

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

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

**Mémoire de Fin d'Etudes de
MASTER PROFETIONNEL**
Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Génie Electrique
Spécialité : **Electronique Industrielle**

Thème

**ETUDE Et Simulation De La Solution
VoLTE (Voix sur LTE) Sous Logiciel
OpenIMSCore**

Mémoire soutenu publiquement le 13/07/2017

Promoteur :

Mr : M. Sehad

Président :

Mr : M. Lazri

Examineur :

Mr : F. Oualouche

Présenté par :

Ait ABDELLAH Naima

IGHEROUSSENE Djamila

Année universitaire 2016/2017

Remerciements



Qu'il nous soit permis d'exprimer nos gratitudees :

*A DIEU, tout puissant, pour nous avoir donné la force, la santé et l'intelligence
nécessaire*

pour accomplir ce modeste travail et nous avoir permis de le mener à bien.

Nous tenons fermement à mentionner le plaisir que nous avons eu d'étudier à

UMMTO.

Nous tenons à remercier notre promoteur

Monsieur SEHAD Mounir.

*Nos remerciements vont, aussi, à tous ceux qui nous ont aidé et contribué de près ou
de loin chacun à sa manière, à la réalisation de ce modeste travail.*

Dédicaces



AIT ABDELLAH NAIMA

C'est avec profond gratitude que Je dédiés ce modeste travail de fin d'étude

A mes très chers et respectueux parents

Vraiment aucune dédicace ne saurait exprimer mon attachement et mon affection je vous offre ce modeste travail en témoignage de tous les sacrifices et l'immense tendresse dont vous m'avez toujours su me combler.

Que dieu vous protège et vous garde pour nous.

A mes frères

A mon beau frère

A ma sœur

A ma nièce

A mes amis

Enfin a tout(e)s ceux qui m'ont aidé dans l'élaboration de ce travail.

Dédicaces



IGHEROUSSENE DJAMILA

C'est avec profond gratitude que Je dédiés ce modeste travail de fin d'étude

A mes très chers et respectueux parents

Vraiment aucune dédicace ne saurait exprimer mon attachement et mon affection je vous offre ce modeste travail en témoignage de tous les sacrifices et l'immense tendresse dont vous m'avez toujours su me combler.

Que dieu vous protège et vous garde pour nous.

A mes frères

A mon beau frère

A mes sœurs

A mes belles sœurs

A mes nièces

A mes amis

Enfin a tout(e)s ceux qui m'ont aidé dans l'élaboration de ce travail.

Liste d'abrivation

AAA (Authentication, Authorization, Accounting)

AS (Application Server)

AuC (Authentification centre)

BSS (Base station Sub-System)

BSC (Base station Controller)

BTS (Base tranceiver station)

CSFB (Circuit Switched Fall Back)

CSCF (Call session control Function)

DNS (Domain Name System)

EIR (Equipment Identity Register)

E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network)

EPC (Evolved Packet Core)

EPS (Evolved Packet system)

E-CSCF (Emergency Call Session Control Function)

FHoSS (FOKUS Home Subscriber Server)

GSM (Global système mobile communications)

GPRS (General Packet Radio Services)

GUTI (Globally Unique Temporary Identity)

GMSC (Gateway mobile service Switching center)

GGSN (Gateway GPRS Support Node)

HLR (HOME location Register)

HSS (Home Subscriber Server)

IMEI (International mobile équipement Identity)

IMSI (international mobile Subscriber Identity)

ISUP (Integrated Services Digital Network User Part)

IP (Internet protocol)

IMPU (Public User Identity)

IMPI (Private User Identity)

IMS (IP Multimedia Subsystem)

I-CSCF (Interrogating Call Session Control Function)

LTE (Long Term Evolution)

MS (Station mobile)

MSC (Mobile-service Switching center)

MAP (Mobile application Part)

MIMO (Multiple input multiple output)

MME (Mobility management entity)

NSS (Network Sub-System)

OSS (Operation Sub-System)

OSI (Open Systems Interconnection)

PCU (Packet control unit)

PDN (Packet Data Network)

PCRF (Policy and Charging Rules Function)

PSTN (Public Switched telephone Network)

PLMN (Public land mobile Network)

P-CSCF (Proxy Call Session Control Function)

PS (Packet Switched)

QoS (Quality of Service)

RNC (Radio Network Controller)

RTC (Réseau téléphonique commuté)

RAB (Radio Access Bearer)

RRC (Radio Resource Control)

RTP (Real Time Protocol)

SMS (Short Message Service)

SIM (Subscriber Identifie module)

SS7 (Système de signalisation Semaphore n°7)

SGSN (Serving GPRS Support Node)

SAE (System Architecture Evolution)

S-CSCF (Serving Call Session Control Function)

SIP (Session initial protocol)

SDP (Session Description Protocol)

SLF (Subscription Locator Functional)

SGW (Serving Gateway)

SER (SIP Express Router)

UMTS (Universal mobile telecommunication system)

USIM (UMTS Subscriber Identity Module)

UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network)

UA (User Agent)

URI (Uniform Resource Identifier)

VLR (visitor location Register)

VoLTE (Voice over LTE via IP Multimedia Subsystem)

Liste des Figures

Figure 1.1 : Architecture du réseau GSM.	4
Figure 1.2 : Le sous-système du réseau GSM.....	5
Figure 1.3 : Architecture protocolaire.....	7
Figure 1.4 : Architecture du réseau GPRS	11
Figure 1.5 : Architecture du réseau UMTS	13
Figure 1.6 : Architecture de réseau EPS	15
Figure 1.7 : Architecture E-UTRAN.....	16
Figure 1.8 :Architecture protocolaire.....	22
Figure 2.1 : Solution CSFB (Circuit Switched Fallback)	25
Figure 2.2 : Solution VoLTE (voice over LTE)	26
Figure 2.3 : Architecture de réseau IMS	28
Figure 2.4 . Les entités du réseau IMS	29
Figure 2.5 : Le modèle protocolaire.....	38
Figure 2.6 : Création d'un dedicated bearer pour la VoLTE.....	40
Figure 2.7 :Les étapes d'enregistrement d'un terminal.....	42
Figure 2.8 : Mise en communication de deux terminaux.....	44
Figure 3.1 : Architecture de plateforme IMS	47
Figure 3.2 : Architecture d'OpenIMScore	48
Figure 3.3 : Le test de Ping de l'entité P-CSCF de réseau IMS.....	50
Figure 3.4 : Interface OpenIMScore.....	50
Figure 3.5 : Configuration d'un user identité djamila.igh.....	51
Figure 3.6 : Configuration de Private User Identity djamila.igh.....	52
Figure 3.7 : Configuration d'IMS Subscription pour djamila.igh	53
Figure 3.8 : Captures des paquets pour une demande d'enregistrement.....	54
Figure 3.9 : Configuration des clients IMS pour Naima et Djamila	55
Figure 3.10 : Serveur de présence entre deux clients IMS.....	55
Figure 3.11 : Diagramme de fonctionnement d'un serveur de présence	56

Figure 3.12: Capture des paquets pour le serveur de présence.....	56
Figure 3.13 : Appel SIP entre Djamila ET Naima.....	57
Figure 3.14 : diagramme de fonctionnement d'appel voix en local host	57
Figure 3.15: Capture des paquets de l'appel entre les utilisateurs.....	58
Figure 3.16 : Diagramme de fonctionnement de la messagerie instantanée.....	59
Figure 3.17: Capture des paquets de message.....	60

Liste des Tableau

Tableau 1.1 : Interfaces du réseau GSM	9
---	---

SOMMAIRE

Introduction général	1
Chapitre I : Différentes générations des réseaux mobiles	
I. Préambule.	3
II. Les différentes technologies de la téléphonie mobile.	3
II.1. Première génération des réseaux mobiles (1G)	3
II.2. Deuxième génération des téléphones mobiles 2G(GSM)	4
II.2.1. Architecture du réseau GSM.....	4
II.2.2.1 Mobile station (MS)	5
II.2.1.2 Le Sous-système radio BSS.....	6
II.2.1.3 Le Sous-système d'acheminement NSS.....	6
II.2.1.4 Le Sous-système d'exploitation et de maintenance OSS.....	7
II.2.2. Architecture protocolaire.....	8
II.2.2.1.Pile de protocole coté BSS.....	8
II.2.2.2.Pile de protocole cote NSS.....	8
II.2.3. Système de signalisation SS7	9
II.2.4. Handover	9
II.2.5. Architecture cellulaire.....	10
II. 3. Réseau GPRS.....	10
II.3.1. Définition du réseau GPRS.....	10
II. 3.2 Architecture du réseau GPRS	11
II.3.2.1. Les composant du réseau GPRS	11
II. 3.3. Protocole IP.....	12
II.4. Troisième génération des téléphones mobiles 3G (UMTS).....	12
II.4.1. Architecture du réseau UMTS	12
II.4.1.1. Equipement d'utilisateur(UE)	13
II.4.1.2. Le réseau d'accès Radio (UTRAN).....	13
II.4.2. Le domaine de commutation dans le réseau UMTS	14
II.5. Quatrième génération des téléphones mobiles 4G (LTE)	14

II.5.1. Architecture du réseau EPS	14
II.5.1.1 Un Appareil LTE (UE)	15
II.5.1.2. Réseau d'accès E-UTRAN	15
II.5.1.3. Réseau Cœur EPC.....	17
II.5.2. Performances du LTE.....	19
II.5.3. Caractéristiques et entités du réseau EPS	20
II.5.4. Les Procédures d'attachement et détachement du réseau EPS	21
II.5.4.1. Attachement de L'UE au réseau EPS	21
II.5.4.2. Détachement de L'UE du réseau EPS	22
II.5.5. Architecture Protocolaire.....	22
II.5.5.1. Protocole RRC	22
II.5.5.2. Protocole PDCP.....	23
II.5.5.3. Protocole RLC	23
II.5.5.4. Protocole MAC.....	23
III. Conclusion	23

Chapitre II : Solution VoLTE (voix sur LTE)

I. Preamble	24
II. CSFB (Circuit Switched FallBack)	24
III. VoLTE (Voice over LTE) via IP Multimédia SubSystem	26
III.1. Définition du réseau IMS	27
III.2. Service IMS	27
III. 3.Architecture fonctionnelle en couche d'IMS	27
III.3.1. Couche d'accès	28
III. 3.2. Couche de transport.....	28
III.2. 3. Couche de contrôle	29
III.2.4. couche d'application	29
III.4. Elément fonctionnelles de l'IMS.....	30
III.4.1. Bloc des bases des données.....	30

III.4.2. Bloc de contrôle des sessions CSCF.....	30
III.4.3. Bloc l'interconnexion avec les autres réseaux	31
III.4.4. Les serveur d'application	32
III.5. Protocoles principales mise en œuvre en VoLTE.....	33
III.5.1. Protocol SIP.....	33
III.5.1.1 Les Requête	33
III.5.1.2. Les réponses.....	34
III.5.1.3. Les en-têtes	35
III.5.2. Protocole SDP	35
III.5.3. Protocole DIAMETER	36
III.5.3.1. Les messages DIAMETER	36
III.5.3.1.1. Les messages liés à l'enregistrement et au routage	36
III.5.3.1.2. Les messages liés au contrôle du média.....	37
III.5.4. Protocoles RTP	38
III.5.5. Protocoles RTCP.....	38
IV. Le modèle protocolaire dans l'IMS	38
IV.1. La notion de 'Bearer'	39
IV.2. Etablissement de dedicated Bearer pour les services IMS	39
V. Profil des abonnés d'un réseau IMS.....	40
V.1. Identité publique IMPU (Public User Identity)	40
V.2. Identité privée IMPI (Private User Identity)	41
VI. Gestion des communications	41
VI.1 L'enregistrement d'un abonné IMS	41
VI.1.1. Première phase d'enregistrement	42
VI.1.2. Deuxième étape d'enregistrement	43
VI.2. Mise en relation de deux utilisateurs VoLTE	43
VII. Conclusion	46

Chapitre III : Mise en place de la plateforme IMS

I. Préambule	47
II. Mise en place de la plateforme OpenIMScore.....	47
II.1. Architecture de la plateforme	47
III. Présentation et installation des logiciels utilisés	48
III.1. Présentation des logiciels.....	48
III.1.1.OpenIMScore.....	48
III.1.2.Logiciel wireshark.....	49
III.1.3.Logiciel Monster	49
III.2. Installation d'OpenIMScore	49
III.2.1.Préparation du système	49
IV. Configuration des identités des utilisateurs.....	50
IV.1. Configuration l'abonné IMS	51
V. Demande d'enregistrement.....	54
VI. Configuration de client IMS Monster	54
VI.1. serveur de présence	55
VII. Test d'appel en localhost	57
VIII Etablissement d'une session data.....	59
IX. service supplémentaire	60
IX.1. Le service IPTV	60
X. Conclusion	61
Conclusion général.....	62
Référence Bibliographies	

Introduction Générale

Introduction générale

Les réseaux des opérateurs mobiles ont été conçus initialement pour le trafic de la voix. Progressivement, la nature du trafic a évolué vers des services plus complexes de données tels que les SMS, l'accès Internet ou encore la télévision mobile.

Dans ce projet on va décrire la naissance des réseaux mobiles et leur chemin évolutifs, on commencera par la première génération caractérisée par une modulation analogique, la seconde génération GSM caractérisée par une modulation numérique, qui a connu une évolution vers le transfert de données dont le GPRS suivi par la troisième génération UMTS et la quatrième génération LTE.

Le réseau 4G apporte une véritable augmentation du débit qui ne supporte pas le transport de la voix car ce réseau utilise uniquement la commutation de paquet.

Le terme Voix sur LTE ou VoLTE (Voice over LTE) est le terme consacré pour désigner le transport de la voix assuré par le réseau EPS, dans le cadre de la fourniture du service téléphonique.

La Voix sur LTE est mise en œuvre par l'association du réseau EPS pour le transport des flux (voix et signalisation téléphonique) et du réseau IMS (IP MultiMedia SubSystem) pour le traitement de la signalisation téléphonique.

Ce mémoire est structuré en trois chapitre

Le premier chapitre est consacré à la présentation des différentes générations de réseaux mobiles dont on a étudié les caractéristiques et l'architecture fonctionnelle de chaque norme.

Le deuxième chapitre consiste à faire l'étude de la voix sur LTE, la première partie sera accordée sur l'étude des solutions qui offrent le service téléphonique sur les réseaux de quatrième génération et principalement la solution VoLTE. Dans la deuxième partie on présentera en gros l'architecture fonctionnelle de l'IMS ainsi que le type de signalisation dans l'IMS et la troisième partie on expliquera en détail respectivement la procédure d'enregistrement et la procédure d'établissement de session dans les réseaux IMS.

Le troisième chapitre sera réservé exclusivement à la description de la mise en place la solution IMS pour la VoLTE basée sur une plateforme IMS open source (logiciel OpenIMSCore).

Chapitre I

Différentes générations des réseaux mobiles

I. Préambule

Le réseau de téléphonie mobile permet à des milliers d'utilisateurs d'établir des communications, Téléphoner, envoyer des messages ou des MMS, surfer sur le web ou consulter des applications.

La première génération de systèmes cellulaires (1G) reposait sur un système de communications mobiles analogiques uniquement la voix, cette génération a été remplacée dès l'apparition d'une seconde génération (2G) plus performante utilisant une technologie numérique pour la liaison ainsi que pour le signal vocal. Ce réseau, également appelé GSM a été créée en 1982. Ce système apporte une meilleure qualité qui lui permet d'accéder à divers service comme l'internet. Tant dit que l'arrivée de la 3G (UMTS) ce réseau permet des services de communications plus rapides spécifiquement pour la voix et l'Internet de n'importe quel endroit et à tout moment.

Avec le réseau mobile 4G (LTE), les fournisseurs permettent à leurs abonnés de naviguer sur Internet avec une grande rapidité ainsi le lancement de très haut débit mobile.

II. Les différentes technologies de la téléphonie mobile :

Cette partie décrira brièvement les différentes technologies de réseau mobile, il est intéressant de rappeler l'évolution de ces technologies ainsi que leur fonctionnement.

II.1. Première génération de réseau mobile (1G) :

La première génération de système cellulaire de téléphone mobile est apparue dans les années 80, en offrant un service médiocre de communication mobile, médiocre mais très couteux, et a une couverture nationale.

La première génération avait beaucoup de défauts : Des normes incompatibles d'une région à une autre, une transmission analogique non sécurisée (on pouvait écouter les appels), pas de roaming vers l'international (roaming est la possibilité de conserver son numéro sur un autre réseau que celui de son opérateur)¹.

¹ HANICHE Lynda, TIKENTERT Fazia, (2010), contribution à la mise en service et simulation de fonctionnement de réseau de 3G. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI TIZI-OUZOU.

II.2. Deuxième génération du réseau mobile 2G (GSM)

Les réseaux de type GSM sont des réseaux complètement autonomes. Ils sont interconnectables aux PSTN (Public Switched telephone Network) et utilisent le format numérique pour la transmission des informations permettre une sécurisation des données (avec cryptage), le réseau GSM permis de répondre au besoin de la téléphoner en tout lieu avec la possibilité d'émettre des mini messages (SMS). Ainsi qu'il autorise le roaming entre les pays exploitant le réseau GSM².

Cette partie présente les caractéristiques essentielles du système ainsi que son architecture générale.

II.2.1. Architecture du réseau GSM : Architecture du réseau GSM est donnée par la figure ci-dessous :

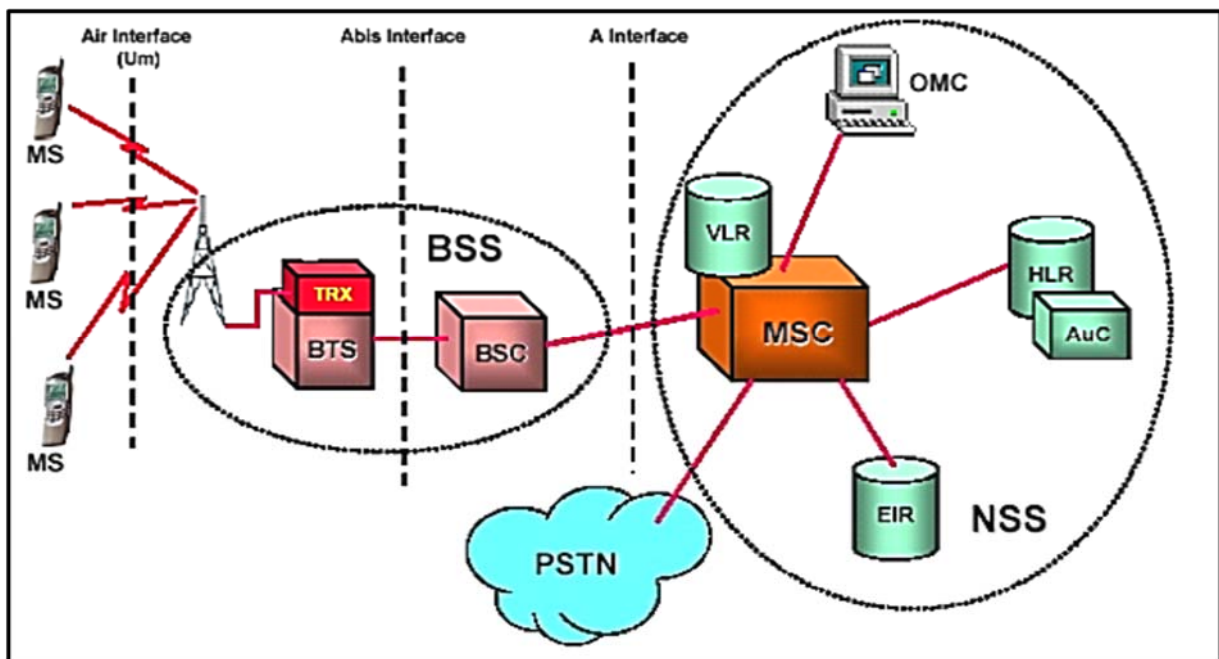


Figure 1.1 : Architecture du réseau GSM³.

² ALAGHA KHALDOUN, Réseaux de mobiles et réseaux sans fil, Edition Eyrolles, (2001).

³ GSM Architecture overview, édition AIRCOM INTERNATIONAL

II.2.1.1 Station Mobile (MS)

Dans un réseau GSM le terminal de l'utilisateur est appelé MS (station mobile), qui est un élément de base d'un système cellulaire, le MS est l'équipement physique comprend un terminal et une carte SIM (Subscriber Identity module) mis à la disposition de l'utilisateur pour établir la parole ou pour changer des messages.

Chaque terminal est identifié par un numéro IMEI (international mobile équipement Identity) attribué par le constructeur.

La carte SIM contient le numéro IMSI (international mobile Subscriber Identity) pour identifier l'utilisateur et permet l'établissement de la communication⁴.

