الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DR. YAHIA FARÈS DE MÉDÉA
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

Département du Génie Électrique et de l'Informatique



Projet de fin d'etude

Présenté pour l'obtention du Diplôme de Master en Electronique

Spécialité : Systemes de Télécommunication

THÈME

La voix sur LTE (VoLTE) Test et validation des services du réseau Algérie Telecom

Proposé et dirigé par :

M.KHEDDAR Hamza

Co-directeur de projet:

M. CHIKER SAID Sidali

Présenté par :

M. BELAID Mohamed

M. MEFTAH Mustapha

Juin 2016

Remerciements

Nous rendons grâce à Allah, miséricordieux de nous avoir soutenu et donné la volonté, la persévérance et l'obstination pour réaliser ce travail.

Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui nous ont aidées de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail, nous pensons particulièrement :

Au Mr KHEDDAR Hamza Enseignant à la faculté de génie électrique et de l'informatique, nous le remercions vivement notre promoteur pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant d'encadrer ce travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs et sincères remerciements également à :

Mr SHIKER SAID Sidali, Chef de projet exploitation core IMS D'Algérie Télécom Broadband, pour son aide, sa patience, ses conseils et son dévouement. Il nous a donné beaucoup de plus durant tout la période de notre stage pratique

Mr SERRIR Boumediene, Chef de projet exploitation core IMS D'Algérie Télécom Broadband, pour son accompagnement et son suivi.

À toute l'équipe d'Algérie Télécom pour leur aide précieuse, leur patience et leur générosité.

Sans oublier tout les enseignants de la faculté de la science et de la technologie.

Dédicaces

Je dédie ce travail aux êtres les plus chers, ceux à qui je dois tout

*Mes très chers parents, je les dis : *c'est grâce avous que je suis la maintenant*, que Allah les garde*

Mes chers frères, Mes chères sœurs et tout ma famille, qui m'ont toujours encouragé et soutenu dans les moments les plus difficiles.

À mes cher amis : Hamza, Hocine, Youcef, Oussama B, Krimo, Khaled, Walid SAHRAOUI, Abd elghani, Rabah bel houari, Sidali HADJODJA, AMMI Med, Malek, Abdo, Billel, Chamso, khaled moussa,med mefti, hamouda… et tous qui me connues

À ma binome en licence M^{elle} REDJIMI et ses chers parents.

À tous ceux qui me sont trop chers et que j'ai omis de citer.

À tous mes professeurs et maîtres, avec tous mes respects et mon éternelle reconnaissance.

Mohamed

Dédicaces

Je dédie ce travail en témoignage de ma reconnaissance, de mon amour et de mon profond respect à :

A mon cher père qui par son soutient a su me guider vers la voie de la réussite et Je demande à Dieu de le guérir.

A ma chère maman qui a sacrifié sa noble existence pour bâtir la mienne.

A tout mon frères Sidou et mes sœurs.

A ma grande mère.

A toute ma famille :meftah mohemmed,saadi ahlem et rabia…

A mon binôme :belaid mohemmed

A mes meilleurs amis :mahdi ,mosaab,yacine,youcef ,alian,dabbah,mohemmed,hossine,hamza,krimo,youcef,sini,k haled,abdou,oussama,birra,walid,ghanou,sidali,zaki,hatem, madjid ,bachir,boukhari ,mefti,imane,halima,aziza,farida,f.zohra…

A celle qui est chère à mon cœur.

mustapha

الملخص

يهدف مشروع التخرج هذا إلى التحقق من تكامل الخدمات الصوتية على شبكة LTE (الجيل الرابع) من خلال منصة IMS التي تحقق بواسطتها التقارب بين شبكات الصوت والبيانات وكذلك شبكات المحمول وشبكات الثابت .

للوصول إلى هذه الغاية ودمج النظام الأساسي للوصول إلى شبكة LTE الحالية قمنا بمعاينة مختلف السيناريوهات التي تتعلق بخدمات الوسائط المتعددة للتحقق من صحتها قبل تسويقها للعملاء.

كلمات مفتاحية: منصة أي أم أس، خدمة الصوت على LTE ,الجيل الرابع، خدمة الصوت علىIP.

Résumé

Ce projet de fin d'études a pour objectif de valider l'intégration du service voix sur le réseau LTE (VoLTE) à travers la plateforme IMS qui réalise la convergence des réseaux voix/données.

Pour cela, l'intégration de cette plateforme au réseau d'accès existant LTE nous a mené à élaborer des scénarios correspondants aux services multimédia fournis afin de les valider et de les commercialiser aux clients.

Mots clé: IMS, La voix sur LTE, Réseux 4G.la voix sur IP.

Abstract

This project graduation aims to validate the integration of voice services on LTE (VoLTE) through the IMS platform which realizes the convergence of voice / data networks.

To this end, the integration of this platform into the existing LTE access network has led us to develop scenarios related to multimedia services provided to validate and market them to customers.

Key words: IMS, voice over LTE ,network 4G, Voice over IP.

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES ..... **I**

LISTE DES TABLEAUX ..... **III**

LISTE DES ACRONYMES ..... **IV**

INTRODUCTION GENERALE **1**

CHAPITRE I: Généralité sur la voix sur IP

1. Introduction **2**

2. Généralités sur la téléphonie IP **2**

2.1. Définition **2**

2.2. Les types de téléphone IP : **2**

3. Voix sur IP (Voice over IP) **3**

3.1. Les protocoles de la VoIP **4**

3.1.1. Protocoles de transports **4**

3.1.1.1. RTP (Real-time Transfer Protocol) **4**

3.1.1.2. RTCP (Real Time Control Protocol, RFC 1889) **5**

3.1.2. Protocoles de signalisation **5**

3.1.2.1. Signalisation par H323 ..... **5**

3.1.2.2. Signalisation par MGCP (Media Gateway Control Protocol) **7**

3.1.2.3. Signalisation par SS7 (CCITT N°7)et le SIGTRAN **7**

3.1.2.4. Signalisation par SIP (Session Initiation Protocol) **8**

4. Codeurs de Voix **16**

5. Conclusion : **17**

CHAPITRE II : Réseaux LTE (Long Terme Evolution) à travers la plateforme IMS (IP Multimedia Subsystem)

1. Réseau LTE **18**

1.1. Définition **18**

1.2. But de la 4G (LTE) **18**

1.3. Architecture de réseau LTE **18**

1.3.1. Le réseau d'accès E-UTRAN (Evolved UMTS Terristrial Radio Access Network) **20**

1.3.2. Architecture de réseau cœur LTE (EPC) **21**

1.4. Les interfaces LTE **22**

1.5. Identification d'un abonné LTE **22**
1.5.1. L'identité internationale de l'abonné mobile (IMSI) **22**
1.5.2. L'identité internationale d'équipement mobile (IMEI) **23**
1.5.3. MSISDN : Mobile Station International Subscriber Directory Number **24**
2. IMS (IP Multimedia Subsystem) **24**
2.1. Définition **24**
2.2. Développement et historique de l'IMS **25**
2.3. L'architecture fonctionnelle de l'IMS **26**
2.4. Les différentes couches du réseau IMS **27**
2.5. Les entités de l'architecture IMS **28**
2.6. Interfaces du réseau IMS **32**
2.7. Protocoles utilisés dans le réseau IMS **33**
2.7.1. Protocole DIAMETER **33**
2.7.2. Protocole MEGACO (Media Gateway Control Protocol) ou H.248 ..... **33**
2.8. Gestion des identités **34**
2.8.1. Public user Identity **34**
2.8.2. Private user Identity **35**
2.9. La signalisation en IMS **35**
3. Conclusion : **36**

CHAPITRE III : Test et validation des services de la voix sur LTE (VoLTE)

1. Introduction **37**
2. L'architecture globale délivrant la voix sur LTE (VoLTE) **37**
2.1. Les éléments principaux de l'architecture VoLTE **38**
2.1.1. Multimedia Telephony Application Server « MTAS » **38**
3. Procédure de l'enregistrement dans l'IMS **41**
3.1. Interprétation **41**
4. Établissement d'une communication téléphonique **44**
4.1. Communication entre deux usagers 4G : **44**
4.1.1. Interprétation **46**
4.2. Communication entre un abonné 4G et un abonné CS (PSTN/PLMN) **56**
4.1.2. Interpritation **59**
5. Test et validation des services VoLTE **59**

5.1. État de l'art d'Algérie Télécom Broadband **59**
5.2. Les outils utilisés pendant la procédure des tests **60**
5.3. Plan de test **61**
Test 01/ Inscription et Désinscription..... **61**
Test 02/ Appels de base..... **62**
Test 03: Codecs sélection/négociation..... **66**
Test 04: DTMF **66**
Test 05: Services de base (BASIC SERVICES) **67**
CONCLUSION GENERALE..... **73**
Bibliographie..... **74**

Liste des figures

Figure I.1: *Déférents configurations matériels pour la ToIP*……..…...3

Figure I.2 : *Topologie d'un réseau VoIP*……..4

Figure I.3: *Architecture des protocoles selon H.323*……...*6*

Figure I.4: *Exemple d'une communication entre deux terminaux H.323 dans IP*…….....6

Figure I.5: *Architecture des protocoles selon MGCP* ……..…..7

Figure I.6: *Architecture de SIP*……..8

Figure I.7: *UAC et UAS*……9

Figure I.8*: Exemple d'une simple communication entre de terminaux chacun son serveur* ……...10

Figure I.9: *Format générique d'un message SIP*……..…...11

Figure I.10 : *Un exemple d'un entête d'un message SIP*…….…..12

Figure I.11 : *Exemple d'un champ Via*……..13

Figure I.12 : *Un exemple d'un corps de message SIP*……14

Figure I.13: *Format d'une requête SIP*……14

Figure I.14: *Exemple méthodes fondamentales INVITE, ACK et BYE*…….....15

Figure I.15: *Format des réponses SIP*……..16

Figure I.16: *Exemple des codes d'état SIP*…….16

Figure II.1 : *Architecture simplifiée du réseau LTE*……..20

Figure II.2:*Architecture E-UTRAN*……..…..21

Figure II.3 : *Architecture d'EPS*…….....21

Figure II.4 : *Composition de l'identifiant IMSI*……..…..24

Figure II.5 : *Les composants du MSISDN*……..25

Figure II.6: *Illustration de la convergence des services*……..…26

Figure II.7: *Schéma synoptique présentant l'intérêt* de l'IMS…….....28

Figure II.8: *Illustration des quatre couches* du réseau IMS……...…28

Figure II.09: *Les nœuds fonctionnels de l'IMS*……...……30

Figure II.10 : *Les interfaces internes du réseau IMS* ……..33

Figure II.**11**: *La relation entre public user identity et private user identity en IMS*.....36

Figure III.1: *Schéma synoptique de l'architecture VoLTE*……..39

Figure III.2 : *Call flow d'enregistrement dans l'IMS* ……..42

Figure III.3: *Illustration d'une communication téléphonique entre deux abonnés* 45

Figure III.4 : *Call flow de l'acheminement d'un appel VoLTE*……...46

Figure III.5: *Illustration du contenu de la requete* ***INVITE***……..48

Figure III.6: *Le contenu de la reponse 183 (Session progress*)…….....51

Figure III.7: *Le contenu de la requete* ***PRACK***……..52

Figure III.8: *La reponse 200 ok de la requete* ***PRACK***……..53

Figure III.9: *Call flow de La requête UPDATE*……..54

Figure III.10: *Call flow Alerte de l'appelé (180 Ringing*……...55

Figure III.11: *La réponse 200 ok de la requete* ***INVITE***……56

Figure III.12: *Le contenu de l'acquittement (ACK) sur la réponse 200 ok*……..57

Figure III.13 : *La requete de lébiration de la communication* ***(BYE)***……...57

Figure III.14: *Schéma synoptique d'une communication téléphonique*……..58

Figure III.15: *Call flow d'un appel VoLTE vers PSTN*……..59

Liste des tableaux

Tableau I.1 : *Les principaux codes d'état et leur raison respective*……..17

Tableau I.2 : *Caractéristiques des Codeurs de la voix utilisés dans VoIP* 18

Tableau II.1: *Historique de l'IMS (standard 3GPP)* ...……...27

LISTE DES ACHRONIMES

3GPP	3G Partnership Project
4G	4eme Génératio
AAA	Authentication, Authorization, Accounting
AS	Application Server
BGCF	Breakout Gateway Control Function
BGF	Border Gateway Fonction
CSCF	Call Session Control Function
CONF	CONFerenceCalling
CFU	Communication forwardingunconditional
CFU	Communication Forwarding on busy user
CFNR	Communication forwarding on no-Reply
CW	Communication Waiting
CC	Country Code
CS	Circuit Switched.
EPC	Evolved Packet Core
EPS	Evolved Packet Swiched
E-UTRAN	Evolved UMTS Terristrial Radio Access Network
FAC	Final Assembly Code
HSS	Home Suscriber Service
IP	Internet Protocol
IETF	Internet Engineering Task Force
IMSI	International mobile Subscriber Identity
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMS	IP Multimedia Subsystem
I-CSCF	Interrogating Call Session Control Function
ISC	IMS Service Control
LTE	Long Term Evolution
MRS	Media Ressorce System
MRF	Multimédia Ressources Fonction
RMTP	Réseaux mobiles terrestres publics
MEGACO	Media Gateway Control Protocol
MAR	Multimedia authentication request

MAA	Multimedia Authentication Answer
MTAS	Multimedia Telephony Application Server
MMTEL	Multimédia Téléphonie
MSISDN	Mobile Station International Subscriber Directory Number
MSIN	Mobile Subscriber Identification number
MCC	Mobile Country Code
MNC	Mobile Network Code
MME	Mobility Management Entity
ME	Mobile Equipment
MS	Mobile Station
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MGCP	Media Gateway Control Protocol.
NDC	National Destination Code
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Acces
OIP	Originating Identification Presentation
OIR	Originating Identification Restriction
P-GW	Packet-Switch GetWay
PCRF	Policy and Charging Rules Functio)
PLMN	Public Land Mobile Network
PSTN	Public Switched Telephone Network
PDAs	personal digital assistant
PRACK	Provisional Reliable ACK
P-CSCF	Proxy Call Session Control Function
PS	packet Switched
RTP	Real-time Transfer Protocol
RTCP	Real-time Transport Control Protocol
RAS	Registration Admission and Status
RAN	Radio Access Network
SBC	Session Border Controller
S-GW	Serving-Getway
SCTP	Stream Control Transmission Protoco
SNR	Serial Number
SN	Subscriber Number

SAR	Server Assignment Request
SAA	Server Assignment Answer
S-CSCF	Serving-Call Session Control Function
SIP	Session Initiation Protocol
TCP	Transport Control Protocol
TLS	Transport Layer Security
TAC	Type Aproval Code
TE	Terminal Equipment
UE	User Equipment
UIT	Union Internationale des Télécommunications
UA	User Agent
UAC	User Agent Client
UAS	User Agent Server
URI	Universal Ressource Identifier
UDP	User Datagram Protocol
UICC	Universal Integrated Circuit Card
UAR	User Authorization Request
UAA	User Authorization Answer
UDR	User-data request
VoIP	Voice over IP
WebRTC	Web Real-Time Communication
xDSL	Digital Subscriber Line

INTRODUCTION GENERALE

Depuis quelques années les opérateurs de télécommunication ont progressivement pris conscience de la nécessité de faire évoluer leurs infrastructures de communication. Le service téléphonique a été utilisé auparavant avec un nombre limité de fonction pour permettre aux utilisateurs de communiquer soit à un niveau local ou sur de longues distances de dimension nationale et internationale, mais avec les progrès technologiques, d'autres services de télécommunications ont été développés et de nouvelles fonctions ont été associées au service téléphonique de base.

Avec les nouvelles technologies, le réseau de données en paquet est le réseau de toutes les nouvelles architectures futures, les nouveaux opérateurs pourront envisager d'investir dans une solution d'emblée NGN (Next Generation Network), tandis que pour un opérateur déjà établi l'important et de définir les conditions de migration vers le NGN, tout en protégeant les investissements en cours de rentabilisation et donc trouver un moyen d'être compétitif.

Etant donné que le déploiement d'un réseau de données de type 4G/LTE ne permet pas d'offrir les services de téléphonies, différentes approches ont été envisagées par les opérateurs télécom pour cela une solution est basée sur l'architecture des plateformes IMS [1].

Afin de montrer l'efficacité de cette technologie de pointe, nous avons effectué, dans le cadre de notre projet de fin d'études, une étude complète de la plateforme IMS (*IP Multimedia Subsystem*) d'Ericsson, fournie à Algérie Telecom, ainsi que les tests de validation des services multimédias qui seront fournis par l'opérateur.

Comme nous allons le voir, l'IMS offre la convergence des réseaux téléphoniques vers le tout IP, une qualité de service bien améliorée (Haute Définition pour la voix), ainsi qu'une meilleure gestion du réseau.

Notre mémoire est organisé comme suit : dans le premier chapitre nous décrivons une généralité sur la voix sur IP(VoIP). Dans le second chapitre, on définie brièvement le réseau 4G/LTE et la plateforme IMS est présentée et détaillée. Dans le troisième chapitre, nous avons exposé l'intégration du service voix sur le réseau LTE (VoLTE) ainsi que les services multimédias offerts par Algérie Télécom. Enfin, nous avons élaboré des scénarios ainsi que des tests des services téléphoniques.

CHAPITRE I

GENERALITE SUR LA VOIX SUR IP (VoIP)

1. Introduction

Les communications via le réseau Internet représentent à l'évidence un phénomène en forte croissance, exponentielle depuis plusieurs années, dans le domaine des nouveaux moyens de communication. Plus récemment dans les années 1995, il est apparu que la transmission de la voix sur Internet pouvait se développer à grande échelle. Avec l'augmentation continue de la vitesse des microprocesseurs, le développement des circuits intégrés et des techniques de traitement du signal, il est devenu réaliste de faire transiter de la voix, au même temps que des données informatiques, sur le réseau Internet. La volonté de transporter de la voix a été en première étape ayant l'objectif d'avoir un réseau unique permettant de fournir plusieurs services (voix et données) avec des contraintes temps réel du multimédia acceptables [2].

2. Généralités sur la téléphonie IP

2.1. Définition

Grace au développement de la téléphonie de commutation de circuit vers la commutation de paquet, Vous avez l'avantage d'accéder à des services téléphoniques évoluées, flexibles et beaucoup plus abordables que le service téléphonique traditionnel. La téléphonie sur IP (ToIP) est un mode de téléphonie utilisant le protocole de télécommunications IP (Internet Protocol), c'est-à-dire votre téléphone est branché directement à votre accès Internet haute vitesse. L'objectif de la migration vers une solution toute IP est l'interopérabilité (adaptation entre différents fournisseur d'équipements), l'augmentation des débits Internet, les économies réalisées sur la facture télécom (grâce a une connexion non orienté), la sécurité de communication, minimisation de l'infrastructure (ressources matérielles).

2.2. Les types de téléphone IP :

La VoIP peut être établir par plusieurs méthodes et déférents types de téléphone IP, on peut spécifier pour une communication dans VoIP trois modes :

- Téléphonie entre ordinateurs (PC-PC).
- Téléphonie entre téléphones (Phone-Phone).
- Téléphonie entre un ordinateur et un poste téléphonique (PC-Phone) [3].

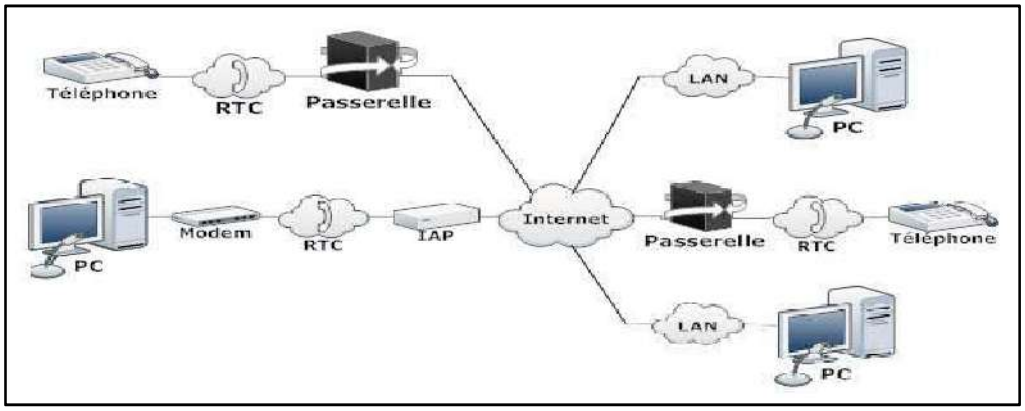


Figure I.1: *Défférents configurations matériels pour la ToIP [4]*

a. *Téléphonie (PC-PC) :* Il consiste à équiper chaque PC : un microphone, un haut-parleur, une carte son (full duplex) et d'un logiciel de téléphonie (IP-phone) qui tient lieu de l'appareil téléphonique (fig.1). Cette configuration est fréquemment utilisée avec une Webcam connectée à l'ordinateur pour la visioconférence [3].
b. *Téléphonie (Phone-Phone) :* Les correspondants utilisent des téléphones analogiques. Pour faire dialoguer deux postes téléphoniques ordinaires via un réseau IP, des passerelles sont mises en place permettant ainsi d'accéder directement au réseau IP (fig.1) [3].
c. *Téléphonie (PC-Phone) :*L'un des correspondants est sur un PC et l'autre utilise un téléphone classique. Dans cette configuration, il faut passer via son fournisseur d'accès à Internet (réseau RTC) qui doit mettre en œuvre une "passerelle" (Gateway) avec le réseau téléphonique. Les passerelles sont responsables de la conversion des formats audio à base de paquets en protocoles (format) compréhensibles par les systèmes RTC ou RNIS. Ceci permet à l'ensemble des éléments qui composent l'architecture convergente d'échanger des informations [3] [4].

3. Voix sur IP (Voice over IP)

La communication multimédia (voix, donnés, vidéo) ou encore appelée Triple-Play est possible sur divers types de réseaux. Afin d'assurer la compatibilité entre applications, l'UIT (Union Internationale des Télécommunications) et l'IETF (Internet Engineering Task Force) ont élaboré des familles de standards regroupés sous les appellations génériques H.32x, SIP (Session Initiation Protocol) et MGCP (Media Gateway Control Protocol).

La figure I.2 illustre une topologie d'un réseau VoIP (Voice over IP) pour interconnecter plusieurs types des réseaux (RNIS, réseau téléphonique, réseau local) grâce aux ces standards et protocoles développés.

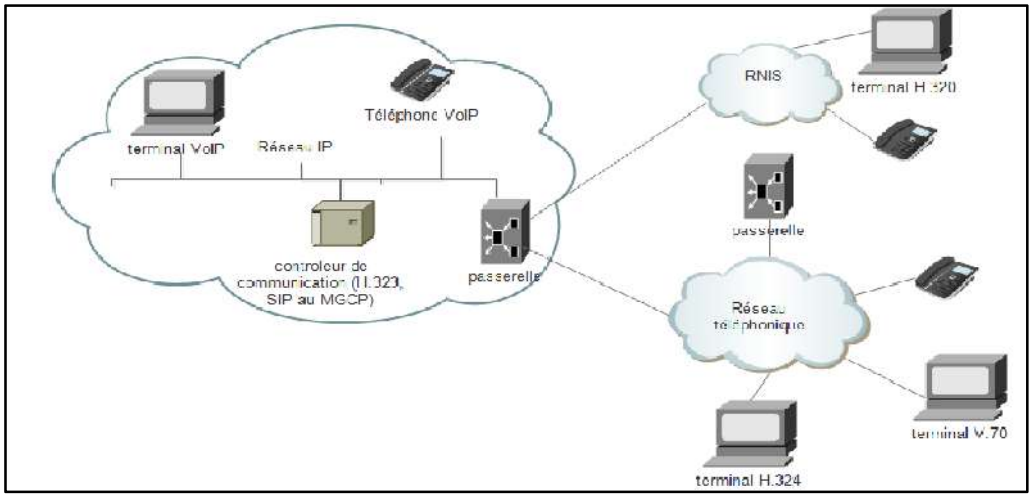


Figure I.2 : *Topologie d'un réseau VoIP*

3.1. Les protocoles de la VoIP

La VoIP est basée sur deux types des protocoles : *protocoles de transport* et *protocoles de signalisation* pour réaliser une connexion de bout-en-bout.

3.1.1. Protocoles de transports

3.1.1.1. RTP (Real-time Transfer Protocol)

RTP est un protocole qui a été développé par l'IETF 1993(RFC1889) afin de faciliter le transport temps réel de bout-en-bout (end-to-end) des flux de données audio et vidéo sur les réseaux IP [1].C'est un protocole de la couche d'application du modèle OSI (Open Systems Interconnection*)* à qui utilise les protocoles de transport TCP ou UDP, mais, généralement, il utilise UDP qui est mieux approprié à ce genre de transmission temps réel [4]. Il permet ainsi de :

- Reconstituer la base de temps des flux(possibilité de resynchronisation des flux par le récepteur).
- Mettre en place un séquencement des paquets par une numérotation (packet sequence number) et de permettre ainsi la détection des paquets perdus.
- Identifier le contenu des données pour leurs associer un transport sécurisé.
- L'identification de la source c'est-à-dire l'émetteur du paquet.

−Transporter les applications audio et vidéo dans des trames(avec des dimensions qui sont dépendantes des codecs qui effectuent la numérisation) [5].

3.1.1.2. RTCP (Real Time Control Protocol, RFC 1889)

Le protocole RTCP utilise le même mécanisme de transmission que les paquets de données RTP. Il est basé sur la transmission périodique de paquets de contrôle à tous les participants d'une session c'est à dire, permettre de contrôler le flux RTP, et de véhiculer périodiquement des informations de bout en bout pour renseigner sur la qualité de service (le délai, la gigue, les paquets reçus et perdus) de la session de chaque participant [4].

3.1.2. Protocoles de signalisation

Les services multimédia sur IP sont gérés par des protocoles de signalisation assurant l'établissement, le contrôle et la rupture (terminaison et libration) d'une connexion temps réel. Cette signalisation doit définir des procédures communes entre les différents fournisseurs de produits.

