

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche
Scientifique



Université Abderrahmane Mira
Faculté de la Technologie



Département d'Automatique, Télécommunication et d'Electronique

Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Télécommunications

Spécialité : Réseaux et Télécommunications

Thème

*Gestion des alarmes pour l'optimisation de la
disponibilité des sites radio mobiles ATMobilis à
Bejaia*

Préparé par :

Mlle AMIA Lynda & Mlle BARACHE Fariza

Dirigé par :

M. M. TOUNSI

M. D. OUADI

Examiné par :

M. A. MEKHMUKH (P)

M. M. BOUALEM

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu le tout puissant, de nous avoir donné la force et la patience pour mener à terme ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre encadreur M. M. TOUNSI, pour son encadrement, ses conseils, sa patience et son indéfectible disponibilité.

Nous remercions également les membres du jury, M. A. MEKHMOUKH et M.M.BOUALEM, d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail.

Nous tenons à adresser nos remerciements les plus chaleureux à M. D. Ouadi, Chef du département exploitation et maintenance de la direction régionale Mobilis de Sétif, pour son aide, son soutien précieux et ses conseils avisés durant notre stage.

Enfin, nous tenons à exprimer notre plus profonde gratitude à nos enseignants du Département ATE pour leurs nombreux enseignements ainsi qu'à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la finalisation de ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mes parents, qui sont une source inépuisable de joie et de bonheur dans ma vie. Votre amour inconditionnel, votre soutien et vos sacrifices sont inestimables. Je vous suis extrêmement reconnaissante pour tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour moi. Vous êtes mes piliers, ma force et ma plus grande inspiration. Je vous aime profondément.

Un message particulier à mon unique frère Karim, tu es mon cœur et ma fierté. Je suis bénie de t'avoir comme frère. Notre lien est unique et précieux. Je suis reconnaissante pour les moments partagés, les rires, les discussions et les souvenirs que nous avons créés ensemble. Tu es un ami fidèle et un confident précieux.

À mon grand-père, que Dieu, le Miséricordieux, lui ouvre les portes de son paradis. Tu as été un modèle de sagesse, de gentillesse et d'amour inconditionnel. Tes conseils et ton soutien ont façonné ma vie de manière significative. Je te porte dans mon cœur et je suis reconnaissante d'avoir eu la chance de t'avoir comme grand-père.

Je souhaite également exprimer ma gratitude envers ma belle-famille, qui m'a accueillie avec chaleur et amour. Votre soutien et votre présence ont été précieux pour moi.

À ma binôme Fariza Je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour notre collaboration exceptionnelle tout au long de ce parcours.

Enfin, un merci sincère à mes amis, qui ont été là pour moi dans les bons et les mauvais moments.

AMIA LYNDIA

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

À mes chers parents, vous êtes mentors, mes guides et mes plus grands supporteurs. Votre amour inconditionnel, vos sacrifices et votre soutien constants m'ont donné la force et la confiance nécessaires pour aller au bout de mes rêves. Cette réussite est le fruit de votre dévouement et je vous en suis éternellement reconnaissante.

À mon cher petit frère Iles, tu es ma plus grande fierté et ma plus grande motivation. Ta présence joyeuse, ton innocence et ta curiosité infinie ont illuminé mon parcours. Merci d'être une source constante de bonheur et de motivation.

A ma famille, votre soutien indéfectible et votre amour inconditionnel ont été un roc sur lequel je me suis appuyée tout au long de ce projet. Merci d'avoir cru en moi et d'avoir été mes plus grands supporteurs.

À ma binôme Lynda (Lyna), notre collaboration et notre complicité ont été la clé de notre réussite. Merci d'avoir été là à chaque étape de ce voyage, pour ton amitié sincère.

À Cylia, Chafia, vous avez été mes compagnons de route tout au long de cette aventure. Merci de m'avoir soutenue et d'avoir été là pour moi, dans les bons moments comme dans les moments difficiles.

Ainsi qu'à toutes les personnes que j'aurais pu oublier, Amis et famille.

Barache Fariza

INTRODUCTION GENERALE..... 1

Chapitre I : Généralité sur les réseaux mobile

I.1 INTRODUCTION3

I.2 RAPPELS SUR LES RESEAUX CELLULAIRES3

I.2.1 DIVISION CELLULAIRE3

I.2.1.1 Type des cellules..... 3

I.2.1.2 Réutilisation de fréquences.....4

I.2.1.3 Présentation des motifs4

I.2.1.4 Distance de réutilisation.....4

I.2.2 Notions de duplexage.....5

I.2.3 Techniques d'accès aux ressources radio5

I.3 DESCRIPTION DE L'ARCHITECTURE DES RESEAUX MOBILES6

I.3.1 Architecture générique.....6

I.3.2 Description de l'architecture GSM6

I.3.3 Description de l'architecture UMTS.....7

I.3.4 Description de l'architecture 4G/LTE (4G).....10

I.4 DESCRIPTION DES INTERFACES AIR.....12

I.4.1 L'interface air GSM.....12

I.4.1.1 Organisation fréquentielle.....12

I.4.1.2 Trame TDMA13

I.4.2 L'interface air de l'UMTS13

I.4.2.1 Caractéristiques.....13

I.4.2.2 Principe de l'étalement de spectre W-CDMA.....14

I.4.3 L'interface air 4G/LTE15

I.4.3.1. Principe de l'OFDMA15

I.4.3.2. Principe du SC-FDMA.....16

I.4.3.3La structure des trames en LTE16

I.5 DESCRIPTION DES CANAUX LOGIQUE ET PHYSIQUE	17
I.5.1 Les canaux radio GSM.....	17
I.5.2 Les canaux radio de l'UMTS.....	18
I.5.3 Les canaux radio LTE/4G.....	20
I.6 CONCLUSION.....	20

Chapitres II: Eléments de supervision et d'évaluation de performances des réseaux mobiles

II.1 INTRODUCTION.....	21
II.2 RECOLTE D'ALARMES.....	21
II.2.1 Le centre NMC Mobilis.....	21
II.2.2 Classement des alarmes.....	23
II.3 DRIVE TESTS	24
II.3.1 Chaîne de mesures	24
II.4 INDICATEURS KPI.....	24
II.4.1 KPI des systèmes 2G.....	24
II.4.2 KPI'S des systèmes 3G	25
II.4.2.1 Disponibilité (Availability).....	25
II.4.2.2 Accessibilité (Accessibility)	26
II.4.2.3 Maintenabilité (Retainability).....	27
II.4.2.4 Intégrité (Integrity)	27
II.4.2.5 Changement de Canal (Channel Switching).....	27
II.4.2.6 Utilisation du système (System utilization).....	28
II.4.2.7 Mobilité (Mobility).....	28
II.4.3 KPI'S des systèmes 4G	29
II.4.3.1 Accessibilité (Accessibilité)	29
II.4.3.2 Maintenabilité (Retainability).....	29
II.4.3.3 Intégrité (intégrité).....	29

II.4.3.4 Mobility	30
II.4.3.5 Availability (Disponibilité).....	30
II.5 ANALYSE DES CAUSES DE DEGRADATION DE KPI'S EN 2G	30
II.5.1 Accessibilité	30
II.5.2 Maintenabilité.....	33
II.6 ANALYSE DES CAUSES DE DEGRADATION DE KPI'S EN 3G.....	33
II.6.1 Disponibilité	33
II.6.2 Accessibilité	34
II.6.3 Utilisation du système	35
II.7 ANALYSE DES CAUSES DE DEGRADATION DES KPI'S EN 4G.....	36
II.7.1 Accessibilité	36
II.7.2 Maintenabilité.....	37
II.7.3 Intégrité	38
II.8 CONCLUSION	39

Chapitre III : Projet « Technical Trouble Ticket Tool » de Mobilis

III.1 INTRODUCTION.....	40
III.2 PRESENTATION DE PROJET 4T	40
III.2.1 Accès à l'application	40
III.2.2 Authentification.....	40
III.2.3 Page d'accueil.....	40
III.3 GESTION DES TICKETS.....	42
III.3.1 Signification des champs du formulaire de création d'un nouveau ticket.....	42
III.4 CREATION D'UN TICKET.....	45
III.5 PROPOSER UNE SOLUTION.....	47

III.6 AJOUTER UN DOCUMENT.....	48
III.7 LES ELEMENTS ESSENTIELS.....	49
III.7.1 La fréquence de panne.....	49
III.7.2 Down time	49
III.8 Notions sur la fiabilité des équipements.....	50
III.8.1 MTTR temps moyen de réparation (Mean Time To Repair)	50
III.8.2 MTBF (Mean Time Between Failures).....	50
III.8.3 Taux de défaillance	51
III.8.4 La disponibilité.....	51
III.9 LES CAUSES DES ALARMES.....	51
III.9.1 Problème lié aux climatisations.....	51
III.9.2 Problème liés aux énergies AC ou DC.....	51
III.9.3 Problème liés aux transmissions.....	52
III.9.4 Problème de radio.....	52
III.9.5 Problèmes d’alarme d’Algérie Telecom.....	52
III.10 CONCLUSION	53

Chapitre IV : Analyse statistique des pannes pour l’optimisation

IV.1 INTRODUCTION.....	54
IV.2 CARACTERISATION DES PANNES ENREGISTREES.....	54
IV.2.1 Occurrence des panne.....	54
IV.2.2 Temps moyen de réparation MTTR.....	55
IV.2.3 Fréquence des panne	56
IV.3 ANALYSE DES TYPES DE PANNES.....	57
IV.3.1 Caractérisation mensuelle de pannes de coupure de réseau électrique.....	57
IV.3.2 Caractérisation mensuelle des pannes de fibre optique	58

IV.3.3 Caractérisation mensuelle des pannes internes aux sites.....	58
IV.3.3.1 Occurrence des panne internes aux sites.....	58
IV.3.3.2 Fréquence des pannes internes aux sites	60
IV.3.3.3 Types de panne internes aux sites.....	60
IV.4 TEMPS D'ARRET DES SITES (DOWN TIME).....	65
IV.4.1 Mesure de disponibilité du réseau.....	66
IV.4.2 Les pertes économiques	66
IV.4.2.1 l'intensité de trafic téléphonique par jour.....	67
IV.4.2.2 KPI Data.....	67
IV.4.2.3 KPI trafic (Erlang).....	67
IV.5 CAS REELS D'OPTIMISATION	68
IV.5.1 RRC CS Setup Failure.....	68
IV.5.2 IRAT CS Success Rate.....	68
IV.5.3 HSUPA volume (Débit HSUPA en liaison montante).....	69
IV.5.4 HSDPA volume (Débit en liaison descendante).....	70
IV.5.5 HSPDA cell Throughput	70
IV.6 CONCLUSION.....	71
CONCLUSION GENERALE.....	72

Annexes

Références Bibliographiques

Liste des abréviations

2G : 2nd génération (Réseaux de deuxième génération)

3G : 3rd génération (Réseaux de troisième génération)

4G : 4th génération (Réseaux de quatrième génération)

4T: Technical Trouble Ticket Tool

A

AUC : Authentication Center (Centre d'authentification)

AGCH : Access Grant Channel (Canal d'autorisation d'accès)

B

BSS : Base Station Controller (Contrôleur de Station de Base)

BTS : Base Transceiver Station (Station Emettrice/Réceptrice)

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

BCCH : Broadcast Control Channel (Canal de contrôle diffusion)

BCH : Broadcast Channel (Canal de diffusion)

C

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

CN : Core Network (réseau cœur)

CS : Circuit Switched (Commutation de circuits)

CCCH : Common Control Channel (Canal de contrôle commun)

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

CTCH : Common Traffic Channel (Canal de trafic commun)

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

CSICH : CPC Status Indicator Channel (Canal indicateur de statut du CPC)

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

CBRA : Contention Based Random Access (accès aléatoire basé sur cellule)

D

DL : Downlink (Lien descendant)

DCS : Digital Cellular System (Digital Communication System)

DCCH : Dedicated Control Channel (Canal de contrôle dédié)

DTCH: Dedicated Traffic Channel (Cana de trafic dédié)

DSCH : Downlink Shared Channel (Canal partagé en voie descendante)

DPDCH : Dedicated physical Data Channel (Canal physique de données dédiées)

DPCCH : Dedicated physical Control Channel (Canal physique de contrôle dédié)

DPCH : Dedicated Physical Channel (Canal physique dédié)

E

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

EPS : Evolved Packet System (système de paquets évolué)

eNODEB : Evolved NodeB (NodeB évolué)

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

EPC : Evolved Packet Core (Réseau cœur paquet évolué)

F

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

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

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

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

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

G

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

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

GMSC : Gateway Mobile Service Switching Center (Centre de communication des mobiles passerelles)

GPS : Global Positioning System (Système de positionnement global)

H

HLR : Home Location Register (Registre de localisation nominale)

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

I

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

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

MS : Mobile Station (Station Mobile)

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

MME : Mobility Management Entity (Entité de gestion mobilité)

MIMO : Multiple Input Multiple Output (entrées multiples, sorties multiples)

MTTR : Mean Time Between Failures (temps moyen de réparation)

MTBF : Mean Time Between Failures (temps moyen entre défaillances)

N

NSS : Network Subsystem (Sous-système réseau)

NMC : Network Management Center (Centre de gestion du réseau)

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

O

OMC : Operation Management Center (Centre de gestion des opérations)

OMC/R : OMC/Radio

OMC/S : OMC/System

OMC/N : OMC/Network (réseau)

OSS : Operations SubSystem (sous-système des opérations)

OSI : Open Systems Interconnexions (Interconnexions des systèmes informatiques)

OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplex (multiplexage orthogonal par répartition en fréquence)

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

P

PS : Packet Switched (Communication de paquets)

PDN : Packet Data Network (Réseau de données paquet)

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

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

PCH : Paging Channel (canal de pagination)

PCCH : Paging Control Channel (canal de contrôle de paging)

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

PCPCH : Physical Common Packet Channel (canal physique paquet commun)

PUSCH : Physical Uplink Shared Channel (canal physique partagé sur le lien montant)

PUCCH : Physical Uplink Control Channel (canal physique de contrôle sur le lien montant)

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

PBCH : Physical Broadcast Channel (Canal physique de diffusion)

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

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

R

RNC : Radio Network Controller (Contrôleur de réseau Radio)

RACH : Random Access Channel (Canal d'accès aléatoire)

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

RRC : Radio Resource Control (Contrôle des ressources radio)

S

SGSN : Serving GPRS Support Node (Nœud de support GPRS)

SGW : Serving Gateway (Passerelle de service)

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)

SACCH : Slow Associated Control Channel (Canal de contrôle lent associé)

T

TDD : Time Division duplex (duplexage a division temporelle)

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

TCH : Traffic Channel (canal de trafic)

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

TCH/HS: TCH/Half Speech (demi débit).

U

UL : UpLink (lien montant)

UE : User Equipement (Equipement Usager)

UMTS : Universal Mobile télécommunications system (système de télécommunications universel mobile)

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 a large bande)

Introduction générale

Introduction Générale

Depuis les années 90, les réseaux radio mobiles ont connu une expansion considérable grâce à de nombreuses avancées technologiques. Cela a conduit au déploiement de plusieurs générations successives de réseaux, avec des objectifs évolutifs. Initialement, ces réseaux étaient principalement axés sur la téléphonie (2G), puis ils ont évolué vers le multimédia (3G) et enfin vers des débits plus élevés (4G) en mettant en place des réseaux entièrement basés sur le protocole IP. Cette évolution a ouvert la voie à des services et applications auparavant inimaginables il y a seulement vingt ans.

L'évolution rapide des systèmes radio mobiles a engendré une augmentation considérable de la demande en termes de qualité de service et de disponibilité des réseaux. La gestion efficace des alarmes et l'optimisation de la disponibilité des systèmes radio mobiles sont devenus des enjeux majeurs pour les opérateurs de télécommunications.

La disponibilité d'un réseau mobile est cruciale pour assurer une connectivité fiable et sans interruption aux utilisateurs. Toutefois, les systèmes radio mobiles sont sujets à divers problèmes techniques et opérationnels qui peuvent entraîner des pannes, des interruptions de service et des dégradations de la qualité. Il est donc essentiel de mettre en place des mécanismes de gestion des alarmes afin de détecter, signaler et résoudre rapidement les incidents.

La gestion des alarmes consiste à surveiller en temps réel les différents équipements du réseau mobile, tels que les stations de base, les antennes et les équipements de transmission, pour détecter les dysfonctionnements et les erreurs.

On a la chance exceptionnelle d'effectuer un stage extrêmement enrichissant au sein du centre de maintenance de Mobilis située à BEJAIA, le principal opérateur de télécommunications mobiles en Algérie. Plus précisément, on a intégré à l'équipe d'exploitation de l'opérateur, qui nous offre une opportunité unique de travailler sur des fichiers d'alarmes 4T. Ces fichiers ont été collectés pendant une période de cinq mois de l'année en cours, couvrant tous les sites de la région de Bejaia.

Dans notre travail, nous concentrons sur la problématique de la gestion des alarmes et de l'optimisation de la disponibilité des systèmes radio mobiles à Bejaia. Nous examinons les défis spécifiques auxquels sont confrontés les opérateurs de télécommunications dans cette région et nous cherchons à proposer des solutions pour améliorer la qualité de service et la fiabilité des réseaux

Notre mémoire est organisé comme suit :

- Le premier chapitre nous présentons une revue technique des différents réseaux mobiles tels que la 2G, la 3G et la 4G. Nous examinons leurs architectures, les techniques d'accès utilisées.
- 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, avec des causes de dégradation.
- Un troisième chapitre dans lequel nous présentons le projet de 4T.
- Un quatrième chapitre ou nous présentons une analyse statistique des types de panne durant les cinq mois premier, ainsi de dégradation des indicateurs clé de performance pour réseaux 3G.

Nous finirons par une conclusion générale.

CHAPITRE I

Généralité sur les réseaux mobiles

I.1 INTRODUCTION

Depuis les années 1990, nombreux développements technologiques ont vu le jour dans le monde des télécommunications. Ceci a permis l'émergence d'une multitude de nouveaux standards et de réseaux de communications, majoritairement mobiles et sans fils. C'est ainsi que plusieurs générations de réseaux mobiles ont été successivement déployées, principalement pour la téléphonie (2G, GSM) puis plus orientées vers le multimédia (3G, UMTS), le haut débit mobile, l'internet des objets et les échanges machine-machine (réseaux 4G et 5G).

Dans ce chapitre nous décrivons l'architecture générale des réseaux mobiles, les techniques d'accès utilisées et les différents canaux de transmission utilisés sur l'interface radio.

I.2 Rappels sur les réseaux cellulaires [1]

I.2.1 Division cellulaire

La transmission sans fils consiste à définir une zone de couverture et installer une antenne relai qui servait d'un point d'accès aux utilisateurs évoluant dans cette zone, la puissance d'émission doit être importante et capable d'atteindre la périphérie de la zone de couverture. Mais l'atténuation du signal limite cette zone en termes de puissance et de capacité. Ce qui permet de développer un concept cellulaire.

Le principe consiste à diviser une région en un certain nombre de cellules, la cellule est un modèle théorique représenté par un hexagone et qui ressemble le plus au cercle, la juxtaposition des cellules permet de couvrir une zone géographique sans laisser d'espaces vides.

I.2.1.1 Type des cellules

La taille d'une cellule varie en fonction d'un ensemble de contraintes telle que : la topologie du terrain, la densité d'abonnés et la nature de l'environnement, c'est ainsi que les opérateurs ont recours à 3 types de cellules.

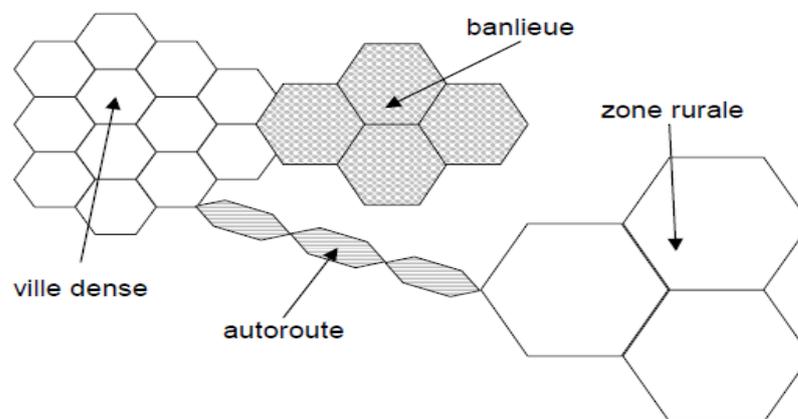


Figure I. 1 : Types de cellules

- **Macro cellules** : sont des cellules dont leurs zones d'action s'étendent jusqu'à 30 km, desservant un trafic moins élevé.
- **Micro cellule** : sa portée maximale est de 500 m environ, couvrant ainsi des zones urbaines est desservant un trafic moyennement dense.
- **Pico cellule** : ces pico cellule sont placée dans des endroits ou le trafic est considérable.

I.2.1.2 Réutilisation de fréquences

Dans un réseau cellulaire, le partage des ressources se fait de telle façon à attribuer à chaque cellule un ensemble de canaux radios, mais le manque de ressources spectrales ne permettent pas une couverture totale de la zone géographique qu'on désire à couvrir. Pour y remédier, la réutilisation de fréquences est possible dans des cellules suffisamment éloignées.

I.2.1.3 Présentation des motifs [2]

On définit des motifs appelés aussi clusters, constitués de plusieurs cellules, dans lesquels chaque fréquence est utilisée une seule fois. On utilise des motifs réguliers à K cellules vérifiant la relation suivante :

$$K = i^2 + i.j + j^2 \quad (\text{I.1})$$

Avec i et j entiers naturels positifs ou nuls.

Les premiers entiers qui vérifient cette relation donnent des tailles de motifs possibles de 1, 3, 4, 7, 9, 12, 13, 16, 19, 21, 25, 27 ... cellules. Les tailles en gras correspondent aux tailles de motifs les plus couramment utilisées. La figure suivante des exemples de motifs cellulaires.

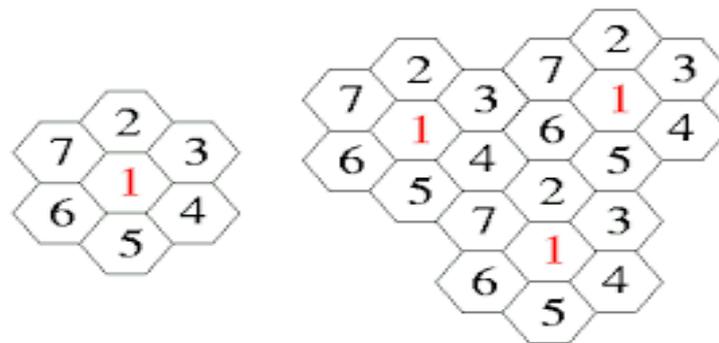


Figure I. 2 : Exemples des motifs cellulaires

I.2.1.4 Distance de réutilisation

Les centres des cellules utilisant la même fréquence sont situés sur un ensemble de cercles autour de la cellule, appelés "couronnes d'interférences" et comportent toujours 6 cellules, quelle que soit la taille du motif. Le rayon du plus petit cercle correspond à la distance de réutilisation D

$$\text{soit : } D = \sqrt{3 \cdot K} \cdot R \quad (\text{I.2})$$

où: R est le rayon d'une cellule et K la taille du motif.

I.2.2 Notions de duplexage [3 4]

Le duplexage définit la manière dont sont séparées les transmissions sur la voie descendante (DL : Down Link), de la station de base vers les utilisateurs, et sur la voie montante (UL : Up Link), des utilisateurs vers la station de base. Il existe deux principaux modes de duplexage :

- **Le mode FDD** : Avec cette méthode de duplexage, l'émission et la réception des échanges se font sur des fréquences différentes, autrement dit, la fréquence porteuse du signal est différente selon le sens de transmission (montant ou descendant). Cette technique permet d'émettre et de recevoir simultanément.
- **Le mode TDD** : le duplex par séparation temporelle est une technique permettant d'utiliser une même ressource de transmission (un canal radio) en séparant dans le temps l'émission et la réception. Ce mode est avantageux certain dans le cas où les débits sont variables et asymétriques. Lorsque ce débit augmente ou diminue, davantage ou moins de bande passante peut être allouée. Ce mode est très adéquat pour des terminaux mobiles se déplaçant à très faible vitesse ou en position fixe.

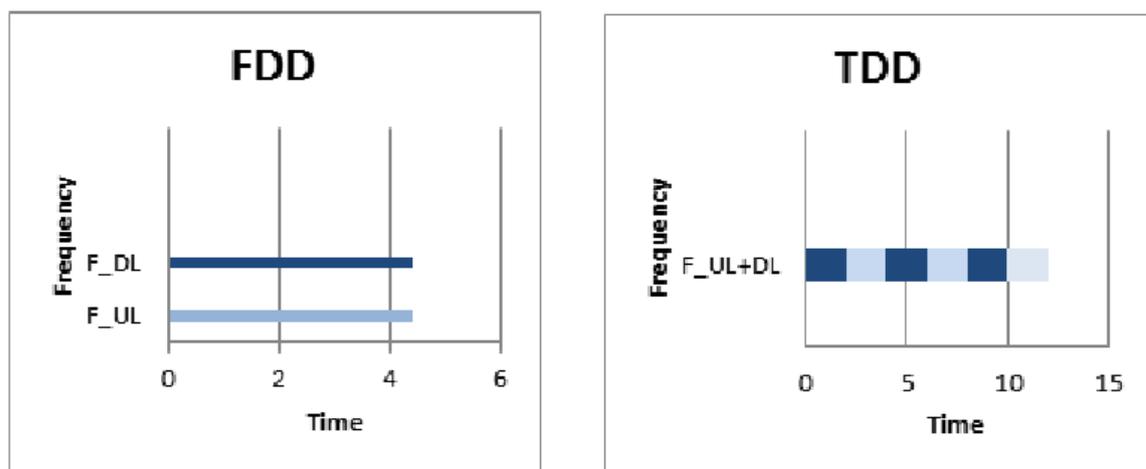


Figure I. 3 : Représentation des modes de duplexage FDD et TDD

I.2.3 Techniques d'accès aux ressources radio [5]

Il y a plusieurs méthodes pour partager une ressource radio entre les utilisateurs :

- **FDMA (Frequency Division Multiple Access)** : cette méthode analogique, utilisée dans de nombreux systèmes de transmissions filaires, consiste à diviser la bande de fréquences en plusieurs sous bandes. Chacune est placée sur une fréquence dite porteuse (carrier ou fréquence spécifique du canal). Chaque porteuse ne peut transporter que le signal d'un seul utilisateur.
- **TDMA (Time Division Multiple Access)** : cette technologie est utilisée dans la norme GSM. Les usagers d'un système TDMA utilisent tous la même bande de fréquence. Le partage de la

ressource est effectuée au travers de l'allocation d'un intervalle de temps propre à chaque usager, les mobiles doivent émettre à des instants bien précis. En GSM, la trame temporelle est constituée de 8 intervalles (time slot) attribués à 8 communications simultanées. Sachant qu'un time slot a une durée de 0.5769ms, la durée de la trame TDMA est de 4.6152ms.

- **CDMA (Code Division Multiple Access) :** c'est une technologie à étalement de spectre, permettant à plusieurs abonnés d'utiliser simultanément une même bande de fréquences.

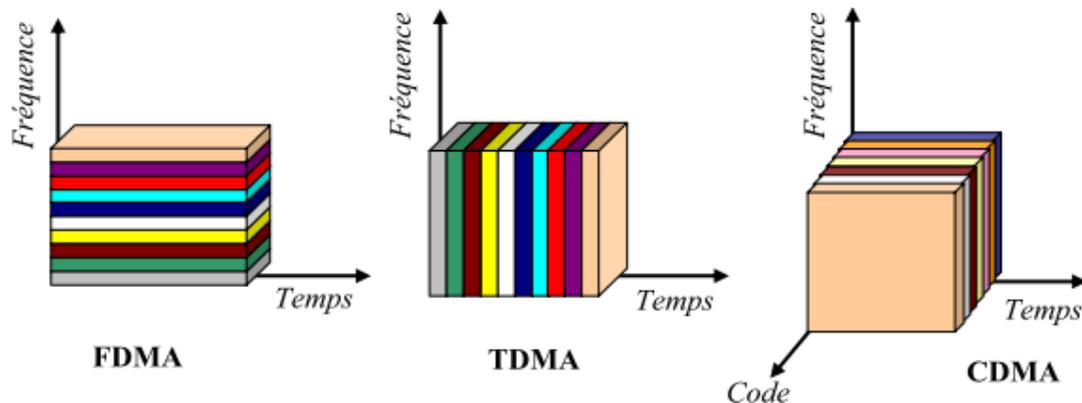


Figure I. 4 : Différentes techniques d'accès

I.3 Description de l'architecture des réseaux mobiles

I.3.1 Architecture générique [6] [26]

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 (Cf Figure I.5). Ces deux entités sont reliées via un réseau d'amenée ou réseau Backhaul. Celui-ci est également utilisé pour joindre les contrôleurs radio aux différents relais déployés pour acheminer le signal.

