

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche scientifique



جامعة بجاية
Tasdawit n'Bgayet
Université de Béjaïa

Université Abderrahmane Mira de Béjaïa

Faculté de Technologie

Département de Génie électrique

Mémoire de Fin de Cycle

En Vue d'Obtention du Diplôme Master Recherche

Filière : Électronique Spécialité : Télécommunication

Thème :

**Aspects d'Optimisation de l'Interface Radio
UTRAN d'un Réseau UMTS**

Présenté par :

M. DELLYS BILLAL et M. OUAMRI MOHAMED-AMINE

Soutenu en public en date du : 24 Juin 2014

Devant le Jury :

M. H. BELLAHCENE

M.C U.A.M Béjaïa

Président

M. M. AZNI

M.C U.A.M Béjaïa

Examineur

M. M. TOUNSI

M.C U.A.M Béjaïa

Rapporteur

Promotion 2013-2014

Remerciements

Nous ne pourrions commencer ce rapport sans présenter nos remerciements les plus sincères à notre promoteur Mr M.TOUNSI pour nous avoir dirigés et nous avoir prodigué de nombreux et judicieux conseils.

Nous remercions chaleureusement nos enseignants et membres de notre jury de soutenance pour l'honneur qu'ils nous font de juger notre travail.

Nous voudrions aussi exprimer notre profonde gratitude envers toute les équipes MOBILIS et ERICSSON, pour leurs aides durant notre stage à AT MOBILIS (ALGER).

Finalement, nous exprimons notre vive reconnaissance à tous nos enseignants de l'université de Béjaia pour les enseignements et le savoir qu'ils nous ont prodigués durant notre formation.

Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail

A nos très chers parents

*Respect, amour, reconnaissance, sont les moindres sentiments
que nous puissions vous témoigner. Aucune dédicace ne saurait
exprimer Nos respects, Nos considérations et Nos grandes
admiration.*

Que dieu vous garde.

A nos sœurs et frères bien aimées.

A notre regretté frère DELLYS Mohamed-lamine

Qui est à jamais dans nos cœurs.

Table des matières

Table des figures	<i>i</i>
Table des tableaux	<i>iii</i>
Acronymes et abréviations	<i>iv</i>
Introduction générale	1
<i>Chapitre I : INTRODUCTION AU RESEAU UMTS</i>	
I.1. Introduction.....	4
I.2. Evolution de la téléphonie mobile.....	4
I.3. Hiérarchie des cellules de l'UMTS	5
I.4. Architecture du réseau UMTS	6
I.4.1. Architecture physique	6
I.4.1.1. L'équipement usager (UE : User equipment).....	6
I.4.1.2. Le réseau d'accès UTRAN	7
I.4.1.3. Le réseau cœur (CN : Core Network)	10
I.4.2. Architecture en point de vue fonctionnelle	13
I.4.2.1. Strate d'accès (AS : Access Stratum)	13
I.4.2.2. Strate à non accès (NAS : Non Access Stratum)	14
I.5. Le duplex.....	14
I.6. Organisation temporelle.....	16
I.7. Méthode d'accès radio : WCDMA	17
I.7.1. Le CDMA	17
I.7.2 Codes utilisés	17
I.7.2.1. Codes orthogonaux.....	18
I.7.2.2. Codes d'embrouillage	19
I.7.3. Principe de l'étalement de spectre.....	20
I.8. Contrôle de puissance	20
I.8.1. Contrôle de puissance open-Loop (Slow).....	21
I.8.2. Contrôle de puissance inner-Loop (Fast).....	21
I.8.3. Contrôle de puissance outer-Loop	22
I.9. Le Handover dans le réseau UMTS.....	22
I.10. Le Canal de propagation radio	24

I.10.1. Mécanisme de propagation.....	24
I.10.2. Effet des trajets multiples et ces conséquences	25
I.11. L'évolution de l'UMTS.....	26
I.11.1. La technologie HSDPA	26
I.11.2. La technologie HSUPA	26
I.11.3. La technologie HSPA+	27
I.12. Conclusion	27

Chapitre II : DESCRIPTION DE L'INTERFACE RADIO UTRAN

II.1. INTRODUCTION :	29
II.2. Architecture en couche	29
II.2.1. La couche 1	29
II.2.2. La couche 2	29
II.2.2.1. La sous couche MAC (Medium Access Control).....	30
II.2.2.2. La sous couche RLC (Radio Link Control)	30
II.2.2.3. La sous couche BMC (Broadcast/multicast control).....	30
II.2.2.4. La sous couche PDCP (Packet Data Convergence Protocole)	30
II.2.3. La couche 3	30
II.3. Plan de contrôle et plan usager.....	31
II.3.1. Le plan usager.....	31
II.3.2. Plan de contrôle.....	31
II.4. Les canaux.....	32
II.4.1. Les canaux logiques	32
II.4.1.1. Les canaux logiques de contrôle.....	32
II.4.1.2. Les canaux logiques de trafic.....	33
II.4.2. Les canaux de transport	33
II.4.2.1. Les canaux de transport dédiés	34
II.4.2.2. Les canaux de transport commun	34
II.4.3. Les canaux physiques	34
II.5. Les interface radio de l'UTRAN.....	35
II.5.1. L'interface Uu	35
II.5.2. l'interface lu.....	35

II.5.3. L'interface lub.....	35
II.5.4. L'interface lur	35
II.6. Les protocoles radio de l'UTRAN	35
II.6.1. la couche RRC	35
II.6.2. La couche RLC (Radio Link Control)	38
II.6.3. La couche MAC	40
II.6.4. La couche PDCP	41
II.6.5. La couche BMC	42
II.7. Protocole réseau de l'UTRAN	42
II.7.1. Protocole RANAP : Radio Acces Network Application Part	42
II.7.2. Protocol NBAP : NODE-b Application part.....	42
II.7.3. Protocol RNSAP Radio Network Subsystem part.....	43
II.8. Conclusion	43

Chapitre III : ELEMENTS DE PLANIFICATION D'UN RESEAU UMTS

III.1. Introduction.....	45
III.2. Phase de dimensionnement.....	45
III.2.1. Le pré-dimensionnement	45
III.2.2. Dimensionnement de couverture	46
III.2.2.1. Bilan de liaison RLB.....	46
III.2.2.2. Choix du modèle de propagation	47
III.2.2.3. Rayon des cellules.....	48
III.2.2.4. Nombre de sites.....	49
III.2.3. Dimensionnement de capacité.....	49
III.2.4. Dimensionnement du RNC	49
III.3. Phase d'Optimisation initiale.....	51
III.4. Phase d'Amélioration et d'extension	52
III.4.1. Diminution des interférences ACI (Adjacent Cell Interference)	52
III.4.2. Élimination de la coexistence	52
III.4.3. Relevé des sites	52
III.5. Conclusion	53

Chapitre IV : OUTILS D'OPTIMISATION DU RESEAU UTRAN

IV.1. Introduction.....	55
IV.2. Les différents facteurs affectant le réseau.....	55
IV.3. Schéma général du processus d'optimisation.....	56
IV.4. Définitions des KPIs (Key Performance Indicators)	56
IV.5. Méthodologie d'optimisation	57
IV.5.1. Les statistiques	57
IV.5.1.1. L'accessibilité.....	58
IV.5.1.2. Le trafic.....	62
IV.5.1.3. La maintenabilité (Retainability)	63
IV.5.2. Le drive test.....	65
IV.5.2.1. SSV (Single Site Verification)	66
IV.5.2.2. CV (Cluster Verification)	66
IV.5.2.3. Évènements enregistrés.....	66
IV.6. Conclusion	71
Conclusion générale.....	72
Bibliographie.....	vi

Table des figures

- Figure I.1 :** Évolution de la téléphonie mobile
- Figure I.2 :** Hiérarchie des cellules de l'UMTS
- Figure I.3 :** Architecture globale du réseau UMTS
- Figure I.4 :** L'équipement usager
- Figure I.5 :** Architecture du réseau RNS
- Figure I.6:** Les différents RNCs
- Figure I.7:** Types d'antenne du NODE-b
- Figure I.8 :** Exemple d'un RNC lié à un NODE-b (ATM MOBILIS)
- Figure I.9 :** Architecture du réseau cœur de l'UMTS
- Figure I.10 :** Le découpage en strate
- Figure I.11 :** Point d'accès entre le NAS et l'AS
- Figure I.12:** UL (uplink) et DL (downlink)
- Figure I.13 :** Duplex FDD
- Figure I.14 :** Duplex TDD
- Figure I.15 :** Organisation Temporelle de la norme UMTS
- Figure I.16 :** Technique d'accès multiple à répartition en code (CDMA)
- Figure I.17 :** Arbre des codes OVSF
- Figure I.18:** Utilisation des codes OVSF
- Figure I.19 :** Mécanisme de scrambling
- Figure I.20:** Principe de l'étalement de spectre
- Figure I.21 :** Types de contrôle de puissance
- Figure I.22:** Soft ET softer Handover
- Figure I.23:** Hard Handover
- Figure II.1 :** Architecture en couche du réseau UTRAN
- Figure II.2 :** Exemple d'interaction entre couche protocolaire
- Figure II.3 :** Plan de contrôle et plan usager
- Figure II.4 :** Exemple de correspondance entre canaux

Figure II.5 : Une connexion RRC et deux connexion CN domaine

Figure II.6 : États de la connexion RRC

Figure II.7 : Format de la RLC-PDU du mode non acquitté

Figure II.8 : Format de la RLC-PDU du mode acquitté

Figure II.9: Modèle de la couche MAC

Figure II.10 : Format de la PDU de la couche MAC dans le cas générale

Figure III.1 : Processus de dimensionnement

Figure III.2 : Méthode de calcul de la zone

Figure III.3 : Distribution des sites par maillage

Figure III.4 : Méthode de division des cellules

Figure IV.1 : Schéma générale du processus d'optimisation

Figure IV.2 : Mécanisme d'extraction des KPIs

Figure IV.3: Les messages de signalisation d'établissement de la connexion RRC

Figure IV.4 : Les messages de signalisation associée au RAB

Figure IV.5 : Equipement du drive test

Figure IV.6 : Niveau du signal reçu(RSCP)

Figure IV.7: Image de la zone d'ombre

Figure IV.8 : Schéma d'une antenne à tilt électrique

Figure IV.9 : Ajustement de l'azimut de l'antenne

Figure IV.10 : Ajustement de l'azimut et du tilt

Figure IV.11 : Problème de la relation de voisinage

Figure IV.12 : Zone du problème d'interférence

Figure IV.13: Détection du problème de pilot pollution

Table des tableaux

Tableau I.1 : Interfaces du réseau cœur

Tableau II.1: les attributs des TF

Tableau II.2: les canaux de transport commun

Tableau IV.1: Mesure de l'accessibilité

Tableau IV.2: Mesure de l'admission control pour le RRC

Tableau IV.3: Les messages de signalisation d'établissement de la connexion RRC

Tableau IV.4: Mesure du trafic

Tableau IV.5: Mesure du taux de coupure de la voix

Tableau IV.6: Mesure du taux de coupure HSDPA

Tableau IV.7: Mesure du taux de coupure PS

Acronymes et abréviations

2G : Deuxième génération

3G : Troisième génération

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line

ATM : Air Traffic Management

BTS: Base Transceiver Station

CCtrCH: Coded Composite Transport Channels

CDMA: *Code Division Multiple Access*

CRC: Cyclic Redundancy Check

DCH: Dedicated Channel

Eb/N0: Qualité du signale

EDGE: Enhanced Data rates for GSM Evolution

FACH: Forward Access Channel

GPRS: General Packet Radio Service

GSM: Global System for Mobile Communication

HSDPA: High Speed Downlink Packet Access

HSUPA: High Speed Uplink Packet Access

IS-95: Interim Standard 95

IMSI: International Mobile Subscriber Identity

IP: Internet Protocol

KPI: Key Performance Indicator

NPOC: Network Performance Optimisation Centre

OSI: Open Systems Interconnection

PCH: Paging Channel

PCS: Paging Channel System

PDC: Packet Data Convergence

P-TMSI: Packet Temporary Mobile Subscriber Identity

RAB: Radio Access Bearer

RAN: *Radio Access Network*

RLB: Radio Link Budget

RTCP: Real Time Control Protocol

SRNS: Serving Radio Network Subsystem

TB: Transport Block

TCP/IP: Transmission Control Protocol/ Internet Protocol

TMSI: Temporary Mobile Subscriber Identity

URA-PCH: UTRAN Registration Area - Paging Channel

Introduction générale

Depuis son avènement au début des années 90, la téléphonie radio-mobile n'a cessé de se développer et de reconfigurer le monde des télécommunications. L'engouement derrière les systèmes cellulaires de seconde génération tels que le GSM, a amené les chercheurs et les industriels à proposer de nouvelles normes comme l'UMTS et de nouvelles fonctionnalités qui ont facilité l'expansion de cette technologie malgré des exigences de qualité et de services plus accrues.

Déployer des technologies associant télécommunications, électronique et informatique a été un grand défi pour les opérateurs réseaux qui ont dû apprendre à maîtriser les ondes radio pour des applications totalement nouvelles par rapport à ce qui se faisait depuis le début du siècle passé. De part les enjeux, les opérateurs ont fait énormément de progrès dans la recherche sur les méthodes et outils de planification qui intègrent notamment des modèles de propagation des ondes radio, des modèles d'estimation de qualité de service et des algorithmes d'optimisation du paramétrage. De nouveaux mécanismes s'imposent alors pour différencier les services et pour fournir la qualité de service exigée. Parmi ces mécanismes, on compte le contrôle d'admission, les protocoles de réservation de ressources et les politiques d'ordonnancement des paquets.

La difficulté pour les réseaux de nouvelles générations est de maintenir les hauts débits et la qualité de service sur les liens radio. Le CDMA est la technique la plus aboutie du multiplexage, destinée à être utilisée notamment sur les réseaux de téléphonie mobile de troisième génération comme l'UMTS. Alors que les précédentes techniques de multiplexage en fréquence (FDMA) et de multiplexage temporel (TDMA) consistaient essentiellement à diviser une grandeur physique (une bande passante de fréquences ou le temps qui s'écoule) en " créneaux " individuels, le CDMA ne fixe pas de répartition statique préalable de ces ressources et s'apparente aux techniques de transmission informatique par paquets. Cette technique a été choisie en raison des contraintes propres à l'interface radio des réseaux de la troisième génération (3G) : débit variable, qualité de service variable (environnement de trafic multiservices). Elle autorise l'accès simultané de multiples utilisateurs à de très haut débits et

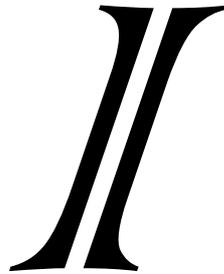
à des services très variés (son, image, multimédia, ...). Il existe néanmoins différentes variantes de CDMA, celle sur laquelle s'appuie la norme UMTS appelée WCDMA.

L'opérateur public Algérien Mobilis, qui a acquis une licence d'exploitation d'un réseau radio-mobile de troisième génération, se lance le défi d'une réussite technico-économique alliant investissement, qualité de services et rentabilité. La réussite technique en particulier, repose sur la technicité et le savoir faire des équipes chargées de la conduite et de la gestion du réseau. Aussi les techniques de planification et d'optimisation, préoccupations majeures des opérateurs de téléphone mobile, doivent être rapidement maîtrisées pour profiter pleinement des avantages de tels réseaux. En effet, ces opérations ont pour but d'affiner la couverture, la capacité, le nombre et la taille des cellules du réseau en fonction de son environnement et de l'importance du trafic pour assurer une bonne qualité de service et éviter le brouillage.

C'est dans cette dernière thématique que s'inscrit notre projet de fin d'étude, dont l'objectif est d'étudier les aspects d'optimisation des ressources radio du réseau UMTS, sur la base de statistiques sur les indicateurs de performances du réseau et de drive tests réalisés durant un stage pratique effectué chez l'opérateur Mobilis.

Notre travail est rapporté dans le présent mémoire, organisé de la manière suivante :

- Le premier chapitre est consacré à la description des principes du réseau UMTS ;
- Le second chapitre traite le réseau d'accès UTRAN ;
- Le troisième chapitre définit les différentes étapes de planification d'un réseau UMTS ;
- Le quatrième et dernier chapitre comprend l'étude en pratique de l'optimisation de l'interface radio en se basant sur des statistiques mesurées et des drives tests ;
- Enfin, nous terminerons par une conclusion générale qui mettra en exergue tout ce que nous avons appris durant ce projet, suivie de la bibliographie utilisée.



***CHAPITRE I : INTRODUCTION AU
RESEAU UMTS***

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RESEAU UMTS

I.1. INTRODUCTION

La 3G est caractérisée par la volonté des industriels des télécommunications de définir une norme au niveau mondial, vue l'augmentation du nombre d'utilisateurs, l'incompatibilité des systèmes 2G entre eux (IS-95 et PCS aux USA, GSM en Europe et le PDC au Japon) et la limitation des débits offerts (14.4 kb/s pour l'IS-95, 9.6 kb/s pour le GSM et 144kb/s pour le GPRS). Dans cette perspective, ces entreprises se sont regroupées au sein d'un consortium appelé 3GPP (3rd Generation Partnership Project). Ce qui abouti à un nouveau standard mondial qui est l'UMTS.

L'UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) est une technologie qui vient se combiner aux réseaux déjà existants tels que le GSM et le GPRS. Cette nouvelle norme conduit à une nette amélioration des vitesses de transmission pouvant atteindre (2 Mbit/s) en mobilité réduite, et améliore la qualité de téléphonie avec une qualité proche de celle de la téléphonie fixe.

I.2. EVOLUTION DE LA TELEPHONIE MOBILE

La téléphonie mobile a progressivement évolué des réseaux 1G analogiques et non cellulaires vers le réseau 2G numérique et cellulaire, établi par le groupe GSM.

La mise en place du réseau 2G s'est accélérée avec une nouvelle technologie qui permet le transfert de données à des débits plus importants grâce à une gestion par paquets. De cette nouvelle technologie a émergé la norme GPRS (2.5G), puis la technologie EDGE (2.75G), tout en continuant à utiliser l'infrastructure du réseau 2G. En termes de débit, ces normes restent faibles (débit de 200 kbps) par rapport aux offres filaires (512 kbps/s et au-delà pour l'ADSL).

Une nouvelle gamme de services multimédia a été lancée avec l'apparition de la 3G (UMTS) qui exploite la technique W-CDMA et les nouvelles bandes de fréquence situées entre 1900 et 2200 MHz. Cette technologie permet d'augmenter le nombre d'abonnés et le débit (2 Mbits/s). Elle offre des avantages qui s'appliquent aux communications vocales ainsi qu'aux transferts de données. Elle permet d'envoyer simultanément toutes les données en paquets entrelacés, les réceptionner et les rassembler. [4].

Génération	2G	2,5G	2,75G	3G	3G+
Technologie	GSM	GPRS	EDGE	UMTS	HSDPA
Année	1990	2001	2005	2007	

Figure I.1 Evolution de la téléphonie mobile.

I.3. HIERARCHIE DES CELLULES DE L'UMTS

Tout comme son prédécesseur, le réseau UMTS couvre un territoire divisé en plusieurs cellules de tailles variables. Chacune d'entre elles répond à une répartition selon la densité de population à servir et la vitesse de mobilité. Au sommet de la hiérarchie se trouvent les satellites qui assurent une couverture sur l'ensemble de la planète.

Les cellules hiérarchisées qui assurent l'itinérance (roaming) mondiale sont représentées dans la figure suivante :

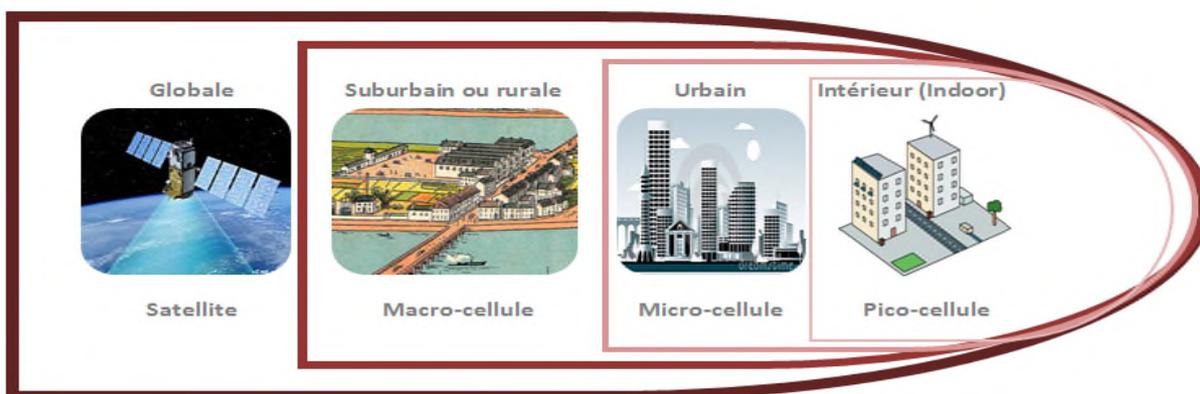


Figure I.2 : Hiérarchie des cellules de l'UMTS.

- Les pico-cellules couvrent les zones bien définies telles les immeubles, les environnements intérieurs (indoor). Une pico-cellule permet des débits de l'ordre de 2 Mbits/s avec une mobilité de l'ordre de 10 km/h (marche à pied, etc.). Son rayon est d'environ 100 m.
- les microcellules couvrent les zones urbaines à forte densité d'utilisateurs avec des débits de l'ordre de 384 kbps lors et une mobilité de l'ordre de 120 km/h (véhicule, transports en commun, etc.). Son rayon est d'environ 500 m.
- Les macro-cellules couvrent les zones suburbaines et rurales. Une macro cellule permet des débits de l'ordre de 144 kbps lors d'un déplacement de l'ordre de 500 km/h (Train à Grande Vitesse, etc.). Son rayon est d'environ 2 km. [18].

I.4. ARCHITECTURE DU RÉSEAU UMTS

L'architecture générale d'un réseau UMTS peut être modélisée d'un point de vue physique et d'un point de vue fonctionnel.

Du point de vue physique, on utilise le concept de domaine pour parler des équipements qui composent le réseau et les façons dont ils sont délimités ; du point de vue fonctionnel, on parle de strates afin d'identifier les protocoles mis en œuvre dans ses domaines pour qu'ils puissent communiquer entre eux. La figure I.3 illustre l'architecture globale du réseau UMTS. [18].

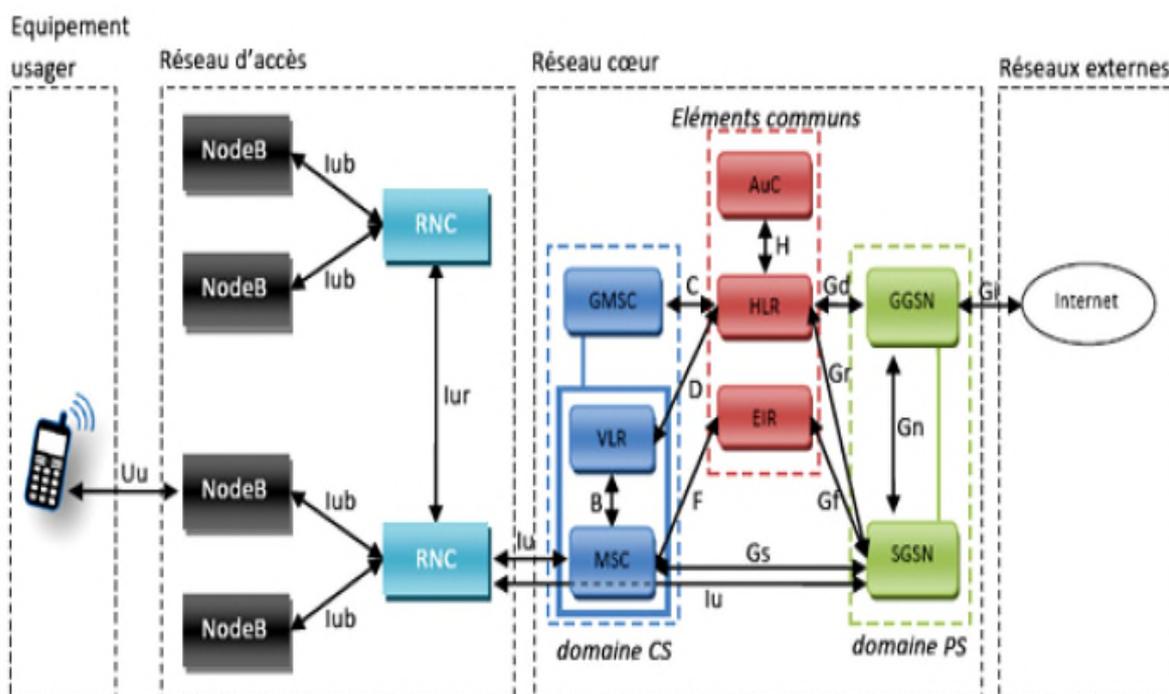


Figure I.3 : Architecture globale du réseau UMTS

I.4.1. Architecture physique :

L'architecture physique du réseau UMTS est semblable à celle des réseaux de seconde génération, cependant les équipements sont répartis en trois groupes distincts mais reliés les uns aux autres par des interfaces de communications. Ces trois groupes sont l'équipement usager, l'UTRAN et le réseau cœur.