3.1.2.1. Signalisation par H323

Le protocole H.323 parmi les plus réputés des protocoles de signalisation pour la téléphonie sur IP. H.323 n'est en réalité que la référence du protocole. Son nom complet est *Packet-based Multimédia Communications Systems* [6],ou «Systèmes de communication multimédia fonctionnant en mode paquet ». Ce protocole est spécifié pour le traitement de la signalisation des données multimédias avec de fortes contraintes temporelles, comme la voix ou la vidéo donc, H.323 fournit un moyen de négociation (signalisation) pour les communications audio, vidéo et de données sur les réseaux IP [7]. La figure I.3 suivante illustre les différentes composantes du protocole H.323 pour chaque couche selon le modèle OSI.

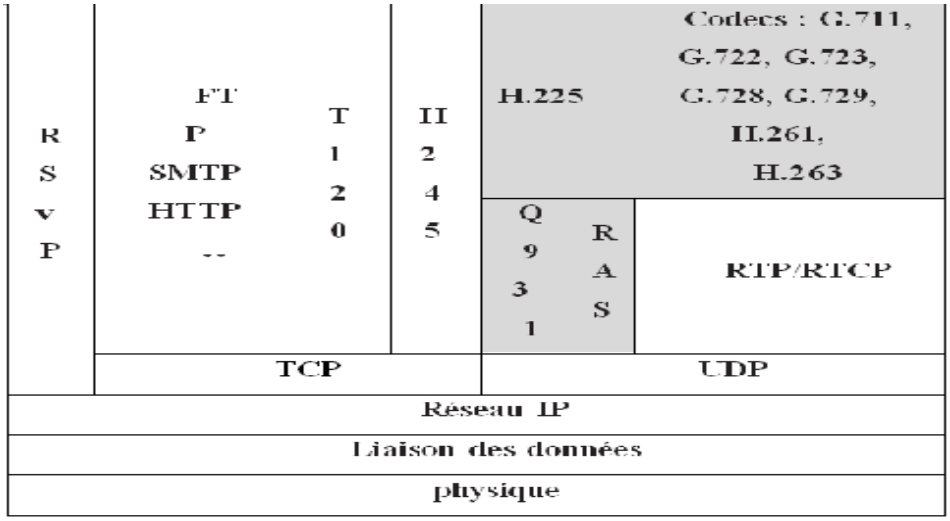


Figure I.3:*Architecture des protocoles selon H.323*

La figure I.4 suivante illustre la procédure d'établissement d'une communication multimédia point à point dans un environnement IP [7].

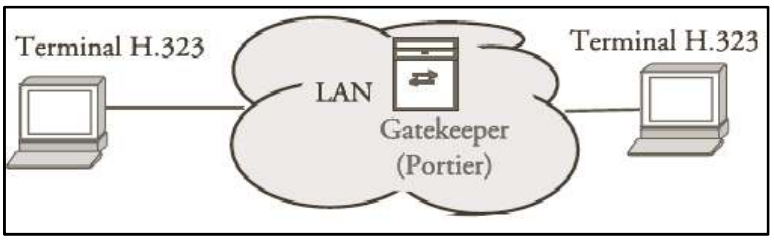


Figure I.4: *Exemple d'une communication entre deux terminaux H.323 dans IP*

Dans un environnement H.323, l'établissement de la communication est effectué au moyen du protocole Q.931, le même que dans le RNIS. Le protocole RAS (Registration,

Admission and Status) sert à l'enregistrement des équipements terminaux et au contrôle d'admission à la communication. H.245 permet de commander les applications de bout en bout. Les applications de données se servent de T.120, alors que l'audio et la vidéo disposent de plusieurs types de codecs [7].

La libération de connexion H.323 débute par une phase de déconnexion entre points d'extrémités. Ensuite, chaque terminal informe le portier de la fin de la communication. Les ressources du réseau sont, dès lors, à nouveau disponibles pour l'ensemble des usagers [7].

- ***Gatekeeper :*** Il est requis pour toutes les opérations de contrôle et de gestion des communications. Il offre de la valeur ajoutée aux communications en proposant plusieurs fonctions, dont la première consiste à assurer la localisation des abonnés. Progressivement, le Gatekeeper est devenu donc un élément central dans lequel se concentrent toutes les

fonctionnalités additionnelles, offrant une gamme des services complémentaires. Les communications basé sur le protocole de signalisation H.323 est fortement centralisée autour de lui [6].

3.1.2.2. Signalisation par MGCP (Media Gateway Control Protocol)

Le protocole MGCP (Media Gateway Control Protocol), ou protocole de contrôle des passerelles multimédias. Il fonctionne au niveau applicatif et permet d'offrir une couverture plus large en unifiant toutes les signalisations, qu'elles soient de type IP ou RTC ou entre autres. C'est le maître d'œuvre de l'interopérabilité entre tous les protocoles de signalisation et tous les réseaux, de quelque nature qu'ils soient. Donc, il sert à l'échange de message de signalisation entre un contrôleur de passerelles de médias et des passerelles réparties dans un réseau IP. Pour l'établissement et la libération des connexions, MGCP se sert de signaux et d'événements [6]. La figure I.5 résume les protocoles utilisés pour chaque couche selon le model OSI.

<table>
<tr><td rowspan="3"></td><td rowspan="2">TELNT
FTP
SMTP
HTTP</td><td rowspan="2">MGCP</td><td>Audio: G.711, G.722, G.723.1, G728, G729, MPEG...
Video: H.261, H.263, MPEG…</td></tr>
<tr><td>RTP/RTCP</td></tr>
<tr><td colspan="2">TCP</td><td>UDP</td></tr>
<tr><td colspan="4">Réseau IP</td></tr>
<tr><td colspan="4">Liaison des données</td></tr>
<tr><td colspan="4">Physique</td></tr>
</table>

Figure I.5: *Architecture des protocoles selon MGCP* [7]

3.1.2.3. Signalisation par SS7 (CCITT N°7)et le SIGTRAN

Le système de signalisation n° 7 (en anglais : Signaling System number 7) est un ensemble de protocoles de signalisation téléphonique qui sont utilisés dans la grande majorité des réseaux téléphoniques mondiaux. La signalisation consiste en l'échange des informations nécessaires pour fournir et maintenir les services entre les composants du réseau traitant un appel téléphonique. Il gère l'établissement d'appels, l'échange d'informations utilisateur, le routage d'appels, la facturation et supporte les services du réseau intelligent.

Le SIGTRAN est le nom du groupe de travail, au sein de l'IETF, standardisé en 2001, c'est la première étape de fusion des réseaux SS7 avec les réseaux IP qui a défini une infrastructure de signalisation au-dessus du protocole IP. Donc, son but principal est le transport des messages type SS7 sur le réseau IP (SS7 over IP).

3.1.2.4. Signalisation par SIP (Session Initiation Protocol)

La téléphonie sur IP se situe à la jonction de deux mondes : celui des télécoms et celui d'Internet, le premier a inventé le service, le second cherche à se l'approprier. Ces deux mondes soient à l'origine de la conception du protocole de signalisation qui en permet la gestion.Cependant, au lieu de travailler en commun, chaque acteur de la normalisation a tenté de faire valoir sa vision de la téléphonie au sein de son propre protocole. Côté télécoms, le protocole H.323 de l'UIT propose une architecture qui rappelle les origines de la téléphonie traditionnelle. Côté Internet, le protocole SIP de l'IETF propose des mécanismes très proches de ceux des protocoles en vigueur sur Internet [6].

a. Architecture de SIP

Contrairement à H.323, largement fondé sur une architecture physique, le protocole SIP s'appuie sur une architecture purement logicielle. Elle s'articule principalement autour des cinq entités suivantes : terminal utilisateur, serveur d'enregistrement, serveur de localisation, serveur de redirection, serveur proxy.

La figure I.6 illustre de façon générique les communications entre ces éléments. Nous nous intéressons en fait ici aux seuls échanges entre le terminal et les services [6].

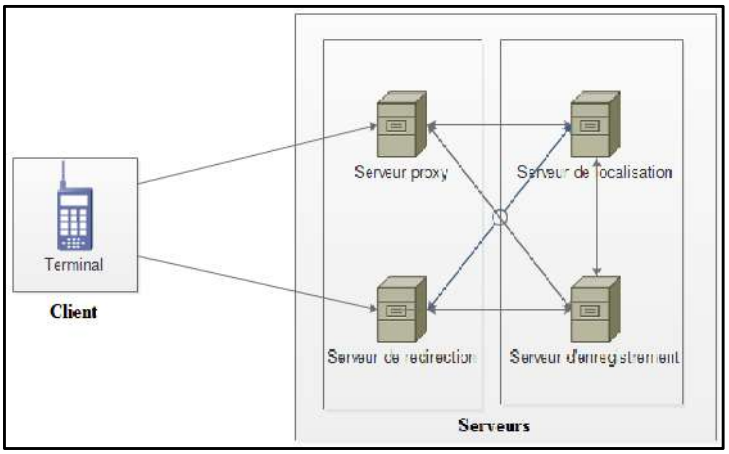


Figure I.6: *Architecture de SIP [6]*

Terminal : Le terminal (appelé UA : User Agent) est l'élément dont dispose l'utilisateur pour appeler et être appelé. Il peut se présenter sous la forme d'un composant matériel (un

téléphone) ou d'un composant logiciel (un programme lancé à partir d'un ordinateur). Il est constitué de deux sous-entités :

Une partie cliente, appelée UAC (User Agent Client), chargée d'émettre les requêtes.

Une partie serveur, appelée UAS (User Agent Server), qui répond à un appel.

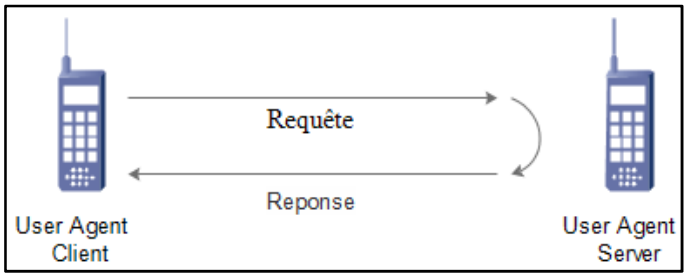


Figure I.7: *UAC et UAS [6]*

Serveur d'enregistrement : Le serveur d'enregistrement (Registrar Server) offre un moyen de localiser un correspondant avec souplesse, tout en gérant la mobilité de l'utilisateur. Il peut en outre supporter l'authentification des abonnés. Une fois le terminal est activé dans un réseau, la première action initiée par celui-ci consiste à transmettre une requête d'enregistrement auprès du serveur d'enregistrement afin de lui indiquer sa présence et sa position de localisation courante dans le réseau. C'est la requête REGISTER, donc le serveur sauvegarde cette position en l'enregistrant auprès du serveur de localisation.

L'enregistrement d'un utilisateur est constitué par l'association de son identifiant et de son adresse IP. Un utilisateur peut s'enregistrer sur plusieurs serveurs d'enregistrement en même temps. Dans ce cas, il est joignable simultanément sur l'ensemble des positions qu'il a renseignées.

Serveur de localisation : Le serveur de localisation (Location Server) joue un rôle complémentaire par rapport au serveur d'enregistrement en permettant la localisation de l'abonné. Ce serveur contient la base de données de l'ensemble des abonnés qu'il gère. Chaque fois qu'un utilisateur s'enregistre auprès du serveur d'enregistrement, ce dernier en informe le serveur de localisation.

Serveur de redirection : Le serveur de redirection (Redirect Server) agit comme un intermédiaire entre le terminal client et le serveur de localisation. Il est sollicité par le terminal client pour contacter le serveur de localisation afin de déterminer la position courante d'un utilisateur. L'appelant envoie une requête de localisation d'un correspondant au serveur de redirection. Celui-ci joint le serveur de localisation afin d'effectuer la requête de localisation

du correspondant à joindre. Le serveur de localisation répond au serveur de redirection, lequel informe l'appelant en lui fournissant la localisation trouvée. Ainsi, l'utilisateur n'a pas besoin de connaître l'adresse du serveur de localisation.

Serveur proxy : Le serveur proxy (parfois appelé serveur mandataire) permet d'initier une communication à la place de l'appelant. Il joue le rôle d'intermédiaire entre les terminaux des interlocuteurs et agit pour le compte de ces derniers.

Le serveur proxy remplit les différentes fonctions suivantes :

- localiser un correspondant ;
- réaliser éventuellement certains traitements sur les requêtes ;
- initier, maintenir et terminer une session vers un correspondant.

Chaque terminal peut et devrait en principe disposer d'un tel serveur sur lequel se reposer pour interpréter, adapter et relayer les requêtes.

Figure I.8 illustre un simple exemple d'une simple communication entre de terminaux chacun son serveur proxy.

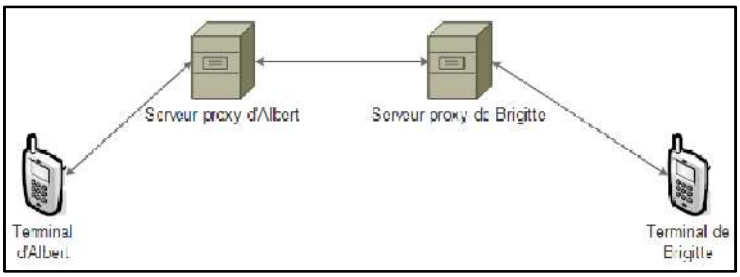


Figure I.8*: Exemple d'une simple communication entre de terminaux chacun son serveur proxy.*

b. L'adressage SIP :

L'objectif de l'adressage est de localiser les utilisateurs dans un réseau. C'est une des étapes indispensables pour permettre à un utilisateur d'en joindre un autre.Pour localiser les utilisateurs, il faut pouvoir les identifier. SIP propose des moyens très performants pour nommer les utilisateurs, grâce au concept d'URI, classique sur Internet.

- ***Format des adresses SIP***

Tout utilisateur SIP dispose d'un identifiant unique. Cet identifiant constitue l'adresse de l'utilisateur permettant de le localiser.Le format d'une adresse SIP (ou URL SIP) respecte la RFC 3986 (nommée UniformResource Identifier: GenericSyntax) et se présente sous la forme :

Sip:identifiant[:mot_de_passe]@serveur[paramètres]

–La partie *identifiant* définit le nom ou le numéro de l'utilisateur.

–La partie *mot_ de_passe*est facultative. Le mot de passe peut être utile pour s'authentifier auprès du serveur, notamment à des fins de facturation.

–La partie *serveur* spécifie le serveur chargé du compte SIP dont l'identifiant précède l'arobase.

- La partie *paramètres* est facultative. Les paramètres permettent soit de modifier le comportement par défaut, soit de spécifier des informations complémentaires (par exemple, l'objet d'un appel qui sera envoyé à l'appelé en mêmetemps que l'indication d'appel, à la manière d'un e-mail précisant l'objet dumessage).

- ***Exemple d'une adresse SIP***

Adresse SIP :[*sip:+33145555555:mon_pass123@ma_passerelle_rtc*](sip:+33145555555:mon_pass123@ma_passerelle_rtc)

Commentaire : Le premier nombre (*+33145555555*) est le numéro de téléphone du correspondant. On peut supposer que le correspondant est actif dans le réseau RTC. Pour joindre ce réseau, il faut passer par une passerelle (donnée juste après l'arobase), dont le nom est *ma_passerelle_rtc*. L'utilisation d'un mot de passe (*mon_pass123*) permet à l'appelant de s'authentifier auprèsdu serveur *ma_passerelle_rtc*pour avoir le droitd'émettrel'appel (notamment pour la facturation).

c. Les messages SIP :

Une communication SIP est constituée d'une succession de transactions par le biais d'échanges de messages, qui peuvent être soit des requêtes (exemple : ACK), soit des réponses à des requêtes (exemple : OK). Une transaction SIP,qu'il soit une requête ou une réponse à une requête doit respecter le format illustré à la figure I.9.

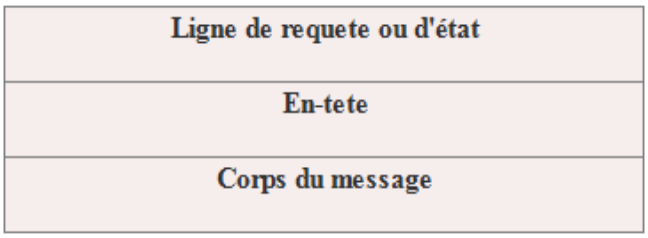


Figure I.9: *Format générique d'un message SIP.*

- **Ligne de requête :** On va la détailler par la suite.
- **En-têtes d'un message :**

Un message de requête comme un message de réponse peut contenir des en-têtes.

Les en-têtes les plus couramment utilisés dans les messages SIP sont les suivants :

−En-têtes généraux, qui peuvent être utilisés indifféremment pour des messages de requête ou des messages de réponse.

−En-têtes de requête, exclusivement employés pour les messages de requête.

−En-têtes de réponse, exclusivement employés pour les messages de réponse.

−En-têtes d'entité, qui donnent des informations descriptives sur le corps du message.

La figure I.10 définit un exemple d'un entête d'un message SIP.

```
INVITE sip:5324853@79.14.212.52 SIP/2.0
Record-Route:   <sip:212.97.59.76:5061;lr=on;ftag=aslc5cblf6;rpp=np>
Via:  SIP/2.0/UDP  212.97.59.76:5061;branch=z9hG4bKcae7.09b3e0b7.1
Via:  SIP/2.0/UDP  193.227.104.23:5060;branch=z9hG4bK046660df;rport=5060
From:  "+393470763341"  <sip:+393470763341@sip.messagenet.it>;tag=aslc5cblf6
To:  <sip:01042064015@212.97.59.76:5061>
Contact:  <sip:+393470763351@193.227.104.23>
Call-ID:  355fee321eae539b629cb93c32d66088@sip.messagenet.it
CSeq: 102 INVITE
User-Agent: victor
Max-Forwards: 69
Date: Mon, 28 Nov 2011 23:57:50 GMT
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, BYE, REFER, SUBSCRIBE, NOTIFY, INFO
Supported: replaces
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 381
```

Figure I.10 : *Un exemple d'un entête d'un message SIP.*

- ***Le champ d'en-tête Via :*** c'est un exemple d'entête SIP qui permet d'indiquer le chemin parcouru par un message entre un émetteur et son récepteur et de détecter les boucles lors du routage .Ce chemin désigne l'ensemble des nœuds intermédiaires par lesquels transite le message, chaque nœud qui reçoit le message enrichit ce champ en y ajoutant son adresse réseau. Un champ *Via* contenant le type de protocole de transport utilisé, l'adresse IP du nœud, le port sur lequel tourne l'application SIP. Le protocole de transport qui peut être: UDP, TCP, TLS ou SCTP.

Un exemple de champ *Via* est illustré dans la figure I.11.

```
INVITE sip:5324853@79.14.212.52 SIP/2.0
Record-Route:  <sip:212.97.59.76:5061;lr=on;ftag=as1c5cb1f6;rpp=np>
Via:  SIP/2.0/UDP  212.97.59.76:5061;branch=z9hG4bKcae7.09b3e0b7.1
Via:  SIP/2.0/UDP  193.227.104.23:5060;branch=z9hG4bK046660df;rport=5060
From:  "+393470763341"  <sip:+393470763341@sip.messagenet.it>;tag=as1c5cb1f6
To:  <sip:01042064015@212.97.59.76:5061>
Contact:  <sip:+393470763351@193.227.104.23>
Call-ID:  355fee321eae539b629cb93c32d66088@sip.messagenet.it
CSeq: 102 INVITE
User-Agent: victor
Max-Forwards: 69
Date: Mon, 28 Nov 2011 23:57:50 GMT
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, BYE, REFER, SUBSCRIBE, NOTIFY, INFO
Supported: replaces
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 381
```

Figure I.11 : *Exemple d'un champ Via.*

Grâce à ce champ *Via*, le problème des boucles peuvent facilement être détectées par les serveurs proxy traversés par des paquets. Une autre caractéristique de ce champ est de permettre au récepteur de retracer le chemin inverse lors de sa réponse, de manière que son message suive la même route. En effet, la réponse contient les mêmes champs *Via* que la requête.

- **Corps d'un message**

Le corps d'un message SIP contient le descriptif complet des paramètres de la session concernée :

–Les informations générales sur la session (nom de la session, date de la session, objet de la session, etc.).

–Les informations sur l'émetteur du message (nom, e-mail, numéro de téléphone, etc.).

–Les informations réseau (ressources nécessaires, protocole et port utilisés pour le transport des données multimédias, etc.).

–Une liste des flux multimédias utilisés (audio, vidéo, texte).

–Une liste des codages supportés (G.711, G.729, H.216, MPEG, etc.).

–Les mécanismes de sécurité (Type de cryptage utilisé).

Ces informations sont fournies soit pour être négociées avec le correspondant, soit pour être fixées au terme de la négociation. Elles permettent de s'accorder préalablement à l'échange sur la compatibilité des terminaux.

La figure I.12 représente un exemple d'un corps de message SIP.

```
v=0
o=root 4369 4369 IN IP4 193.227.104.23
s=session
c=IN IP4 193.227.104.23
t=0 0
m=audio 35302 RTP/AVP 18 3 97 8 0 101
a=rtpmap:18 G729/8000
a=fmtp:18 annexb=no
a=rtpmap:3 GSM/8000
a=rtpmap:97 iLBC/8000
a=fmtp:97 mode=30
a=rtpmap:8 PCMA/8000
a=rtpmap:0 PCMU/8000
a=rtpmap:101 telephone-event/8000
a=fmtp:101 0-16
a=silenceSupp:off - - - -
a=ptime:20
a=sendrecv
```

Figure I.12 : *un exemple d'un corps de message SIP*

d. Les requêtes SIP

La requête du message SIP est composée de trois champs illustrés dans la figure suivante :

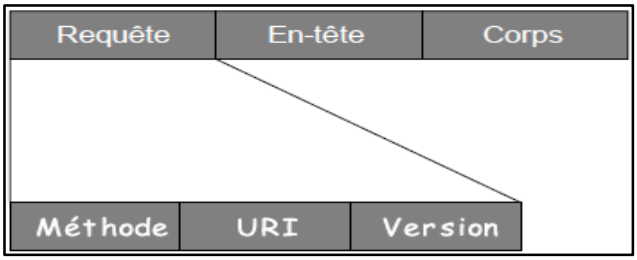


Figure I.13: *Format d'une requête SIP*

–*Méthode* **:** qui indique l'action demandé par l'expéditeur.

–*URI :* qui précise le destinataire de la requête.

–*Version :* qui spécifie le numéro de la version du protocole SIP utilisée.

Notons que l'établissement d'un appel peut ne faire intervenir que trois de ces méthodes fondamentales (INVITE, ACK et BYE) illustrés dans la figure I.14.

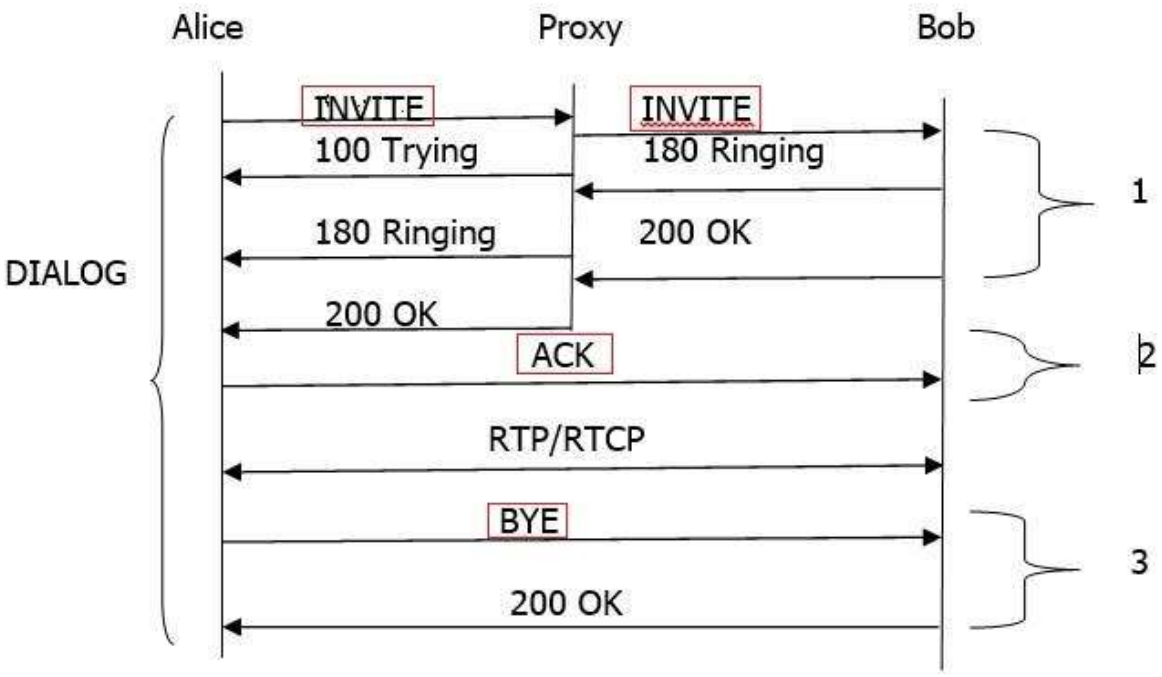


Figure I.14: *Exemple méthodes fondamentales INVITE, ACK et BYE.*

- **INVITE (initialisation d'une session):** La méthode INVITE permet d'initier une communication en invitant un correspondant à y participer. Elle peut aussi être utilisée pour une conférence afin d'inviter plusieurs interlocuteurs à communiquer au sein d'une même session. Le corps du message de cette méthode fournit à l'appelé les paramètres de session souhaités et supportés par l'appelant. Ce dernier spécifiera, par exemple, le codec souhaité et le type de flux requis (voix, vidéo, etc.).
- **ACK (Confirmation des paramètres de session) :** La méthode ACK correspond à un acquittement de l'appelant. Elle peut être utilisée dans les deux cas suivants:

  Elle fait suite à l'acceptation d'un appel par l'appelé.