Le réseau GSM est constitué de trois sous-systèmes : la figure ci-dessous montre les sous-systèmes de ce réseau :

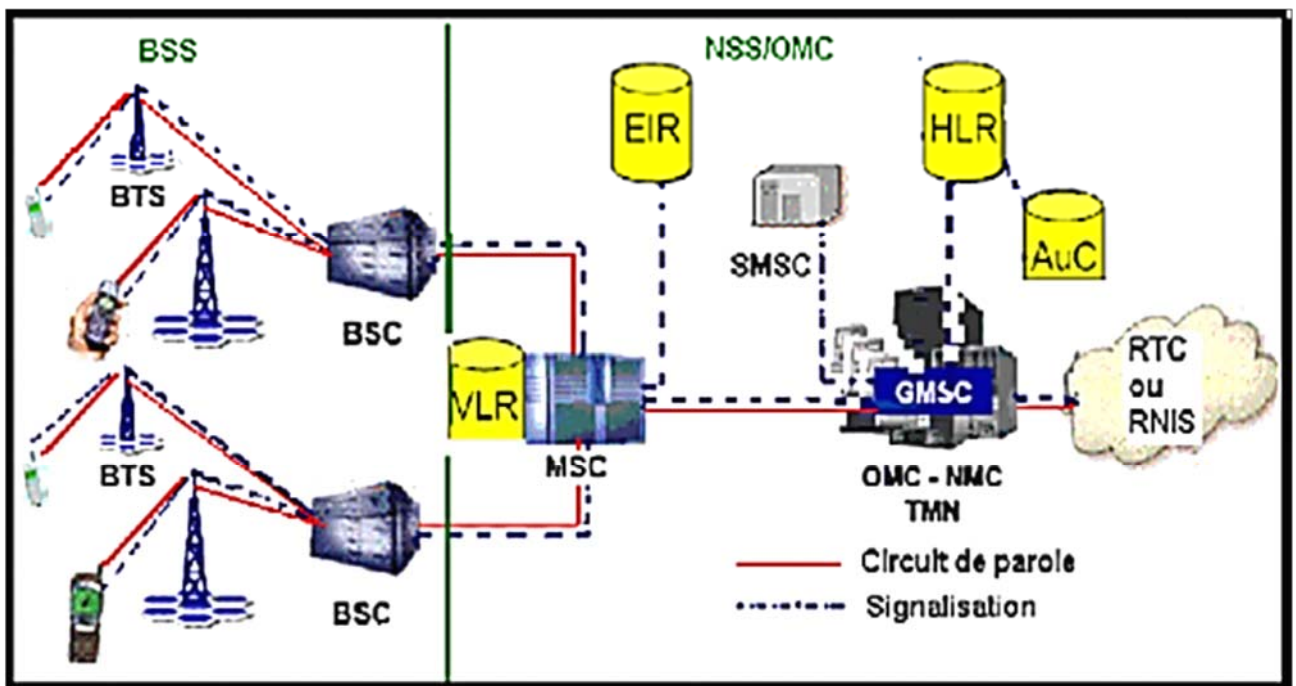


Figure 1.2 : les sous-systèmes du réseau GSM⁵

⁴ Globale systeme for mobile communication Architecture, interface et identités copyright EFORT(2008)

<http://WWW.efort.com>

⁵ Globale systeme for mobile communication, copyright EFORT(2008), op.sit

II.2.1.2. le sous- système radio BSS (base station SubSystem)

Il assure la transmission radioélectrique avec le mobile, gère les ressources radio et permet la mobilité du mobile.

- ✓ **BSC** (base station Controller) : qui contrôlent un ensemble de BTS.
- ✓ **BTS** (base transceiver station) : qui sont des émetteurs récepteurs, assurant la transmission radioélectrique avec l'abonné MS.

II.2.1.3. le sous- système d'acheminement NSS (network SubSystem)

NSS est le cœur du réseau, il permet le traitement de l'appel pour l'établissement de la communication et l'accès au réseau public (RTC ou RNIS).

Le sous-système NSS est composé de commutateurs téléphoniques et des bases de données :

Les commutateurs téléphoniques :

- ✓ **MSC** (Mobile-service Switching centre)
Sont des commutateurs qui assurent l'interconnexion entre le réseau mobile et le réseau fixe public. Le MSC gère l'établissement des communications, la transmission des messages courts et l'exécution du processus de handover lorsqu'il y a un changement de cellules.
- ✓ **GMSC** (Gateway mobile service Switching centre) Commutateur d'entrée de service mobile (GSM) Ce commutateur est l'interface entre le réseau cellulaire et le réseau téléphonique public. Le GMSC est chargé d'acheminer les appels du réseau fixe à un usager GSM.

Les bases de données

- ✓ **HLR** (HOME location Register)
Est une base de données de localisation qui gère les caractéristiques (les informations et l'identité) de chaque abonné.
- ✓ **VLR** (visitor location Register)
Contient des informations relatives temporaires des abonnés présents dans la zone couverte par MSC.
Permet au MSC de limiter les accès aux HLR.

- ✓ **AuC** (authentification centre) mémorise pour chaque abonné une clé secrète utilisée pour authentifier les demandes de services et pour chiffrer (crypter) les communications.
- ✓ **EIR** (Equipment Identity Register)
Chaque terminal mobile est identifié par un code IMEI. Le registre EIR contient la liste de tous les terminaux valides. Une consultation de ce registre permet de refuser l'accès au réseau à un terminal qui a été déclaré perdu ou volé⁶.

II.2.1.4. Le sous-système d’exploitation et de maintenance OSS (Operation SubSystem) permet à l’opérateur d’exploiter son réseau, et qui a pour fonction de gérer les éléments du BSS et NSS.

II.2.2. Architecture protocolaire

Les équipements du réseau GSM communique entre eux, par les interfaces qui utilisent les protocoles de la technique RNIS, et structurée suivent les couches de modèle OSI.

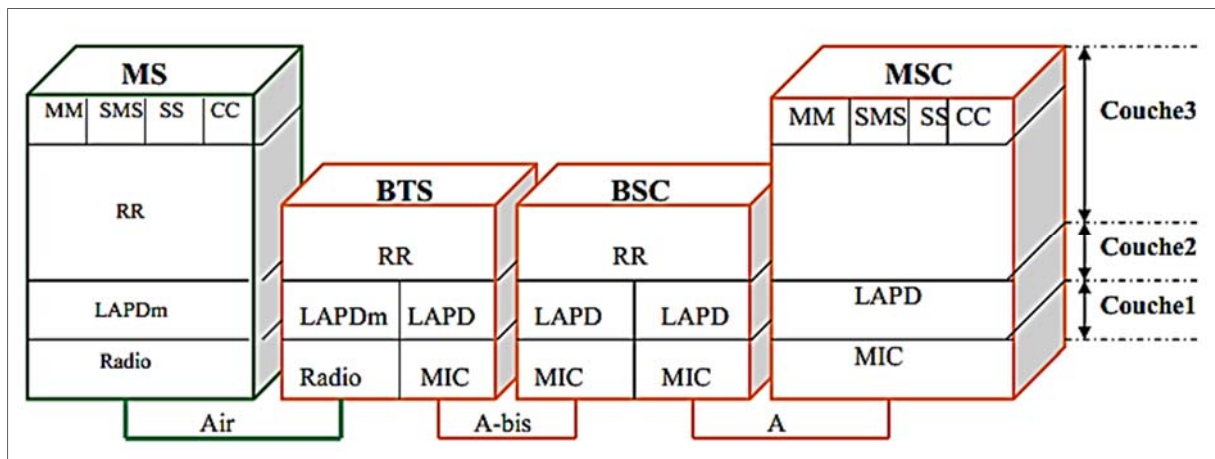


Figure 1.3 : Architecture protocolaire⁷

⁶ Globale systeme for mobile communication, copyright EFORT(2008), op.sit

⁷ HANICHE Lynda, TIKENTERT Fazia, (2010), op.sit.

II.2.2.1. Pile de protocole côté BSS

A) Protocole LAPD (Link Access Procedure for the D-Channel) entre **BTS** et **BSC**, (**LAPDm modifié**) entre **MS** et **BTS** : il permet d'effectuer la transmission de données et fiabiliser les communications pour gérer la mobilité

B) Protocole (RR) Radio Ressource : s'occupe de la liaison radio. Il interconnecte un BTS et un BSC car ce dernier gère l'attribution des fréquences radio dans une zone.

C) Protocole (MM) Mobility Management : gère l'identification, l'authentification sur le réseau et la localisation d'un terminal. Cette application se trouve dans le sous-réseau de commutation (NSS) et dans le mobile car ils doivent tous deux connaître la position du mobile dans le réseau.

D) Protocole CM :

- a) **Protocole (CC) Call Control** : prend en charge le traitement des appels tels que l'établissement, la terminaison et la supervision.
- b) **Protocole (SMS) Short Message Service** : qui permet l'envoi de courts messages.
- c) **Protocole (SS) Supplementary Services** : prend en charge les compléments de services.

▪ **Les interfaces de côté BSS**

- **Interface Radio (Um)** : Cette interface est celle entre la station mobile et BTS, C'est l'une des interfaces les plus importantes d'un système GSM. Afin d'obtenir une compatibilité entre les stations mobiles et les différents réseaux pour permettre l'itinérance.
- **Interface A-bis** : cette interface est celle entre BTS et BSC.
- **Interface A** : cette interface est celle entre BSC et MSC⁸.

II.2.2.2. Pile de protocole côté NSS : Tous les équipements de sous-système NSS sont reliés par les interfaces B, C, D, E, F, G Qui utilisent le protocole MAP (mobile application Part) qui s'appuie sur la pile de protocole SS7.

- a) **Protocole MAP** : Le protocole MAP, régit l'ensemble des échanges entre équipements du réseau cœur. Il offre les fonctions de signalisation nécessaires à

⁸ HANICHE Lynda, TIKENTERT Fazia (2010).op.sit.

un service de communication voix ou données dans un réseau mobile. Il a principalement trait à toutes les fonctions qui permettent à un mobile d'être itinérant⁹.

b) **Protocole ISUP** : définit les procédures utilisées pour configurer, gérer et libérer les circuits qui transportent les signaux vocaux et de données¹⁰.

▪ **Les interfaces du côté NSS**

Nom	Localisation	Utilisation
B	MSC – VLR	Divers (transfert de données)
C	GMSC – HLR	Interrogation HLR pour appel entrant
D	VLR – HLR	Gestion des informations d'abonnés et de localisation et les Services supplémentaires
E	MSC – MSC	Exécution des « handover »
F	MSC – VLR	Vérification de l'identité du terminal
G	VLR – VLR	Gestion des informations d'abonnés
H	HLR – AuC	Echange des données d'authentification

Tableau.1.1 : Les interfaces du réseau GSM¹¹

II.2.3. Système de signalisation SS7

SS7 Est un système de signalisation est constitué d'éléments interconnectés qui échangent des informations afin d'établir, contrôler et libérer des appels entre les utilisateurs¹².

II.2.4. Handover

C'est une procédure de transfert intercellulaire qui permet de basculer une communication en cours, d'une cellule à une autre sans coupure, et garantit la continuité de la communication¹³.

⁹ ENDREER PEREZ (2011), op.cit.

¹⁰ ENDREER PEREZ (2011) .Op.cit.

¹¹ Globale system for mobile communication, copyright EFORT(2008), op.cit

¹² SIMON ZNATY, Le réseau sémaphore Numéro7 : principes, architecture et protocoles, copyright EFORT,

[http:// www.efort.com](http://www.efort.com)

II.2.5. Architecture cellulaire

La couverture de la zone pour laquelle un opérateur a obtenu une licence est réalisée à partir d'un maillage constitué de cellules de forme hexagonale au centre desquelles est installée une seule antenne (**BTS**), qui est la zone où le champ radioélectrique suffit pour maintenir une qualité de communication acceptable.

- **Cellule omnidirectionnelle** : cellule équipée d'une BTS à une antenne omnidirectionnelle.
- **Cellule sectorielle** : cellule équipée d'une BTS à antenne omnidirectionnelle, cette solution permet de tripler la capacité du réseau¹⁴.

II.3. Réseau GPRS (General Packet Radio Services) 2.5G

Le réseau GSM est conçu pour des communications en mode circuit à faible débit, GSM a standardisé des règles pour réaliser du transfert de donnée en utilisant les circuits de voix.

Avec le HSCSD on assiste à un premier développement du standard vers des débits supérieurs, mais toujours en mode circuit.

Pour améliorer encore l'efficacité du transfert de donnée, une évolution majeure du GSM est normalisée sous le nom de GPRS.

II.3.1. Définition du réseau GPRS

Le réseau GPRS utilise les mêmes équipements du réseau GSM pour le transport de la voix, et propose d'accéder à des réseaux de données (internet) utilisant le protocole IP, LE GPRS introduit une architecture réseau en mode paquet¹⁵.

¹³ ir. Willy PIRARD, PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE TELEPHONIE MOBILE GSM, Institut Scientifique de Service Public.

¹⁴ ALLAOUI HAYAT, AREZKI SONIA, (2016), Dimensionnement et caractéristique d'un réseau mobile 3G, Université MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU.

¹⁵ ALLAOUI HAYAT, AREZKI SONIA, 2016.op.sit.

II.3.2. Architecture du réseau GPRS

Le réseau GPRS exige l'implantation de nouvel élément dans le sous-système BSS et l'introduction d'un sous-système GSS pour les routages des paquets. La figure ci-dessous présente l'architecture du réseau GPRS :

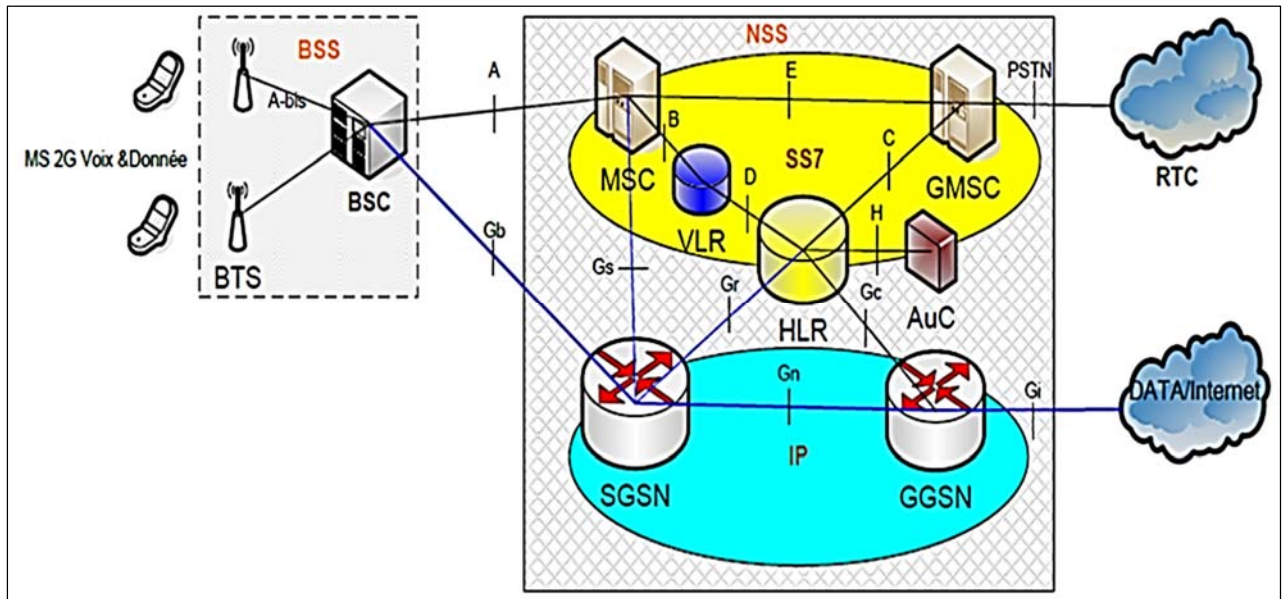


Figure 1.4 : Architecture du réseau GPRS¹⁶

II.3.2.1. Les composantes du réseau GPRS :

SGSN (Serving GPRS Support Node) est un Routeur permettant de gérer les coordonnées des terminaux de la zone et de réaliser l'interface de passage des paquets avec la passerelle GGSN.

GGSN (Gateway GPRS Support Node), passerelle s'interfaçant avec les autres réseaux de données (internet). Le GGSN est notamment chargé de fournir une **adresse IP** aux terminaux mobiles pendant toute la durée de la connexion.

PCU (Packet control unit) : est un composant introduit dans le BSS qui assure l'attribution de la ressource radioélectrique au mobile.

¹⁶ GSM : Global System for Mobile Communications Architecture, Interfaces et Identités Copyright EFORT 2008, <http://www.efort.com>

Module BG pour la sécurité : le BG (Border Gateway) permet de connecter les réseaux GPRS via un réseau fédérateur et qui assurent les fonctions de sécurité pour la connexion entre ces réseaux¹⁷.

II.3.3. Protocole IP : est un réseau de transit des adresses IP qui assure l'interconnexion des réseaux de mobile GPRS afin d'assurer l'itinérance entre opérateurs¹⁸.

II.4. Troisième génération des téléphones mobiles 3G (UMTS) :

L'UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) désigne une technologie qui rend possible un accès plus rapide à internet depuis un téléphone portable, et améliorer la QoS du Multimédia, par un accroissement significatif des débits (haut débit).

L'idée a été d'ajouter des amplificateurs avant chaque antenne, il amplifie le signal pour que celui-ci puisse être reçu par une autre antenne, en changeant les techniques de modulation. Pour cela il a fallu améliorer les terminaux (Smartphone, Tablette...) permettant un usage plus confortable de la connexion haut débit¹⁹.

II.4.1. Architecture du réseau UMTS (universal mobile telecommunication system)

L'architecture UMTS est constituée d'une partie radio appelée UTRAN et d'une partie réseau cœur qui est fondée sur les éléments de base du réseau GSM et GPRS. Il est en charge de la commutation et du routage des communications (voix et données) vers les réseaux externes.

L'architecture de référence du réseau cœur d'UMTS (UMTS Core Network) est divisée en trois groupes. Le premier est celui du domaine CS comprenant les entités MSC, GMSC, et VLR. Le second est celui du domaine PS regroupant les entités SGSN et GGSN. Le dernier comprend les entités du réseau communes aux domaines

¹⁷ ALLAOUI HAYAT, AREZKI SONIA, 2016.op.sit.

¹⁸ ENDREER PEREZ (2011), op.sit.

¹⁹ Harri Holma, Antti Toskala, "UMTS : Les réseaux mobiles de 3ème génération", Editions Osman Eyrolles Multimedia, 2000.

PS et CS, à savoir, HLR, et AuC. la figure ci-dessous présente l'architecture du réseau UMTS :

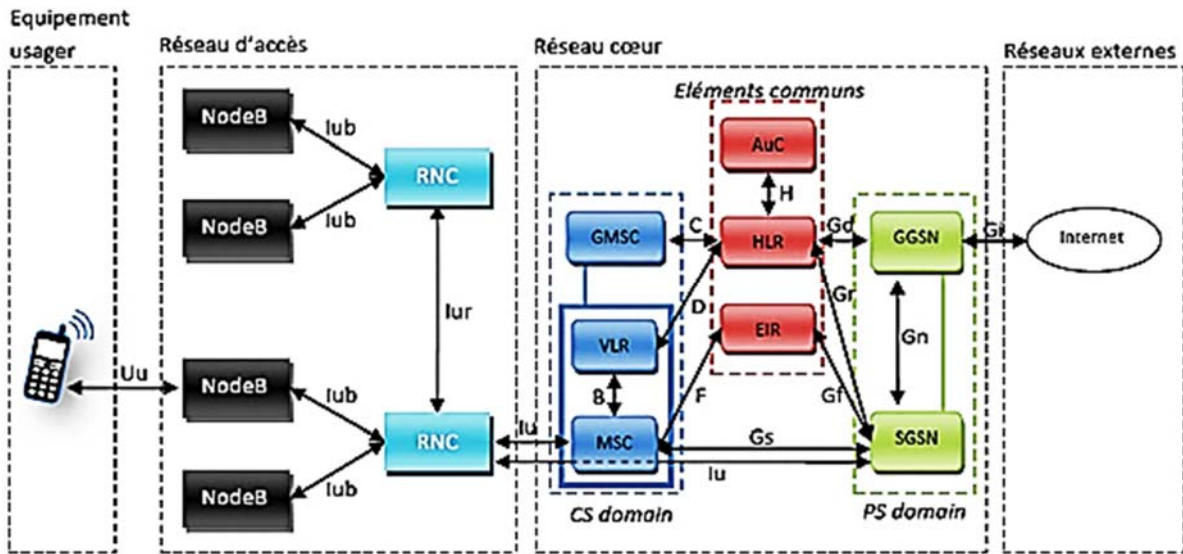


Figure 1.5 : Architecture du réseau UMTS²⁰

II.4.1.1. Equipement d'utilisateur (UE)

- L'Equipement mobile (ME : Mobile Equipment) : c'est un terminal radio utilisé pour les communications à travers l'interface Um.
- L'USIM (UMTS Subscriber Identity Module) : c'est l'équivalent de la carte SIM en GSM. Il fournit l'identité de l'abonné²¹.

II.4.1.2. Réseau d'accès radio (UTRAN) comporte les deux éléments suivants:

NodeB: est une antenne équivalent du BTS du réseau GSM, son rôle principale est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules du réseau d'accès de l'UMTS avec un équipement usager (téléphone).

RNC (Radio Network Controller) : est un contrôleur de Node B, il est équivalent du BSC dans le réseau GSM qui se charge de gérer les ressources radio de la zone dont il a le contrôle, c'est-à-dire les ressources de la zone de couverture de tous les Node B

²⁰Harri Holma, Antti Toskala, "UMTS 2000.op.sit.