I.4.1.1. L'équipement usager (UE : User equipment) :

L'utilisateur UMTS est équipé d'un UE, c'est l'élément qui lui permettra d'accéder au réseau, en utilisant le canal de propagation comme interface.

L'équipement usager est partagé en deux parties :

❖ **L'équipement Mobile (ME : mobile equipment) :**

Le terminal mobile prend en charge la transmission radio de l'information et les procédures associées, ou en d'autres termes c'est l'équipement électronique émetteur/récepteur.

❖ **La carte USIM :**

Le module d'identité universel de l'abonné (USIM pour Universal Subscriber Identity Module) qui contient toutes les données relatives à ce dernier.

Le rôle de l'USIM est semblable à celui de la carte SIM en GSM. Elle enregistre les l'identité 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.

Actuellement la carte USIM est une carte bi mode GSM / UMTS permettant un accès aux deux réseaux par activation / désactivation des modes 2G ou 3G.

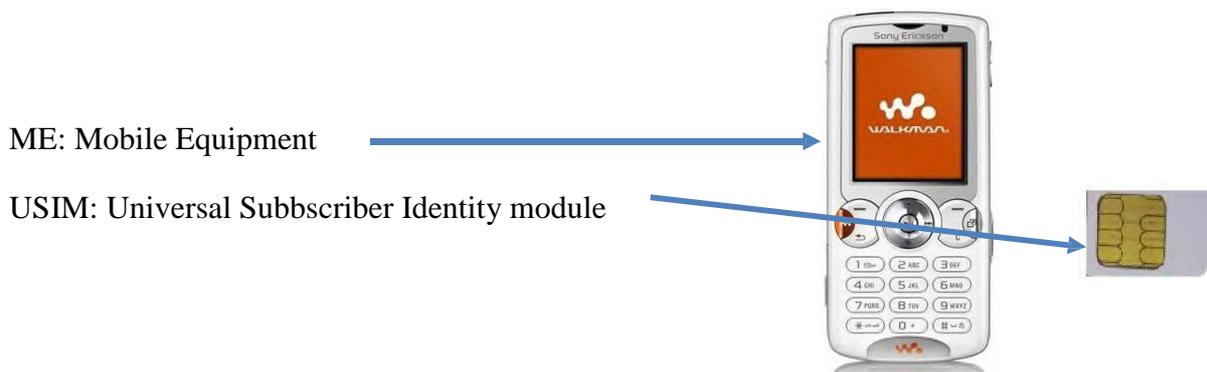


Figure I.4 : L'équipement usager (UE)

I.4.1.2. Le réseau d'accès UTRAN :

Le réseau d'accès UTRAN se charge d'assurer plusieurs fonctionnalités. Son rôle principal est d'assurer le transfert des données usager, c'est en qu'elle que sorte une passerelle entre l'utilisateur et le réseau cœur via les interfaces U_U et I_U . [15].

L'UTRAN est chargé de la gestion des ressources radio, la sécurisation des données usager, ainsi d'assurer la communication pendant la mobilité de l'utilisateur en estimant sa position.

Le réseau d'accès UTRAN est défini d'un ensemble de sous-systèmes réseau radio nommés RNS (Radio Network Subsystem). Chaque RNS possède un RNC (Radio Network Controller) qui contrôle un seul ou plusieurs NODE_b via l'interface I_{ub} , alors que les RNCs sont connectés entre eux via l'interface I_{ur} . [9].

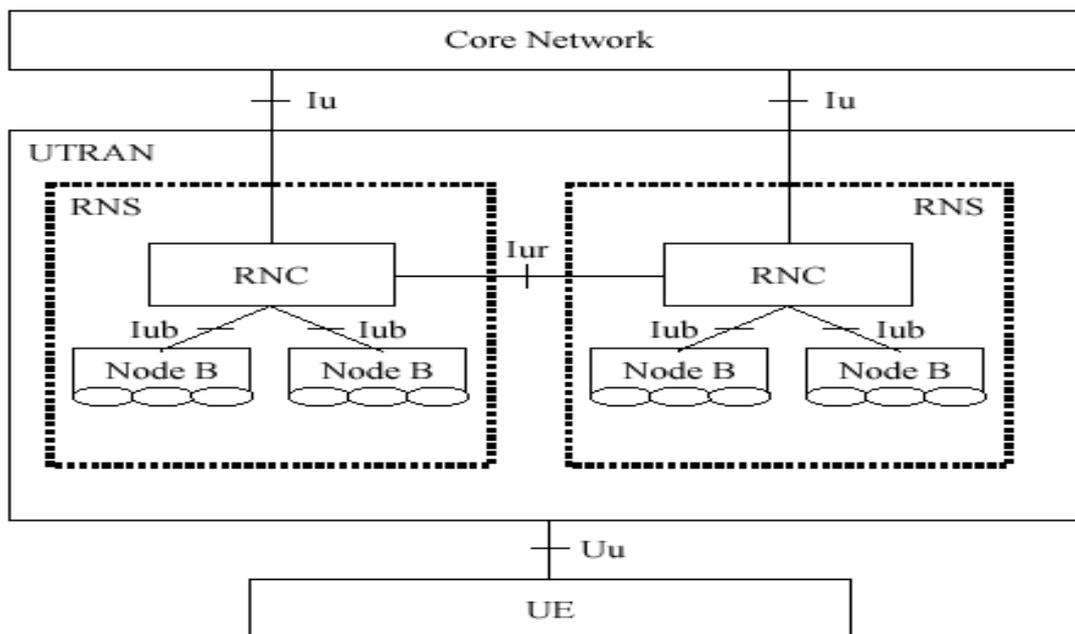


Figure I.5: Architecture du réseau RNS

❖ **Le RNC :**

Le rôle du RNC est le routage des communications entre le NODE-B et le réseau cœur d'une part et le contrôle du NODE-B d'autre part. Le RNC est fonctionnellement assez différent de son homologue GSM, parmi les nouvelles fonctions du RNC on trouve :

- La procédure de relocation ;
- La gestion des liens de macro diversité.

En raison de la présence de l'interface I_{ur} entre les RNC de l'UTRAN on distingue différents types de RNC. [2].

Lorsqu'une communication est établie par un équipement usager, une connexion de type RRC (Radio Resource Control) est établie entre celui-ci et un RNC du réseau d'accès UTRAN. Dans ce cas de figure, le RNC concerné est appelé SRNC (Serving RNC).

Si l'utilisateur se déplace dans le réseau, il est éventuellement amené à changer de cellule en cours de communication. Il est d'ailleurs possible que l'utilisateur change de Node_b vers un Node_b ne dépendant plus de son SRNC. Le RNC en charge de ces cellules distantes est appelé «Controlling RNC». Le RNC distant est appelé « Drift RNC » du point de vue RRC

Le «Drift RNC» a pour fonction de router les données échangées entre le SRNC et l'équipement usager. Si chaque RNC a un rôle bien déterminé de controlling RNC vis-à-vis des équipements NODE-B qui lui sont rattachés, il n'en va pas de même des rôles serving et drift. Ainsi, chaque RNC peut être à la fois drift et serving pour des mobiles différents. [3].

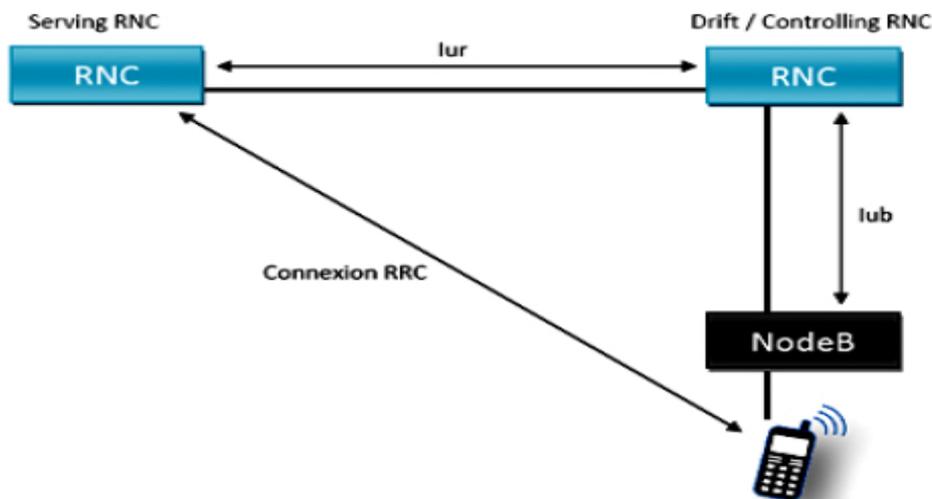
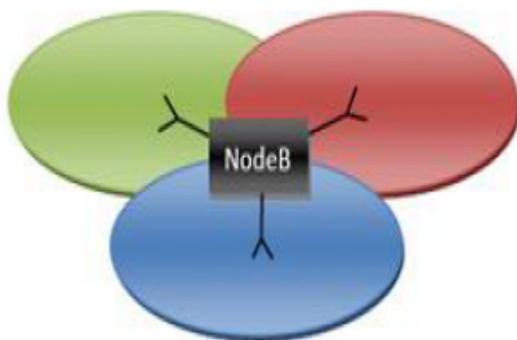


Figure I.6: Les différents RNCs

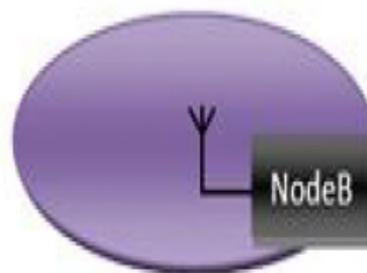
❖ **NODE-b :**

Tout comme le GSM le rôle principal du NODE-b est d'assurer la couverture et les fonctions de transmission/réception des ressources radio d'une ou de plusieurs cellules.

Le NODE-b travaille au niveau de la couche physique du modèle OSI, il assure le codage des canaux, l'étalement du spectre, l'entrelacement, la modulation, le contrôle de puissance, ainsi il est possible de concevoir des NODE-b comportant une ou plusieurs cellules utilisant des antennes omnidirectionnelles ou sectorielles. Vois figure I.7. [3].



Tri sectorielle



omnidirectionnelles

Figure I.7 : Types d'antenne du NODE-b



Figure I.8 : Exemple d'un RNC lié à un NODE-b

I.4.1.3. Le réseau cœur (CN : Core Network) :

Le réseau cœur est la partie du système UMTS chargée de la gestion de l'acheminement des données ou entre autre la gestion des services souscrits par l'abonné. Il permet à celui-ci de communiquer à l'intérieur d'un même réseau de téléphonie mobile et assure au même temps l'interconnexions de ce dernier avec des réseaux externes, fixe (RTCP), mobile (réseau GSM d'un autre opérateur) ou bien un réseau de données (Internet).

Le cœur du réseau UMTS est divisé principalement en trois parties dont deux domaines :

- Le domaine CS (Circuit Switched) utilisé pour la téléphonie
- Le domaine PS (Packet Switched) qui permet la commutation de paquets en autrement dit tout ce qui touche à Internet. [18].
- Les éléments communs aux domaines CS et PS

Ces deux domaines permettent aux équipements usagers de pouvoir effectuer simultanément une communication par paquets et une communication par circuit. La liaison entre le domaine entre le domaine PS et CS s'effectue par les éléments communs. [18].

Le schéma suivant représente l'architecture du réseau cœur de l'UMTS.

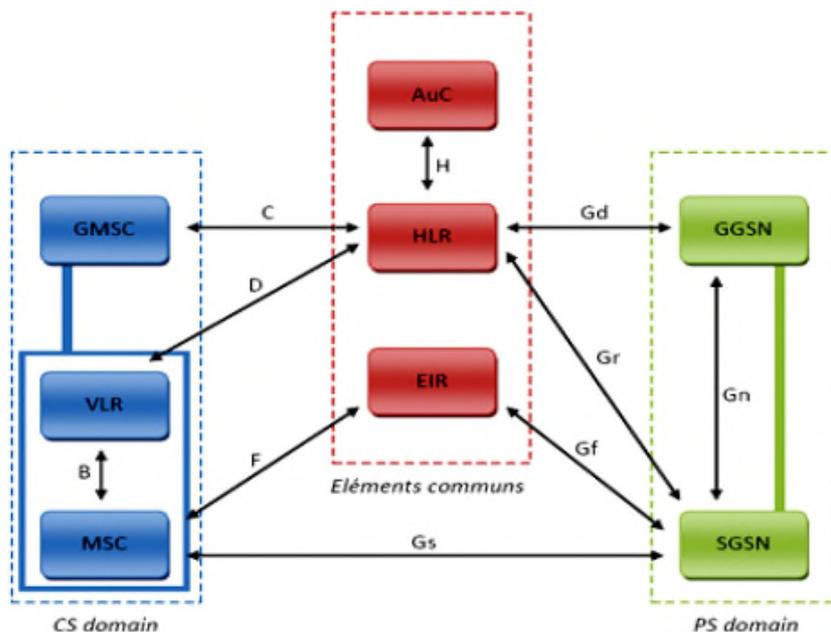


Figure I.9 : Architecture du réseau cœur de l'UMTS

<i>Interface</i>	<i>Extrémités</i>	<i>fonctions</i>
<i>C</i>	GMSC-HLR	Informations sur les abonnés lors d'une communication entrante
<i>D</i>	VLR-HLR	Authentification et mise à jour de localisation
<i>F</i>	MSC-EIR	Vérifier que l'UE n'est pas dans la liste noire
<i>Gf</i>	SGSN-EIR	Vérifier que l'UE n'est pas dans la liste noire
<i>Gr</i>	SGSN-HLR	Authentification et mise à jour de localisation
<i>Gd</i>	GGSN-HLR	Information sur les abonnés lors d'une communication entrante
<i>B</i>	MSC-VLR	Recherche des identificateurs et localisation des abonnés
<i>Gs</i>	MSC-SGSN	Interaction des domaines PS et CS
<i>Gn</i>	GGSN-réseau externe	Routage des paquets vers les réseaux externes

Tableau I.1 : Interfaces du réseau cœur

❖ **Le domaine CS (Circuit switched) :**

Ce domaine assure la connexion à un réseau RNIS (réseau numérique à intégration de service) et le réseau RTC (réseau téléphonique commuté), en d'autre terme il assure la gérance des services en temps réel dédiés aux conversations téléphoniques.

Le domaine CS est composé des éléments suivant :

- Le MSC (Mobile-services Switching Center) est un commutateur de données et de signalisation. Le MSC gère la procédure d'attachement des abonnés, leur authentification, et la mise à jour de leur position dans le réseau et la sécurisation de l'accès au système.
- Le VLR (Visitor Location Register) constitue une base de données reliée à un ou plusieurs MSC. Le VLR garde en mémoire l'identité temporaire de l'équipement usager dans le but d'empêcher l'interception de l'identité d'un abonné. Elle est aussi utilisée pour enregistrer les usagers dans une zone géographique dite LA (Location Area).
- Le GMSC (Gateway MSC) est l'un des MSC du réseau qui est une sorte de passerelle entre le réseau UMTS réseaux externes à commutation de circuits RTC ou RNIS. Si un abonné contacte un autre abonné depuis un réseau extérieur, la communication passe par le GMSC qui consulte le HLR (qui se trouve dans la partie éléments communs du réseau cœur) pour récupérer les informations de l'utilisateur. Pour Ensuite, router la communication vers le MSC auquel dépend l'utilisateur destinataire. [5].

❖ *Le domaine PS :*

À l'opposé du domaine circuit, le domaine paquet permet de gérer les services en temps non réel. Ce qui permet d'avoir un débit du domaine paquet sept fois plus rapide que le mode circuit, environ 2Mbits/s. Ce domaine assure le transfert des paquets vers le réseau IP, il est composé des éléments suivants :

- Le SGSN (Serving GPRS Support Node) joue le rôle d'un MSC/VLR pour le domaine de commutation de paquet. il est en charge d'enregistrer les usagers dans une zone de routage dite RA (Routing Area).
- Le GGSN (Gateway GPRS Support Node) est une passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs tels qu'Internet. [5].

❖ *Les éléments communs :*

C'est un groupe d'éléments partagés par le domaine de commutation de paquet et le domaine de commutation de circuit, ces éléments sont :

- HLR (*Home Location Register*): est une base de données dans laquelle sont stockées les informations relatives à chaque abonné : son identité IMSI (*International Mobile Station Identity*) et son numéro d'appel MSISDN (*Mobile Station International ISDN Number*), ainsi que les informations de l'abonnement.

- EIR (*Equipment Identity Register*) est une base de données contenant la liste des mobiles interdits. Elle permet aussi d'assurer l'authentification de l'abonné et les chiffrements de la communication.
- AuC (*Authentication center*) tout comme le HLR l'AuC est en charge de l'authentification de l'abonné, ainsi que du chiffrement de la communication.

Si une de ces deux fonctions n'est pas respectée, la communication est rejetée. L'AuC se base sur le HLR afin de récupérer les informations relatives à l'utilisateur et pour ainsi créer une clé d'identification. [5].

1.4.2. Architecture en point de vue fonctionnelle :

Au cours de la modélisation du réseau UMTS, un découpage en strates (ou niveaux) a été introduit dans les spécifications du 3GPP. Ce découpage, conforme au modèle en couche OSI est constitué de deux niveaux principaux, appelés AS (*Access Stratum*) et NAS (*Non Access Stratum*). Ce découpage en niveaux sépare les fonctions liées à la technologie d'accès de celles qui ne dépendent pas du monde d'accès. Voir figure I.10.

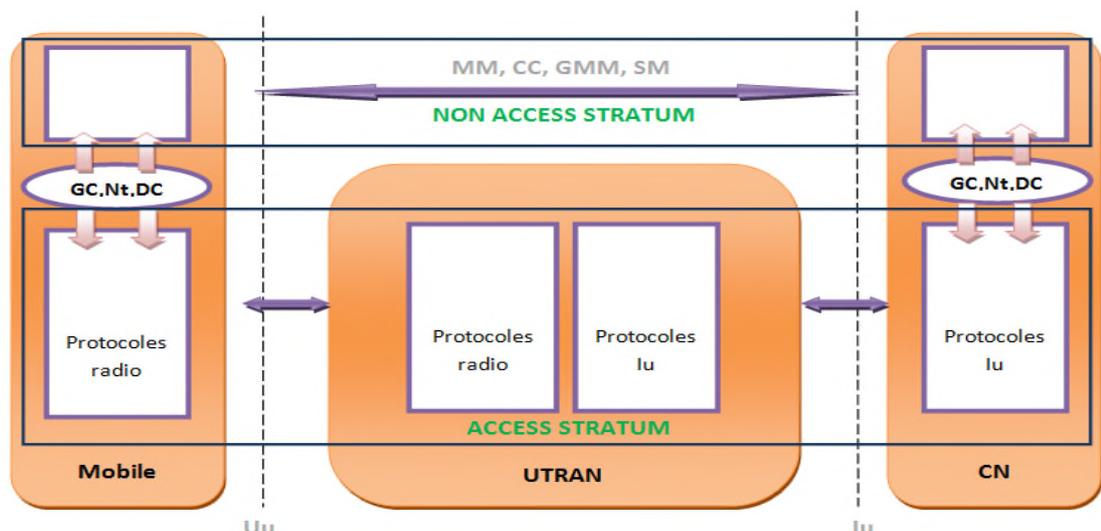


Figure I.10 : Le découpage en strate.

1.4.2.1. Strate d'accès (AS : Access Stratum) :

L'Access Stratum Regroupe toutes les fonctions UMTS liées au réseau d'accès telles que les fonctions de gestion des ressources radio et de handover. A noter que l'UTRAN est inclus dans l'Access stratum. Par ailleurs, l'Access stratum comprend aussi une partie de l'équipement mobile (celle qui gère les protocoles de l'interface radio) ainsi qu'une partie du réseau cœur (correspondant à l'interface Iu). [3].

I.4.2.2. Strate à non accès (NAS : Non Access Stratum) :

Il regroupe l'ensemble de fonctions qui permet l'échange d'information entre le mobile et le réseau cœur, indépendamment du réseau d'accès radio, tel que les fonctions d'établissement d'appel qui correspond aux couches de protocole CC (call control) pour appels circuits et SM (Session Management) pour appels paquets et les fonctions de gestion de mobilité qui correspond aux protocoles MM (Mobility Management) pour appels circuits et GMM (GPRS Mobility Management) pour appels paquet. [3].

Le lien le plus évident entre l'AS et le NAS, est que L'Access stratum agit comme un fournisseur de service vis-à-vis du non Access stratum. Par exemple, lors de l'établissement d'une communication, l'Access stratum est chargé, sur demande du non Access stratum, d'établir les connexions de signalisation et les canaux de transmission dans le réseau d'accès, en fonction du type d'appel et des attributs de qualité de service négociés au niveau du non Access stratum entre le mobile et le réseau. [1].

Un certain nombre de liens, les SAP (Services Access Point), ont été définis entre les couches NAS et AS, dans le terminal et dans le réseau cœur.

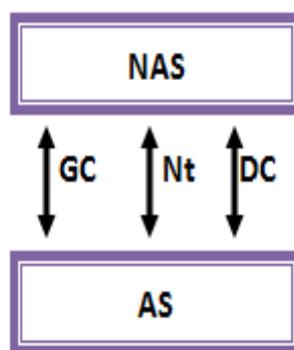


Figure I.11: Point d'accès entre le NAS et l'AS

Ces SAP permettent de cataloguer les liens qui relient le NAS et l'AS, tous suivant la nature du service offert ou demandé. Ces points d'accès sont au nombre de trois: GC (General CONTROL), NT (Notification) et DC (Dedicated CONTROL). [1].

I.5. LE DUPLEX

Dans la norme UMTS, on distingue deux voies de communication entre l'Equipment Usager et la station de base ou bien le Nœud B :

- la voie montante ou UL (UpLink), où l'UE transmet vers la station de base ;
- la voie descendante ou DL (DownLink), où la station de base transmet vers l'UE.

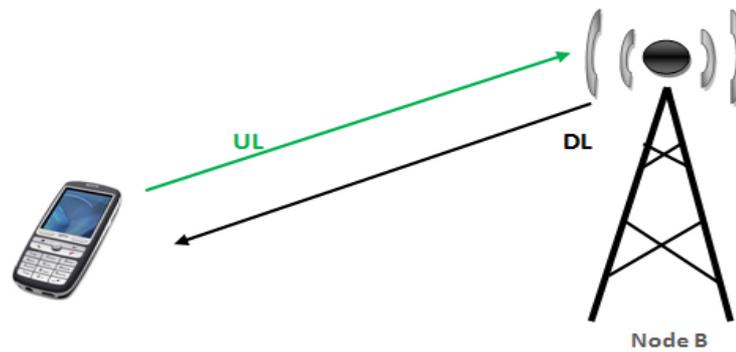


Figure I.12 : UL (Uplink) et DL (Downlink).

La norme UMTS propose deux techniques pour la gestion de ces deux à savoir : le duplex fréquentiel TDD (Time Division Duplex), et le duplex temporel FDD (Frequency Division Duplex). [18].

- Dans le duplex fréquentiel FDD, les voies montantes et descendantes opèrent sur des fréquences différentes. Dans ce mode il est possible d'émettre et de recevoir des données au même temps, cependant la mise en place d'un tel mode nécessite que la bande allouée soit divisée en deux sous-bandes, une pour UpLink et l'autre pour le Downlink. voir figure I.13

Le duplex FDD en UMTS utilise une bande passante de 5 Mhz pour la voie descendante, et une bande passante de 5 Mhz pour la voie montante. Le débit maximal supporté par un seul code est de 384 kbit/s. Afin de pouvoir supporter un débit de 2 Mbit/s, plusieurs codes sont nécessaires.

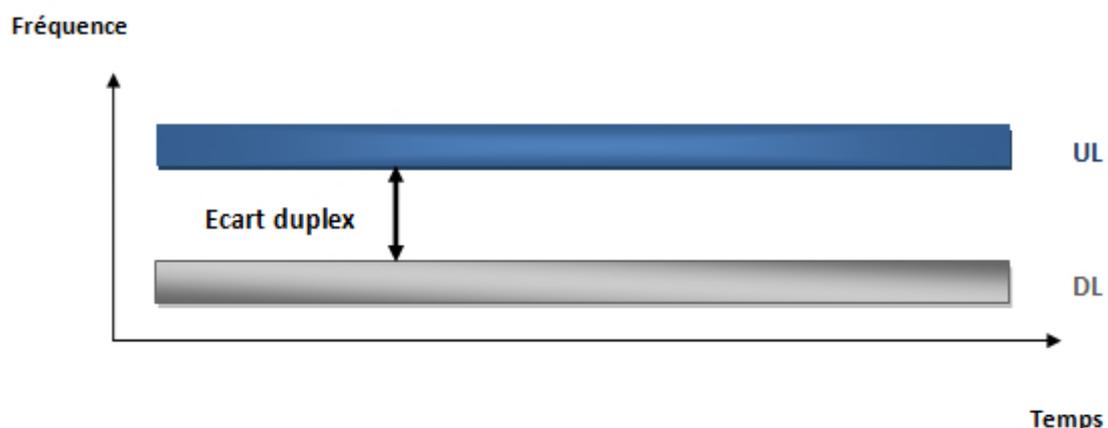


Figure I.13 : Duplex FDD

À noter qu'entre les deux sous-bandes, il y a un écart qu'on appelle l'écart duplex.