  Elle fait suite à une réponse de localisation fournie par un serveur de redirection.
- **BYE (Terminer une session) :** La méthode BYE permet de libérer une communication. Cette requête peut être émise indifféremment par l'appelant ou par l'appelé. Elle n'attend pas d'acquittement, puisqu'une terminaison d'appel peut être décidée unilatéralement.

e. Les réponses SIP

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.

Les réponses SIP doivent respecter le format illustré à la figure I.15.

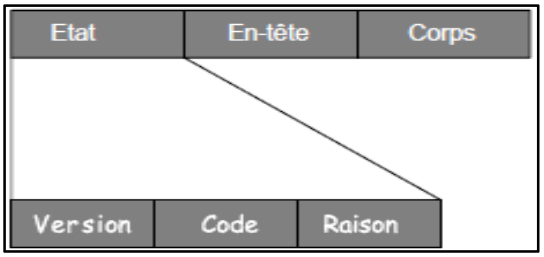


Figure I.15: *Format des réponses SIP*

Les réponses aux requêtes SIP débutent par une ligne d'état (Status Line), laquelle comporte les trois champs suivants :

–*Version :* c'est la version du protocole SIP utilisée.

Code d'état (Status Code) : code numérique à trois chiffres spécifiant la réponse donnée à la requête (codé sur trois bits) illustrés dans la figure I.16.

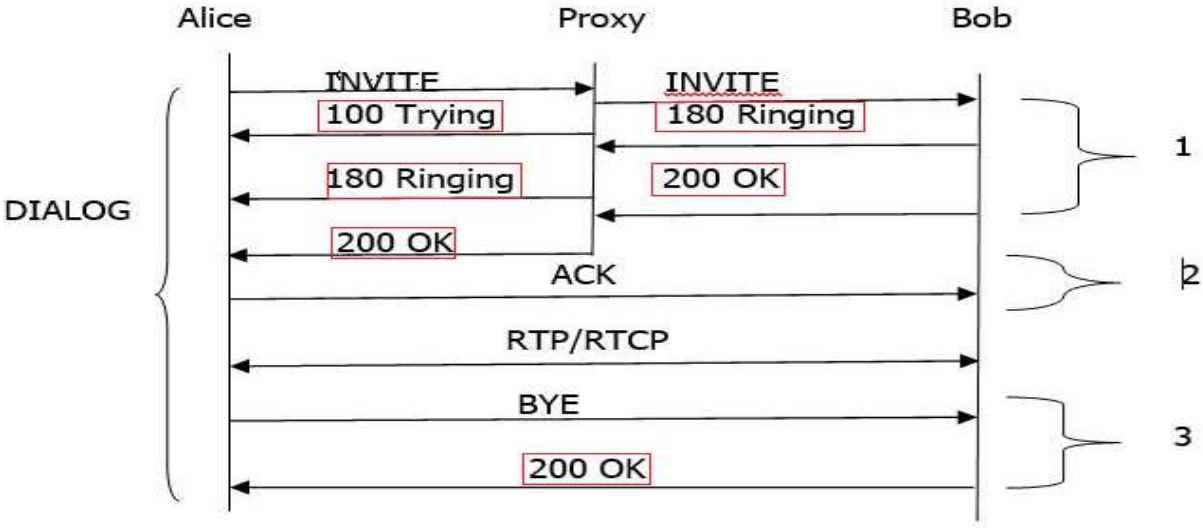


Figure I.16: *Exemple des codes d'état SIP*

–*Raison (Reason Phrase) :* message textuel expliquant brièvement le code d'état de la réponse.

Le tableau I.1 récapitule les principaux codes d'état et leur raison respective, utilisés dans les messages de réponse SIP.

Tableau I.1 : *Les principaux codes d'état et leur raison respective [6].*

Code d'état	Type de message	Raisons
1xx	Information	La requête a été reçue et continue à être traitée.
2xx	Succès	L'action a été reçue avec succès, comprise et acceptée.
3xx	Redirection	Une autre action doit être menée afin de valider la requête.
4xx	Erreurs du client	La requête contient une syntaxe **erronée** ou ne peut pas être traitée par ce serveur.
5xx	Erreurs du serveur	Le serveur n'a pas réussi à traiter une requête. apparemment correcte.
6xx	Erreurs générales	La requête ne peut être traitée par aucun serveur.

4. Codeurs de Voix

A partir du moment où les données sont disponibles sous forme numérique, se pose, pour l'émetteur (Terminal ou pont), le problème de la compression audio avant de les envoyer sur le réseau. Il est de plus toujours intéressant de compresser les données audio ne serait-ce que pour pouvoir augmenter les capacités d'accueil, en termes de participants ou de conférence. Enfin cette bande passante peut être limitée par le fournisseur de service. Le codec influe directement sur trois facteurs primordiaux dans une communication VoIP : le débit (lié au taux de compression de la parole), le délai (dépond de la complexité des algorithmes utilisés) et le niveau de qualité de la parole (liée aux techniques de quantification et de prédiction utilisées.).La plupart des codeurs récents sont découpées en trames de 10 ou 20 ms. Il en ressort des trames compressées qui sont envoyées sur le réseau IP [4][8].

Le tableau I.2 représente les principales caractéristiques de compression de la voix sur les codecs officiels.

Tableau I.2 : *Caractéristiques des Codeurs de la voix utilisés dans VoIP [4].*

Codeurs	Débit binaire (kbps)	Délai de codage (ms)
G.711 PCM	64	0.125
G.726 ADPCM	32	0.125
G.728 LD-CELP	15	0.125
G.729 CS-ACELP	8	10
G.729a CS-ACELP	8	10
G.729a CS-ACELP	6.3	30
G.729a CS-ACELP	5.3	30
iLBC Freeware	15.2 13.3	10 0.125

5. Conclusion

Dans ce chapitre, on a passé en revue les concepts liés à la VoIP, ce qui nous permet de mieux maitriser cette technologie et mieux la comprendre leur configurations possibles afin que le choix des protocoles à utiliser, On a conclu que ces protocoles sont regroupés en deux catégories : les protocoles de transport (RTP, RTCP) et protocoles de signalisation (H323 ,SS7,MEGACO, et le SIP en détaille). On a donc décidé d'utiliser que du matériel utilisant le protocole SIP.

On peut finalement conclure que la technologie VoIP offre beaucoup des services plus importants, donc elle a des avantages (Réduire la facture télécom, Gagner en mobilité, Devenir plus souple, Un réseau voix, vidéo et données (triple Play), Choix d'un service opéré, Flexibilité) et des inconvénients (Qualité de la parole, Technologie émergente et évolution des normes, Dépendance de l'infrastructure technologique et support administratif exigeant).

En général, on peut conclure que la VoIP est une technologie qui offrir beaucoup de services très importants et moins chères.

CHAPITRE II

Réseaux LTE (Long Terme Evolution) a travers la plateforme IMS (IP Multimedia Subsystem)

1. Réseau LTE

1.1. Introduction

La technologie LTE (Long Term Evolution) est la norme de communication mobile la plus récente menée par l'organisme de standardisation 3GPP (3G Partnership Project) dans le contexte du réseau 4G, elle s'appuie sur un réseau de transport a commutation de paquet IP et prévoit un mode d'acheminement pour la voix en commutation de paquet (PS : packet Switched) contrairement à la 3G qui utilise la commutation de circuit (CS : Circuit Switched).

LTE utilise une bande de fréquence hertzienne de largeur entre 1,4 MHz à 20 MHz, permet d'obtenir (pour une bande de 20 MHz) un débit théorique pouvant attendre 300 Mbit/s en *Down-Link* et 75 Mbit/s en *Up-Link.* Cette technologie est basée sur un type de multiplexage OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Acces)* qui apporte une optimisation dans l'utilisation des fréquences et minimisant des interférences, et une technique radio MIMO (Multiple Input Multiple Output) permettant le transfert de données a très haut débit avec une portée plus importante.

1.2. But de la 4G (LTE)

La 4ème génération vise à améliorer l'efficacité spectrale et à augmenter la capacité de gestion du nombre de mobiles dans une même cellule. Elle tente aussi d'offrir des débits élevés en situation de mobilité et à offrir une mobilité totale à l'utilisateur en établissant l'interopérabilité entre différentes technologies existantes. Elle vise à rendre le passage entre les réseaux transparent pour l'utilisateur, à éviter l'interruption des services durant le transfert intercellulaire, et à basculer l'utilisation vers le tout-IP [9].

1.3. Architecture de réseau LTE

L'architecture générale du LTE est définie d'un point de vue physique (figure II.1) et d'un point de vue fonctionnel. Elle se compose des éléments suivants :

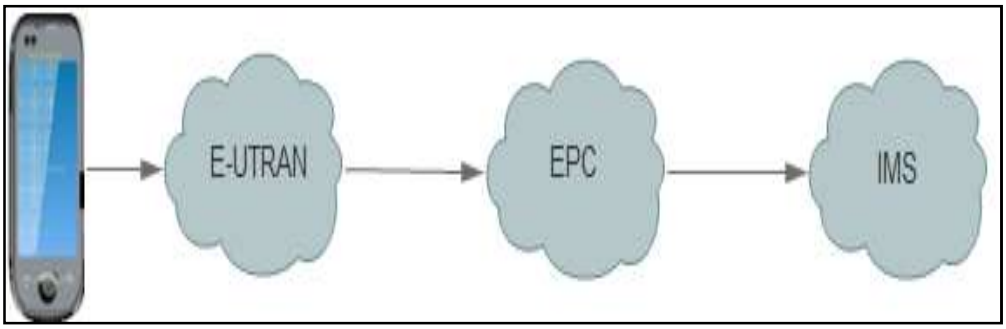


Figure II.1 : *Architecture simplifiée du réseau LTE*

- UE (User Equipment ou équipement d'abonné) : C'est un terminal mobile équivalent au MS (Mobile Station) dans le réseau GSM, il est constitué des éléments suivants :

−ME (Mobile Equipment) : son rôle principal est la gestion de la connexion au réseau mobile et la continuité de service en mobilité, de façon transparente pour le TE.

−TE (Terminal Equipment) :c'est un module avec lequel l'utilisateur accède au réseau mobile.

−UICC (Universal Integrated Circuit Card): ce module représente la carte SIM pour les équipements LTE. [10]

1.3.1. Le réseau d'accès E-UTRAN (Evolved UMTS Terristrial Radio Access Network)

La partie radio du réseau, appelée E-UTRAN. Le seul composant de cette dernière est l'entité nommée eNodeB avec des liaisons en fibres optiques et des liens IP reliant les eNodeB entre eux (liens/interface X2). L'eNodeB est une station de base radio qui relie l'UE avec le cœur de réseau EPC (Evolved Packet Core) (Voir figure II.1), elle a pour les fonctions :

−Le contrôle du canal radio **:** Comprend l'installation, la maintenance, ainsi que la diffusion des canaux radio et de la configuration des ressources pour les supports radio.

−Le contrôle d'admission: Accepte ou rejette les demandes d'accès aux ressources radio.

−Gestion de la mobilité : Implique la gestion des ressources radio pour les utilisateurs en mode veille (Idle mode) et en mode connecté (connected/ dedicated mode).

−L'allocation dynamique des ressources: comprend l'allocation et la libération des ressources radio sur le plan de contrôle et le plan d'utilisateur.

- La compression de paquets et chiffrement**:** La compression des paquets et le chiffrement sont essentiellement basés sur des algorithmes évolués, tel que : AMR, G.729, PCM…etc. [10].

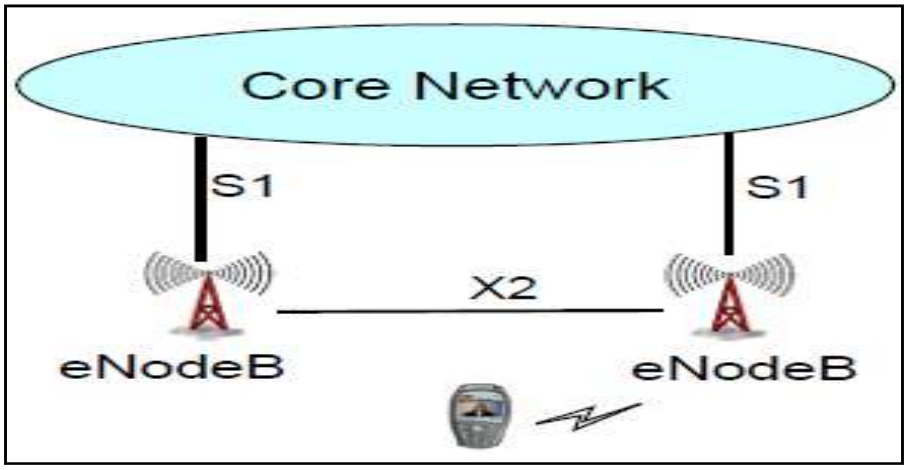


Figure II.2:*Architecture E-UTRAN*

1.3.2. Architecture de réseau cœur LTE (EPC)

L'EPC (Evolved Packet Core) est le cœur de réseau LTE utilise des technologies tous IP, c'est-à-dire, il est basées sur les protocoles Internet pour la signalisation qui permet des temps de latence réduits, le transport de la voix et des données. Ce cœur de réseau permet l'interconnexion via des routeurs avec les autres eNodeB distants, les réseaux des autres opérateurs mobiles, les réseaux de téléphonie fixe et le réseau Internet. Il est constitué de plusieurs éléments comme la montre la figure suivante :

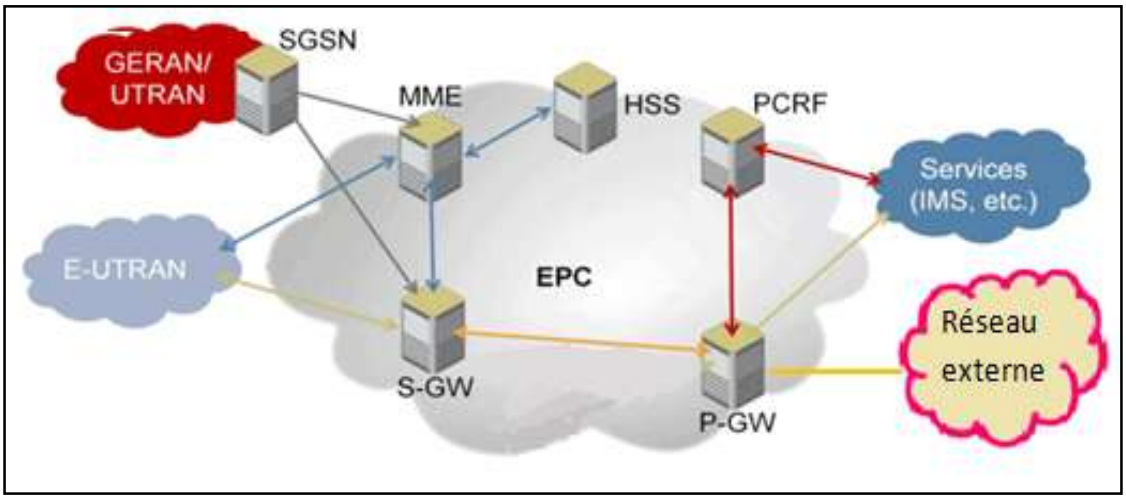


Figure II.3 : *Architecture d'EPS.*

a. MME (Mobility Management Entity)

Le MME comporte les fonctionnalités de base de la signalisation dans la connexion du terminal mobile au réseau cœur. Il fournit les informations nécessaires à l'identification de l'usager au moment de son authentification dans le système, c'est-à-dire il est responsable de la localisation et la poursuite du terminal mobile (UE) entre les appels et la sélection d'une

bonne S-GW (Serving-Getway) à travers une connexion. Le MME assure la protection (codage) et l'établissement des appels téléphoniques, la maintenance, et l'élargissement de la porteuse radio services. [3][9].

b. HSS (Home Suscriber Service)

Le HSS se présente comme une base de données générale de tous les abonnés. Il permet de stocker des informations d'abonnement pouvant servir au contrôle des appels et a la gestion de session des utilisateurs réalisé par le MME. Ses rôles principaux sont les suivants : l'identification, la numérotation et le profil des services auxquels des utilisateurs sont abonnés, en plus des données d'authentification des utilisateurs [3].

c. SGW (Serving Gateway)

La passerelle de service SGW, est un élément au sein de l'EPC. Son objectif principal est de gérer la mobilité des utilisateurs, elle agit également comme une frontière principale entre le Radio Access Network (RAN) et le réseau cœur. La SGW maintient également les chemins de données entre les eNodesB et les passerelles PDN. De cette façon le SGW forme une interface pour le réseau de données par paquets à l'E-UTRAN. Aussi quand les UEs se déplacent dans les régions des servies par des eNodesB différentes, la SGW sert de point d'attachement de mobilité (*handover*) veillant pour que le chemin de données soit maintenu [10].

d. P-GW (Packet-Switch GetWay)

Il fournit la connectivité au terminal mobile (UE) vers le réseau paquet externe et alloue les adresses IP d'un UE, ainsi que les applications de la QoS, il maintient la connexion mobile entre le réseau LTE et les réseaux non 3GPP [9].

e. PCRF (Policy and Charging Rules Function)

Le PCRF est une entité qui exécute principalement deux grandes taches :

- La première est de gérer la qualité de service que requiert le réseau, et alloue en conséquence les porteuses (bearer) appropriées.
- La deuxième tache se rapporte principalement à la tarification. En effet, le PCRF gère les politiques de facturation qui doivent être prises en compte par le P-GW et applicables en fonction des actions de l'utilisateur [11].

1.4. Les interfaces LTE

LTE repose sur un système d'interfaçage pour la liaison entre les nœuds (équipements), en citant quelques interfaces:

−**X2 :** Elle est responsable du transport des paquets de données entre les eNodeBs.

−**LTE.Uu :** Interface du réseau LTE reliant l'eNodeB au terminal mobile.

−**S1-MME :** Reliant l'eNodeB avec S-GW, traite le flux de l'usager.

−**S1-U :** Transporte les données utilisateurs entre l'eNodeB et le server GW.

−**S5/S8 :** C'est l'interface entre le S-GW et P-GW. En principe, S5 et S8 sont les mêmes, mais la différence est que S8 est utilisée lors de l'itinérance entre les différents opérateurs alors que S5 est le réseau interne.

−**S6a :** C'est une liaison entre le MME et la base de données globale HSS.

−**S10 :** Utilisée par la MME pour appuyer les changements MME.

−**S11 :** C'est l'interface entre l'entité MME et S-GW.

−**Gx :** Utilisée par le PCRF pour transmettre l'application de la politique de la PGW, et aussi pour la récupération des données de flux de trafic.

−**Rx :** Utilisée par les fonctions de l'application, tels que l'IMS et le PCRF, pour transmettre les données de stratégie PCRF.

−**SGi :** Elle est le point de référence entre le PDN et le réseau de données par paquets

(IP). Le Réseau de données par paquets peut être un réseau d'opérateur externe public ou privé.

1.5. Identification d'un abonné LTE

1.5.1. L'identité internationale de l'abonné mobile (IMSI)

L'IMSI (International mobile Subscriber Identity), est un numéro accordé par le réseau à chaque abonné afin de faciliter son identification. Ce numéro est stocké dans l'UICC (SIM du UE). L'IMSI est codé sur 15 digits et comprends deux parties : PLMN (Public Land Mobile Network =MNC+MCC) (selon la norme E212 [17]), MSIN (Mobile Subscriber Identification number) (voir la figure II.4) [15] [4].

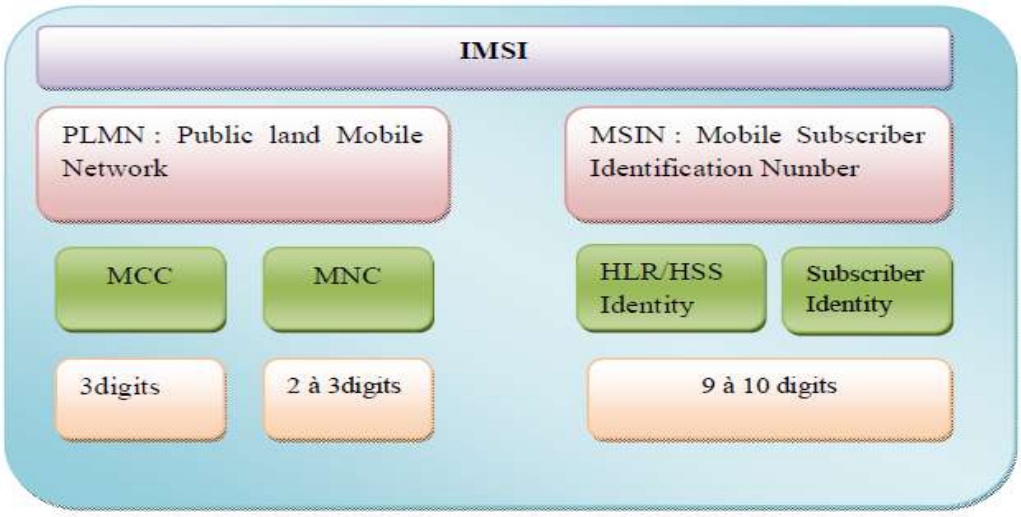


Figure II.4 : *Composition de l'identifiant IMSI.*

–*PLMN :* Public Land Mobile Network ou en français réseau public terrestre, représente un réseau de télécommunications qui permet aux utilisateurs autorisés d'accéder à différents services. Les deux parties MCC et MNC permettent de déterminer de façon unique dans le monde.

–*MCC* (Mobile Country Code) : représente l'indicatif du pays domicile de l'abonné.

–*MNC* (Mobile Network Code) : Indicatif du PLMN national de l'abonné mobile.

–*MSIN* (Mobile Subscriber Identification Number) : représente le numéro d'identification de l'abonné mobile à l'intérieur du réseau LTE.

–*HLR/HSS* Identity : représente l'identifiant ou l'identité de l'abonné enregistré dans la base de données du réseau [13].

1.5.2. L'identité internationale d'équipement mobile (IMEI)

L'IMEI (International Mobile Equipment Identity), est un numéro qui permet d'identifier de manière unique chacun des terminaux de téléphonie mobile [20]. Il est principalement composé de :

–*TAC (Type Aproval Code):* C'est un numéro fournit par la centrale du GSM au constructeur lorsque le matériel a passé l'agrément.

–*FAC (Final Assembly Code):* numéro identifiant l'usine du constructeur.

–*SNR (Serial Number) :* c'est le numéro de série librement attribué par le constructeur.

–*SP (Spare) :* Chiffre supplémentaire de réserve [12].

1.5.3. MSISDN : Mobile Station International Subscriber Directory Number

Le MSISDN en français c'est l'identifiant ISDN de l'abonné mobile représente le numéro d'annuaire de l'abonné que composera une personne désirant joindre l'abonné LTE, c'est le seul identifiant de l'abonné mobile à l'extérieur du système.

Le MSISDN est confirmé au plan de numérotage téléphonique international, il peut être de longueur variable mais ne doit pas dépasser les 15 chiffres (norme E.164 **[**14**]**). La figure II.5 représente les défirent composants de MSISDN [15].

–*CC***,** *Country Code :* Il représente l'indicatif du pays dont lequel l'abonné a souscrit son abonnement (213 pour l'Algérie).

–*NDC, National Destination Code :* Il représente l'indicatif national de l'abonné c'est aussi l'indicateur du réseau utilisé.

–*SN, Subscriber Number :* représente le numéro de l'abonné attribué librement par l'opérateur [14].



Figure II.5 : *Les composants du MSISDN.*

2. IMS (IP Multimedia Subsystem)

2.1. Définition

L'IMS (IP Multimedia Subsystem) a été initialement défini par le 3GPP (3rd Generation Partnership Project), introduit dans la 3GPP release 5 (2003), dans laquelle SIP (Session Initiation Protocol), défini par l'IETF (Internet Engineering Task Force), a été choisi comme protocole principal pour l'IMS [16].

L'IMS est une architecture de réseau convergeant avec des couches de contrôle et de service très évolué ce qui permet d'offrir des services télécoms traditionnels avec des nouveaux services multimédia (Figure II.6).

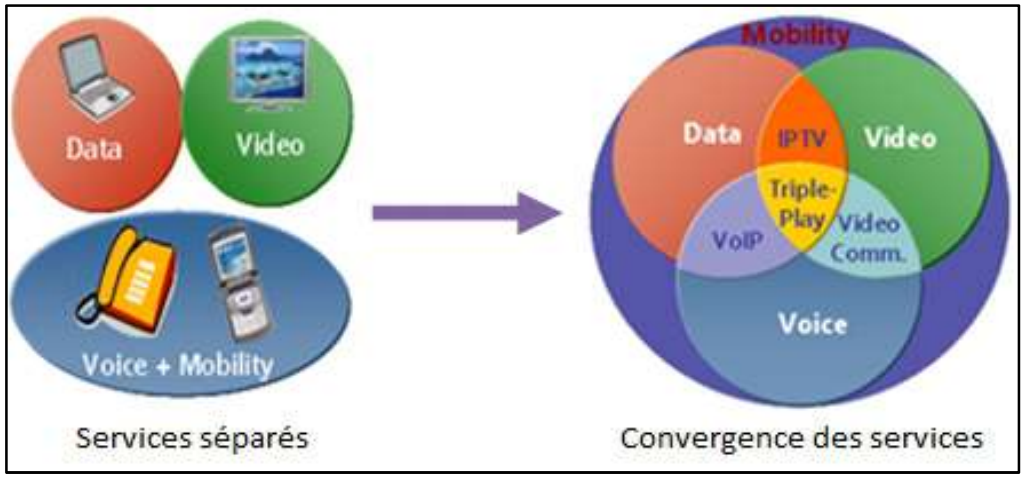


Figure II. 6: *Illustration de la convergence des services*

L'introduction de l'IMS dans les réseaux fixe et mobile représente un changement fondamental dans les réseaux de télécommunication de type voix. Les nouvelles capacités des réseaux et des terminaux, l'association entre l'Internet et la voix, le contenu et la mobilité donnent naissance à des nouveaux modèles de réseaux et surtout offrent un formidable potentiel pour développer de nouveaux services. Dans cet objectif, l'IMS est conçu pour offrir aux utilisateurs la possibilité d'établir des sessions multimédia en utilisant tout accès haut débit et une commutation de paquets IP.

