



**UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA**  
**INSTITUT D'AERONAUTIQUE ET DES ETUDES**  
**SPATIALES**  
**DEPARTEMENT DES ETUDES SPATIALES**



**MEMOIRE DE MASTER**

**Filière** : Sciences et Technologies

Aéronautique

**Option** : Télécommunication Spatiale

**Optimisation des paramètres d'accessibilité**  
**D'un réseau LTE**

**Présenté par :**

- HEMICI Djamel

**Mémoire soutenu publiquement le 20/09/2022.devant le jury composé de:**

Mr. Ben Aissa	MAA	UNIV-BLIDA 1	Président
Mme. AZINE Houria	MCB	UNIV-BLIDA 1	Examinatrice
Mr. KRIM Mohamed	MCB	UNIV-BLIDA 1	Co-Encadreur
Mr. OUADI Mohamed Amar	ING	ERICSSON	Encadreur

**IAES 2021-2022**

## **REMERCIEMENTS**

Qu'il me soit permis de présenter ici mes remerciements à tout un petit monde de personnes qui ont rendu possible la présente étude et qui ont contribué à son élaboration sous quelque forme que ce soit.

Je tiens tout d'abord à dire ma reconnaissance envers MOHAMED AMAR OUADI qui, malgré les prérogatives qui sont siennes, a accepté sans réserve, de diriger cette thèse. Il s'y est grandement impliqué par ses directives, ses remarques et suggestions, mais aussi par ses encouragements dans les moments clés de son élaboration.

Je remercie aussi Monsieur KRIM MOHAMED notre deuxième encadreur, qui a su prendre les bonnes décisions au moment voulu, pour son aide si précieuse, son professionnalisme et sa serviabilité.

**Merci à toute l'équipe technique d'ERICSSON**

**(Le CPM d'Ericsson Rafik, KAMEL).**

## DEDICACES

A cœur vaillant rien d'impossible A conscience tranquille tout est accessible  
Quand il y a la soif d'apprendre Tout vient à point à qui sait attendre Quand  
il y a le souci de réaliser un dessein Tout devient facile pour arriver à nos  
fins Malgré les obstacles qui s'opposent En dépit des difficultés qui  
s'interposent Les études sont avant tout Notre unique et seul atout Ils  
représentent la lumière de notre existence L'étoile brillante de notre  
réjouissance Comme un vol de gerfauts hors du charnier natal Nous partons  
ivres d'un rêve héroïque et brutal Espérant des lendemains épiques Un  
avenir glorieux et magique Souhaitant que le fruit de nos efforts fournis  
Jour et nuit, nous mènera vers le bonheur fleuri Aujourd'hui, ici rassemblés  
auprès des jurys, Nous prions dieu que cette soutenance Fera signe de  
persévérance Et que nous serions enchantés Par notre travail honoré

## **Je dédie cette thèse**

À Ma très chère mère, affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond Amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur. Sans oublier ma charmante petite famille : Père, sœurs et frère qui m'ont toujours encouragés pour en arriver là où je suis.

## RESUMES

### RESUME

Le Réseau Long Term Evolution « LTE » est l'avant dernier mais reste en dernier moderne version des générations de system sans fil dédiés au publique. Son usage augmente d'une manière remarquable, avec l'introduction de l'application internet dans la vie quotidienne des gens, pour cela l'accessibilité à un réseau LTE est un facteur très important pour les opérateurs de téléphone mobile. C'est le cas de notre projet, dans lequel on vise améliorer le key performance Indicator « KPI » accessibilité d'un réseau Mobile OOREDOO et d'analyser les aspects les moins performants du réseau et d'identifier la cause des problèmes de réductions de performances. Ces problèmes peuvent provenir de plusieurs sources telles qu'une mauvaise configuration des nœuds, équipements obsolètes, interférence entre les fréquence ou incompatibilités entre les nœuds. La solution pour chaque problème et adéquate qui peut nous aider à améliorer la pénétration des abonnés et de s'assurer que les actions entreprises sont les bonnes en vérifiant que la qualité des services a été améliorée. Les résultats de simulation de système de la conception proposé sous logiciel ENIQ évaluer en termes de taux d'accessibilité.

**Mots clés :** réseau LTE, Accessibilité, KPI, Architecture de réseau LTE. Logiciel ENIQ.

### ABSTRACT

The LTE Network is the penultimate but remains the latest version of the generations of wireless systems dedicated to the public. Its use increases in a remarkable way, with the introduction of the internet application in people's daily lives, for this the accessibility to an LTE network is a very important factor for mobile phone operators. This is the case of our project, in which we aim to improve the accessibility KPI of a mobile network (OOREDOO) and analyze the lowest performing aspects of the network and identify the cause of performance reduction problems. These problems can come from several sources such as poor configuration of nodes, obsolete equipment, frequency interference or incompatibilities between nodes ...etc and see for each problem the appropriate solution that can help us to improve the penetration of subscribers and to ensure that the actions undertaken are the right ones by verifying that the quality of services has been improved..

**Keywords:** LTE, accessibility, KPI, LTE Network Architecture.

### المخلص

شبكة LTE فهي ما قيل الأخيرة ولكنها تظل أحدث نسخة من أجيال الأنظمة اللاسلكية المخصصة للجمهور. يزداد استخدامه بطريقة رائعة، مع إدخال تطبيق الإنترنت في حياة الناس اليومية، ولهذا فإن إمكانية الوصول إلى شبكة LTE عامل مهم للغاية لمشغلي الهواتف المحمولة. هذا هو الحال في مشروعنا، حيث نهدف إلى تحسين إمكانية الوصول KPI لشبكة الهاتف المحمول (OOREDOO) وتحليل أدنى جوانب أداء الشبكة وتحديد سبب مشاكل خفض الأداء.

يمكن أن تأتي هذه المشاكل من عدة مصادر مثل سوء تكوين العقد أو المعدات القديمة أو التداخل في الموجات أو عدم التوافق بين العقد وما إلى ذلك ومحاولة إيجاد بالنسبة لكل مشكلة الحل المناسب الذي يمكن أن يساعدنا على تحسين تغلغل المشتركين وضمان أن تكون الإجراءات المتخذة هي الإجراءات الصحيحة من خلال التحقق من تحسين نوعية الخدمات.

**الكلمات المفتاحية:** LTE, إمكانية الوصول, KPI, بنية شبكة LTE.

## **TABLE DES MATIERES**

## TABLE DES MATIERES

Remerciement.....	I
Dédicace.....	II
Résumes.....	IV
Table des matières.....	V
Introduction général .....	1
Chapitre 1 : Généralités sur le réseau LTE .....	3
I.1 Introduction .....	4
I.2 Historique.....	4
I.3 Evolution de la technologie 3G .....	6
I.4 Evolution La technologie LTE .....	7
I.5 Système réseaux LTE (Long Term Evolution) .....	8
I.5.1 Définition.....	8
I.5.2 Architecture du réseau LTE .....	8
I.5.2.1 Domaine de service.....	9
I.5.2.2 Domaine de réseau cœur.....	9
I.5.2.3 HSS (Home Subscriber Service) .....	10
I.5.2.4 MME (Mobility Management Entity).....	10
I.5.2.5 SGW (Serving Gateway) .....	11
I.5.2.6 Packet Data Network Gateway PDN GW .....	12
I.5.2.7 RADIO ACCESS DOMAIN .....	13
I.5.2.8 E-UTRAN Node B .....	14
I.5.2.9 USER EQUIPMENT (UE).....	14
I.6 Les techniques d'accès.....	15
I.6.1 La technologie radio OFDM.....	15
I.6.2 Antennes avancées .....	17
I.6.3 La structure de la trame LTE .....	18
I.7 Model de Protocol général .....	19
I.7.1 Protocoles de plan de contrôle .....	19
I.7.2 Protocoles de plan d'utilisateur .....	20
I.7.3 couche de réseau radio/couche de réseau de transport.....	21
I.8 LES INTERFACE.....	21
I.8.1 Interface X2 .....	21
I.8.2 Interface S1 .....	22
I.9 Les couches de l'interface radio.....	23

I.9.1 La couche physique.....	23
I.9.2 La couche 2.....	24
I.9.2.1 Sous-couche PDCP (Packet Data Compression Protocol).....	24
I.9.2.2 Sous-couche RLC (Radio Link Protocol) .....	25
I.9.2.3 Sous-couche MAC (Medium Access Control) .....	25
I.9.3 La couche RRC .....	25
I.9.4 L'interface radio du LTE.....	26
I.10 Les canaux .....	26
I.10.1 Le concept de canal.....	26
I.10.1.1 Les canaux logiques.....	28
I.10.1.2 Les canaux de transport.....	28
I.10.1.3 Les canaux physiques .....	29
I.11 Les avantages et l'inconvénient de LTE .....	30
I.11.1 les avantages .....	31
I.11.2 les inconvénients .....	32
I.12 Conclusion .....	32
Chapitre II : Les paramètres d'accessibilité d'un réseau LTE.....	33
II.1 INTRODUCTION : .....	34
II.2 LES INDICATEURS DE PERFORMANCE CLES (KPI).....	34
II.2.1 Définitions KPI .....	34
II.2.2 Objectif de KPI.....	34
II.2.3 Unité de KPI .....	35
II.2.4 Les types des KPI.....	35
II.2.5 Les catégories d'KPI.....	35
II.3 KPI d'Accessibilité.....	36
II.4 RANDOM ACCESS .....	36
II.4.1 Système de la transmission PRACH .....	36
II.4.2 La Signature PRACH.....	36
II.4.3 organigramme des procédures RA.....	36
II.4.4 Encodage l'information de PRACH (RACH Préambule) .....	39
II.4.5 Structure temporelle du préambule du PRACH .....	40
II.4.6 Les formats de PRACH .....	41
II.4.7 Structure du signal PRACH .....	42
II.4.7.1 Signal PRACH dans le domaine fréquentiel .....	42
II.4.7.2 Signal PRACH dans le domaine temporel.....	44

II.5 SIB (système information blocs) .....	43
II.5.1 Les terminologies SIB 1, SIB 2 .....	45
II.5.1.1 Le SIB 1.....	45
II.5.1.2 Le SIB 2.....	45
II.6 Les compteurs .....	46
II.6.1 Les types des compteurs.....	46
II.7 Optimisation de réseau LTE .....	46
II.8 Déroulement de l'optimisation .....	47
II.9 Le taux de succès RRC .....	48
II.10 Établissement de connexion de la RRC.....	49
II.10.1 Les Compteurs de l'établissement connexion RRC.....	51
II.11 Taux de réussite initial de l'établissement de l'E-RAB .....	52
II.11.1 Compteurs du taux de réussite initial de l'établissement E-RAB .....	53
II.12 Ajout du taux de réussite de l'établissement de l'E-RAB.....	55
II.12.1 Les compteurs de l'ajout de taux de réussite de l'E-RAB.....	55
II.13 Établissement de connexion de signalisation S1 .....	57
II.13.1 Les compteurs de l'établissement de signalisation S1 .....	58
II.14 Conclusion .....	58
Chapitre III : résultats de la simulation et leur application .....	60
III.1 Introduction .....	61
III.2 Environnement de logiciel .....	61
III.3 Les Procédure de création d'un rapport.....	62
III.4 Les procédures d'accessibilité LTE.....	67
III.4.1 Establishment de connexion RRC .....	67
III.4.2 Etablissement Initial de l' E-RAB ou Ajout de l'E-RAB.....	68
III.5 Gestion des défaillances de l'accès aléatoire (RA).....	69
III.6 Gestion des défaillances de configuration RRC.....	70
III.6.1 Capacité .....	70
III.6.1.1 Connected User License (CUL).....	70
III.6.1.2 Manque de ressources (Lack of Resource (SR)) .....	71
III.6.1.3 Processor Load (MP Load).....	72
III.6.2 Radio .....	74
III.6.2.1 Interférences .....	75
III.6.2.2 Overshooting .....	76
III.6.2.3 Signal faible.....	76

III.6.3 Hardware .....	77
III.6.3.1 Les alarmes de Hardware .....	77
III.6.3.2 Disponibilité des cellules .....	78
III.6.4 Autre cause .....	78
III.6.4.1 MME surcharge .....	78
III.6.4.2 Admission .....	78
III.6.4.3 RRC Storm .....	78
III.7 La gestion des défaillances de signalisation S1 .....	80
III.8 la gestion des défaillances E-RAB .....	80
III.8.1 Capacité .....	81
III.8.1.1 Rejet de licence .....	81
III.8.1.2 GBR surcharge .....	81
III.8.2 Radio .....	81
III.8.3 Hardware .....	82
III.8.4 Autres causes .....	82
III.9 Enquête approfondie sur l'accessibilité .....	82
III.9.1 La trace de (CTR/UETR) .....	82
III.10 Optimisation .....	83
III.11 Conclusion .....	87
III.12 Conclusion général .....	88
III.13 Annexe A .....	89
III.11 Bibliographies .....	92
III.14 Webographies .....	93

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure I.1</b> : Historique.....	3
<b>Figure I.2</b> : Evolution de 3G .....	4
<b>Figure I.3</b> : Mobile System Evolution.....	6
<b>Figure I.4</b> : Architecture plate de LTE et SAE.....	6.
<b>Figure I.5</b> : Architecture EPS.....	11
<b>Figure I.6</b> : La ressource physique LTE en liaison descendante basée sur OFDM.....	14
<b>Figure I.7</b> : Variations de qualité des canaux dans domaine fréquence et de temps.....	15
<b>Figure I.8</b> : canal MIMO.....	16.
<b>Figure I.9</b> : Flexibilité du spectre LTE (bande passante et duplex). Le FDD semi-duplex est vu du point de vue du terminal.....	17
<b>Figure I.10</b> : Modèle de protocole général – Plan de contrôle UE- MME.....	18
<b>Figure I.11</b> : Modèle de protocole général – Plan d’usager UE S-GW.....	18
<b>Figure I.12</b> : General Protocol Model for RAN Interface.....	19
<b>Figure I.13</b> : Piles de protocoles d’interface X2.....	20
<b>Figure I.14</b> : Piles de protocoles d’interface S1.....	21
<b>Figure I.15</b> : Les canaux de l’interface radio LTE et leurs imbrications.....	25
<b>Figure II.1</b> : Organigramme pour la procédure RA.....	36
<b>Figure II.2</b> : PRACH sur analyseur de spectre.....	38
<b>Figure II.3</b> : La structure du préambule PRACH.....	38
<b>Figure II.4</b> : Incertitude temporelle dans le préambule PRACH.....	39
<b>Figure II.5</b> : Signal PRACH dans le domaine de fréquentiel.....	41
<b>Figure II.6</b> : Génération de signal PRACH dans le domaine temporel.....	43
<b>Figure II.7</b> : Analyse des KPI.....	47
<b>Figure II.3</b> : Schéma général du processus de l’optimisation.....	48.
<b>Figure II.7</b> : Établissement RRC avec procédure de configuration RRC.....	46
<b>Figure II.8</b> : Établissement E-RAB avec configuration du contexte initial.....	49
<b>Figure II.9</b> : Établissement E-RAB avec procédure de configuration E-RAB.....	51

<b>Figure II.10</b> : Établissement connexion de signalisation S1 avec procédure de configuration S1.....	53
<b>Figure III.1</b> : manipulation des statistiques au niveau du système ENIQ .....	58
<b>Figure III.2</b> : visualisation de fenêtre application .....	58
<b>Figure III.3</b> : ouverture d'un projet.....	59
<b>Figure III.4</b> : sélection du source des données.....	59
<b>Figure III.5</b> : les univers disponible.....	60
<b>Figure III.6</b> : visualisations de fenêtre Query Panel.....	61
<b>Figure III.7</b> : visualisations de fenêtre Result Objects.....	61
<b>Figure III.8</b> : visualisations de fenêtre Query Filters.....	62
<b>Figure III.9</b> : création les données des compteurs.....	62
<b>Figure III.10</b> : insertion les données des compteurs.....	62
<b>Figure III.11</b> : visualisations d'un nouvelle rapport.....	63
<b>Figure III.12</b> : les procédures d'établissements d'une connexion RRC avec les messages SRB.....	64
<b>Figure III.13</b> : les procédures d'établissements d'une connexion RRC.....	65.
<b>Figure III.14</b> : les procédures d'établissements d'E-RAB.....	65
<b>Figure III.15</b> : les procédures d'établissements de l'ajout d'ERAB.....	66
<b>Figure III.16</b> : représentations la distribution de la charge MP.....	69
<b>Figure III.17</b> : représentation de RSSI UL au niveau de PRB.....	71
<b>Figure III.18</b> : dégradation de RSSI au niveau de PRB après une intermodulation.....	72
<b>Figure III.19</b> : visualisation les valeurs de VSWR.....	74
<b>Figure III. 20</b> : Représentation des performances d'accessibilité de la cellule d'étude.....	75
<b>Figure III.21</b> : probabilité de taux d'essai de l'établissement du RRC.....	76
<b>Figure III .22</b> : Les principaux événements liés à l'accessibilité.....	79
<b>Figure III. 23</b> : Les principaux événements liés à l'accessibilité en détaillées...79	79
<b>Figure III. 24</b> : 24 Représentation de RRC succès après le rajout d'une nouvel fréquence.....	79
<b>Figure III. 25</b> : Représentation de RRC succès après le rajout d'une nouvel fréquence.....	79

<b>Figure III.24</b> Schéma synoptique de collection des données KPI.....	84
<b>Figure III.25</b> Variation le taux de succès RRC connection en fonction des compteurs de RRC connection.....	85
<b>Figure III.26</b> Exemple d'un overshooting des deux cellules adjacentes.....	86
<b>Figure III.27</b> Variation le taux de succès RRC connection en fonction des tentatives d'établissement de connexion RRC.....	87

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1</b> : Bandes de fréquences FDD (gauche) et TDD (droite) définies en 3GPP (juin 2007) .....	17
<b>Tableau I.2</b> : Canaux logiques fournis par la couche MAC.....	26
<b>Tableau I.3</b> : Canaux de transport fournis par la couche physique.....	27
<b>Tableau I.4</b> : Canaux physiques pour la voie montante.....	28
<b>Tableau I.5</b> : Canaux physiques pour la voie descendante.....	28
<b>Tableau II.1</b> : Les formats du préambule PRACH.....	39
<b>Tableau II.2</b> : Description des compteurs des établissements de connexion de la RRC.....	47
<b>Tableau II.3</b> : Description des compteurs du taux de réussite initial de l'établissement E-RAB.....	49
<b>Tableau II.4</b> : Description des compteurs de de taux de réussite de l'effectif de l'E-RAB.....	51
<b>Tableau II.5</b> : Description des compteurs de connexion de signalisation S1....	54
<b>Tableau III.1</b> : description les compteurs utilisateurs connectés.....	66
<b>Tableau III.2</b> : les alarme de hardware avec la cause probable.....	73
<b>Tableau III.3</b> : Les principaux paramètres liés à l'accessibilité.....	81

## LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

3GPP2	3rd Generation Partnership Project 2
ACB	Access Class Baring
ACBT	Access Class Barring Time
AMBR	Aggregate Maximum Bit Rate
AMPS	Advanced Mobile Phone Service
ANR	Automatic neighbor relations
APN	Access Point Name
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses
BCCH	Broadcast Control Channel
BCH	Broadcast channel
Cbra	Contention-based Random access
CCCH	Common Control Channel
CCCH	common Control Channel
CCSA	China Communications Standards Association
CDMA	Code Division Multiple Access
CFRA	Contention-free Random access
CN	Core network
cp	cyclic prefix
CQI	Channel Quality Indicator
CQI	Channel Quality Indicator
C-RNTI	temporary Cell Radio Network Temporary Identifier
CS	circuit switched
CSFB	Circuit Switched FallBack
CUL	Connected User License
Cv	Cyclic Shift Value
DAB	Digital Audio Broadcast
D-AMPS	Dual-mode AMPS
DCCH	Dedicated Control Channel
DCCH	Dedicated Control Channel
DDM	Discrete distributed measurements
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
Diffserv	Differentiated services
DL	Down link
DL-SCH	Downlink shared channel
DTCH	Dedicated Traffic Channel
DVB	Digital video Broadcast
DVB	Digital Video Broadcast
EARFCN	E-UTRA Absolute Radio Frequency Channel
ECM	EPS Connection Management
EDGE	Enhanced Data rates for GSM and TDMA Evolution
eHSPA	evolved High Speed Packet Access
EMM	EPS Mobility Management
eNB	E-UTRAN NodeB
ENIQ	Ericsson Network IQ Statistics
EPC	Evolved Packet Core
EPS	Evolved Packet System (E-UTRAN and EPC)
E-RAB	E-UTRAN Radio Access Bearer
ESM	EPS Session Management

EUL	Enhanced Uplink
EUTRAN	Evolved Universal Terrestrial Access Network
E-UTRAN	Evolved UTRAN
EV-DO	Evolution - Data Optimized
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GBR	Guaranteed Bit Rate
GBR	Guaranteed Bit Rate
GERAN	GSM EDGE Radio Access Network
GP	GuARD prefix
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communications
GT	GuARD time
GTP	GPRS Tunneling Protocol
GTP-U	GPRS Tunneling Protocol-user plane
GUTI	Globally Unique Temporary ID
GW	Gateway
HARQ	Hybrid Automatic Repeat Request
HIPERLAN	high-performance local area network
HOM	Higher Order Modulation
HRPD	High Rate Packet Data
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSPA	High Speed Packet Access
HSS	Home Subscriber Server
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
I/Q	in-phase / quadrature
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMS	IP Multimedia Subsystem
IMSI	Individual Mobile Subscriber Identity
IMT	European Telecommunications Standards Institute
IRAT	Inter Radio Access Technology
IT	Information technologies
ITT	Interval transmission time
ITU	International Telecommunication Union
KPI	Key performance indicator
L2	Layer 2
L3	Layer 2
LKF	License Key File
MAC	Medium Access Control
MBR	Maximum Bit Rate
MBSFN	Multimedia Broadcast Single Frequency Network
ME	Mobile Equipment
MIB	Master information block
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MO	Mobile Originating
MP	Main Processor
MSC	Mobile switching center
MT	Mobile Termination
NAS	Non Access Stratum
NMT	Nordic Mobile Telephony

NW	Network
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
PAPR	Peak to Average Power Ratio
PBCH	Physical broadcast channel
PCCH	Paging Control Channel
PCFICH	Physical control format indicator channel
PCH	Paging Channel
PCRF	Policy Control and Charging Rules Function
PDC	Personal Digital Communications
PDCCH	Physical downlink control Channel
PDCP	Packet Data Compression Protocol
PDN	Packet Data Network
PDN GW	Packet Data Network Gateway
PDSCH	Physical downlink Shared Channel
PDSN	Packet Data Serving Node
PDU	protocol data unit
PHICH	Physical hybrid ARQ indicator channel
PLMN	Public Land Mobile Network
PM	Performance management
PRACH	Physical Random Access Channel
PRB	Physical Resource Block
PS	packet switched
PUCCH	Physical Uplink Control Channel
PUSCH	Physical Uplink Shared Channel
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QCI	QoS Class Identifier
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RA	Random access
RAA	Re-Authorization Answer
RACH	Random access Channel
RAR	Random access response
RA-RNTI	Random Access – Radio Network Temporary Identifier
RAT	Radio Access Technology
RB	Resource Block
RBS	Radio Base Station
RF	Radio frequency
RLC	Radio Link Control
RNC	Radio Network Controller
RRC	Radio Resource Control
RSRP	Reference Signal Transmit Power
RSSI	Received Signal Strength Indicator
RTSP	<b>Real Time Streaming Protocol</b>
S1AP	S1 Application Protocol
SAE	System Architecture Evolution
SC-FDMA	Single Carrier Frequency Domain Multiple Access
SCIP	Secure Communications Interoperability Protocol
SDF	Service Data Flow
SDU	service data unit
SEQ	SÉQUENTIELLE

SFN	Syst frame number
SGSN	Serving GPRS Support Node
SGW	Serving GW
SIB	System Information Block
SINR	Signal to Interference & Noise Ratio
SIR	<b>Signal-to-Interference Ratio</b>
SMS	Short Message Service
SNR	The signal-to-noise ratio
SR	Scheduling request
SRB	Signaling Radio Bearer
SRS	Sounding Reference Signal
S-TMSI	<b>Serving Temporary Mobile Subscriber Identity</b>
T_C-RNTI	Temporary Configured RNTI
TAC-LAC	Location Area Code/Tracking Area Code
TACS	Total Access Communication System
TAU	Tracking Area Update
TD-CDMA	Time Division- Code Division Multiple Access
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TE	Terminal Equipment
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identities
TSG	Technical specification groups
Tslot	two slots
TTA	Telecommunications Technology Association
TTC	Telecommunication Technology Committee
TTI	Transmission Time Interval
UC	Unified communications
UDP	User Datagram Protocol
UE	User equipment
UTER	end-to-end transaction reference
UICC	Universal Integrated Circuit Card
UL	Up link
UL-SCH	Up link shared channel
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
UpPTS	Uplink Pilot Time Slot
UTRA	Universal Terrestrial Radio Access
UTRAN	Universal Terrestrial Access Network
Uu	Unique users
VPLMN	Visited PLMN
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio
WARC	the World Administrative Radio Conference
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
X2 CP	X2 control plane
X2AP	X2 Application Protocol

## **INTRODUCTION GENERALE**



### Introduction General

Nous assistons depuis quelques années à une forte demande sur le service large bande mise en place pour la technologie réseaux LTE (Long Term Evolution), aussi connue sous le nom de 4G, représente une évolution majeure dans le domaine des réseaux mobiles. Le réseau LTE constitue le prolongement du GSM de la deuxième génération (2G) et de l'UMTS/HSPA de la troisième génération ou plus (3G/3G+) avec pour objectifs [1] :

- D'accroître les débits offerts aux utilisateurs ;
- D'augmenter la capacité des réseaux ;
- D'améliorer l'interactivité grâce à une réduction de la latence.

Dans les normes présentes, avec l'évolution rapide des nouvelles techniques multimédias mobiles et la panoplie de services offerts, il est de plus en plus stratégique pour les opérateurs et fournisseurs mobiles de procéder à un design efficace, robuste et complet, pour l'amélioration des services. Dans les réseaux terrestre sans fil, tel que le GSM, l'UMTS ou LTE, la qualité de service est un impact significatif sur le système. Pour cela, après l'implémentation d'un site LTE l'opérateur doit optimiser les paramètres radio. En effet, l'optimisation permet aux services opérationnels d'effectuer des modifications précises de la couverture d'un site L'accessibilité au service voulu et le maintien de la communication pour un abonné en déplacement nous permettent de garantir un meilleur service.

L'objectif de ce mémoire est d'optimiser un site LTE d'OOREDOO , l'optimisation des paramètres radio proposé par le fournisseur d'équipements de télécommunication ERICSSON de la téléphonie mobile qui seront optimiser via un outil professionnel (ENIQ), Le but est d'analyser les aspects les moins performants du réseau LTE et d'identifier la cause des problèmes de réductions de performances, Après Des mécanismes de récupérations de données du serveur ENIQ sont établis et seront utilisés pour vérifier ultérieurement l'amélioration des changements. La collection d'informations se fait chez les clients

Un rapport d'audit (les rapports des KPI) est constitué sur la base des analyses, incluant une liste de recommandations, cette liste vise à améliorer les performances du réseau dans le cadre du service

La finalisation de l'optimisation d'un site est encore une fois liée à l'acceptation des performances radio mutuelle qui est basée sur les exigences des KPI

Ce mémoire est divisé en trois chapitres :

- **Dans le premier chapitre** de ce mémoire sera consacré à l'évolution de la technologie réseaux cellulaires modernes jusqu' LTE qui permet aux utilisateurs d'avoir accès à un internet haut débit avec l'intégration de nouveaux services. Nous présentons son architecture, ses interfaces, ses caractéristiques et ses technologies d'accès.
- **Dans le second chapitre**, est une description en détail sur les paramètres essentiel d'accessibilité d'un réseau mobile LTE, ainsi que la définition de KPI (key performance indicator) et les différentes procédures de signalisation entre l'UE et le système cœur LTE (System Architecture Evolution (SAE)) pour l'objectif d'accéder aux réseaux LTE.
- **dans le troisième chapitre** qui est l'axe de notre mémoire nous abordons sur l'outil professionnel d'optimisation (ENIQ) nous allons faire une optimisation les performances d'accessibilité d'un site après des informations requises pour les analyses sont collectées sur plusieurs jours. Le but de ce chapitre est de rassembler les informations pour créer une vue précise de l'état courant du réseau et de décider de quel moyen d'action qui doit être choisi pour une bonne analyse via l'outil ENIQ on base sur des critères on les appels CRH Capacity Radio Hardware, afin d'obtenir le meilleur accès au réseau d'après l'UE.

Ces accès permettrons de satisfait tous les besoins des clients et de minimiser les dépenses de capital et les couts d'exploitation en réduisons le nombre de problèmes, mais en garde toujours un bon accès au réseau LTE.

