pour la transmission de l'information, de la variation possible de ce délai et de l'importance accordée à l'intégrité de l'information.

Cette définition est utilisée par le réseau UMTS pour optimiser l'allocation des ressources du réseau en fonction des priorités et des besoins particuliers à chaque service.

a. Classe A : mode conversation (conversational)

La classe A regroupe les applications en mode phonie et visiophonie, c'est-à-dire les conversations entre deux ou plusieurs personnes. Pour ces applications, la quasi-instantanéité du transfert de l'information est le paramètre essentiel. Par contre, la perception humaine tolère et corrige dans une certaine mesure les erreurs de transmission, qu'il s'agisse d'une parole déformée ou d'une image imparfaite.

b. Classe B : mode flux de données (streaming)



La classe B est la classe des applications asymétriques correspondant à une communication entre un utilisateur et un serveur. Par rapport à la classe A, le retard dans le transfert des données peut être plus important sans que la qualité de service perçue par l'utilisateur en soit affectée.

Exemple :

Des services de la classe B sont la vidéo à la demande, la diffusion de programmes musicaux ou les transferts d'images.

c. Classe C : mode interactif (interactive)

Comme pour la classe B, les services de classe C impliquent un utilisateur et un serveur mais cette fois, le dialogue est interactif et il s'agit d'un serveur de données ou d'applications informatiques, comme des pages Internet, par exemple.

L'absence de signaux de parole ou vidéo conduit à relâcher la contrainte sur la transmission en temps réel. La réponse à la demande de l'utilisateur doit juste lui parvenir dans un délai psychologiquement acceptable. Par contre, s'agissant de fichiers informatiques, il est essentiel que l'information ne soit pas altérée par la qualité de la transmission.

Exemple : Il s'agit ici de la navigation sur Internet, du transfert de fichiers, des applications de commerce électronique.

d. Classe D : mode tâche de fond (background)

La classe D est similaire à la classe C mais les informations transmises ont un moindre degré de priorité. Le délai de transmission peut être plus long.

Exemple : C'est le cas d'une transmission de fax ou de messages courts.

Sur le schéma ci-après nous pouvons voir les différents services que propose l'UMTS. Sur l'axe des ordonnées se trouve le débit demandé pour le service en question. Les services sont regroupés selon leur type de connexion (bidirectionnel, unidirectionnel, diffusion point/multipoint).

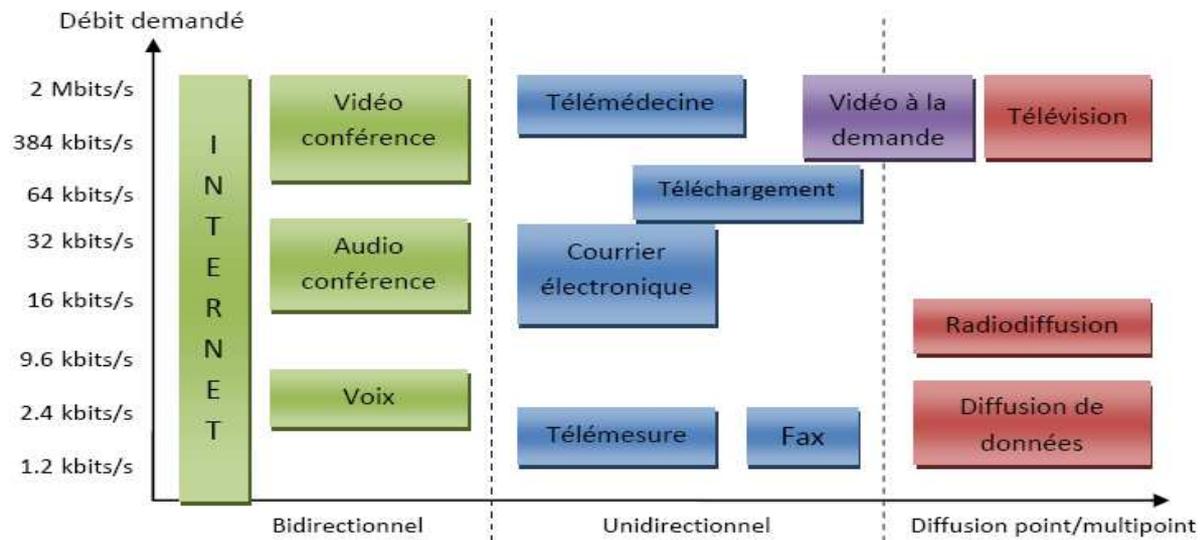


Figure 10: Besoin en débit des services UMTS

I.5 Handover dans le réseau UMTS

Nous savons que les appareils mobiles permettent de communiquer en mouvement. Cela implique alors qu'il arrive que ceux-ci se retrouvent dans une zone de chevauchement de deux cellules. Il ne faut en aucun cas couper une communication. De ce fait différents types de handover ont été introduits pour contrôler la charge du système et pour offrir une qualité de service satisfaisante.

Nous distinguons :

- Le Softer handover : lorsqu'un appareil mobile se trouve dans une zone commune de deux secteurs couverts par la même station de base.
- Le Soft handover : lorsqu'un appareil mobile se trouve dans une zone de couverture commune à deux stations de base. Les communications du mobile empruntent simultanément deux canaux différents pour atteindre les deux stations de base.

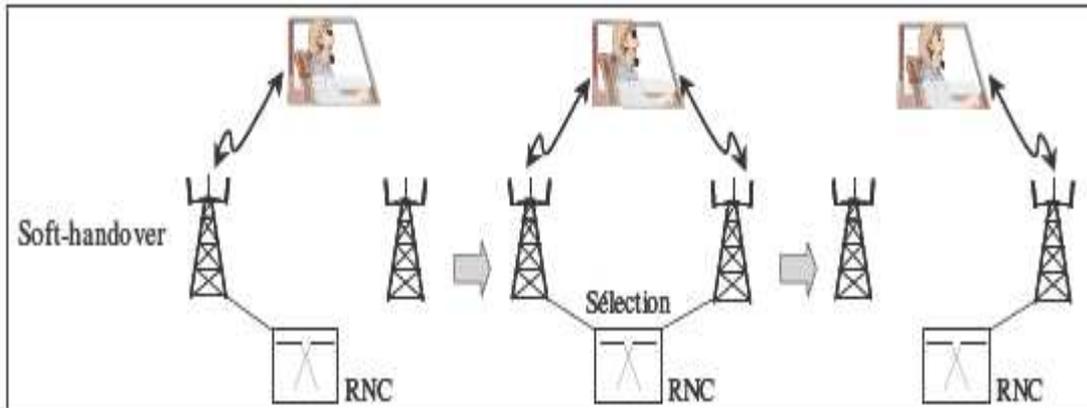


Figure 11: Soft handover

- Hard handover inter-fréquences : permet à un appareil mobile de passer d'une fréquence à une autre.
- Hard handover inter-systèmes : permet à un appareil mobile de passer d'un système à un autre.

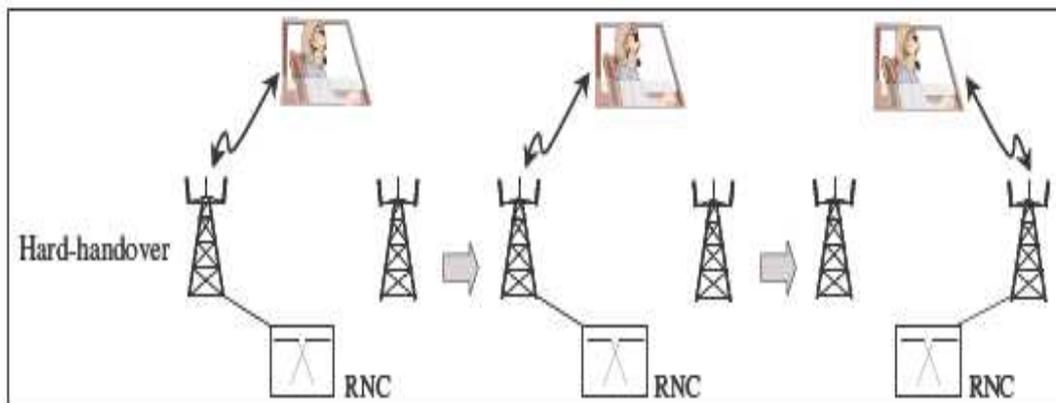


Figure 12 : Hard handover

I.6 Le Contrôle de puissance

Dans un système CDMA, le contrôle de la puissance d'émission est un mécanisme particulièrement important, car les usagers du réseau, contrairement à ceux des systèmes TDMA ou FDMA, utilise tous la même bande de fréquence au même instant.

En l'absence de contrôle de puissance, les phénomènes de propagation peuvent avantager les utilisateurs proches du NodeB au dépend de ceux loin du NodeB. On parle alors d'effet proche/loin (Near/Far effect). La solution à ce type de problème est d'ajuster en permanence la puissance d'émission des mobiles du réseau. En UMTS, le contrôle de puissance se base sur le niveau de qualité c'est-à-dire le rapport signal sur bruit qui doit être



assuré avec un niveau de puissance approprié. Pour la voie descendante, tous les signaux sont émis à partir d'une source unique (la station de base), ce qui permet d'assurer que les niveaux de puissance à l'émission sont équilibrés. Le contrôle de puissance est cependant nécessaire sur la voie descendante, afin de limiter les interférences générées sur les cellules voisines.

Il existe deux types de contrôle de puissance :

➤ Le contrôle de puissance à boucle ouverte OLPC (Open Loop Power Control) : Utilisé pour les canaux communs. Il consiste à mesurer les conditions d'interférence d'un canal puis d'ajuster la puissance de transmission.

➤ Le contrôle de puissance à boucle fermée CLPC (Closed Loop Power Control) : pour les canaux dédiés. Il consiste à mesurer le rapport signal à interférence et commander au transmetteur d'ajuster sa puissance. Ce commandement s'effectue à travers des directives spécifiques appelées TPC (Transmit Power Control). Le W-CDMA utilise un contrôle de puissance rapide en boucle fermée dans les sens montant et descendant.

Ceci permet de lutter contre les évanouissements à petite échelle (évanouissement de Rayleigh). En effet, la station de base estime le SIR (Rapport Signal Interférent) à partir du signal reçu et commande la puissance d'émission du mobile, ceci sur le lien montant. Sur le lien descendant, la mesure du SIR est effectuée au niveau du récepteur du mobile. De plus, le système W-CDMA utilise un contrôle de puissance lent sur le lien montant dans le but de lutter contre les effets des évanouissements à grande échelle (near-far effect).

I.7 Le transport des données

Nous avons constaté que suivant le type de données à transporter, la gestion du transport des données est différente. Cependant la couche PDCP n'est pas utilisée dans ce type de transport. Les couches MAC et RLC sont employées en mode transparent, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de segmentation, ni de multiplexage. Le schéma ci-dessous présente l'encapsulation des paquets qui arrivent au réseau cœur de l'UMTS :

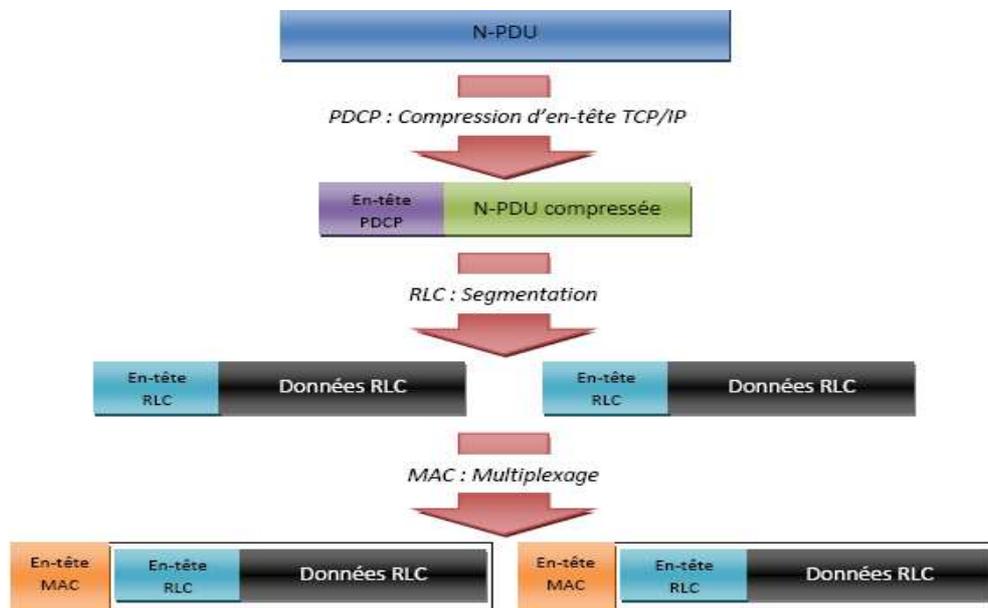


Figure 13: Encapsulation des paquets TCP/IP à l'arrivée au réseau cœur

I.8 L'architecture en couche

L'interface radio de l'UTRAN est structurée en couches dont les protocoles se basent sur les 3 premières couches du modèle OSI (respectivement la couche physique, la couche liaison de données et la couche réseau).

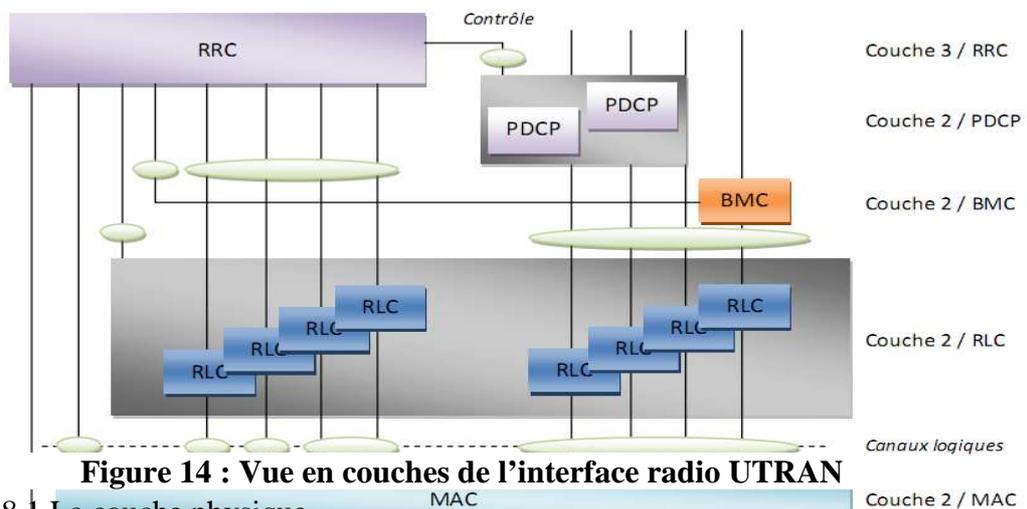


Figure 14 : Vue en couches de l'interface radio UTRAN

I.8.1 La couche physique

Elle représente l'interface radio qui réalise les principales fonctions qui peuvent être énumérées comme suit :

- Le codage/ décodage canal pour la protection contre les erreurs sur les canaux de transport;
- Le multiplexage de plusieurs canaux de transport en un bloc composite ;



- L'adaptation de débit qui consiste à rajouter ou à retirer des bits de projection pour ajuster la taille des données à la capacité du canal physique ;
- La modulation et l'étalement de spectre ;
- La synchronisation en fréquence et en temps.

I.8.2 La couche liaison de données

Cette couche est divisée en plusieurs sous couches :

a. La sous couche MAC

Elle est en charge d'accéder au médium de transmission et de partager les ressources radio à travers un ensemble de fonctions dont :

- L'association des canaux logiques aux canaux de transport ;
- La communication sur ordre de RRC du type de canal de transport associé à un canal logique ;
- Le contrôle du volume de trafic sur chaque canal de transport actif ;
- La gestion des priorités entre les différents flux de données utilisateurs ;
- Le multiplexage en émission des données de plusieurs canaux logiques sur un canal de transport et le démultiplexage en réception.

Pour les différents types de couches MAC voir annexe A.

b. La sous-couche RLC

Pour garantir la fiabilité du transport des données, la couche RLC assure, pour l'essentiel, les fonctions de transfert. En outre, suivant le mode d'opération mis en œuvre, elle réalise les fonctions de segmentation/réassemblage, la concaténation et la détection d'erreurs et de pertes. La couche RLC offre trois modes d'opération :

- Le mode transparent TM (Transparent Mode): dans ce mode de fonctionnement, la couche RLC réalise uniquement les opérations de segmentation et de réassemblage. Aucun en-tête RLC n'est ajouté aux paquets.



- Le mode non acquitté UM (Unacknowledged Mode): dans ce mode de fonctionnement, la couche RLC réalise les mécanismes de segmentation/réassemblage ainsi que des mécanismes de concaténation de plusieurs paquets (RLC-SDU: RLC-Service Data Unit) dans un seul RLC-PDU. Le mode UM assure la détection d'erreurs et de pertes, mais aucun mécanisme de retransmission n'est mis en place.
- Le mode acquitté AM (Acknowledged Mode): dans ce mode de fonctionnement, la couche RLC assure les mêmes fonctions du mode UM (segmentation/réassemblage, concaténation, détection d'erreurs et de pertes) mais en plus, elle assure les fonctions de retransmission des paquets en cas de perte ou d'erreurs.

c. La sous-couche PDCP (Packet Data Convergence Protocol)

Elle permet de compresser les données via des algorithmes de compression. Cela permet d'exploiter plus efficacement les ressources radio. PDCP compresse les en-têtes des paquets TCP/IP. De plus, cette sous-couche PDCP a aussi pour rôle de rendre indépendant les protocoles radio du réseau d'accès UTRAN (sous-couches MAC et RLC) par rapport aux couches de transport réseau.

d. La sous-couche BMC (Broadcast/Multicast Control)

Elle est en charge d'assurer les fonctions de diffusion de messages sur l'interface radio.

1.8.3 La couche 3 : RRC

Cette couche gère la signalisation entre l'UTRAN et les équipements usagers, en assurant les fonctions suivantes:

- La gestion de la connexion RRC.
- La gestion des états de service RRC.
- La gestion du paging et de la mobilité dans l'UTRAN.
- La sélection de cellule.



- Le contrôle des mesures.

I.9 Les canaux

Les canaux de communication UMTS sont répartis en trois grandes classes: les canaux logiques, les canaux de transport et les canaux physiques. La définition d'une gamme de canaux propre à chaque niveau, garantit une grande flexibilité à l'UTRAN, qui est appelé à se soumettre à la multitude d'applications projetées pour les réseaux 3G.

I.9.1 Les canaux logiques

Les canaux logiques correspondent aux différents types d'informations véhiculées par les protocoles radio de l'UTRAN. Ces canaux sont voués au service des couches clientes du niveau 2 de l'interface radio. Deux types de canaux logiques sont à distinguer: ceux de contrôle qui se chargent de transférer les informations du plan de contrôle et ceux de trafic, qui servent à véhiculer les informations du plan usager.

a. Les canaux logiques de contrôle

- BCCH (Broadcast Control Channel) est destiné pour diffuser des informations de contrôle (system information);
- PCCH (Paging Control Channel) est employé pour l'envoi des messages de paging aux mobiles du réseau;
- CCCH (Common Control Channel) est utilisé pour envoyer ou recevoir des informations de contrôle des mobiles qui ne sont pas connectés au réseau;
- DCCH (Dedicated Control Channel) sert à envoyer ou à recevoir des informations de contrôle d'un mobile connecté au réseau.

b. Les canaux logiques de trafic

- DTCH (Dedicated Traffic Channel) sert à échanger les données usager avec un mobile connecté au réseau;
- CTCH (Common Traffic Channel) est un canal unidirectionnel utilisé par le réseau pour envoyer des données usager à un groupe de mobiles.



I.9.2 Les canaux de transport

La notion de canal de transport est liée généralement à la manière dont les données sont regroupées et transportées à travers les canaux physiques. Ces derniers étant définis comme pouvant transporter des données sans aucune protection.