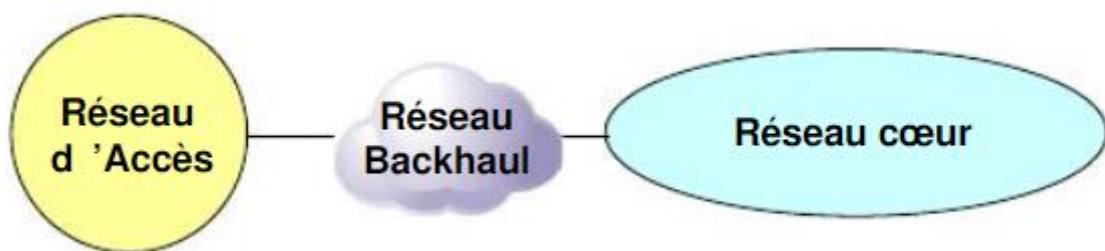


Figure I. 5 : Architecture générique des réseaux mobiles

I.3.2 Description de l'architecture GSM [7-9]

Le GSM est la norme de deuxième génération des réseaux mobiles apparue en Europe dans les années 90. Cette technologie permet des communications numériques entre les abonnés mobiles avec une qualité de service meilleur et une confidentialité approuvée. Les services que propose la norme GSM sont la transmission de la voix ainsi que des données numériques de faible volume comme les SMS et MMS. L'architecture de réseau GSM est divisée en trois sous-systèmes :

- **Le sous-système radio BSS** : il gère la transmission radio et comprend la station mobile (MS, Mobile Station), station de base (BTS, *Base Transceiver Station*) et un contrôleur de station de base (BSC, Base Station Controller) ;
- **Le sous-système réseau NSS** : Il regroupe l'ensemble des fonctions nécessaires à l'établissement des appels et à la mobilité des abonnés. Il est composé du commutateur MSC qui gère l'établissement des communications entre un mobile et un autre MSC, la transmission des messages courts (dits SMS) et l'exécution d'un handover inter-BSCs. Il dialogue avec le VLR pour gérer la mobilité des usagers : vérification des caractéristiques des abonnés visiteurs lors d'un appel départ, transfert d'informations de localisation. Il peut posséder une fonction passerelle GMSC qui est activée au début de chaque appel d'un abonné fixe vers un abonné mobile. Chaque MSC est relié à un VLR, HLR et AUC.
- **Sous-système d'exploitation et de maintenances OSS** : Il est utilisé par l'opérateur pour administrer son réseau, de manière locale par OMC et de manière générale par le NMC.

La figure suivante schématise l'architecture générale du réseau GSM :

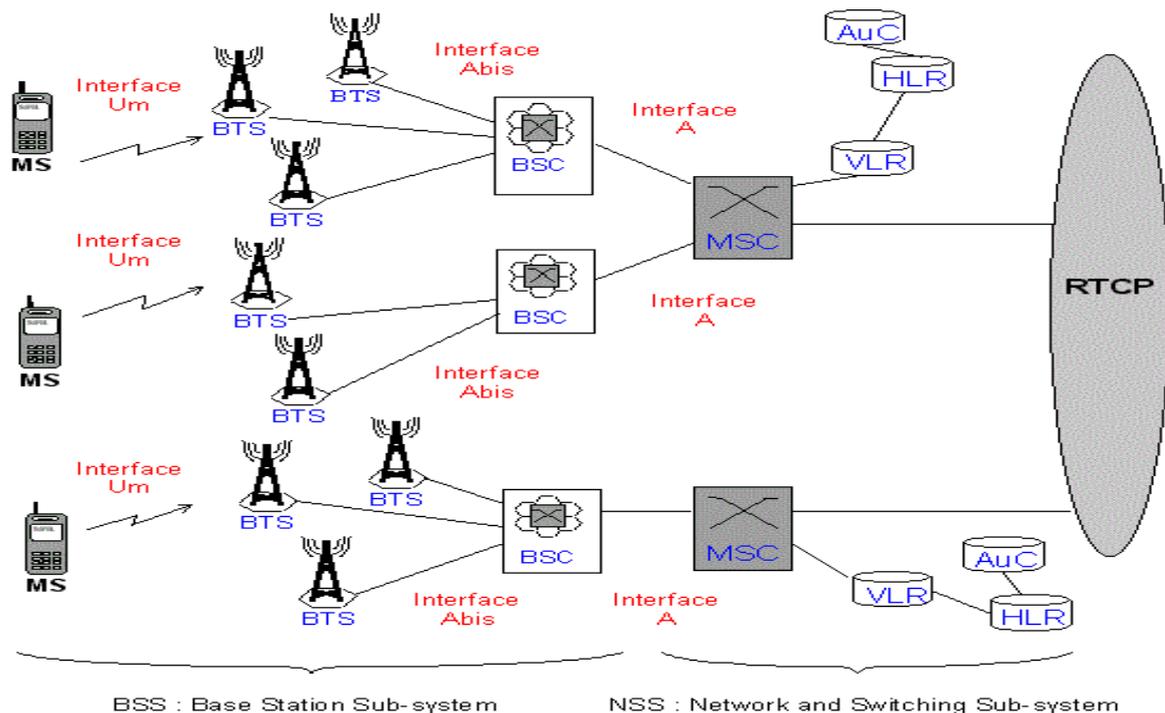


Figure I. 6 : Architecture globale du réseau GSM

I.3.3 Description de l'architecture UMTS [10-12]

Le réseau UMTS est une norme de troisième génération de téléphone mobile. Il permet une transmission de données plus rapide et plus fiable qu'en 2G, avec des débits allant jusqu'à plusieurs Mégabits par seconde. Le réseau UMTS se compose :

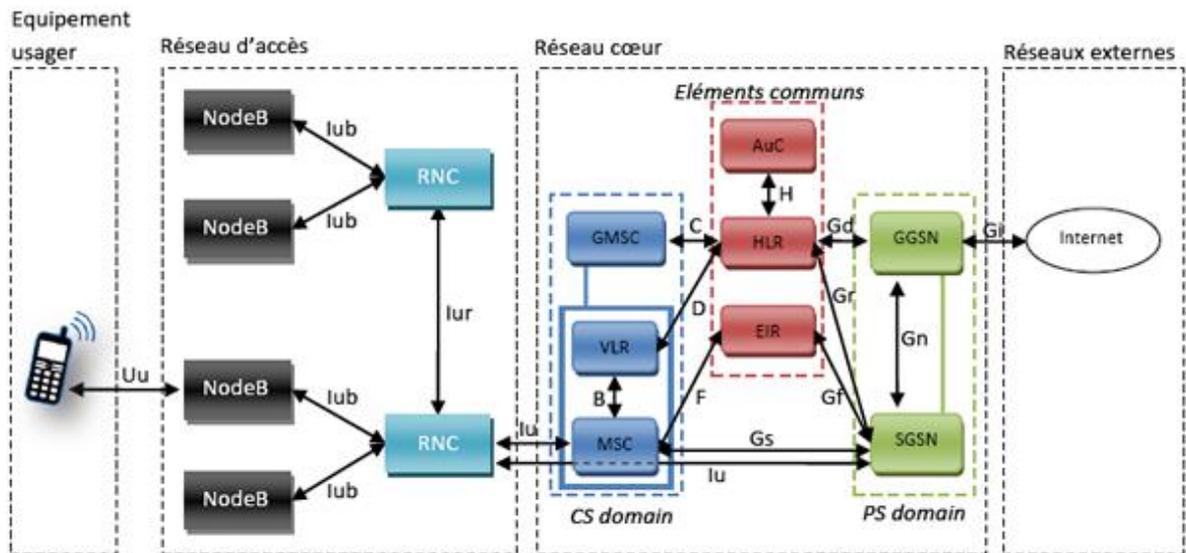


Figure I. 7 : Architecture globale de réseau UMTS

- **Le réseau d'accès UTRAN** : Ce réseau est doté de plusieurs fonctionnalités. Sa fonction principale est de transférer les données générées par l'utilisateur. Il est une passerelle entre l'équipement usager UE et le réseau cœur via quatre interfaces radio : Uu (entre UE et NodeB), Iu (entre RNC et MSC/VLR), Iur (inter RNCs), Iub (entre (NodeB et RNC)).

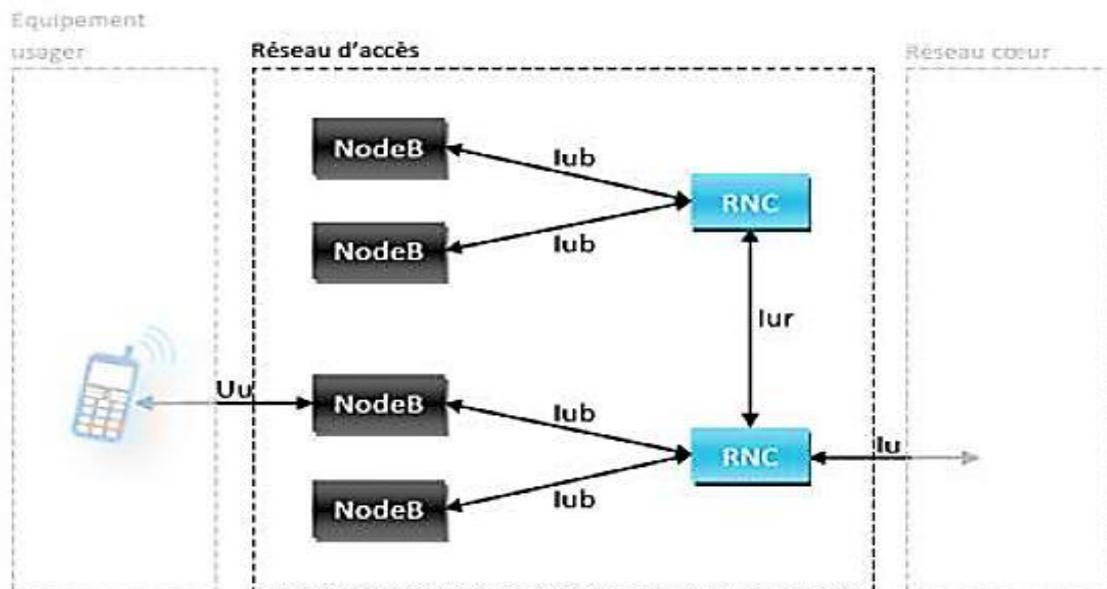


Figure I. 8 : Architecture du réseau d'accès

L'UTRAN se compose d'une ou plusieurs stations NodeB et des contrôleurs RNC :

- **NodeB** : Son principal rôle est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio d'une ou plusieurs cellules avec un équipement usager. Nous pouvons trouver deux types de NodeB comme montré sur la figure suivante.

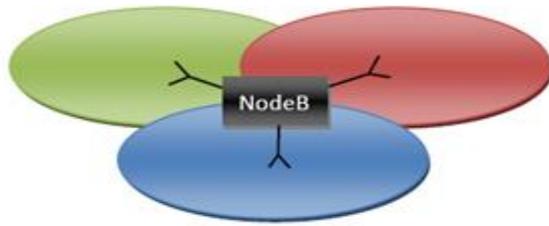


Figure I. 9 : NodeB avec antennes sectorielles

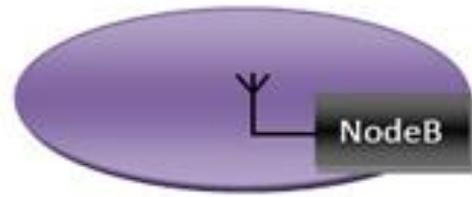


Figure I. 10 : NodeB avec antenne omnidirectionnelle

- **RNC** : Ce contrôleur de NodeB, contrôle et gère les ressources radio. Son rôle principal est de router les communications entre le NodeB et le réseau cœur de l'UMTS. Il est considéré comme le point d'accès pour l'ensemble des services vis-à-vis du réseau cœur.

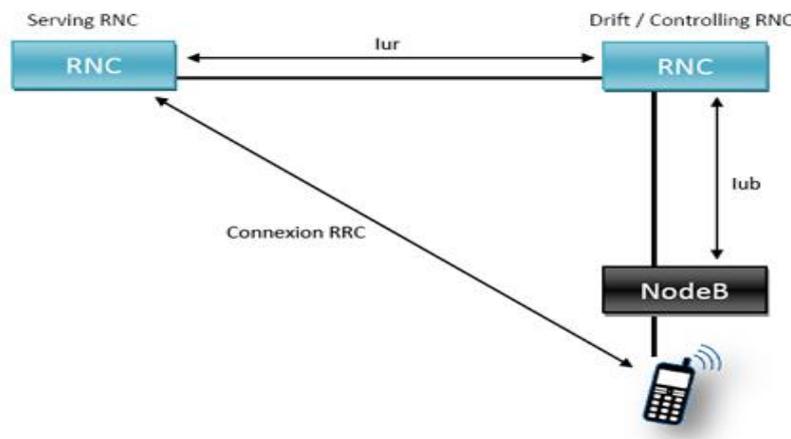


Figure I. 11 : Contrôleur RNC

- **Le réseau cœur CN** : Ce réseau a pour rôle la commutation des appels et le routage des paquets à l'intérieur de réseau et l'interconnexion avec les autres réseaux. Il est composé de deux domaines permettant des communications paquets et circuits simultanément :
 - **Domaine CS** : utilisé pour la téléphonie et composé des mêmes modules utilisés dans le sous-système réseau NSS du réseau GSM (MSC, GMSC, VLR) ;
 - **Domaine PS** : permettant la commutation de paquets, et composé des modules suivants :
 - **SGSN (Serving GPRS Support Node)** : Il est en charge d'enregistrer les usagers dans une zone géographique et dans une zone de routage RA (Routing Area) ;
 - **GGSN (Gateway GPRS Support Node)** : C'est une passerelle vers les réseaux à communication de paquets extérieurs tels que l'Internet.
- **Les éléments communs aux domaines CS et PS** : Ce sont les éléments HLR, EIR et l'AUC qui jouent un rôle crucial dans l'authentification, la gestion des abonnés et la sécurité du réseau. Le HLR contient des informations sur les abonnés, tandis que l'AUC stocke les clés d'authentification pour les vérifications de sécurité et l'EIR stocke les informations sur les

équipements mobiles. Ces éléments sont interconnectés et travaillent ensemble pour garantir le bon fonctionnement et la sécurité du réseau UMTS.

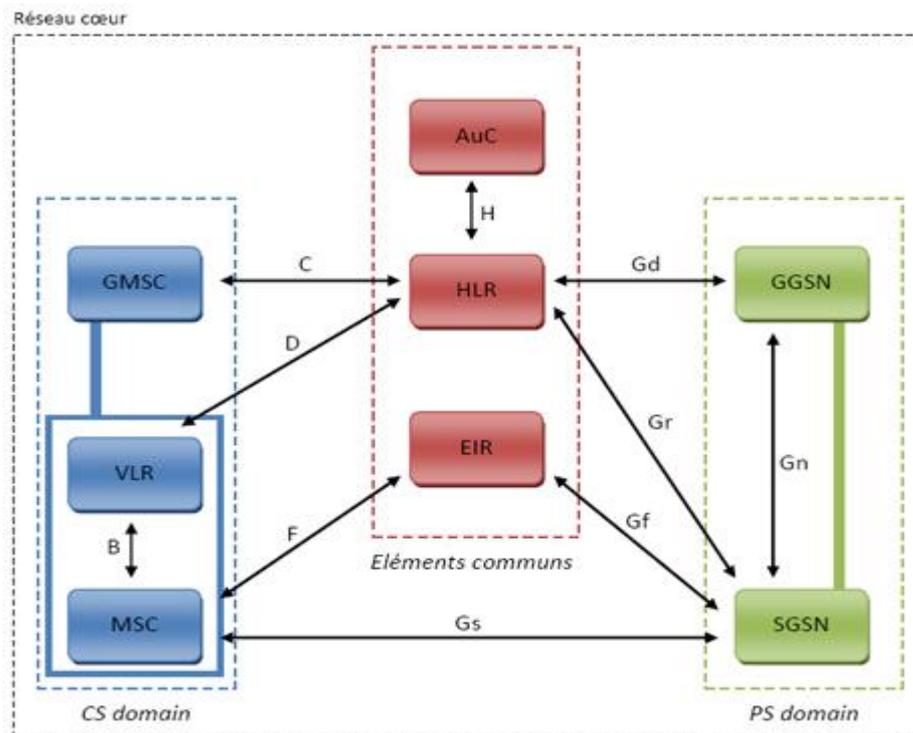


Figure I. 12 : Architecture de cœur réseau UMTS

I.3.4 Description de l'architecture 4G/LTE (4G) [13 14]

La LTE est un projet mené par l'organisme de standardisation 3GPP visant à rédiger les normes techniques de la quatrième génération en téléphonie mobile. Elle permet le transfert de données à très haut débit. Tous les services incluant les services de téléphonie sont offert par un domaine paquet. Le domaine circuit est émulé par l'IMS. Son architecture, connue sous le nom d'EPS, est composé de plusieurs entités comme illustré par la figure suivante.

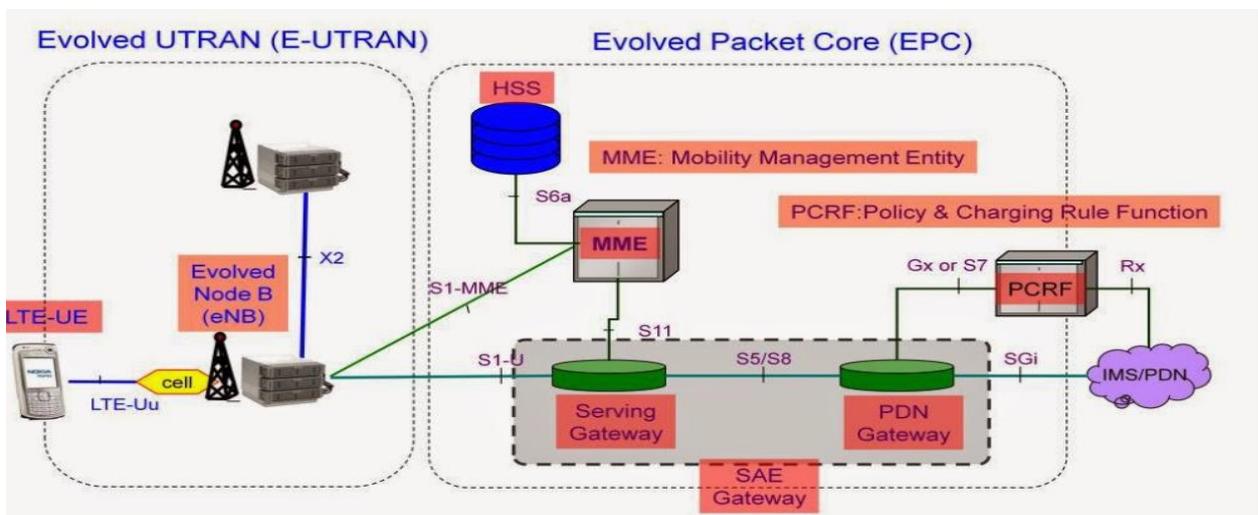


Figure I. 13 : Architecture des réseaux 4G/LTE.

- **Le réseau d'accès E-UTRAN** : Le réseau d'accès 4G est composé de NodeB évolués (eNodeB), pour la transmission et la réception radio avec l'UE. Les fonctions supportées par le RNC ont été réparties entre l'eNodeB et les entités du réseau cœur MME/SGW. Les eNodeB sont reliés entre eux par une interface X2, et au réseau cœur par une interface S1 qui consiste en S1-C (S1-Contrôle) entre l'eNodeB et la MME et S1-U (S1-Usager) entre l'eNodeB et le Serving GW.

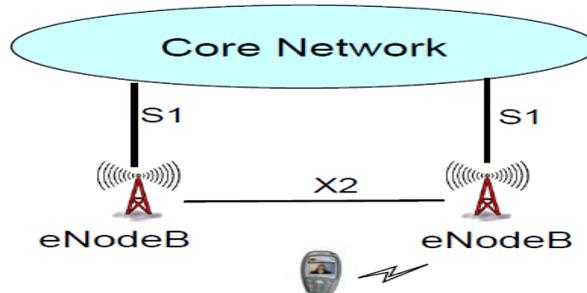


Figure I. 14 : Architecture E-UTRAN

- **Le réseau cœur EPC** : utilisant des technologies Tout-IP pour assurer la gestion des utilisateurs, de la mobilité, de la qualité de service QoS et de la sécurité, au moyen de plusieurs équipements montrés sur la figure suivante.

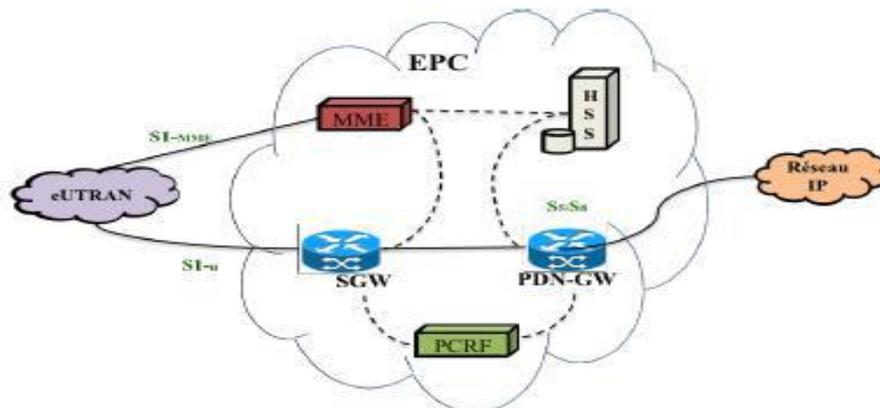


Figure I. 15 : Architecture du réseau EPC

- **Les MME** : gérant les sessions (authentification, autorisations, session voix et donnée) et la mobilité (localisation, "paging", etc.) des terminaux ;
- **Le Serving Gateway** : responsable de l'acheminement des flux "utiles" dans le réseau cœur (les communications voix, le trafic data, etc.) ;
- **La PDN Gateway** : responsable du lien avec les autres réseaux (publics ou privés), et notamment avec le monde Internet ;
- **Le HSS** : 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, pour la gestion des services de voix enrichis ;

- **Le PCRF** : permettant la gestion dynamique de la facturation et de la politique de QoS ;
- **Le PCEF** : module fonctionnel logé dans la PDN et appliquant 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 (notamment mobiles). Il permet des services multimédia riches : voix sur IP, conférence vidéo, agenda enrichi, messagerie instantanée...etc.

I.4 Description des interfaces air [15 16]

I.4.1 L'interface air GSM

C'est l'interface radio mettant en relation les BTS et les postes mobiles.

I.4.1.1 Organisation fréquentielle

Le GSM fut initialement défini dans la bande 900 MHz (UL 890-915/ DL 935-960 MHz). Vu son succès, il a fallu le dupliquer sur la bande duplex 1800 MHz (UL 1710-1785/ DL 1805-1880) pour absorber le trafic. Cette variante, dite DCS 1800, est parfaitement compatible avec le GSM 900 MHz. Ces deux bandes de fréquences sont utilisées en Europe, en Afrique et en Asie. Les terminaux sont bi-modes pour pouvoir s'adapter automatiquement. Chaque canal radio occupe une largeur de 200 kHz dans les deux UL/DL avec un écart duplex de 45 MHz dans la bande 900 MHz et de 95 MHz dans la bande 1800 MHz comme montré sur dans tableau I.1.

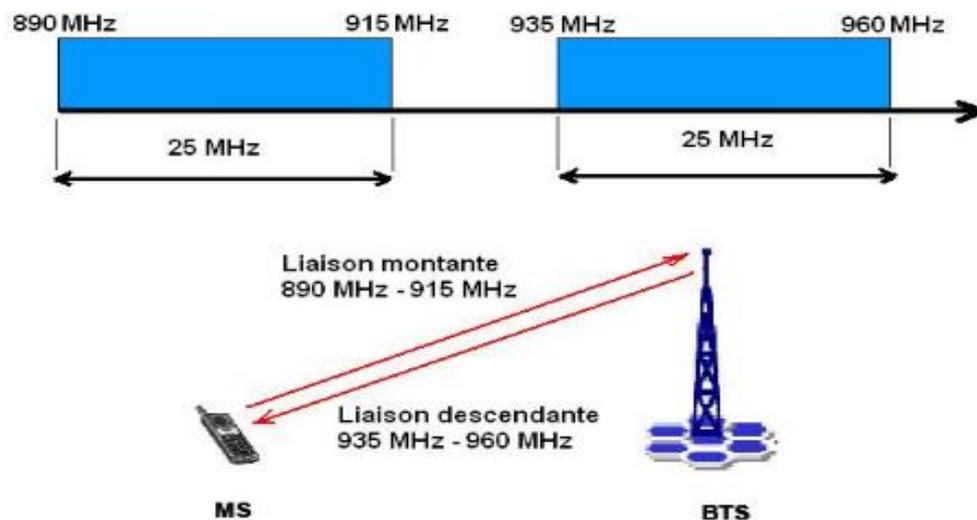


Figure I. 16 : Les bandes fréquentielles du GSM

Les bandes de fréquence UL et DL sont découpées en canaux duplex FDD de 200 kHz, soit 125 canaux dans la bande 900 MHz et 375 canaux dans la bande 1800 MHz. Ces canaux, aussi nommés porteuses, sont répartis entre les différents opérateurs.

	GSM 900	DCS 1800
<i>Bande de fréquences</i>	890-915(↑) 935-960(↓) (MHz)	1710-1785(↑) (MHz)
<i>Largeur de bande</i>	2×25 MHz	2×75 MHz
<i>Écart duplex</i>	45 MHz	95 MHz

Tableau I. 1 : Caractéristiques fréquentielles du réseau GSM

I.4.1.2 Trame TDMA [15]

Les réseaux GSM utilisent une technique d'accès F/TDMA i.e que chaque canal de 200 kHz est alloué périodiquement à un utilisateur sur un intervalle de temps IT (ou Time Slot TS) de 577µs. Ce canal peut être alloué tour à tour à 8 différentes communications soit sur une trame de 4.61 ms. Par conséquent, la transmission relative à une communication donnée doit se faire dans la fenêtre de temps qui correspond à l'IT alloué. Elle n'est donc pas continue mais hachée, par bursts de 546 µs.

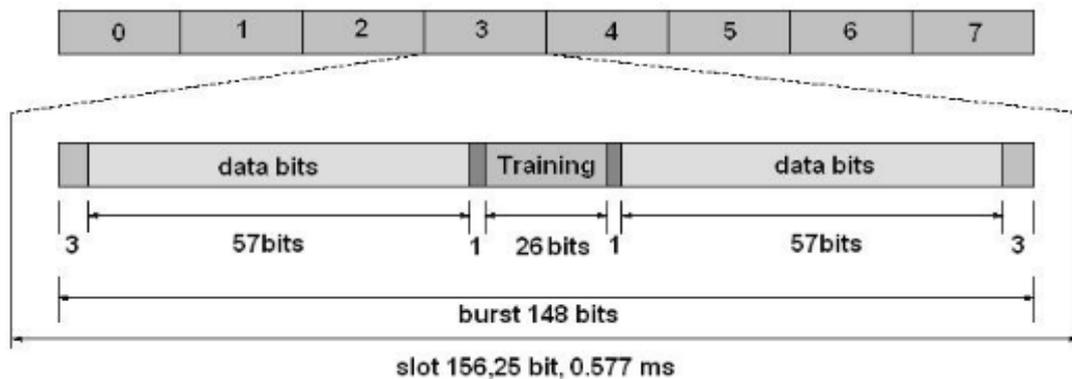


Figure I. 17 : Description d'un time slot

I.4.2 L'interface air de l'UMTS [12]

I.4.2.1 Caractéristiques

L'interface radio de l'UMTS diffère de celle des réseaux de deuxième génération en ce sens que les bandes de fréquences, la méthode d'accès, la largeur des canaux sont complètement différentes. Le tableau suivant résume quelques-unes des caractéristiques de l'interface radio UMTS.

<i>Méthode d'accès</i>	CDMA
<i>Mode d'accès</i>	FDD et TDD
<i>Fréquence- mode FDD(MHz)</i>	1920-1980 pour le canal montant 2110-2170 pour le canal descendant
<i>Fréquence- mode TDD(MHz)</i>	1900-1920 pour le canal montant 2010-2025 pour le canal descendant
<i>Bande de fréquence (MHz)</i>	5
<i>Modulation</i>	QPSK
<i>Durée trame radio (ms)</i>	10
<i>Débit théorique</i>	1,99Mbit/s
<i>Débit réel</i>	384Kbit/s

Tableau I. 2 : Caractéristiques de réseau UMTS

I.4.2.2 Principe de l'étalement de spectre W-CDMA [17 18]

L'interface air UTS utilise une technique de modulation W-CDMA, issue d'une technique plus ancienne, le CDMA, utilisée pour noyer les communications dans du bruit par de nombreux système de communication. Il permet d'avoir plusieurs utilisateurs sur une même onde porteuse. Les transmissions sont numérisées et sont dites à étalement de spectre.