**Chapitre I :**  
**Généralités sur le réseau LTE**

## I.1 Introduction

Ce chapitre sera permet de mieux appréhender l'historique et le contexte du LTE (Long Term Evolution). C'est ensuite le processus de normalisation du LTE au sein du 3GPP (3rd Generation Partnership Project). Nous présentons alors les services envisagés grâce à cette nouvelle technologie, ainsi que. L'architecture de cœur et Les fréquences allouées au LTE avec son structure de trame.

Nous terminons par un aperçu les principes de l'interface radio du système LTE et fournit les connaissances nécessaires à la compréhension de son fonctionnement .ensuite en terminons par les avantages et les inconvénients.

## I.2 Historique

La première génération de réseaux cellulaires modernes comprend par exemple NMT et TACS. Ces systèmes ont tous en commun que le trafic utilisateur, qui est la voix est transmis avec les techniques analogiques de radio FDMA. NMT a été développé dans les années 70 et lancé en 1981.

La deuxième génération (2G) comprend des systèmes comme GSM (Global System for Mobile communications), D-AMPS (Dual-mode AMPS), PDC (Personal Digital Communications) et IS-95. La nouvelle chose avec ces systèmes était qu'ils soutenaient le trafic de voix et de données avec les techniques numériques TDMA (Time Division Multiple Access) ou CDMA (Code Division Multiple Access) commutation de circuit radio. La normalisation GSM a commencé en 1982 et a été lancée en 1991.

Les améliorations de la 2G, comme l'introduction du GPRS (General Packet Radio Service), sont souvent appelées 2.5G. D'autres améliorations, comme EDGE (Enhanced Data rates for GSM and TDMA Evolution), sont appelées 2.75G

En 1986, l'UIT (Union internationale des télécommunications) a commencé à travailler sur la norme IMT-2000, qui est une ligne directrice pour chaque norme de troisième génération (3G). En 1992, la WARC (World Administrative Radio Conference ) a identifié les bandes de fréquences radio

1885-2025 et 2110-2200 MHz comme spectre mondial commun pour les systèmes 3G.

En janvier 1998, l'Institut européen des normes de télécommunications (ETSI) est parvenu à un consensus où WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) et TD-CDMA (Time Division- Code Division Multiple Access) ont été choisies comme méthodes d'accès multiples pour le FDD (Frequency Division Duplex) et le mode TDD (Time Division Duplex) de l'UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), respectivement. UMTS est le terme utilisé en Europe pour les systèmes 3G. 3G a été lancé commercialement 2001 au Japon et 2003 en Europe [2].

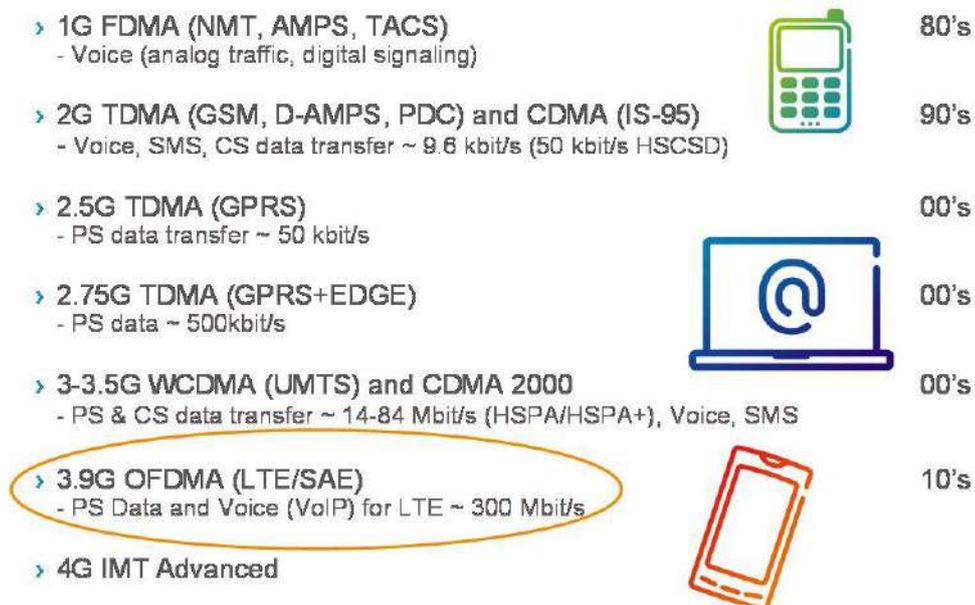


Figure I.1 Historique [2]

en 1998. Le projet de partenariat de troisième génération (3GPP) est un accord de collaboration réunit un certain nombre d'organismes de normalisation des télécommunications, p. ex., ARIB, CCSA, ETSI, TTA et TTC.

La portée originale du 3GPP était de produire des spécifications techniques et des rapports techniques applicables à l'échelle mondiale pour un système mobile de troisième génération fondé sur les réseaux cœur évolués du GSM et les technologies d'accès radio qu'ils soutiennent. (p. ex Accès radio terrestre universel (UTRA) en mode duplex à répartition de fréquence (FDD) et duplex à répartition temporelle (TDD). La portée a ensuite été modifiée pour

inclure la maintenance et le développement des spécifications techniques et des rapports techniques du Système mondial de communications mobiles (GSM), y compris les technologies d'accès radio évoluées (p.ex. General Packet Radio Service (GPRS) and Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE)).

en 1999 : La première spécification 3GPP pratiquement implémentée pour WCDMA est appelée Release 99. WCDMA Release 99 prend en charge le trafic à commutation de circuit (CS) et à commutation de paquets (PS) jusqu'à un taux théorique de 2 Mbps.

### I.3 Evolution de la technologie 3G

L'évolution de la 3G est appelée HSDPA (High Speed Downlink Packet Access, spécifié dans la release 5 - 2002) et HSUPA (High Speed Uplink Packet Access, spécifié dans la Release 6 – 2004) augmenter le débit binaire de liaison descendant maximal (DL) à 14 Mbps et le débit de liaison montante (UL) à un maximum de 5,76 Mbps HSDPA et HSUPA est appelé HSPA (High Speed Packet Access). HSUPA est aussi appelé EUL (Enhanced Uplink).

2007-2008 : WCDMA appelé HSPA evolution ou HSPA plus (HSPA +), en cours vise à augmenter les débits binaire maximaux (jusqu'à 84 Mbps dans DL). Ceci est accompli en utilisant par exemple des solutions d'antennes MIMO (Multiple Input Multiple Output), modulation d'ordre supérieur (HOM) et multi-porteuse (bande passante 10 MHz). [2]

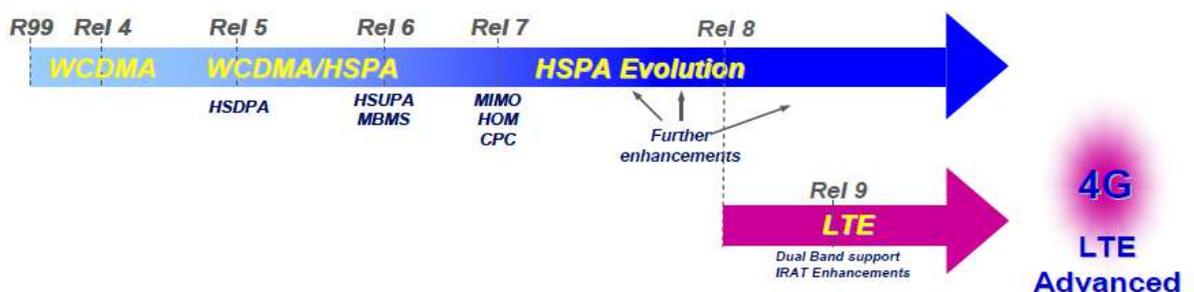


Figure I.2 Evolution de 3G [2]

## I.4 Evolution de La technologie LTE

En septembre 2007, la famille 3GPP a été élargie à un autre membre, l'Evolved UTRAN (E-UTRAN). Le travail de création du concept a officiellement commencé à l'été 2006, lorsque la phase d'étude a été achevée avec succès et que le point de travail 3GPP a été "3G Long Term Evolution – Evolved Packet System RAN"(LTE) a commencé.

Le développement standard dans 3GPP est groupé en deux éléments de travail, où Long Term Evolution (LTE) cible l'évolution du réseau radio et System Architecture Evolution (SAE) cible l'évolution du réseau de cœur de paquets. Commun à la fois LTE et SAE est que seul un domaine à commutation par paquets (PS) sera spécifié. Le résultat de ces travaux est Evolved UTRAN (E-UTRAN) et l'Evolved Packet Core (EPC). Ceux-ci ensemble (E-UTRAN+EPC) construit le système de paquets évolué (EPS).

LTE/SAE est spécifié à partir de la version 3GPP release 8. L12A prend en charge les fonctionnalités obligatoires spécifiées dans la release 9 du 3GPP, telles que l'opération Dual Band et IRAT à WCDMA, basée sur la couverture.

Notez que LTE et SAE se réfèrent aux éléments de travail dans 3GPP. Le nom du réseau d'accès radio (RAN) est E-UTRAN et le nom du réseau cœur (CN) est EPC.

Un projet de partenariat parallèle a également été établi - "3GPP2", qui, tout à fait semblable à son projet frère 3GPP, normalise également les réseaux de télécommunications mobiles internationales "IMT-2000" de l'Union internationale des télécommunications (ITU). 3GPP2 se concentre sur l'évolution de cdmaOne avec cdma2000 et EV-DO (HRPD) tandis que 3GPP se concentre sur l'évolution de GSM, WCDMA, HSPA et LTE. Le 3GPP2 est divisé en quatre groupes de spécifications techniques composés de représentants des sociétés membres individuelles du projet. Les TSG sont les suivants :

- TSG-A pour Accéder aux interfaces réseau
- TSG-C pour cdma2000
- TSG-S pour Aspects des services et des systèmes

- TSG-X réseau cœur

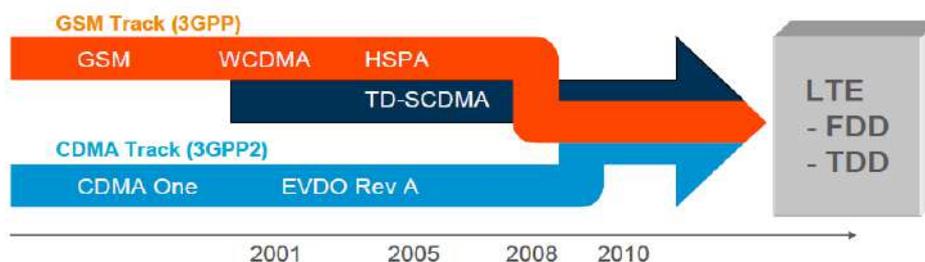


Figure I.3 Mobile System Evolution [2]

## I.5 Système réseaux LTE (Long Term Evolution)

Le LTE a pour objectif de proposer une capacité accrue et fait appel à une nouvelle technique d'accès à la ressource fréquentielle.

### I.5.1 définition

LTE (Long Term Evolution) ou E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Access Network), introduit dans 3GPP R8, est la partie d'accès de l'Evolved packet system (EPS). Les principales exigences du nouveau réseau d'accès sont une efficacité spectrale élevée, des débits de données élevés, un court trajet aller-retour ainsi que la flexibilité en matière de fréquence et de bande passante [3]

### I.5.2 Architecture du réseau LTE

La figure suivant représente l'architecture du réseau LTE

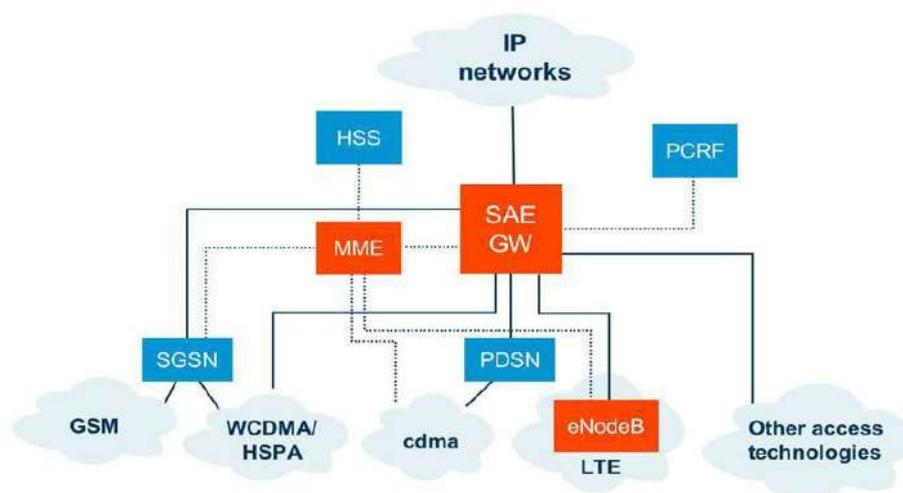


Figure I.4 Architecture plate de LTE et SAE [3]

Tout système de télécommunications se compose d'un certain nombre d'éléments de réseau logiques où chaque élément a une fonctionnalité bien définie.

La fonctionnalité des éléments du réseau est regroupée en plusieurs domaines :

Domaine UE

Domaine du réseau d'accès radio (LTE)

Domaine de réseau cœur (SAE)

Domaine de service (IMS)

### **I.5.2.1 Domaine de service**

Le sous-système multimédia IP (IMS) est défini par 3GPP/3GPP2 comme un domaine de cœur et de service qui permet la convergence des données, de la voix et de la technologie réseau sur une infrastructure IP.

C'est le choix de l'opérateur de la logique de contrôle et de service principalement pour la communication de personne à personne basée sur IP/paquet mais aussi pour la communication de personne à contenu.

Pour les utilisateurs, les services basés sur IMS permettront des communications dans une variété de modes – y compris la voix, le texte, les images et la vidéo, ou toute combinaison de ceux-ci – d'une manière hautement personnalisée et sécurisée.

IMS est conçu pour combler l'écart entre la technologie de télécommunications traditionnelle existante et la technologie Internet qui a augmenté la bande passante seule ne fournit pas. Cela permet aux opérateurs d'offrir de nouvelles, innovantes.

### **I.5.2.2 Domaine de réseau cœur**

Le domaine réseau cœur est appelé Evolved Paquet Core (EPC) et se compose des éléments réseau suivants :

### **I.5.2.3 HSS (Home Subscriber Service)**

Le HSS est la base de données principale d'un opérateur. C'est l'entité contenant les informations relatives à l'abonnement pour soutenir les entités du réseau qui traitent réellement les appels/sessions.

Un réseau domestique peut contenir un ou plusieurs HSS : il dépend du nombre d'abonnés mobiles, de la capacité de l'équipement et de l'organisation du réseau.

À titre d'exemple, le HSS fournit un soutien aux serveurs de contrôle des appels afin d'exécuter les procédures de routage et de handover en résolvant l'authentification, l'autorisation, la résolution des noms et des adresses, les dépendances d'emplacement, etc.

Le HSS est chargé de conserver les renseignements suivants concernant l'utilisateur :

- informations sur l'identification, la numérotation et l'adressage des utilisateurs
- Informations de sécurité des utilisateurs : Informations de contrôle d'accès réseau pour l'authentification et autorisation
- Informations de localisation des utilisateurs au niveau inter-systèmes : le HSS prend en charge l'enregistrement des utilisateurs et stocke les informations de localisation inter-systèmes, etc.
- informations de profil utilisateur

Le HSS génère également des informations sur la sécurité des utilisateurs pour l'authentification mutuelle, la vérification de l'intégrité des communications et le chiffrement.

Sur la base de ces informations, le HSS est également responsable de soutenir les entités de contrôle des appels et de gestion des sessions des différents domaines et sous-systèmes de l'opérateur.

### **I.5.2.6 MME (Mobility Management Entity)**

MME est l'entité de plan de contrôle au sein d'EPC prenant en charge les fonctions suivantes

Gestion de la mobilité :

- Signalisation et sécurité du NAS
- Signalisation de noeuds inter CN pour la mobilité entre accès 3GPP
- Gestion de la liste des secteurs de localisation
- Sélection PDN GW et Serving GW
- Sélection SGSN pour les transferts vers les réseaux d'accès 2G ou 3G 3GPP
- Roaming
- authentification
- Fonctions de gestion au porteur, y compris établissement au porteur dédié
- Interception légale du trafic de signalisation
- Lancement du détachement IMSI au détachement EPS
- Lancement de la procédure de radiomessagerie vers eNodeB lorsque le MSC envoie l'UE pour les services CS
- Appuyer les procédures du SMS pour la solution de repli du CS.
- Prise en charge de l'interface de repli CS et des fonctions connexes pour l'accès CDMA

### **I.5.2.7 SGW (Serving Gateway)**

Le SGW de service est la passerelle qui termine l'interface vers E-UTRAN. Pour chaque UE associée au EPS, à un moment donné, il y a un seul SGW de service. Certaines fonctions du SGW de service sont énumérés :

- le point d'ancrage de mobilité local pour le transfert inter-eNodeB
- Ancrage de mobilité pour la mobilité inter-3GPP
- Mise en mémoire tampon des paquets en mode ECM-IDLE et lancement de la procédure de demande de service déclenchée par le réseau
- interception légale
- routage et réacheminement des paquets
- Marquage des paquets au niveau du transport dans la liaison montante et la liaison descendante
- Comptabilisation de la granularité utilisateur et QCI pour la tarification inter- opérateur

- Un ancrage local non-3GPP en cas de roaming lorsque l'IP non-3GPP accède au VPLMN
- Rapport d'événement (changement de RA, etc.) au PCRF
- Liaison montante et descendante de liaison du porteur vers les accès 3GPP.
- Vérification de la liaison au porteur de liaison montante avec dépôt de paquets " mauvais comportement du trafic UL "

### **I.5.2.8 Packet Data Network Gateway PDN GW**

Le PDN GW est la passerelle qui termine l'interface SGi vers le PDN.

Le PGW fournit une connectivité PDN aux UE GERAN/UTRAN uniquement et EU capables d'utiliser n'importe laquelle des E UTRAN, GERAN ou UTRAN. Le PGW fournit une connectivité PDN aux UE E UTRAN compatibles utilisant E UTRAN uniquement sur les interfaces S5/S8.

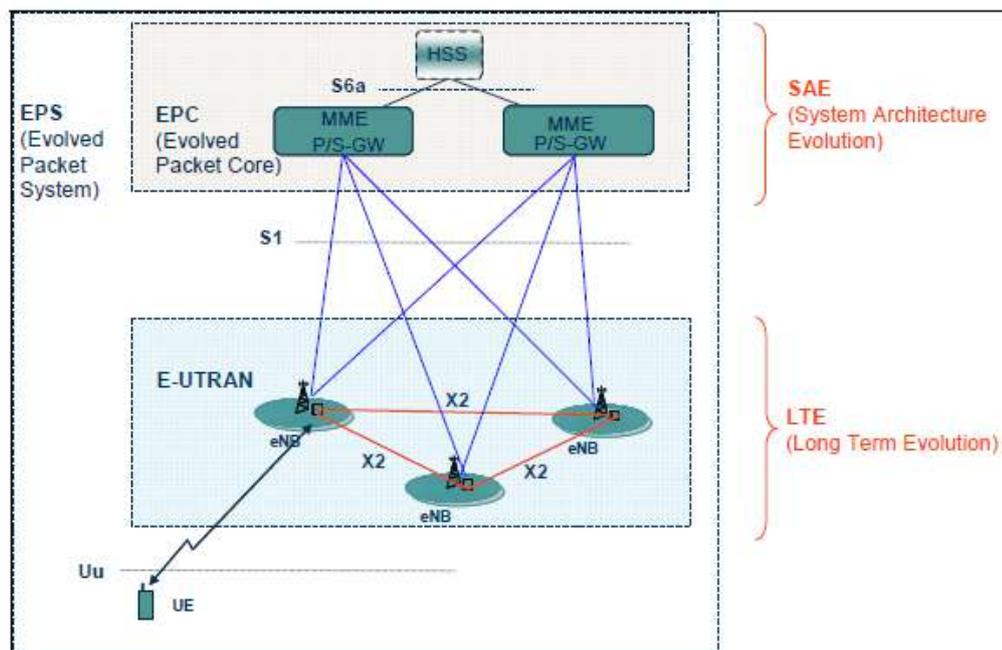
Certaines fonctions PDN GW comprennent :

- Filtrage des paquets par utilisateur (p. ex., inspection approfondie des paquets)
- interception légale
- allocation de l'adresse IP UE
- Marquage des paquets au niveau du transport dans la liaison montante et descendante, p.ex. réglage du point de code DiffServ, basé sur le QCI du porteur EPS associé
- Charge de niveau de service UL et DL, contrôle de synchronisation, application des taux
- Application des taux UL et DL basée sur APN-AMBR
- Fonctions DHCPv4 (serveur et client) et DHCPv6 (client et serveur)
- En outre, le PDN GW inclut les fonctions suivantes pour le S5/S8 basé sur GTP
- Reliure au porteur UL et DL
- Vérification de la liaison au porteur UL
- Les fonctions PDN GW incluent également l'ancrage plan utilisateur pour la mobilité entre l'accès 3GPP et l'accès non-3GPP

### I.5.2.9 RADIO ACCESS DOMAIN

Le domaine d'accès radio est appelé evolved UTRAN. Il se compose uniquement d'un certain nombre d'eNodeBs (eNB) qui sont interconnectés via une interface X2 via un réseau IP. Les eNBs sont connectées au moyen de l'interface S1 à l'EPC (Evolved Packet Core), plus spécifiquement au MME (Mobility Management Entity) au moyen du S1-MME et au Serving Gateway (S-GW) au moyen de l'interface S1-U. L'interface S1 prend en charge plusieurs la relation entre les MME/les SGW et les eNBs. Advanced Packet System est un autre nom qui groupe Advanced Packet Core EPC et E-UTRAN. Le développement standard dans 3GPP est regroupé en deux groupes de travail : Long Term Evolution (LTE) ciblant Radio Access Network et System Architecture Evolution (SAE) ciblant réseaux cœur.

Le nommage LTE/SAE est couramment utilisé, mais il est plus précis d'utiliser E-UTRA/EPC.



**Figure I.5 Architecture EPS**

L'objectif de ce cours est E-UTRAN. Il explique les fonctions eNodeB, son interaction avec les interfaces UE, X2 et S1.

### **I.5.2.10 E-UTRAN Node B**

Un eNB est un composant de réseau logique qui dessert une ou plusieurs cellules E-UTRAN. Il est responsable de la transmission et de la réception radio de/vers l'UE. Voici quelques-unes des fonctionnalités d'eNodeB:

- Contrôle et sécurité du plan utilisateur
- Prise en charge du contrôle cellulaire et du pool MME
- Segmentation/concaténation
- Correction des erreurs
- Traitement des canaux partagés
- Planification
- Fonctions de couche physique telles que le codage de canal, la modulation, le filtrage
- Gestion du contrôle des mesures et des rapports
- Contrôle de la mobilité

Un eNB peut prendre en charge le mode FDD, le mode TDD ou le fonctionnement en mode double

### **I.5.2.11 USER EQUIPMENT (UE)**

L'équipement utilisateur permet à l'utilisateur d'accéder aux services réseau. Aux fins des spécifications 3GPP l'interface entre l'UE et le réseau est l'interface radio.

Un équipement utilisateur peut être subdivisé en un certain nombre de domaines, les domaines étant séparés par des points de référence. À l'heure actuelle, l'équipement utilisateur est subdivisé en deux domaines : la carte à circuit intégré universelle (UICC) et l'équipement mobile (ME).

Le domaine ME peut être subdivisé en un ou plusieurs composants de terminaison mobile (MT) et d'équipement terminal (TE) montrant la connectivité entre plusieurs composants fonctionnels Groupes .[2]

## I.6 Les techniques d'accès

### I.6.1 La technologie radio OFDM

LTE utilise OFDM pour la liaison descendante, c'est-à-dire de la station de base au terminal. L'OFDM répond aux exigences LTE en matière de flexibilité du spectre et permet d'offrir des solutions rentables aux très grandes porteuses qui offrent des débits binaires élevés. C'est une technologie bien établie, par exemple dans les normes IEEE 802.11a/b/g, 802.16, HIPERLAN-2, DVB et DAB.

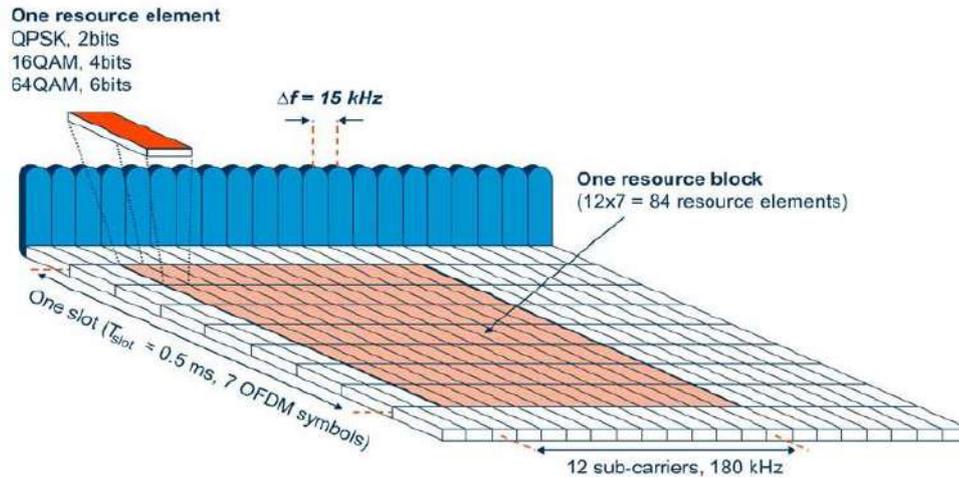
OFDM utilise un grand nombre de sous-porteuses étroites pour la transmission multi-porteur. La ressource physique de base de la liaison descendante LTE peut être considérée comme une grille temps-fréquence, comme l'illustre la figure 6. Dans le domaine des fréquences, l'espacement entre les sous-porteuses,  $\Delta f$ , est de 15 kHz. De plus, la durée du symbole OFDM est de  $1/\Delta f$  + préfixe cyclique. Le préfixe cyclique est utilisé pour maintenir orthogonalement entre les sous-porteuses même pour un canal radio temps-dispersif.

Un élément ressource porte QPSK, 16QAM ou 64QAM. Avec 64QAM, chaque élément ressource porte six bits.

Les symboles OFDM sont regroupés en blocs de ressources. Les blocs de ressources ont une taille totale de 180kHz dans le domaine de fréquence et 0.5ms dans le domaine de temps. Chaque intervalle de temps de transmission (ITT) de 1ms se compose de deux fentes (Tslot).

Chaque utilisateur se voit attribuer un certain nombre de blocs de ressources dans la grille temps-fréquence. Plus un utilisateur obtient de blocs de ressources, et plus la modulation utilisée dans les éléments de ressources est élevée, plus le débit binaire est élevé.

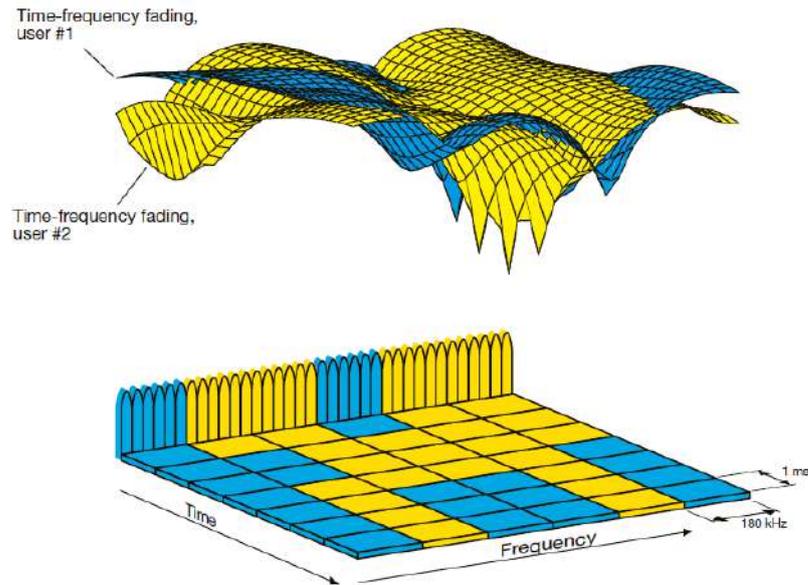
Quels blocs de ressources et combien l'utilisateur obtient à un moment donné dans le temps dépendent des mécanismes avancés de planification dans les dimensions de fréquence et de temps. Les mécanismes de planification en LTE sont similaires à ceux utilisés en HSPA, et permettent des performances optimales pour différents services dans différents environnements radio.



**Figure I.6 La ressource physique LTE en liaison descendante basée sur OFDM**

Dans la liaison montante, LTE utilise une version pré-codée d'OFDM appelé Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA). Cette mesure vise à compenser un inconvénient par un OFDM normal, qui présente un rapport entre puissance crête et puissance moyenne (PAPR). Une PAPR élevée nécessite des amplificateurs de puissance coûteux et inefficaces avec des exigences élevées en linéarité, ce qui augmente le coût du terminal et draine la batterie plus rapidement.