Ainsi, à chaque canal de transport, l'UTRAN associe une liste d'attributs, appelée TFS (Transport Format Set), destinée à représenter le format et la manière avec lesquels les données sont transmises. A ce propos, les paramètres de la couche MAC ci-après sont à élucider :

TB (Transport Block): c'est la plus petite entité de données au niveau du canal de transport. Un TB correspond à un MAC-PDU (MAC-Packet Data Unit) qui encapsule un RLC-PDU. La taille du TB est un paramètre dynamique;

TBS (Transport Block Set): c'est un ensemble de TB transmis par la couche MAC vers la couche physique dans un intervalle de temps TTI. Le nombre de TBs dans un TBS est également un paramètre dynamique lié à la bande passante radio et aux exigences des services transportés;

TTI (Transmission Time Interval): c'est la durée qui sépare deux envois successifs de TBS de la couche MAC vers la couche physique. Le TTI peut avoir différentes valeurs: 2ms (RAS5_HS-DSCH), 10ms, 20ms, 40ms, 80ms ;

TFS (Transport Format Set) : c'est un ensemble de TFs (Transport Format) dont chacun définit une taille de TB et une taille de TBS. Le TFS renferme toutes les valeurs possibles. Il recèle également la valeur du TTI.

La couche Mac interagit avec la couche RRC qui lui communique la taille d'un TB, la taille d'un TBS et la valeur appropriée du TTI, afin d'exploiter les ressources radio aussi efficacement que possible.

La recommandation a défini deux catégories de canaux de transport: les canaux de transport dédiés (Dedicated Channels), qui sont octroyés à un équipement particulier et les canaux de transport communs (Common/Shared Channels) que l'ensemble des mobiles d'une cellule peuvent partager.

a. Les canaux de transport dédiés

Un canal dédié est un canal point à Point dédié à un seul UE. DCH (Dedicated Channel): est le seul canal de transport dédié. Il peut être utilisé dans le sens montant et pareillement dans le sens descendant. En raison de la séparation des notions de canal



logique et canal de transport, le DCH n'est pas typé par utilisation. Ainsi, lorsque le réseau décide d'allouer les ressources dédiées à une communication mobile-réseau, les canaux logiques DCCH et DTCH seront supportés par un unique DCH si leurs contraintes de qualité de service sont compatibles.

b. Les canaux de transport communs

BCH (Broadcast Channel): canal employé dans le sens descendant pour diffuser, à débit fixe et assez faible, les informations spécifiques à une cellule, destinées à tous les utilisateurs présents dans la cellule;

PCH (Paging Channel): utilisé dans le sens descendant, il permet de diffuser des informations de contrôle à un mobile dont le réseau ne connaît pas la localisation;

RACH (Random Access Channel): canal qui transporte, dans le sens montant, les informations de la demande d'accès initial au réseau;

FACH (Forward Access Channel), utilisé dans le sens descendant pour transporter des courts paquets utilisateurs;

DSCH (Downlink Shared Channel), ce canal est une variante de FACH. Il est partagé entre plusieurs mobiles et permet de transporter des informations de données ou de contrôle;

CPCH (Common Packet Channel), transporte dans le sens montant des paquets de petites et moyennes tailles. Il est associé à un canal dédié (dans le sens descendant) qui fournit les commandes de contrôle de puissance.

I.9.3 Les canaux physiques

Le canal de transport, caractérisant la manière dont les informations sont transmises sur l'interface radio, est dissocié du canal physique effectivement utilisé. Ainsi, un canal physique peut supporter plusieurs canaux de transport ou un canal de transport soit supporté par deux canaux physiques distincts.

a. Les canaux physiques dédiés

DPDCH (Dedicated Physical Data Channel): il est utilisé dans le sens montant pour envoyer des informations data, voix et vidéo;

DPCCH (Dedicated Physical control Channel): utilisé également dans le sens montant pour l'envoi des informations de contrôle au réseau ;



CPICH (Common Pilot Channel): envoyé par le réseau aux utilisateurs dans une cellule pour l'estimation du canal.

b. Les canaux physiques communs

PRACH (Physical Random Access Channel): utilisé dans le sens montant, il encapsule le canal RACH et est employé pour effectuer la demande de connexion au réseau;

PCPCH (Physical Common Packet Channel): il encapsule le canal de transport CPCH qui est utilisé en tant qu'une extension du canal RACH.

Conclusion :

Dans cette partie du premier chapitre nous avons pu faire une présentation du réseau UMTS à travers ses quelques caractéristiques tels que les modes d'accès, son architecture, ses classes de service, ses canaux.... Cela nous permettra de voir d'une manière brève ses évolutions en commençant de la Release 99 à la Release 6. Nous notons que ces Releases sont une évolution logicielle du réseau d'accès Radio de l'UMTS décrit précédemment.

II. Evolution de l'UMTS

Dès son avènement, la norme UMTS a connu une évolution exponentielle à travers les apports remarquables de ses spécifications dont les parties importantes seront signalées ci-après.

II.1 Release 99 : UMTS classique

La Release 99 est l'héritage du GSM/GPRS. L'architecture UMTS telle qu'elle est décrite dans cette spécification, s'appuie sur une nouvelle interface radio : UTRAN, et une évolution du réseau cœur GSM (adaptation des équipements existants ou introduction de nouveaux équipements) pour gérer les flux des domaines CS et PS.

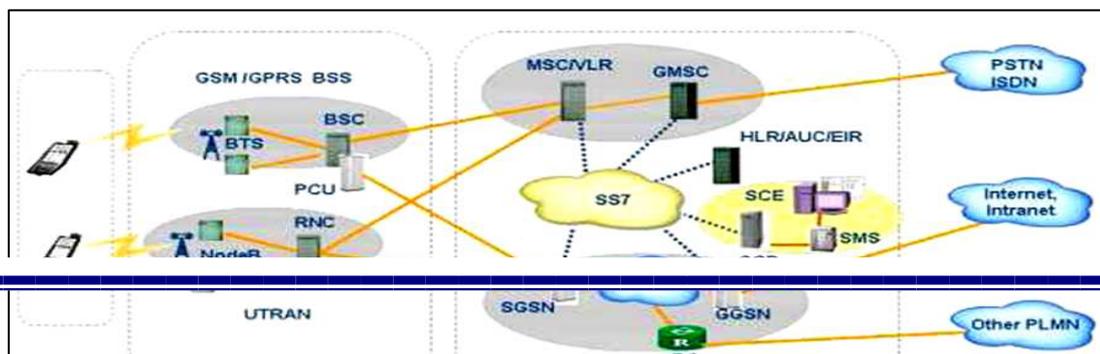


Figure 15 : L'architecture du réseau UMTS RAS99

La version 4 des spécifications de l'UMTS propose une architecture novatrice permettant d'évoluer vers le réseau tout IP. Les évolutions de l'UMTS prévues dans cette version ont été échelonnées dans le temps et réparties sur deux versions successives Release 4 et Release 5. La figure 16 donne l'architecture du réseau UMTS dans la Release 4.

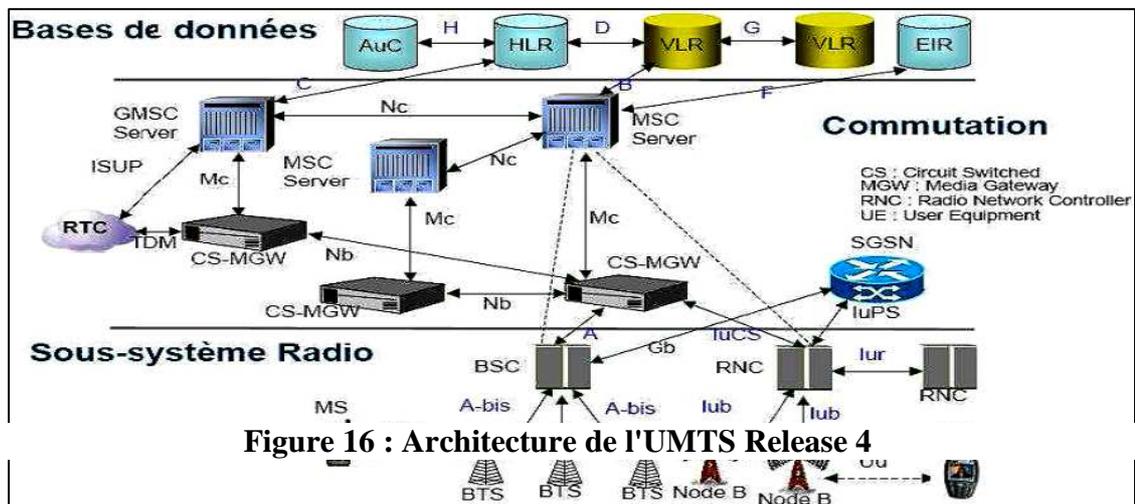


Figure 16 : Architecture de l'UMTS Release 4

La Release 4 introduit la séparation entre le plan de contrôle et le plan de transport au niveau du domaine CS. Cela se voit clairement à travers l'utilisation de MSC/GMSC Server et de MGWs comme c'est illustré sur la figure 16. Alors que MSC/GMSC Server peut gérer plusieurs MGWs et qu'il se charge du contrôle de l'appel et de la mobilité, le flux de données passe par les MGWs. A ce stade, la plupart des services sont routés vers le domaine PS.

II.3 Release 5 : introduction au HSDPA

HSDPA (High speed downlink Packet Access) est un protocole de téléphonie mobile visant à accroître les taux de transfert de données et de la capacité des réseaux de troisième génération par le biais de transfert de données à l'aide d'un téléphone cellulaire. Le HSDPA communément appelé 3,5G ou encore 3G+ (dénomination commerciale), offre des performances dix fois supérieures à la 3G (UMTS Release 99) dont il est une évolution logicielle.

II.3.1 Principe du HSDPA

La nouvelle technologie HSDPA repose sur les éléments clés suivants :



- Raccourcissement et utilisation intelligente du TTI (Transmission Time Interval) de 10 ms à 2 ms.
- Utilisation d'un type de modulation de niveau supérieur (16QAM)
- Adaptation rapide et optimisée de la modulation, du codage des canaux et de la puissance en liaison descendante aux conditions actuelles du canal radio (AMC).
- Retour d'information permanent et rapide de la qualité de réception dans le terminal (CQI : Channel Quality Indication).
- Définition de brèves durées de réponse dans la couche physique du terminal mobile, dans lesquelles il est indiqué si un paquet de données HSDPA a été « compris » ou non (processus ACK- /NACK).

II.3.2 Les canaux HSDPA

HSDPA introduit des nouveaux canaux par rapport à l'UMTS qui prennent en charge son trafic (nous allons citer quelques canaux et le reste voir annexe B) :

HS-PDSCH: High-Speed Physical Downlink Shared Channel

Le HSDPA définit le canal de transport HS-DSCH (High Speed Downlink Shared Channel) comme une évolution du canal DSCH de l'UMTS. Ce canal doit coexister avec les canaux déjà présents dans la Release 99 et dans la Release 4 des spécifications techniques du 3GPP.

Le HS-DSCH est un canal haut débit dont le rôle est de convoier l'information du NodeB vers l'UE tout en garantissant la qualité de service requise. Pour transporter les données jusqu'au mobile, il fait recours à un ou plusieurs canaux physiques HS-PDSCH. Ces canaux sont transmis en utilisant le principe de transmission Multicodes. Les canaux HS-PDSCH sont envoyés sur l'interface radio sous forme de trame ayant la structure présentée sur la figure 17.

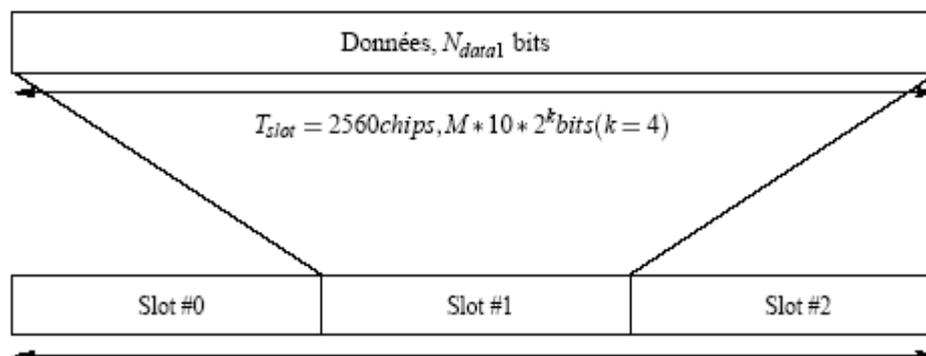


Figure 17 : Structure de la trame HS-PDSCH



Chaque trame est de durée 2 ms et divisée en 3 slots de 2560 chips chacun. Le nombre de bits par slot dépend du type de modulation utilisée, et est calculé par la formule suivante: $N_{data1} = M \cdot 160$. Où M est le nombre de bits par symbole modulé: $M = 2$ en RAS05 qui utilise la modulation QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) et $M = 4$ lorsqu'on utilise la modulation 16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) introduite par la solution RAS05.1.

Le tableau 1 montre le format d'un slot HS-DSCH qui véhicule un débit de 480 Kbps lorsque la modulation QPSK est utilisée et son double lorsqu'on utilise la modulation 16 QAM.

Format du slot	Débit binaire (kbps)	Débit symbole (Ksps)	SF	Nombre de bits par trame	Nombre de bits par slot
0 (QPSK)	480	240	16	960	320
1 (16-QAM)	960	240	16	1920	640

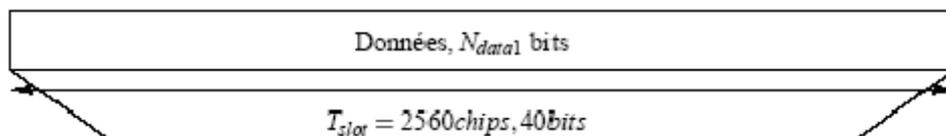
Tableau 1: Format d'un slot HS-PDSCH

Les spécifications du 3GPP release 5 réservent 15 codes orthogonaux de SF = 16 pour transmettre les canaux HS-PDSCH.

HS-SCCH: High-Speed Shared Control Channel

Le canal HS-SCCH est utilisé par HSDPA pour véhiculer la signalisation descendante vers le mobile. Cette signalisation comporte les informations nécessaires au décodage du canal HS-DSCH. Le canal HS-SCCH est transmis à débit fixe égale à 60 kbps avec un SF=128.

Une trame HS-SCCH, comme le montre la figure 18, est de durée de 2 ms, elle comprend 3 slots et elle contient 40 bits par slot.



Dans la solution RAS05, un seul canal HS-SCCH est réservé par NodeB. Le tableau 2 présente les informations transportées par le canal HS-SCCH à savoir les informations sur le schéma de modulation utilisé et l'identité du terminal.

Figure 18 : Structure d'une trame HS-SCCH

Field	Number of bits
Channelisation code set information	7 bits
Modulation scheme information	1 bit



Tableau 2: Les bits d'informations de HS-SCCH

II.4 Release 6 : Introduction au HSUPA/HSPA

Après la terminaison réussie de la phase de spécification de HSDPA, le 3GPP a entrepris le travail sur la version uplink de cette technologie dite High Speed Uplink Packet Access (HSUPA). Le but du 3GPP était d'examiner la possibilité d'adopter les techniques utilisées dans HSDPA dans le cas de HSUPA.

HSUPA se base sur plusieurs techniques introduites dans la release 99. De ce fait, elle ne constitue pas une technologie entièrement nouvelle. Le seul changement est la nouvelle façon de transmettre les données depuis l'UE vers le NodeB.

II.4.1 Les services offerts par le HSUPA

Avec l'augmentation du débit uplink et l'amélioration de la qualité de service, des applications plus attractives sont devenues possibles. Ces dernières feront sans doute le succès de HSUPA. La liste suivante n'étant pas exhaustive :

- Partage de vidéo en temps réel: le flux vidéo temps réel unidirectionnel est lancé durant une communication téléphonique. Ce service peut être amélioré encore plus en mettant en œuvre un flux vidéo bidirectionnel.
- Jeux en ligne: les jeux sur téléphones mobiles sont sur le marché depuis plusieurs années. Toutefois, les jeux en ligne peuvent constituer une amélioration significative dans ce genre de services. Ces jeux peuvent être joués entre utilisateurs en temps réel à travers le réseau mobile.
- Mobile weblog: c'est une combinaison entre blog Internet et multimédia. L'utilisateur peut transférer une photo ou une vidéo prise avec la caméra de son téléphone mobile vers son blog internet afin de les partager.

II.4.2 Le modèle protocolaire

Pour le HSUPA, une nouvelle entité, la MAC-e, a été rajoutée au niveau du NodeB, comme cela est illustré sur la figure 21. Elle sert à assurer les nouvelles fonctionnalités uplink attribuées au NodeB. Pour le terminal, la couche MAC-es/e quant à elle, a été ajoutée afin de couvrir le fait qu'une partie de l'ordonnancement des paquets soit maintenant implémenté au niveau du NodeB.

Une nouvelle entité a été ajoutée sur le RNC à savoir la MAC-es. Ceci est principalement dû au besoin relatif à la gestion du soft handover de le HSUPA ainsi que la remise en ordre des paquets suite à des retransmissions éventuelles.

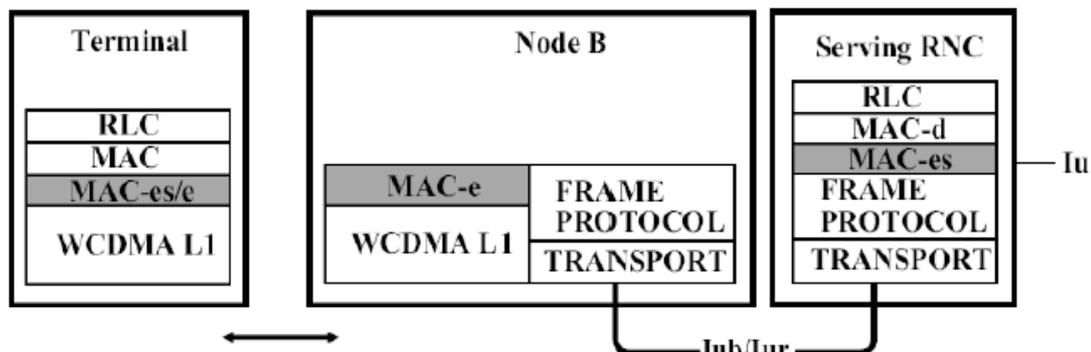


Figure 19 : Architecture protocolaire HSUPA

II.4.3 Les canaux physiques et de transport en HSUPA

a. Le canal de transport E-DCH

Le canal de transport E-DCH est similaire au canal Uplink DCH de la release 99, avec deux différences :

- La première c'est qu'il ne peut y avoir qu'un seul E-DCH par UE alors que plusieurs DCHs peuvent être multiplexés sur un CCTrCH de type DCH. Néanmoins, la couche MAC peut multiplexer plusieurs services en parallèle sur le même E-DCH.
- La deuxième différence c'est que le canal E-DCH supporte la retransmission HARQ, ce qui n'est pas le cas pour les canaux DCH.

Les deux canaux E-DCH et DCH peuvent coexister sur le même UE. Le débit maximal DCH est alors limité à 64Kbps lorsque l'E-DCH est activé.

b. Les canaux physiques HSUPA

Après traitement au niveau de la couche MAC, le canal E-DCH est mappé sur un ou plusieurs canaux physiques E-DPDCH pour la transmission physique.

Un canal de contrôle E-DPCCH est transmis simultanément, transportant les informations nécessaires pour décoder l'E-DPDCH.

En downlink, trois nouveaux canaux physiques ont été introduits en HSUPA pour transmettre le feedback HARQ et faciliter l'ordonnancement en uplink.

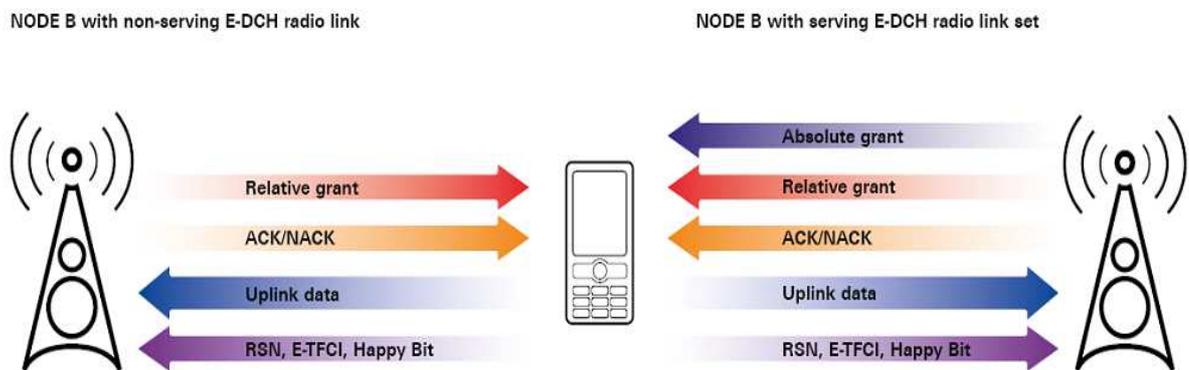


Figure 20 : Les canaux physiques HSUPA



E-DPDCH est un nouveau canal physique uplink utilisé pour la transmission de bits du UE vers le NodeB. Il s'agit d'un nouveau canal qui existe en parallèle avec tous les canaux uplink dédiés de la Release 5 (DPDCH et DPCCH utilisés pour la transmission de données uplink et HS-DPCCH utilisé pour transmettre le feedback en HSDPA).