L'étalement est réalisé en 2 étapes :

- Une 1^{ère} étape de canalisation («channelization») ou d'étalement (spreading) transformant chaque symbole de données en un certain nombre de chips (Multiplication de bits par une séquence de chips);
- une 2nde étape d'embrouillage (scrambling) (pas d'étalement) qui s'applique aux chips (multiplication de chips (symboles étalés » par une séquence de chips).

Le débit d'étalement est fixé à 3,84 Mchip/s et la longueur des séquences est appelée facteur d'étalement SF. Cela permet de varier le débit en fonction des services considérés.

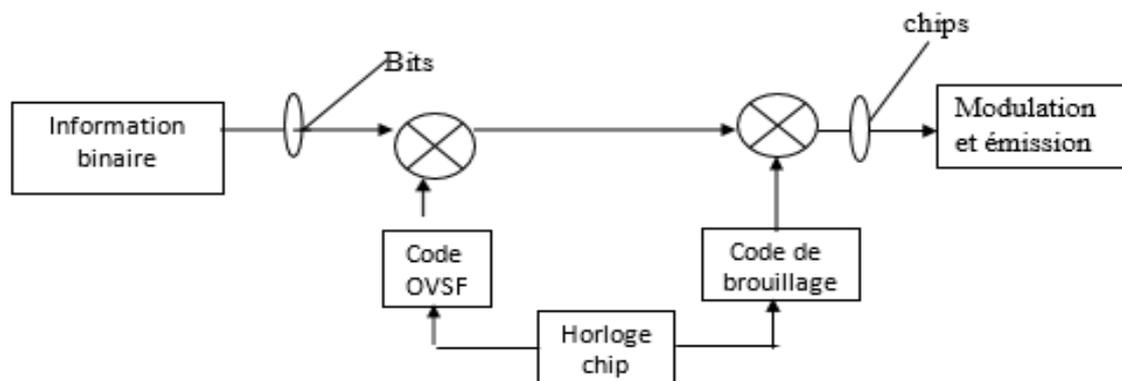


Figure I. 18 : Transformation bits vers chips

Les codes utilisés sont de deux types : les codes d'étalement et les codes d'embrouillage.

- **Les codes d'étalement** : L'étalement s'obtient avec des codes de Walsh obtenus à partir des matrices d'Hadamard : l'UMTS utilise spécifiquement un arbre Hadamard pour obtenir des codes OVSF pour assurer l'orthogonalité.

Il y'a 256 codes pour les canaux montants et 512 pour les canaux descendants. L'utilisation de ces codes nécessite une synchronisation. On les utilise pour distinguer les canaux physiques des utilisateurs d'une même cellule dans le sens descendant et pour séparer les différents flux de données issus d'un même terminal dans le sens montant.

Dans ce type d'arbre il n'est pas possible d'utiliser tous les codes OVSF simultanément. Si un code est extrait de l'arbre OVSF, les codes extraits des branches parentes ou descendantes sont interdits. On utilise un code Dans le sens montant,

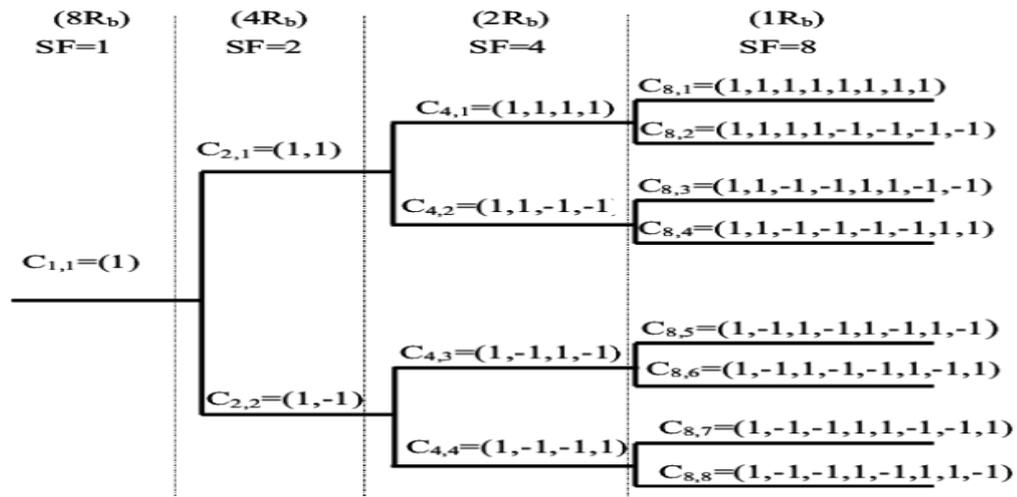


Figure I. 19 : Arbre des codes OVSF

- **Les code d’embrouillage :** Ce sont des séquences PN pseudo-aléatoires (en général séquences dites de Gold obtenues avec des polynômes générateurs). L’UMTS utilise 512 codes de Gold qui servent à distinguer les BTS dans le sens descendant et les mobiles dans le sens montant.

I.4.3 L’interface air 4G/LTE [19]

Le LTE a introduit un certain nombre de nouvelles technologies, permettant l’emploi efficace du spectre avec des débits beaucoup plus élevés. Les réseaux LTE utilisent ainsi une transmission multi porteuse (avec des sous-porteuses orthogonales), des schémas dynamiques de codage et de modulation OFDM, des techniques de focalisation des faisceaux radio (Beamforming) et des structures antennaires multiples (MIMO).

I.4.3.1. Principe de l’OFDMA [19]

La technique OFDMA, utilisée sur la liaison descendante du LTE, divise la bande de fréquence du système en plusieurs sous-porteuses pour permettre de multiplexer aisément différents utilisateurs, ou différents canaux, en leur allouant des sous-porteuses différentes. Le nombre de sous-porteuses allouées à l’UE est déterminé en fonction de ses exigences de débit. C’est ainsi qu’un appel vocal (faible débit) nécessitera un nombre de sous-porteuses inférieur à celui d’une application à plus fort débit (par exemple de la visioconférence, une vidéo en streaming...etc).

La figure suivante décrit l’utilisation des sous-porteuses OFDMA en LTE : les sous-porteuses noires, vertes et bleues (les plus nombreuses) transportent les données utilisateur, et les sous-porteuses rouges transportent les informations de synchronisation et de signalisation entre les deux extrémités de la liaison radio.

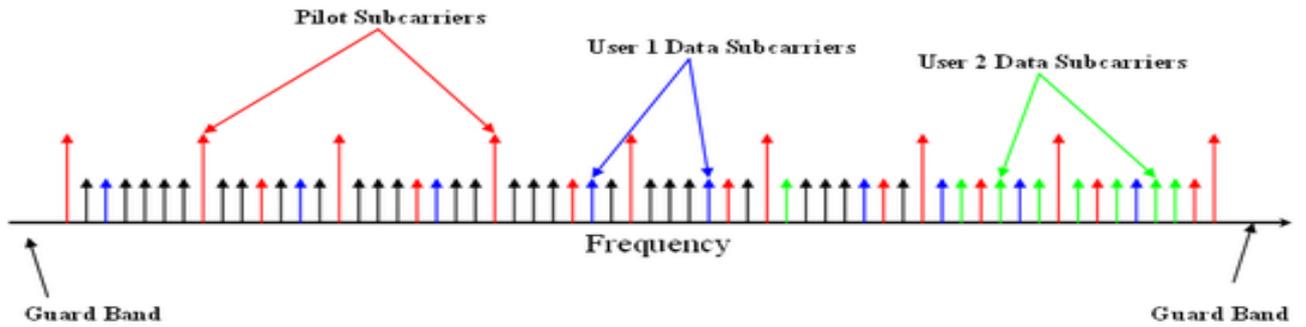


Figure I.20 : Allocation des sous-porteuses en mode OFDMA

I.4.3.2. Principe du SC-FDMA

SC-FDMA est une technique de codage utilisée dans la liaison montante des réseaux LTE, dont le principe est de réduire la consommation électrique du terminal, contribuant ainsi à augmenter la durée de vie de sa batterie. La différence majeure entre les deux techniques est que l'OFDMA est une technique de transmission multi-porteuse, tandis que SC-FDMA est une technique mono-porteuse. La figure ci-dessous illustre cette différence.

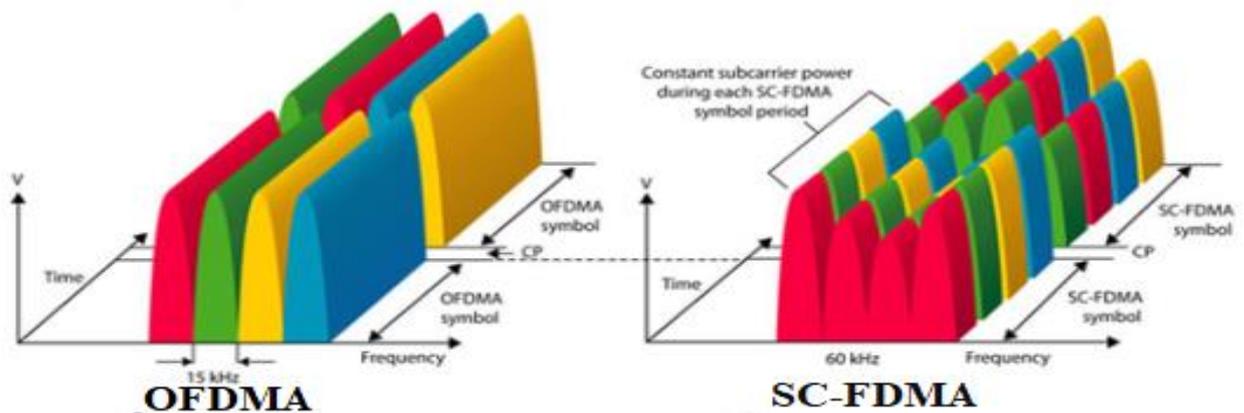


Figure I-21 : Différence entre l'OFDMA et le SC-FDMA.

I.4.3.3 La structure des trames en LTE [19]

Les trames génériques du LTE ont une durée de 10 ms et sont divisées en 10 sous-trames de 1,0 ms chacune. Chaque sous-trame est composée de deux slots, donc on a 20 slots de 0,5 ms chacun, numérotés de 0 à 19. Un slot est composé de 6 ou 7 symboles OFDM, selon qu'un préfixe cyclique normal ou étendu est employé.

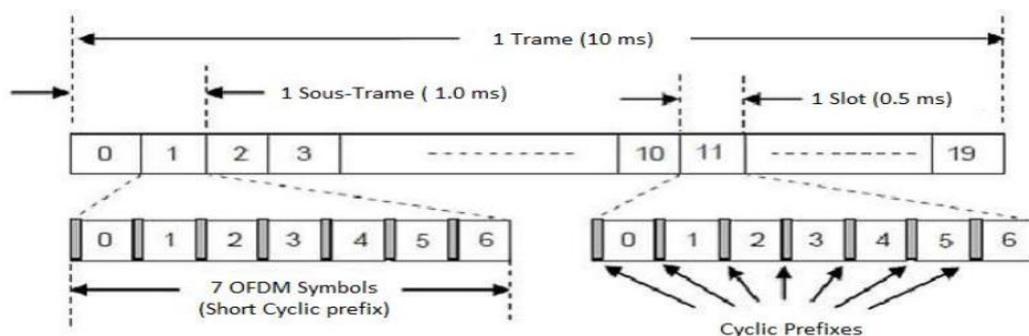


Figure I. 20 : Structure générique de la trame LTE

I.5 DESCRIPTION DES CANAUX LOGIQUE ET PHYSIQUE [20]

I.5.1 Les canaux radio GSM

- **Les canaux physiques :** Un canal correspondant à une ressource radio (de 200kHz) utilisée pour une transmission durant un intervalle de temps élémentaire de durée 0.577ms. La réutilisation périodique d'un slot dans une trame sur une fréquence dans le temps forme un canal physique simplex. Un canal physique duplex est constitué d'une paire de canaux physiques simplex, l'un supporte la voie montante, l'autre supporte la voie descendante.
- **Les canaux logiques :** Ces canaux permettent de distinguer les différents types d'informations transportées sur le canal physique. Il existe deux catégories de canaux logiques :
 - **Un canal logique dédié :** Il fournit une ressource réservée à un MS. Le mobile se voit attribuer une paire de slots dans laquelle il est seul à transmettre et à recevoir.
 - **Un canal logique non dédié :** canal simplex partagé par un ensemble de mobiles.

Le tableau suivant résume les canaux logiques GSM.

<i>Broadcast Channel BCH</i> Non dédié Diffusion ↓	<i>Frequency Correction Channel</i> <i>FCCH</i> ↓	<i>Calage sur fréquence porteuse</i>
	<i>Synchronisation Channel</i> <i>SCH</i> ↓	<i>Synchronisation et identification</i>
	<i>Broadcast Control Channel</i> <i>BCCH</i> ↓	<i>Information système</i>
<i>Common Control Channel</i> <i>CCCH</i> Non dédié Diffusion ↓ et accès multiple ↑	<i>Paging Channel</i> <i>PCH</i> ↓	<i>Appel du mobile</i>
	<i>Random Access Channel</i> <i>RACH</i> ↑	<i>Accès aléatoire du mobile</i>
	<i>Access Grant Channel</i> <i>AGCH</i> ↓	<i>Allocation de ressource</i>
	<i>Cell Broadcast Channel</i> <i>CBCH</i> ↓	<i>Messages courts diffusés</i>
<i>Dedicated control Channel</i> dédié ↓↑	<i>Stand-Alone Dedicated Control Channel</i> <i>SDCCH</i> ↓↑	<i>Signalisation</i>
	<i>Slow Associated Control Channel</i> <i>SACCH</i> ↓↑	<i>Supervision de la liaison</i>
	<i>Fast Associated Control Channel</i> <i>FACCH</i> ↓↑	<i>Exécution du handover</i>
<i>Traffic Channel</i> <i>TCH</i> dédié ↓↑	<i>Traffic Channel for coded speech</i> <i>TCH/FS et TCH/HS</i> ↓↑	<i>Voix plein/demi débit</i>
	<i>Traffic Channel for data</i> <i>TCH Data</i> ↓↑ 9.6kbits/s, 4.8kbits/s < 2.4kbits/s	<i>Données utilisateur</i>

Tableau I. 3 : Canaux logique du GSM

I.5.2 Les canaux radio de l'UMTS [12]

En UMTS, les canaux sont subdivisés en trois catégories :

- Les canaux physiques véhiculant l'information sur l'interface radio ;
- Les canaux logiques définis par le type d'informations transportées sur le canal physique ;
- Les canaux de transport qui sont définis par les caractéristiques de transport des données.

La figure suivante montre les différents canaux radio UMTS.

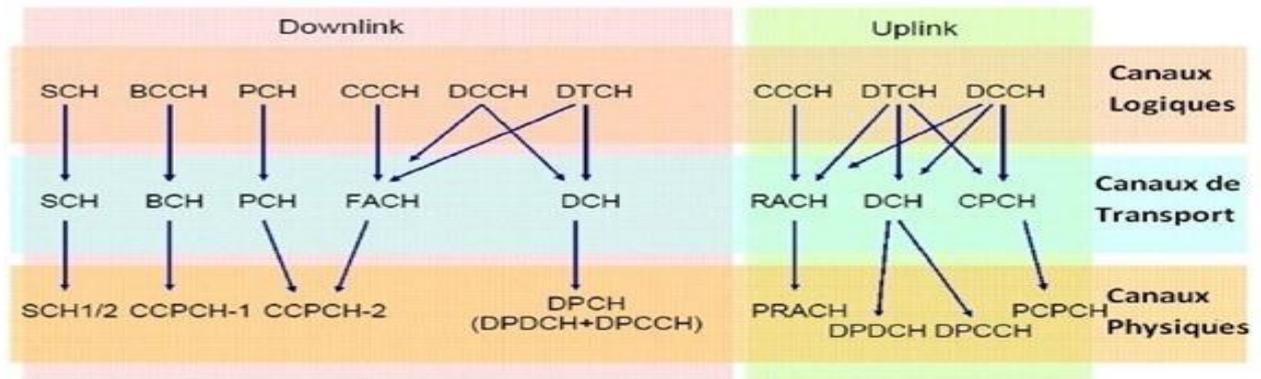


Figure I. 21 : Les canaux de transmission UMTS

- **Les canaux logiques :** On en distingue deux classes, les canaux de contrôle et de trafic :
 - **Les canaux logiques de contrôle :** pour le transfert des informations sur le plan de contrôle :
 - BCCH : canal unidirectionnel sur la voie descendante transportant les informations système diffusées dans une cellule ;
 - PCCH : canal unidirectionnel sur la voie descendante transportant les informations de paging diffusées dans la cellule ;
 - CCCH : canal bidirectionnel transportant des informations de signalisation. Utilisé par l'UE pour l'établissement de la connexion RRC ;
 - DCCH : canal bidirectionnel transportant des informations de signalisation dédiée à un UE en particulier.
 - **Les canaux logiques de trafic :** pour le transfert des informations dans le plan usager :
 - DTCH : canal unidirectionnel sur la voie descendante transportant les données utilisateur une fois établie une communication entre l'UE et le réseau ;
 - CTCH : canal commun de trafic qui transporte à travers la voie descendante des messages destinés à un ou plusieurs utilisateurs.
- **Les canaux de transport :** On distingue trois catégories : les canaux communs, partagés et dédiés.
 - **Les canaux de transport communs :**
 - BCH : c'est un canal utilisé uniquement sur la voie descendante pour transport des informations système diffusées dans une cellule.
 - PCH : canal UL utilisé pour les messages de paging dans une ou plusieurs cellules.

-
- RACH : c'est un canal à accès aléatoire, utilise sur la voie montante pour transport de paquets de signalisation ou de trafic sans contrainte d'acheminement en temps réel.
 - CPCH : canal à accès aléatoire, presque similaire au canal RACH ;
 - FACH : canal DL utilisé pour transport de signalisation et de paquets de données usager.
 - **Les canaux de transport partagés :**
 - DSCH : c'est un canal uniquement sur la voie descendante en association avec un ou plusieurs canaux dédiés, utilisé pour transport des données de contrôles ou de trafic.
 - **Les canaux de transport dédiés**
 - DCH : canal point à point dédié à un seul UE. Il existe sur les deux sens de la liaison pour transport des données de contrôle ou de trafic.
 - **Les canaux physiques : On en distingue deux types :**
 - **Les canaux physiques sur la voie montante :**
 - PRACH : canal supportant le canal de transport RACH, non dédié à un utilisateur ;
 - DPDCH : qui convoie l'information des canaux de transport de type DCH sur la voie UL ;
 - PCPCH : canal qui supporte le canal de transport CPCH ;
 - DPCCH : canal qui transporte les informations de contrôle générées par la couche physique et associées à un ou plusieurs canaux de type DPDCH.
 - **Les canaux physiques sur la voie descendante :**
 - DPCH : canal physique dédié supportant les canaux de transport de type dédié DCH ;
 - SCH : un canal qui fait la transmission en parallèle de deux codes de synchronisation ;
 - CPICH : un canal transportant un train de bits pilote prédéfini ;
 - P-CCPCH : canal physique utilisé pour transporter le canal de transport BCH ;
 - S-CCPCH : canal qui supporte un canal de transport de type PCH et un ou plusieurs canaux de transport de type FACH ;
 - PICH : toujours associé à un canal S-CCPCH supportant un canal de transport PCH ;
 - PDSCH : canal qui supporte les canaux de transport de type DSCH ;
 - AICH : canal associé au PRACH pour transporter les indicateurs d'acquisition ;
 - CD/CA : un canal qui transporte des informations de détection de collision CDI et d'attribution du CAI.
 - CSICH : un canal utilise pour transporte les indications d'état de disponibilité des canaux PCPCH dans une cellule.

I.5.3 Les canaux radio LTE/4G [14]

Les canaux radio LTE qui sont similaires aux canaux l'UMTS. Les canaux logiques restent inchangés par contre les canaux physiques et de transports sont définis comme suit :

- **Les canaux physiques :** Ils fournissent le moyen de transmettre par radio des données des canaux de transport. Les tableaux suivants présentent les différents canaux physiques, pour la voie montante et la voie descendante.

<i>Canal physique</i>	<i>Acronyme</i>	<i>Usage</i>
<i>Physical Uplink Shared Channel</i>	<i>PUSCH</i>	Pour la transmission de l'UL-SCH, il porte également les informations de contrôle du PUCCH en cas de collision de ces deux canaux sur le même intervalle de temps.
<i>Physical Uplink Control Channel</i>	<i>PUCCH</i>	Pour la transmission d'informations de contrôle nécessaires à l'HARQ (acquitements) et à l'allocation de ressources.
<i>Physical Random Access Channel</i>	<i>PRACH</i>	Porte le RACH.

Tableau I. 4 : canaux UL physiques.

<i>Canal physique</i>	<i>Acronyme</i>	<i>Usage</i>
<i>Physical Downlink Shared Channel</i>	<i>PDSCH</i>	Pour la transmission du DL-SCH et PCH.
<i>Physical Broadcast Channel</i>	<i>PBCH</i>	Pour la transmission du BCH.
<i>Physical Control Format Indicator Channel</i>	<i>PCFICH</i>	Nombre de symboles OFDM du PDCCH dans une sous-trame.
<i>Physical Downlink Control Channel</i>	<i>PDCCH</i>	Pour les informations de contrôle.
<i>Physical Hybrid ARQ Indicator Channel</i>	<i>PHICH</i>	Porte les acquitements d'HAR Q.

Tableau I. 5 : canaux DL physiques

- **Les canaux transport :** Le seul canal de transport déployé en 4G, est le canal SCH servant à la transmission de données dédiées de contrôle et du plan usager pour les deux sens (UL/DL). Il est utilisé pour transmettre des informations de cellules non portées par le BCH.

I.6 CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons présenté une revue des caractéristiques techniques des différentes générations des réseaux de téléphonie mobile, à savoir le GSM, l'UMTS et le LTE.

CHAPITRE II

Éléments de supervision et d'évaluation de performance des réseaux mobiles

II.1 INTRODUCTION

Pour assurer le bon fonctionnement d'un réseau radio mobile, les différentes entités de son infrastructure doivent communiquer entre elles sans interruption. Il est donc crucial de les superviser en temps réel pour détecter toute anomalie technique ou baisse de performances afin de prendre les mesures nécessaires pour y remédier. Cette tâche est effectuée par les ingénieurs de centre OMC (Operation and Management Center), qui surveillent l'ensemble des sites déployés via des canaux de supervision.

Dans ce contexte, nous présentons dans ce chapitre les méthodes de supervision mises en place par les opérateurs pour garantir le bon fonctionnement de leurs réseaux, ainsi que les indicateurs de performances qu'ils utilisent pour améliorer la qualité de leurs services.

II.2 RECOLTE D'ALARMES

La collecte d'alarmes est une fonctionnalité clé des systèmes de supervision et de gestion de réseaux. Elle consiste à surveiller les équipements du réseau pour détecter les événements et les conditions anormales telles que les pannes, des dysfonctionnements ou des surcharges, qui peuvent affecter la performance du réseau et la qualité de service.

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

Chez l'opérateur national de téléphonie mobile Mobilis, l'OSS (Operating Subsystem) joue un rôle crucial dans la gestion des opérations du réseau. L'OSS est un système qui aide à surveiller et à gérer les performances du réseau mobile, ainsi que les tâches de maintenances et d'optimisation.

II.2.1 Le centre NMC Mobilis

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

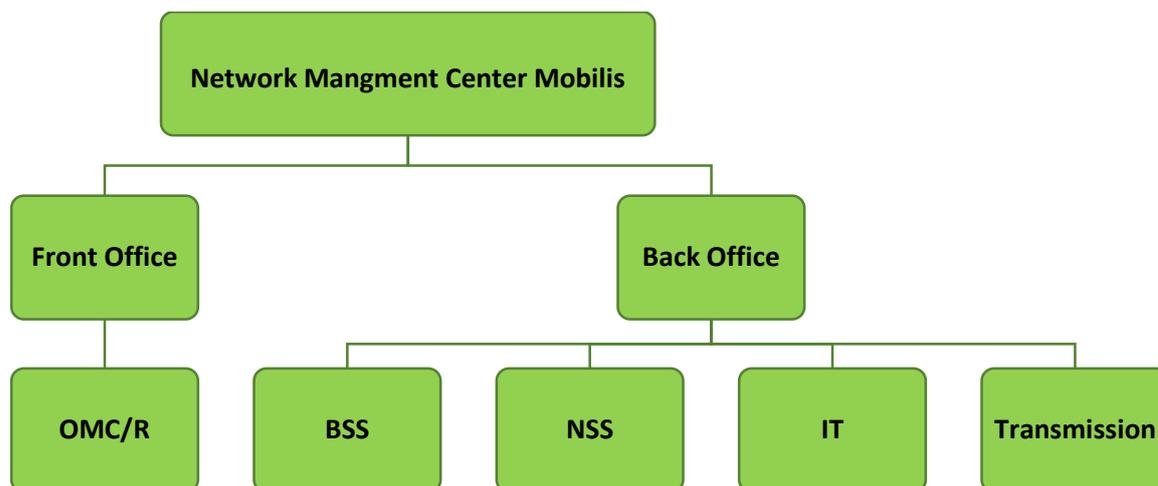


Figure II. 1 : Répartition des services au NMC Mobilis

- **Front office** : Il est constitué d'ingénieurs OMC/R (OMC/Radio) chargés de superviser les alarmes liées à la partie BSS et à la transmission du réseau. Leur rôle consiste à résoudre les alarmes en effectuant des actions à distance ou en transmettant des Workorder aux ingénieurs de maintenance sur le terrain ou du back office.
- **Back office** : Le back office est composé de quatre équipes d'ingénieurs :
 - **L'équipe BSS** : qui complète le travail du front office en assurant le suivi de la maintenance à travers une communication étroite avec les ingénieurs sur le terrain et en coordonnant les actions nécessaires pour le traitement correct, la résolution, et la clôture des incidents ;
 - **L'équipe NSS** : également connue sous le nom d'ingénieurs OMC/N, son rôle consiste à surveiller attentivement les performances et la stabilité du réseau central, à détecter les problèmes potentiels et à intervenir rapidement pour les résoudre ;
 - **L'équipe IT** : assure la supervision de la partie centrale du réseau, mais son rôle se limite au transfert des problèmes vers les autres services, qu'ils soient internes ou externes. Cette équipe n'est pas en mesure d'effectuer des actions correctives directement. Elle joue un rôle essentiel dans le processus de gestion des incidents en identifiant les problèmes et en les acheminant vers les équipes compétentes pour leur résolution.
 - **L'équipe Transmissions** : est responsable de la gestion des liaisons entre toutes les entités du réseau. En plus de recevoir des alarmes, elle dispose de plateformes qui lui permettent d'accéder à tous les nœuds du réseau et de vérifier leur état en temps réel. Cette capacité lui permet notamment de vérifier si un nœud signalé comme étant "down" (à l'arrêt) par une alarme a été réparé.

II.2.2 Classement des alarmes

Le classement des alarmes permet aux ingénieurs et techniciens de prioriser les incidents et de traiter en premier lieu ceux qui ont le plus grand impact sur le réseau et sur les utilisateurs. Cela permet également de hiérarchiser les activités de maintenance et d'optimisation du réseau en fonction de leur gravité et leur impact sur la qualité de service. On peut distinguer les catégories suivantes :

- **Selon la sévérité**
 - **Alarmes critiques** : ce sont les alarmes les plus graves qui indiquent une panne majeure du réseau ou une défaillance majeure de l'équipement. Ces alarmes nécessitent une intervention immédiate et peuvent entraîner une interruption de service importante.
 - **Alarmes majeures** : ce sont des alarmes indiquant un dysfonctionnement important dans le réseau ou un équipement, mais qui ne nécessitent pas une intervention immédiate. Cependant, ces alarmes doivent être traitées rapidement pour éviter une interruption de service.
 - **Alarmes mineures** : Ce sont des alarmes qui indiquent un dysfonctionnement mineur ou une condition anormale dans le réseau ou l'équipement. Ces alarmes n'ont pas d'impact majeur sur le service et peuvent être traitées plus tard.
 - **Alarmes d'information** : ce sont des alarmes qui fournissent des informations sur des événements dans le réseau ou l'équipement qui ne nécessitent pas d'intervention immédiate. Elles sont principalement utilisées pour la surveillances et planification de la maintenance.
- **Selon le type de problème** : Ces alarmes peuvent également être classées en fonction de type de problème qu'elles indiquent comme par exemple :
 - **Alarmes liées à la connectivité** : indiquant des problèmes de connexion entre les équipements du réseau, comme des problèmes de liaisons montantes ou descendantes.
 - **Alarmes liées à la QoS** : indiquant des problèmes de qualité de service, comme des appels interrompus, des débits de données faibles ou des délais de transmission élevés.
 - **Alarme de type power**: Coupure de courant, check pour vérifier si le site s'est mis sur batterie.
 - **Alarmes liées à la capacité** : indiquant des problèmes de capacité du réseau, comme une saturation des canaux ou une congestion du trafic.
 - **Alarmes liées à l'équipement** : indiquant des problèmes avec l'équipement lui-même, comme des pannes, des surcharges ou des erreurs de configuration.
 - **Alarmes liées à l'énergie** : indiquent des problèmes avec l'alimentation électrique des équipements, comme des pannes de courant ou des surtensions.