2.2. Développement et historique de l'IMS

IMS a été développé par l'industrie du cellulaire, afin de répondre aux besoins des utilisateurs, fixe ou mobile. Il a été développé à partir d'un besoin de l'industrie des télécommunications, et en particulier l'industrie des télécommunications cellulaire pour être en mesure de permettre un accès universel à des services multimédias à partir de tout type de terminaux. En conséquence l'IMS est défini dans les normes 3GPP et son développement peut être suivi dans les différentes versions :

Tableau II.1: *Historique de l'IMS (standard 3GPP) [17]*

IMS (IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM)		
3GPP release	**année**	**Détails**
Rel-5	2001	- Première introduction de l'IMS
Rel-6	2003	- Services d'urgence IMS - Services combinatoires - La continuité d'appel vocal
Rel-7	2005	- La téléphonie multimédia
Rel-8	2007	- Services centralisés IMS - Services de continuité d'IMS - Multimédia interfonctionnement entre réseaux IMS et CS - IMS multimédia Téléphonie et services complémentaires
Rel-9	2009	- IMS appels d'urgence GPRS et amélioration du système de paquets, EPS - Des services de restauration IMS
Rel-10	2010	- IMS services de continuité - Améliorations de transfert

2.3. L'architecture fonctionnelle de l'IMS

Le réseau IMS est basé sur l'emploi du protocole de signalisation SIP (*Session Initiation Protocol*) qui permet l'enregistrement du UE (*User Equipement*) au service téléphonique et l'établissement d'une session, et du protocole SDP (*Session Description Protocol*), associé au protocole SIP, qui supporte la négociation du média (voix, vidéo, données). La seconde fonction assurée par l'architecture IMS concerne le traitement du flux média pour les fonctions indisponibles dans le réseau 4G comme la conférence et la génération des annonces et les passerelles vers les réseaux téléphoniques fixes PSTN (*Public Switched Telephone Network*) et les réseaux mobiles PLMN (*Public Land Mobile Network*).

La figure II.7 montre l'interconnexion entre le réseau IMS et les différents types de réseaux existent.

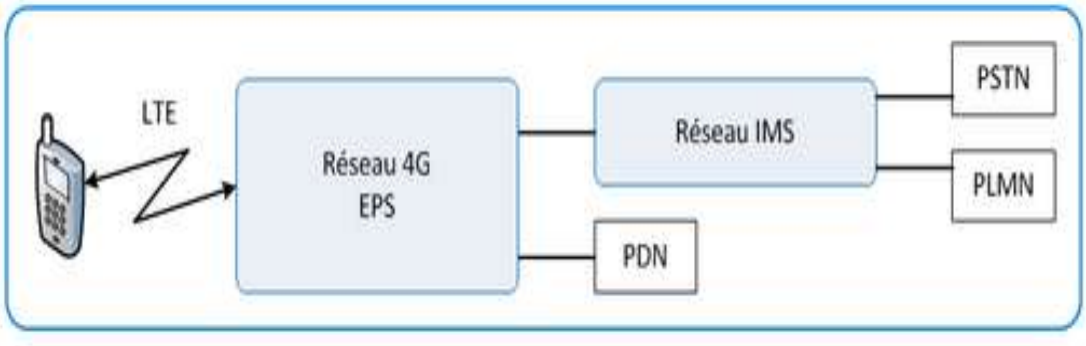


Figure II.7: *Schéma synoptique présentant l'intérêt de l'IMS*

L'utilisation de l'IMS constitue donc une rupture technologique dans les réseaux fixes ou mobiles en étant la première à se baser entièrement sur un réseau tout IP. Cela garantit la plus grande richesse fonctionnelle, la possibilité d'introduire de véritables services de convergences voix/données ainsi que les meilleures possibilités d'évolution.

2.4. Les différentes couches du réseau IMS

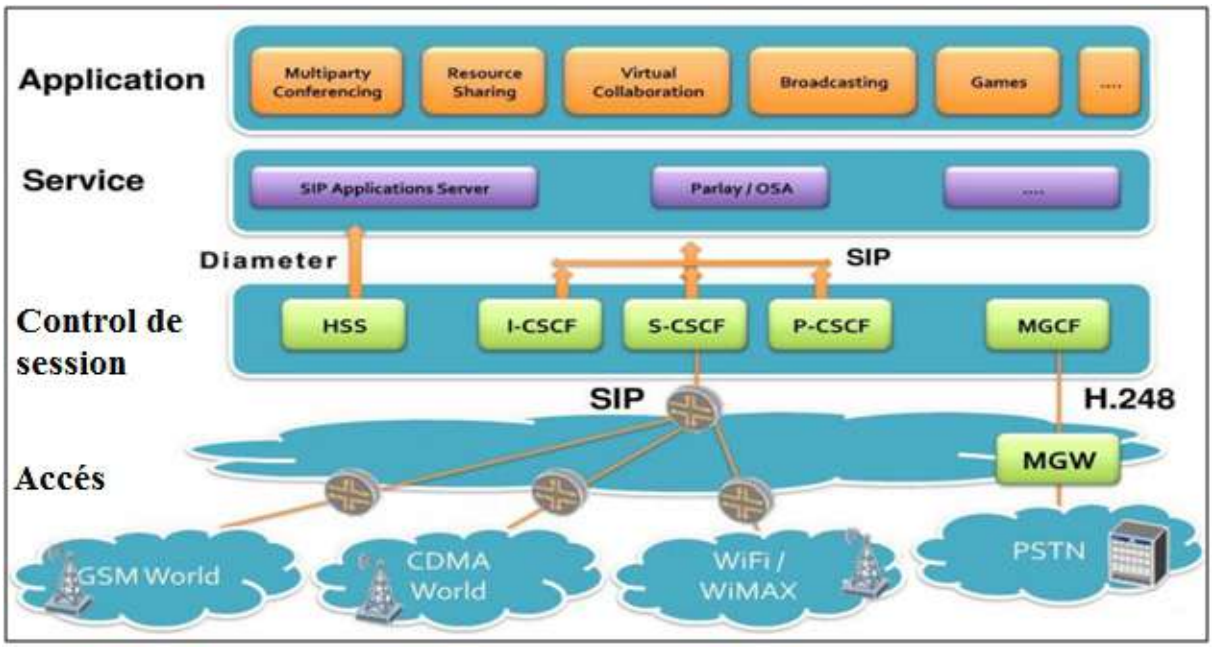


Figure II.8: *Illustration des quatre couches du réseau IMS [18]*

L'architecture de l'IMS est structurée en plusieurs couches qui se composent de différents équipements et protocoles dont les fonctions et les rôles se complètent, on peut identifier quatre couches importantes (se référer à la figure II.9) : Couche Accès, Couche Transport,

Couche Contrôle, Couche Application. Ces couches s'adaptent parfaitement à une fonction bien déterminée :

a. La couche d'accès (physique) : Elle définit la manière dont l'utilisateur se connecte au réseau. IMS permet un large choix de terminaux aux utilisateurs. En effet, tous les systèmes comme les ordinateurs, les téléphones mobiles, les PDAs (personal digital assistant aujourd'hui appelés smart phones), les téléphones fixes numériques, sont capables de se connecter via le réseau à l'architecture IMS [19].

b. La couche Transport : Cette couche utilise réseau tout IP, Elle permet la connectivité de bout en bout entre les différents utilisateurs. La couche transport se charge de l'acheminement des données de l'utilisateur jusqu'à son (ou ses) correspondant(s). Cela comprend le transport de l'information par les routeurs et le choix de la route empruntée dans le réseau [19].

c. La couche Contrôle : Cette couche assure la gestion et le contrôle du réseau. Elle est en charge de tous les messages de signalisation dans le réseau, permettant d'ouvrir, de maintenir, de modifier et de terminer une session entre des utilisateurs [19].

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

Tout service est exécuté par un serveur applicatif (Application Server), en liaison avec les équipements de la couche de session par l'intermédiaire des protocoles SIP et Diameter [19].

2.5. Les entités de l'architecture IMS

L'IMS est constitué d'un ensemble d'équipements et protocoles dont les fonctions et les rôles se complètent (figure II.9). Les principaux nœuds sont :

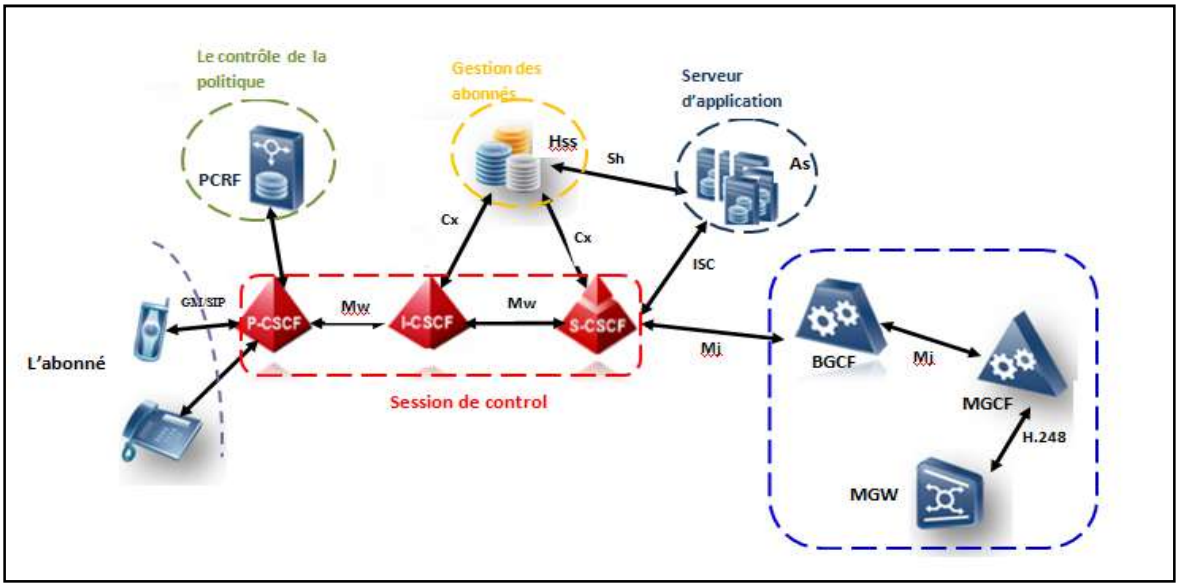


Figure II.9: *Les nœuds fonctionnels de l'IMS*

- **Home Subscriber Server (HSS)**

L'entité HSS (Home Subscriber Server) est la principale base de stockage des données des usagers et des services auxquels ils ont souscrit tel que : les comptes utilisateurs, leurs profils, droits d'accès, et le nom du S-CSCF (*Serving-Call Session Control Function*) associés [8] [19]. Elle est responsable du maintien des informations utilisateurs suivantes :

- Identification de l'utilisateur, information de numérotation et d'adressage.
- Information de sécurité : information d'accès réseau pour l'authentification.
- L'autorisation et le chiffrement.
- Information de localisation.
- Information sur le profil de l'utilisateur.

- **Call Session Control Function (CSCF)**

Les CSCF sont des serveurs de contrôle de sessions, qui utilisent le protocole de signalisation SIP pour communiquer. Ils sont les organes de traitement des références dans l'architecture IMS et réalisent les fonctions permettant d'orienter et de contrôler une session [19]. Il existe trois types de CSCF : Proxy CSCF, Interrogating CSCF et Serving CSCF, chacun de ces serveurs peut se trouver en nombre dans un réseau IMS.

a. Le Proxy CSCF (P-CSCF): Le P-CSCF est toujours le premier point de contact entre un terminal et le réseau IMS (intermédiaire entre l'abonné et l'I-CSCF). Ses missions

consistent notamment à contrôler l'accès et à établir une connexion sécurisée avec le terminal [19] [20].

b. ***Interrogating CSCF (I-CSCF) :***L'I-CSCF a comme principales fonctions de déterminer le S-CSCF auquel l'abonné peut se connecter et transmettre les messages entre le P-CSCF et le S-CSCF [19][20].

c. ***Serving CSCF(S-CSCF) :*** L'S-CSCF est un équipement mandataire qui a pour rôle de finaliser l'authentification de l'utilisateur et lui procurer les services opérationnels. Il fournit des informations de routage, de facturation, maintient l'état de la session en contrôlant un compteur de temps (timer), il interroge le HSS pour vérifier les droits utilisateurs vis-à-vis d'un service, etc. En résumé, le S-CSCF est le cerveau du réseau cœur IMS. Pour arriver à ces fins, le S-CSCF assure notamment :

- La gestion des enregistrements SIP des utilisateurs, liant l'emplacement courant de l'utilisateur (URI privé) et à son identité (URI public).
- Le contrôle de toute signalisation SIP provenant et à destination de son client.
- La sélection des serveurs d'applications [19] [20].

- **Breakout Gateway Control Function (BGCF)**

C'est un serveur qui possède des fonctionnalités de routage lorsqu'il s'agit d'une session initiée par un terminal IMS et destinée à un utilisateur dans un réseau à commutation de circuit (cas de PSTN, PLMN).

Il présente deux fonctionnalités essentielles :

- Choisir le réseau approprié pour s'interfacer avec le domaine CS,
- Choisir une passerelle (MGCF) si le passage vers le CS a eu lieu dans le même réseau.

- **Session Border Controller (SBC)**

Un (SBC) Session Border Controller est un équipement clé en environnement téléphonie sur IP. Il peut être installé soit en périphérie soit au cœur du réseau des opérateurs. Il est considéré comme un proxy et il assure les fonctions ci-dessous :

- NAT Traversal : il translate les adresses IP client en adresses publiques.
- Sécurité : Il empêche les sites clients de dialoguer directement avec le gatekeeper.
- Qualité de service et CAC : responsable de la qualité de service il veille à la qualité des communications et peuvent limiter celles-ci en cas de congestion.

- Convertir la signalisation et s'assurer que le média requis est en conformité avec celui qui achemine la communication.

- Acheminement des appels vers les numéros d'urgence. Ils doivent identifier ce type de communications et les transmettre par exemple à un proxy SIP capable de les acheminer [21][22].

Il est subdivisé en deux entités MRS et SBG.

- **Session Border Gateway**

C'est un contrôleur de session frontière de classe opérateur (SBC) l'accès et l'interconnexion IMS et d'autres réseaux IP multimédia. L'architecture en couches garantit la sécurité, la confidentialité et la qualité du service à la fois la signalisation et les médias. SBG prenant en charge plusieurs applications IMS tels que fixe / mobile, interconnexion, VoLTE, appels Wi-Fi, RCS, WebRTC (Web Real-Time Communication) et SIP Trunking. Le SBG peut intégrer d'autres fonctions de base IMS telles que la Session d'appel de Proxy, fonction de contrôle (P-CSCF), il a fonctionné comme un P-CSCF dans la solution Algérie Télécom [22].

- **Media ressorce system(MRS)**

C'est un serveur qui propose un plan média unifié dans le traitement de toutes les tâches liées à la manipulation des médias pour la téléphonie à commutation de circuits mobiles, interconnexion, fixe, VoIP, VoLTE, vidéo et messagerie un nœud physique. MRS contient les fonctions de plan média suivants:

- Fonction Border Gateway (BGF) : assure la sécurité et de la politique de contrôle pour le plan des médias entre les réseaux. Le BGF joue également un rôle central dans les réseaux de VoLTE en soutenant handover aux réseaux 2G et 3G.
- Fonction Ressources Multimédia (MRF) : fournit à l'IMS des services de médias tels que les sonneries, les annonces et les conférences.
- Passerelle multimédia IP (IM-MGW) : assure la conversion de plan des médias entre IMS et RTCP traditionnels et les réseaux PLMN (Public Land Mobile Network, en français réseaux mobiles terrestres publics RMTP).

- **Serveur d'application**

L'AS est une entité SIP fournissant différents types de services aux utilisateurs. Il est connecté au serveur S-CSCF, qui joue l'intermédiaire entre l'utilisateur et les services nativement implémentés pour fonctionner avec SIP [19].

2.6. Interfaces du réseau IMS

Pour pouvoir procurer une meilleure gestion dans réseau IMS, plusieurs nœuds ont été interconnectés via des interfaces qui sont représentées dans la figure II.10:

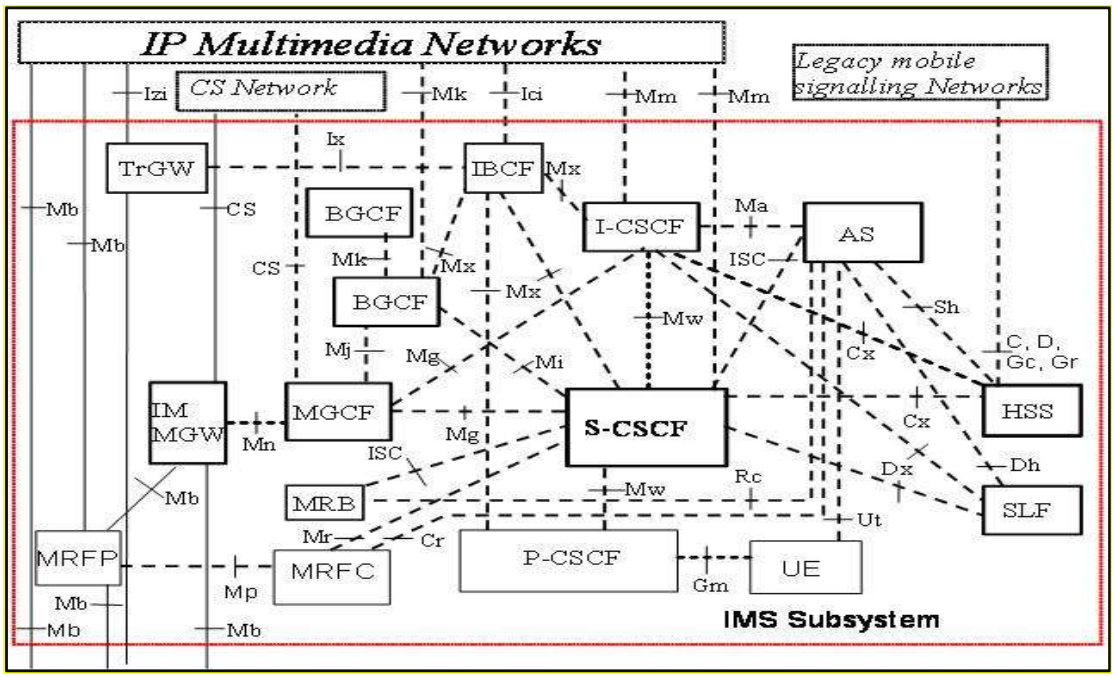


Figure II.10 : *Les interfaces internes du réseau IMS [20]*

- Gm : Cette interface est utilisée pour l'échange des messages de signalisation entre UE et P-CSCF via le protocole SIP.

- Mw : Cette interface est utilisée pour l'échange des messages de l'enregistrement, le contrôle de session et les transactions entre P-CSCF, I-CSCF et S-CSCF, via le protocole SIP.

- ISC (IMS Service Control) :Cette interface est utilisée pour l'échange des messages entre MTAS et le S-CSCF (les demandes SIP vers un AS et les requêtes SIP initiées par AS).

- Mg : c'est l'interface entre les deux entités MGCF et I-CSCF, elle est utilisée par MGCF pour convertir les messages de signalisation ISUP en des messages SIP et les transférer vers l'entité I-CSCF via le protocole SIP.

- Mi : C'est l'interface entre les entités S-CSCF et le BGCF, elle est basée sur le protocole SIP pour l'échange des messages concernant le routage des appels.

- Mj : C'est l'interface entre les entités BGCF et MGCF dans le même réseau IMS, elle est utilisée pour l'échange des messages via le protocole SIP.

- Mk : C'est l'interface entre les deux entités BGCF et un autre BGCF, elle est utilisée pour l'échange des messages entre BGCFs dans les différents réseaux via le protocole SIP.

- Cx : C'est l'interface entre les entités I-CSCF/S-CSCF et HSS, elle est utilisée Utiliser pour communiquer via le protocole Diameter.

- Dx : C'est l'interface entre les entités I-CSCF, S-CSCF et SLF, elle est utilisée par I-CSCF / S-CSCF afin de trouver le HSS correspondant via le protocole Diameter.

- Sh **:** c'est l'interface entre les entités SIP AS et HSS, elle est utilisée pour l'échange des informations via le protocole Diameter.

- Gq **:** c'est l'interface entre les entités P-CSCFet PDF, cette interface est utilisée pour échanger des décisions politiques liées à l'information entre les P-CSCF et PDF via le protocole DIAMETER.

- Rx **:** c'est l'interface entre les entités P-CSCF et le PCRF, cette interface est utilisée pour échanger des informations politiques via le protocole DIAMETER [10] [19].

2.7. Protocoles utilisés dans le réseau IMS

L'IMS est une technologie qui se base sur IP et les protocoles SIP (cf. chapitre I) créé par l'IETF avec les extensions qui sont introduites par le standard 3GPP, ainsi que les protocoles DIAMETER et MEGACO (H.248).

2.7.1. Protocole DIAMETER

Le protocole DIAMETER a été conçu comme une version améliorée du protocole RADIUS. D'ailleurs ces deux protocoles sont des protocoles AAA (*Authentication, Authorization, Accounting*) et sont utilisés par des procédures d'authentification, d'autorisation et de taxation (online et offline) dans le monde IP. Le protocole de base DIAMETER est spécifié dans le RFC 3588 remplacé par le RFC 6733 [23].

DIAMETRE est utilisé dans l'architecture IMS par les entités S-CSCF, I-CSCF et les serveurs d'applications SIP lors des échanges avec le HSS.

2.7.2. Protocole MEGACO (Media Gateway Control Protocol) ou H.248

Ce protocole ont été engendrés par la séparation des couches Transport et Contrôle et permettent au Softswitch de gérer les Media Gateway. C'est un protocole qui permet à ces deux entités MGC et MGW de s'échanger des transactions dont chacune s'exprime par

l'envoi d'une transaction question (*Request*) par l'une des entités et l'envoi d'une transaction réponse (*Reply*) par l'autre entité [20].

Le protocole MEGACO/H.248 est un protocole dérivé du MGCP (cf. chapitre I). Comparativement à ce dernier, il supporte les visioconférences et il utilise les protocoles UDP, TCP, IPsec pour se charger des communications entre passerelles [10].

2.8. Gestion des identités

Comme dans tout type de réseau, il est impératif de pouvoir identifier les utilisateurs d'une façon unique et faire en sorte qu'ils soient joignables de n'importe quel réseau. Dans IMS, il y a un nouveau concept d'identification qui peut paraître un peu étrange et compliqué mais elle fournit plus de flexibilité pour réaliser des nouveaux services. La technique d'identification est prise du protocole SIP (Session Initiation Protocol) et peut être répartie en deux catégories : Identité publique (Public user Identity) et une identité privée (Private user Identity).

2.8.1. Public user Identity

C'est une adresse publique qui permet d'identifier un utilisateur. L'opérateur attribue une ou plusieurs adresses publiques pour chaque utilisateur IMS. De cette manière, cette nouveauté permet à l'utilisateur de séparer son identité personnelle, familiale et d'affaire pour générer des services différents. C'est donc une adresse de contacte qui permet de joindre un abonné et à router les messages SIP. La Public User Identity peut être sous deux formats :

- SIP URI : sous la forme "sip : premier.dernier@opérateur.com".Il est aussi possible.
- d'inclure un numéro de téléphone dans une SIP URI qui sera sous le format.
- "sip: +33-961-007-007@opérateur.com; user = phone" [19] [20].
- TEL URL : permet de représenter un numéro de téléphone dans un format international "tel : +33-961-007-007". Il est impossible de s'enregistrer avec un TEL URL, il faut toujours une SIP URI pour se faire. Cela dit, le TEL URL est utilisé pour faire des appels entre le monde RTC et le monde IMS. En effet, en RTC, les téléphones sont identifiés par des numéros et ne peuvent composer que des numéros.

L'opérateur IMS doit ainsi allouer à chaque utilisateur au moins une SIP URI et un TEL URL.

2.8.2. Private user Identity

Chaque utilisateur IMS doit être identifie d'une façon privée, Ce type d'identification permet d'authentifier l'abonné et pour l'enregistrement. Elle prend le format d'un « Network Access Identifier » qui est la suivante : *« nom d'utilisateur @opérateur.com »*. L'identité privée de l'utilisateur est stockée dans sa carte à puce.

La figure II.11 Illustre la relation entre *public user identity* et *private user identity*.