E-DCH Dedicated Physical Control Channel (E-DPCCH)

L'E-DPCCH transmet les informations nécessaires pour décoder l'E-DPDCH, tout comme DPCCH le fait pour DPDCH.

Le DPCCH fournit également des informations relatives, par exemple, à l'estimation canal et au contrôle de puissance, tandis que l'E-DPDCH ne contient que des informations sur l'E-DPDCH.

L'E-DPCCH a une seule structure de slot possible :

Spreading Factor	Débit (Kbps)	Bits/slot	Bits/trame	Bits/sous-trame
256	15	10	150	30



Les 10 bits d'information sur l'E-DPCCH sont répartis sur trois segments :

- E-TFCI (E-DCH Transport Format Combination Indicator): codé sur 7 bits, indique le format de transport transmis simultanément sur les E-DPDCHs.
- RSN (Retransmission Sequence Number): codé sur 2 bits, il représente le numéro de séquence HARQ du bloc de transport entrain d'être transmis sur le canal E-DPDCH.
- Happy bit: codé sur un seul bit, il indique si l'UE est satisfait du débit qu'il a ou non.

E-DCH HARQ indicator channel (E-HICH)

L'E-HICH est un nouveau canal physique downlink utilisé pour transmettre les acquittements positifs et négatifs ACK/NACK pour la transmission des paquets en uplink sur l'E-DPDCH.

E-DCH Relative Grant Channel (E-RGCH)

Le canal E-RGCH est utilisé pour transmettre les commandes d'ordonnancement qui contrôlent la puissance relative de transmission que l'UE peut utiliser pour le canal E-DPDCH.

Là aussi, les cellules n'appartenant pas à l'ensemble des stations de base avec lesquelles communique l'UE par le biais du canal E-DCH ne peuvent transmettre que des commandes de diminution de puissance, sinon elles ne transmettent rien.

E-DCH Absolute Grant Channel : E-AGCH

L'E-AGCH est un nouveau canal physique downlink qui transmet à l'UE la valeur absolue de la puissance qu'il est autorisé à utiliser pour son canal E-DPDCH, issue de la décision de l'ordonnanceur. Cette information est transmise sur 6 bits.

Conclusion :

L'étude théorique de cette partie nous a permis de voir l'évolution de L'UMTS à travers différentes Releases telle que la R99, l'HSPDA et l'HSUPA. Nous remarquons une différence notable au niveau des canaux de transmission, des modèles protocolaires et des services offertes. Cela a permis l'amélioration du débit, de la qualité de service end-user, l'augmentation du nombre d'utilisateurs...



Après l'HSUPA, il y'a eu la Release 7 de l'UMTS standardisé par le 3GPP ; Cela dans l'initiative d'augmenter le débit à 24Mbps sur le lien descendant et à 11Mbps sur le lien montant. On notera de même, une amélioration de la QoS et une augmentation du nombre d'utilisateurs sur le lien radio. Nous remarquons, que c'est cette dernière qui est l'équivalent de la solution RU10 de NSN que nous allons présenter au niveau du chapitre suivant.

Chapitre III : Présentation de la solution RU10 de NSN



Introduction

Notre projet s'inscrit sur l'étude de cette solution qui nous permettra, non seulement de voir ses nouvelles fonctionnalités, mais également de comprendre le fonctionnement des éléments du réseau (Network Element). Cela dans le but de déterminer les équipements ou composants du réseau à auditer. Nous verrons qu'elle est entièrement basée sur l'introduction de l'IP sur Ethernet, contrairement aux Releases précédentes qui elles étaient basées à moitié sur l'ATM.

I. Etude de la solution RU10 de NSN

I.1 Le tout IP dans l'UTRAN : Release 7

Alors que les versions antérieures 3GPP apportent déjà un soutien efficace pour les services cités plus hauts, la Release 7 quand à elle se concentre sur la fourniture d'un soutien et des performances améliorées pour les services temps réel et interactifs tels que le partage de photos et vidéo, voix et vidéo sur IP. L'amélioration de l'interface radio 3GPP Release 7 offre une capacité accrue en termes de nombre d'utilisateurs, de données par paquets qui peuvent être connectés simultanément, ainsi que l'amélioration des délais de transition d'état afin de raccourcir les délais initiaux de mise en place de services ou de réactivation.

Nous verrons, que l'introduction de Multiple Input Multiple Output (MIMO) renforcera l'offre haute débit, en prenant les taux de pointe théorique ainsi que l'amélioration du débit moyen des cellules. L'évolution HSPA dans la version 7 apporte un débit maximal de 28 Mbits/s en DL (Downlink) et 11Mbps en UL (Uplink).

I.1.1 La technique MIMO (Multiple Input/Multiple Output)

Elle est utilisée pour désigner tout système sans fil comportant plusieurs antennes à l'émission et à la réception. Si de multiples antennes sont disponibles à la fois à l'émetteur et au récepteur, différents flux de données peuvent être transmises par chaque antenne, chaque flux transportant des informations différentes, mais en utilisant les ressources de même fréquence. Cette technique est connue sous le nom de multiplexage spatial (SM).



Dans le contexte de la technologie HSDPA Rel-7, la technologie MIMO se réfère spécifiquement au SM. Elle peut augmenter la capacité du système et doubler le taux des données utilisateurs sans l'utilisation supplémentaire de puissance ou de bande passant au niveau du NodeB. Pour être plus efficace, la technologie MIMO à flux parallèles a besoin d'un fort rapport signal sur bruit (SNR) à la réception et un environnement riche en diffusion.

Un haut SNR garantit que l'appareil sera capable de décoder le signal avec succès et un environnement riche de diffusion assure que les deux flux de données restent orthogonaux. La figure 21 montre le principe de base de l'approche 2x2 MIMO :

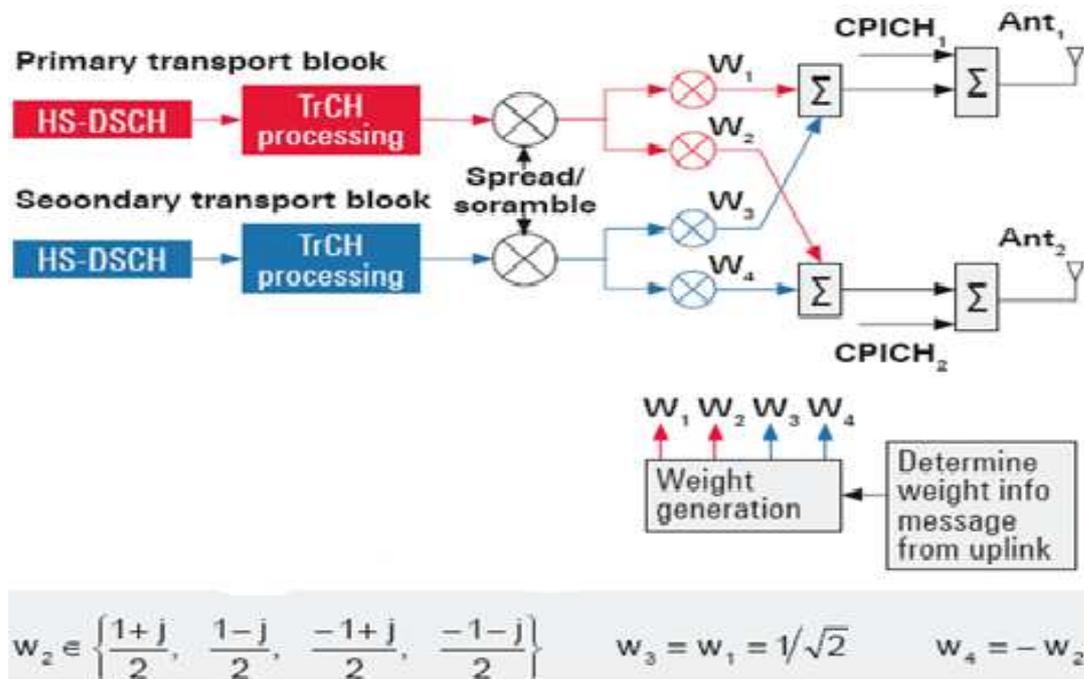


Figure 21 : La technique MIMO

Avec cette approche, deux flux de données indépendants (blocs de transport pour être plus précis) peuvent être transmis simultanément sur le canal radio.

Chaque bloc de transport est traité et subit un codage canal séparément. Après propagation et brouillage, le pré-codage basé est appliqué pour optimiser le signal pour la transmission sur les canaux radio mobiles. Quatre poids de pré-codage sont disponibles : w_1, w_2, w_3, w_4 . Le premier flux est multiplié par w_1 et w_3 , le deuxième par w_2 et w_4 . w_1



est toujours fixé, seul w_2 peut être choisi par la station de base, w_3 et w_4 sont donc déduits automatiquement parce qu'ils doivent être orthogonaux. La station de base choisit les facteurs de pondération optimale basée sur des propositions rapportées par l'UE dans la liaison montante.

I.1.2 Modulation d'ordre supérieure(HOM)

La Release R7 a introduit le 64QAM sur la voie descendante dans le but d'augmenter le débit de données de 50% pour les dispositifs et cela dans des conditions bon signal (SNR élevé). Sur la liaison montante, le 16QAM double le débit des données. Comme le montre la figure 22, la capacité de données (bits / symbole) augmente au fur et à mesure que nous passons de la QPSK au 64QAM.

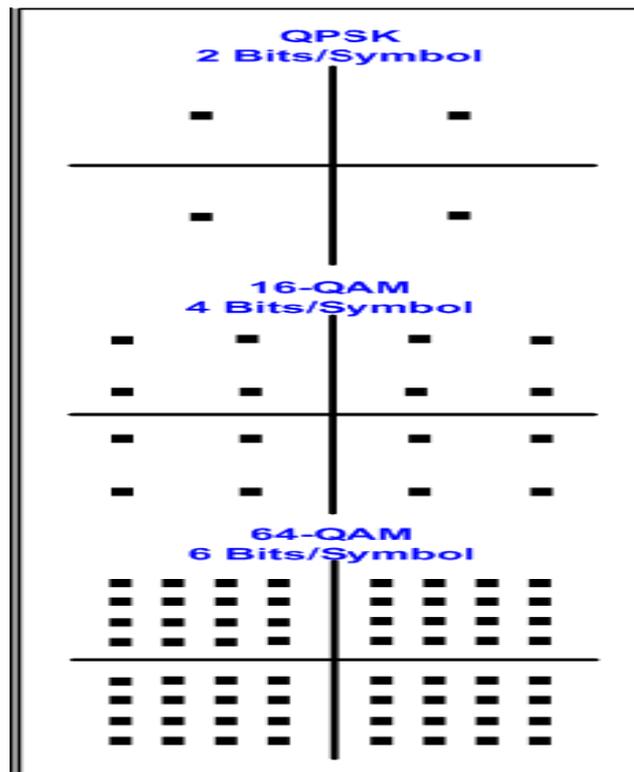


Figure 22 : Modulation d'ordre supérieure

I.1.3 Continuous Packet Connectivity : CPC

Un des objectifs du CPC est de réduire le contrôle des canaux en downlink à la fois pour DPCCH et HS-DPCCH. De ce fait elle permet de minimiser le trafic de signalisation entre le réseau et l'UE pendant les périodes d'inactivité. Elle est aussi connue sous le nom de transmission en mode discontinu (DTX) et permet de réduire la consommation

énergétique du terminal. La même technique est appliquée à la réception (DRX). En cas de reprise de la transmission, l'UE (User Equipment) est informé par le réseau sur le canal DPCCH de quand est ce qu'il doit surveiller la prochaine trame. Il est également intéressant de réduire le contrôle en downlink, qui est dû au High Speed Shared Control Channel (HS-SCCH), car cela augmente la consommation de la batterie du UE.

I.1.4 Architecture horizontale (Flat architecture)

Dans le but d'avoir une architecture simple avec un minimum d'équipements possible, une nouvelle solution a été proposée par 3GPP dans la release 7. A l'instar des réseaux Wi MAX ou le point d'accès se connecte directement à l'internet, les réseaux cellulaires ont tendance à évoluer dans le même sens. En effet, le RNC a été supprimé et toutes ses fonctionnalités ont été intégrées au NodeB.

De même le SGSN a été supprimé du plan usager et ne s'occupe que de la signalisation dans le plan de contrôle. Cette solution permet de réduire notamment la latence, le coût de déploiement et de maintenance du réseau. Elle facilite une migration vers le 4G.

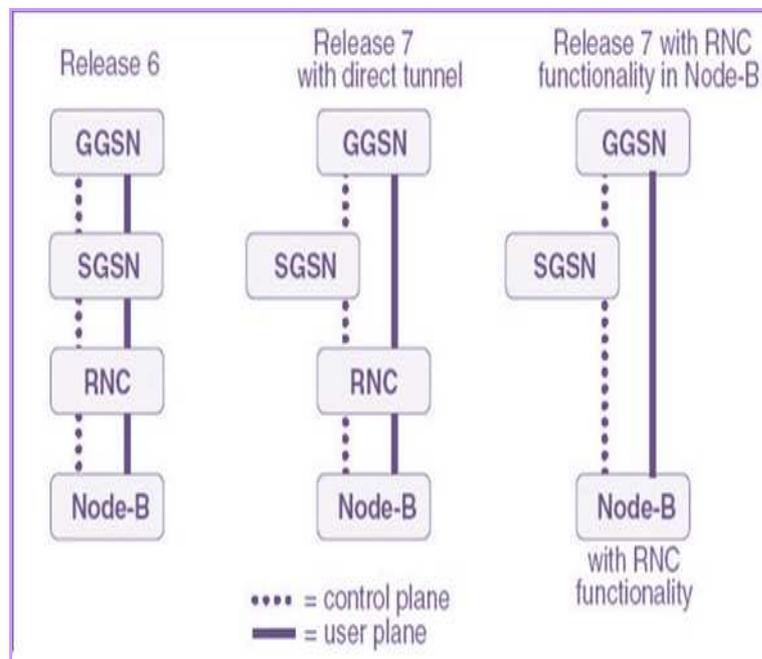


Figure 23 : L'architecture horizontale (flat architecture)

I.2 Nouvelles fonctionnalités de RU10 de NSN

I.2.1 QoS Aware HSPA Scheduling

C'est une nouvelle fonctionnalité introduite par la solution RU10, elle permet la différenciation entre les utilisateurs et les services supportant le trafic NRT en HSPA. La



priorité donnée aux RABs (Radio access bearers) des classes de trafic interactive et background, qui sont associées aux canaux de transport en HSPA, est basée sur les paramètres du RAB reçus du réseau cœur :

- TC (Traffic Class)
- THP (Traffic Handling Priority)
- ARP (Allocation Retention Priority)

Les paramètres QoS du RAB sont associés à la valeur de priorité utilisée au sein du RNC pour gérer les connexions. Dans le cas où les canaux HS-DSCH et E-DCH sont utilisés, la valeur de priorité est envoyée au NodeB, cette valeur est considérée comme étant une valeur d'ordonnement nommée SPI (Scheduling Priority Indicator).

Le RNC est chargé de faire la correspondance entre le SPI et les paramètres QoS du RAB et cela selon des règles définies par l'opérateur. Les valeurs du SPI dans le NodeB sont utilisées pour différencier en termes de priorité les paquets HSPA. Chaque valeur SPI a un poids dans le NodeB qui joue un rôle essentiel dans l'ordonnement des paquets HSPA.

I.2.2 Reconfiguration du PS RAB

C'est aussi une nouvelle fonctionnalité qui permet la reconfiguration des RABs pour les deux classes interactive et background dans le but d'optimiser l'utilisation des ressources radio dans le réseau. Le SGSN et le terminal mobile peuvent demander la reconfiguration du RAB s'il y a un besoin de modifier ses caractéristiques et cela à travers un message parvenant du réseau cœur indiquant la nécessité de la reconfiguration du RAB déjà existant. Alors, le RNC se charge de reconfigurer les paramètres après avoir reçu ce message du réseau cœur.

Les paramètres du RAB qui peuvent être changés pour les types de classes de trafic background et interactive sont les suivants :

- Le trafic
- Le débit maximal (UL/DL)



- THP (Traffic Handling Priority)
- ARP (Allocation and Retention Priority)

I.2.3 La cellule duale HSDPA

Dans le cadre de 3GPP Rel7, le pic pour chaque utilisateur a été significativement amélioré (grâce au MIMO et à la modulation d'ordre supérieur). Afin de satisfaire les besoins des utilisateurs dans chaque cellule, le déploiement d'une deuxième porteuse HSDPA crée une possibilité de mise en réseau des ressources comme moyen d'améliorer l'expérience utilisateur, notamment lorsque les conditions radio sont telles que les techniques existantes (par exemple MIMO) ne peuvent pas être utilisées.

I.2.4 Multi NRT RABs en HSPA

Cette caractéristique permet l'établissement au maximum de trois RABs des classes interactive et background au lieu d'un seul RAB dans le cas de la solution RAS06.

Cette fonctionnalité introduite par la solution RU10 permet à l'utilisateur de profiter de plusieurs services et à l'opérateur d'exploiter efficacement la technologie HSPA.

Les RABs sont multiplexés dans les couches MAC-hs et MAC-e au sein du NodeB et le terminal mobile où chaque RAB a une priorité pour différencier entre les trois RABs comme c'est expliqué dans la fonctionnalité « QoS Aware HSPA Scheduling ». Dans la voie descendante, le NodeB véhicule les données selon la priorité attribuée à chacune d'entre elles. Dans la voie montante, le terminal mobile multiplexe les données, selon aussi les priorités données à chacune et les fait acheminer vers les canaux E-DCH ou DCH.

Conclusion :

Comme nous venons de le voir, l'introduction de cette nouvelle solution a permis :

- L'augmentation et l'amélioration des services offertes aux utilisateurs à travers le Multi NRT RABs,
- La diminution de la consommation énergétique des mobiles par la minimisation du trafic de signalisation entre le réseau et l'UE pendant les périodes d'inactivité,
- Une augmentation du débit,
- L'introduction d'une architecture plus flexible du réseau d'accès radio, etc.



L'obtention de ces avantages est rendue possible grâce, non seulement à ses nouvelles fonctionnalités, mais aussi à l'introduction de la technologie IP dans le réseau d'accès comme nous allons le voir ci-dessous.

II. La transmission dans l'UTRAN

A cause des avantages que présentent les réseaux IP, la solution RU10 permet l'utilisation de ce dernier pour le transport des données et le contrôle dans le réseau d'accès.

Le transport basé sur l'IP permet le déploiement et la mise à niveau du transport dans le réseau UTRAN en utilisant le domaine PS déjà existant. Cette solution a permis l'intégration de la fonctionnalité transport IP sur Ethernet pour le trafic du plan usager/contrôle dans les interfaces Iu-PS, Iu-CS, Iur et Iub.

Concernant le plan usager, les interfaces Iur, Iub et Iu-CS supportent le mode de transport IP sur Ethernet pour la première fois dans le cadre de la solution RU10. L'interface Iu-PS, adopte aussi les deux modes de transport : l'IP sur Ethernet et l'IP sur ATM déjà existant dans la solution RAS06.

Pour le plan de contrôle, les interfaces Iub supportent le mode de transport IP sur Ethernet pour la première fois dans le cadre de la solution RU10. Les interfaces Iur, Iu-CS et Iu-PS, adoptent aussi ces deux modes de transport.

Dans cette partie, nous allons nous focaliser sur les changements apportés par la solution RU10 à l'architecture protocolaire de l'interface Iub aussi bien dans le plan usager que dans le plan de contrôle.