II.3 DRIVE TESTS [21]

Les « drive tests » sont des tests de performance et de qualité de réseau effectués en utilisant un véhicule équipé d'appareils de mesure pour évaluer la couverture, la qualité et la capacité du réseau.



Figure II. 2 : Drive tests 3G

II.3.1 Chaîne de mesures [22]

Les entités les plus courantes dans la chaîne de mesure de drive tests sont :

- **La station mobile** : appareil de mesure placé dans un véhicule pour collecter les données de performance du réseau mobile.
- **Le GPS** : permettant de localiser la position de la station mobile à tout moment, de cartographier les mesures et d'obtenir des informations géographiques précises sur la performance du réseau.
- **Un laptop et un logiciel de mesure** : ordinateur portable permettant de contrôler la station mobile et de collecter les mesures de performance. Le logiciel de mesure est fourni par l'opérateur.

II.4 INDICATEURS KPI

Les indicateurs de performance clé (KPI) sont des mesures qui permettent d'évaluer la qualité de service des réseaux mobiles. Ils sont utilisés pour surveiller la performance des réseaux et pour s'assurer que les niveaux de QoS sont respectés pour les utilisateurs.

Il existe différents types de KPI pour les différentes technologies de réseaux 2G, 3G, 4G. Ce sont les équipementiers qui spécifient et définissent exactement ces indicateurs.

II.4.1 KPI des systèmes 2G [23, 26]

Les KPIs définis par Ericsson pour les réseaux 2G sont les suivants :

- **Random Access Success (RACH)** : Mesure le taux de réussite d'établissement de la connexion pour la demande d'accès aléatoire. Il indique la capacité du réseau à gérer les demandes de connexion des abonnés mobiles.

- **TCH Assignment Success Rate** : Mesure le taux de réussite d'assignation de canaux de trafic (TCH) pour les appels téléphoniques. Il indique la capacité du réseau à fournir des canaux de trafic aux abonnés mobiles pour les appels.
- **Call Setup Success Rate** : Mesure le taux de réussite pour l'établissement des appels téléphoniques. Il indique la capacité du réseau à établir des appels entre deux abonnés mobiles.
- **Paging Success Rate** : Mesure le taux de réussite pour la recherche de l'abonné mobile qui doit recevoir un appel ou un message. Il indique la capacité du réseau à localiser les abonnés mobiles.
- **Paging Discard Rate** : Mesure le taux d'échec de l'envoi de pages (appels ou messages) aux abonnés mobiles. Il indique la qualité du réseau à livrer les pages aux abonnés mobiles.
- **SDCCH Congestion Rate** : Mesure le taux de congestion des canaux de contrôle dédiés (SDCCH). Il indique la capacité du réseau à fournir des canaux de contrôle dédiés suffisants pour tous les appels en cours.
- **SDCCH Drop Rate** : Mesure le taux de perte de connexions sur le canal de contrôle dédié (SDCCH). Il indique la qualité de la connexion des canaux de contrôle dédiés aux appels.
- **TCH Congestion Rate** : Mesure le taux de congestion des canaux de trafic (TCH). Il indique la capacité du réseau à fournir des canaux de trafic suffisants pour tous les appels en cours.
- **TCH Drop Rate** : Mesure le taux de perte de connexions sur les canaux de trafic (TCH). Il indique la qualité de la connexion des canaux de trafic pour les appels.
- **Handover** : Mesure le taux de réussite de la procédure de transfert d'appels entre différentes cellules. Il indique la qualité du réseau à gérer les transferts d'appels pour assurer une continuité.

II.4.2 KPI'S des systèmes 3G [24, 26]

Les KPI des systèmes 3G sont des métriques clés utilisé pour évaluer et mesurer la performance et la qualité de service des réseaux 3G. Ils sont utilisés pour suivre les performances et identifier les problèmes de performance, ce qui permet aux opérateurs de prendre des mesures correctives pour améliorer la qualité de service. Voici quelques exemples de KPI pour les systèmes 3G :

II.4.2.1 Disponibilité (Availability)

Il s'agit d'une mesure de fiabilité du réseau et indique le pourcentage de temps pendant lequel le réseau est disponible pour les utilisateurs. Cela peut être mesuré à différents niveaux, telle que la disponibilité des équipements, la disponibilité des services.

- **Disponibilité des équipements** : contient des KPI's décrivant le temps de disponibilité ou d'indisponibilité des équipements.
- **Disponibilité des services** : contient des KPI décrivant le temps de disponibilité ou d'indisponibilité des services proposés en 3G.

II.4.2.2 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 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 :

- **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 step success rate** pour chacun des réseaux circuit et paquet.
- **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.).
- **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.
- **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.
- **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 une multitude de raisons, tels que l'ouverture d'une session de données, la demande de ressources supplémentaires pour une session déjà ouverte, la mise à jour de paramètres de la session.
- **RRC Setup Failure Causes** : Une connexion RRC peut échouer pour diverses raisons, cette sous-catégorie contient des KPI décrivant les raisons pour laquelle cela se serait produit.
- **RAB Establishment** : Cette sous-catégorie contient les KPI supervisant l'établissement des connexions RAB pour chacun des services UMTS, en anglais RAB Establishment Success Rate.

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

II.4.2.3 Maintenabilité (Retainability)

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

- **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**.
- **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**.
- **Minutes Per Drop** : Cette sous-catégorie représente le temps écoulé en moyenne entre deux drops successifs pour chacun des services.
- **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.
- **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.

II.4.2.4 Intégrité (Integrity)

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

- **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.
- **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.

II.4.2.5 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 :

- **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.
- **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.

II.4.2.6 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.

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

II.4.2.7 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 Handover 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 :

- **Intra Frequency Handover** : contient des KPI décrivant la réussite de Handovers au cours desquels le mobile reste desservi par le même NodeB ;
- **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 : soit intra NodeB (changement de cellule), Inter NodeB ou Inter RNC.
- **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.4.3 KPI'S des systèmes 4G [25 26]

Les KPIs des systèmes 4G peuvent être regroupés en plusieurs catégories telles que l'accessibilité, la maintenabilité, l'intégrité, la mobilité et la disponibilité.

II.4.3.1 Accessibility (Accessibilité)

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

- **Random Access Success Rate** : Représente le taux de réussite d'accès aléatoire en 4G et se divise en deux sous-catégories :
 - **CFRA (Contention Free Random Access)** : pour les cas où 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)** : pour les cas où l'UE requiert l'accès au réseau pour un accès initial depuis le mode veille, un rétablissement d'une connexion perdue, ou pour l'envoi de données à l'eNodeB.
- **Session Setup Success Rate** : Mesure le taux de réussite de l'établissement des sessions, qui se fait en 4G en trois étapes :
 - **Connexion RRC** : mise en place de signalisation entre l'UE et l'eNodeB.
 - **Signalisation sur l'interface S1** : mise en place de la signalisation entre l'eNodeB et MME.
 - **Etablissement de session E-RAB** : mise en place de la signalisation entre l'UE et MME

II.4.3.2 Maintenabilité (Retainability)

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

- **E-RAB Retainability-Session Time normalized**: Mesure le temps moyen de maintien des connexions E-RAB normalisées.
- **E-RAB Retainability-Percetage** : Mesure le pourcentage de connexions E-RAB maintenues avec succès.

II.4.3.3 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 divisé 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 :

- **Downlink/Uplink Latency** : Désigne la latence sur la voie montante et la voie descendante.
- **Downlink/Uplink Throughput** : Indique le débit sur la voie montante et la voie descendante.

- **Downlink/Uplink Packet loss Rate** : Exprime le taux de perte de paquets UL/DL

II.4.3.4 Mobility

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

- **Mobility Success Rate** : Mesure le taux de réussite des handovers pour l'ensemble des cellules.

II.4.3.5 Availability (Disponibilité)

Le KPI principal de disponibilité en 4G est suivant :

- **Partial Cell Availability** : Mesure le taux de disponibilité des cellules.

II.5 ANALYSE DES CAUSES DE DEGRADATION DE KPI'S EN 2G [23, 27]

II.5.1 Accessibilité

La Figure II. 3 résume la méthodologie d'analyse des causes originelles d'une éventuelle dégradation du niveau d'accessibilité du réseau :

- **Disponibilité du TCH et SDCCH** : Avant d'aborder l'accessibilité au réseau et aux services qu'il offre, il est essentiel de garantir la disponibilité des deux canaux principaux, à savoir le TCH et le SDCCH. Plusieurs facteurs peuvent entraîner leur indisponibilité, parmi lesquels :
 - Défaillance matérielle.
 - Problèmes de transmission.
- **Accès Aléatoire au réseau** : L'accès au canal RACH est essentiel pour que le terminal puisse établir une connexion avec le réseau. La MS peut avoir besoin d'accéder au RACH pour diverses raisons, telles que répondre à un message de paging, initier un appel ou effectuer d'autres opérations. Il est donc crucial de garantir un accès fiable au RACH. Le KPI utilisé pour surveiller cette opération est le taux de réussite d'accès aléatoire.
- **Efficacité du Paging** : La MS surveille régulièrement le canal PCH pour détecter si le réseau souhaite la contacter. Afin de maintenir un bon fonctionnement, il est important de minimiser le taux de messages rejetés. Pour cela, il est essentiel d'éviter les situations suivantes :
 - Configuration incorrecte des IMSI Attach/Detach.
 - Congestion du canal PCH.
 - Rejet des messages en raison de la durée excessive dans le PCH (PAGTOOOLD).
 - Mauvaise couverture réseau.
- **Faible congestion du SDCCH** : Une éventuelle congestion du SDCCH menant à son indisponibilité peut fortement détériorer la performance globale du réseau.

-
- **Maintenabilité du SDCCH** : Une fois que la MS est connectée au canal SDCCH, il est essentiel qu'elle puisse y rester jusqu'à ce qu'elle accède au service souhaité. Cependant, certains événements peuvent augmenter le taux de perte de canaux SDCCH. Voici quelques exemples de ces événements :
 - Faible puissance du signal en UL ou en DL.
 - Mauvaise qualité du signal en UL ou en DL.
 - Défaillance de la MS.
 - Congestion du canal 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.
 - 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 Handover.
 - **Allocation du TCH**: En ce qui concerne l'allocation du canal TCH (Traffic Channel), il existe plusieurs raisons possibles qui peuvent entraîner un échec de son allocation à la MS (Mobile Station). Voici quelques exemples de ces raisons :
 - Absence de cellule de service dominante : Si la cellule devant fournir le service à la MS n'est pas disponible ou n'est pas la cellule dominante, cela peut causer un échec d'allocation TCH.
 - Puissance du signal insuffisante à l'établissement d'un appel : Si la puissance du signal reçu par la MS est trop faible pour établir un appel, cela peut empêcher l'allocation du canal TCH.
 - Hautes interférences : Des niveaux élevés d'interférences provenant d'autres sources peuvent perturber la communication et entraîner des échecs d'allocation du canal TCH.

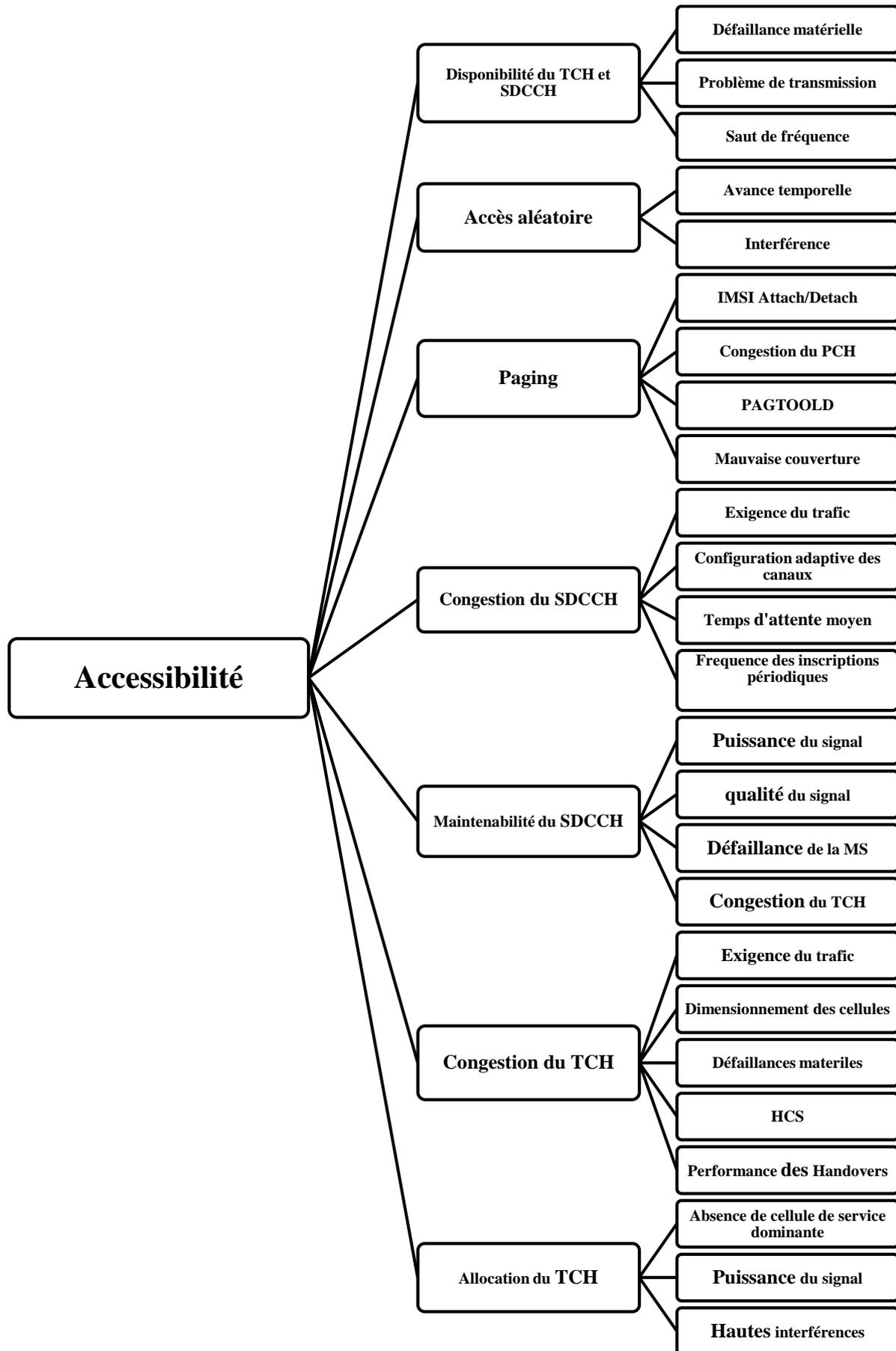


Figure II. 4 : Processus d'analyse des causes originelles d'une mauvaise accessibilité en 2G

II.5.2 Maintenabilité

La Figure II. 5 illustre le processus d'analyse de la maintenabilité efficace du réseau :

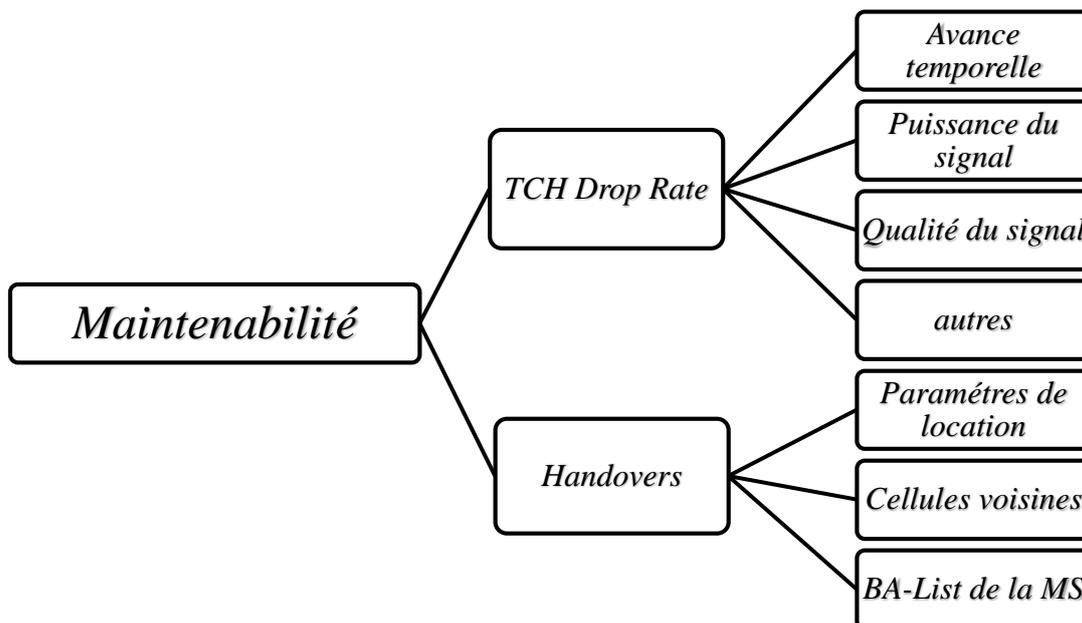


Figure II. 6 : Processus d'analyse des causes profondes d'une mauvaise maintenabilité en 2G

II.6 ANALYSE DES CAUSES DE DEGRADATION DE KPI'S EN 3G

II.6.1 Disponibilité [28]

La Figure II. 7 représente le processus d'analyse des causes de l'indisponibilité en 3G.

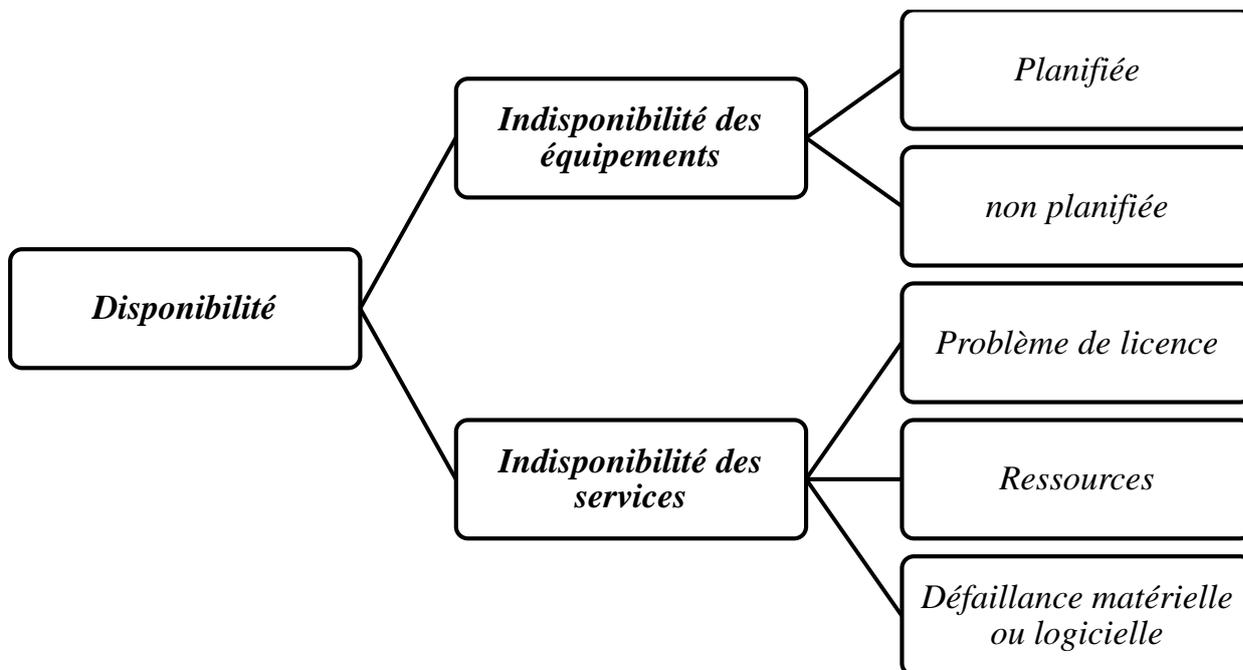


Figure II. 8 : Processus d'analyse des causes profondes d'une mauvaise disponibilité en 3G

Nous observons que le traitement de la disponibilité en technologie 3G est divisé en deux parties :

Indisponibilité des équipements :

- Indisponibilité planifiée due à des activités de maintenance programmées.
- Indisponibilité non planifiée causée par des pannes matérielles ou logicielles des équipements.

Indisponibilité des services :

- Problèmes de licence qui empêchent l'accès aux services.
- Épuisement des ressources du réseau, ce qui limite la capacité à fournir les services demandés.
- Défaillances matérielles ou logicielles qui affectent la disponibilité des services.

II.6.2 Accessibilité [29]

La Figure II. 9 explique le procédé d'analyse des causes originelles d'une mauvaise accessibilité en 3G.

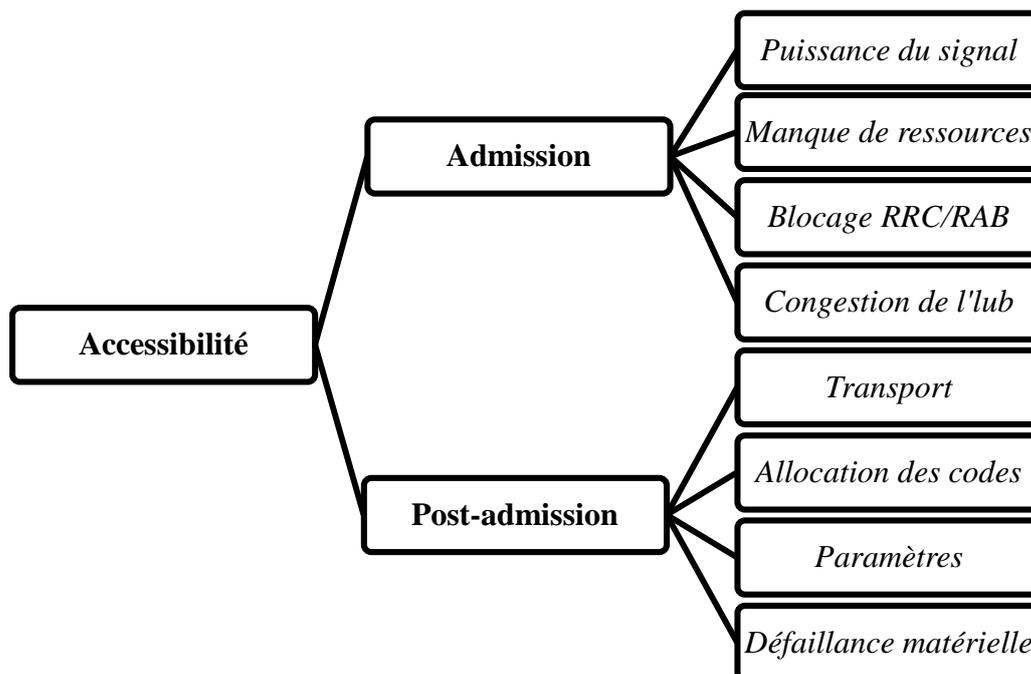


Figure II. 10 : processus d'analyse des causes profondes d'une mauvaise accessibilité en 3G

- **L'admission** : Équivalent à l'accès aléatoire, l'admission peut échouer pour les raisons suivantes :
 - Faible puissance du signal en DL.
 - Manque de ressources disponibles pour allouer à l'utilisateur.
 - Blocage lors de l'établissement de la signalisation RRC ou RAB.
 - Congestion de l'interface Iub.

- **La phase post-admission** : consiste à vérifier la réussite de l'accès aux services souhaités après que l'UE ait été admise. Des échecs potentiels peuvent être causés par les facteurs suivants :
 - Problèmes de transport des données.
 - Échec de l'allocation des codes nécessaires.
 - Mauvaise configuration des paramètres appropriés.
 - Défaillance matérielle.

II.6.3 Utilisation du système [30]

La Figure II. 11 explique le procédé d'analyse des causes originelles d'une mauvaise utilisation de ressources en 3G:

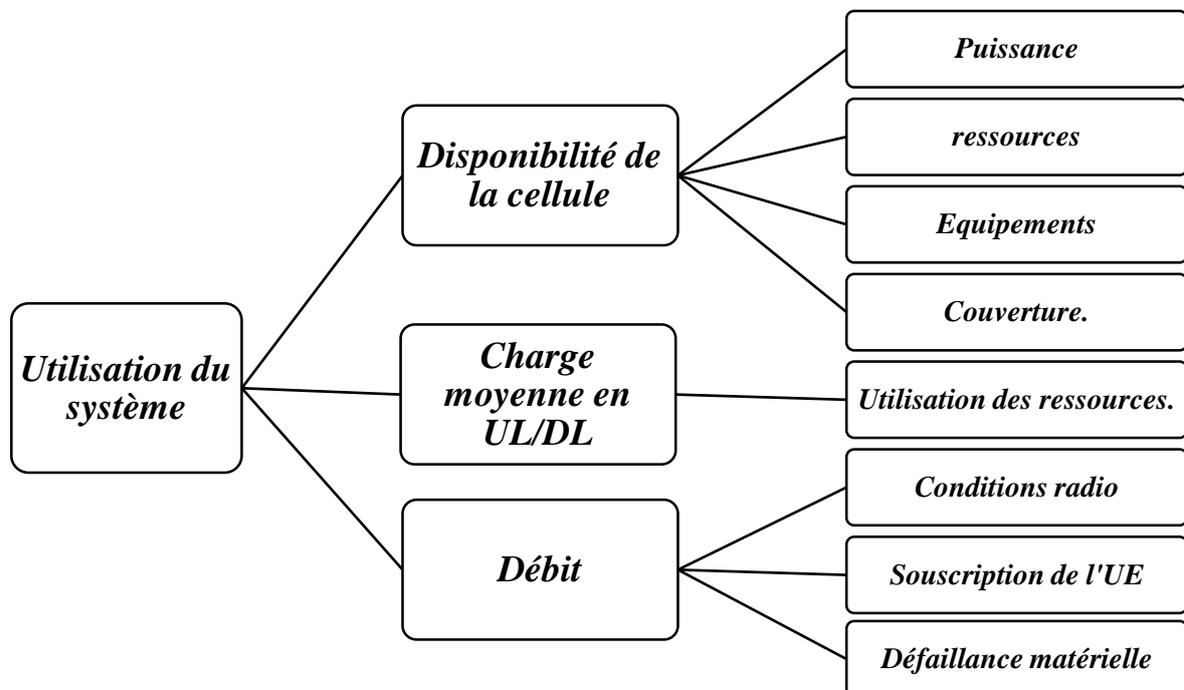


Figure II. 7 : Processus d'analyse des causes d'une mauvaise utilisation du système en 3G

Pour évaluer l'utilisation du système, les points suivants sont pris en compte :

- **Disponibilité de la cellule** : La cellule peut être indisponible pour diverses raisons, telles que :
 - Faible puissance du signal.
 - Manque de ressources disponibles.
 - Indisponibilité des équipements.
 - Mauvaise couverture.
- **Charge moyenne en UL et DL** : Il s'agit de surveiller le taux d'utilisation des ressources.
- **Débit** : Le débit peut se dégrader en raison des facteurs suivants :
 - Mauvaises conditions radio.

- Type d'abonnement de l'utilisateur.
- Défaillance matérielle.