SC-FDMA résout ce problème en regroupant les blocs de ressources de manière à réduire le besoin de linéarité, et donc de consommation, dans l'amplificateur de puissance. Un faible PAPR améliore également la couverture et la performance des bords cellulaires. [4]



**Figure I.7 Variations de qualité des canaux dans domaine fréquence et de temps.[5]**

### **I.6.2 Antennes avancées**

Les solutions d'antenne avancées qui sont introduites dans l'accès par paquets haute vitesse évolué (eHSPA) sont également utilisées par LTE. Les solutions intégrant plusieurs antennes répondent aux exigences du réseau mobile à large bande de nouvelle génération pour les débits de données élevés, la couverture étendue et la capacité élevée.

Les solutions multi antennes de pointe sont des éléments clés pour atteindre ces objectifs. Il n'existe pas une seule solution d'antenne pour tous les

Scénarios. Par conséquent, une famille de solutions d'antenne est disponible pour des scénarios de déploiement spécifiques. Par exemple, des débits de données élevés peuvent être atteints avec une solution d'antenne multicouche telle que 2x2 ou 4x4 Multiple Input Multiple Output (MIMO) tandis qu'une couverture étendue peut être atteinte avec le beamforming. [4]

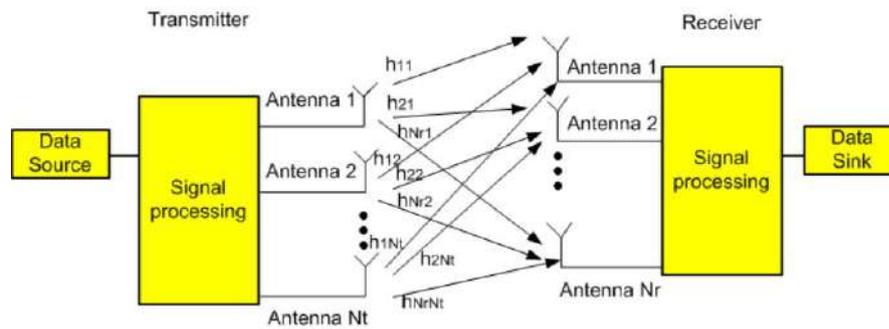


Figure I.8 canal MIMO [6]

### I.6.3 La structure de la trame LTE

En mode FDD, les voies montante et descendante opèrent sur deux fréquences porteuses séparées. Cette séparation confère à ce mode une grande immunité vis-à-vis des interférences et simplifie ainsi le déploiement du réseau. Au contraire, nous verrons que le mode TDD requiert des précautions particulières dans ce domaine.

En mode TDD, les voies montante et descendante utilisent la même fréquence porteuse, le partage entre les deux directions s'effectuant dans le domaine temporel. Le TDD offre plusieurs avantages :

Tout d'abord, le partitionnement du temps en sous-trames montantes et sous-trames descendantes permet d'optimiser le système pour une éventuelle asymétrie du trafic entre les deux voies. Concrètement, le volume de trafic en voie descendante est généralement plus important qu'en voie montante. L'opérateur peut alors configurer un plus grand nombre de sous-trames descendantes que de sous-trames montantes. [1]

La technologie LTE peut être utilisée à la fois dans le spectre apparié (FDD) et non apparié (TDD). Les premières versions du fournisseur de premier plan prendront en charge les deux schémas duplex. En général, FDD est plus efficace et représente des volumes d'appareils et d'infrastructures plus élevés, tandis que TDD est un bon complément, par exemple dans les écarts de centre de spectre. Parce que le matériel LTE est le même pour FDD et TDD (à l'exception des filtres) [5]

FDD Bands		TDD Bands	
Band	Frequencies UL/DL (MHz)	Band	Frequencies UL and DL (MHz)
I	1920 - 1980/2110 - 2170	a	1900 - 1920 2010 - 2025
II	1850 - 1910/1930 - 1990	b	1850 - 1910 1930 - 1990
III	1710 - 1785/1805 - 1880	c	1910 - 1930
IV	1710 - 1755/2110 - 2155	d	2570 - 2620
V	824 - 849/869 - 894		
VI	830 - 840/875 - 885		
VII	2500 - 2570/2620 - 2690		
VIII	880 - 915/925 - 960		
IX	1749.9 - 1784.9/1844.9 - 1879.9		
X	1710 - 1770/2110 - 2170		

Tableau I.1 Bandes de fréquences FDD (gauche) et TDD (droite) définies en 3GPP (juin 2007) [4]

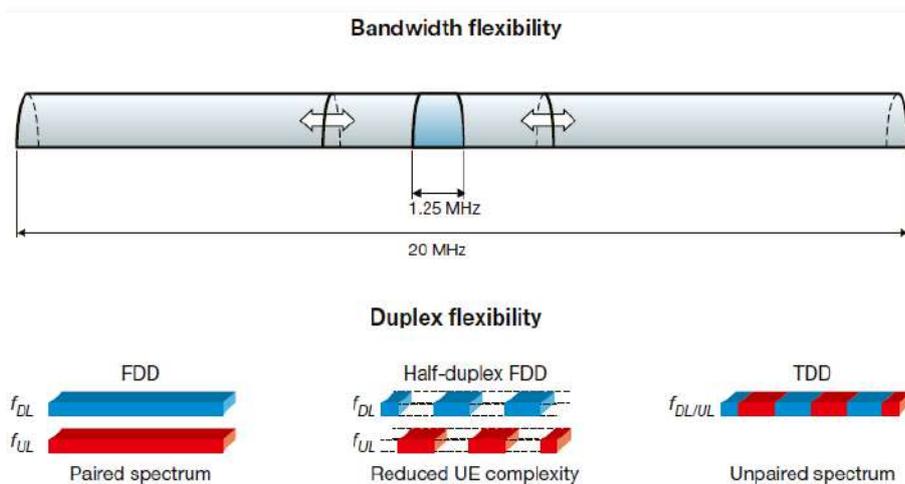


Figure I.9 Flexibilité du spectre LTE (bande passante et duplex). Le FDD semi-duplex est vu du point de vue du terminal. [4]

## I.7 Model de Protocol général

Les protocoles sur les interfaces Uu et S1 sont divisés en deux structures :

### I.7.1 Protocoles de plan de contrôle

Il s'agit des protocoles de contrôle des RAA et de la connexion entre l'UE et le réseau sous différents aspects (demande de service, contrôle de différentes

ressources de transmission, handover, etc.). Un mécanisme de transfert transparent des messages NAS est également inclus.

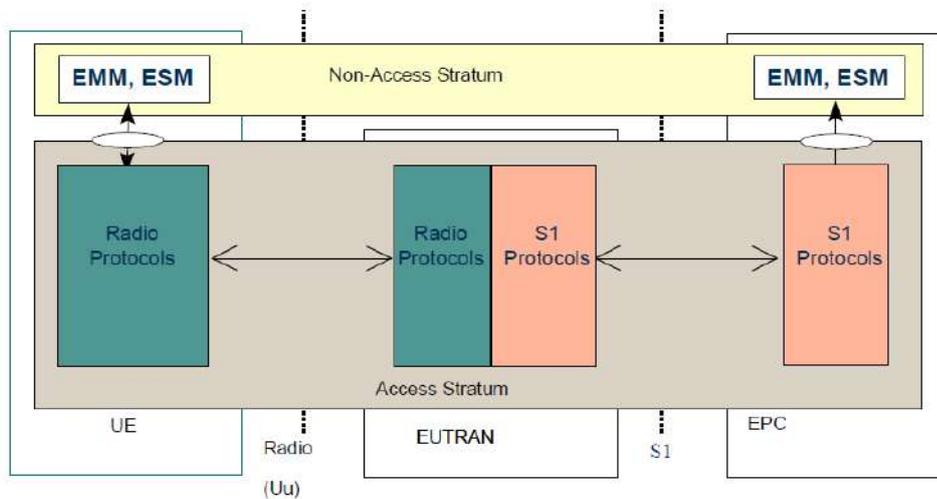


Figure I.10 Modèle de protocole général – Plan de contrôle UE- MME

### I.7.2 Protocoles de plan d'utilisateur

Ce sont les protocoles mettant en œuvre le service E-RAB actuel, c.-à-d. le transport des données des utilisateurs dans la AS.

Le modèle de protocole général pour la signalisation du plan de contrôle, illustré à la Figure 10, peut être divisé horizontalement en signalisation entre la signalisation UE et MME dite Non Access Stratum (NAS) et la signalisation UE et eNB dite Access Stratum. La signalisation d'Access Stratum AS est mise en œuvre à l'aide de protocoles radio et la signalisation NAS utilise à la fois des protocoles radio et S1

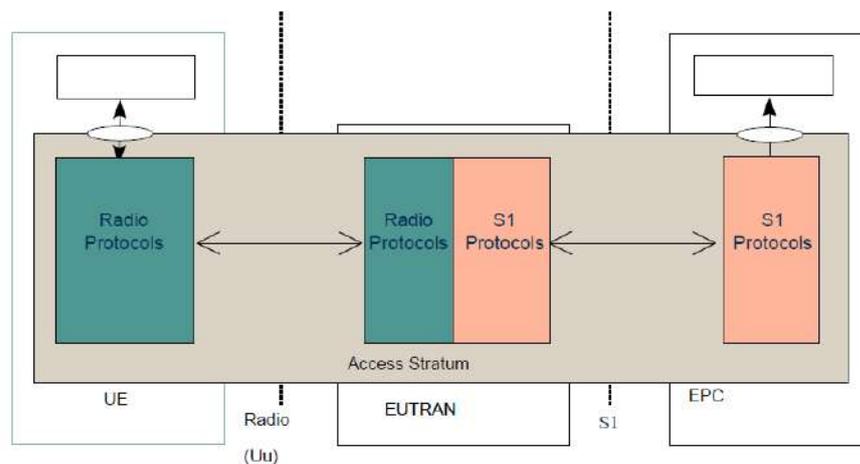


Figure I.11 Modèle de protocole général – Plan d'utilisateur UE S-GW

### I.7.3 COUCHE DE RÉSEAU RADIO/COUCHE DE RÉSEAU DE TRANSPORT

Le modèle de protocole général pour une interface unique est illustré à la figure 12 en utilisant des plans verticaux : plan de contrôle et plan usager et des couches horizontales : couche de réseau radio et couche de réseau de transport.

La structure est basée sur le principe que les couches et les plans sont logiquement indépendants les uns des autres.

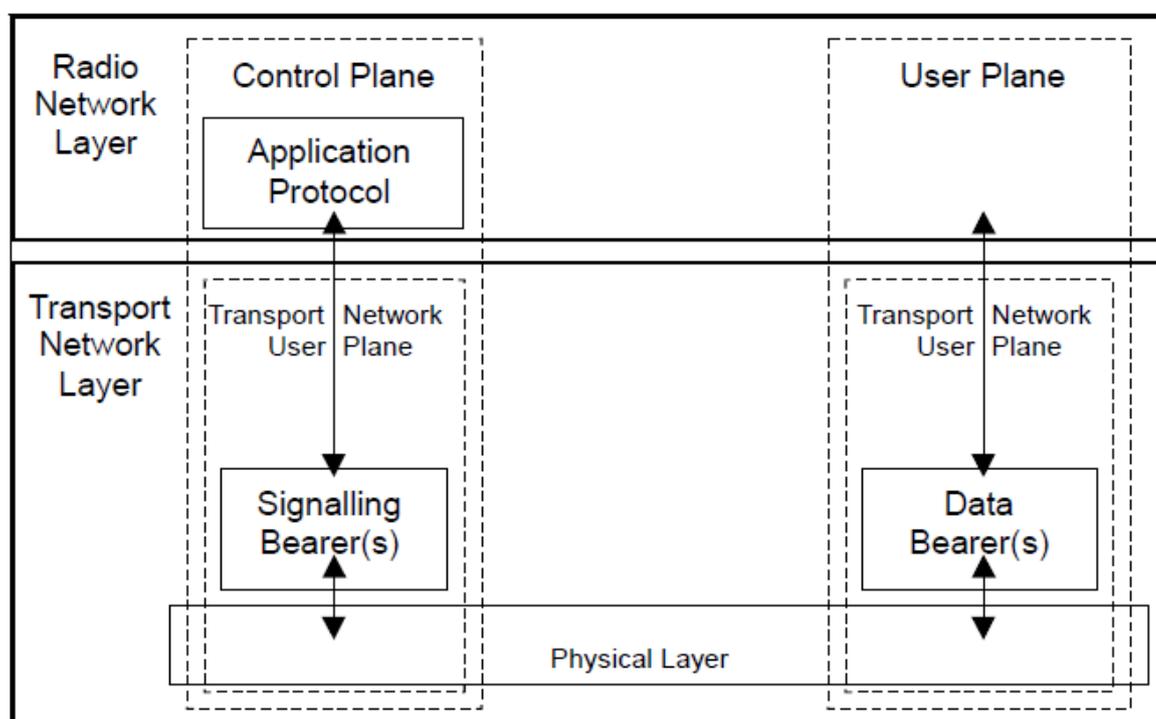


Figure I.12 General Protocol Model for RAN Interface

## I.8 LES INTERFACE

### I.8.1 INTERFACE X2

X2 est l'interface entre les eNBs. L'objectif principal de cette interface est de donner un support à la mobilité UE en mode actif appelée Packet Forwarding.

Comme le montre la figure 13, le protocole de signalisation X2 CP est X2AP et est responsable de ce qui suit :

- Gestion de la mobilité
- Gestion de la charge
- Signalement des erreurs générales

X2 est une interface logique avec beaucoup à beaucoup de relations c.-à-d. un eNB peut être connecté à plus d'un eNB.

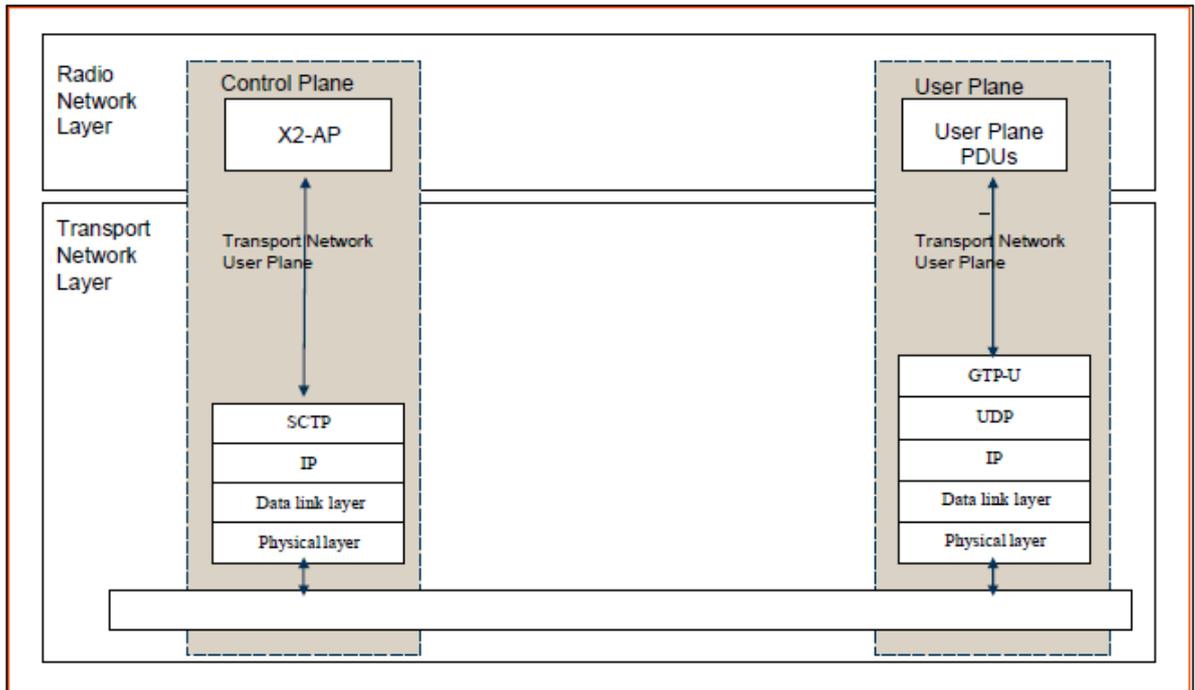


Figure I.13 Piles de protocoles d'interface X2

## I.8.2 INTERFACE S1

Le principal objectif de l'interface S1 est de fournir une connectivité entre E-UTRA et EPC, c.-à-d. eNB et MME par le biais de protocoles de plan de contrôle et eNB et S-GW par le biais de protocoles de plan USAGER

eNB et MME utilisent le protocole S1AP pour faciliter :

- Fonctions de gestion EPS Bearer
- Fonctions de transfert de contexte initial
- Fonctions de mobilité pour une UE active
- Radiomessagerie
- Fonction de signalisation de transport du NAS
- Fonction S1 UE Context Release
- Fonctions de gestion de l'interface S1 (réinitialisation, surcharge, etc.) [7]

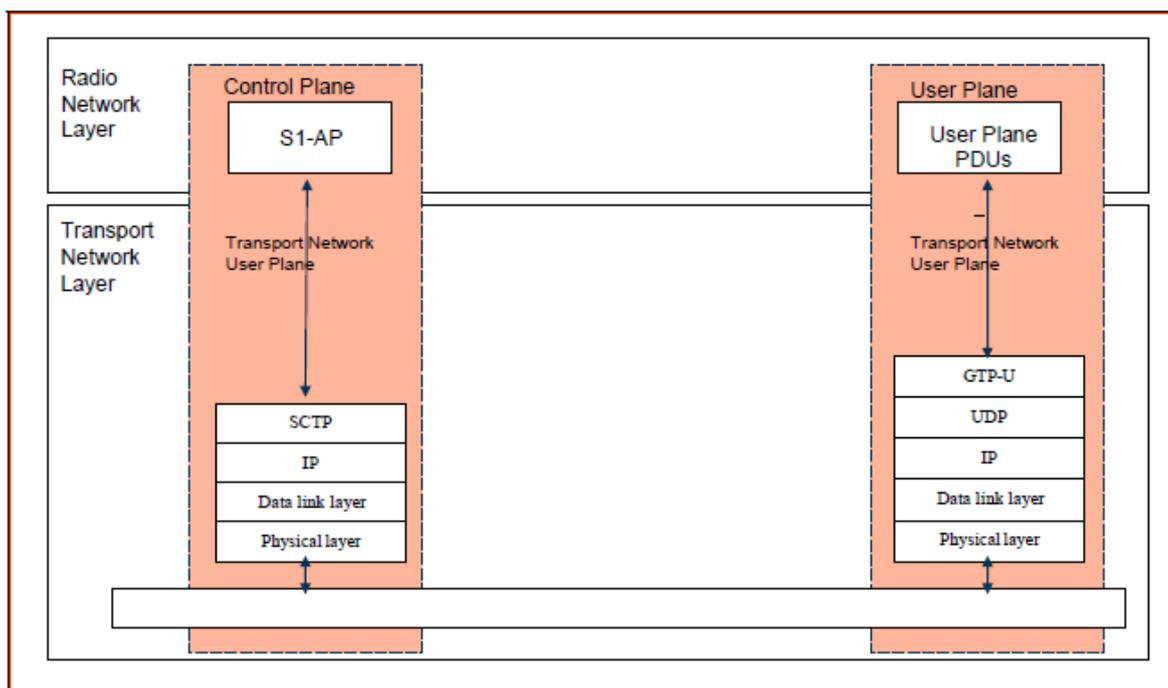


Figure I.14 Piles de protocoles d'interface S1 [7]

## I.9 Les couches de l'interface radio

### I.9.1 La couche physique

La couche 1, appelée également Layer 1 (L1) ou couche PHY, représente la couche physique. Son rôle est d'assurer la transmission des données sous une forme capable de se propager dans l'air et de résister aux différentes perturbations inhérentes au canal radio mobile. D'un point de vue fonctionnel, la couche physique offre un service de transport sur l'interface air à la couche MAC. La couche physique réalise les fonctions suivantes pour la transmission de données :

- **le codage de canal**, qui protège les bits d'information contre les erreurs de transmission, en introduisant de la redondance dans la séquence de bits transmis ;
- **la modulation**, qui associe les bits à transmettre à des symboles de modulation capables d'imprimer une onde électromagnétique ;
- **les traitements spatiaux** (dits MIMO), qui précèdent les symboles de modulation afin de les transmettre de plusieurs antennes (par exemple pour donner une direction au signal émis) ;

- **la modulation multi porteuse**, qui associe le signal à transmettre sur chaque antenne à des porteuses multiples, selon le principe de l'OFDM pour la voie descendante et du SC-FDMA en voie montante.

Les opérations inverses sont effectuées par la couche physique en réception, ainsi que des traitements de lutte contre l'interférence (par exemple l'égalisation). En outre, la couche physique assure des fonctions n'impliquant pas de transmission de données, mais nécessaires à son fonctionnement, ainsi qu'à certaines fonctions de la couche MAC :

- **les mesures radio**, pour estimer le canal de transmission, la qualité du signal de la cellule servante, ou encore les niveaux de puissance reçus d'une autre cellule, ou d'un autre système radio ;
- **la synchronisation**, afin d'acquérir et de maintenir la synchronisation en temps et fréquence avec la porteuse de l'émetteur ;
- **la détection de cellule**, afin de détecter la présence de cellules et de s'y connecter, à l'allumage de l'UE ou pour préparer un Handover ;
- la signalisation d'informations de contrôle entre eNodeB et UE.

## I.9.2 La couche 2

La couche 2 est constituée de trois sous-couches :

- PDCP (Packet Data Compression Protocol) ;
- RLC (Radio Link Control) ;
- MAC (Medium Access Control).

Ces sous-couches interviennent pour le transfert des données, du plan usager comme du plan de contrôle. Seule la sous-couche PDCP est conçue pour traiter différemment les données de ces deux plans. Pour RLC et MAC, c'est la configuration qui détermine les éventuelles différences de traitement à appliquer aux flux.

### I.9.2.1 Sous-couche PDCP (Packet Data Compression Protocol)

PDCP assure des fonctions de sécurité et de transfert des données :

- compression d'en-tête ;
- chiffrement des données et de la signalisation RRC ;
- protection de l'intégrité de la signalisation RRC ;
- remise en séquence des paquets.

### **I.9.2.2 Sous-couche RLC (Radio Link Protocol)**

La sous-couche RLC assure les fonctions de contrôle du lien de données dévolues à la couche 2 du modèle OSI (Data Link Control) :

- détection et retransmission des PDU manquantes (en mode acquitté) permettant la reprise sur erreur ;
- remise en séquence des PDU pour assurer l'ordonnancement des SDU à la couche supérieure (PDCP) ;
- utilisation de fenêtres d'émission et de réception pour optimiser la transmission de données. À la différence de l'UMTS, la couche RLC en LTE n'effectue pas de contrôle de flux : l'UE et l'eNodeB doivent être capables de traiter les trames RLC tant qu'elles arrivent dans la fenêtre de réception RLC.

### **I.9.2.3 Sous-couche MAC (Medium Access Control)**

La sous-couche MAC permet l'accès et l'adaptation au support de transmission grâce aux fonctions suivantes :

- le mécanisme d'accès aléatoire sur la voie montante ;
- la correction d'erreurs par retransmission HARQ lors de la réception d'un acquittement HARQ négatif ;
- les allocations dynamique et semi-statique de ressources radio (scheduling) ;
- le maintien de la synchronisation sur le lien montant ;
- la priorisation des flux sur le lien montant

## **I.9.3 La couche RRC**

La couche RRC, pour Radio Resource Control, sert au contrôle de l'interface radio. RRC est responsable de la configuration et du contrôle des couches de niveau 1 (PHY) et 2 (MAC, RLC et PDCP). C'est la spécificité de cette couche, véritable chef d'orchestre de l'interface radio..

RRC assure ainsi les fonctions suivantes :

- la diffusion et le décodage d'Informations Système de niveaux AS et NAS sur la cellule, pour tous les UE en mode veille présents sur celle-ci, donnant notamment les paramètres d'accès à la cellule, de mesure et de resélection en mode veille ;

- l'envoi et la réception de paging, pour l'établissement d'appel destiné à un UE en mode veille, pour informer les UE de la cellule que les Informations Système sont modifiées ou encore pour les alerter en cas de force majeure (par exemple, en cas de tremblement de terre ou de tsunami) ;

#### I.9.4 L'interface radio du LTE

- la gestion de la connexion RRC (établissement, reconfiguration et relâche)
- le contrôle des porteurs radio associés à des services ou à la signalisation
- le contrôle des mesures de l'UE et leur remontée à l'eNodeB en mode connecté
- la mobilité en mode connecté
- le contrôle de la mobilité en mode veille (sélection et resélection de cellule)
- la transmission de la signalisation des couches supérieures NAS.

### I.10 Les canaux

#### I.10.1 Le concept de canal

Le système LTE, de manière similaire à l'UMTS, utilise le concept de canal afin d'identifier les types des données transportées sur l'interface radio, les caractéristiques de qualité de service associées, ainsi que les paramètres physiques liés à la transmission. Ces canaux sont des composantes de l'architecture du système et sont donc à distinguer du canal de transmission (qui capture les effets de la propagation radio) et du canal fréquentiel (ou porteuse).

Les canaux de l'interface radio sont des points d'accès aux services proposés par une couche  $N$  : ils permettent à la couche  $N+1$  de délivrer à cette couche  $N$  des données qui devront être traitées (et éventuellement marquées) selon les spécificités du canal.

On distingue trois classes de canaux, selon les couches du modèle OSI auxquelles ils sont attachés.

- **les canaux logiques**, qui opèrent entre les couches RLC et MAC et sont définis selon le type d'information qu'ils transportent (par exemple : signalisation du plan de contrôle ou données du plan usager) ;
- **les canaux de transport**, qui opèrent entre la couche MAC et la couche physique et sont définis par la manière et les caractéristiques selon

lesquelles les données sont transportées par l'interface radio (par exemple la méthode d'accès aux ressources radio) ;

- **les canaux physiques** qui sont utilisés par la couche physique et sont définis par les caractéristiques physiques de leur transmission (par exemple leur placement dans la trame).

Dans une configuration donnée de l'interface radio (déterminée par le protocole RRC), un canal logique ne peut être porté que par un seul canal de transport, mais ce dernier peut transporter plusieurs canaux logiques. La même règle s'applique pour les canaux de transport et les canaux physiques. Enfin, certains canaux physiques ne sont associés à aucun canal de transport ni canal logique, car ils portent uniquement des informations relatives à la couche physique.

Ceci est illustré par la figure suivante, sur laquelle trois canaux physiques sont représentés (PDSCH et PDCCH pour le sens descendant, PRACH pour le sens montant).

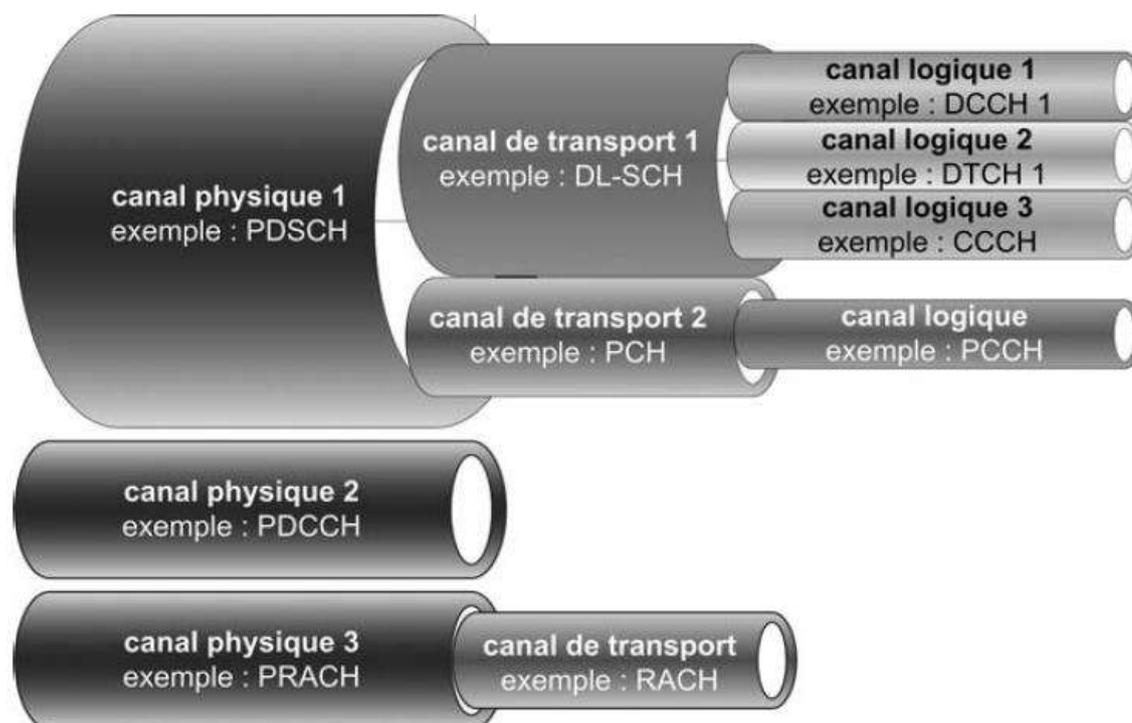


Figure I.15 Les canaux de l'interface radio LTE et leurs imbrications

Nous décrivons ci-après l'ensemble des canaux utilisés par l'interface radio du LTE, pour chacune de ces trois catégories.