II.1 L'interface Iub

Avec l'introduction de la solution RU10, cette interface peut supporter le transport IP sur Ethernet avec des fonctionnalités basées sur l'IP pour la réalisation de contrôle de signalisation (NBAP). Exemples :

- RAN74: IP Iub pour Flexi WCDMA BTS
- RAN1634: IP Iub pour UltraSite WCDMA BTS

➤ Le plan de contrôle

Le plan de contrôle est basé sur l'option de transport IP du 3GPP comme illustré sur la figure suivante :

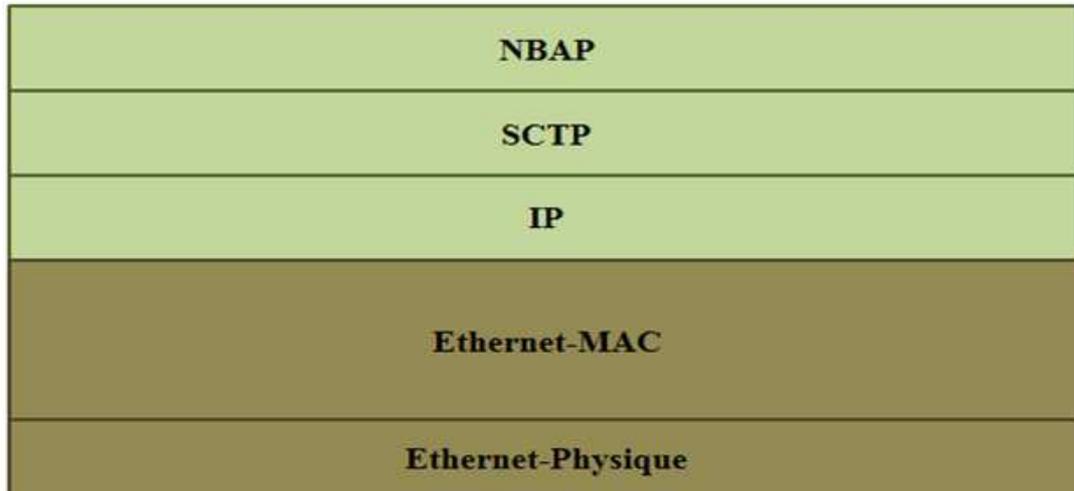


Figure 24 : Le plan de contrôle de l'interface Iub

SCTP (Stream Control Transmission Protocol) : la fragmentation SCTP est utilisée pour transmettre des messages NBAP dépassant la taille de la MTU. L'utilisation de la fragmentation et du réassemblage SCTP au lieu de la fragmentation IP dans les deux sens montant et descendant, permet d'augmenter la performance du plan de contrôle. Tous les critères d'association pour un BTS unique ont la même adresse IP et un port différent SCTP. Le RNC devrait être configuré pour utiliser différents ports SCTP pour chaque BTS, et chaque BTS doit utiliser les mêmes ports que configuré dans la RNC de ce BTS particulier.

- La version IP utilisée dans la pile protocolaire est la version 4 (IPv4)

L'ARP sur Ethernet permet l'apprentissage des adresses MAC associées à une adresse IPv4 spécifique. La table de mappage des adresses IP aux adresses MAC est créée pendant le démarrage du système et mise à jour après une reconfiguration du réseau. Le RNC et le BTS sont capables de créer des requêtes ARP afin de mettre à jour la table de correspondance. L'ARP est utilisé seulement pour Ethernet.

- NBAP : est un protocole qui fournit toutes les fonctions de contrôle nécessaires comme l'établissement et la libération des liens radio entre la BTS et le RNC.

Dans la RNC, la signalisation routière de l'interface Iub est réliée dans les unités de signalisation, où les adresses du plan de contrôle sont définies. Chaque unité de signalisation a une adresse pour chacun des sous-réseaux définis. L'unité d'interface est également utilisée pour acheminer le trafic de / vers l'unité de signalisation.

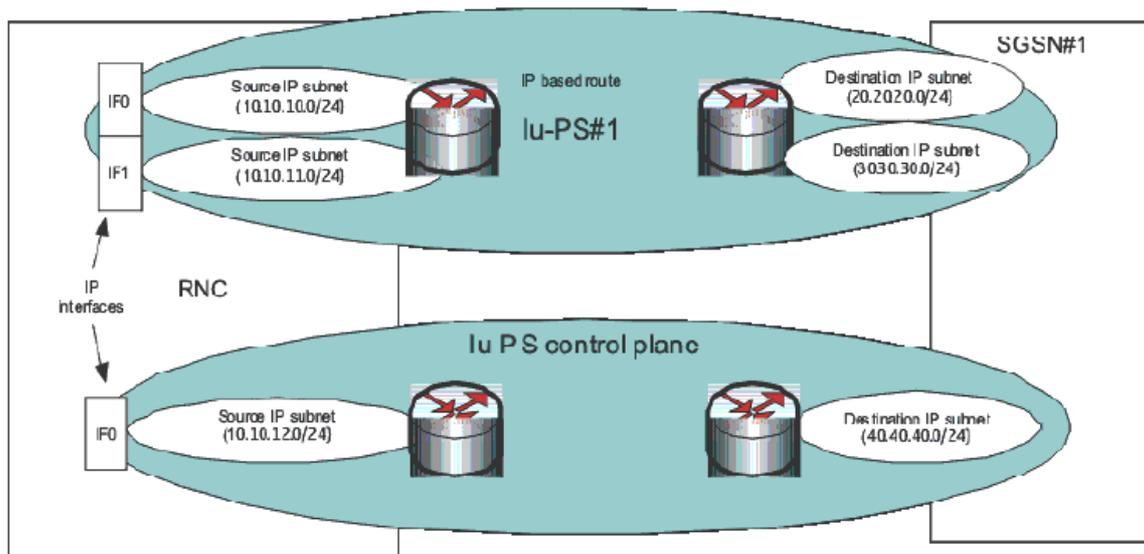


Figure 25 : Exemple de configuration pour la signalisation de réseau à Iu-PS

Dans un sous-réseau IP, le RNC est capable de supporter plusieurs adresses IP. Le plan de contrôle de ce sous-réseau est différent de celui du plan utilisateur. Jusqu'à 64 adresses peuvent être configurées dans ce sous-réseau.

Pour une BTS, une seule adresse IP est utilisée. Le sous-réseau à partir duquel la BTS accepte les paquets SCTP du RNC, est configuré dans ce dernier. Ce sous-réseau est configuré aussi bien sur le côté RNC que sur le sous-réseau IP à utiliser pour tous les BTS en vertu du présent RNC. Le sous-réseau est spécifié en indiquant une adresse IP et un masque.

L'adresse exacte à utiliser est déterminée par le RNC, basée sur les considérations de la signalisation d'équilibrage de charge.

➤ Le plan usager

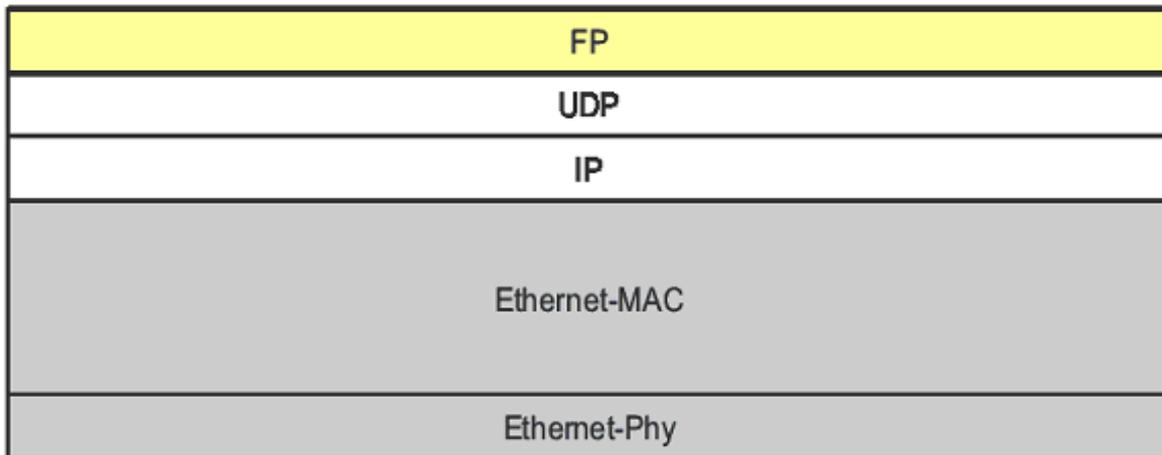


Figure 26 : Le plan usager de l'interface Iub

- La version IP utilisé dans la pile protocolaire est la version 4 (IPv4).
- UDP est le protocole utilisé au niveau de la couche transport pour transporter les données dans le plan usager.
- FP, le protocole de fragmentation, est responsable de l'adaptation des données parvenant des couches supérieures aux couches inférieures.

En HSDPA, l'interface Iub du côté du NodeB n'a pas besoin de fragmenter les MTUs puisqu'elles sont déjà ajustées par le RNC.

En HSUPA, l'interface Iub peut fragmenter les MTUs dans le cas où celles-ci dépassent la taille maximale des MTUs supportée par le RNC.

La configuration du plan usager pour les différentes interfaces logiques de l'UTRAN est basé sur l'introduction de routes IP.

En général, l'interface Ethernet RNC peut gérer simultanément de multiples routes IP appartenant à la même ou également aux différents types d'interfaces logique Iub, Iur, Iu-CS et Iu-PS. Pour Iur, il n'y a qu'un seul itinéraire entre deux RNC. Pour Iu, il est possible d'avoir plusieurs routes IP entre un RNC et un élément du CN.



II.2 La Qualité de service (QoS)

La QoS est une méthode qui garantit à un trafic de données, les meilleures conditions d'acheminement répondant à des exigences prédéfinies. Elle définit un ensemble de mécanismes entrant en action pour répartir les ressources du réseau en fonction de :

La Latence :

Il s'agit du temps que met un paquet pour aller d'une machine source à une machine destination à savoir la durée de codage, de mise en paquet, de décodage.

La Gigue :

Elle nous renseigne sur l'évolution du temps de latence entre deux machines. La valeur maximale de la gigue permet de dimensionner les buffers pour éviter au maximum les congestions.

La perte de paquets :

La perte de paquets est un problème pour les applications temps réels. Elle se traduit par une mauvaise réactualisation de l'image vidéo, des ruptures au niveau de la conversation.

II.3 L'Ordonnancement

L'ordonnanceur a pour rôle de définir l'ordre de transmission des paquets dans la voie montante ou dans la voie descendante. L'interface Iub, il détermine notamment les paquets choisis pour être transmis et ceux qui seront rejetés.

En HSDPA, l'architecture logique de l'ordonnanceur au niveau du RNC, comme cela est illustré dans la figure ci-dessous, se compose de deux niveaux :

- Le premier contrôle le trafic parvenant de chaque route IP.
- Le second est responsable du contrôle du trafic parvenant de toutes les routes pour les faire acheminer à l'interface du RNC.

Le planificateur de la figure 27 s'applique aux routes IP de l'interface Iub seulement. Pour les routes IP des interfaces Iur, Iu-CS et Iu-PS, la couche basée sur l'IP du planificateur de route n'est pas disponible et l'ordonnanceur correspond à celui de l'interface IP du RNC uniquement.

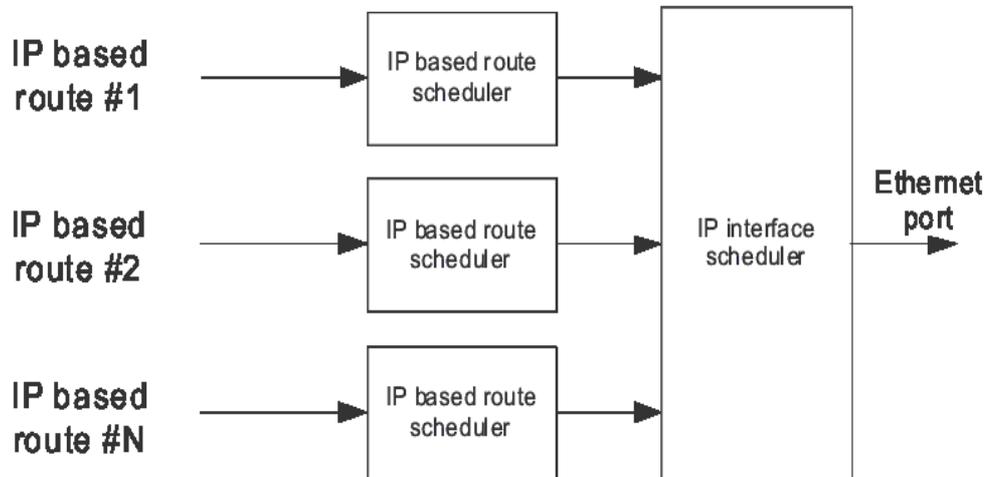


Figure 27 : L'architecture logique de l'ordonnancement

La structure logique de l'ordonnanceur de la route basée sur l'IP « IP based route scheduler » est illustrée sur la figure 28. Cet ordonnanceur possède six fils d'attente FIFO, dont chacune correspond à une classe de PHB. Ces classes sont les suivantes :

- ✓ EF (Expedited Forwarding) : il correspond à la priorité maximale et il a pour but de garantir une bande passante avec des taux de perte bas, de délai et de gigue faible en réalisant le transfert de flux à fortes contraintes temporelles comme la téléphonie sur IP par exemple.
- ✓ AF (Assured Forwarding) : Regroupant plusieurs PHB garantissant un acheminement de paquets IP avec une haute probabilité sans tenir compte des délais, cette famille de PHB est scindée en quatre classes garantissant la fourniture d'une bande passante et un délai minimum. Chaque classe définit une priorité définissant l'ordre de rejet du paquet dans un routeur en cas de congestion.
- ✓ BE (Best Effort) : cette classe a la priorité la plus basse. Quand la mémoire du routeur est saturée, elle est automatiquement rejetée.

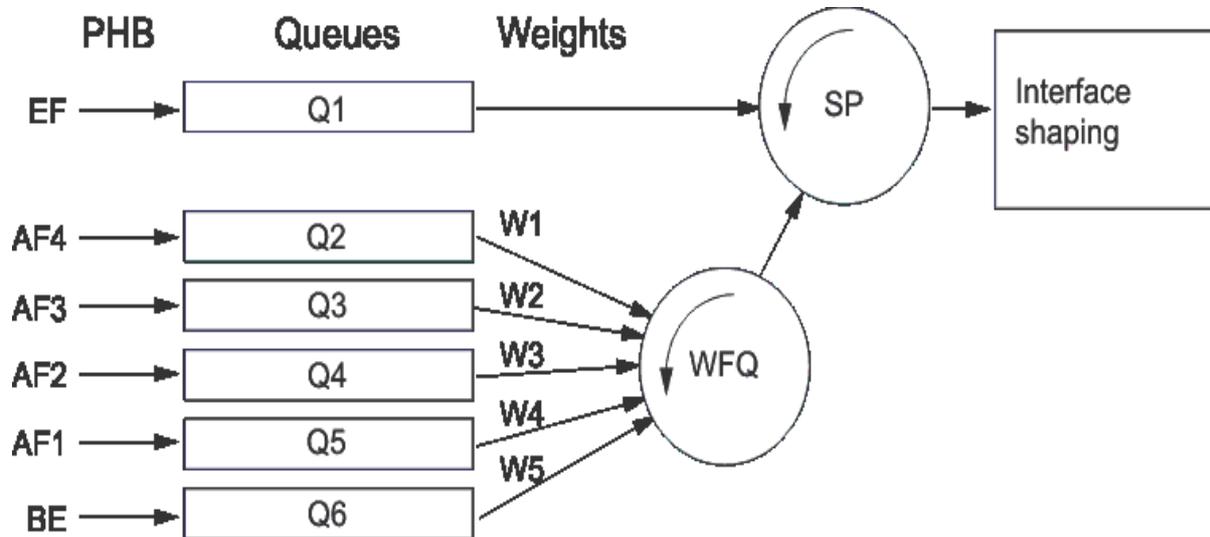


Figure 28 : La structure logique de l'ordonnanceur de la route basée sur l'IP au niveau du RNC

Comme le montre la Figure ci-dessus, une combinaison de planificateur Priorité Stricte (SP) et ordonnanceur Weighted Fair Queuing (WFQ) est utilisée afin de permettre la gestion des paquets transitant vers l'interface Iub. Le trafic envoyé à la file d'attente EF est traité au plus haut niveau de priorité dans la file d'attente de SP. Pour la partie WFQ, à chaque file d'attente est attribué un poids. Si l'une des files d'attente est vide, la capacité de réserve est partagée entre les files d'attente qui restent, en fonction de leur poids.

Conclusion :

Nous avons vu comment l'IP a été introduit au niveau de la pile protocolaire aussi bien au niveau du plan usager que du plan de contrôle. Nous avons défini par ailleurs la QoS à travers ses caractéristiques telles que la latence, la gigue et la perte de paquet, de même que l'ordonnanceur dont son rôle est de déterminer l'ordre des paquets à transmettre. Nous passons maintenant à la description des éléments du réseau qui nous permettra de déterminer ceux qui feront parti de la procédure d'audit.

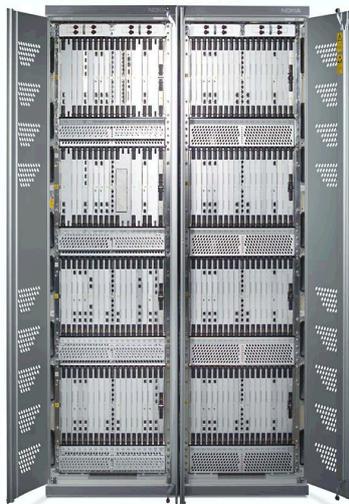
III. Architecture et description des différents N.E (Network Elements) du réseau UTRAN

L'UTRAN ou réseau d'accès terrestre de l'UMTS est composé de plusieurs RNS. Chaque RNS est formé d'un RNC et d'un ou plusieurs NodeB (BTS). NSN propose un ensemble de solutions technologiques permettant de satisfaire les besoins de ses clients en termes d'offre de services, de disponibilité du réseau et assure une couverture globale indépendamment de la nature du terrain. Ses équipements (BTS et RNC) sont implémentés dans une architecture conforme aux standards 3GPP du réseau d'accès.

III.1 Description et architecture du RNC

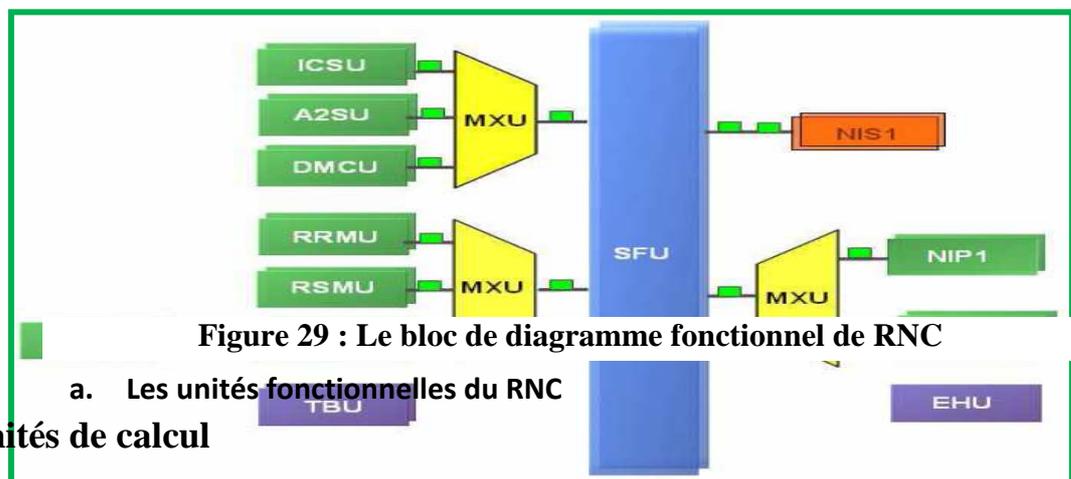
III.1.1 Description du RNC

Dans cette partie, nous allons faire une description de l'architecture matérielle du RNC ainsi que des nouveaux types du RNC introduits par la solution RU10.



Le RNC est le cerveau du réseau UTRAN, il constitue le point d'accès pour l'ensemble des services vis-à-vis du réseau cœur. Il est responsable de la gestion et du contrôle des canaux radio et de la gestion du handover. Il est composé d'un ou deux cabinets, comme la montre la figure ci-contre, selon les exigences de la capacité. Chaque cabine contient 4 blocs.