II.7 ANALYSE DES CAUSES DE DEGRADATION DES KPI'S EN 4G[31]

II.7.1 Accessibilité

Pour analyser les performances d'accessibilité en 4G, nous avons divisé l'analyse en deux aspects : l'accès aléatoire au réseau et l'établissement de sessions. Le processus est résumé dans la figure suivante :

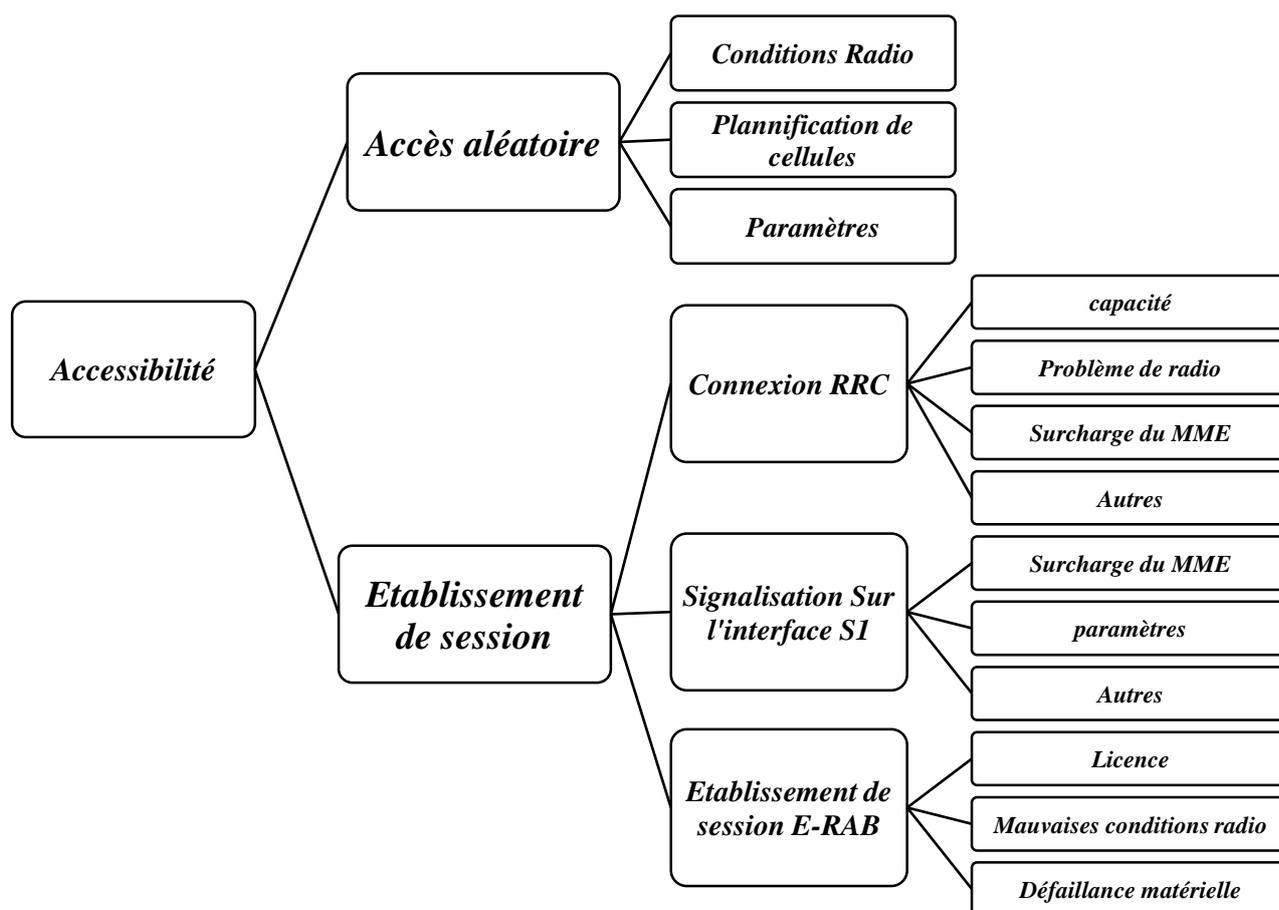


Figure II. 12 : Processus d'analyse des causes d'une mauvaise accessibilité du système en 3G

- **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.
- **Établissement de session**
 - **Connexion RRC** : Les causes pouvant mener à la dégradation de ses performances sont :
 - 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.

II.7.2 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.

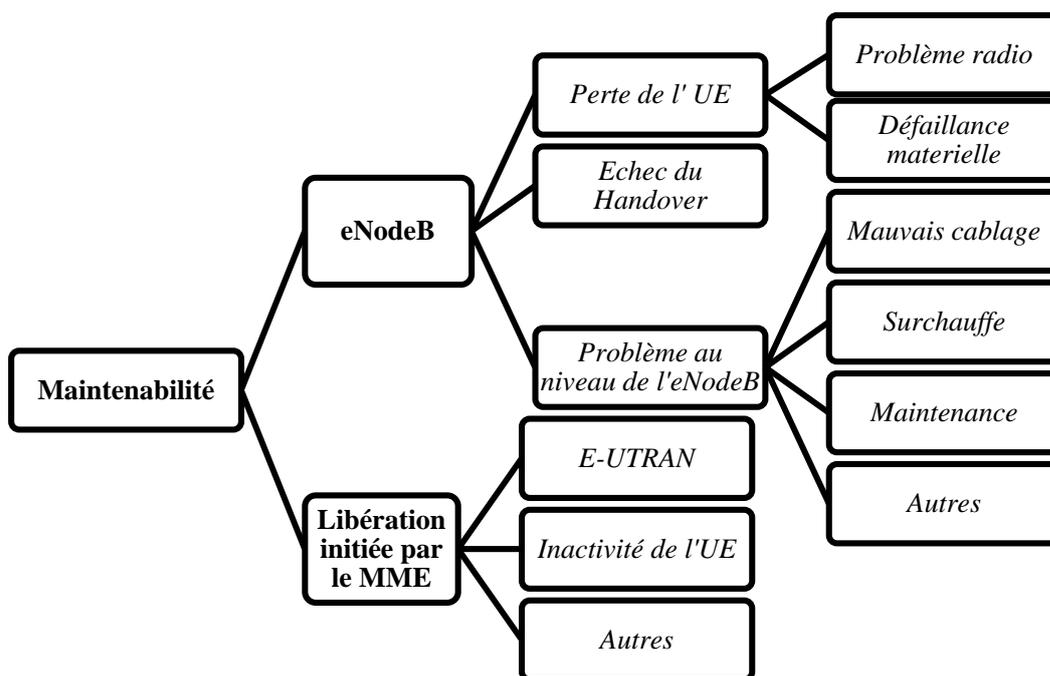


Figure II. 13 : Processus d'analyse des causes d'une mauvaise maintenabilité en 4G

- **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.
- **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.
- **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.

II.7.3 Intégrité

- **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.

- **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.

- **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".

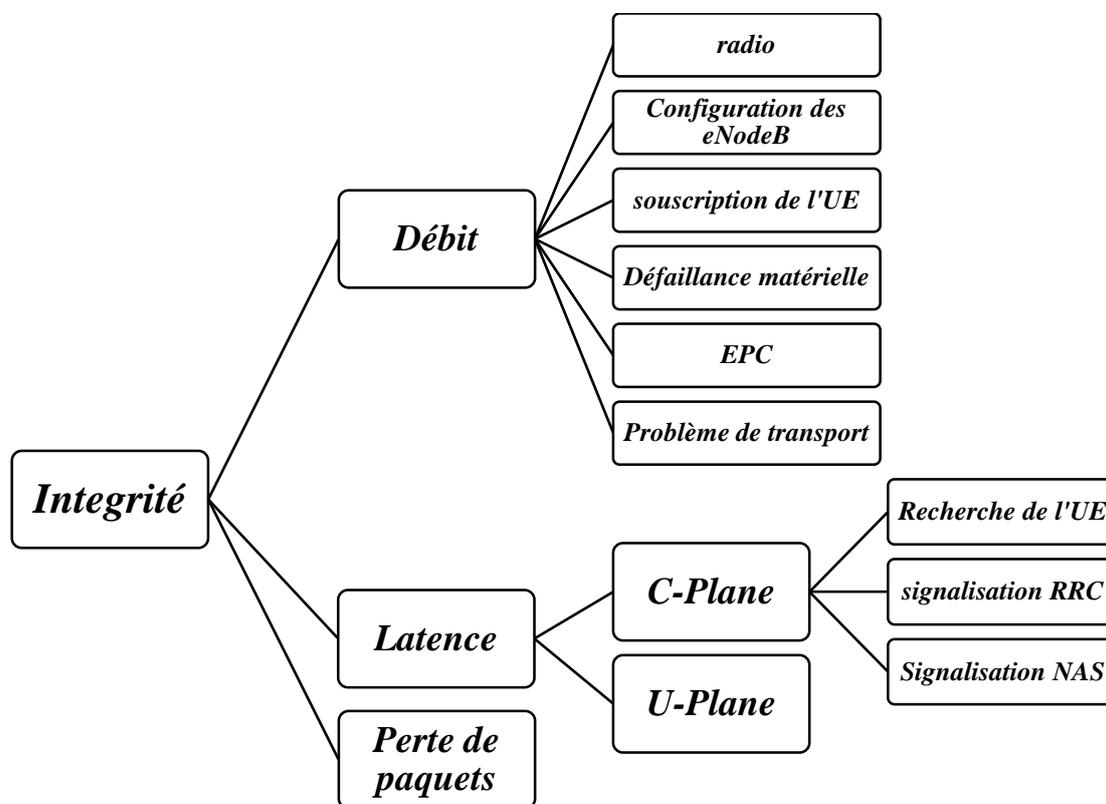


Figure II. 14 : Processus d'analyse des causes d'une mauvaise intégrité en 4G

II.8 CONCLUSION

Au cours de ce chapitre, on a abordé les différentes méthodes de supervision des réseaux mobiles utilisées pour leur optimisation, en présentant notamment l'organisation du service NMC de l'opérateur Mobilis. Nous avons également expliqué les indicateurs KPI utilisés par Ericsson, l'équipementier de Mobilis, pour évaluer le bon fonctionnement des trois générations de réseaux déployées.

CHAPITRE III

*Projet « Technical Trouble Ticket Tool »
de Mobilis*

III.1 INTRODUCTION

La gestion des incidents nécessite une surveillance constante des causes d'alarme. Celles-ci peuvent être de différentes natures, allant des pannes matérielles aux erreurs logicielles en passant par les problèmes de connectivité.

Dans ce chapitre, nous présentons l'outil logiciel dit projet 4T, signifiant « *Technical Trouble Ticket Tool* » utilisé par Mobilis pour la gestion des incidents et des pannes techniques. Nous allons examiner en détail le processus de création des tickets ainsi que l'analyse des types de pannes.

III.2 PRESENTATION DE PROJET 4T

Le Projet **4T** ou « **Four T** », permet la gestion des incidents ainsi que les demandes de changements "Change Request" en temps réel. Chaque incident (réclamation, demande, alarme, alerte, ...) est représenté par un ticket. La solution prend en charge le ticket durant tout le long de son cycle de vie, depuis sa création où la réclamation, l'alerte ou l'incident a été signalé jusqu'à sa clôture. Ce qui indique que l'incident a été pris en charge et a été réglé. Le créateur du ticket appelé "Demandeur", peut suivre la prise en charge de son ticket par les différentes structures intervenantes en temps réel. Aussi, chaque acteur intervenant dans le ticket recevra une notification par mail pour l'informer de chaque nouvelle action effectuée concernant le ticket. L'historique de chaque action effectuée sur le ticket est enregistré et est accessible pour tous les intervenants durant la prise en charge du ticket et même après sa clôture. La solution permet aussi la génération de différentes statistiques prédéfinies mais aussi d'en définir de nouveaux rapports personnalisés enregistrés sous différents formats de fichiers.

III.2.1 Accès à l'application

Pour accéder à la solution, on utilise n'importe quel navigateur web tel que Chrome, Internet explorer, Mozilla Firefox, etc. Il suffit de saisir l'adresse suivante dans la barre d'adresse : <https://192.168.2.233/4T/> (écrire le T en lettre majuscule), comme indiqué dans la figure (III.1). De plus, l'adresse IP 192.168.2.233 doit être ajoutée comme une exception dans les paramètres du proxy.

III.2.2 Authentification

Sur la page d'authentification, il faut entrer le nom d'utilisateur et le mot de passe, puis cliquer sur le bouton "Envoyer".

III.2.3 Page d'accueil

Une fois connecté, la page d'accueil de l'utilisateur s'affiche (Cf figure 3). En haut de la fenêtre, on trouve la barre de recherche, le nom de l'utilisateur et le bouton de déconnexion (figure 02/1). Ensuite, il y a un menu principal horizontal qui permet d'accéder à différentes fonctionnalités telles

que la création d'un nouveau ticket, les statistiques, etc. De plus, il y a plusieurs vues disponibles organisées en onglets. (Voir la figure III.2/3).

- **Vue personnelle** : contenant les tickets à clore ou en cours pris en charge par le technicien
- **Vue Groupe** : contenant les tickets attribués pour le groupe dont l'utilisateur fait partie (Cf figure III.4). Dans notre exemple, il n'existe aucun ticket attribué au groupe de l'utilisateur "Agent_Agence".
- **Vue Globale** : la vue global l'affichage des deux vues précédentes.

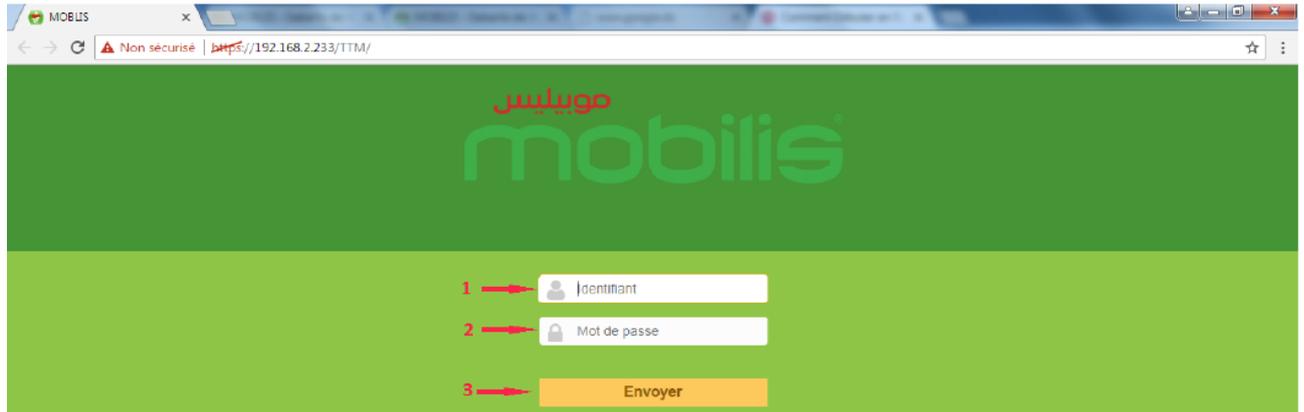


Figure III. 1 : Fenêtre d'authentification

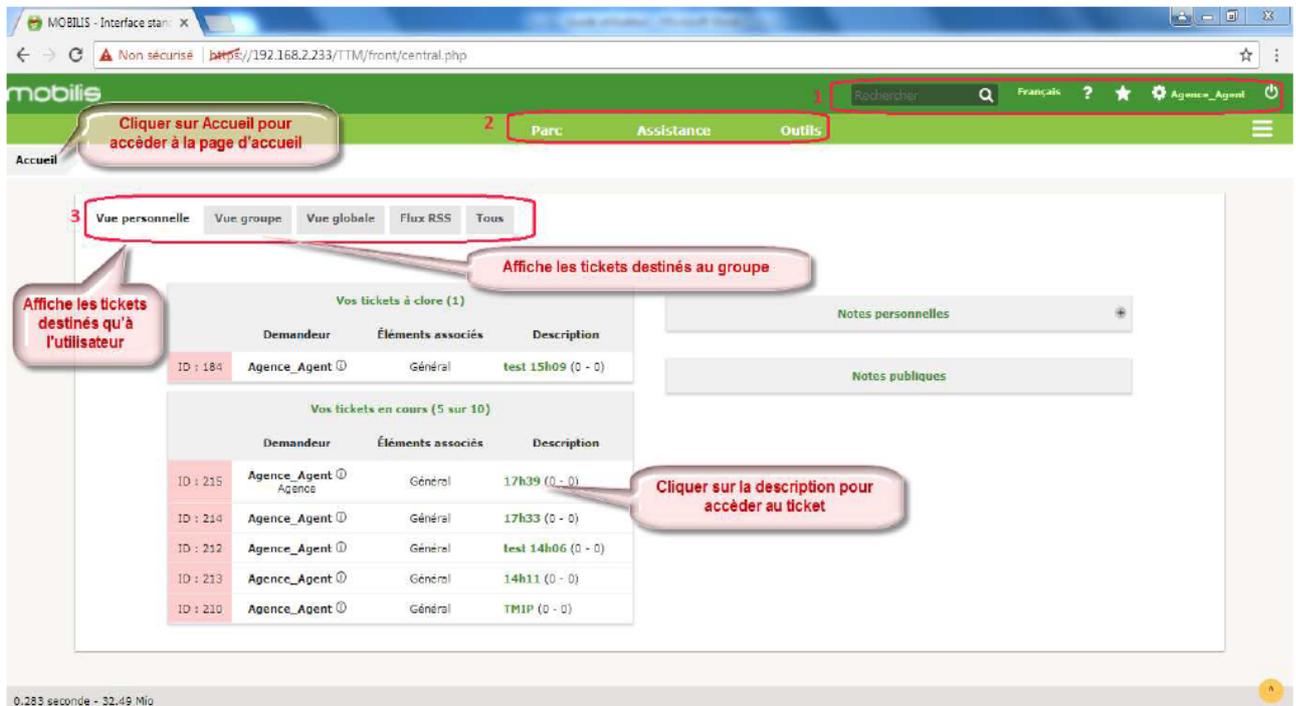


Figure III. 2 : La page d'accueil

III.3 GESTION DES TICKETS

La solution permet la création de tickets de deux manières différentes :

1. Création manuelle : l'utilisateur se connecte à la solution, remplit les champs du formulaire «N nouveaux ticket » et clique sur le bouton "Enregistrer" pour valider la création.
2. Création automatique : les emails de réclamation reçus dans la boîte mail de la solution sont collectés. Pour chaque email reçu, un ticket est créé au nom de l'expéditeur du mail.

Pour chaque incident, un ticket est créé. Un incident peut être signalé soit par :

- Un client Mobilis au niveau des agences, Points de vente ou Centre d'appel
- Un Agent Mobilis du BOC
- Un techniciens Mobilis du BOT
- Un e-mail généré par un Système

Pour la création d'un nouveau ticket, il faut aller au menu principal : Assistance → Créer un ticket



Figure III. 3 : Accès au formulaire de création de ticket

III.3.1 Signification des champs du formulaire de création d'un nouveau ticket

Un formulaire de création d'un nouveau ticket peut différer d'un utilisateur à l'autre selon leurs rôles. Ce formulaire contient des champs à remplir de différents types (champs de saisie, liste déroulante, calendrier, case à cocher, ...) et nature (texte, numéro, date et heure, ...).

Figure III. 4 : Formulaire de création d'un nouveau ticket A

Figure III. 5 : Formulaire de création d'un nouveau ticket B

Champs	Signification
Event time	Calendrier contenant la Date et l'heure de création du ticket.
Catégorie	Liste déroulante contenant les différentes catégories auxquelles le problème signalé peut faire partie.
Statut : Liste déroulante contenant les différents états que peut avoir un ticket	Nouveau création d'un ticket
	En cours (Attribué) attribution du ticket à un groupe de techniciens ou à un technicien.
	En attente Mise en attente du ticket
	Résolu Proposition d'une solution
	Clos Validation de la solution
Urgence	Liste déroulante contenant le degré d'urgence du ticket (Moyenne, Haute, Très haute, Basse, Très basse).
Impact	Liste déroulante contenant le degré d'impact du ticket (Moyenne, Haute, Très haute, Basse, Très basse).
Priorité	La priorité est calculée par rapport à l'impact et l'urgence définis.
Type client	Liste déroulante contenant les différents types de client
Demandeur	Liste déroulante contenant l'utilisateur qui a créé le ticket.
Groupe demandeur	Liste déroulante contenant le groupe auquel appartient l'utilisateur qui a créé le ticket.
Technicien	Liste déroulante contenant la liste des différents utilisateurs pouvant prendre en charge un ticket.
groupe de technicien	Liste déroulante contenant les différents groupes qui peuvent prendre en charge un ticket
Courriel	Champs texte pour la saisi de l'adresse mail de l'acteur (demandeur ou technicien)
Suivi par courriel	Liste déroulante contenant deux choix (oui /non) pour recevoir ou non des notifications par mail.
Groupe Observateur	Liste déroulante contenant les différents groupes dont le ticket n'est pas affectée mais ils peuvent le consulter pour information
Observateur	Liste déroulante contenant la liste des différents utilisateurs pouvant consulter le ticket
Titre	Champs texte contenant un titre relatif à l'incident
Description	Champs texte contenant les détails de l'incident.
Contact Client	MSISDN Champs texte contenant le numéro de téléphone du client.
	Contact Client Un champ texte contenant un autre numéro de téléphone où le client sera joignable
Pièce jointe	Pour joindre, à un ticket, un ou plusieurs fichiers de différents types (texte, image, Excel, ...), ne dépassant pas une taille de 2 Mo
Network elements type	Champs repris du BMC.

Tableau III. 1 : Signification des champs du formulaire de création d'un nouveau ticket

III.4 CREATION D'UN TICKET

Pour la création d'un nouveau ticket, il faut aller au menu principal : Assistance → Créer un ticket (figure III.6).



Figure III. 6 : Création d'un nouveau ticket

Une nouvelle fenêtre s'ouvre (Voir figure III.6/7) sous forme d'un formulaire "**Nouveau ticket**" à plusieurs champs à renseigner, certains sont remplis automatiquement par le système tels que :

1. **Demandeur** (voir image 04/1)
2. **Groupe demandeur** (à l'enregistrement du ticket). (voir image 04/2)
3. **Event time.**
4. **Statut** ("Nouveau" par défaut).
5. **Priorité** (Déduite automatiquement depuis les deux champs Impact et Urgence).

L'autre partie des champs, à renseigner manuellement, contient des champs obligatoires et d'autres champs non Obligatoires mais utiles qui donneront plus de détails au ticket créé.

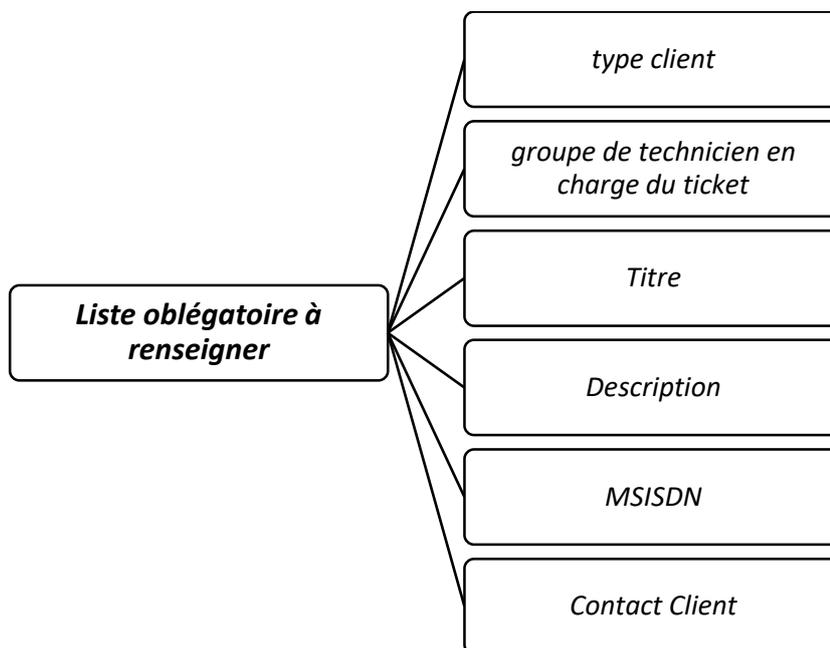


Figure III. 7 : Liste oblégatoire à renseigner

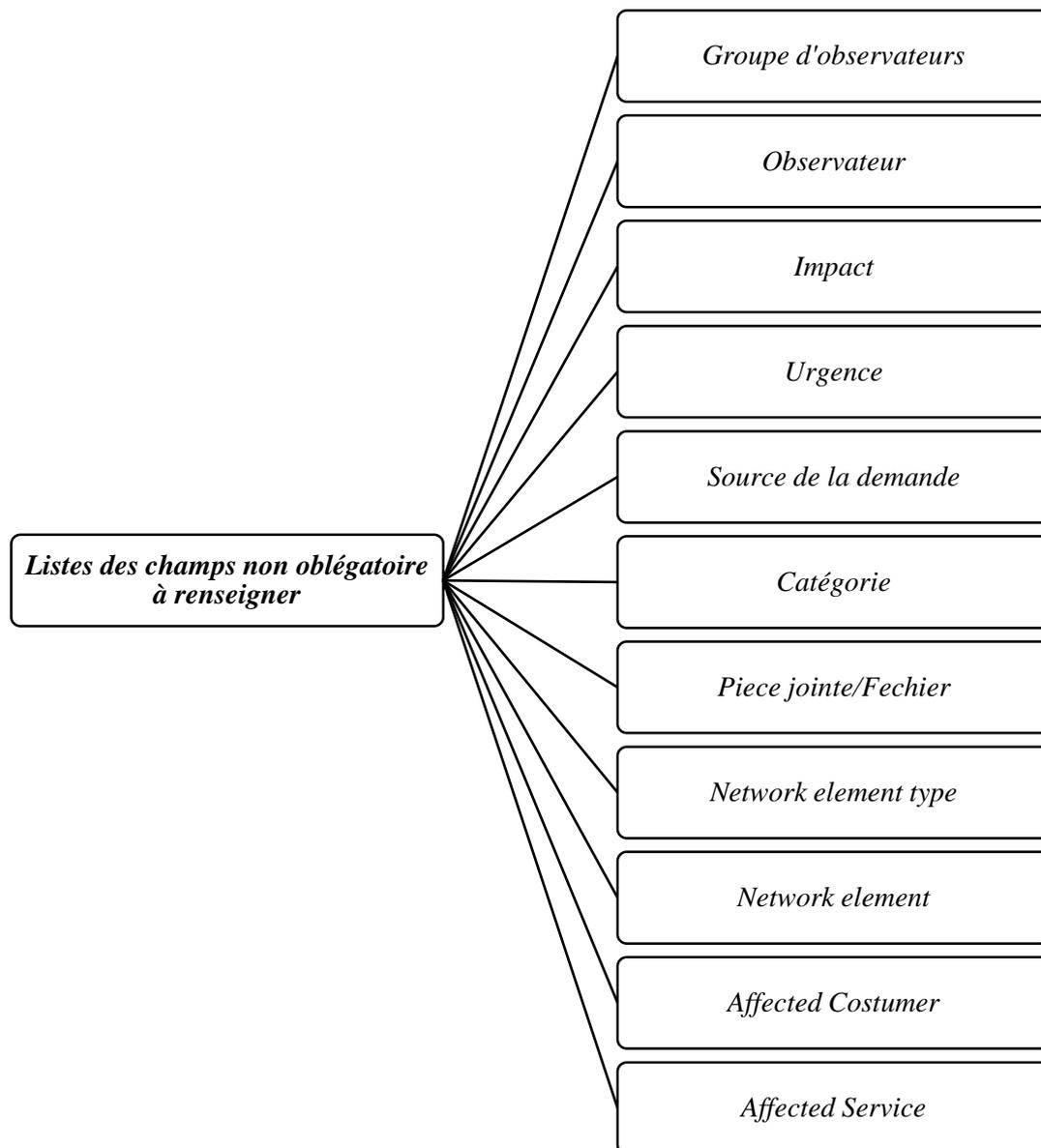


Figure III. 8 : Liste non obligatoire à renseigner

Ticket

Figure III. 9 : Formulaire de création d'un nouveau ticket par un technicien partie 1

Figure III. 10 : Formulaire de création d'un nouveau ticket par un technicien partie 2

III.5 PROPOSER UNE SOLUTION

Après la prise en charge du ticket par le technicien et la résolution de l'incident, une solution doit être proposée afin d'informer le Demandeur et de clôturer le ticket. Après ouverture du ticket dont l'incident est résolu, dans l'onglet « traitement du ticket », le technicien clique sur le bouton « solution » et saisit le descriptif de la solution. Une fois la solution enregistrée, le ticket change

automatiquement de statut, de « en cours » à « résolu ». La solution atterrira, automatiquement chez le demandeur du ticket afin de l'approuver ou de la refuser.

Par le même chemin, le demandeur accède à la solution qui, contrairement au suivi qui prend une couleur grise, est de couleur bleu. Deux boutons sont affichés « valider » ou « refuser » en dessous du descriptif de la solution proposée.

Après vérification de la résolution de l'incident, le demandeur valide la solution proposée et ainsi le ticket sera clôturé automatiquement.

III.6 AJOUTER UN DOCUMENT

Pour chaque changement créé au niveau de la solution, on peut joindre un ou plusieurs documents de différents types (Excel, word, image,...). Pour ajouter un document à un changement :

- Accéder à la liste des changements créés via le menu horizontal (Assistance → changement).
- Accéder au changement pour lui joindre un document en cliquant sur le titre du changement.
- Cliquer sur « Document » dans le menu vertical à gauche de la fenêtre.
- Cliquer sur le bouton "choisissez un fichier" et choisir le document à importer dont la taille maximale ne doit pas dépasser 2Mo.
- Cliquer sur bouton "choisir un autre fichier" pour sauvegarder et valider.



Figure III. 11 : Ajouter un document à un changement



Figure III. 12 : Ajout d'un document dans une demande de changement

Afin de pouvoir accéder aux tickets, il faut choisir le profil « **Read All TT** » dans la page d'accueil, à droite en haut de page (voir la figure III.13)

Il faut cliquer encore sur « **Parc** » afin de choisir la région à laquelle appartient le Network élément.