²¹ Heikki Kaaranen et al. "UMTS Networks : Architecture, Mobility and Services", Editions Wiley, 2001.

auxquels il est rattaché. Le RNC est le point d'accès pour tous les services fournis par l'UTRAN au réseau cœur²².

II.4.2. Le domaine de commutation dans le réseau UMTS

- Domaine de commutation de circuits (CS, Circuit Switched)

Ce domaine permet de gérer les services temps réels tels que les appels téléphoniques, la visioconférence et les applications multimédias. Ces applications nécessitent un temps de transfert rapide. Le débit supporté par ce mode peut arriver jusqu'à 384 Kbit/s.

- Domaine de commutation de paquets (PS, Packet Switched)

Ce domaine traite les services non temps réels tels que le téléchargement des fichiers ou des E-mails, les jeux en réseau, la navigation sur le web... Le temps de transfert pour ce type d'applications n'est pas important. Le débit pourra atteindre 2 Mbit/s²³.

II.5. Quatrième génération des téléphones mobiles 4G (LTE) :

Le réseau mobile de quatrième génération. Utilise le terme « 4G » en comparaison à la 3G, qui permet déjà un débit confortable sur les appareils mobiles. Le réseau utilise la technologie LTE (Long Term Evolution) et offre un accès au très haut débit, qui peut aller jusqu'à 100 mégabits/seconde.

Les avantages de la 4G sont directement liés à l'accès data sur un appareil mobile :

- Téléchargement des données plus rapide avec un débit cinq fois supérieur à celui de la 3G.
- Un accès aux vidéos en streaming sans temps de latence.
- Des appels vidéo de meilleure qualité.

II.5.1. Architecture du réseau EPS

Les opérateurs de la LTE impliquent des modifications sur le cœur du réseau et les émetteurs radio. Le futur réseau s'appelle EPS (Evolved Packet System). Il est

²² Mr LAKHDAR HAMINA ISMAIL, (2014), ingénierie d'un réseau Mobile 3G/3G+, Université MOULOU D MEMMERI TIZI-OUZOU.

²³ENDRER PEREZ (2011). op.sit.

constitué d'un nouveau réseau d'accès appelé LTE (Long Term Evolution) et d'un nouveau réseau cœur appelé SAE (System Architecture Evolution) ou EPC (Evolved Packet Core). L'architecture du réseau EPS est donnée par la figure ci-dessous ²⁴:

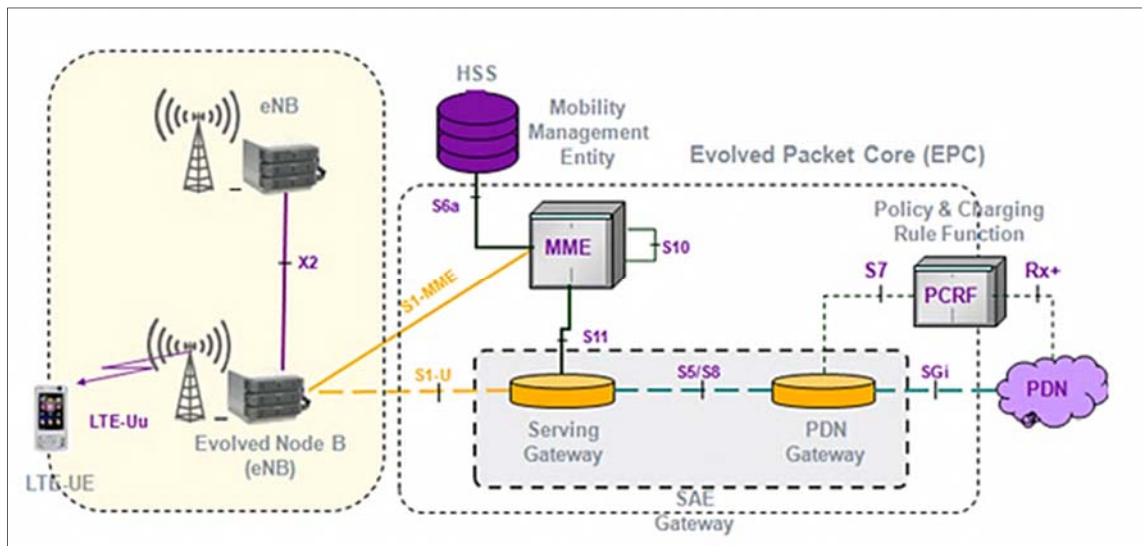


Figure 1.6 : Architecture de réseau EPS²⁵

II.5.1.1. Un appareil LTE (UE)

Pour accéder au réseau LTE, vous devez d'abord passer à un appareil compatible avec la technologie LTE (Smartphones, des tablettes, des clés-modems USB), dotés de fonctions uniques (améliorées par la vitesse supérieure de la LTE et aux débits maximaux fournis par le type d'antenne qu'il intègre). Tout terminal, doit être capable de s'adapter aux 6 largeurs spectrales allant de 1,4 à 20 MHz. Il faut aussi une carte SIM LTE.

II.5.1.2. Réseau d'accès E-UTRAN : est simplifié et comprend un seul type d'entité eNodeB. A la différence de l'UTRAN 3G où sont présentes les entités NodeB et RNC, l'architecture E-UTRAN ne présente que des eNodeB. Les fonctions supportées par le RNC ont été réparties entre l'eNodeB et les entités du réseau cœur MME/SGW

²⁴ LTE + SAE = EPS Principes et Architecture, Copyright EFORT 2009, <http://www.efort.com>.

²⁵ Habib CHAGOUR, la téléphonie Mobile & Architecture réseau 4G Edition SUPINFO, 2016, <http://www.supinfo.com>

- **Entité eNodeB :**

L'eNodeB est responsable de la transmission et de la réception radio avec l'UE, qui est basé sur le mode MIMO (multiple input multiple output) recourt à plusieurs antennes en émission et en réception, il améliore le débit en autorisant l'émission de deux signaux différents sur la même fréquence et au même temps. L'eNodeB dispose d'une interface S1 avec le réseau cœur. L'interface S1 consiste en S1-C (S1-Contrôle) entre l'eNodeB et le MME et S1-U (S1-Usager) entre l'eNodeB et le SGW.

Une nouvelle interface X2 a été définie entre eNodeB adjacents. Son rôle est de minimiser la perte de paquets lors de la mobilité de l'utilisateur en mode ACTIF (handover). Lorsque l'utilisateur se déplace en mode ACTIF d'un eNodeB à un autre eNodeB, de nouvelles ressources sont allouées sur le nouvel eNodeB pour l'UE, ou le réseau continue à transférer les paquets entrants vers l'ancien eNodeB tant que le nouvel eNodeB n'a pas informé le réseau qu'il s'agit de lui relayer les paquets entrants pour cet UE. Pendant ce temps l'ancien eNodeB relaie les paquets entrants sur l'interface X2 au nouvel eNodeB qui les remet à l'UE. La figure 1.7 décrit l'architecture E-UTRAN avec ses eNodeB et les interfaces X2 (entre les eNodeB) et S1 (entre eNodeB et entités du réseau cœur MME/Serving GW). La figure ci-dessous représente l'architecture d'E-UTRAN :

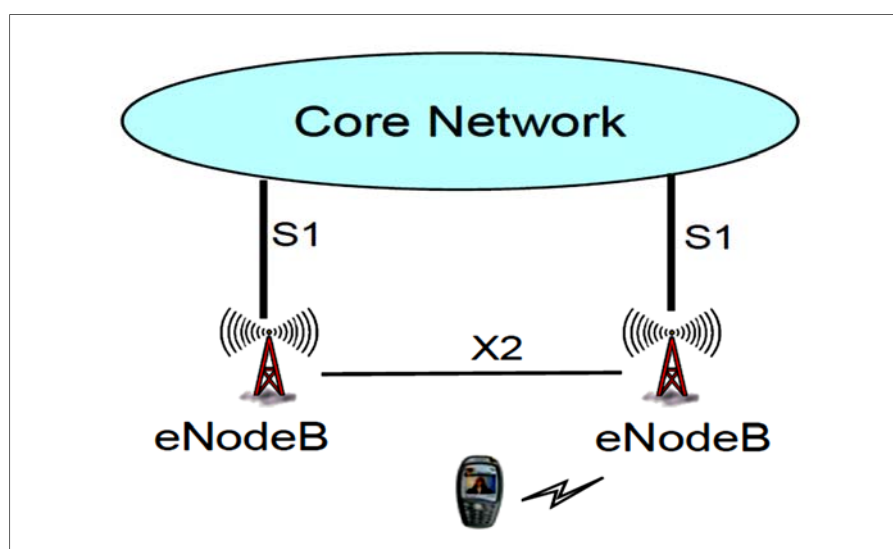


Figure 1.7 : Architecture E-UTRAN²⁶

²⁶ LTE + SAE = EPS Principes et Architecture, (2009), op.cit.

II.5.1.3. Réseaux cœur EPC :

Le réseau 4G fait apparaître un nouveau réseau cœur pour les services de données et services conversationnels

a) Entité MME (Mobility management entity)

- **Signalisation EMM et ESM avec l'UE** : Les terminaux LTE disposent des protocoles EMM (EPS Mobility Management) et ESM (EPS Session Management) qui leur permettent de gérer leur mobilité (attachement, détachement, mise à jour de localisation) et leur session (établissement/libération de session de données) respectivement. Ces protocoles sont échangés entre l'UE et le MME

- **Authentification** : Le MME est responsable de l'authentification des UEs à partir des informations recueillies du HSS.

- **Joignable de l'UE dans l'état IDLE (incluant paging)** : C'est l'entité MME qui est responsable du paging lorsque l'UE est dans l'état IDLE et que des paquets à destination de l'UE sont reçus et mis en mémoire par le Serving GW.

- **Gestion de la liste de Tracking Area** : L'UE est informé des zones de localisation prises en charge par le MME, appelées Tracking Area. L'UE met à jour sa localisation lorsqu'il se retrouve dans une Tracking Area qui n'est pas prise en charge par son MME.

- **Sélection du Serving GW et du PDN GW** : C'est au MME de sélectionner le Serving GW et le PDN GW qui serviront à mettre en œuvre le Default Bearer au moment du rattachement de l'UE au réseau.

- **Sélection de MME lors du handover avec changement de MME** : Lorsque l'utilisateur est dans l'état ACTIF et qu'il se déplace d'une zone prise en charge par un MME à une autre zone qui est sous le contrôle d'un autre MME, alors il est nécessaire que le handover implique l'ancien et le nouveau MME.

- **Sélection du SGSN lors du handover avec les réseaux d'accès 2G et 3G** : Si l'utilisateur se déplace d'une zone LTE à une zone 2G/3G, c'est le MME qui sélectionnera le SGSN qui sera impliqué dans la mise en place du default Bearer.

- **Roaming avec interaction avec le HSS nominal** : Lorsque l'utilisateur se rattache au réseau, le MME s'interface au HSS nominal afin de mettre à jour la localisation du mobile et obtenir le profil de l'utilisateur.

- **Fonctions de gestion du Bearer incluant l'établissement de dedicated Bearer** : C'est au MME d'établir pour le compte de l'utilisateur les defaults Bearer et dedicated Bearer nécessaires pour la prise en charge de ses communications.

- **Interception légale du trafic de signalisation** : L'entité MME reçoit toute la signalisation émise par le mobile²⁷.

b) Entité SGW (Serving Gateway):

Les fonctions de l'entité Serving GW incluent :

- **Point d'ancrage pour le handover inter-eNodeB** : Lors d'un handover inter-eNodeB, le trafic de l'utilisateur qui s'échangeait entre l'ancien eNodeB et le Serving GW doit désormais être relayé du nouvel eNodeB au Serving GW.

- **Point d'ancrage pour le handover LTE et les réseaux 2G/3G** : Il relaie les paquets entre les systèmes 2G/3G et le PDN-GW. Lors d'une mobilité entre LTE et Les réseaux 2G/3G paquet, le SGSN du réseau 2G/3G s'interface avec le Serving GW pour la continuité du service de données.

c) Entité PDN GW (Packet Data Network Gateway):

Les fonctions de l'entité PDN GW incluent :

- **Interface vers les réseaux externes** : (Internet et intranet). Le PDN GW est l'entité qui termine le réseau mobile EPS et assure l'interface aux réseaux externes IPv4 ou IPv6.

- **Allocation de l'adresse IP de l'UE** : Le PDN GW assigne à l'UE son adresse IP dès l'attachement de l'UE lorsque le réseau établit un défaut Bearer permanent à l'UE. Le PDN GW peut allouer une adresse IPv4 ou IPv6.

d) Entité HSS (Home Subscriber Server) :

Avec la technologie LTE, le HLR est réutilisé et renommé HSS (Home Subscriber Server). Le HSS est un HLR évolué et contient l'information de souscription pour les réseaux GSM, GPRS, 3G, LTE et IMS. A la différence de la 2G et de la 3G où l'interface vers le HLR est supportée par le protocole MAP (protocole du monde SS7), l'interface S6 s'appuie sur le protocole DIAMETER (protocole du monde IP).

²⁷ LTE + SAE = EPS Principes et Architecture, (2009), op.sit.

Le HSS est une base de données qui est utilisée simultanément par les réseaux 2G, 3G, LTE/SAE et IMS appartenant au même opérateur. Il supporte donc les protocoles MAP (2G, 3G) et DIAMETER (LTE/SAE, IMS).

e) Entité PCRF (Policy & Charging Rules Function):

L'entité PCRF réalise deux fonctions :

- Elle fournit au PDN-GW les règles de taxation lorsqu'un default Bearer ou un dedicated Bearer est activé ou modifié pour l'utilisateur. Ces règles de taxation permettent au PDN-GW de différencier les flux de données de service.
- Elle permet de demander au PDN-GW d'établir, de modifier et de libérer des dedicated Bearer sur la base de QoS souhaitée par l'utilisateur. Par exemple, Si l'utilisateur demande l'établissement d'une session IMS, un message SIP sera envoyé au P-CSCF qui dialoguera avec le PCRF pour lui indiquer la QoS requise par l'utilisateur pour cette session. Le PCRF dialogue alors avec le PDN-GW pour créer le dedicated Bearer correspondant.

II.5.2. Performances du LTE

- **Débit sur l'interface radio** : Amélioration de l'interface radio afin d'augmenter le débit montant/descendant, et la capacité, ainsi que la performance en bordure de cellule. LTE utilise l'OFDMA pour le sens descendant (du réseau au terminal) et SC-FDMA pour le sens montant (du terminal au réseau), LTE employer de nouvelles technologies d'antenne telles que MIMO, Il est prévu d'obtenir un débit descendant de 100 Mbps, et un débit montant maximal de 50 Mbps sur une bande passante de 20MHz.

- **Efficacité spectrale** (nombre de bit transmis par seconde par hertz) efficacité spectrale meilleure qu'UMTS avec une amélioration de 3 à 4 fois dans la voie descendante et de 2 à 3 fois dans la voie montante et ceci est rendu possible grâce à l'utilisation de l'OFDMA.

- **Connexion permanente** : Principe des accès haut débit où la connectivité est permanente pour l'accès à Internet. Même si la connexion est permanente au niveau du réseau, il est nécessaire pour le terminal de passer de l'état IDLE à l'état ACTIF lorsqu'il s'agira d'envoyer ou recevoir du trafic. Ce changement d'état s'opère en moins de 100 ms. Le réseau pourra recevoir le trafic de tout terminal rattaché puisque

ce dernier dispose d'une adresse IP, mettre en mémoire ce trafic, réaliser l'opération de paging afin de localiser le terminal et lui demander de réserver des ressources afin de pouvoir lui relayer son trafic.

- **Délai pour la transmission de données** : Moins de 5 ms entre l'UE et l'Access Gateway, ceci dans une situation de non-charge où un seul terminal est ACTIF sur l'interface radio. La valeur moyenne du délai devrait avoisiner les 25 ms en situation de charge moyenne de l'interface radio. Ceci permet de supporter les services temps réel IP nativement, comme la voix sur IP et le streaming sur IP.

- **Mobilité** : Assurée à des vitesses comprises entre 120 et 350 km/h. Le handover pourra s'effectuer (la LTE ne permet que le hard handover et non pas le soft handover) dans des conditions où l'utilisateur se déplace à grande vitesse.

- **Interfonctionnement avec la 3G** : Le handover entre E-UTRAN (LTE) et UTRAN (3G) doit être réalisé en moins de 300 ms pour les services temps-réel et 500 ms pour les services non temps-réel. Il est clair qu'au début du déploiement de la LTE peu de zones seront couvertes. Il s'agira pour l'opérateur de s'assurer que le handover entre LTE et la 2G/3G est toujours possible.

- **Largeur de bande** : E-UTRAN doit pouvoir opérer dans des allocations de bande de fréquence de différentes tailles incluant 1.25, 2.5, 5, 10, 15 et 20MHz. LTE supporte FDD et TDD.

- **Faible latence** : proche de 10 ms (entre 70 ms à 200ms UMTS)²⁸.

II.5. 3. Caractéristiques et entités du réseau EPS

L'EPS (Evolved Packet System) est constitué d'un réseau d'accès E-UTRAN (Evolved universal terrestrial radio Access network) qui intègre une technologie radio qui assure la modulation du trafic de l'utilisateur et d'un réseau cœur SAE (system architecture evolution) ou EPC (evolved Packet core) qui assure la mobilité de l'utilisateur et des mobiles UE (User équipement), Il a les caractéristiques suivantes :

-possède une **architecture plate et simplifiée** comparée à celle hiérarchique 2G/3G puisque la fonction de contrôleur d'antenne disparaît. La seule entité présente dans l'accès est l'eNodeB qui peut être assimilé à un NodeB+RNC dans le cas de réseau 3G.

²⁸ LTE + SAE = EPS Principes et Architecture, (2009).op.sit.

- Il s'agit d'une **architecture uniquement paquet** comparée à l'architecture 2G/3G circuit et paquet.
- Il permet une **connectivité permanente tout-IP** comparée à des contextes PDP temporaires ou permanents en 2G/3G dans le domaine paquet
- Son **interface radio** est **totalelement partagée** entre tous les usagers en mode ACTIF comparée à des ressources dédiées et partagées dans l'architecture 2G/3G
- Il permet des **handover vers les réseaux 2G/3G** afin d'assurer des communications sans coupure en environnement hétérogène.

❖ **Les grandes fonctions assurées par l'EPS sont :**

-Fonctions de contrôle d'accès réseau :

Elles permettent d'authentifier l'utilisateur lorsque ce dernier s'attache au réseau, met à jour sa tracking area.

- **Fonctions de gestion de la mobilité** : Elle permet à l'UE de s'attacher, de se détacher et de mettre à jour sa tracking area.

- **Fonctions de gestion de session** : Elle permet d'établir des defaults bearers et des dedicated bearers afin que l'UE dispose de connectivités IP pour ses communications.

- **Fonctions de routage de paquet et de transfert** : Elle permet d'acheminer les paquets de l'UE au PDN GW ainsi que du PDN GW à l'UE.

- **Fonctions de gestion de ressource radio** : Elle permet l'établissement et la libération de RAB (Radio Access Bearer) entre l'UE et le Serving GW à chaque fois que l'UE souhaite devenir actif pour communiquer²⁹.

II.5.4. Les procédures d'attachement et détachement du réseau EPS :

II.5.4.1. Attachement de l'UE au réseau EPS :

1- L'UE initie la procédure d'attachement au réseau EPS par l'envoi d'un message ATTACH REQUEST à l'entité MME de rattachement. Si cette requête est acceptée par le réseau, un message ATTACH ACCEPT est retourné à l'UE.

2- Si le message ATTACH ACCEPT contient un nouveau GUTI alloué par le MME, l'UE doit utiliser ce GUTI (Globally Unique Temporary Identity) comme nouvelle identité temporaire et le stocker sur sa carte SIM en remplacement de l'ancien. Par ailleurs l'UE émet un message ATTACH COMPLETE au MME.

²⁹ LTE + SAE = EPS Principes et Architecture, 2009, op.cit

3- Si aucune identité GUTI n'est présente dans le message ATTACH ACCEPT, l'UE doit continuer à utiliser son ancien GUTI sans retourner de message ATTACH COMPLETE.

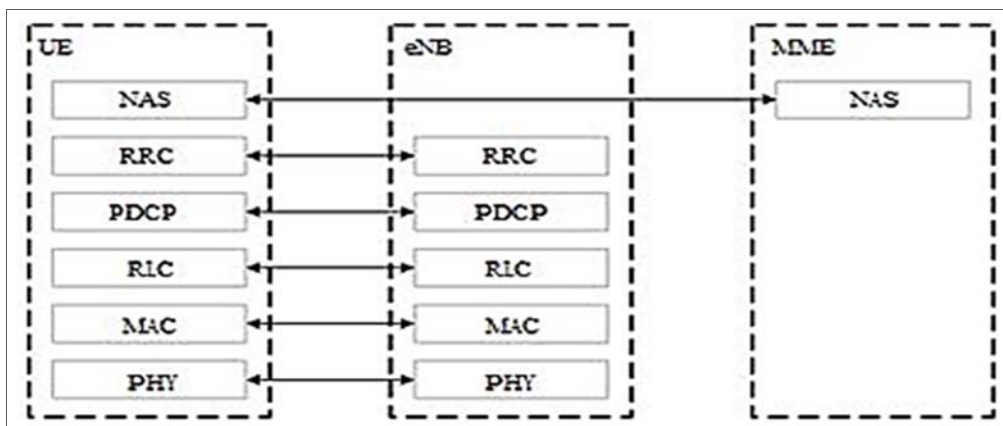
4- Si la demande ATTACH REQUEST est refusée par le réseau EPS, un message ATTACH REJECT est retourné à l'UE.