L'architecture modulaire du RNC est décrite par des unités fonctionnelles comme l'illustre la figure 29. Ces unités sont divisées en différents types :





ICSU (Interface Control and signaling Unit):

Cette unité s'occupe du traitement de la signalisation sur les interfaces Iub, Iur et Iu, entre le RNC et le UE, et enfin de la signalisation ALCAP qui permet la gestion des connexions AAL2. L'unité ICSU participe aussi à la gestion des ressources radio reliées au RNC comme le handover, le contrôle d'admission, le contrôle de charge et l'ordonnement des paquets.

RSMU (Resource and Switch Management Unit):

Cette unité est responsable de la gestion des ressources au sein du RNC telles que le contrôle des connexions, la surveillance, la gestion et le chargement de logiciel des unités de DMCU, la gestion des raccordements d'ATM dans le DMCU.

RRMU (Radio Resource Management Unit):

L'unité RRMU exécute des tâches de gestion des ressources radio liées au RNC. Elle assiste aussi l'unité de maintenance pendant le rétablissement d'un échec de message ICSU. Cette unité est responsable de la distribution des messages de paging.

OMU (Operation and Maintenance Unit):

Cette unité effectue des fonctionnalités basiques de maintenance du système, telles que la configuration du matériel, le traitement des signaux d'alarme.

GTPU: (GPRS Tunneling Protocol Unit):

Elle effectue les fonctionnalités relatives au plan utilisateur au niveau de l'interface Iu-PS. Elle est responsable ainsi du routage des paquets vers le SGSN et du traitement des protocoles UDP et IP utilisés dans la couche transport.

➤ **Unité de traitement de signal :**

DMCU (Data Macrodiversity Combining Unit):

Cette unité exécute des fonctionnalités liées au RNC qui exigent la capacité du traitement du signal numérique. Elle met en œuvre plusieurs processeurs DSP. La DMCU offre les fonctionnalités suivantes:

- Macrodiversity combining.
- Contrôle de puissance en boucle externe
- Chiffrement.

WDU (Winchester Disk Unit):

Cette unité sert de mémoire non volatile pour stocker le code du programme et les données. Elle est connectée à l'OMU et contrôlée par cette unité.

➤ Les unités de multiplexage et de commutation

La commutation et le multiplexage dans le RNC sont basés sur la technologie ATM. L'ATM est conçue pour le transfert de tous les types du trafic dans l'UTRAN, comme c'est le cas pour les communications internes dans le RNC.

Il existe trois unités fonctionnelles (voir figure 30), supportant le multiplexage et la commutation ATM :

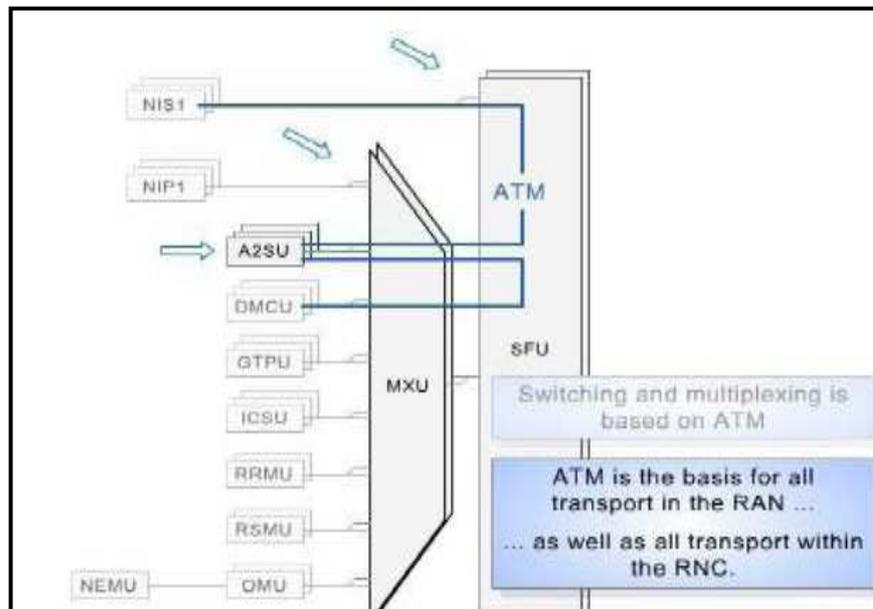


Figure 30 : Unité pour le multiplexage et la commutation

Cette unité, en conjonction avec les unités de multiplexage, assure les communications internes au sein du RNC. Lorsque deux ou plusieurs unités fonctionnelles communiquent les unes avec les autres, les signaux sont transportés dans des cellules ATM par l'intermédiaire du SFU, qui achemine ces cellules à la bonne destination. L'unité SFU, comme le montre la figure 31, peut offrir jusqu'à 16 ports dupliqués, chacun ayant un débit de 622 Mbit/s, et fonctionne à une vitesse de 10 Gbit/s.

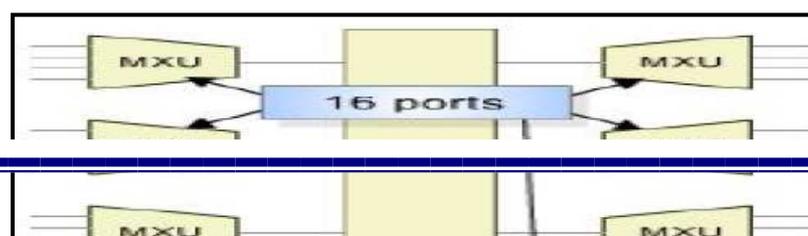




Figure 31 : L'Unité SFU

MXU (ATM Multiplexer Unit) :

Cette unité effectue les fonctionnalités de la couche ATM, combine le trafic provenant de 18 unités en liaison avec MXU et envoie les cellules ATM à l'unité SFU et vice versa. Le nombre de MXU que contient le RNC dépend de sa capacité. Pour des raisons de fiabilité, chaque unité MXU est connectée à deux SFU, comme le montre la figure 32.

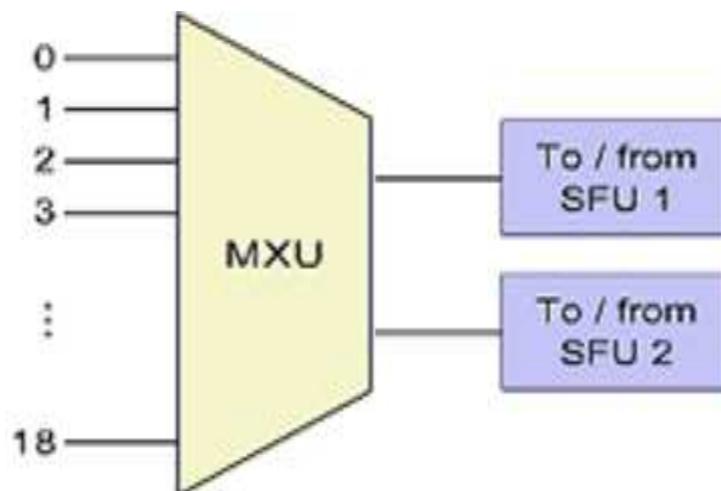


Figure 32 : L'unité MXU

A2SU (AAL2 Switching Unit)

Cette unité permet le multiplexage des données provenant de différentes sources et les met dans la charge utile de la cellule ATM, ce qui permet un transport efficace des données à travers les interfaces externes. Cette unité permet également le démultiplexage de ces données dans la destination.



➤ **Les unités d'interfaces (physiques et réseau)**

NIP1 : Interfaces PDH

L'unité d'interface réseau NIP1 fournit 16 interfaces PDH, utilisées sur l'interface Iub, chacune ayant un débit de 1.5Mbps ou bien 2 Mbps. Ce type d'unité supporte la fonction de multiplexage inverse de l'ATM dite IMA (Inverse Multiplexing for ATM), comme le montre la figure 33, qui permet de regrouper les canaux physiques PDH pour supporter le trafic ATM.

Inverse Multiplexing for ATM (IMA):

16 PDH channels (at 1.5 or 2 Mbit/s) are used in parallel for carrying ATM traffic.

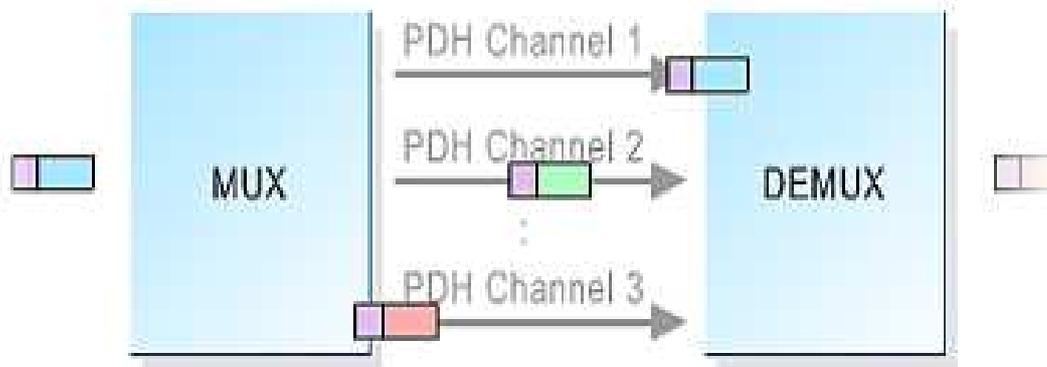


Figure 33 : Le multiplexage inverse pour l'ATM

NIS1 (Network Interface Unit STM-1)

L'unité d'interface réseau NIS1 fournit quatre interfaces SDH de types STM1, chacune ayant un débit de 155 Mbps. La NIS1 offre les fonctionnalités suivantes :

- Une interface vers les fibres optiques.



- Traitement relatif à SDH (codage ligne, timing recovery...).
- Traitement des cellules ATM (par exemple la détection des erreurs de l'entête de la cellule).
- Supervision de la performance de la transmission.

➤ **Unité de gestion du réseau**

NEMU : Network Element Management Unit

Elle assure la gestion des éléments du réseau. Par ailleurs plusieurs périphériques peuvent être attachés à cette unité (imprimante, écran, clavier, disques externes).

Elle assure d'autres fonctions :

- Traitement préalable des données statistiques venant du RNC et des BTSs et les transmet par la suite au NetAct.
- Réception des alarmes réseau provenant du RNC et des BTSs et les transfère au NMS.

TBU (Timing and Hardware Management Bus Unit)

L'unité TBU est responsable de la synchronisation des éléments du réseau, la distribution du signal de synchronisation et du transfert des messages sur le bus du HMS (Hardware Management System).

EHU (External Hardware Alarm Unit)

L'unité EHU a pour objectif de recevoir les signaux d'alarmes puis d'envoyer cette information sur le bus du HMS vers le gestionnaire des alarmes au sein de l'OMU.

OMS (Operating Maintenance System)

L'OMS est un ordinateur qui fournit une plateforme standard de calcul pour les applications qui traitent les fonctions reliées aux interfaces externes de l'O&M. L'OMS fournit une interface MML pour le client qui peut exécuter des opérations locales utilisant des commandes MML. En outre, l'OMS reçoit des alarmes provenant des éléments de réseau : le RNC et la BTS, et les transfère au client local.

MDC (Macro Diversity Combining)

La « Macrodiversity Combining » signifie que les données de l'utilisateur sont transportées parallèlement sur plusieurs liaisons radio de l'équipement usager vers le SRNC. Les données de la liaison radio avec la meilleure qualité sont traitées en premier

par le SRNC pour les acheminer au réseau cœur, comme le montre la figure 34. Dans le sens descendant, les ressources radio provenant du réseau cœur sont distribuées aux liens radio convenables.

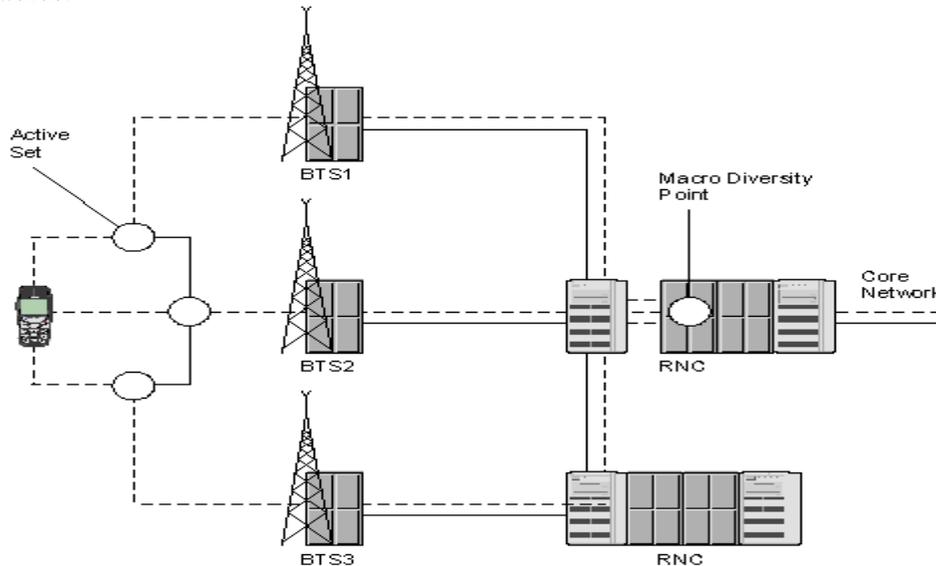


Figure 34 : Macro Diversity Combining

III.1.2 les types du RNC NSN

La solution RAS06 comporte deux types de RNCs à savoir le RNC 196 et le RNC 450. Avec la solution RU10, un nouveau type de RNC est introduit c'est le RNC 2600. Ce dernier offre une grande fiabilité ainsi qu'une grande capacité. Il supporte en total un débit de 2839 Mbps. Ce type de RNC est une évolution du RNC450. En effet, cela a nécessité quelques modifications au niveau matériel du RNC. Les cartes suivantes ont été rajoutées au sein du RNC 450 afin de supporter la grande capacité et la transmission basée sur l'IP :

NP8S1/ NP2GE-A :

C'est une nouvelle carte requise pour supporter l'option de transport IP sur les interfaces radio. Elle fournit deux interfaces gigabit Ethernet. Cette carte offre la possibilité d'utiliser le câble électrique (filaire) ou optique (la fibre).

SF20H :

Cette unité a remplacé l'unité SFU dans le but d'augmenter le débit en HSDPA de 10 Mbps jusqu'à 14 Mbps. Cette unité fournit 32 ports, chacun ayant un débit de 2,5 Gbits/s au lieu de 16 pour le cas de SFU où chaque port a un débit de 622 Mbit/s.

MX1G6-A :



Cette unité a remplacé l'unité MXU. Elle offre 20 ports chacun supportant au maximum un débit de 160 Mbit/s.

CDSP-DH (Configurable Dynamic signal Processing Plateform):

Cette unité a remplacé l'unité DMCU. CDSP-DH contient jusqu'à 8 DSPs et offre 22 ports en liaison avec plusieurs entités du RNC.

III.2 L'architecture du WBTS

Le NodeB a pour rôle d'établir le lien physique radio entre le terminal mobile et le réseau. Il gère aussi l'émission et la réception à travers l'interface radio. Ainsi, le NodeB exécute non seulement les fonctionnalités de gestion des ressources radio, mais également les techniques introduites par les solutions RAS06 et RU10. Dans ce qui suit nous allons citer les types de NodeB utilisés dans la solution RU10.

III.2.1 Flexi WCDMA BTS

Les modules du NodeB de type Flexi WCDMA Ce type de NodeB est utilisé depuis la solution RAS05.1. C'est un NodeB modulaire, très compacte avec une grande capacité de couverture. Il peut être utilisé dans plusieurs installations indoor et outdoor. Ce NodeB est constitué des modules suivants (comme c'est illustré dans la figure 35).

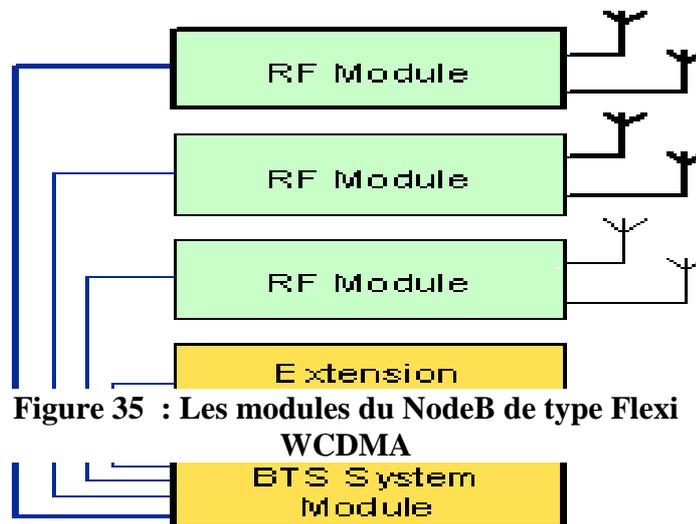


Figure 35 : Les modules du NodeB de type Flexi WCDMA

RF Module:

Ce module fournit les fonctionnalités de fréquences radio (RF). Le NodeB peut supporter jusqu'à trois modules RF dont chacun est connecté au «BTS System Module».

BTS System Module :

Ce module fournit le traitement en bande de base comme les fonctionnalités de contrôle et de transmission.

Baseband Extension Module :



Cette entité est une extension du BTS System Module selon la capacité requise.

a. La capacité de Flexi WCDMA BTS

La capacité de ce type de NodeB dépend du nombre de modules RF qu'il contient.

En effet, on distingue trois types :

- Flexi WCDMA BTS Rel1 qui comprend un seul module RF et qui ne peut supporter qu'un seul secteur.
- Flexi WCDMA BTS Rel1 contenant deux modules RF. Dans ce cas, le NodeB peut supporter jusqu'à deux secteurs.
- Flexi WCDMA BTS Rel2 qui contient trois modules RF supportant trois secteurs.

Dans la solution RAS06, le NodeB de type Flexi WCDMA Rel1, son « System Module (FSMB) » a une capacité de 240 CE. Avec l'introduction de la solution RU10, la Flexi WCDMA BTS Rel2 offre deux autres «System Module» nommés «FSMC et FSMD». Ils représentent une entité d'extension pour le module FSMB de la Rel1.

Les capacités des deux modules FSMC et FSMD sont respectivement 180 CE et 396 CE pour :

- Trois cellules, chacune ayant une portée de 20 km
- Six cellules, chacune ayant une portée de 10 km.

III.2.2 Ultrasite BTS

Un autre type est adopté par la solution RU10 qui est l'Ultrasite BTS, la figure 36 montre son architecture qui est constituée de plusieurs cartes. Dans cette partie, nous allons juste traiter la carte WSPC après avoir donné une idée générale sur la fonction de chaque carte du NodeB.

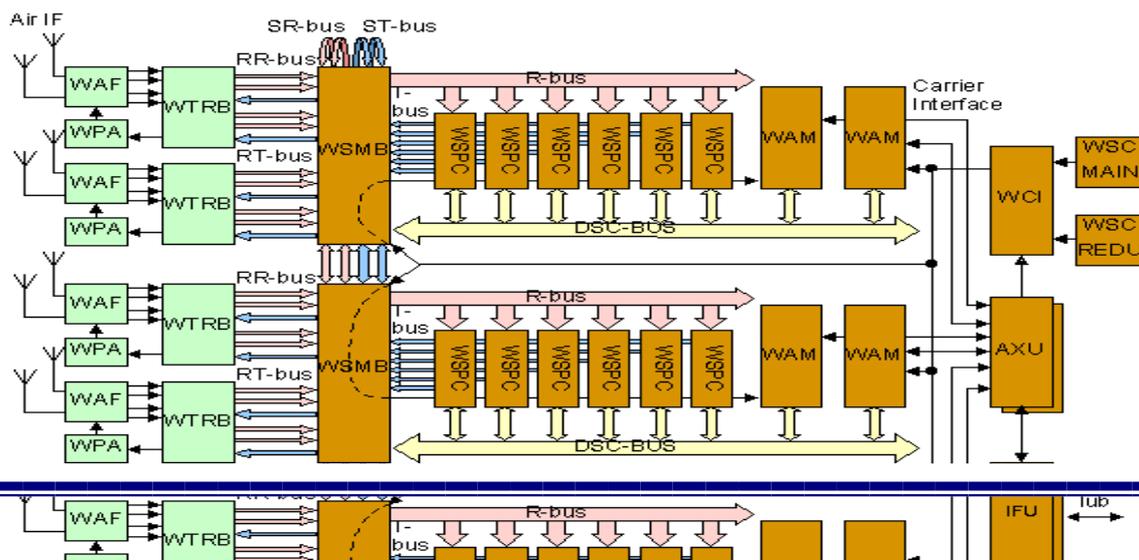




Figure 36 : Architecture D'Ultrasite BTS

WAF (Wideband Antenna Fiber):

Son rôle est de combiner/isoler les signaux émis et reçus ainsi qu'amplifier le signal reçu. Une seule carte WAF est exigée par secteur.