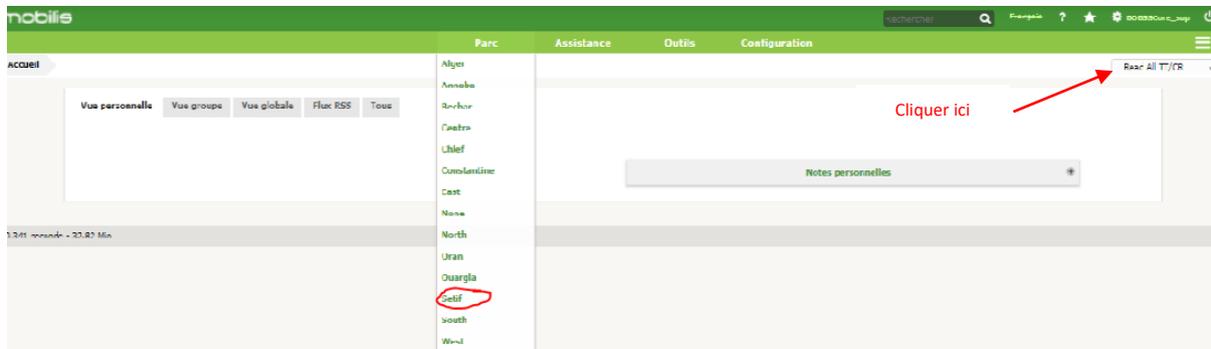


Figure III.13 : Sélectionner la région

III.7 LES ELEMENTS ESSENTIELS

III.7.1 La fréquence de panne

On peut dire que c'est le taux de défaillance représente le nombre de pannes ou défaillances d'un équipement ou système sur une période donnée. Elle est généralement exprimée en nombre de pannes par unité de temps par exemple le nombre de pannes par mois, par an, etc...)

Le calcul de la fréquence de panne est effectué en divisant le nombre total de pannes par la durée totale de fonctionnement de l'équipement ou du système. Par exemple, si un équipement a subi 10 pannes en un an de fonctionnement, la fréquence de panne est de 10 pannes par an.

La fréquence de panne est une mesure importante pour évaluer la fiabilité d'un équipement ou d'un système. Elle permet de déterminer les zones à risque élevé et de mettre en place des mesures préventives pour minimiser les pannes et augmenter la disponibilité du système.

III.7.2 Down time

Le terme « **down time** » désigne la période pendant laquelle un système ou un équipement est indisponible ou en panne, empêchant son utilisation normale. Dans le contexte des réseaux radio

mobiles, le down time fait référence au temps pendant lequel les services de communication (voix, SMS, données) ne sont pas disponibles pour les utilisateurs du réseau.

Le **down time** peut être causé par des pannes matérielles, des problèmes logiciels, des coupures de courant, des événements météorologiques ou des perturbations externes, entre autres. Pour minimiser le down time et maximiser la disponibilité du réseau, les opérateurs mettent en place des mesures de surveillance et de maintenance préventive, ainsi que des plans de continuité des activités pour répondre rapidement aux pannes et rétablir les services aussi rapidement que possible.

Le calcul du temps d'arrêt dans les réseaux mobiles, est effectué en utilisant la formule suivante :

$$\text{Temps d'arrêt} = \text{Fin de l'heure d'achèvement} - \text{Heure de début}$$

Le temps d'arrêt peut être calculé pour l'ensemble ou pour des parties spécifiques du réseau, telles que les sites ou les équipements individuels. Les causes d'arrêt, telles que les pannes d'équipement, les problèmes de connectivité ou les erreurs de configuration, sont enregistrées dans les journaux d'alarmes ou les rapports de surveillance du réseau.

III.8 Notions sur la fiabilité des équipements

III.8.1 MTTR temps moyen de réparation (Mean Time To Repair)

Est le temps moyen de réparation, c'est-à-dire la moyenne du temps qu'il faut pour réparer une panne. Pour calculer le MTTR, on va effectuer les étapes suivantes :

- Déterminer la durée totale des temps d'arrêt pour une période donnée. Cela peut être mesuré en heures, minutes ou secondes, selon la préférence de l'entreprise.
- Diviser la durée totale des temps d'arrêt par le nombre de pannes sur la même période. Cela donnera la durée moyenne des temps d'arrêt pour chaque panne.

Par exemple, si une entreprise a connu 5 pannes au cours d'un mois, avec des temps d'arrêt total de 20 heures, alors le calcul du MTTR serait :

$$\text{MTTR} = \text{Temps d'arrêt total} / \text{Nombre de pannes}$$

Le MTTR peut être utilisé comme indicateur de la performance de maintenance d'une entreprise. Plus le MTTR est faible, plus les temps d'arrêt sont courts et donc plus l'entreprise est capable de réparer rapidement les pannes et de minimiser les pertes financières associées aux temps d'arrêt.

III.8.2 MTBF (Mean Time Between Failures)

Il s'agit du temps moyen entre deux défaillances successives d'un système ou d'un équipement. Le MTBF mesure donc la période moyenne pendant laquelle le système fonctionne normalement sans rencontrer de panne. Il représente la fiabilité de l'équipement, indiquant la durée pendant laquelle il peut fonctionner avant qu'une nouvelle défaillance ne se produise.

Le calcul du MTBF serait : Diviser le temps total de fonctionnement par le nombre de défaillances.

III.8.3 Taux de défaillance

Le taux de défaillance est une mesure utilisée pour quantifier le nombre de défaillance d'un système ou d'un équipement sur une période donnée. Il est généralement exprimé en défaillances par unité de temps.

Le taux de défaillance peut être utilisé pour évaluer la fiabilité d'un système ou d'un équipement. Un taux de défaillance plus faible indique une plus grande fiabilité, tandis qu'un taux de défaillance plus élevé indique une moindre fiabilité.

III.8.4 La disponibilité

C'est la mesure de la probabilité qu'un équipement soit en état de fonctionnement lorsque requis. Elle est souvent exprimée en pourcentage et peut être calculée en utilisant le MTTR et MTBF.

III.9 LES CAUSES DES ALARMES

III.9.1 Problème lié aux climatisations

Il est à noter que la cause spécifique des alarmes de climatisations peut varier en fonction de site.

- **Panne de l'unité de climatisation** : une défaillance de l'unité de climatisation elle-même peut entraîner une alarme. Cela peut être dû à un dysfonctionnement du compresseur des ventilateurs, des capteurs de température ou d'humidité, ou des problèmes électriques.
- **Alimentation électrique instable** : une alimentation électrique instable ou des fluctuations de tension peuvent affecter le fonctionnement de l'unité de climatisation et générer une alarme. Des coupures de courant fréquentes ou des problèmes de qualité de l'alimentation électrique peuvent être en cause.
- **Problème de ventilation** : des problèmes liés à la circulation de l'air, tels que des conduits d'air obstrués, des défauts de conception du système de ventilation ou des problèmes de distribution de l'air frais dans les équipements, peuvent provoquer une alarme de climatisation.

III.9.2 Problème liés aux énergies AC ou DC

- **Coupure de courant** : une interruption de l'alimentation électrique principale, qu'il s'agisse de l'alimentation AC ou DC, peut entraîner une alarme, cela peut être dû à des pannes du réseau électrique ou à des problèmes au niveau des installations électriques internes.
- **Surcharge ou court-circuit** : une surcharge ou court-circuit dans les circuits, tant en courant alternatif qu'en courant continu, peut provoquer une alarme. Cela peut être dû à des équipements défectueux, des câblages endommagés, une mauvaise distribution de la charge électrique.

III.9.3 Problème liés aux transmissions

- **Problèmes d'alimentation électrique** : Instabilité de l'alimentation électrique dans le site, entraînant des perturbations ou des coupures de transmission.
- **Problèmes d'interférences** : Interférences électromagnétiques provenant d'autre source, telles que des équipements électroniques, des réseaux sans fil, etc.
- **Problème de liaison radio** : Défauts dans les équipements de transmission radio, tels que les antennes, les câbles coaxiaux, les amplificateurs, etc.

III.9.4 Problème de radio

Les types d'alarmes courantes liées à un problème de radio peuvent inclure :

- **Interférences électromagnétiques** : des sources d'interférences externes, telles que d'autre équipement électronique ou des installations électriques défectueuses a proximité, peuvent perturber la qualité du signal radio.
- **Problèmes matériels** : Des défaillances au niveau des équipements radio, tels que des antennes endommagées, des câbles défectueux ou des composants défaillants, peuvent entraîner des problèmes de transmission ou de réception du signal radio.
- **Problèmes des configurations** : Des paramètres de configuration incorrects ou incompatibles peuvent affecter les performances du réseau radio mobile, tels que des fréquences mal réglées, des canaux de communication inadéquats ou des configurations de puissance inappropriées.
- **Problèmes liés à l'environnement** : Des caractéristiques géographiques particulières, tels que des obstacles physiques ou des conditions météorologiques défavorables peuvent affaiblir ou bloquer le signal radio.
- **Problèmes de congestion du réseau** : Une surcharge du réseau due a un grand nombre d'utilisateurs simultanés ou a une capacité insuffisante peut entraîner des problèmes de qualité du signal radio et des dégradations des performances.

III.9.5 Problèmes d'alarme d'Algérie Telecom

- **Problèmes d'alimentation électrique** : les pannes de courant, les fluctuations de tension ou les défaillances des systèmes d'alimentation de secours peuvent déclencher des alarmes sur les sites d'Algérie Telecom. Ces problèmes peuvent affecter le fonctionnement des équipements et entraîner des interruptions de service.
- **Défaillances des équipements réseau** : les pannes ou les dysfonctionnements des équipements de transmission peuvent générer des alarmes. Ces défaillances peuvent être causées par des problèmes matériels, des erreurs de configuration ou des mises à jour logicielles défectueuses.

-
- **Perturbations de la connectivité** : les problèmes de câblage, les coupures de fibre optique ou les erreurs de configuration des liaisons peuvent entraîner des alarmes liées à des perturbations de la connectivité sur les sites d'Algérie Telecom.

III.10 CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté le projet 4T de Mobilis qui vise à améliorer la gestion des incidents et des problèmes techniques. Nous avons examiné en détail le processus de création des tickets, qui joue un rôle crucial dans la documentation et le suivi des incidents signalés. Les tickets sont un outil précieux pour assurer une gestion structurée et efficace des incidents.

Chapitre IV

Analyse statistique d'alarme pour l'optimisation

IV.1 INTRODUCTION

Le présent chapitre est consacré à nos différentes investigations durant des sorties sur terrain à Béjaia, avec l'équipe d'exploitation de l'opérateur radio-mobile national, AT Mobilis. Nous avons pu récupérer des fichiers d'alarmes 4T sur une durée de 5 mois (janvier à Mai) de l'année en cours sur tous les sites de la région de Béjaia. Nous donnons ci-après une analyse statistique des données recueillies dans le but d'améliorer la disponibilité du réseau ATM et d'améliorer la politique de maintenance préventive de ses sites.

IV.2 CARACTERISATION DES PANNES ENREGISTREES

Dans le tableau suivant, nous résumons le nombre et la fréquence des pannes enregistrées durant chaque mois de notre période d'étude. Nous donnons aussi le cumul du temps d'arrêt des sites ATM ainsi que le temps moyen de réparation.

<i>Période</i> \ <i>Pannes</i>	<i>Nombre de pannes</i>	<i>Temps d'arrêt total (h :mn :s)</i>	<i>MTTR (h :mn :s)</i>	<i>Fréquence de panne</i>
<i>Janvier</i>	405	1835:36:00	04:31:56	57,28%
<i>Février</i>	447	1737:31:00	03:53:13	63,22%
<i>Mars</i>	358	1243:28:00	3:28:24	50,64%
<i>Avril</i>	690	1518:37:00	2:12:03	97,60%
<i>Mai</i>	519	3043:34:00	5:51:51	73,41%

Tableau IV.1. Tableau de caractérisation des pannes survenues durant notre période de mesures.

IV.2.1 Occurrence des panne

La figure suivante illustre la variabilité du nombre de pannes sur les sites ATM de la région de Béjaia durant notre période de mesures.

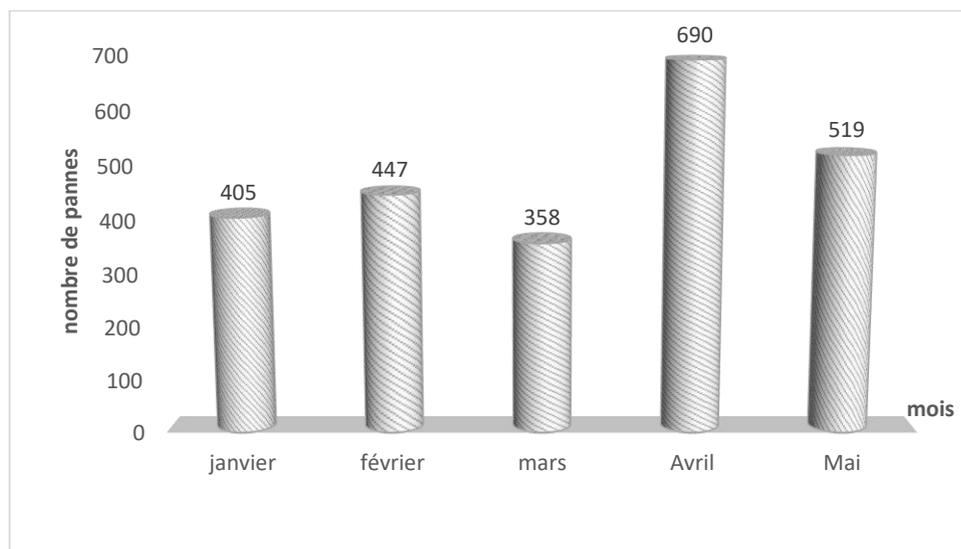


Figure IV. 1 : Occurrence des pannes des sites ATM de la région de Béjaia de Janvier à Mai 2023.

Nous constatons que le nombre de pannes varie d'un mois à l'autre. Les sites peuvent être confrontés à divers facteurs de dégradation, tels que les conditions météorologiques, les problèmes techniques, la maintenance en cours, la charge du réseau ...etc. Les opérateurs de télécommunications sont généralement conscients de ces variations et mettent en place des mesures pour améliorer la stabilité et la fiabilité de leur réseau. Ils effectuent des contrôles réguliers, réalisent des maintenances préventives, renforcent les infrastructures, et corrigent le plus rapidement possibles les problèmes détectés.

L'augmentation du nombre de pannes au mois avril par rapport aux autres mois peut être le résultat d'une combinaison de facteurs spécifiques qui se sont produits pendant cette période. Cela pourrait être dû à des problèmes techniques particuliers, à des conditions de fonctionnement défavorables, à des activités de maintenance planifiées ou à d'autres événements inattendus.

IV.2.2 Temps moyen de réparation MTTR

Le MTTR est un indicateur utilisé pour mesurer le temps moyen nécessaire pour réparer une panne ou résoudre un problème. Les opérateurs de télécommunications utilisent ces informations pour évaluer leurs performances opérationnelles et identifier les domaines nécessitant des améliorations.

Au cours de notre étude, nous avons analysé le temps moyen de réparation.



Figure IV. 2 : Temps moyen de réparation mensuel

Dans notre cas, les données indiquent une dégradation du MTTR au fil des cinq mois, avec une amélioration significative en avril. Une explication possible de cette dégradation du MTTR est que le mois d'avril a été marqué par une attention particulière de la part de l'opérateur pour réduire les temps de réparation. Cela peut être dû à plusieurs raisons notamment :

- **Actions correctives** : L'opérateur a peut-être identifié des problèmes récurrents ou des goulots d'étranglement spécifiques en avril, ce qui a conduit à une mise en œuvre rapide de solutions et à une réduction des temps de réparation.
- **Amélioration des processus** : L'opérateur a pu mettre en place de nouveaux processus ou améliorer les processus existants pour accélérer les réparations et minimiser les temps d'arrêt.
- **Ressources supplémentaires** : Il est possible que l'opérateur ait mobilisé des ressources supplémentaires, telles que des équipes de maintenance supplémentaires, des techniciens spécialisés ou des équipements supplémentaires, pour en ce mois d'avril.
- **Priorité accrue** : En avril, l'opérateur a peut-être accordé une priorité plus élevée aux réparations, en s'assurant que les équipes techniques sont plus réactives et en mettant davantage d'efforts pour minimiser les temps d'arrêt. Il est important de noter que ces actions sont des hypothèses et que la situation réelle peut varier en fonction de nombreux facteurs spécifiques à l'opérateur, au réseau et aux circonstances individuelles. Une analyse plus détaillée des données réelles et des pratiques de gestion des pannes de l'opérateur serait nécessaire pour fournir une explication précise de la dégradation du MTTR en avril.

IV.2.3 Fréquence des panne

Il est courant pour les opérateurs de télécommunications, d'effectuer des maintenances préventives régulières. Ces maintenances sont essentielles pour garantir le bon fonctionnement du réseau, minimiser les pannes et assurer la qualité des services offerts aux utilisateurs.

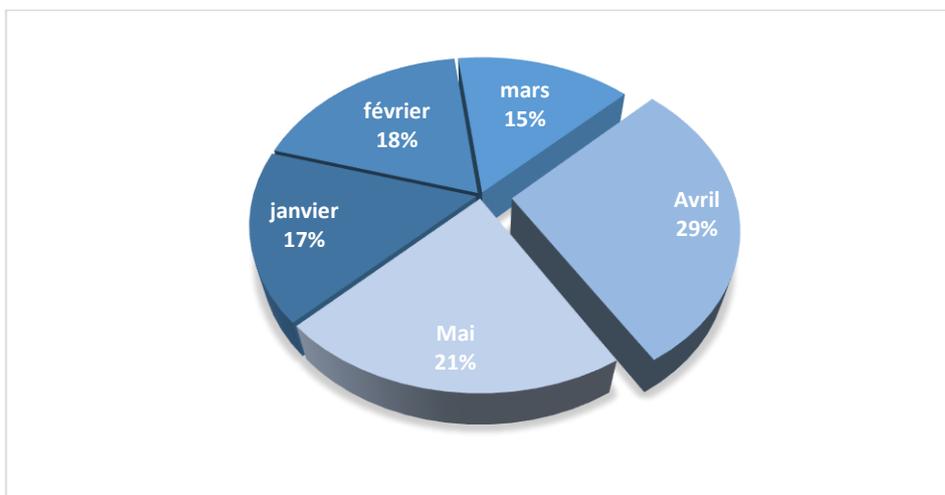


Figure IV. 3 : Fréquence des pannes

Effectivement, malgré le nombre élevé de pannes enregistrées au mois d'avril, la fréquence de panne reste dans les normes, ce qui suggère que les problèmes ont été résolus rapidement. Cela peut être le résultat d'une gestion efficace des pannes et d'une intervention rapide de l'équipe technique. Il est important de noter que la fréquence de panne ne mesure pas directement le temps nécessaire pour

résoudre les pannes, mais plutôt le pourcentage de pannes par rapport à l'ensemble des incidents survenus. Cela signifie que même si le nombre absolu de pannes en avril était élevé, si elles ont été résolues rapidement, cela peut expliquer la fréquence relativement élevée mais dans les normes.

Cela peut suggérer que l'opérateur a mis en place forcément des mesures pour améliorer le MTTR et réduire les temps de réparation, ce qui a permis de résoudre les pannes plus rapidement malgré leur nombre plus élevé. Il est également important de continuer à surveiller la fréquence des pannes au fil du temps pour identifier les tendances et prendre les mesures appropriées pour maintenir la stabilité et la fiabilité du réseau.

IV.3 ANALYSE DES TYPES DE PANNES

Nous avons mené une étude portant sur les statistiques relatives aux pannes dans les cinq mois. L'objectif de cette étude était d'analyser les modèles de pannes observés dans ces secteurs afin de mieux comprendre les problèmes auxquels ils sont confrontés et d'identifier des mesures d'amélioration potentielles.

IV.3.1 Caractérisation mensuelle de pannes de coupure de réseau électrique

Le tableau présenté ci-dessous illustre la variation d'un type spécifique de panne de coupure d'électricité affecté à la compagnie Sonelgaz au cours des cinq premiers mois 2023. Ce tableau se base sur des données collectées et enregistrées pendant cette période.

<i>éléments</i> \ <i>mois</i>	<i>Janvier</i>	<i>Février</i>	<i>Mars</i>	<i>Avril</i>	<i>Mai</i>
<i>Nombre de panne</i>	96	80	43	71	159
<i>Total down time</i>	697:56:00	332:02:00	174:04:00	207:08:00	728:55:00
<i>Down time</i>	469:08:00	138:04:00	96:27:00	129:03:00	486:53:00
<i>MTTR</i>	01:43:24	04:09:01	0:29:10	0:18:01	1:24:16
<i>Fréquence de panne</i>	13,58%	11,32%	6,08%	10,04%	22,49%

Tableau IV.2 : Variation mensuelle des pannes de Coupure de réseau (5mois)

La variation du nombre de panne sur réseau Sonelgaz au cours des cinq derniers mois est assez remarquable. En janvier, nous avons connu un nombre élevé de 96 pannes, suivi d'une légère diminution en février avec 80 pannes. En mars, le nombre de pannes a chuté considérablement à 43, ce qui est encourageant. Cependant, en avril, nous avons observé une légère augmentation à 71 pannes. Malheureusement, le mois de mai a enregistré une augmentation significative avec un nombre alarmant de 159 pannes. Cela peut être dû à divers facteurs, notamment des problèmes de coupure d'électricité, de batteries ou d'énergie AC/DC.

IV.3.2 Caractérisation mensuelle des pannes de fibre optique

Ce tableau présente la variation mensuelle des pannes d'indisponibilité des liens en fibre optique de la maison mère à savoir Algérie Télécom sur les sites de Béjaia, en fournissant des informations importantes telles que le nombre de pannes, le MTTR, la fréquence des pannes et le temps total d'indisponibilité.

<i>éléments</i> \ <i>Mois</i>	<i>Janvier</i>	<i>Février</i>	<i>Mars</i>	<i>Avril</i>	<i>Mai</i>
Nombre de panne	88	0	33	0	13
Total down time	464:49:00	0:00:00	290:29:00	0:00:00	120:02:00
Down time	33:32:00	0	41:27:00	0	18:28:00
MTTR	01:08:52	00:00:00	00:48:41	00:00:00	00 :13:53
Fréquence de panne	12,45%	0,00%	4,67%	0,00%	1,84%

Tableau IV.3 : variation mensuelle des pannes sur Algérie Telecom (5mois)

D'après les données recueillies, nous constatons que :

IV.3.3 Caractérisation mensuelle des pannes internes aux sites

Ce tableau présente la variation mensuelle des pannes internes sur la période de suivi. Tel que le temps moyen de réparation (MTTR) est le temps d'arrêt total par le nombre total de panne globale dans un mois. Ainsi que la fréquence des pannes qui exprimer avec le nombre de panne dans un mois par le nombre totale des sites située dans la région de Béjaia qui est 707 sites.

<i>éléments</i> \ <i>mois</i>	<i>Janvier</i>	<i>Février</i>	<i>Mars</i>	<i>Avril</i>	<i>Mai</i>
<i>Nombre de panne</i>	221	367	282	619	347
<i>Temps d'arrêt total (h:min:s)</i>	672:51:00	1405:29:00	778:55:00	1311:29:00	2194:37:00
<i>Temps d'arrêt (h:min:s)</i>	394:23:00	681:21:00	424:02:00	712:28:00	1613:49:00
<i>MTTR (h:min:s)</i>	1:39:41	3:08:39	2:10:33	1:54:03	4:13:43
<i>Fréquence de panne(%)</i>	31.26%	51,91%	39,89%	87,55%	49,08%

Tableau IV.4 : variation mensuelle des pannes interne sur (5mois)

IV.3.3.1 Occurrence des panne internes aux sites

Le nombre de pannes est une mesure qui indique le nombre total d'incidents, d'interruptions ou de dysfonctionnements survenus dans un système donné sur une période de temps spécifique. Il

représente la quantité d'événements indésirables ou de défaillances qui ont entraîné une interruption ou une diminution de la performance d'un système, d'un appareil ou d'un service. Le nombre de pannes est souvent utilisé comme indicateur de la fiabilité et de la stabilité d'un système, permettant aux entreprises et aux organisations de surveiller et de mesurer la fréquence des incidents et d'identifier les domaines nécessitant des améliorations pour minimiser les interruptions et assurer un bon fonctionnement continu.

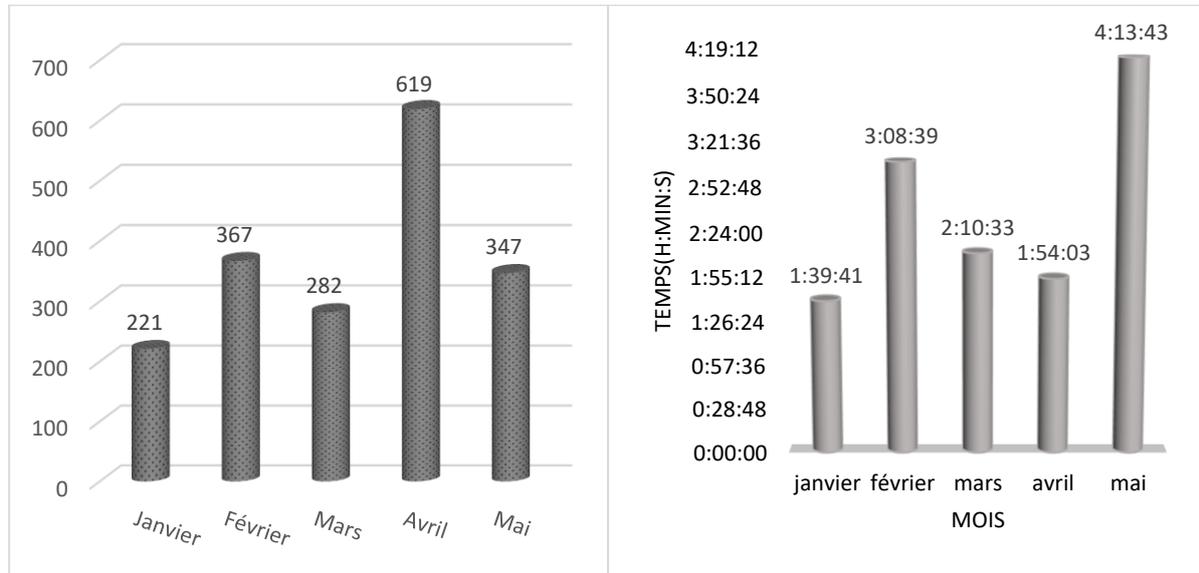


Figure IV. 4 : Occurrence et MTTR des pannes internes aux sites

Le nombre de pannes internes d'un système peut être décomposé en plusieurs catégories spécifiques, notamment les problèmes d'accès, les problèmes de climatisation, les problèmes d'énergie AC ou DC, les problèmes de radio et les problèmes de transmission. Nous remarquons que le nombre élevé de pannes enregistré au mois d'avril (619) est dû en partie au fait que certaines de ces pannes étaient déjà présentes lors des mois précédents. Cela peut être le résultat d'incidents récurrents ou de problèmes sous-jacents qui n'ont pas été complètement résolus, on peut expliquer ça avec :

- **Accumulation de pannes non résolues :** Il est possible que certaines pannes se soient accumulées au fil du temps et n'aient été résolues qu'au mois d'avril. Cela peut être dû à des contraintes de ressources, des retards dans les travaux de maintenance ou des difficultés techniques spécifiques aux problèmes rencontrés.
- **Problèmes de priorisation :** Il se peut que certaines pannes aient été considérées comme moins prioritaires par rapport à d'autres problèmes plus critiques. Par conséquent, elles ont été traitées plus tard, ce qui explique pourquoi elles ont été réparées après les pannes des mois précédents.

- **Complexité des pannes** : Les pannes du mois d'avril peuvent avoir été plus complexes à résoudre que celles des mois précédents. Elles peuvent nécessiter plus de temps, de ressources ou d'expertise pour être réparées, ce qui explique le délai plus long.
- **Facteurs externes** : Des facteurs externes tels que des conditions météorologiques défavorables, des problèmes d'approvisionnement en pièces de rechange ou des problèmes d'accès aux sites peuvent avoir retardé la résolution des pannes du mois d'avril, même si elles étaient connues depuis les mois précédents.

IV.3.3.2 Fréquence des pannes internes aux sites

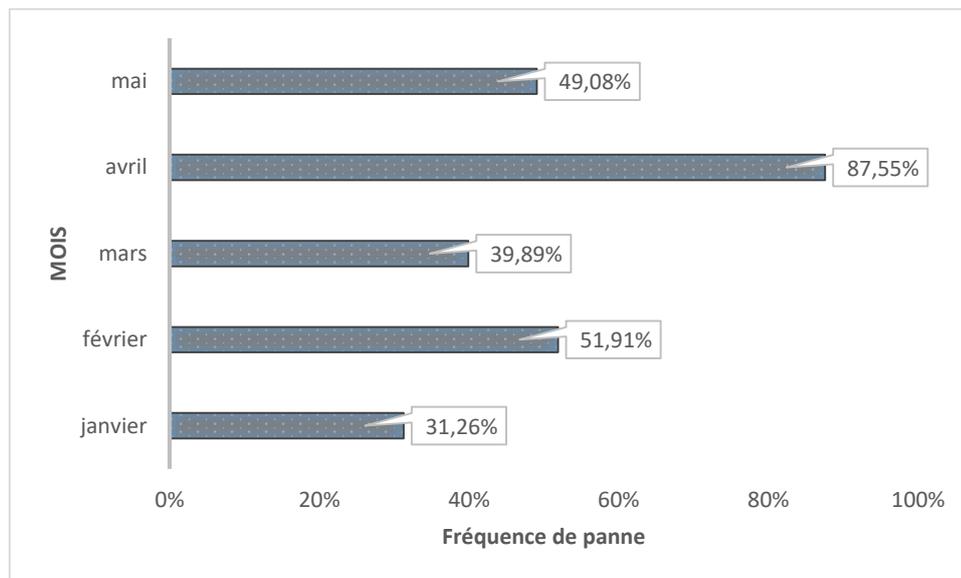


Figure IV. 5 : Fréquence des pannes (Interne)

La priorité de réparation aux sites à fréquence élevée est une stratégie de maintenance préventive importante pour assurer la continuité des opérations et minimiser les pannes. En identifiant les sites qui ont une fréquence élevée de pannes ou d'incidents, ils peuvent être ciblés pour des interventions de maintenance préventive régulières.