- Quant au duplex TDD, une seule et unique fréquence est utilisée alternativement par les deux voies montante et descendante. Voir figure I.14.

Dans ce type de mode, l'émission et la réception se font à la même fréquence certes mais jamais au même temps, ce qui veut dire que le mobile émet pendant un temps T1, puis le Node_b émet pendant un autre temps T2. [3].

Le duplex TDD en UMTS n'utilise qu'une seule bande passante de 5 Mhz divisée en portions de temps (time slot) utilisables aussi bien pour la voie montante que pour la voie descendante. Cela permet d'obtenir une large gamme de débits de services en allouant plusieurs codes ou plusieurs intervalles de temps à un utilisateur. [5].

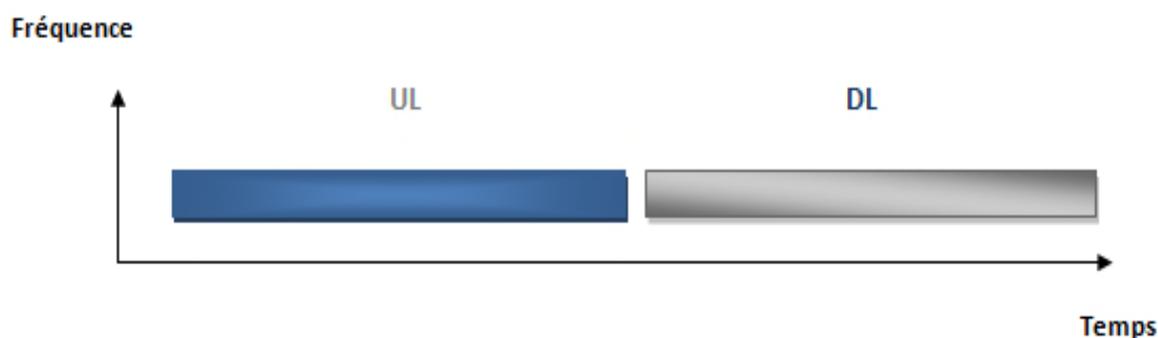


Figure I.14 : Duplex TDD

I.6. ORGANISATION TEMPORELLE

L'organisation temporelle du système UMTS est principalement basée sur une trame de 720 ms dite super trame, composée elle-même de 72 trames d'une durée de 10 ms et chaque trame est divisée en 15 slots de 667 μ s. comme on peut le voir dans la figure suivante :

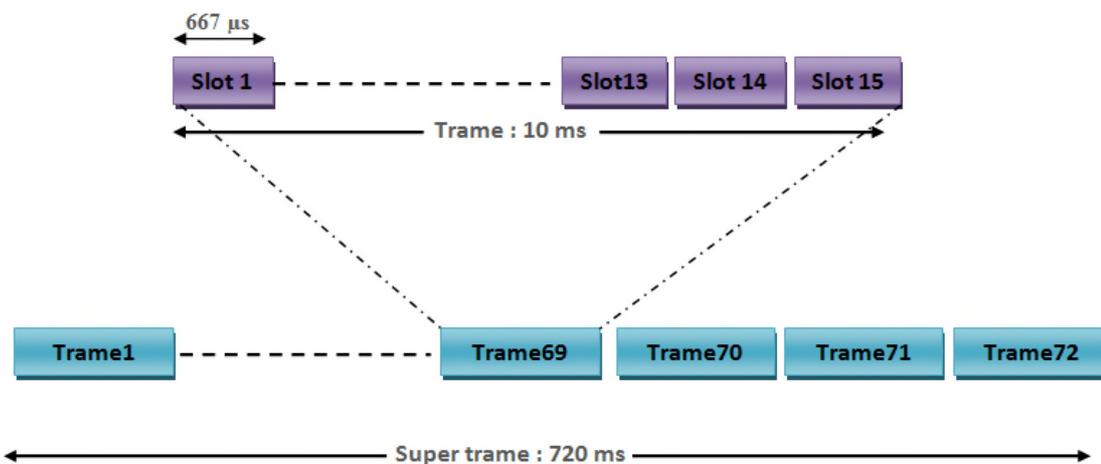


Figure I.15 : Organisation Temporelle de la norme UMTS.

I.7. METHODE D'ACCES RADIO : WCDMA

Comme on l'a cité au paravent, Le système UMTS a été conçu pour les communications multimédia et les informations exploitées par l'utilisateur peuvent atteindre 2 Mbit/s, au lieu d'un débit beaucoup plus inférieur dans les systèmes précédents. Cependant pour atteindre ces résultats il a fallu que la norme UMTS ait adopté un système CDMA nouveau, appelé W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access Evaluation*), ou bien le Multiplexage par code large bande. Afin de comprendre les concepts du W-CDMA, il est important de comprendre la technique du CDMA. [4].

I.7.1. Le CDMA :

Le CDMA ou Accès Multiple par Répartition de Code (AMRC) permet l'allocation de la totalité de la bande de fréquences à chaque utilisateur souhaitant s'y connecter, de manière simultanée à tous les utilisateurs d'une même cellule. Pour cela, chaque utilisateur se voit attribuer un code binaire spécifique, pour la durée de communication. Comme on peut le voir dans la prochaine figure I.16. [10].

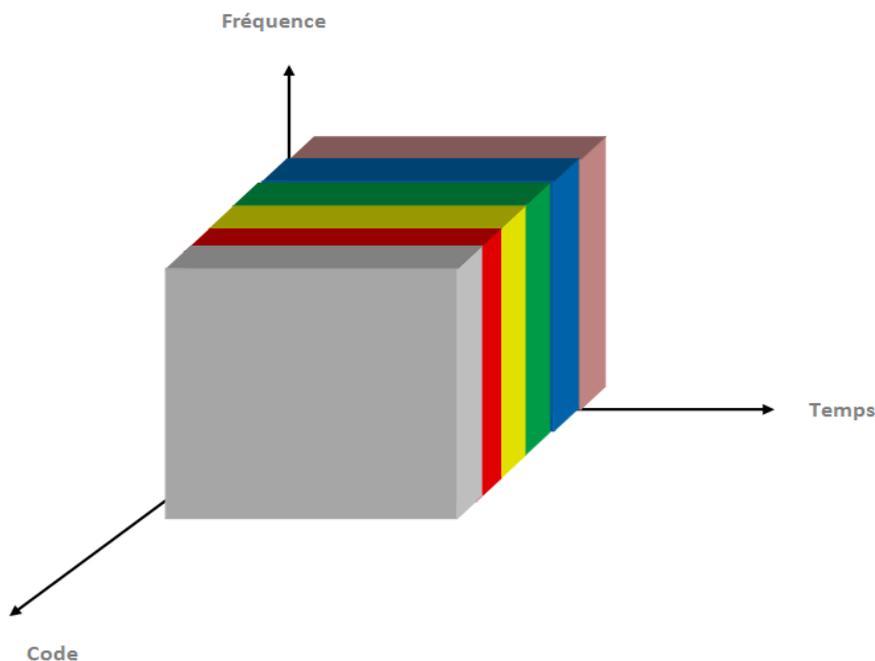


Figure I.16 : Technique d'accès multiple à répartition en code (CDMA).

I.7.2 Codes utilisés :

Ces codes sont dotés de propriétés de corrélation particulières sur lesquelles repose toute une théorie mathématique au service des télécommunications. Les codes d'étalement utilisés dans l'UTRAN sont deux types : les codes orthogonaux et les codes de brouillage. [10].

1.7.2.1. Codes orthogonaux :

Chaque utilisateur possède un code, ce qui veut dire qu'il est nécessaire de n'avoir aucune interférence entre ceux-ci. Pour cela, nous utilisons des codes orthogonaux dits codes OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor Code), ces derniers sont caractérisés par leurs orthogonalités permettant de séparer les signaux transmis utiles en WCDMA. Les codes OVSF sont attribués aux utilisateurs en fonction des débits que leurs alloue le réseau ou l'opérateur, pour cela les codes long sont attribués aux usagers qui n'ont pas besoin d'un grand débit, alors que les codes courts sont alloués aux utilisateurs ayant besoin d'un débit considérable.

Ces codes sont définis par un arbre OVSF où chaque nœud possède deux fils. Les codes des deux fils sont issus du code de leur père commun, c'est-à-dire que leur code est composé par le code du père et de son complémentaire. L'arbre des codes OVSF ainsi créé peut être représenté sous la forme de la matrice d'Hadamard. [4].

$$H_{2n} = \begin{pmatrix} H_n & H_n \\ H_n & -H_n \end{pmatrix} \quad (1)$$

Une ligne de la matrice d'Hadamard représentée ci-dessus est appelée code de Walsh d'après les deux propriétés suivantes :

- ✓ Les matrices d'Hadamard sont des puissances de deux ;
- ✓ La matrice d'Hadamard est symétrique et la $n^{\text{ème}}$ ligne et la $n^{\text{ème}}$ colonne sont identiques.

A noter aussi que chaque ligne de la matrice est appelée code de Walsh, ces codes sont orthogonaux c'est-à-dire que le produit scalaire entre deux lignes de la matrice est nul. L'arbre ci-dessous, 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 du facteur d'étalement SF peut être égal à l'un de ces sept valeurs : 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256. [18].

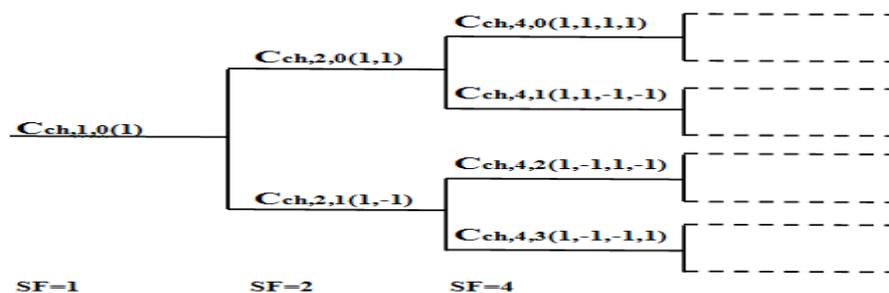


Figure 1.17 : Arbre des codes OVSF

Dans un tel arbre, il n'est pas 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. [18].

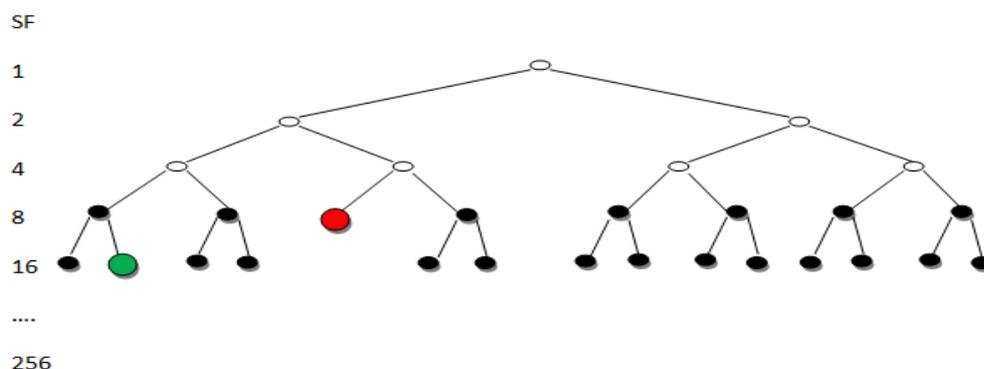


Figure I.18 : Utilisation des codes OVSF

I.7.2.2. Codes d'embrouillage :

Comme les codes OVSF sont limités du fait de la difficulté liée à la non-synchronisation des mobiles (Uplink), et aussi l'absence des séquences pseudo-aléatoires donc pas forcément d'étalement de spectre. La solution n'est autre que l'utilisation d'un 2^{ème} type de code appelé code d'embrouillage. L'embrouillage ou (scrambling), réalisé par l'émetteur, permet d'une part de séparer les différents signaux d'une même station de base (Node_b) ou d'un même terminal sans modifier ni le débit, ni la bande passante, et d'autre part de combattre les trajets multiples. Cela permet d'étaler un signal par plusieurs émetteurs avec le même code d'étalement (voir figure I.19) sans compromettre la détection des signaux par le récepteur. Il existe un arbre de codes d'étalement pour chaque code de scrambling, ce qui permet aux émetteurs d'utiliser leurs arbres de codes indépendamment. [18].

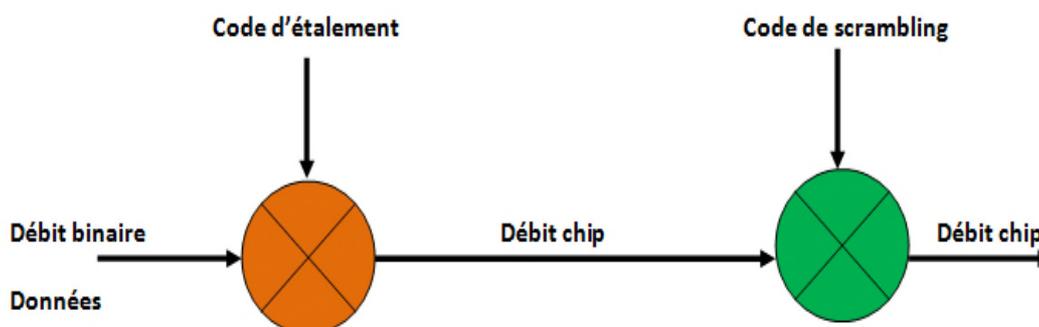


Figure I.19 : Mécanisme de scrambling

1.7.3. Principe de l'étalement de spectre :

L'étalement de spectre est réalisé selon un procédé 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.

Le résultat est une séquence du code (constituée de "L" éléments appelés "chips"). Cette dernière est propre à l'utilisateur, et constitue la clé de codage. Cette même clé 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/L secondes. A noter que le nouveau signal modulé a un débit L fois plus grand que le signal initialement envoyé par l'utilisateur et utilisera donc une bande de fréquences L fois plus étendue.

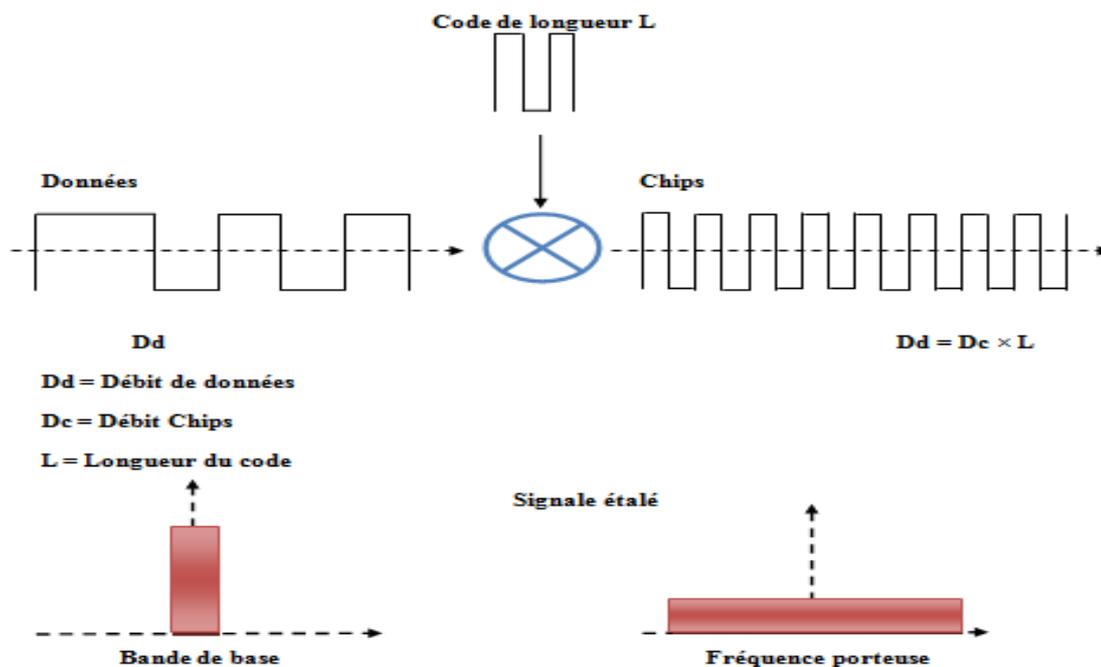


Figure 1.20: Principe de l'étalement de spectre

Afin de pouvoir lire le message envoyé, le récepteur doit réaliser la même opération dite procédure de désétalement. En effet, le récepteur génère la même séquence d'étalement qu'il multiplie au signal reçu (signal étalé) ce qui permet de retrouver le signal initial.

1.8. CONTROLE DE PUISSANCE

Le contrôle de puissance est la technique la plus importante en WCDMA surtout sur le lien montant car plusieurs utilisateurs utilisent la même fréquence en même temps. Il y a une

grande possibilité d'interférence entre les utilisateurs.

Dans le cas où nous n'avons pas de contrôle de puissance, un utilisateur qui se trouve au bord de la cellule peut être perturbé par l'affaiblissement de parcours plus qu'un autre utilisateur qui se trouve près du NODE -b. L'utilisateur qui se trouve près du NODE-b peut bloquer une grande partie du signal émis par le NODE-b c'est ce qu'on appelle *near-far problem*. Dans le but d'avoir un bon niveau de capacité dans le réseau, les signaux reçus par les UEs, qu'ils soient près ou loin du NODE-b, doivent être à puissance égale.

Nous avons besoin du contrôle de puissance pour minimiser le niveau d'interférence et fournir à l'utilisateur la qualité de service demandée. Il existe trois types de contrôle de puissance La figure suivante les illustre: [10].

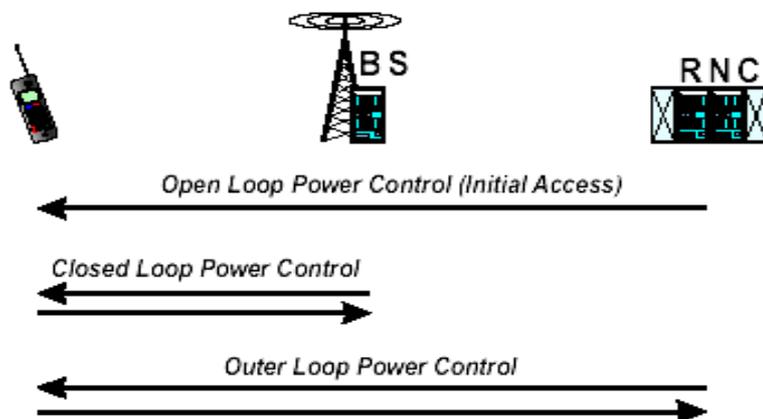


Figure I.21 : Types de contrôle de puissance.

1.8.1. Contrôle de puissance open-Loop (Slow) :

Défini seulement pour le lien montant, le contrôle de puissance Open-Loop est utilisé pour initialiser le niveau de puissance au début de la communication. Le UE estime la puissance minimale nécessaire pour la transmission en calculant l'affaiblissement de parcours en se référant à la puissance du signal reçu et l'utilise pour envoyer une demande d'accès au Node_b. S'il ne reçoit pas de réponse de la part du Node_b il fait une autre demande d'accès en utilisant une puissance un peu plus élevée. [10].

1.8.2. Contrôle de puissance inner-Loop (Fast) :

Il est applicable seulement sur les connexions des canaux dédiés. Le Node_b mesure le E_b/N_0 reçu sur le lien montant et le compare par rapport au E_b/N_0 cible qui dépend de la nature de la communication en cours. S'il est supérieur à ce dernier il demande au UE de baisser sa puissance d'émission et vice versa. Ce principe est aussi utilisé dans le sens descendant, bien

que, dans ce cas, la raison en soit différente. Dans ce sens, les signaux proviennent du Node_b. Il est souhaitable, afin de minimiser les interférences intercellulaires, que la puissance destinée aux terminaux mobiles qui se trouvent en bordure de cellule soit la plus faible possible tout en garantissant une bonne qualité de réception. [3].

1.8.3. Contrôle de puissance outer-Loop :

Il est utilisé pour ajuster l'E_b/N₀ seuil suite au changement du BLER (Block Error Rate) après codage. Si le BLER augmente, alors nous augmentons l'E_b/N₀ seuil pour pouvoir le diminuer. Il est appliqué seulement sur les canaux dédiés pour le lien montant seulement. [10].

1.9. LE HANDOVER DANS LE RESEAU UMTS

Le Handover ou transfert intercellulaire désigne l'ensemble des opérations mises en œuvre pour permettre qu'un téléphone mobile change de cellule radio sans interruption de la conversation ou du transfert des données. En effet lorsque le signal de transmission entre un téléphone et une station de base ou (Node_b) s'affaiblit, le logiciel du téléphone mobile cherche une autre station de base disponible dans une autre cellule, qui soit capable d'assurer à nouveau la communication dans les meilleures conditions. Chacun des acteurs (mobile et réseau) devra faire sa part de travail.

Le Mobile :

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

Le réseau :

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

Dans un système W-CDMA, on distingue le cas où le mobile reste dans la zone couverte par une station de base en changeant juste de secteur (softer handover) et le cas où il change de station de base (soft handover), Il existe plusieurs sortes de handovers :

- Softer handover : lorsqu'un appareil mobile se trouve dans une zone commune de deux secteurs couverts par la même station de base.
- 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.

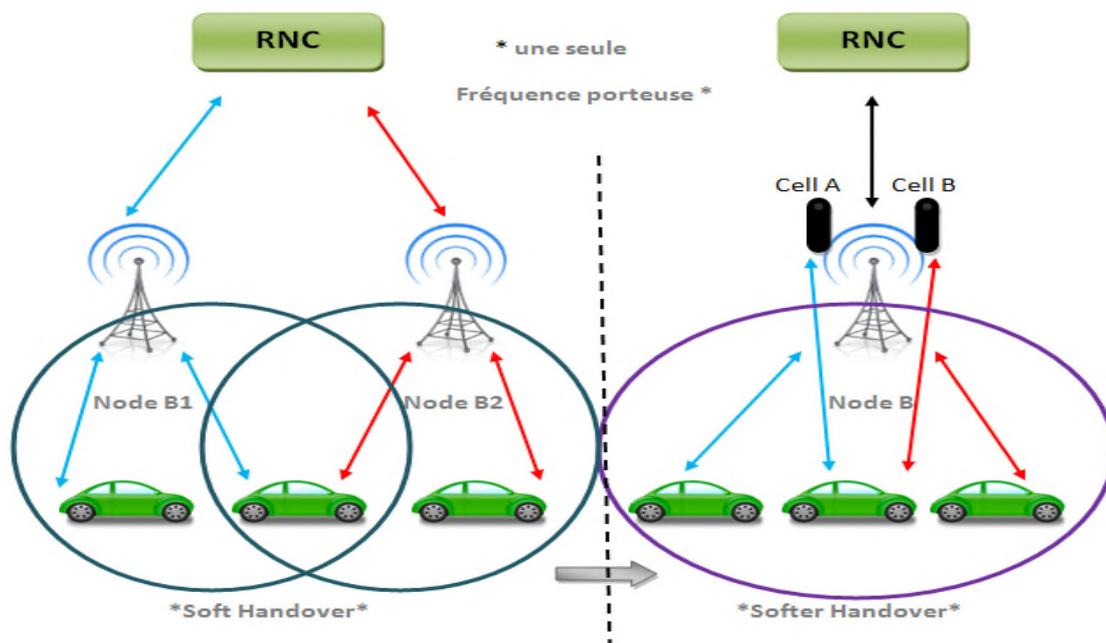


Figure I.22 : Soft et softer Handover

En premier (Softer Handover) cette figure I.22 montre que le mobile étant en communication avec une unique station de base, il utilise simultanément deux canaux radio. Dans le sens descendant en d'autres termes, deux codes d'étalement sont activés pour que le mobile distingue les signaux issus des deux secteurs. Dans le sens montant, les signaux émis par le mobile sont reçus par les deux secteurs de la station de base et dirigés vers le même récepteur. Ils sont donc combinés au niveau de la station de base.

En second lieu (Soft Handover) la figure montre aussi que le mobile est cette fois-ci dans la zone de couverture qui est commune à deux stations de base. Les communications utilisent donc deux canaux différents, un pour chacune des deux stations. Du côté de l'équipement usager, il n'y a pas de différence avec un softer Handover. Dans le sens montant, cependant, les données reçues sont combinées au niveau du contrôleur de réseau radio (RNC qui d'ailleurs sera détaillé dans le second chapitre) et non de la station de base.

(affaiblissement de parcours) inversement proportionnel à (d : distance) ; ou à court terme caractérisé par des variations rapides de la puissance dues en général aux trajets multiples.

- La réflexion : lorsque l'onde rencontre un obstacle dont la dimension est plus grande que la longueur d'onde, elle est déviée suivant les lois de l'optique géométrique. Le réflecteur peut être le sol, les bâtiments, les véhicules ... etc. ;
- La réfraction : la variation progressive de l'indice de réfraction du milieu de propagation (ce qui est le cas de la troposphère) provoque une courbure de la trajectoire suivie par l'onde électromagnétique ;
- L'absorption : les particules de gaz atmosphériques et les hydrométéores absorbent une partie de l'énergie de l'onde. Mais les fréquences les plus concernées sont supérieures à celles utilisées en radiocommunication mobile.
- La diffraction et la diffusion : si l'onde rencontre un obstacle aux dimensions comparables ou inférieures à sa longueur d'onde, elle est réfléchiée dans plusieurs directions (diffusée). Ce dernier mécanisme apporte une atténuation importante par rapport à un calcul en espace libre.

