

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



**جامعة بجاية  
Tasdawit n Bgayet  
Université de Béjaïa**

**MEMOIRE  
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE  
MASTER**

**Domaine : Science et Technologie  
Filière : Télécommunications  
Spécialité : Réseaux et Télécommunication**

*Présenté par*

**OUAZZIZ Yacine  
MESSAOUDI Hicham**

*Thème*

***Éléments de supervision & d'optimisation de  
réseaux radio mobiles***

**Soutenu en date du : 06/07/2019**

**Devant le Jury**

<i>Président</i>	<b>M. A. MEKHMOUKH</b>	<b>MCB U.A.M. Béjaïa</b>
<i>Examineur</i>	<b>M. H. BELLAHSENE</b>	<b>MCA U.A.M. Béjaïa</b>
<i>Encadreur</i>	<b>M. M. TOUNSI</b>	<b>MCB U.A.M. Béjaïa</b>
<i>Invité</i>	<b>M. N. MAYOUT</b>	<b>D.O Ooredoo, WTA</b>

**Année Universitaire : 2018/2019**

# **Remerciements**

**Nous remercions tout d'abord notre encadreur, Mr. Tounsi Mohamed, pour avoir encadré ce travail avec beaucoup de sérieux. Merci pour votre patience, votre indéfectible disponibilité, votre rigueur scientifique et la confiance que vous nous avez accordée au cours de l'élaboration de ce mémoire; Merci pour l'acuité de vos critiques et pour vos conseils éclairés.**

**Veillez trouver dans ces pages une infime partie de notre infinie reconnaissance.**

**Nous remercions également les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail.**

**Nos remerciements les plus chaleureux vont également à Mr. Mazari Walid, pour son soutien et son aide et ses conseils avisés et à toute l'équipe supervision pour leur accueil chaleureux et le temps qu'ils nous ont accordé.**

**Nous remercions également Mr. Mayout et Mr. Hamdoud et toute l'équipe optimisation pour l'aide précieuse dont ils nous ont fait part pour l'accomplissement de ce projet et le temps qu'ils nous ont accordé.**

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi,  
pour que je ne puisse manquer de rien, Puissé-je ne  
jamais manquer d'eux.

A mon frère Sidali, sans qui j'aurais fini avant.

A ma famille, dont le soutien a été indéfectible.

A Kahina qui ne tenait pas à figurer dans ce mémoire et  
qui s'y retrouve malgré elle.

A Yanis qui ne lira probablement jamais cette ligne.

A tous mes amis dont les noms n'ont pas été cités.

A Med Tounsi Mohamed sans qui ce PFE n'aurait pas  
été fait.

A Mr.Mazari pour son aide.

A mes camarades de section pour leurs  
encouragements.

**MESSAOUDI HICHAM**

# Dédicaces

Je tiens avant tout à dédier ce travail à la mémoire de mon défunt père, puisse Allah le miséricordieux lui ouvrir les portes de son paradis, pour l'éducation stricte, mais juste, qu'il m'a offerte, et tous ses conseils précieux qui ont fait de moi l'homme que je suis aujourd'hui.

A ma très chère mère, pour son soutien moral durant cette période trouble au cours de laquelle j'étais tellement stressé par la préparation de mon mémoire que j'aurais pu me perdre sans ses conseils aussi avisés qu'une claquette en nylon.

A ma sœur, pour avoir toujours été là pour moi, que ce soit pour m'aimer ou m'énerver, merci d'exister.

A Malek, Walid, Nabil et Oussama, ainsi qu'à toute l'équipe des ta3tou3, pour toutes les fois où j'ai pu oublier le stress en les éclatant aux dominos.

A Bunny, qui je sais pas, doit juste être là c'est tout, un peu comme à chaque étape importante de ma vie.

A toute l'équipe de JUDO de l'ASMB, qui représente ma seconde famille.

Ainsi qu'à toutes les personnes que j'aurais pu oublier, Amis et famille, auxquelles je présente mes excuses, mais croyez moi, je vous porte tous dans mon cœur, ou presque.

OUAZZIZ

Yacine

# *Liste des abréviations*

## #

**2G:**2<sup>nd</sup> generation(Réseaux de deuxième génération)

**3G:**3<sup>rd</sup> generation ( Réseaux de troisième génération)

**4G:**4<sup>th</sup> generation(Réseaux de quatrième génération)

## A

**ADSL:** Asymmetric Digital Subscriber Line (ligne d'abonné numérique à débit asymétrique)

**AGCH:** Access Grant CHannel (Canal d'autorisation d'accès)

**AP-AICH:** Access Preamble-Acquisition Indicator CHannel (Canal d'indication d'acquisition de préambule d'accès)

**AuC:** Authentication Center (Centre d'authentification)

## B

**BA-List:** BCCH Access-List (Liste d'accès BCCH)

**BCCH:** Broadcast Control CHannel (Canal de contrôle diffusion)

**BCH:** Broadcast CHannel (Canal de diffusion)

**BER:** Bit Error Rate (Taux d'erreur binaire)

**BSC:** Base Station Controller (Contrôleur de Station de Base)

**BSS:** Base Station Subsystem (sous-système radio)

**BTS:** Base Transceiver Station (Station Emettrice/Réceptrice)

## C

**C/I:** Carrier/Interferer(Porteuse/Interférant)

**CBCH:** Cell Broadcast Channel (Canal de diffusion sur une cellule)

**CBRA:** Contention Based Random Access (accès aléatoire basé sur les conflits)

**CCCH:** Common Control CHannel (Canal de contrôle commun)

**CD/CA-ICH:** Collision Detection/ CHannel Assignment-Indicator Channel(Canal indicateur d'attribution de canaux et détecteur de collisions)

**CDMA:** Code Division Multiple Access (Accès Multiple à division en codes)

**CFRA:** Contention Free Random Access (Accès aléatoire sans conflits)

## *Liste des abréviations*

---

**CPCH:** Common Packet CHannel (Canal de transfert de paquets commun)

**CPICH:** Common Pilot CHannel (Canal pilote commun)

**CS:** Circuit Switched (Commutation de circuits)

**CSICH:** CPC Status Indicator CHannel( canal indicateur de statut du CPC)

**CTCH:** Common Traffic CHannel (canal de trafic commun)

**CQI:** CHannel Quality Indicator (Indicateur de qualité du canal)

## **D**

**DCCH:** Dedicated Control CHannel (Canal de contrôle dédié)

**DCH:** Dedicated CHannel (Canal dédié)

**DL:** Downlink (Lien descendant )

**DPCCH:** Dedicated Physical Control CHannel (Canal physique de contrôle dédié)

**DPCH:** Dedicated Physical CHannel (Canal physique dédié)

**DPDCH:** Dedicated Physical Data CHannel (Canal physique de données dédiées)

**DRNC:** Drift Radio Network Controller (Contrôleur de réseau radio à la dérive)

**DSCH:** Downlink SHared CHannel (Canal partagé en voie descendante)

**DSL:** Digital Subscriber Link (lien d'accès numérique)

**DTCH:** Dedicated Traffic CHannel (Canal de trafic dédié)

## **E**

**E-RAB:** Evolved-Radio Access Bearer (porteuse pour accès radio évoluée)

**E-UTRAN:** Evolved-Universal Terrestrial Radio Access Network(Réseau à Accès radio universel terrestre évolué)

**EIR:** Equipment Identity Register (Registre d'identités des équipements)

**ENIQ:** Ericsson Network Intelligent Quotient (Quotient d'intelligence des réseaux Ericsson)

**eNodeB:** evolved NodeB (NodeB évolué)

**ePC:** evolved Packet Core (Réseau cœur paquet évolué)

## **F**

## Liste des abréviations

---

**F/TDMA:** Frequency/Time Division Multiple Access (Accès Multiple à division temporel/fréquentiel)

**FACCH:** Fast Associated Control Channel. (Canal de contrôle associé rapide)

**FACH:** Forward Access Channel (Canal d'accès de transfert)

**FCCH:** Frequency Correction Channel (Canal de correction de fréquence)

**FDD:** Frequency Division Duplex (Duplexage à division de fréquence)

**FDMA:** Frequency Division Multiple Access (Accès Multiple à division de fréquence)

**FER:** Frame Erasure Rate (Taux de suppression de trames)

## G

**GGSN:** Gateway GPRS Support Node (Nœud de support GPRS de la passerelle)

**GMSC:** Gateway Mobile Service switching Center (Centre de Commutation des mobiles passerelle)

**GPS:** Global Positioning system (Système de positionnement global)

**GSM:** Global System for Mobile (système global pour les mobiles)

## H

**HCS:** Hierarchical Cell Structure (Structure Hiérarchique des cellules)

**HLR:** Home Location Register (Registre de localisation nominale)

**HO:** Handover (Transfert intercellulaire)

**HSS:** Home Subscriber Server (Serveur d'abonnés Local)

**HP/TeMIP:** Hewlett-Packard/ Telecommunication Management Information Platform (Plateforme d'informations sur la gestion des télécommunications, par HP)

**HPOO:** HP Operations Orchestration (Orchestration des opérations HP)

## I

**IDLE:** Integrated DeveLopment Environment (Environnement de développement intégré)

**IMEI:** International Mobile Equipment Identity (Identité internationale de l'équipement mobile)

**IMS:** IP Multimedia Subsystem (Sous-système Multimédia IP)

**IMSI:** International Mobile Subscriber Identity (Identité Internationale de l'abonné mobile)

**IP:** Internet Protocol (Protocole internet)

## *Liste des abréviations*

---

**IRAT:** Inter Radio Access Technology (inter technologie d'accès)

**IT:** Information Technology (technologie d'information)

### **K**

**KPI:** Key Performance Indicator(indicateur clé de performance)

### **L**

**LTE:** Long Term Evolution (Evolution à long terme)

### **M**

**MFRMS:** MultiFRaMeS (Multi Trames)

**MME:** Mobility Management Entity (Entité De Gestion Mobilité)

**MS:** Mobile Station (Station Mobile)

**MSC:** Mobile Service switching Center (Centre de commutation de service mobile)

### **N**

**NAS:** Non-Access Stratum (Strate de non accès)

**NMC:**Network Management Center (Centre De Gestion du réseau)

**NSS:** Network SubSystem (Sous-système réseau)

### **O**

**OFDMA:** Orthogonal Frequency Division Multiple Access (Accès multiple à division en fréquence orthogonale)

**OMC:** Operation Management Center (Centre De gestion des opérations)

**OMC/N:**OMC/Network (réseau)

**OMC/R:** OMC/Radio

**OMS/S:** OMC/System

**OSI:** Open Systems Interconnexions(Interconnexions des systèmes informatiques)

**OSS:** Operations SubSystem (Sous-système des opérations)

### **P**

**P-CPICH:**Primary-Common Pilot Channel (Canal pilote commun primaire)

**P-CCPCH:** Primary-Common Control Physical Channel (Contrôle primaire commun Canal physique)

**PAPR:** Peak to Average Power Ratio (Rapport de puissance à Crête moyenne)

**PBCH:** Physical Broadcast CHannel (Canal physique de diffusion)

## *Liste des abréviations*

---

**PCCH:** Paging Control Channel (Canal de contrôle de paging)

**PCEF:** Policy and Charging Enforcing Function (fonctions d'application de la politique et des règles de facturation)

**PCFICH:** Physical Control Format Indicator CHannel (Canal indicateur du format de contrôle physique)

**PCH:** Paging Channel (canal de pagination)

**PCPCH:** Physical Common Packet CHannel (Canal physique paquet commun)

**PCI:** Physical Cell Indicator (indicateur de cellule)

**PCRF:** Policy and Charging Rules Function (Règle et politique de facturation)

**PDCCH:** Physical Downlink Control CHannel (Canal de contrôle physique sur le lien descendant)

**PDN:** Packet Data Network (Réseau de données paquet)

**PDSCH:** Physical Downlink Shared Channel (Canal physique partagé sur le lien descendant)

**PICH:** Paging Indicator Channel (Canal indicateur De paging)

**PLMN:** Public Land Mobile Network (Réseau mobile sur terrestre publique)

**PRACH:** Physical Random Access Channel (Canal physique d'accès aléatoire)

**PS:** Packet Switched (Commutation de paquets)

**PUCCH:** Physical Uplink Control CHannel (Canal physique de contrôle sur le lien montant)

**PUSCH:** Physical Uplink Shared CHannel (Canal physique partagé sur le lien montant)

## **R**

**RAB:** Radio Access Bearer (Porteuse d'accès radio)

**RACH:** Random Access CHannel (Canal D'accès aléatoire)

**RNC:** Radio Network Controller (Contrôleur de réseau Radio)

**RRC:** Radio Ressource Control (Contrôle des ressources Radio)

**RSCP:** Received Signal Code Power (Code de puissance du signal reçu)

**RSRP:** Reference Signal Received Power (puissance reçue du signal de référence)

**RSRQ:** Reference Signal Received Quality (qualité reçue du signal de référence)

**RSSI:** Received Signal Strength Indicator (Indicateur de puissance du signal reçu)

**RTC:** Réseau Téléphonique Commuté

## **S**

**S-CCPCH:** Secondary Common Control Physical Channel (canal physique secondaire de contrôle commun)

## *Liste des abréviations*

---

**SACCH:** Slow Associated Control Channel (Canal de contrôle lent associé (au TCH)).

**SC-FDMA:** Single Carrier-Frequency Division Multiple Access (Accès multiple à division de fréquence à porteuse unique)

**SCH:** Synchronization CHannel (Canal de synchronisation)

**SDCCH:** Stand-Alone Dedicated Control Channel.(Canal de contrôle dédié en mode veille)

**SGSN:** Serving GPRS Support Node (Noeud de support GPRS)

**SGW:** Serving Gateway (Passerelle de service)

**SINR:** Signal to Interference plus Noise Ratio (Rapport signal sur interférences plus bruit)

**SIR:** Signal to Interference Ratio (rapport signal sur interference)

**SM9:** Service Manager9

**SQI:** Speech Quality Index (Indice de qualité de la voix)

**SRNC:** Serving RNC (RNC de service)

## **T**

**TALIM:** Timing Advance LIMit (Limit d'avance temporelle)

**TCH:** Traffic CHannel (canal de trafic)

**TCH/FS:** TCH/Full Speech (plein débit).

**TCH/HS:** TCH/Half Speech (demi débit).

**TD-SCDMA:** Time Division- Synchronous Code Division Multiple Access (accès multiple à division en codes synchrones et division temporelle)

**TDD:** Time Division Duplex (duplexage à division temporelle)

**TDMA:** Time Division Multiple Access (Accès multiple à division temporelle)

**TS:** Time Slot (IntervalleTemporel)

## **U**

**UE:** User Equipment (Equipement Usager)

**UL:** UpLink (lien montant)

**UMTS:** Universal Mobile telecommunications system (Système de télécommunications universel mobile)

**UTF-8:** Universal character set Transformation Format--8bytes (format de transformation de jeu de caractères universels-8bits)

**UTRA:** Universal Terrestrial Radio Access (accès radio terrestre universel)

**UTRAN:** Universal Terrestrial Radio Access Network (réseau d'accès radio terrestre universel)

**V**

**VLR:** Visitor Location Register (Registre de localisation des visiteurs)

**W**

**W-CDMA:** Wideband Code Division Multiple Access (Accès multiple par répartition en codes à large bande).

# *Table des Matières*

INTRODUCTION GENERALE .....	1
-----------------------------	---

**Chapitre 1** : Revue technique des caractéristiques des réseaux mobiles

I.1 INTRODUCTION .....	3
I.2 ARCHITECTURE GENERIQUE DES RESEAUX MOBILES.....	3
I.2.1 Structure générique d'un réseau mobile .....	3
I.2.2 Différents types de réseaux d'amenée .....	4
I.3 RESEAUX D'ACCES.....	5
I.3.1 Réseau d'accès 2G .....	5
I.3.2 Réseau d'accès 3G .....	6
I.3.4 Réseau d'accès 4G .....	8
I.4 RESEAUX COEURS.....	9
I.4.2 Réseau Cœur 3G.....	11
I.4.3 Réseau cœur 4G .....	12
I.5 LES CANAUX.....	13
I.5.1 Les canaux en 2G .....	13
I.5.2 Les canaux en 3G.....	13
I.5.3 Les canaux en 4G .....	17
I.6 CONCLUSION .....	17

**Chapitre 2** : Méthodologie de supervision & Indicateurs de Performance

II.1 INTRODUCTION .....	18
II.2 RECOLTE D'ALARMES.....	18
II.2.1 NMC Ooredoo .....	19
II.2.2 Classement des alarmes.....	20
II.3 DRIVE TESTS.....	20
II.3.1. Chaine de mesures.....	21
II.3.2 Paramètres de Drive Test .....	21
II.4 LE BENCHMARKING .....	21
II.5 PLAINES CLIENTELES.....	22
II.6 ENQUETE DE CONSOMMATEURS.....	23
II.7 INDICATEURS KPI's.....	23

II.7.1 KPI's des systèmes 2G .....	23
II.7.2 KPI's des systèmes 3G .....	25
II.7.3 KPI's des systèmes 4G .....	29
II.8. CONCLUSION .....	31

**Chapitre III : Analyse de dégradation des KPI's**

III.1. INTRODUCTION .....	33
III.2 ANALYSE DES CAUSE DE DEGRADATION DES KPI4 EN 2G .....	33
III.3 ANALYSE DES CAUSE DE DEGRADATION DES KPI4 EN 3G .....	36
III.3.1 Disponibilité.....	36
III.3.2 Accessibilité .....	37
III.3.3 Utilisation du système .....	38
III.3.4 Mobilité .....	39
III.4 ANALYSE DES CAUSE DE DEGRADATION DES KPI4 EN 4G .....	40
III.4.1 Accessibilité .....	40
III.4.2 Maintenabilité .....	41
III.4.3 Mobilité : .....	42
III.4.4 Intégrité .....	45
III.5 CONCLUSION .....	46

**Chapitre IV : Conception d'une interface d'aide à l'optimisation des performances**

IV.1 INTRODUCTION .....	47
IV.2 PRESENTATION DE L'OUTIL UTILISE .....	47
IV.2.1 Le langage Python .....	47
IV.2.2 Implémentation du script : .....	47
IV.2.3 Commandes utilisées .....	48
IV.3 IMPLEMENTATION DE L'INTERFACE : .....	49
IV.3.1 Maintenabilité 2G : .....	49
IV.3.2 Accessibilité 3G : .....	51
IV.3.3 Accessibilité en 4G .....	51
IV.4 CAS REELS D'OPTIMISATION : .....	52
IV.4.1 Problème de maintenabilité en 2G: .....	52
IV.4.2 Mauvais paramétrage en 3G .....	54
IV.4.3 Problème de mobilité en 4G(a) .....	56

*Table des matières*

---

IV.4.4 Problème d'accessibilité en 4G .....	57
IV.4.5 Problème de mobilité en 4G(b).....	58
IV.4.6 Problème de maintenabilité en 4G .....	58
IV.5 CONCLUSION .....	59
CONCLUSION GENERALE .....	60

***Introduction  
Générale***

**D**epuis les années 90, les réseaux radio mobiles ont connu une expansion fulgurante au regard de leurs nombreuses évolutions technologiques. Cela a conduit au déploiement de plusieurs générations successives initialement dédiées à la téléphonie (2G), puis plus orientées vers le multimédia (3G), puis vers les hauts débits (4G) avec la mise en place de réseaux tout IP, favorisant des services et applications qui étaient considérés impossible il y'a à peine vingt ans.

Les retombées économiques sont tellement considérables que la concurrence entre opérateurs est devenue très rude, chacun voulant offrir les meilleurs services avec la meilleure qualité aux moindres coûts. La qualité de service (QoS : *Quality of Service*) est donc le moteur des innovations technologiques permettant l'amélioration des performances des réseaux déployés.

Le concept de performance des réseaux est un concept par lequel leurs caractéristiques peuvent être définies, mesurées et contrôlées en vue d'atteindre un niveau de qualité donné. Il relève de la responsabilité des états de veiller, via des obligations contractuelles, à ce que les opérateurs combinent adéquatement différents paramètres de performance pour améliorer leurs services. Cette tâche ne saurait être accomplie sans une supervision et une optimisation continues du fonctionnement de leurs réseaux.

Notre travail dans ce présent mémoire consiste justement à introduire les différentes méthodologies de supervision des réseaux radio-mobiles. Nous nous focaliserons sur les l'analyse des dégradations éventuelles des performances ainsi que la recherche des solutions adéquates. Notre second objectif est de proposer une aide à la décision pour les services d'optimisation des opérateurs à travers une interface graphique, implémentée sous PYTHON, afin de les orienter rapidement vers des actions correctives.

Notre mémoire est organisé comme suit:

- Un premier chapitre à travers lequel nous présentons une revue technique des différents réseaux mobiles (2G, 3G, 4G) notamment leurs architectures, ainsi que les techniques d'accès ;

- Un second chapitre dans lequel nous explicitons les différentes techniques de supervision des réseaux radio mobiles, ainsi que les indicateurs clés de performance, KPI (Key Performance Indicator), utilisés par les opérateurs pour optimiser le fonctionnement de leurs systèmes ;
- Un troisième chapitre dans lequel nous présentons une analyse globale des causes de dégradation des indicateurs clés de performance pour les réseaux 2G, 3G et 4G ;
- Un quatrième chapitre où nous présentons notre interface graphique d'aide à la décision avec quelques exemples de cas réels d'optimisation rencontrés par les ingénieurs Ooredoo.

Nous finirons par une conclusion générale et nos perspectives d'avenir.

*Chapitre I*  
*Revue technique des*  
*caractéristiques des*  
*réseaux mobiles*

## I.1 INTRODUCTION

Les réseaux mobiles ont connu une évolution assez impressionnante lors des dernières décennies. Nous sommes passés de la 2G, où seuls des appels voix et des SMS étaient possibles, à la 4G LTE (Long Term Evolution) où tous les échanges se font via IP (Internet Protocol) décuplant considérablement le nombre de services disponibles et les débits offerts. Nous allons dans ce chapitre procéder à une description de l'architecture générique des réseaux 2G, 3G et 4G, ainsi que les méthodes d'accès qui y sont utilisées. Nous allons également procéder à une brève présentation des canaux déployés pour acheminer les données sur l'interface radio.