### I.10.1.1 Les canaux logiques

Un canal logique est associé à un ou plusieurs flux de données (ou de signalisation) qui possèdent des caractéristiques communes : typologie des données transportées (plan usager ou plan de contrôle), priorité du flux, débit nominal (garanti ou non). Un canal logique est donc caractérisé par ce qu'il transporte, et non par la façon dont ces données sont véhiculées.

Les canaux logiques se séparent en canaux de contrôle et canaux de trafic. Les canaux de contrôle transportent uniquement des informations du plan de contrôle, tandis que les canaux de trafic véhiculent exclusivement les données du plan usager.

Le tableau suivant présente les différents canaux logiques définis pour l'interface radio du LTE.

Canal logique	Acronyme	Canal de contrôle (plan de contrôle)	Canal de trafic (plan usager)	Usage	Exemples d'information transmise
Broadcast Control Channel	BCCH	X		Pour la diffusion d'informations de contrôle sur la cellule	Identifiant de la cellule, largeur de bande DL...
Paging Control Channel	PCCH	X		Pour la notification d'appels	Identifiant de l'UE dans la zone de localisation, type d'appel
Common Control Channel	CCCH	X		Pour la transmission de la signalisation, quand elle ne peut être transmise sur un canal dédié (DCCH)	Demande d'établissement d'une connexion RRC
Dedicated Control Channel	DCCH	X		Porte la signalisation dédiée à un utilisateur (RRC et NAS)	Message commandant à l'UE de réaliser un handover
Dedicated Traffic Channel	DTCH		X	Porte les informations de trafic dédiées à un utilisateur	Données d'un flux de streaming vidéo (ex. IP/UDP/RTSP)

**Tableau I.2 Canaux logiques fournis par la couche MAC**

### I.10.1.2 Les canaux de transport

Un canal de transport est caractérisé par la façon dont les données sont transportées sur les Ressources physiques, notamment :

- la méthode d'accès aux ressources radio (scheduling dynamique, semi-persistant ou statique)
- les formats de transport autorisés, qui définissent les traitements de la couche physique à appliquer (type de codage de canal, schéma de transmission MIMO, etc.) ;
- la possibilité d'effectuer des retransmissions d'HARQ.

Plusieurs canaux de transport sont définis dans l'interface radio du LTE pour les sens montant et descendant, dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau suivant.

Canal de transport	Acronyme	Sens	Caractéristiques	Usage	Exemples d'information transmise
Broadcast Channel	BCH	DL	Ressources, périodicité et format de transport fixes et prédéfinis Doit être transmis sur toute la zone de couverture de la cellule	Pour la diffusion d'informations sur la cellule Le BCH porte exclusivement le BCCH, et en particulier le <i>Master Information Block MIB</i>	MIB (BCCH) : largeur de bande DL sur la cellule, numéro de trame système (SFN, <i>System Frame Number</i> )
Downlink Shared Channel	DL-SCH	DL	Permet l'HARQ et l'adaptation de lien, l'allocation dynamique ou semi-persistante de ressources et l'utilisation de la réception discontinuée par l'UE (DRX) Peut bénéficier de beamforming, ou être transmis de manière omnidirectionnelle	Pour la transmission de données dédiées de contrôle et du plan usager Utilisé également pour transmettre les informations de cellule non portées par le BCH	Canaux DCCH, DTCH, CCCH Canal BCCH : diffusion des informations cellules autres que celles du MIB
Paging Channel	PCH	DL	Doit être transmis sur toute la zone de couverture de la cellule Partage les mêmes ressources physiques que le DL-SCH	Pour diffuser les informations de paging sur l'ensemble de la cellule	Canal PCCH
Random Access Channel	RACH	UL	Basé sur l'accès partagé aléatoire (« à contention ») qui implique un risque de collision entre plusieurs UE lors de la procédure d'accès au réseau	Pour l'établissement d'une connexion RRC avec la station de base, son rétablissement, lors d'un handover ou pour transmettre des données (ex. <i>Buffer Status Report</i> ) ou encore sur ordre de la station de base si la synchronisation en voie montante a été perdue	Préambule choisi de façon aléatoire par l'UE dans un jeu de préambules prédéfinis
Uplink Shared Channel	UL-SCH	UL	Permet l'HARQ et l'adaptation de lien, l'allocation dynamique ou semi-persistante de ressources	Pour la transmission de données dédiées de contrôle et du plan usager	Canaux DCCH, DTCH, CCCH

Tableau I.3 Canaux de transport fournis par la couche physique

### I.10.1.3 Les canaux physiques

Les canaux physiques fournissent le moyen de transmettre par radio les données des canaux de transport. Une SDU reçue de la couche MAC via un canal de transport donné est appelée un bloc de transport. Un canal physique

correspond à un ensemble d'éléments de ressource temps-fréquence (un élément de ressource est une sous-porteuse d'un symbole OFDM) dans la sous-trame. De plus, il est associé à des caractéristiques physiques particulières, comme une séquence d'embrouillage, des schémas de codage et modulation, des schémas MIMO (en voie descendante uniquement).

Les tableaux suivants présentent de manière synthétique les différents canaux physiques, pour la voie montante et la voie descendante respectivement.

Canal physique	Acronyme	Caractéristiques	Usage
Physical Uplink Shared Channel	PUSCH	Ses paramètres de transmission sont déterminés dynamiquement par l'adaptation de lien	Pour la transmission du UL-SCH ; porte également les informations de contrôle du PUCCH en cas de collision de ces deux canaux sur le même intervalle de temps
Physical Uplink Control Channel	PUCCH	N'est jamais transmis simultanément au PUSCH d'un même UE (en Release 8)	Pour la transmission d'informations de contrôle nécessaires à l'HARQ (acquitements) et à l'allocation de ressources
Physical Random Access Channel	PRACH	Est formé d'un préambule spécifique à l'UE	Porte le RACH

**Tableau I.4 Canaux physiques pour la voie montante**

Canal physique	Acronyme	Caractéristiques	Usage
Physical Downlink Shared Channel	PDSCH	Ses paramètres de transmission sont déterminés dynamiquement par l'adaptation de lien.	Pour la transmission du DL-SCH et du PCH
Physical Broadcast Channel	PBCH		Pour la transmission du BCH
Physical Control Format Indicator Channel	PCFICH	Le PCFICH est placé dans le premier symbole OFDM de chaque sous-trame	Indique le nombre de symboles OFDM utilisés pour la transmission du PDCCH dans une sous-trame
Physical Downlink Control Channel	PDCCH	Le PDCCH est placé dans les premiers symboles OFDM de chaque sous-trame	Pour la transmission d'informations de contrôle : schéma de modulation et codage et allocation de ressources du DL-SCH et PCH, informations d'HARQ pour le DL-SCH Schéma de modulation et codage, allocation de ressources et informations d'HARQ pour le UL-SCH Ordre de déclenchement d'une procédure d'accès aléatoire
Physical Hybrid ARQ Indicator Channel	PHICH	Le PHICH est placé dans les premiers symboles OFDM de chaque sous-trame	Porte les acquitements d'HARQ

**Tableau I.5 Canaux physiques pour la voie descendante [1]**

### I.11 Les avantages et l'inconvénient de LTE

La technologie LTE offre plusieurs avantages importants aux consommateurs et aux exploitants :

### I.11.1 les avantages

**Performance et capacité** – L'une des exigences de la technologie LTE est de fournir des débits de pointe descendants d'au moins 100 Mbit/s. En outre, les temps de trajet aller-retour RAN (Radio Access Network) doivent être inférieurs à 10 ms. En fait, cela signifie que la technologie LTE – plus que toute autre technologie – répond déjà aux principales exigences de la 4G.

**Simplicité** – Tout d'abord, la technologie LTE prend en charge les largeurs de bande porteuse flexibles, de moins de 5 MHz à 20 MHz. La technologie LTE prend également en charge les systèmes FDD (Frequency Division Duplex) et TDD (Time Division Duplex). Dix bandes de spectre appariées et quatre bandes de spectre non appariées ont jusqu'à présent été identifiées par 3GPP pour la technologie LTE

Deuxièmement, les produits de réseau radio LTE auront un certain nombre de caractéristiques qui simplifieront la construction et la gestion des réseaux de prochaine génération. Par exemple, des fonctionnalités telles que plug-and-play, auto-figuration et auto-optimisation simplifieront et réduiront les coûts de déploiement et de gestion du réseau. Troisièmement, la technologie LTE sera déployée en parallèle avec des réseaux de transport et de base IP simplifiés et plus faciles à mettre en place pour maintenir et introduire les services.

**Un large éventail de terminaux** – en plus des téléphones mobiles, de nombreux ordinateurs et appareils électroniques grand public, comme les ordinateurs portables, les ultra-portables, les appareils de jeu et les caméras, intégreront des modules intégrés LTE. Comme la technologie LTE prend en charge la transmission et l'itinérance aux réseaux mobiles existants, tous ces appareils peuvent avoir une couverture mobile à large bande omniprésente dès le premier jour.

En résumé, les opérateurs peuvent introduire LTE de manière flexible pour correspondre à leur réseau existant, Spectre et les objectifs commerciaux pour les services mobiles à large bande et multimédia [4]

### I.11.2 les inconvénients

Quant aux inconvénients, ce sont :

- Des coûts d'abonnement généralement plus élevés que l'offre de box ADSL classique ;
- Un volume de data limité chez certains opérateurs ;
- C'est une offre sèche, c'est-à-dire ne comportant pas d'autres services, tels qu'un boîtier TV ou une ligne de téléphonie ;
- Des critères d'éligibilité qui sont assez stricts et variables en fonction des FAI. Il faut procéder à un **test** d'éligibilité avec chacun d'entre eux afin de savoir si l'on peut souscrire une offre de **box 4G**.

Les principaux fournisseurs Bouygues Telecom, Orange, SFR ou NRJ Mobile commercialisent des offres de box 4G. [9]

### I.12 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la technologie LTE normalisée par le 3GPP, de manière accessible. Les concepts et techniques utilisés dans LTE. Ces derniers ont les mêmes objectifs avec les technologies précédentes, mais l'objectif majeur du LTE est d'améliorer le support des services de données via une capacité accrue, une augmentation des débits et une réduction de la latence.

Dans le chapitre suivant, nous allons nous intéresser plus particulièrement à la partie accessibilité du réseau LTE.

## **Chapitre II : Les paramètres d'accessibilité d'un réseau LTE**

## II.1 INTRODUCTION

Dans ce chapitre nous avons étudié le comportement d'un système de LTE Radio Ressource Contrôle avec son KPI. Ensuite, on introduit notamment, le flux de signalisation pour l'accessibilité LTE ainsi que les messages où les KPI sont alignés. De plus en abordant quelques causes des défaillances de la signalisation RRC est également abordé en détail avec les mesures qui peuvent résoudre ces problèmes.

## II.2 LES INDICATEURS DE PERFORMANCE CLÉS (KPI)

Les indicateurs de performance clés (KPI) doivent émaner des objectifs stratégiques de l'entreprise et être transmis à l'ensemble de l'organisation.

### II.2.1 Définitions KPI

- Les KPI sont définis par la définition et la mesure des paramètres clés de l'entrée et de la sortie du système de réseau interne et/ou de la maintenance et de l'état d'avancement opérationnel de l'entreprise.
- Les KPI sont considérés comme des mesures primaires pour évaluer la performance des processus en tant qu'indicateurs de la gestion quantitative et pour mesurer les progrès vers l'atteinte des objectifs de l'entreprise.

Pour les opérateurs, la concurrence dans les marchés libéralisés des télécommunications et les exigences des clients pour des services plus complexes conduisent à mettre davantage l'accent sur la fourniture d'un service à la clientèle efficace. La perception des clients et de bonnes relations avec les clients incarnent l'efficacité du service à la clientèle.

Le KPI est prouvé par l'agrégation des données de performance du réseau à partir des éléments du réseau.

### II.2.2 Objectif de KPI

Le KPI peut être calculé au niveau du réseau (réseau GSM ou réseau UMTS ou bien LTE). Ce champ du modèle devrait indiquer si l'KPI est applicable à quels types de réseaux. Le champ peut avoir un ou plusieurs des types de réseau suivants :

- E-UTRAN.
- Le Cœur PS
- IMS

Il est important que le KPI défini soit toujours calculé au niveau du réseau et non au niveau de l'Elément de réseau.

### II.2.3 Unité de KPI

L'unité peut être l'une des suivantes :

- pourcentage
- intervalle de temps (heures, jours, semaine, mois),
- Erlang,
- kbit/s.

### II.2.4 Les types des KPI

Les KPI sont composés de trois types d'KPI différents, ratio, moyenne et cumulative. Ces types d'KPI sont indiqués dans les définitions par les clés RATIO, MEAN et CUM. Les définitions de ces types d'KPI sont :

- RATIO (rapport): Ce KPI est produit pour refléter le pourcentage d'un cas particulier dans tous les cas.
- MEAN (moyenne): Ce KPI est produit pour refléter une valeur de mesure moyenne fondée sur un certain nombre de résultats de l'échantillon.
- CUM (cumulative): Ce KPI est produit pour refléter une mesure cumulative qui est toujours en augmentation.

### II.2.5 Les catégories d'KPI

Les catégories d'KPI suivantes devraient être définies

- Accessibilité
- Conservabilité
- Serviabilité
- Intégrité
- Fiabilité
- Maintenabilité
- Utilisation : indique l'utilisation des ressources réseau, comme le débit sur une interface spécifique.

- Mobilité : contient les KPI liés au Handover.

Dans section suivant nous allons étudier une seule catégorie dans laquelle c'est l'accessibilité, y compris les procédures de signalisation du réseau LTE et les flux opérationnels. [10]

### **II.3 KPI d'Accessibilité**

Les mesures d'accessibilité sont fondées sur des drive tests ou des statistiques. Il s'agit d'une mesure combinée comprenant le taux de réussite des établissements RRC, S1 et E-RAB.

Dans le cas d'une mauvaise accessibilité, chaque taux de réussite doit être analysé individuellement. Les raisons d'une mauvaise accessibilité comprennent sans s'y limiter :

- Mauvaise couverture.
- Camping UE dans la mauvaise cellule.
- Forte interférence UL
- Refus d'admission, en raison du manque de licences

### **II.4 RANDOM ACCESS**

Dans le réseau LTE, l'UE utilise le processus d'accès aléatoire pour accéder aux cellules pour les raisons suivantes :

- Accès initial au réseau à partir de l'état inactif
- Reprise de l'accès au réseau après une panne de liaison radio
- Dans le cadre du processus de transfert pour obtenir une synchronisation avec une nouvelle cellule
- Avant les transferts de données en liaison montante lorsque l'UE n'est pas synchronisée avec le réseau [11]

#### **II.4.1 Système de la transmission PRACH**

La transmission PRACH (le préambule PRACH) est un signal basé sur OFDM, mais elle est générée en utilisant une structure différente de celle des autres transmissions de liaison montante, plus particulièrement, elle utilise un espacement plus étroit des sous-porteuses et n'est donc pas orthogonale à la PUSCH, PUCCH et SRS, par conséquent, ces canaux souffriront d'une certaine

interférence du PRACH. Cependant, l'espacement des sous-porteuses utilisé par le PRACH est un sous-multiple entier de l'espacement utilisé pour les autres canaux et par conséquent, les PUSCH, PUCCH et SRS n'interfèrent pas sur le PRACH

## II.4.2 La Signature PRACH

Deux types de processus RACH : Contention-based et Contention-free

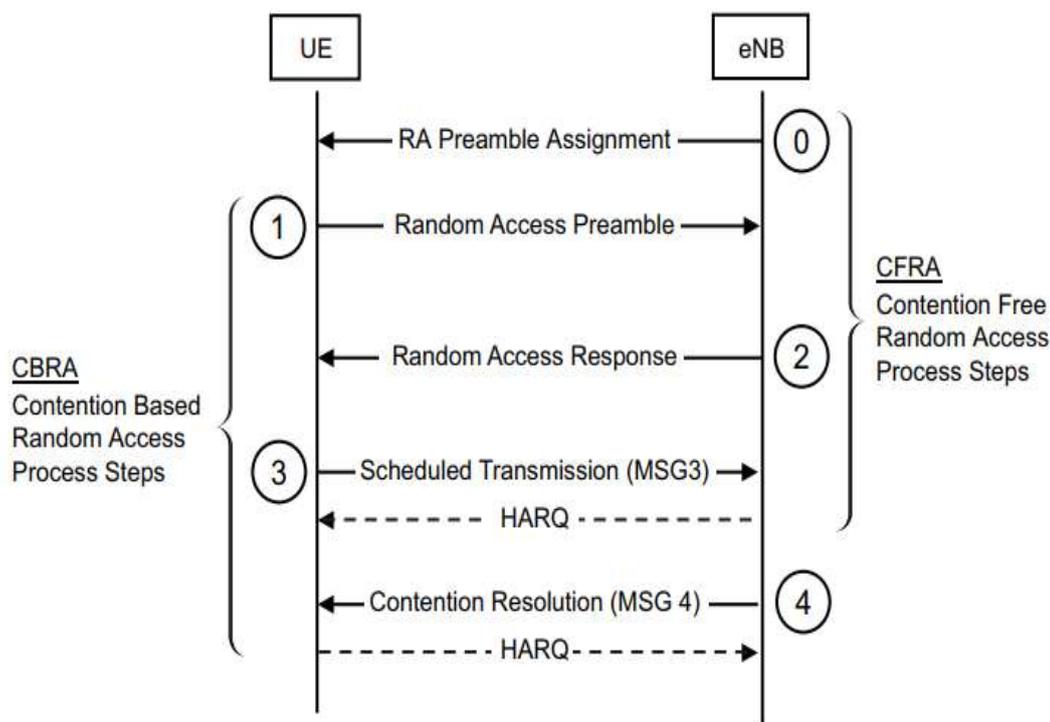
Lorsqu'un UE transmet un préambule PRACH, il transmet avec un modèle spécifique et ce modèle spécifique est appelé une "Signature". Dans chaque cellule LTE, 64 signatures de préambule au total sont disponibles et l'UE sélectionne au hasard l'une de ces signatures.

Il y a une telle possibilité. Cela signifie que le même préambule de PRACH de l'UE multiple atteint le NW en même temps. Ce type de collision PRACH est appelé "Contention" et le processus RACH qui permet ce type de "Contention" est appelé "Contention based" RACH Process. Dans ce genre de processus RACH basé sur la contention, Network passerait par un processus supplémentaire à l'étape ultérieure pour résoudre ces litiges et ce processus est appelé "Contention Resolution".

Mais il y a certains cas où ce genre de contentions n'est pas acceptable en raison d'une raison quelconque (p. ex., restriction de temps) et ces contentions peuvent être évitées. Habituellement, dans ce cas, le Réseau informe chacun des UE du moment exact et de la signature de préambule qu'il doit utiliser, dans ce cas Network attribuera ces signatures de préambule pour qu'il n'entre pas en collision. Ce type de processus RACH est appelé "Contention Free" RACH procédure. Pour lancer le processus RACH « Contention Free », UE doit être en mode connecté avant le processus RACH comme dans le cas de handover. [12]

## II.4.3 organigramme des procédures RA

La figure suivante montre un organigramme pour la procédure RA



**Figure II.1 : Organigramme pour la procédure RA**

Le processus LTE RA fait partie des fonctions de base du système LTE. , Cette partie décrit les principales étapes du processus accès aléatoire

Le système de base LTE est configuré pour permettre à UE d'utiliser CBRA pour l'accès au réseau, le handover entre les cellules, la synchronisation pour les transferts en liaison montante et l'accès à la suite d'une panne de liaison radio. CFRA est désactivé par défaut. Il est utilisé à des fins de handover et de synchronisation car il réduit le temps nécessaire à l'UE pour effectuer ces tâches.

Le processus CBRA comprend l'étape 1, 2, 3 et 4. Le processus CFRA comprend l'étape 0, 1, 2 et 3. La principale différence entre le CFRA et la CBRA est que dans CFRA l'UE se voit attribuer une séquence de code de préambule dédiée par la cellule pour qu'aucun autre UE ne puisse tenter une RA en utilisant la même séquence de code de préambule. Cela accélère le processus CFRA car l'étape 4 de la résolution des contentions est évitée. L'étape 3 n'est pas exigée par la spécification standard si le CFRA le processus est actif, mais il est utilisé à des fins de robustesse

1. La première étape du processus CFRA est l'attribution d'une séquence de codes de préambule à l'UE. Cette étape est illustrée à la figure 1.

La transmission du préambule de l'UE est commune aux processus du CFRA et de la CBRA. Il s'agit de l'étape 1 de la figure 1. L'UE transmet le préambule RA éclaté sur le canal de liaison montante PRACH

2. Le RBS génère le message de réponse RA qui est transmis sur le Canal PDSCH (Physical Downlink Shared Channel) vers un réseau radio RA particulier Adresse de l'identificateur temporaire (RA-RNTI)

3. Au stage 3, l'UE entreprend la première liaison montante programmée sur le Canal PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) après la réception réussie de un message de réponse RA. L'UE fournit au réseau un identificateur unique dans ce message.

4. A stage 4, le RBS fait écho à l'identité UE fournie au stage 3. Seul un terminal qui trouve une correspondance entre l'identité reçue au stage 4 et l'identité transmise dans le cadre du stage 3 déclare la procédure RA réussie. Terminaux qui ne trouvent pas de correspondance entre l'identité reçue à le stage 4 et l'identité respective transmise dans le cadre de le stage 3 est considérée comme ayant échoué à la procédure RA et doit reprendre la procédure RA à partir de le stage 1

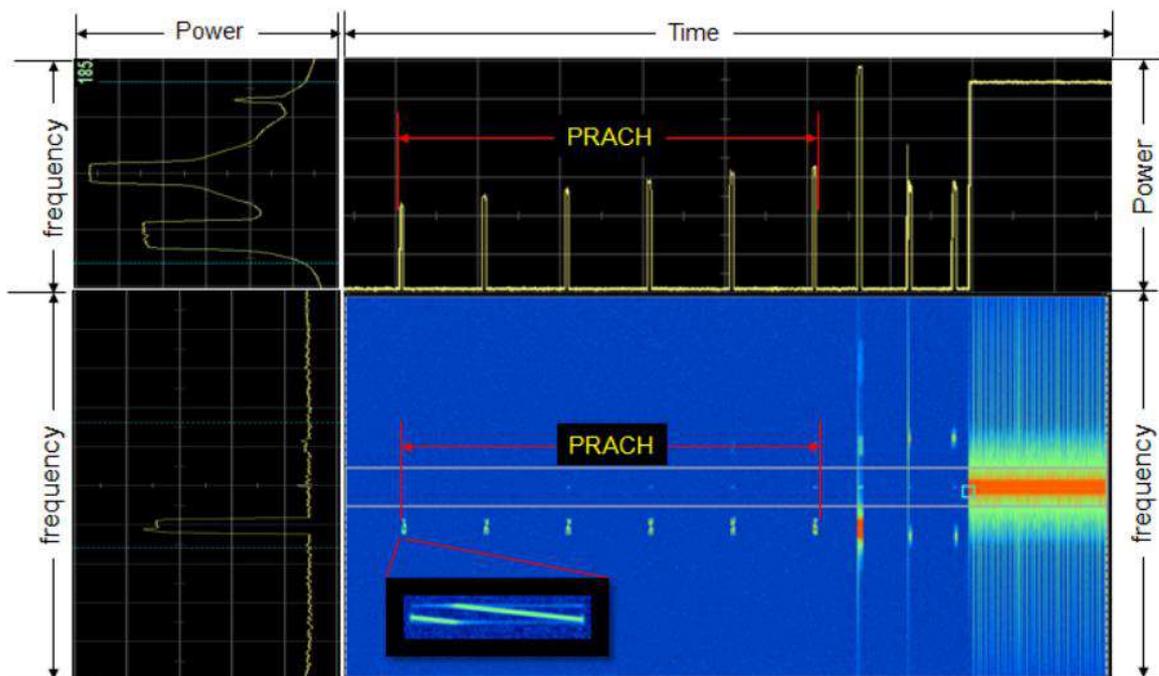
Le stage 3 et le stage 4 utilisent le procédé de demande de répétition automatique hybride (HARQ). [13]

#### **II.4.4 Encodage l'information de PRACH (RACH Préambule)**

Dans LTE, toutes les informations (données) après PRACH Préambule a sa propre structure binaire signifiant qu'ils sont traduits en une certaine structure de données. Toutefois, l'information contenue dans le préambule du PRACH est représentée par des propriétés purement physiques. Les propriétés physiques qui forment l'information dans PRACH sont les suivantes.

1. Délai de transmission du préambule du PRACH
2. Emplacement de la transmission PRACH dans le domaine des fréquences

## 3. Séquence de l'ensemble des données I/Q du signal PRACH



La figure II.2 PRACH sur analyseur de spectre

On remarque ici UE n'a pas reçu le signal RAR du réseau pendant plusieurs fois. Comme vous le voyez ici, UE continue à transmettre PRACH avec l'incrément de puissance spécifié jusqu'à ce qu'il détecte avec succès RAR. Il continuera à retransmettre jusqu'à ce que le nombre de transmission frappe préambule Transmission Max. [12]

#### II.4.5 Structure temporelle du préambule du PRACH

Le préambule du PRACH consiste en un préfixe cyclique, une partie utile de la séquence et puis une période de garde qui n'est qu'une partie inutilisée du temps jusqu'à la fin de la dernière sous-trame occupée par le PRACH.

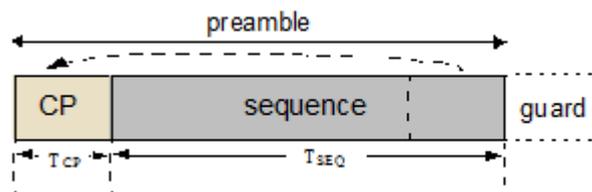
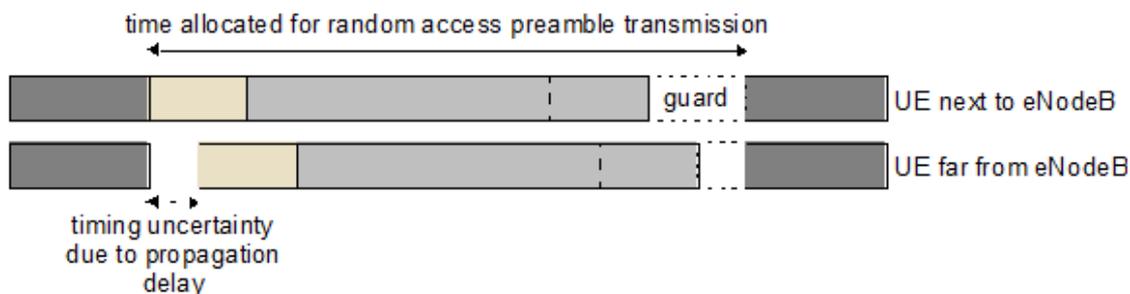


Figure II.3 : La structure du préambule PRACH

Préambule séquence de longueur préfixe cyclique de longueur période de garde

Cette période de garde permet l'incertitude temporelle en raison de la distance UE à eNodeB.



**Figure II.4 : Incertitude temporelle dans le préambule PRACH**

Par conséquent, la taille de la période de garde détermine le rayon de la cellule, car tout retard de propagation dépassant le temps de garde ferait en sorte que le préambule d'accès aléatoire chevaucherait la sous-trame au niveau du récepteur eNodeB.

L'utilisation d'une transmission OFDM avec préfixe cyclique permet à un récepteur basé sur le domaine de fréquence efficace dans l'eNodeB pour effectuer la détection PRACH.

#### II.4.6 Les formats de PRACH

Il y a cinq formats de préambule PRACH qui ont des longueurs différentes pour le préfixe cyclique, la partie utile du symbole et la période de garde

Format des préambules	La longueur de CP	La longueur de la séquence	La longueur de GP	La longueur totale	Nombre de sous-trame	Le rayon de la cellule
0	0.10 ms	0.8 ms	0.10 ms	1 ms	1	15 Km
1	0.68 ms	0.8 ms	0.52 ms	2 ms	2	78 Km
2	0.2 ms	1.6 ms	0.2 ms	2 ms	2	30 Km
3	0.68 ms	1.6 ms	0.72 ms	3 ms	3	108 Km
4	0.015 ms	0.133 ms	0.852 ms	1 ms	1	--

**Tableau II.1 : Les formats du préambule PRACH**

Le format de préambule 4 ne s'applique qu'aux TDD dans des sous-trames spéciaux (sous-trames 1 ou 6) et avec une configuration de sous-trames

spéciaux qui donne lieu à un UpPTS avec 2 symboles de durée, c.-à-d. que le format de préambule 4 PRACH se trouve dans UpPTS. Les formats 2 et 3 ont deux répétitions de la séquence PRACH nominale qui fournit plus d'énergie de transmission totale et permet donc une détection à des SNR plus faibles.