WPA (Wideband Power Amplifier) :

Cette unité est un amplificateur multi-porteuse. Le nombre de ces unités dépend du nombre de secteurs, de porteuses et de la puissance en sortie pour chaque porteuse

WTR (Wideband Transmitter and Receiver):

Une seule unité WTR version B ou D (WTRB/D) peut servir jusqu'à deux cellules, alors que la WTRA ne peut servir qu'une seule cellule.

WSM (Wideband Summing and Multiplexing):

Cette unité fait la somme et le multiplexage des signaux transmis par les unités WSPs ou bien par d'autres WSMs.

WSP (Wideband Signal Processing) :

Cette unité exécute les traitements relatifs à la couche physique comme le codage, décodage, entrelacement.etc. Le nombre des unités WSPs dépend du trafic que peut supporter le NodeB.

WAM (Wideband Application Manager) :

Le NodeB peut avoir jusqu'à six WAMs. Cette unité WAM est conçue pour exécuter les fonctions de contrôles au niveau du cabinet du NodeB. Cela comprend le démarrage du NodeB, le contrôle de la température, la configuration et le traitement de « O&M ».

AXU (ATM cross-connect unit):

L'unité AXU exécute la plupart des fonctionnalités de l'ATM pour la communication au sein du NodeB et fournit les connexions pour communiquer avec les autres entités du réseau.



➤ La capacité de la carte WSP

La carte WSP est une entité responsable de traitement des fonctionnalités relatives à la couche physique. Le nombre des cartes WSPs au niveau du NodeB dépend de la valeur maximale du trafic que ce dernier doit supporter. Chaque carte WSP offre une puissance de traitement qui dépend du nombre de CEs (Channel Element) qu'elle contient. Ces cartes WSPs sont utilisées pour faire le traitement relatif aux canaux communs CCHs et aux canaux dédiés DCHs qu'on trouve dans la release 99, HSDPA et HSUPA.

On cite quatre types de ces cartes : le type A, C, D et E. Ainsi, chaque carte a une capacité de traitement différente selon le nombre de CEs qu'elle contient. (Voir tableau 4)

Type de carte	Nombre de CEs
WSPA	32
WSPC	64
WSPD	32

Tableau 3: Capacité WSP

Selon le tableau ci-dessus, la

WSP E	16
--------------	----

 carte WSPC est la plus puissante en termes de capacité puisqu'elle offre 64 CEs (cellules). La solution RU10 utilise les deux cartes WSPA et WSPC.



Chapitre IV : Travail effectué, Audit du réseau d'accès UTRAN

Généralités

Comme nous l'avons signalisé en introduction, la procédure d'audit est une opération qui permet à un équipementier de vérifier la performance du réseau de son client.

En effet le bon fonctionnement et l'entretien des signaux analogiques, numériques ou mixtes, exige que l'opérateur du réseau mette en place un organisme d'audit approprié et définisse une stratégie ainsi que les responsabilités et les modalités de l'organisation de l'audit.

Le fournisseur pourra commencer la procédure, suivant un contrat signé avec l'opérateur, dès la commercialisation du réseau en question. Notons par ailleurs que cette procédure se fait et se valide par un ingénieur support technique de NOKIA, un ingénieur de l'opérateur client (Maroc télécom) et un représentant de l'OMC (Opération & Maintenance Center).

Voici quelques points à considérer lors de l'élaboration de la stratégie d'audit:

- ✓ Contrôler le fonctionnement du réseau d'accès (UTRAN).
- ✓ Dégager les problèmes les plus fréquents au niveau des équipements du réseau d'accès pour permettre la manipulation rapide et correcte des problèmes.



- ✓ Proposer un plan de maintenance préventive et des solutions adéquates contre ces problèmes.
- ✓ Définir des entités convenables pour la structure du réseau de l'opérateur.

Nous avons constaté que cette procédure s'opère par l'utilisation d'outils de base tels que les KPI. Donc avant d'entamer la présentation des résultats de notre audit, nous allons tout d'abord commencer par présenter les KPI rencontrés dans le réseau d'accès radio.

I. La notion des KPI dans l'UTRAN

Un KPI (Key Performance Indicator : clé d'indicateur de performance) est une mesure essentielle dans le contexte qualité de service, il doit pouvoir donner un maximum d'informations en lui-même et être facilement compris par toutes les personnes qui l'utilisent. Nous avons par exemple, pour un site 3G, la valeur moyenne des appels réussis qui est un KPI essentiel. Ce n'est pas une valeur absolue.

Les KPI peuvent être trouvés partout, pas simplement dans les télécommunications. Les KPI évaluent fondamentalement la performance d'un service suivant: le volume du trafic dans le réseau, l'accessibilité au réseau, le maintien de l'appel, la qualité du service End-user, le trafic réseau, le comportement du Soft et Hard Handover.

I.1 Les KPI de l'UTRAN

Les indicateurs de clés de performances (KPI) sont un ensemble d'indicateurs choisis et utilisés pour mesurer la performance et les tendances courantes du réseau. Les KPI décrits ici sont pour le réseau d'accès radio (RAN). Ils sont groupés dans les catégories suivantes :

- Accessibility (Accessibilité au réseau)
- Retainability (Maintien de l'appel)
- Mobility (comportement du soft handover)
- Capacity (Gestion des ressources)

Chaque description de KPI inclut également la classe de ce KPI. Dans une classe il peut y avoir certains KPIs qui incluent une classification additionnelle, comme c'est illustré sur le tableau 9.

Exemples de quelques KPI dans l'UTRAN

Volume de trafic



Indicateurs	Description	Source
RRC connection request	Volume de demandes de connexion RRC, y compris tous les accès au réseau (RAB, SMS, NAS, etc.)	RNO, DT
Call setup request for voice, visio and PS	Volume de demandes d'établissement RAB (pour chaque RAB CS et PS et pour chaque débit de données UL et DL), ça reflète le trafic utilisateur sur l'air et sur UTRAN.	RNO, DT

Tableau 4 : Indicateurs du volume de trafic

✚ Accessibilité au réseau

Indicateurs	Description	Source
PRACH success rate	Le taux de succès de réception des blocks PRACH au niveau du Node B.	RNO, DT
PRACH received	Le nombre total de blocks PRACH reçus au niveau du Node B.	RNO, DT

Tableau 5 : Indicateurs de l'accès au réseau

✚ Maintien de l'appel

Indicateurs	Description	Source
Radio Call Drop Rate for voice, visio and PS services	Le taux de coupure d'appels sur l'interface radio.	RNO, DT
System Call Drop Rate for CS and PS services	Le taux total de coupure d'appels détectées par UTRAN (incluant radio call drop).	RNO, DT

Tableau 6 : Indicateurs du maintien de l'appel

✚ Gestion des ressources



Indicateurs	Description	Source
PS RAB submitted to Traffic management	L'état de la transition Cell-DCH à Cell-FACH et vice versa pour PS RAB. Reflète l'optimisation de l'utilisation des ressources radio en fonctions du débit.	RNO
Downlink ATM traffic on lub interface	Le trafic ATM sur lub en DL en in kbps. Trafic mesuré en heure de pointe et comparé avec la capacité de lub.	RNO
Paging traffic on lub interface	Le nombre total de messages de paging envoyés sur lub.	RNO

Tableau 7 : Indicateurs de la gestion des ressources

I.2 Les indicateurs de clé de performance disponible pour le WCDMA et les données cibles

Cette section contient un sommaire de la compréhension courante de KPIs à suivre dans les réseaux d'accès 3G par radio. Le travail de développement de KPI est toujours continu, et donc les formules fournies et leurs valeurs à atteindre sont mises à jour fréquemment. Les valeurs cibles sont changées et basées sur l'expérience pratique. Dans la table suivante nous pouvons voir les indicateurs de clé de performance de WCDMA RAN. Comme le tableau est long nous allons représenter une seule classe de kpi: la classe **Accessibility** en guise d'exemple.

Dans le tableau ci-dessous les informations suivantes sont fournies: **KPI ID, KPI Class, Latest KPI version, Indicate...**



KPI ID	KPI Class	Latest KPI version	Indicates	Available since	Live Network Target
<i>RAN_KPI_CSSR_AMR</i>	Accessibility	5.1u	AMR Call Setup Success Ratio (CSSR) [%]	RAN05	> 99.2%
<i>RAN_KPI_CSSR_UDI</i>	Accessibility	5.1u	UDI Call Setup Success Ratio (CSSR) [%]	RAN05	> 99%
<i>RAN_KPI_CSSR_STREAMING_CALL</i>	Accessibility	5.1u	Streaming Call Setup Success Ratio (CSSR) [%]	RAN05	> 98%

Tableau 8 : les KPI disponible dans WCDMA RAN

I.3 Définition de quelques indicateurs de clé de performance

I.3.1 Durée d'établissement de la communication MOC

Call Setup Time MOC (Voice)	
Définition	Le temps d'établissement de la communication MOC est l'intervalle entre la présentation de la demande de connexion RRC et la réception de la couche 3 du message ALERT au niveau de l'UE.
Méthodologie de mesure	<ul style="list-style-type: none">➤ Test avec Mobile Trace ou un moniteur d'interface Uu➤ Statut de l'UE: en veille, l'abonné CS joint➤ Effectuer un appel vocal à un PLMN dans un même pays➤ Vérifiez le temps de configuration d'appel par l'enregistrement de l'intervalle de requête entre la connexion CRR et la réception de la couche 3 du message alerte au niveau UE



I.3.2 Call Setup Time MMC

Call Setup Time MMC (Voice)	
Définition	Le temps d'appel est l'intervalle entre la présentation du message de demande de connexion RRC de l'UE d'origine et la réception de la couche 3 du message ALERT de l'UE destinataire.
Méthodologie de mesure	<ul style="list-style-type: none">➤ Test avec Mobile Trace ou un moniteur d'interface Uu en utilisation stationnaire➤ Statut de l'UE: en veille, l'abonné CS joint➤ Effectuer un appel vocal à l'intérieur même du MSC-UE / MSC-Server➤ Vérifiez le temps de configuration d'appel

I.3.3 Call setup Success Rate

Call Setup Success Rate (Voice, UE View)	
Définition	C'est le Ratio entre les appels vocaux établi avec succès et le nombre total de tentatives. L'établissement d'un appel vocal réussi sur le côté UE est défini par la bonne réception de la couche 3 du message d'alerte. La tentative de mise en place d'appel vocal est la présentation du message de demande de connexion RRC. Cela suppose que l'UE lance un appel au PSTN (MOC).
KPI based on L3* Messages	$CSSR_{Voice} = \frac{\text{number_of}(ALERT)}{\text{number_of}(RRC_CONNECTION_REQUEST)} * 100\%$

I.3.4 Call Successful Termination Rate

Call Successful Termination Rate (Voice, UE View)	
Définition	Ce KPI décrit le rapport de rejets d'appels vocaux par rapport au nombre total d'appels vocaux émis. L'appel de sortie réussie du côté UE est défini par la bonne réception de la couche 3 du message CRR de libération de Connexion. La tentative de libération d'appel vocal est la soumission de message CRR DISCONNECT. Cela suppose que l'UE a lancé un appel à PSTN.



KPI based on L3 Messages	$CSTR_{Voice} = \frac{\text{number_of}(RRC_CONNECTION_RELEASE)}{\text{number_of}(RRC_DISCONNECT)} * 100\%$
--------------------------	---

(Pour plus de détails sur ces exemples d'indicateurs se référer à l'annexe C)

I.4 Analyse des KPI

Ce processus consiste à détecter un comportement erratique au niveau du réseau en premier lieu, puis s'approfondir dans une analyse plus détaillée par :

- ✓ L'identification des cellules qui ont le comportement le plus mauvais
- ✓ Le suivi, toutes les heures, de l'évolution des cellules les plus mauvaises

Donc il peut être trouvé, si le mauvais comportement du réseau résulte de quelques mauvaises cellules ou s'il s'est étendu plus uniformément sur les cellules du réseau.

De la même façon nous pouvons donc déterminer l'heure où la cellule se comporte d'une manière plus mauvaise. Une autre découverte peut être réalisée si le comportement observé se produit périodiquement ou à un événement singulier.

Si un des KPI dépassent les seuils fixés par l'opérateur, le superviseur du réseau remarque qu'un problème est parvenu au niveau de la fonctionnalité qu'assure cet indicateur. Généralement, cela peut être dû à un problème de couverture, d'interférence, d'insuffisance de capacité, de mauvais paramétrage du réseau...

Par exemple si le **call setup time** (durée d'établissement de la communication) est supérieur à **2,8sec** ou bien si le **call success rate** (taux de succès d'appel) est inférieur à **99%**, dans ce cas on a un problème d'accès au réseau causé par la capacité, l'interférence ou un problème de paramétrage du réseau. Aussi si le **RAB Setup Success Rate (Voice)** est inférieur à **99%**, dans ce cas, on a un problème de transport fiable de la signalisation et des données des utilisateurs causés par les supports du réseau ou un mauvais paramétrage du réseau.

Le tableau suivant illustre les seuils de quelques KPI :



Indicateurs	Seuils
Taux de perte des sessions	< 5%
Taux de retransmission des sessions	< 5%
Taux d'établissement des sessions	> 95%
Taux de coupures sessions RNC	2%
Taux des sessions réussis	> 95%
Taux de coupures sessions radio	2%
Taux de coupures d'appels (call drop)	2%
Taux d'établissement d'appels (call setup)	>95%
Taux d'appels réussis (call success)	>95%
Taux d'échec de handover	2%

Tableau 9 : Seuils KPI

Grace à l'exploitation de ces KPI, une maintenance préventive adéquate du réseau peut être effectuée.

II. La Maintenance Préventive du réseau d'accès

Elle s'applique aux unités de l'ordinateur et éléments périphériques du réseau. Le but de l'entretien préventif est d'éviter un mauvais fonctionnement de l'équipement.

La structure modulaire des éléments du réseau permet non seulement une tolérance des fautes (fault tolérance) mais aussi une maintenance simple à établir. Si les unités plug-in deviennent défectueuses, on peut les remplacer par des nouvelles unités. Le principe de redondance garantie à l'élément du réseau de rester opérationnel même dans les situations de disfonctionnement.

Habituellement, toutes les activités peuvent être effectuées à distance à moins que les mesures nécessaires impliquent une intervention du matériel (maintenance automatique). Selon la structure du réseau, nous pouvons avoir besoin de changer quelques-unes des sorties de fichiers logiques, par exemple de diagnostic et de sorties d'observation.

Ainsi les alarmes (causées par le matériel et les défauts logiciels) et les rapports générés par le système permettent de donner des informations sur l'état du réseau.

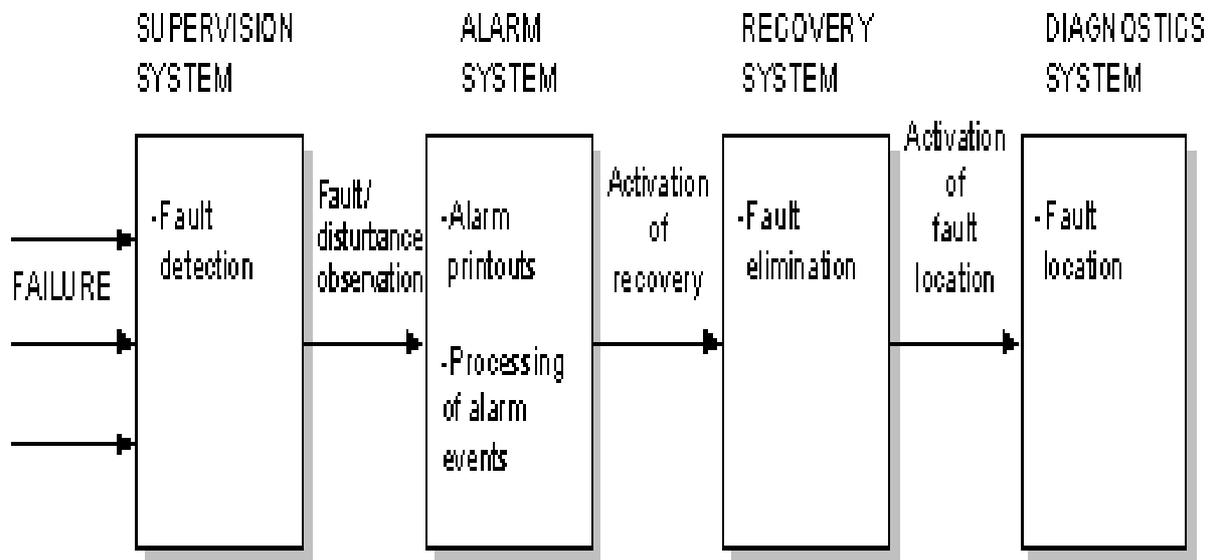


Figure 37 : Les principaux domaines de surveillance du système

Le système d'alarme est une partie du système de maintenance de l'élément de réseau qui contient les sous-zones suivantes:

- Surveillance système : effectue un contrôle continu pour détecter les irrégularités dans le fonctionnement de l'élément de réseau et en informe le système d'alarme.
- Système d'alarme : identifie l'unité défectueuse et informe le système de récupération de fautes. Le système d'alarme stocke également les événements d'alarme dans l'historique des alarmes.
- Système de récupération: élimine les causes de la faute, en isolant l'appareil défectueux en provenance du reste du système. Une unité de rechange, s'il en existe une, est mise en service.
- Diagnostics : met en évidence la cause de la faute de façon plus précise et informe le système de récupération, de l'état de l'appareil. Vérifie également que le matériel fonctionne correctement.

Nous pouvons proposer, à cet effet, trois types de maintenance préventive qui sont:

a. Quotidienne dont les principales tâches sont :

- La surveillance des alarmes
- Faire des copies de sauvegarde
- La vérification des états de fonctionnement des unités



- La vérification des packages de sauvegarde

b. Hebdomadaire dont les principales tâches sont :

- L'affichage des alarmes
- La surveillance du réseau de signalisation
- L'impression et l'enregistrement des Etats
- La surveillance de l'utilisation de la mémoire

- c. Semestrielle** qui est effectué surtout par les agents de NSN. Nous notons que les deux types de maintenances précédentes sont surtout effectués par les superviseurs de réseau de l'opérateur client.

II.1 Analyse de la configuration du réseau

Après que nous ayons obtenu les différents indicateurs (les KPI), la phase d'analyse combinée de ceux-ci commence et le processus de détection des anomalies se déclenche. Cette étape consiste à faire une synthèse des différentes sources d'informations et transmettre cette synthèse au bon intervenant pour d'éventuelles actions : maintenance, ingénierie et optimisation. Dans la figure ci-dessous, nous représentons les différentes étapes de ce processus.