II.5.4.2. Détachement de l'UE du réseau EPS :

1- La procédure de détachement du réseau EPS est initiée par l'UE à travers un message DETACH REQUEST. Lorsque le MME de rattachement reçoit ce message, il ne retourne pas de réponse car l'UE est déjà hors tension.

2- Lors d'un problème réseau, le MME de rattachement initie une procédure de détachement en envoyant un message DETACH REQUEST à l'UE qui doit l'accepter en retournant une réponse DETACH ACCEPT.

II.5.5. Architecture protocolaire : la figure ci-dessous montre l'architecture protocolaire dans le réseau EPS :



*Figure 1.8 : Architecture protocolaire*³⁰

II.5.5.1. Protocole RRC (Radio Resource Control) : concerne la signalisation échanger entre le mobile et l'entité eNodeB, il rapporte aux points suivants :

- L'établissement de la connexion RRC qui est indispensable pour l'échange de la signalisation NAS entre le mobile et l'entité MME.

³⁰ Yannick Bouguen, Éric Hardouin, François-Xavier Wolff.2012. op.sit.

- Le contrôle du handover permet d'exécuté le changement de cellule entre deux eNodeB (handover intra système) ou entre eNodeB et NodeB (handover vers UMTS) ou entre eNodeB et BTS (handover vers GSM).
- Assure la mobilité sur les cellules LTE.

II.5.5.2 Protocole PDCP : il assure les fonctions suivantes :

- La sécurité de données (distribué des clés hiérarchiquement à plusieurs niveaux dans le réseau d'accès et cœur de réseau).
- Compression d'en-tête.
- Chiffrement et livraison en séquence de données en cas du handover.
- Détection et suppression des doublons (unité de données PDCP reçues deux fois).

II.5.5.3 .Protocole RLC : regroupe des fonctions :

- Remise en ordre des paquets de données
- Détection de perte
- Demande de retransmission (Auto Repeat Request)

II.5.5.4.Protocole MAC : permet l'accès et l'adaptation au support de transmission³¹.

III. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté l'évolution des réseaux mobiles, le réseau GSM marque le passage de l'analogique au numérique. Pour la première fois, celui-ci permet l'envoi de MMS, en plus des SMS pour joindre les appels voix qui existe déjà.

Le réseau GPRS est une petite révolution de réseau GSM, puisqu'il ouvre les portes de l'Internet mobile aux abonnés, mais à un débit un peu limité ce dernier a servi d'intermédiaire, entre le réseau mobile 2G et 3G.

Le réseau UMTS repose sur deux mode de transmission, le mode circuit pour la voix et le mode paquet pour le data permet d'accéder à l'Internet en meilleur débit.

Pour finir le réseau LTE est uniquement basé sur IP (internet Protocole) offre un très haut débit et une qualité de service meilleur que la 3G.

³¹ Yannick Bouguen, Éric Hardouin, François-Xavier Wolff. 2012. op.sit

Chapitre II

Solution VoLTE (voix sur LTE)

I. Préambule

Il faut savoir que jusqu'à aujourd'hui la voix ne circulait pas sur le réseau 4G. Cela signifie que lorsqu'un utilisateur passait (ou recevait) un appel sur son smartphone, Celui-ci était automatiquement basculé vers le réseau mobile 2G ou 3G. En effet, les opérateurs mobiles ont besoin d'une solution stable et normalisée pour fournir les services multimédia.

La LTE est un système IP complet pour l'acheminement des données, alors que les opérateurs ont eu recours aux réseaux 2G/3G via la fonction CS FallBack pour l'acheminement des communications vocales.

La technologie VoLTE (Voice over LTE) représente l'étape suivante pour la prise en charge des appels vocaux sur IP de bout en bout. Cette technologie VoLTE a été lancée en 2012 par des opérateurs innovants sud-coréens, des opérateurs du monde entier vont multiplier les tests en laboratoire et sur le terrain pour proposer une expérience nouvelle en matière de communication vocale.

II. CSFB (Circuit Switched FallBack) sur LTE

Cette première solution retenue pour offrir les services de la téléphonie aux clients 4G est CSFB (Circuit Switched FallBack). Qui consiste tout simplement à continuer d'utiliser le réseau 2G/3G pour le service téléphonique et à réserver le réseau 4G pour le service de transmission de données. Avec ce principe, le terminal mobile est connecté soit au réseau actuel GSM/UMTS soit au réseau LTE selon l'application qu'il utilise. Un échange de signalisation entre le cœur de réseau NSS (MSC) et le cœur de réseau EPC (MME) du réseau 4G, via l'interface S-GW définis pour le mécanisme CS FallBack, Est nécessaire afin que le mobile puisse basculer vers le réseau 2G/3G lorsqu'étant connecté au réseau LTE.¹

Lorsque le client est basculé de la 4G à la 3G, ses sessions data sont maintenues avec la même adresse IP et l'appel voix peut être établi en parallèle des sessions data.

A la fin de l'appel, le terminal retourne en 4G pour disposer du meilleur débit possible pour ses sessions data sans interruption de ces sessions.

¹ Christopher Jasson Casey Supporting Voice over LTE: Solutions, Architectures, and Protocol, Feb 05, 2015, (Article)

Par contre, lorsque le client est basculé de la 4G à la 2G, ses sessions data sont suspendues et l'appel voix peut être établi. A la fin de l'appel, le terminal retourne en 4G pour disposer du meilleur débit possible pour ses sessions data qui sont alors reprises. Le temps de basculement lors d'un appel sortant ou entrant est inférieur à 1 seconde.² La figure ci-dessous montre le schéma fonctionnel de la solution CSFallback :

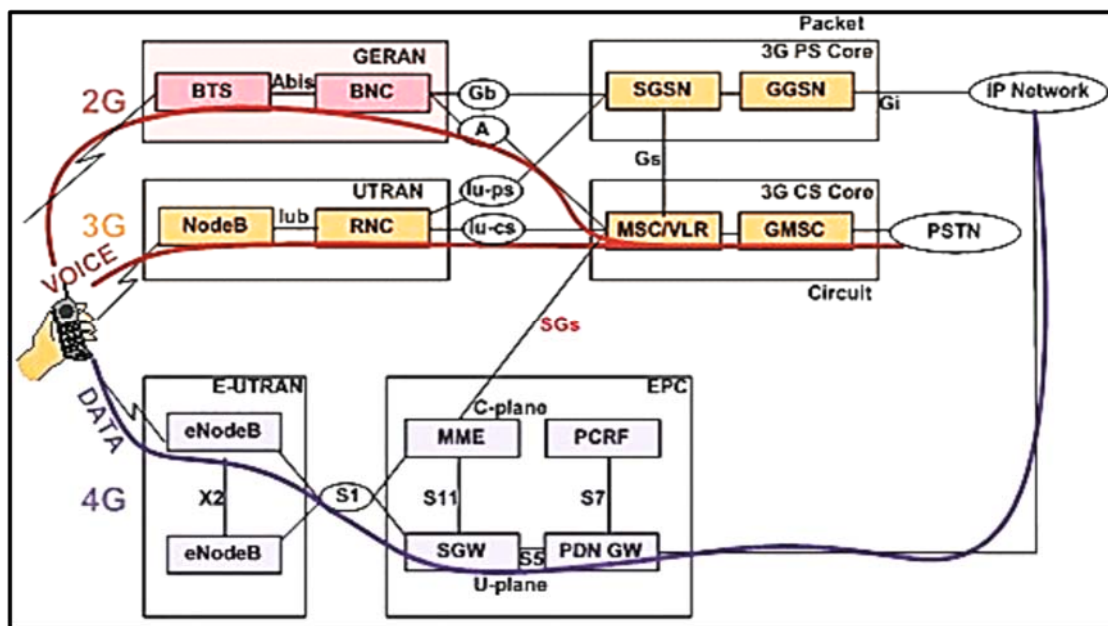


Figure 2.1. Solution CSFB (circuit switchedFallback)³

Cette solution offre l'avantage de se baser sur des technologies existantes et éprouvées mais présente cependant plusieurs inconvénients:

- le temps de bascule entre les réseaux 4G et 2G/3G est inférieur d'ordre de quelques secondes, qui rapporte une perturbation de transfert de données durant la bascule.
- solution permettant plus de prolonger la vie du réseau 2G/3G existant que de tirer profit de l'introduction de la 4G, ce qui risque de réduire fortement l'intérêt de déployer cette nouvelle technologie⁴.

² Valentin collin, evolution des réseaux mobiles vers la 4G, copyright EFORT, 2014, [http : www.efort.com](http://www.efort.com)

³ Frédéric launay, 4G TLE, université de Poitiers, 2012, [http : www.univ-postiers.fr](http://www.univ-postiers.fr)

⁴ Christopher Jasson Casey, Feb 05, 2015, op.sit

III. VoLTE (Voice over LTE) via IP Multimédia SubSystem :

VoLTE (Voice over LTE) présente la solution cible à long terme, Cette technologie permet de passer des appels HD sur le réseau 4G et de se connecter simultanément à Internet dans les meilleures conditions .VOLTE utilise la plateforme universel du réseau IMS pour gérer les sessions IP d’application multimédia. Ce réseau extérieur au réseau 4G, permet de supporter tous types de services et de réseaux d’accès.la figure ci-dessous présente le schéma fonctionnel de la solution VoLTE :

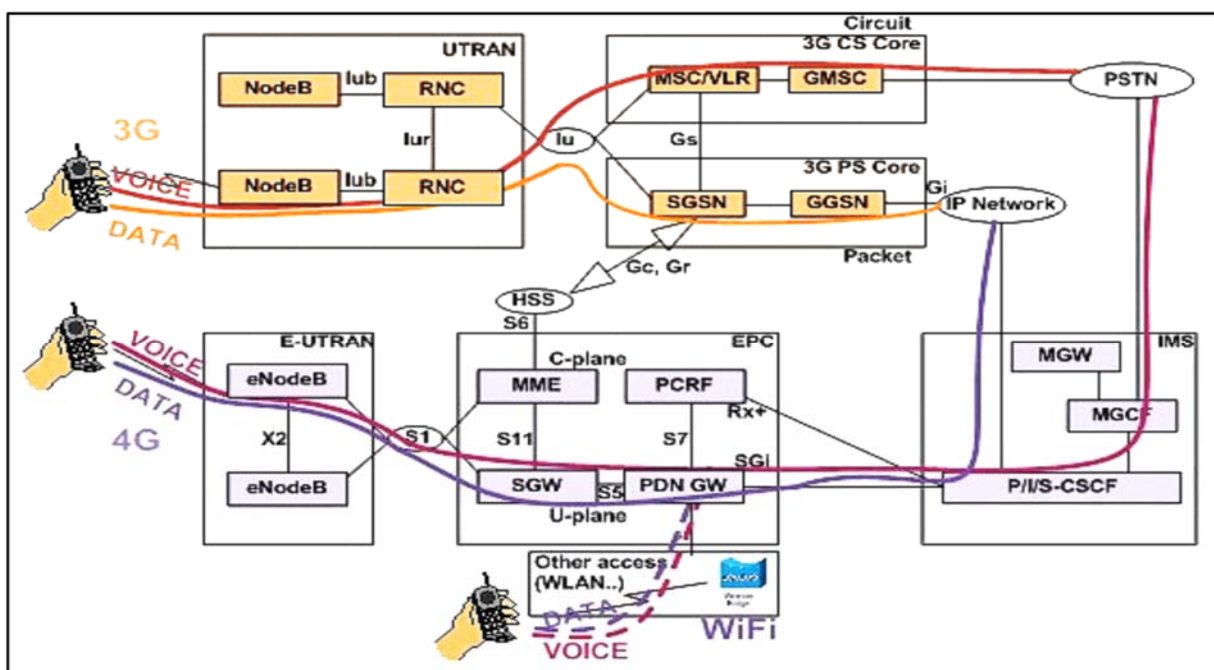


Figure 2.2 : Solution VoLTE (Voice Over LTE)⁵

La VoLTE est une nouvelle preuve de l’efficacité du réseau 4G qui est synonyme de mobilité accrue, ils bénéficient des performances du réseau très haut débit pour les appels voix.

Le premier avantage d’un service 4G voix et data, c’est la possibilité de passer des appels sans coupures puisqu’il n’y a plus de basculement vers la 3G ou la 2G.

Autre intérêt de la VoLTE : cette fois, il n’y a pas de perte de débit pendant un appel. Il devient ainsi possible de passer une communication voix HD, tout en participant à une

⁵Frédéric Launay, 2012, op.sit

visioconférence (avec une meilleure qualité d'image et de son) et sans la moindre latence⁶.

La VoLTE est l'une d'évolutions technique d'histoire du téléphone portable qui est prise en charge par le réseau IMS.

III. 1. Définition du réseau IMS

La technologie IMS est définie comme la clé de la convergence vers le tout IP des réseaux et services télécommunication. Elle doit permettre aux opérateurs de proposer des services fonctionnant sur IP⁷.

III.2. Services d'IMS

Le réseau IMS fournit les services multimédias (téléphonies, visiophonies, données) lorsque le réseau mobile utilise le mode PS. Le réseau IMS est basé sur l'emploi du protocole de signalisation SIP (Session Initiation Protocol), et du protocole SDP (Session Description Protocol) associé au protocole SIP⁸.

III.3. Architecture fonctionnelle en couche d'IMS

Pour une gestion facile et organisée, la plateforme IMS est répartie en quatre couches distinctes, chaque couche est indépendante de l'autre :

- La couche accès.
- La couche transport.
- La couche de contrôle.
- La couche application.

Chaque couche est indépendante, autrement dit, il est possible d'ajouter librement de nouveaux services dans la couche application, sans tenir compte du réseau d'accès que les utilisateurs ont employé, ni du terminal qu'ils ont utilisé⁹.

⁶ La mobilité avec la volte, SFR business, <http://www.sfrbusiness.fr>.

⁷ ENDREZ PEREZ, Architecture des réseaux mobiles, Edition Lavoisier, (2011).

⁸ MROUEH Lina, LABAKY Elie, 3eme Année du cycle ingénieur, 15 Avril.2006, Etude des procédures d'enregistrement et d'établissement de session en IMS, Ecole nationale Supérieure des télécommunications, TELECOM PARIS.

⁹ MROUEH Lina, LABAKY Elie, 15 Avril.2006.

La figure ci-dessous nous présente l'architecture du réseau IMS :

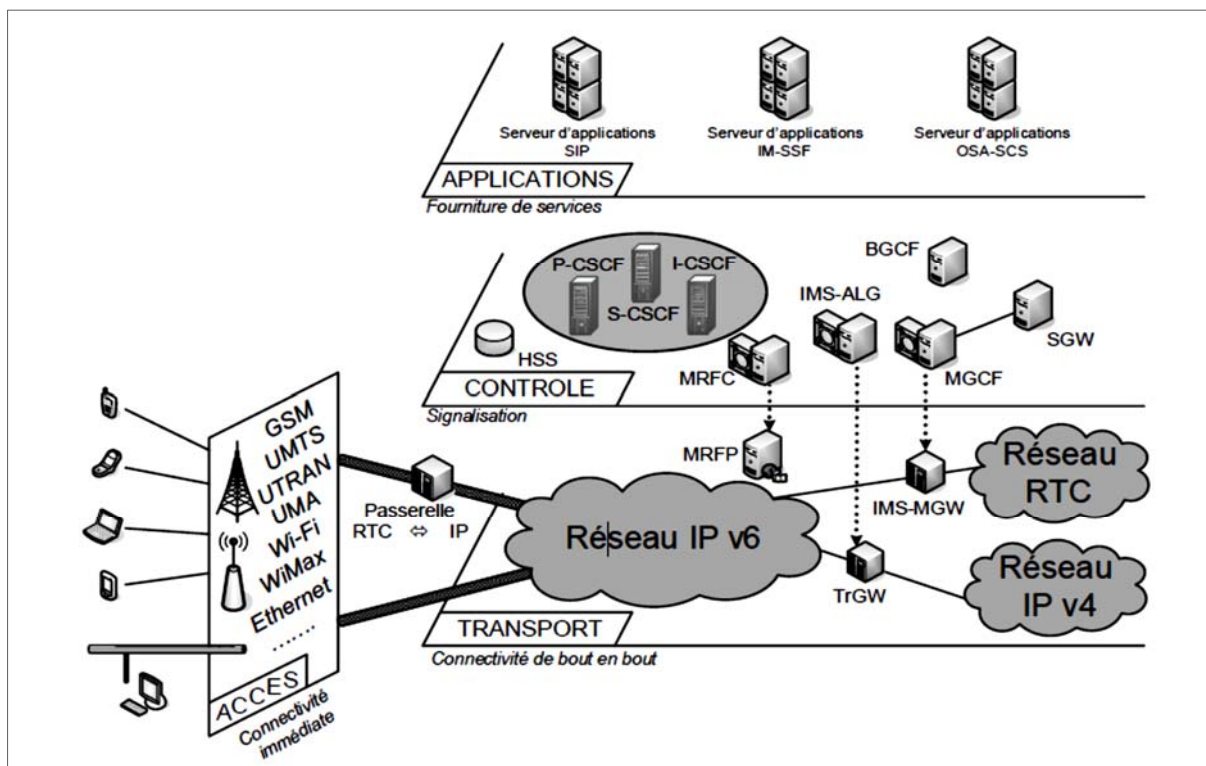


Figure 2.3 : Architecture de réseau IMS¹⁰

III.3.1. Couche d'Accès

La couche accès définit la manière dont l'utilisateur se connecte au réseau IMS. Ce dernier présente une grande diversité de choix des terminaux aux utilisateurs, toute équipement comme les ordinateurs, les téléphones mobiles, fixes numériques, analogiques, est capable de se connecter à l'architecture IMS.

III.3.2. Couche de Transport

Cette couche décrit les mécanismes d'acheminement des données de l'utilisateur jusqu'à son (ou ses) destinataire(s). Elle comprend le transport de l'information par les routeurs et le choix de la route empruntée en utilisant le réseau IP.

¹⁰ Laurent ouakil-guy pujolle , téléphonie sur IP 2em édition, édition EYROLLE.2012.

III.3.3. Couche de Contrôle

Cette couche constitue des contrôleurs de session appelée CSCF (Call State Control Function) qui assure la gestion et le contrôle du réseau. Elle prend en charge toutes les fonctions de la signalisation dans le réseau, permettant d’ouvrir, de maintenir, de modifier et de terminer une session entre des utilisateurs.

III.3.4. couche d’application

Elle consiste en la fourniture des services, qu’ils soient audio, vidéo ou textuels. Cette couche implémente tous les services que l’on peut proposer aux utilisateurs. Elle est la partie la plus ouverte du modèle, puisque le réseau IMS ne spécifie pas les services eux-mêmes, mais offre une plate-forme de déploiement unifiée, simple, rapide, productive et sécurisée pour la mise en place de nouveaux services¹¹.

III.4. Eléments fonctionnelles de l’IMS

Le réseau IMS comprend les entités illustrées dans la figure ci-dessous :

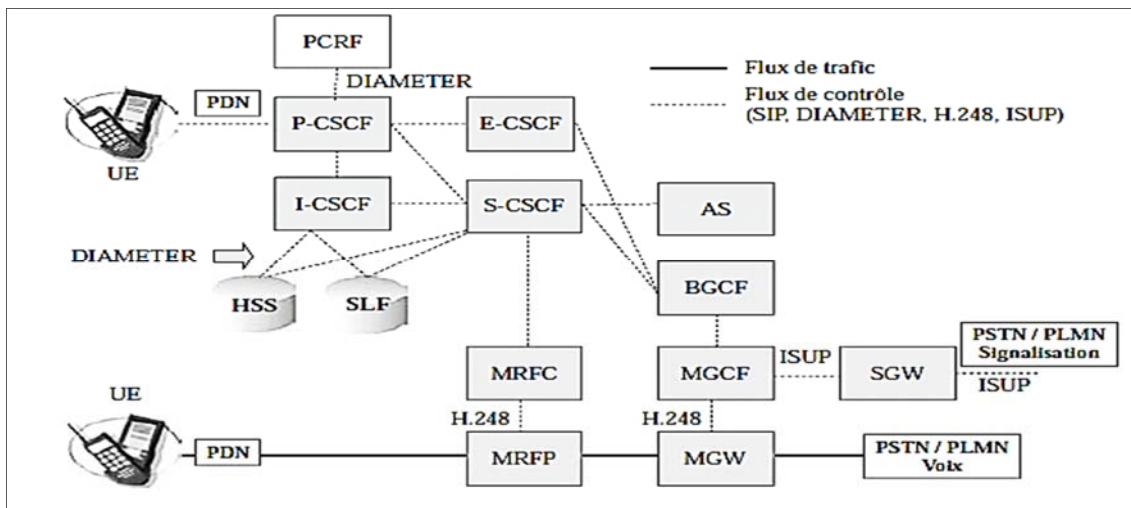


Figure .2.4. Les entités du réseau IMS¹²

¹¹ Laurent ouakil-guy pujolle , .2012.op.sit.

¹² ENDRER PEREZ, la voix sur LTE (réseau 4G et architecture IMS), Edition Lavoisier, (2013).