## I.2 ARCHITECTURE GÉNÉRIQUE DES RÉSEAUX MOBILES

### I.2.1 Structure générique d'un réseau mobile [1]

Un réseau mobile est constitué d'un réseau d'accès, qui intègre une technologie radio assurant la modulation du signal de l'utilisateur, et d'un réseau cœur qui assure sa mobilité. Le tout est relié par un réseau Backhaul (réseau d'amenée), qui est également utilisé pour joindre les Contrôleurs radio aux différents relais déployés pour acheminer le signal. La figure I.2.1 illustre la structure:

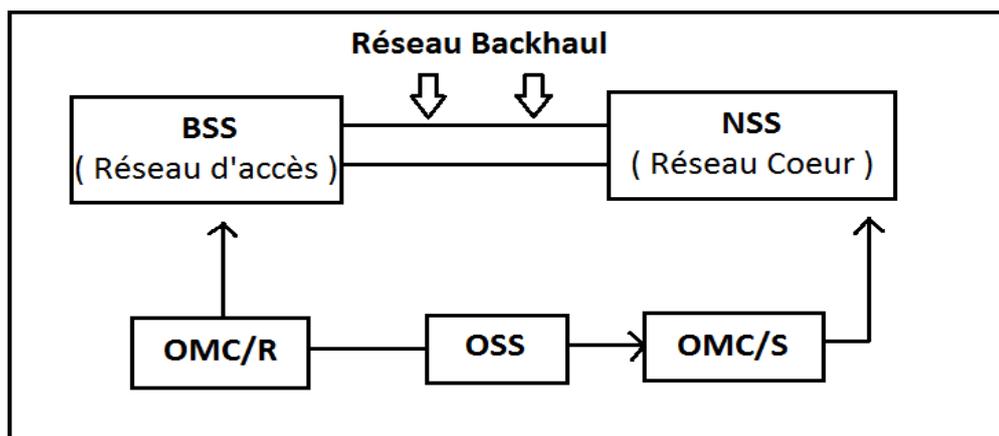


Figure I.2.1- Architecture générique des réseaux mobiles

### I.2.2 Différents types de réseaux d'amenée [2]

Les principaux types de réseaux d'amenée déployés en Télécommunications sont les suivants:

- **E1 / T1:** Les systèmes E1 / T1 étaient largement utilisés dans les télécommunications lors du déploiement et du déploiement des technologies 2G, y compris le GSM(Global System for Mobiles). De nos jours, d'autres formes de liaison sont utilisées pour permettre le transport de débits de données beaucoup plus élevés, bien qu'un grand nombre de ces circuits soient encore utilisés.
- **Carrier Ethernet:** Carrier Ethernet est un format idéal pour le Backhaul mobile et est largement utilisé dans cette application.
- **DSL:** Des technologies telles que DSL, ADSL, etc. sont de plus en plus utilisées pour les techniques de déchargement de Backhaul.

Il existe également un certain nombre de supports sur lesquels les données peuvent être transportées:

- **Cuivre:** Le cuivre est l'une des méthodes traditionnelles de transmission de données. Les vitesses ne sont pas aussi élevées que celles pouvant être atteintes avec la fibre. Les technologies telles que E1 / T1 et DSL, etc. utilisent le cuivre pour le support sur lequel les données sont transmises.
- **Fibre:** Les liaisons par fibre sont de plus en plus installées et utilisées. Elles sont plus fiables et ont une bande passante beaucoup plus grande que le cuivre.

## I.3 RESEAUX D'ACCES

### I.3.1 Réseau d'accès 2G [3]

La figure I.3.1a montre la structure du réseau d'accès 2G:

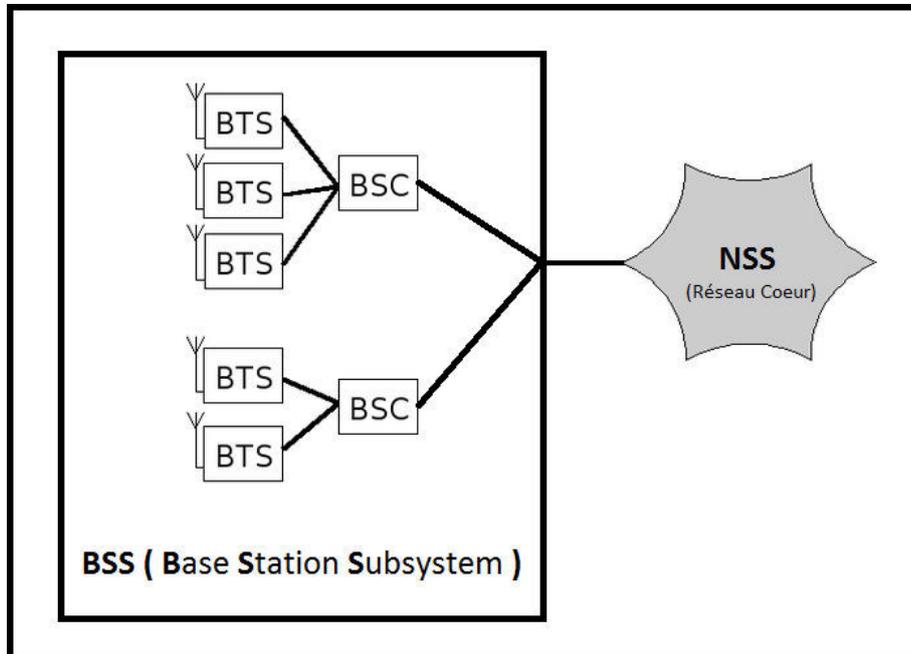


Figure I.3.1a- Réseau d'accès 2G.

Les éléments le composant sont les suivants:

- **BTS (Base Transceiver Station):** Constituent les points d'accès au réseau et prennent en charge l'accès radio des mobiles dans leur zone de couverture (opérations de modulation, démodulation, codage correction d'erreurs, etc.), ainsi que la diffusion d'informations sur la cellule et la remontée d'informations sur la qualité de transmission au BSC.
- **BSC(Base Station Controller):** Le BSC gère les canaux radio (contrôle d'admission d'appels, handover, et contrôle de puissance), concentre les BTS et supervise l'activation/désactivation d'un canal.

➤ **Technique d'accès[4]**

La technique d'accès utilisée en 2G est un mixe entre le multiplexage temporel et fréquentiel F/TDMA(Frequency/Time Division Multiple Access), elle consiste en effet à diviser la fréquence allouée à la BTS en sous-bandes d'une largeur de 200KHZ et ensuite multiplexer jusqu'à huit utilisateurs dans chacune de ces sous-bandes en les découpant en TS(Time Slot),ou IT (Intervalles Temporels) de 577 us. La figure I.3.1a illustre ce procédé.

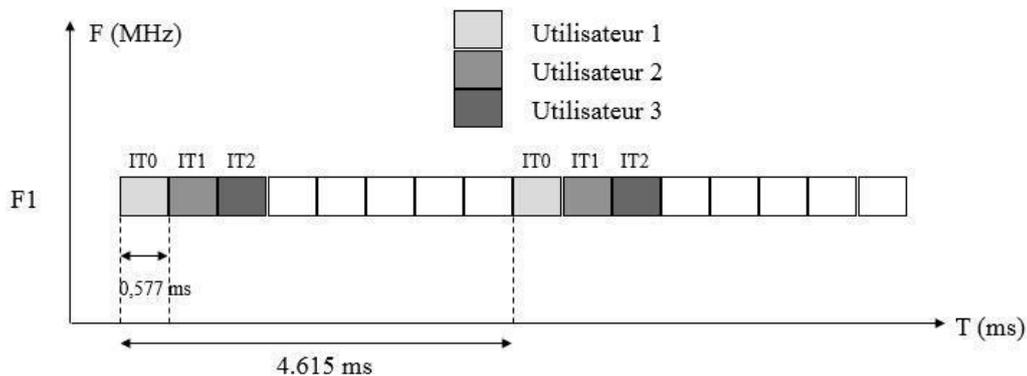


Figure I.3.1b- Principe du F/TDMA.

**I.3.2 Réseau d'accès 3G :[3]**

La figure I.3.2 représente le réseau d'accès déployé en 3G:

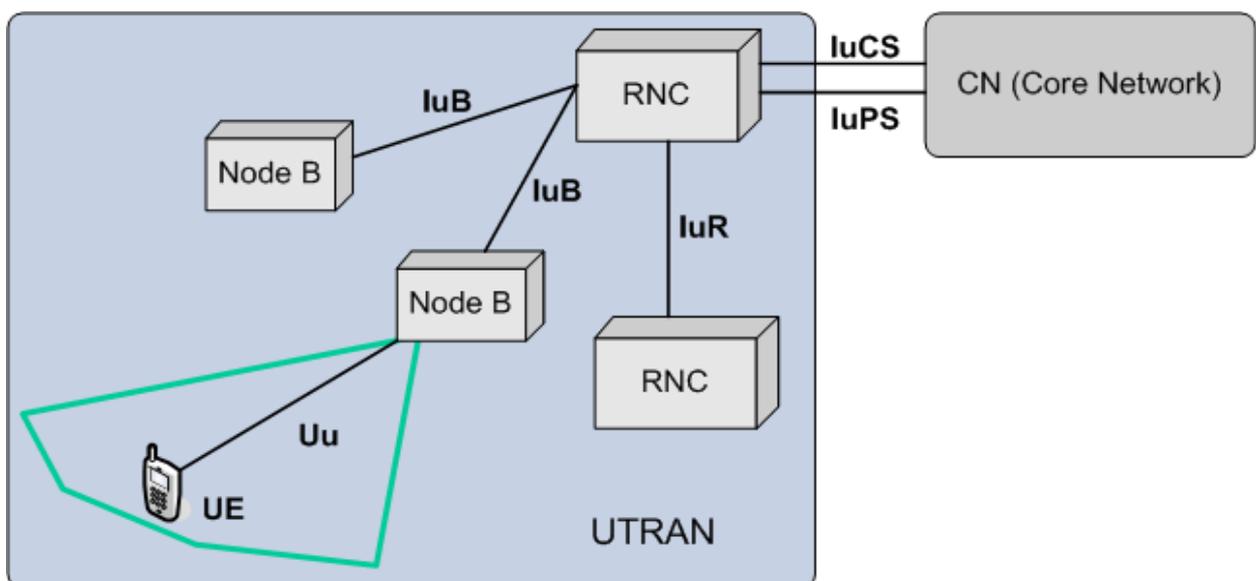


Figure I.3.2- Réseau d'accès

3G/[[https://fr.wikipedia.org/wiki/Universal\\_Terrestrial\\_Radio\\_Access\\_Network](https://fr.wikipedia.org/wiki/Universal_Terrestrial_Radio_Access_Network)].

Le réseau d'accès UTRAN(Universal Terrestrial Radio Access Technology) est composé des éléments suivants :

- **Node B:** Un UTRAN peut avoir une ou plusieurs stations radio. Le rôle principal du Node B est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules du réseau d'accès de l'UMTS(Universal Mobile Telecommunications System) avec un équipement usager. Le Node B travaille au niveau de la couche physique du modèle OSI(Open Systems Interconnexions) (codage et décodage). Il est relié au RNC(Radio Network Controller) par l'interface Iub.
- **RNC:** Le rôle principal du RNC est de router les communications entre le NodeB et le réseau cœur de l'UMTS. Il constitue le point d'accès pour l'ensemble des services vis-à-vis du réseau cœur, auquel il est relié via l'interface Iu.

➤ **Technique d'accès :[5]**

Il existe deux techniques d'accès déployées en 3G, le W-CDMA(Wideband-Code Division Multiple Access) , qui utilise le mode de duplexage FDD(Frequency Division Duplexing) du fait qu'il utilise deux bandes de fréquences, l'une en UL(UpLink) et l'autre en DL(DownLink). Le TD-SCDMA(Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access), quant à lui n'utilise qu'une seule fréquence porteuse divisée en TS et utilisée pour les deux sens.

Cependant, pour chaque mode de fonctionnement, la bande de fréquence est divisée en canaux radio de 5 Mhz, le débit utile par canal est égal à 384 kbit/sec en W-CDMA et 144 kbit/sec en TD-SCDMA. L'augmentation du débit s'obtient en allouant plusieurs canaux (un canal correspondant à un code).

W-CDMA est particulièrement adapté aux grandes cellules pour la voix et les services bas et moyens débits, tandis que le TD-SCDMA est limité aux petites cellules du fait qu'il est adapté aux services en mode paquet, à haut débit et asymétrique. Ces deux modes doivent cohabiter dans un même terminal et un même réseau afin de couvrir l'ensemble des services prévus pour l'UMTS. L'ensemble de ces deux méthodes d'accès constituent l'UTRA(Universal Terrestrial Radio Access).

### I.3.4 Réseau d'accès 4G :

La figure I.3.4 illustre le réseau d'accès 4G:

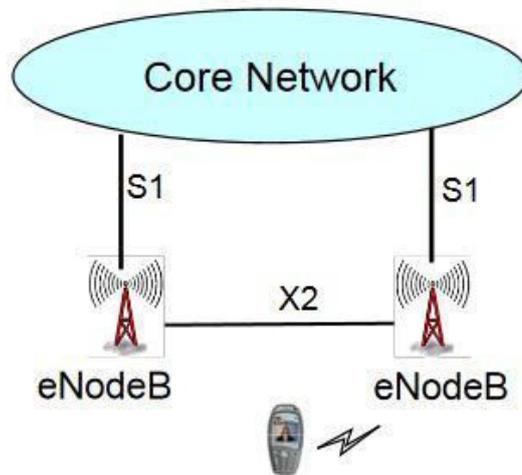


Figure I.3.4 Réseau d'accès 4G.

Le réseau d'accès 4G est composé uniquement d'un eNodeB (evolved NodeB), qui est responsable de la transmission et de la réception radio avec l'UE (User Equipment). Les fonctions supportées par le RNC ont été réparties entre l'eNodeB et les entités du réseau cœur MME/SGW (Mobility Management Entity/Serving Gateway).

L'eNodeB dispose d'une interface S1 avec le réseau cœur. L'interface S1 consiste en S1-C (S1-Contrôle) entre l'eNodeB et le MME et S1-U (S1-User) entre l'eNodeB et le SGW.

Une nouvelle interface X2 a été définie entre eNodeBs adjacents. Son rôle est de minimiser la perte de paquets lors de la mobilité de l'utilisateur en mode actif.

#### ➤ Technique d'accès :

Deux techniques d'accès distinctes sont utilisées en 4G:

- **OFDMA (Orthogonal Frequency Multiple Access) (DL) : [7]**

Le principe de l'OFDMA est de répartir sur un grand nombre de sous-porteuses les données numériques que l'on veut transmettre, ce qui induit, pour un débit global donné, un débit

binaire beaucoup plus faible sur chacun des canaux de transmission, la durée de chaque symbole est ainsi beaucoup plus longue que s'il n'y avait qu'une seule porteuse. Cela permet de limiter les problèmes d'interférences inter-symboles et de fading (forte atténuation du signal) et pour une même largeur spectrale, un débit binaire plus élevé.

- **SC-FDMA(Simple Carrier-FDMA) (UL) : [8]**

Le principal avantage du SC-FDMA tient à un facteur de crête et à un PAPR(Peak to Average Power Ratio) plus faibles que ceux du codage OFDMA, cela améliore l'efficacité énergétique du terminal, en diminuant la puissance crête d'émission et donc le poids et le coût du terminal et en contribuant à l'augmentation de l'autonomie de la batterie.

Ce PAPR plus faible, comparé à celui de l'OFDMA, provient de l'ajout d'une transformée de Fourier discrète qui réalise, en émission, une conversion du domaine temporel dans le domaine fréquentiel, ce pré codage "lisse" la puissance du signal émis, la rapproche de la valeur efficace (tension) du signal et diminue les variations d'amplitude à haute fréquence. La transformation inverse est effectuée en réception.

## I.4 RESEAUX COEURS

### I.4.1 Réseau cœur 2G [3]

La figure I.4.1 illustre la structure du réseau cœur 2G:

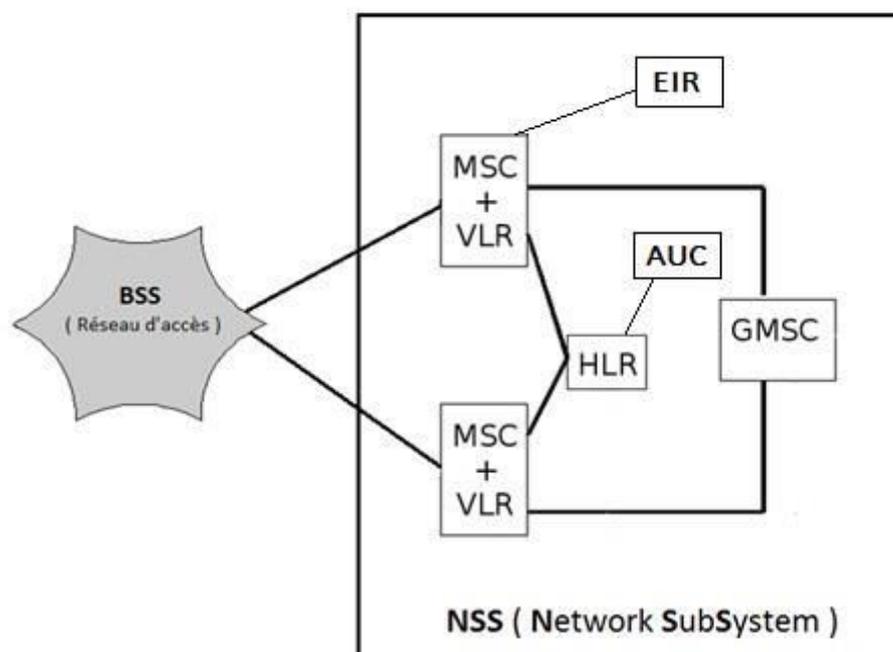


Figure I.4.1- NSS 2G

Le NSS s'occupe de l'interconnexion avec les réseaux fixes, publics ou privés, auxquels est rattaché le réseau mobile. Il gère en outre l'établissement des communications avec les utilisateurs mobiles, dont il détient un profil. Il est composé des entités suivantes:

- **MSC(Mobile Service Switching Center):** Le MSC est un commutateur de circuits numériques qui interconnecte les réseaux PLMN(Public Land Mobile Network) et RTC(Réseau Téléphonique Commuté). Lui-même connecté à plusieurs BSC, il assure en outre la localisation et l'itinérance d'un mobile grâce au VLR(Visitor Location Register), le « handover » et les fonctions de taxations. Certains MSC sont qualifiés de passerelles MSC, car ils possèdent en plus une passerelle d'accès vers d'autres réseaux mobile ou fixes. Ils sont en charge par exemple des appels d'un mobile vers un téléphone fixe. Les GMSC(Gateway MSC) n'ont pas à gérer de BSC.
- **HLR(Home Location Register):** Il s'agit de la base de données centrale comportant les informations relatives à tout abonné autorisé à utiliser ce réseau GSM. Afin que les données soient cohérentes sur l'ensemble du réseau, c'est elle qui servira aux autres bases de données locales (VLR) pour identifier un abonné.
- **VLR:** Le VLR est une base de données temporaire contenant des informations sur tous les MS(Mobile Station) qui sont gérés à ce moment-là par le MSC auquel il est rattaché. Il y aura toujours un VLR par MSC. On y trouve notamment l'identifiant de la zone de localisation du MS.
- **AuC(Authentication Center):** L'AuC est une base de données protégée qui contient une copie de la clé secrète inscrite sur la SIM de chaque abonné. Cette clé est utilisée pour vérifier l'authenticité de l'abonné et pour l'encryptage des données envoyées ;
- **EIR(Equipment Identity Register):**L'EIR est un registre d'identification d'équipement. Chaque terminal mobile est identifié par un code IMEI(International Mobile Equipment Entity). Le registre EIR contient la liste de tous les terminaux valides. Une consultation de ce registre permet, par exemple, de refuser l'accès au réseau à un terminal qui a été déclaré perdu ou volé.

### I.4.2 Réseau Cœur 3G[3]

La figure I.4.2 représente la structure du réseau cœur 3G:

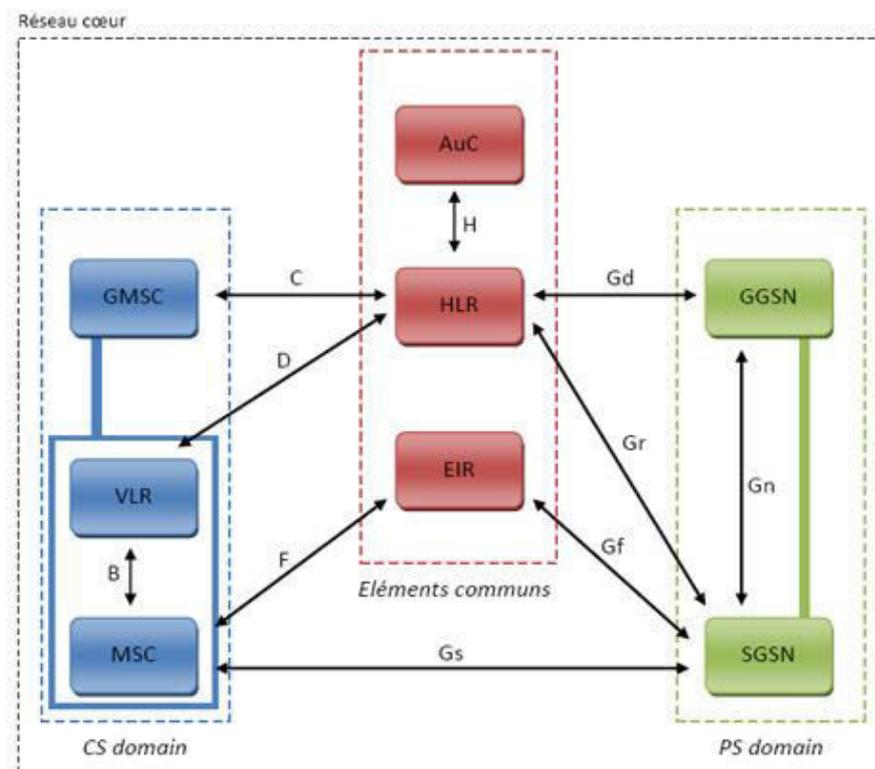


Figure I.4.2-NSS 3G.