1.10.2. Effets des trajets multiples et ces conséquences :

Cet effet est provoqué par la diffraction et par la réflexion multiple. En plus du trajet direct entre l'émetteur et le récepteur, plusieurs autres trajets peuvent apparaître. Une communication peut, ainsi, être possible même si l'émetteur et le récepteur ne sont pas en visibilité directe, et une certaine continuité de la couverture radio est obtenue.

Cependant, en plus de cet effet positif, ce phénomène apporte des effets négatifs :

- Dispersion des retards : les différents trajets ayant des longueurs différentes, ont des délais de propagation légèrement différents. Le signal est, donc, étalé et déformé et une interférence inter symbole apparaît, surtout avec le débit chip élevé de l'UMTS. Les différentes versions du signal qui parviennent au récepteur se superposent d'une manière constructive (addition des puissances) ou destructive (cas le plus courant). Elles arrivent suivant une distribution de Rayleigh, c'est pourquoi l'évanouissement qui en résulte est dit de Rayleigh.
- Effet Doppler : la vitesse de l'UE par rapport au NODE-B provoque une distorsion de la fréquence porteuse du signal transmis. Le décalage introduit est fonction de la fréquence, de la vitesse et de la direction du déplacement.

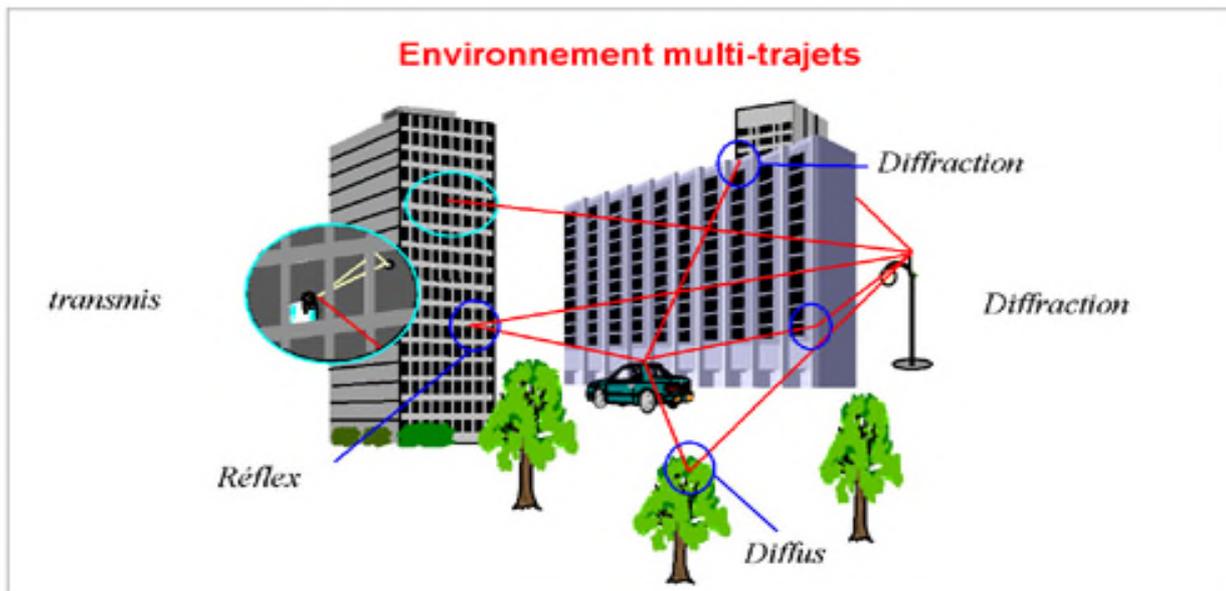


Figure I.24 : Les trajets multiples

I.11. L'EVOLUTION DE L'UMTS

I.11.1. La technologie HSDPA :

Le HSDPA a été proposé dans la version 5, appelée 3,5G ou encore 3G+ (Dénomination commerciale). Elle annonce des débits pouvant atteindre au-delà de 10 Mbps pour le Down Link qui permet d'accroître les taux de transfert de données et augmente la capacité des réseaux 3G. Il offre des performances dix fois supérieures à l'UMTS. En revanche, l'inconvénient de l'évolution HSDPA est le débit montant Up Link qui reste inchangé 384 Kbit/s. [12].

L'évolution de cette nouvelle norme se présente comme suit:

- Raccourcissement du TTI (Transmission Time Interval) de 10 ms à 2 ms ;
- Utilisation d'un type de modulation 16QAM ;
- Répétition du message (retransmission) avec codage modifié.

Avec l'apparition du HSUPA le problème de la liaison montante est résolu.

I.11.2. La technologie HSUPA :

La technologie HSUPA suit HSDPA, elle permet de transférer des contenus multimédias volumineux. IL porte le débit montant à 5,8 Mbit/s et offert une voie montante qui assure un transfert plus rapide et plus efficace. Il est caractérisé par :

- La technique de retransmission HARQ ;
- Allocation des ressources par le Node_b.

Au niveau des interfaces radio, HSUPA n'utilise pas de canal partagé les ressources de codes et de puissance sont gérées de manière ce qui autorise une transmission haut-débit. [12].

1.11.3. La technologie HSPA+ :

L'évolution se succède jusqu'à la combinaison de la technologie HSDPA et HSUPA pour permettre l'apparition HSPA (**H**igh **S**peed **P**acket **A**ccess +).

Cependant, l'évolution de 'UMTS n'a pas atteint sa fin pour enfin arriver à un débit de 21 Mbit/s avec le HSPA+ connu par 3GPP version 7 et 8. Il permet de :

- Diminuer le temps d'échange des messages entre le RNC et le Node_b ;
- Réduire les coûts de déploiement en réduisant le nombre d'éléments ;
- Maximiser le taux de transmission de données en ajustant la modulation et le codage ;
- Intégrer des femtocells facilement ;
- Améliorer l'efficacité spectrale et le taux maximum de latence [12].

1.12. CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons introduit le réseau UMTS, avec une description des constituants du réseau cœur, du réseau d'accès UTRAN et des deux domaines de commutation circuit CS et paquet PS. Nous avons aussi abordé le duplex (TDD et FDD) ainsi que l'organisation temporelle, le multiplexage par code large bande et enfin les différents mécanismes de transfert intercellulaire si fondamental dans les communications mobiles cellulaires UMTS.

II

CHAPITRE II : DESCRIPTION DE L'INTERFACE RADIO UTRAN

CHAPITRE II : DESCRIPTION DE L'INTERFACE RADIO UTRAN

II.1. INTRODUCTION :

Le réseau d'accès UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) est doté de plusieurs fonctionnalités. Sa fonction principale est de transférer les données générées par l'utilisateur. Il est en quelque sorte une passerelle entre l'équipement utilisateur et le réseau cœur (Core Network) via les interfaces Uu et Iu.

Dans ce chapitre, nous présentons de manière générale ce réseau d'accès ainsi que les mécanismes qui y ont un impact direct sur le transport des flux.

II.2. ARCHITECTURE EN COUCHE

Les protocoles de l'interface radio s'appliquent aux trois premières couches du modèle OSI comme le montre la figure suivante.

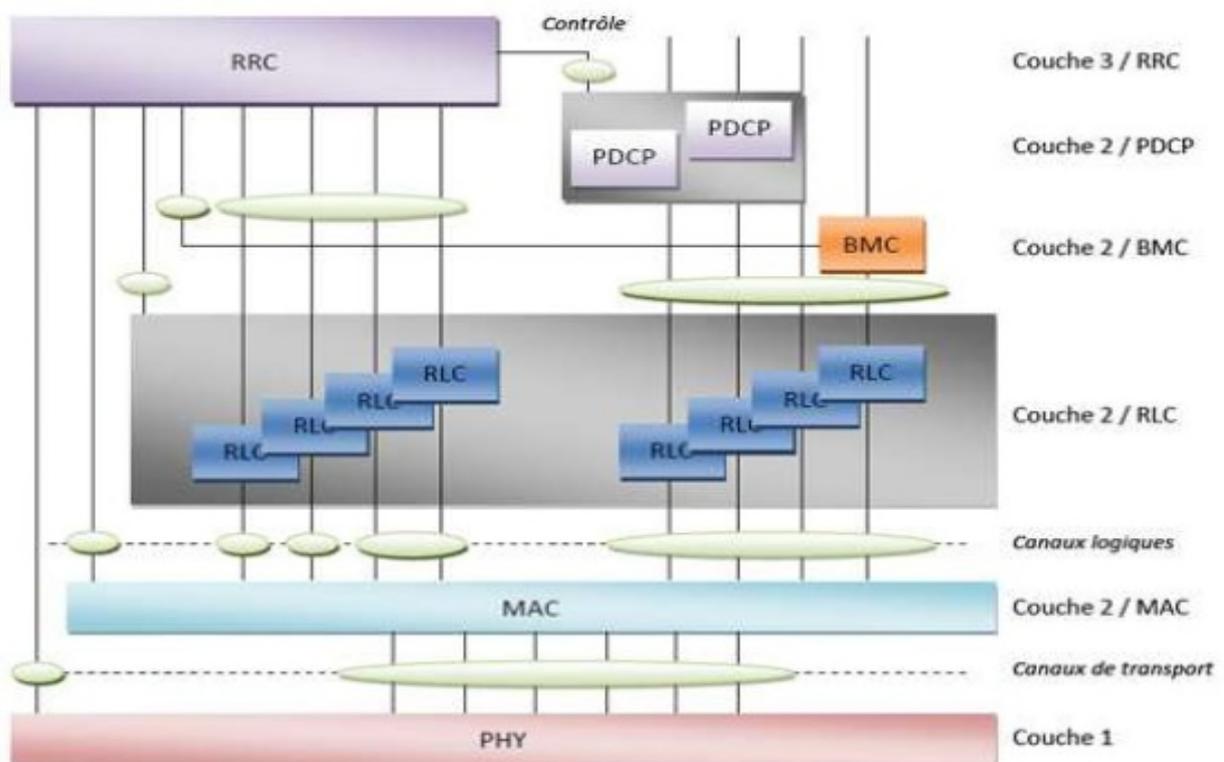


Figure II.1: Architecture en couche du réseau UTRAN

II.2.1. La couche 1 :

Elle représente la couche physique de l'interface radio, et assure les fonctions de codage canal, d'entrelacement, de modulation, de correction d'erreur dans les canaux de transport, que prélèvement des mesures radio. [9].

II.2.2. La couche 2 :

Elle est répartie en plusieurs sous couches :

II.2.2.1. La sous couche MAC (Medium Access Control) :

Elle a pour rôle principale le multiplexage des données sur les canaux de transports radio en particulier :

- Le multiplexage de différentes données d'un même utilisateur sur un canal de transport unique.
- Le multiplexage de données d'utilisateurs différents sur un canal de transport commun.

Elle assure aussi le multiplexage des canaux logiques et la gestion des canaux de diffusion et de paging. [3].

II.2.2.2. La sous couche RLC (Radio Link Control) :

Elle fournit le service de transfert des unités de données de couches supérieures. [9].

II.2.2.3. La sous couche BMC (Broadcast/multicast control) :

Cette couche assure du côté de l'UTRAN le service de diffusion de messages utilisateurs sur l'interface radio. Du côté du mobile, elle assure la livraison des messages diffusés à l'utilisateur.

II.2.2.4. La sous couche PDCP (Packet Data Convergence Protocole) :

Elle assure deux fonctions majeures. La première consiste à assurer l'indépendance des protocoles radio de l'UTRAN, la seconde est de supporter les algorithmes de compression des données. [3].

II.2.3. La couche 3 :

C'est la couche RRC pour (Radio Ressource Control), qui est la tour de contrôle de l'interface radio, elle gère la signalisation entre l'UTRAN et les mobiles. [9].

Cette couche assure les fonctions suivantes :

- La gestion de la connexion RRC.
- La gestion des états de services de RRC.
- La gestion des Handovers.
- Le contrôle des mesures.
- Sélection et mémorisation de cellule.

La figure II.2 montre une interaction entre les couches, c'est-à-dire présence d'un certain nombre de lien de contrôle. En fait, ces liens sont mis en œuvre pour l'échange d'information et la configuration d'une couche par une autre.

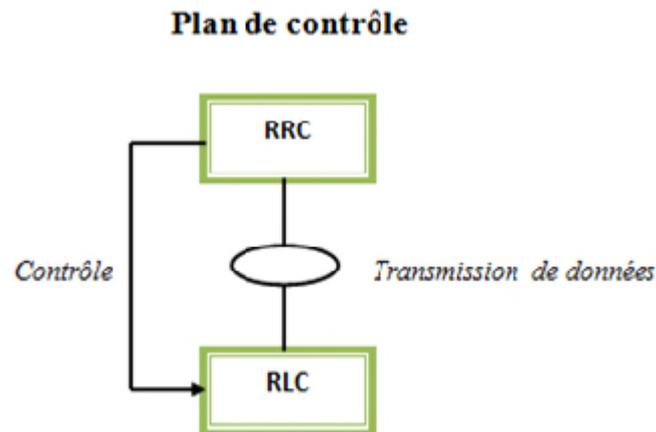


Figure II.2 : Exemple d'interaction entre couche protocolaire.

II.3. Plan de contrôle et plan usager :

La complexité de l'architecture en couche du réseau d'accès du point de vue protocolaires (protocole d'échange des données utilisateurs et les protocoles de signalisation), exige une séparation des flux de données qui transite par l'interface radio en deux plans (voir la figure II.3) ;

II.3.1. Le plan usager :

Les flux de données utilisateurs (voix, vidéo, données) font partie du plan usager, en d'autres termes les données qui sont échangées au niveau « non Access Stratum » du réseau appartiennent au plan usager. [17].

L'UTRAN est transparent au plan usager du fait que les données du plan usager ne sont pas interprétées par ce dernier, de sorte que l'UTRAN joue le rôle d'une couche de transport vis-à-vis des données du plan usager. [9].

II.3.2. Plan de contrôle :

Le réseau de transport sert aussi à échanger de la signalisation UMTS, du Handover, mise à jour de localisation, établissement d'appel et d'autres services. Ces échanges font partie du plan de contrôle pour le réseau UMTS. D'une autre manière, le plan de contrôle est utilisé pour assurer l'ensemble de la signalisation entre le mobile et le réseau, au travers du protocole RRC qui sera développé plus loin quand va définir par la suite. [9].

Cette signalisation est composée de deux sous-ensembles :

- Signalisation Access stratum ;
- Signalisation non Access stratum.

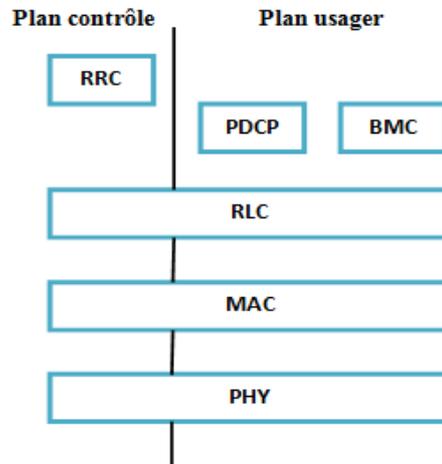


Figure II.3 : Plan de contrôle et plan usager

II.4. Les canaux :

La norme UMTS contient une grande variété de canaux de communication. Ces canaux ont été créés pour assurer l'indépendance entre les niveaux fonctionnels de l'interface radio. On distingue trois classes : les canaux logiques, les canaux de transport et les canaux physiques.

II.4.1. Les canaux logiques :

Ils font référence aux différentes données véhiculées par les protocoles radio de l'UTRAN, surtout celles concernant la couche MAC. Ces canaux se divisent en deux :

- Les canaux logiques de contrôle utilisés pour le transfert des informations dans le plan de contrôle.
- Les canaux logiques de trafic utilisés pour le transfert des informations dans le plan usager.

II.4.1.1. Les canaux logiques de contrôle :

BCCH (Broadcast Control Channel) est utilisé pour la diffusion permanente d'informations de contrôle aux mobiles en veille les informations leur permettant d'accéder au réseau. (Utiliser en uplink et down link)

PCCH (Paging Control Channel) est employé pour l'envoi des messages de paging aux mobiles. (Utilisé en down Link).

CCCH (Common Control Channel) est utilisé pour l'envoi ou la réception d'information de contrôle à des mobiles non encore connectés au réseau. (Utiliser dans le down link et l'uplink).

DCCH (Dedicated Control Channel) sa fonction est d'envoyer et de recevoir des informations de contrôle à des mobile connectés au réseau, ainsi dans ce canal transite la signalisation de l'UTRAN (la couche RRC). (Utilisé en UL et DL).

II.4.1.2. Les canaux logiques de trafic :

DTCH (Dedicated Trafic Channel) employé pour l'échange de données usager avec un mobile connecté au réseau. (Utilisé en UL et DL).

CTCH (Common Trafic Channel) est un canal unidirectionnel (DL) utilisé pour l'envoi de données usager en mode de diffusion c'est-à-dire l'envoi de données usager a un ensemble de mobile.

II.4.2. Les canaux de transport :

Les différentes données issues des couches hautes sont véhiculées dans l'interface air via des canaux de transport. La notion d'un canal de transport est liée surtout à la façon avec laquelle les données sont regroupées et transportées dans les canaux physique, ainsi à chaque canal de transport, l'UTRAN associe une liste d'attributs appelées TFS (Transport Format Set), destinée à représenter le format et la manière dont les données sont transmises sur l'interface radio.

Le TFS est une liste de différents TF (Transport Formats) utiliser par l'UTRAN pour choisir à chaque instant le format le mieux adapté, pour une bonne utilisation des ressources radio. Les TF ce divise en deux partie la partie statique et la partie dynamique spécifique à chaque format. (Voir Tableau II.1)

Partie dynamique	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Transport bloc size, qui correspond à la taille des blocs de données</i> • <i>Transport block set size</i>

Partie statique	<ul style="list-style-type: none"> • <i>TTI (Transmission Time Intervalle) : représente la durée d'émission d'un groupe de bloc.</i> • <i>Type de codage canal.</i> • <i>La taille du CRC (bits ajouté pour la détection des erreur de transmission)</i> • <i>Le rendement du codage canal</i>

Tableau II.1 : Les attributs des TF

Les canaux de transport se divisent en deux types:

II.4.2.1. Les canaux de transport dédiés :

Le canal de transport dédié est un canal point à point dédié à un seul utilisateur et qui transporte des données de contrôle ou de trafic. Il y a un seul et unique canal dédié c'est le canal DCH (Dedicated Channel) utilisé dans le sens montant ou dans le sens descendant pour transférer des données à un mobile particulier. Ou que chaque UE a son propre DCH dans chaque direction.

II.4.2.2. Les canaux de transport commun :

Ce sont des canaux point à multipoints unidirectionnels utilisés pour le transfert d'informations d'un ou de plusieurs utilisateurs. Le tableau suivant montre ces différents canaux de transport commun ainsi que leurs fonctionnalités.

<i>Nom du canal</i>	<i>Lien</i>	<i>Fonction</i>
Broadcast channel (BCH)	DL	Diffuse les informations aux UEs dans la cellule pour qu'il puisse identifier le réseau et la cellule.
Forward Access Channel (FACH)	DL	Transporte les données ou les informations aux UEs qui sont enregistrés dans le système. Il est possible d'avoir plus qu'un FACH par cellule.
Paging Channel (PCH)	DL	Transporte les messages qui alertent le UE des appels entrants, SMS, message.
Random Access Channel (RACH)	UL	Transporte les demandes de service des UEs voulant accéder au système.
Dowlink Shared Channel (DSCH)	DL	Permet de transporter des informations utilisateurs ou des informations de contrôle dédiées. Il peut être partagé par plusieurs utilisateurs.

Tableau II.2 : les canaux de transport commun

II.4.3. Les canaux physiques :

Un canal de transport caractérisé de manière à ce que les informations soient transmises sur l'interface radio, est disjoint du canal physique réellement utilisé. Ainsi, plusieurs canaux de transport peuvent être supportés par un seul canal physique.

Il existe trois catégories de canaux physiques :

- ✓ Les canaux physiques dédiés à la voie montante ;
- ✓ Les canaux physiques dédiés à la voie descendante ;
- ✓ Les canaux physiques communs.

Seuls les canaux suivants peuvent supporter des canaux de transport :

P-CCPCH (Primary Common Control Physical Channel);

S-CCPCH (Secondary Common Control Physical Channel);

PRACH (Physical Random Access Channel);

PDSCH (Physical Downlink Shared Channel);

DPDCH (Dedicated Physical Data Channel).

Le résultat du multiplexage de différents canaux de transport aboutit à la notion CCTrCH qui est une notion intermédiaire entre le canal physique et le canal de transport. Le CCTrCH peut être supporté par un ou plusieurs canaux physiques.

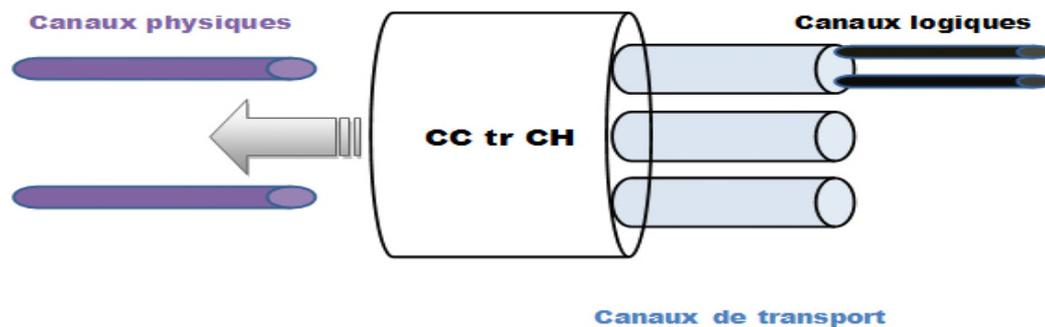


Figure II.4 : Exemple de correspondance entre canaux.

II.5. Les interface radio de l'UTRAN :

II.5.1. L'interface Uu :

L'interface logique Uu sert à connecter le terminal mobile à la station de base par l'intermédiaire d'une liaison radio.

II.5.2. L'interface Iu :

Cette interface se place entre le réseau UTRAN et le réseau cœur. Afin d'assurer l'indépendance des domaines du réseau cœur (commutation de circuits et commutation de paquet), deux types d'interfaces Iu ont été définis :

- L'interface Iu-PS qui connecte l'UTRAN avec le domaine à commutation de paquets du réseau cœur.
- L'interface Iu-CS qui connecte l'UTRAN avec le domaine à commutation de circuit du réseau cœur.

L'interface Iu assure aussi :

- L'établissement, le maintien et la libération des RABs.
- Effectuer les Handovers intra-systèmes et inter-systèmes ainsi que la réallocation du SRNC.
- L'accès simultané d'un équipement usager aux domaines CS et PS.
- Les services de location ainsi que le contrôle de l'activité de l'utilisateur.

II.5.3. L'interface Iub :

C'est par cette interface que communiquent le Nœud B et le RNC.

II.5.4. L'interface Iur :

C'est une interface logique qui supporte une grande mobilité des terminaux à travers le réseau d'accès. Cette interface relie deux RNCs.

II.6. Les protocoles radio de l'UTRAN :

II.6.1. la couche RRC :

La couche RRC appartient uniquement au plan de contrôle, elle a pour rôle de gérer la signalisation des connexions radio entre le mobile et l'UTRAN : établissement et reconfiguration. Elle est responsable des fonctions de contrôle d'admission, de gestion des ressources radio, de contrôle de puissance et de la gestion de la mobilité.

La connexion RRC est utilisée lors des échanges de signalisation entre le mobile et le réseau d'accès UTRAN. Une seule connexion RRC est établie entre ces deux derniers, puis que le réseau UMTS offre la possibilité d'échange de données simultanément aux travers des deux domaines PS et CS (la notion de cœur intégré). [4].

Cette couche interagit avec les couches RLC et MAC afin de déterminer la taille des RLC-PDU au niveau de la couche RLC ainsi que le nombre de TB qui pourront être transmis dans un même TTI (Transmission Time Interval) au niveau de la couche MAC. [3].

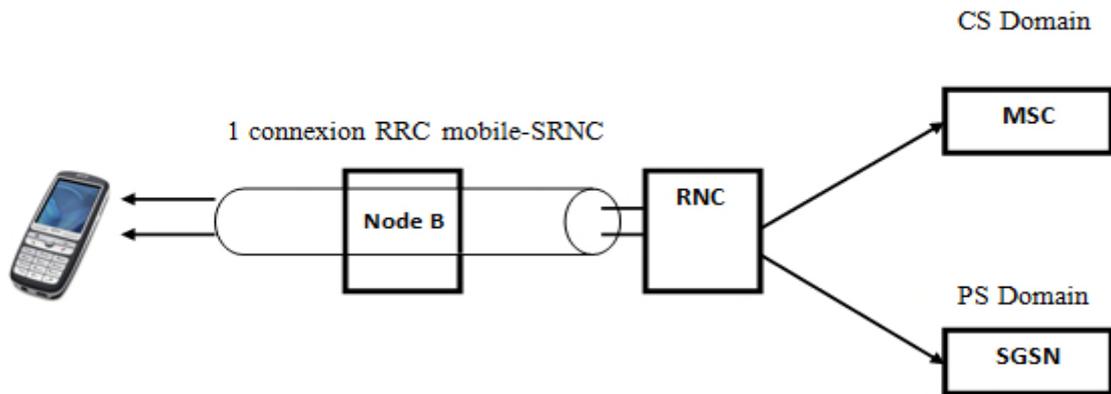


Figure II.5 : Une connexion RRC et deux connexions CN domaine.