III.4.1. Bloc des bases de données

Le bloc des bases de données constitue de deux entités suivantes :

- **HSS** : L'entité HSS est une base de données assurant le stockage des données propres à chaque utilisateur. Les principales données stockées comprennent les identités des utilisateurs, les paramètres d'accès et les règles d'invocation des serveurs d'applications par l'entité SCSCF.
- **SLF** : L'entité SLF (Subscription Locator Functional) permet aux entités CSCF de trouver l'adresse de l'entité HSS affectée à un UE, lorsque plusieurs entités HSS sont déployées¹³.

III.4.2. Bloc de contrôle des sessions CSCF (call session control Function): sont des serveurs de contrôle de session, qui traite la signalisation SIP en IMS pour communiquer entre les entités :

1. P-CSCF : Le Proxy-CSCF (P-CSCF) est le premier point de contact dans le réseau IMS. Pour tous ce qui concerne la signalisation SIP d'une session d'un utilisateur. P-CSCF se comporte comme un Proxy Server SIP lorsqu'il relaye les messages SIP vers le destinataire approprié et comme un User Agent SIP lorsqu'il termine l'appel.

Les fonctions réalisées par l'entité P-CSCF comprennent :

- L'acheminement de la méthode SIP REGISTER émise par le terminal à l'entité I-CSCF à partir du nom du domaine nominal, elle ajoute dans le message un en-tête path contenant son adresse IP.
- L'acheminement des méthodes SIP émises par le terminal au S-CSCF dont le nom a été obtenu dans la réponse à la procédure d'enregistrement.
- Le routage des méthodes SIP ou réponses SIP au terminal.

2. I-CSCF : L'Interrogation-CSCF (I-CSCF) est le point de contact au sein d'un réseau IMS pour toutes les sessions destinées à un utilisateur de cet opérateur.

Les fonctions réalisées par l'entité I-CSCF comprennent :

- L'assignation d'un S-CSCF à un utilisateur s'enregistrant.
- L'acheminement des méthodes SIP reçues depuis un autre réseau, au S-CSCF.
- L'obtention de l'adresse du S-CSCF auprès du HSS.

¹³ Laurent ouakil-guy pujolle , .2012.op.sit.

3. **S-CSCF** : Le Serving-CSCF (S-CSCF) prend en charge le contrôle de la session. Il maintient un état de session afin de pouvoir invoquer des services.

Les fonctions réalisées par le S-CSCF pendant une session comprennent :

- L'émulation de la fonction REGISTRAR puisqu'il accepte les méthodes SIP d'enregistrement et met à jour le HSS.
- L'émulation de la fonction Proxy serveur puisqu'il accepte les méthodes SIP et les achemine.
- L'interaction avec des serveurs d'application après avoir analysé les critères de déclenchement des services correspondants.

4. **E-CSCF** : le Emergency-CSCF effectue le traitement des appels d'urgence transmis par l'entité P-CSCF et le routage de la requête vers le centre d'urgence le plus proche de l'UE¹⁴.

III.4.3. Bloc de l'interconnexion avec les autres réseaux : L'interconnexion entre le domaine IMS et les autres réseaux est assuré à travers les entités suivants:

- **BGCF** : (Breakout Gateway Control Function) : utilisé pour passer d'un réseau IMS à un réseau de commutation de circuit.

- **MGCF** (Media Gateway Controller Function) : Elle permet de contrôler les MGW (Media Gateway) et elle s'interface avec la SGW pour l'échange de la signalisation. Permettant la conversion de flux multimédia entre un réseau IP et d'autres réseaux

- passerelle qui permet la communication entre IMS et les usagers dans le domaine de commutation de circuits CS.

- L'entité MGCF assure l'établissement, le maintien et la libération des connexions dans l'entité MGW. Une connexion représente une association entre une terminaison en entrée (l'interface avec les réseaux tiers PSTN et PLMN) et une terminaison en sortie (l'interface avec le réseau IP) et inversement.

-**L'IMS-MGW** : L'entité MGW effectue la conversion de protocole correspondant aux Flux multimédias entre les deux terminaisons. Elle contient les traitements effectués sur les flux médias, comme le transcodage (modification du type de codec entre les deux terminaisons), l'annulation d'écho, l'émission des tonalités.

¹⁴ Laurent ouakil-guy pujolle , .2012.op.sit.

-**TrGW et IMS-ALG**: La passerelle TrGW effectue la translation d'adresses sur les flux de données, et la passerelle IMS-ALG, qui effectue la translation d'adresses au niveau de la signalisation. Bloc de traitement du média :

-**L'entité MRF** (MultiMedia Resource Function) permet d'établir un pont de conférence entre les utilisateurs d'un réseau IMS. Son rôle est de gérer la signalisation vers tous les utilisateurs d'une conférence, en offrant des facilités d'exploitation, comme la sélection des types de flux.

Le MRF (MultiMedia Resource Function) se décompose en deux entités logiques :

- **MRFC** (MultiMedia Resource Function Controller): pour la partie signalisation, et plus précisément la négociation des paramètres sollicités par chaque utilisateur pour la mise en œuvre de la conférence.
- **MRFP** (MultiMedia Resource Function Processor) : pour la partie traitement des flux de données, elle mélange les flux média pour fournir le service de conférence.

III.4.4. Les serveurs d'applications

Les serveurs d'applications ou AS (Application Server) sont des entités SIP fournissant différents types de services aux utilisateurs. Ils sont connectés au serveur S-CSCF, qui joue l'intermédiaire entre l'utilisateur et les services.

On distingue trois grandes familles de serveurs d'applications, qui sont :

- **SIP AS** (SIP Application Server): Ces serveurs permettent l'exécution des services nativement implémentés pour fonctionner avec SIP. Les services les plus classiques (service de présence, messagerie instantanée, etc.) sont généralement implémentés au sein de ces serveurs.
- **IM-SSF** (IP MultiMedia-Service Switching Function): Pour permettre la mobilité de l'abonné tout en lui garantissant la fourniture de ses services même s'il se trouve dans une infrastructure qui n'appartient pas à son opérateur de services (on parle de roaming pour désigner la connexion d'un utilisateur à un réseau qui n'est pas celui de son opérateur), il est nécessaire d'avoir une passerelle, appelée IM-SSF, afin de connecter l'abonné au serveur d'applications de son opérateur.

- **La passerelle OSA** (OSA SCS, OSA Service Capability Server) qui est un type particulier de serveur d'application qui termine la signalisation SIP¹⁵.

III.5. Protocoles principales mise en œuvre en VoLTE

III.5.1. protocole SIP : Protocole de signalisation qui permet l'enregistrement du mobile au service téléphonique et l'établissement d'une session, et un protocole de commande qui peut établir, modifier et terminer des sessions multimédias.

Le protocole SIP est basé sur un couple requête/réponse de type HTTP (Hyper text Transfer Protocol). Chaque transaction consiste en une requête, qui fait appel à une méthode particulière et en une ou plusieurs réponses¹⁶.

III.5.1.1. Les requêtes :

La requête débute par une ligne contenant la méthode, une identité URI et la version du protocole. Elle contient ensuite des en-têtes.

Méthode REGISTER : La méthode REGISTER est utilisée par une entité UA (user agent) afin de notifier l'entité REGISTRAR de la correspondance entre l'adresse IP de l'entité UA et son identité URI. Cette correspondance est nécessaire pour les appels entrants.

Méthode INVITE : La méthode INVITE est utilisée par une entité UA pour établir un dialogue ou une session.

Méthode ACK : La méthode ACK est utilisée pour acquitter une réponse définitive (2xx, 3xx, 4xx, 5xx, 6xx) à la requête INVITE.

Méthode BYE : La méthode BYE est utilisée pour terminer une session établie. Une session est considérée comme établie lorsque la réponse 2xx est reçue à la suite de la requête INVITE.

Méthode CANCEL : La méthode CANCEL est utilisée pour terminer une session qui n'a pas abouti. Elle est générée lorsqu'une réponse provisoire 1xx a été reçue, mais pas de réponse définitive.

Méthode PRACK : La méthode PRACK est utilisée pour acquitter la réception d'une réponse provisoire (1xx), à l'exception de la réponse 100 Trying.

¹⁵. Laurent ouakil-guy pujolle , .2012.op.sit.

¹⁶ ENDREZ PEREZ, 2013.op.sit.

Méthode SUBSCRIBE : La méthode SUBSCRIBE est utilisée lorsqu'une entité UA veut souscrire à un service lui permettant de recevoir des notifications d'événements.

Méthode NOTIFY : La méthode NOTIFY permet à une entité de notifier l'occurrence d'un événement.

Méthode REFER : La méthode REFER permet de transférer un média établi entre deux entités UA (par exemple entre Alice et Bob). La requête REFER est envoyée par Alice transféré vers Carol pour reprendre la communication.

Méthode MESSAGE : La méthode MESSAGE est utilisée pour transmettre de petits messages, contenus dans un corps de message, entre deux entités UA.

Méthode UPDATE : permet de modifier les caractéristiques du média d'une session.

III.5.1.2. Les réponses :

Quelle que soit la méthode utilisée dans une requête, le récepteur final doit y apporter au moins une réponse en retour, ne serait-ce qu'une réponse temporaire pour informer l'émetteur que sa requête est prise en compte et en train d'être traitée et qu'elle sera suivie d'une réponse finale dès que possible.

La réponse débute par une ligne contenant la version du protocole, suivie par un code du type de réponse et d'une description textuelle du code. Les différents types de réponses sont explicités ci-dessous :

De 100 à 199 : Information : cette classe de réponses est utilisée pour indiquer la progression de l'appel. L'objectif principal de ces réponses est d'arrêter la retransmission des requêtes INVITE.

De 200 à 299 : Succès : Cette classe de réponses est destinée à indiquer qu'une demande a été acceptée.

De 300 à 399 : Redirection : En général, ces réponses sont envoyées par les serveurs de redirection en réponse à INVITE.

De 400 à 499 : Erreur – niveau client : les réponses d'erreur du client indiquent que la demande ne peut être satisfaite que certaines erreurs sont identifiées à partir du côté UAC (User Agent Client).

De 500 à 599 : Erreur – niveau serveur : Cette classe de réponse est utilisée pour indiquer que la demande ne peut pas être traitée à cause d'une erreur avec le serveur.

De 600 à 699 Erreur globale : Cette classe de réponse indique que le serveur détecte que la demande a échoué à toutes les niveaux¹⁷.

➤ **Parmi les réponses**

La réponse 100 TRYING : La réponse 100 Trying est générée par l'entité PROXY SERVER pour avertir l'émetteur de la requête que le message SIP a été reçu.

La réponse 180 RINGING : La réponse 180 Ringing est utilisée par l'appelé pour indiquer à l'appelant que la requête INVITE a été reçue et que l'appelé est averti d'un appel entrant par une sonnerie.

La réponse 200 OK : La réponse 200 OK a deux utilisations. Lorsqu'il s'agit d'une réponse à une requête INVITE, elle contient le corps du message décrivant le média mis en place par l'entité UAS. Pour les autres requêtes, la réponse acquitte la réception de la requête.

401 UNAUTHORIZED : indique que la requête requiert une authentification de l'entité UA. Elle est utilisée par l'entité REGISTRAR à la réception d'une requête REGISTER. La réponse inclut l'en-tête WWW-Authenticate qui contient un défi à partir duquel l'entité UA calcule les données d'authentification.

III.5.1.3. Les en-têtes

L'en-tête Via : est utilisée pour enregistrer l'itinéraire de la requête et permettre ainsi l'acheminement de la réponse.

L'en-tête From : indique la source de la requête. L'entité UAC ajoute le paramètre tag qui participe à l'identification du dialogue.

L'en-tête To : indique le destinataire de la requête. Les réponses générées par l'entité UAS contiennent cet en-tête avec l'ajout d'un paramètre tag.

L'en-tête Call-ID : est une partie de l'identification du dialogue entre deux entités UA. L'en-tête Call-ID doit être unique pour un appel.

III.5.2. Protocole SDP :

Le protocole SDP (Session Description Protocol) : fournit une description du flux média pour lequel l'établissement de la session est mis en œuvre par le protocole SIP. Le message SDP constitue le corps de message attaché au message SIP. Il apparaît

¹⁷ ENDREER PEREZ, 2013.op.sit.

généralement dans la requête INVITE et dans la réponse 200 OK. Les paramètres qui caractérisent le flux média sont les suivantes :

- le type de média (audio, vidéo, données).
- le protocole de transport (par exemple RTP
- le format du média (par exemple le type de codec pour la voix et la vidéo) ;
- l'adresse IP à laquelle le média doit être transmis ;
- le numéro du port de destination¹⁸.

III.5.3. Protocole DIAMETER : Le protocole DIAMETER est une évolution du protocole AAA (Authentication, Authorization, Accounting). Ce protocole est utilisé lors des échanges entre les serveurs d'application et les serveurs HSS, pour les transferts d'informations des profils des utilisateurs¹⁹.

III.5.3.1. Les messages DIAMETER

Les messages DIAMETER sont échangés entre, d'une part, les entités CSCF du réseau IMS et, d'autre part, soit l'entité HSS lors de l'enregistrement de l'entité UA ou du routage de la requête SIP, soit l'entité PCRF pour le contrôle du média²⁰.

III.5.3.1.1. Les messages liés à l'enregistrement et au routage

- **La requête UAR et la réponse UAA** (User-Authorization-Request/Answer) : sont utilisées entre les entités I-CSCF et HSS lors des deux phases d'enregistrement de l'entité UA (user agent). A la réception d'une requête REGISTER, l'entité I-CSCF interroge l'entité HSS afin de récupérer la liste des entités S-CSCF qu'il est possible d'attribuer à l'entité UA et l'adresse IP de l'entité S-CSCF attribuée à l'entité UA
- **La requête MAR et la réponse MAA** (Multimedia-Auth-Request/Answer) : sont utilisées entre les entités S-CSCF et HSS lors de la première phase d'enregistrement. A la réception de la requête REGISTER, l'entité S-CSCF fournit son adresse IP et récupère les données d'authentification de l'entité UA.
- **La requête SAR et la réponse SAA** (Server-Assignment-Request/Answer) : sont utilisées entre les entités S-CSCF et HSS lors de la seconde phase d'enregistrement. A

¹⁸ ENDRER PEREZ, 2013.op.sit

¹⁹ Principes, Architecture et Services EFORT ,Copyright EFORT 2010, <http://www.efort.com>.

²⁰ ENDRER PEREZ, 2013.op.sit.

la réception de la requête REGISTER, l'entité S-CSCF s'enregistre auprès de l'entité HSS et télécharge le profil de l'entité UA

- **La requête RTR et la réponse RTA** (Registration-Termination-Request/Answer) : sont utilisées entre les entités HSS et S-CSCF lorsque l'entité HSS déclenche les dés enregistrement de l'entité UA.

- **La requête LIR et la réponse LIA** (Location-Info-Request/Answer) : sont utilisées entre les entités I-CSCF et HSS pour le routage de la requête INVITE. Lors d'un appel entrant, à la réception de la requête INVITE, l'entité I-CSCF récupère l'identité de l'entité S-CSCF attribuée à l'entité UA de destination.

- **La requête PPR et la réponse PPA** (Push-Profile-Request/Answer) : sont utilisées entre les entités HSS et S-CSCF. Elles permettent à l'entité HSS de notifier une modification du profil de l'entité UA²¹.

III.5.3.1.2. Les messages liés au contrôle du média

Les messages liés au contrôle du média sont échangés entre les entités P-CSCF et PCRF lors de l'établissement d'une session.

- **La requête AAR** (Authorization-Authentication-Request) : est utilisée par l'entité P-CSCF pour transmettre à l'entité PCRF les caractéristiques du média négocié dans le message SDP

- **La réponse AAA** (Authorization-Authentication-Answer) : de l'entité PCRF acquitte la requête. Si les codecs du média sont autorisés,

- **La requête STR** (Session-Termination-Request) : est utilisée par l'entité P-CSCF pour informer l'entité PCRF de la terminaison de la session SIP.

- **La réponse STA** (Session-Termination-Answer) : de l'entité PCRF acquitte la requête. A la réception de cette requête, l'entité PCRF libère les ressources immobilisées dans le réseau EPS.

- **La requête ASR** (Abort-Session-Request) : est utilisée par l'entité PCRF pour informer l'entité P-CSCF que les ressources réservées par le réseau EPS ne sont plus disponibles.

²¹ ENDREER PEREZ, 2013.op.sit.

- **La réponse ASA (Abort-Session-Answer)** : acquitte la requête. A la réception de cette requête, l'entité P-CSCF termine la session SIP en envoyant une requête BYE à chaque entité UA participant à la session²².

III.5.4. protocoles RTP (Real-Time Transport Protocol) : Le but de RTP est de fournir un moyen uniforme de transmettre sur IP des données soumises à des contraintes de temps réel (audio, vidéo, etc.). RTP permet :

- d'identifier le type de l'information transportée.
- d'inclure des numéros de séquence à l'information transportée afin de détecter l'occurrence de paquets perdus et de délivrer les paquets en séquence à l'application destinataire²³.

III.5.5. protocoles RTCP (RTP Control Protocol) : est un protocole de contrôle des flux RTP, permettant de véhiculer des informations basiques sur les participants d'une session, et sur la qualité de service. Il existe cinq types différents de paquets RTCP pour chaque type d'information entre l'appelant et appelé) et la QoS du dedicated Bearer qui doit accommoder ces flux. Ce dedicated Bearer est établi entre l'UE VoLTE et le PDN GW²⁴.

IV. Le modèle protocolaire dans l'IMS

Pour qu'une communication soit établie entre un client LTE et un serveur d'application situé au réseau IMS les paquets émis doivent suivre la pile protocolaire représentés dans la figure Ci-dessous

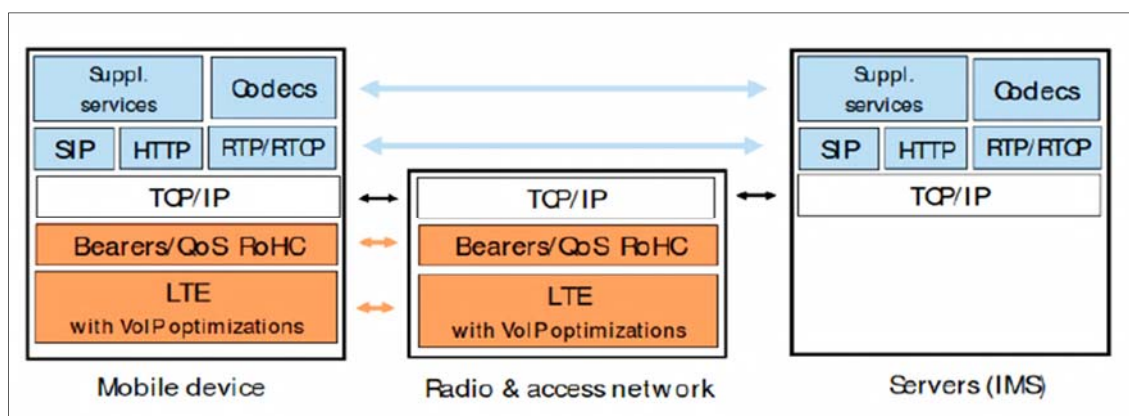


Figure 2.5 : Le modèle protocolaire²⁵

²² ENDRER PEREZ, 2013.op.sit.

²³ RTP et RTCP, Copyright EFORT, (2008). <http://www.efort.com>

²⁴ RTP et RTCP, Copyright EFORT, (2008). <http://www.efort.com>

²⁵ One Voice initiative : IMS Based approach adopted (November 2009), <http://www.the3G4GBlog.com> : IMS.com)

Ce modèle est basé sur 3 couches : La première couche, la couche physique elle définit les protocoles de mode d'accès LTE.

La deuxième couche représente la couche de transport ou le protocole IP était utilisé pour transporter les données de bout en bout.

La troisième couche, la couche d'application ou se trouve plusieurs protocoles tels que le protocole de signalisation SIP, flux multimédia RTP/RTCP, Codecs (AMR, H264...etc.).

IV.1. La notion de 'Bearer' : Un des avantages d'utiliser le réseau IMS combiné avec le réseau LTE, est la capacité d'établir des tunnels virtuelles appelé "EPS bearer" fournir une qualité de service (QoS). Il définit comment les données sont traitées quand ce transporté à travers le réseau.

Lorsque l'utilisateur se rattache au réseau EPC, ce dernier lui crée un défaut bearer qui représente une connectivité permanente (maintenue tant que l'utilisateur est rattaché au réseau) mais sans débit garanti.

Lorsque l'utilisateur souhaitera établir un appel qui requiert une certaine qualité de service telle que l'appel voix ou visiophonie, le réseau pourra établir pour la durée de l'appel un dedicated bearer qui supporte la qualité de service exigée par le flux de service et surtout qui dispose d'un débit garanti afin d'émuler le mode circuit²⁶.

IV.2. Etablissement de dedicated Bearer pour les services IMS

L'établissement, la modification et la libération de session dans l'IMS implique un échange de messages SIP/SDP de bout en bout. Pendant l'échange, le terminal négocie un ensemble de caractéristiques média (e.g. les codecs). Le P-CSCF à travers son PCRF (Policy & Charging RulesFunction) autorise les flux IP des composants média choisis par le terminal en réalisant une translation des paramètres de la description SDP en des paramètres de QoS IP. Ces paramètres de QoS IP sont ensuite passés par le PCRF au PCEF à l'aide protocole DIAMETER.