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

- **Le domaine CS(Circuit Switched):** utilisé pour la téléphonie. Ce domaine est composé de quelques uns des modules décrits plus haut pour la 2G (MSC, GMSC, VLR)
- **Le domaine PS(Packet Switched):** qui permet la commutation de paquets. Ce domaine est composé de plusieurs modules :

- **SGSN (Serving GPRS Support Node):** Il est en charge d'enregistrer les usagers dans une zone géographique et dans une zone de routage .
- **GGSN(Gateway GPRS Support Node):** C'est une passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs tels que l'Internet.

Ces deux domaines permettent aux équipements usagers de pouvoir gérer simultanément une communication paquets et circuits.

Les éléments communs aux domaines CS et PS sont le HLR, l'AuC et l'EIR.

### I.4.3 Réseau cœur 4G [9]

La figure I.4.3 représente l'architecture du réseau cœur 4G:

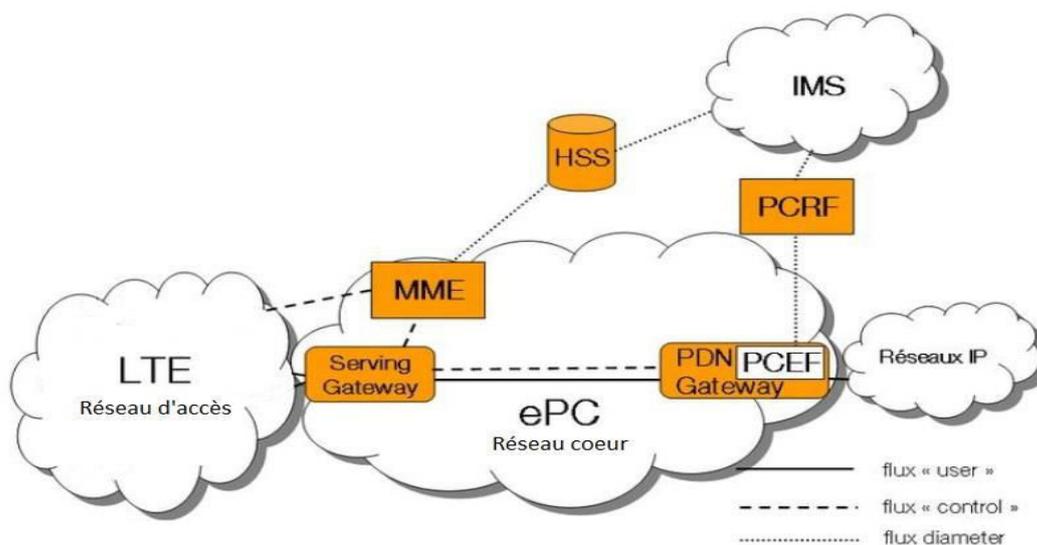


Figure I.4.3- ePC(evolved Packet Core).

L'ePC introduit de nouveaux éléments propres à la 4G :

- **MME:** Gère les sessions (authentification, autorisations, session voix et donnée) et la mobilité (localisation, "paging", etc.) du terminal.
- **Le Serving Gateway:** Sera responsable de l'acheminement des flux "utiles" dans le réseau cœur (les communications voix, le trafic data, etc.).
- **La PDN(Packet Data Network) Gateway:** Est responsable du lien avec les autres réseaux (publics ou privés), et notamment avec le monde Internet.

- **Le HSS(Home Subscriber Server):** Est responsable d'à peu près les mêmes fonctionnalités que le HLR (base des profils des abonnés, avec leurs droits et leurs caractéristiques).Il inclut en plus un lien possible avec le monde IMS(Ip Multimedia Subsystem), pour la gestion des services de voix enrichis.
- **PCRF(Policy and Charging Rules Function):** Permet la gestion dynamique de la facturation et de la politique de qualité de service des flux.
- **Le PCEF(Policy and Charging Enforcing Funtion):** Module fonctionnel logé dans la PDN Gateway, applique les règles fixées par le PCRF.
- **L'IMS:** bien que ne faisant pas partie véritablement de la 4G, l'IMS est un ensemble d'éléments permettant d'offrir des services multimédias sur les réseaux IP (et donc entre autres sur le réseau mobile). Il permettra des services interpersonnels multimédia riches : voix sur IP, conférence vidéo, agenda enrichi, messagerie instantanée, etc.

## I.5 LES CANAUX DE TRANSMISSION

Pour acheminer les données entre les mobiles et les stations radio, un concept de canaux a été introduit, ils ont évolué avec les techniques d'accès et nous les présentons dans ce qui suit.

### I.5.1 Les canaux en 2G[11]

En 2G, Les informations transmises sont acheminées via un canal physique (faisceau Hertzien), défini par les fréquences allouées à la BTS, et au sein duquel seront calés des canaux logiques, représentatifs du type des informations qui y seront transportées.

Les canaux logiques en 2G sont représentés sur le tableau I.5.1.

### I.5.2 Les canaux en 3G[15]

En 3G, les canaux sont subdivisés en trois catégories comme suit:

- A. Canaux physiques:** Définis par la fréquence porteuse et les codes allouées à la cellule, que ce soit les codes de Walsh, aidant les NodeBs à différencier entre les utilisateurs qui y sont rattachés, ou les codes Gold, Permettant aux utilisateurs de reconnaître le signal qui leur est transmis par le NodeB qui les dessert.
- B. Canaux logiques:** Comme pour la 2G, les canaux logiques en 3G définissent le type d'informations transportées sur le canal physique.

**C. Canaux de transport:** Sont définis par les caractéristiques de transport des données sur l'interface radio.

Le tableau I.5.2 résume tous les canaux définis en 3G.

Voie balise	BCH	↓	FCCH	Calage sur la porteuse	
			SCH	Synchronisation identification de la BTS	
			BCCH	Informations système	
	CCCH		↓	PCH	Appel des mobiles
			↑	RACH	Accès aléatoire des mobiles
			↓	AGCH	Allocation de ressources
			↓	CBCH	Messages courts diffusés (météo, trafic routier...)
Voie de trafic	DCH	↓ ↑	SDCCH	Echange de signalisation entre la MS et la BTS.	
		↓ ↑	SACCH	-Compensation du délai de propagation. -Contrôle de la puissance d'émission du mobile. -Contrôle de la qualité. -Mesure sur les autres stations.	
		↓ ↑	FACCH	Exécution du Handover.	
	TCH	↓ ↑	TCH/FS TCH/HS	Voix plein débit/ Demi débit	
		↓ ↑	TCH Data	Données utilisateur 9,6 Kbits/s 4.8 Kbits/s < 2.4 kbits/s	

Tableau I.5.1- Canaux logiques en 2G.

Avec:

- ↓ : Voie descendante.
- ↑ : Voie Montante.

Canaux logiques	↓	BCCH	transporte les informations système diffusé dans une cellule
		PCCH	Transporte les informations de paging diffusées dans la cellule
	↓ ↑	CCCH	Informations de signalisation. utilisé par l'UE pour l'établissement de la connexion RRC.
		DCCH	informations de signalisation dédiée à un UE en particulier.
	↓	DTCH	transport des données utilisateur une fois établie une communication entre l'UE et le réseau
	↓	CTCH	Messages destinés à un ou à plusieurs utilisateurs et traités par la couche BMC.
Canaux de transport	↓	BCH	transport des informations système diffusées dans une cellule
	↑	PCH	transport des messages de paging dans une ou plusieurs cellules
	↑	RACH	accès aléatoire, transport de paquets de signalisation ou de trafic sans contrainte d'acheminement en temps réel.
	↑	CPCH	Accès aléatoire, presque similaire au canal RACH Mode connecté RRC uniquement.
	↓	FACH	Transport de signalisation et de paquets de données usager de petite taille
	↓	DSCH	Association avec un ou plusieurs canaux dédiés Transport des données de contrôle ou de trafic.
	↑ ↓	DCH	canal point à point dédié à un seul UE Transport des données de contrôle ou de trafic.

<b>Canaux physiques</b>		PRACH	Accès aléatoire canal physique supportant le canal de transport RACH Non dédié a un utilisateur
		PCPCH	Accès aléatoire avec détection de collisions canal physique supportant le canal de transport CPCH.
		DPDCH	Convoie l'information binaire des canaux de transport de type DCH sur la voie montante.
		DPCCH	transport des informations de contrôle générées par la couche physique et associées à un ou plusieurs canaux de type DPDCH sur la voie montante.
		DPCH	Support des canaux de transport dédié (DCH).
		SCH	Transmission en parallèle de deux codes de synchronisation.
		CPICH	Transport d'un train de bits pilotes prédéfini.
		P-CCPCH	Support du canal de transport BCH.
		S-CCPCH	Support d'un canal de transport de type PCH et/ou un ou plusieurs canaux de transport de type FACH.
		PICH	Toujours associé à un canal S-CCPCH supportant un canal de transport PCH
		PDSCH	Support des canaux de transport de type DSCH. Il est toujours associé à un canal dédiée DPCH
		AICH	canal associé au PRACH pour transporter les indicateurs d'acquisition AI.
		AP-AICH	Canal identique à l'AICH est associé au PCPCH lorsqu'il faut s'assurer qu'un préambule d'accès a bien été reçu par le réseau.
		CD/CA-ICH	Associé au PCPCH. Transporte les informations de détection de collision CDI et d'attribution du canal CAI.
		CSICH	Sous-canal multiplexé en temps avec un AICH, un AP-AICH ou un CD/CA-ICH. Transporte les indicateurs d'état de disponibilité des canaux PCPCH dans une cellule.

Tableau I.5.2- Canaux logiques en 2G.

### I.5.3 Les canaux en 4G[13]

Les canaux déployés en 4G sont assez similaires aux canaux 3G, Les canaux logiques restent inchangés mais il y'a quelques canaux physiques et de transport qui ont été introduits et que nous définissons dans ce qui suit:

#### A. Canaux de transport:

Un seul nouveau canal de transport a été déployé en 4G, c'est le suivant:

- **SCH:** Est déployé dans les deux sens, il sert à la transmission de données dédiées de contrôle et du plan usager. Il est également utilisé pour transmettre des informations de cellules non portées par le BCH.

#### B. Canaux physiques:

C'est au niveau des canaux physiques qu'a eu lieu la vraie révolution en 4G, tout IP oblige. En effet, seul le canal PRACH de la 3G a été conservé, tous les autres ont été remplacés par les suivants:

- **PUSCH:** Pour la transmission du UL-SCH, porte également les informations de contrôle du PUCCH en cas de collision de ces deux canaux sur le même intervalle de temps.
- **PUCCH:** Pour la transmission d'informations de contrôle nécessaires aux acquittements et à l'allocation de ressources.
- **PDSCH:** Pour la transmission du DL-SCH et du PCH.
- **PBCH:** Pour la transmission du BCH
- **PCFICH:** Indique le nombre de symboles OFDM utilisés pour la transmission du PDCCH dans une sous-trame.
- **PDCCH:** Pour la transmission d'informations de contrôle

## I.5 CONCLUSION

Au cours de ce chapitre, nous avons procédé à la définition d'une architecture générique des réseaux mobiles 2G, 3G et 4G. Nous avons défini les différentes techniques d'accès qui y sont employés, ainsi que les différents canaux utilisés pour les échanges de données sur l'interface radio.

***Chapitre II***  
***Méthodologie de***  
***supervision et***  
***indicateurs de***  
***performance***

## II.1 INTRODUCTION

Les différentes entités de l'infrastructure d'un réseau radio mobile, doivent être capables de communiquer entre elles à tout instant sans interruption afin d'assurer un bon fonctionnement du réseau. Il est donc primordial de les superviser en temps réel et de prendre les mesures nécessaires en cas d'anomalie technique ou de baisse de performance.

La supervision des réseaux mobiles se fait par les ingénieurs du centre OMC(Operation Management Center), chargés de surveiller le fonctionnement de l'ensemble des sites déployés, à travers des canaux de supervision.

Dans ce chapitre, nous allons introduire les méthodes de supervision mises en place par les opérateurs et expliciter les indicateurs de performances qu'ils utilisent pour optimiser le fonctionnement de leurs réseaux.

## II.2 RECOLTE D'ALARMES

Il existe des logiciels de supervision responsables de récolter des alarmes via des cartes installées dans les équipements et de les transmettre aux ingénieurs OMC. Ces derniers prennent les mesures nécessaires en fonction de la sévérité des alarmes. Ils peuvent soit régler les problèmes à distance, par un reset de l'entité concernée par exemple, soit transmettre un workorder( ou ordre de mission), aux ingénieurs de maintenance sur le terrain.

Chez l'opérateur Ooredoo, l'OSS(Operating Subsystem) utilise une plateforme HP/TeMIP(Hewlett-Packard/Telecommunications Management Information) développée pour la gestion de la communication réseaux et services, répondant aux besoins des opérateurs de téléphonie fixe, sans fil, réseaux de données et IP Networks à valeur ajoutée. TeMIP fournit l'intégration multi-technologies pour la commutation, la transmission, l'optique, et les réseaux IP, réseaux d'accès radio et large bande.

L'OSS s'occupe de la récolte des alarmes qui seront filtrées pour être affichées au service concerné. Un automate (HPOO pour ooredoo) s'occupe de la vérification automatique des sites périodiquement (quatre heures). Il vérifie si les alarmes apparues ont été traitées, auquel cas, il ferme l'incident, sinon, il crée lui même un Workorder à transmettre aux équipes sur le terrain.

### II.2.1 NMC(Network Management Center) Ooredoo

L'équipe du NMC Ooredoo chargée du traitement des alarmes est subdivisée comme suit:

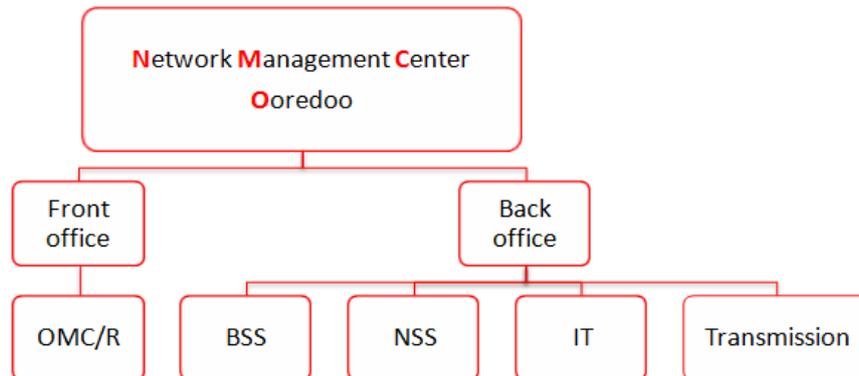


Figure II.2.1 - Répartition des services au NMC ooredoo.

- A. Front office :** composé d'ingénieurs OMC/R(Réseau) qui s'occupent de la supervision des alarmes concernant la partie BSS et transmission du réseau. Ils peuvent directement régler les alarmes, par des actions à distance ou transmettre des workorder à travers SM9 aux ingénieurs de maintenance sur terrain, ou aux ingénieurs du Back office.
- B. Back office:** Comme on peut le voir sur la figure ci-dessus, le back office est composé de quatre équipes d'ingénieurs:
- **Équipe BSS:** dont le travail va dans la continuité de celui des ingénieurs du front office. Elle est chargée du suivi de la maintenance avec les ingénieurs sur le terrain, et de la confirmation de la résolution des incidents.
  - **Équipe NSS:** appelée aussi ingénieurs OMC/N(Network) dont le rôle est de superviser la partie cœur du réseau. Toutes les alarmes concernant le réseau cœur leur sont transmises directement, pour prendre les mesures nécessaires afin de les régler.
  - **Équipe IT(Information Technology):** qui s'occupe également de la supervision de la partie cœur du réseau, mais limitée au transfert des problèmes vers les autres services que ce soit en interne ou en externe. Cette équipe ne peut donc pas exécuter des actions correctives.
  - **Équipe Transmissions:** qui gère les liaisons entre toutes les entités du réseau, en plus de recevoir des alarmes. Elle possède des plateformes lui permettant d'accéder à tous les nœuds et de vérifier leur état en temps réel, ceci lui permet notamment de vérifier si un nœud qui a été reporté 'down' par une alarme a été réparé. Elle s'occupent également du

suivi des swaps (*opération de changement d'équipement, remplacement de BTS par exemple*).

## II.2.2 Classement des alarmes

### A. Selon la sévérité

On en distingue trois types:

- **Critical alarm:** (ou alarme critique), signifie que l'entité concernée ne fonctionne plus, il faut donc prendre des mesures immédiates pour recourir au problème.
- **Major alarm:** (ou alarme majeure), dans ce cas, l'entité concernée fonctionne toujours, mais il y existe certains problèmes qui, s'ils ne sont pas traités, risquent de causer un dysfonctionnement, et donc, mettre l'entité en panne.
- **Minor alarm:** (ou alarme mineure), il s'agit là uniquement d'une notification de sévérité moins grande que pour l'alarme majeure, l'inaction dans ce cas pourrait causer l'apparition d'une alarme majeure.

### B. Selon le type de problème

Les principaux types de problèmes que nous pouvons définir sont les suivants :

- **Alarme de type power:** Coupure de courant, check pour vérifier si le site s'est mis sur batterie.
- **Alarme de type Environnement:** Signifie qu'il y'a un problème de surchauffe au niveau du site, généralement une panne de climatisation.
- **Alarme de type transmission:** Apparaît si le problème concerne la liaison entre deux équipements (hertzienne ou fibre optique / link fault). Ce type d'alarmes relève de la responsabilité du transmettant, ou ingénieur transmission.

L'inconvénient de la récolte des alarmes, c'est qu'il s'agit d'un système binaire, c.-à-d. soit l'alarme existe soit elle n'existe pas, il est donc impossible d'identifier la source des problèmes à travers elles. Il arrive donc que les équipes chargées de leur récolte transmettent les problèmes aux niveaux supérieurs, comme par exemple le service optimisation, qui a accès à des données plus détaillées afin de pouvoir faire face aux pannes.

## II.3 DRIVE TESTS[14]

Les mesures 'drive test' constituent le meilleur moyen de tester l'efficacité du réseau. Il s'agit de campagnes de mesures effectuées par des ingénieurs de l'opérateur, munis de

l'équipement nécessaire (appelé chaîne de mesure), à travers les différentes zones de couverture pour tester les performances du réseau, réellement perçues par les abonnés.

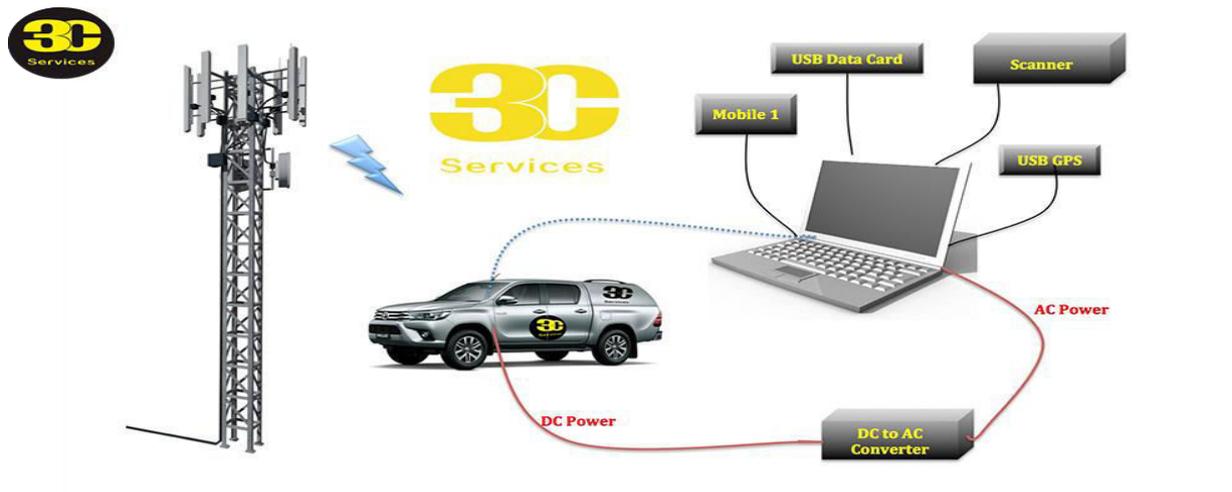


Figure II.3 - Drive test en 3G.

### II.3.1. Chaîne de mesures [15]

La chaîne de mesures du drive test est composée de trois entités:

- **Une station Mobile:** (ou mobile à trace), directement rattachée au Laptop pour lui communiquer les mesures effectuées sur divers paramètres.
- **Le GPS:** Permet à l'ingénieur de connaître sa position géographique exacte à chaque instant, et savoir par quel site il est couvert.
- **Un Laptop+Software (TEMS investigation pour ooredoo):** ils permettent l'acquisition et le traitement des données récupérées des mobiles à trace et des récepteurs GPS. Une fois les mesures obtenues, cet ensemble permet de constater l'état du réseau en place.

### II.3.2 Paramètres de Drive Test[16,17,18]

Les paramètres de drive test sont répertoriés dans le tableau II.3.

## II.4 LE BENCHMARKING

Cette méthode est assez semblable au drive test, sauf qu'elle n'est pas utilisée par les opérateurs, mais pour les opérateurs. Il s'agit d'une opération menée par le gouvernement dans le but de comparer entre leurs services.

Elle consiste en plusieurs outils qui permettent de réaliser plusieurs appels simultanés sur plusieurs mobiles à travers les réseaux des opérateurs, et donc comparer leurs performances.