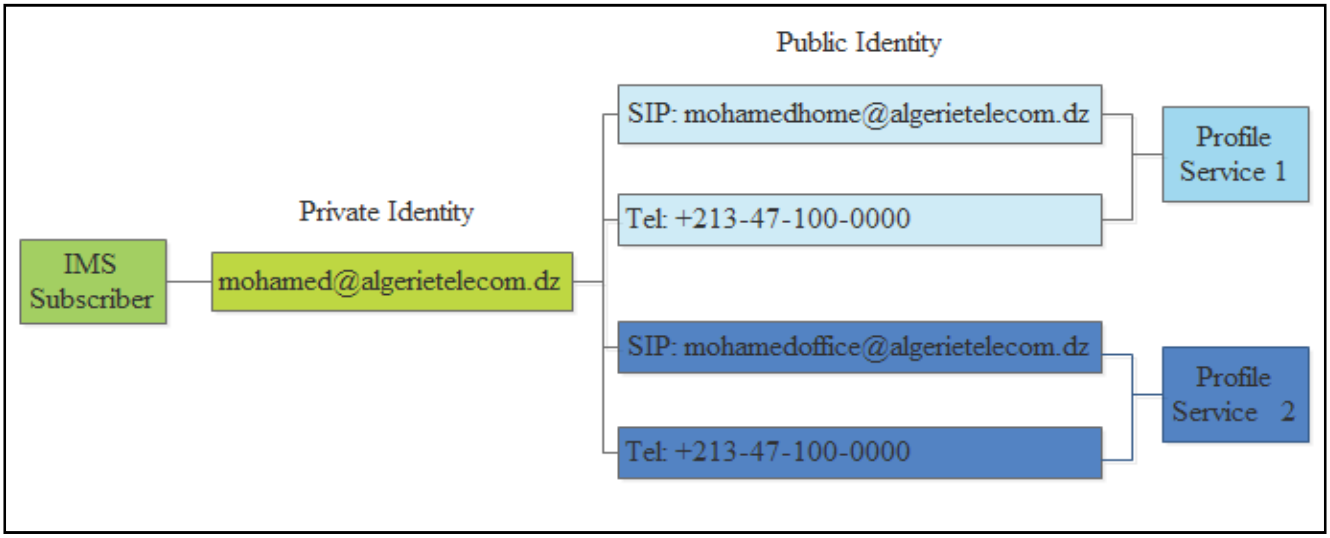


Figure II.11: *la relation entre public user identity et private user identity en IMS*

2.9. La signalisation en IMS

En IMS la signalisation est réalisée essentiellement par SIP, elle est regroupée en plusieurs types tel que :

- Signalisation d'enregistrement : c'est la signalisation par la qu'elle un terminal s'enregistre dans le réseau. Elle contient les procédures de téléchargement du profile et la gestion de la localisation. Cette signalisation est effectuée par la procédure d'enregistrement SIP (SIP REGISTER) [24].
- Signalisation d'appel : c'est la signalisation par la qu'elle on établit une association de bout en bout entre les points d'extrémité désirant communiquer, c'est caractérisé par l'échange de la source (nœuds). Ceci est réalisé en IMS grâce à la procédure d'établissement de session (SIP INVITE) [24].
- Signalisation de connexion : c'est l'affectation d'un service support à un appel. De proche en proche on va réserver des ressources dans le réseau selon la QoS requise pour

le service. Au niveau SIP cette signalisation est effectuée grâce aux entêtes SDP qui permettent de décrire le trafic et le ressources requis [24].

3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un aperçue sur l'architecture, les déférents composants et les caractéristiques de la technologie LTE. Afin de présenter la plateforme IMS (IP Multimedia Subsystem) avec leurs protocoles, entités de l'architecture et interfaces ainsi que l'identification des abonnés dédie a la voix sur LTE (VoLTE). On peut conclu que cette technologie peut offrir des bons services qu'on est besoin tels que la qualité de service, la mobilité, la flexibilité et que la plateforme IMS nous garantie la convergence (rassemblement) entre le réseau mobile et le réseau fixe.

CHAPITRE III

Test et validation des services de la voix sur LTE (VoLTE)

1. Introduction

Le service téléphonique est rempli à partir de deux fonctions de base : le transport de la voix et le traitement de la signalisation téléphonique. 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 existants comme la voix sur le réseau LTE qui est proposée par le standard IR.92 de GSMA en s'appuyant sur l'architecture de la solution IMS. Cette technologie de pointe apportera, la voix en haute définition (entre deux terminaux compatibles) tout en continuant à utiliser en même temps les services de données (internet), d'autres services IP multimédia comme les appels vidéo, visioconfirence ....etc, avec un temps de latence reduit.

2. L'architecture globale délivrant la voix sur LTE (VoLTE)

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 Sub-system) pour le traitement de la signalisation téléphonique. Le réseau EPS (Evolved packet switched) ne fournit donc pas le service téléphonique car il ne traite pas la signalisation téléphonique. Il fonctionne en mode PS (Packet switched) et il effectue uniquement le transport de paquets IP. De ce fait, il transfère seulement les paquets IP contenant de la voix ou de la signalisation téléphonique. Il permet aussi au mobile de s'attacher, de mettre à jour sa localisation, d'établir des sessions pour le transport de paquets IP et de changer de cellules en cours de session (handover). Pour effectuer le transport de paquets IP, le réseau EPS construit des supports (bearers) [26].

La signalisation téléphonique transférée par le réseau 4G se base sur le protocole SIP (Session Information Protocol), qui définit deux procédures de base : l'enregistrement du mobile et l'établissement de session (la communication téléphonique).

Le réseau IMS traite la signalisation téléphonique SIP. Il effectue le routage de la signalisation téléphonique et fournit les compléments de service téléphonique (transfert d'appel, appel en attente … etc). Il permet également le traitement spécifique de la voix pour offrir des services particuliers comme par exemple la conférence, la messagerie vocale ou la génération des annonces [26].

2.1. Les éléments principaux de l'architecture VoLTE

VoLTE désigne la principale technique de transport de la voix sur les réseaux de téléphonie fixe ou mobile, cette technologie est basée sur des nœuds principaux qui s'adaptent au réseau afin d'assurer le bon fonctionnement de cette technologie de pointe. On peut énumérer les différentes parties du réseau :

- Le réseau EPS qui se compose de l'E-UTRAN et de l'EPC.
- Le Cœur de réseau IMS.

Le trafic SIP est acheminé vers l'IMS à partir de l'EPC venant du UE passant par l'E-UTRAN. L'IMS permet d'acheminer les communications *voice over LTE* pour tous ses utilisateurs vers n'importe quel réseau fixe (PSTN) ou mobile (PLMN).

La figure III.1 illustre l'architecture en général de la VoLTE [26].

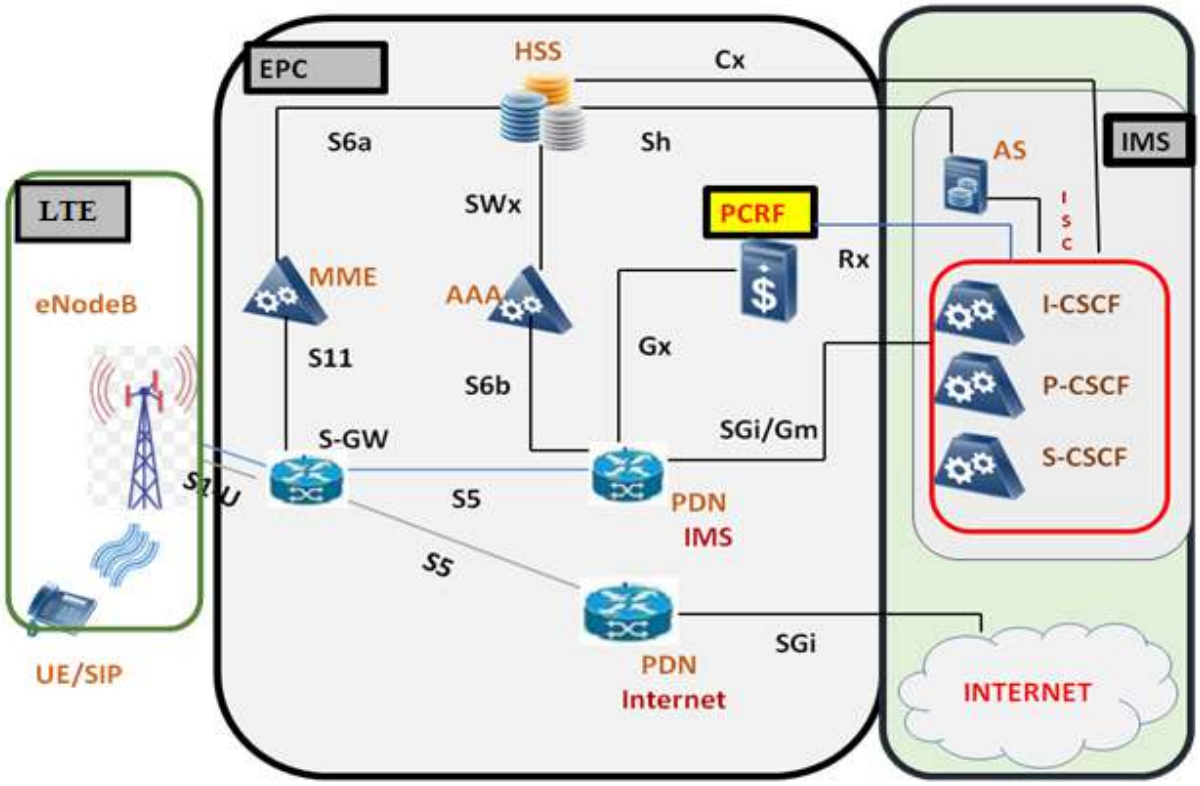


Figure III.1: Schéma synoptique de l'architecture VoLTE [26].

2.1.1. Multimedia Telephony Application Server « MTAS »

Serveur d'Application de la Téléphonie Multimédia « MTAS » ou «AS» est fait pour la construction d'un réseau multimédia compatible pour tout accès d'où il est considéré comme un produit clé pour la migration « la convergence » des réseaux à commutation de circuits existants à un réseau tout IP, basé sur le protocole SIP qui répond à toutes les grandes exigences de téléphonie du réseau nécessaire [27].

Le MTAS assure un déploiement rapide et sûr et offre la possibilité de créer de nouveaux services de différenciation tout en étant conforme aux normes 3GPP IMS et la multimédia téléphonie (MMTel) qui fournit un ensemble de services basics pour la téléphonie (Services messagerie, services conférence, transfert de la voix, les services de la visiophonie…).

- **Multimédia Téléphonie (MMTEL)**

MMTel rend les fonctions multimédias possibles, de sorte que les utilisateurs peuvent ajouter ou supprimer des services pendant une session de communication. Par exemple, un utilisateur peut démarrer une session de communication avec la messagerie, la compléter avec de la voix ou de la vidéo, ajouter ou supprimer des participants, envoyer des fichiers, partager des photos et plus encore [28] [29].

Les supports des services complémentaires de MMTel sont livrés par le MTAS qui peut être inclus du côté appelant, du côté appelé ou des deux à la fois, afin que ces derniers puissent configurer les paramètres de service, le MTAS fournit une interface pour la configuration de l'usager de plus il est connecté au S-CSCF via l'interface ISC (IMS Service Control) qui permet de sélectionner un service selon des critères de filtrage initiaux (IFC) reçus par le S-CSCF à partir du HSS lors de l'enregistrement (inscription) de l'abonné dans le cœur du réseau IMS. L'iFC précise les conditions dans lesquelles le S-CSCF doit invoquer un service dans un SIP-AS et contient toutes les informations nécessaires pour l'invocation des services, tels que l'adresse du SIP-AS et l'identification de service…etc.

Les services complémentaires MMTel sont pris en charge par le MTAS. Parmi les services MMTel normalisés par 3GPP figurent les services suivants :

- Le service OIP (Originating Identification Presentation, 3GPP TS 24.607) ou présentation d'identification de la ligne appelante : c'est un service complémentaire offert à l'usager.
- Le service OIR (Originating Identification Restriction, 3GPP TS 24.607) ou Restriction de la ligne appelante : est un service complémentaire offert à l'usager demandeur afin de limiter la présentation de son identité au près de l'appelé.
- Le service HOLD (Communication Hold, 3GPP TS 24.610) ou service de mise en garde : permet de suspendre temporairement une communication en maintenant la connexion existante, en vue de reprendre ultérieurement cette communication.
- Le service CONF (CONFerenceCalling, 3GPP TS 24.605) : permet à un usager en cours de communication d'établir un second appel et de communiquer en simultané avec ses deux correspondants.

- Plusieurs services de renvoi de communication sont prévus (Communication DIVersion Services, 3GPP TS 24.604) :
  - Communication forwardingunconditional (CFU) : Renvoi de toute communication entrante vers une nouvelle destination quelque soit l'état de la destination initiale.
  - Communication Forwarding on busy user (CFB) : Renvoi d'une communication entrante vers une nouvelle destination lors la destination initiale est occupée.
  - Communication forwarding on no-Reply (CFNR) : Renvoi d'une communication entrante vers une nouvelle destination lors la destination initiale ne répond pas.
  - Communication Forwarding on Subscriber Not Reachable (CFNRc) : Renvoi d'une communication entrante vers une nouvelle destination lorsque la destination initiale n'est pas joignable (e.g. il n'y a pas de connectivité IP disponible pour joindre le terminal de l'usager appelé).
- Plusieurs services de barring de communication sont prévus (Communication Barring, 3GPP TS 24.611) :
  - Le service Barring of All Outgoing Calls : permet à l'usager de bloquer certaines catégories de communications sortantes.
  - Le service Barring of Outgoing International Calls : permet à l'usager de bloquer les communications internationales sortantes.
  - Le service Barring of Incoming Calls : permet à l'usager de bloquer ses communications entrantes.
- Le service CW (Communication Waiting, 3GPP TS 24.615) ou signal d'appel ou appel en attente : permet d'indiquer à un usager en cours de communication qu'un autre abonné l'appelle [30].

3. Procédure de l'enregistrement dans l'IMS

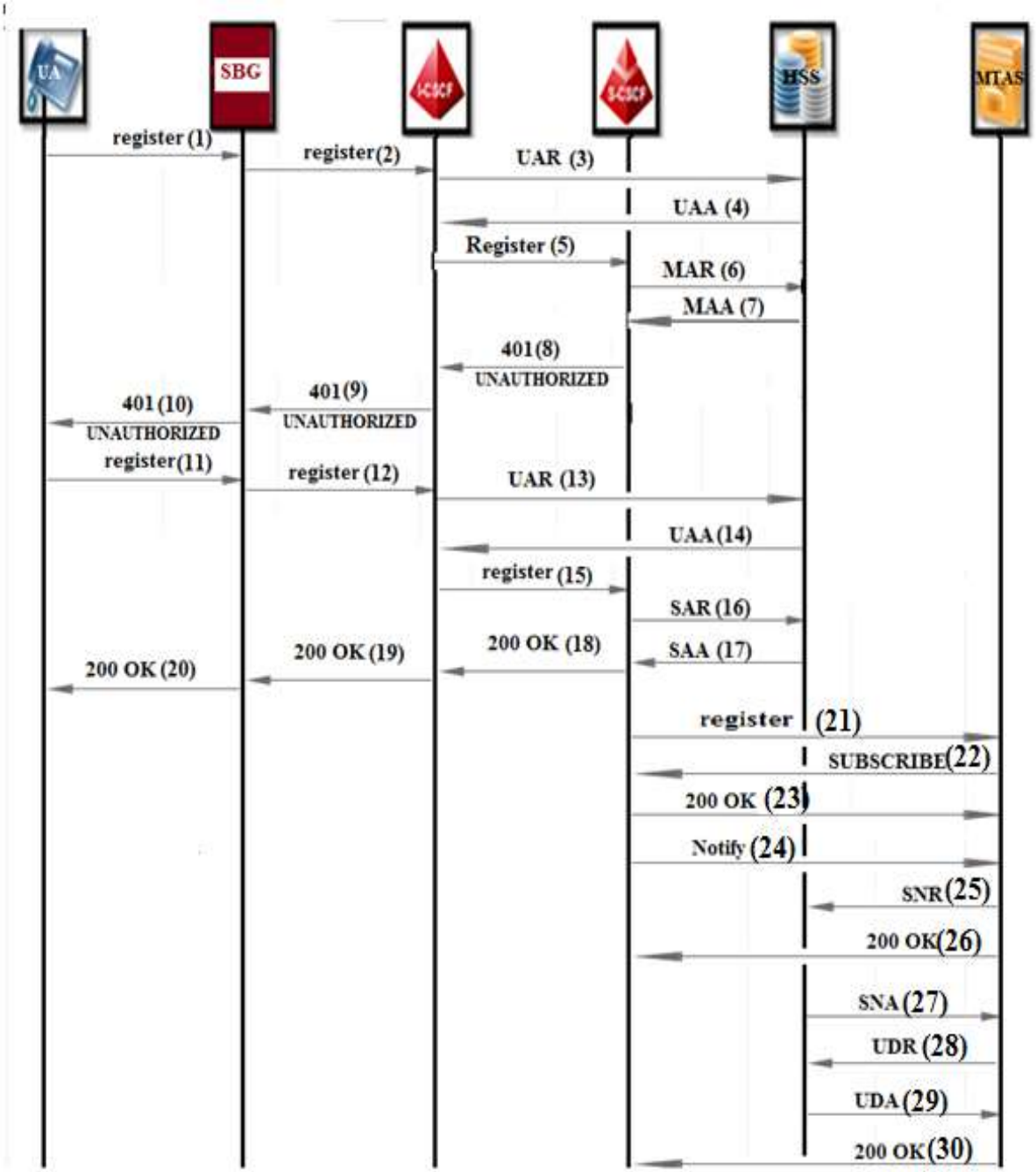


Figure III.2 : *Le flut d'appel (Call flow) d'enregistrement dans l'IMS*

3.1. Interprétation

Avant de pouvoir utiliser les services du domaine IMS, tels qu'établir une session multimédia ou recevoir une demande de session, un usager doit s'enregistrer à l 'IMS (Illustré dans la Figure III.2).

1. Un message SIP REGISTER est émis par l'UE au SBG.

2. Le SBG le relaye à l'entité I-CSCF du réseau nominal de l'usager s'enregistrant. Le réseau nominal peut être identifié à partir de l'URL SIP de l'usager s'enregistrant ou à partir de son IMSI. Le nom de domaine de l'adresse SIP de l'UE s'enregistrant peut être résolu par le DNS en une adresse IP d'une entité I-CSCF du domaine IMS nominal.

L'entité I-CSCF joue le rôle de point d'entrée pour les messages de signalisation SIP provenant d'autres réseaux.

3. L'entité I-CSCF interroge le HSS (Home Subscriber Server) à travers l'interface Cx supportée par le protocole DIAMETER (Requête UAR : User Authorization Request). Le

HSS est le HLR avec de nouvelles capacités pour supporter le domaine IMS. Le HSS est indépendant de l'accès de telle sorte que des opérateurs peuvent réutiliser le domaine

IMS pour d'autres technologies d'accès telles que xDSL (Digital Subscriber Line), le câble ou FTTH. Le message UAR émis contient le nom du domaine nominal, le nom du domaine visité et l'identité de l'UE.

4. Le HSS retourne les informations d'autorisation de l'usager et les capacités obligatoires et optionnelles du S-CSCF à sélectionner (Réponse UAA : User Authorization Answer). Ces informations serviront d'entrées à sa fonction de sélection d'un S-CSCF.

5. L 'I-CSCF vérifie si l'usager est autorisé à s'enregistrer à partir du réseau visité et dans le cas positif, l'I-CSCF relaye la méthode SIP REGISTER au S-CSCF identifié. L'entité S-CSCF a plus de fonctionnalités que l'I-CSCF. L'opérateur peut disposer de plusieurs S-CSCFs avec des capacités différentes et sélectionner celui approprié pour rendre le service demandé.

6. L'entité S-CSCF demande des informations d'authentification de l'usager au HSS

(MAR : Multimedia authentication request)

7. Le HSS retourne les informations d'authentification par une réponse MAA (Multimedia Authentication Answer) au S-CSCF.

8.9. 10. L'entité S-CSCF retourne à l'usager une réponse négative d'enregistrement (401 UNATHORIZED) contenant d'une part une valeur random (RAND) à utiliser par son module ISIM pour calculer un résultat d'authentification usager et d'autre part un résultat d'authentification réseau(AUTN) permet au réseau IMS de s'authentifier auprès de l'usager. Notons que l'authentification IMS est mutuelle.

11. L'usager renvoie une deuxième demande d'enregistrement au SBG. Cette seconde demande d'enregistrement contient un résultat d'authentification usager (RES).

12. Le SBG route le message REGISTER à un S-CSCF du domaine nominal de l'usager.

13. et 14. Les mêmes que 3 et 4.

15. Le message REGISTER est routé de l 'I-CSCF au S-CSCF.

16. L'entité S-CSCF après avoir vérifié les informations d'authentification de l'usager, émet une requête SAR (Server Assignment Request) au HSS afin que ce dernier mette à jour le profil de l'usager avec le nom du S-SCSF qui le sert.

17. Le HSS retourne une réponse SAA (Server Assignment Answer) à l'entité S-CSCF, contenant le profil de l'usager. Ce profil consiste en les informations de souscription par l'usager à des services. Le S-CSCF doit par ailleurs stocker le nom / l'adresse du SBG courant de l'usager afin de lui délivrer directement des demandes d'établissement de session entrantes concernant cet usager.

18. 19. 20. Une réponse 200 OK est retournée par le S-CSCF à l'entité I-CSCF qui le relaye au SBG qui le délivre à UE.

Il existe une troisième demande d'enregistrement (REGISTER) envoyée par le S-CSCF vers le MTAS.

21. S-CSCF envoie un SIP REGISTER vers l'Mtas pour le confirmer que l'UE a été enregistrer avec succès dans l'étape précédente, et pour que l'UE doit être autorisé pour obtenir des services offerts ou l'UE est enregistrer et autorisé pour les obtenir.

22. Mtas envoie une requête SUBSCRIBE au S-CSCF pour demander une notification d'événement. Un client envoyant au serveur cette requête réclame d'être, par exemple si l'équipement de l'abonné peut souhaiter être averti lorsqu'un de ses contacts termine sa communication en cours. donc l'S-CSCF informe l'Mtas de ce nouvel état. Cette demande est envoyée périodiquement pendant toute la communication.

23. S-CSCF répond à la requête par une réponse de succès 200 ok.

24. S-CSCF envoie une demande NOTIFY vers l'Mtas pour recevoir une notification pour les événements auxquels on a souscrit et pour prendre à chaque fois les informations (user data/transparent data) qui contient : le profile de l'abonné (user profil), le profile de la taxation (charging), profile des services (service profile)… etc.

25 et 27. Le Mtas envoie une demande SNR (Subscriber-notification request). Dans ce message COMME prend un abonnement qui quand toujours il y a zone d'information de changement en particulier, plus en particulier pour un abonné donné alors Il doit être au courant. Même une certaine heure comme peut demander des données courantes pour un abonné donné dans le même message de réponse

26. Mtas répond à la demande NOTIFY de l'S-CSCF par une acceptation 200 ok.

28. 29. Mtas expédie une requête UDR (User-data request) vers l'HSS, En cela comme demande l'information reliée par abonné du HSS ; Les données reliées par abonné au HSS ou

provisioned par l'opérateur et/ou reçu du réseau et/ou plus tôt stocké près EN TANT QUE lui-même avec l'aide de Profil-Mise à jour-Demandez/réponse.

30. Mtas répond a la requête REGISTER par 200 ok.

L'IMS est basé sur plusieurs relations de sécurité. Deux d'entre elles influencent la signalisation SIP : « authentification entre l'usager et le réseau », et « L'association de sécurité (SA, Security Association) entre l'UE et le SBG ».

Les procédures d'authentification et d'établissement de SA dans l 'IMS sont directement liées aux procédures d'enregistrement SIP.

4. Établissement d'une communication téléphonique

4.1. Communication entre deux usagers 4G

La communication téléphonique peut être établie entre deux mobiles 4G. La signalisation téléphonique est traitée par les entités IMS de l'opérateur nominal de chaque mobile. La voix est directement transférée entre les réseaux EPS, La figure III.3 represente une communication telephonique entre deux abonnés LTE.