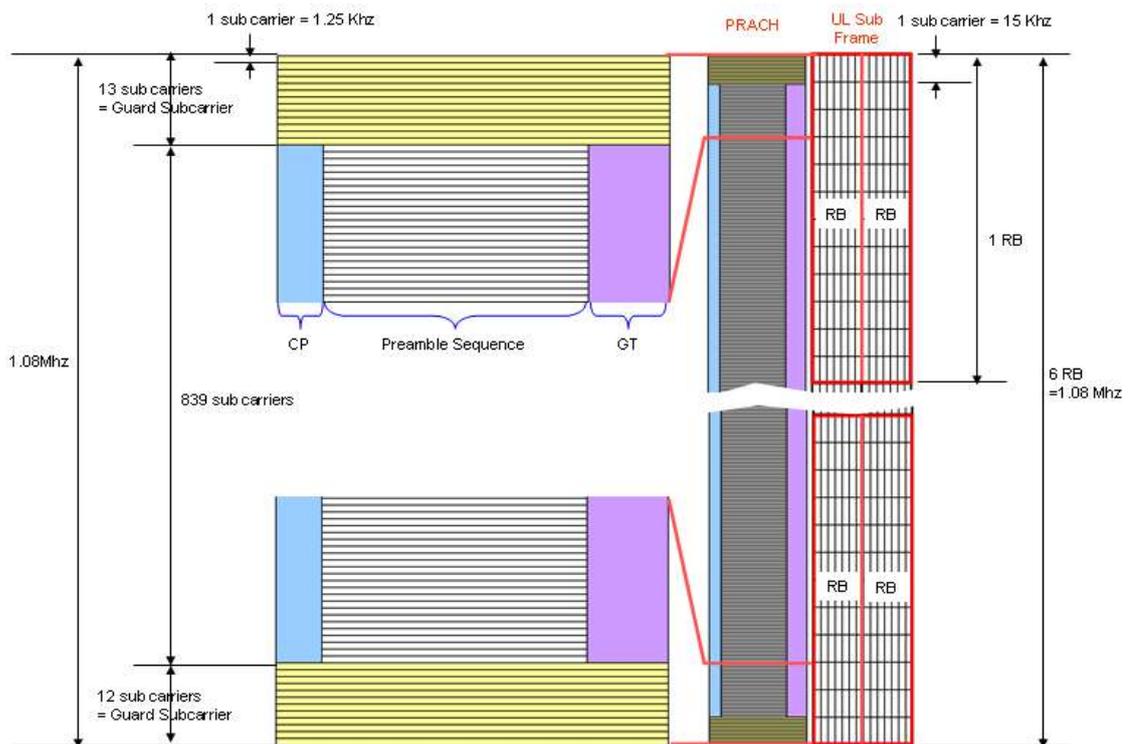
Le format 1 par rapport à 0 et le format 3 par rapport à 2 ont une période de garde plus longue, ce qui permet une plus grande taille de cellule. L'inconvénient est que lorsque le temps de préfixe cyclique, le temps de séquence et la période de garde sont totalisés, certains formats nécessitent plusieurs sous-trames pour la transmission. [14]

## **II.4.7 Structure du signal PRACH**

### **II.4.7.1 Signal PRACH dans le domaine fréquentiel**

La figure suivante montre la structure du signal préambule PRACH en comparaison avec la sous-trame Uplink normal. Quelques points à mentionner spécialement sont :

- La longueur du préambule dans le domaine de fréquence est de 6 RB de sous-trame UL, soit 1,08 Mhz
- La longueur du préambule dans le domaine de temps, y compris le temps de garde (= longueur CP + longueur SÉQUENTIELLE + longueur GT) peut être de 1, 2 ou 3 selon le format du préambule
- Un sous-porteur de Préambule PRACH est 1.25 KHz alors que 1 sous-porteur de sous-porteur UL est 15 KHz. Cela signifie que 12 sous-porteuse préambule équivaut à 1 sous-porteuse sous-trame UL.



La figure II.5 Signal PRACH dans le domaine de fréquentiel

Le PRACH est une sorte de Zadoff Chu Séquence généré par l'équation suivante. Sachez que cette séquence est attribuée le long du domaine de fréquence

$$x_u(n) = e^{-j\frac{\pi un(n+1)}{N_{zc}}} , 0 \leq n \leq N_{zc} - 1 \quad (2.1)$$

Où u : indice de séquence racine physique

UE peut sélectionner une séquence racine logique basée sur `RachRootSequenceIndex`. Une fois UE choisir une valeur d'index de séquence racine logique spécifique

`Nzc` indique 'nombre de données dans la séquence Zadoff Chu'. Ce nombre est fixé à 839 dans le format de préambules 1, 2,3 et 139 dans le format de préambule 4

Il y a 64 préambules disponibles pour chaque cellule et l'UE doit être en mesure de générer les 64 préambules pour la cellule sur laquelle elle veut camper.

Il est facilement de générer 64 préambules différents simplement en déplaçant de façon cyclique une séquence existante, mais il y a une condition pour cela. Toutes les séquences de Préambule doivent être orthogonale l'une de l'autre. Dans le cas contraire, plusieurs préambules provenant de multiples UE dans la même cellule peuvent s'interférer. Nous devons donc décaler la séquence générée par une valeur spécifiquement conçue et cette valeur est appelée Cv (Cyclic Shift Value).

### II.4.7.2 Signal PRACH dans le domaine temporel

Pour transmettre les données de la séquence de préambule PRACH. Nous devons convertir ces données en une séquence de domaine temporel et cette conversion est effectuée par le processus suivant.

Une fois que la séquence Zadoff Chu de domaine de fréquence est obtenue comme décrit ci-dessus, vous pouvez la brancher dans l'équation suivante et avec quelques paramètres supplémentaires, vous pouvez générer la séquence PRACH de domaine de temps.

$$K = \Delta f / \Delta f_{RA} \tag{2.2}$$

Séquence PRACH                      séquence Zadoff Chu  
 Dans le domaine temporel

$$k_0 = n_{PRB}^{RA} N_{SC}^{RB} - N_{RB}^{UL} N_{SC}^{RB} / 2 \tag{2.3}$$

$$S(t) = \beta_{PRACH} \sum_{k=0}^{N_{ZC}-1} \sum_{n=0}^{N_{ZC}-1} x_{u,v}(n) * e^{-j\frac{2\pi nk}{N_{ZC}}} * e^{j2\pi(k + \frac{K}{2} + K(k_0 + 1/2))\Delta f_{RA}(t - T_{CP})} \tag{2.4}$$

$$0 \leq t \leq T_{SEQ} + T_{CP}$$

Format de préambule	$T_{CP}$	$T_{SEQ}$
0	$3168 * T_S$	$24576 * T_S$
1	$21024 * T_S$	$24576 * T_S$
2	$6240 * T_S$	$2 * 24576 * T_S$
3	$21024 * T_S$	$2 * 24576 * T_S$
4	$448 * T_S$	$4096 * T_S$

Format de préambule	$\Delta f_{RA}$	$\varphi$
0-3	1800HZ	7
4	7520HZ	2

Figure II.6 Génération de signal PRACH dans le domaine temporel [12]

## II.5 SIB (système information blocs)

Les blocs d'information du système en LTE, les SIB contiennent des renseignements pertinents pour l'UE, ce qui aide l'UE à accéder à une cellule, à effectuer une nouvelle sélection de cellules, des renseignements liés aux sélections de cellules INTRA-FREQUENCY, INTER-FREQUENCY et INTER-RAT.

La liste des SIB est de plus en plus longue. Nous avons commencé avec environ 12 SIB et maintenant (en janvier 2020. Release 15), le plus grand numéro de type des SIB est SIB24.

En LTE, pour qu'un UE puisse accéder à l'eNB, il faut au moins deux SIB (SIB1 et SIB2). Les informations relatives à SIB2-SIB13 sont contenues dans les messages S1 et sont incluses SIB1.

### II.5.1 Les terminologies SIB 1, SIB 2

#### II.5.1.1 Le SIB 1

- Informations relatives à l'accès aux cellules - Liste d'identité PLMN, Identité PLMN, Code TA, Identité de la cellule et Statut de la cellule
- Information sur la sélection des cellules - Niveau de réception minimal
- Information sur la planification - Type de message S1 et périodicité, Information sur la SIB mapping , Longueur de la fenêtre S1

#### II.5.1.2 Le SIB 2

- Interdiction d'accès à l'information - Facteur de probabilité d'accès, la liste ACB (Access Class Baring), ACBT (Access Class Barring Time)
- Configuration de canal commun semi-statique - Paramètre d'accès aléatoire, Configuration PRACH
- Informations sur la fréquence UL - UL EARFCN, bande passante UL, transmission supplémentaire
- Configuration MBSFN

Les **SIB** qui sont essentielles pour la fixation initiale et doivent être détectées/décodées avant de tenter de les fixer à une cellule. Souvent, le contenu de SIB est modifié en fonction de la situation et **UE** devrait pouvoir être

mis à jour avec la SIB modifiée en fonction du processus de modification de SIB [15]

## II.6 Les compteurs

Des compteurs sont utilisés pour recueillir des données statistiques, Différents types de compteurs sont utilisés pour recueillir des données observables

### II.6.1 Les type des compteurs

Les 9 types de compteurs sont disponibles : **Peg, Gauge, Accumulator, Scan, PDF, Discrete distributed measurements (DDM), Calculated , TrigACC, TrigSCAN**

-On va définir Quelques définitions des compteurs utilisés dans ce scénario :

**Peg** – un compteur qui augmente de 1 à chaque occurrence d'une activité spécifique.

**PDF** – une liste des valeurs d'intervalle. Une valeur est échantillonnée (lue) périodiquement. Si la valeur se situe dans un certain intervalle, le compteur d'intervalle pour cette plage est augmenté. Par exemple, si les valeurs **SIR** sont divisées en trois intervalles : intervalles 1 = [-11 dB à -4 dB], intervalles 2 = [-4 dB à +4 dB], intervalles 3 = [+4 dB à +20 dB], et une valeur est lue toutes les 3 minutes sur une période de 15 minutes (valeurs = -10, -3, +5, +5, +6), alors les trois compteurs de gamme sont déclarés comme compteur d'intervalle1 = 1, compteur d'intervalle2 = 1, compteur d'intervalle3 = 3. [16]

## II.7 Optimisation de réseau LTE :

La qualité de service du réseau LTE est évaluée de façon objective à travers l'analyse des compteurs et des KPI. L'analyse quotidienne de ces derniers donnent aux ingénieurs une vue globale sur le déroulement des connexions dans chaque région, et permet ainsi de localiser les zones d'anomalies. Notre plateforme de supervision ENIQ, va nous permettre de visualiser les variations de tous les KPI. Une analyse détaillée de ces graphes nous permettra de détecter toutes les anomalies du réseau et de proposer, dans la mesure du possible, des solutions. Ceci permettra d'assurer aux abonnés une meilleure qualité de service. Pour arriver à un résultat optimal, la procédure d'optimisation d'un réseau, passe essentiellement par trois phases. La première phase est consacrée aux mesures et au stockage des KPI. La

deuxième phase servira à l'analyse des résultats et la localisation des problèmes. Enfin, la dernière phase, consiste à proposer des solutions optimales pour diminuer le taux d'erreur. La figure résume le processus d'optimisation.

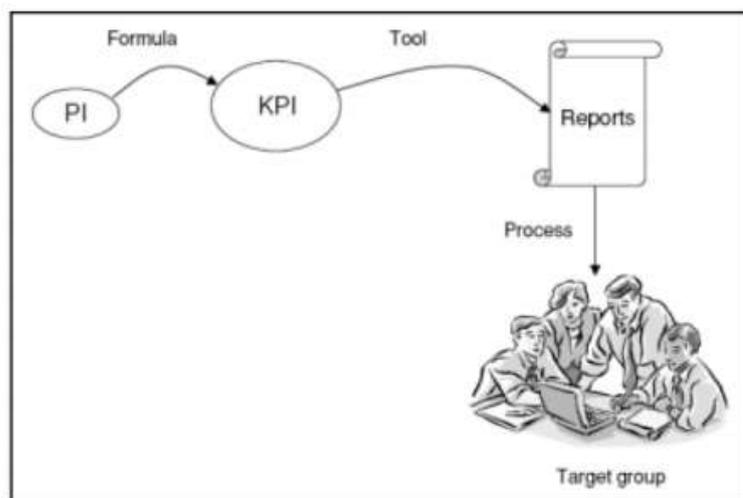


Figure II.7 Analyse des KPI

## II.8 Déroulement de l'optimisation :

L'analyse quotidien des KPI donne aux ingénieurs une vue globale sur le déroulement des connexions dans chaque région et ainsi de localiser les zones à problèmes. Le travail de l'ingénieur consiste à trouver des solutions pour chaque problème rencontré afin d'assurer aux abonnés une meilleure qualité de service. L'optimisation comporte 06 volets essentiels comme illustrée ci-dessous :

**1-Optimisation RF physique** : c'est le changement des plans de planification pour régler les problèmes d'interférences parmi les KPI utilisés : SINR, RSRP, RSRQ et RSSI.

**2-Optimisation de throughput** : c'est l'optimisation des taux de téléchargement dans le sens montant (UL) et dans le sens descendant (DL), parmi les KPI utilisés :throughput DL-UL, PRB usage

**3-Optimisation de signalisation** : c'est l'optimisation des processus d'authentification, sécurisation et établissement des services, parmi les KPI,

nous trouvons : KPI Random Access, KPI Initial NAS msg, KPI NAS security, KPI S1 init setup et KPI RRC.

**4-Optimisation des appels et les données** : c'est l'optimisation de la capacité du réseau à retenir les appels et le téléchargement des données par un utilisateur pour une durée souhaitée, parmi les KPI utilisés : RRC Con SSR, E-RAB DROP, Radio bearer Drop Ratio et RRC connection Re-Etablissement.

**5-Optimisation de la mobilité** : c'est l'optimisation du processus handover pour améliorer la qualité de service radio, parmi les KPI's utilisés : HO Succes Ratio, Intra HO SR, Inter S1based HO et Inter X2 based HO.

**6- Optimisation de la capacité du réseau** : c'est l'optimisation des formats des canaux logiques et physiques, pour augmenter le nombre d'utilisateurs, parmi les KPI : PDCP Throughput, PRB Usage, PDCCH optimisation, PUCCH optimisation et PUSCH optimisation.

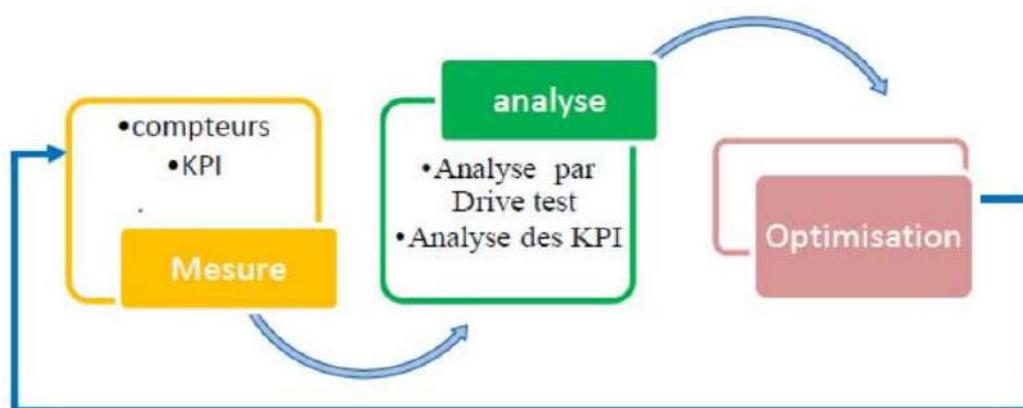


Figure II.8 Schéma général du processus de l'optimisation.

## II.9 Le taux de succès RRC

Lorsque l'UE veut se connecter au réseau, il doit configurer une connexion RRC, mais avant cela, il doit être synchronisé en liaison montante. Ceci est fait en envoyant un préambule RACH (Msg1) à l'eNB et l'eNB répond avec une réponse d'accès aléatoire (RAR alias Msg2). C'est là que l'UE envoie un Msg3 également connu sous le nom de demande de connexion RRC et cela marque la tentative pour le KPI du taux de réussite RRC. Ce message contient l'objectif de

la connexion et basé sur le fait qu'il est subdivisé en catégories principales suivantes :

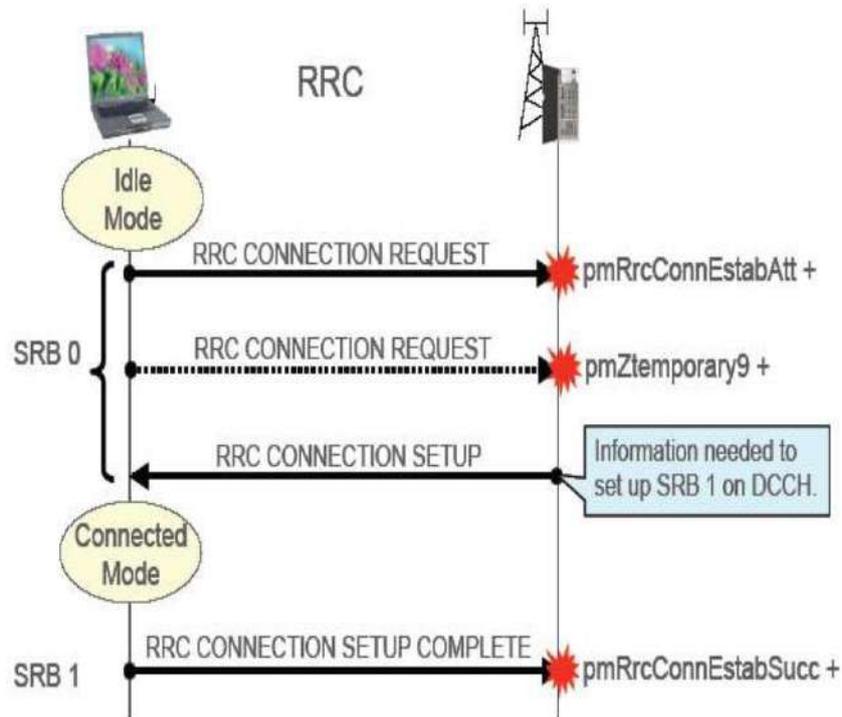
- **Mo-data** : Habituellement utilisé pour l'**UE** revenant du mode inactif s'il a des données à envoyer ou s'il doit passer un appel
- **Mo-signaling** : Le plus souvent observé pour les **TAU** et les messages joints
- **Mt-access** : inactif **UE** répond à un message de paging
- **Emergency**
- **High Priority Access** : Il contient également une identité UE qui peut être une valeur TMSI si l'UE était déjà attachée à LTE et avait une allocation TMSI ou il peut s'agir d'une valeur aléatoire indiquant que l'UE ne sait pas au sujet de son TMSI ou qu'elle pourrait provenir d'un autre RAT.

Sur la base de cette demande, l'eNB envoie un message de configuration de connexion RRC qui contient les informations de SRB et certains paramètres radio de base comme le contrôle de puissance, la périodicité SRI & CQI. [17]

**-Les trois phases de signalisation** : Les trois phases de signalisation sont : RRC, s1, E-RAB, Dans notre projet on va analyser la phase de signalisation RRC entre UE et l'encode B.

## II.10 Établissement de connexion de la RRC

La figure suivant représente les procédures de signalisation RRC



**FIGURE II.9 Établissement RRC avec procédure de configuration RRC [16]**

L'établissement de la connexion RRC est utilisé pour effectuer la transition du mode inactif RRC vers le mode connecté RRC. L'UE doit effectuer la transition vers le mode connecté RRC avant de transférer des données d'application ou d'effectuer des procédures de signalisation.

- La procédure d'établissement de la connexion RRC est toujours initiée par l'UE mais peut être déclenchée par l'UE ou le réseau. Par exemple, l'UE déclenche l'établissement d'une connexion RRC si l'utilisateur final lance une application pour naviguer sur Internet ou pour envoyer un email. De même, l'UE déclenche l'établissement de la connexion RRC l'UE déclenche l'établissement de connexion RRC si l'UE se déplace dans une nouvelle Tracking Area et doit compléter la Tracking Area

Mise à jour de la procédure de signalisation. Le réseau déclenche la procédure d'établissement de connexion RRC en envoyant un message Paging. Cela pourrait être utilisé pour permettre la livraison de un SMS entrant ou la notification d'un appel vocal entrant.

- L'établissement de connexion RRC pour LTE est relativement simple par rapport à l'établissement de connexion RRC pour UMTS.

- Ces les protocoles sont utilisés pour configurer une liaison radio et une nouvelle connexion de transport. L'architecture réseau plate pour LTE supprime l'exigence de ces procédures de signalisation
- Dans le cas de la technologie LTE, le message initial de la Non-Access Stratum (NAS) est transféré dans le cadre de la procédure d'établissement de la connexion RRC. Dans le cas de l'UMTS, le message initial NAS est transféré après la procédure d'établissement de la connexion RRC. L'approche utilisée par LTE aide à réduire le délai d'établissement de la connexion
- L'établissement de connexion RRC configure le Signaling Radio Bearer (SRB) 1 et permet à la signalisation subséquente d'utiliser le Dedicated Control Channel (DCCH) plutôt que le Common Control Channel (CCCH) utilisé par SRB 0.
- La signalisation pour l'établissement de connexion RRC. en utilisant uniquement la signalisation RRC.

### II.10.1 Les Compteurs de l'établissement connexion RRC

Nom du compteur	Objet géré	Description	Type du compteur
pmRrcConnEstabAtt	EutranCellFDD	Le nombre total des tentatives de demande de connexion <b>RRC</b> par cellule. Ce compteur est en marche à la réception d'un message " <b>RRC CONNECTION REQUEST</b> "	PEG
pmZtemporary9 (pmRrcConnEstabAttR eatt)	EutranCellFDD	Nombre total des tentatives de demande de connexion <b>RRC</b> qui sont considérées comme des nouvelles tentatives. Ce compteur est en marche à la réception d'une " <b>RRC CONNECTION REQUEST</b> " alors qu'une configuration de connexion RRC est déjà en cours pour ce <b>S-TMSI</b> .	PEG
pmRrcConnEstabSucc	EutranCellFDD	Nombre total d'établissements de raccordement de la <b>RRC</b> réussis par cellule	PEG

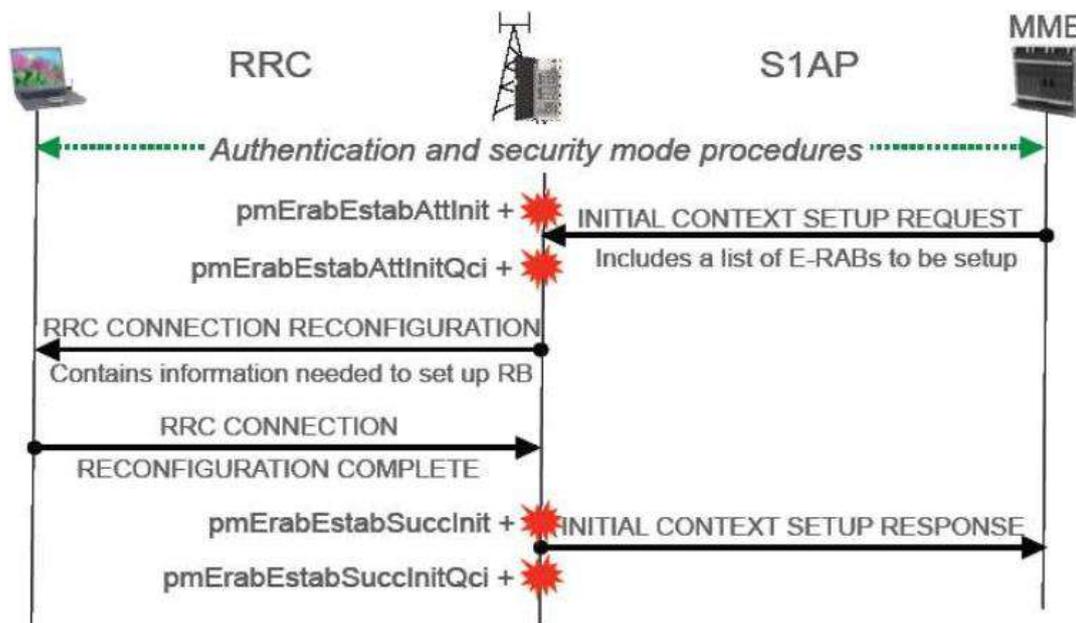
		Ce compteur est placé à la réception d'un message "RRC CONNECTION SETUP COMPLETE "	
--	--	--	--

**Tableau II.2 Description des compteurs des établissements de connexion de la RRC**

### II.11 Taux de réussite initial de l'établissement de l'E-RAB

- La procédure Initial Context Setup est déclenchée par le MME en envoyant le message S1AP INITIAL CONTEXT SETUP REQUEST. Ce message comprend des renseignements sur le premier E-RAB électronique à être mis en place. Vous y trouverez des renseignements sur les algorithmes de sécurité et les clés de sécurité à utiliser.
- Le RBS applique les informations de sécurité et informe l'UE en utilisant le message SECURITY MODE COMMAND. L'UE répond avec SECURITY MODE COMPLETE. Après ce point, toutes les données entre l'UE et le RBS sont chiffrées et la signalisation de contrôle est protégée par l'intégrité
- Suite à l'activation réussie de la sécurité, le RBS alloue des ressources pour le premier Data Radio Bearer. Les ressources pour SRB2 sont également
- allouées. Le RBS configure l'UE en envoyant le message RRC CONNECTION RECONFIGURATION.
- L'UE répond avec RRC CONNECTION RECONFIGURATION COMPLETE et la procédure est terminée une fois que le RBS a envoyé INITIAL CONTEXT SETUP RESPONSE au MME

### II.11.1 les Compteurs du taux de réussite initial de l'établissement E-RAB



La figure II.10 Établissement E-RAB avec configuration du contexte initial

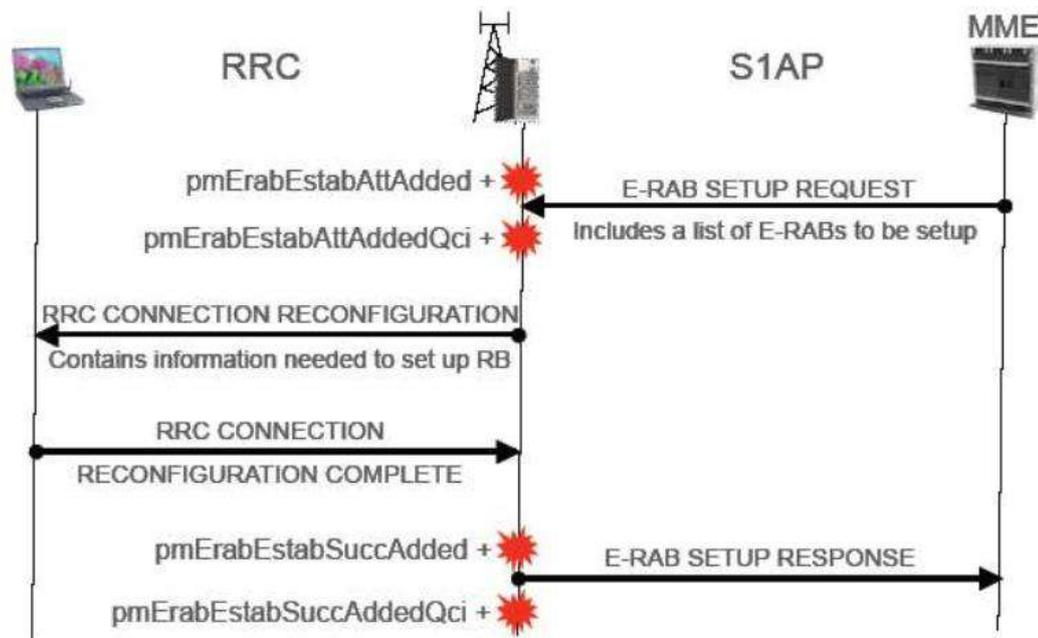
Nom du compteur	Objet géré	Description	Type du compteur
pmErabEstabAttlnit	EutranCellFDD	Le nombre total des tentatives <b>E-RAB</b> initiales d'établissement par cellule. Les premiers <b>E-RAB</b> sont tous les <b>E-RAB</b> présents dans le message S1 "Initial Context Setup Request". Ce compteur est en marche pour chaque <b>E-RAB</b> reçu dans le message <b>S1</b> "Initial Context Setup Request".	PEG
pmErabEstabAttlnitQci	EutranCellFDD	Le nombre total des tentatives de configuration <b>E-RAB</b> initiales par <b>QCI</b> compressé : Vrai.	PDF