Type de réseau	Paramètres du drive Test
<b>Réseau 2G</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>RxLevel:</b> Révèle le niveau de puissance en DL reçu par la MS, sa valeur doit varier entre -70 et -30 dB.</li> <li>- <b>RxQuality:</b> Indicateur de la qualité du signal reçu par la MS, sa valeur doit être comprise entre 0 et 4.</li> <li>- <b>FER(Frame Error Rate):</b> Indicateur d'interférence et d'évanouissement du signal, doit être inférieur à 4%.</li> <li>- <b>BER(Block Error Rate):</b> Révèle le taux de bits reçus ayant été altérés par le bruit ou les interférences ou autre, doit être égal à 0% pour un système parfait.</li> <li>- <b>C/I(Carrier/Interferer):</b> Est le rapport porteuse/interférence, doit être supérieur à -12dB.</li> <li>- <b>SQI(Speech Quality Index):</b> Indique la qualité des appels échangés, doit être supérieur à 18.</li> </ul>
<b>Réseau 3G</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>RxLevel:</b> La différence avec la 2G, c est que grâce à l'introduction du CDMA, il est acceptable de descendre jusqu'à -80 dB.</li> <li>- <b>TxPower:</b> Révèle la puissance nécessaire à une station mobile pour atteindre le NodeB, il serait bon qu'il ne dépasse pas les -50dB.</li> <li>- <b>CPICH(Common Pilot CHannel) EcNo:</b> ou Energie Chip par bruit, représente le ratio de l'énergie des chips sur le total des puissances de tous les signaux passant par le CPICH, il montre aussi le niveau de bruit traversant le canal. Doit varier en 0 et -7 dB pour une bonne performance, mais il est considéré comme acceptable de descendre jusqu'à -10 dB.</li> <li>- <b>CPICH RSCP(Received Signal Code Power):</b> Indique le niveau de signal reçu par l'UE sur le CPICH, doit varier entre -30 et -75 dB, mais il est acceptable de descendre jusqu'à -85dB.</li> <li>- <b>RSSI(Received Signal Strength Indicator):</b> représente la puissance totale reçue par l'UE, incluant même les interférences et le bruit. En d'autres termes: <math>RSSI=RSCP+EcNo</math>.</li> <li>- <b>SIR(Signal to Interference Ratio):</b> Est le rapport signal sur interférence de perçu par l'UE.</li> <li>- <b>Target SIR:</b> Est le ratio signal sur interférence que doit atteindre l'UE.</li> <li>- <b>SQI:</b> Inique la qualité de la voix sur la cellule, Varie de 0 à 30.</li> </ul>
<b>Réseau 4G</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>RSRP:</b> Représente la puissance moyenne linéaire des signaux de référence reçus par l'UE. Il peut être utilisé en mode veille ou en mode connecté.</li> <li>- <b>RSRQ:</b> Représente la qualité du signal de référence reçu par l'UE en mode connecté.</li> <li>- <b>SINR:</b> Représente le rapport signal sur bruit reçu par l'UE.</li> <li>- <b>RSSI:</b> représente la puissance totale reçue par l'UE, incluant même les interférences et le bruit.</li> <li>- <b>CQI:</b> Indique la qualité du signal reçu par l'UE sur le canal qu'il utilise.</li> <li>- <b>PCI:</b> Est l'identifiant de la cellule actuelle. varie de 0 à 503.</li> </ul>

Tableau II.3: Paramètres de drive Test

## II.5 PLAINTES CLIENTELES

Les plaintes clientèles représentent un excellent moyen de repérer les failles du réseau qui ne peuvent pas être détectées par les équipements de supervision. On prend l'exemple des silent call, au cours desquels la communication est établie entre les interlocuteurs mais ils ne peuvent pas s'entendre mutuellement, ce phénomène apparaît comme un échange normal pour l'ingénieur, mais les plaintes clientèles ont permis de se rendre compte de son existence. Chaque opérateur téléphonique a mis en place un numéro spécial pour les réclamations.

## II.6 ENQUETE DE CONSOMMATEURS

Cette enquête consiste à effectuer des sondages détaillés auprès des utilisateurs, pour déterminer leur ressenti vis à vis des performances du réseau, c.à.d. estimer des indicateurs de la qualité de services réellement perçue par les abonnés.

## II.7 INDICATEURS KPI(Key Performance Indicators)

La mesure des KPI, ou indicateurs clé de performance, est une méthode utilisée dans plusieurs domaines pour évaluer la qualité du service offerte aux utilisateurs. En télécommunications, ces indicateurs dépendent du type de réseau et de la technologie utilisée. Dans notre cas, il s'agit de réseaux radio mobiles de générations 2G, 3G, et 4G.

Des mesures sont prises suivant les événements qui occurrent durant les échanges entre les utilisateurs et le réseau. En effet, plusieurs compteurs spécifiques sont disséminés dans l'infrastructure du réseau pour évaluer les performances d'exécution des services ; différentes équations mathématiques combinent les indications des compteurs pour évaluer différents KPI.

Les indicateurs utilisés diffèrent selon le fournisseur, concentrons nous ici sur ceux conseillés par Ericsson pour avoir une évaluation optimale du réseau.

### II.7.1 KPI des systèmes 2G [19]

Les KPI's définis par Ericsson pour les réseaux 2G sont les suivants:

#### A. Random Access(RACH) Success

Le canal RACH est utilisé par la MS sur la voie montante pour demander l'allocation d'un canal SDCCH, une fois calé sur ce dernier, il peut échanger de la signalisation avec la BTS pour demander l'accès aux différents services. Ce KPI représente le taux de réussite des demandes d'accès aléatoire.

**B. TCH Assignment Success Rate**

Représente le taux de succès de l'allocation du TCH à la MS.

**C. Call Setup Success Rate**

Décrit le taux de réussite de l'établissement des appels.

**D. Paging Success Rate**

Les messages de paging sont en quelques sortes des messages de recherche, initiés par le MSC/VLR. En effet lorsqu'un abonné est appelé ou reçoit un message, il est nécessaire de le localiser afin de pouvoir initier l'échange, cela se fait à travers des messages de paging contenant l'identité du MS. Ce KPI décrit l'efficacité de cette procédure.

**E. Paging Discard Rate**

Représente le taux de rejets des message de paging. L'envoi des messages de paging se fait par trames périodique définie par le paramètre MFRMS, un trop grand MFRMS peut mener à un rejet des messages pour avoir passé trop de temps dans le canal, quand l'inverse peut mener à une congestion PCH.

**F. SDCCH Congestion Rate**

Le SDCCH est un canal de contrôle dédié à une MS pour la signalisation du système lors par exemple de changement de localisation, initiation d'appels, terminaison d'appels...etc.

Il y'a forcément une limite au nombre de MS pouvant simultanément se voir attribuer un SDCCH au sein d'une même BTS. Ce KPI nous permet d'être fixés sur le taux de congestion de ce canal, en d'autres termes, il nous permet de savoir si les ressources sont suffisantes pour répondre aux demandes d'une cellule donnée.

**G. SDCCH Drop Rate**

Représente le taux de pertes de canaux SDCCH déjà alloués à une MS

**H. TCH Congestion Rate**

Le TCH est le canal logique réservé à l'échange de données utiles (parole). Il y'a dans une trame TDMA 8 TS, chacun d'entre eux peut être utilisé comme TCH. Comme son nom l'indique, ce KPI nous informe sur la congestion de ces canaux.

## I. TCH Drop Rate

Ce KPI nous renseigne sur le taux des canaux TCH anormalement perdus par des MS, donc sur le taux de communications anormalement interrompues. Les causes pouvant mener à ce genre de phénomènes sont les mêmes que pour le SDCCH drop.

## J. Handover

Le Handover est une opération contrôlée par le locating algorithm programmé par Ericsson et implémenté au sein du BSC. Au cours d'une communication, des Measurement Reports sont constamment envoyés par la MS via le SACCH, ces mesures permettent à la BSC de décider si un Handover est nécessaire. Auquel cas, le FACCH est mis en place, ce canal procède au vol de trames TCH (une sur deux en général), pour caler la MS sur la nouvelle BTS à laquelle il sera rattaché. Ce KPI nous renseigne sur le taux de succès ou d'échec de Handovers.

### II.7.2 KPI's des systèmes 3G <sup>[20]</sup>

Avec l'avènement de la 3G, les services offerts ont considérablement évolué, offrant aux utilisateurs de plus grand débits et la possibilité de transferts de données multimédia notamment. L'implémentation de nouveaux KPI's pour la supervision est de ce fait nécessaire.

L'un des principaux changements amené par la 3G, est la mise en place de nouveaux protocoles de signalisation (RRC(Radio Ressource Controller) et RAB(Radio Access Bearer) à titre d'exemple), de nouveaux KPI's ont notamment été mis en place pour superviser leur bon fonctionnement.

Les indicateurs ont été répartis en plusieurs catégories suivant la partie du service qu'ils décrivent, nous nous focalisons dans ce qui suit sur l'essentiel de ce qui a été recommandé dans la dernière release d'Ericsson concernant leur définition.

#### A. Disponibilité (Availability)

Cette catégorie regroupe les KPI qui décrivent la disponibilité du réseau, elle prend en considération, séparément, les périodes d'indisponibilité voulues du réseau (appelées manual downtime), ou au cours desquels les ressources ont été désactivées volontairement pour raison de maintenance par exemple, et les périodes imprévues causées par des pannes au niveau du système (appelées automatic downtime).

Il s'agit de la catégorie la plus simple à traiter, elle se subdivise en 2 sous-catégories comme suit:

- a) **Disponibilité des équipements:** Contient des KPI's décrivant le temps de disponibilité ou d'indisponibilité des équipements.

- b) Disponibilité des services:** Contient des KPI décrivant le temps de disponibilité ou d'indisponibilité des services proposés en 3G.

## **B. Accessibilité (Accessibility)**

Cette catégorie contient les KPI décrivant le taux d'accessibilité au service. En d'autres termes, quand un UE veut avoir accès à un service, il doit passer par une multitude de protocoles de mise en place de la liaison, cette catégorie permet de surveiller le bon déroulement de ces protocoles, elle contient d'innombrables indicateurs répartis dans de multiples sous-catégories, que nous pouvons résumer comme suit:

### **a) Iu Signaling**

Cette sous-catégorie contient des KPI décrivant le taux de réussite de mise en place de la signalisation sur l'interface Iu, en anglais **Iu Signaling setup success rate** pour chacun des réseaux circuit et paquet.

### **b) Overall Accessibility**

Cette sous-catégorie contient des KPI décrivant l'accessibilité globale du réseau, il peut être calculé soit pour un RNC ou pour chaque cellule, il est défini en anglais **Overall Accessibility Success Rate**, il représente la somme des KPI spécifiques à chacun des services offerts en UMTS (voix, multimédia...etc.).

### **c) Paging**

Cette sous-catégorie contient des KPI décrivant l'efficacité des messages de paging échangés entre les entités, elle ne contient pas uniquement des indicateurs de succès du paging (**Paging Attempt Success Rate**), mais il arrive parfois notamment qu'un message paging de basse priorité soit ignoré pour laisser place à une recherche plus importante initiée après lui (**Paging Replacement**), les KPI de cette sous-catégorie permet d'avoir une évaluation de ces différentes procédures.

### **d) RRC Setup**

Cette sous-catégorie contient des KPI supervisant le bon déroulement des connexions RRC dans chacun des réseaux circuit et paquet, elle contient les indicateurs d'établissement de connexion RRC, ou **RRC Setup Success Rate**, et les indicateurs de fin de ces connexions, ou **RRC Terminating Success Rate**.

### **e) RRC Establishment Causes**

Cette sous-catégorie contient des KPI's décrivant le taux de chacune des raisons pour lesquelles une connexion RRC a été établie, en effet, une connexion RRC peut être nécessaire

pour maintes raisons (simple appel, fallback, échange de données...etc.). Il y'a dans cette sous-catégorie le taux d'établissement pour chacune de ces raisons.

**f) RRC Setup Failure Causes**

Une connexion RRC peut échouer pour diverses raisons connues, cette sous-catégorie contient des KPI décrivant les raisons pour laquelle cela se serait produit.

**g) RAB Establishment**

Cette sous-catégorie contient les KPI supervisant l'établissement des connexions RAB pour chacun des services offerts en UMTS, en anglais **RAB Establishment Success Rate**.

**h) RAB Establishment Failure Causes**

Comme pour RRC, il y'a de multiples raisons pour lesquelles une Connexion RAB peut échouer ou être anormalement rompue, cette sous catégorie contient des KPI's décrivant le taux d'occurrence de ces causes.

**i) NAS signaling(Non Access Stratum)**

Cette sous-catégorie contient le taux de réussite des différents échanges des messages NAS pour chacune des circuits CS et PS, en anglais **NAS Signaling Success Rate**.

**C. Maintenabilité (Retainability)**

Cette catégorie décrit la capacité du réseau à garantir la capacité du réseau à maintenir une connexion sans interruption anormale. Là aussi, nous avons de multiples KPI regroupés dans des sous-catégories.

**a) RRC Drop Rate**

Cette sous-catégorie représente le taux de connexions RRC ayant été anormalement interrompues, il y'a un KPI pour chaque service offert en UMTS, leur somme nous donne le **RRC Drop Rate**.

**b) RAB Drop Rate**

Cette sous-catégorie représente le taux de connexions RAB ayant été anormalement interrompues, il y'a ici aussi un KPI pour chaque service offert en UMTS, leur somme nous donne le **RAB Drop Rate**.

**c) Minutes Per Drop**

Cette sous-catégorie représente le temps écoulé en moyenne entre deux drops successifs pour chacun des services.

**d) Average Holding Time**

Contrairement à la sous-catégorie précédente, celle-ci représente le temps moyen durant lequel un service donné est maintenu sans interruption anormale.

**e) RAB Speech Drop Causes**

Comme pour le RAB Establishment Drop Causes, cette sous-catégorie contient des KPI Représentant le taux d'occurrence de chacune des causes possibles à une interruption anormale des Appels RAB.

**D. Intégrité (Integrity)**

Cette Catégorie décrit la capacité du réseau à fournir un utilisateur, un service quand il le demande. Elle contient également plusieurs KPI répartis en sous-catégories comme suit:

**a) BLER (BLock Error Rate)**

Cette sous-catégorie contient des KPI décrivant le taux d'erreur lors des différents transports de blocs de données pour chaque service offert.

**b) Latence, retard, gigue**

Cette sous-catégorie contient des KPI décrivant la latence, le retard et la gigue pour chacun des services dans les réseaux PS.

**E. Changement de Canal (Channel Switching)**

Comme en GSM, et en LTE d'ailleurs, il existe en UMTS différents canaux alloués aux utilisateurs pour leurs échanges de données, cette catégorie contient des KPI's permettant de superviser le bon déroulement des différents changements de canaux pouvant être nécessaires, ils sont repartis en deux sous-catégories comme suit:

**a) Channel Switching FACH-Idle**

Cette sous-catégorie contient uniquement un KPI's démontrant le nombre de passages du canal commun FACH, au mode Idle, ou Stand-by du téléphone au cours duquel il n'utilise aucun service, en effet, le mode Idle étant le mode initial du UE, ce changement de canal ne peut échouer.

**b) Channel Switching Failure Rate**

Cette sous-catégorie contient des KPI décrivant le taux d'échec de tous les changements de canaux pouvant avoir lieu sur le réseau.

## **F. Utilisation du système (System utilization)**

Cette catégorie contient des KPI décrivant le niveau du trafic et la gestion de la capacité du réseau, notons que le trafic et la capacité sont parfois séparés en deux catégories différentes. Les indicateurs sont ici aussi regroupés en sous-catégories.

### **a) PS Throughput**

Cette sous-catégorie contient des KPI décrivant le débit alloué sur le circuit PS pour chacun des services demandés, et sur les deux voies UL et DL.

### **b) Cell/RNC Traffic**

Cette sous-catégorie contient des KPI décrivant le trafic en erlang, par cellule ou par RNC, également pour chacun des services disponibles en UMTS.

### **c) Active Users**

Cette sous-catégorie contient deux KPI décrivant le nombre d'utilisateurs actifs que ce soit sur le SRNC(Serving RNC) ou le DRNC(Drift RNC).

### **d) Average Users**

Cette sous-catégorie contient le nombre d'utilisateurs moyens sur une période d'activité choisie pour chacun des services.

## **G. Mobilité (Mobility)**

Comme son nom l'indique, cette catégorie nous permet de superviser la capacité du réseau à assurer une bonne mobilité aux utilisateurs. Elle nous renseigne principalement sur la qualité des handovers exécutés. Elle contient des KPI regroupés en sous-catégories suivant le type de handover effectué, on peut la résumer en deux sous-catégories comme suit:

### **a) Intra Frequency Handover**

Cette sous catégorie contient des KPI décrivant le bon fonctionnement de Handovers au cours desquels le mobile reste desservi par le même NodeB, mais requiert l'utilisation d'un nouveau lien radio pour un nouveau service par exemple.

### **b) Inter Frequency Handover**

Cette sous-catégorie contient des KPI décrivant le bon fonctionnement des Handover au cours desquels le mobile en mode actif, entre dans une nouvelle zone de couverture. Cela peut être soit intra NodeB (changement de cellule), Inter NodeB ou Inter RNC.

### c) IRAT Handover

Cette sous-catégorie contient des KPI décrivant le bon fonctionnement des Handover inter générations, quand le mobile relié à un NodeB rentre dans une zone où il sera couvert par un BTS par exemple.

## II.7.3 KPI's des systèmes 4G [21]

Le passage en 4G n'a pas provoqué des changements comparables à ceux dus à l'avènement de la 3G. Il y'a cependant quelques changements, comme la suppression du réseau CS avec le tout IP, qui ont mené à la définition de nouveaux KPI. Nous allons dans ce qui suit nous concentrer sur l'essentiel des nouveaux indicateurs recommandés par Ericsson en LTE.

### A. Accessibility(Accessibilité)

En 4G, les KPI propres à cette classe sont les suivants:

#### a) Random Access Success Rate

Représente le taux de réussite d'accès aléatoire, et se divise en deux sous catégories:

- **CFRA(Contention Free Random Access):** Ou Accès sans conflit, l'UE requiert l'accès au réseau pour l'exécution d'un handover ou en réponse à des données reçues par l'eNodeB.
- **CBRA(Contention Based Random Access):** Ou accès basé sur les conflits, pour ce cas, l'UE requiert l'accès au réseau pour, en plus des deux raisons susmentionnées, un accès initial depuis le mode veille, un rétablissement d'une connexion perdue, ou pour l'envoi de données à l'eNodeB.

#### b) Session Setup Success Rate

Mesure le taux de réussite de l'établissement des sessions, qui se fait en 4G en 3 étapes:

- **Connexion RRC:** Consiste en la mise en place de signalisation entre l'UE et l'eNodeB.
- **Signalisation sur l'interface S1:** Consiste en la mise en place de la signalisation entre l'eNodeB et le MME.
- **Etablissement de session E-RAB:** Consiste en la mise en place de la signalisation entre l'UE et le MME.

### B. Retainability(Maintenabilité)

Ici, la maintenabilité introduit deux "concepts" : Abnormal (anormal) et normalizing factor (facteur de normalisation). Abnormal vient des 'abnormal release' ou coupures anormales

des échanges, c'est à dire sans que l'abonné ne le décide. Il est cependant important de noter que dans le cas d'un handover réussi par exemple, le mobile considère qu'il y a eu abnormal release avec l'ancien eNodeB.

Le facteur de normalisation quant à lui, a été mis en place pour mieux interpréter le nombre de ces coupures. Il a été décidé de les prendre en considération en fonction de la session et du temps. Si on considère par exemple le cas d'un abonné téléchargeant un film pendant 24h (il s'agit là d'une session de 24h), et qu'il y'ait une coupure pendant une dizaine de minutes, d'un point de vue session, on aurait un taux de coupure de 100% (une coupure par session), mais quand on regarde l'aspect temporel on se rend compte que ce n'est pas si important.

Les KPI's de maintenabilité en 4G sont les suivants:

**a) E-RAB Retainability - Session Time normalized**

Mesure la durée pendant laquelle un échange peut être maintenu sans abnormal release.

**b) E-RAB Retainability - Percentage**

Mesure le taux d'échanges ayant eu lieu sans abnormal release.

**C. Integrity(intégrité)**

En 4G, les facteurs d'évaluation de l'intégrité du réseau sont les suivants:

- **La latence:** Le temps nécessaire pour programmer le premier paquet sur l'interface air.
- **Le débit:** La vitesse à laquelle les paquets sont transférés.
- **La perte de paquets:** Le taux de perte de paquets peut être divisés en deux catégories: les paquets perdus pour cause de congestion, et les paquets perdus pour d'autres raisons ( perdus pendant la transmission par exemple).

Les KPI appartenant à cette catégorie sont les suivants:

**a) Downlink/Uplink Latency**

Désigne la latence sur la voie montante et la voie descendante.

**b) Downlink/Uplink Throughput**

Indique le débit sur la voie montante et la voie descendante.

**c) Downlink/Uplink Packet loss Rate**

Exprime le taux de perte de paquets sur la voie montante et la voie descendante.

**D. Mobility**

Le KPI principal de mobilité en 4G est le suivant:

**a) Mobility success Rate**

Il regroupe la préparation de la cellule destinataire ainsi que le déplacement de la cellule source à la cellule destination (Handover preparation et Handover execution).

**E. Availability**

Le KPI principal de disponibilité en 4G est le suivant:

**a) Partial Cell Availability**

Représente, en seconde, le temps de disponibilité d'une cellule. A noter qu'ici, les redémarrages d'eNodeB ne sont pas pris en considération.

**II.8. CONCLUSION**

Dans ce présent chapitre, nous avons passé en revue les différentes méthodes de supervision des réseaux mobiles en vue de leur optimisation, tout en présentant l'organisation du service NMC de l'opérateur Ooredoo, au sein duquel nous avons effectué notre stage pratique. Nous avons aussi décrit et expliqué les différents indicateurs KPI's de performance utilisés par l'équipementier Ericsson pour évaluer le bon fonctionnement des trois générations de réseau déployées par Ooredoo.

*Chapitre III*  
*Analyse de*  
*dégradation des KPI*

### III.1. INTRODUCTION

La supervision du bon fonctionnement d'un réseau radio mobile consiste à suivre l'évolution dans le temps des valeurs des indicateurs de performance implémentés par l'opérateur. Pour l'exemple d'Ooredoo, cette évolution est suivie par l'équipe d'optimisation sur plateforme "ENIQ "(Ericsson Network Intelligent Quotient) d'Ericsson pour l'ensemble de ces systèmes radio mobiles déployés sur le territoire national. Toute dégradation éventuelle d'un indicateur KPI (suite au dépassement ou baisse au dessous d'un seuil prédéfini selon les cas), est accompagnée aussitôt d'une analyse approfondie des causes probables ayant induit la dégradation observée.

Nous allons au cours de ce chapitre nous focaliser sur l'analyse des causes originelles d'éventuelles dégradations des performances.