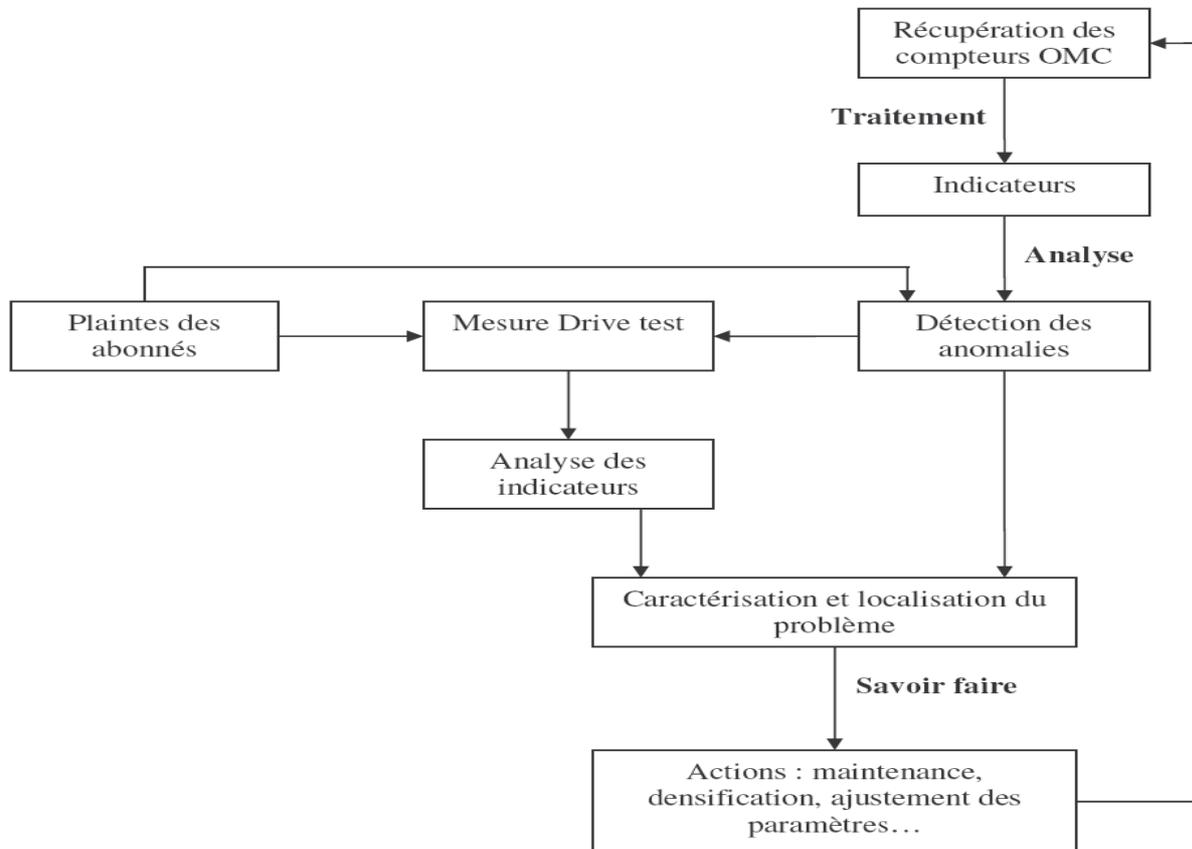


Figure 38 : Organigramme du processus d'analyse et d'optimisation

Dans la phase d'analyse de la configuration du réseau et de la détection des anomalies, il y a une comparaison entre les indicateurs obtenus et les paramètres seuils (fixés par l'opérateur) qui présentent les seuils d'une qualité de service acceptable.

Nous notons que la mesure des KPI, à des intervalles réguliers, est une méthode d'assurer que la fonction d'optimisation progresse et que la maintenance n'affecte pas négativement la performance perçue par l'utilisateur. Le Drive Test autorise aussi l'opérateur à mesurer la performance sur les réseaux concurrents qui lui permet d'être prioritaire en dirigeant ces efforts d'optimisation.

II.2 Analyse des paramètres Radio pour le réseau

Inversement au réseau GSM, les mesures dans le réseau 3G doivent être effectuées à l'heure de pointe, quand le réseau est chargé en trafic.

Quand les mesures sont effectuées en période de très faible trafic, les résultats sont différents de ceux obtenus avec des mesures réalisées pendant les périodes chargées. Nous savons que dans le réseau 3G, le lien montant et le lien descendant utilisent des types de



codage et de modulation différents. La conséquence est que les performances des deux liens diffèrent souvent.

De plus, des facteurs tels que la puissance du NodeB, le nombre d'utilisateurs actifs dans le système ont un grand effet sur un lien particulier qui peut être soit le lien montant soit le lien descendant. Donc pour pouvoir bien analyser la qualité dans le réseau, nous devons réaliser des mesures sur les deux liens (UP et Down).

II.2.1 Étapes de détection de problèmes

➤ **Détections des problèmes sur le lien descendant**

La détection des problèmes sur le lien descendant se fait généralement en analysant le taux de coupure d'appels « dropped calls », et la puissance reçue par le mobile.

On va analyser les causes des problèmes de couverture et d'interférence sur le lien descendant. En effet, une zone sans couverture se manifeste généralement par un taux élevé de « dropped calls » et provoque dès lors une valeur faible reçue sur le lien descendant. Par définition, une mauvaise couverture sur le lien descendant est due soit au « path loss » exagéré soit à la valeur faible du canal de trafic.

En résumé, les symptômes d'une mauvaise couverture sur le lien descendant sont une valeur de FER (Frame Error Rate) élevée due à un niveau d'interférence élevé et une faible puissance reçue par le mobile.

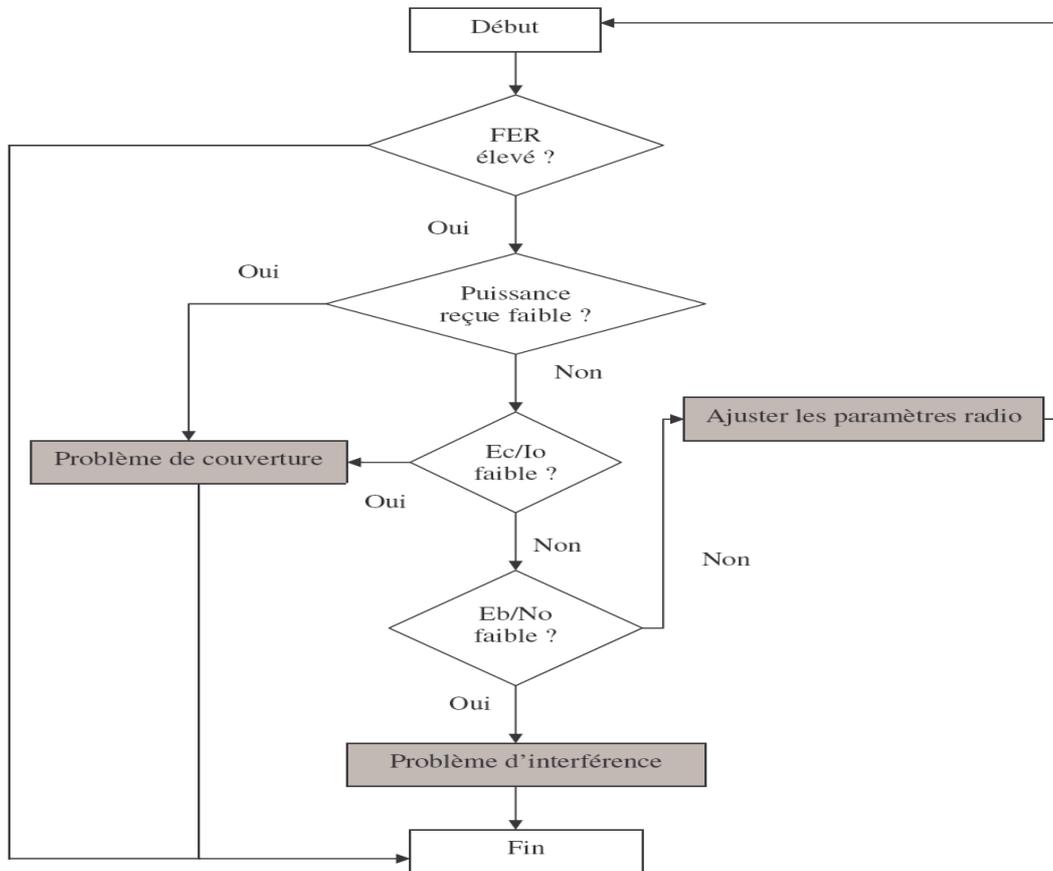


Figure 39 : Organigramme de détection de problèmes sur le lien descendant

➤ Détections des problèmes sur le lien montant

Comme sur le lien descendant, la détection des problèmes se fait de la même manière. C'est à dire par le taux élevé de coupure d'appels ou bien une valeur élevée de FER (Frame Error Ratio). De plus, une mauvaise couverture sur le lien montant provoque une valeur d'E_b/N_o reçue faible. Cela implique dès lors une valeur élevée de FER et une puissance élevée transmise par le mobile.

D'autre part un taux d'interférence élevé se caractérise par une valeur de FER élevée ou/et une puissance élevée reçue à partir du NodeB parce que celle-ci est une mesure de toutes les puissances reçues dans la bande.

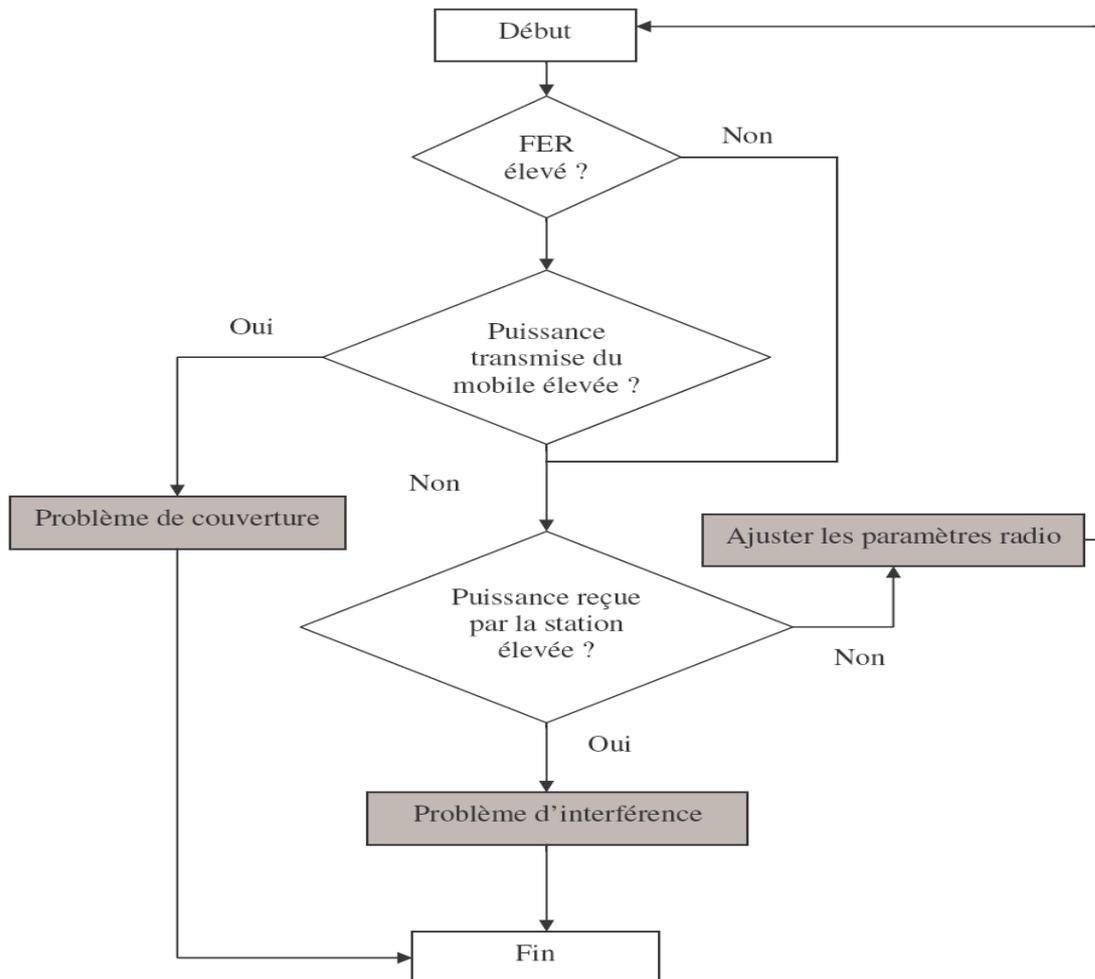


Figure 40 : Organigramme de détections des problèmes sur le lien montant

III. Eléments de la procédure d'audit de l'UTRAN

La procédure de l'audit de l'UTRAN est représentée généralement dans un document ou rapport nommé «*Audit et maintenance préventive, UTRAN*». Le document d'audit que nous allons élaborer, représente l'analyse des résultats des scripts bien déterminés qui “prennent une image” du réseau et aussi des résultats des visites sur sites. Nous donnerons par la suite quelques exemples liés à l'audit voire à la maintenance préventive pour les équipements UTRAN :

- ✓ Vérification de l'environnement du RNC.
- ✓ Test des unités fonctionnelles du RNC.
- ✓ Vérification des supports de stockages associés à quelques unités fonctionnelles (OMU & NEMU).



- ✓ Les options installées dans le RNC.
- ✓ Les interfaces Iu-CS et Iu-PS.
- ✓ Les paramètres Multivendor.
- ✓ Les états des différents packages de sauvegardes SW.
- ✓ La synchronisation et les signaux de timing.
- ✓ Le traitement des alarmes internes et externes.
- ✓ Les mesures effectuées au sein du RNC.
- ✓ Les SW au niveau du WBTS.
- ✓ L'HMS (Hardware Management System).

III.1 Vérification de l'environnement du RNC

L'environnement du RNC est décrit généralement par un ensemble de vérifications et mesures à réaliser. Les vérifications majeures concernent surtout :

- L'installation des cabinets avec câblages interne du RNC et inter cabinets.
- Le DDF (Distribution Digital Frame) : appareil de raccordement des liens E1 provenant des différents éléments du réseau.
- L'ODF (Optical Digital Frame) : appareil de raccordement des liaisons optiques du RNC.
- Les liaisons LAN (liaisons vers l'OSS).
- La tension continue.

Nous illustrons un exemple de vérification sur le tableau ci-dessous :



A vérifier	Vérifié	Etat (OK, NOK)
Installation des cabinets	<input type="checkbox"/>	
Etiquetage	<input type="checkbox"/>	
Fusibles	<input type="checkbox"/>	
DDF avec fiche de câblage	<input type="checkbox"/>	
Terre (continuité)	<input type="checkbox"/>	
Tension continue (48v) :	<input type="checkbox"/> , Valeur :	
LAN (switch)	<input type="checkbox"/>	
ODF	<input type="checkbox"/>	
Câblage interne du RNC	<input type="checkbox"/>	
Câblage inter cabinets	<input type="checkbox"/>	

Tableau 10: Vérification de l'environnement RNC

III.2 Test des unités fonctionnelles du RNC

Toutes les unités fonctionnelles du RNC doivent subir un test de bon fonctionnement. Selon le système de redondance suivi par une unité donnée, cette dernière dispose d'une autre unité de secours en cas de dysfonctionnement.

Toutes les unités principales et de secours doivent être vérifiées. Sur le tableau de Test des unités, nous représentons celles qui doivent figurer dans l'audit du RNC.

Unité	Etat	Diagnostic	Résultat
ICSU		<input type="checkbox"/>	
DMCU		<input type="checkbox"/>	
GTPU		<input type="checkbox"/>	
TBUF		<input type="checkbox"/>	
TSS3		<input type="checkbox"/>	
RSMU		<input type="checkbox"/>	

Tableau 11: Test des unités



III.3 Vérification des supports de stockages associés à quelques unités fonctionnelles (OMU & NEMU) :

Certaines unités fonctionnelles disposent des supports de stockages des données. Ce sont généralement des disques durs servant comme mémoire non volatile pour les programmes et les données et des disques magnéto-optiques qui sont utilisés pour le stockage intérim, par exemple les mises à jour du software du RNC.

Les unités disposant de ces supports de stockage sont NEMU (*Network Element Management*

Unit) et OMU (*Operation and Management Unit*).

Elément	Périphériques installés	Etat (OK / NOK)
FDU (RN2.1)		
WDU		

Tableau 12: Vérification des supports de stockages

III.4 Les options installées dans le RNC

Le RNC peut supporter toutes les options demandées par les opérateurs et qui n'ont pas été incluses dans les livraisons du software de base du RNC. L'opérateur peut choisir d'inclure certaines de ces options dans le software. Toutes les informations relatives au contrôle de ces options sont regroupées dans des fichiers PROFILE (*General Parameter File*) et FIFILE (*Feature Information Control File*).

Ces options sont regroupées dans les fichiers que nous citons sous forme de classes:

PARAMETER CLASS: 7 CALL_CONTROL			
IDENTIFIEUR	NAME OF PARAMETER	VALUE	CHANGE POSSIBILITY
00165	IU_CR_INCLUDED	0000	YES
00174	CN_INFORMATION_INFO	0000	YES
00191	JAPAN_UE_CONTROL	0000	YES
00193	RN21_MAINT_001	0000	YES
00194	RN21_MAINT_002	0000	YES
00195	RN21_MAINT_003	0000	YES
00196	RN21_MAINT_004	0000	YES
00197	RN21_MAINT_005	0000	YES
00198	RN21_MAINT_006	0000	YES
00199	RN21_MAINT_007	0000	YES
00200	RN21_MAINT_008	0000	YES
00201	RN21_MAINT_009	0000	YES
00202	RN21_MAINT_010	0000	YES
PARAMETER CLASS: 8 ACCESS_SERVER			



III.5 Les paramètres Multivendor

La modification des paramètres (souvent des timers) du RNC en fonction du MGW auquel il est relié doit être vérifiée sur le RNC.

Le RNC de Nokia est actuellement reliée à un MGW de Huawei.

Les paramètres les plus importants à vérifier sont :

- *Q714_T_IAS* : InActivity Sender Timer avec une valeur typique de 90s.
- *Q714_T_IAS* : InActivity Receiver Timer avec une valeur typique de 270s.

Il existe d'autres paramètres (timers) :

```
RNC          RNC SOEKARNO          2007-04-24  11:40:46

INTERROGATING SCCP SIGNALLING POINT PARAMETER SETS
|
SET NUMBER: 00000          SET NAME: BLUE
=====
NO:  NAME                                     VALUE          UNIT
---  ---                                     -
  1  Q714_T_CONN_EST                          90             1 S
  2  Q714_T_IAS                               90             1 S
  3  Q714_T_IAR                              270            1 S
  4  Q714_T_REL                             150            0.1 S
  5  Q714_T_INT                              60             1 S
  6  Q714_T_RES                              15             1 S
  7  Q714_T_REP_REL                          100            0.1 S
  8  Q714_T_STAT_1ST                         600            0.1 S
  9  Q714_T_STAT_INC                         300            0.1 S
 10  Q714_T_STAT_MAX                         600            0.1 S
```

III.6 Les états des différentes sauvegardes packages SW

Les disques durs du RNC peuvent contenir plusieurs packages logiciels au même temps.

Chaque package est stocké dans son propre répertoire. Dans l'état normal du fonctionnement, il existe au moins deux types de packages : le package en cours de fonctionnement BACKUP (BU) et une copie de secours FALLBACK (FB). Quand le système est mis à jour, on parle aussi d'un troisième nouveau package (NW).

On peut trouver aussi d'autres packages SW avec un état non nommé (UT) ou non défini (UD) stockés dans le disque dur du RNC. On trouve souvent des anciens packages SW qui n'ont pas été supprimés du système.

Les vérifications à inclure dans le rapport de l'audit sont schématisées sur la figure suivante :



Données				
DATE DE LA DERNIERE SAUVEGARE	NOM DU REPERTOIRE DE LA DERNIERE SAUVEGARDE	NOM DE LA DERNIERE SAUVEGARE	NOMBRE DE PACKAGE DANS SOMAFI	NIVEAU CHANGE DELIVERY

Package Actif		
Nom du package	Statut	Etat (OK/NOK)
Actif :		
Backup :		

Figure 41 : Vérifications des packages (au niveau backup)

III.7 La synchronisation et les signaux de timing

Le RNC peut être connecté à des réseaux de synchronisation existants. La synchronisation du RNC est faite d'une manière hiérarchique. Le RNC dispose d'une horloge interne qui peut fonctionner même dans le cas où la synchronisation externe est perdue.

Le RNC peut recevoir des signaux de synchronisation des sources externes ou via les unités d'interfaces avec le réseau.

L'état des liens de synchronisation doit être vérifié comme suit :

Chaque lien de signalisation dispose d'un référence (ou identifiant), comme nous l'illustrons sur le tableau ci dessous.