		Ce compteur est en marche pour chaque tentative d'établissement de la <b>E-RAB</b> par <b>QCI</b> à la réception du message <b>S1-AP</b> "Initial Context Setup Request".	
<b>pmErabEstabSucclnit</b>	EutranCellFDD	Le nombre total des tentatives initiales d'établissement E-RAB réussies par cellule. Les E-RAB initiaux sont tous les E-RAB présents dans le message S1 "Initial Context Setup Request". Ce compteur est en marche pour chaque <b>E-RAB</b> initial établi avec succès.	PEG
<b>pmErabEstabSucclnitQci</b>	EutranCellFDD	Le nombre total de configurations initiales réussies de l' <b>E-RAB</b> par <b>QCI</b> Compressé : vrai. Ce compteur est en marche pour chaque tentative d'établissement de l' <b>E-RAB</b> réussie par <b>QCI</b> à la transmission du message <b>S1-AP</b> "Initial Context Setup Response".	PDF

**Tableau II.3 Description des compteurs du taux de réussite initial de l'établissement E-RAB**

### II.12 Ajout du taux de réussite de l'établissement de l'E-RAB

Défini comme le taux de réussite de l'accessibilité pour les services aux utilisateurs finaux qui est assuré par les E-RAB inclus dans la procédure de configuration de l'E-RAB



La figure II.11 Établissement E-RAB avec procédure de configuration E-RAB

#### II.12.1 compteurs l'Ajout de taux de réussite de l'E-RAB

Nom du compteur	Objet géré	Description	Type du compteur
pmErabEstabAttAdded	EutranCellFDD	<p>Nombre total des tentatives d'établissement ajoutées par cellule.</p> <p>Les <b>E-RAB</b> ajoutés sont tous <b>Les E-RAB</b> présents dans le message <b>S1 "E-RAB Setup Request"</b>.</p> <p>Ce compteur est en marche pour chaque porteur reçu dans le message <b>S1 "E-RAB Setup Request"</b>.</p>	PEG

pmErabEstabAttAddedQci	EutranCellFDD	des tentatives d'établissement supplémentaires de l' <b>E-RAB</b> par <b>QCI</b> Compressé : Vrai. Ce compteur est en marche pour chaque tentatives d'établissement de l' <b>E-RAB</b> par <b>QCI</b> à la réception du message <b>S1-AP "E-RAB Setup Request"</b> .	PDF
pmErabEstabSuccAdded	EutranCellFDD	Le nombre total d' <b>E-RAB</b> ajoutés avec succès par cellule. Les <b>E-RAB</b> ajoutés sont tous des <b>E-RAB</b> présents dans le message <b>S1 "E-RAB Setup Request"</b> . Ce compteur est en marche pour chaque porteur ajouté qui est établi avec succès.	PEG
pmErabEstabSuccAddedQci	EutranCellFDD	Nombre total des tentatives d'établissement supplémentaires de l' <b>E-RAB</b> par <b>QCI</b> Compressé: Vrai. Ce compteur est en marche pour chaque tentatives d'établissement de l' <b>E-RAB</b> par <b>QCI</b> à la transmission du message <b>S1-AP "E-RAB Setup Request"</b> .	PDF

**Tableau II.4 Description des compteurs de de taux de réussite de l'effectif de l'E-RAB**

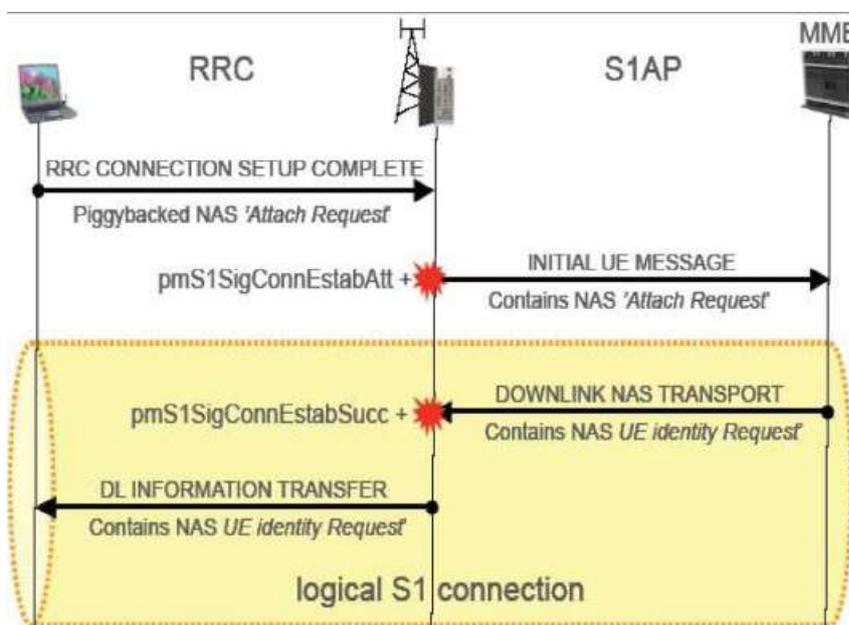
### II.13 Établissement de connexion de signalisation S1

L'UE finalise l'établissement de la connexion RRC en envoyant le message RRC Connection Setup Complete à l'eNodeB. L'UE indique le PLMN sélectionné et fournit un message NAS à l'eNodeB. Dans ce cas, le message NAS est Attach Request.

Le message Attach Request est fourni à la MME dans le « Initial UE Message ». L'UE est identifiée par le GUTI ou l'IMSI (dans le message Attach Request)

MME envoie une demande d'informations d'authentification au HSS, y compris à l'IMSI, pour identifier l'UE /l'abonné.

Le HSS répond par une réponse sur l'information d'authentification y compris le nombre demandé de vecteurs d'authentification (Kasme, RAND, AUTN, XRES) utilisés pour la sécurité et l'authentification entre l'UE et le réseau. Le MME demande l'authentification de l'UE en envoyant le message NAS « Authentication Request » to the UE including the selected RAND and AUTN, using the RRC DL Information Transfer



La figure II.12 Établissement connexion de signalisation S1 avec procédure de configuration S1

### II.13.1 Les compteurs de l'établissement de connexion de signalisation S1

Nom du compteur	Objet géré	Description	Type du compteur
pmS1SigConnEstabAtt	EutranCellFDD	Cette mesure indique le nombre des tentatives d'établissement de connexion de signalisation <b>S1</b> pour toute cause d'établissement par cellule. Ce compteur est placé à la transmission du "INITIAL UE MESSAGE".	PEG
pmS1SigConnEstabSucc	EutranCellFDD	Nombre total d'établissements de connexion de signalisation <b>S1</b> réussis par cellule. Ce compteur est en marche lorsque le premier message est porté par la connexion logique <b>S1</b> .	PDF

Tableau II.5 Description des compteurs de connexion de signalisation S1

[16]

## II.14 Conclusion

Dans la première partie de ce chapitre, nous avons présenté les KPI, ainsi que les procédures utilisées pour la signalisation d'accès aléatoire

Dans la deuxième partie de ce chapitre, nous avons présenté un modèle analytique simple sur les trois phases de la signalisation d'accessibilité. Nous avons présenté quelques exemples sur les compteurs de la récupération des

donnée à partir du radio base station, et nous avons parlé sur les cas d'échec de la configuration de la RRC en raison d'une absence de réponse.

Toutes ces notions seront adoptées par la suite pour notre planification et optimisation, qui est le contexte de chapitre 3

## **Chapitre III : résultats de la simulation et leur application**

### III.1 Introduction

Ce chapitre introduit les procédures utilisées pour la gestion et l'optimisation du réseau LTE d'Ericsson.

Ce Chapitre couvre en détail comment analyser les aspects les moins performants du réseau LTE et d'identifier la cause des problèmes de réductions de performance. Ces problèmes peuvent provenir de plusieurs sources telles qu'une mauvaise configuration des nœuds, équipements obsolètes, interférence ou incompatibilités entre les nœuds ...etc.

Dans cette phase pratique, nous allons faire l'optimisation pour une zone couvertes par un seul site. Et pour cela nous allons utiliser l'outil ENIQ, vous trouverez dans ce chapitre les résultats de la planification avec l'optimisation

### III.2 Environnement de logiciel

Pendant le développement de certaines activités telles que l'optimisation ou le dépannage, est parfois nécessaire pour obtenir des statistiques pour certaines cellules. Les statistiques recueillies sont stockées dans le serveur ENIQ.

Ericsson Network IQ Statistics (ENIQ) est une application de gestion des performances pour multi -fournisseurs et multi-technologies .Il recueille et traite des données à des fins de production de rapports sur le rendement et planification des ressources.

ENIQ permet de visualiser de bout en bout les performances du réseau sur plusieurs technologies et fournisseurs .Analyse des tendances historiques et utilisation des capacités

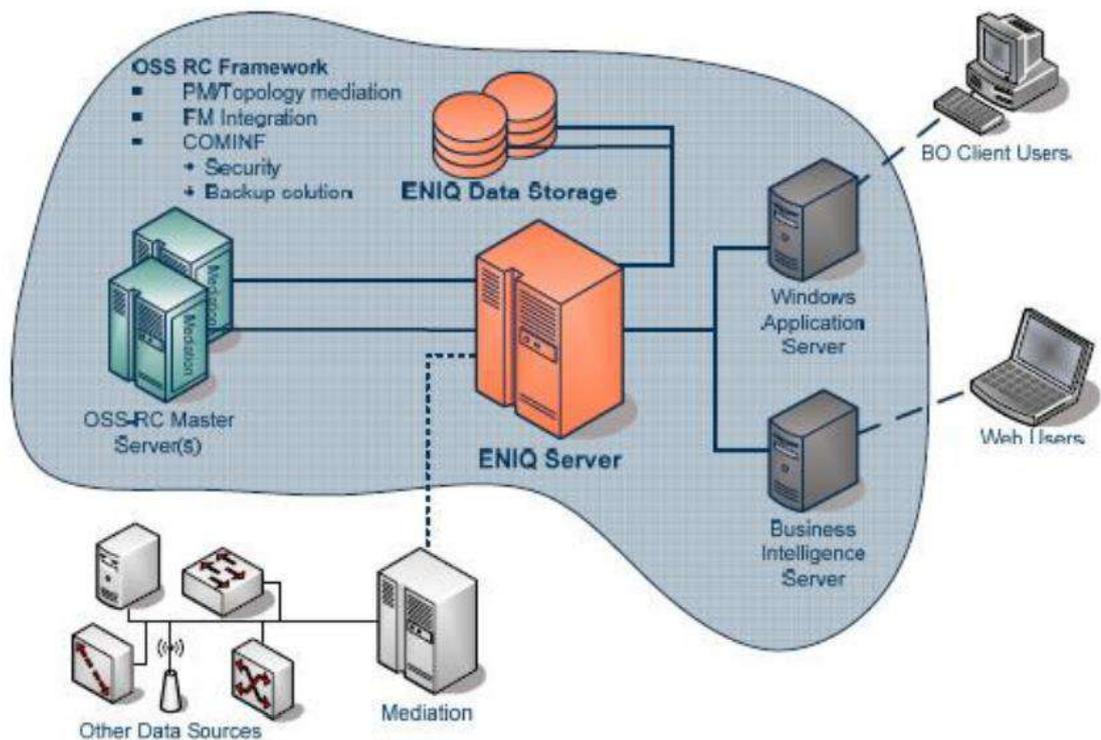


Figure III .1 manipulation des statistiques au niveau du système ENIQ

### III.3 Les Procédure de création d'un rapport

Pour créer des rapports ENIQ dans WebApp, les étapes suivantes doivent être suivies :

1. Ouvrez l'application Web ENIQ, recherchez le menu **Applications** et sélectionnez **Intelligence Web**.

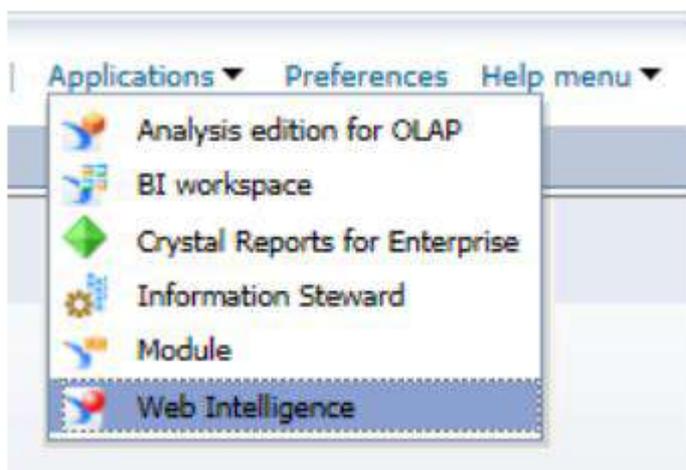


Figure III.2 visualisation de fenêtre application

2. Créer new **Web Intelligence** document

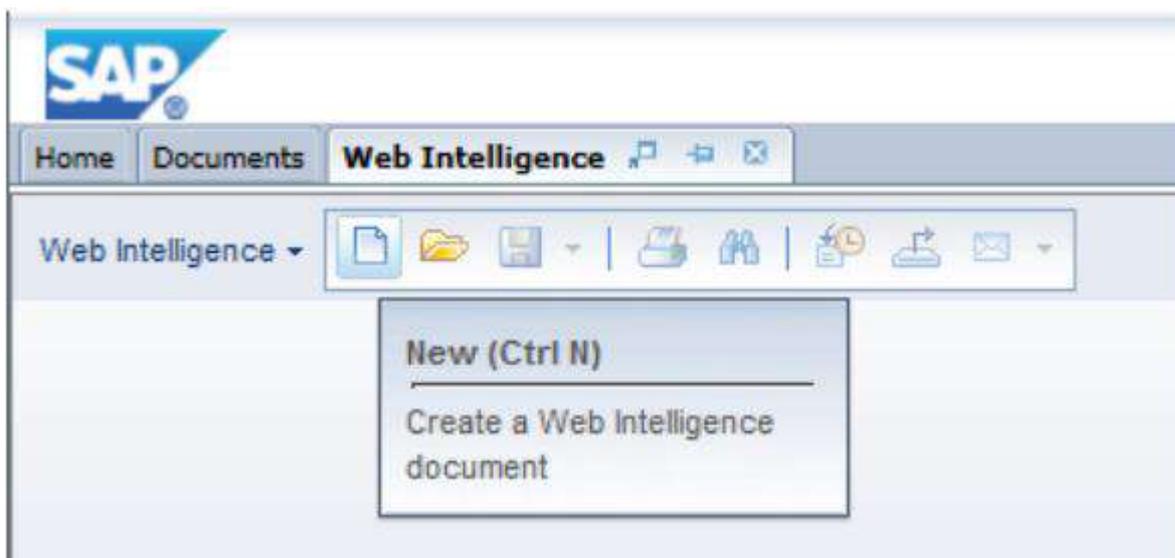


Figure III.3 ouverture d'un nouvelle projet

3. Sélectionnez **Universe** comme source de données et cliquez sur OK.

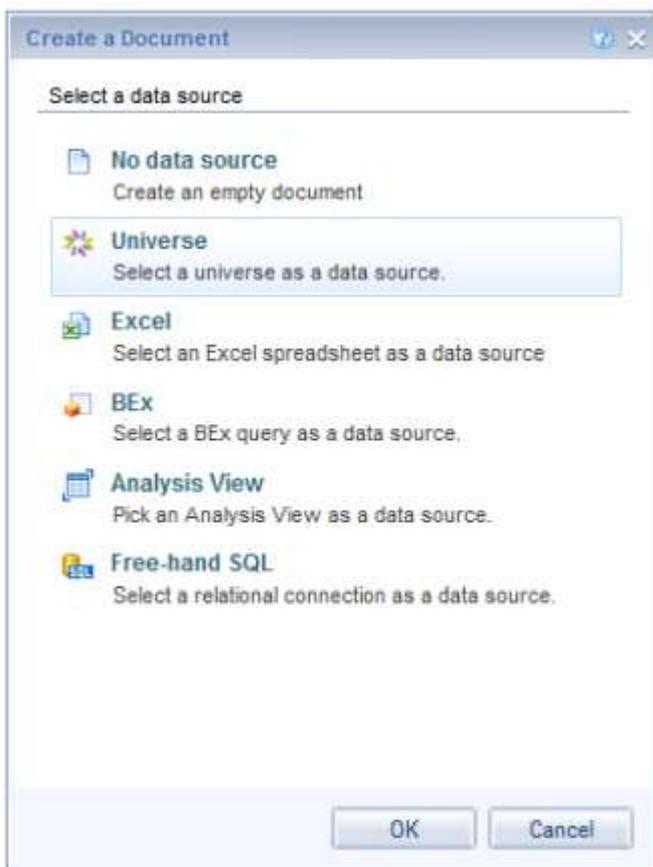


Figure III.4 sélection de la source des données

4. Sélectionner l'univers approprié en fonction de nos besoins (dans mon cas TP Ericsson ERBS PM)

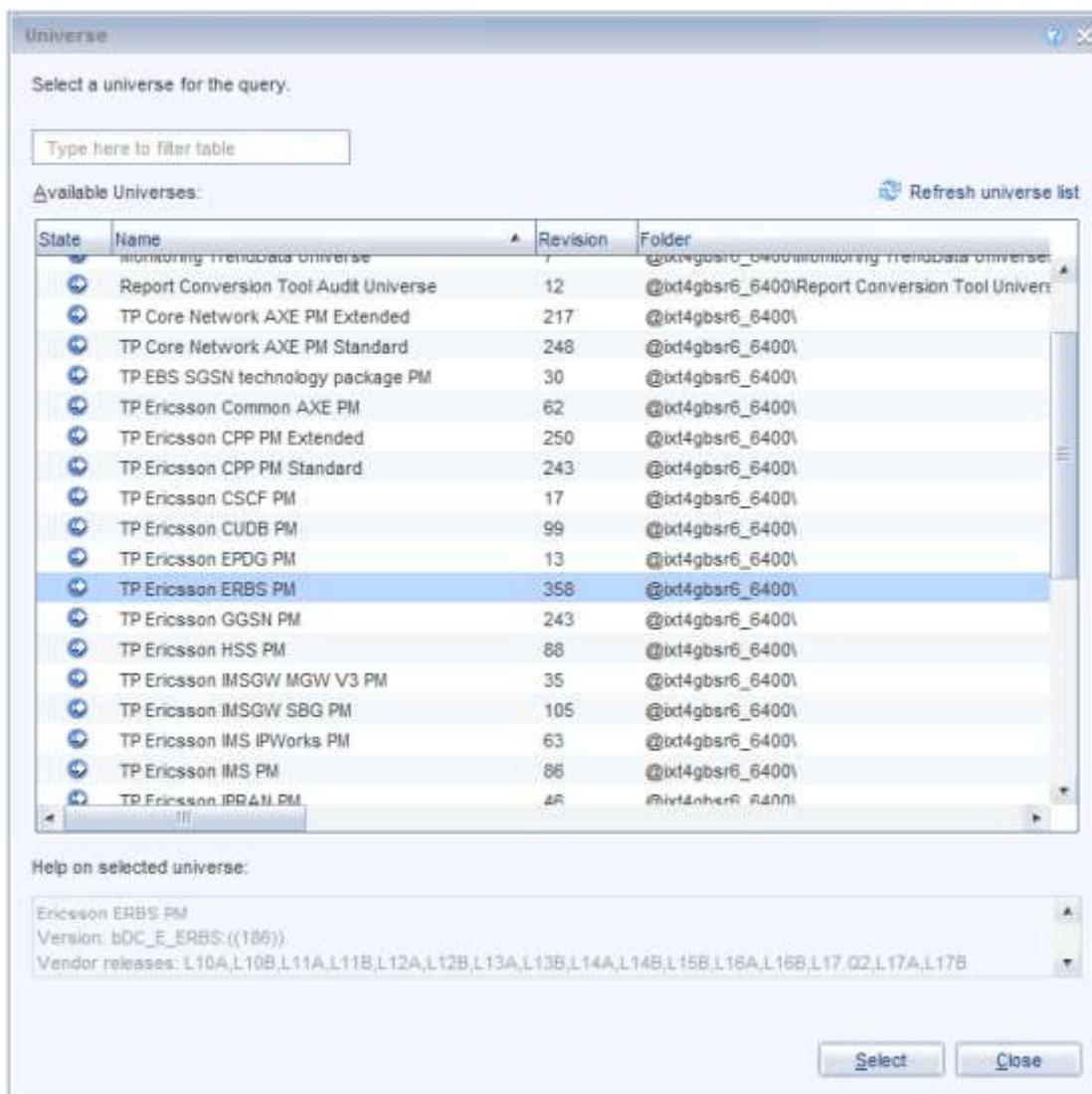
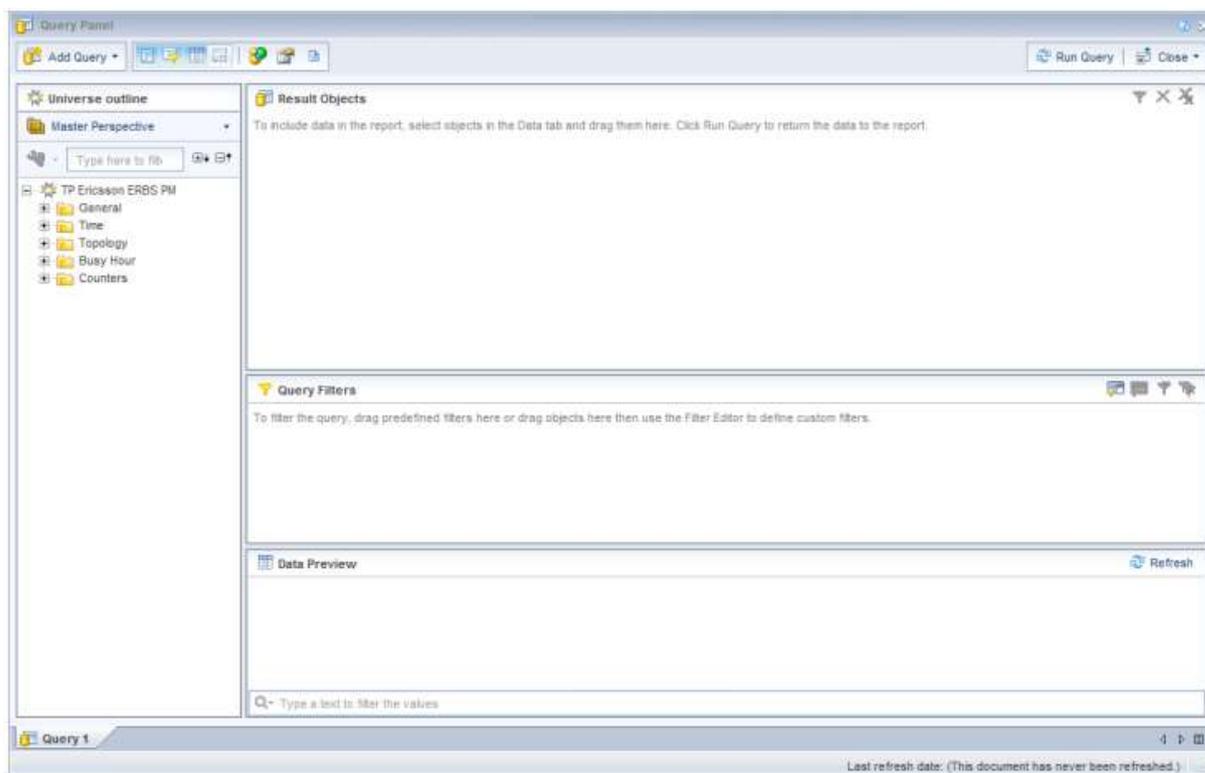


Figure III.5 les univers disponible

5. Un **Query Panel** sera ouvert



**Figure III.6 visualisations de fenêtre Query Panel**

6. Dans le panneau de requête, nous pouvons sélectionner différents éléments en fonction de l'univers que nous avons sélectionné. À l'étape 4 : Heure (heure, date, année, mois, etc.), topologie (ERBS, EUTRANCell, EUTRANRelation, etc.), compteurs, etc

7. Faites glisser ou double-cliquez sur les éléments dont nous avons besoin pour afficher les objets de résultats. Ces éléments seront les colonnes de notre rapport. Selon l'élément de temps que nous sélectionnons, il affichera le type d'agrégation dans le rapport : heure, jour, mois, etc., ou s'il n'est pas spécifié, le temps d'agrégation sera la période entière.



**Figure III.7 visualisations de fenêtre Result Objects**

8. Faites glisser ou double-cliquez sur o **Query Filters** les filtres pour faire des requêtes dans notre rapport.



Figure III.8 visualisations de fenêtre Query Filters

9. Si nous le voulons, nous pouvons obtenir un aperçu de notre requête avant de poursuivre avec le rapport. Sinon, nous passerons à l'étape suivante. Nous cliquons sur **Refresh** sur le panneau d'aperçu des données et nous saisissons les données selon les filtres définis à l'étape 8

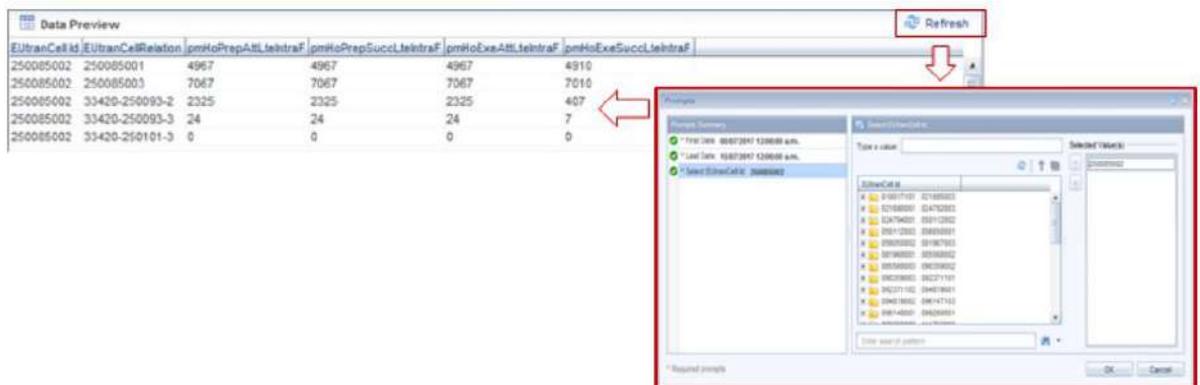


Figure III.9 création les données des compteurs

10. Si nous sommes d'accord avec la requête créée, nous cliquons sur **Run Query** en haut du panneau de requête et nous saisissons les données. Selon nos filtres de l'étape 8



Figure III.10 insertion les données des compteurs

11. Le rapport sera présenté comme un nouveau document.

### Rapport 1

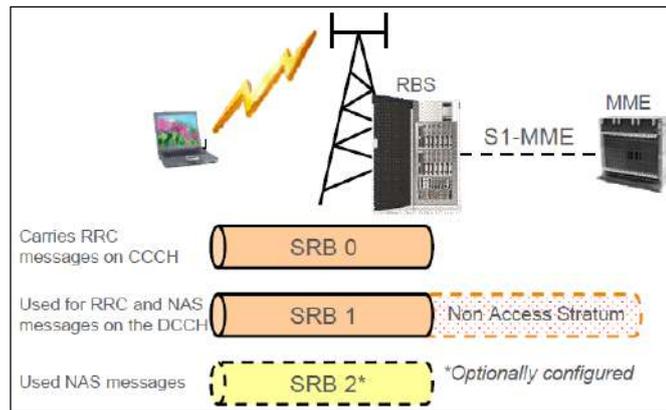
EUtranCell Id	EUtranCellRe	pmHoPrepAtti	pmHoPrepSu	pmHoExeAttl	pmHoExeSuc
250085002	250085001	4967	4967	4967	4910
250085002	250085003	7067	7067	7067	7010
250085002	33420-25009	2325	2325	2325	407
250085002	33420-25009	24	24	24	7
250085002	33420-25010	0	0	0	0
250085002	33420-25010	1	1	1	0
250085002	33420-25010	0	0	0	0

Figure III.11 visualisations d'un nouvelle rapport [19]

## III.4 Les procédures d'accessibilité LTE

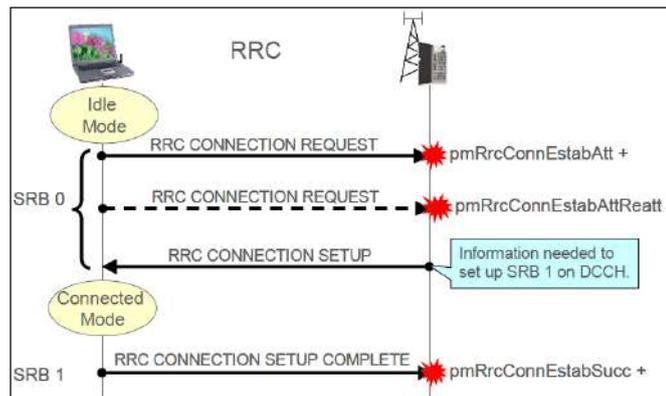
### III.4.1 Establishment de connexion RRC

Lorsque l'UE reçoit un message de pagination (mode inactif UE), a changé de Tracking area ou va configurer une session, il doit configurer une connexion de signalisation avec le réseau cœur. Ceci est initié avec une procédure d'établissement de connexion RRC. La connexion RRC est une connexion dédiée utilisée pour la signalisation de contrôle entre l'EUTRAN et une UE. Il comprend la connexion entre l'UE et l'EUTRAN, y compris toutes les ressources, c.-à-d. L1, L2 et L3. Avant qu'un échange de signalisation puisse se produire, un porteur radio est nécessaire. Le porteur radio disponible pour la transmission de messages RRC est défini comme le porteur radio de signalisation (SRB). L'EUTRAN prend en charge les SRB 0, 1 ET 2.