### III.2. ANALYSE DES CAUSES DE DEGRADATION DE KPI'S EN 2G<sub>[19,22]</sub>

#### III.2.1 Accessibilité

La figure II.2.1 résume la méthodologie d'analyse des causes originelles d'une éventuelle dégradation du niveau d'accessibilité du réseau:

Comme nous pouvons le constater, une bonne accessibilité au réseau dépend majoritairement des conditions suivantes:

- **Disponibilité du TCH et SDCCH:** Avant de parler de quelque accessibilité au réseau et aux services qu'il peut offrir, nous devons nous assurer de la disponibilité des deux canaux principaux que sont le TCH et SDCCH. Les causes pouvant mener à leur indisponibilité sont les suivantes:
  - ❖ Défaillance matérielle.
  - ❖ Problèmes de transmission.
  - ❖ Une Mauvaise utilisation du saut de fréquence.
- **Accès Aléatoire au réseau:** La MS peut requérir l'accès au RACH pour plusieurs raisons, que ce soit en réponse à un message de paging, ou pour initier un appel ou autre, il est donc primordial de pouvoir y lui garantir l'accès. Le KPI permettant de superviser le bon déroulement de cette opération est le Random Access Success Rate, et les causes éventuelles de sa dégradation sont les suivantes:
  - ❖ Avance temporelle du mobile supérieure à l'avance temporelle maximale autorisée par le réseau.
  - ❖ Faux accès pour cause de hautes interférences.

- ❖ Défaillances matérielles.
- **Efficacité du Paging:** La MS écoute le PCH à certains intervalles bien définis pour savoir si le réseau veut la contacter, pour cela, le taux de messages rejeté doit être le plus bas possible, il est donc primordial d'éviter les phénomènes suivants:
  - ❖ IMSI Attach/Detach non configurés.
  - ❖ Congestion du PCH.
  - ❖ PAGTOOOLD (Rejet des messages pour être restés trop longtemps dans le PCH).
  - ❖ Mauvaise couverture.
- **Faible congestion du SDCCH:** Un non respect de cette condition peut mener l'indisponibilité du SDCCH peut fortement détériorer la performance globale du réseau, il faut donc l'éviter à tout prix. Les raisons de congestion du SDCCH sont les suivantes:
  - ❖ Faible disponibilité des canaux.
  - ❖ Augmentation des exigences du trafic.
  - ❖ Mauvaise utilisation de la configuration adaptative des canaux logiques.
  - ❖ Temps d'attente moyen trop long avant d'accéder au TCH.
  - ❖ Inscriptions périodiques trop fréquentes.
- **Maintenabilité du SDCCH:** Une fois que la MS est calée sur le SDCCH, elle doit pouvoir y rester jusqu'à accéder au service qu'elle désire. Les événements suivants peuvent augmenter le taux de perte de canaux SDCCH:
  - ❖ Faible puissance du signal en UL ou en DL.
  - ❖ Mauvaise qualité du signal en UL ou en DL.
  - ❖ Défaillance de la MS.
  - ❖ Congestion du TCH.
- **Faible congestion du TCH:** Pour avoir accès au service qu'elle désire, la MS doit pouvoir se caler sur le canal TCH, et ce dernier ne doit pas être congestionné pour pouvoir l'accueillir. Un haut taux de congestion du TCH peut être causé par ce qui suit:
  - ❖ Augmentation des exigences du trafic.
  - ❖ Mauvais dimensionnement des cellules.
  - ❖ Défaillances matérielles.
  - ❖ Mauvaise utilisation de la structure hiérarchique des cellules, qui est basée sur un compromis entre la qualité du signal reçu et le taux d'interférences dans la cellule.
  - ❖ Inactivité ou faible activité des Handovers.
- **Allocation du TCH:** Outre la congestion du TCH, il existe d'autres raisons pouvant mener à l'échec de son allocation à la MS, nous les citons ci-dessous:
  - ❖ Absence de cellule de service dominante.
  - ❖ Puissance du signal insuffisante à l'établissement d'un appel.
  - ❖ Hautes interférences.

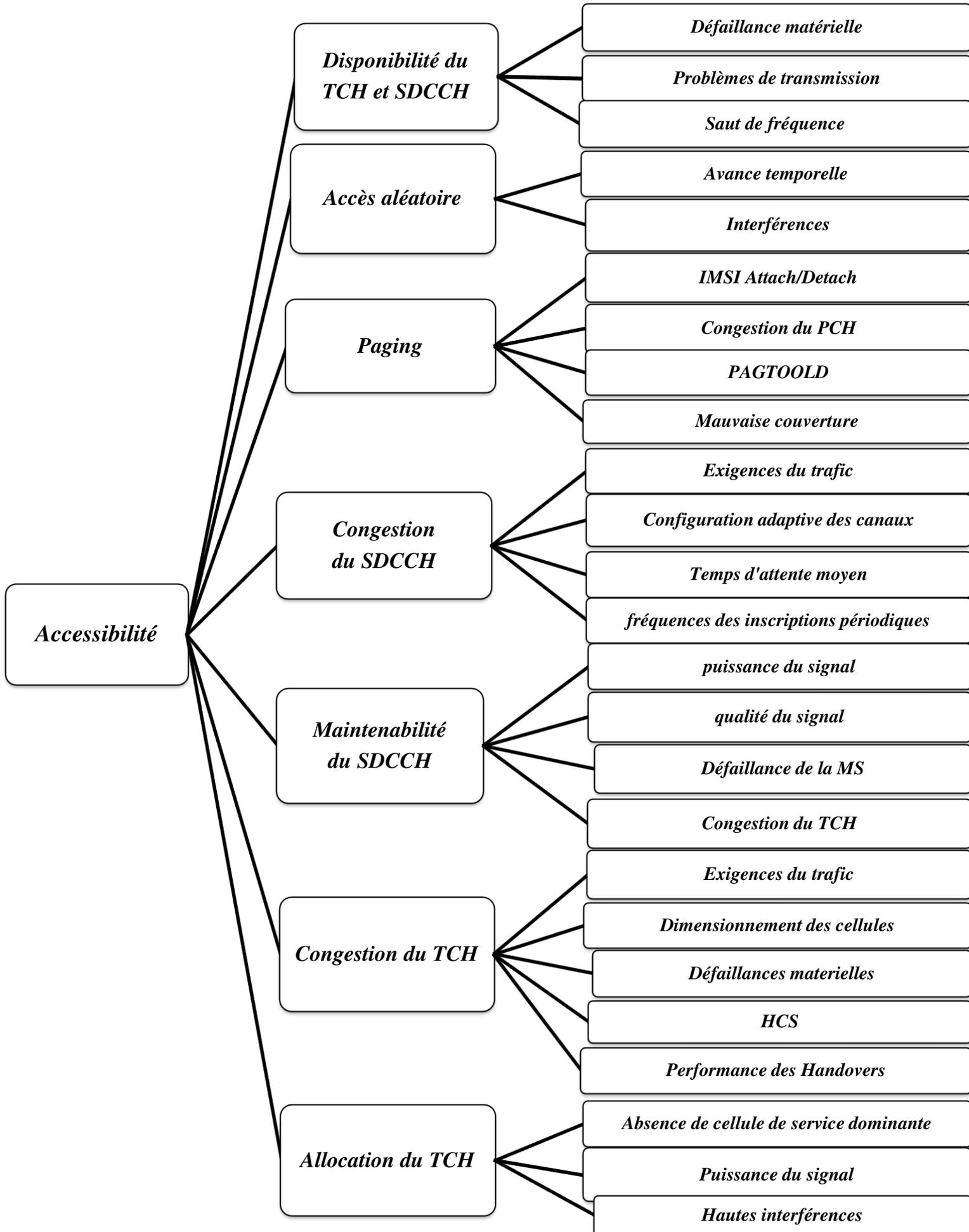
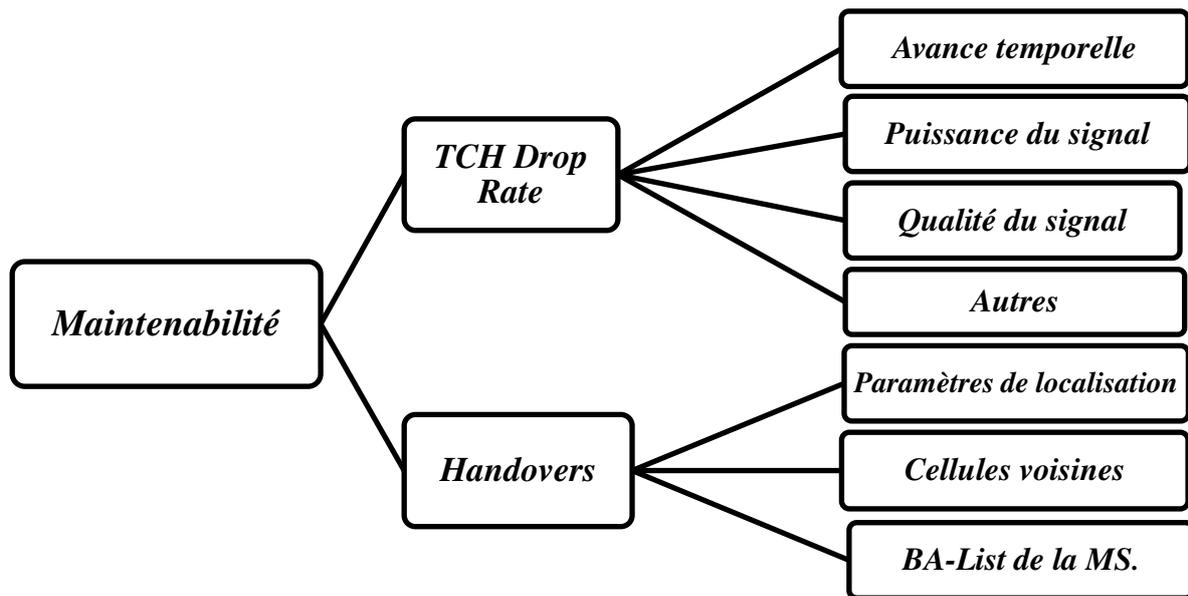


Figure III.2.1: Processus d'analyse des causes originelles d'une mauvaise accessibilité en 2G.

### III.2.2 Maintenabilité

La figure suivante montre le procédé d'analyse de la bonne maintenabilité du réseau:



*Figure III.2.2: Processus d'analyse des causes originelles d'une mauvaise maintenabilité en 2G.*

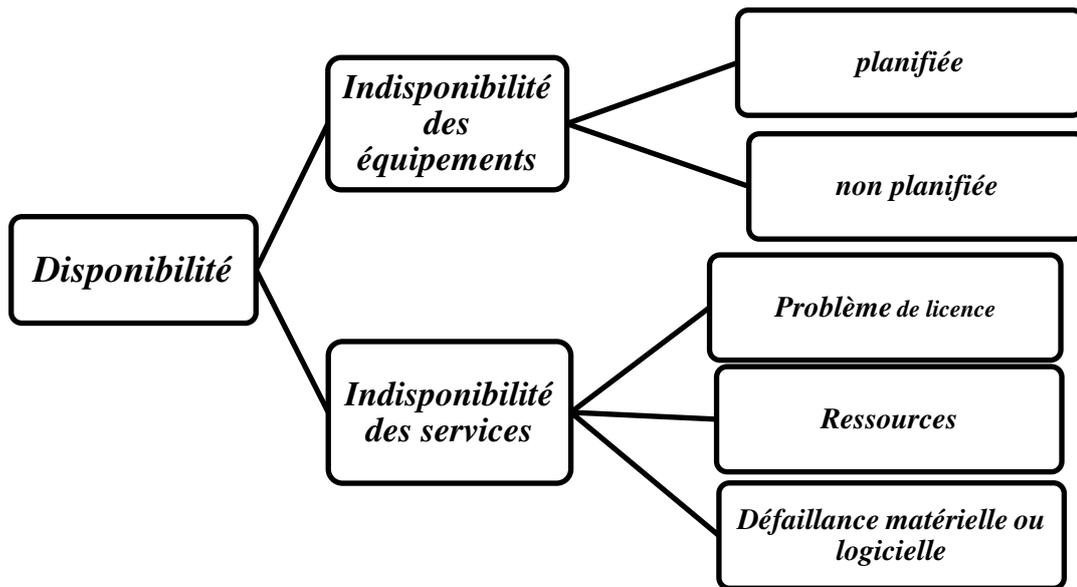
Nous constatons qu'il y a deux phénomènes à surveiller pour éviter les interruptions anormales des échanges :

- **TCH Drop Rate:** Les causes pouvant mener à l'augmentation du taux de pertes du TCH sont les suivantes:
  - ❖ Avance temporelle excessive.
  - ❖ Faible puissance du signal.
  - ❖ Mauvaise qualité du signal.
  - ❖ Perte soudaine de connexion.
  - ❖ Autres.(Défaillance matérielle, problèmes de transmission...etc.)
- **Handovers :** De mauvaises performances du réseau au niveau des Handovers peut mener à la perte de la connexion avec la MS. Les causes pouvant mener à cela sont innombrables, nous en citons quelques unes:
  - ❖ Mauvaise utilisation des paramètres de localisation.
  - ❖ Cellules non nécessaires dans la liste de voisine de la MS.
  - ❖ Fréquences manquantes dans la BA-List de la MS.

## III.3 ANALYSE DES CAUSES DE DEGRADATION DE KPI'S EN 3G

### III.3.1 Disponibilité: [23]

La figure III.3.1 représente le processus d'analyse des causes originelles de l'indisponibilité en 3G.



**Figure III.3.1:** Processus d'analyse des causes originelles d'une mauvaise disponibilité en 3G.

Nous constatons que le traitement de la disponibilité en 3G se divise en deux parties:

- **Indisponibilité des équipements :** peut être due à ce qui suit:
  - ❖ Indisponibilité planifiée (maintenance).
  - ❖ Indisponibilité non planifiée (panne des équipements).
- **Indisponibilité des services :** les services peuvent être indisponibles pour les raisons suivantes :
  - ❖ Problème de licence.
  - ❖ Epuisement des ressources.
  - ❖ Défaillances matérielle ou logicielle.

### III.3.2 Accessibilité[24]

La figure III.3.2 explique le procédé d'analyse des causes originelles d'une mauvaise accessibilité en 3G.

L'accessibilité en 3G se divise donc en deux parties:

- **L'admission:** Equivalente à l'accès aléatoire, elle peut échouer pour les raisons suivantes:
  - ❖ Faible puissance du signal en DL.
  - ❖ Manque de ressources à allouer à l'utilisateur.
  - ❖ Blocage au cours de l'établissement de la signalisation RRC ou RAB.
  - ❖ Congestion de l'interface Iub.
- **Post-admission :** Cette partie consiste à vérifier la réussite de l'accès aux services souhaités après l'admission de l'UE, d'éventuels échecs peuvent être causés par ce qui suit:
  - ❖ Problème au niveau du transport des données.

- ❖ Échec de l'allocation des codes.
- ❖ Mauvaise configuration des paramètres adéquats.
- ❖ Défaillance matérielle.

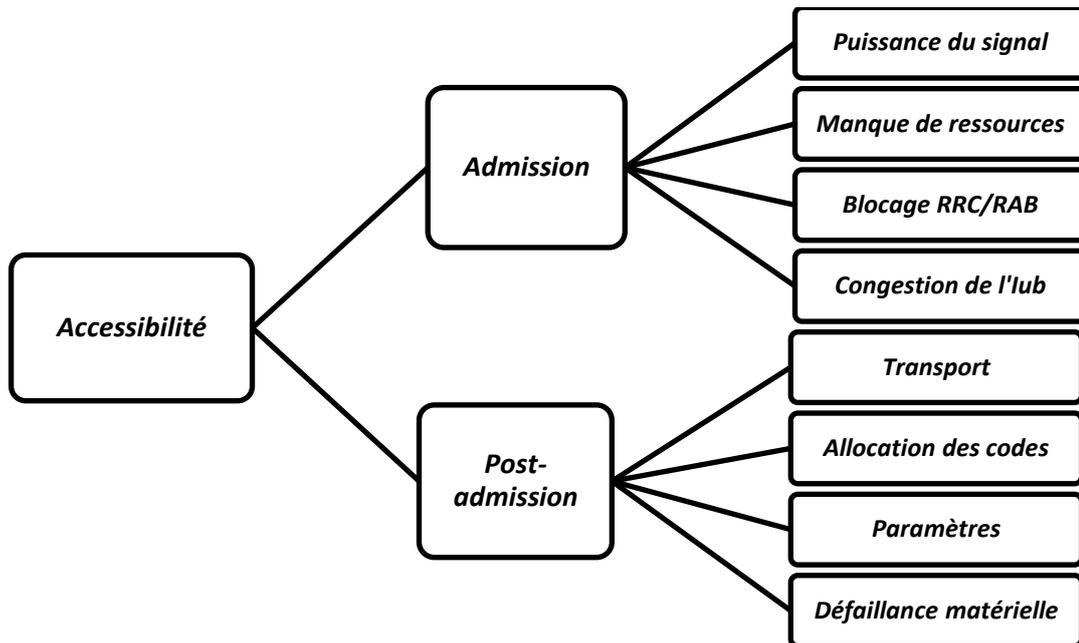


Figure III.3.2: Processus d'analyse des causes originelles d'une mauvaise accessibilité en 3G.

### III.3.3 Utilisation du système[25]

La figure suivante explique le procédé d'analyse des causes originelles d'une mauvaise utilisation de ressources en 3G:

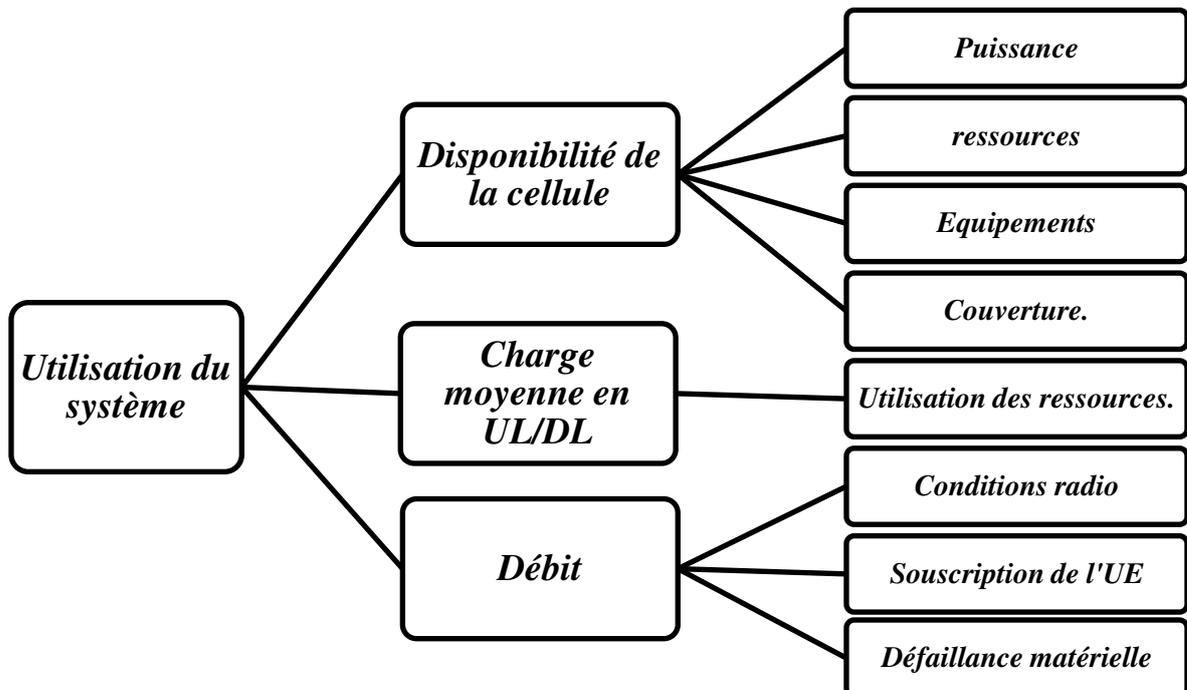


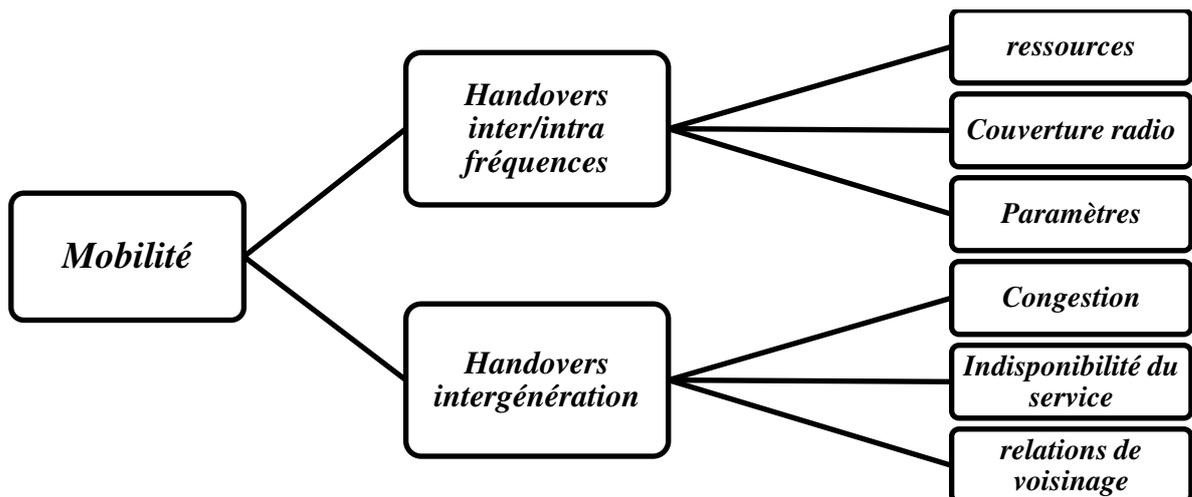
Figure III.3.3: Processus d'analyse des causes d'une mauvaise utilisation du système en 3G.

L'évaluation de l'utilisation du système se fait comme suit:

- **Disponibilité de la cellule:** La cellule peut éventuellement être indisponible pour l'une des raisons suivantes:
  - ❖ Faible puissance du signal.
  - ❖ Indisponibilité des ressources.
  - ❖ Indisponibilité des équipements.
  - ❖ Mauvaise couverture.
- **Charge moyenne en UL et DL:** Consiste à surveiller le taux d'utilisation des ressources.
- **Débit:** Le débit peut se dégrader pour l'une des raisons suivantes:
  - ❖ Mauvaises conditions radio.
  - ❖ Type de souscription de l'UE.
  - ❖ Une défaillance matérielle.