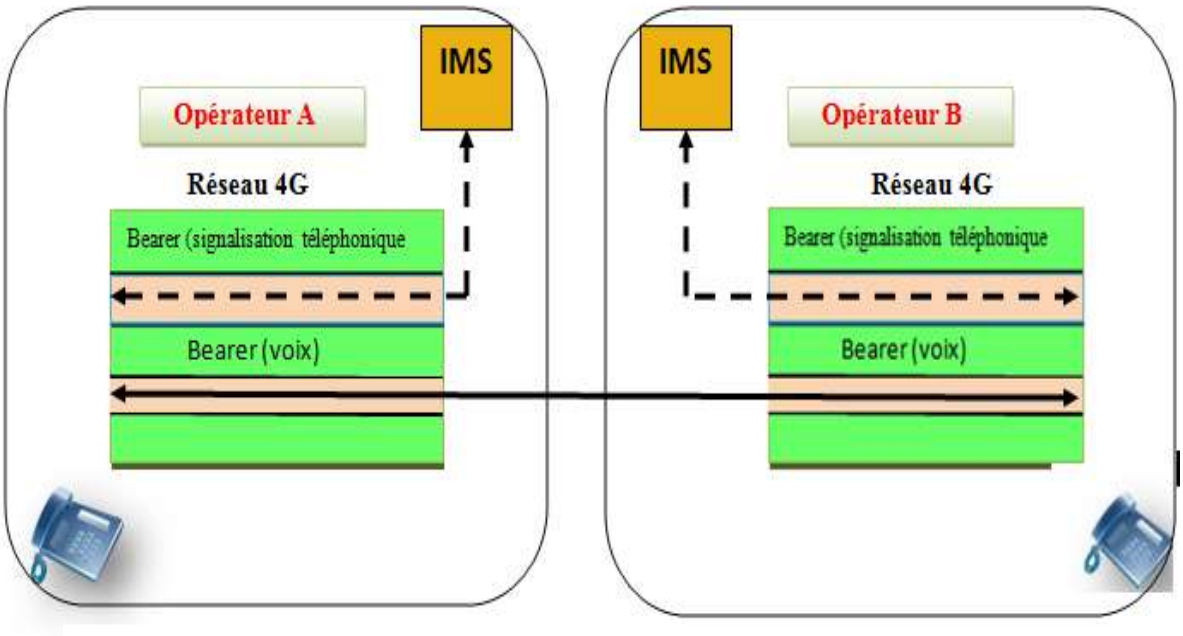


Figure III.3: *Illustration d'une communication téléphonique entre deux abonnés*

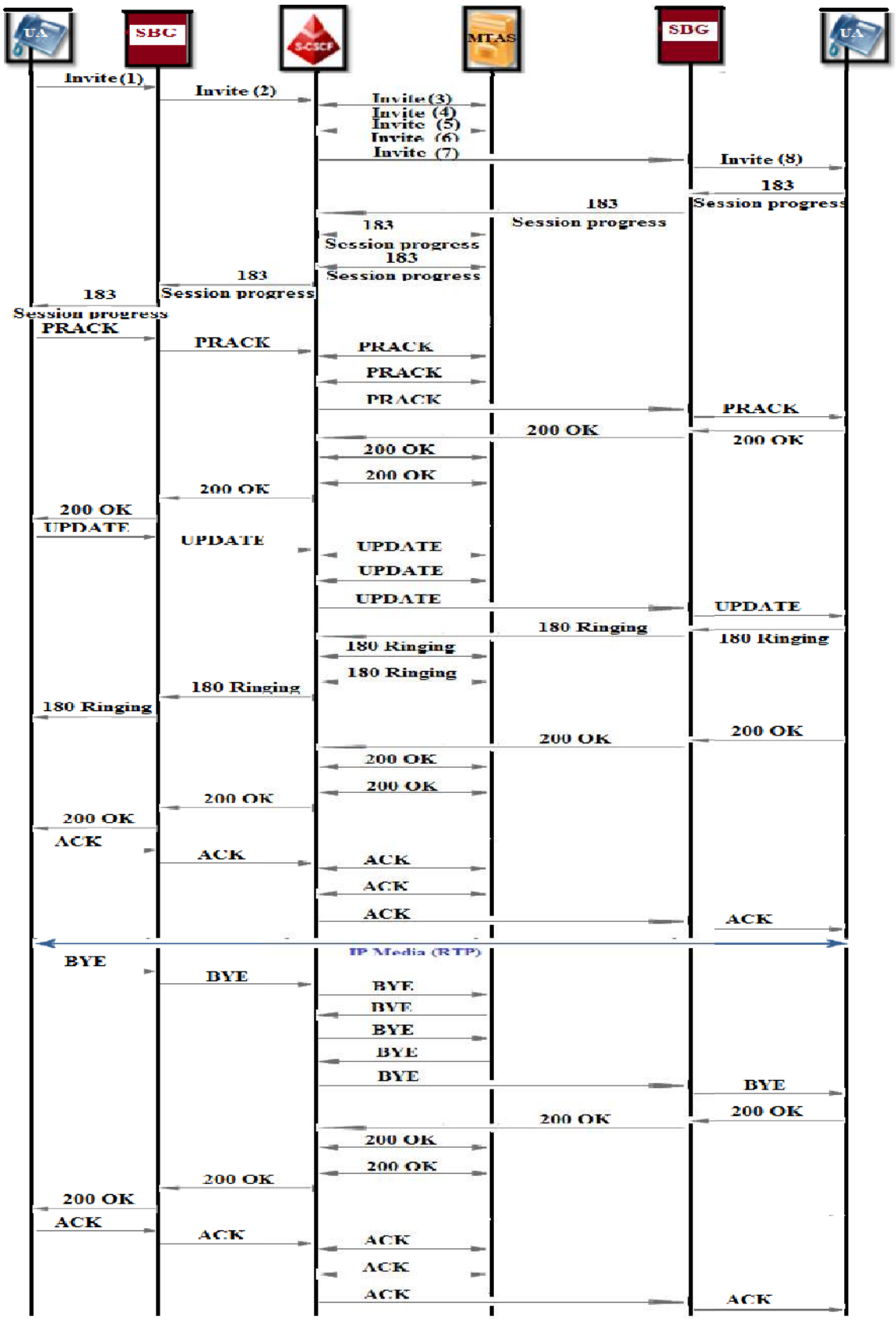


Figure III.4 : *Call flow de l'acheminement d'un appel VoLTE*

4.1.1. Interprétation

1).L'UE (Appelant) envoi une requête d'établissement une session **INVITE** L'SGC (dans notre cas, SBG), on ne peut pas voir le contenu de cette requête a cause de la sécurité établi par le SBG dans le réseau (IPsec).

2). L'SBG expédie la requête **INVITE** au S-CSCF qui a été identifié pendant le procédé d'enregistrement. Cette **INVITE**contient :

- Request-line : dans notre cas, *INVITE SIP :0471001998 ;phone-context=ims.mnc009.mcc603.3gppnetwork.org@ims.mnc009.mcc603.3gppnetwork.org ;user =phone.*
- Request URI :Contient le TEL-URI Public User Identity de l'appel (+213471001998), ainsi que le SIP URI : *ims.mnc009.mcc603.3gppnetwork.org*
- L'SBG ajoute son adresse SIP-URI au champ ***Via***pour que la réponse suit le même chemin dont la requête a traversé.
- Il ajoute **Route** qui contient son adresse SIP-URIpour spécifier l'adresse de la destination de la requête, et **Record-Route** pour obliger tous les messages ou paquets de passer par lui pendant tout la communication.
- Il ajoute son adresse SIP-URI au Record- Route Header et au Via-Header.
- L'SBG ajoute à la requête le champ P-Asserted-Identity qui contient les informations d'identification de l'appelant. Cet en-tête doit contenir aussi une adresse SIP – URI valide pour l'utilisateur qui peut être égale au P-Preferred-Identity. Une fois, cette adresse est initialisée, l'SBG n'utilise plus l'adresse indiquée dans le champ From.
- P-Access Network Info: Ce champ indique 2 types d'information sur l'accès:

- Le type de la couche d'accès utilisé par le terminal IMS, dans notre cas c'est un accès LTE (eUTRAN).
- L'identité de la cellule radio à laquelle le terminal est connecté.

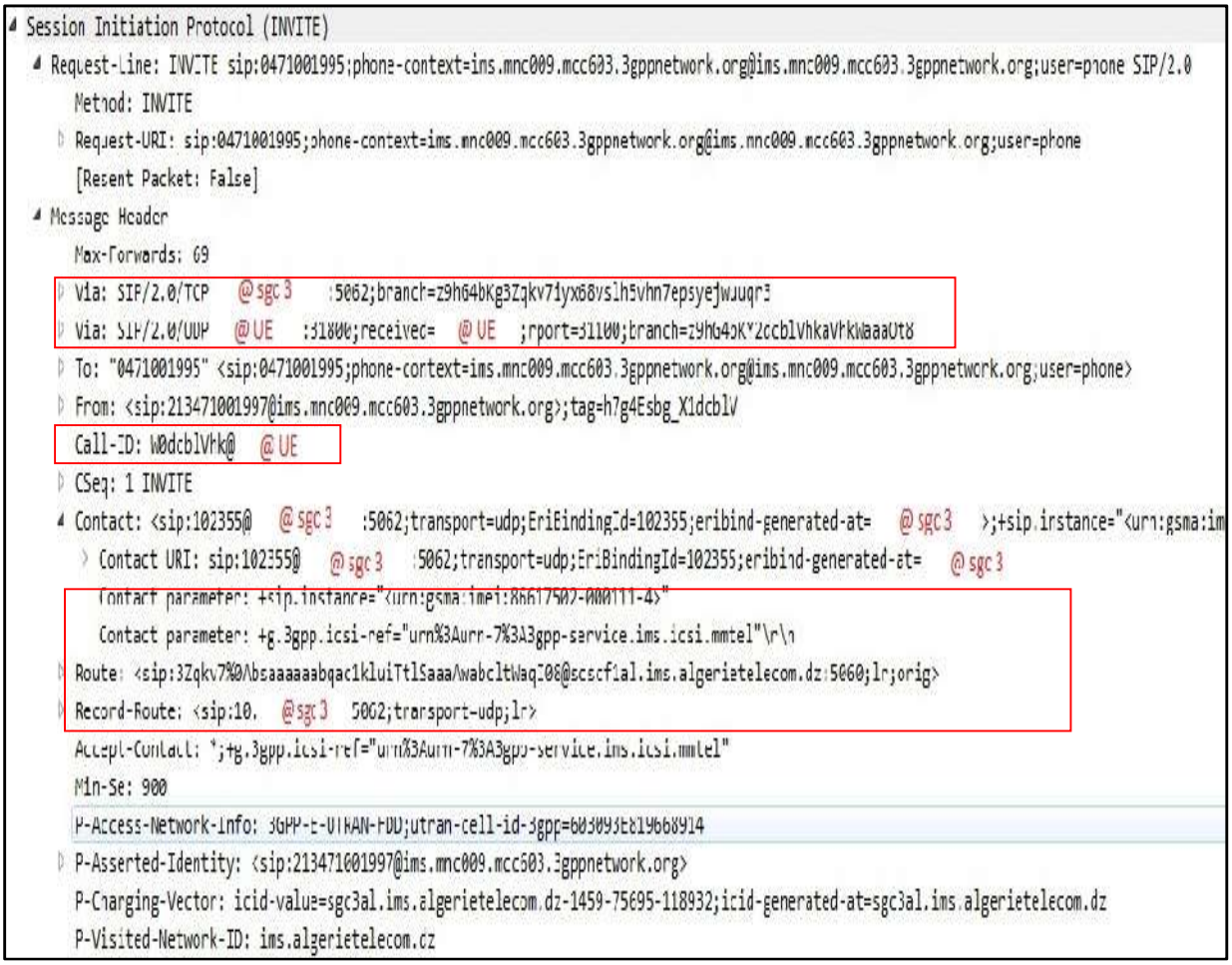


Figure III.5 : *illustration du contenu de la requete* ***INVITE***

- Call-ID : bbecbeyql@IP UE.
- SDP content : Ce champ décrit la session, en indiquant que c'est une offre SDP (*Session Description Protocol*) contenant les informations et les caractéristiques pour chacun des codecs qu'il peut supporter pour cette session dans notre cas c'est de l'audio streaming qui est supporté par le codec AMR.

NB : Au niveau de l'SBG, le contact a été changé parce que l'SBG cache l'adresse de l'UE et ajoute son propre adresse pour faire le service de la sécurité *Firewall* dans le système.

- Require : Précondition qui indique que l'appelé doit répondre par un SDP answer.

3). L'S-CSCF passe la requete **INVITE** vers l'Mtas, L'S-CSCF ajoute :

– Son adresse au champ **Route** et **Record-Route.**

– Un champ ***Via*** contient son adresse.

– P-Preferred-service: Dans notre cas, urn : *urn-7 ;3gpp-service.ims.icsci.mmtel.*

4). L'Mtas renvoi a nouveau une requete **INVITE**au S-CSCF avec changement dans le contennue de cette requete :

- Il enregistre les données de la requête **INVITE** venant du l'S-CSCF et construire un nouveau message totalement défirent. Ce message contient :

– Un nouveau champ ***Via*** ajouté par Mtas après qu'il cache les champs ***Via*** précédents.

– La même chose pour **Route.**

– Il ne doit pas ajouter son **Record-Route** parce qu'il est déjà conservé tous les données de la communication donc il faut que tous les informations et les messages passent par lui pour le pouvoir d'établissement 'une communication.

- Le contact ne change pas.
- Tant qu'il construire un nouveau message, il change donc le Call-ID ça sera dans notre cas : *p65547t1457266149c999804s2*.
- Il fait un petit changement dans Request-line, il ajoute un (+) a l'MSISDN, cette opération s'appelle «la normalisation».

5). L'S-CSCF consulte le serveur **Ipworks** deux fois, dans la première, il interroge la partie ENUM pour vérifier est ce que le numéro (MSISDN) de l'appelé est un abonné IMS ou non, pour cela il envoie un Querry et prend sa réponse du l'ENUM. Si la réponse indique que l'appelé est un abonné IMS l'appel dirigé vers l'autre S-CSCF (on a un seul nœud S-CSCF dans la solution Algérie télécom), sinon elle est dirigé vers le réseau CS (PSTN/PLMN) à travers les Gateway (MGW…..). Dans la deuxième étape il interroge la partie DNS, il envoie un nom de domaine (domain name) et reçois comme réponse le nom complet du nœud ainsi que l'adresse IP pour le contacter. A notre cas, il envoie un querry qui contient le domain name de l'Mtas (out) d'Algérie télécom et reçoit leur information pour pouvoir de router l'appel vers ce dernier.

6). S-CSCF renvoie une autre requête **INVITE** à l'Mtas (out), elle contient :

- L'S-CSCF rajoute les anciens paramètres (les deux champs ***Via***, les deux **route**s et les deux **record-route**) parce qu'il est au niveau du coté *terminating*.
- Il remit le **request-line** initiale (sans le (+) de l'MSISDN).

7). Mtas refaire la même opération que la 4eme, il sauvegarde les données parcourus de l'S-CSCF dans sa cache et réémit un nouvelle **INVITE** avec des données différents (ajout son ***Via*** et **route**...).

8). S-CSCF expédie l'**INVITE** vers l'SBG de l'appelé (c'est un seul nœud ans la solutuion proposé par Algérie télécom), il ajoute :

- Son champ ***Via***, son **Route** et son **Record-Route**.

- Il fait l'opération binding au MSISDN au niveau de request-line, cette opération consiste à masquer l'MSISDN de l'abonné et le remplacer par un code spécifique pour assurer la sécurité.

9). SBG passe la requête **INVITE** vers l'UE (appelé), on ne peut pas voir ses contenues à cause du *fairewaling* (sécurité du réseau).

183 Session Progress : L'UE (appelé) expédie une requete SDP(réponse) vers l'UE (appelant) indiquant l'état de l'avancement de la session avec toutes les informations et les paramètres tels que :

- Le media stream et le codec que l'appelé peut supporter pour cette session.
- Access Network Info : Le type d'accès.
- Contact: Contient le SIP URI avec l'adresse IP de l'UE 2 sur laquelle le destinataire souhaite recevoir le media streams.
- Le SDP contient aussi un champ indiquant que le destinataire UE2 souhaite recevoir une notification une fois l'UE1 a terminé le processus de réservation de ressources.

Le traitement de la Session Progress est acheminé sur l'ensemble des entités contenues dans le **record route**.Au niveau de chaque nœud il élimine le dernier champ ***Via***arrivé pendant le passage de l'**INVITE**.

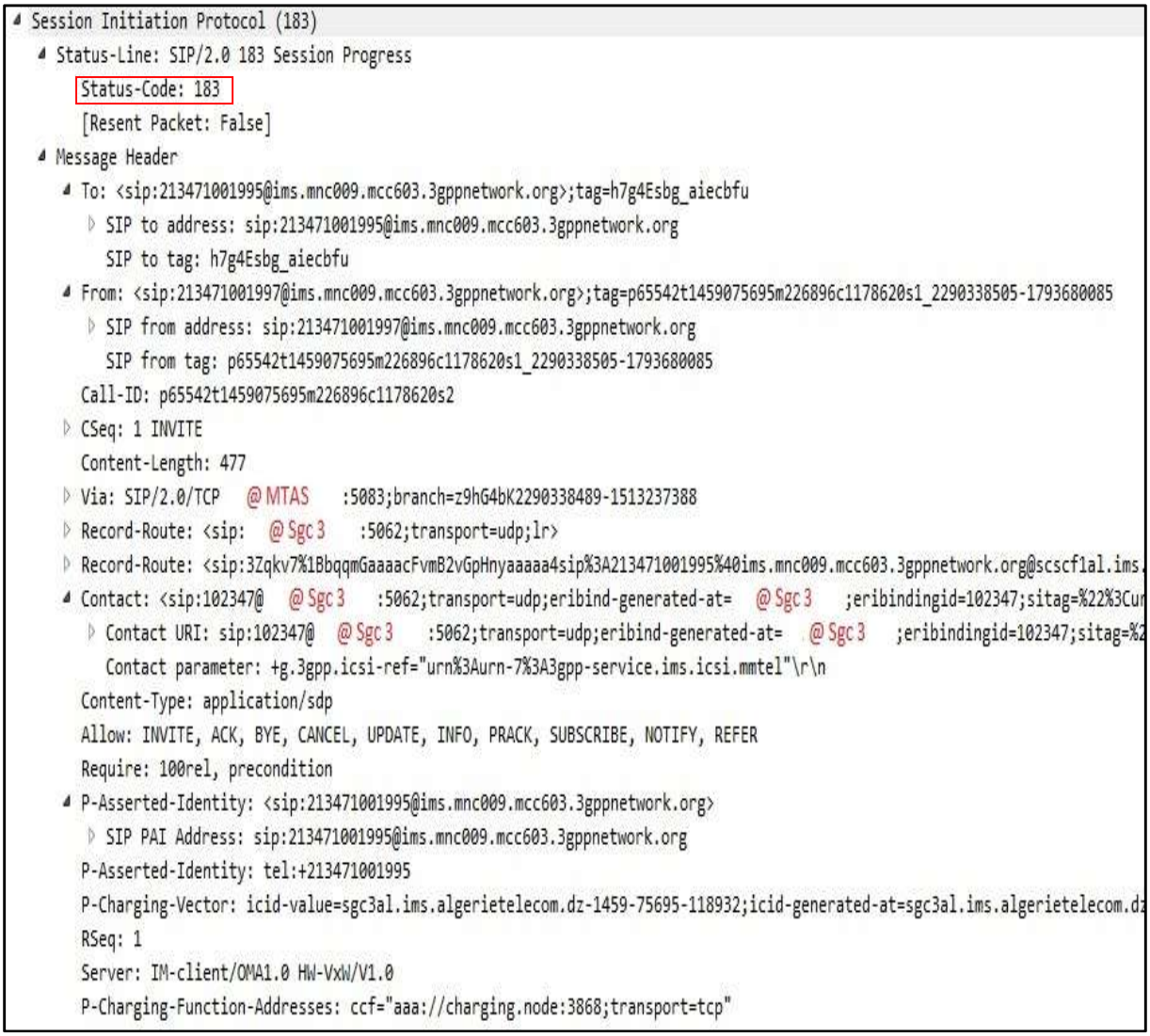


Figure III.6: *Le contenu de la reponse 183 (Session progress)*

- **La requête Prack** : L'UE1 Traite la réponse de la Session Progress (Prack).

PRACK est l'acronyme de Provisional Reliable ACK, fournit une sécurisation des réponses provisoires. C'est une réponse de l'UE1 vers l'UE2 qui contient les paramètres du codec choisi (dans notre cas c'est un codec audio).

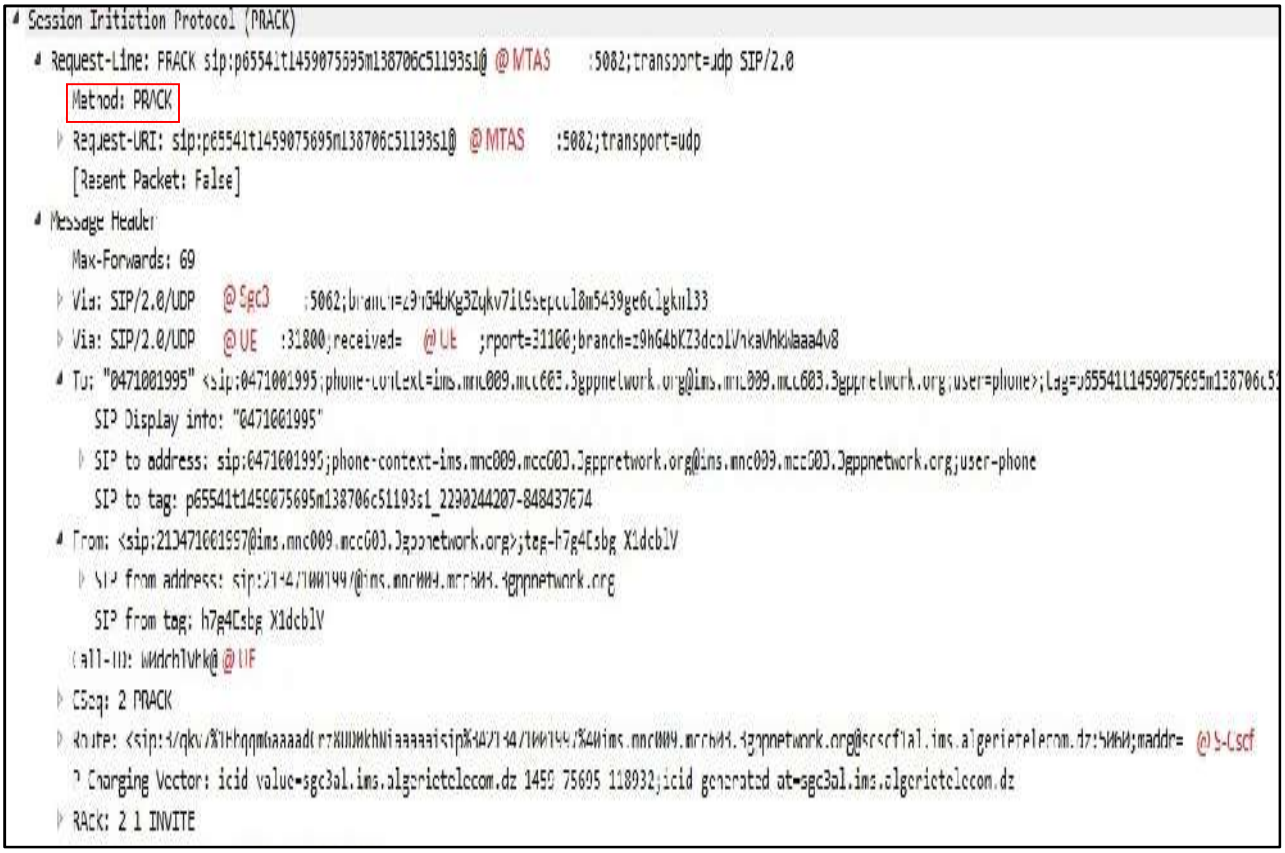


Figure III.7 : *Le contenu de la requete* ***PRACK***.

L'UE2 confirme le traitement du Prack en envoyant une réponse 200 Ok qui ne contient pas les paramètres à négocier mais plutôt une confirmation pour le codec et le media stream de cette session.

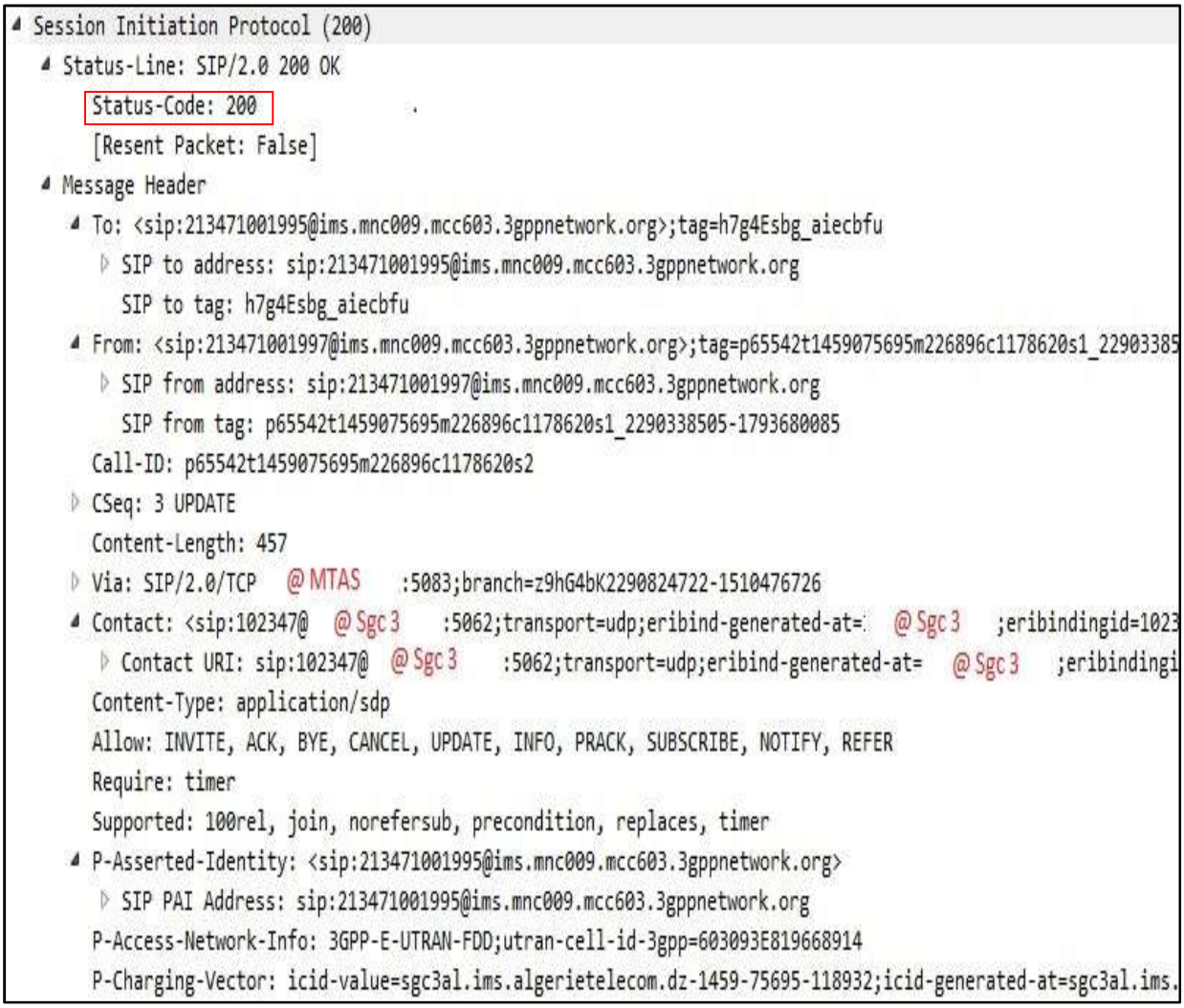


Figure III.8 : *La reponse 200 ok de la requete* ***PRACK***

- **La requête UPDATE :** Une fois, l'UE1 a terminé la procédure de réservation de ressources, il envoie à l'UE2 un message de confirmation « UPDATE » met à jour les paramètres d'une session multimédia. L'UE (appelé) doit répondre avec un SDP answer afin d'acquitter l'offre SDP de « UPDATE » par un code d'état 180 Ringing.