**Figure III.12 les procédures d'établissements d'une connexion RRC avec les messages SRB**

La procédure d'établissement de connexion RRC commence par l'envoi du message « RRC CONNECTION REQUEST » au RBS à l'aide du SRB 0. À la réception de ce message le compteur 'pmRrcConnEstabAtt' est incrémenté comme illustré ci-dessous. Le compteur 'pmRrcConnEstabAttReatt' est incrémenté pour tous les messages « RRC CONNECTION REQUEST » reçus alors qu'une configuration de connexion RRC est déjà en cours pour le même S-TMSI.



**Figure III.13 les procédures d'établissements d'une connexion RRC**

#### III.4.2 Etablissement Initial de l'E-RAB ou Ajout de l'E-RAB

Après avoir réussi les procédures de vérification de l'identité et de vérification en mode de sécurité le MME envoie la 'INITIAL CONTEXT SETUP REQUEST' au RBS, qui comprend une liste des E-RAB à établir, comme illustré ci-dessous. Le compteur PEG 'pmErabEstabAttlnit' est incrémenté pour tous les E-RAB dans la liste des E-RAB à mettre en place et le compteur PDF

'pmErabEstabAttInitQci' assure le suivi du nombre d'E-RAB demandés pour chaque valeur QCI.

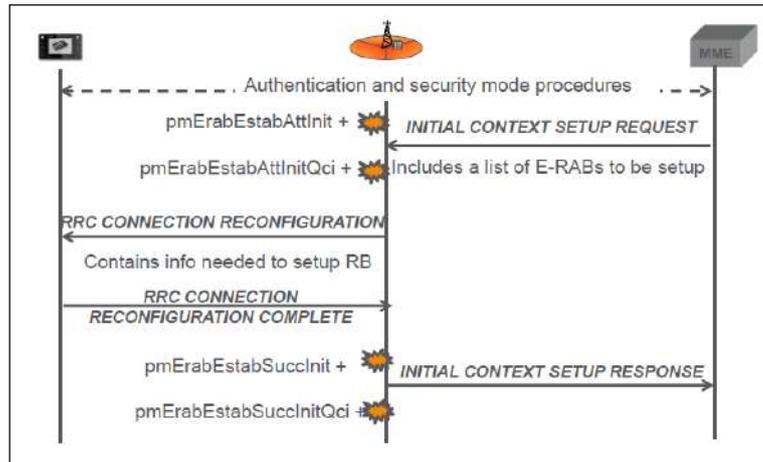


Figure III.14 les procédures d'établissements d'E-RAB

Le MME peut ajouter d'autres E-RAB à la connexion en envoyant le message « E-RAB SETUP REQUEST » au RBS, qui comprend également une liste des E-RAB à établir, comme l'illustre la figure ci-dessous. Le compteur PEG 'pmErabEstabAttAdded' est gradué pour chaque E-RAB reçu dans la liste des E-RAB à établir et le compteur PDF 'pmErabEstabAttAddedQci' fait le suivi du nombre des E-RAB demandés pour chaque valeur de le QCI.

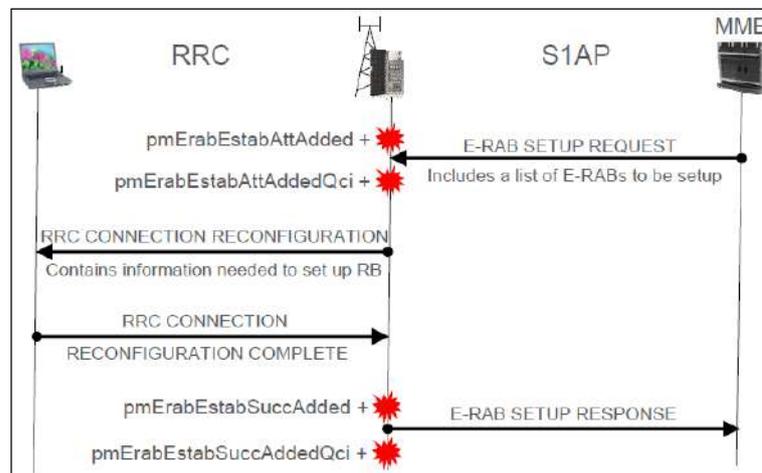


Figure III.15 les procédures d'établissements de l'ajout d'E-RAB

### III.5 Gestion des défaillances de l'accès aléatoire (RA)

Principales raisons possibles de l'échec de l'accès aléatoire

- Mauvaise planification du préambule du RA

- Mauvaise condition RF
- Forte interférence de liaison montante
- Cellule de sommeil

#### Approches générales d'optimisation

- Pour le réglage actuel de la plage de cellules (15 km), le paramètre "*rachRootSequence*" doit être différent d'au moins 10 entre deux voisins
- La fonction "Automated RACH Root Sequence Allocation" est utile
- Vérifier les mauvaises conditions RF. Augmenter la zone de couverture en réglant Tilt/Azimuths ou self/neighbor des sites
- En cas d'interférence UL

La cellule dormante est difficile à détecter. Lorsqu'il y a de nombreuses tentatives de RA sans succès (high pmRaFailCbraMsg2Disc), on soupçonne que la cellule dort. On essaie de lock/unlock la cellule, ou on recommence.

### III.6 Gestion des défaillances de configuration RRC

Les principales raisons de défaillance de la configuration RRC peuvent être résumées ci-dessous sous trois aspects :

- Capacité
- Radio
- Hardware

#### III.6.1 Capacité

##### III.6.1.1 Connected User License (CUL)

Le compteur PM "*pmRrcConnEstabFailLic*" est généralement utilisé pour vérifier le nombre total d'établissements de connexion RRC défaillants en raison du manque de licence des utilisateurs connectés.

En outre, nous vérifions par les étapes suivantes :

- Étape1. Vérification de la licence utilisateur connectée :  
licenseCapacityConnectedUsers
- Étape2. Nous vérifions ci-dessous les compteurs utilisateurs connectés réels

Description de compteur	Compteur
Capacité licence utilisation de compteur PDF	pmLicConnectedUsersDistr
Percentile réel de l'utilisation de la licence de capacité	pmLicConnectedUsersActual
Encombrement du temps de licence de fonction de capacité	pmLicConnectedUsersTimeCong
Utilisation maximale de la licence des utilisateurs connectés	pmLicConnectedUsersMax
Nombre moyen d'utilisateurs connectés	pmLicConnectedUsersLevSum/pmLicConnectedUsersLevSamp

### Tableau III.1 description les compteurs utilisateurs connectés

Normalement, on peut constater que les UC réelles ont atteint la capacité du CUL.

Les solutions possibles sont :

- Mettre à niveau le LKF (License Key File), si possible
- Augmenter qRxLevMin, par exemple, à partir de -120 dBm à -110 dBm
- Diminuer dlMaxRetxThreshold et ulMaxRetxThreshold
- optimiser l'inclinaison, l'azimut ou la hauteur des cellules de service et des cellules voisines
- Transfert de trafic à cellules voisines

#### III.6.1.2 Manque des ressources (Lack of Resource (SR))

Le compteur d'événements ENIQ

« pmRrcConnEstabFailLackOfResources » indique le nombre d'échec de la configuration RRC en raison d'un manque de ressources, habituellement en raison de la congestion de SR

En outre, nous vérifions les étapes ci-dessous sont recommandés.

- Étape 1 : Vérifier le nombre maximal et moyen d'utilisateurs de la RRC au moyen des compteurs « pmRrcConnMax » et « pmRrcConnLevSum » ;
- Étape 2 : Nous vérifions la configuration de SR, « noOfPucchSrUsers », qui a une incidence directe sur les ressources PUCCH disponibles.

- Étape3 : Nous vérifions les congestions SR, 'pmPucchSrCqiResCongSr'

Les solutions possibles sont comme ci-dessous :

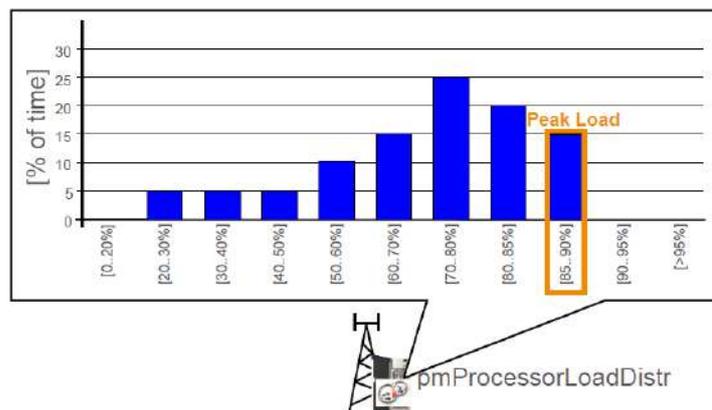
- nous corrigeons les problèmes matériels ou les alarmes, le cas échéant, il peut parfois être nécessaire de redémarrer ;
- Régler les paramètres comme : qRxLevMin, tInactivityTimer, dlMaxRetxThreshold, ulMaxRetxThreshold, noOfPucchCqiUsers, noOfPucchSrUsers, pdcchCfiMode, etc
- optimisation de l'antenne (inclinaison, azimut, hauteur) ;
- Réouvrir la Tracking Area (TA) pour réduire la TAU si le site se trouve à la frontière de la TA pendant que beaucoup de mobilité se produit ; ou réduire la taille de la TA pour réduire la charge de paging load ;
- Transfert de trafic à cellules voisines

### III.6.1.3 Processor Load (MP Load)

Le compteur PM pmRrcConnEstabFailHighLoad ou pmRrcConnEstabFailOverload reflètent la défaillance RRC due à la charge du processeur.

Depuis L15B, pmRrcConnEstabFailHighLoad est remplacé par les compteurs pmRrcConnEstabFailMpOverload et pmRrcConnEstabFailDuIntens, tandis que pmRrcConnEstabFailOverload est remplacé par des compteurs pmRrcConnEstabFailCellIntensDLC, pmRrcConnEstabFailCellIntensStat and pmRrcConnEstabFailCellLatency.

La charge du processeur principal (MP) est mesurée en continu et échantillonnée toutes les 10 secondes. Chaque échantillon est enregistré par le compteur PDF 'pmProcessorLoadDistr' qui peut être utilisé pour tracer la distribution de la charge MP comme ci-dessous.



**Figure III.16 représentations la distribution de la charge MP**

La distribution du processeur principal (Main Processor) peut être utilisée pour trouver le pic de charge MP dans eNodeB qui dans l'exemple de la figure ci-dessus, se situe entre 85 et 90 %.

Les étapes suivantes pour vérifier les causes de charge élevée sont décrites ci-dessous.

- Etape 1 : Vérification des alarmes Hardware
- Étape2 : Vérifier la charge MP par '*pmProcessorLoadDistr*'
- Etape 3 : Vérification des connexions RRC par '*pmRrcConnMax*', '*pmRrcConnLevSum*'
- Étape4 : Vérifier le volume de la liaison descendante des données par by '*pmPdcPVoIDIDrb*', '*pmPdcPVoIDISrb*' et le volume de la liaison montante par '*pmPdcPVoUIDrb*', '*pmPdcPVoUISrb*'
- Étape5 : Vérifier les entrées et les sorties *handover counts* (toutes les relations)

Les solutions possibles sont comme ci-dessous.

- Résoudre le problème Hardware ou les alarmes si il exist ,il peut parfois être nécessaire de redémarrer eNodeB
- Régler les paramètres comme : *qRxLevMin*, *tInactivityTimer*, *dIMaxRetxThreshold*, *uIMaxRetxThreshold*, *noOfPucchCqiUsers*, *noOfPucchSrUsers*, *pdccchCfiMode*,etc

- optimisation de l'antenne (inclinaison, azimut, hauteur);
- Réouvrir la Tracking Area (TA) pour réduire la TAU si le site se trouve à la frontière de la TA pendant que beaucoup de mobilité se produit ; ou réduire la taille de la TA pour réduire la charge de paging load ;
- Transfert de trafic à cellules voisines

### III.6.2 Radio

Le compteur ENIQ '*pmRrcConnEstabFailFailureInRadioProcedure*' compte le nombre de défaillances RRC dans la procédure radio.

Les étapes suivantes sont utilisées pour vérifier davantage la cause.

- Etape 1 : Vérification des alarmes Hardware
- Etape 2 : Vérifier le niveau d'interférence de liaison montante, c.-à-d. UL RSSI, pour toutes les cellules environnantes
  - '*pmRadioReclInterferencePwr*', '*pmRadioReclInterferencePwrPucch*'
  - '*pmRadioReclInterferencePwrPrb1~100*'
  - '*pmSinrPucchDistr*', '*pmSinrPuschDistr*'
- Étape 3 : Vérifier la couverture en liaison descendante et le SINR (CQI)
  - '*pmRadioUeRepCqiDistr*', '*pmRadioUeRepCqiDistr2*'
  - '*pmBadCovEvalReport*', '*pmRadioTbsPwrRestricted*', '*pmBadCovSearchEvalReport*'
  - *RSRP distribution extracted from CTR*
  - *pmTimingAdvance*

Remarque : la fonction "pm-initiated UE measurement" peut commander la mesure du rapport de l'UE périodiquement. Et la fonction "enhanced Cell-ID in trace" permet de regrouper les statistiques de collecte sur les valeurs TA

En cas d'alarme hardware ou de problème, on traite le problème comme nous avons un problème de hardware

S'il n'y a pas d'alarme hardware ou de problème, les solutions possibles correspondantes sont utilisées ci-dessous.

### III.6.2.1 Interférences

Lorsque le RSSI UL est élevé, les scénarios ci-dessous sont utilisés comme dépannage initial, généralement en fonction de la "interference shape" du niveau PRB.

- Interne

- Problème hardware

L'exemple typique est la bande passante complète avec une force similaire, comme :

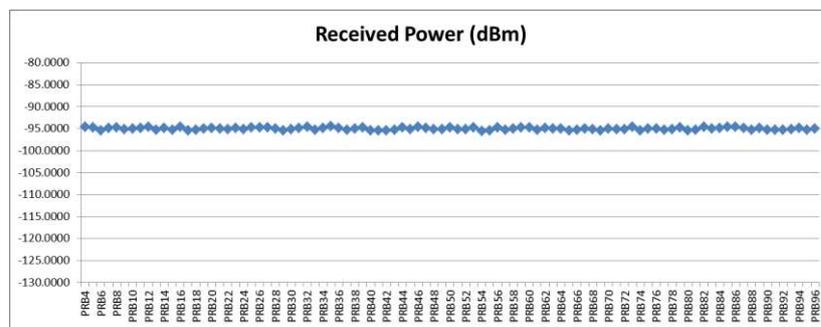


Figure III.17 représentation de RSSI UL au niveau de PRB

- Intermodulation ou autres RAT

Exemple de forme PRB :

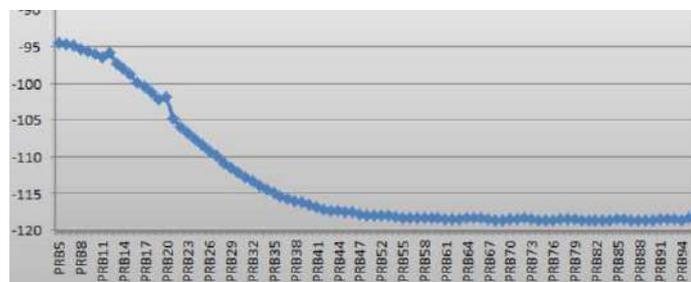


Figure III.18 dégradation de RSSI au niveau de PRB après une intermodulation

- Externe

L'interférence peut être en pleine bande ou des parties de généralement toutes les cellules environnantes souffrent.

Solution :

Augmenter la cible de contrôle de puissance « pZeroNominalPucch » pourrait être une approche temporaire.

### III.6.2.2 Overshooting

Selon les statistiques de la TA mentionnées précédemment, une cellule est soupçonnée de dépasser la valeur moyenne de la TA ou un certain centile (comme 5 ou 10) de la valeur de la TA est beaucoup plus élevé que la distance moyenne du site.

Si la fonction ANR est activée, il y a aussi une autre façon d'évaluer le overshooting , c'est-à-dire qu'une cellule X a été ajoutée comme relation de voisinage par les cellules beaucoup plus loin que la distance de voisinage moyenne de cette cellule X.

Solution :

Régler les paramètres physiques (puissance, inclinaison de l'antenne, azimut, hauteur, etc.)

### III.6.2.3 Signal faible

Si les statistiques de TA d'une cellule sont correctes, mais que le RSRP/CQI moyen est faible, ou que le pourcentage de RSRP/CQI faible est élevé, alors on soupçonne que cette cellule a une faible couverture.

Solution :

- Régler les paramètres physiques (puissance, inclinaison de l'antenne, azimut, hauteur, etc.)
- Mise sous tension du PDSCH ou du signal de référence
- Nouveaux sites

### III.6.3 Hardware

#### III.6.3.1 Les alarmes de Hardware

Un problème hardware/des alarmes peuvent provoquer différents types de défaillances RRC ; par conséquent, les alarmes hardware courantes ci-dessous sont répertoriées ici à titre de référence.

Alarms	Probable Cause
Calibration Failure	EQUIPMENT_MALFUNCTION
Clock Calibration Expiry Soon	CLOCK_SYNCHRONISATION_PROBLEM
Gigabit Ethernet Link Fault	LOSS_OF_SIGNAL
RF Reflected Power High	EQUIPMENT_MALFUNCTION
HW Fault	EQUIPMENT_MALFUNCTION
Link Failure	EQUIPMENT_MALFUNCTION
Network Synch Time from GPS Missing	CLOCK_SYNCHRONISATION_PROBLEM
Remote IP Address Unreachable	UNAVAILABLE
VSWR Over Threshold	EQUIPMENT_MALFUNCTION

**Tableau III.2 les alarme de hardware avec la cause probable**

La commande 'al' est utilisée pour vérifier les alarmes actuelles, tandis que la commande 'lga' peut être utilisée pour vérifier les alarmes historiques.

Lorsque le VSWR est élevé, la commande 'cabx' est utilisée pour vérifier la valeur détaillée.

SMN	APN	PORT	VSWR1	(RL1)	VSWR2	(RL2)	VSWR3	(RL3)	VSWR4	(RL4)	VSWR5	(RL5)	VSWR6	(RL6)	VSWR7	(RL7)	VSWR8	(RL8)	Cells	(cellId,PCI)
0	1	BXP_0	1.11	(25.4)	1.11	(25.9)	1.12	(24.9)	1.20	(21.0)	1.13	(24.3)	1.11	(25.4)	1.11	(25.4)	1.13	(24.6)	L43266DA (1,499)	L43266DD
0	2	BXP_0	1.22	(20.0)	1.20	(20.7)	1.23	(19.8)	1.25	(19.2)	1.17	(21.9)	1.21	(20.4)	1.12	(24.8)	1.25	(19.1)	L43266DB (2,498)	L43266DE
0	3	BXP_0	1.28	(18.1)	1.20	(21.0)	1.19	(21.4)	1.14	(23.5)	1.17	(22.1)	1.18	(21.5)	1.29	(18.1)	1.18	(21.8)	L43266DC (3,500)	L43266DF

**Figure III.19 visualisation les valeurs de VSWR**

### III.6.3.2 Disponibilité des cellules

Si la disponibilité des cellules n'est pas stable, cela aura une incidence apparente sur la configuration du RRC ; en fait, tous les KPI seront touchés.

- Fermeture automatique des cellules Comptés par '*pmCellDowntimeAuto*' et '*pmCellDownLockAuto*'
- Fermeture manuelle des cellules Comptés par '*pmCellDowntimeMan*' et '*pmCellDownLockMan*'

Si la cellule est automatiquement désactivée, le support de l'intégration est généralement nécessaire. Généralement, les actions suivantes sont utilisées :

- Vérification de l'état d'eNodeB (alarmes, configurations, etc.)
- Contrôle qualité transport (connexion S1 par exemple)

## II.6.4 Other Causes

### III.6.4.1 MME surcharge

Les compteurs '*pmRrcConnEstabFailMmeOvlMod*' et '*pmRrcConnEstabFailMmeOvlMos*' indiquent le nombre de défaillances RRC dues à une surcharge MME.

Cela se produit rarement, mais si c'est le cas, vérifiez si la fonction "MME Overload Control" est disponible et si vous devez également obtenir du soutien du coeur .

### III.6.4.2 Admission

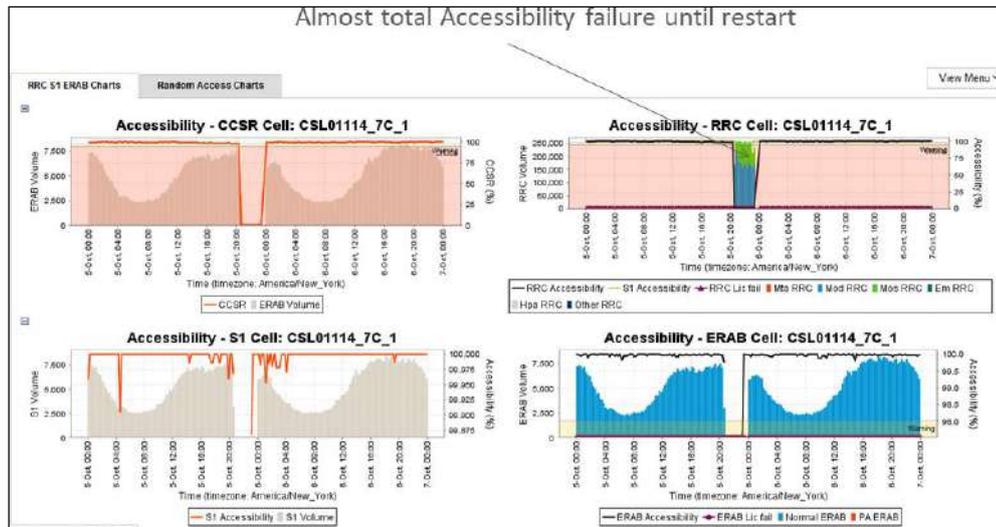
'*pmRrcConnEstabFailBearerAdmissionRej*' les étapes pour chaque UE qui ne parvient pas à établir un connexion RRC en raison du fait que tous les porteurs de l'UE sont rejetés pendant l'admission au porteur

Solution:

- Transfert de trafic à cellules voisines

### III.6.4.3 RRC Storm

Il est généralement défini comme tel, lorsque les tentatives de RRC augmentent apparemment élevé par rapport au niveau normal, mais le succès d'accessibilité baisse fortement, presque 0 dans la plupart des cas.



**Figure III. 20 Représentation des performances d’accessibilité de la cellule d’étude**

Une approche ci-dessous peut être utilisée pour détecter une tempête RRC.

- Il est possible de détecter le problème au moins 24 heures avant que pmRrcConnEstabFailHighLoad ne soit bloqué. Comme pour la dégradation du taux de réussite RRC
- Charge du processeur au 99e centile > 10 % semble être un bon déclencheur
- L’augmentation des niveaux de pmRrcConnEstabAttReatt au-dessus des niveaux “normal” est également un indicateur précoce d’un problème (bien que cela puisse être déclenché par des défauts UE uniques aussi bien qu’il doit être lié à la charge de processeur)

La cause sous-jacente de la défaillance de tempête de la RRC est due à la suspension des ressources qui peut être détectée tôt dans in the Processor Load and increased RRC Re-attempts metrics. . Les recherches en bande de base doivent être effectuées pendant la période de “early detection” pour aider le PLM à trouver la cause des ressources suspendues .Le site peut être redémarré manuellement pour éviter la tempête RRC.

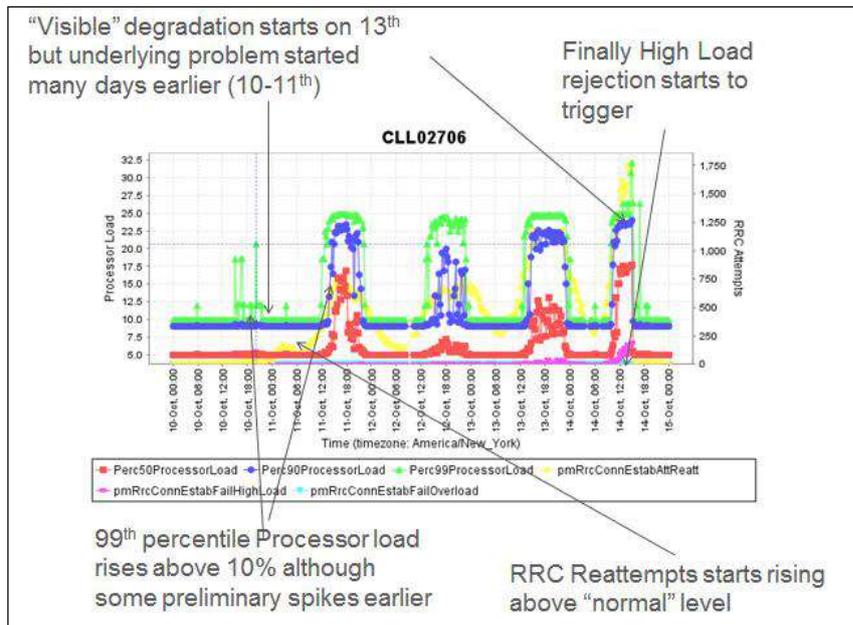


Figure III.21 probabilité de taux d’essai de l’établissement du RRC

### III.7 La gestion des défaillances de signalisation S1

Principaux motifs de défaillance S1

- Problème de transport : entraîne normalement une alarme de service non disponible
- Erreur logicielle : par exemple, « eNB\_UE\_S1AP\_ID » n’est pas reconnu par le MME
- Mauvaise cartographie TAC-LAC : se produit pendant la CSFB

Approches d’optimisation

- Doit être examiné et résolu avec l’aide de l’équipe de transport
- Verrouiller le ‘TermPointToMme’, attendre 5 secondes, puis déverrouiller ‘TermPointToMme’
- Redémarrer l’eNodeB
- Vérifier le tableau TAC-LAC et s’assurer que le mappage est correct

### III.8 La gestion des défaillances E-RAB

Les principales raisons de défaillance de l’établissement de l’E-RAB peuvent également être résumées ci-dessous sous trois aspects de la configuration de la RRC :

- Capacité

- Radio
- Hardware

### III.8.1 Capacité

#### III.8.1.1 Rejet de licence

Les compteurs 'pmErabEstabFailNitLic' et 'pmErabEstabFailAddedLic' indiquent le nombre de défaillances E-RAB pour E-RAB initial et E-RAB ajouté respectivement.

Comme description du compteur, ces échecs sont dus à un rejet de licence (plusieurs RAB par utilisateur ou RLC UM).

Par conséquent, lorsque cela se produit, l'état des licences "Multiple RAB per user" et "RLC UM" doit être vérifié.

#### III.8.1.2 GBR surcharge

Les compteurs 'pmErabEstabFailGbrDIEnb' et 'pmErabEstabFailGbrUIEnb' indiquent le nombre de défaillances E-RAB pour la surcharge GBR en liaison descendante et la surcharge GBR en liaison montante respectivement.

Solution:

- Régler les paramètres liés au GBR tels que :

*dINonGbrRatio, dITransNwBandwidth*

*uINonGbrRatio, uITransNwBandwidth*

- Déchargement du trafic vers cellules adjacent

### III.8.2 Radio

Lorsque l'UE connaît un mauvais environnement RF, la configuration RRC et l'établissement E-RAB sont affectés.

Le traitement de problème s'est comme à la même procédure que la défaillance RRC due à un environnement RF

### III.8.3 Hardware

On suivre les même étapes, comme dans le cas de défaillances connexion RRC

### III.8.4 Autres causes

Dans le réseau en direct, la plupart des défaillances E-RAB sont généralement dues à l'état de la radio. Mais il y a aussi d'autres causes, telles que le problème d'UE. En cas de défaillance anormale de l'ERAB, CTR ou UETR est généralement utilisé pour une enquête plus approfondie,

## III.9 Enquête approfondie sur l'accessibilité

### III.9.1 La trace de (CTR/UETR)

Cell Trace Record et UE Trace Record sont une source de données très puissante pour les problèmes d'investigation plus approfondie, y compris l'accessibilité.