### III.3.4 Mobilité

La figure suivante montre le processus d'analyse des performances de mobilité des réseaux 3G:



*Figure III.3.4: Processus d'analyse des causes originelles d'une mauvaise mobilité en 3G.*

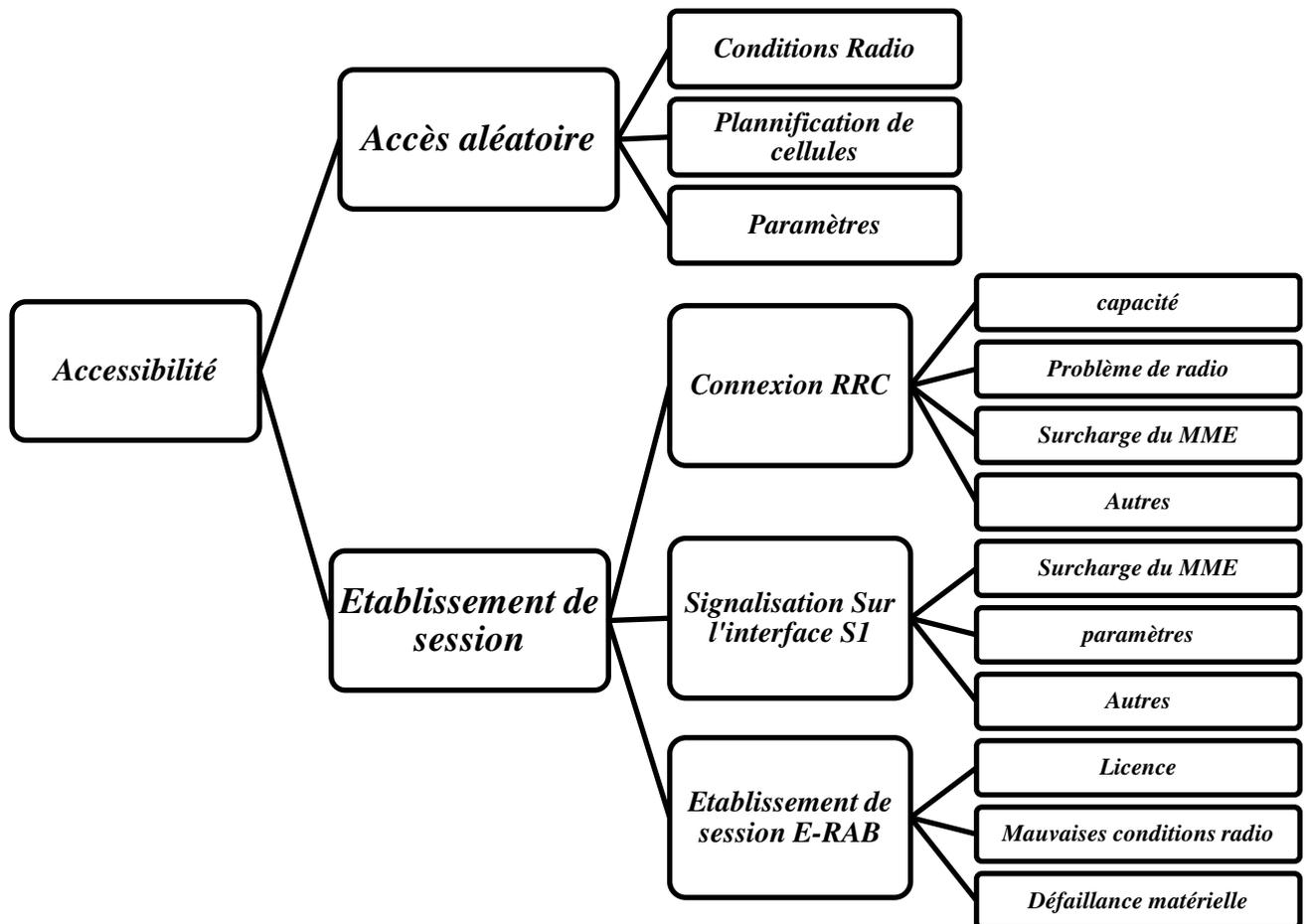
L'évaluation de la mobilité en 3G se fait comme suit:

- **Handovers inter/intra Fréquences:** Un dysfonctionnement des handovers fréquentiels peut être causé par l'une des raisons suivantes:
  - ❖ Un manque de ressources dans la cellule destinataire.
  - ❖ Indisponibilité du service désiré dans le cas d'un handover intra fréquence.
  - ❖ Mauvaise configuration des paramètres adéquats.
  - ❖ Mauvaise couverture radio.
- **Handovers inter générations :** Peut échouer pour l'une des raisons suivantes:
  - ❖ Congestions des canaux 2G.
  - ❖ Indisponibilité du service requis en 2G.
  - ❖ Mauvaise configuration des relations de voisinage.

### III.4 ANALYSE DES CAUSES DE DEGRADATION DES KPI's EN 4G[27]

#### III.4.1 Accessibilité

L'analyse des performances d'accessibilité en 4G a été divisée en deux fronts: L'accès aléatoire au réseau, et l'établissement de sessions. La figure suivante en résume le procédé:



*Figure III.4.1: Processus d'analyse des causes originelles d'une mauvaise accessibilité en 4G.*

#### A. Accès aléatoire

Les causes potentielles pouvant nuire au bon déroulement de l'accès aléatoire au réseau sont les suivantes:

- ❖ Mauvaises conditions radio.
- ❖ Mauvaise planification des cellules.
- ❖ Mauvais réglages des paramètres concernés.

## B. Établissement de session

- **Connexion RRC:** Les causes pouvant mener à la dégradation de ses performances sont les suivantes:
  - ❖ Problème de capacité.
  - ❖ Problème Radio.
  - ❖ Surcharge du MME.
  - ❖ Autres.(indisponibilité de l'eNodeB, défaillance matérielle...etc.)
- **Signalisation sur l'interface S1:** son dysfonctionnement pourrait être causé par ce qui suit:
  - ❖ Surcharge du MME.
  - ❖ Mauvaise configuration des paramètres.
  - ❖ Autres.(problèmes de transmission...etc.)
- **Etablissement de session E-RAB:** peut être détériorée par ce qui suit:
  - ❖ Licence pas encore obtenue par l'opérateur.
  - ❖ Mauvaises conditions radio.
  - ❖ Défaillance matérielle.

### III.4.2 Maintenabilité

En 4G, lorsqu'on évoque la maintenabilité, on parle de Session Abnormal Release, ou libération anormale de session. Celle ci peut être initiée soit au niveau de l'eNodeB ou du MME, l'analyse des causes originelles se fait comme démontré dans la figure suivante:

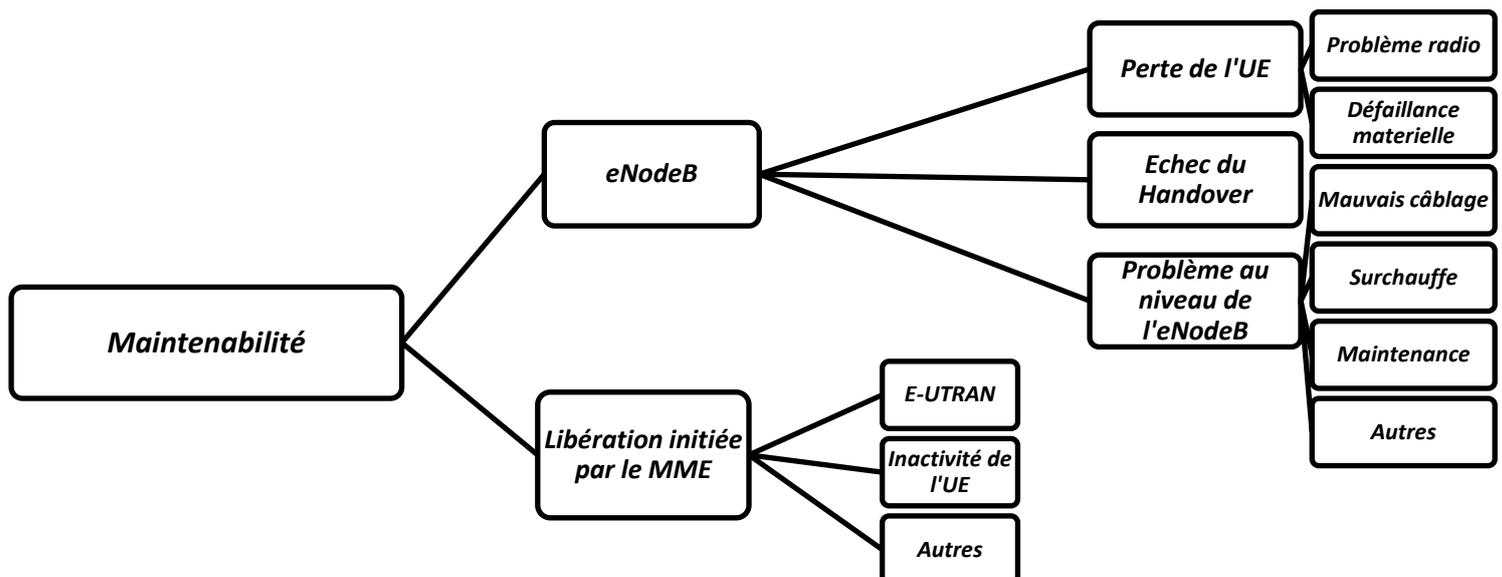


Figure III.4.2: Processus d'analyse des causes d'une mauvaise maintenabilité en 4G.

## A. libérations initiées par l'eNodeB

Les causes potentielles de ce phénomène sont répertoriées comme suit:

- **Perte de l'UE:** Il peut arriver au cours d'une session que l'UE 'disparaisse' et qu'il ne puisse plus être contacté par le MME, et ce pour les raisons suivantes:
  - ❖ Problèmes radio.
  - ❖ Défaillance matérielle.
- **Echec de Handover:** Comme pour les autres générations, le Handover joue un rôle important dans la maintenabilité des sessions, les causes pouvant mener à son échec en 4G sont séparées en deux catégories : Echec de la préparation du Handover, et échec de l'exécution du Handover. (nous les traitons plus bas).
- **Problème au niveau de l'eNodeB:** Les problèmes possibles au niveau de l'eNodeB pouvant altérer la maintenabilité des sessions sont les suivants:
  - ❖ Mauvais câblage.
  - ❖ Surchauffe.
  - ❖ Maintenance.
  - ❖ Autres.

## B. Libération initiées par le MME

On constate qu'il y'a trois cas pouvant inciter le MME à libérer une session:

- ❖ Problème au niveau de l'E-UTRAN.
- ❖ Longue période d'inactivité de l'UE.
- ❖ Raison non spécifiée.

**III.4.3 Mobilité :**

Pour ce qui est de la mobilité, elle est analysée en 4G selon la figure III.4.3.

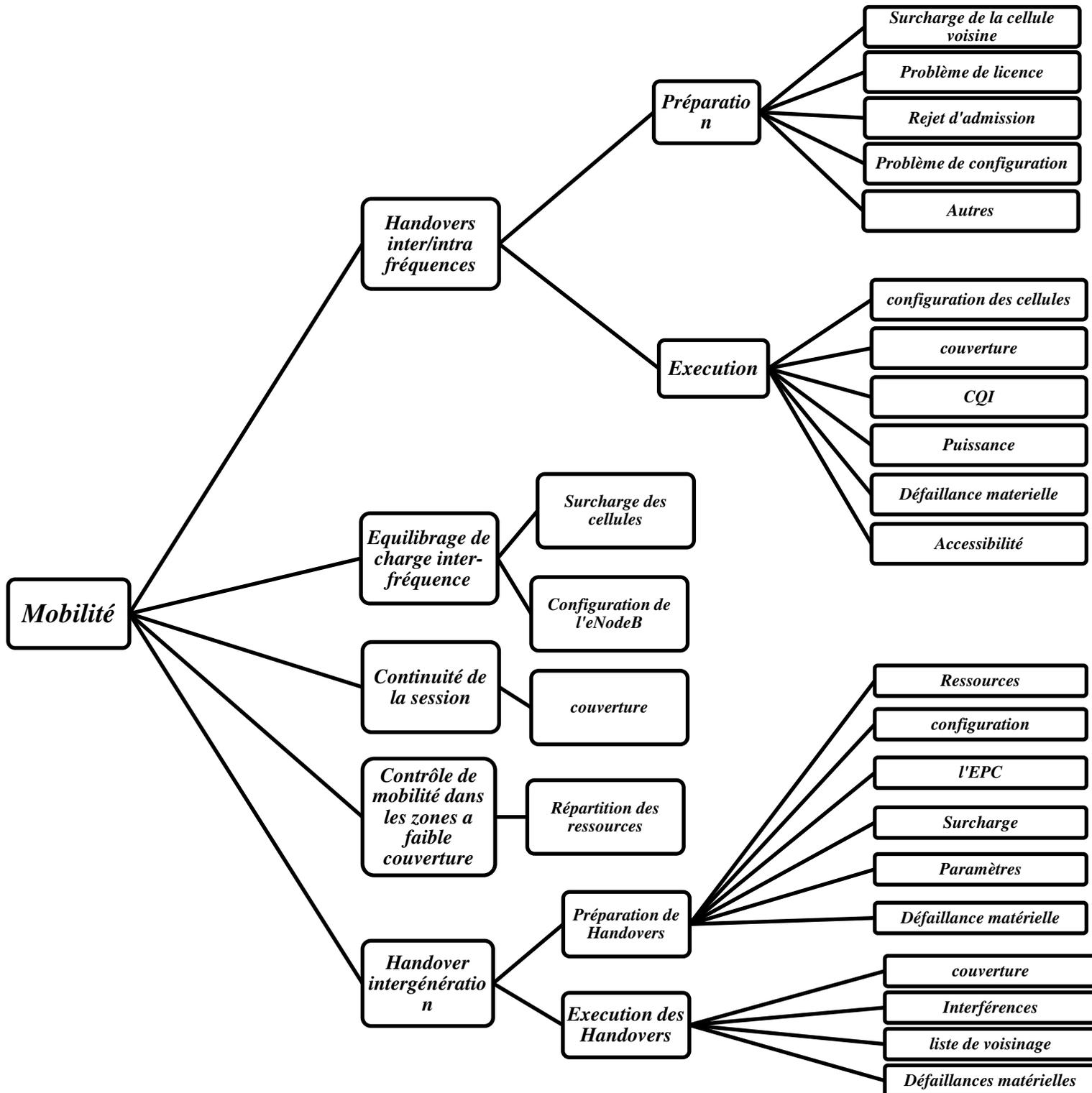


Figure III.4.3- Processus d'analyse des causes d'une mauvaise mobilité en 4G.

### A. Handover Inter/Intra Fréquence

- **Préparation des Handovers:** Les causes pouvant mener à l'échec de la préparation des Handovers sont les suivantes:
  - ❖ Surcharge de la cellule voisine.
  - ❖ Problème de licence de la cellule voisine.
  - ❖ Rejet d'admission dans la cellule destinataire.
  - ❖ Problème de configuration.
  - ❖ Autres (indisponibilité, défaillance matérielle....etc.).
- **Exécution des Handovers:** L'exécution des handovers peut échouer pour l'une des raisons suivantes:
  - ❖ Mauvaise configuration des cellules.
  - ❖ Problème de couverture.
  - ❖ Mauvais rapport signal/bruit (CQI).
  - ❖ Faible Signal en UL.
  - ❖ Défaillance matérielle.
  - ❖ Problème d'accessibilité aux cellules voisines.

### B. Equilibrage de charge Inter fréquences

Un mauvais équilibrage de charge inter fréquences peut être causé par ce qui suit:

- ❖ Surcharge des cellules.
- ❖ Mauvaise configuration de l'eNodeB.
- ❖ Mauvaise configuration des cellules prioritaires.

### C. Continuité de la session

Comme nous le voyons, nous séparons l'analyse de la continuité de la session en deux parties:

- **Continuité de sessions inter fréquences:** Consiste à étudier la continuité d'une session suite à un handover inter fréquences. La cause pouvant mener à la perte de la session étant une mauvaise couverture de la fréquence destinataire.
- **Continuité de session inter générations:** Consiste à étudier la continuité d'une sessions suite à un handover inter générations. La cause pouvant mener à la perte de la session dans ce cas étant une mauvaise couverture de la station radio (BTS ou NodeB) destinataire.

### D. Contrôle de mobilité dans les zones à faible couverture

La cause d'un mauvais contrôle de la mobilité étant une mauvaise répartition des ressources en fonctions du nombre de porteuses disponibles.

## E. Handover Inter générations

Comme pour les Handovers inter/intra fréquences, l'analyse des Handovers inter générations se sépare en deux parties:

- **Préparation de Handovers:** Les causes pouvant mener à l'échec de la préparation des Handovers inter générations sont les suivantes:
  - ❖ Indisponibilité des ressources dans la technologie destinataire.
  - ❖ Problème de configuration.
  - ❖ Problème au niveau de l'EPC.
  - ❖ Cellule destinataire surchargée.
  - ❖ Réglage des paramètres correspondant.
  - ❖ Défaillance matérielle.
- **Exécution des Handovers:** L'exécution des handovers peut échouer pour l'une des raisons suivantes:
  - ❖ Mauvaise couverture.
  - ❖ Hautes interférences au niveau de la cellule destinataire.
  - ❖ Mauvaise configuration de la liste des cellules voisines.
  - ❖ Défaillances matérielles.

### III.4.4 Intégrité

La figure suivante résume la méthodologie d'analyse de la qualité de l'intégrité des réseaux 4G:

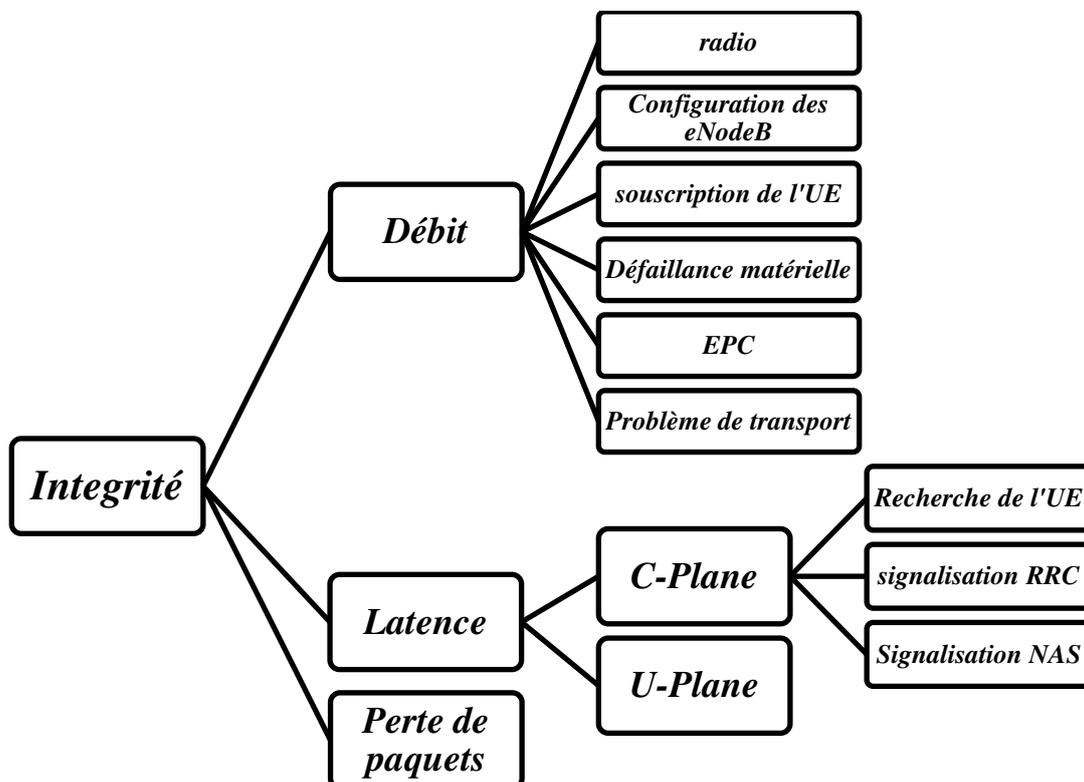


Figure III.4.4: Processus d'analyse des causes d'une mauvaise intégrité en 4G.

## A. Débit

Les causes globales pour un faible débit sont similaires en DL et UL:

- ❖ Causes radio.
- ❖ Problème de configuration des eNodeB.
- ❖ Du type d'abonnement de l'UE.
- ❖ Une défaillance matérielle.
- ❖ Configuration de l'ePC.
- ❖ Problème de transport.

## B. Latence

- **C-Plane:** ou plan de contrôle, regroupe tout le processus de mise en place de la signalisation. Les causes possibles d'une latence considérable en C-Plane sont les suivantes:
  - ❖ Recherche de l'UE.
  - ❖ Mise en place de la signalisation RRC.
  - ❖ Mise en place de la signalisation NAS.
  
- **U-Plane:** ou plan utilisateur, la latence en U-Plane ne représente pas vraiment un problème vu qu'il s'agit juste d'un échange de données, la signalisation ayant déjà été mise en place.

## C. Perte de paquets

L'analyse des pertes de paquet, que ce soit en UL ou en DL, nécessite un pistage des échanges de l'eNodeB, ou une analyse "Wireshark".

## III.3. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons synthétisé les différentes causes pouvant entraîner des dégradations de performances des réseaux mobiles 2G, 3G et 4G. Cette synthèse est intéressante car elle facilite l'analyse des dégradations pour les différentes catégories de KPI's et aide les équipes d'optimisation à y remédier rapidement.

*Chapitre IV*

*Conception d'une  
interface d'aide à  
l'optimisation des  
performances*

## IV.1 INTRODUCTION

Les différentes causes de dégradation des KPI, présentées dans le chapitre précédent, engendrent chacune une liste d'actions correctives dans l'optique de l'optimisation des performances du réseau. A l'aide du langage de programmation Python, nous proposons dans ce présent chapitre une interface graphique d'aide à la décision pour les ingénieurs de suivi OMC des opérateurs, dans leur analyse de dégradation et leur choix d'actions correctives selon le type de problème rencontré. Nous présenterons des cas d'exemples réels confrontés aux actions menées en pratique chez l'opérateur Ooredoo.