IV.3.3.3 Types de panne internes aux sites

Les types d'alarmes, qu'elles soient internes ou externes, sont des dispositifs utilisés pour signaler des situations anormales, des dysfonctionnements ou des incidents. La différence entre les alarmes internes et externes réside dans leur portée et leur destination. Une alarme interne est généralement conçue pour alerter et informer les personnes travaillant à l'intérieur d'un système ou d'une organisation. Elle peut être utilisée pour signaler des problèmes techniques, des défaillances, des conditions de sécurité ou toute autre situation nécessitant une attention immédiate à l'intérieur du système. Les alarmes internes peuvent être audibles, visuelles ou les deux, et elles sont destinées à

alerter les opérateurs, le personnel de maintenance ou les responsables de la sécurité au sein de l'organisation.

- **Occurrence des pannes internes en fonction de leur type**

Le tableau ci-dessous présente la variation mensuelle de nombre de pannes internes aux sites en fonction de leurs types (annexe 1):

<i>Problèmes</i> \ <i>Mois</i>	<i>Janvier</i>	<i>Février</i>	<i>Mars</i>	<i>Avril</i>	<i>Mai</i>
<i>Accès</i>	4	8	8	2	9
<i>Climatisation</i>	6	6	21	34	6
<i>Énergie AC/DC</i>	35	30	16	72	52
<i>Transmission</i>	74	153	106	302	178
<i>Radio</i>	3	4	3	6	12
<i>Batteries</i>	0	8	4	7	8
<i>non commenté</i>	50	147	124	122	71
<i>Équipe projet</i>	10	11	0	74	11
<i>Auto rétablie</i>	39	0	0	0	0

Tableau IV.5 : variation de nombre de panne en fonction de leur type

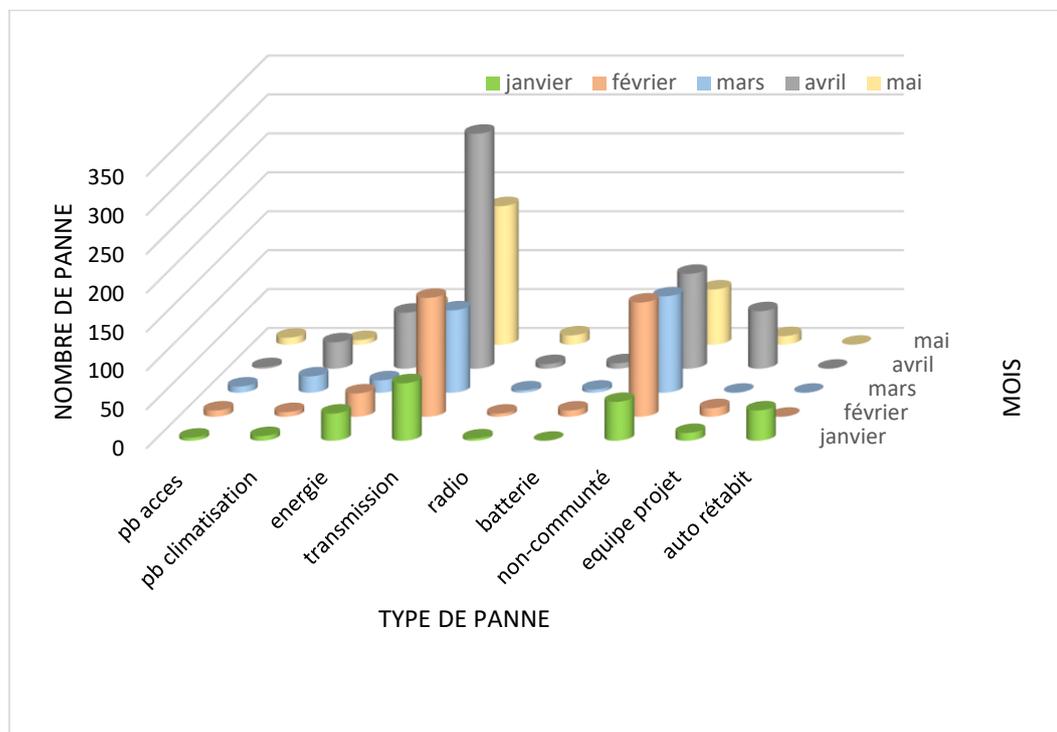


Figure IV. 6 : Représentation de nombre de pannes internes en fonction de leur type

Cette figure met en évidence les variations mensuelles des différents problèmes internes, en fournissant une vue d'ensemble des pannes observées dans chaque catégorie. Ces informations peuvent être utiles pour identifier les tendances, les points forts et les domaines nécessitant une attention particulière en termes de résolution des problèmes et d'amélioration de la performance interne ce qui indique que :

✓ **Rapidité de réaction de l'entreprise**

- L'entreprise démontre une rapidité de réaction remarquable face aux pannes. En observant les chiffres du tableau, on constate que le nombre de pannes diminue considérablement d'un mois à l'autre, ce qui témoigne d'une intervention rapide et efficace de l'entreprise pour résoudre les problèmes.
- Cette rapidité de réaction est essentielle pour minimiser les interruptions de service et limiter les impacts sur les utilisateurs. L'entreprise déploie probablement des ressources techniques et humaines appropriées pour diagnostiquer et réparer les pannes dès qu'elles surviennent.
- Une réaction rapide permet également de réduire le temps d'indisponibilité et d'améliorer la satisfaction des clients. En résolvant rapidement les problèmes, l'entreprise démontre son engagement à maintenir un service fiable et de qualité.

✓ **Maîtrise le fonctionnement du réseau et des équipements**

Cette maîtrise leur permet de diagnostiquer rapidement les pannes, d'identifier les problèmes spécifiques et de mettre en œuvre les solutions appropriées. Ils sont capables de localiser les défaillances dans le réseau, d'analyser les performances des équipements et de résoudre les problèmes de manière efficace.

• **Fréquence des pannes internes en fonction de leur type**

Le tableau ci-dessous présente la variation mensuelle de la fréquence de pannes internes en fonction de leur type (Annexe 2) :

<i>Problèmes</i> \ <i>Mois</i>	<i>Janvier</i>	<i>Février</i>	<i>Mars</i>	<i>Avril</i>	<i>Mai</i>
<i>Accès</i>	0,57%	1,13%	1,13%	0,28%	1,27%
<i>Climatisation</i>	0,85%	0,85%	2,97%	4,81%	0,85%
<i>Énergie</i>	4,95%	4,24%	2,26%	10,18%	7,36%
<i>Transmission</i>	10,47%	21,64%	14,99%	42,72%	25,18%
<i>Radio</i>	0,42%	0,57%	0,42%	0,85%	1,70%
<i>Batteries</i>	0%	1,13%	0,57%	0,99%	1,13%

<i>non commenté</i>	7,07%	20,79%	17,54%	17,26%	10,04%
<i>Équipe projet</i>	1,41%	1,56%	0%	10,47%	1,56%
<i>Auto rétablie</i>	5,52%	0%	0%	0%	0%

Tableau IV.6 : Variation de fréquence de panne en fonction de leur type

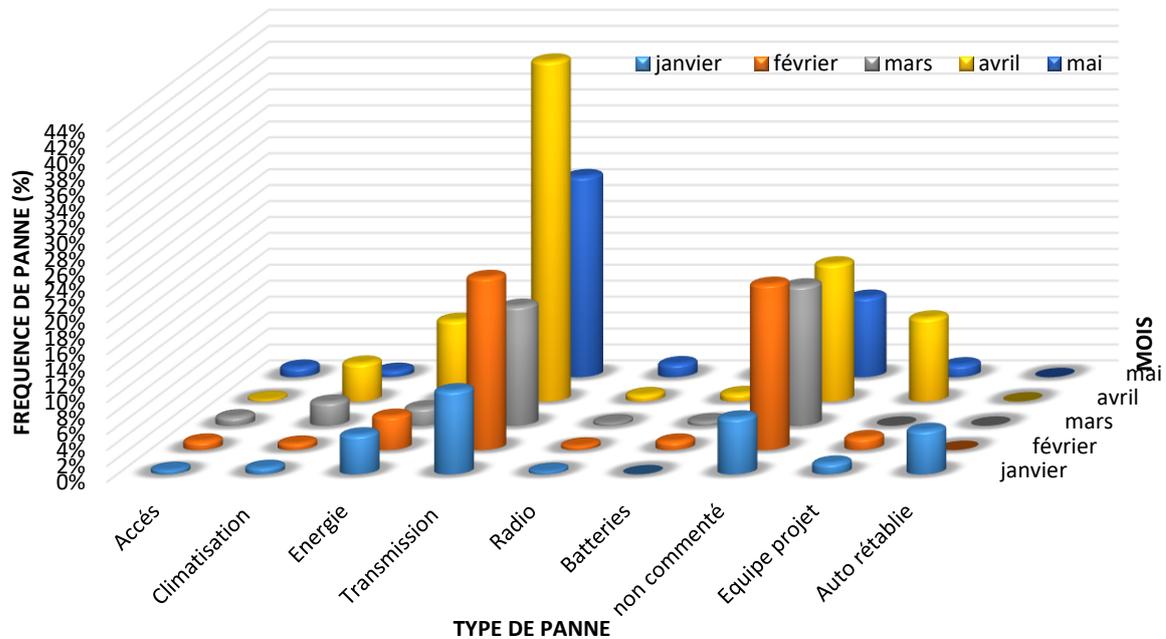


Figure IV. 7 : Représentation de la fréquence des pannes internes en fonction de leur type

Pour caractériser plus précisément les types de pannes internes, nous avons analysé les données par technologie (2G/GSM ; 3G/UMTS ; 4G/LTE) de réseau installés sur les divers sites ATM. Cette analyse, donnée en annexe, est intéressante pour le département d'exploitation et de maintenance de l'opérateur pour affiner ses projections de maintenance préventives.

En effet, la priorisation des sites à fréquence élevée pour la maintenance préventive est une stratégie importante dans la gestion des pannes et de la disponibilité du réseau. Cette approche consiste à identifier les sites qui connaissent une fréquence plus élevée de pannes ou d'incidents et à leur accorder une attention particulière en termes de maintenance préventive.

En identifiant ces sites à fréquence élevée, l'entreprise peut prendre des mesures proactives pour éviter les pannes potentielles et minimiser les interruptions de service. Cela peut inclure des inspections régulières, des tests de performance, le remplacement préventif de composants défectueux ou le renforcement des infrastructures critiques.

En donnant la priorité à ces sites, l'entreprise vise à améliorer la fiabilité et la stabilité du réseau dans les zones les plus impactées. Cela permet de réduire les temps d'arrêt, d'améliorer la satisfaction des clients et de maintenir une performance optimale du réseau.

- **Traffic_Site 06756 (3G) (Annexe B)**

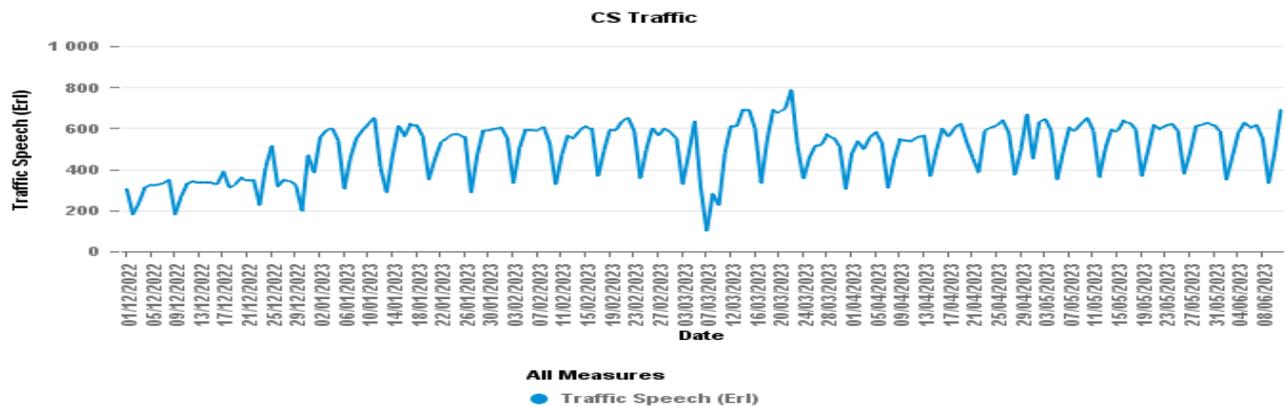


Figure IV.8 : Traffic_Site 06756 (3G)

Sur cette figure, nous avons extrait une valeur moyenne du trafic de données en 3G pour le Traffic_Site 06756(3G). Cette valeur moyenne s'élève à 500 Erlang. De plus, nous avons relevé un temps d'arrêt total de 9378 h:46 min , ce qui équivaut à 390,78 jours sur une période de cinq mois.

En examinant les données pour le mois d'avril, nous avons constaté que le type de panne le plus fréquent était lié à la transmission, avec un total de 53 pannes. Cela représente une fréquence de panne de 24,77% par rapport au nombre de sites 3G, qui est de 214 sites. À l'échelle de la région dans son ensemble, comprenant un total de 707 sites, cela correspond à 7,50% du nombre total de sites.

En ce qui concerne le débit, nous pouvons distinguer la valeur moyenne pour les deux flux, à savoir le flux montant (HSUPA) et le flux descendant (HSDPA) Dans les Figures IV.13/14. Nous obtenons donc une valeur de 26,5 giga-octets (Gbyte), avec 3,5 Gbyte pour le flux montant et 23 Gbyte pour le flux descendant.

En ce qui concerne le prix par gigaoctet, prenons l'exemple des offres de l'opérateur Mobilis sur les passes internet. Pour 500 DA, nous avons une allocation de 4 giga-octets (4Gbyte) valables pendant 7 jours. Par conséquent, le prix d'un seul gigaoctet par jour est de 71 DA, et cela équivaut à 0,57 gigaoctet (0,57Gbyte) pour une période de 7 jours.

Ces données nous permettent d'évaluer le trafic, les pannes et les coûts associés à la connectivité 3G. Ces informations sont essentielles pour les opérateurs de réseau afin d'optimiser les performances, améliorer la qualité de service et répondre aux besoins des utilisateurs.

Les pertes économiques = $500 * 390,78 * 26,5 * 71 = 367626285$ Erlang.jr.Gbyte

Quelque sites à panne répétitive :

2G	Les sites à panne répétitive (transmission)
Février	06767/06727/06734/06537/06768
Avril	06537/06768/06727/06222/06734/06728/06674/06748

3G	Les sites à panne répétitive (transmission)
Avril	06206/06738/06205/06222/06768/06728
Mai	06202/06101/06205/06738/06738/06637/06621/06206/06204

4G	Les sites à panne répétitive (transmission)
Janvier	06303/06255/06761/06742/06303/06725/06761
Mai	06813/06740/06315/06603/06692/06677/06703/06622

IV.4 TEMPS D'ARRET DES SITES (DOWN TIME)

Une panne identifiée et traitée avant qu'elle ne provoque des conséquences majeures, fait référence à une approche proactive de la maintenance. Cela signifie que des mesures de réparation ou de remplacement ont été prises pour corriger un problème ou une défaillance potentielle avant même que la panne réelle ne se produise.

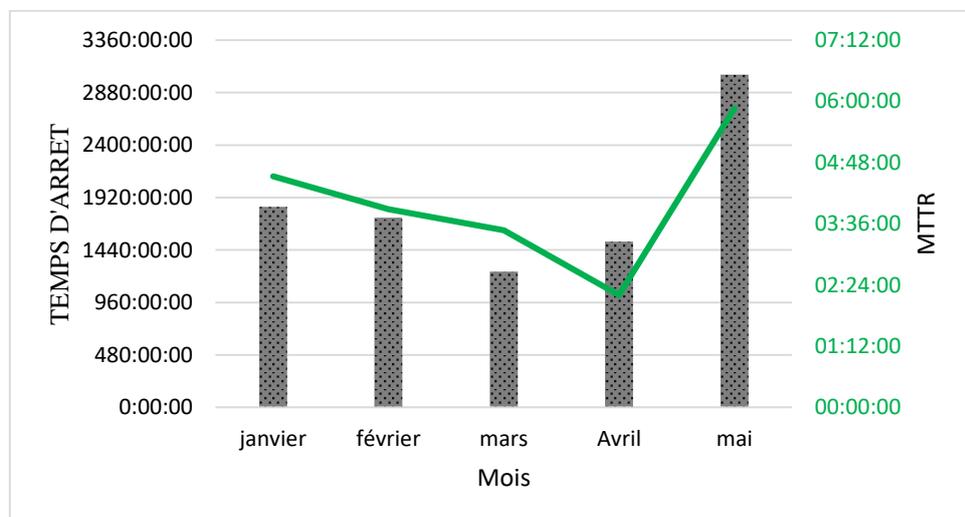


Figure IV.9: Représentation du temps d'arrêts des sites et du MTTR

L'idée derrière cette approche est d'identifier les signes précurseurs d'une panne imminente ou les éléments susceptibles de causer des problèmes à l'avenir. En intervenant en amont, avant que la panne ne survienne effectivement, on évite les interruptions de service ou les dysfonctionnements qui pourraient avoir un impact négatif sur les utilisateurs ou les opérations.

La maintenance préventive est donc une pratique proactive visant à anticiper et à prévenir les pannes avant qu'elles ne se produisent. Cela peut inclure des inspections régulières, des vérifications des

performances, des remplacements préventifs de composants usés ou défectueux, des mises à jour logicielles, etc.

En adoptant cette approche, les entreprises cherchent à minimiser les temps d'arrêt, à améliorer la disponibilité du système et à optimiser la performance de leurs équipements. Cela contribue également à réduire les coûts liés aux réparations d'urgence et aux perturbations opérationnelles.

IV.4.1 Mesure de disponibilité du réseau

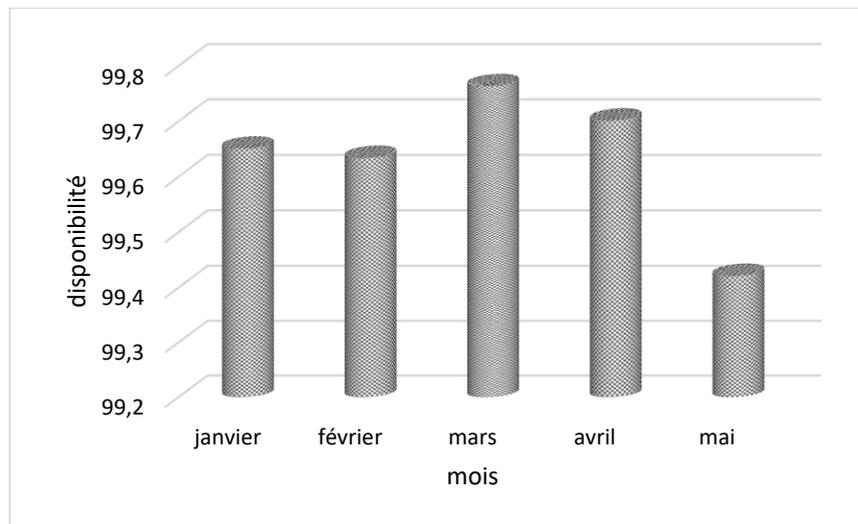


Figure IV.10: Mesure de disponibilité du réseau

Ces chiffres indiquent le pourcentage de temps pendant lequel le réseau était opérationnel et disponible pour les utilisateurs. Une disponibilité élevée, proche de 100%, est généralement considérée comme souhaitable car elle garantit une meilleure accessibilité aux services réseau. Les variations légères observées d'un mois à l'autre peuvent être dues à des facteurs tels que la maintenance planifiée, les mises à jour du réseau ou des incidents ponctuels.

Il est important de noter que malgré des niveaux élevés de disponibilité, il peut toujours y avoir des périodes de temps d'indisponibilité pour diverses raisons. Ces données fournissent une indication de la fiabilité globale du réseau, mais il est nécessaire d'examiner plus en détail les causes spécifiques des temps d'indisponibilité pour améliorer encore la performance du réseau.

IV.4.2 Les pertes économiques

En effet, lorsque les ingénieurs ne traitent pas rapidement une panne pour la résoudre, cela peut entraîner des pertes économiques. Les pannes prolongées ou récurrentes peuvent avoir plusieurs conséquences négatives sur une entreprise, telles que :

Perturbations de l'activité : Une panne prolongée peut entraîner l'interruption des opérations commerciales, ce qui peut causer des retards dans la production, des pertes de ventes et des problèmes

de satisfaction client. Cela peut également affecter la productivité des employés et perturber les processus internes de l'entreprise.

Perte de revenus : Une panne du réseau peut empêcher les clients d'accéder aux services ou produits de l'entreprise, ce qui peut entraîner des pertes financières directes. Les entreprises en ligne, par exemple, dépendent fortement de la disponibilité de leur site web pour générer des ventes et des revenus. Une panne prolongée peut donc entraîner une baisse significative des revenus.

Coûts supplémentaires : Les pannes prolongées peuvent entraîner des coûts supplémentaires pour l'entreprise, tels que les réparations d'urgence, l'embauche de personnel supplémentaire pour résoudre le problème, la perte de contrats ou de clients, etc. Ces coûts peuvent avoir un impact significatif sur les résultats financiers de l'entreprise.

IV.4.2.1 l'intensité de trafic téléphonique par jour

L'intensité de trafic téléphonique par jour est une mesure qui indique le volume d'appels effectués sur un réseau téléphonique pendant une journée donnée. Elle est généralement exprimée en Erlang, qui représentent une unité de mesure du trafic téléphonique, elle varie considérablement en fonction de divers facteurs tels que la population desservie, la popularité des services de télécommunication, les heures de pointe, les jours de la semaine, les événements spéciaux. Pour calculer l'intensité de trafic téléphonique par jour, on peut utiliser des données telles que le nombre total d'appels effectués pendant une journée et la durée moyenne de chaque appel. Ces données sont ensuite converties en Erlang en utilisant des formules spécifiques, telles que le modèle d'Erlang B ou d'autres modèles de trafic appropriés.

IV.4.2.2 KPI Data

Les KPI (Key Performance Indicator) pour les données font référence aux mesures utilisées pour évaluer et surveiller la performance des réseaux de données. Ils permettent de mesurer différents aspects tels que la disponibilité du réseau, la vitesse de transmission des données, la qualité de service, le débit, la latence, etc. Les KPI DATA peuvent inclure des indicateurs tels que le taux de transfert des données, le taux de perte de paquets, le temps de réponse, la capacité du réseau, la fiabilité des connexions, etc. Ces KPI sont utilisés pour évaluer la performance du réseau de données, identifier les problèmes potentiels, prendre des décisions d'optimisation et assurer une expérience utilisateur satisfaisante.

IV.4.2.3 KPI trafic (Erlang)

Les KPI (Key Performance Indicator) pour le trafic téléphonique, exprimés en Erlang, sont des mesures utilisées pour évaluer la charge et l'intensité du trafic sur un réseau de

télécommunication. L'Erlang est une unité de mesure du trafic téléphonique qui prend en compte à la fois la durée moyenne des appels et le nombre moyen d'appels simultanés. Les KPI trafic (Erlang) permettent de surveiller la capacité du réseau à gérer la demande de trafic, à prévoir les besoins en capacité, à évaluer l'efficacité des ressources allouées et à optimiser les performances du réseau. Ils sont utilisés pour mesurer l'utilisation du réseau, la congestion potentielle, la qualité de service et d'autres aspects liés au trafic téléphonique. Les KPI trafic (Erlang) fournissent des indications précieuses pour la planification, la gestion et l'optimisation des réseaux de télécommunication.

IV.5 CAS REELS D'OPTIMISATION

Grâce à la collaboration entre les diverses équipes d'optimisation de l'opérateur Mobilis, nous avons pu obtenir des exemples concrets de cas où les KPI ont connu une dégradation. Dans la suite, nous présenterons ces cas afin d'illustrer les situations réelles rencontrées et les mesures prises pour remédier à ces problèmes :

IV.5.1 RRC CS Setup Failure

Le taux d'échec d'établissement de la connexion RRC CS (Radio Resource Control Circuit-Switched Setup) est un indicateur utilisé pour mesurer la performance du réseau dans la mise en place des connexions vocales circuit-switched. Il indique le pourcentage d'échecs lors de l'établissement de ces connexions, ce qui peut entraîner des problèmes de qualité de service pour les appels vocaux. La dégradation de ce taux peut indiquer des problèmes dans la signalisation ou la configuration du réseau, des interférences radio, une congestion du réseau ou d'autres problèmes techniques qui empêchent l'établissement réussi des appels vocaux. En surveillant et en analysant ce taux, les opérateurs de réseau peuvent prendre des mesures correctives pour améliorer la performance et la fiabilité des connexions vocales.

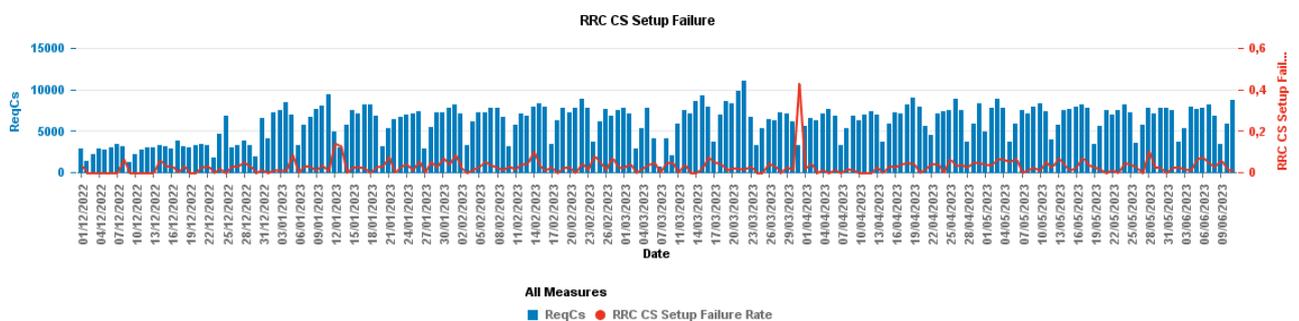


Figure IV.11 : RRC CS Setup Failure

IV.5.2 IRAT CS Success Rate

Le taux de réussite IRAT CS (Inter-Radio Access Technology Circuit-Switched) est un indicateur clé de performance utilisé pour mesurer la réussite des transferts de connexion entre

différentes technologies d'accès radio, telles que la transition entre les réseaux 2G (GSM) et 3G (UMTS) pour les appels vocaux circuit-switched.

L'IRAT CS Success Rate indique le pourcentage de réussite des transferts de connexion entre les différentes technologies. Un taux élevé indique une bonne performance du système dans la gestion des transferts de connexions entre les réseaux, assurant ainsi une continuité fluide des appels vocaux lorsque les utilisateurs passent d'une technologie à une autre.

Les facteurs qui peuvent influencer le taux de réussite IRAT CS incluent :

- **Qualité du signal :** Des conditions radio défavorables, telles que de faibles niveaux de signal ou des interférences, peuvent entraîner des échecs de transfert de connexion entre les technologies.
- **Capacité du réseau :** Une capacité insuffisante du réseau ou une congestion peuvent affecter la réussite des transferts de connexion.
- **Configuration des paramètres :** Des erreurs de configuration des paramètres du réseau ou des équipements peuvent entraîner des problèmes de transfert de connexion.
- **Problèmes d'interopérabilité :** Des problèmes liés à l'interopérabilité entre les différentes technologies d'accès radio peuvent entraîner des échecs de transfert de connexion.