Lorsque le terminal IMS émet une requête SIP INVITE au P-CSCF, ce dernier émet une requête Rx AAR au PCRF. Le PCRF la traduit en une requête Gx RAR et l'achemine

²⁶ Quality of service (QoS) in LTE, Edition BEC TECHNOLOGIES, <http://www.simpletechpost.com>.

au PCEF. Cette requête indique au PCEF la description des flux à autoriser (flux RTP/RTCP)²⁷.

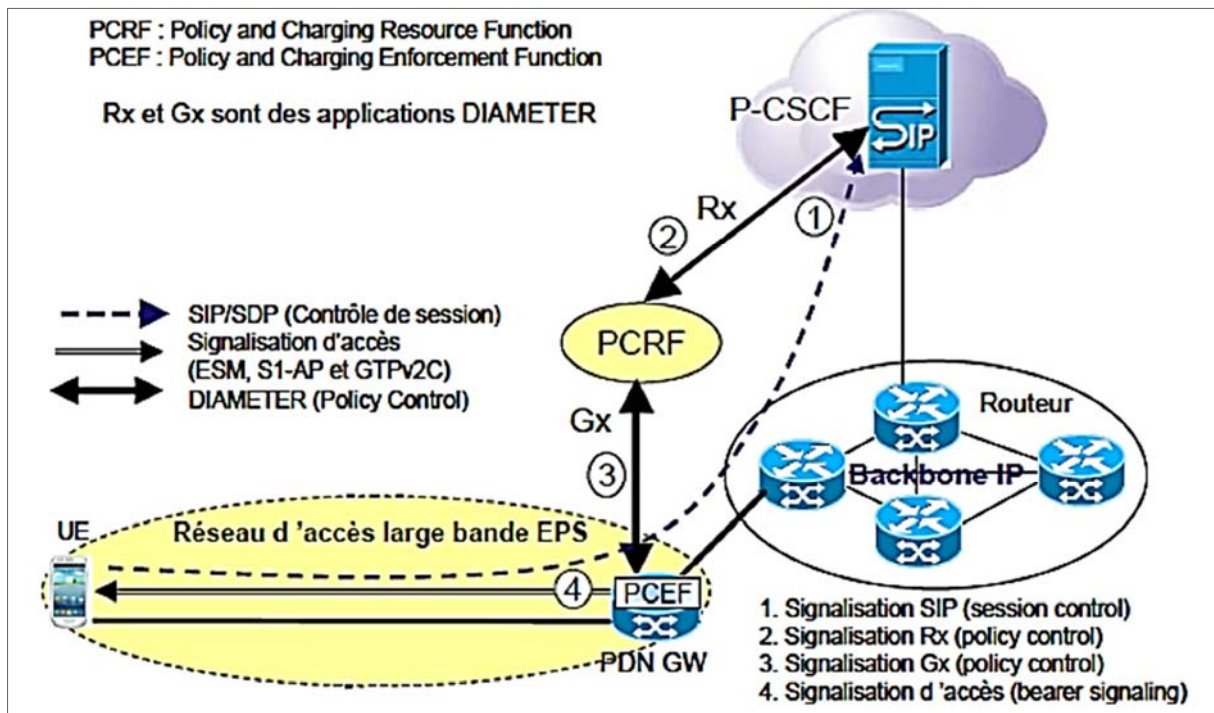


Figure 2.6. Création d'un dedicated Bearer pour la VoLTE²⁸

V. Profil des abonnés d'un réseau IMS

Comme dans tout type du réseau, il est impératif de pouvoir identifier les utilisateurs d'une façon unique pour qu'ils soient joignables de n'importe quel réseau. Dans IMS l'utilisateur a deux types d'adresse : public et privée²⁹.

V.1. Identité publique IMPU (Public User Identity) : est une adresse publique définie par l'opérateur qui permet d'identifier un utilisateur IMS et c'est une adresse de contact qui permet de joindre l'abonné est présenté par :

- SIP URI qui se présente sous la forme « sip : username@domaine ».
- TEL URL qui permet de représenter un numéro de téléphone dans un format international « tel : +0-000-000-000 » est utilisé pour faire des appels entre le monde RTC et IMS.

²⁷ Voix sur LTE (VoLTE) Impacts sur l'accès LTE, Copyright EFORT, (2013), <http://www.efort.com>

²⁸ Voix sur LTE (VoLTE) Impacts sur l'accès LTE, 2013,

²⁹ MROUEH Lina, LABAKY Elie, 5 Avril 2006.

V.2. Identité privée IMPI (Private User Identity) : chaque utilisateur doit posséder une identité privée qui prend le format suivant « username@domaine », Elle permet l'authentification de l'abonné et son enregistrement par l'opérateur.

Pour que un utilisateur puisse bénéficier des services de réseau IMS il doit d'abord posséder un téléphone mobile compatible pour appel 4G avec une carte à puce.

✓ **Terminaux IMS**

Il s'agit d'une application sur un équipement usager qui émet et reçoit des requêtes SIP, il se matérialise par un logiciel sur un smartphone, Smart TV.

✓ **Carte ISIM (IP multimedia Services Identity Module)**

L'ISIM stocke les identités publiques et privées d'un utilisateur, le domaine de l'utilisateur et une clé secrète utilisée pour des besoins de sécurité et d'authentification. Ces informations ne sont accessibles qu'en lecture seule. C'est la forme la plus adaptée pour gérer l'ensemble des paramètres de l'utilisateur dans un réseau IMS. Il est indispensable de disposer au moins de l'application ISIM ou USIM pour se connecter dans un réseau IMS (le niveau de sécurité de SIM est insuffisant pour être possible avec IMS)³⁰.

VI. Gestion des communications

Pour établir une communication entre deux utilisateurs dans le réseau IMS, le protocole SIP est utilisé pour l'établissement, la gestion et la terminaison des sessions.

Nous allons voir comment les messages SIP sont envoyés dans deux cas :

- l'enregistrement d'un terminal dans le réseau.
- la mise en relation de deux utilisateurs³¹.

VI.1 l'enregistrement d'un abonné IMS

Pour pouvoir utiliser et bénéficier des services qu'offrent L'IMS, l'utilisateur, doit d'abord s'enregistrer, afin d'authentifier le terminal.

La méthode associée à cette fonctionnalité est REGISTRER, du protocole de signalisation SIP.

³⁰ MROUEH Lina, LABAKY Elie, 5 Avril 2006.

³¹ Laurent ouakil-guy pujolle , .2012.op.sit.

La figure ci- dessous montre les procédures d'enregistrement dans le réseau IMS :

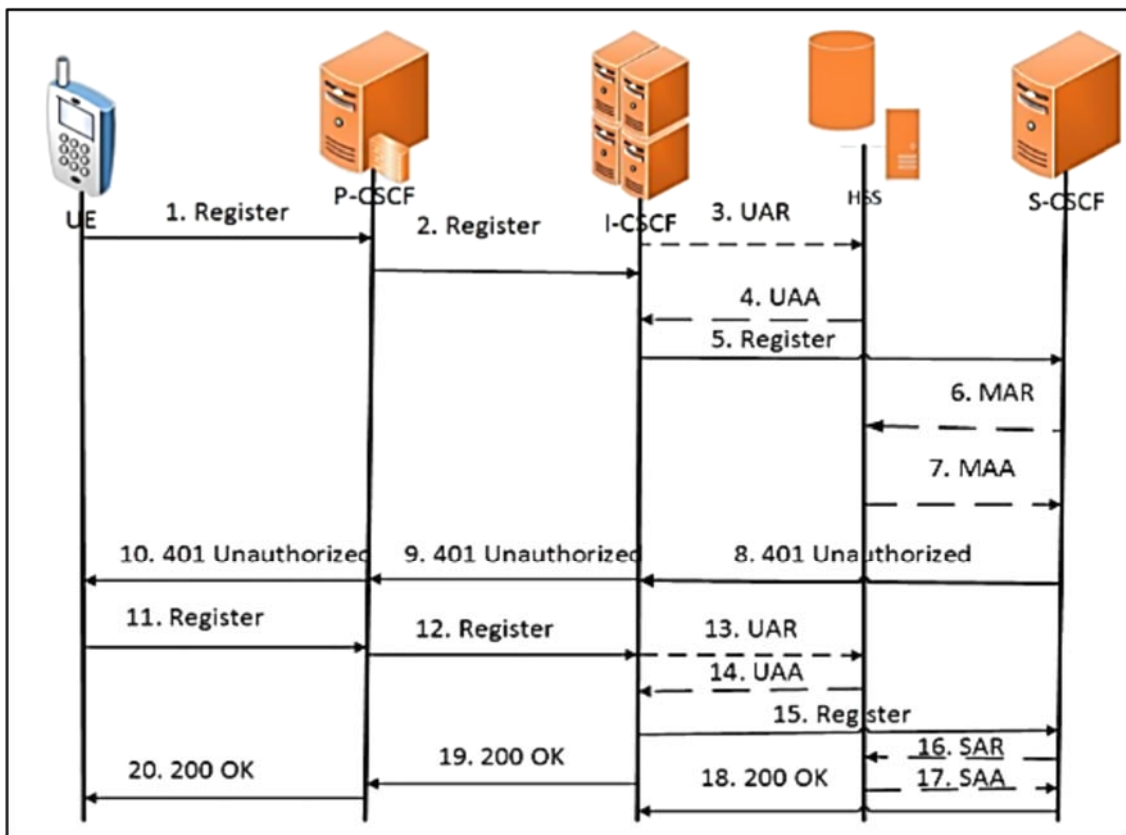


Figure 2.7. Les étapes d'enregistrement d'un terminal dans le réseau IMS ³²

On observe globalement deux étapes SIP dans ce scénario, correspondant à la succession de deux requêtes et de leurs réponses.

VI.1.1.Première phase d'enregistrement

- Le terminal IMS envoie au P-CSCF une première requête REGISTER contenant son identité privée.
- le serveur P-CSCF procède à une requête DNS à partir de nom de domaine que l'utilisateur a fourni pour localiser I-CSCF.
- Le P-CSCF transfère le message REGISTER à l'I-CSCF en incluant dans l'en-tête Path son adresse IP.
- le I-CSCF contacte le HSS pour sélectionner le S-CSCF et lui transmet la requête REGISTER (requête UAR).

³² Laurent ouakil-guy pujolle (2012), op.sit.

-la base HSS fournit dans sa réponse (message UAA) l'ensemble de S-CSCF disponible de manière que l'I-CSCF puisse choisir l'un d'entre eux.

- S-CSCF contacte le HSS (requête MAR) pour récupérer les données d'authentification du mobile, il reçoit en retour une réponse MAA qui confirme l'enregistrement de S-CSCF.

S-CSCF répond avec un message 401 Unauthorized, contenant le challenge sous la forme d'un champ d'en-tête appelé WWW-authenticate.

-l'adresse IP de S-CSCF est enregistrée dans le HSS et celle de le P-CSCF dans le S-CSCF.

-A la réception de ce message 401 Unauthorized, le mobile authentifie le réseau IMS.

VI.1.2. Deuxième phase d'enregistrement

-le terminal IMS envoie au serveur P-CSCF une seconde requête REGISTER contenant l'identité privée et la réponse RES.

- P-CSCF transfère le message REGISTER au serveur I-CSCF.

- I-CSCF effectue la (requête UAR) auprès de la base HSS pour récupérer l'adresse IP du S-CSCF dans la (réponse UAA) et lui transmet la requête REGISTER.

- S-CSCF contacte le HSS pour récupérer le profil du mobile par la (requête SAR).

- S-CSCF compare la valeur du RES reçu de l'entité UA avec celle du XRES reçue de la base HSS par la (réponse SAA), si les deux valeurs sont identiques le mobile est authentifié, et lui répond avec un message 200 Ok en incluant dans l'en-tête Service Route son adresse IP.

-A ce stade, le serveur S-CSCF a créé un lien entre l'identité publique du mobile et son adresse IP afin de router les appels à destination du mobile et le mobile a récupère l'adresse IP de son S-CSCF³³.

VI.2. Mise en relation de deux utilisateurs VoLTE

Une communication implique une première étape de recherche des abonnés, de vérification des autorisations d'accès, puis de mise en relation entre les correspondants. La méthode associée à cette dernière fonctionnalité est INVITE avec le protocole de signalisation SIP. C'est aussi la méthode que nous allons employer dont un scénario est illustrée à la figure 2.8.

³³ Endré pérez (2011), op.sit.

Nous considérons que l'appelant et l'appelé ont des opérateurs différents et sont localisés dans des réseaux visités, c'est-à-dire qui n'appartiennent pas forcément à leur opérateur respectif. C'est le cas le plus général.

Ce scénario de mise en relation de deux terminaux, ou UE (User Equipment), peut être découpé en sept grandes étapes, que nous allons brièvement présenter :

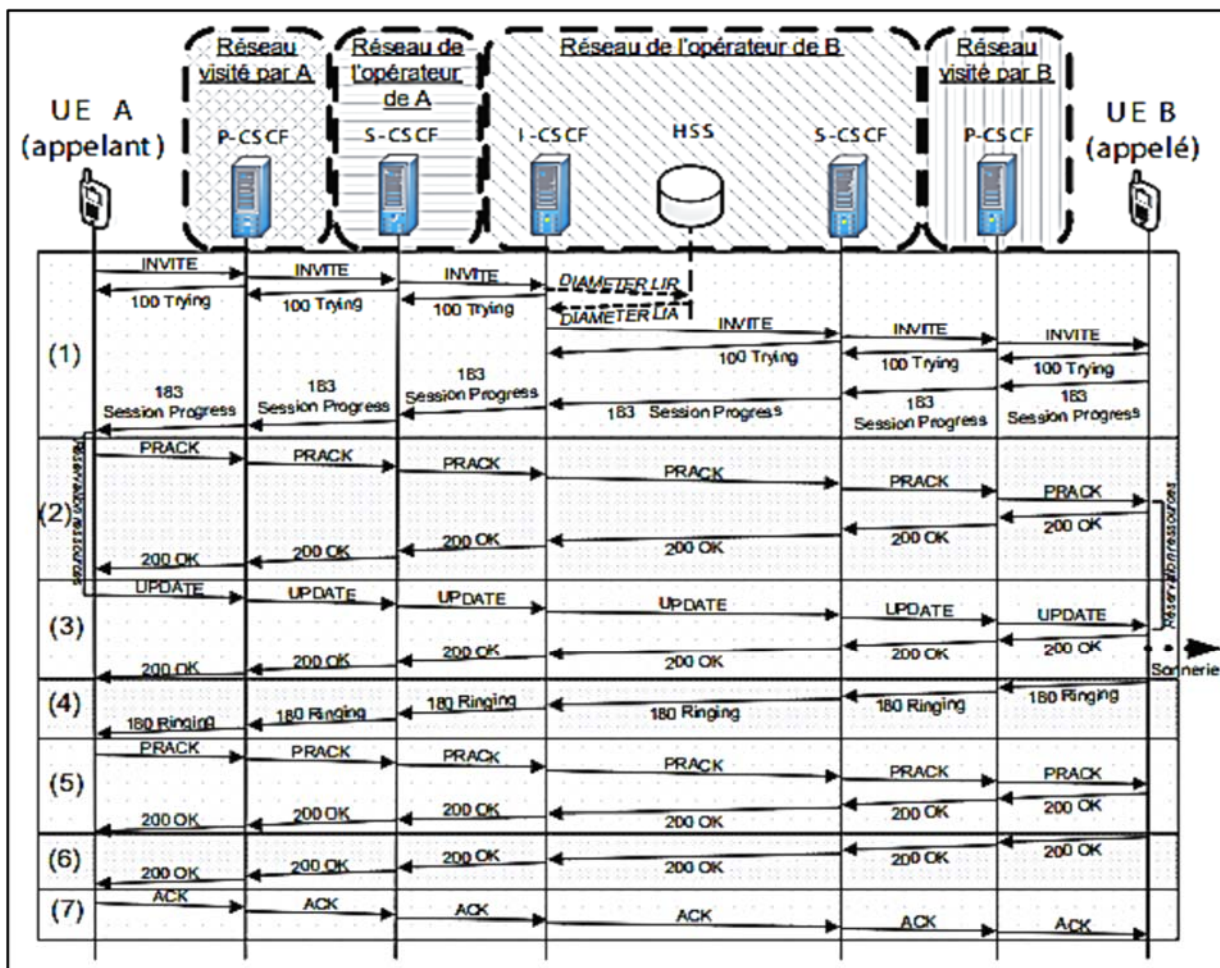


Figure 2.8. Mise en communication de deux terminaux³⁴.

1. Message d'invitation de A vers B, avec deux réponses temporaires : une réponse 100 pour indiquer la tentative et une réponse 183 pour négocier les paramètres de la communication. L'appelant sollicite le terminal de B et, pour cela, s'adresse au serveur I-CSCF de B, qui le localise après une requête Diameter.

³⁴Laurent ouakil-guy pujolle (2012), Op.sit

2. Pour s'assurer que l'émetteur A a bien reçu la réponse 183, celui-ci doit impérativement envoyer un acquittement temporaire. Comme toute requête SIP, et conformément au modèle client/serveur, une réponse est envoyée.
3. Le terminal A doit négocier les paramètres de qualité de service pour garantir sa communication dans le réseau. Cette étape permet aux utilisateurs d'établir une communication avec une bande passante garantie, et donc un service de qualité. Elle est nouvelle par rapport au processus habituel d'établissement de connexion qu'utilise SIP, car la qualité de service est un élément essentiel avec l'IMS. Le terminal B vérifie que lui aussi a réservé les ressources nécessaires à la communication dans le réseau et valide la requête par sa réponse.
4. Dès ce moment, le terminal de B commence à sonner. Cette étape complète les réponses temporaires à la requête d'invitation par une réponse 180, elle aussi temporaire.
5. Pour s'assurer que cette réponse est bien reçue du terminal A',
, ce dernier doit confirmer la réception par une requête d'acquiescement, qui attend elle-même une réponse.
6. Dès que l'utilisateur du terminal B a répondu (ou que sa messagerie s'est enclenchée), la réponse définitive 200 est envoyée à la requête initiale d'invitation.
7. La requête d'acquiescement finale valide l'initialisation de la communication, qui peut dès lors débiter pour permettre aux terminaux de s'échanger des flux de données multimédias³⁵.

³⁵ Laurent ouakil-guy pujolle (2012), Op.sit

VI .Conclusion

Dans ce deuxième chapitre nous avons présenté les solutions mis en œuvre dans le réseau du mobile de quatrième génération, pour fournir les services téléphoniques, les opérateurs mobiles proposent de solution telle que CS-FallBack qui connaît plusieurs inconvénients comme la durée d'établissement d'appel, consommation d'énergie....etc.

Pour terminer nous avons présenté La solution VoLTE ou Voix sur LTE qui permet de réaliser les appels téléphoniques sur le réseau 4G, cette solution s'appuie sur un cœur réseau en IMS pour émuler les services du domaine circuit, et bénéficier des services liées à la téléphonie 4G (présence, visiophonie...), et autre service réservés à Internet (iptv, video on demande, chat...), avec une expérience meilleure que celle offerte dans les générations précédentes.

Chapitre III

Mise en place de la plateforme IMS

I. Préambule

Après avoir abordé les différents aspects théoriques du noyau IMS et pour atteindre l'objectif ciblé dans le cadre applicatif. L'adoption de la solution IMS pour la VOLTE, qui exige d'utiliser une plateforme IMS open source « OpenIMSCore » pour analyser le fonctionnement et les performances d'un réseau IMS.

Grâce à l'Open source nous avons la possibilité d'implémenter le cœur du réseau IMS et d'expérimenter des services s'appuyant sur ce type de réseaux.

II. Mise en place de la plateforme IMS

II.1. Architecture de la plateforme

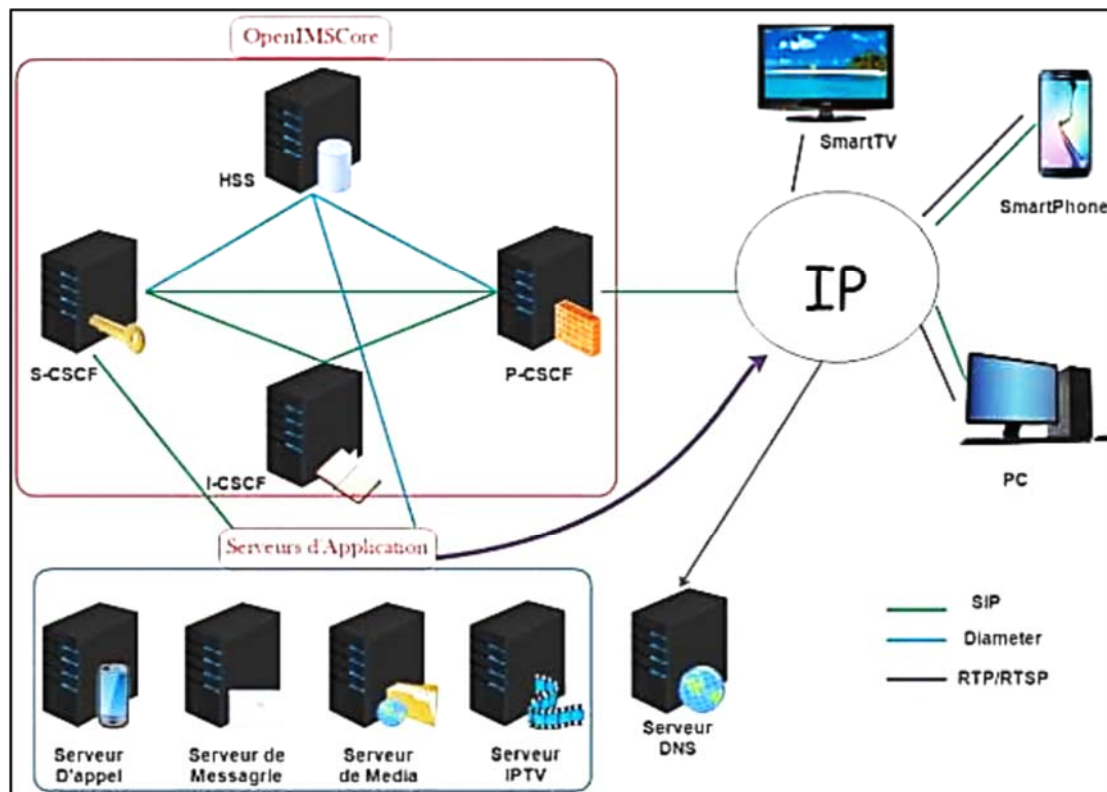


Figure 3.1 .Architecture de Plateforme IMS.