La connexion RRC comprend quatre états :

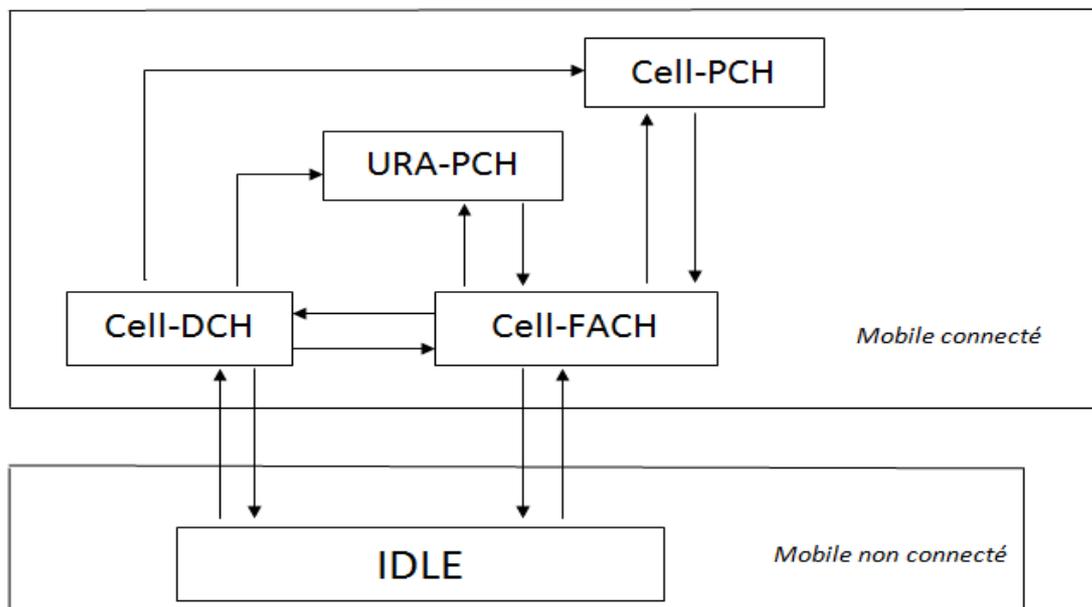


Figure II.6 : Etats de la connexion RRC.

➤ **L'état idle :**

C'est-à-dire que le mobile est en mode veille, il n'est ni connu, ni géré par le réseau UTRAN. Aucune ressource n'est attribuée à ce mobile et sa localisation est connue au niveau du réseau cœur à la zone de localisation.

➤ **L'état cell-DCH :**

Elle correspond à l'état où le réseau UTRAN sait parfaitement dans quelle cellule se trouve le mobile et contrôle sa mobilité sachant qu'un canal dédié lui est alloué ce dernier.

➤ **L'état cell-PCH et URA-PCH :**

Le comportement du mobile dans ces états est assez identique du mode (idle), aucune donnée n'est transmise par les deux entités (Mobile-Réseau) et aucune ressource dédiée n'est alloué au mobile. Ce pendant le mobile ne fait que lire les informations transmises par le réseau sur les canaux BCH et PCH.

La différence principale entre l'état URA-PCH et cell-PCH réside dans la connaissance qu'a le réseau sur la position du mobile. Dans l'état cell-PCH, un changement de cellule est signalé par le mobile au réseau, qui peut le joindre par l'intermédiaire du canal physique PCH de la cellule dans laquelle se trouve le mobile. [9].

Par contre dans l'état URA-PCH le réseau ne sait pas précisément dans quelles cellules se trouve le mobile, lorsqu'il souhaite le joindre il fait appel à tous les canaux PCH des cellules de L'URA.

➤ **L'état cell-FACH :**

C'est un état hybride tenant à la fois des états cell-DCH et cell-PCH. Aucun canal dédié n'est alloué mais le mobile est en écoute du canal de transport commun descendant FACH et peut transmettre à tout moment sur le canal montant RACH. [5].

C'est deux canaux (FACH et RACH) ne sont utilisé que lorsqu'il y a un transfert de données usager. Dans l'état cell-FACH si le mobile se cale sur une nouvelle cellule, il le signale au réseau. Par ailleurs le réseau peut demander au mobile d'effectuer des mesures radio afin de contrôler ses déplacements.

II.6.2. La couche RLC (Radio Link Control) :

La couche RLC contient des fonctions classiques du niveau 2 telles que le transfert des données sur l'interface radio et la fonction de segmentation des paquets en des unités de taille prédéterminée par la couche RRC. Ces unités sont appelées RLC-PDU et RLC-SDU. [3].

- **Les RLC-SDU :**(Service Data Unit) sont les unités de Protocol reçus par la couche RLC des couches supérieurs (par exemple la couche RRC ou PDCP)
- **Les RLC-PDU :** (Protocol Data Unit) sont des unités de protocoles fournis aux couches inférieures (couche MAC).

Les RLC-PDU sont préfixées d'une entête RLC suivant le mode de fonctionnement, ce pendant il y a trois modes de fonctionnement :

- **Le mode transparent** ou le mode TM pour (Transparent Mode) :

Dans ce mode de fonctionnement, la couche RLC réalise uniquement les opérations de segmentation et de réassemblage. Aucune entête RLC n'est ajoutée aux paquets ce qui rend le format de la RLC-PDU extrêmement simple. [1].

- **Le mode non acquitté** ou le mode UM pour (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) dans un seul RLC-PDU. [1].

Le mode UM assure la détection d'erreurs et de pertes mais aucun mécanisme de retransmission n'est mis en place. À la différence du mode transparent, le mode non acquitté nécessite la présence d'un en-tête. Le format d'un RLC-PDU en mode UM est présenté sur la figure II.7.

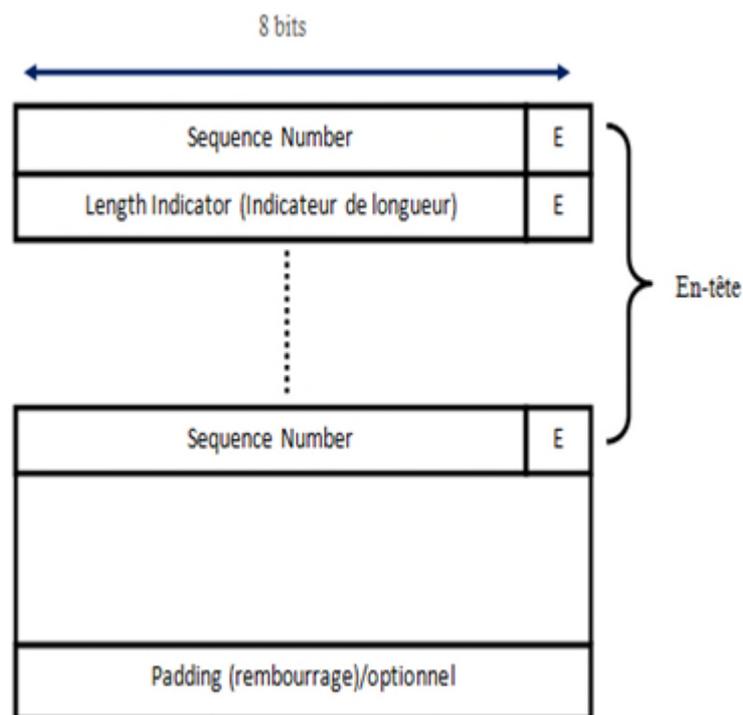


Figure II.7 : Format de l'unité RLC-PDU du mode non acquitté. (UM)

- **Le mode acquitté** Ou bien le mode AM pour (Acknowledged Mode) :

En plus des fonctions du mode UM (ségmentation/réassemblage, concaténation, détection d'erreur et de pertes) mais en plus, elle assure ici les fonctions de retransmission des paquets en cas pertes ou d'erreur. [1].

Ce mode de fonctionnement est recommandé pour les applications qui demandent un transfert fiable des données. Le format d'un RLC-PDU dans ce mode AM est montré sur la figure suivante :

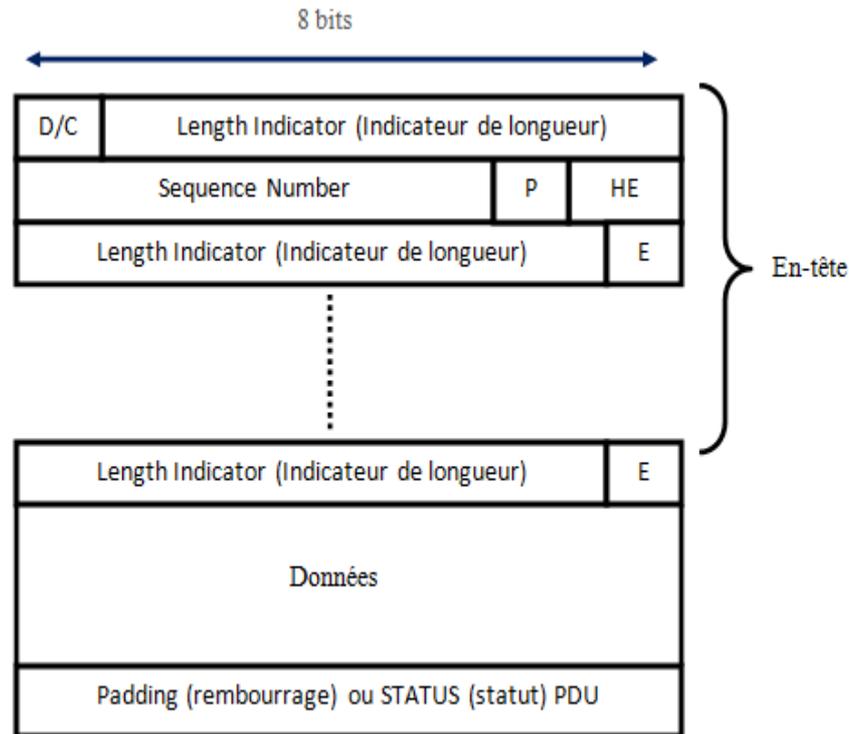


Figure II.8 : Format de l'unité RLC-PDU du mode acquitté.AM

II.6.3. La couche MAC :

Sa fonction principale est le contrôle de l'accès à la voie radio. Elle est en charge aussi de partager les ressources radio.

Ils existent plusieurs types de couche MAC tels que :

- **La couche MAC-c/sh** : (common)/ (shared)

Cette couche assure le multiplexage des données usager sur des canaux de transport communs avec des flux de données provenant d'autres usagers. [3].

- **La couche MAC-d** :(Dedicated)

Elle gère les canaux logiques de trafic dédiés (DTCH, DCCH) et les canaux de transport dédiés DCH. L'entité MAC-d transpose les canaux logiques DTCH et DCCH sur les canaux de transport DCH, elle peut aussi multiplexer plusieurs canaux DTCH ou DCCH sur un canal commun pour une cellule radio. [3].

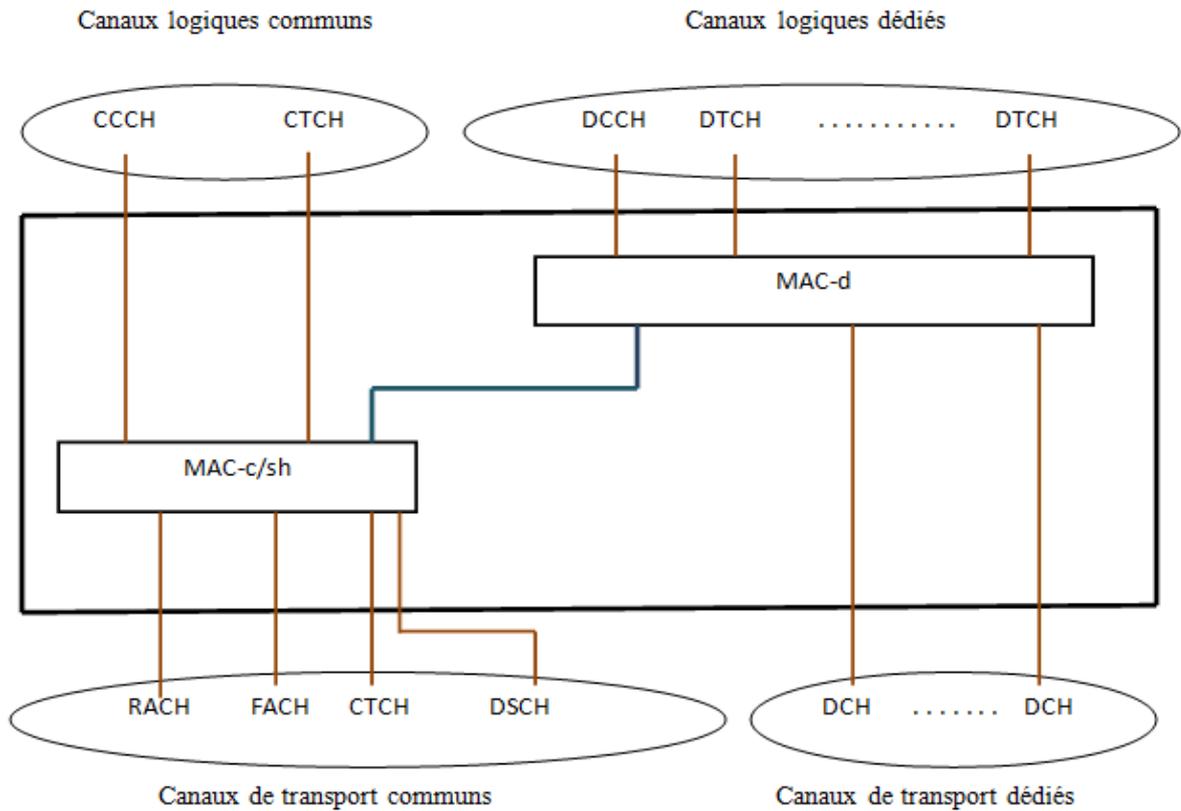


Figure II.9 : Modèle de la couche MAC

La différence entre les couches MAC-c/sh et MAC-d réside dans l'entête MAC dans le paquet MAC-PDU existant seulement dans la couche MAC-d.

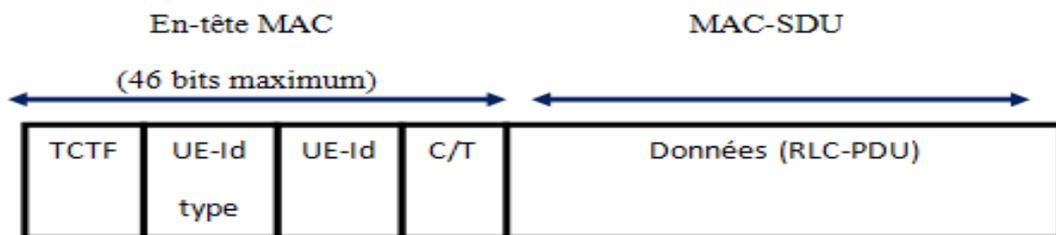


Figure II.10 : format de la PDU de la couche MAC dans le cas général.

II.6.4. La couche PDCP :

La couche PDCP a pour but la compression des entêtes de protocole des paquets TCP/IP. L'intérêt de la compression d'entête TCP/IP réside dans la simplicité de ses Protocoles et leur robustesse. Notant aussi que ces protocoles sont caractérisée par des tailles d'entêtes assez importantes. Plusieurs études montrent que 40% des paquets IP qui transitaient par ces réseaux étaient des paquets de taille très réduite. [5].

La couche PDCP contient aussi des algorithmes de compression comme par exemple ROHC (*Robust Header Compression*). [1].

II.6.5. La couche BMC :

Cette couche assure le service de diffusion de messages utilisateur sur l'interface radio pour le compte d'un centre de diffusion externe à l'UTRAN et relié au RNC. Elle s'appuie sur une entité RLC en mode non acquitté, supporté par un canal CTCH.

II.7. PROTOCOLE RESEAU DE L'UTRAN

II.7.1. Protocole RANAP : Radio Acces Network Application Part

Le protocole de contrôle de signalisation de l'interface Iu contient les informations de contrôle de la couche radio. Ses différentes fonctions sont :

- ✓ Relocalisation : gère le déplacement des fonctions SRNS d'un RNS à un autre ou le hard-handover inter-RNS.
- ✓ Gestion des supports d'accès radio (RAB) : initialisation, modification ou suppression d'un support d'accès radio existant.
- ✓ Libération de l'interface Iu, pour toutes les ressources, le trafic et signalisation pour un utilisateur donné.
- ✓ Remontée d'événements pour informer le réseau cœur de l'échec de transmission de données.
- ✓ La gestion d'un identifiant commun de l'utilisateur aux fins de paging.
- ✓ Le paging, c.-à-d. recherche d'un mobile sur appel entrant.
- ✓ Localisation, enregistrement de l'activité d'un mobile donné à la fin de maintenance.
- ✓ Transfert de signalisation, de manière transparente entre le réseau cœur et le mobile.
- ✓ Contrôle d'intégrité et de chiffrement.
- ✓ Contrôle de charge.
- ✓ Reset, ou réinitialisation de la connexion du côté cœur ou du côté UTRAN.
- ✓ Rapport sur la localisation du mobile.

II.7.2. Protocol NBAP : NODE-b Application part :

Le protocole de signalisation sur l'interface Iub, appelé NBAP est composé de deux parties, common NBAP et Dedicated NBAP.

Le premier protocole correspond à la signalisation qui n'est pas relative à une session d'un terminal donné, comme par exemple l'établissement du premier lien d'un terminal, la

configuration d'une cellule, l'initialisation et la remonté des mesures spécifique à une cellule. Une fois établi le premier lien entre un terminal et le réseau, le NODE-b assigne un point de terminaison de trafic à ce terminal pour la durée de connexion.

Les échanges suivants se font alors grâce au second Protocol Dedicated NBAP, il s'agit en particulier de la reconfiguration des données pendant un soft handover, de la remontée des mesures ou de la gestion des alarmes.

II.7.3. Protocol RNSAP Radio Network Subsystem part:

L'interface Iur et le protocole RNSAP sont les deux composants qui permettent le soft handover inter-RNC durant lequel le mobile est connecté avec plus d'un radio link et les BTS sont contrôlés par différents CRNCs. Durant cette procédure, il y a distinction faite entre le SRNC et le DRNC. RNSAP est en fait responsable du contrôle de la connexion entre ces deux entités. Nous pouvons mettre en relief les fonctions suivantes du RNSAP :

- ✓ **Procédures gérant la mobilité** : elle concerne les procédures qui gèrent la mobilité au niveau du RAN comme le paging de l'utilisateur par exemple.
- ✓ **Procédures dédiées** : elles concernent la gestion des canaux dédiés sur l'interface Iur comme le transfert des mesures provenant des canaux dédiés du CRNC vers le SRNC.
- ✓ **Procédures communes** : elles sont spécifiques pour les canaux de transport communs.
- ✓ **Procédures globales** : elles gèrent les transactions entre différents CRNCs.

II.8. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté une vue globale de l'UTRAN et des mécanismes de la couche réseau radio pour évaluer leur influence sur le trafic dans le réseau de transport sur l'interface Iub et Iur. Nous avons aussi défini et présenté les différents canaux ainsi qu'une revue générale des protocoles de signalisation des interfaces Iub, Iur et Iu.

III

CHAPITRE III : ELEMENTS DE PLANIFICATION D'UN RESEAU UMTS

CHAPITRE III : ELEMENTS DE PLANIFICATION D'UN RESEAU UMTS

III.1. INTRODUCTION

La planification est l'opération clé de la réussite et de la conduite d'un réseau cellulaire. Elle consiste à déterminer le nombre et l'emplacement des sites et le nombre de canaux associés à chaque cellule de manière à minimiser les coûts et les ressources en prenant compte la densité des usagers dans chaque zone, et l'amélioration sans cesse de la qualité de service.

La planification et le dimensionnement des cellules nécessitent une prévision du trafic, une affectation des cellules selon un motif retenu et une étude des conditions radioélectriques dans chaque site retenu. En effet, c'est au cours de cette phase que le réseau évolue le plus, d'où l'importance des tâches de recherche de sites, d'adjonction de cellules et de réaffectation des fréquences. C'est donc un processus adaptatif et continu.

Nous présentons, dans ce qui suit, les étapes fondamentales du processus de planification radio d'un réseau UMTS à savoir une phase de dimensionnement, une phase d'optimisation initiale et une phase d'amélioration et d'extension.

III.2. PHASE DE DIMENSIONNEMENT

Pour un opérateur de télécommunication la phase de dimensionnement est primordiale avant la mise en œuvre de son réseau, le but est de déterminer l'infrastructure du réseau et ses configurations, garantir les exigences du réseau en termes de capacité, de couverture, ainsi que la qualité de service pour les régions couvertes. Le processus de dimensionnement est illustré dans la figure suivante. [10].

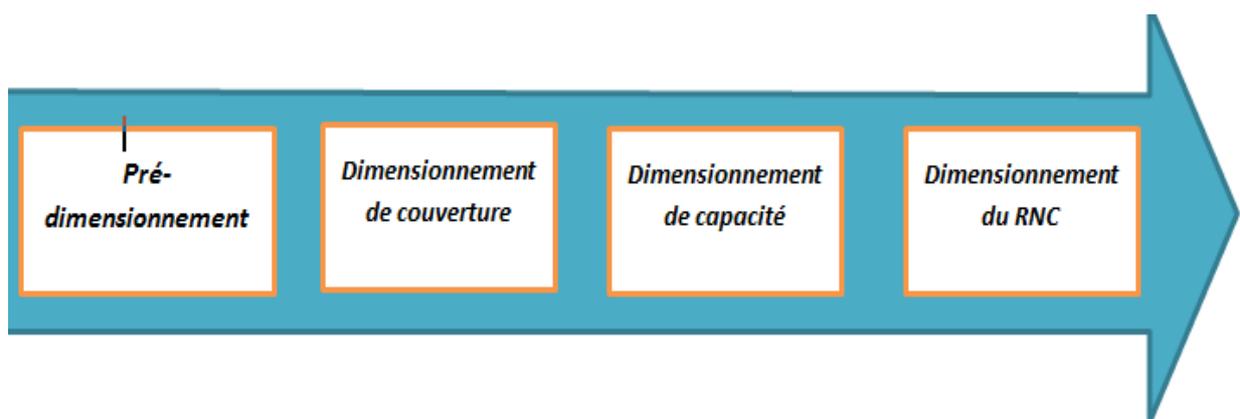


Figure III.1 : Processus de dimensionnement

III.2.1. Le pré-dimensionnement :

Le pré-dimensionnement nécessite la collecte des informations qui portent sur la zone de déploiement telles que :

- Les informations détaillées sur les NODE-b et l'équipement usager ;
- Les informations sur la zone de déploiement (superficie, information démographique...);
- Les données géographiques : (cartographie, population, zone à couvrir et taux de pénétration des abonnés sur cette zone) ;
- Les services à offrir : voix, données.

III.2.2. Dimensionnement de couverture :

La couverture d'une station de base possède des limites, comme la perturbation de certains phénomènes. Le problème de couverture apparaît lorsque les ondes émises par le mobile n'arrivent pas à la station de base, ou lorsque celles émises par la NODE-b n'arrivent pas avec une puissance suffisante.

Les étapes de dimensionnement de couverture sont :

- Bilan de liaison RLB ;
- Choix du modèle de propagation ;
- Calcul du rayon de la cellule ;
- Calcul le nombre de sites.

III.2.2.1. Bilan de liaison RLB

Ce bilan donne la perte de trajet maximal autorisée, et à partir de laquelle la taille des cellules est calculée en utilisant un modèle de propagation approprié. L'équation du bilan de liaison Uplink est :

$$L_{PMAX} = P_{UE} - S_{UL} - B_{PC} - B_{IUL} - B_{LNF} - L_{BL} - L_{CPL} - L_{BPL} + G_a - L_J \quad (III.1)$$

Tous les paramètres impliqués dans cette équation, sont définis ci-après :

P_{UE} : La puissance maximale de sortie de l'UE [dB] ;

B_{PC} : La marge de contrôle de puissance [dB] ;

B_{LNF} : La marge fading (évanouissement) ;

B_{IUL} : La marge d'interférence ;

L_{BL} : Les Pertes dues aux corps ;

L_{CPL} : Les pertes dues aux voitures ;

L_{BPL} : Les pertes de pénétration des immeubles ;

G_a : La somme des gains des NODE-b et gains d'antennes ;

L_f : Les pertes feeders (marge des lignes d'alimentation) ;

L_J : La perte des jumpers (les jumpers est un composant électronique qui permet de relier deux broches et ainsi faire circuler le courant entre eux) ;

E_b/N_o : E_b/N_o requis;

N_t : La densité de bruit thermique (-174 dbm/Hz) ;

N_f : Figure de bruit ;

R_{info} : Le débit d'informations ;

$S_{UL} = N_t N_f + 10 \log R_{info} + \frac{E_b}{N_o} + N_f$: La sensibilité du système en UL ;

α_{UL} : Facteur de non-orthogonalité.