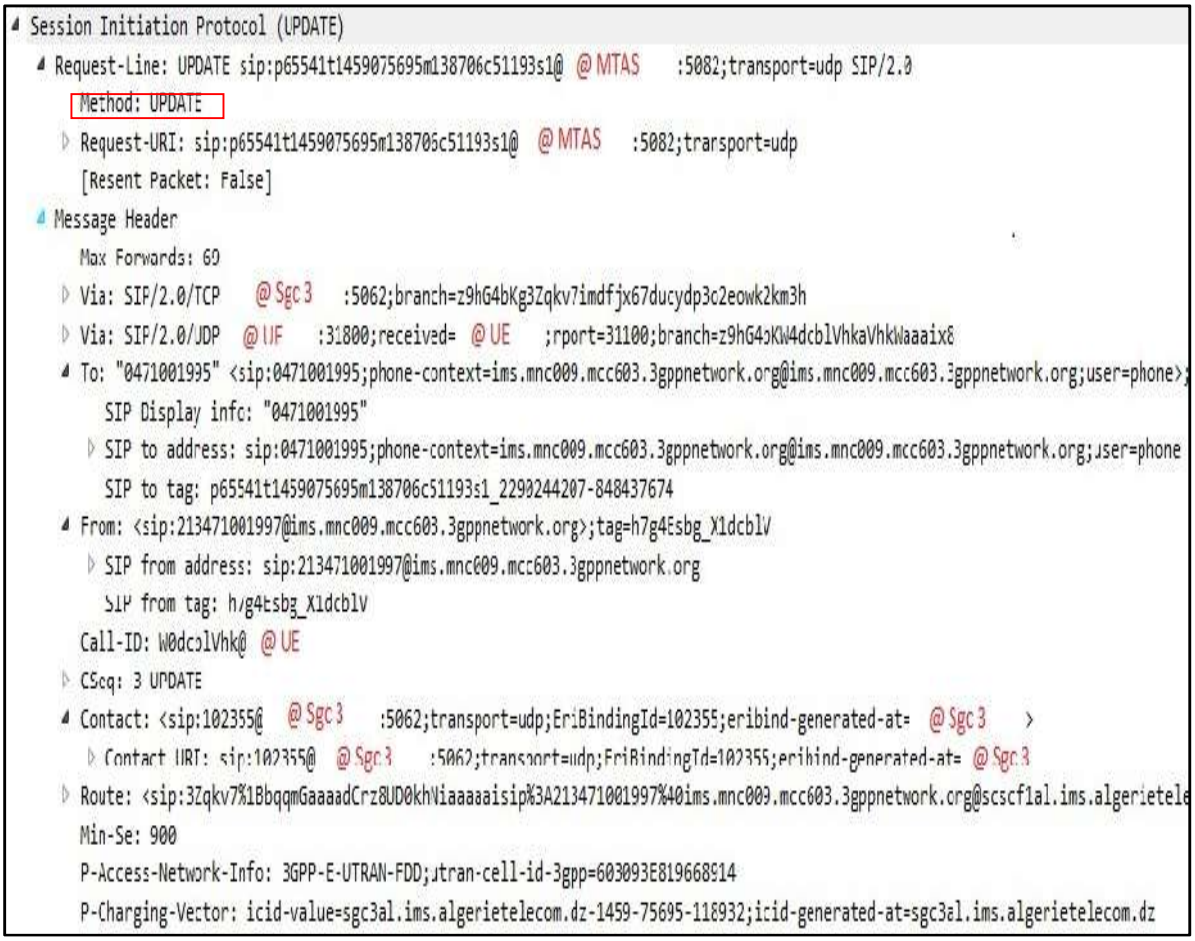


Figure III.9: *Call flow de La requête UPDATE*

- **Alerte de l'appelé (180 Ringing) :** Quand l'appelé est alerté, une réponse 180 Ringing est générée et envoyée vers le terminal de l'appelant (UA) à travers le même ensemble de proxys. Cette réponse ne contient pas de SDP, puisque tous les paramètres ont étaient déjà négociés.

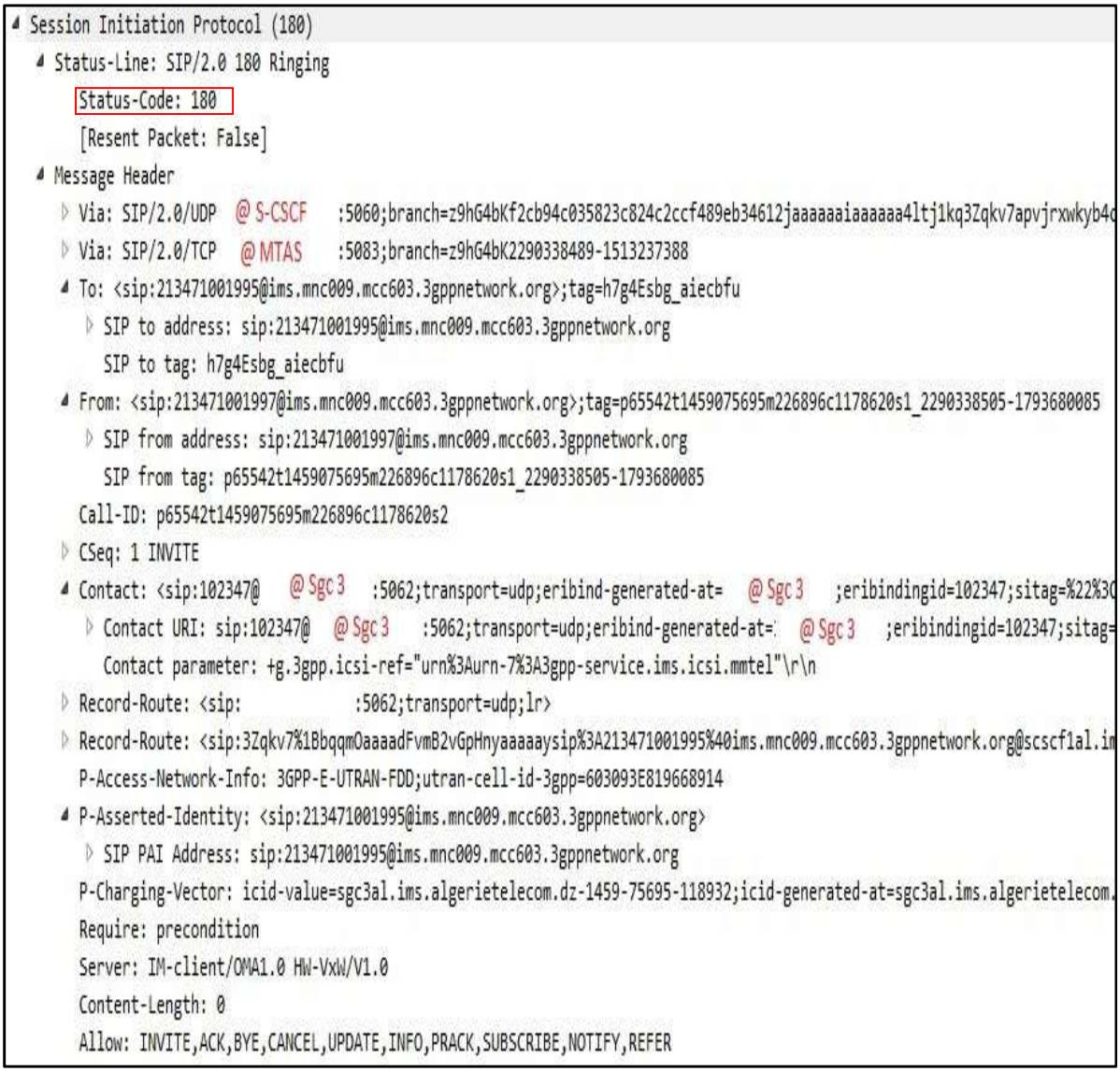


Figure III.10: *Call flow alert de l'appelé (180 Ringing)*

- **La réponse du succès(200 ok) :** Une fois l'appelé répond à l'appel, le terminal envoie les 200 OK comme acquittement pour la requête INVITE reçue de l'appelant, à cet instant l'appelant et l'appelé commencent à générer le trafic media, il envoie (UE appelant) en plus un ACK pour confirmer la réception des 200 OK.

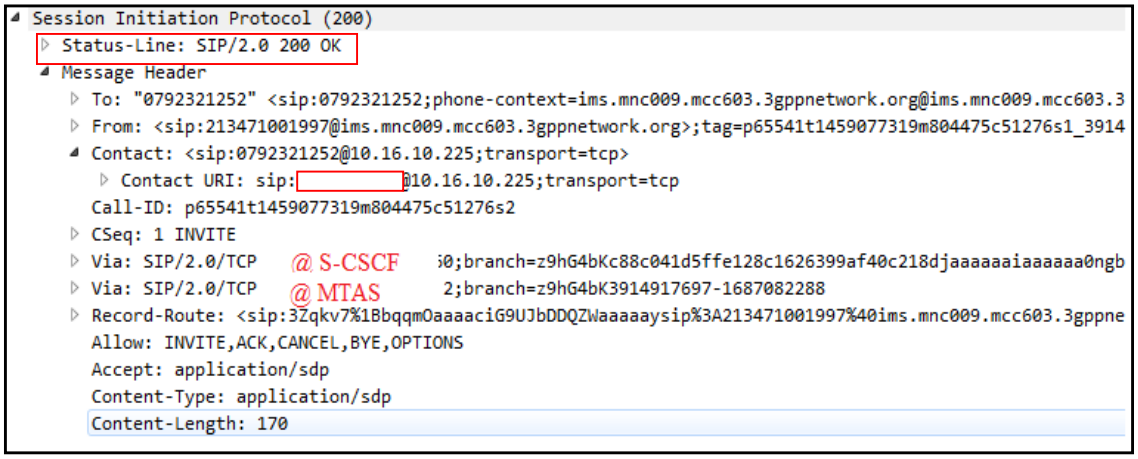


Figure III.11 : *la réponse 200 ok de la requete* ***INVITE***

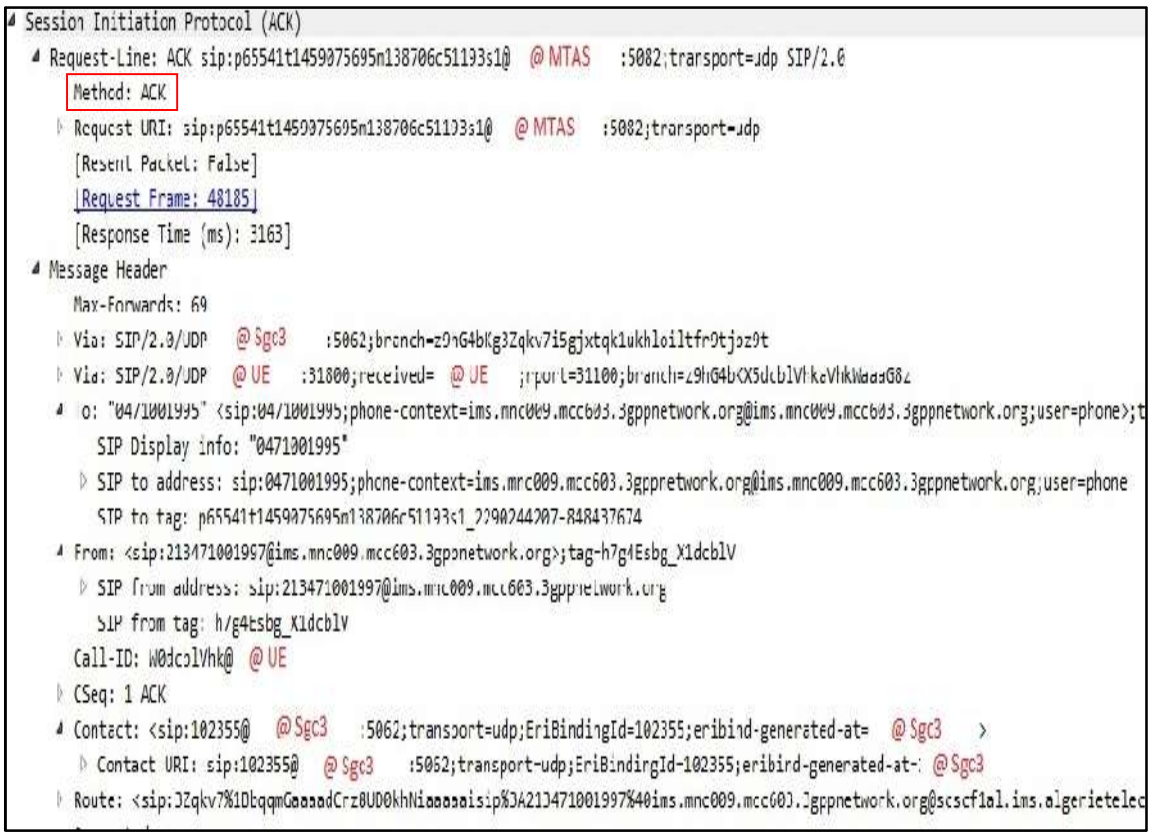


Figure III.12: *Le contenu de l'acquittement (ACK) sur la réponse 200 ok*

- **La libération de l'appel :** Une fois les deux abonnés ont terminé l'échange des flux média entre eux, l'un des eux envoie à l'autre une requête **BYE**a l'autre pour l'informer qu'il veut terminer l'appel.

Dans notre cas étudiée, l'UE (appelant) envoie le **BYE** vers l'UE (appelé) à travers tous les nœuds participant à la communication, ce message a été envoie juste après que l'appelant raccroche son appareil téléphonique.

L'appelé reçoit la requête et il doit expédie une réponse d'acceptation (200 ok) vers l'appelant. Ce dernier doit acquitter cette réponse par la requête ACK pour confirmer la finalisation e l'appel.

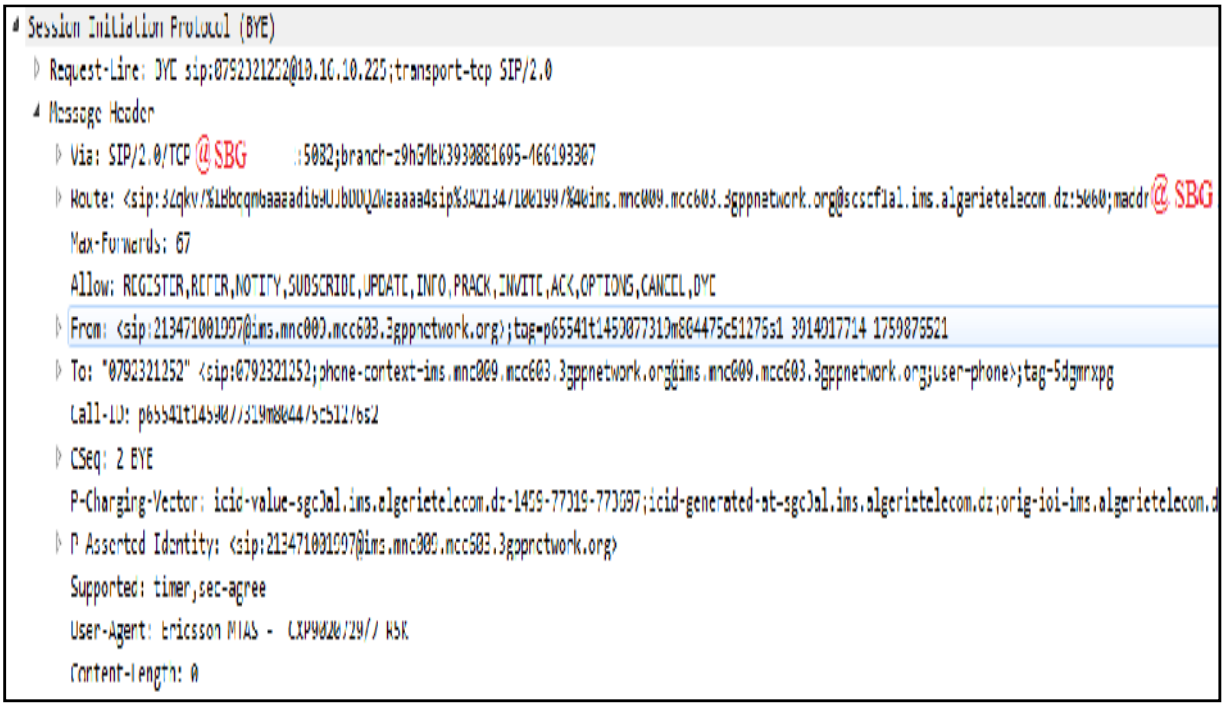


Figure III.13 : *La requete de lébiration de la communication* ***(BYE)***

4.2. Communication entre un abonné 4G et un abonné CS (PSTN/PLMN)

La communication téléphonique peut également être établie entre un terminal VoLTE et un terminal connecté au réseau téléphonique fixe PSTN (*Public Switched Telephone Network*) ou mobile PLMN (*Public Land Mobile Network*), car le réseau IMS fournit les entités qui assurent la conversion des protocoles pour l'interconnexion avec ces réseaux. L'IMS permet la mise en relation de deux pairs qui peuvent échanger de la voix simultanément ainsi que la vidéo et les données, afin d'offrir des services réellement multimédia, La figure III.14 illustre un exemple d'une communication entre deux abonnés, le premier est un usagé LTE et l'autre un usagé CS (PSTN/PLMN).

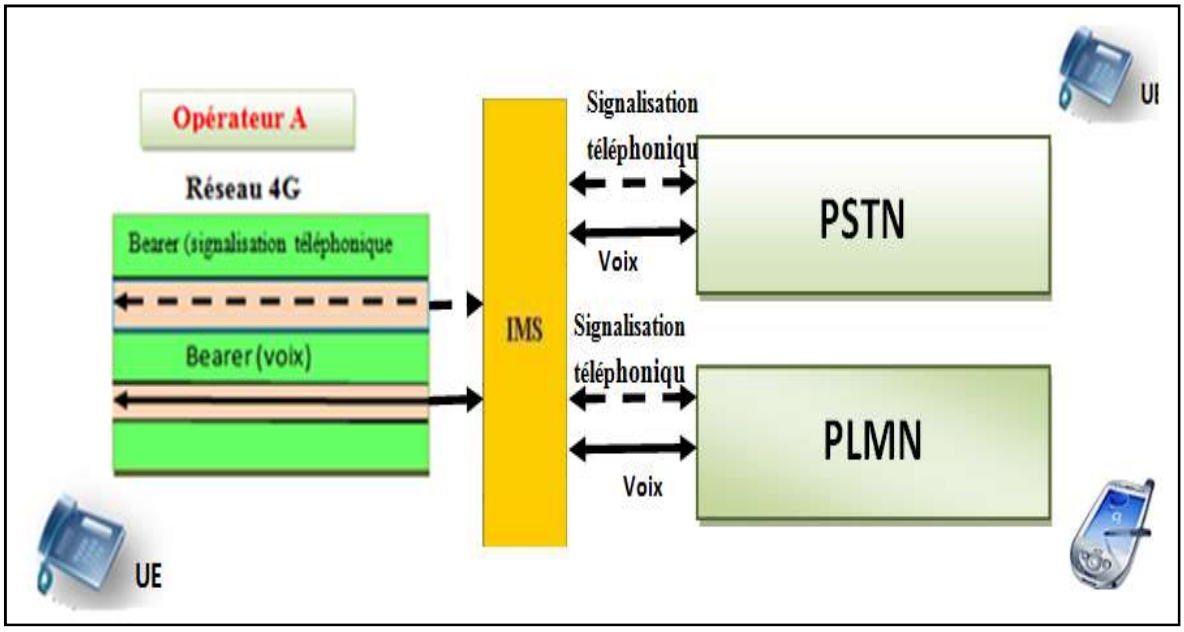


Figure III.14: *Schéma synoptique d'une communication téléphonique*

Le cœur du réseau IMS fournit une communication et une connectivité entre les abonnés en se rattachant avec d'autres technologies à commutation de circuits existantes, IMS doit être complété avec un ensemble de services de téléphonie de base aux quels on peut ajouter des services en temps réel, la combinaison de connectivité de communication IMS et ces services de base est connu comme AS (Application Server). Ce dernier est indépendant de l'accès, ce qui signifie qu'il est compatible avec toutes les technologies d'accès tel que LTE en combinaison avec Evolved Packet Core (EPC).

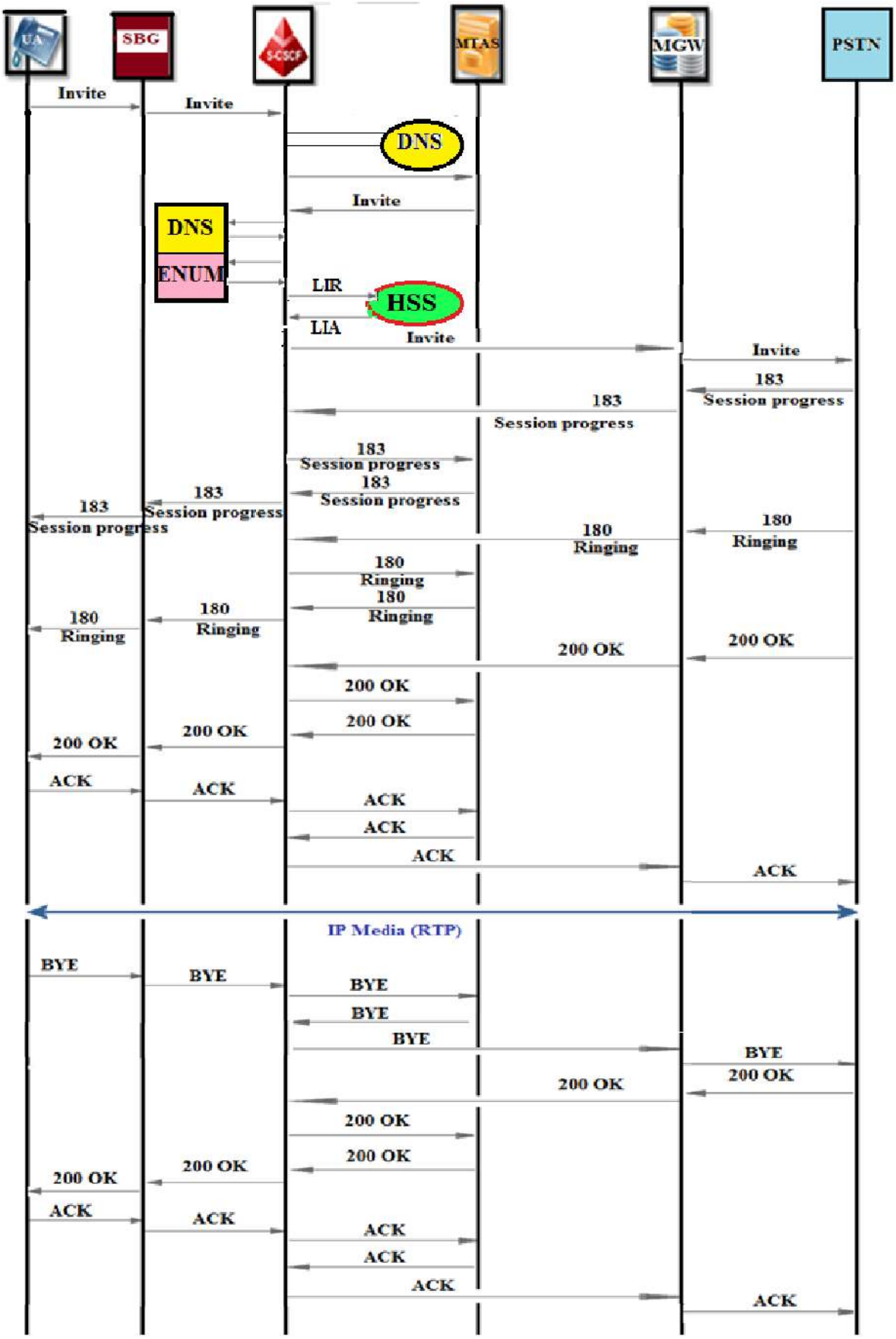


Figure III.15: *Call flow d'un appel VoLTE vers PSTN*

4.2.1. Interpritation

La procédure de ce type de communication (Appel) est le même que la précédente, la seule déférence est au niveau de l'interrogation de l'S-CSCF avec le serveur Ipworks (DNS/ENUM) tel que :

- Le S-CSCF détermine que l'Appeler-Partie est dans le réseau de CS d'opérateurs (c.-à-d. la consultation d'ENUM/DNS/configuration interne) et expédie la requête **INVITE** aux passerelles (SGW, BGCF, MGCF…).
- La passerelle fait suivre la requête **INVITE** vers l'abonné CS et ce dernier répond par un code d'état qui indiqué que l'appareil sonne (180 ringing).
- Une fois l'abonné CS décroche, une réponse de succès a été envoyé vers l'UE (Appelant IMS) 200 ok a travers tous les entité suivi pendant la demande.
- L'UE expédie un acquittement vers l'abonné CS pour le confirmer que la communication a été établit avec succès.
- Lorsque l'un des deux abonnés veut terminer l'appel, il envoie une demande **BYE** a l'autre, dans notre cas l'UE (IMS) envoie le BYE vers l'abonné CS qui répond par l'acceptation (200 ok), puis l'UE envoie l'acquittement pour confirmer la terminaison de la communication (l'appel a été libéré).

5. Test et validation des services VoLTE

5.1. État de l'art d'Algérie Télécom Broadband

L'évolution des technologies d'accès à internet a permis à Algérie Télécom d'acquérir un réseau d'accès 4G-fixe pour subvenir aux besoins des clients. Cette solution est décrite au préalable (chapitre2) et permet d'avoir comme mentionné des : Qualité de service (haut débit, couverture du réseau …), un accès internet au profit des zones non couvertes par le réseau téléphonique (Cuivre et fibre optique), une connexion sans fil, un temps de latence plus faible.

Presque une année après avoir lancé son offre commerciale 4G LTE-Fixe, Algérie Télécom ambitionne d'offrir plus de services sur le réseau 4G, elle se lance dans la fourniture d'un accès double Play aux particuliers, qui se résume à un accès internet très haut débit et un service de téléphonie fixe (VoLTE), via un modem, une puce, un téléphone.