L'architecture comprend les serveurs CSCF et la base de données HSS que nous avons présenté dans le chapitre précédent, cette architecture utilise un serveur DNS qui permet la résolution des noms, et des serveurs d'applications afin de fournir les services basé sur IMS.

III. Présentation et installation des logiciels utilisés

III.1 Présentation des logiciels

III.1.1 OpenIMScore

OpenIMScore est un Projet lancé en 2006 a été développé par FOKUS (Institute for Open Communication System), le centre de recherche et développement en télécommunications de l'institut Fraunhofer, en Allemagne pour promouvoir l'adoption de la technologie IMS dans les réseaux de télécommunications de prochaine génération, et amener le développement de nouveaux services basés sur IMS comme la télévision sur IP(IPTV).

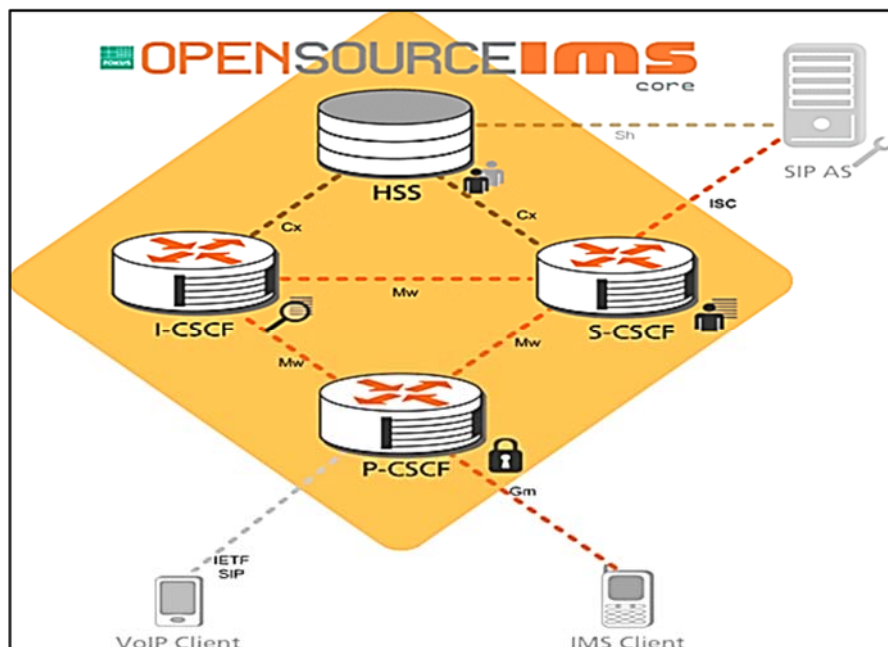


Figure 3.2. Architecture d'open IMScore

OpenIMScore est une implémentation open source des fonctions de contrôle de session d'un cœur de réseau IMS (serveurs CSCF) et d'un Home Subscriber Server (HSS), qui forment ensemble les éléments de base d'une architecture IMS. Tous les composants sont basés sur des logiciels libres open source, tels que SER (SIP Express Router) ou MySQL qui ont été testés avec des produits commerciaux pour l'interopérabilité.

La base des données d'OpenIMSCore, FHoSS (FOKUS Home Subscriber Server) est basé sur MySQL. FHoSS est une application est entièrement écrite avec Java, et configuré pour supporter plusieurs millions d'abonnés et peut servir de multiples centaines d'utilisateurs enregistrés par seconde.

III.1.2 Logiciel Wireshark : fameux Wireshark qui est avant tout l'analyseur de protocole réseau le plus répandu dans le monde. Il nous permet de voir ce qui se passe sur le réseau, c'est-à-dire, qu'il nous permet de capturer le trafic circulant dans un réseau

III.1.3 Logiciel Monster : FOKUS MONSTER, il est conçu pour simuler un téléphone cellulaire de la 4ème génération avec une configuration spéciale permettant de configurer le nom de domaine et le numéro de port du serveur P-CSCF, ainsi que d'autres paramètres.

III.2 Installation d'OpenIMSCore

III.2.1 Préparation du système

L'installation de l'OpenIMSCore exige quelques logiciels et ressources matérielles afin d'assurer le fonctionnement optimal de la plateforme.

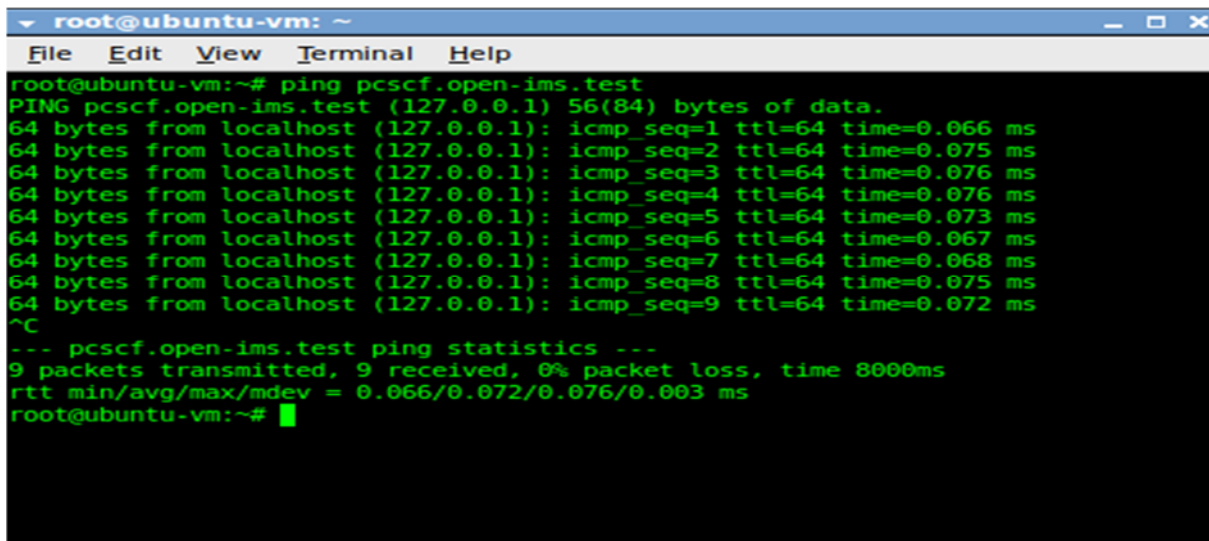
❖ Configuration matérielle

- Une machine Linux opérationnelle ou une VM Linux, dans notre cas nous avons adopté l'OS Ubuntu 9.04.
- Environ 100 à 150 Mo d'espace libre.
- De préférence 1Go de RAM.
- Un serveur DNS configurable.

❖ Configuration DNS

La plate-forme est configuré pour fonctionner en localhost (127.0.0.1) avec un nom de domaine par défaut « open-ims.test ».

Des pings sur les différentes entités de l'IMS (CSCF et HSS) nous a permis de tester le Bon fonctionnement de serveur DNS.



```
root@ubuntu-vm: ~  
File Edit View Terminal Help  
root@ubuntu-vm:~# ping pcscf.open-ims.test  
PING pcscf.open-ims.test (127.0.0.1) 56(84) bytes of data.  
64 bytes from localhost (127.0.0.1): icmp_seq=1 ttl=64 time=0.066 ms  
64 bytes from localhost (127.0.0.1): icmp_seq=2 ttl=64 time=0.075 ms  
64 bytes from localhost (127.0.0.1): icmp_seq=3 ttl=64 time=0.076 ms  
64 bytes from localhost (127.0.0.1): icmp_seq=4 ttl=64 time=0.076 ms  
64 bytes from localhost (127.0.0.1): icmp_seq=5 ttl=64 time=0.073 ms  
64 bytes from localhost (127.0.0.1): icmp_seq=6 ttl=64 time=0.067 ms  
64 bytes from localhost (127.0.0.1): icmp_seq=7 ttl=64 time=0.068 ms  
64 bytes from localhost (127.0.0.1): icmp_seq=8 ttl=64 time=0.075 ms  
64 bytes from localhost (127.0.0.1): icmp_seq=9 ttl=64 time=0.072 ms  
^C  
--- pcscf.open-ims.test ping statistics ---  
9 packets transmitted, 9 received, 0% packet loss, time 8000ms  
rtt min/avg/max/mdev = 0.066/0.072/0.076/0.003 ms  
root@ubuntu-vm:~#
```

Figure 3.3. Le test de Ping de l'entité P-CSCF de réseau IMS

IV. Configuration des identités des utilisateurs

On vue de faciliter la gestion des utilisateurs, des serveurs d'applications, ainsi que des paramètres de configuration, l'OpenIMSCore dispose d'un outil graphique qui fournit les fonctionnalités de configuration ainsi que des informations liées aux différents services/utilisateurs de cœurs IMS, il est accessible via une interface web .Http://hss votre domaine : 8080/. La figure suivante montre la page d'accueil d'OpenIMSCore.

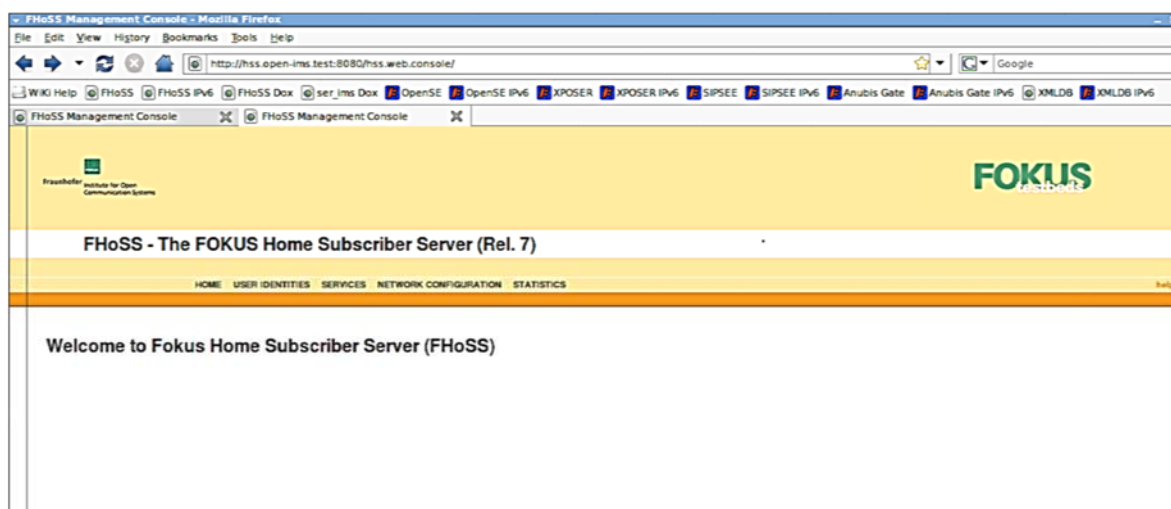


Figure 3.4. Interface OpenIMSCore.

IV.1. Configuré l'abonné IMS

Sur l'OpenIMSCore, on trouve deux utilisateurs déjà enregistrés par défaut, Alice et Bob. La configuration des nouveaux utilisateurs se fait en leur fournissant des identifiants présentés dans le chapitre précédent.

➤ La première étape

Tout d'abord, le premier identifiant qui doit être configuré est le Public User Identity. La figure suivante montre la configuration d'une IMPU d'un utilisateur qui s'appelle djamila.igh

Public User Identity -IMPU-

ID	1
Identity*	sip:djamila.igh@open-ims.test
Barring	<input type="checkbox"/>
Service Profile*	default_sp
Implicit Set	1
Charging-Info Set	default_charging_set
Can Register	<input checked="" type="checkbox"/>
IMPU Type*	Public_User_Identity
Wildcard PSI	
PSI Activation	<input type="checkbox"/>
Display Name	
User-Status	REGISTERED

Mandatory fields were marked with "*"

Save Refresh Delete

Add Visited-Networks

Select Visited-Network... Add

List of Visited Networks

ID	Identity	Delete
1	open-ims.test	Delete

Associate IMPI(s) to IMPU

IMPI Identity Add

Warning: This IMPI will be associated with all the corresponding IMPUs (within the same implicit-set)!

List of associated IMPIs

ID	IMPI Identity	Delete
4	djamila.igh@open-ims.test	Delete

Push Cx Operation

Apply for User-Data

Execute PPR

Add IMPU(s) to Implicit-Set

IMPU Identity Add

List IMPUs from Implicit-Set

ID	IMPU Identity	Delete
1	sip:djamila.igh@open-ims.test	Delete

Figure 3.5. : Configuration d'un user identité djamila.igh

Comme le montre la figure, le visited Network par défaut est open-ims.test, la configuration d'un IMPU à un nouvel utilisateur consiste à lui attribuer une adresse SIP dans notre exemple (sip:djamila.igh@open-ims.test), ID, on lui ainsi autorisant l'enregistrement.

La configuration de Charging-Info-Set est nécessaire pour se renseigner au moins l'adresse du "Primary CCF (Charging Collection Function)". Le CCF implique toutes

les entités du réseau SIP (P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF, BGCF, MRFC, MGCF, AS) alloué à un utilisateur

➤ **Deuxième étape**

Est de lui fournir une identité privée, Une syntaxe est à respecter pour l’IMPI : utilisateur@domaine. Dans notre cas, *djamila.igh@open-ims.test*.

Pour assurer la sécurité, l'utilisateur IMS doit avoir un mot de passe et une méthode d'authentification afin de bénéficier des services auquel il est abonné.

La figure ci-dessous présente les différents champs de configuration à remplir.

Private User Identity -IMPI-

ID	1
Identity*	djamila.igh@open-ims.test
Secret Key*	alice
Authentication Schemes*	
Digest-AKAv1 (3GPP)	<input checked="" type="checkbox"/>
Digest-AKAv2 (3GPP)	<input checked="" type="checkbox"/>
Digest-MD5 (FOKUS)	<input checked="" type="checkbox"/>
Digest (CableLabs)	<input checked="" type="checkbox"/>
SIP Digest (3GPP)	<input type="checkbox"/>
HTTP Digest (ETSI)	<input checked="" type="checkbox"/>
Early-IMS (3GPP)	<input checked="" type="checkbox"/>
NASS Bundled (ETSI)	<input checked="" type="checkbox"/>
All	<input type="checkbox"/>
Default	Digest-AKAv1-MD5
AMF*	0000
OP*	00000000000000000000000000000000
SQN*	000000008a4
Early IMS IP	
DSL Line Identifier	
GUSS	Configure

Mandatory fields were marked with "*".

The Secret Key in this form is considered in hex representation if its value is 16 bytes long or else in ASCII representation.

Associate an IMSU

IMSU Identity

Associated IMSU

ID	IMSU Identity	Delete
1	djamila.igh	<input type="button" value="Delete"/>

Create & Bind new IMPU +

Associate IMPU(s)

IMPU Identity

Warning: The current IMPI will be associated with all the corresponding IMPUs (within the same implicit-set)!

List of associated IMPUs

ID:	IMPU Identity:	Delete:
1	slp:djamila.igh@open-ims.test	<input type="button" value="Delete"/>

Push Cx Operation

Apply for

Execute

RTR Operation

Apply for

Select Identities

Reason

Reason Info

Execute

Figure 3.6 : Configuration de Private User Identity djamila.igh

➤ **Troisième étape**

L'utilisateur est enregistré dans la base de données HSS, mais il ne peut pas bénéficier d'aucun service, ceci est dû à l'absence de son abonnement. Il est essentiel à présent de créer une souscription utilisateur, ou IMSU (pour IMS Subscription).

La figure suivante montre la phase ultime de la configuration d'un utilisateur.

IMS Subscription -IMSU-

ID	<input type="text" value="1"/>	<p>Create & Bind new IMPI +</p> <p>Associate IMPI(s)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">IMPI Identity</td> <td style="width: 30%;"><input type="text"/></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Add</td> </tr> </table> <p>List of associated IMPIs</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">ID</th> <th style="width: 60%;">IMPI Identity</th> <th style="width: 30%;">Delete</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>djamilia.igh@open-ims.test</td> <td style="text-align: center;">Delete</td> </tr> </tbody> </table>	IMPI Identity	<input type="text"/>	Add	ID	IMPI Identity	Delete	4	djamilia.igh@open-ims.test	Delete
IMPI Identity	<input type="text"/>		Add								
ID	IMPI Identity		Delete								
4	djamilia.igh@open-ims.test		Delete								
Name*	<input type="text" value="djamilia.igh"/>										
Capabilities Set	<input type="text" value="cap_set1"/>										
Preferred S-CSCF	<input type="text" value="scscf1"/>										
S-CSCF Name	<input type="text"/>										
Diameter Name	<input type="text"/>										

Mandatory fields were marked with ""

Figure 3.7: Configuration d'IMS Suscription pour djamilia.igh.

La norme IMS possède plusieurs procédures, nous avons mis l'accent sur trois principales procédures qui sont l'enregistrement, l'établissement de la session et la sollicitation des services.

V. Demande d'enregistrement

La première action réalisée par un terminal dès son mise en route pour qu'il soit capable d'appeler et joignable par ses correspondants est l'enregistrement dans le réseau. La méthode associée à cette fonctionnalité est REGISTRAR, du protocole de signalisation SIP.

L'UE (User Equipment) envoie une première demande d'enregistrement au proxy PCSCF à l'aide d'un message «REGISTER». Le P-CSCF doit d'abord vérifier l'identité de l'utilisateur final en fonction de son profil stocké dans la base de données FHoSS à l'aide des autres entités S-SCSF et ICSCF. Après cette vérification, l'UE envoie un second message d'enregistrement «REGISTER» qui sera acquitté par «200 OK» qui précise que la demande d'enregistrement est réussie et que l'utilisateur peut établir une session voix, vidéo, ou données.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
3599	489.716843	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: REGISTER sip:open-ims.test
3600	489.755106	127.0.0.1	127.0.0.1	DNS	Standard query SRV sip._udp.open-ims.test
3601	489.755401	127.0.0.1	127.0.0.1	DNS	Standard query response SRV 0 0 5060 icscf.open-ims.test
3602	489.756202	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: REGISTER sip:open-ims.test
3697	489.816007	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: REGISTER sip:scscf.open-ims.test:6060
3775	489.885704	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 401 Unauthorized - Challenging the UE (0 bindings)
3776	489.887561	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 401 Unauthorized - Challenging the UE (0 bindings)
3777	489.889240	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 401 Unauthorized - Challenging the UE (0 bindings)
3779	489.920228	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: REGISTER sip:open-ims.test
3780	489.920806	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: REGISTER sip:open-ims.test
3859	489.957809	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: REGISTER sip:scscf.open-ims.test:6060
4038	490.166881	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 200 OK - SAR succesful and registrar saved (1 bindings)
4039	490.167083	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 200 OK - SAR succesful and registrar saved (1 bindings)
4040	490.167608	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 200 OK - SAR succesful and registrar saved (1 bindings)

Figure 3. 8 : Captures des paquets pour une demande d'enregistrement

VI. Configuration de client IMS Monster

Les UE sont les terminaux utilisateurs d'un réseau IMS. Ce sont des équipements qui utilisent le Protocole SIP. Parmi les clients SIP gratuits et compatibles avec la plateforme IMS nous citons :

-Client IMS Monster pour Linux.

Nous avons configuré le client Monster pour qu'il puisse fonctionner avec des profils déjà déclaré dans HSS (FHoSS).