L'équation de liaison RLB pour la voie descendante est :

$$L_{P_{MAX}} = P_{TX,ref} - S_{DL} - B_{PC} - B_{IUL} - B_{LNF} - L_{BL} - L_{CPL} - L_{BPL} + G_a - L_J \quad (III.2)$$

La différence entre le bilan de liaison montant et descendant résulte dans la marge d'interférence, ainsi l'équation de la marge d'interférence est :

$$B_{IUL} = 1 + K * \frac{\bar{p}_{tot,ref}}{L_{sa}} \quad (III.3)$$

Avec :

$$K = \frac{a + \bar{F}C * \psi_{DL}}{N} \quad (III.4)$$

$\bar{p}_{tot,ref}$: La puissance de sortie moyenne totale dans le système

L_{sa} : L'atténuation de signal à partir du point de référence du système à un usager à la frontière de la cellule.

ψ_{DL} : Le rapport de puissance de cellules voisines par rapport à la même cellule

F_c : Le rapport moyen entre l'interférence intercellulaire et intra-cellule reçue à la frontière de la cellule

III.2.2.2. Choix du modèle de propagation

Les modèles de propagation permettent d'estimer la valeur de l'atténuation du trajet. Ils sont utilisés pour prédire le rayon de la cellule à partir de la perte de trajet maximale autorisée. On distingue plusieurs types de modèles:

- Modèles empiriques : basés sur des formulations mathématiques permettant de prédire l'impact d'un émetteur sur une certaine zone de réception.
- Modèles physiques : basés sur la prédiction de la propagation des ondes radio et le calcul de leurs trajets en tenant compte des phénomènes de réflexion et diffraction.

Pour notre étude, nous avons choisi un modèle de propagation empirique dont la formulation dépend de plusieurs facteurs, à savoir :

- La fréquence de l'onde ;
- TX hauteur de l'antenne (Les hauteurs des antennes de l'émission et de la réception);
- RX hauteur de l'antenne et d'autres ;
- La distance parcourue ;
- Type de terrain ;
- Cluster (caractéristiques et densité des bâtiments, ...etc.).

Ces modèles ne peuvent pas prédire le comportement exact de la liaison radio, mais ils prédisent le comportement le plus probable. Ils sont utilisés pour prédire le rayon de la cellule à partir de la perte de trajet maximale autorisée. Il est important de noter que les modèles de propagation dépendent du type de zones (urbaines, suburbaines et rurales).

Le modèle empirique le plus utilisé est celui d'OKUMURA HATA. Il est basé sur les mesures d'OKUMURA prises dans la région de Tokyo. Le modèle de Hata a été adapté pour les limites suivantes :

- Fréquence : 150 à 1000 MHz ;
- Hauteur de la station de base (H_b) : 10 à 200 m ;
- Hauteur du terminal mobile (H_m) : 1 à 10 m ;
- Distance (d) : 1 à 20 km.

La variante du modèle d'Okumura-Hata utilisée par Ericsson donne :

$$L_{PMAX} = A - 13.8 * 2 \log h_b - (ah_m) + 44.9 - 6.55 \log h_b \quad (III.5)$$

avec : $P_{TX,ref}$: La puissance transmise sur les canaux dédiés

L_{PMAX} : La perte de trajet.

h_b : La hauteur de la station de base.

A : la valeur d'atténuation fixe dépendant de la fréquence.

III.2.2.3. Rayon des cellules

La perte de trajet maximum autorisée permet le calcul du rayon R (en kilomètres) de la cellule en utilisant l'équation suivante :

$$R = 10^{\vartheta} \quad (III.6)$$

$$\text{Où : } \vartheta = \frac{L_{PMAX} - A + 13.8 * 2 \log h_b + (ah_m)}{44.9 - 6.55 \log h_b} \quad (III.7)$$

III.2.2.4. Nombre de sites

Le nombre de sites est calculé à partir de la superficie du site et le type de zone de déploiement [10].

La figure suivante illustre la méthode de calcul de la zone des sites à partir de deux modèles hexagonaux de cellule.

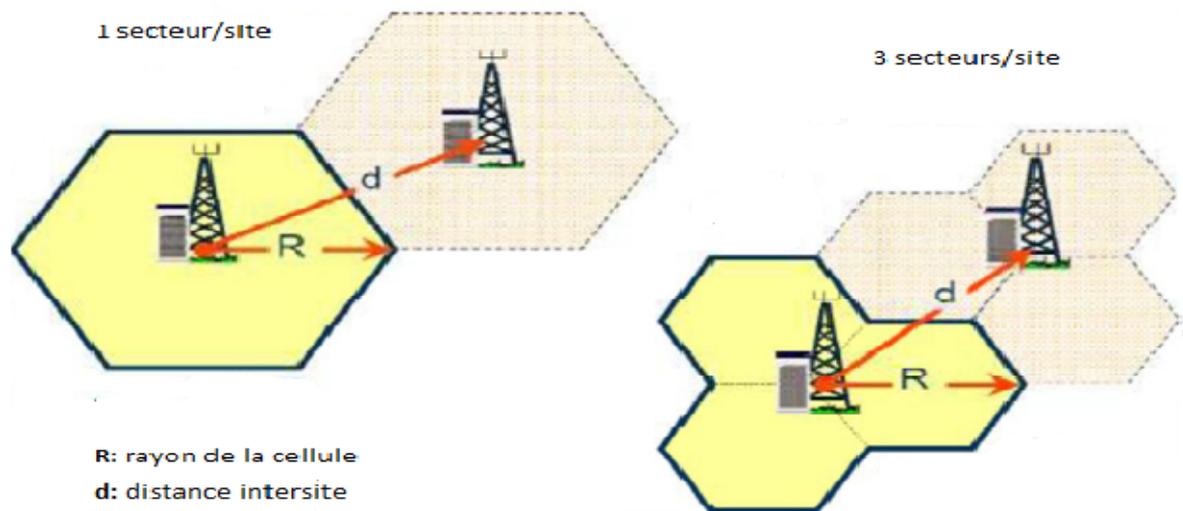


Figure III.2 : Méthode de calcul de la zone

Pour un site omnidirectionnel, le calcul se fait comme suit :

$$d = \sqrt{3} R(\text{km}) \quad (\text{III.8})$$

Pour une superficie de :

$$S_{s1} = 3\sqrt{3} * \frac{R^2}{2} = 2.6 * R^2 \quad (\text{III.9})$$

Et pour un site à 3 secteurs :

$$d = \frac{3}{2} R \quad (\text{III.10})$$

Pour une superficie de :

$$S_{s3} = \frac{9\sqrt{3} * R^2}{8} = 1.95 * 2.6 * R^2 \quad (\text{III.11})$$

Ensuite, le calcul du nombre des sites devient très simple : c'est le quotient entre la surface de la zone et la surface d'un site :

$$N_s = S_z / S_s \quad (\text{III.12})$$

S_z étant la surface totale de la zone, dépendant du type de la zone.

III.2.3. Dimensionnement de capacité

Le dimensionnement de capacité permet de trouver la capacité maximale qui peut être supportée par une cellule. L'objectif est de déterminer le nombre de sites nécessaires pour satisfaire les trafics des abonnés dans une zone donnée. [6].

La capacité théorique du réseau est limitée par le nombre de NODE-b installés dans le réseau, elle dépend de plusieurs facteurs tels que le type de la zone (urbaine, suburbaine, rurale), service demandé (voix, données), nombres des abonnés, interférence.

Le nombre maximal d'utilisateurs simultanés dans la liaison descendante est donné par l'équation suivante :

$$M_{pole} = \frac{1+a\gamma}{(\gamma(a+F\psi_{DL}))} (1 - \eta_{SHO}) \quad (III.13)$$

η_{SHO} : modèles des effets de soft hand over.

Le nombre permis d'utilisateurs simultanés par cellule sur une liaison descendante est décrit par l'équation :

$$M = Q * M_{pole} \quad (III.14)$$

Où Q est charge de la cellule de liaison montante

La barre de capacité ne peut pas être atteinte dans la réalité parce qu'elle implique une interférence infinie et donc un rayon de couverture nul. C'est ici qu'intervient la notion de charge sur la liaison montante qui représente le rapport du nombre maximal d'utilisateurs réellement permis à la barre de capacité pour tous les services. [10].

$$\eta = \frac{M}{M_{barre}} \quad (III.15)$$

III.2.4. Dimensionnement du RNC

Le dimensionnement d'un RNC comporte les étapes suivantes :

Tout d'abord nous allons calculer le nombre $N1_{RNC}$ de RNC nécessaire à l'écoulement de tout le trafic CS et PS.

Pour une zone donnée avec un nombre de node B (N_{nodeB}), le calcul du trafic CS se fait de la manière suivante :

$$Trafic\ CS\ per\ Zone\ (Erlang) = \sum_{i=1}^N Trafic\ de\ service * Facteur\ d'activité * (1 + SHO\ Factor) * N_{nodeB} \quad (16)$$

Pour le trafic PS, nous le calculons comme suit :

$$Trafic\ PS\ per\ Zone\ (Mbps) = Iubps * N_{nodeB} \quad (III.17)$$

Nous aurons alors le nombre $N1_{RNC}$ égal à :

$$N1_{RNC} = \left(\frac{Trafic\ CS\ per\ Zone\ (Erlang)}{débit\ CS\ max\ par\ RNC\ (Erlang)} + \frac{Trafic\ PS\ per\ Zone\ (Erlang)}{débit\ PS\ max\ par\ RNC\ (Erlang)} \right) * \left(\frac{1}{marge\ de\ capacité} \right) \quad (III.18)$$

Par la suite, le nombre de node B par RNC vaut :

$$N_{nodeB\ per\ RNC} = \frac{N_{nodeB}}{N1_{RNC}} \quad (III.19)$$

III.3. PHASE D'OPTIMISATION INITIALE

La première étape dans l'optimisation initiale est le choix de la distance inter-sites, ce choix est un compromis entre :

- une grande probabilité de couverture et un large recouvrement pour le soft Handover ;
- et la minimisation des interférences entre cellules.

Ensuite vient la distribution des sites sur une carte géographique qui se fait par le tracé d'un quadrillage qui garantit une distance inter-sites de $1.5R$ comme illustré par la figure suivante :

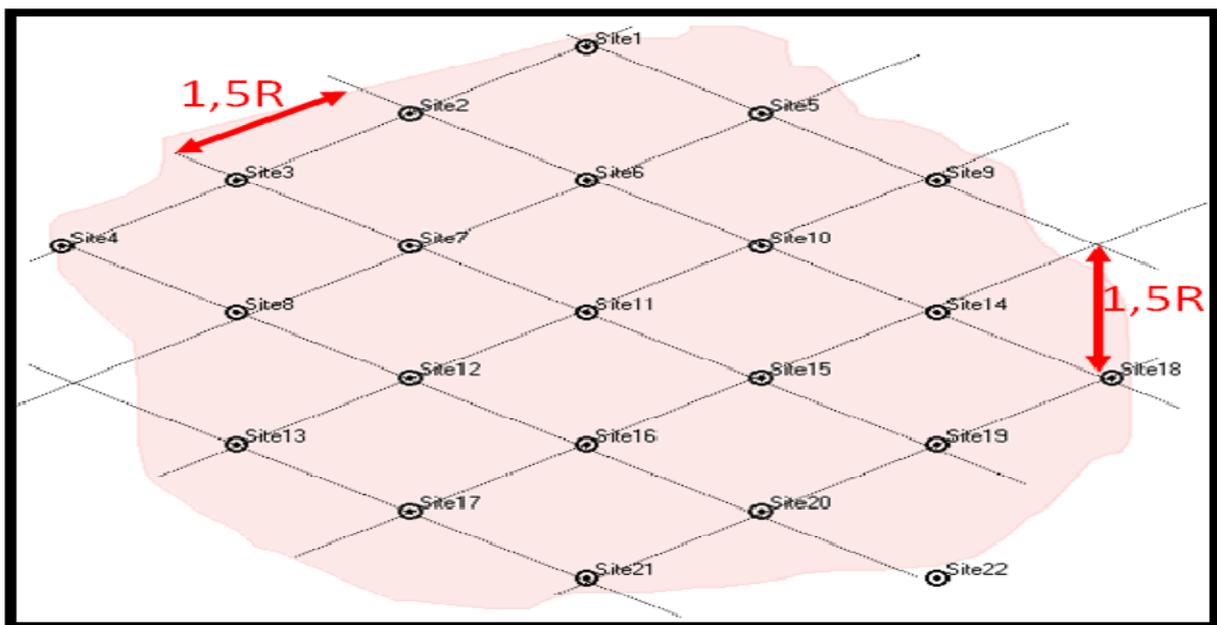


Figure III.3 : Distribution des sites par maillage géographique

Il est à noter que pour éviter un coût élevé de l'acquisition des sites, les opérateurs titulaires d'une licence 3G comme Mobilis, optent pour une Co-localisation de leurs WCDMA avec leurs sites GSM déjà opérationnels.

Après avoir placé les sites dans la carte géographique, on débute l'opération appelée initial tunning ou lancement initial, afin de choisir les vrais emplacements des sites. Cette opération passe par plusieurs étapes :

- ❖ Recherche des emplacements convenables ;
- ❖ Vérification des conditions de hauteur et de dégagement (un site UMTS doit être dégagé de tout obstacle sur un rayon de 100m) ;
- ❖ Choix de l'emplacement des antennes sur les immeubles, soit sur le même pilonne soit les séparé par des distance, selon le nombre d'usager dans la région (capacité) et selon aussi le taux de trafic ;
- ❖ Définition des azimuts pour chaque site.

Si le site est validé, une vérification du fonctionnement est faite par l'intermédiaire d'un drive test en utilisant un logiciel d'optimisation radio comme le (Tems investigation) d'Ericsson.

Un tel drive test permet de connaître :

- Le niveau de champ ;
- La qualité du signal ;
- Les problèmes d'interférence ;
- Et les problèmes de couverture ainsi que les Co-situations.

Le résultat de ce drive test nous renseigne sur les zones aveugles qui ont un problème dans les ressources radio.

III.4. PHASE D'AMELIORATION ET D'EXTENSION

Une fois l'optimisation radio réalisée, une phase d'amélioration commence pour résoudre les problèmes détectés pendant les drives tests. On donne ci-après quelques exemples d'améliorations.

III.4.1. Diminution des interférences ACI (Adjacent Cell Interference) :

L'interférence entre cellules adjacentes apparaît dans un environnement multi-opérateurs, car vu la rareté des ressources fréquentielles, des bandes de garde entre les porteuses ne sont pas permises.

III.4.2. Élimination de la coexistence

La Co-localisation des sites UMTS avec des sites GSM induit une dégradation de performances se traduisant par :

- ❖ Un bruit de fond mutuel : puisque chaque émetteur agira comme une source de bruit pour l'autre ;
- ❖ Un produit d'intermodulation : qui engendre une distorsion harmonique (le signal de sortie n'a pas la même forme que celui d'entrée).

III.4.3. Relevé des sites :

L'emplacement initial des sites dans certains cas peut être mal choisi, car il peut être situé sur un terrain inadéquat, dans ce cas il faudra un changement de l'emplacement des sites.

Le taux d'abonnés chez un opérateur n'est pas statique ce qui oblige ce dernier à faire des extensions à son réseau. Deux méthodes d'extension sont envisageables:

- ❖ **Extension par division des sites** : Pour augmenter la capacité, une des solutions est de faire réduire la zone de service des cellules.



Situation initiale

Situation après division
en cellule plus petite

Figure III.4 : Solution d'extension par division des cellules.

- ❖ **Extension par modification de configuration** : Diverses solutions d'extension sans l'ajout de nouveaux sites sont utilisées, toutefois certaines impliquent l'ajout d'unités à des sites existants:

- L'élévation de la capacité en canaux ;
- L'augmentation de la puissance ;
- L'ajout de nouvelles fréquences porteuses ;
- La Sectorisation ;
- L'utilisation des répéteurs.

III.5. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons introduit le processus de planification d'un réseau UMTS. Ce processus est récursif et a pour objectif de trouver la meilleure architecture cellulaire au regard de plusieurs critères : une qualité de couverture garantie par un lien radio en tout point de la zone de couverture ; une absorption de la charge adaptée à la densité de trafic associée à chaque cellule ; une mobilité sans perte de communication ; une évolution du réseau et une interconnexion avec d'autres réseaux existants.

IV

CHAPITRE IV : OUTILS D'OPTIMISATION DU RESEAU UTRAN

CHAPITRE IV : OUTILS D'OPTIMISATION DU RESEAU UTRAN

IV.1. INTRODUCTION

L'optimisation radio est l'une des principales étapes d'amélioration des performances des réseaux de télécommunications. Elle consiste en plusieurs types d'analyses et d'actions à entreprendre pour améliorer le réseau tant au niveau de la couverture que de la qualité du lien radio.

Dans ce chapitre nous allons étudier le processus d'optimisation et voir les objectifs de l'optimisation qui permettent le bon fonctionnement du réseau, nous allons voir aussi les outils d'optimisations (statistiques, drives tests).

Afin de gagner la satisfaction de leurs clients, les opérateurs essaient d'assurer la continuité de la délivrance des services avec une qualité optimale.

Il est aussi essentiel de maintenir une bonne qualité de service attendu par les clients quand l'opérateur envisage une implémentation d'une nouvelle fonctionnalité au niveau du réseau.

Ainsi l'optimisation du réseau cellulaire a deux objectifs principaux :

- Améliorer la qualité de service offerte aux utilisateurs du réseau ;
- Augmenter le volume de trafic écoulé par le réseau tout en assurant son bon fonctionnement.

IV.2. LES DIFFERENTS FACTEURS AFFECTANT LE RESEAU

L'optimisation d'un réseau mobile est un processus récursif vu que le canal radio subit en permanence des changements dû à plusieurs facteurs tels que :

- **La mobilité des usagers** : L'opérateur de téléphonie mobile est tenu d'assurer la continuité de service sans coupure ni même détérioration malgré la mobilité des utilisateurs (déplacements à des vitesses variables, changement cellulaire (handover)).
- **La démographie** : Elle induit une augmentation du nombre d'abonnés, au bon gré des opérateurs qui doivent veiller à ce que cette augmentation n'affecte en aucun cas les performances du réseau
- **L'évolution urbaine** : Les performances du réseau sont mises en péril avec l'apparition de nouvelles constructions qui représentent un obstacle pour la propagation du signal radio.

IV.3. SCHEMA GENERAL DU PROCESSUS D'OPTIMISATION

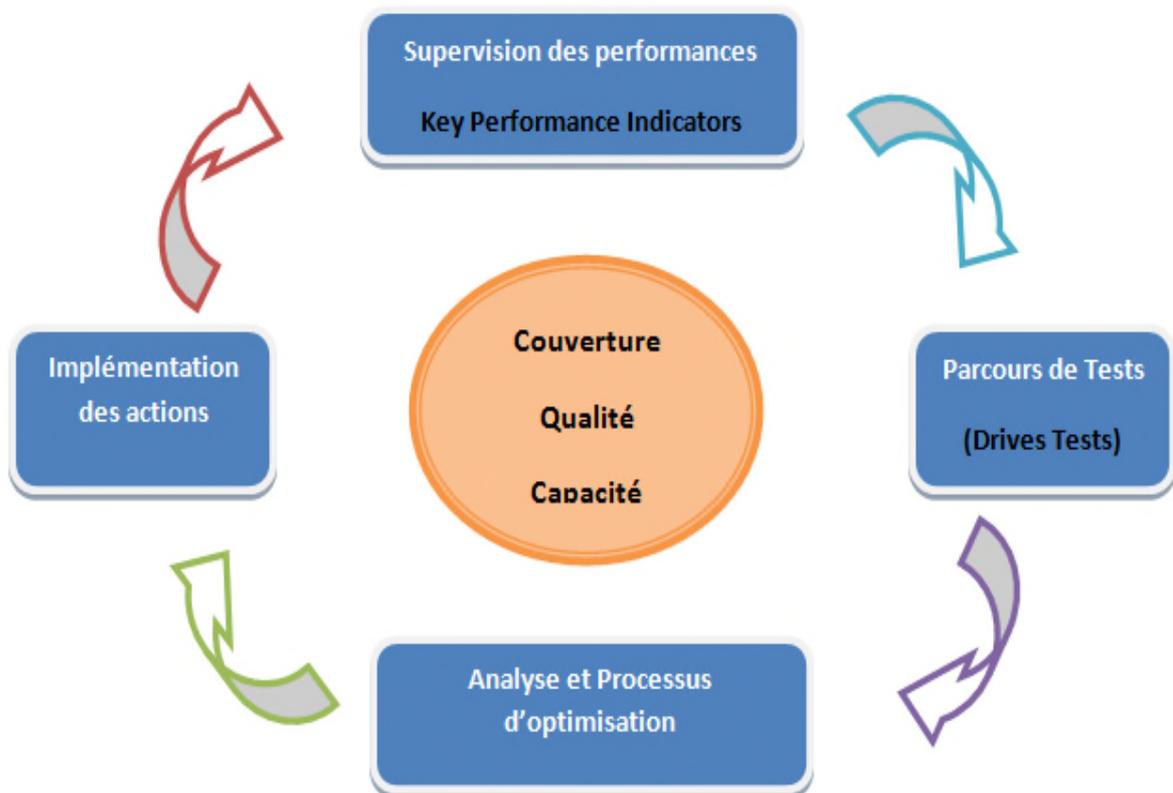


Figure IV.1 : Schéma général du processus d'optimisation

Le processus d'optimisation est un cycle récurrent et continu auquel on fait appel plusieurs fois dans un même réseau de communication mobile, soit juste après le déploiement du réseau et c'est ce qu'on appelle la pré-optimisation, ou après le lancement du réseau.

Le cycle d'optimisation comme le montre le schéma ci-dessus commence par la supervision des performances à travers des statistiques (KPI), puis l'analyse de ces statistiques pour relever les problèmes, ensuite une analyse globale des KPIs et des résultats des parcours de tests qui permettront d'énumérer un certain nombre d'actions à entreprendre. Après validation de ces actions, on reprend le cycle depuis son début. [8].

IV.4. DEFINITIONS DES KPIs (KEY PERFORMANCE INDICATORS):

Un KPI est le résultat d'une formule qui est appliquée aux compteurs (appelés les indicateurs de performance). Au niveau de l'opérateur Mobilis les KPIs sont extraits dans des rapports de format prédéfinis. Ces rapports sont adressés ensuite aux ingénieurs d'optimisation pour les employer pour différents buts; Le mécanisme est illustré sur la figure suivante. [11].

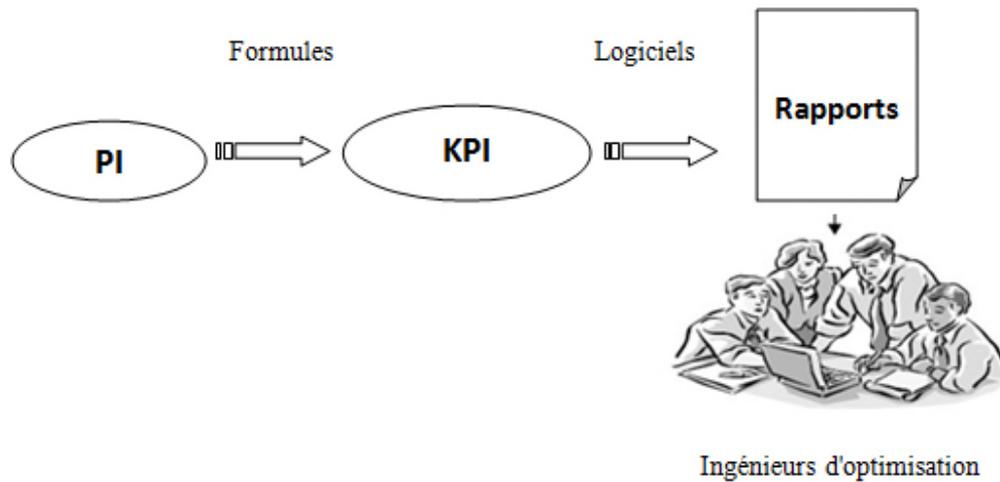


Figure IV.2 : Mécanisme d'extraction des KPIs

IV.5. METHODOLOGIE D'OPTIMISATION

L'optimisation radio au sein de l'opérateur public Mobilis est assurée par une équipe d'ingénieurs d'optimisation qui veillent quotidiennement à une bonne gestion des ressources du réseau. Ces ingénieurs travaillent dans un centre dit N.P.O.C (Network Performance Optimisation Center) et utilisant deux outils d'investigation :

- Les statistiques ;
- Les drives tests.

IV.5.1. Les statistiques

Les statistiques sont la manière la plus efficace pour surveiller les performances du réseau. La surveillance du réseau est un élément principal pour atteindre la meilleure qualité du service, en collectant les différents indicateurs de performances des différents NODE-b grâce à des compteurs implémentés aux niveaux des NODE-b du réseau. [11].

La collecte se fait avec un logiciel spécifique qui permet de gérer les paramètres radio. Les indicateurs de performances les plus utilisés sont :

- L'accessibilité et l'admission ;
- Le trafic ;
- La maintenabilité (continuité).

La notion de statistiques dans les réseaux mobiles, se rapporte à un ensemble de métriques qui aident l'opérateur dans trois fonctions principales :

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

IV.5.1.1. L'accessibilité :

C'est la possibilité pour l'utilisateur d'établir un appel, donc d'accéder au réseau, quand il veut, et où il le veut. Elle se calcule dans le réseau UTRAN sur deux étapes : RRC et RAB, et par rapport à différents services. Le tableau ci-dessous donne le pourcentage d'établissement d'une connexion RRC et le RAB par rapport aux services demandés par l'utilisateur. On peut avoir le taux de pourcentage d'une connexion RRC pour les deux domaines CS et PS comme on peut calculer le taux du RAB pour le domaine PS, HSDPA, HSUPA. [12].