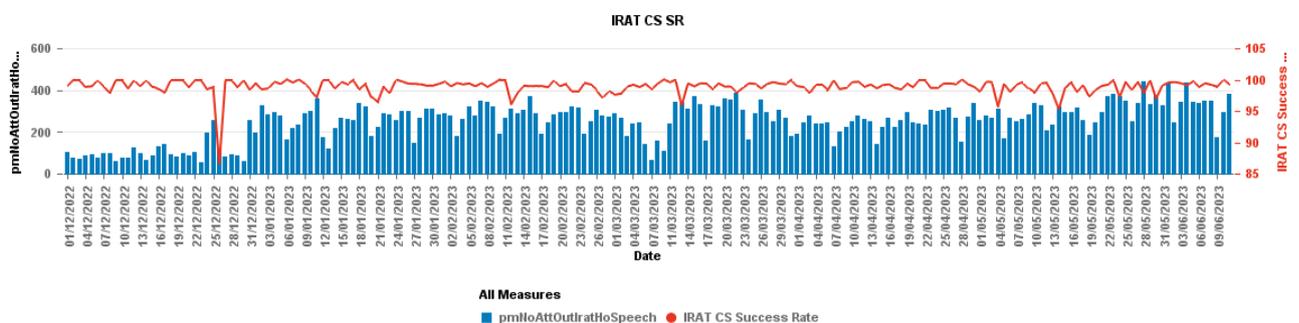


Figure IV.12 : IRAT CS Success Rate

IV.5.3 HSUPA volume (Débit HSUPA en liaison montante)

Le volume HSUPA (High-Speed Up Link Packet Access) est un indicateur clé de performance utilisé pour mesurer la quantité de données téléchargées dans le sens montant (de l'utilisateur vers le réseau) via la technologie HSUPA. Il est exprimé en giga-octets (GB).

HSUPA est une technologie utilisée dans les réseaux mobiles 3G (troisième génération) pour prendre en charge des débits de données élevés dans le sens montant. Elle permet aux utilisateurs d'envoyer des données, telles que des fichiers, des images ou des vidéos, vers le réseau à des vitesses plus rapides.

Le volume HSUPA mesure la quantité totale de données téléchargées par les utilisateurs via la technologie HSUPA sur une période donnée, généralement mesurée en giga-octets. Cet indicateur permet aux opérateurs de réseau de surveiller l'utilisation de la capacité HSUPA et de suivre la croissance du trafic de données dans le sens montant.

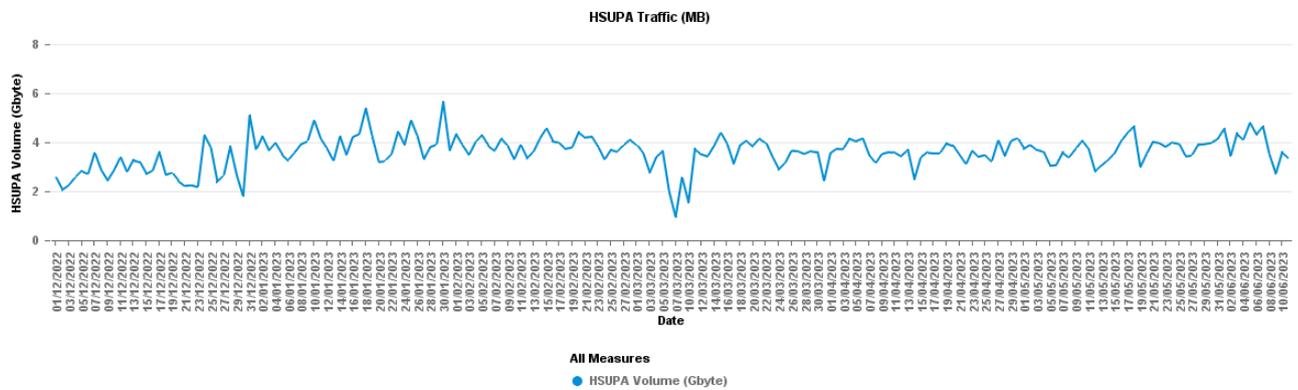


Figure IV.13 : HSUPA volume (Gbyte)

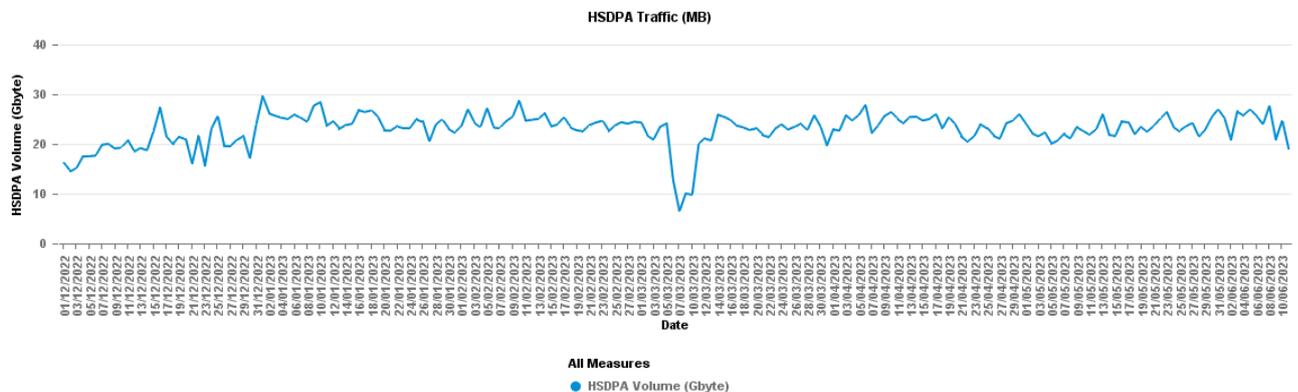


Figure IV.14: HSDPA Volume (Gbyte)

IV.5.4 HSDPA volume (Débit en liaison descendante)

Le HSDPA (High-Speed Down Link Packet Access) est une technologie de communication utilisée dans les réseaux mobiles 3G et 3.5G pour la transmission de données à haut débit dans le sens descendant (du réseau vers l'utilisateur). L'abréviation "HSDPA volume (Gbyte)" fait référence à la quantité de données transférées en Giga-octets (Gbyte) via la technologie HSDPA sur une période donnée. Cet indicateur mesure le volume total de données téléchargées par les utilisateurs à partir du réseau HSDPA.

IV.5.5 HSPDA cell Throughput

Le débit de la cellule HSDPA (High-Speed Down Link Packet Access) fait référence à la quantité de données pouvant être transmises sur le lien descendante (down Link) d'une cellule HSDPA dans un réseau mobile. Il s'agit d'une mesure de la capacité de la cellule à fournir des débits élevés pour les communications de données.

Le débit de la cellule HSDPA dépend de plusieurs facteurs, tels que la bande passante allouée, la qualité du signal radio, la modulation utilisée, les ressources disponibles et la congestion du réseau. Plus le débit de la cellule HSDPA est élevé, plus les utilisateurs peuvent bénéficier d'une vitesse de téléchargement plus rapide et d'une meilleure expérience de navigation sur Internet, de visionnage de vidéos en streaming ou d'utilisation d'applications gourmandes en données.

Le débit de la cellule HSDPA est mesuré en bits par seconde (bps) ou en mégabits par seconde (Mbps) et peut varier en fonction des conditions du réseau et du nombre d'utilisateurs connectés simultanément à la cellule. Les opérateurs de réseau surveillent et optimisent le débit de la cellule HSDPA pour offrir des performances optimales et répondre aux besoins croissants en matière de connectivité haut débit mobile.

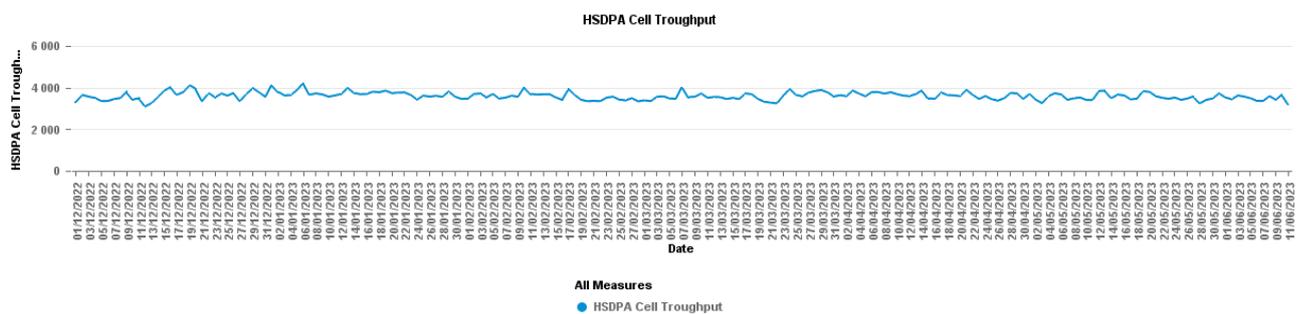


Figure IV.15 : HSPDA Cell Throughput

IV.6 CONCLUSION

Dans ce présent chapitre, nous avons présenté une analyse statistique d'alarmes 4T sur une durée de 5 mois (janvier à Mai 2023) sur l'ensemble des sites de la wilaya de Béjaia. Cela nous a conduit à déterminer les critères de caractérisation des différentes pannes survenues sur les sites. Des projections technico-économiques permettent d'estimer d'un côté leur disponibilité, leur temps d'arrêt et conséquemment les pertes économiques engendrées, et d'un autre côté, de cibler une amélioration de la maintenance préventive de l'opérateur.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

La gestion des alarmes est d'assurer la sécurité et la fiabilité des systèmes et des opérations. Les alarmes sont utilisées pour signaler des situations anormales, des problèmes techniques ou des risques potentiels dans un système donné. Leur gestion vise à minimiser les perturbations, à optimiser la réactivité et à faciliter la résolution des problèmes.

L'objectif principal de notre travail a été d'étudier la gestion des alarmes pour l'optimisation de la disponibilité des sites radio mobiles AT Mobilis. L'exploitation des réseaux mobiles est une tâche complexe et ardue car les techniciens doivent veiller au bon fonctionnement des équipements, au maintien de bonnes performances et à la surveillance des divers incidents pouvant survenir durant le fonctionnement du réseau.

Grâce à notre stage au sein des services de cet opérateur, nous avons pu découvrir l'outil, 4T ou "Technical Trouble Ticket Tool" de suivi et de gestion des alarmes chez AT Mobilis. Cet outil nous a permis de collecter toutes les alarmes survenues sur tous les sites durant près d'un semestre de l'année en cours. L'analyse statistique que nous avons effectuée, permet de mieux appréhender les divers incidents techniques internes ou externes qui induisent des pannes sur les sites et d'identifier les critères statistiques qui permettent d'affiner la politique de maintenance préventive de l'opérateur. Nous avons pu analyser aussi divers paramètres clés de performances des réseaux mobiles.

Cette expérience nous a permises d'approfondir nos connaissances dans le domaine des réseaux mobiles, spécifiquement sur les méthodes d'évaluation de leurs performances, ainsi que sur les différentes procédures d'analyse et de gestion des alarmes.

Nous espérons que notre travail puisse servir de bases pour de futures études sur l'optimisation de la disponibilité des sites mobiles sur la définition des actions de maintenance préventive et corrective des opérateurs radio mobiles.

Annexes

Annexes 1

accès	janvier	février	mars	avril	mai
nombre de panne	4	8	8	2	9
total down time	48:48:00	82:46:00	36:46:00	22:23:00	133:49:00
MTTR	0:07:14	0:11:07	0:06:10	00:01:57	0:15:28
fréquence de panne	0,57%	1,13%	1,13%	0,28%	1,27%

climatisation	janvier	février	mars	avril	mai
nombre de panne	6	6	21	34	6
total down time	29:53:00	47:39:00	101:41:00	93:56:00	07:34:00
MTTR	0:04:26	0:06:24	0:17:03	0:08:10	00:00:52
fréquence de panne	0,85%	0,85%	2,97%	4,81%	0,85%

radio	janvier	février	mars	avril	mai
nombre de panne	3	4	3	6	12
total down time	56:33:00	03:16:00	33:48:00	20:51:00	497:45:00
MTTR	0:08:23	00:00:26	0:05:40	00:01:49	0:57:33
fréquence de panne	0,42%	0,57%	0,42%	0,85%	1,70%

non commuté	janvier	février	mars	avril	mai
nombre de panne	50	147	124	122	71
total down time	90:07:00	371:46:00	192:38:00	169:36:00	175:11:00
MTTR	0:13:21	0:49:54	0:32:17	0:14:45	0:20:15
fréquence de panne	7,07%	20,79%	17,54%	17,26%	10,04%

auto rétablit	janvier	février	mars	avril	mai
nombre de panne	39	0	0	0	0
total down time	56:22:00	0	0	0	0
MTTR	0:08:21	0	0	0	0
fréquence de panne	5,52%	0	0	0	0

energie AC ou DC	janvier	février	mars	avril	mai
nombre de panne	35	30	16	72	52
total down time	97:23:00	106:55:00	137:27:00	201:43:00	327:49:00
MTTR	0:14:26	0:14:21	0:23:02	0:17:32	0:37:54
fréquence de panne	4,95%	4,24%	2,26%	10,18%	7,36%

Transmission	janvier	février	mars	avril	mai
nombre de panne	74	153	106	302	178
total down time	210:22:00	644:55:00	271:33:00	551:15:00	979:41:00
MTTR	0:31:10	1:26:34	0:45:31	0:47:56	1:53:15
fréquence de panne	10,47%	21,64%	14,99%	42,72%	25,18%

batterie	janvier	février	mars	avril	mai
nombre de panne	0	8	4	7	8
total down time	0	85:30:00	05:02:00	35:50:00	15:33:00
MTTR	0	0:11:29	00:00:51	0:03:07	00:01:48
fréquence de panne	0	1,13%	0,57%	0,99%	1,13%

equipe projet	janvier	février	mars	avril	mai
nombre de panne	10	11	0	74	11
total down time	83:23:00	62:42:00	0	215:55:00	57:15:00
MTTR	0:12:21	0:08:25	0	0:18:47	0:06:37
fréquence de panne	1,41%	1,56%	0,00%	10,47%	1,56%

Annexe 2

Pour la 3G :

3G	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Nombre de panne	148	126	119	178	165
Fréquence de panne(214)	69,16%	58,88%	55,61%	83,18%	77,10%
Fréquence de panne (707)	20,93%	17,82%	16,83%	25,18%	23,34%
Total down time	664:36:00	488:47:00	428:06:00	440:05:00	1080:55:00
MTTR(148)	4:29:26	03:52:45	03:23:51	02:28:21	06:33:04
MTTR(405)	01:38:28	01:05:37	01:11:45	00:38:16	02:04:58

Pour la 2G :

2G	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Nombre de panne	183	288	183	439	287
Fréquence de panne(707)	25,88%	40,74%	25,88%	62,09%	40,59%
Fréquence de panne (330)	55,45%	87,27%	55,45%	133,03%	86,97%
Total down time	963:45:00	1048:43:00	605:40:00	802:50:00	1333:05:00
MTTR(405)	02:22:47	02:20:45	01:41:31	01:09:49	02:34:07
MTTR(183)	05:15:59	03:38:27	03:18:35	01:49:44	04:38:42

Pour la 4G :

4G	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Nombre de panne	74	33	56	73	67
Fréquence de panne(707)	10,47%	4,67%	7,92%	10,33%	9,48%
Fréquence de panne (163)	45,40%	20,25%	34,36%	44,79%	41,10%
Total down time	207:15:00	200:10:00	209:42:00	275:42:00	629:34:00
MTTR(405)	00:30:42	00:26:52	00:35:09	00:23:58	01:12:47
MTTR(74)	02:48:02	06:03:56	03:44:41	03:46:36	09:23:47

Annexe A

La 2G :

Acces (2G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	2	5	4	0	3
Frequence de panne (330)	0,61%	1,52%	1,21%	0	0,91%
Frequence de panne (707)	0,28%	0,71%	0,57%	0	0,42%

auto retabli (2G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	5	0	0	0	0
Frequence de panne (330)	1,52%	0	0	0	0
Frequence de panne (707)	0,71%	0	0	0	0

climatisation (2G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	5	5	12	13	1
Frequence de panne (330)	1,52%	1,52%	3,64%	3,94%	0,30%
Frequence de panne (707)	0,71%	0,71%	1,70%	1,84%	0,14%

energie (2G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	25	18	14	35	31
Frequence de panne (330)	7,58%	5,45%	4,24%	10,61%	9,39%
Frequence de panne (707)	3,54%	2,55%	1,98%	4,95%	4,38%

equipe projet (2G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	7	8	0	60	7
Frequence de panne (330)	2,12%	2,42%	0	18,18%	2,12%
Frequence de panne (707)	0,99%	1,13%	0	8,49%	0,99%

sans commentaire (2G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	23	65	40	56	35
Frequence de panne (330)	6,97%	19,70%	12,12%	16,97%	10,61%
Frequence de panne (707)	3,25%	9,19%	5,66%	7,92%	4,95%

transmission (2G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	23	116	73	229	103
Frequence de panne (330)	7,59%	35,15%	22,12%	69,39%	31,21%
Frequence de panne (707)	3,25%	16,41%	10,33%	32,39%	14,57%

Batterie (2G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	0	8	2	5	5
Frequence de panne (330)	0	2,42%	0,61%	1,52%	1,52%
Frequence de panne (707)	0	1,13%	0,28%	0,71%	0,71%

Radio (2G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	0	4	0	2	6
Frequence de panne (330)	0	1,21%	0	0,61%	1,82%
Frequence de panne (707)	0	0,57%	0	0,28%	0,85%

D'après les tableaux on à extrait les deux tableaux suivant pour 2G uniquement :

Fréquence de panne par type de panne en 2G :

2G/ FREQUENCE	Janvier (330)/707	Fevrier (330)/707	Mars(330)/707	Avril(330)/707	Mai(330)/707
Acces	0,61% / 0,28%	1,5% / 0,71%	1,21% / 0,57%	0 / 0	0,91% / 0,42%
Climatisation	1,52% / 0,71%	1,51% / 0,71%	3,64% / 1,70%	3,94% / 1,84%	0,30 % / 0,14%
Energie	7,58% / 3,54%	5,45% / 2,55%	4,24% /1,98%	10,61% / 4,95%	9,39% / 4,38%
Transmission	7,59%/3,25%	35,15%/16,41 %	22,12%/10,33 %	69,39%/32,39 %	31,21%/14,57 %
Radio	0/0%	1,21/0,57%	0/0%	0,61/0,28%	1,82/0,85%
Batterie	0/0%	2,42/1,13%	0,61/0,28%	1,52/0,71%	1,52/0,71%
auto retabli	1,52% / 0,71%	0 / 0 %	0 / 0%	0/0%	0/0%
Equipe projet	2,12/0,99%	2,42/1,13%	0/0%	18,18/8,49%	2,12/0,99%
sans commentaire	6,97/3,25%	19,70/9,19%	12,12/5,66%	16,97/7,92%	10,61/4,95%

Nombre de pannes par type de panne en 2G :

2G/ NOMBRE DE PANNE	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai
Acces	2	5	4	0	3
Climatisation	5	5	12	13	1
Energie	25	18	14	35	31
Transmission	23	116	73	229	103
Radio	0	4	0	2	6
Batterie	0	8	2	5	5
auto retabli	5	0	0	0	0

Equipe projet	7	8	0	60	7
sans commentaire	23	65	40	56	35

Annexe B

La 3G :

Acces (3G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	2	3	2	2	5
Frequence de panne (214)	0,93%	1,40%	0,93%	0,93%	2,34%
Frequence de panne (707)	0,28%	0,42%	0,28%	0,28%	0,71%

auto retabli (3G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	21	0	0	0	0
Frequence de panne (214)	9,81%	0	0	0	0
Frequence de panne (707)	2,97%	0	0	0	0

climatisation (3G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	1	1	8	16	4
Frequence de panne (214)	0,47%	0,47%	3,74%	7,48%	1,87%
Frequence de panne (707)	0,14%	0,14%	1,13%	2,26%	0,57%

energie (3G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	8	10	2	21	17
Frequence de panne (214)	3,74%	4,67%	0,93%	9,81%	7,94%
Frequence de panne (707)	1,13%	1,41%	0,28%	2,97%	2,40%

radio (3G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	3	0	2	4	5
Frequence de panne (214)	1,40%	0	0,93%	1,87%	2,34%
Frequence de panne (707)	0,42%	0	0,28%	0,57%	0,71%

sans commentaire(3G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	15	71	55	50	32
Frequence de panne (214)	7,01%	33,18%	25,70%	23,36%	14,95%
Frequence de panne (707)	2,12%	10,04%	7,78%	7,07%	4,53%

transmission(3G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	27	20	21	53	44
Frequence de panne (214)	12,62%	9,35%	9,81%	24,77%	20,56%

Frequence de panne (707)	3,82%	2,83%	2,97%	7,50%	6,22%
--------------------------	-------	-------	-------	-------	-------

batterie(3G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	0	0	2	2	2
Frequence de panne (214)	0,00%	0,00%	0,93%	0,93%	0,93%
Frequence de panne (707)	0,00%	0,00%	0,28%	0,28%	0,28%

equipe projet (3G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	2	3	0	7	3
Frequence de panne (214)	0,93%	1,40%	0	3,27%	1,40%
Frequence de panne (707)	0,28%	0,42%	0	0,99%	0,42%

D'apres les tableaux on à extrait les deux tableau suivant pour 3G uniquement :

Nombre de pannes par type de panne en 3G :

3G/PANNE	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai
Acces	2	3	2	2	5
Climatisation	1	1	8	16	4
Energie	8	10	2	21	17
Transmission	27	20	21	53	44
Radio	3	0	2	4	5
Batterie	0	0	2	2	2
auto retabli	21	0	0	0	0
Equipe projet	2	3	0	7	3
sans commentaire	15	71	55	50	32

Fréquence de panne par type de panne en 3G :

3G/FREQUENCE	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai
Acces	0,93/0,28%	1,40/0,42%	0,93/0,28%	0,93/0,28%	2,34/0,71%
Climatisation	0,47/0,14%	0,47/0,14%	3,74/1,13%	7,48/2,26%	1,87/0,57%
Energie	3,74/1,13%	4,67/1,41%	0,93/0,28%	9,81/2,97	7,94/2,40
Transmission	12,62/3,82%	9,35/2,83%	9,81/2,97%	4,77/7,50%	20,56/6,22%
Radio	1,40/0,42%	0/0%	0,93/0,28%	1,87/0,57%	2,34/0,71%
Batterie	0/0%	0/0%	0,93/0,28%	0,93/0,28%	0,93/0,28%
auto retabli	9,81/2,97%	0/0%	0/0%	0/0%	0/0%
Equipe projet	0,93/0,28%	1,40/0,42%	0/0%	3,27/0,99%	1,40/0,42%
sans commentaire	7,01/2,12%	33,18/10,04%	25,70/7,78%	23,36/7,07%	14,95/4,53%

Annexe C :**La 4G :**

Acces (4G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	0	0	2	0	1
Frequence de panne (163)	0,00%	0	1,23%	0	0,61%
Frequence de panne (707)	0,00%	0	0,28%	0	0,14%

auto retabli (4G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	13	0	0	0	0
Frequence de panne (163)	7,98%	0	0	0	0
Frequence de panne (707)	1,84%	0	0	0	0

energie (4G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	2	2	0	16	4
Frequence de panne (163)	1,23%	1,23%	0	9,82%	2,45%
Frequence de panne (707)	0,28%	0,28%	0	2,26%	0,57%

equipe projet (4G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	1	0	0	7	1
Frequence de panne (163)	0,61%	0	0	4,29%	0,61%
Frequence de panne (707)	0,14%	0	0	0,99%	0,14%

transmission(4G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	24	17	12	20	31
Frequence de panne (163)	14,72%	10,43%	7,36%	12,27%	19,02%
Frequence de panne (707)	3,39%	2,40%	1,70%	2,83%	4,38%

radio(4G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	0	0	1	0	1
Frequence de panne (163)	0,00%	0	0,61%	0	0,61%
Frequence de panne (707)	0,00%	0	0,14%	0	0,14%

batterie (4G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	0	0	0	0	1
Frequence de panne (163)	0,00%	0	0	0	0,61%
Frequence de panne (707)	0,00%	0	0	0	0,14%

climatisation(4G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	0	0	1	5	1
Frequence de panne (163)	0,00%	0	0,61%	3,07%	0,61%
Frequence de panne (707)	0,00%	0	0,14%	0,71%	0,14%

sans commentaire (4G)	Janvier	fevrier	mars	avril	mai
Nombre de panne	12	11	29	16	4
Frequence de panne (163)	7,36%	6,75%	17,79%	9,82%	2,45%
Frequence de panne (707)	1,70%	1,56%	4,10%	2,26%	0,57%

D'apres les tableaux on à extrait les deux tableaux suivant pour 4G uniquement :

Nombre de pannes par type de panne en 4G :

4G/PANNE	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai
Acces	0	0	2	0	1
Climatisation	0	0	1	5	1
Energie	2	2	0	16	4
Transmission	24	17	12	20	31
Radio	0	0	1	0	1
Batterie	0	0	0	0	1
auto retabli	13	0	0	0	0
Equipe projet	1	0	0	7	1
sans commentaire	12	11	29	16	4

4G/FREQUENCE	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai
Acces	0,00%	0,00%	1,23/0,28%	0,00%	0,61/0,14%
Climatisation	0,00%	0,00%	0,61/0,14%	3,07/0,71%	0,61/0,14%
Energie	1,23/0,28%	1,23/0,28%	0,00%	0,82/2,26%	2,45/0,57%
Transmission	14,72/3,39%	10,43/2,40%	7,36/1,70%	12,27/2,83%	19,02/4,38%
Radio	0,00%	0,00%	0,61/0,14%	0,00%	0,61/0,14%
Batterie	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,61/0,14%
auto retabli	7,98/1,84%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Equipe projet	0,61/0,14%	0,00%	0,00%	4,29/0,99%	0,61/0,14%
sans commentaire	7,36/1,70%	6,75/1,56%	17,79/4,10%	9,32/2,26%	2,45/0,57%

Références Bibliographiques

- [1] https://www.astel.be/info/Le-concept-de-reseau-cellulaire_524
- [2] <http://www.telecom.ulg.ac.be/publi/publications/mvd/Demoulin2004Principes/index.html>
- [3] <https://iotindustriel.com/autres/guides-de-choix-et-definitions/tdd-vs-fdd-quelle-technologie-choisir/>
- [4] <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/internet-tdd-3925/>
- [5] <https://perso-etis.ensea.fr/andriyanova/documents/cours/cours6-7-ComNum2.pdf>
- [6] Efort-Evolution des réseaux mobiles vers la 4G.
- [7] https://www.tafats.fr/Techniques/Telephonie_mobile/Telephonie_mobile_text.html
- [8] Leon BEYA KALAMBA, «Interconnexion entre deux réseaux cellulaires des normes GSM par faisceau hertziens cas de CCT et Vodacom », Radio Transmission 2010.
- [9] https://www.technologuepro.com/gsm/chapitre_2_GSM.htm
- [10] Eric MEURISSE, L'UMTS et le haut-débit mobile, Février 2007
- [11] https://www.tafats.fr/Techniques/Telephonie_mobile/Telephonie_mobile_text.html
- [12] Xavier Lagrange ; Principe et évolutions de l'UMTS ; Hermes Science, 2005.
- [13] <https://developper.orange.com/wp-content/uploads/Generalites-etarchitecture-de-la-4G.pdf>
- [14] Yannick Bouguen & al ; Lte et les réseaux 4G; Chapitre III: L'interface Radio LTE.
- [15] TCHEUMTCHUA KAMDE, Développement d'une plateforme de reporting automatique des mesures radio et des états GOS (GSM/GPRS), de prédiction de couverture et de c/i, Mémoire d'ingénieur en télécommunication 2009
- [16] <https://www.lias-lab.fr/perso/fredericlaunay/Cours/TR3/gsm.ppt>
- [17] <https://www.researchgate.net/profile/Sakuntala-PillaiCode-tree-for-generation-of-OVSF-code.png>
- [18] https://www.researchgate.net/figure/Code-tree-for-generation-of-OVSF-code_fig2_226421962
- [19] Hiba_Mouachi, « Etude et simulation de la norme LTE par 3GPP », Projet de semestre, ENSA Marrakech, Université Cady Ayyad, 19/06/2012.
- [20] Cheikh Tidian Diabang et al. ; Canaux logiques et codages dans le GSM.
- [21] https://www.academia.edu/22353108/Notion_de_Drive_Test
- [22] https://www.memoireonline.com/12/13/8188/m_Etude-de-la-qualite-deservice-dans-les-reseaux-mobiles-GSM28.html
- [23] Ericsson Confidential; GSM Network KPI Root Cause analysis.
- [24] Ericsson; WCDMA W14 Radio Network functionality.
- [25] Ericsson; LTE KPIs Description.

-
- [26] Y.Ouazziz et H.Messaoudi, Elements de supervision & d'optimisation de réseaux radio mobiles, thème de projet fin d'étude en réseaux et télécommunication, Bejaia : Université A.MIRA-BEJAIA, 2019, 58 p.
- [27] Christopher L.Delacruz; RF Opimization crash course (knowledge sharing); novembre 2006.
- [28] Optimization guidelines: availability in Ericsson.
- [29] Optimization guidelines: accessibility in Ericsson.
- [30] Optimization guidelines: system utilization in Ericsson.
- [31] EGI-Network engineering-LRAN