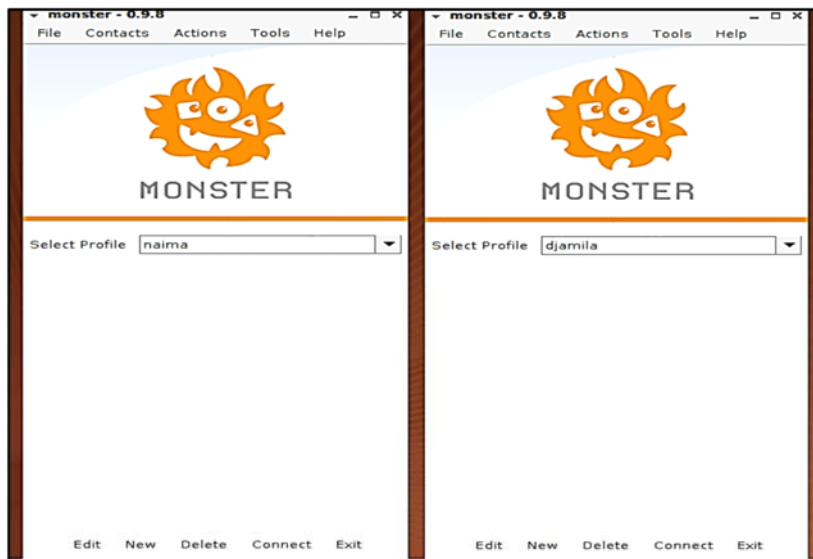


Figure 3.9 : Configuration des clients IMS pour Naima et Djamila

VI.1 Le serveur de présence : nous a permet de connaitre en temps réel les statuts de tous notre contacts qui sont connectée ont un point vert devant leur nom (en ligne), la figure ci-dessous montre un exemple de présence entre deux clients IMS.



Figure 3.10 : Serveur de présence entre deux clients IMS

Dans une architecture IMS, le fonctionnement d'un serveur de présence est illustré par la figure ci-dessous :

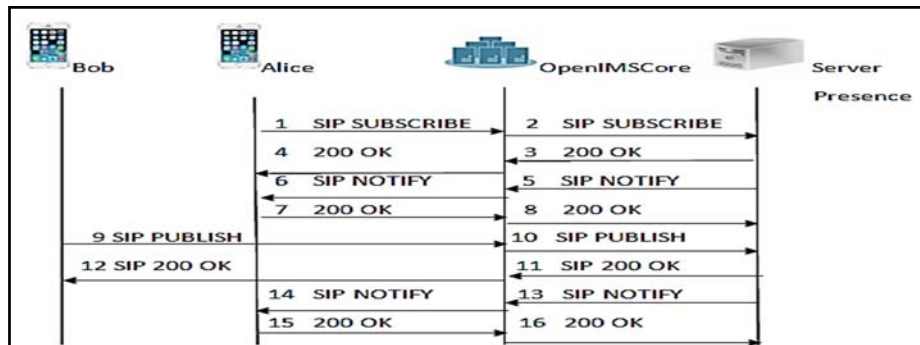


Figure 3.11 : Diagramme de fonctionnement d'un serveur de présence

Sur le diagramme, on a deux utilisateurs Bob et Alice qui sont connecté. Pour connaitre l'état de Bob, Alice envoie une requête **SIP SUBSCRIBE** afin de souscrire au service de présence (étape 1 à 4).

Le serveur présence à son tour envoie à Alice un message **SIP NOTIFY** pour l'informer de son nouvel état (étape 5 à 8).

Bob à son tour est déjà souscris au service de présence, envoie son état par un message du type **SIP PUBLISH** au serveur de présence (étape 9 à 12).

Ayant connaissance de l'état de Bob, le serveur de présence informe Alice par un message du type **SIP NOTIFY** (étape 13 à 16).

Après l'installation et configuration de serveur de présence on passe à l'analyse des paquets de trafic par un logiciel wireshark qui permet de traité les requêtes SIP liées à la présence. La figure ci-dessous montre la capture des paquets :

No. .	Time	Source	Destination	Protocol	Info
469	6.521762	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: SUBSCRIBE sip:naima.ait@open-ims.test
470	6.522245	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 200 Subscription to REG saved
471	6.522383	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 200 Subscription to REG saved
473	6.882109	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/XML	Request: NOTIFY sip:pcscf.open-ims.test:4060
474	6.882424	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 200 OK - P-CSCF processed notification
475	9.776537	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/XML	Request: PUBLISH sip:naima.ait@open-ims.test
476	9.777042	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/XML	Request: PUBLISH sip:naima.ait@open-ims.test
477	9.777484	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/XML	Request: PUBLISH sip:naima.ait@open-ims.test

Figure 3.12 : Capture des paquets pour le serveur de présence

VII. Test d'appel en localhost

Parmi les tests les plus rependus pour une plateforme IMS est le test d'appel SIP, ce test permet d'examiner le fonctionnement de la plateforme IMS. Pour cela nous avons configuré un autre utilisateur qui s'appelle Naima.

Pour ce test nous avons opté pour Monster IMS Client. La figure suivante montre le déroulement de l'appel entre l'utilisateur Naima et Djamila.

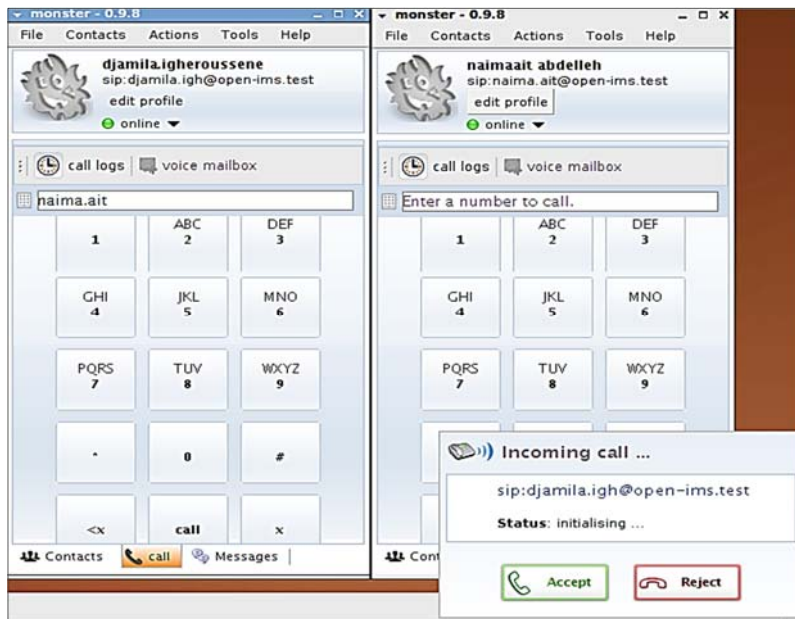


Figure 3.13 : Appel SIP entre Djamila ET Naima.

La figure suivante illustre Le diagramme explicatif qui montre les différents messages SIP échanges durant l'établissement de l'appel (voix) en local host :

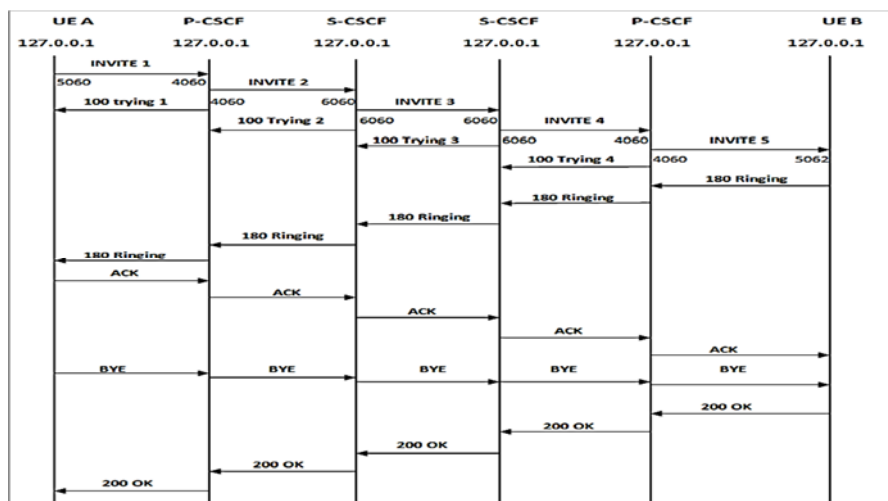


Figure 3.14. Diagramme de Fonctionnement d'appel voix en local host

La figure montre la réussite de l'appel et également les différentes méthodes SIP échangés afin d'établir l'appel, pour les analyser nous avons utilisé le logiciel Wireshark. La figure suivante illustre la capture des paquets échangés entre les deux clients durant l'appel.

No. .	Time	Source	Destination	Protocol	Info
38	3.272489	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/SDP	Request: INVITE sip:naima.ait@open-ims.test, with session description
39	3.275027	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 100 trying -- your call is important to us
40	3.275198	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/SDP	Request: INVITE sip:naima.ait@open-ims.test, with session description
41	3.275966	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 100 trying -- your call is important to us
42	3.276080	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/SDP	Request: INVITE sip:naima.ait@open-ims.test, with session description
43	3.276790	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 100 trying -- your call is important to us
44	3.276998	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/SDP	Request: INVITE sip:naima.ait@127.0.0.1:5064, with session description
45	3.277565	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 100 trying -- your call is important to us
46	3.277656	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/SDP	Request: INVITE sip:naima.ait@127.0.0.1:5064, with session description
47	3.331824	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 180 Ringing
48	3.332462	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 180 Ringing
49	3.332822	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 180 Ringing
50	3.333031	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 180 Ringing
51	3.333776	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 180 Ringing
52	7.115493	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/SDP	Status: 200 OK, with session description
53	7.116718	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/SDP	Status: 200 OK, with session description
54	7.118011	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/SDP	Status: 200 OK, with session description
55	7.118221	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/SDP	Status: 200 OK, with session description
56	7.118698	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP/SDP	Status: 200 OK, with session description
57	7.123557	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: ACK sip:naima.ait@127.0.0.1:5064
58	7.128284	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: ACK sip:naima.ait@127.0.0.1:5064
59	7.129026	127.0.0.1	127.0.0.1	DNS	Standard query A scscf.open-ims.test
60	7.129294	127.0.0.1	127.0.0.1	DNS	Standard query response A 127.0.0.1
61	7.129505	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: ACK sip:naima.ait@127.0.0.1:5064
62	7.129602	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: ACK sip:naima.ait@127.0.0.1:5064
63	7.130091	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: ACK sip:naima.ait@127.0.0.1:5064
98	10.372118	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: BYE sip:naima.ait@127.0.0.1:5064
99	10.373069	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: BYE sip:naima.ait@127.0.0.1:5064
100	10.373344	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: BYE sip:naima.ait@127.0.0.1:5064
101	10.373525	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: BYE sip:naima.ait@127.0.0.1:5064
102	10.374175	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: BYE sip:naima.ait@127.0.0.1:5064
103	10.389914	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 200 OK
104	10.390652	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 200 OK
105	10.390954	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 200 OK
106	10.391111	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 200 OK
107	10.391394	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 200 OK

Figure 3.15 : Capture des paquets de l'appel entre l'utilisateur

Le résultat de capture montre que les paquets sont envoyés à l'IP 127.0.0.1 qui est l'adresse des CCF. Les protocoles utilisés sont :

- Le protocole SIP entre le UE et le CCF durant la phase de l'établissement de l'appel.
- le protocole RTP est utilisé entre le UE et l'AS pour acheminer le trafic de conversation.

VIII. Établissement d'une session data :

Le service de messagerie instantanée est permet aux utilisateurs connectés de s'envoyer des messages. Pour établir une session de donnée entre deux utilisateur IMS on fait appel à deux méthodes « MESSAGE » contenant le message instantané à envoyer et 200 OK indique que le message a été bien reçu .la figure ci-dessous présente le diagramme de fonctionnement de la messagerie instantanée d'OpenIMSCore :

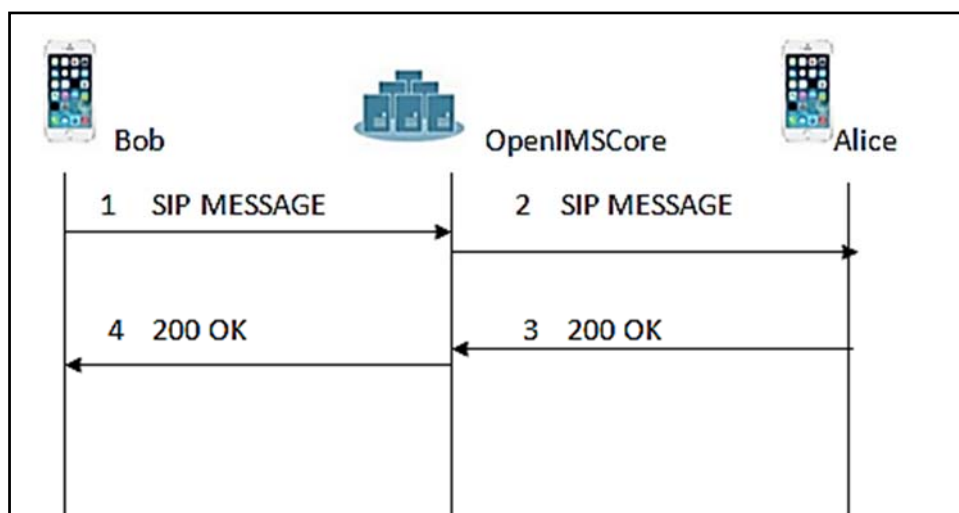


Figure 3.16 : Diagramme de fonctionnement de la messagerie instantanée

Cette figure décrit les deux méthodes déployer lors d'envoi des messages entre les abonnés IMS.

Etape 1 à 2 : Bob envoie un message à Alice.

Etape 3 à 4 : Alice envoie un accusé de réception à Bob afin de l'indiquer que le message a été bien reçu.

La figure ci-dessous montre les différentes méthodes SIP échangés afin d'envoyer un message SIP.

No. .	Time	Source	Destination	Protocol	Info
9	4.012020	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: MESSAGE sip:djamil.igh@open-ims.test (text/plain)
10	4.114363	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: MESSAGE sip:djamil.igh@open-ims.test (text/plain)
11	4.505087	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: MESSAGE sip:djamil.igh@127.0.0.1:5062 (text/plain)
12	4.506438	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Request: MESSAGE sip:djamil.igh@127.0.0.1:5062 (text/plain)
13	4.534354	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 200 OK
14	4.535362	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 200 OK
15	4.536048	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 200 OK
16	4.536794	127.0.0.1	127.0.0.1	SIP	Status: 200 OK

Figure 3.17 : capture des paquets de message

IX. Service supplémentaire

IX.1. Serveur IPTV

Avec l'arrivée de la solution de convergence, la télévision est délivrée à travers un large éventail de réseaux fixes ou mobiles. L'IPTV ou télévision sur IP désigne la diffusion de programmes TV sur un réseau IP. Il s'agit essentiellement des programmes de télévision diffusés en direct, et de la TV à la demande.

IMS est en mesure d'offrir les services de la télévision sur IP contrôlés et gérés par le réseau cœur IMS et acheminés indépendamment sur un réseau de transport IP.

X. Conclusion

Au cours de ce dernier chapitre, nous avons décrit les étapes de mise en place de notre plate-forme où nous avons installé, configuré et testé la solution open source OpenIMSCore. Notre plateforme a permis aux clients enregistrés dans la base HSS, d'effectuer des appels audio, et le service de messagerie instantané, aussi de bénéficier des services supplémentaires tels que la vidéo à la demande, l'IPTV.

Du point de vue des opérateurs Télécommunication, la migration vers une infrastructure réseau supportant tous types de services est une idée très attrayante. L'intégration d'une telle plateforme a l'avantage non seulement qu'il met à profit des ressources du réseau, mais également à la réduction des coûts de déploiement des services récents et innovants, tout en profitant du concept IP qui est largement supporté par les applications et terminaux disponibles.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Ce projet nous a permis d'étudier en générale l'évolution de la télécommunication mobile, on se basant sur les réseaux cellulaires les plus importants qui sont : le GSM, l'UMTS et LTE.

Tout au long de notre projet de fin d'étude, nous avons eu l'occasion d'exploiter nos connaissances et d'obtenir des notions sur les réseaux de nouvelle génération et plus précisément sur l'architecture du réseau IMS. Sur l'aspect théorique, nous avons étudié toutes les entités de l'IMS tel que le serveur HSS et les serveurs CSCF...etc, leur rôle, leurs caractéristiques, ainsi que l'interfonctionnement entre eux.

Pour fructifier nos capacités pratiques, nous avons mis en place une plateforme OpenIMSCore qui nous a permis d'avoir une vision réelle de l'architecture IMS qui nous a permis de configurer, tester, analyser les paquets et les messages échangés durant l'établissement d'une session. Nous avons également eu la chance d'avoir une vision sur la transition vers cette solution VOLTE qu'est l'avenir des services vocaux.

Reference
bibliographie

I. Ouvrages

- ENDRER PEREZ, Architecture des réseaux mobiles, Edition Lavoisier, (2011).
- ENDRER PEREZ, la voix sur LTE (réseau 4G et architecture IMS), Edition Lavoisier, (2013).
- ALAGHA KHALDOUN, Réseaux de mobiles et réseaux sans fil, Edition Eyrolles, (2001).
- Yannick Bouguen, Éric Hardouin, François-Xavier Wolff, LTE et les réseaux 4G, Groupe Eyrolles, (2012), ISBN : 978-2-212-12990-8.
- Laurent ouakil-guy pujolle, téléphonie sur IP 2em édition, édition EYROLLE, 2012.

II. Mémoires

- HANICHE Lynda, TIKENTERT Fazia, Ingénieur en Electronique, (2010), contribution à la mise en service et simulation de fonctionnement de réseau de 3G. Université MOULOUD MAMMERI TIZI-OUZOU.
- ALLAOUI HAYAT, AREZKI SONIA, Master Electronique, 2016, Dimensionnement et caractéristique d'un réseau mobile 3G, Université MOULOUD MAMMERI TIZI-OUZOU.
- Mr LAKHDAR HAMINA ISMAIL, Master Electronique, (2014), ingénierie d'un réseau Mobile 3G/3G+, Université MOULOUD MEMMERI TIZI-OUZOU.
- MROUEH Lina, LABAKY Elie, 3^{eme} Année du cycle ingénieur ,15 Avril.2006, Etude des procédures d'enregistrement et d'établissement de session en IMS, Ecole nationale Supérieure des télécommunications, TELECOM PARIS. (mémoire en ligne).

III. Site Web

- Globale system for mobile communication Architecture, interface et identités copyright EFORT(2008) <http://WWW.efort.com>.
- SIMON ZNATY, Le réseau sémaphore Numéro7 : principes, architecture et protocoles, copyright EFORT, <http://WWW.efort.com>.
- Ir. Willy PIRARD, PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE TELEPHONIE MOBILE GSM, Institut Scientifique de Service Public.
- GSM : Global System for Mobile Communications Architecture, Interfaces et Identités Copyright EFORT 2008, <http://www.efort.com>.

- GSM Architecture overview, edition AIRCOM INTERNATIONAL.
- Harri Holma, Antti Toskala, "UMTS : Les réseaux mobiles de 3ème génération", Editions Osman Eyrolles MultiMedia, 2000.
- Heikki Kaaranen et al. "UMTS Networks: Architecture, Mobility and Services", Editions Wiley, 2001.
- LTE + SAE = EPS Principes et Architecture, Copyright EFORT 2009, <http://www.efort.com>.
- La mobilité avec la volte, SFR business, <http://www.sfrbusiness.fr>.
- Christopher Jasson Casey, Supporting Voice over LTE: Solutions, Architectures, and Protocol. , Feb 05, 2015. (Article)
- Valentin collin, evolution des réseaux mobiles vers la 4G, copyright EFORT, 2014. <http://www.efort.com>
- Frédéric launay, 4G TLE, université de Poitiers, 2012, [http : www.univ-postiers.fr](http://www.univ-postiers.fr).
- One Voice initiative: IMS Based approach adopted (November 2009), <http://www.the3G4G.com>.
- Voix sur LTE (VoLTE) Impacts sur l'accès LTE, Copyright EFORT,(2013), <http://www.efort.com>.
- L'IMS, architecture & protocole, [http:// www.télécom-lille](http://www.télécom-lille).
- RTP et RTCP, Copyright EFORT, (2008). <http://www.efort.com>.
- Habib CHAGOUR, la téléphonie Mobile & Architecture réseau 4G Edition SUPINFO, 2016, [http:// www.supinfo.com](http://www.supinfo.com). DIAMETER et ses Applications
- Principes, Architecture et Services EFORT Copyright EFORT 2010 <http://www.efort.com>.

Résumé

Les réseaux mobiles de quatrième génération apporte une véritable augmentation du débit qui ne supporte pas le transport de la voix car ce réseau utilise uniquement la commutation de paquet. Le réseau 4G déploient la technologie d'accès radio LTE qui sont des réseaux mobiles reposent sur des réseaux cœur tout IP appelé EPC (evolved Packet core), alors que les services de la téléphonie mobile habituelles qui sont déjà déployés en 2G (GSM) et 3G (UMTS) ne peut pas être exploités aussitôt dans les réseaux LTE car ce type des réseaux ne traitent pas la signalisation téléphonique.

Face à ce problème les organisations de télécommunication tel que la 3GPP (3rd génération Partner ship) et GSMA (GSM association) proposent des solutions pour résoudre le problème de signalisation téléphonique sur les systèmes 4G LTE , parmi ces solutions, la VoLTE (Voice over LTE) qui utilise le réseau IMS (internet protocole multimedia SubSystem) comme plateforme pour gère la signalisation SIP, tarification, l'authentification, QoS (qualité de service), ainsi que le basculement entre les différent types des réseaux (2G et 3G).

Mots clef

Le réseau 4G

La technologie LTE

Le réseau UMTS

Le réseau GSM

La solution CSFB

La solution VoLTE

Le réseau IMS

Logiciel OpenIMSCore