➤ Le pourcentage d'accessibilité RRC se calcule par la formule suivante :

$$P[RRC] = 100 \times \frac{Req\ Succes[UTRAN]}{Req\ Attempt\ PS[UTRAN]} \quad (IV.1)$$

Avec :

Req Succes[UTRAN]: Le taux de succès d'établissement de connexion des ressources de contrôle RRC dans le domaine PS.

Req Attempt PS[UTRAN]: Le nombre d'essais d'une connexion RRC de la part des usagers.

Date	UCell Name	OverAll PS Accessibility	RRC_SUCCESS	RAB HS SUCCESS	RAB PS SUCCESS	RAB EUL SUCCESS
01/04/2014	3akaA	99,45	99,83	99,62	99,63	98,83
03/04/2014	AlmnA1	97,97	99,10	98,86	99,06	99,24
06/04/2014	AlmnB1	99,83	100,00	99,83	99,94	99,80
08/04/2014	AlmnC1	92,66	98,90	93,69	98,41	92,91
10/04/2014	MaksodA	99,34	99,51	99,84	99,80	0,00
14/11/2012	MaksodB	90,92	94,38	96,34	99,71	0,00
16/04/2014	MaksodC	96,62	99,80	96,81	99,94	0,00
20/04/2014	MdioneA	97,91	99,24	98,67	98,94	0,00
22/04/2014	MdioneB	99,21	99,88	99,32	99,03	0,00
24/04/2014	AshtarC	99,66	100,00	99,66	99,66	99,48
28/04/2014	AyaA	97,47	98,35	99,10	98,96	97,23
30/04/2014	FolkB	74,12	92,79	79,89	86,58	0,00
03/04/2014	FreedomB	98,13	98,95	99,17	99,09	99,43

Tableau IV.1 : Mesure de l'accessibilité

Pour illustrer le calcul, nous considérons les cellules MNSORC1 et THKNAHC.

<i>Date</i>	<i>UCell Name</i>	<i>All-accessibility</i>	<i>RRC Req PS Attempt</i>	<i>RRC ReqPs Success</i>	<i>RRC-Success</i>
03/04/2014	MNSORC1	58,4312595	3089	2996	96,99
03/04/2014	THKNAHC1	63,03340027	7997	7927	99,12

RRC-SUCCESS= (2996/3098)*100=96.99 (dans la cellule MNSORC1)

RRC-SUCCESS= (7927/7997)*100=99.12 (dans la cellule THKNAHC)

➤ Le pourcentage d'établissement du RAB se calcule de la même manière suivante :

$$P[RAB] = 100 \times \frac{RAB \text{ Establish Success } PS}{RAB \text{ Establish Attempt } PS} \quad (IV.2)$$

Avec :

RAB Establish Success PS : Taux de succès d'établissement d'une connexion RAB.

RAB Establish Attempt PS : Nombre d'essais d'une connexion RAB.

Pour illustrer le calcul, le tableau suivant considère la même cellule que celle de la connexion RRC.

<i>RAB Establish Attempt.packet HS</i>	<i>RAB Establish success .packet HS</i>	<i>RAB_HS_success</i>
3836	2311	60,25
9220	5863	63.69

Le RAB_HS_SUCCESS= (2311/3836)*100=60.25 (dans la cellule MNSORC1)

Le RAB_HS_SUCCESS= (5863/9220)*100=63.59 (dans la cellule THKNAHC)

❖ **Problème et solution de l'accessibilité :**

Les problèmes rencontrés dans ce KPI, lors de l'établissement d'appel sont :

➤ **Problèmes liés au rejet de la connexion RRC**

L'échec de l'établissement de cette connexion est dû essentiellement à un manque de code de canalisation, à une insuffisance de la puissance en DL ou à un manque de contrôleur de signal au niveau du NODE-b. Le tableau IV.2 résume les différents problèmes liés à l'admission control.

Date	UCell Name	Lack of Codes	Lack DL HW	Lack UL HW	Lack DL Power	Transmission Problem
01/04/2014	SlmneB	9	0	0	0	0
03/04/2014	AshtarA	6	0	0	0	0
06/04/2014	FolkA	2	0	0	0	0
08/04/2014	HABIBA1	0	0	0	0	5
10/04/2014	HABIBB1	0	0	0	0	0
14/04/2014	HABIBC1	0	0	0	0	5
16/04/2014	HaddadA	0	0	0	0	0

Tableau IV.2 : Mesure de l'admission control pour le RRC

➤ Solutions au problème de rejets de la connexion RRC

- Pour le manque de code (Lack of Codes) : la solution envisagée est de faire appel à une autre fréquence afin d'avoir un autre arbre de codes qui sera utilisé par la suite.
- Pour le manque de puissance (Lack DL Power) : la solution est d'ajouter des étages amplificateurs à ceux existant au niveau des NODE-b
- Pour le manque de processeur (Lack DL/UL HW) : on procède de la même manière que pour les amplificateurs c'est-à-dire qu'on ajoute des processeurs afin de vérifier et de corriger le signal au niveau du NODE-b

D'autres problèmes sont liés aux rejets de la connexion RRC, par exemple par manque de capacité de l'interface Iub, l'UE ne reçoit pas le message RRC CONNECTION SETUP ou encore le NODE-b ne reçoit pas le message RRC CONNECTION SETUP COMPLETE.

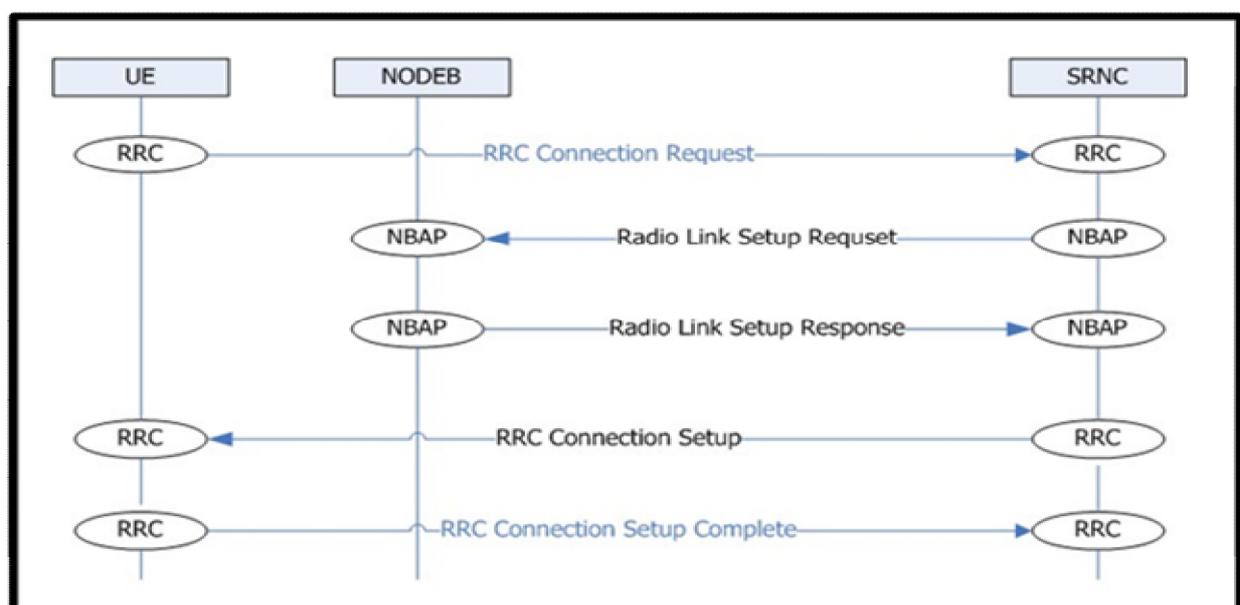


Figure IV.3: Les messages de signalisation d'établissement de la connexion RRC

➤ Problèmes liés à l'établissement d'une connexion RAB

Les problèmes d'établissement d'une connexion RAB sont les mêmes que pour la connexion RRC c'est-à-dire le manque de codes, l'insuffisance de la puissance DL, ou le manque de processeurs contrôleurs de signal au niveau du NODE-b.

Date	UCell Name	Lack DL Power	Lack DL Codes	Lack DL ASE	Lack UL ASE	LackUIHw	LackDIHw
01/04/2014	000_ApartmentA	0	0	0	0	0	0
03/04/2014	000_ApartmentB	5	0	0	0	0	0
06/04/2014	000_ApartmentC	0	0	0	0	0	0
08/04/2014	3akaA	0	0	1	0	0	0
10/04/2014	3akaB	0	0	0	0	3	0
14/04/2014	3akaC	0	0	0	0	0	10
16/04/2014	3amaraA	3	6	0	0	0	0

Tableau IV.3 : Mesure de l'admission control pour le RAB

D'autres causes d'échec de connexion RAB sont :

- Déclenchement de relocalisation ;
- Échec d'établissement d'une connexion transport ;
- Des fonctionnalités qui ne sont pas supportées par l'UTRAN ;
- Lack DL/UL ASE (Air Speech Equivalente) qui est un problème d'interférence entre usagers au niveau de l'interface radio.

➤ Solutions aux problèmes liés à l'établissement d'une connexion RAB

Les mêmes solutions aux problèmes de connexion RRC sont prévues pour les problèmes d'établissement d'une connexion RAB, mis à part le problème d'interférences Lack DL/UL ASE.

Deux solutions sont prévues pour y remédier à ce dernier : La première consiste à ajouter une fréquence qui va augmenter la bande passante et éviter ainsi les interférences entre usagers. La deuxième solution est de réduire la zone de couverture au niveau des NODE-b pour diminuer le nombre d'usagers, ces derniers éliminés seront pris sur une cellule voisine.

Pour diminuer la couverture, on procède à une inclinaison de l'antenne de transmission avec un angle de 2°.

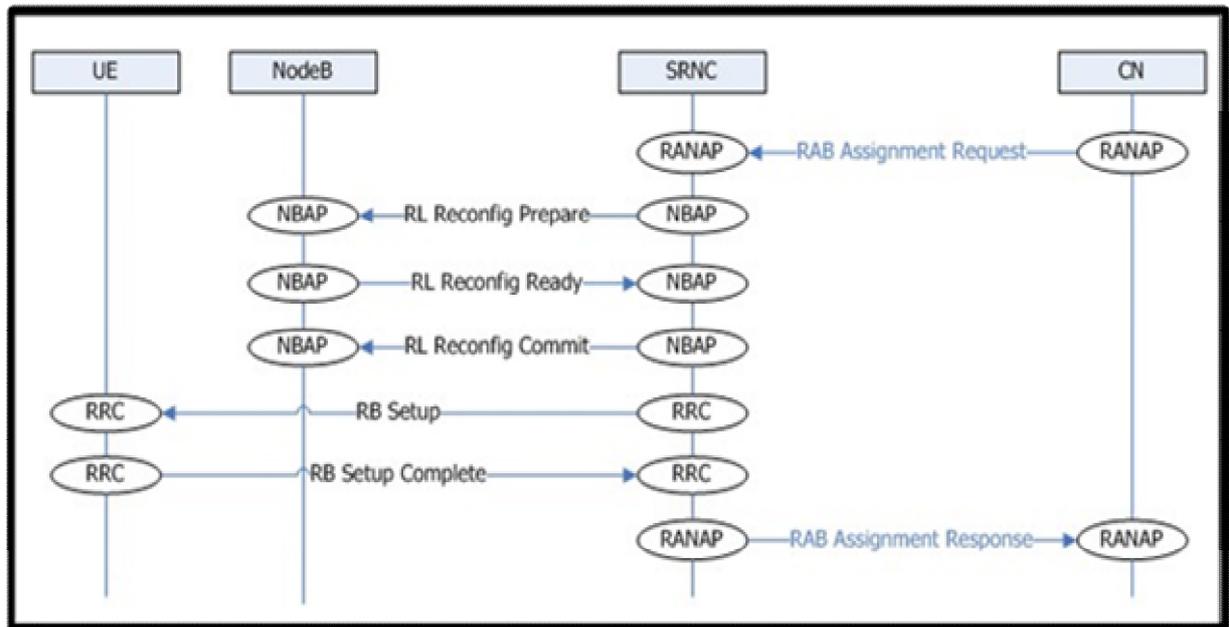


Figure IV.4 : Les messages de signalisation associée au RAB

IV.5.1.2. Le Trafic :

Le trafic est l'indicateur de performance mesurant le débit du travail sur les cellules, on distingue les appels PS et les appels HSDPA et HSUPA, comme on mesure aussi le débit montant total ainsi que le débit descendant. Pour les mesures de ce paramètre, il n'y a pas de seuil fixe à comparer, car cela dépend de la taille des cellules ou du RNC. On distingue le cas urbain du cas rural. Toutefois, une valeur très faible est signe de problèmes qui pouvant être liés à un dysfonctionnement du NODE-b par exemple ; Les résultats du trafic sont pris sous forme de moyenne sur toute une journée ou une heure de charge où on mesure le maximum du trafic. [12].

Durant notre stage nous avons prélevés les résultats du trafic pendant toute une semaine. Les résultats sont dans le tableau suivant :

Date	UCell Name	Total PS Traffic	DownCellAuto	DL_64	DL_128	DL_384	HSDPA	otal DL Traffi
03/04/2014	3000_ApartmentA	0,16	15	0,00	0,02	0,00	0,15	0,16
06/04/2014	3000_ApartmentB	0,10	15	0,00	0,03	0,01	0,06	0,10
06/04/2014	3000_ApartmentC	0,11	15	0,00	0,00	0,00	0,11	0,11
08/04/2014	3akaA	503,93	0	0,00	0,04	0,20	391,13	391,37
10/04/2014	3akaB	4 819,01	0	0,00	1,12	17,88	4 163,58	4 182,58

Tableau IV.4 : Mesure du trafic

Le tableau IV.4 donne les différentes valeurs du débit ainsi que le débit choisi par les abonnés, on distingue le trafic à 64 kbits/s, 128kbits/s, 384kbits/s, puis on donne le total du trafic sur ces cellules par exemple dans la cellule (3akaA), le total des appels PS est de 503.93.

Le total du trafic en voie descendante est de 391.37, ce résultat est donné par la somme des DL trafic DL-64+DL-128+DL-384+HSDPA= 0+0.04+0.20+391,13 =391.37.

Le total du trafic en voie montante dans la même cellule est de 112.56, ce résultat est donné exactement par la même méthode que celui du DL

IV.5.1.3. La maintenabilité (Retainability) :

La maintenabilité est définie comme étant la capacité de l'utilisateur de maintenir son service ou sont appel téléphonique une fois relié pour la durée désirée, sans être déconnecté par le réseau. Les indicateurs de maintenabilité de l'appel sont :

❖ Taux de coupure :

On peut tirer des informations sur le taux de coupure d'appels sur l'interface radio et le taux total de coupure d'appels détectés par UTRAN.

✓ Taux de coupure de la voie :

Le tableau suivant donne les mesures des coupures de la voie enregistrées pendant notre stage.

Date	RNC Name	UCell Id	Speech_Drop_Rate	pmNoSystemRabReleaseSpeech	pmNoNormalRabReleaseSpeech
20/04/2014	RNCMUS1	163124U	1,45	1	68
22/04/2014	RNCMUS1	163124V	0,00	0	157
24/04/2014	RNCMUS1	163124W	0,00	0	0
01/05/2014	RNCMUS1	163144U	0,00	0	23
04/05/2014	RNCMUS1	163144V	0,00	0	112
06/05/2014	RNCMUS1	163145U	0,00	0	135

Tableau IV.5 : Mesure du taux de coupure de la voie

Le taux de coupure de la voie est donné par la formule suivante :

$$P[DROP] = 100 \times \frac{RAB \text{ Release Speech}}{RAB \text{ Release CS64}} \quad (IV.3)$$

Avec : **RAB Release Speech** : Taux d'appels anormaux.

RAB Release CS64 : Taux d'appels normaux.

A titre d'exemple, le taux de coupure de la voie dans la cellule 163124, est de 1.45. Ce résultat est obtenu de la manière suivante : $(1 \times 100) / (1 + 68) = 1.49$ soit approximativement 1.45.

✓ **Taux de coupure de la connexion HSDPA :**

Le tableau suivant donne les mesures du taux de coupure HSDPA dans les mêmes cellules.

Date	RNC Name	UCell Id	HS Drop Rate (HSDPA)	pmNoSystemRbReleaseHs	pmNoNormalRbReleaseHs
20/04/2014	RNCMUS1	163124U	1,51	38	262
22/04/2014	RNCMUS1	163124V	2,05	224	1148
24/04/2014	RNCMUS1	163124W	0,00	0	0
01/05/2014	RNCMUS1	163144U	0,15	4	153
04/05/2014	RNCMUS1	163144V	0,17	5	277
06/05/2014	RNCMUS1	163145U	0,36	21	1101

Tableau IV.6 : Mesure du taux de coupure HSDPA

L'équation qui donne le taux de coupure HSDPA est :

$$P[\text{DROP HS}] = 100 \times \frac{\text{RAB Release HS}}{\text{Normal RAB Release HS}} \quad (\text{IV.4})$$

avec : **RAB Release HS** : Taux de coupure HS anormaux.

Normal RAB Release HS : Taux de coupure HS normaux.

✓ **Taux de coupure des appels PS :**

L'équation qui donne le taux de coupure des appels PS est la même que celle du taux de coupure HSDPA, sauf que cette fois ci c'est dans le domaine PS. Voir équation (IV.5)

$$P[\text{DROP PS}] = 100 \times \frac{\text{RAB Release PS}}{\text{Normal RAB Release PS}} \quad (\text{IV.5})$$

Date	RNC Name	UCell Id	PS Drop Rate	pmNoSystemRabReleasePacket	pmNoNormalRabReleasePacket
20/04/2014	RNCMUS1	163124U	2,14	51	2327
22/04/2014	RNCMUS1	163124V	0,37	10	2712
24/04/2014	RNCMUS1	163124W	10,77	28	232
01/05/2014	RNCMUS1	163144U	2,17	57	2575
04/05/2014	RNCMUS1	163144V	2,39	17	695
06/05/2014	RNCMUS1	163145U	0,79	24	3023

Tableau IV.7 : Mesure du taux de coupure PS

- Les causes de coupures pour la voie, HSDPA et PS sont :
- La perte de synchronisation UL ;
 - Le manque de relation voisinage ;
 - Déconnexion due au soft Handover ;
 - Coupure dû au Handover inter système.

IV.5.2. Le drive test :

Le drive test est le second outil d'optimisation de l'interface radio. Il consiste en des tests sur les performances du réseau lors des sorties d'investigation sur toutes les zones de couvertures. Les techniciens récupèrent les mesures prélevées pendant le parcours fait en voiture pour les interpréter une fois de retour à leur siège.

Le drive test permet aussi de constater l'état de la qualité du réseau UMTS et offre la possibilité d'amélioration en termes de couverture.

Les équipements utilisés lors d'un drive test sont :

- Un logiciel spécifique installé sur un PC portable ;
- Deux terminaux mobiles spécifiques munis de deux antennes externes placées sur le toit de la voiture, le premier mobile est utilisé pour établir un appel d'essai, le second scanne les fréquences de la zone radio ;
- Un récepteurs GPS (Geographical Position System) pour la localisation géographique des points de mesures ;
- Un scanner pour mesurer le niveau du champ et la qualité de l'environnement radio.

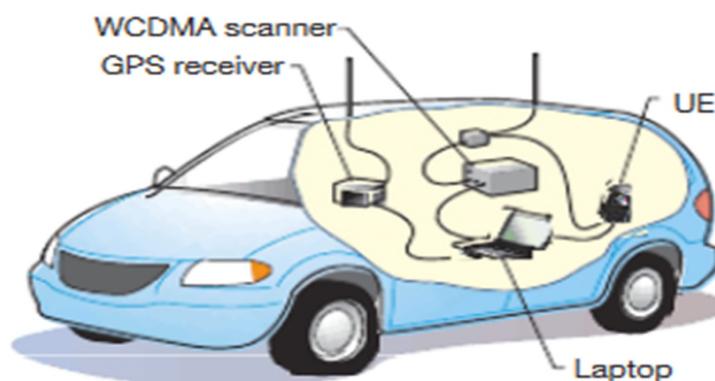


Figure IV.5 : Equipement du drive test

Le drive test se fait en deux étapes :

- Le SSV (Single Site Verification) ;
- Le CV (Cluster verification).

IV.5.2.1. SSV (Single Site Verification):

Le SSV se fait selon deux méthodes différentes, la première consiste à faire le test dans le cas statique en choisissant un point particulier, dans la majorité des cas on le fait en face de la cellule. Tandis que dans le second est réalisé dynamiquement tout en se déplaçant autour des cellules.

IV.5.2.2. CV (Cluster Verification) :

Ce drive test est utilisé uniquement pour vérifier le Handover. Le but du test est de vérifier la continuité d'appel lors de changement de cellule.

IV.5.2.3. Évènements enregistrés :

Pour mieux illustrer la procédure des drives tests, nous allons présenter les différents problèmes rencontrés lors de nos investigations, afin d'avoir une idée globale sur le fonctionnement du réseau UMTS. Nos tests ont été effectués à Ain Beniane, l'aéroport Houari Boumediene, l'Hussein Dey et Blida.

Lors de nos investigations les évènements enregistré lors de nos sorties sont illustrés ci-après :

- **Problème lié au manque de puissance de signal (RSCP)**

Durant notre première sortie dans la région d'Ain Beniane, nous avons remarqué qu'il y'a un manque de signal reçu par le mobile dû à un problème de couverture.

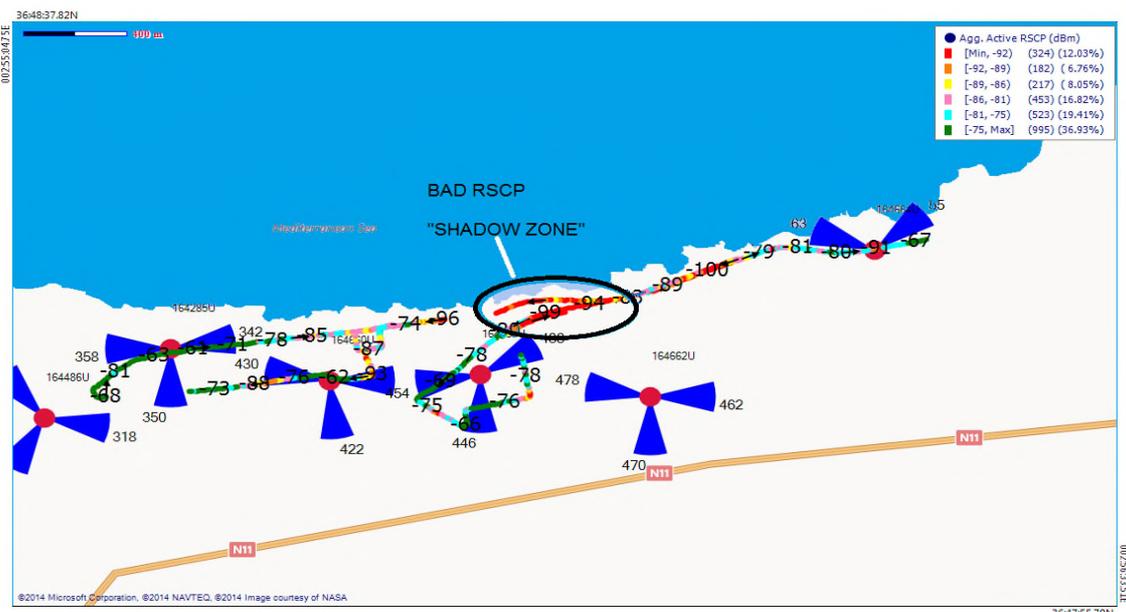


Figure IV.6 : Niveau du signal reçu(RSCP)

En effet la figure ci-dessus montre qu'il y a une baisse du signal au niveau de la zone entouré d'un cercle en bleu. Les points rouges dans cette zone indiquent une mauvaise qualité de signal, qui varie entre la valeur minimal et -92dBm , cette mauvaise qualité du signal est causée par la présence d'une zone d'ombre (Shadow zone) qui perturbe la propagation du signal.

La figure IV.7 prise par Google Earth de la zone d'ombre montre qu'il y a dans ladite zone d'ombre deux grandes collines qui nuisent à la propagation du signal.