<i>Références</i>	<i>Etat (OK/NOK)</i>

Nous pouvons consulter d'autres informations concernant les liens de signalisation :



PRI	REFERENCE	TYPE	MODE	STATUS	SSM	WTR	CONN.	TSS3	USED IN SYNCH.
1	SET -	0 ATM	STM-1	OK	0	5			
2	SET -	1 ATM	STM-1	NOK	15	5	X		YES
3	PET -	0 ATM	E1	OK	0	5		X	
X	SET -	2 ATM	STM-1	OK	0	5			
X	SET -	4 ATM	STM-1	OK	15	5			
X	PET -	1 ATM	E1	OK	0	5			
X	PET -	2 ATM	E1	OK	0	5			
X	PET -	3 ATM	E1	OK	0	5			
X	PET -	4 ATM	E1	OK	0	5			
X	PET -	5 ATM	E1	OK	0	5			
X	PET -	6 ATM	E1	OK	0	5			
X	PET -	7 ATM	E1	OK	0	5			
X	PET -	8 ATM	E1	OK	0	5			
X	PET -	9 ATM	E1	OK	0	5			
X	PET -	10 ATM	E1	OK	0	5			
X	PET -	11 ATM	E1	OK	0	5			
X	PET -	12 ATM	E1	OK	0	5			
X	PET -	13 ATM	E1	OK	0	5			
X	PET -	14 ATM	E1	OK	0	5			
X	EXT -	1 TDM	2048 KHZ	NOK	0	5			
X	EXT -	2 TDM	2048 KHZ	NOK	0	5			
X	SET -	3 ATM	STM-1	NOK	15	5			
X	SET -	5 ATM	STM-1	NOK	15	5			
X	SET -	6 ATM	STM-1	NOK	15	5			
X	SET -	7 ATM	STM-1	NOK	15	5			
X	PET -	15 ATM	E1	NOK	15	5			

III.8 Les mesures effectuées au sein du RNC

Les mesures au niveau du RNC fournissent des informations statistiques sur la qualité du service, l'utilisation des ressources, la mobilité, la transmission ATM/ IP et les événements de signalisation à l'intérieur du réseau Radio. Nous énumérons quelques types mesures à savoir:

- 1000 Cell resource.
- 1001 Service level
- 1002 Traffic.
- 1003 L3Iu.
- 1004 L3Iur.
- 1005 L3Iub.
- 1006 RRC.
- 1007 Soft handover.
- 1008 Intra-system hard handover.
- 1009 L3 relocation signalling.
- 1010 Inter-system handover.
- 1011 Location services.
- 1012 Service area broadcast.
- 1017 RCPM RLC.
- 5000 HSDPA in WBTS.



Durant la phase de l'audit nous devons nous assurer que le RNC effectue ces mesures et qu'elles sont envoyées à l'OSS sous forme des fichiers.

Un prototype de vérification de cette procédure est mis ci-dessous :

Mesures créées	Mesures Activées (OK/NOK)
Cell resource	
Service level	
Traffic	
RRC	
Soft handover	
Intra-system hard handover	
HSDPA in WBTS	

Tableau 13 : Prototype de vérification de la procédure d'audit

Fichiers compressés (OK/NOK)	Fichiers Transférés (OK/NOK)	Date du dernier fichier transféré	Heure du dernier fichier transféré

III.9 Autres tests et vérifications

La procédure d'audit touche tous les aspects relatifs au déroulement et fonctionnement du réseau.

En effet, durant cette opération, nous nous intéressons au contrôle des éléments suivants :

- Le traitement et l'analyse des alarmes internes et externes éventuelles dans le RNC.
- Les cellules ayant des canaux de trafic indisponibles.
- Les données de voisinage cellules.
- Les mises à jour du Software du RNC.
- La charge des processeurs et des mémoires des unités fonctionnelles du RNC.
- Le traitement des données dans l'heure chargée du trafic (*Busy Hour*).



- Les liens de signalisation.

IV. Validation de l'audit

Après diagnostic et supervision, l'exploitation des résultats de l'audit est nécessaire. Nous distinguons les étapes de :

- L'analyse des résultats de l'audit.
- L'exécution des recommandations après chaque étape durant toute la phase de diagnostic.
- La validation de l'audit par le représentant de l'opérateur.

Remarque :

Après avoir donné un aperçu sur les procédures de test et de vérification relatives à l'opération de l'audit de l'UTRAN, nous signalons quelques remarques très importantes :

- La procédure de maintenance s'effectue tout au long d'une journée.
- Certains tests sont lancés en parallèles et prendront beaucoup de temps pour tirer les résultats (détermination de la charge du trafic pendant l'heure chargée busy hour BH).
- Les tests portants sur les circuits de trafic des interfaces Iu-CS et Iu-PS sont effectués dans la nuit.

Conclusion

L'objectif principal de ce projet de fin d'études était de concevoir une procédure d'audit du réseau d'accès UTRAN 3G de Nokia Siemens Network.

Dans ce but, nous avons commencé tout d'abord par une étude générale du réseau d'accès de l'UMTS en introduisant ses éléments, ses classes de qualités de services et ses interfaces et en définissant également le contrôle de puissance, le handover, l'architecture en couches de l'interface radio. Ensuite, nous avons exposé l'évolution de l'UMTS à travers les différents Releases (Versions).

Dans le troisième chapitre, nous nous sommes intéressés à l'étude de la solution RU10 de NSN à travers les concepts de MIMO, la modulation d'ordre supérieure, la nouvelle



architecture horizontal, etc. Nous avons également étudié quelques nouvelles fonctionnalités de cette solution, de même que les NE du réseau d'accès.

Enfin, nous avons entamé le dernier chapitre par la notion de KPI et de l'audit. Ensuite, nous nous sommes intéressés à la présentation de la procédure de l'audit que nous avons pu effectuer. Nous avons pu proposer la procédure suivante :

- ✓ Vérification de l'environnement du RNC.
- ✓ Test des unités fonctionnelles du RNC.
- ✓ Vérification des supports de stockages associés à quelques unités fonctionnelles (OMU & NEMU)...

Comme nous l'avons évoqué au niveau de la maintenance préventive, ces étapes pouvaient être effectuées quotidiennement, hebdomadairement ou semestriellement par les agents de Nokia siemens Network.

C'était le contexte et la consistance de notre projet de fin d'études, dont nous estimons avoir répondu aux souscriptions du cahier de charges.

Ce projet a été une expérience très enrichissante. Outre les connaissances techniques que nous avons pu acquérir, nous avons eu la chance de développer une certaine culture d'entreprise et d'améliorer considérablement nos qualités professionnelles.

Bibliographie

- [1] <http://www.NSNsiemensnetworks.com>
- [2] <http://www.3gpp.org>
- [3] <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/21101.htm>
- [4] <http://www.itu.int/en/pages/default.aspx> site officiel de l'Union Internationale des Télécommunications
- [5] http://www.memoireonline.com/12/05/50/m_thierrydanseUMTS1.html
- [6] <http://books.google.fr/books>
- [7] <https://dSPACE.ist.utl.pt/bitstream/2295/184870/1/Telmo-Tese-Final-version.pdf>

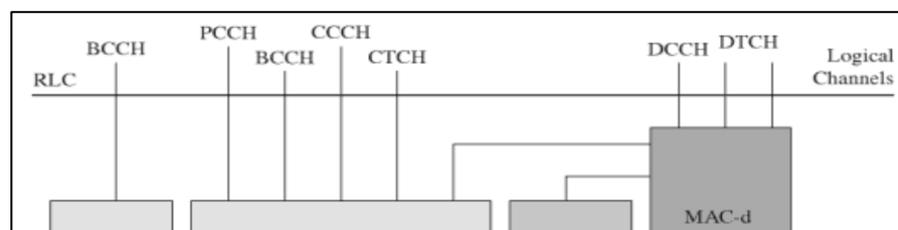


- [8] Nokia Siemens Networks Radio Access documentation Kips for RAS06/RU10 Migration (02/07/2008).
- [9] 3GPP TS 25.211 Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels.
- [10] NED5: NSN WCDMA RAN Rel. RU10 System Library v1 (documentation sur l'intranet de NSN).
- [11] **Sebti CHOUCHE** «Conception et Réalisation d'un Outil d'Evaluation de Performances du Réseau UMTS», PFE, Sup'Com Tunisie Année universitaire : 2005/2006.
- [12] Release 7 HSPA+ For Mobile Broadband Evolution, Qualcomm Incorporated Février 2009
- [13] UMTS, les origines, l'architecture, la norme. Pierre Lescuyer, 2ème edition Dunod

Annexes

L'annexe A : Les différents types de couche Mac

On distingue plusieurs types de couches MAC tels que MAC-sh (shared), MAC-c (common) et MAC-d (dedicated). Celle-ci gère les canaux de trafic dédiés (DTCH) et les canaux de transport dédiés (DCH). Chaque mobile contient une entité MAC-d et possède une entité MAC-d correspondante dans l'UTRAN. L'entité MAC-d transpose les canaux logiques DTCH ou DCCH sur les canaux de transport DCH. Elle peut encore multiplexer plusieurs canaux DTCH ou DCCH sur un canal commun pour une cellule radio. Dans le premier cas, il n'y a pas d'entête MAC dans le paquet MAC-PDU, tandis que dans le second cas, un entête est ajouté.



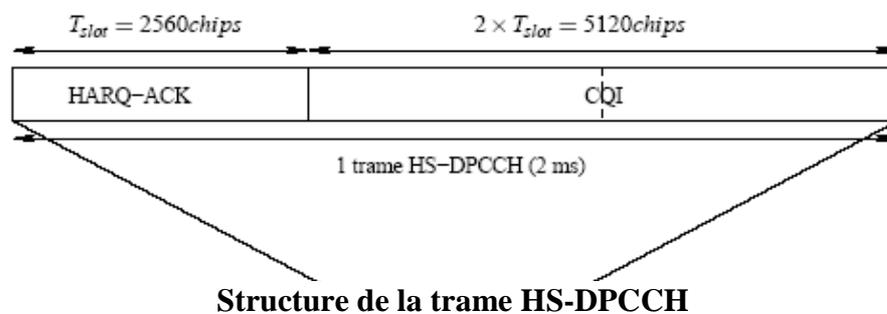


L'architecture de la couche MAC

L'annexe B: Les canaux HSDPA

HS-DPCCH: High-Speed Dedicated Physical Control Channel

Le HS-DPCCH est un canal physique de la voie montante qui transporte la signalisation reliée à la transmission du canal HS-PDSCH. Cette signalisation comme le décrit la figure ci dessous est constituée de deux sortes d'informations : l'acquittement utilisé par la technique de retransmission HARQ (Hybrid Automatic Repeat reQuest) utilisée en HSDPA et la qualité du canal de transmission CQI (Chanel Quality Indication) pour la gestion de la technique d'adaptation de lien AMC (Adaptative Modulation and Coding).



Le slot dans une trame HS-DPCCH qui est de durée $T_{slot} = 10ms$. Le tableau ci-dessous décrit le format d'un slot HS-DPCCH.

Format du slot	Débit binaire (kbps)	Débit symbole (Ksps)	SF	Nombre de bits par trame	Nombre de bits par slot
0	15	15	256	30	10

Associated DPCH: Dedicated Physical Channel

Le canal associé DPCH transporte en voie descendante les messages de signalisation SRB (Signaling Radio Bearer) de débit 3.4 Kbps et les commandes de contrôle de puissance du canal associé. Par contre en voie montante, il transporte les



données HSDPA à un débit de 64 Kbps, 128 Kbps et 384 Kbps. Les canaux associés ne supportent pas le soft handover en RAS05, mais en RAS05.1 ils le supportent.

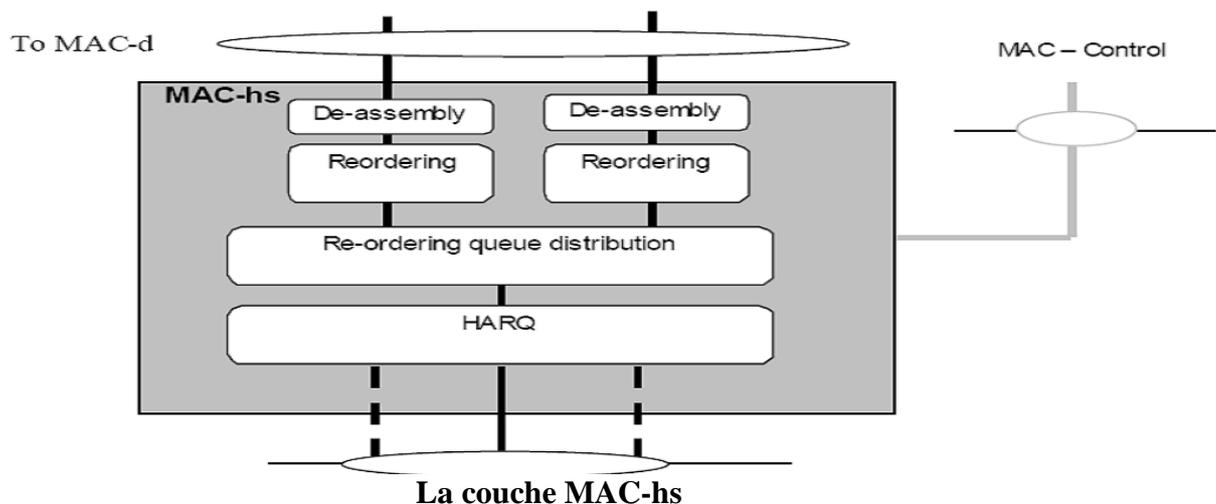
✓ La sous couche MAC-hs

Avec l'introduction de HS-DSCH, une intelligence additionnelle sous forme de couche MAC HSDPA (MAC-hs) est installée dans le NodeB. Les retransmissions peuvent désormais être contrôlées directement par le NodeB, ce qui permet une retransmission plus rapide.

Avec HSDPA, l'interface Iub entre le NodeB et le RNC exige un mécanisme de contrôle de flux pour s'assurer que les buffers du NodeB sont employés correctement et qu'il n'y a aucune perte de données due au débordement de ces buffers.

Le RNC maintient toujours les fonctionnalités de la Rel 99 de contrôle du lien radio (RLC), en se chargeant de la retransmission au cas où la transmission du HS-DSCH du NodeB échouerait après, par exemple, avoir excédé le nombre maximum de retransmission de la couche physique.

Les fonctions principales de la sous couche MAC-hs du NodeB sont, d'assurer la fonctionnalité de l'ARQ (Automatic Repeat Request), l'ordonnancement et le choix du Transport Format (TF), fonctionnalités assurées dans le release 99 par le RNC.



La couche MAC-hs de l'UE a les mêmes fonctionnalités que celle du NodeB. Les entités fonctionnelles incluses dans la MAC-hs sont :

➤ Flow control :



C'est le complément de la fonction de contrôle de flux existant dans le RNC pour les canaux dédiés, communs et partagés. Cette fonction est utilisée pour limiter la latence de signalisation de la couche 2 et pour réduire les données rejetées et retransmises en raison de la congestion du canal HS-DSCH.

➤ HARQ :

Cette fonction gère la retransmission de paquets dans le cas d'erreurs de transmission.

➤ Scheduling / Priority handling :

Cette fonction gère l'allocation des ressources HS-DSCH aux entités HARQ et aux flux de données selon leur priorité.

➤ TRFC selection

Cette fonction gère le choix d'un Transport format and Resource Combining TRFC (type de modulation, de codage canal et le nombre de codes alloués).

L'annexe C : Les KPI basés sur des Compteur de mesures de performance

Call Setup Success Rate (Voice)

Call Setup Success Rate (Voice)	
Definition	This KPI describes the ratio of successful CS Voice call setups related to the setup attempts considering success rate of RRC - and RAB - Setup to determine a call setup.
KPI based on	RAS06 and RU10 formula: KPI Formula (with counter IDs):
PM Counters	$\text{RNC_565f} = 100 * (\text{M1001C22} - \text{M1001C23} + \text{M1001C32} - \text{M1001C33} + \text{M1001C40} - \text{M1001C41} - \text{M1001C562} - \text{M1001C553} - \text{M1001C558}) / (\text{M1001C22} + \text{M1001C32} + \text{M1001C40} - \text{M1001C573} - \text{M1001C578} - \text{M1001C582} - \text{M1001C562} - \text{M1001C553} - \text{M1001C558} - \text{M1001C617}) * (\text{M1001C115} / \text{M1001C66}) \%$

Call Successful Termination Rate (Voice)

Call Successful Termination Rate (Voice)



Definition	This KPI describes the ratio of normal CS-Voice RAB releases related to the total number of CS-Voice RAB releases.
KPI based on PM Counters	RAS06 and RU10 formula: KPI Formula (with counter IDs): $100\% - \mathbf{RNC_159b} = 100 - 100 * \left(\frac{\text{sum}(M1001C144 + M1001C145 + M1001C146 + M1001C147 + M1001C148 + M1001C150 + M1001C392)}{\text{sum}(M1001C136 + M1001C143 + M1001C144 + M1001C145 + M1001C146 + M1001C147 + M1001C148 + M1001C150 + M1001C392)} \right)$

RRC Establishment Success Rate

RRC Establishment Success Rate	
Definition	This KPI describes the ratio of successful RRC connection establishments related to the total number of RRC connection establishment attempts from the user point of view (from RRC Connection Request to RRC Connection Setup Complete).
KPI based on PM Counters	RAS06 and RU10 formula: KPI Formula (with counter IDs): $\mathbf{RNC_154d} = 100 * \left(\frac{\text{sum}(M1001C8 + M1001C260)}{\text{sum}(M1001C0 - M1001C242 - M1001C241 + M1001C259 - M1001C617)} \right) \%$



Abréviations

2G Les systèmes de 2ème Génération

3G Les systèmes de 3ème Génération

3GPP Third Generation Partnership Project

A

AAL ATM Adaptation Layer

A2SU AAL2 Switching Unit

AMR Adaptative MultiRate codec

ATM Asynchronous Transfert Mode

AuC Authentification Center

B

BSC Base Station Controller

BSS Base Station Sub-system

BTS Base Transmitter Station

C

CDMA Code Division Multiple Access

CN Core Network

CRNC Controlling RNC

CS Circuit Switched

CE(Channel Element)

D

DL Down Link

DMSU Data and Macrodiversity Combining Unit

DRNC Drift Radio Network Controller

DT Drive Test

I

E

EDGE Enhanced Data rates for Global Evolution

EIR Equipment Identity Register

F

FDD Frequency Division Duplex

FDMA Frequency Division Multiple Access

FU Functional Units

FER Frame Error Rate

G

GGSN Gateway GPRS Support Nodes

GMSC Gateway MSC

GMSK Gaussian Minimum Shift Keying

GPRS General Packet Radio Service

GSM Global System for Mobile communications

H

HLR Home Location Register

HO Hand Over

HSCSD High Speed Circuit Switched Data

HSDPA High Speed Downlink Packet Access

HSUPA High Speed Uplink Packet Access

HTTP Hypertext Transfer Protocol

O

O&M Operation and Maintenance

OMU Operation and Maintenance Unit

OSI Open Systems Interconnections



IMEI International Mobile Equipment Identity

IMR IP Multimedia Register

IMS IP Multimedia Subsystem

IMSI International Mobile Subscriber Identity

IMT-2000 International Mobile
Telecommunications 2000

IP Internet protocol

ITU International Telecommunication Union

K

KPI Key Performance Indicator

L

LAN Local Area Network

M

MAC Medium Access Control

MGW Media Gateway

MSC Mobile services Switching Center

MSS MSC Server

MXU ATM Multiplexer Unit

N

N-PDU Network PDU

NAS Non Access Stratum

NE Network Element

NEMU Network Element Management Unit

NGN Next Generation Network

NMS Network Management System

NRT Non Real Time

NSN Nokia Siemens Networks

OVSF Orthogonal Variable Spreading Factor

P

PDCP Packet Data Convergence Protocol

PDU Protocol Data Unit

PS Packet Switched

Q

QoS Quality of Service

R

RAB Radio Access Bearer

RAN Radio Access Network

RLC Radio Link Control

RNC Radio Network Controller

RNW Radio Network

RNO Radio Network Optimiser

RRC Radio Resource Control

RTCP Réseau Téléphonique Commuté Public

S

SFU Switched Fabric Unit

SGSN Serving GPRS Support Node

SRAN Satellite Radio Access Network

SRNC Serving Radio Network Controller

T

TDD Time Division Duplex

TDMA Time Division Multiple Access

V



<p>U</p> <p>UDP User Datagram Protocol</p> <p>UE User Equipment</p> <p>UL Up Link</p> <p>UMTS Universal Mobil Telecommunication System</p> <p>UTRA UMTS Terrestrial Radio Access</p> <p>UTRAN UMTS Terrestrial Radio Access Network</p>	<p>VLR Visitor Localisation Register</p> <p>W</p> <p>WCDMA Wideband Code Division Multiple Access</p> <p>WLAN Wireless Local Area Network</p>
--	---