La solution de voix sur LTE pour Algérie Télécom met en œuvre une gamme de services de téléphonie supplémentaires pour les professionnels qui sont entre autre : Le Renvoi d'appel, la mise en attente, la conférence, et les interdictions d'appel...etc. Après avoir passé une longue période à se documenter, se référencier à des standards de télécommunication tels

que le 3GPP et GSMA qui exigent des normes prédéfinies que les opérateurs téléphoniques doivent respecter, nous sommes arrivées à la phase pratique qui a été effectuée au site d'Algérie Télécom à BORDJ KIFFAN (complexe 4G-LTE) en présence de toute l'équipe d'Algérie Télécom qui veille sur l'accomplicement et le succès de ce projet VoLTE. Pour pouvoir réaliser notre partie applicative qui est le but de ce chapitre, les tests et validation des services téléphoniques multimédia offerts par Algérie Télécom, nous avons été amenées à élaborer des scénarios pour chaque service ainsi qu'une prise de trace à partir du serveur Wireshark, qui furent indispensable en vue de capturer l'acheminement des requêtes échangées entre l'appelant et l'appelé lors de l'établissement d'une session multimédia où la condition principale est d'être sous la couverture d'une eNodeB fournissant les services voix et data.

5.2. Les outils utilisés pendant la procédure des tests

Pour effectuer des tests des services téléphoniques de la voix sur LTE (VoLTE) il nous faut des outils hardware (CPE/Modems 4G-LTE dotés par des cartes à puces 4G et connectés un serveur de trace d'Algérie télécom, un ordinateur) et software(logiciel Xmin, logiciel des traçes Wireshark, SecureRT).

- **Xming :** C'est un logiciel gratuit, il intègre un logiciel ssh et un serveur graphique X11 permettant à la fois d'établir une connexion à un serveur par ssh et de gérer l'affichage graphique des applications du serveur sur un poste de travail à distance.

- **Wireshark :** C'est un outil d'administration réseau permettant de capter le flux de données sur un réseau pour les analyser. En examinant le contenu des paquets, leurs adresses d'origine et de destination qui transitent sur le réseau ainsi que les ports par exemple, on peut savoir que tel abonné initie un appel ou un service téléphonique vers un autre abonné.
- **SecureCRT :** C'est un moyen de transfert de fichiers souple qui nous donne les outils dont nous avons besoin pour augmenter la sécurité et l'efficacité des opérations d'échange et la synchronisation du serveur. Il permet de récupérer plus facilement quand les transferts ne parviennent pas en reprenant automatiquement les transferts multi-fichiers interrompus.

5.3. Plan de test

5.3.1. Test 01/ Inscription et Désinscription

Test 01-01/ Inscription initiale

Objectif	Pour vérifier que l'abonné peut s'enregistrer correctement lorsqu'il accède au réseau.
Conditions prédéfinis	1. Les données de l'abonné A existent dans le HSS. 2. L'abonné A n'est pas inscrit.

Procédures du test	Résultats Obtenue
1. Un abonné initie une requête d'enregistrement. 2. Interroger les informations de l'abonné A à S-CSCF. Paramètre IMPU doit être introduit, comme sip:+213471001997@algerietelecom.dz	1. L'enregistrement réussit. 2. Le S-CSCF dispose des informations de l'abonné A, et le statut de l'abonné est inscrit.

Ré- inscription

Objectif	Pour vérifier que l'abonné peut s'enregistrer de nouveau avec succès.
Conditions prédéfinis	1. Les données de l'abonné A existent dans le HSS. 2. L'abonné A enregistré avec succès.

Procédures du test	Résultats Obtenue
1. Garder le terminal de l'abonné A dans l'état enregistré pour que l'inscription expire et lancer une demande de réinscription. 2. Interroger les informations de l'abonné A à S-CSCF. Paramètre IMPU doit être introduit, comme sip:+213471001997@algerietelecom.dz	1. Le ré-enregistrement réussit. 2. Le S-CSCF dispose des informations de l'abonné A, et le statut de l'abonné est inscrit.

Désinscription

Objectif	Pour vérifier que l'abonné peut se désenregistrer avec succès.
Conditions prédéfinis	1. Les données de l'abonné A existent dans le HSS. 2. L'abonné A enregistré avec succès.

Procédures du test	Résultats Obtenue
1. Abonné A initie une demande de désenregistrement. 2. Interroger les informations de l'abonné A à S-CSCF. Paramètre IMPU doit être introduit, comme sip:+213471001997@algerietelecom.dz	1. Le désenregistrement réussit. 2. Le statut de l'abonné A à S-CSCF est non enregistré.

5.3.2. Test 02/ Appels de base

Test 02-01/ Appel intra-IMS

Test 02-01-01/ Appel Intra-IMS, appelé inactif

Objectif	Pour vérifier l'appel peut être établi avec succès entre deux abonnés IMS
Conditions prédéfinis	1. Abonné A et B abonné appartiennent au même domaine. 2. l'abonné A et B sont enregistré dans le réseau IMS avec succès. 3. Les abonnés A et B sont tous les deux en état de repos.

Procédures du test	Résultats Obtenue
1. A compose le numéro B. 2. B répond à l'appel. Vérifiez le discours dans les deux sens. 3. A libère l'appel.	1. B sonne. 2. L'appel peut être établi avec succès. 3. L'appel est libéré.

Test 02-01-02/ Appel Intra-IMS, appelé occupé

Objectif	Pour vérifier que l'appelant peut entendre la tonalité d'occupation lorsque l'appelé est déjà engagé dans un appel.
Conditions prédéfinis	1. Abonné A et B abonné appartiennent au même domaine.. 2. l'abonné A et B sont enregistré dans le réseau IMS avec succès. 3. Abonné A est en état de repos. L'abonné Best en conversation avec un autre abonné.

Procédures du test	Résultats Obtenue
1. A compose le numéro B.	1. A peut entendre la tonalité d'occupation.

Test 02-01-03/ Appel Intra-IMS, aucune réponse de l'appelé

Objectif	Pour vérifier que l'appelant peut entendre l'annonce cible abonné-pas-de réponse lorsque l'appelé ne répond pas à l'appel.
Conditions prédéfinis	1. Abonné A et B abonné appartiennent au même domaine.. 2. l'abonné A et B sont enregistré dans le réseau IMS avec succès. 3. Les abonnés A et B sont tous les deux en état de repos. 4. Le AS est configuré pour supporter toutes les options.

Procédures du test	Résultats Obtenue
1. A compose le numéro B. 2. B ne répond pas à l'appel et la tonalité expire. 3. A raccroche.	1. A peut entendre la tonalité de rappel. B sonne. 2. A peut entendre l'annonce cible abonné pas de réponse.

Test 02-01-04 : Appel Intra-IMS, Default de liaison après l'appel à été configuré

Objectif	Pour vérifier que l'appel peut être libéré a cause d'une coupure de lien entre le CPE et le réseau IP.
Conditions prédéfinis	1. Abonné A et B abonné appartiennent au même domaine.. 2. l'abonné A et B sont enregistré dans le réseau IMS avec succès. 3. Les abonnés A et B sont tous les deux en état de repos. 4. Le AS est configuré pour supporter toutes les options.

Procédures du test	Résultats Obtenue
1. A compose le numéro B. 2. B répond à l'appel et la tonalité expire. 3. Le lien entre le CPE et le réseau internet.	1. A peut entendre la tonalité de rappel. B sonne. 2. L'appel a être établie avec succès. 3. Après la coupure du lien, l'appel est libéré après le délai d'expiration de la session minuterie. Les abonnés A et B entendent la tonalité d'occupation.

Test 02-01-05 : Rejet d'un appel VoLTE

Objectif	Pour vérifier que l'appel peut être rejetée (refusée) directement.
Conditions prédéfinis	1. Insérez la carte d'USIM ; 2. l'abonné A et B sont enregistré dans le réseau IMS avec succès. 3. CPE B relient le téléphone qui soutiennent le rejet l'appel d'arrivée directement.

Procédures du test	Résultats Obtenue
1. A compose le numéro B. 2. B a rejeté l'appel de l'abonné A.	1. A peut entendre la tonalité de rappel. B sonne. 2. L'appel a ête rejeté directement par B. 3. Après le rejet, les ressources sont libérés l'abonnés A entend la tonalité d'occupation.

Test 02-01-06 : Appel VoLTE vers les numéros d'urgence en algerie

Objectif	Pour vérifier que l'appel vers un numéro d'urgence peut étre établit.
Conditions prédéfinis	1. A est un abonné VoLTE. 2. l'abonné A est enregistré dans le réseau IMS avec succès

Procédures du test	Résultats Obtenue
1. A compose un numéro d'urgence (14, 17, 1590, 1548, 1055).	1. A peut entendre la tonalité de rappel. 2. L'appel a ête établit avec succés.

Test 02-01-07 : Rejetez l'appel d'attente de communication (R+0)

Objectif	Pour vérifier que l'appel en attente peut être rejetée en appuyant (R+0).
Conditions prédéfinis	1. A, B et Csont des abonnés VoLTE. 2. A, B et C sont enregistrés dans le réseau IMS avec succès

Procédures du test	Résultats Obtenue
1. A compose le numéro de B. 2. C compose le numéro de A juste apres que l'appel avec B a été établi. 3. A peut appuyer sur (R + 0).	1. A peut entendre la tonalité de rappel. B sonne. 2. L'appel a ête établit avec succés. 3. L'appel entrant du C est rejeté.

5.3.3. Test 03: Codecs sélection/négociation

Objectif	Pour vérifier la sélection et la négociation entre deux abonnés pour les codecs utilisés pour la communication
Conditions prédéfinis	1. Abonné A est un abonné IMS, B est un abonné appartiennent au domaine CS (PSTN)… 2. l'abonné A est enregistré dans le réseau IMS avec succès. 3. Abonné A et B sont en état de repos.

Procédures du test	Résultats Obtenue
1. A compose le numéro B. 2. L'abonné A supporte AMR, G711a et G729. 3. MGCF soutient G.729 et G.711A.	1. A peut entendre la tonalité de rappel. 2. L'abonné B répond à l'appel. 3. Abonné A pourparlers avec l'abonné B au moyen de G 729.

5.3.4. Test 04: DTMF

Objectif	Vérification de la fonctionnalité du service DTMF entre deux abonnés IMS (VoLTE).
Conditions prédéfinis	1. Abonné A et B abonné appartiennent au même domaine.. 2. l'abonné A et B sont enregistré dans le réseau IMS avec succès. 3. Les abonnés A et B sont tous les deux en état de repos. 4. Le AS est configuré pour supporter toutes les options.

Procédures du test	Résultats Obtenue
1. A initie un appel vers B. 2. B répond à l'appel et la tonalité expire. 3. A compose tous les caractères de son appareil (1 à 9 et *, #). B compose tous les caractères de son appareil (1 à 9 et *, #).	1. A peut entendre la tonalité de rappel. B sonne. 2. L'appel a être établie avec succès. 3. B peut entendre la tonalité de la composition des chiffres de A. 4. A peut entendre la tonalité de la composition des chiffres de B. 5. L'appel n'est pas libéré dans les deux cas.

5.3.5. Test 05: Services de base (BASIC SERVICES)

Test 05-01/ Transfert d'appel inconditionnel (CFU)

Test 05-01-01/ Transfert d'appel inconditionnel vers un abonné IMS

Objectif	Pour vérifier le service de transfert d'appel inconditionnel.
Conditions prédéfinis	1. A, B, et C sont des abonnés IMS qui ont été définis et enregistrés sur le réseau IMS. 2. Normalisation de l'IMPU de la destination de CFU en format international.

Procédures du test	Résultats Obtenue
[Autorisation] 1. Vérifier si l'abonné B est autorisé à utiliser le service CFU. [Activation] 2. B compose "*21* + numéro de C# » pour active le service de transfert d'appel inconditionnel. [Interrogation] 3. B compose *#21# pour interroger le service de Renvoi d'appel inconditionnel. [Exécution] 4. A appelle B. 5. C décroche le téléphone. 6. A raccroche. [Désactivation] 7. B compose #21# pour désactiver le service de renvoi d'appel inconditionnel.	[Autorisation] 1. La vérification est réussie. [Activation] 2. B entend une annonce indiquant que l'activation du service est réussie avec succès. [Interrogation] 3. B entend une annonce indiquant que le service est activé. [Exécution] 4. L'appel est transféré vers C. 5. L'appel entre A et C est normal. 6. L'appel est libéré. [Désactivation] 7. B entend une annonce indiquant que la désactivation du service est réussie.

Test 05-01-02/ Transfert d'appel occupé vers des abonnés CS (CFB)

Objectif	Pour vérifier le service de transfert d'appel occupé.
Conditions predefines	1. A, B sont des abonnés IMS qui ont été définis et enregistrés sur le réseau IMS. 2. C est un abonné CS. 3. Normalisation de l'IMPU de la destination de CFB en format international.

Procédures du test	Résultats Obtenue
[Autorisation] 1. Vérifier si l'abonné B est autorisé à utiliser le service CFB. [Activation] 2. B compose "*40* + numéro de C# " pour activer le service de transfert d'appel occupé. [Interrogation] 3. B compose *#40# pour interroger le service de Renvoi d'appel occupé. [Exécution] 4. B appelle D. 5. A Appelle B. 6 C décroche le téléphone. 7. A raccroche. 8. B raccroche. [Désactivation] 9. B compose #40# pour désactiver le service de renvoi d'appel occupé.	[Autorisation] 1. La vérification est réussie. [Activation] 2. B entend une annonce indiquant que l'activation du service est réussie avec succès. [Interrogation] 3. B entend une annonce indiquant que le service est activé. [Exécution] 4. L'appel entre B et D est normal. 5. L'appel est transféré vers C. 6. L'appel entre A et C est normal. 7. L'appel entre A et C est libéré normalement. 8. L'appel entre B et D est libéré. [Désactivation] 9. B entend une annonce indiquant que la désactivation du service est réussie.

Test 05-01-03/ Transfert d'appel inconditionnel vers un abonné CS

Objectif	Pour vérifier le service de transfert d'appel inconditionnel.
Conditions predefines	1. A et B sont des abonnés IMS qui ont été définis et enregistrés sur le réseau IMS. 2. C est un abonné CS. 3. Normalisation de l'IMPU de la destination de CFU en format international.

Procédures du test	Résultats Obtenue
[Autorisation] 1. Vérifier si l'abonné B est autorisé à utiliser le service CFU. [Activation] 2. B compose "*21* + numéro de C#" pour activer le service de transfert d'appel inconditionnel. [Interrogation] 3. B compose *#21# pour interroger le service de Renvoi d'appel inconditionnel. [Exécution] 4. A appelle B. 5. C décroche le téléphone. 6. A raccroche. [Désactivation] 7. B compose #21# pour désactiver le service de renvoi d'appel inconditionnel.	[Autorisation] 1. La vérification est réussie. [Activation] 2. B entend une annonce indiquant que l'activation du service est réussie avec succès. [Interrogation] 3. B entend une annonce indiquant que le service est activé. [Exécution] 4. L'appel est transféré vers C. 5. L'appel entre A et C est normal. 6. L'appel est libéré [Désactivation] 7. B entend une annonce indiquant que la désactivation du service est réussie.

Test 05-02/ Transfert d'appel sans réponse vers des abonnés CS (CFNRy)

Objectif	Pour vérifier le service de transfert d'appel sans réponse.
Conditions prédéfinis	1. A, et B sont des abonnés IMS qui ont été définis et enregistrés sur le réseau IMS. 2. C est un abonné CS. 3. Normalisation de l'IMPU de la destination de CFNRy en format international

Procédures du test	Résultats Obtenue
A active CFNRy par : *41*num de C# A compose le numéro de B. B ne repond pas a l'appel de A.	1. A peut entendre la tonalité de rappel. B sonne. 2. B Arrete de sonner. 3. L'appel a été devié vers C. 4. C sonne.

Test 05-04/ Présentation de l'identité de l'appelant (OIP)

Test 05-04-01/ Présentation de l'identité de l'appelant

Objectif	Pour vérifier le service complémentaire présentation du numéro de l'appelant est ok.
Conditions prédéfinis	1. MTAS et le core IMS travaillent normalement. 2. B est un utilisateur IMS qui ont été configurés et enregistré. 3. A est abonné CS (PSTN).

Procédures du test	Résultats Obtenue
1. B est configuré et avec le service CLIP (OIP). 2. a activé le service d'AGRAFE par le portail de Web. 3. A initie un appel vers B. 4. B repond. 5. B decroche son appareil.	1. A peut entendre la tonalité de rappel. B sonne. 2. Le numéro de A est affiché sur l'appareil de B. 3. La communication a été etabli. 4. A entende la tonalité d'ocupation et l'appel est terminé.

Test 05-05/ Restriction de l'identité de l'appelant (OIR)

Test 05-05-01/ Restriction de l'identité de l'appelant Services – Mode Permanent

Objectif	Pour vérifier le mode permanent de la restriction d'identification de l'appelant.
Conditions prédéfinis	1. A et B sont des abonnés IMS qui ont été définis et enregistrés avec succès.

Procédures du test	Résultats Obtenue
[Autorisation] 1. Vérifier si l'abonné A est autorisé à utiliser le service OIR. 2. Vérifier si l'abonné B est autorisé à utiliser le service OIP. [Exécution] 3. L'abonné A compose le code (*61#) pour activer le service permanent de la restriction d'identification de l'appelant. 4. A appelle B. 5. B décroche le téléphone. 6. A raccroche.	[Autorisation] 1-2. La vérification est réussie. [Exécution] 3. A entend une annonce indiquant que l'activation du service est réussie avec succès. 4. A entend la tonalité de retour d'appel, téléphone de B sonne, et le nom de A n'est pas affiché sur le téléphone de B. 5. A parle avec B. 6. L'appel est libéré.

Test 05-06/ Conférence à 3 parties

Objectif	Pour vérifier le service de conférence avec un délégué.
Conditions prédéfinis	1. A, B et C sont des abonnés IMS qui ont été définis et enregistrés sur le réseau IMS. 2. Normalisation de l'IMPU des destinations de la conférence en format international.

Procédures du test	Résultats Obtenue
[Autorisation] 1. Vérifier si l'abonné A est autorisé à utiliser le service de conférence. [Exécution] 2. A appelle B. 3. C appelle A 4. A répond à l'appel de C en appuyant sur « R+2 ». 5. A compose « R+3 » pour établir une conférence entre les 3 parties. 6. A raccroche le téléphone.	[Autorisation] 1. La vérification est réussie. [Exécution] 2. L'appel entre A et B est normal. 3. A entend la tonalité d'un autre appel. 4. L'appel entre A et C est normal, B entend l'annonce de mise en attente. 5. A, B et C communiquent tous ensemble 6. La conférence entre les 3 parties est libérée.

Comme interpritation es resultats, on peut dire qu'on a reussi presque dans tout les scénarios présentés dans ntre plan de test c'est à dire que la majorité des services testés sont validés et fonctionnelssauf que quelques test non okey et nous avons determiné quils sont besoin des configuration de la part du constrecteur "Ericsson".

6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté une étude sur la technologie VoLTE avec l'ensemble des outils choisis pour la validation des services. Nous avons également présenté plusieurs scénarios de services de la solution VoLTE, mieux comprendre on a reprisenté tous les résultats de chacun des tests/services.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans notre projet nous avons abordé la nouvelle haute technologie de téléphonie actuelle et future, nous nous sommes tout d'abord intéressées au réseau LTE qui est un réseau d'accès tout IP, afin d'enrichir ce réseau avec des services multimédia, une plateforme de convergence IMS à été intégrée dans le cœur du réseau LTE afin de disposer du service voix qui a été nommé VoLTE.

Notre étude s'est répartie comme suit : Nous décrivons une généralité sur la VoIP, étudions brièvement le réseau LTE aves leurs entités ainsi que leurs caractéristiques et le réseau cœur IMS avec ses différentes entités et leur fonctionnement ainsi que les protocoles utilisés, dans lequel nous avons traité l'acheminement des appels VoLTE qui illustre ces derniers, passerons un rappel sur le réseau d'accès LTE, et une revue théorique de ce réseau, focalisons sur le serveur d'application (MTAS) qui délivre tout les services multimédias « voix » ainsi que les services supplémentaire (transfert d'appel, interdiction d'appels, appel en attente… etc.).

À la fin, nous avons consacré le dernier chapitre pour l'intégration de la voix sur LTE (VoLTE) et les tests dans le but de valider les services multimédia offerts par Algérie Télécom.

Il est toutefois à noter que les services fournis par Algérie Télécom peuvent être enrichis et considérés comme projet futur en rajoutant d'autre serveurs d'application tels que la vidéo, présence et messagerie …etc. Elle répondra ainsi aux besoins de communications de ses clients qu'ils soient résidentiels ou professionnels.

Bibliographie :

[1] CHETIOUI Hanane, LAKROUZ Imene, Intégration du service voix dans le réseau LTE (VoLTE) à travers la platforme ip multimedia subsystem (IMS), thèse pour obtenir Master en systeme de télécommunication de USTHB, Alger, **Juin 2015.**

[2] Guillaume Madre. Application de la transformée en nombres entiers à l'étude et au développement d'un codeur de parole pour transmission sur réseaux IP, thèse pour obtenir Doctorat de l'université de Bretagne occidentale mention électronique. Université de Bretagne Occidentale. France. **Octobre 2004.**

[3] Architecture de la ToIP, www.blog.saeeed.com/201103architecture-et-mode-access-de-la-telephonie-sur-ip [Consulté le 20 février 2016].

[4] H. KHEDDAR :, «Etude comparative de méthodes de correction de pertes des paquets en transmission de la voix sur IP(VoIP), mémoire pour obtenir magister de l'université de USTHB, Alger, **juin 2012.**

[5] Protocole H.323, www.frameip.com/voip/#6.1_-_Protocole_H323 [16 février 2016]

[6] Laurent Ouakil, **Guy Pujolle**, Téléphonie sur IP, Paris: Eyrolle, **2005.**

[7] Antoine DELLEY. Réseaux IP : Voix et multimédia sur IP, EIA-FR, département des technologies de l'information France, **janvier 2003.**

[8] Arnault NAGLE. Enrichissement de la conférence audio en voix sur IP au travers de l'amélioration de la spatialisation sonore. Thèse pour obtenir doctorat de telecom pari-stech. Université Telecom paris-tech. France. **Février 2008.**

[9] BOUCHENTOUF Hadjer, BOUDGHENE STAMBOULI Riyad. Etude des performances des réseaux 4G(LTE). Thèse pour obtenir Master en Télécommunication, option : réseaux mobiles et services (RMS), département de génie électrique et électronique, université de Tlemcen. Algérie. **Juin 2013.**

[10] GSM Association, Official Document FCM.01 - VoLTE Service Description and Implémentation Guidelines version 1.1. **26 Mars 2014.**

[11] GERMINE SEIDE. Planification d'un réseau de quatrième génération a partir d'un réseau de troisième génération, Mémoire pour obtenir maîtrise en sciences appliqués,

département de génie de l'informatique et génie logiciel, école polytechnique de Montréal. Canada. **AOUT 2011.**

[12] LADJADJAT Mohamed. Conception et développement des nouveaux Services dans le réseau 4G d'Algérie Télécom, thèse pour obtenir Master spécialité Systèmes Télécommunications, Faculté d'Electronique et d'Informatique, Domaine Sciences et Technologie, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene. Algérie. Filière Télécommunications. **2015.**

[13] Yannick Bouguen, Eric Hardouin, François-Xavier Wolff, , Livre, LTE et les réseaux 4G, **Edition Eryolles**. **Octobre 2012**

[14] www.clients.txtnation.com/entries/61521-MSISDN-Number-in-international-format-number-Internationally-formatted-number.

[15] Adrien TUFFERY. 20 Conception d'amplificateurs de puissance reconfigurables en technologie CMOS avancée pour une application 4G LTE. Thèse pour obtenir doctorat spécialité électronique, université de bordeaux1, école doctorale des sciences physiques et de l'ingénieur. France. **décembre 2012.**

[16] Session border gateway, www.leblogtoipvoip.com/2008/02/quest-ce-quun-sbc.html

[17] M. Iturralde and T. Ali Yahiya, Aout2011, Performance Study of Opportunistic Scheduling in LTE Networks. In: Understanding LTE and its Performance.

[18] Ghassan A. Abed, Mahamod Ismail, and Kasmiran Jumari. 2011. Modeling and Performance Evaluation of LTE Networks with Different TCP Variants, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering Vol:5, No:3.

[19] MOHAMED MAACHAOUI. Sécurité et performances pour les réseaux de nouvelle génération (NGN). Thèse pour obtenir doctorat en télécommunication. Université de Toulouse. France. **juin 2015.**

[20] IMS signaling- ericsson.info.

[21] AMAZIT ABDELGHANI. Impact des interférences de la couche physique sur la couche MAC dans la technologie LTE. Mémoire présenté comme exigence parcielle de la maitrise en mathématiques et informatique appliquées. Université de Québec. Canada. **Juin 2011.**

[22] www.ericsson.com/ourportfolio/products/session-border-gateway

[23] http://www.efort.com/r_tutoriels/DIAMETER_ROAMING_EFORT.pdf, visité le 22/01/2016 a 20h10. **Avril 2006.**

[24] MROUEH Lina, LABAKY Elie. Etude des procédures d'enregistrement et d'établissement de session en IMS. Thèse de 3ème Année du cycle ingénieur
Brique RMOB, école national supérieur des télécommunications, paris. France.

[25] www.whytelecom.com/content/global-title-translation-or-how-get-hlr-imsi-number

[26] : Geovanny Mauricio ITURRALDE RUIZ, Performances des Réseaux LTE*, spécialité* Réseaux, Télécommunications, Systèmes et Architecture*, université de TOULOUSE,* Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse)*, France.* **Octobre 2012.**

[27] MROUEH, L, et LABAKY, Avril 2006. Etude des procédures d'enregistrement et d'établissement de session en IMS. Thèse 3èmeAnnée du cycle ingénieur Brique RMOB, spécialité Télécommunication, télécom paris, école nationale supérieure des télécommunication, France, 321 p.

[28] Gonzalo, C, et Miguel, 2008. Livre The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS) : Merging the Internet and Cellular Words, 3rd Edition.

[29] AKLI, M, et AIT TAHAR, A., 2010. Système de gestion et de provisioning de ToIP sur plateforme IP Centrex. Mémoire de Projet de Fin d'Etudes d'Ingénieur d'Etat en Electronique, spécialité : Communications, USTHB, Alger.

[30] Simon, Z, et Jean-Louis, D., 2010. IP Multimedia Subsystem: Principles and Architecture. EFORT.