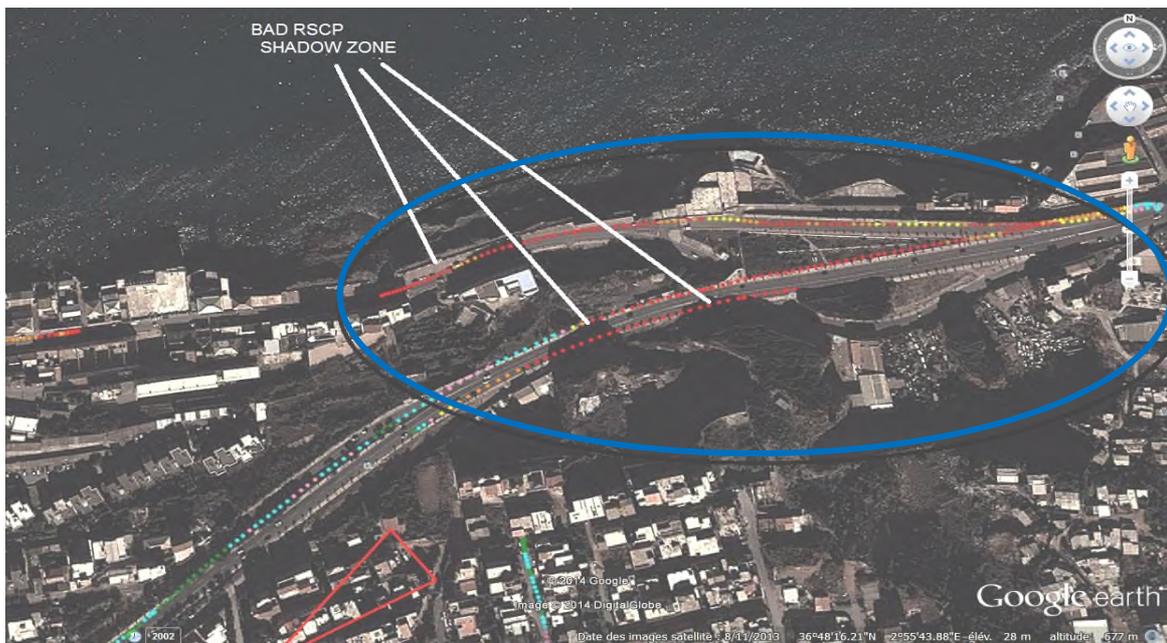


Figure IV.7 : Image de la zone d'ombre

Pour remédier à ce manque de qualité de signal plusieurs solutions sont possibles :

- Augmentation de la puissance du signal au niveau du NODE-b ;
- **Ajustement du Tilt** : le tilt d'une antenne qui correspond à son angle d'inclinaison dans un plan vertical. En inclinant l'antenne vers le bas, cet angle augmente.

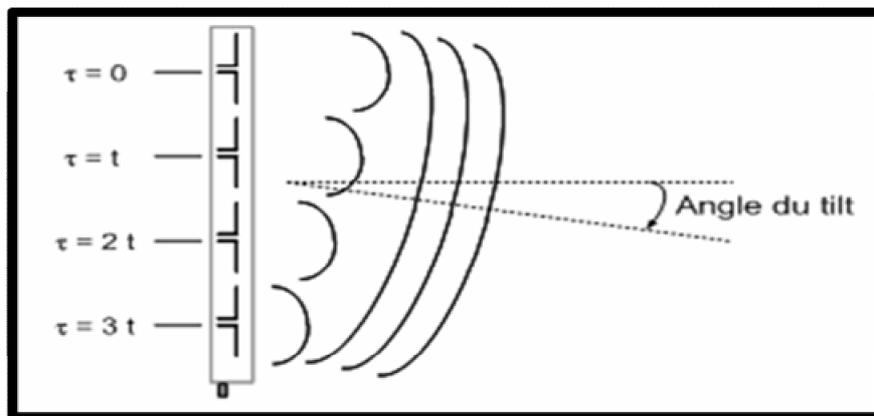


Figure IV.8 : Schéma d'une antenne à tilt électrique

- Ajustement de l'azimut :** L'angle d'azimut correspond à l'orientation du lobe principal de l'antenne dans le plan horizontal. Idéalement, dans un site tri-sectoriel, l'orientation des antennes est séparée de $2\pi/3$; une modification de l'angle d'azimut peut être utile suite à un effet de masque lié au paysage ou à des bâtiments, qui peuvent causer des réflexions et des interférences indésirables.

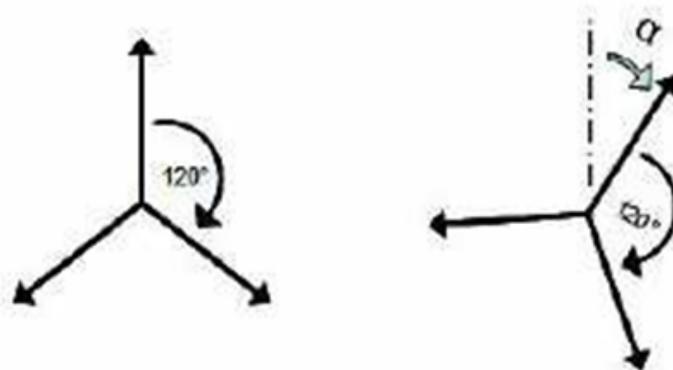


Figure IV.9 : Ajustement de l'azimut de l'antenne

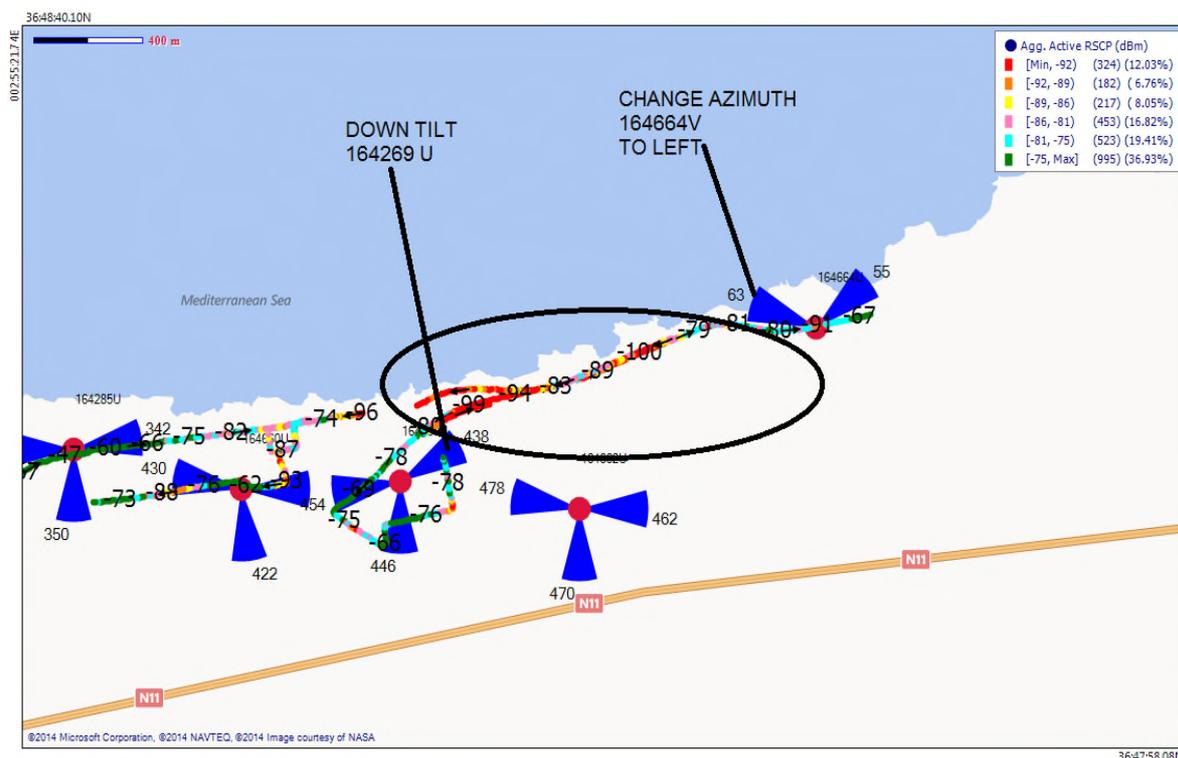


Figure IV.10: Ajustement de l'azimut et du tilt

➤ **Problème lié à un manque de déclaration de voisinage (Missing Neighbors)**

Pendant notre deuxième sortie à l'aéroport d'Alger, nous avons enregistré un Handover inter systèmes c'est-à-dire un passage du réseau 3G au réseau 2G alors qu'on devait rester sur le réseau 3G vu qu'il était disponible.

Ce problème est causé par un manque de déclaration de voisinage entre deux cellules (cell1-164240 et cell2-164453) pointés sur la figure IV.11. Ou en d'autres termes le mobile est connu de la cellule 1 mais pas de la cellule 2.

Pour y remédier au problème de voisinage, la solution est d'opérer une modification de la configuration de la cellule 164240 par une meilleure déclaration de son voisinage avec la cellule 164453.

À noter qu'avant la même sortie nous avons constaté que pour la cellule 2 : 70% des codes (DL) étaient alloués aux utilisateurs et 30% pour les Hand Over. Tandis qu'après la configuration entre les deux cellules: 82% des codes en DL étaient alloués aux utilisateurs et 18% pour les Hand Over.

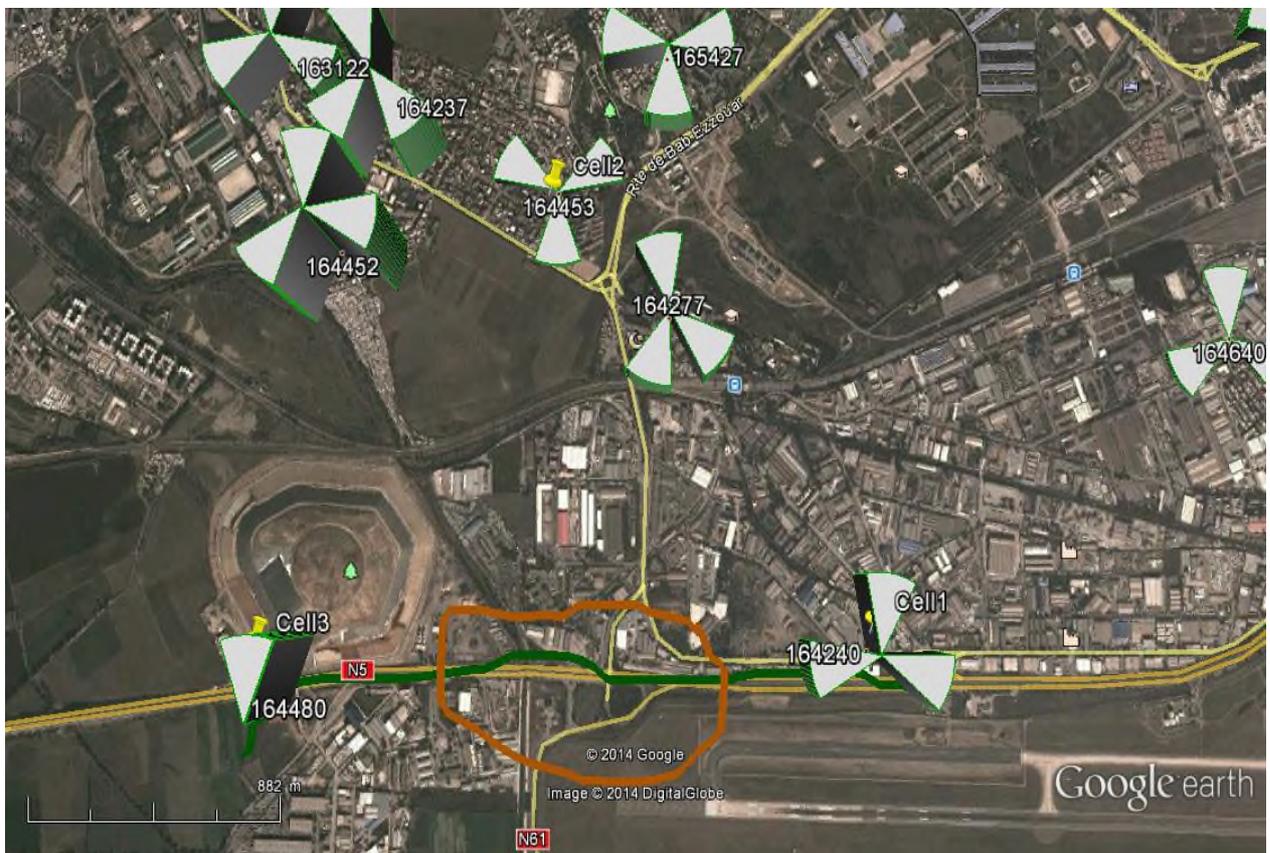


Figure IV.11 : Problème de la relation de voisinage

➤ Problème d'interférences

Dans ce problème, nous avons trois cellules voisines qui ont un bon niveau de champs avec des valeurs très proches, ce qui cause de fortes interférences et par conséquent une dégradation au niveau de la qualité qui provoque des coupures d'appel. Les flèches rouges sur la figure IV.12 représentent les coupures d'appels, ce drive test a été réalisé à la wilaya de Blida.

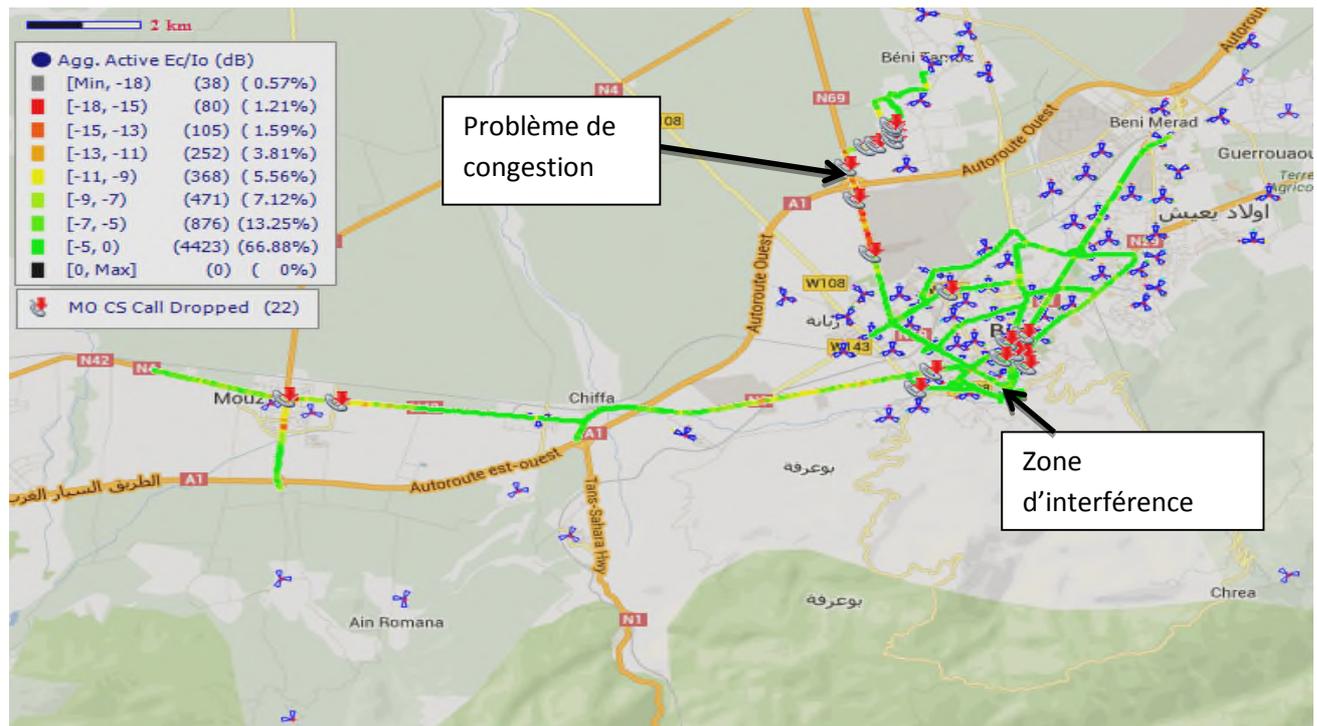


Figure IV.12 : Zone du problème d'interférence

Dans ce problème on propose aussi un Down tilt des antennes de transmission

L'autre problème enregistré dans la région de Blida (commune de Beni Yesser) est causé par une congestion due à une indisponibilité de ressources dans cette zone.

Les solutions proposées à ce problème sont :

- Down tilt pour diminuer la zone de couverture ;
- Ajouté une autre fréquence, ainsi en aura deux fréquence dans le site pour améliorer la capacité et donc avoir la possibilité de répartir les utilisateurs sur les secteurs (partage des ressources).

➤ *Problème lié aux interférences (pilot pollution)*

Le problème est dû généralement aux interférences qui peuvent être rencontrées dans les cellules ou l'on a un niveau de signal élevé mais avec une mauvaise qualité.

Dans notre cas au niveau de la région d'Hussein Dey, les cellules 164396 et 164676 ont une dégradation de la qualité du signal dû aux interférences causées par la présence d'autres signaux reçus avec un bon niveau de signal de plusieurs cellules voisine.

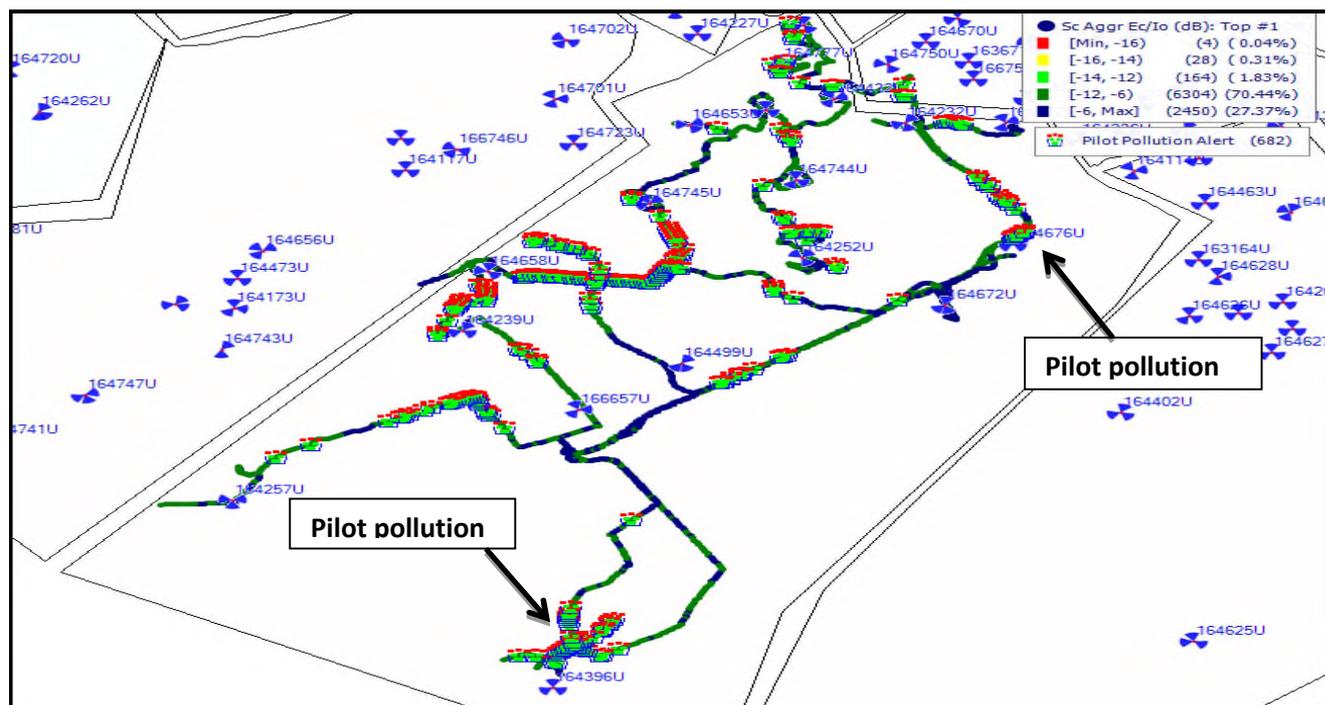


Figure IV.13: Détection du problème de pilot pollution.

La solution la plus envisageable pour ce type de problème est de faire un réajustement au niveau des sites voisins, d'opérer une mise à jour des tilts des cellules qui causent des interférences, ou d'effectuer des réajustements au niveau des sites voisins.

IV.6. CONCLUSION

L'optimisation au sein de l'opérateur MOBILIS nous a permis de nous familiariser avec le travail d'ingénieur d'optimisation, d'avoir un contact avec les équipements du réseau 3G et de profiter des outils logiciels disponibles.

L'optimisation est d'importance majeure dans le cycle de vie d'un réseau cellulaire puisqu'elle est la base pour la qu'elle le réseau sera maintenu dans sa totalité fonctionnelle.

Dans ce chapitre nous avons présenté les deux méthodes d'optimisation, en premier lieu nous avons présenté la notion des statistiques, leurs utilisations et comment les évaluer dans le réseau, en suite on a présenté le drive test seconde étape dans l'optimisation qui consiste à améliorer le réseau en faisant des tests de parcours sur des régions contaminées.

Conclusion générale

Les rapides avancées technologiques de cette dernière décennie dans le domaine des télécommunications ont certes permis de varier les services offerts aux utilisateurs mais ont engendré des difficultés aux opérateurs de réseaux mobiles par des exigences d'évolution et de migration vers des réseaux de nouvelles générations. Cela invoque des investissements lourds et soutenus. Les coûts de déploiement des réseaux de deuxième génération comme le GSM ne sont pas encore totalement amortis mais la migration vers les réseaux de la troisième génération offre aux opérateurs des solutions plus avantageuses dans le domaine radio et de réseau cœur qui se traduisent par plus de souplesse dans le choix de la topologie ou des services ou encore mieux par l'opportunité de déployer un réseau UMTS tout en gardant l'existant, à savoir le réseau GSM.

Cela exige des analyses technico-économiques très approfondies avant de lancer une migration vers les réseaux radio mobiles de nouvelles générations (3G ou 4G). De ce fait, l'opérateur doit multiplier ses mesures sur le terrain, affiner ses simulations de prédiction de charges dans les zones de couverture et maîtriser le coût de ses investissements pour enfin décider de l'architecture adéquate pour son réseau. Dans les réseaux 3G, l'évolution des sous-réseaux d'accès et sous-réseaux cœur s'effectuent séparément. Pour la partie radio, l'objectif est d'avoir des débits comparables à ceux offerts par les réseaux fixes en exploitant au maximum l'interface radio. En parallèle, l'évolution de la partie cœur doit converger vers des solutions tout IP comme le réseau Internet.

L'étude que nous avons menée dans ce mémoire, a révélé toute l'importance et la difficulté d'une tâche comme celle de la planification des réseaux 3G. Nos investigations dans ce domaine nous ont conduits à comprendre les fonctionnalités de la couche physique des réseaux afin de maîtriser les méthodes d'accès basées sur le WCDMA utilisées dans les releases R99 et R5 (technologie HSDPA). Nous avons ensuite abordé la problématique du contrôle de puissance, qui est fondamentale pour l'augmentation de la capacité, le maintien de la couverture et de la qualité des signaux dans les réseaux comme l'UMTS. Par ailleurs, nous avons étudié et analysé les différents processus de planification et d'optimisations du réseau d'accès ainsi que les outils utilisés en pratique par l'opérateur public Mobils.

Dans cette dernière phase d'optimisation du réseau d'accès UTRAN, nous retenons que cette tâche implique la prise en considération de divers aspects (couverture, capacité, qualité et coût), chacun dépendants de plusieurs paramètres. Pour cela, le planificateur de réseau doit constamment affiner ses algorithmes d'optimisation avant même l'installation de l'infrastructure. Cette étude nous a ainsi permis d'approfondir nos connaissances dans le domaine des réseaux mobiles, notamment sur les différentes évolutions accomplies dans la partie *Core* des réseaux et sur la partie accès radio, sur les contraintes et les avantages de migration vers les nouvelles générations, ainsi que sur les enjeux technico-économiques auxquels sont confrontés les opérateurs lors du dimensionnement et de la planification de leurs réseaux.

Bibliographie

- [1] Xavier LAGRANGE « Principes et évolutions de l'UMTS », Hermès science publication,
- [2] Paul RAOULT, Benjamin TABARIES « UMTS », DUNOD ,06/12/2004, 340pages
- [3] Pierre LESCUYER « Principe, architecture et service de l'UMTS », DUNOD, 3^{ème} édition, 24/05/2006, 360pages
- [4] Javier SANCHEZ, Mamadou THIOUME « UMTS Release 5, 6,7, 3G, HSUPA, LTE », Hermès Science Publications, 2^{ème} édition, 01/11/07, 552pages
- [5] Julien CHAMBILLE, François PONTVIANN, Dominique TRAN « Téléphonie de Troisième Génération », université paris sud11, 30/03/2007.
- [6] Huawei Technologies « UMTS Radio planing Introduction » .CO LTD
- [7] Ericsson « WCDMA Radio Access Network Optimisation » 2011
- [8] Ericsson « WCDMA Access Problms Analysis » 2011
- [9] Ericsson « WCDMA Air Interface » 2008
- [10] Ericsson « UMTS Planing and Dimensioning » 2008
- [11] Huawei « optimisation of WCDMA » 2006
- [12] Huawei « The HSDPA and HSUPA Evolution » 2008

Webographie

[13] <http://fr.slideshare.net/mhamdiimed39/rapport-stage-ingnieur> [accédé le 06/04/2014]

[14] <http://fr.wikipedia.org>

[15] <http://www.memoireonline.com/02/12/5284/tude-de-dimensionnement-et-planification-dun-reseau-dacces-WCDMA-3G.html> [accédé le 18/04/2014]

[16] <http://fr.scribd.com/>

[17] http://www.sodeico.org/index.php?option=com_neorecruit&task=offer_view&id=386&Itemid=91 [accédé le 04/05/2014]

[18] http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2006/eric_meurisse/umts.php