## IV.2 PRESENTATION DE L'OUTIL UTILISE

### IV.2.1 Le langage Python[29]

Le langage Python est placé sous une licence libre proche de la licence BSD8 et fonctionne sur la plupart des plates-formes informatiques, des Smartphones aux ordinateurs centraux, de Windows à Unix avec notamment GNU/Linux en passant par MacOS, ou encore Android, Ios, et peut aussi être traduit en Java ou .NET. Il est conçu pour optimiser la productivité des programmeurs en offrant des outils de haut niveau et une syntaxe simple à utiliser.

C'est un langage qui peut s'utiliser dans de nombreux contextes et s'adapter à tout type d'utilisation grâce à des bibliothèques spécialisées. Il est cependant particulièrement utilisé comme langage de script pour automatiser des tâches simples mais fastidieuses.

### IV.2.2 Implémentation du script

L'Implémentation du script de notre programme python peut se faire sur le bloc note de Windows, mais pour une meilleure gestion des éventuelles erreurs de compilation, nous avons opté pour IDLE(Integrated DeveLoppment Environment), qui est l'environnement de développement intégré de Python.

Les principales fonctionnalités de IDLE sont :[30]

- L'éditeur de texte avec coloration syntaxique, l'auto complétion (complètement automatique), l'indentation.
- Le terminal Python avec coloration syntaxique.
- Le débogueur intégré avec avancement par étape.

La figure IV.2.2 est une illustration de l'interface IDLE:

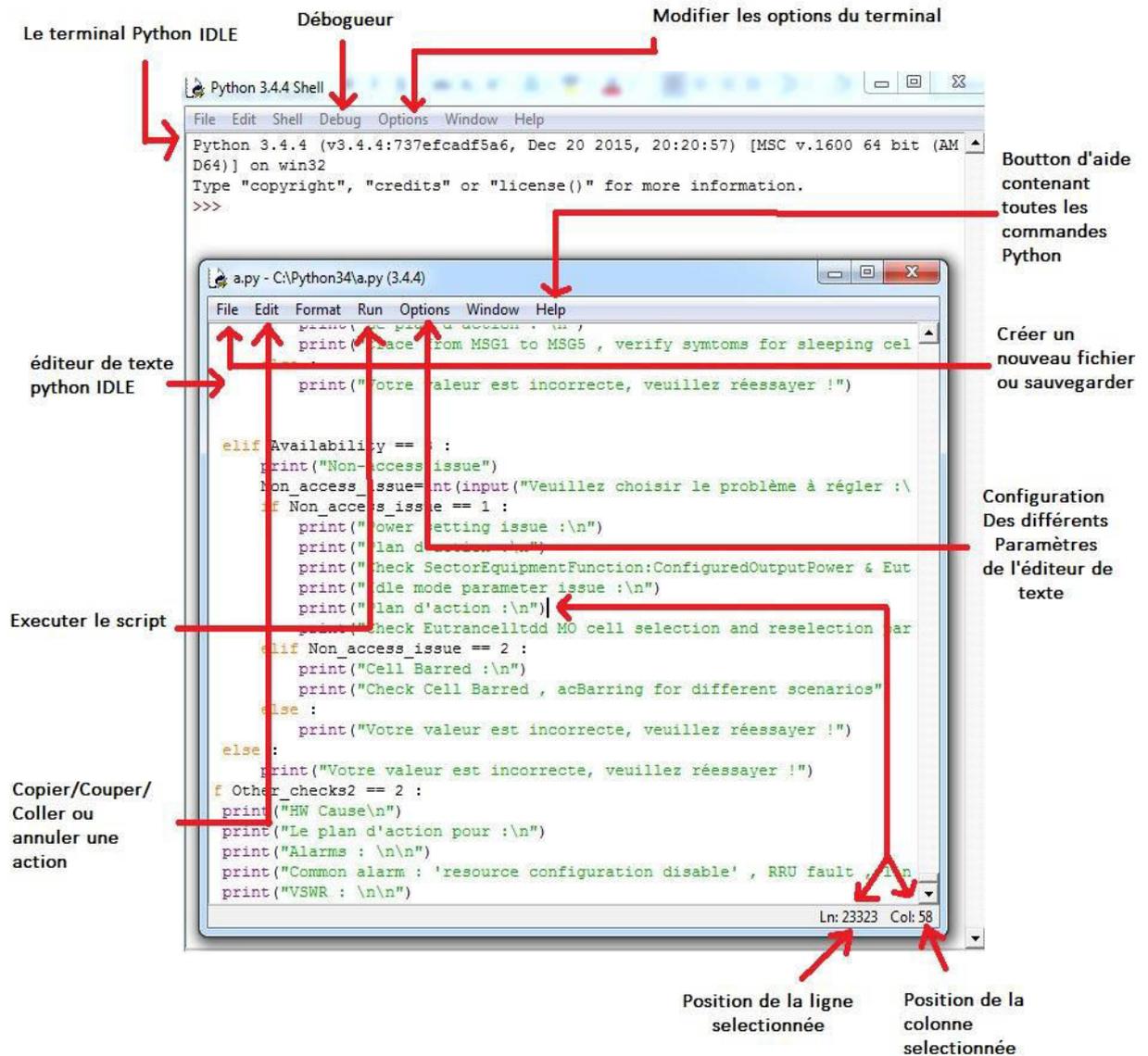


Figure IV.2.2– Interface IDLE de Python.

### IV.2.3 Commandes utilisées

- **# -\*- coding: UTF-8 -\*-** : Définit l'encodage de notre script qui est en UTF-8 son implémentation se fait au tout début de notre script.
- **import os** : Pour importer le module « os » et ce dans le but d'interagir avec le système d'exploitation , implémenté juste après avoir implémenté l'encodage.
- **Print** : Pour afficher un texte à l'écran.

- **if, elif, else** : Définit une structure conditionnelle sous python, "if" pour "si", pour introduire une autre condition on utilise « elif », qui est le diminutif de « else if » qui veut dire, en traduction littérale, « sinon, si », et « else » pour « sinon ».

La structure est la suivante :

```
If a > 0 :  
    Print('a est supérieur à 0')  
Elif a < 0 :  
    Print('a est inférieur à 0')  
Else :  
    Print('a est égal à 0')
```

- **os.system("pause")** : A implémenter à la fin du script, cette commande fait appel au module « os » que nous avons importé plus haut pour que la fenêtre de l'interface que nous allons créer ne se ferme pas directement après la fin de l'exécution du script.

### IV.3 IMPLEMENTATION DE L'INTERFACE :

Nous avons, à l'aide du langage PYTHON, implémenté une interface graphique à laquelle il est possible d'introduire des valeurs de KPI's, et pour lesquelles elle suggère à l'ingénieur une liste de causes potentielles en cas d'inadéquation de la valeur introduite avec le seuil défini. A lui à lors d'investiguer et de déterminer la cause à indiquer à l'interface, qui lui suggèrera en conséquence une liste d'actions et les solutions pouvant régler le problème.

Nous présentons quelques exemples de cas introduits à l'interface, en adéquation avec les cas pratiques qui nous ont été fournis par les équipes d'optimisation OOREDOO.

#### IV.3.1 Maintenabilité 2G :

##### A. TCH DROP RATE

- **Premier Cas:**

Pour la figure IV.3.1a, nous avons entré une valeur de 3% pour le TCH DROP RATE, qui ne doit normalement pas dépasser les 2%. Pour la cause de dégradation, nous avons sélectionné "avance temporelle excessive", l'une des actions principales à effectuer dans ce cas, est de vérifier si le paramètre TALIM, qui définit l'avance temporelle maximale autorisée pour l'exécution de HO, et de s'assurer qu'il ne dépasse pas les 63 périodes de bits. Si le

problème ne réside pas là, il incombe d'effectuer l'une des autres actions suggérées par l'interface. L'action encadrée est l'action effectuée dans l'un des exemples cités plus bas.

```

Veillez choisir la génération de KPI à vérifier :

1) 2G.
2) 3G.
3) 4G.

1
Veillez choisir le KPI :
1) TCH assignement success rate.
2) TCH Drop rate.
3) Paging Discard Rate.
2
Veillez entrer la valeur du KPI :3
La valeur du KPI est inadéquate.

Veillez choisir l'une des causes possibles suivantes pour déterminer le plan d'action et les solutions à appliquer :

1) Avance temporelle excessive.
2) Faible puissance du signal.
3) Mauvaise qualité du signal.
4) Perte soudaine de connexion.
5) Autres causes.
1
Actions: Vérifier si le paramètre de cellule TALIM est < '63'.
Solutions : Réglez TALIM sur une valeur proche de 63.
Incliner l'antenne
Réduire la hauteur de l'antenne
Réduire la puissance de sortie.
>>> |
    
```

Figure IV.3.1a- TCH DROP RATE x Avance temporelle excessive

• Deuxième cas :

Pour la figure IV.3.1b, la valeur du TCH DROP RATE a été fixée à 4%, la cause choisie est "mauvaise qualité du signal", l'action encadrée représente celle qui a été effectuée dans l'exemple pratique sur la cellule "AL2063C".

```

Veillez choisir la génération de KPI à vérifier :

1) 2G.
2) 3G.
3) 4G.

1
Veillez choisir le KPI :
1) TCH assignement success rate.
2) TCH Drop rate.
3) Paging Discard Rate.
2
Veillez entrer la valeur du KPI :4
La valeur du KPI est inadéquate.

Veillez choisir l'une des causes possibles suivantes pour déterminer le plan d'action et les solutions à appliquer :

1) Avance temporelle excessive.
2) Faible puissance du signal.
3) Mauvaise qualité du signal.
4) Perte soudaine de connexion.
5) Autres causes.
3
Actions :
Vérifier le plan de fréquences (problème du Co-BCCH ou du Co-BSIC).
Vérifier s'il y a des interférences externes.
Effectuer des essais d'entraînement.
Solutions :
Modifier la fréquence BCCH.
Changer BSIC.
Effectuez le balayage de fréquence sur site pour identifier la source des interférences.
Utilisez les fonctions radio disponibles.
    
```

Figure IV.3.1b- TCH DROP RATE x qualité

### IV.3.2 Accessibilité 3G :

Dans la figure IV.3.2, nous avons introduit une valeur de 97% au RRC CS success rate, nous avons ici introduit une action à chacune des causes possibles, la méthodologie d'analyse en 3G étant plus précise qu'en 2G. La cause et la solution encadrées représentent ce qui a été fait dans le cas pratique défini plus bas, nous y verrons que le paramètre a non

Veillez choisir la génération de KPI à vérifier :

- 1) 2G.
- 2) 3G.
- 3) 4G.

2

Veillez choisir le KPI :

- 1) RRC CS success rate.
- 2) RAB success rate CS.
- 3) Call setup success rate CS.

1

Veillez introduire la valeur du KPI : 97

Cause #1 : La congestion : Comme un manque de codes de canalisation ou une insuffisance de puissance en DL.

Solution #1 : Utiliser une autre fréquence afin d'avoir un autre arbre de codes qui sera utilisé par la suite.

Cause #2 : Manque de capacité de l'interface Iub : Ce qui provoque une congestion au niveau du RNC ce qui diminue sa capacité de fonctionnement.

Solution #2 : Vérifier les paramètres reliés à l'interface et effectuer des modifications nécessaires au niveau de la configuration.

Cause #3 : Problème au niveau NodeB.

Solution #3 : Vérifier la configuration et faire appel à des agents de terrain en cas de problème matériel.

Cause #4 : Réglage des paramètres associés.

Solution #4 : Vérifier la justesse de la valeur des paramètres associés.

seulement amélioré le KPI traité, mais il a également provoqué une réaction en chaîne sur d'autres indicateurs.

*Figure IV.3.2–RRC CS Success Rate x mauvais paramétrage*

### IV.3.3 Accessibilité en 4G

Pour la figure IV.3.3, nous avons traité le KPI RRC Connection Success rate, nous lui avons introduit une valeur de 50%, nous avons sélectionné la cause "Capacité", qui peut être due en 4G à une surcharge du processeur principal, soit à un problème de licence. En sélectionnant le deuxième cas, nous avons une liste d'actions à effectuer. L'action encadrée a réglé le problème présenté en exemple pratique.

```

Veillez choisir la génération de KPI à vérifier :

1)2G.
2)3G.
3)4G.

3
Veillez choisir le KPI :
1)RRC connection.
2)ERAB ESTABLISHMENT.
3)IRAT HO.
4)Throughput.
1
Veillez introduire la valeur du KPI :50
La valeur du KPI est inadéquate.

Cela peut être dû à plusieurs causes :
1) Causes Capacité.
2) Causes Radio.
3) Autres Causes.
4) Surcharge MME.
5) Autres vérifications.
1
Veillez choisir l'une causes suivantes :
1)MPload.
2)Licence.
2
Licence.

Le plan d'action :

Changements physiques (inclinaison, azimut, hauteur de l'antenne)
Réglez les paramètres de resélection des cellules pour décharger le trafic vers les cellules voisines.
Mise à jour de licence pour le nombre d'utilisateurs connectés.
Vérifier le réglages des paramètres associés

```

FigureIV.3.3–RRC Connection Success Rate x licence

## IV.4 CAS REELS D'OPTIMISATION :

Grâce à la collaboration des différentes équipes d'optimisation de l'opérateur OOREDOO, nous avons pu avoir accès à quelques exemples pratiques de cas de dégradation de KPI's. Nous présentons ces cas dans ce qui suit. :

### IV.4.1Problème de maintenabilité en 2G:

Nous allons décrire dans ce qui suit, deux cas de hausse du TCH DROP RATE au-delà du seuil tolérable, dans deux cellules distinctes :

#### A. AL5044A:

Dans ce cas, les ingénieurs ont remarqué un overshooting de l'antenne desservant la cellule, il s'agit donc d'un problème de couverture. Problème qui a été résolu en réduisant de 2° le tilt de l'antenne. La figure IV.4.1a illustre l'amélioration entraînée:

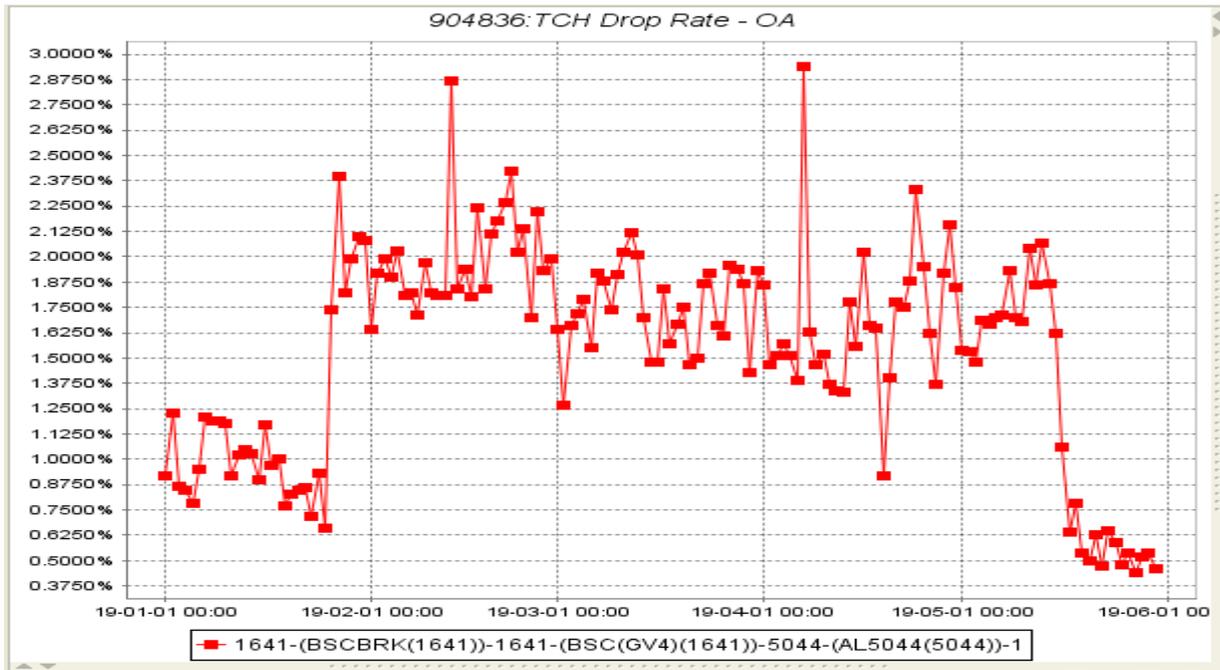


Figure IV.4.1a- TCH Drop rate sur AL5044A.

**B. AL2063C**

Pour le cas représenté dans la figure IV.4.1b, Un drive test a été effectué pour détecter la cause du problème. Une valeur dégradée du paramètre C/I a été remarquée, désignant un haut taux d'interférences au sein de la cellule. Les ingénieurs ont alors pris l'initiative de modifier les fréquences allouées au BCCH, ce qui a réglé le problème.

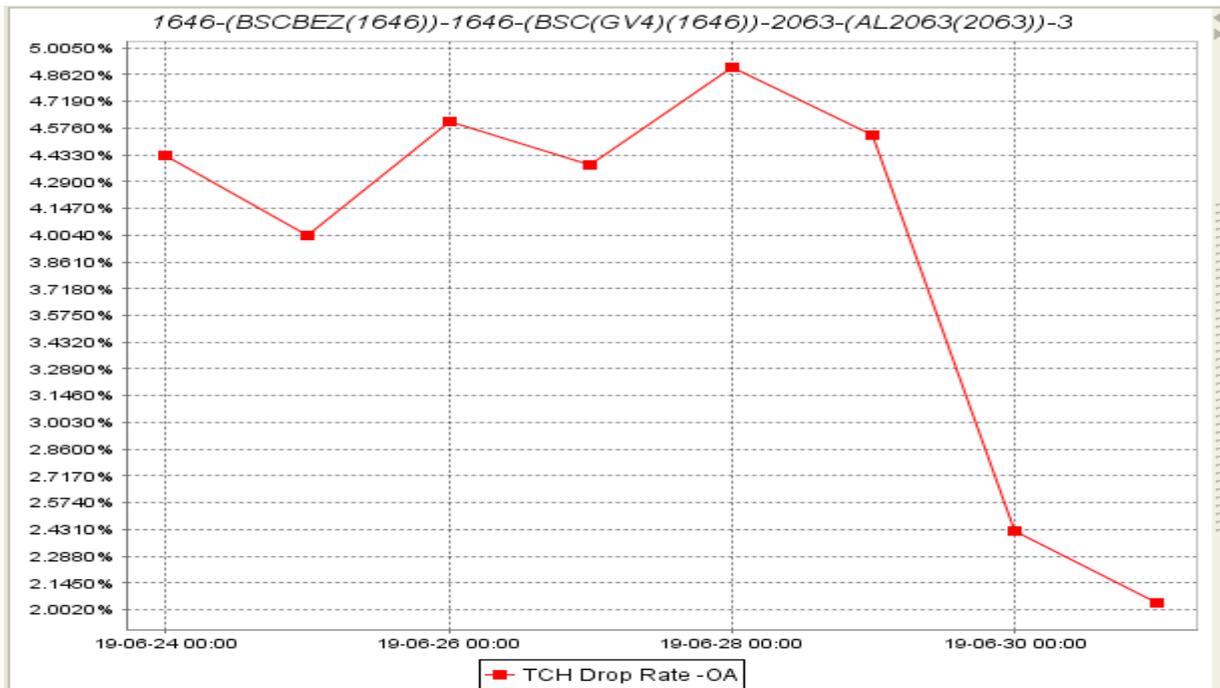


Figure IV.4.1b- TCH DROP RATE AL2063C

#### IV.4.2 Mauvais paramétrage en 3G

Après avoir remarqué la dégradation du taux de réussite des connexions RRC sur le réseau CS, les ingénieurs ont mené une enquête pour déterminer la cause originelle du problème. Il a été remarqué que le paramètre noHsSwitch, responsable de l'activation de la réduction adaptative du P-CPICH, été sur la valeur "0" (désactivé). L'activation de ce paramètre a non-seulement amélioré le KPI en question, mais elle a également provoqué une réaction en chaîne sur d'autres indicateurs, décrivant la réussite des opérations suivant l'établissement de la connexion RRC. Comme démontré sur les figures suivantes:

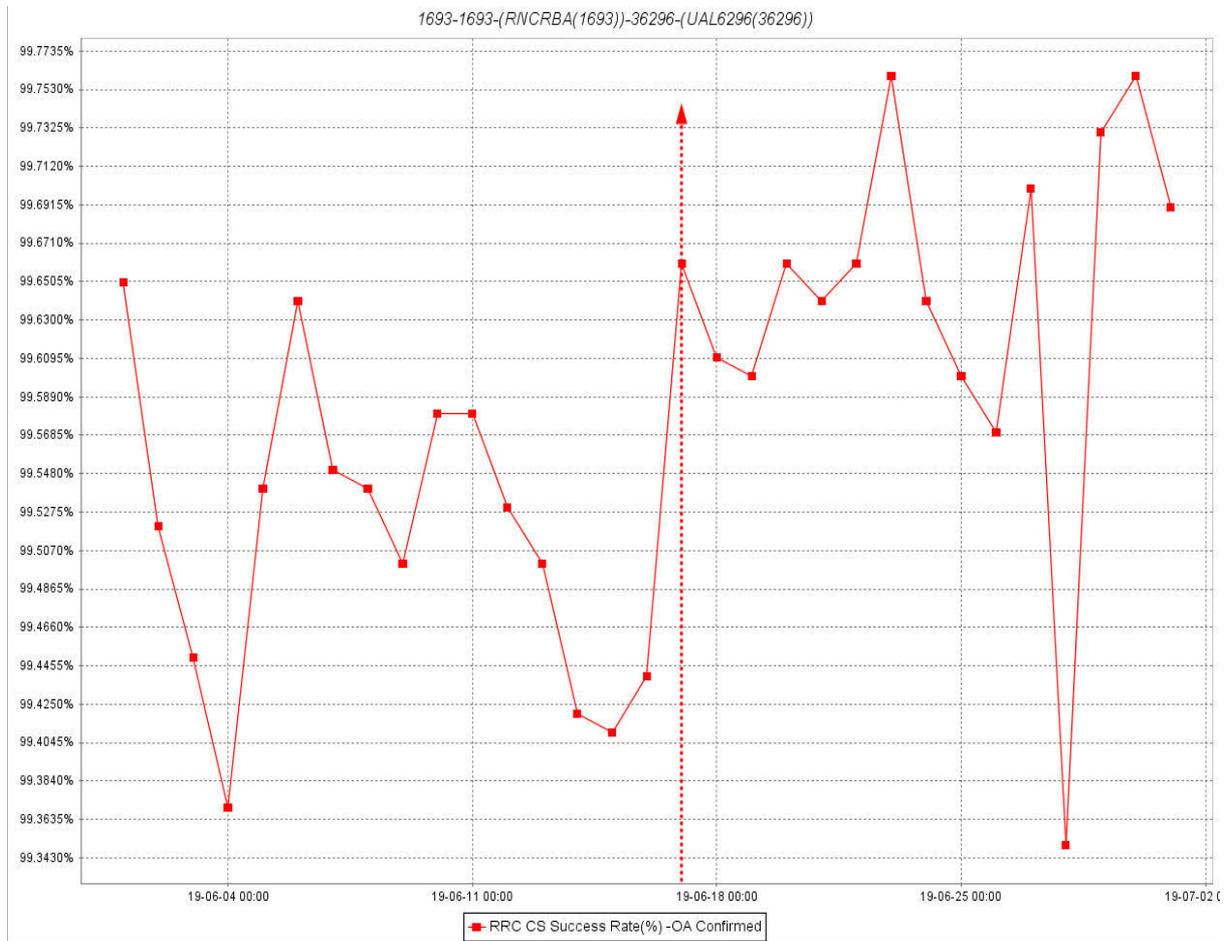
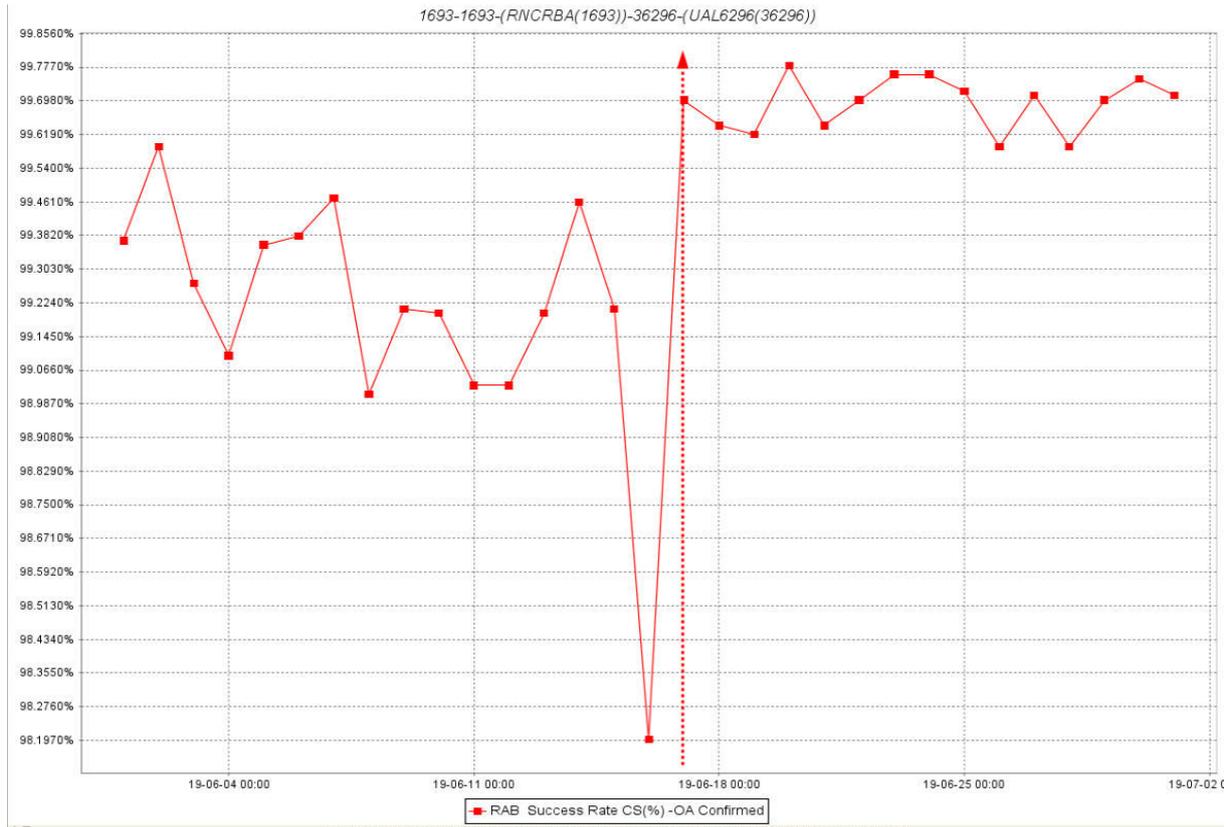
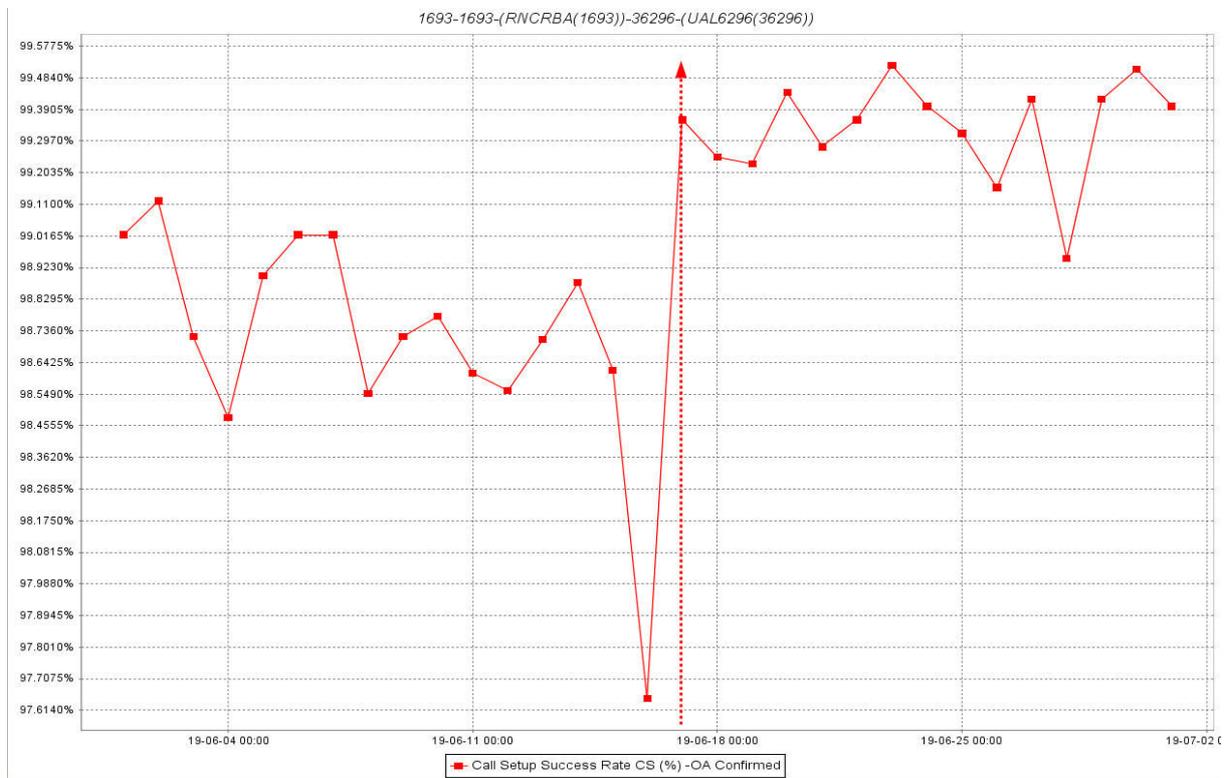


Figure IV.4.2a- RRC CS Success Rate.



figureIV.4.2b-: RAB Success Rate



FigureIV.4.2c- Call Setup Success Rate.

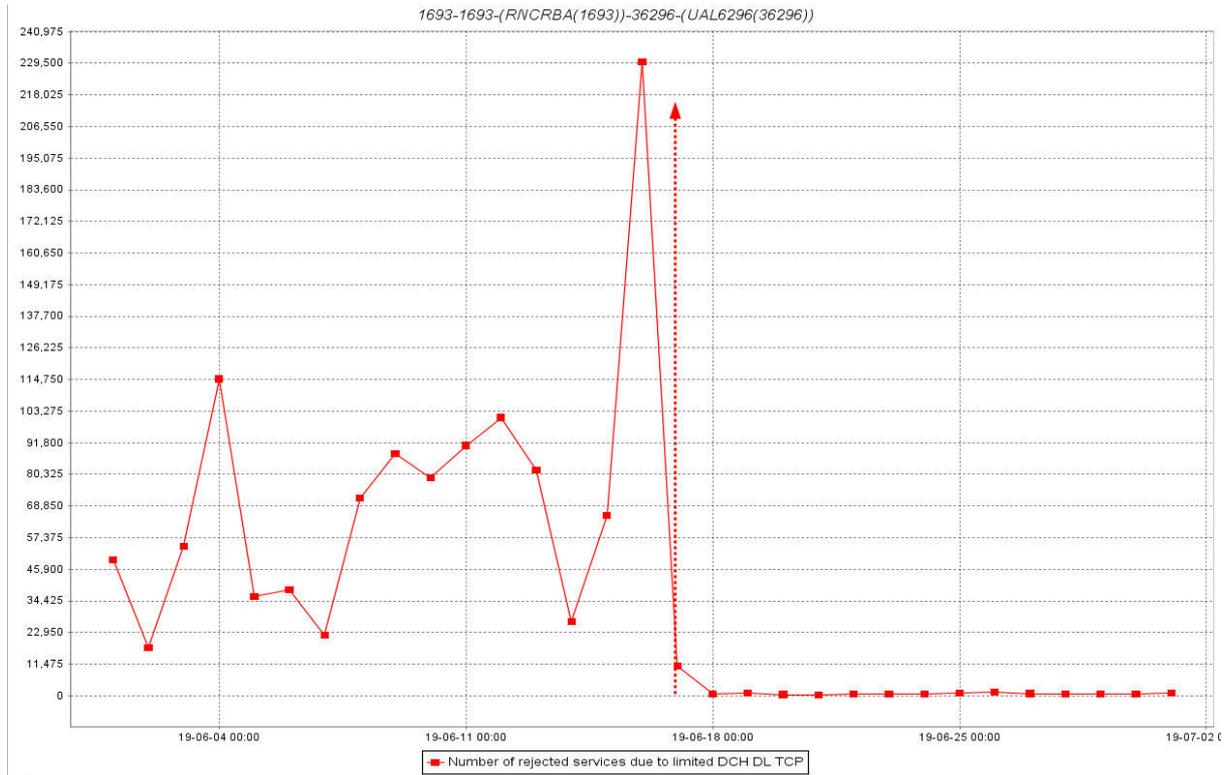


Figure IV.4.2d- Nombre de rejets de services pour congestion du DCH.

### IV.4.3 Problème de mobilité en 4G:

La figure IV.4.3 Montre un cas de dégradation des performances de Handover dans la cellule BA56624H. En effet, le taux de réussite des préparations de Handover a grandement chuté suite à un swap. Après investigation, les ingénieurs ont détecté une collision de PCI avec une de ses cellules voisines. Une fois le PCI modifié, une nette amélioration du KPI a pu être noté.

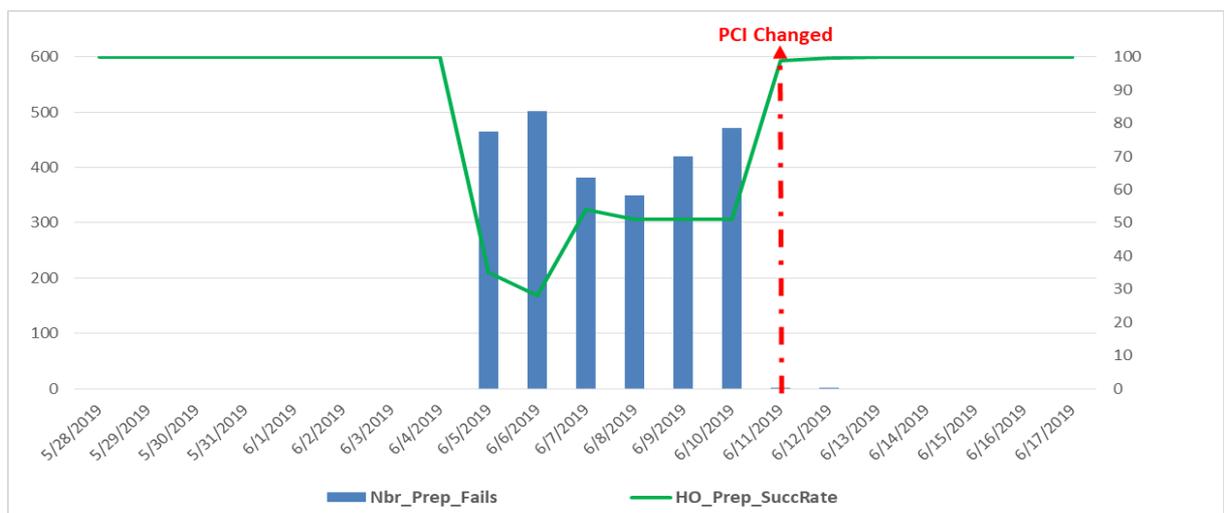


Figure IV.4.3-HO preparation Success Rate et nombre de préparations échouées.

#### IV.4.4 Problème d'accessibilité en 4G

Le cas sur la figure IV.4.4 démontre une dégradation du taux d'accessibilité du réseau. Après investigation, il a été remarqué que le nombre d'utilisateurs actifs autorisés sur l'eNodeB en question était devenu insuffisant. Une demande de License pour l'augmenter a été transmise aux autorités concernées. Après l'augmentation du nombre, le problème a été résolu.

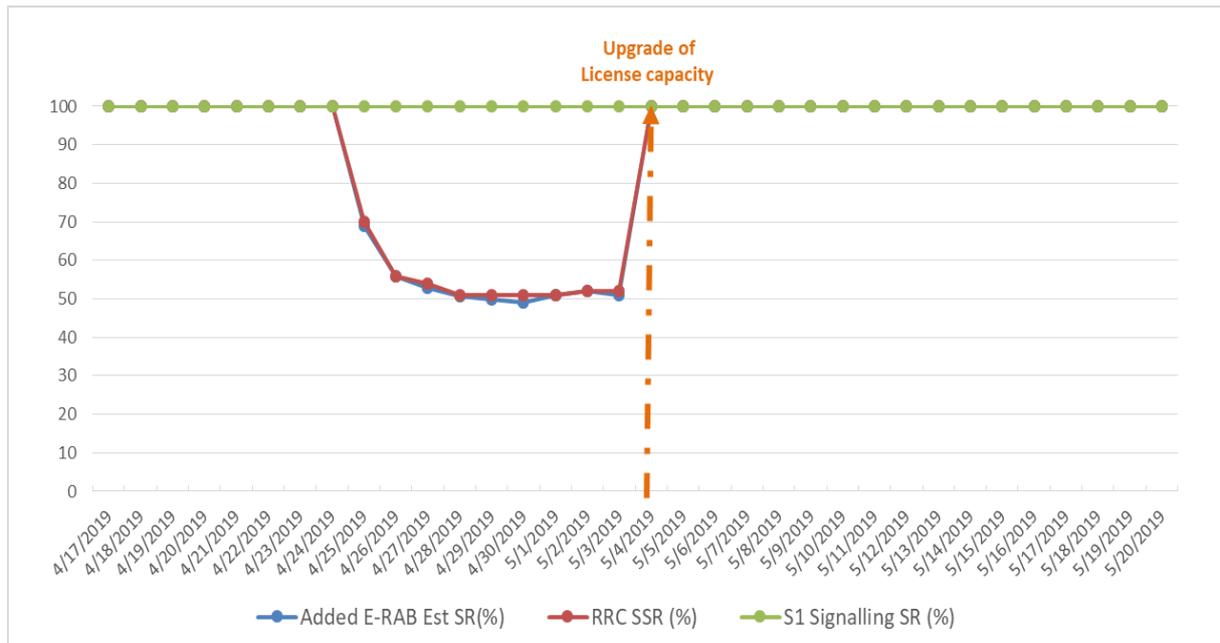


Figure IV.4.4- Session Setup Success Rate

#### IV.4.5 Problème de mobilité en 4G

Un autre cas de dégradation des performances de mobilité en 4G est présenté sur la figure IV.4.5, Il s'agit de la du taux de réussite de l'exécution du Handover. Une investigation plus approfondie a permis de remarquer que les deux cellules TO5720G et TO5019I présentaient de très mauvaises performances de Handovers exécutés entre elles. Une simple vérification de la carte des sites a permis aux ingénieurs de remarquer que les deux cellules étaient trop éloignées pour procéder à cette opération. Une mauvaise configuration de l'eNodeB, où le paramètre ishoallowed, responsable de l'autorisation des Handovers entre deux cellules données, a été configuré sur "TRUE" (Vrai). Il a suffi de le reconfigurer sur "FALSE" (faux) pour résoudre le problème.



## **IV.5 Conclusion**

Dans ce présent chapitre, nous avons présenté un outil d'aide à la décision pour faciliter les tâches d'analyses des dégradations des performances des réseaux radio mobiles et de choix d'actions correctives. Des exemples pratiques réels montrent que les actions ressorties par notre interface, correspondent aux corrections effectuées par l'équipe spécialisée d'Ooredoo.

*Conclusion*  
*Générale*

La supervision et l'optimisation des réseaux mobiles constituent un enjeu vital pour les opérateurs. Une mauvaise exécution d'une de ces tâches peut entraîner un sérieux revers à la pérennité des technologies déployées.

L'objectif principal de notre travail est la présentation la plus complète possible des méthodologies de supervision et d'optimisation des performances des réseaux radio mobiles de l'opérateur Ooredoo.

Un stage dans les services de cet opérateur nous a permis d'améliorer considérablement nos connaissances en matière de réseaux mobiles, leur fonctionnement, les procédés d'évaluation de leurs performances, et les différentes procédures d'analyse et d'optimisation d'éventuelles dégradations de ces dernières.

L'étude de diverses documentations spécialisées nous ont permis de maîtriser l'analyse des dégradations de performances ainsi que la recherche des solutions à entreprendre pour l'optimisation du fonctionnement des réseaux mobiles 2G, 3G et 4G. Cela nous a permis d'implémenter une interface graphique d'aide à la décision destinée aux ingénieurs d'optimisation de ces réseaux

Nous espérons avoir réussi à bien structurer notre présent mémoire étant donné la complexité des tâches de supervision et d'optimisation des réseaux radio mobiles. Il serait judicieux comme perspectives d'avenir d'approfondir notre étude en une interface complètement automatisée, qui interagira directement avec les équipements déployés.

# *Bibliographie*

- [1] Efort-Evolution des réseaux mobiles vers la 4G.
- [2] <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/cellular-mobile-phone/mobile-communications-backhaul-link.php>
- [3] [https://www.tafats.fr/Techniques/Telephonie\\_mobile/Telephonie\\_mobile\\_text.html](https://www.tafats.fr/Techniques/Telephonie_mobile/Telephonie_mobile_text.html)
- [4] <https://www.lias-lab.fr/perso/fredericlaunay/Cours/TR3/gsm.ppt>
- [5] [https://www.memoireonline.com/11/13/8093/m\\_Gestion-des-instabilites-de-linterface-Iub-cas-dorange-Senegal3.html](https://www.memoireonline.com/11/13/8093/m_Gestion-des-instabilites-de-linterface-Iub-cas-dorange-Senegal3.html)
- [6] Efort; LTE+ SAE= EPS- Principe et architectures.
- [7] <https://fr.wikipedia.org/wiki/OFDMA>
- [8] <https://fr.wikipedia.org/wiki/SC-FDMA>
- [9] <https://developer.orange.com/wp-content/uploads/Generalites-et-architecture-de-la-4G.pdf>
- [10] Efort; Réseau de signalisation diameter dans l'EPS: Principe et architectures.
- [11] Cheikh Tidian Diabang et al. ; Canaux logiques et codages dans le GSM.
- [12] Xavier Lagrange ; Principe et évolutions de l'UMTS ; Hermes Science, 2005.
- [13] Yannick Bouguen & al ; Lte et les réseaux 4G; Chapitre III: L'interface Radio LTE.
- [14] [https://www.academia.edu/22353108/Notion\\_de\\_Drive\\_Test](https://www.academia.edu/22353108/Notion_de_Drive_Test)
- [15] [https://www.memoireonline.com/12/13/8188/m\\_Etude-de-la-qualite-de-service-dans-les-reseaux-mobiles-GSM28.html](https://www.memoireonline.com/12/13/8188/m_Etude-de-la-qualite-de-service-dans-les-reseaux-mobiles-GSM28.html)
- [16] Drive test parameters, GSM and CDMA.
- [17] ZTE; 3G TEMS Parameters investigation and drive Testing.
- [18] <https://fr.slideshare.net/kamalsyah/lte-drive-test-parameters>

- [19] Ericsson Confidential; GSM Network KPI Root Cause analysis.
- [20] Ericsson; WCDMA W14 Radio Network functionality.
- [21] Ericsson; LTE KPIs Description.
- [22] Christopher L.Delacruz; RF Opimization crash course (knowledge sharing); novembre 2006.
- [23] Optimization guidelines: availability in Ericsson.
- [24] Optimization guidelines: accessibility in Ericsson.
- [25] Optimization guidelines: system utilization in Ericsson.
- [26] Optimization guidelines: mobility in Ericsson.
- [27] EGI-Network engineering-LRAN
- [28] Mark Lutz, Learning Python : Powerful Object-Oriented Programming, O'Reilly Media, Inc., 6 octobre 2009.
- [29] Guido van Rossum, Mark Lutz ; Programming Python ; 1996.