La fonction Cell Trace est utilisée pour résoudre les problèmes sur une cellule ou un RBS particulier. Il donne une visibilité de la qualité de l'interface de l'air et de la performance UE de la totalité (ou d'un pourcentage sélectionné) de l'UE au sein de ces cellules et les RBS.

La fonction UE Trace permet à l'opérateur de réseau d'enregistrer des événements et des mesures importants pour un UE sélectionné, voyageant à travers un réseau. Un seul UE peut être sélectionné pour l'enregistrement pour chaque UE Trace. Jusqu'à 16 enregistrements UE Trace simultanés peuvent être exécutés en parallèle pour un RBS. L'opérateur de réseau identifie l'UE sélectionnée à l'aide de l'IMSI ou de l'IMEI de l'UE

Les principaux événements liés à l'accessibilité sont énumérés ci-dessous.

pmEvent Name	pmEvent Name	pmEvent Name
INTERNAL_EVENT_RRC_ERROR	INTERNAL_EVENT_ERAB_DATA_INFO	S1_INITIAL_CONTEXT_SETUP_FAILURE
INTERNAL_EVENT_RRC_UE_INFORMATION	INTERNAL_EVENT_ERAB_RELEASE_DELAYED	S1_INITIAL_CONTEXT_SETUP_REQUEST
INTERNAL_PROC_RRC_CONN_SETUP	INTERNAL_EVENT_ERAB_ROHC_FAIL_LIC_REJECT	S1_INITIAL_CONTEXT_SETUP_RESPONSE
RRC_DL_INFORMATION_TRANSFER	INTERNAL_PROC_ERAB_MODIFY	S1_UE_CONTEXT_MODIFICATION_FAILURE
RRC_MEASUREMENT_REPORT	INTERNAL_PROC_ERAB_RELEASE	S1_UE_CONTEXT_MODIFICATION_REQUEST
RRC_RRC_CONNECTION_REJECT	INTERNAL_PROC_ERAB_SETUP	S1_UE_CONTEXT_MODIFICATION_RESPONSE
RRC_RRC_CONNECTION_RELEASE	S1_ERAB_MODIFY_REQUEST	S1_UE_CONTEXT_RELEASE_COMMAND
RRC_RRC_CONNECTION_REQUEST	S1_ERAB_MODIFY_RESPONSE	S1_UE_CONTEXT_RELEASE_COMPLETE
RRC_RRC_CONNECTION_SETUP_COMPLETE	S1_ERAB_RELEASE_COMMAND	S1_UE_CONTEXT_RELEASE_REQUEST
RRC_RRC_CONNECTION_SETUP	S1_ERAB_RELEASE_INDICATION	
RRC_SECURITY_MODE_COMMAND	S1_ERAB_RELEASE_REQUEST	
RRC_SECURITY_MODE_COMPLETE	S1_ERAB_RELEASE_RESPONSE	
RRC_SECURITY_MODE_FAILURE	S1_ERAB_SETUP_REQUEST	
RRC_UE_CAPABILITY_ENQUIRY	S1_ERAB_SETUP_RESPONSE	
RRC_UE_CAPABILITY_INFORMATION		
RRC_UE_INFORMATION_REQUEST		
RRC_UE_INFORMATION_RESPONSE		
RRC_UL_INFORMATION_TRANSFER		

Figure III .22 Les principaux événements liés à l’accessibilité

Une fois que l’accès échoue, le paramètre d’événement détaillé de ces événements peut être très utile pour le dépannage.

pmEvent Name	Event Parameter Name
INTERNAL_PROC_RRC_CONN_SETUP	EVENT_PARAM_INITIAL_UE_IDENTITY_TYPE
	EVENT_PARAM_INITIAL_UE_IDENTITY
	EVENT_PARAM_RRC_ESTABL_CAUSE
	EVENT_PARAM_RRC_RESULT
	EVENT_PARAM_TIMESTAMP_START_HOUR
	EVENT_PARAM_TIMESTAMP_START_MINUTE
	EVENT_PARAM_TIMESTAMP_START_SECOND
	EVENT_PARAM_TIMESTAMP_START_MILLISEC
	EVENT_PARAM_TIMESTAMP_STOP_HOUR
	EVENT_PARAM_TIMESTAMP_STOP_MINUTE
	EVENT_PARAM_TIMESTAMP_STOP_SECOND
	EVENT_PARAM_TIMESTAMP_STOP_MILLISEC
	EVENT_PARAM_GUMMEL_TYPE

Figure III. 23 Les principaux événements liés à l’accessibilité en détaillées [18]

### III.10 Optimisation

Ce cas est optimisé par la partie ERICSSON, on à utiliser le logiciel ENIQ afin de visualiser les performances de réseau et optimiser ses problèmes.

Suite aux contrôles quotidiens de la qualité radio de réseau, nous avons remarqué que les abonnés de la région couverte par l’ENode X n’accèdent pas facilement au réseau. Nous avons analysé les KPI radio de cette ENode X.

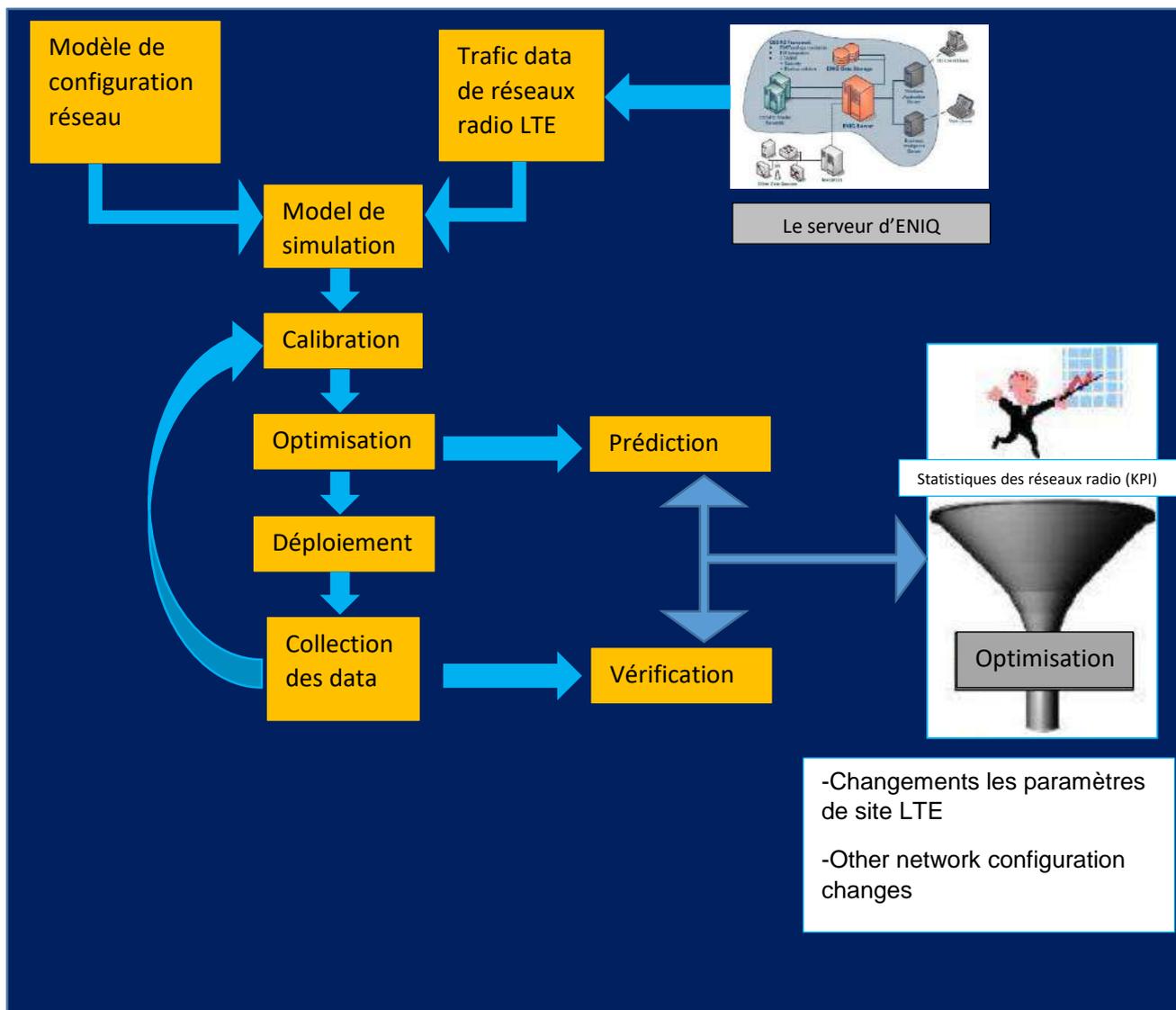


Figure III.24 schéma synoptique de collection des données KPI

### Cas 1 : problème de manques des ressources

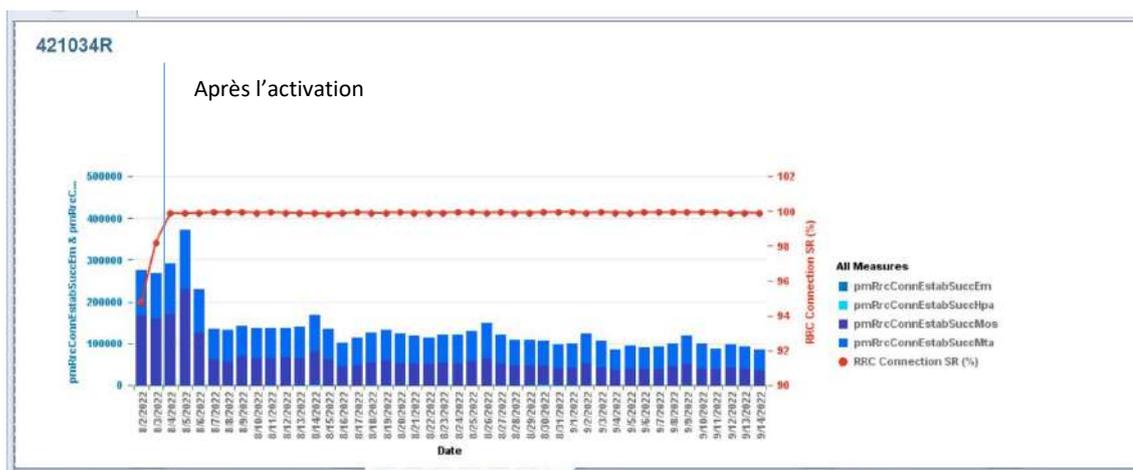
Le compteur d'événements ENIQ

« pmRrcConnEstabFailLackOfResources » indique le nombre d'échec de la configuration RRC en raison d'un manque de ressources, habituellement en raison de la congestion de SR (sheduling request )

En outre, nous vérifions dans le logiciel ENIQ les étapes ci-dessous sont recommandés.

- Étape 1 : Nous vérifions le nombre maximal et moyen d'utilisateurs de la RRC au moyen des compteurs « pmRrcConnMax » et « pmRrcConnLevSum » ;
- Étape 2 : Nous vérifions la configuration de SR, « noOfPucchSrUsers », qui a une incidence directe sur les ressources PUCCH disponibles.
- Étape3 : Nous vérifions les congestions SR, 'pmPucchSrCqiResCongSr'

Le courbe ci-dessous décrivent le taux d'accessibilité de RRC connection SR en fonction de volume d'utilisateurs pour un intervalle d'une journée. En analysant la courbe ci-dessous, nous remarquons que les valeurs de l'accessibilité ont diminué le 08/02/2022(00h) jusqu'à 08/04/2022(00h) nous avons un problème d'accessibilité (le taux d'accessibilité est inferieure a la valeur seuil qui est 100%).



**FigureIII.25 Variation le taux de succès RRC connection en fonction des compteurs de RRC connection**

**Action :** Nous avons Régler la valeur de paramètre noOfPucchCqiUsers(Nombre d'utilisateurs connecté à l'eNodeB) dans le logiciel ENIQ.

Après l'activation de ce paramètre, nous remarquons que nous avons un bon taux d'accessibilité entre 08/04/2022(00h) et 09/14/2022(00h). Par contre la stabilité dans Le nombre total de tentatives de demande de connexion RRC avec l'établissement cause mobile terminating access et mobile originating signaling( les compteur pmRrcConnEstabSuccMos, pmRrcConnEstabSuccMta

donne une idée sur l'état de congestion au niveau du site) est inférieur à 94% entre 08/07/2022(00h) et 09/14/2022(00h). Pour remédier à ce problème de manques des ressources (lack of resource ) afin d'éviter la congestion et le saturation de L'eNodeB , nous allons ajuster les paramètres liés au nombre d'utilisateurs RRC par eNodeB dans le canal PUCCH. Les rejets après l'optimisation est au voisinage de 0%

## Cas 2 : problème d'overshooting

Pour la propagation d'une cellule LTE, on définit le cell range c'est le paramètre qui représente la distance maximale entre l'utilisateur et la cellule.

Selon les statistiques de la TA mentionnées précédemment (chapitre II), une cellule est soupçonnée de dépasser la valeur moyenne de la TA ou un certain centile (comme 5 ou 10) de la valeur de la TA est beaucoup plus élevé que la distance moyenne du site.

L'overshooting consiste en un signal d'une cellule donnée formant une zone de couverture discontinue dans une autre cellule adjacente. La cause principale de ce phénomène est due à de mauvais paramétrage d'antenne.

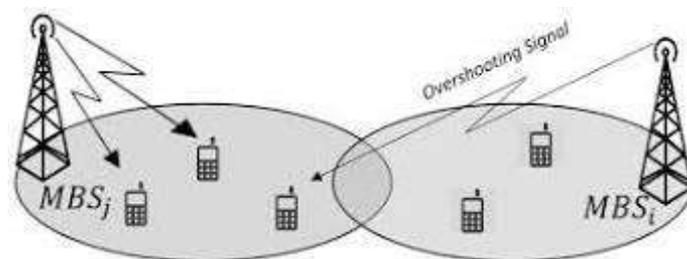
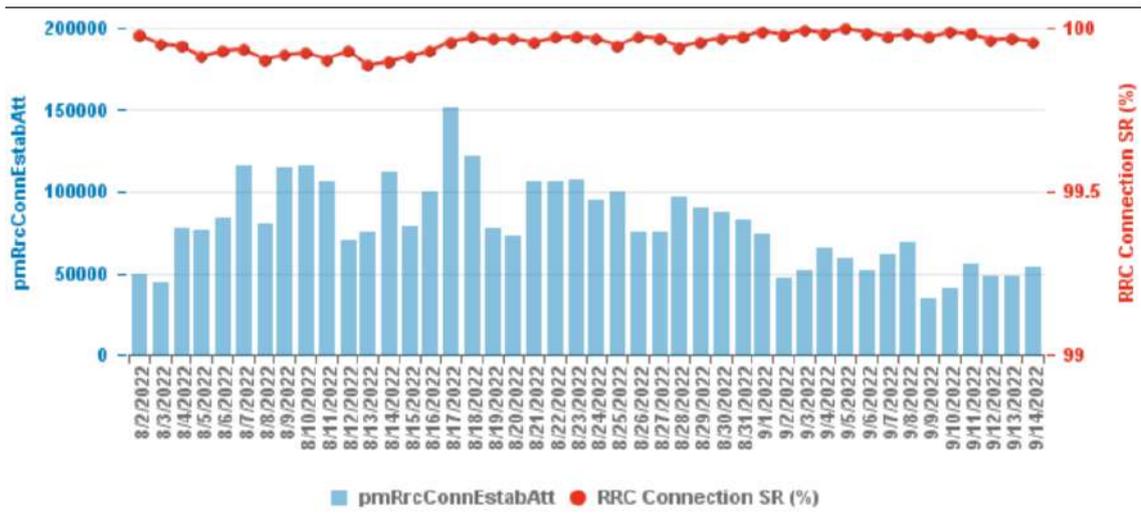


Figure III.26 Exemple d'un overshooting des deux cellules adjacentes



**Figure III.27 Variation le taux de succès RRC connection en fonction des tentatives d'établissement de connexion RRC**

**Action :** On a procédé à une action de l'ajout d'une nouvelle fréquence de l'antenne d'étude afin de réduire le problème d'overshooting la cellule adjacent et ainsi l'augmentation dans le taux d'accessibilité de la cellule.

Nous remarquons après optimisation une variation importante de taux d'accessibilité de 08/02/2022 (00h) au 09/014/2022(22h), ainsi que le la valeur en (%) du succès d'établissement de connexion RRC a augmentée (une moyenne de 99%) donc tous les utilisateurs obtiennent le service qu'ils demandent

### III.11 Conclusion :

L'opérateur de téléphonie mobile doit offrir à ses abonnés une qualité de service optimale. Ainsi, il se doit d'assurer la serviabilité du réseau, sans perturbations et ceci pendant toute la durée de la communication pour cela une surveillance permanente du réseau est exigée afin de détecter la moindre défaillance et l'optimiser par la suite.

### Conclusion général

Dans un premier temps, nous avons brièvement décrit l'évolution du réseau mobile depuis la 2G vers la 4G et une étude d'architecture du réseau lte et étude de la partie interface air.

La deuxième partie de ce document a été consacré aux les étapes et les procédures d'accès dans un réseau mobile LTE

Dans le dernier chapitre a l'aide des outilles de performance monitoring a on montre comment avoir l'état de notre réseau avec l'outil Ericsson ENIQ on basent sur les kpi des sites on juge les sites qui ont une accessibilité acceptable et les sites qui ont une mauvaise accessibilité ses derniers on les améliore on basent sur des critère on les appels CRH Capacity Radio Hardware Capacity on optimise notre réseau on lui rajoutant des ressource afin de d'éliminer la congestion Radio on optimise la partie niveau de signal resu par le mobile on changent des paramètres physique ou des paramètres soft afin d'améliorer la couverture Hardware lorsque on a des problèmes dans le hardware du site afin de régler le problème et le site va être accessible on change le hard défectueux afin que le site fonctionne a 100%

### A.1 Présentation de l'entreprise :

Ericsson est une entreprise suédoise multinationale d'équipement et de services de télécommunications. L'entreprise fournit des services d'infrastructure et des logiciels à l'industrie des télécommunications et à d'autres secteurs. Ericsson proviennent des services : l'exploitation pour le compte d'opérateur, l'intégration de systèmes. La division Recherche et développement (R&D) est au cœur de son activité avec environ 26 000 employés.

### A.2 HISTORIQUE

- Dans 1876, la société a été fondée par LARS MAGNUS ERICSSON et HILDA ERICSSON
- Dans 1956, ERICSSON introduit le premier système de téléphonie mobile entièrement automatique au monde
- Dans 1997, ERICSSON est devenu un acteur de premier plan dans les réseaux et la production de téléphones mobiles, partageant la première place avec NOKIA et MOTOROLA
- Dans 2001, ERICSSON a émis un avertissement sur les bénéfices et lancé plusieurs cycles de restructuration, de refinancement et de coupes d'emplois
- Fondée dans l'algérien depuis 2003

### A.3 Les segments de l'entreprise

Ericsson est divisée en trois segments :

- **networks segment** : se compose de deux unités opérationnelles : les produits de network et les services de network. L'accent global est mis sur l'évolution et la gestion des réseaux d'accès, y compris le développement de matériel et de logiciels pour les réseaux d'accès radio et de réseaux de transport.

- **It & Cloud segment** : comprend deux unités opérationnelles It & produits Cloud et It & services Cloud. L'informatique et le Cloud ont aidé les opérateurs de télécommunications et certaines entreprises à conduire la transformation digitale [18]

**-Media segment** : développe et fournit des solutions logicielles pour la télévision et les médias et combine un portefeuille de produits couvrant la chaîne de valeur de la télévision avec l'intégration des systèmes et des services gérés. Le portefeuille comprend la compression, la publication de contenu au moyen d'un set-top box, la livraison de contenu et les analyses.

#### A.4 Les formule de KPI d'accessibilité LTE

L'accessibilité pour l'EUTRAN est une mesure de la capacité d'un utilisateur à obtenir un E-RAB à partir du système. Le processus initial d'établissement de la E-RAB peut être divisé en phases suivantes :

- Établissement de connexion RRC
- Établissement de connexion de signalisation S1
- Établissement initial de l'E-RAB ou ajout de l'E-RAB

$$RRC\ Setup\ Successful\ Rate = \frac{pmRrcConnEstabSucc}{pmRrcConnEstabAtt - pmRrcConnEstabAttReatt} \times 100\% \quad (3.1)$$

$$S1\ Setup\ Successful\ Rate = \frac{pmS1SigConnEstabSucc}{pmRrcConnEstabSucc} \times 100\% \quad (3.2)$$

$$Initial\ ERAB\ Setup\ Successful\ Rate = \frac{pmErabEstabSuccInit}{pmErabEstabAttInit} \times 100\% \quad (3.3)$$

## A.5 Principaux paramètres d'accessibilité

Parameter	Description
rachRootSequence	First root sequence number for RACH preamble generation RACH root sequence is broadcast as a part of system information distribution and used for preamble detection. For information on the definition of logical root sequence number, see 3GPP TS 36.211.
cellRange cfraEnable	Defines the maximum distance from the RBS where a connection to a UE can be setup or maintained, or both This parameter is used to enable or disable the CFRA
preambleInitialReceivedTargetPower	Initial preamble power value in dBm, according to 3GPP TS 36.331 and 36.321. Default value recommended.
qRxLevMin	Required minimum RSRP level in the E-UTRA cell. Corresponds to parameter Qrxlevmin in 3GPP TS 36.304
qRxLevMinOffset	Offset to Qrxlevmin taken into account at periodic search for a higher priority PLMN. Corresponds to parameter Qrxlevminoffset in 3GPP TS 36.304
pMaxServingCell	Maximum UE power to be used in the cell. If absent, the UE applies the maximum power based on UE capability. Corresponds to parameter PEMAX in 3GPP TS 36.101
qQualMin	Required minimum quality level (RSRQ) in the E-UTRA cell. Corresponds to parameter QqualMin in TS 36.304
qQualMinOffset	Offset to QqualMin taken into account at periodic search for a higher priority PLMN. Corresponds to parameter Qqualminoffset in TS 36.304
qHyst	Cell reselection parameter that defines the hysteresis value in the cell ranking criteria.
qOffsetCellEUTran	Cell individual offset in the intra-frequency and equal priority inter-frequency cell ranking criteria
qOffsetFreq	Frequency specific offset in the equal priority inter-frequency cell ranking criteria
tReselectionEutra	Cell reselection timer value for an E-UTRA frequency
pMax	Maximum UE power to be used in neighbor cells on the E-UTRA frequency. If absent, the UE applies the maximum UE power for the UE power class.
cellReselectionPriority	Absolute cell reselection priority for the E-UTRA frequency or inter-RAT
threshXHigh	Threshold for the $S_{rxlev}$ value of the target cell for cell reselection towards a higher priority inter-frequency or inter-RAT frequency
threshXLow	Threshold for the $S_{rxlev}$ value of the target cell for cell reselection towards a lower priority inter-frequency or inter-RAT frequency
threshServingLow	Threshold for the $S_{rxlev}$ value of the serving cell, below which to UE performs cell reselection towards a lower priority inter-frequency or inter-RAT frequency
threshXHighQ	Threshold for the $S_{qual}$ value of the target cell for cell reselection towards a higher priority inter-frequency or inter-RAT frequency
threshXLowQ	Threshold for the $S_{qual}$ value of the target cell for cell reselection towards a lower priority inter-frequency or inter-RAT frequency
threshServingLowQ	Threshold for the $S_{qual}$ value of the serving cell, below which the UE performs cell reselection towards a lower priority inter-frequency or inter-RAT frequency
tInactivityTimer	Time of inactivity on all DRBs before the UE is released
t300	UE timer to supervise a response to RRC Connection Request.
t301	UE timer to supervise a response to RRC Connection Reestablishment Request 3GPP TS 36.331 during a radio connection re-establishment procedure. The UE returns to Idle and optionally starts to reconnect over NAS when the timer expires.
t304	UE timer to supervise successful handover completion according to 3GPP TS 36.331.
t311	UE timer triggered at radio link failure to supervise the period where the UE tries to re-establish the radio connection, either by performing RRC Connection Reestablishment in LTE 3GPP TS 36.331, or by finding a suitable cell on another RAT. The UE returns to Idle and optionally starts to reconnect over NAS when the timer expires.

**Tableau III.3 Les principaux paramètres liés à l'accessibilité**

Les principaux paramètres liés à l'accessibilité sont énumérés dans le tableau ci-dessus. Notez que les minuteries 3GPP spécifiées t3xx doivent être changées avec prudence car elles peuvent gravement affecter les KPI pour l'accessibilité et la conservation. Les paramètres par défaut représentent les meilleures pratiques.

- [1] Yannick, B., Eric, H., & François, X. (2012). LTE et les réseaux 4G. Groupe Eyrolles,.
- [2] Ericsson . (2014). LTE L14 Air interface student book LZT1380999 R2A. Ericsson AB.
- [4] (Octobre 2007). Long Term Evolution (LTE): an introduction. Ericsson AB.
- [5] Erik Dahlman, Anders Furuskär, Ylva Jading, Magnus Lindström, & Stefan Parkvall. (2008, novembre 2). Key features of the LTE radio interface. (E. Review, Éd.)
- [7] Ericsson. (2009). LTE Protocols and Procedures student book. Ericsson.
- [10] Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Telecommunication management; Key Performance Indicators (KPI) for UMTS and GSM (3GPP TS 32.410 version 10.0.0 Release 10) ETSI TS 132 410 V10.0.0 (2011-04) Technical Specification
- [11] LTE ACCESSIBILITY  
Parameters and counter based, ericsson internal 2014-10-09
- [13] Random Access  
FEATURE DESCRIPTION, ericsson, 147/221 04-LZA 701 6014 Uen B | 2015-10-13
- [18] Ericsson Internal SERVICE DELIVERY INSTRUCTION, ERICSSON, 2016-03-09 PA1
- [19] Ericsson Internal INFORMATION ? ERICSSON, 2017-08-09, PA1

[6] Arias, M. (n.d.). researchgate. récupéré sur [https://www.researchgate.net/figure/Example-of-a-MIMO-channel-model-MIMO-sends-a-transmission-from-multiple-antennas-to\\_fig3\\_202052429](https://www.researchgate.net/figure/Example-of-a-MIMO-channel-model-MIMO-sends-a-transmission-from-multiple-antennas-to_fig3_202052429)

[3] Long Term Evolution , LTE.3gpp  
([https://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98lte#:~:text=LTE%20\(Long%20Term%20Evolution\)%20or,Evolved%20Packet%20System%20\(EPS\).](https://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98lte#:~:text=LTE%20(Long%20Term%20Evolution)%20or,Evolved%20Packet%20System%20(EPS).)) vue 22 avril 2022

[6] [Arias, M. \(n.d.\). researchgate. Récupéré sur \(https://www.researchgate.net/figure/Example-of-a-MIMO-channel-model-MIMO-sends-a-transmission-from-multiple-antennas-to\\_fig3\\_202052429\)](https://www.researchgate.net/figure/Example-of-a-MIMO-channel-model-MIMO-sends-a-transmission-from-multiple-antennas-to_fig3_202052429) vue 30 avril 2022

[9] Quels sont les avantages et les inconvénients d'un box 4 G ? Tous les avis, myservicebox, (<https://www.myservicebox.fr/test-et-avis-box-4g-avantage-et-inconvenient-de-la-box-4g/>) vue 5 mai 2022

[12] 4G/LTE – RACH, sharetechnote,  
([https://www.sharetechnote.com/html/RACH\\_LTE.html](https://www.sharetechnote.com/html/RACH_LTE.html)) Vue 12 mai 2022

[14] Random Access Channel, mathworks,  
(<https://www.mathworks.com/help/lte/ug/random-access-channel.html>) vue 26 mai 2022

[15] SIB (System Information Block), sharetechnot,  
([https://www.sharetechnote.com/html/Handbook\\_LTE\\_SIB.html](https://www.sharetechnote.com/html/Handbook_LTE_SIB.html)) vue 6 juin 2022

[16] LTE KPI's, academia.edu, ([https://www.academia.edu/9875046/LTE\\_KPIs](https://www.academia.edu/9875046/LTE_KPIs)) vue 21 juin 2022

[17] LTE KPI Optimization – RRC Success Rate, ourtechplanet,  
(<https://ourtechplanet.com/lte-kpi-optimization-deep-dive-rrc-success-rate/>)

[18] Account-Based Marketing (ABM) Company Profile Report on Ericsson, businessbrainz, (<https://businessbrainz.com/reports/abm-company-profile-reports/company-profile-report-on-ericsson/>) vue 16 avril 2022